

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2025

BAUN

S. TURHAN

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ YÖNTEMİ İLE
HAVALİMANI YOLCU TAHMİNİ: BALIKESİR
/ EDREMİT KOCA SEYİT HAVALİMANI
ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SENA TURHAN

BALIKESİR, 2025

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ YÖNTEMİ İLE HAVALİMANI
YOLCU TAHMİNİ: BALIKESİR / EDREMİT KOCA SEYİT
HAVALİMANI ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SENA TURHAN

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. FERİT KULA

BALIKESİR, 2025

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün İktisat Anabilim Dalı'nda 202212505003 numaralı Sena Turhan'ın hazırladığı Zaman Serileri Analizi Yöntemi ile Havalimanı Yolcu Tahmini: Balıkesir / Edremit Koca Seyit Havalimanı Örneği konulu YÜKSEK LİSANS tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 02.05.2025 tarihinde yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda tezin onayına OY BİRLİĞİ ile karar verilmiştir.

Üye (Başkan) Doç. Dr. brahim Murat B C L

İmza

Üye (Danışman) Prof. Dr. Ferit KULA

İmza

Üye Dr. Ö r. Üyesi Hüseyin GÜVENO LU

İmza

Enstitü Onayı

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.../.../20...

İmza

Adı Soyadı

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Edremit Koca Seyit Havalimanı'na ait yolcu taşımacılığı verileri üzerinden hareketle, zaman serisi analiz yöntemlerinden biri olan ARIMA modeli yardımıyla gelecekteki yolcu sayılarını tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Günümüzde ulaşım sektörü, ekonomik kalkınmanın temel taşlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, hava yolu taşımacılığına dair sağlıklı öngörüler geliştirmek, kaynakların etkin kullanımını sağlamak ve planlamalara yön vermek açısından büyük önem taşımaktadır.

Yüksek lisans eğitimim süresince benden desteğini esirgemeyen, yol gösteren, değerli vaktini her zaman ayırmaya çalışan, yönlendirmeleri ve akademik katkılarıyla bana en iyisini öğretmeye çalışan ve öğrencisi olduğum için gurur duyduğum değerli danışmanım Prof. Dr. Ferit KULA hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca lisans ve yüksek lisans eğitimimde, akademik gelişimime katkı sağlayan, desteğini benden esirgemeyen, beni yüreklendiren değerli Doç. Dr. İbrahim Murat BİCİL hocama sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Son olarak bana her daim destek olan, sabırla yanımda olan aileme, her zorlukta bana güç veren varlıkları için minnettarım. Bu tezin, ulaşım ekonomisi ve zaman serisi modelleme alanlarında çalışacak araştırmalar için faydalı bir kaynak oluşturmasını temenni ederim.

BALIKESİR, 2025

SENA TURHAN

ÖZET

ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ YÖNTEMİ İLE HAVALİMANI YOLCU TAHMİNİ: BALIKESİR/EDREMİT KOCA SEYİT HAVALİMANI ÖRNEĞİ

TURHAN, SENA

Yüksek Lisans, İktisat Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ferit KULA

2025, 57 Sayfa

Bu çalışma Edremit Koca Seyit Havalimanı'na ait aylık yolcu verilerini kullanarak hava yolu ulaşımında talep tahmini üzerine bir analiz sunmaktadır. Hava yolu sektörü, ekonomik dalgalanmalara ve mevsimsel etkilere karşı oldukça hassas bir yapıya sahip olduğundan, talep tahmini süreci şirketlerin operasyonel planlamasında kritik öneme sahiptir. Bu doğrultuda, zaman serisi analiz tekniklerinden biri olan ARIMA modeli kullanılarak yolcu sayısına ilişkin öngörülerde bulunulmuştur.

Çalışmada, 2010 yılı Ağustos ayından 2024 yılı Ekim ayına kadar olan döneme ait aylık yolcu verileri analiz edilmiş, veri seti durağan hale getirilmiş ve uygun ARIMA modeli belirlenerek tahmin süreci gerçekleştirilmiştir. ARIMA (11,1,6) modeli, yapılan istatistiksel testler sonucunda en uygun model olarak seçilmiştir. ARIMA (11,1,6) modeli, AIC ve BIC değerleri açısından en düşük sonuçları vermiştir. Kalıntı analizi sonucunda, hatalar rassal şekilde dağılmış ve otokorelasyon içermemiştir. Bu da modelin istatistiksel olarak güvenilir olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, havalimanı yönetimi, hava yolu şirketleri ve ulaşım planlamacıları için veri odaklı karar destek mekanizmalarının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, literatürde ARIMA modelinin hava yolu talep tahmini üzerine uygulanabilirliğini güçlendiren bulgular sunarak bu alandaki akademik boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Hava yolu taşımacılığı, yolcu talebi, ARIMA modeli, zaman serisi analizi, Edremit Koca Seyit Havalimanı

ABSTRACT

AIRPORT PASSENGER ESTIMATION WITH TIME SERIES ANALYSIS METHOD: BALIKESİR/EDREMIT KOCA SEYİT AIRPORT EXAMPLE

TURHAN, SENA

Master Thesis, Department of Economics

Advisor: Prof. Dr. Ferit KULA

2025, 57 Pages

This study presents an analysis of air transportation demand forecasting using monthly passenger data from Edremit Koca Seyit Airport. As the airline industry is highly sensitive to economic fluctuations and seasonal effects, demand forecasting plays a critical role in the operational planning of airline companies. In this context, passenger forecasts were made using the ARIMA model, one of the time series analysis techniques.

In the study, monthly passenger data from August 2010 to October 2024 were analyzed. The dataset was transformed into a stationary form, and the most appropriate ARIMA model was selected to carry out the forecasting process. Based on statistical tests, the ARIMA (11,1,6) model was identified as the best-fitting model. This model yielded the lowest AIC and BIC values. Residual analysis showed that the errors were randomly distributed and did not contain autocorrelation, indicating the statistical reliability of the model.

The findings of this study contribute to the development of data-driven decision support mechanisms for airport management, airline companies, and transportation planners. Furthermore, it aims to fill a gap in the academic literature by providing evidence supporting the applicability of the ARIMA model in airline demand forecasting.

Keywords: Air transportation, passenger demand, ARIMA model, time series analysis, Edremit Koca Seyit Airport

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Araştırmanın Konusu	1
1.2 Araştırmanın Amacı	2
1.3 Araştırmanın Önemi	3
1.4 Araştırmanın Varsayımları	4
1.5 Araştırmanın Sınırlılıkları	4
1.6 Tanımlar	5
2. İLGİLİ ALANYAZIN	6
2.1 Kuramsal Çerçeve	6
2.1.1. Ulaşım Ekonomisi	6
2.1.2. Dünya ve Türkiye’de Sivil Havacılık Ekonomisi	7
2.1.3. Hava Yolu Ulaşımının Ekonomiye Katkıları	11
2.1.3.1. Ulaşım Hizmetlerinin Kalkınma Üzerinde Etkisi	13

2.1.3.2. Hava Yolu Ulaşımında Arz-Talep İlişkisi	16
2.1.3.3. Havacılık Sektöründe Talep Tahmini	18
2.2. İlgili Araştırmalar	20
3. YÖNTEM	23
3.1 Araştırmanın Modeli	23
3.2. Evren ve Örneklem	30
3.3. Veri Toplama Araçları ve Teknikleri	30
3.4. Verilerin Toplanma Süreci	31
3.5. Verilerin Analizi	31
4. BULGULAR VE YORUMLAR	32
4.1. Zaman Serilerinde ARIMA Modelleri: Edremit Koca Seyit Havalimanı Uygulaması	32
4.2. Veri Seti Analizi ve Uygulama	33
4.2.1. Veri Analizi	33
4.2.2. ARIMA Model Tahmini	42
4.2.3. Tahmin Modeli	45
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	48
5.1. Sonuçlar	48
5.2 Öneriler	49
KAYNAKÇA	50
EKLER	54

TABLÖLAR LİSTESİ

<u>Tablo 1.</u> Yolcu Sayısı Artırılmış Dickey-Fuller Test (ADF) Sonuçları	37
<u>Tablo 2.</u> Serinin Birinci Farkı Alındığında Çıkan ADF Test Sonuçları	38
<u>Tablo 3.</u> Mevsimsellikten Arındırılmış Serinin ADF Test Sonuçları	40
<u>Tablo 4.</u> Mevsimsellikten Arınmış ve Farkı Alınmış Serinin ADF Test Sonuçları ...	41
<u>Tablo 5.</u> Model Tahmin Kriterleri	42
<u>Tablo 6.</u> Tahmin Güvenirliğine Yönelik Elde Edilen Değerler	43
<u>Tablo 7.</u> ARIMA (11,1,6) Modeli Tahmin Sonuçları	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil 1.</u> Aylık Yolcu Sayısı Grafiği	34
<u>Sekil 2.</u> Aylara Göre Yolcu Sayılarının Ortalamaları	35
<u>Sekil 3.</u> Yolcu Serisine Ait (AC) ve (PAC) Fonksiyon Grafiği	36
<u>Sekil 4.</u> Birinci Dereceden Farkı Alınmış Serinin AC ve PAC Grafikleri	37
<u>Sekil 5.</u> Mevsimsellikten Arındırılmış Yolcu Sayılarının Aylık Ortalamaları	39
<u>Sekil 6.</u> Mevsimsellikten Arınmış ve Farkı Alınmış Serinin Karşılaştırmalı Grafiği.....	40
<u>Sekil 7.</u> Mevsimsellikten Arınmış ve Birinci Farkı Alınan Serinin AC ve PAC Grafiği.....	41
<u>Sekil 8.</u> Çok Terimli AR/MA Ters Kökleri	45
<u>Sekil 9.</u> Model Tahmin Değerleri ve Kalıntı Yolcu Sayısı Grafiği	46
<u>Sekil 10.</u> Tahmin Serisi (D_TOTALPASF)	47

KISALTMALAR LİSTESİ

AC	: Autocorrelation
AIC	: Akaike Information Criterion
ADF	: Augmented Dickey-Fuller
DHMI	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
ICAO	: International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü)
PAC	: Partial Autocorrelation
SBC	: Schwarz Bayesian Criterion
RMS	: Root Mean Square
RMSE	: Root Mean Square Error
THY	: Türk Hava Yolları

1. GİRİŞ

Çalışmanın bu bölümünde, araştırmanın problemi, amacı, önemi, varsayımları, sınırlılıkları ve tanımlar yer almaktadır.

1.1. Araştırmanın Konusu

Hava yolu ulaşımı sektörü, yolcu talebindeki dalgalanmalara son derece duyarlı bir yapıya sahiptir. Hava yolu ulaşımı, hızla büyüyen ve ekonomik, politik, sosyal faktörlere karşı oldukça hassas olan bir sektördür. Bu hassasiyet, yolcu talebindeki dalgalanmaların daha da öngörülemez hale gelmesine neden olmaktadır. Ekonomik dalgalanmalar, mevsimsel etkiler, pandemiler gibi beklenmedik olaylar ve rekabet gibi etmenler yolcu sayısını tahmin edilmesini karmaşık hale getirir. Bu noktada, doğru ve güvenilir talep tahmini, hava yolu şirketlerinin gelirlerini artırmalarına, kaynaklarını optimize etmelerine ve hizmet kalitesini iyileştirmeye yardımcı olur. Hava yolu şirketleri için yolcu talep tahmini, gelir yönetiminden operasyonel planlamaya kadar birçok kritik alanda stratejik önem taşır. Doğru talep tahminleri hem maliyet etkinliği sağlarken hem de müşteri memnuniyetini artırmaktadır. Yanlış talep tahminleri, şirketlerin uçuş planlamasında, bilet ücretlendirmesinde ve kapasite kullanımında sorunlara yol açabilmektedir. Bu durumda fazla boş koltuk olması gelir kaybında neden olur ya da yeterli kapasite olmaması durumunda müşteri memnuniyetsizliği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, yolcu talep tahminlerinin doğruluğunu artırmak için hangi faktörlerin etkili olduğuna odaklanılacaktır.

Hava yolu sektörü, yolcu sayısındaki dalgalanmalara oldukça duyarlı olup, bu dalgalanmalar ekonomik değişiklikler, sezonluk etkiler ve beklenmedik küresel olaylar gibi pek çok faktörden etkilenmektedir. Yolcu talep tahmininin doğruluğu, hava yolu şirketleri için kritik öneme sahip olmaktadır. Bu doğrultuda, zaman serisi analizinde etkili sonuçlar üreten ARIMA (Oto regresif Entegre Hareketli Ortalama) yöntemi, yolcu sayısının öngörülmesi için uygun bir araç olarak öne çıkmaktadır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, ARIMA zaman serisi modellemesi kullanarak hava yolu yolcu talebini doğru ve güvenilir bir şekilde tahmin etmektir. Yolcu talebinde zaman içerisinde ortaya çıkan sezonluk dalgalanmalar ve uzun vadeli eğilimler, hava yolu şirketlerinin operasyonel planlamasında kritik rol oynamaktadır. Bu bağlamda, çalışmada ARIMA modelinin hava yolu yolcu sayısı tahminlerinde sağladığı başarı, doğruluk düzeyi ve pratikteki uygulanabilirliği analiz edilmektedir.

ARIMA modelinin tercih edilmesinin temel nedeni, zaman serisi analizlerinde yaygın olarak kullanılan ve özellikle mevsimsel dalgalanmalar ile trend gibi bileşenleri etkili bir şekilde modelleyebilen bir yöntem olmasıdır. Yolcu sayılarındaki dönemsel değişimlerin ve uzun vadeli eğilimlerin analizlerinde ARIMA modeli, güçlü bir öngörü kapasitesi sunmaktadır. Bu bağlamda, ARIMA modelinin hava yolu taşımacılığı sektöründe talep tahmini için uygun bir araç olup olmadığını değerlendirmek, modelin tahmin doğruluğu ve güvenilirliği açısından önemli bir adım oluşturmaktadır.

Ayrıca çalışma, ARIMA yönteminin istatistiksel ve makine öğrenmesi tabanlı diğer tahmin yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini de içermektedir. Bu karşılaştırma sayesinde, ARIMA modelinin avantajları ve sınırlılıkları ortaya konularak, sektördeki rekabet gücü analiz edilmiştir. Sonuç olarak ARIMA modelinin yolcu talebindeki sezonluk ve trend etkilerini analiz etmedeki başarısı ve sunduğu tahmin performansı doğrultusunda, hava yolu şirketlerinin daha doğru ve zamanında stratejik kararlar almasına katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

1.3 Araştırmanın Önemi

Öncelikle yaptığımız literatür araştırması sonuçlarına bakıldığında, bu araştırma Edremit Koca Seyit Havaalanı üzerine bu alanda yapılan ilk araştırma çalışması olmaktadır. Bu yüzden konu ile ilgili araştırmacılar açısından bir önem arz edebilir.

Bu çalışma, hava yolu sektöründe yolcu talebini doğru tahmin etmenin stratejik değerine dikkat çekmektedir. Hava yolu şirketleri, havaalanı planlamasından kapasite yönetimine kadar birçok operasyonel kararı almaktadır. Yanlış tahminler, yüksek maliyetler ve müşteri memnuniyetsizliği gibi olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bu doğrultuda, çalışmada ele alınacak ARIMA yöntemi, geçmiş verilere dayanarak yolcu sayısındaki sezonluk ve trend değişimlerini modelleyerek gelecekteki talebi daha hassas bir şekilde tahmin etmeye yöneliktir. Doğru ve etkili bir yolcu talep tahmini modeli geliştirmek, hava yolu şirketleri ve hava alanı işletmelerine operasyonel maliyetleri düşürme, gelirlerini artırma ve müşteri deneyimini iyileştirme gibi avantajlar sağlamayı amaçlamaktadır. Bu da sektördeki rekabet gücünü artırarak hava yolu taşımacılığında sürdürülebilir büyüme için önemli katkı sunmaktadır. Bu katkılar, hava yolu yolcu talebi tahminine ilişkin gelecekteki çalışmalara yol gösterecek ve hava yolu sektöründe veri odaklı karar alma süreçlerinin geliştirilmesine yönelik önemli bir kaynak oluşturmaktadır.

1.4. Araştırmanın Varsayımları

Bu araştırma kapsamında yapılan analizlerin geçerliliği, aşağıda belirtilen varsayımlar doğrultusunda değerlendirilmiştir.

1. Veri Güvenilirliği Varsayımı: Edremit Koca Seyit Havalimanı'na ait 2010 yılı Ağustos ayından 2024 yılı Ekim ayına kadar olan yolcu sayısı verilerinin doğru, eksiksiz ve güvenilir olduğu kabul edilmiştir.

2. Model Uygunluğu Varsayımı: Zaman serileri analizinden kullanılan ARIMA (11,1,6) modelinin, veri setinin yapısına uygun bir tahmin yöntemi olduğu varsayılmıştır. Bu modelin seçiminde durağanlık ve otokorelasyon analizleri dikkate alınmıştır.

3. Durağanlık Varsayımı: ARIMA modeli uygulanmadan önce zaman serisinin durağan olmadığı, birinci dereceden fark alma işlemiyle durağanlaştırıldığı ve elde edilen serinin analiz için uygun olduğu kabul edilmiştir.

4. Mevsimsellik Etkisi Varsayımı: ARIMA modeli mevsimsel bileşen içermediği için, analizlerde mevsimselliğin etkisi sınırlı şekilde yansıtılmış olup, modelin genel eğilim ve trendi öngörmeye yeterli olduğu varsayılmıştır.

5. Model Sabitliği Varsayımı: ARIMA modeline ait parametrelerin tahmin dönemi boyunca sabit kaldığı ve geleceğe yönelik projeksiyonlarda aynı yapının geçerli olacağı varsayılmıştır.

Bu varsayımlar altında yapılan analizlerin, belirlenen hedefler doğrultusunda anlamlı sonuçlar verdiği kabul edilmektedir.

1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları (Kısıtları)

Bu araştırmanın sınırlılıkları, ARIMA modelinin lineer yapısının karmaşık yolcu talebi dalgalanmalarını tam olarak yansıtmaması, düzensiz mevsimsellik ve dışsal faktörlerin dikkate alınmaması gibi kısıtlamalardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca, veri kalitesi ve modelin uzun vadeli tahminlerdeki performansı da doğruluğu sınıyabilir. Bu nedenle, ARIMA'nın güçlü yanlarını değerlendirirken, yöntemin sınırlarını da göz önünde bulundurmak önemlidir.

1.6 Tanımlar

Bu çalışmada sık ve temel kavramların anlamları verilecektir.

Ulaşım: İnsanların, malların veya hizmetlerin bir yerden başka bir yere taşınması sürecidir.

Ulaşım Ekonomisi: Ulaşım sistemlerinin ekonomik açıdan incelenmesi ve ulaşımın ekonomik etkilerinin analiz edilmesiyle ilgili bir alandır.

Hava Yolu: Hava taşıma araçları (uçaklar) kullanılarak insanların ve yüklerin bir yerden bir yere taşınmasını sağlayan ulaşım türüdür.

ARIMA: Zaman serisi analizinde kullanılan istatistiksel bir modeldir. Bu model, geçmiş verileri kullanarak gelecekteki değerleri tahmin etmeyi hedefler.

2. İLGİLİ ALANYAZIN

2.1. Kuramsal Çerçeve

2.1.1 Ulaştırma Ekonomisi

Ulaştırma, ekonomik açıdan insanların ihtiyaçlarını temin etmek, insanların, malzemelerin veya bilgilerin bir yerden başka bir yere aktarılmasıyla, nakledilmesiyle ilgili faaliyetleri ifade eder (Button, 2010). Ulaştırma toplumlar arasındaki bağlantıyı kolaylaştırırken ekonomik gelişmeye, ticaretin artmasına ve küresel etkileşime katkıda bulunmaktadır. Ulaştırma; karayolu, denizyolu, demiryolu, hava yolu ve boru hatları gibi çeşitli sistemler kullanılarak yapılmaktadır (Rodrigue, Comtois, and Slack, 2016). Her ulaşım modeli kullanılan faktörlere bağlı olarak avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Ulaştırma, insan taşıma, yük taşıma, haberleşme ve turizm gibi çeşitli alanları etkiler.

Toplumların ve ekonomilerin gelişmesine katkıda bulunan önemli bir sektör olan ulaştırma, ayrıca uluslararası ticaretin büyümesini ve farklı kültürler arasındaki etkileşimin artmasını sağlar. Günümüzde sınırların kalktığı ve rekabetin yoğunlaştığı bir ortamda, ulaştırma sektörü bu dönüşümden en çok etkilenen alanlardan biri olmuştur. Ulaştırma hammaddelerin ve ara malların üretim yerlerine, mamul maddelerin de pazarlara taşınmasını sağlamaktadır. Öte yandan emek faktörü mobilitesini artırır. Böylece ulaştırma iç pazarın genişlemesini sağlamakta ve de iş bölümü ve uzmanlaşmanın ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Ulaştırma ekonomisi açısından başarılı olan ülkeler, ticarete ön plana çıkmakta ve böylece büyüme hızlarını yükselterek milli gelir seviyesinde daha çok artış sağlayarak gelişmiş ülke olma yolunda ilerleme sağlar.

Ulaşım sektörünün en belirgin özelliklerinden biri, etkin bir ulaşım sisteminin, bir ülkenin ekonomik yapısını ve büyümesini yönlendirmedeki önemli rolüdür (Banister and Berechman, 2001). Ulaşım altyapısının geliştiği ve erişim imkanlarının arttığı bölgelerde, ekonomik büyüklükler, yatırımlar, sanayileşme, nüfus artışı, ticaret, inşaat teşvik edilir (Lakshmana, 2011). Bu süreç, merkezden başlayarak kentsel altyapının gelişmesini, kent merkezlerinin genişlemesini ve sosyal amaçlı yapıları da kapsayan bir bütünlük içinde ekonomik kalkınmaya yol açmaktadır. Ancak, bu sektörün özel bir yönü de sabit maliyetlerin yüksekliğidir. Ulaşım altyapısı yatırımlarında, kamu sektörünün rolü öne çıkar, çünkü bu tür yatırımlar büyük sermaye gerektirir ve alt yapının işletmeye alınarak kâra geçmesi uzun bir zaman dilimini kapsar. Bu nedenle, riskli bir yapıya sahiptir. Altyapı projeleri, yalnızca büyük bir finansal kaynak getirmekle kalmaz, aynı zamanda bu projelerin kârlı hale gelmesi, ekonomik ve toplumsal faydaların sağlanabilmesi için uzun vadeli bir planlama ve strateji gerektirir.

2.1.2. Dünya’da ve Türkiye’de Sivil Havacılık Ekonomisi

Dünya ekonomisinin hızlıca büyümesine etken olan sektörlerden biri de hava yolu ulaşımıdır. Hava yolu taşımacılığı ülkelerin ekonomisini desteklemekte önemli bir rol üstlenmektedir. Hava yolu ulaşımının uzak mesafeleri kısa sürede kat ettiği için diğer ulaşım yollarına göre farklılık gösterdiği daha önceki bölümde ifade edilmişti. Havacılık sektörü, küreselleşen dünya ekonomisinin önemli bir parçası olurken; aynı zamanda turizmin, uluslararası ticaretin, yatırımların ve istihdamın büyümesine de önemli katkılar sağlamaktadır. Hava yolu ulaşımı sektörü özellikle gelişmekte olan ülkelerde bir kalkınma aracıdır. Bu sektörün ekonomiye olan katkısı, gerektirdiği alt yapı yatırımları, ekonominin diğer makro ekonomik göstergelerini etkilemesi ekonomik analizler açısından büyük önem taşımaktadır. Tüm iş kategorileri tarafından kullanılan uluslararası hava yolu taşımacılığı, çoğu zaman birçok ülke için ekonomik büyümenin motoru kabul edilir (Chang ve Chang, 2009, s. 264).

Sivil havacılık sektörü, küresel ölçekte ekonomik büyüme, istihdam yaratma ve sosyal kalkınmanın desteklenmesinde stratejik öneme sahiptir. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği’ne (IATA) göre, sivil havacılık sektörü dünya genelinde 88 milyon kişilik istihdam sağlamakta ve küresel GSYH’ye yaklaşık 3,5 trilyon dolar katkıda bulunmaktadır (IATA,2023).

Sektör, sadece doğrudan havayolu işletmeleri ve havaalanlarıyla sınırlı kalmayıp, turizm, kargo taşımacılığı, uçak üretimi, bakım-onarım gibi dolaylı alanlarda da ekonomik çarpan etkisi yaratmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde hava yolu ulaşımının gelişimi, dış ticaret hacmini, doğrudan yabancı yatırımları ve turizm gelirlerini artırarak bölgesel kalkınmaya katkı sunmaktadır (ACI World, 2022).

COVID-19 pandemisi sonrası toparlanma süreciyle birlikte, 2023 itibariyle sivil havacılık sektörü yeniden büyüme ivmesine girmiş, özellikle Asya-Pasifik ve Orta Doğu bölgelerinde hızlı artışlar yaşanmıştır. IATA, 2040 yılına kadar yolcu trafiğinin iki katına çıkacağını öngörmektedir. Bu da hava yolu altyapısı, filo yatırımları ve dijitalleşme süreçleri açısından ciddi planlama gerektirmektedir (ICAO, 2023).

Ada ekonomileri gibi coğrafik olarak izole edilen bölgelerde, hava taşımacılığı hizmetlerinin olması, bu bölgelere ziyaretlerde bulunulduğunda kilit bir rol görevi üstlenmektedir. Bu ekonomiler için yapılan turizm istatistiklerinde bölgeye hava yoluyla gelen ziyaretçiler direkt hesaba katılmaktadır (Ishutkina, 2009, s. 35).

Havacılık sektörünün ekonomi üzerinde istihdam ve hasıla bakımından doğrudan, dolaylı, uyarılmış ve katalitik etkileri bulunmaktadır. Bu etkiler şu şekilde açıklanmaktadır (Grancay, 2010; Dimitriou, Mourmouris ve Sartzetaki, 2017, s. 5252):

- **Doğrudan Etkiler:** Havacılık sektörünün kendi faaliyeti ve istihdam sağlaması nedeniyle oluşan etkilerdir. Bunlar havaalanlarının, hava yolu şirketlerinin, havacılık sanayisinin sağladığı istihdam, yapılan harcamalar ve birtakım gelirlerden oluşmaktadır. Doğrudan yolcuya hizmet sağlayan check-in, bagaj taşıma, kargo, yerinde perakende gibi işler sağlamaktadır. Üstelik, imalat sektöründe (uçak, motor üreten firmalar) doğrudan istihdam olanağı sağlamaktadır.
- **Dolaylı Etkiler:** Havacılık sektörü tedarikçilerinin faaliyetleri ve istihdamlarıyla oluşan etkilerdir. Havalimanı tesisleri yapan inşaat firmaları, havacılık yakıt tedarikçileri, uçaklarda kullanılan alt bileşenlerin tedarikçileri, havalimanı perakende satış mağazalarında satılan mal üreticileri ve iş hizmetleri gibi çok çeşitli (çağrı

merkezleri, pazarlama, bilgi teknolojisi, insan kaynakları, muhasebe, halkla ilişkiler vb.) istihdam ve ekonomik faaliyetleri içermektedir.

- **Uyarılmış Etkiler:** Havacılık sektöründe doğrudan veya dolaylı olarak istihdam edilenlerin harcamaları sebebi ile oluşan etkilerdir. Dolaylı ve doğrudan yayılma etkilerinden elde edilen gelir veya işleri ifade etmektedir.
- **Katalitik Etkiler:** Doğrudan veya dolaylı etkilerin daha ilerisinde, havacılığın diğer sektörlerin performansını hangi ölçüde arttırdığı ile alakalıdır. Bu etkiler “Spin-Off Etkisi” ya da “Spillover Etkisi” şeklinde ifade edilmektedir. Diğer bir söylemle turizm harcamalarından elde edilen geliri ifade etmektedir.

Bu etkiler içerisinde en önemli olan katalitik etkilerdir. Katalitik etkiler de kendi içerisinde talep yönlü ve arz yönlü olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bunlar şöyle açıklanmaktadır (Bal, Manga ve Gümüş Akar, 2017, s. 355):

- **Talep Yönlü Katalitik Etkiler:** Havacılık sektörünün ülkede üretilen mal ve hizmetlerin net talebi üzerine etkileridir. Turizm ve ticaret etkisinden oluşmaktadır. Turizm etkisi, gelişmiş hava yolu bağlantılarının turizm üzerindeki etkisini ve hava yolunu kullanan turistlerin harcamalarının GSMH’ye olan katkısını kapsamaktadır. Bu sebeple turizmin önemli bir etken olduğu ekonomilerde bir hayli yüksektir. Ticaret etkisi ise gelişmiş hava yolu bağlantılarının daha uzak pazarlara erişimi bakımından sunduğu katkıyı ve hava yolu ile taşınan mal akımlarının GSMH’ye katkısını kapsamaktadır.
- **Arz Yönlü Katalitik Etkiler:** Havacılık sektörü, ülkede kullanılan kaynakların miktarını etkilemekte veya istihdam edilen kaynakların verimliliğini artırmaktadır. Bu anlamda ekonominin arz yönlü kapasitesini etkileme potansiyeli bulunmaktadır. Havacılık sektörünün gelişmiş olması, yatırım kararlarını etkileyen önemli bir unsurdur. Ayrıca nitelikli bireylerin kendi bölgelerinde çalışmalarını sağlamak anlamında bir etken olarak işgücü arzını da etkilemektedir. Bunlara ek olarak küresel pazarların yapısını etkileyerek küresel ekonominin genelinde verimliliğini ve tedarik zincirinin etkinliğini artırmaktadır. İnovasyonu teşvik edici özelliği de bulunmaktadır.

Saheed ve Iluno'ya (2015) göre dünya genelinde ulusal ve uluslararası pazarlarda yolcuların, mal ve hizmetlerin hareketlenmesini sağlayan havacılık sektörü; küreselleşmeyi, kalkınmayı, ticareti kolaylaştırmayı, etkinleştirmeyi ve turizmi geliştirmeyi hedefleyen her ekonomi için bir geçit oluşturmuştur. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümeyi daha da kolaylaştırmak için büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle ülkeler hava yolu bağlantılarını toplumsal ve ekonomik yönde faydalarını artıracak ve geliştirecek şekilde düzenlemeye çalışır. Bu bağlantılar ile birçok bakımdan ülkeler arası insanlar ve ekonomiler birbirine bağlanmaktadır. Günümüzde havacılık sektörü, bireylerin, ürün ve hizmetlerin, teknolojinin, sermayenin ve düşüncelerin akışlarıyla birlikte havacılık sektörü ekonomiyi daha fazla kalkındırmaktadır. Bu anlamda yadsınamayacak derecede bir önemi vardır (Çelik, 2017, s. 83).

Hava yolu taşımacılığı ile ekonomik büyüme arasında bir nedensellik ilişkisi olduğu görülmektedir (Erdoğan, 2016). Hava yolu taşımacılığı, malların ve insanların hızlı ve verimli bir şekilde taşınmasını sağlar, ticaret hacmini artırır ve yeni iş fırsatları yaratır. Ayrıca turizmi destekleyerek yerel ekonomilere katkıda bulunur. Hava yolu taşımacılığı ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisine bakıldığında kişilerin gelir seviyelerinde oluşan artışın hava yoluna olan talebi arttırdığı gözlemlenmiştir. Hava yolu şirketlerinin gelirleri uçuşlardan, hava limanlarından ve hava taşımacılığına bağlı sektörlerin katkıları sayesinde şekillenir. Küresel ticareti ve turizmi destekleyerek ekonomik katkıda bulunur. Fakat, sektör bir yandan da yakıt fiyatları, güvenlik ve kriz gibi durumlara karşı duyarlıdır. Pandemi gibi bir olayın yaşanması sektörü önemli bir ölçüde etkiler.

Dünya'da havacılık ile ilgili gelişmelere orantılı olarak Türkiye'ye bakıldığında uçak trafiği ve yolcu sayılarında oluşan yükselme, yurt içi ve yurt dışı ağında yaşanan gelişmeler, havaalanı yatırımları, uçuşta emniyet ve hava güvenliği konusunda yapılan düzenlemeler sivil havacılığı yüksek bir konuma getirmiştir (Erdoğan, 2016). Tüm dünyada konuşulan 2016 yılında gerçekleşmiş olan olumsuz duruma rağmen potansiyel fırsatları ve riskleri göze alarak yaptığı projelerle sivil havacılık alanında önemli adımlar atılmıştır. (Efendigil, Eminler, 2017).

Türkiye sahip olduğu mevcut devlet ve özel işletmelere kaliteli hizmet sunarak havacılığın hızlı, konforlu ve güvenli olarak hizmete sunmaya devam etmektedir. 168 ülke ile havacılık anlaşması olan Türkiye, en fazla uçuş ağına sahip ülkelerden biri olmaktadır. Ayrıca Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) konsey üyesi olan Türkiye uçuş emniyeti ve güvenlik alanında da sivil havacılığa büyük katkı sağlayan ülkelerden biri konumundadır. Ulusal hava yolu şirketi olan THY (Türk Hava Yolları) ülkedeki başarısıyla da sivil havacılığa verilen önemi göstermektedir. Günümüzde dünya genelinde on binlerce uçak ve binlerce havalimanı aracılığıyla, her yıl milyonlarca uçuş gerçekleştirilmekte ve yolculara güvenli ve konforlu bir seyahat deneyimi sunulmaktadır.

1960'lı yıllarda Türkiye sivil havacılık alanında önemli adımlar atmıştır. THY, Türkiye'nin havacılık sektörünün öncüsü olarak yolcu ve kargo taşımacılığı yapmaktadır. 1963 yılında açılan Atatürk Havalimanı Türkiye'nin en büyük uluslararası havalimanı olarak hizmet vermiş olup, önemli bir hava yolu ulaşım merkeziydi. Türkiye'nin uluslararası hava trafiğinin büyük bir kısmının geçiş noktasıydı. Ancak, 2018 yılında İstanbul'a yapımı tamamlanan ve hizmete açılan yeni havalimanı olan İstanbul Havalimanı'nın faaliyete geçmesiyle birlikte Atatürk Havalimanı kapatıldı ve yerine diğer havalimanlarının artan taleplerini karşılamak için farklı kullanım alanları değerlendirilmeye başlanmıştır. Genel olarak bakıldığında 1980'li yıllardan itibaren Türkiye'de sivil havacılık sektöründe önemli gelişmeler yaşanmıştır. Özel hava yolu şirketlerinin kurulması ile rekabet oranı artmış ve buna bağlı olarak hava yolu ulaşımı daha yaygın hale gelmiştir.

2.1.3. Hava Yolu Ulaşımının Ekonomiye Katkıları

Havacılık sektörü tüm ülkelerde ekonomik büyümenin ana yapı taşı niteliğindedir. Bunun nedeni ise sanayilerin ihracatta verimliliği artırmasına olanak sağlayan hızlı kargo taşımacılığı zincirine sahip olmasıdır. Havacılık sektörü içinde birçok farklı çalışma alanı bulunmaktadır. Sürekli gelişen sektörlerden biri olması nedeniyle sürekli istihdam artışına gidildiği görülmektedir. Bir ülkede istihdamın artması ekonomideki para akışını hızlandırmaktadır. Havacılık sektörünün büyümesiyle doğru orantılı olarak hava yolu şirketinin olması o ülkede turizm, kargo taşımacılığı ve sanayi alanlarının da büyümesine olanak sağlar.

Hava yolu taşımacılığı turistlerin ÷lkeye gelmesini ve ticaretin artmasını sağlar. Uçakla ulaşımın kolaylığı, daha fazla turistin belirli bölgelere gelmesini sağlar, bu da yerel ekonomilere gelir getirir. Özellikle uluslararası havalimanları aracılığı ile sağlanan hava ulaşımı dış ticaretin ve turizmin desteklenmesini sağlamaktadır. Turistlerin kolaylıkla seyahat edebilmesi, farklı ÷lkeleri ve kültürleri keşfetmelerini sağlar ve böylece turizm gelirleri artar. Turizmin gelişmesi aynı zaman da konaklama ve hizmet sektörünün de gelişmesine olanak sağlamaktadır. Artan turist sayısı, oteller, restoranlar ve turistik hizmetler gibi sektörlerin de büyümesine katkıda bulunur.

Hava yolu sektörü, pilotlardan kabin görevlilerine, yer hizmetleri çalışanlarına kadar geniş bir çalışma alanına sahiptir. Aynı zamanda hava yolu şirketleriyle ilişkili olarak yan sanayide ve destek hizmetlerinde de istihdam yaratan ulaşım ağına sahiptir. Hava yolu şirketleri, havaalanları, uçak ücretleri ve bağlantılı endüstrilerde birçok insan istihdam eder. Hava yolu endüstrisi genellikle yüksek nitelikli işlerin sunulmasını sağlar.

Turizm, lojistik ve hizmet sektörlerinde ise dolaylı istihdam sağlar. Hava yolu ulaşımı, bir ÷lkenin ekonomik büyümesine büyük katkıda bulunur. Hava yolu sektörü, ticareti kolaylaştırarak ve uluslararası bağlantıları artırarak ekonomik büyümeyi teşvik eder. Şirketlerin ve insanların daha hızlı ve etkili bir şekilde seyahat etmesine olanak tanır. Hızlı ulaşım, iş dünyası ve yatırım için daha geniş pazar ağına sahiptir. Hava yolu sektöründe turizm ve ticaretin canlanması hava sektörüne yapılan yatırım, havalimanı ve alt yapı projeleri üzerinden ekonominin büyümesini teşvik eder. Hava yolu ulaşımı aynı zaman da ÷lkeler arasındaki küresel bağlantıyı artırır. İş birliği olanaklarını ve kültürel alışverişe teşvik edip, uluslararası ilişkilerin güçlenmesini sağlar.

Havaalanları, çevresindeki bölgelere ekonomik fırsatlar sunar. Yerel hizmet sektörleri, oteller, restoranlar, turistik yerler vb. işletmeler, havaalanlarının etrafında gelişip ve büyüyerek yerel ekonomilere katkıda bulunur. Uçakla ulaşılabilir bölgeler, ekonomik ve sosyal olarak bölgesel kalkınmanın da gelişmesini sağlar. İyi hava bağlantıları olan bölgeler, yabancı ve yerli yatırımcıları çeker. İnsanların ve kültürlerin daha fazla etkileşime girmesi, uluslararası eğitim ve iş fırsatları kültürel sosyal bağlantılar da ekonomiye katkı sağlar.

Hava yolu ulaşımı, hızlı ve güvenilir bir şekilde ürünleri dünyanın dört bir yanına taşımak için önemli bir lojistik araçtır. Bu, ticareti kolaylaştırır hem de ekonomik entegrasyonu teşvik eder. Bu nedenlere bakıldığında, hava yolu ulaşımı genellikle bir ülkenin ekonomik büyümesini ve uluslararası entegrasyonu için önemli bir sektör olarak yerini almaktadır.

Hava yolu ulaşımı, hem yerel hem de küresel ölçekte ekonomik büyümeye yaptığı katkılarla modern ekonomilerin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Ancak bu katkıların sürdürülebilir olması ve sektördeki dinamiklerin sağlıklı bir şekilde işlemesi, hava yolu ulaşımında arz ve talep arasındaki ilişkinin doğru anlaşılmasına bağlıdır. Bu nedenle, sektördeki ekonomik etkileri daha kapsamlı bir şekilde değerlendirebilmek için, arz-talep dengelerinin incelenmesi büyük bir önem taşımaktadır.

2.1.3.1. Ulaşım Hizmetlerinin Kalkınma Üzerindeki Etkisi

Bir ülkenin ekonomik kalkınmasında hizmet sektörünün en önemli bileşenlerinden biri olan ulaşım, sunduğu dışsallıklar, maliyet yapıları ve fiyatlandırma politikaları ile, sosyal devlet anlayışı ve kamu yararı doğrultusunda sektördeki fonksiyonunu artırmaktadır. Demiryolları, hava yolu ulaşımı gibi ulaşım altyapısının geliştiği bölgelerde erişim imkanlarının artması, yatırımların, sanayileşmenin, ticaretin ve inşaat sektörünün büyümesini teşvik eder. Bu gelişmeler, aynı zamanda kent merkezlerinin genişlemesine ve niteliksel anlamda gelişmesine zaman hazırlayarak, ekonomik kalkınmayı destekler. Altyapı yatırımlarının, ulaşım sistemlerinin bu kadar kritik olmasının nedeni, sadece ekonomik büyüme üzerindeki doğrudan etkisi değil, aynı zamanda toplumsal ve bölgesel eşitsizliklerin azaltılmasına sağladığı katkıdır.

Ulaşım, ekonomiye çeşitli şekillerde katkı sağlar.

Söz konusu katkılardan bazıları şunlardır (Erdoğan,2016):

1. Ticaretin Artması: İyi bir ulaşım altyapısı, mal ve hizmetlerin güvenilir ve hızlı bir şekilde taşınmasını sağladığından bu durum ticaretin artmasına ve pazarların genişlemesine yol açar.
2. İstihdam ve Gelir Artışı: Ulaşım sektörü, istihdam sağlar. Daha etkili bir ulaşım, işletmelerin verimliliğini arttırarak ekonomik büyümeye katkıda bulunur ve ekonominin gelir düzeyini arttırır.
3. Maliyet Azaltımı: Verimli bir ulaşım sistemi, mal ve hizmetlerin nakliye maliyetlerini düşürür. Bu durumda maliyetleri azaltıp, tüketici fiyatlarının daha rekabetçi olmasına olanak sağlar.
4. Yatırım Çekme: İyi bir ulaşım ağı yatırımcıların bölgeye dikkatini çeker. Altyapının güçlü olmasını, daha rekabetçi işletmeler haline gelmesini ve yeni yatırımlara ilgi çekmesini sağlar.
5. Bölgesel Kalkınma: Ulaşım, farklı bölgeler arasında dengeli kalkınmayı önerir. Ulaşım altyapısı olmayan bölgeler, bu durumu kullanamaz ve ekonomik olarak geride kalabilir.

Bu nedenlerle, ulaşım altyapısı ekonomik büyümenin desteklenmesini sağlar ve bir ülkenin rekabet avantajını artırır.

Ulaşım sektöründeki girdi arzının sürekliliği, girdi maliyetlerinin düşmesi ve fiyatların düzelmesi, maliyetleri azaltarak endüstriyel alanda kârlılığı artırmakta ve böylece üretim düzeyini yükseltmektedir. Bu artan verimlilikle birlikte ölçek ekonomileri devreye girer ve üretim kapasitesi genişler. Üretim seviyelerindeki bu artış, ulaşım hizmetlerine olan talebi artırarak daha fazla yatırım yapılmasını teşvik eder. Bu da ulaşım sektöründeki kârlılığı ve hizmet kalitesini yükseltir. Böylece, sektörün büyümesi sadece ekonomik olarak değil, aynı zamanda hizmet sunumunun kalitesi açısından da önemli bir iyileşme sağlar.

Ulaşım, bir hizmet sektörü birimi olarak gıda, barınma, ısınma gibi ihtiyaçlarda da önemli bir rol üstlenmektedir. Gerek birbirleriyle gerekse tarım ve sanayi sektörleri ile bağlantı içerisinde olan ulaşım, ülke ekonomisinin yapı taşı konumundadır.

Sonuç olarak, ulaşım ve ulaştırma ekonomisi, sektörün ekonomik etkilerini değerlendirmek ve anlamak için kullanılan bir sektördür. Ulaştırma, politikalarının oluşması ve sektörün büyümeye katkı sağlaması için önemlidir.

Ulaşım sektörü genellikle altı ana sektörden oluşur (Rodrigue, 2020; OECD, 2021):

1. Kara Ulaşımı: Karayolları, demiryolları, taksi hizmetleri, otobüs hizmetleri, kamyon taşımacılığı gibi faaliyetleri kapsar.
2. Hava Ulaşımı: Havaalanları, uçak onarım ve bakımı, kargo taşımacılığı gibi faaliyetleri kapsar.
3. Deniz Ulaşımı: Liman işletmeciliği, gemi inşası, liman hizmetleri gibi faaliyetleri kapsar.
4. Demiryolu Ulaşımı: Tren işletmeciliği, demiryolu taşımacılığı, altyapı işletmeciliği gibi faaliyetleri kapsar.
5. Boru Hatları ve Akaryakıt Taşımacılığı: Petrol, doğalgaz, su gibi sıvı maddeler ve akaryakıt hatlarının taşınması ve bu hatların işletilmesini içerir.
6. Su Ulaşımı: Nehir taşımacılığı gibi iç sular üzerinde gerçekleşen faaliyetleri kapsar.

Ulaşım sektörleri genel olarak 6 ana sektör kapsamında değerlendirilmektedir. Araştırmanın konusu kapsamında bu çalışmada hava yolu ulaşımına odaklanılmıştır. Bu doğrultuda çalışmada hava yolu ulaşım ekonomisi, Dünya’da ve Türkiye’de sivil havacılık ekonomisi, hava yolu ulaşımının ekonomiye katkıları, hava yolu taşımacılığının gelişimi, hava yolu talep tahmini gibi konular detaylı olarak incelenmiştir.

2.1.3.2. Hava Yolu Ulaşımında Arz-Talep İlişkisi

Arz-talep ilişkisi, uçak biletleri üzerindeki etkileşimi ifade eden bir durumdur. Talebin arttığı dönemlerde, hava yolu firmaları genellikle bilet fiyatlarını yükseltir; çünkü bu dönemlerde seyahat etmek isteyen yolcular, daha yüksek ücret ödemeye razı olurlar. Buna karşılık, talebin azaldığı dönemlerde ise fiyatları düşürerek veya promosyonlar sunarak yolcu talebini artırmaya çalışırlar. Bu durum çeşitli etkenlere bağlı olarak değişebilir; ekonomik durumlar, mevsimsel etkenler, tatil dönemleri gibi etkenler arz-talep ilişkisini etkileyen faktörlerdir.

Mevcut firmaların kar oranlarında artış yaşanması ve piyasada bir ya da daha fazla firmanın faaliyet göstermesi durumunda, yeni firmaların sektöre girmesi söz konusu olabilir. Bu durum, hava yolu piyasasının daha rekabetçi bir yapıya kavuşmasına neden olmaktadır (Çermikli, 1997). Tek bir firma faaliyet durumunda ise hava yolu devlete ait olmaktadır. Hava yolu taşımacılığı diğer endüstrilere kıyasla daha hızlı büyümektedir. Özel sektör piyasasına bakıldığında piyasanın girişinin önündeki engelleri kaldırılmış olan yasal düzenlemelerin faaliyete geçtiği ülkelerde bu sektörün daha da yükseldiği görülmektedir. Türkiye bu ülkelerden birisidir (Ülker Ç., 2016).

Hava yolu ulaşımının liberalleşme süresi boyunca yasal olarak yapılan düzenlemelerle birlikte özel sektörün piyasaya girmesi kolaylaşmıştır. Bu düzenleme sonucunda dış piyasada bir aşama ileri gidilmiştir. 2003 yılında havacılık politikasının başlamasıyla iç piyasa daha rekabetçi bir hale gelmiştir (SHGM, 2003).

Hava yolu taşımacılığı, diğer endüstrilere bağlı olarak türev bir talep oluşturur (Doganis, 1991). Hava yoluna olan talebin artması demek turizm ve lojistik sektörü gibi diğer sektörler de gelişmesine önemli bir katkıda bulunur. Hava yolu taşımacılığında yaşanan gelişmeler ekonomik büyüme ile yakından ilişkidir. Hava yolu taşımacılığında talebi belirleyici sayılan; uçak bileti fiyatları, yolcuların gelir düzeyi, hangi dönem ya da sezon da alındığı, kalkış ve varış noktaları gibi etkenler önemli rol oynamaktadır.

Uçak biletlerinin fiyatlarının düşmesi demek yolcuların hava yolu ulaşımını tercih etmelerine sebep olması demektir. Yolcular ulaşmak istedikleri yer için fiyatları karşılaştırarak kendileri için uygun olanı tercih ederler. Bir başka belirleyici faktörlerden olan gelir seviyesi yüksek yolcular için, hava yolu ulaşımını tercih etme ihtimalleri oldukça yüksektir. Gelir düzeyi yüksek bireyler, gelir düzeyi düşük olanlara göre daha fazla seyahat ederler. Yüksek gelir düzeyine sahip bireylerin çoğunlukla iş ve tatil amacıyla, gelir düzeyi düşük bireylerin ise tatil ve aile ziyaretleri amacıyla hava yolu ulaşımını kullandıkları görülür (Ülker Ç., 2016).

Hava yolu ulaşımında seyahat edenler amaçlarına göre iş için ve seyahat için kullananlar olarak ikiye ayrılır (O'Connor, 2001). Uçuşların fazla olması, uçuş süresinin az olması hava yolu ulaşımını kullanmak için büyük bir etken oluşturmaktadır. İş için seyahat edenlerin diğer seyahat edenlere göre zaman olarak daha hassasiyet oluşturduğu gözlemlenmektedir. İş için hava yolu ulaşımını tercih edenlerin yolculuk masrafları genellikle işveren tarafından karşılandığı için fiyat ve gelir hassasiyetleri nispeten düşüktür. Tatil için seyahat edenlerin iş için seyahat edenlere göre fiyat ve gelir esnekliği daha yüksek olacaktır.

Arz fonksiyonu hava yolu ulaşımında genellikle pozitif eğimli görülmektedir (Vasigh vd., 2013). Yolcu talebi, talebin mevsimselliği, amacı, mesafe ve talebi etkileyen faktörler hava yolu ulaşım arzını ve maliyetlerini doğrudan etkileyen faktörlerdir (Doganis, 1991). Hava yolu ürününün fiyatı hava yoluna olan arz ve talebe bağlıdır. Hava yolu ulaşımında arz ve talep taşınan yolcu, yük miktarı ve gidilen kilometre dikkate alınarak hesaplanır. Arz-talep ilişkisine sonuç olarak bakıldığında hava yolu talebi ile yolcu sayısındaki değişim değişkenlik gösterir ve hava yolu arzının sabit olduğu gözlemlenmektedir.

2.1.3.3. Havacılık Sektöründe Talep Tahmini

Hava yolu ulaşım firmaları, yolcuların oluşturacağı servisin tedarikini doğru planlayabilmek amacıyla talebi tahmin eder. Sektörde yolcu talebi tahmini yapmak, en önemli ve kritik anlardan biri olarak kabul görmektedir. Talep tahmininin tutarlılığı ve yatırım verimliliğine bağlı olarak talep tahmini, yatırımcılar için önemlidir (Blinova 2007). Filo planlanması, rota geliştirme ve yıllık gelişimlerin planlanması için talep tahmini önemli girdilerden biridir (Ba-Fail 2000; Doganis 2009). Talep tahmini yapmak ve analiz etmek hava yolları için objektif bir değerlendirme yaparak risklerin azaltılmasında büyük bir rol oynar.

Hava yolu şirketleri, talepleri karşılamak ve planlamak için doğru orantıda hizmet ve kaynak sağlamak zorundadır. Bunlardan bazıları şunlardır:

1. Planlama ve Bütçeleme: Hava yolu şirketleri, uçuş rotalarını, planlarını ve hizmetlerini belirlerken talebi göz önünde bulundurmalıdır. Doğru talep tahmini şirketlerin ve uçakların en uygun şekilde kullanılmasına yardımcı olur. Ayrıca, tahminler, satış ve pazarlama stratejisi için bütçelemeye rehberlik eder.

2. Planlama Maliyeti: Hava yolu şirketlerinin uçuş sayısına, personel ihtiyaçlarına ve yakıt tedarikine bağlı olarak değişen masrafları vardır. Yanlış hareket edilmesi halinde talep tahmini fazla maliyetlere yol açmaktadır. Doğru talep tahmini, maliyetleri en uygun hale getirir ve kaynakları en iyi şekilde kullanır (Wensveen, 2016).

3. Rekabet Avantajı: Doğru talep tahminleri sayesinde hava yolu şirketleri rekabet avantajını elde ederler (Doganis, 2010). Talepleri tahmin etmek ve hizmetlerini planlamak, rakip firmalara kıyasla müşterilerine uygun teklifler sunmalarını sağlar. Doğru talep tahminleri doluluk oranlarının artmasını ve karlarını optimize etmesini sağlar.

4. Müşteri Hizmetleri: Havacılık sektöründe en önemli hizmetlerden biri müşteri memnuniyetidir. Müşterilerin taleplerinin doğru karşılanmasında, talep tahmini büyük rol oynar (Cook and Billig, 2017). Oluşan talep fazlasında uçuşlarda yer probleminin yaşanmaması, uçuş iptalleri ve müşterilerin memnuniyetsiz olduğu sorunların yaşanmaması için doğru talep tahmini yapılmalıdır.

Hava yolu ulaşımında talep tahmini, hava trafiğini ve yolcu talebini 6nceden belirlemeye y6nelik stratejik bir araç olarak kullanılmaktadır. Talep tahmininde çeşitli fakt6rler rol oynamaktadır. İlk olarak, tarihsel veriler 6nemli bir temel teşkil eder; geçmiş yıllarda elde edilen hava trafiği verilerinin analizi sayesinde, gelecekteki yolcu talebi hakkında 6ng6r6lerde bulunmak m6mk6nd6r (Belobaba, Odoni, and Barnhart, 2009). Bununla birlikte, mevsimsel dalgalanmalar, tatil d6nmeleri ve 6zel etkinlikler gibi d6nemsel fakt6rler de talep 6zerinde belirleyici etkilere sahiptir (Wensveen, 2016). İkinci olarak, ekonomik fakt6rler, hava yolu taşımacılığı talebini doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer alır; gelir d6zeyi, işsizlik oranı ve ekonomik b6y6me gibi makroekonomik g6stergeler, yolcu tercihlerini ve seyahat sıklığını etkileyebilir (Doganis, 2010). Ayrıca, demografik yapılar, yani n6fusun b6y6kl6đ6, yaş dağılımı ve kentleşme oranları, belirli b6lgelerdeki hava yolu kullanım potansiyelini şekillendirir. Son olarak, hava yolu şirketlerinin stratejileri, 6rneğin fiyatlandırma politikaları, kampanyalar ve rezervasyon verileri gibi işletme verileri de talep tahmin s6recinde dikkate alınan 6nemli değişkenlerdir (Cook and Billig, 2017). T6m bu unsuların doğru analiz edilmesi, g6venilir ve tekili talep tahminlerinin yapılmasını m6mk6n kılmaktadır.

Hava yolu ulaşımı, taşımacılığı yapılan d6zenlemelerle birlikte son yıllarda oldukça hızlı bir b6y6me gerçekleştirmiştir. D6nem d6nem gerçekleşen politik olaylar, afetler vs. sebebiyle d6ř6ř yaşansa da genel olarak bakıldığında y6kselişe geçtiğini g6zlemleyebiliriz. Ulaşıma, ekonomiye, turizme katkıları sebebiyle, yapılan talep tahminleri hava taşımacılığının doğruluğunu ve 6nemini g6stermektedir.

Talep tahmini, havacılık sekt6r6nde stratejik planlama ve karar alma s6relerinin temel bir unsuru olarak 6ne çıkmaktadır. Bu s6rete kullanılan y6ntemler ve modeller, sekt6r6n dinamik yapısı nedeniyle çeşitlilik g6stermekte ve farklı koşullara uyum sağlamayı gerektirmektedir. Havacılık sekt6r6nde, talep tahminine bağlı olarak literat6rde çok sayıda ampirik analizler dikkat çekmiştir. şimdi, havacılık sekt6r6nde bu konu 6zerinde yapılan çalışmaları ele alacak ve bu alandaki literat6r detaylı bir şekilde incelenecektir.

2.2. İlgili Araştırmalar

Andreoni ve Postorino (2006), İtalya'nın Reggio Calabria bölgesel havaalanındaki yolcu talebini tahmin etmek amacıyla hem ek değişkenli hem de çok değişkenli ARIMA modelleri kullanılmıştır. Çalışmada, ekonomik ve sosyo-demografik değişkenlerin de modele dahil edildiği çok değişkenli ARIMA modelleriyle daha yüksek doğrulukta tahmin sonuçları elde edilmiştir. Uygulanan modeller arasında en düşük hata değerlerine sahip modelin çok değişkenli ARIMA olduğu belirtilmiş; bu da havayolu talebi üzerinde ekonomik göstergelerin etkisini ortaya koymuştur.

Gong (2010), yolcu taşımacılığı talebini tahmin etmek için sinir ağı modeli ve genel regresyon modeli ARIMA ile kullanarak birleştirdi. Tortum, Gözcü, Çodur (2014), Türkiye'de Hava Yolu Ulaşım Talebinin ARIMA Modelleri ile Tahmin Edilmesi başlıklı yaptıkları çalışmada Box-Jenkins metodolojisinin temel varsayımları ve kriterleri birebir sağlamak koşuluyla adım adım takip ederek, aylık yolcu serisini en iyi açıklayan modelin SARIMA (6,1,1) (12,0,12) olarak bulunmuştur. Modelde gerçekleşen yolcu sayıları çok yakın tahmin sonuçları ile verilmiştir.

Tsui, Balli, Gilbey, R. Gow (2014), havaalanı yolcu trafiğini tahmin etmek için Box-Jenkins mevsimsel ARIMA (SARIMA) modelini ve ARIMAX modeli kullanmışlardır. Hong Kong havaalanı için yaptıkları bu çalışmada Nisan 2011'den Aralık 2015'e kadar bağlantılı trafiği tahmin etmek için en uygun model SARIMA (1,0,1) (1,0,1) 12 modeldir ve hava taşımacılığı ile ziyaretçiler için SARIMA (2,0,1) (1,0) modelin uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Sharma, Mahariba (September,2019), seyahat eden yolcu sayısının tahmin edilmesi amacıyla yapılan çalışma, çeşitli modellerin kullanılması ve uygulanması üzerine ARIMA (2,1,2) en düşük RMS ve RMSE değerlerine sahip en uygun sonuç bulunmuştur. Önen (2023) güncel veriler ışığında Türkiye hava yolcu sayısını ARIMA ve ARIMAX yöntemlerine dayalı olarak 2010-2022 dönemleri çeyrek dönemlere ait verileri kullanarak model tahmin edilmiştir. Çalışmada mevsimsel etkide dikkate alınarak SARIMA (1,1,0) (1,1,2) modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir.

Adiatma, Mohisin, Allagabo, Mustafa, Yulianti, Irianto (2024, 3(2), 70-82) yaptıkları çalışmada Endonezya'daki iç hat uçuşları için ARIMA modelinin uygulanmasını ve hava yolu yolcu sayılarını tahmin edilmesini ele almaktadır. Veriler,

Endonezya'daki iç hat yolcu gelişlerine dair Merkezi İstatistik Bürosu (Badan Pusat Statistik-BPS) veri tabanından alınmıştır. Minitab 22 kullanılarak yapılan modelleme sürecinde, en uygun ARIMA modeli (1,0,1) olarak belirlenmiştir. Havacılık sektörü ile ilgili talep tahmini üzerine iç hat ve dış hat talep modellemesini amaçlayan çalışmalar arasında İsveç üzerine Kopsch (2012) tarafından, Amerika Birleşik Devletleri için Bhadra (2003), Bangladeş için Alam ve Karim (1998) tarafından çalışmalar yapılmıştır.

Moruping, Seaketso, Mdlongwa, Munopo (2023, s. 153-161) Güney Afrika hava yolu yolcuları için tahmin modellemesi yapmış. Çalışmada 1970'ten 2019'a kadar yıllık zaman serisi verilerini kullanmışlardır. Box-Jenkins ARIMA metodolojisi, önümüzdeki beş yıl (2020-2024) için hava yolu yolcu verilerini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Kullanılan ham veriler durağan olmadığı için durağan hale getirmek için bir kez farkı alınmış olup çıkan sonuçta ARIMA (3,1,2) modeli uygun görülmüştür. Ek olarak, tanı testleri önerilen modelin aslında yeterli olduğunu ve Güney Afrika hava yolu için 2020'den 2024' e kadar yolcu sayısı hakkında tahminlerde bulunmak için kullanılabileceğini gösterdi.

Çuhadar (2014), Box-Jenkins metodolojisi olarak da bilinen ARIMA'yı kullanarak Antalya Uluslararası Havalimanına günlük hava yolcusu talebini tahmin etmek için uygun bir model oluşturmaktadır. Antalya Uluslararası Havalimanına günlük uluslararası hava yolcusu varışları 1 Ocak 2008-28 Şubat 2014 dönemini kapsamaktadır ve ARIMA modellerini oluşturmak için toplam 2251 gözlem kullanılmıştır. Sonuç olarak uygulanan tüm modeller arasında nihai model ARIMA (5,1,6) olarak belirlenir

Yurtiçi hava taşımacılığı talebinin modellenmesi ve senaryolar değerlendirilmesi çalışmasında Ozan, Başkan, Haldenbilen ve Ceylan (2014, s. 322) hava yolu yolcu talebi çok değişkenli regresyon yöntemi ile gelir ve jet yakıtı fiyatlarına bağlı olarak modellemeye çalışmışlardır. Çalışmada indeksleme yöntemi ile talebin aylık değişimleri başarı ile modellenenmiş ve tahminler yapılarak çalışmanın sonucunda gelir değişkeninin talebi pozitif etkilediği görülürken jet yakıtı fiyatları ile talep arasında ters orantılı ilişki tespit edilmiştir.

Kuzu, Yıldırım (2017), yaptıkları çalışmada 2022-2016 yılları arasında hava yolu taşımacılığını kullanan yolcu sayıları Box-Jenkins ve Gri tahmin yöntemleri ile analiz edilerek mevcut ve gelecek dönem tahminleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda Box-Jenkins yönteminin bu veri seti için daha iyi tahmin değerleri ürettiğini göstermektedir. Çıkan sonuçlara göre 2017 yılı sonunda ARIMA (1,1,0) modeli tahmini gerçekleşecek değer altında, GM (1,1) modeli üzerinde olabilecektir.

Tortum, Gözcü ve Çodur (2014), Türkiye’de hava yolu ulaşım talebini Box-Jenkins metodolojisini kullanarak incelemiştir. Aylık yolcu verileri üzerinde yapılan analizde, model seçimi sürecinde AIC, BIC ve hata varyansı gibi kriterler dikkate alınmış ve nihai olarak SARIMA (6,1,1) (12,0,12) modelinin en uygun model olduğu sonucuna varılmıştır. Seçilen model, gerçekleşen yolcu sayıları ile oldukça yakın tahminler üretmiş, bu da modelin güvenilirliğini ve tahmin gücünü ortaya koymuştur. Ayrıca çalışmada, zaman serisinin durağan hale getirilmesi için fark alma işlemi uygulanmış ve sezonluk etkiler modelde dikkate alınmıştır.

3. YÖNTEM

Bu bölümde zaman serileri analizi, zaman serilerinin genel özellikleri ve zaman serilerinde ARIMA modellemesi ile ilgili ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir. İlk olarak araştırmanın modeli ortaya koyulmakta, sonrasında araştırmanın evren ve örneklem grubu tanımlanmaktadır. Daha sonra, veri toplama araçları ve teknikleri ve veri toplama süreci hakkında bilgilere yer verilmiştir. Son olarak da verilerin analizi ortaya koyulmuştur.

3.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada, nicel araştırma yöntemi kapsamında zaman serisi analizi yöntemlerinden ARIMA modeli kullanılmıştır. Model seçimi, serinin geçmiş verilerinden yola çıkarak tahmin doğruluğunu test edebilmek amacıyla yapılmıştır.

ARIMA modeli, üç temel bileşenden oluşur. Modelin uygulanabilmesi için öncelikle zaman serisinin durağan olup olmadığı incelenmiş, gerekli fark alma işlemleri yapılarak seri analiz için uygun hale getirilmiştir. Uygulanan modeller arasında parametrelerin belirlenmesinde çeşitli gecikme değerleri denenmiş, en uygun model yapısının belirlenmesi amacıyla Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) gibi istatistiksel ölçütlerden yararlanılmıştır.

Modelin uygulanması süreci, verilerin durağanlaştırılması, model parametrelerinin belirlenmesi ve analiz için uygun yapının kurulması aşamalarını içermektedir. Elde edilen model daha sonraki bölümde detaylandırılarak analiz edilmiş ve tahmin çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Zaman Serileri

Zaman serisi, belirli zaman aralıklarıyla sıralanmış ve birbirine bağlı şekilde gözlemlenen veri noktalarından oluşan istatistiksel bir veri yapısıdır. Diğer istatistiksel veri türlerinden en önemli farkı, verilerin hem zamana bağımlı olması hem de ardışık sırayla oluşmuş olmasıdır. Box ve Jenkins'in (1970) ifade ettiği gibi, zaman serisi analizinin temel amacı, geçmişte gözlemlenen değerler üzerinden hareketle geleceğe ilişkin tahminlerde bulunmak ve serinin altında yatan yapısal özellikleri ortaya çıkarmaktır. Bu analizler sayesinde hem serideki desenler (trend, mevsimsellik,

döngüsellik) tanımlanabilir hem de tahmine dayalı karar verme süreçleri desteklenebilir.

Zaman serileri birçok disiplinde önemli bir analiz aracıdır. Ekonomide enflasyon oranları, döviz kurları ve işsizlik oranları; finans alanında hisse senedi fiyatları ve faiz oranları; meteorolojide sıcaklık ve yağış verileri, ulaşımda yolcu sayıları ve trafik hacmi gibi veriler zaman serisi biçimindedir. Bu verilerdeki temel amaç, sadece mevcut durumu analiz etmek değil, aynı zamanda gelecekteki eğilimleri öngörebilmek ve bu öngörüler doğrultusunda stratejiler geliştirebilmektir (Enders, 1995).

Zaman serileri yapısal olarak analiz edilebilmesi için verinin belirli özelliklere sahip olması gerekir. Seriler durağan ya da durağan olmayan biçimlerde olabilir; bazı seriler etrafında dalgalanma gösterirken, bazıları zamana bağlı olarak artan veya azalan trendler izleyebilir. Bu farklılıklar, uygulanacak modelin türünü ve analiz yöntemini doğrudan etkiler. Dolayısıyla, zaman serisi analizinde ilk adım genellikle serinin temel yapısının belirlenmesi ve uygun modelleme seçilmesidir (Subaşı, 2005).

Fiziksel ve çevre bilimine dayalı olaylar zaman serisi yöntemleri açısından en karmaşık uygulamalar olarak tanımlanmaktadır. Zamana göre değişen verilerin dikkatlice incelenmesi zaman serileri araştırmalarının en önemli aşamasıdır. Araştırma neticesine göre veriler üzerinde kullanılacak istatistikler ve analiz yöntemleri belirlenmektedir (Shumway ve Stoffer, 2006, s. 2). Seçilen en uygun modele göre verileri tahmin edecek, yeni verilerin geçmiş verilerle arasındaki ilişkiyi belirleyecek gerçeğe yakın değerler üretebilecek nitelikte olmalıdır (Brockwell ve Davis, 2002, s. 6)

Zaman serileri 4 farklı bileşenden oluşmaktadır (Newbold, Carlson ve Thorne, 1994, s. 692).

- Trend (Eğilim) Bileşeni: Zaman serilerinin uzun süre devam eden kararlı büyüme ya da azalma eğilimine sahip olmasıdır.
- Mevsimsellik: Zaman serilerinde belirli zaman aralıklarında mevsimsel durumların etkileriyle meydana gelen değişimleri temsil etmektedir.
- Döngüsel Bileşen: Zaman serilerinde dönemsel ancak mevsimsel etkileri olmayan yükseliş ve düşüşlerin görülmesidir.

- Düzensiz Bileşen: Geçmiş verilere dayanarak öngörülemeyen değişimler olarak adlandırılmaktadır.

Bir zaman serisi genel itibariyle,

$Zaman\ serisi = f(Trend, Mevsimsellik, Döngüsel\ Bileşen, Düzensiz\ Bileşen)$

şeklinde gösterilebilir.

Zaman Serilerinin Genel Özellikleri

Zaman serileri, belirli bir zaman aralığında düzenli olarak gözlemlenen değişkenlerin sıralı veri yapısını ifade etmektedir. Bu tür veriler, özellikle ekonomi, finans, meteoroloji ve ulaşım gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Zaman serisi analizinde temel amaç, geçmiş gözlemlerden hareketle geleceğe yönelik tahminlerde bulunmak ve serinin yapısal özelliklerini anlamaktır (Box et al., 2008).

Bir zaman serisinin ortalaması, varyansı ve otokorelasyonu zaman içerisinde sabit kalıyorsa, bu seri durağan olarak tanımlanır. Durağanlık, zaman serisi analizlerinde model kurma sürecinde önemli bir ön koşuldur. Durağan olmayan seriler, genellikle fark alma yöntemi ile durağanlaştırılır (Hamilton, 1994).

Zaman serilerine ilişkin veriler stokastiktir, diğer bir ifadeyle, zamanın belli anlarında rastsal değerler alırlar ve aldıkları bu değerlerin önceden kestirilebilmesi mümkün değildir (Gujarati, 2004).

Mevsimsel yapı, seride yılın belirli dönemlerinde tekrarlayan düzenli dalgalanmalardır. Özellikle hava yolu, turizm ve perakende sektörlerinde mevsimsellik etkisi belirginleşmektedir. Mevsimsel bileşenler, analiz öncesinde seriden ayrıştırılarak veya modele entegre edilerek işlenebilir (Box et al., 2008).

Zaman serilerinin özelliği, verilerin zamana göre sıralanması ve ardışık gözlemlerin genellikle birbirlerine bağımlı olmasıdır. Dönemler arasındaki bu bağımlılık sayesinde güvenilir öngörüler oluşturabilmektedir (Vandaele, 1983).

Zaman serilerinde ardışık gözlemler arasında bağımlılık söz konusu olabilir. Bu durum otokorelasyon ya da seri içi korelasyon olarak adlandırılır. Otokorelasyon yapısının analizi, model seçiminde önemli rol oynar (Hamilton, 1994).

Zaman serilerinin genel özellikleri, bir veri setinin istatistiksel yapısını anlamak ve geleceğe yönelik tahminler yapmak için kritik bir temel sunar. Bu özellikler, özellikle serilerin durağan olup olmadığını belirlemek, serilere ilişkin trend ve mevsimsellik gibi bileşenleri analiz etmek gibi konuları kapsar. Bu noktada, zaman serisi modelleri seçilirken, verilerin bu yapısal özellikleri dikkate alınmalıdır. Zaman serilerindeki bu karmaşık ilişkileri ve yapısal desenleri modellemek için kullanılan etkili yöntemlerden biri ARIMA modelleridir. Bu modeller, Box-Jenkins metodolojisiyle geliştirilen ve durağanlaştırma, model seçimi, tahmin gibi aşamaları içeren sistematik bir yaklaşıma dayanır. Bir sonraki başlıkta, zaman serilerinde ARIMA modellerinin temel özelliklerini ve uygulama süreçlerini ele alınacaktır.

Zaman Serilerinde ARIMA Modelleri (Box-Jenkins)

Box-Jenkins modelleri, iş verileri ve gelecekteki menkul kıymet fiyatları da dahil olmak üzere çeşitli beklenen veri noktalarını veya veri aralıklarını tahmin etmek için kullanılır. Box-Jenkins modeli iki matematikçi tarafından yaratıldı. George Box ve Gwilym Jenkins. İki matematikçi, bu modeli oluşturan kavramları 1970’te “Time Series Analysis: Forecasting and Control” adlı bir yayında tartışmışlardır (Box and Jenkins, 1970). Box-Jenkins parametrelerinin tahminleri çok karmaşık olabilir. Bu nedenle, Box-Jenkins yöntemi, diğer zaman serisi regresyon modellerine benzer şekilde, en iyi sonuçları genellikle programlanabilir yazılımlar kullanılarak elde etmektedirler. Box-Jenkins modeli, tahmincilerin, çeşitli zaman serisi analiz modelleriyle karşılaşabileceği bir yöntemdir. Çoğu durumda yazılım, tahmin edilecek zaman serisi verilerine dayalı olarak en uygun tahmin metodolojisini otomatik olarak seçebilecek şekilde programlanmış olacaktır. Bununla birlikte, Box-Jenkins yöntemi, genellikle istikrarlı ve düşük oynaklığa sahip veri kümeleri için en uygun seçim olarak öne çıkmaktadır (Box and Jenkins, 1970).

Box-Jenkins yöntemi, teorik bir modele değil, yalnızca gözlemlenen verilerin istatistiksel özelliklerine dayanarak model kurma prensibine sahiptir. Bu yönüyle, ekonometrik ya da nedensel modellere kıyasla daha esnek olmakta ve özellikle tahmin amaçlı çalışmalarda oldukça başarılı bir yöntemdir. Bu yöntem, zaman serilerinin modellenmesinde yapılandırılmış bir süreç sunar ve bu süreç dört temel aşamadan oluşmaktadır (Box vd., 2008):

İlk aşamada serinin yapısı analiz edilerek uygun model tipi (AR, MA, ARMA ya da ARIMA) belirlenir. Eğer seri durağan değil ise, bir veya daha fazla kez fark alma işlemi uygulanarak durağan hale getirilmektedir. Bu işlem sonucunda serinin entegrasyon derecesi olan d parametresi belirlenmiş olur. Modelin otoregresif (AR) ve hareketli ortalama (MA) bileşenleri sırası ile p ve q parametreleri ile ifade edilir. Bu parametrelerin belirlenmesinde Otokorelasyon Fonksiyonu (ACF) ve Kısmi Otokorelasyon (PACF) grafikleri kullanılır.

İkinci aşama parametrelerin tahmini, burada modelin uygunluğuna karar verildikten sonra belirlenen ARIMA modelinin parametreleri tahmin edilir. Bu işlemde genellikle En Küçük Kareler (OLS) veya Maksimum Olabilirlik (MLE) yöntemleri kullanılır. Bu süreçte amaç, modelin hata terimlerini minimize eden parametreleri bulmaktır.

Üçüncü aşama modelin Diagnostik Kontrolü yani kurulan modelin geçerliliğini sınamak için kalıntılar (residuals) incelenir. Uygun modelde kalıntılar; ortalama sifıra yakın olmalı, sabit varyans göstermeli, otokorelasyon içermemelidir. Kalıntıların bu özellikleri taşıyıp taşımadığı çeşitli testlerle kontrol edilir.

Son aşamada, geçerliliği test edilmiş model kullanılarak geleceğe yönelik tahminler yapılır. ARIMA modelleri, özellikle kısa vadeli tahminlerde oldukça güçlüdür. Tahminlerin güvenilirliğini artırmak için genellikle tahmin aralıkları da sunulur.

Box-Jenkins Modeli, verileri üç ilke kullanarak tahmin eder: otoregresyon, fark alma ve hareketli ortalama. Box-Jenkins metodu, zaman serisi analizlerinde ve ön raporlamada uygulanan genel ARIMA modelleri ile eş anlamlıdır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2005). Bu yapıda otoregresif AR (p) hareketli ortalama MA (q) otoregresif hareketli ortalama ARMA (p,q) ve ARIMA (p,d,q) modelleri bulunmaktadır (Kutlar 2017:22). Durağanlık şartı sağlanmadığında, ARMA sürecinin korelogram davranışlarını analiz ederek, farklı entegrasyon düzeyleri ile durağan olmayan süreçlerin durağan hale getirilmesi önerilmektedir. ARIMA (p, d, q) sürecine ulaşmak için kullanılan denklem aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\Phi(L)\Delta dY_t = \Theta(L)\epsilon_t \quad (1)$$

Otoregresif modellerde (AR) p'inci mertebede otoregresif sürece sahip gözlenen y_t serisi y_t değerlerinin p dönem geriye doğru giden ağırlıklı ortalaması ile bozucu terimin toplam değerine eşittir. Bir otoregresif sürece sahip denklem aşağıdaki gibi yazılır:

$$y_t = m + \alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + u_t \quad (2)$$

Hareketli ortalama modellerde (MA) q mertebesinde bir hareketli ortalama süreci, her gözlemin y_t , q değeri kadar gecikmiş bozucu terimlerin ağırlıklı ortalamasından oluşmaktadır.

$$y_t = \mu + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} - \dots - \theta_q u_{t-q} \quad (3)$$

Denklem 3'de zaman içinde bozucu terimler bağımsız beyaz gürültü sürecini oluşturur. Çoğu durumda, otoregresif ve hareketli ortalama (ARMA) modelleriyle yapılan analizlerde, seriler yalnızca AR (p) veya MA (q) süreçleriyle ifade edilmez. Bu tür seriler otoregresif ve hareketli ortalama modellerinin birleşimi olarak ifade edilir. Bir ARMA (p,q) modeli aşağıda gösterilmiştir.

$$y_t = m + \alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \dots - \theta_q u_{t-q} \quad (4)$$

Zaman serilerinin modellenmesinde en önemli unsurlardan biri, incelenen değişkenlerin zaman içerisindeki davranış biçimlerinin doğru analiz edilmesidir. Bazı seriler, belirli bir ortalama etrafında dalgalanarak durağan bir yapı sergilerken; bazıları ise zamanla artış ya da azalış yönünde belirgin bir trend izleyebilir. Ayrıca, bazı seriler belirli bir yönelimi olmadan da dalgalı bir seyir gösterebilir. Trend içeren zaman serileri, sabit ortalama ve varyansa sahip olmadıkları için durağan olarak değerlendirilemez (Enders, 1995).

Bazı zaman serileri uzun dönemde sabit yapıya sahip gibi görünse de kısa dönemli aşırı dalgalanmalar içerebilir. Bu tür davranış biçimleri, serinin doğru modellenmesini güçleştirebilir. Durağanlık, özellikle ARMA modellerinin uygulanabilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu modellerin kullanılabilmesi için serinin durağan olması gerekir. Dolayısıyla trend barındıran zaman serilerinin önce durağanlaştırılması, genellikle fark alma yöntemiyle gerçekleştirilir. Böylece seriler,

ARIMA modelleri aracılığıyla analiz edilebilir hale gelir ya da alternatif modelleme teknikleri değerlendirilebilir (Subaşı, 2005).

Box-Jenkins yaklaşımı, modelleme sürecinde parsimoni (tutumlu modelleme) ilkesine dayanarak, gereksiz parametrelerin modele eklenmesinin tahmin doğruluğunu olumsuz etkileyebileceğini savunur. Bu yöntemde esas amaç, veri üretimi sürecini birebir yakalamaktan ziyade, bu sürece mümkün olduğunca yakın ve basit bir yapı kurarak en iyi öngörü performansını elde etmektir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007). ARIMA modeli belirlendikten sonra, tahmin edilecek değişkenin örnekleme dışı model yardımıyla öngörülür. Ancak, modelin kurulumu sırasında yapılan teknik seçimler ve zaman serilerinin doğasında bulunan rastgelelik, tahmin sonuçlarının belirli bir hata payı içermesine neden olabilir.

Box-Jenkins yöntemi, zaman serisi analizinde serinin önceden belirli bir eğilim göstermesi gerekliliğini ortadan kaldırarak, karmaşık zaman serileri üzerinde de uygulanabilir. Diğer zaman serisi modelleme yöntemleri, belirli eğilim ve trendlerin varlığını varsayar, ancak Box-Jenkins modeli, bu tür kısıtlamaları getirmez. Bu, yöntemi yalnızca durağan olmayan, aynı zamanda trend içeren seriler için de uygun hale getirir (Duru, 2007; Çağıl, 2017). Ayrıca, Box-Jenkins yönteminin önemli bir avantajı, serinin geçmiş verilerinin, geleceği tahmin etmek için kullanılacak değişkenler olarak işlev görmesidir.

Yöntemin uygulama süreci, belirli aşamalardan geçerek ilerler. İlk olarak, verilerin varyansı sabitleştirilir ve durağan hale getirilmesi için seriye gerekli farklar alınır. Bu aşamada, serinin otoregresif (AR) ve hareketli ortalama (MA) bileşenlerinin derecelerinin tespiti yapılır. İkinci aşama, model seçimi ve teşhisidir. Potansiyel modeller tanımlanır ve modellerden en uygun olanı belirlenir. Bu aşamada, aday modeller arasından en uygun olanı belirlemek için çeşitli değerlendirme kriterleri kullanılır. Üçüncü aşama modellerin parametrelerinin tahmin edilmesidir. Bu aşamada, Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve F-istatistiği gibi istatistiksel yöntemler kullanılarak en uygun model seçilir. Parametre tahmini için genellikle olabilirlik fonksiyonu veya en küçük kareler yöntemi kullanılır. Modelin geçerliliği kontrol edilir. Eğer model tatmin edici sonuçlar vermiyorsa, başka bir model seçilerek süreç tekrar edilir. Bu aşama, her modelin seriyi ne kadar iyi açıkladığını görmek için önemlidir. Son aşamada, seçilen model üzerinden tahminler yapılır ve modelin

doğruluğu tespit edilir. Gelecek dönemler için tahminler oluşturulabilir ve güven aralıkları hesaplanabilir.

Box-Jenkins yaklaşımı ile yapılan tahminler, genellikle hata varyansını en aza indirmeyi amaçlar. Bu tür bir tahmin doğruluğu, kullanılan modelin uygunluğu ve serinin istikrarı ile yakından ilişkilidir. Ancak, eğer model yanlış tanımlanmış veya yanlış tahmin edilmişse, bu durumda tahminlerde hata payı daha yüksek olacaktır. Box-Jenkins yöntemi, zaman serisi analizinde güçlü bir araçtır ve finans, ekonomi ve operasyonel araştırma alanlarında kullanılmaktadır. Bu yöntem, serinin içsel bağımlılıklarını ve sezonluk özellikleri dikkate alındığında daha güvenilir tahminler yapma imkânı sağlamaktadır. Box-Jenkins yöntemi, zaman serilerinin öngörülemez değişimlerini anlamada ve modellemede önemli bir araç olarak kabul edilir (Anderson, 1977, s. 3-29).

3.2. Evren ve Örneklem

Bu araştırmanın evrenini, Türkiye genelinde hava yolu taşımacılığı yapan tüm havalimanları oluşturmakla birlikte, çalışma kapsamında yalnızca Edremit Koca Seyit Havalimanı'na ait veriler esas alınmıştır. Bu nedenle araştırma, tekli bir örnek olay incelemesi niteliği taşımaktadır.

Araştırmanın örneklemini ise, Edremit Koca Seyit Havalimanı'nın 2010 yılı Ağustos ayından 2024 yılı Ekim ayına kadar olan aylık toplam yolcu sayısı verileri oluşturmaktadır. Veri seti, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan resmi verilerden temin edilmiştir. Çalışmada herhangi bir örneklem yöntemi kullanılmamış, tam sayım yöntemi ile mevcut tüm verilere ulaşılmış ve analiz bu kapsamda gerçekleştirilmiştir.

3.3. Veri Toplama Araçları ve Teknikleri

Bu çalışmada kullanılan veriler, ikincil veri kaynaklardan elde edilmiştir. Veri seti, Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) Genel Müdürlüğü'nün resmi internet sitesinden temin edilmiştir. Veriler, 2010 yılı Ağustos ayından 2024 yılı Ekim ayına kadar olan dönemi kapsamakta ve aylık frekansta düzenlenmiştir. Herhangi bir eksik veri bulunmamakta olup, elde edilen veriler Excel ortamında düzenlenmiş ve

istatistiksel analizler için Eviews yazılımına aktarılmıştır. Toplanan veriler, zaman serisi analizine uygun biçimde sıralanmış ve analiz sürecine hazır hale getirilmiştir.

3.4. Verilerin Toplanma Süreci

Bu çalışmada veriler 2024 Ağustos-Ekim aylarında toplanmıştır. Araştırmaya 2010 yılından itibaren aylık yolcu sayıları, DHMİ veri tabanından temin edilmesiyle başlanmıştır. Veriler, Excel formatında düzenlenmiş ve mevsimsel etkiler trend bileşenleri analiz edilmiştir. Zaman serisinin durağan olup olmadığı ADF (Augmented Dickey-Fuller) testi ile kontrol edilmiştir. Gerekli fark alma işlemi gerçekleştirilerek ARIMA modeline uygun hale getirilmiştir.

3.5. Verilerin Analizi

Araştırma sonucunda Edremit Koca Seyit Havalimanı aylık toplam yolcu serileri Eviews paket programı ile analiz edilmiştir. Modelin başarımı AIC, BIC, RMSE gibi kriterler ile değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE YORUMLAR

4.1. Zaman Serilerinde ARIMA Modelleri: Edremit Koca Seyit Havalimanı Uygulaması

Edremit Koca Seyit Havalimanı 1997 yılında Balıkesir'in Edremit ilçesinde hizmete açılan bir havaalanıdır. Başlangıçta Edremit Körfez Havalimanı olarak bilinirken, 2012 yılında Çanakkale Savaşı kahramanlarından Koca Seyit'in ismi verilmiştir. Sivil kategoride bulunan havaalanı DHMİ tarafından işletilmektedir (DHMİ, 2024). Edremit ilçe merkezine yaklaşık 4 km mesafede, Balıkesir şehir merkezine ise yaklaşık 90 km mesafededir. 3000x45 metre boyutlarında piste sahip olan meydanın, iç hat terminali 1678 m² boyutlarındadır. Toplam kullanım alanı ise 23.600 m²'dir (Edremit Koca Seyit Havalimanı Resmî Web Sitesi, 2024). Başlangıçta, eski pistin ve terminal binasının küçük olmasından dolayı (Eski pist 2080x30, terminal 320 m²) yeterli hizmet veremeyen havaalanı 2009-2010 yılları arasında alt yapı yenileme ve modernizasyon çalışmalarıyla 19 Haziran 2010 tarihinde yenilenerek hizmete açılmıştır (DHMİ, 2010). Bu süre zarfında pist, terminal binaları ve diğer havaalanı tesislerinde önemli iyileştirmelere ve genişletme çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar havalimanının daha güvenli, modern ve uluslararası standartlara uygun hale getirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Edremit Koca Seyit Havalimanı, Ayvalık, Akçay ve Altınoluk gibi Edremit Körfezi'ndeki önemli turistik merkezlere erişimi kolaylaştırarak bölgenin ulaşım altyapısında kritik bir rol üstlenmektedir. Özellikle yaz aylarında artan uçuş trafiği sayesinde yerli ve yabancı turistlerin bölgeye ulaşımı kolaylaşmakta, bu durum konaklama, yeme-içme, ulaşım gibi turizmle bağlantılı sektörlerde ekonomik canlılık yaratmaktadır. Havalimanının faaliyetleri yalnızca turizmle sınırlı kalmayıp, ticaretin gelişmesine de katkı sağlamakta; böylece bölgenin ekonomik kalkınmasını destekleyen önemli bir unsur haline gelmektedir. Genişleyen uçuş ağı ve artan yolcu kapasitesiyle Edremit Koca Seyit Havalimanı, bölgedeki çeşitli sektörlerde ekonomik büyümeyi teşvik etmektedir.

Edremit Koca Seyit Havalimanı için yolcu talep tahminini ARIMA yöntemi kullanarak incelenecektir. 2010-2024 yılı arasında aylık olarak yurt içi ve yurt dışı toplam yolcu sayıları DHMİ istatistiklerinden alınmıştır. 2009 Ocak ayından 2010 Temmuz ayına kadar alt yapı ve modernizasyon çalışmaları yapıldığından dolayı havaalanı faaliyet göstermemiştir.

Edremit Koca Seyit Havalimanı, 2014 yılında uluslararası havalimanı statüsünü kazanmıştır. Bu tarihten itibaren yurt dışına uçuşlar yapmaya başlamış ve uluslararası yolculara hizmet vermeye başlamıştır. Havalimanı özellikle yaz aylarında Türkiye'nin çeşitli turistik bölgelerine yakınlığı sebebiyle yoğun bir şekilde kullanılmakta ve birçok Avrupa ülkesinden direkt uçuşları bulunmaktadır.

2018 yılı aralık ayında Edremit Koca Seyit Havalimanı'nda, Türkiye'nin o dönemki en önemli havalimanı açılışlarından biri gerçekleşmiştir. 20 Aralık 2018 tarihinde, Edremit Koca Seyit Havalimanına yeni bir terminal binası açılışı yapılmıştır. Bu yeni terminal havalimanının kapasitesini artırarak daha fazla yolcuya hizmet vermeyi hedeflemektedir. Açılışa, Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanı Mehmet Cahit Turhan'ın katılımıyla yapılan tören, bölgedeki havacılık hizmetlerinin gelişimi açısından önemli bir adım olarak değerlendirilmiştir. Yeni terminal binası ile birlikte, havalimanı modernizasyonu ve yolcu konforunun artırılması amaçlanmıştır.

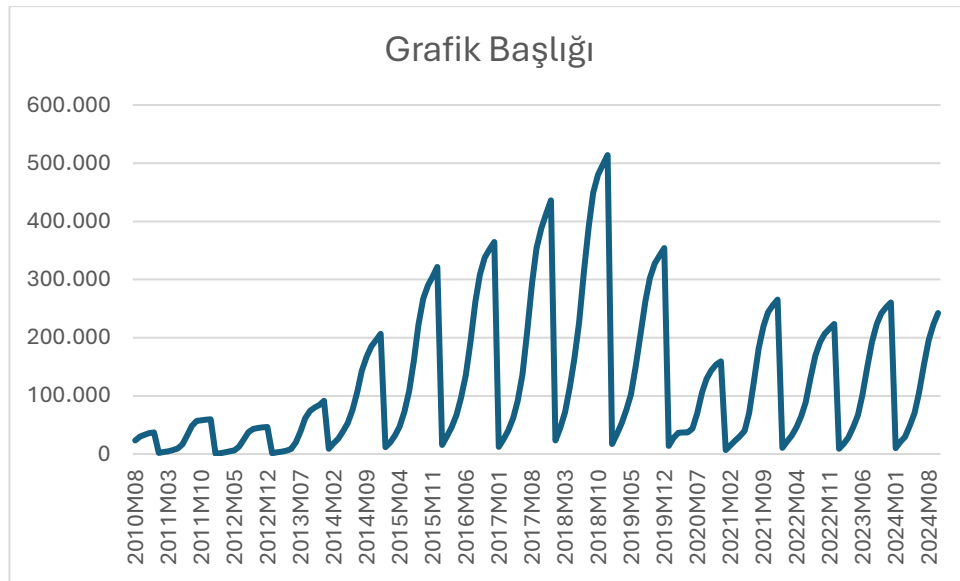
4.2. Veri Seti Analizi ve Uygulama

Bu çalışmada, Koca Seyit Havalimanı'nın hava yolu yolcu talebi tahmininde kullanılmak üzere, 2010 yılının Ağustos ayından 2024 yılının Ekim ayına kadar olan dönemde, Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) Genel Müdürlüğü'ne ait iç ve dış hatlar toplam yolcu sayılarından oluşan aylık veriler, Box-Jenkins metodolojisiyle yapılan tek değişkenli zaman serisi analizi için seçilmiştir.

4.2.1 Veri Analizi

Çalışmanın bu bölümünde, daha önce teorik olarak incelenen ARIMA modelleri, Balıkesir Edremit Koca Seyit Havalimanı'nın hava yolu yolcu sayısı tahminlemesi için uygulanmıştır. Modelleme sürecinde gerekli istatistiki hesaplamalar, Eviews yazılımı kullanılarak yapılacak ve veri analizleri yine bu program aracılığı ile gerçekleştirilecektir. ARIMA tahminleme sürecinin en önemli

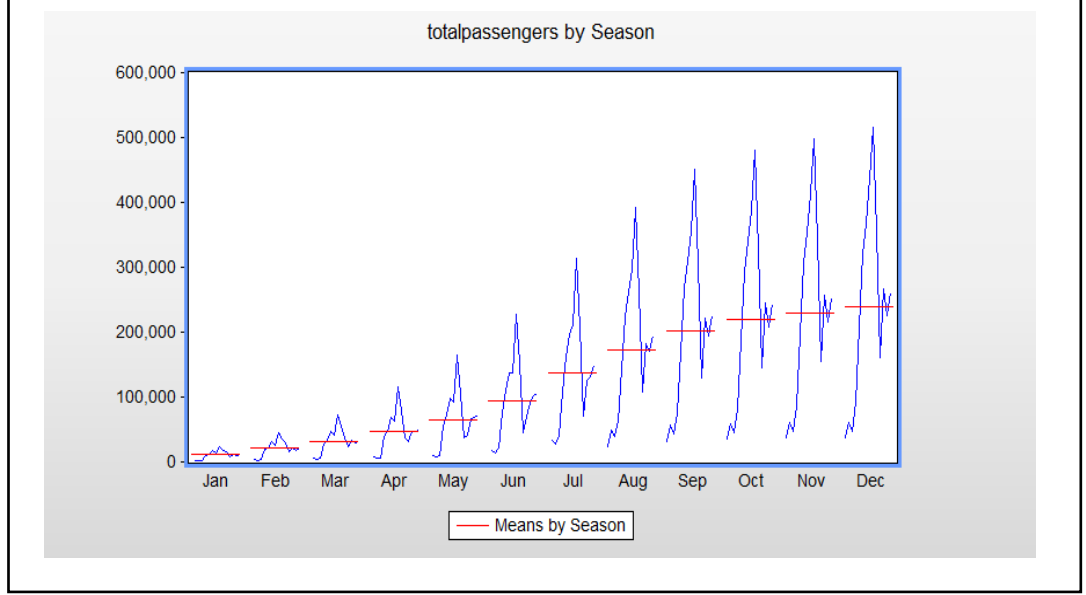
aşamalarından biri, tahminlemek istenen değişkene ait veri setinin detaylı bir şekilde analiz edilmesidir. Bu çalışmada, Box-Jenkins metodolojisi kullanılarak modelleme yapılmıştır. Modelin doğruluğu için Box-Jenkins yaklaşımının önerdiği durağanlık koşulunun sağlanması gerektiği vurgulanmıştır. Balıkesir Edremit Koca Seyit Havalimanı'na ait hava yolu yolcu sayısına dayanan zaman serisi verileri, 2010 yılı ağustos ayından 2024 yılı ekim ayına kadar olan dönemi kapsayan aylık iç ve dış hat yolcu sayılarından oluşan 171 veri ile modellenmiştir. Oluşturulan zaman serisinin grafiği Şekil 1.'de sunulmaktadır.



Şekil 1. Aylık Yolcu Sayısı Grafiği (2010:8-2024:8)

Yolcu sayısı grafiğine bakıldığında, 2010 yılından itibaren yolcu sayısında belirgin bir artış trendi var. 2018 yılına kadar neredeyse her yıl istikrarlı bir artış görülmüştür. Bu, muhtemelen havaalanına olan talebin arttığını ve bölgeye seyahat eden insanlar açısından hava yolunun daha popüler hale geldiği şeklinde yorumlanabilir. Genellikle yaz aylarında yolcu sayısında zirveye ulaşılırken, kış aylarında belirgin bir düşüş yaşanmıştır. Bu durum, mevsimsel talep farklılıklarını yansıtmaktadır. 2020 yılında, yolcu sayısında ciddi bir düşüş gözlemlenmektedir. Bu düşüş, COVID-19 pandemi etkisi nedeniyle hava yolu seyahatlerine getirilen kısıtlamalar veya azalan talep ile açıklanabilir. 2021 ve sonrasında yolcu sayısında bir toparlanma görülmekle birlikte, pandemi öncesi seviyelere ulaşamamıştır. Bu da hala

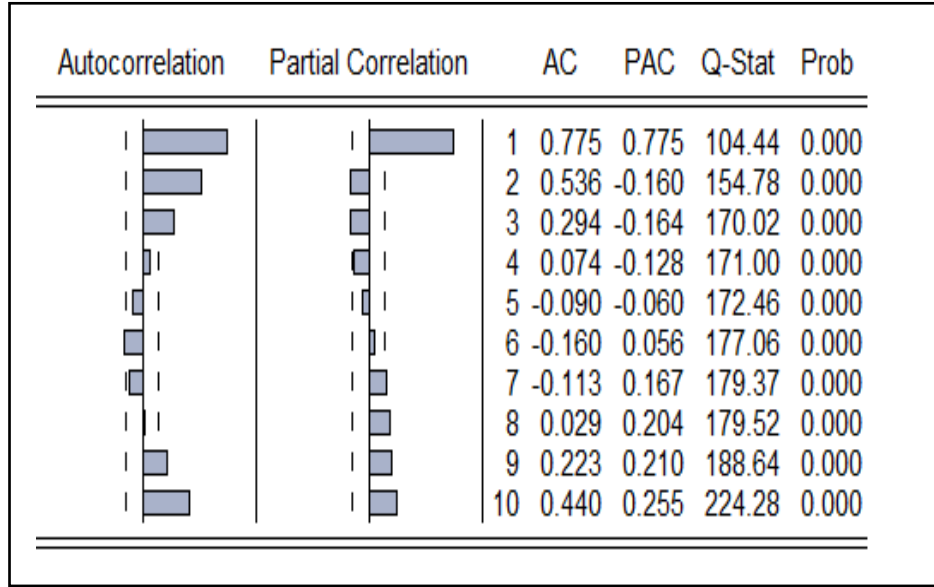
pandemi sonrası talepte tam bir toparlanmanın olmadığını göstermektedir. Genel olarak bakıldığında, grafik bir mevsimsel artış trendine sahiptir.



Şekil 2. Aylara Göre Yolcu Sayılarının Ortalamaları

Şekil 2’ de aylara göre yolcu sayıları ve ortalamaları (çizgiler) gösterilmektedir. Yolcu sayılarında belirgin bir mevsimsel dalgalanma görülmektedir. Özellikle yaz aylarında (haziran, temmuz, ağustos) yolcu sayılarının zirve yaptığı gözlemleniyor. Bu durumun yaz tatili ve turizm sezonunun etkisinden kaynaklandığını söylenebilir. Ocak, şubat gibi kış aylarında yolcu sayıları oldukça düşük bu da muhtemelen mevsimsel koşullardan ve tatil yoğunluğunun azalmasından kaynaklanmaktadır. Yıllar boyunca toplam yolcu sayılarında bir artış eğilimi görülmektedir. Bu, hava yolu taşımacılığına olan talebin arttığını göstermektedir. Mevsimsel etkiler nedeniyle yaz aylarındaki ortalamaların kış aylarına göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu temel gözlemlerden sonra istatistiksel analizler kısmına geçiş yapılacaktır.

Öncelikle toplam yolcu sayısına ilişkin serinin durağan olup olmadığına bakılmıştır. Şekil 3’ te serinin otokorelasyon (AC) ve kısmi otokorelasyon (PAC) katsayıları görülmektedir.



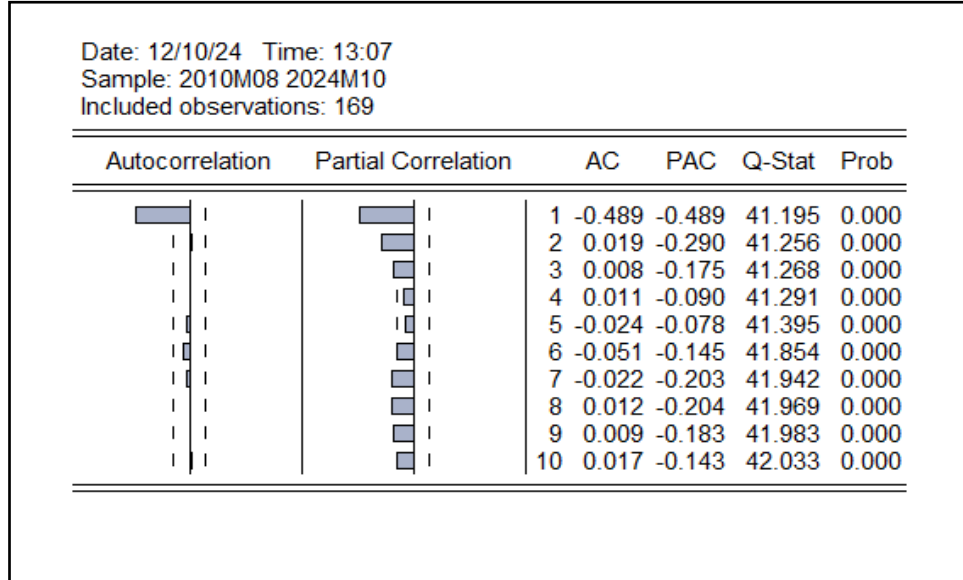
Şekil 3. Yolcu Serisine Ait (AC) ve (PAC) Fonksiyon Grafiği

Otokorelasyon katsayıları seride oldukça yüksek bir otokorelasyona işaret etmektedir. Bu durum serideki bir dönemin bir sonraki dönemi güçlü bir şekilde etkilediğinin bir işaretidir ve seride kalıcılık veya trend etkisi olduğuna ilişkin bir gözlemdir. Kısmi otokorelasyon katsayısının birinci gecikme için aldığı değer serinin kendisi ile güçlü bir bağlantıya sahip olduğu şeklinde yorumlanabilir. Tüm gecikmeler için p-değerleri (Prob) sıfıra yakın yani istatistiksel olarak anlamlıdır. Özellikle bir kaç gecikmede yükselen otokorelasyon olduğu için seride belirgin bir mevsimsellik veya trend etkisinin olduğu ifade edilebilir. İlk gecikmelerdeki yüksek otokorelasyon veride bir düzenlilik veya sezon etkisi olduğunu yansıtırsa da gecikmeler ilerledikçe otokorelasyon değerinin azaldığını ve zamanla geçmişin etkisinin azaldığı görülmektedir. Bu gözlemlerden sonra birim kök testi analizine uygulanacaktır. Tablo 1’ de analize konu olan seriye ilişkin ADF (Augmented Dickey Fuller) birim kök testi sonuçları görülmektedir.

Tablo 1. Yolcu Sayısı Artırılmış Dickey-Fuller Test (ADF) Sonuçları

Sıfır Hipotezi: TOTALPASSENGERS birim köke sahiptir		
Dışsal: Sabit		
Gecikme Uzunluğu: 12 (SIC'e göre otomatik, MAXLAG=13)		
	t-istatistiği	Olasılık (p-değeri) *
Augmented Dickey-Fuller test istatistiği	-2.089552	0.2492
Kritik test değerleri:	% 1 seviyesi	-3.471987
	% 5 seviyesi	-2.879727
	% 10 seviyesi	-2.576546

Tablo 1' de verilen sonuçlara göre test istatistiğinin değeri olan -2.089, kritik değerlerin üzerinde, ayrıca p-değeri 0.2492 %5 anlamlılık düzeyinden büyük olduğu için birim kök hipotezini reddedilemez. Bu da yolcu serisinin durağan olmadığını göstermektedir. Sonuç olarak serinin zaman içindeki trend, mevsimsellik veya diğer yapısal etkilerden dolayı uzun vadeli bir ortalama etrafında sabit kalmamaktadır. Mevsimsel etkiler göz önüne alınmadan, serinin birinci dereceden farkının alınmasından sonraki AC ve PAC fonksiyon grafikleri Şekil 4' de ADF testi sonuçları da Tablo 2' de gösterilmiştir.



Şekil 4. Birinci Dereceden Farkı Alınmış Serinin (AC) ve (PAC) Grafikleri

Otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon sonuçlarına göre, seride kısa dönem bir bağımlılık olduğu, ancak bu bağımlılığın hızla azaldığı gözlemleniyor. İlk gecikmedeki güçlü ve anlamlı negatif ilişki, serinin otoregresif bir yapıya sahip olabileceğini göstermektedir. Özellikle PAC grafiğinde yalnızca ilk gecikmenin anlamlı olması, AR (1) modelinin uygun olabileceğini düşündürmektedir. Q-istatistikleri seride herhangi bir gecikmede otokorelasyon olup olmadığını test eder. P-değerleri 0.05'in altında, bu da seride anlamlı otokorelasyon olduğunu gösterir. Bu durum, serinin hala modellemeye ihtiyaç duyduğunu ve bir ARIMA modeliyle açıklanabileceğini ortaya koymaktadır.

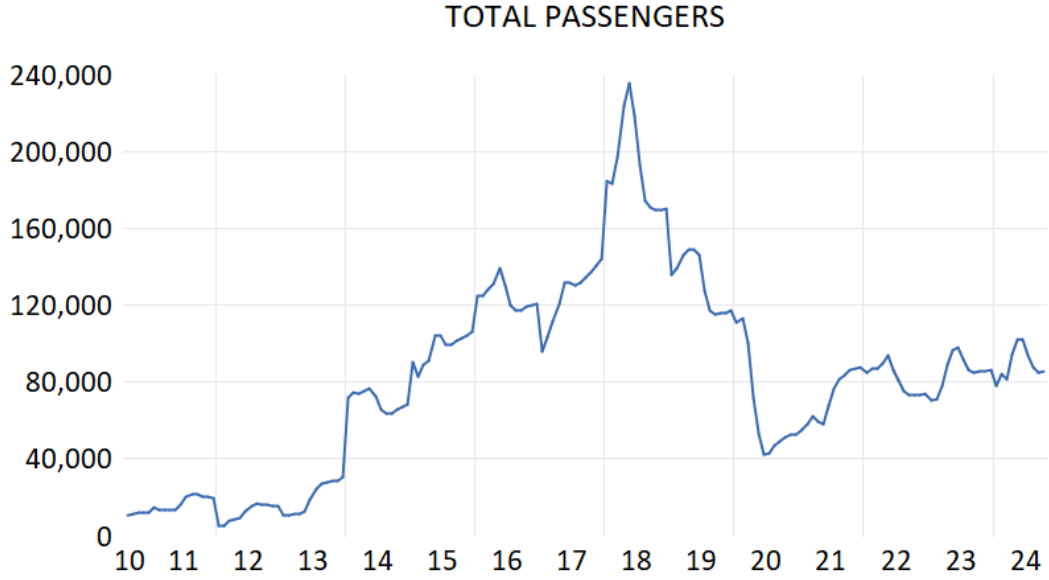
Tablo 2. Serinin Birinci Farkı Alındığında Çıkan ADF Testi Sonuçları

Sıfır Hipotezi: D(D_TOTALPASSENGERS) birim köke sahiptir		
Dışsal: Sabit		
Gecikme Uzunluğu: 10 (SIC'e göre otomatik, MAXLAG=13)		
	t-istatistiği	Olasılık (p-değeri) *
Augmented Dickey-Fuller test istatistiği	-39.24578	0.0001
Kritik test değerleri:	%1 seviyesi	-3.471987
	%5 seviyesi	-2.879727
	%10 seviyesi	-2.576546

Tablo 2' de serinin birinci farkını alındığında çıkan ADF testi sonuçlarına göre, serinin durağan olduğu tespit edilmiştir. Test istatistiği, %1, %5 ve %10 kritik değerlerinin hepsinden daha küçük çıkmış ve p-değeri anlamlılık düzeylerinin oldukça altında (0.0001) çıkmıştır. Bu durum, serinin birim kök içermediğini ve zaman serisi modellemesi için uygun olduğunu göstermektedir.

Analize bu aşamada veriyi mevsimsellikten arındırarak devam edilmektedir. Esasında ARIMA modelleri mevsimsel ARIMA (Seasonal ARIMA / SARIMA) modelleri ile mevsimsellik hesaba katılarak kullanılabilir. Ancak bu araştırmada aylık tahminlerden daha çok yapısal olarak Koca Seyit Havaalanı'nın gelişimi ve geleceğine ilişkin öngörüler ile ilgilenecektir. Bu nedenle toplam yolcu sayısına ilişkin genel trend veya trendleri ve varsa döngüleri de görmenin önemli olduğunu düşünülmektedir.

Mevsimsel etkilerden arındırma süreci hareketli ortalamalar yöntemi (Moving Average Methods) ile Eviews paket programı ile yapılmıştır. Mevsimsellikten arındırılmış yolcu sayıları Şekil 5’ de görülmektedir.



Şekil 5. Mevsimsellikten Arındırılmış Yolcu Sayılarının Aylık Ortalamaları

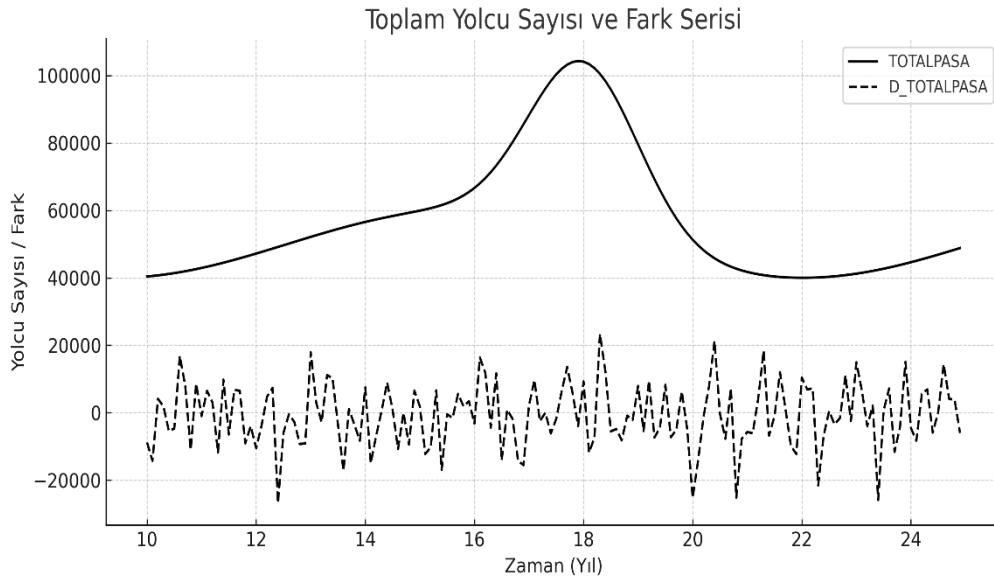
Şekil 5’ de de mevsimsel etkilerden arındırılmış yolcu sayılarında üç genel trend göze çarpıyor. Bunlardan ilki 2010-2018 arası yükselen trend. İkincisi 2018-2020 arası azalan trend. Son olarak da 2020-2024 arası artan trend. Pandemi ile ilişkilendirilen azalan trend sonrasında başlayan artış trendi ise 2010-2018 arası artışın gerisinde kalıyor. 2024 yılı itibariyle Koca Seyit Havaalanı’nı kullanan yolcu sayısının 2014 yılı düzeyinde olduğu görülüyor.

Mevsimsellikten arındırılmış serinin birim kök testi sonuçları Tablo 3’te verilmiştir. Tablo 3’ de çıkan ADF test sonuçlarına göre test istatistiği, kritik değerlerin hiçbiri kadar küçük değildir. P-değeri %5 anlamlılık seviyesi için 0.005’in oldukça üzerinde bu durumda H_0 hipotezi reddedilemez. Mevsimsellikten arındırma işlemi sonrasında, serisinin durağan olmadığı ve bu durumun muhtemelen trend etkisinden kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 3. Mevsimsellikten Arındırılmış Serinin ADF Test Sonuçları

Sıfır Hipotezi: TOTALPASA birim köke sahiptir		
Dışsal: Sabit		
Gecikme Uzunluğu: 1 (SIC'e göre otomatik, MAXLAG=13)		
	t-istatistiği	Olasılık (p-değeri) *
Augmented Dickey-Fuller test istatistiği	-1.840571	0.3599
Kritik test değerleri:	% 1 seviyesi	-3.469214
	% 5 seviyesi	-2.878515
	% 10 seviyesi	-2.575899

Seriye durağan hale getirmek amacıyla, mevsimsellikten arındırılmış verilere birinci fark alma işlemi uygulanmaktadır. Hem mevsimsellikten arındırılmış hem de birinci farkı alınmış serinin grafiği, Şekil 6' da sunulmuştur.

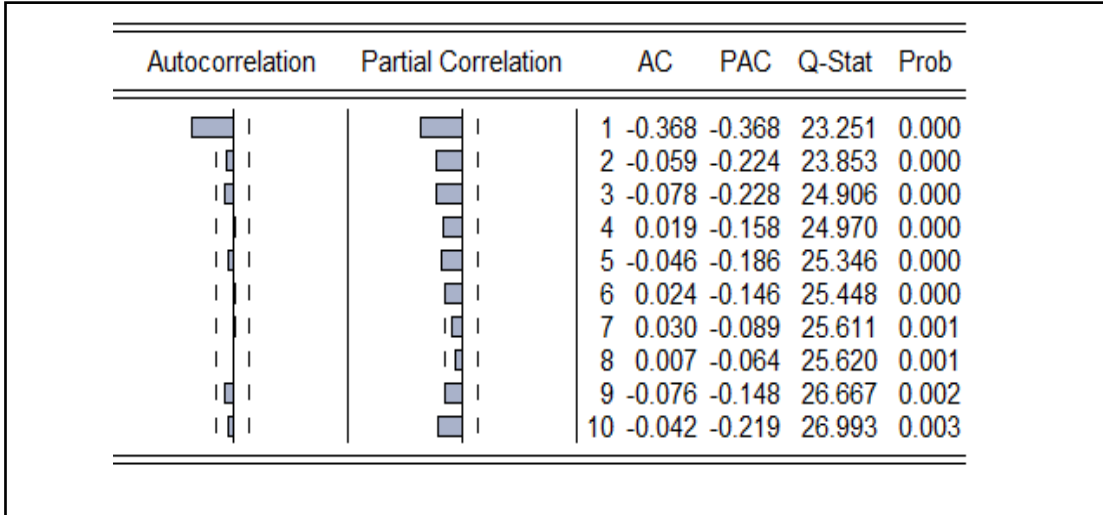


Şekil 6. Mevsimsellikten Arınmış ve Farkı Alınmış Serinin Karşılaştırmalı Grafiği

Şekil 6'da mevsimsellikten arındırılmış serinin düzeydeki ve birinci farkı bir arada görülmektedir. Genel olarak bu grafik uzun dönem eğilimlerle kısa vadeli hareketlerin birbirini nasıl etkilediğini anlamak ve zaman serisinin yapısını çözümlmek için kullanılmıştır. Üstteki çizim, serinin uzun vadeli trendini ortaya koyarken, alttaki çizim bu trendden bağımsız olarak kısa vadeli dalgalanmalara ilişkin bilgi vermektedir. Mevsimsellikten arındırılmış serinin birinci farkına bakıldığında kısa vadeli hareketler gözlemlenmektedir. Şekilde bu hareketlerin genelde sıfır etrafında dalgalandığını, ancak düzeydeki seride ortaya çıkan büyük hareketler

sırasında burada da dikkat çeken sapmalar görülmektedir. Bu, önemli olayların hem uzun vadeli trendi hem de kısa vadeli dalgalanmaları etkilediğini göstermektedir.

Şekil 7’ de mevsimsellikten arındırılmış ve birinci farkı alınan serinin AC ve PAC grafikleri verilmiştir.



Şekil 7. Mevsimsellikten Arınmış ve Birinci Farkı Alınan Serinin AC ve PAC Grafiği

Şekil 7’ de görüldüğü gibi serinin hem mevsimsellikten arındırılmış hem de birinci farkı alınmış korelogram sonuçlarına göre, serideki otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon önemli ölçüde azalmıştır. Buna ek olarak mevsimsellikten arındırılmış serinin birinci farkında uygulanan birim kök test sonuçları da Tablo 4’ de sunulmuştur.

Tablo 4. Mevsimsellikten Arınmış ve Farkı Alınmış Serinin ADF Test Sonuçları

Sıfır Hipotezi: D_TOTALPASA		
Dışsal: Yok		
Gecikme Uzunluğu: 0 (SIC’e göre otomatik, MAXLAG=13)		
	t-istatistiği	Olasılık (p-değeri) *
Augmented Dickey-Fuller test istatistiği		-9.751627
Kritik test değerleri:	% 1 seviyesi	-3.469214
	% 5 seviyesi	-2.878515
	% 10 seviyesi	-2.575899

Tablo 4’ de çıkan sonuçlara göre mevsimsellikten arınmış ve farkı alınan serinin ADF test istatistiği değeri-9.75, %1, %5 ve %10 kritik değerlerinden küçüktür. P-değeri anlamlıdır, yani birim kök hipotezi reddedilir bu da serinin birinci farkında durağan olduğunu gösterir. Box-Jenkins modelleme yöntemindeki durağanlık şartının sağlandığı ve artık modelleme yapılabileceği söylenebilir.

4.2.2. ARIMA Model Tahmini

Bu bölümde, 2010 yılı Ağustos ayından 2024 yılı Ekim ayına kadar olan döneme ait Koca Seyit Havaalanı aylık yolcu sayılarından oluşan zaman serisi verisi kullanılarak, en uygun ARIMA modeli belirlenmeye çalışılacak ve tahmin parametreleri hesaplanacaktır. Uygun modelin belirlenmesi için birçok farklı model denenmiştir. Bu aşamada, seriyi en iyi açıklayacağını düşünülen model ele alınacak, diğer modellerin bilgileri ise EKLER kısmında sunulacaktır.

Tablo 5.’de, seçilen modellerin katsayılarının istatistiksel anlamlılıkları, Akaike, Schwarz ve Durbin-Watson bilgi kriterleri, modelin R^2 değeri ve F-istatistiği değerleri yer almaktadır. En iyi model seçimi şu şekilde yapılmıştır; öncelikle hesaplanan birçok model içerisinde aşağıda sıralanan kriterlere göre bir eleme yapılmıştır. Bu eleme sonucunda seçilen modeller Tablo 5 ‘de sunulmuştur.

Tablo 5. Model Tahmin Kriterleri

MODEL	Akaike Bilgi Kriteri	Schwarz Bilgi Kriteri	Durbin-Watson	R^2	F istatistiği
ARIMA (11,1,3)	23.71685	24.01179	1.810757	0.869858	68.62126
ARIMA (11,1,4)	23.65041	23.96399	1.844193	0.880186	70.24850
ARIMA (11,1,5)	23.60891	23.94093	1.948003	0.886833	70.06742
ARIMA (11,1,6)	23.59771	23.94818	1.967737	0.889503	67.53075

Düşük AIC ve SBC değerleri, modelin veri setine en az bilgi kaybıyla uyum sağladığını gösterirken, Durbin-Watson istatistiği ise modelin otokorelasyon düzeyine ilişkin bilgileri sunmaktadır. Bu bağlamda ARIMA (11,1,6) modeli 23.597’lik AIC ve 23.948’lik SBC değeri ile en düşük bilgi kriteri değerlerine sahiptir. Ayrıca, bu modelin Durbin-Watson istatistiği 1.967 olup, 2’ye yakın olması nedeniyle artık

terimlerde otokorelasyon olmadığını göstermektedir. Modelin R^2 değeri 0.889 ile modelin açıklayıcılığının güçlü olduğunu göstermektedir. Genel olarak tüm kriterlerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, ARIMA (11,1,6) modeli, bilgi kriterleri, otokorelasyon düzeyi ve açıklayıcılık açısından en uygun model olarak öne çıkmaktadır.

En iyi model seçiminde ikinci aşamada, ilk aşamada seçilen modellerin öngörü (forecast) performansları çeşitli kriterler açısından karşılaştırılmıştır. Bu amaçla dört model 2023 yılı Ocak ayından 2024 yılı Ekim ayına kadar 22 aylık veri statik öngörü (static forecast) işlem üzerinden değerlendirilmiştir.

Dört modelin performanslarına ilişkin veriler Tablo 6’ da yer almaktadır.

Tablo 6. Tahmin Güvenilirliğine Yönelik Elde Edilen Değerler

Model	Karelerin Ortalama Hatası	Ortalama Mutlak Hata	Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi	Theil Eşitsizlik Katsayısı	Bias Oranı
<i>ARIMA (11,1,3)</i>	12630.00	7445.086	34.86878	0.088757	0.006626
<i>ARIMA (11,1,4)</i>	12180.59	7296.861	32.01752	0.085100	0.005147
<i>ARIMA (11,1,5)</i>	12869.61	8955.045	33.02175	0.089951	0.015222
<i>ARIMA (11,1,6)</i>	11690.55	6817.135	29.37473	0.081180	0.004747

Tablo 6’ da ki modeller karşılaştırıldığında, ilk aşamada seçilen ARIMA (11,1,6) modelinin iyi performans gösterdiği gözlemlenmektedir. Ortalama Mutlak Hata değeri 6817.135 ve Karelerin Ortalama Hatası 11690.55 olarak hesaplanmış bu da modelin ortalama hata miktarının az olduğunu söylemektedir. Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi %29,37 daha iyi bir yüzde hata oranı sunmaktadır. Bu tür performans ölçütleri özellikle kısa vadeli tahmin doğruluğu arayan çalışmalar için belirleyici kriterlerdir. Theil Eşitsizlik Katsayısı 0.081 olarak verilmiş, bu oldukça düşük bir değer yani model, yapısal olarak oldukça iyi bir tahmin yeteneğine sahip olduğu söylenebilir. Hatalar düşüktür ve tahminler oldukça tutarlı görünmektedir. Bias Oranı 0.004 oldukça düşük, yani model sistematik olarak yanlış tahmin üretmemektedir.

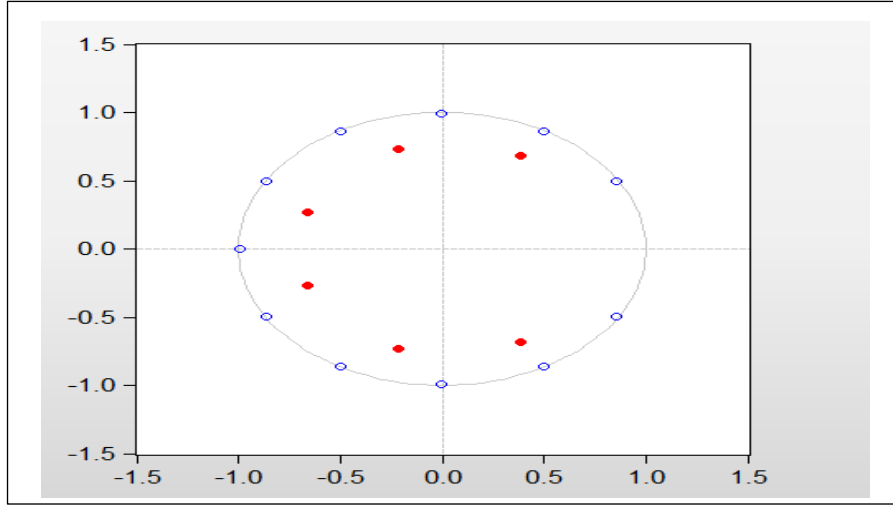
Buraya kadar yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda veriye en uygun modelin ARIMA (11,1,6) olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sırada modelin ayrıntılı incelemesine bakılacaktır.

Tahmin edilen ARIMA (11,1,6) modeli tahmin sonuçları Tablo 7' de verilmektedir.

Tablo 7. ARIMA (11,1,6) Modeli Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standard Hata	t-istatistiği	Prob.
C	744.1813	1363.900	0.545627	0.5861
AR (1)	-0.997962	0.036115	-27.63261	0.0000
AR (2)	-0.991251	0.052187	-18.99427	0.0000
AR (3)	-0.979730	0.062023	-15.79624	0.0000
AR (4)	-0.961738	0.069524	-13.83323	0.0000
AR (5)	-0.955526	0.070125	-13.62604	0.0000
AR (6)	-0.946588	0.066766	-14.17767	0.0000
AR (7)	-0.931048	0.062689	-14.85179	0.0000
AR (8)	-0.931180	0.056707	-16.42807	0.0000
AR (9)	-0.930176	0.047914	-19.41347	0.0000
AR (10)	-0.926367	0.034514	-26.84015	0.0000
AR (11)	-0.922178	0.012820	-71.93211	0.0000
MA (1)	0.982283	0.081459	12.05868	0.0000
MA (2)	0.927276	0.124266	7.462032	0.0000
MA (3)	0.794945	0.158806	5.005770	0.0000
MA (4)	0.563444	0.148828	3.785880	0.0002
MA (5)	0.380263	0.139403	2.727797	0.0071
MA (6)	0.182876	0.099305	1.841559	0.0675
R^2	0.889503	Akaike Bilgi Kriteri		23.59771
F- İstatistiği	67.53075	Schwarz Bilgi Kriteri		23.94818

Tablo 7' de grldğu gibi modelin katsayıları sabit terim hariç istatistiksel olarak anlamlıdır. Modelin R^2 değeri 0.889 ve F-istatistiği 67.530'dur. Model %88 açıklayıcılığa sahiptir. Akaike bilgi kriteri değeri 23.597 ve Schwarz bilgi kriteri değeri 23.948 olarak çıkmış ve bu değerler düşük olduğu için modelle uyumlu olduğunu gösterir. Modelde otokorelasyon sorunu gözlemlenmemiştir.



Şekil 8. Çok Terimli AR/MA Ters Kökleri

Model ARIMA (11,1,6) yapısını gösteren grafik yukarı da ki şekilde yer almakta olup modelin durağanlık ve invertibilite koşullarını sağlayıp sağlamadığı, AR ve MA polinomlarına ait ters köklerin birim çember içindeki konumları incelenerek değerlendirilmiştir. AR (daire) ve MA (elmas) köklerin tamamının birim çemberin içinde yer aldığı görülmektedir. Bu durum, modelin hem durağan hem de invertibl olduğunu, dolayısıyla tahminlerin güvenilir bir şekilde üretilebileceğini göstermektedir.

4.2.3. Tahmin Modeli

Modelin Tahmin modeli aşağıdaki gibidir.

LS (OPTMETHOD=OPG) D_TOTALPASSENGERS C AR (1 TO 11) MA (1 TO 6)

Tahmin Denklemi

Modelin tahmin denklemi ise şu şekilde yazılmaktadır.

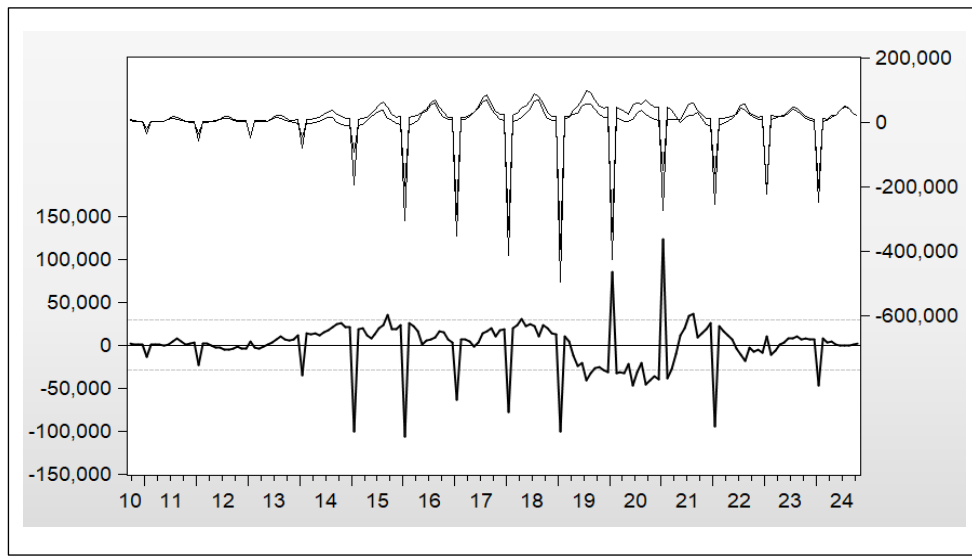
$$D_TOTALPASSENGERS = C (1) + [AR (1) = C (2), AR (2) = C (3), AR (3) = C (4), AR (4) = C (5), AR (5) = C (6), AR (6) = C (7), AR (7) = C (8), AR (8) = C (9), AR (9) = C (10), AR (10) = C (11), AR (11) = C (12), MA (1) = C (13), MA (2) = C (14), MA (3) = C (15), MA (4) = C (16), MA (5) = C (17), MA (6) = C (18)]$$

Modelin Katsayıları

Tahmin modelin katsayıları ise;

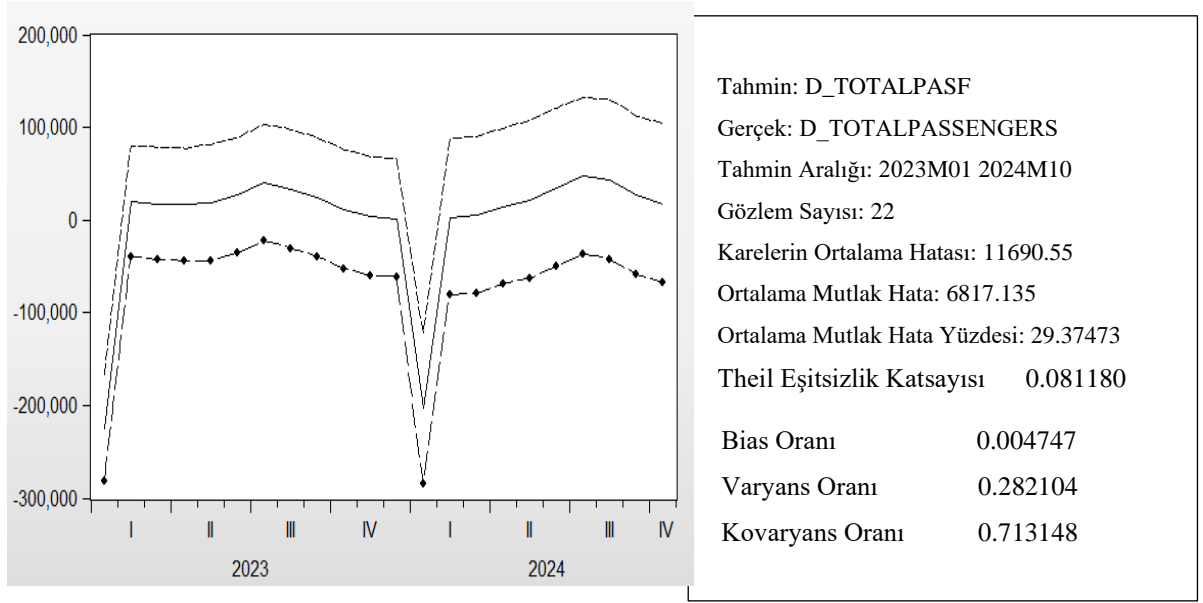
$D_TOTALPASSENGERS = 744.181 + [AR(1) = 0.997, AR(2) = -0.991, AR(3) = 0.979, AR(4) = 0.961, AR(5) = 0.955, AR(6) = 0.946, AR(7) = 0.931, AR(8) = 0.931, AR(9) = 0.930, AR(10) = 0.926, AR(11) = 0.922, MA(1) = 0.982, MA(2) = 0.927, MA(3) = 0.794, MA(4) = 0.563, MA(5) = 0.380, MA(6) = 0.182]$ olarak belirlenmiştir.

Modelin kalıntıları, gerçek ve tahmini değerleri Şekil 9.' da gösterilmektedir.



Şekil 9. Model Tahmin Değerleri ve Kalıntı Yolcu Sayısı Grafiği

Yukarıda gösterilen grafiğe göre gerçek ve tahmin edilen değerler genellikle birbirine yakın ancak belirli zaman noktalarında büyük sapmaların mevcut olduğunu söylenebilir. Kalıntı grafiğinde belirli dönemlerde yüksek oynaklık görülmekte, bu da modelin bazı dönemlerin de hatalı tahminler yaptığını göstermektedir. Tabii sadece kalıntı grafiği yeterli değildir. Buna ek olarak ayrıca tahmin güvenilirliğine yönelik elde edilen Ortalama Mutlak Hata, Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi, Theil katsayısı ve buna bağlı Bias oranı, varyans oranı ve kovaryans oranı değerleri de incelenmelidir. Şekil 10' da ARIMA (11,1,6) modelinin ilgili değerlere ilişkin sonuçları ve grafiği görülmektedir.



Şekil 10. Tahmin Serisi (D_TOTALPASF)

Daha önce yapılan karşılaştırmalar neticesinde ARIMA (11,1,6) modelinin ilgili göstergeler açısından düşük hata değerlerine sahip olduğunu ve öngörü performansı açısından tatmin edici olduğu görülmektedir. Ancak metodolojik olarak önem arz eden bu bilgileri en uygun model olarak seçtiğimiz ARIMA (11,1,6) için ayrıca burada vermenin uygun olduğu görülmüştür. Tahmin edilen değerlerin grafiksel incelemesinde özellikle yaz aylarında başta temmuz ve ağustos olmak üzere yolcu sayısının belirgin biçimde arttığı ve serinin bu aylarda zirve noktalarına ulaştığı tespit edilmiştir. Bu durum, havalimanının bulunduğu bölgenin yaz turizmine olan yüksek duyarlılığını ve sezonluk talep yoğunluğunu açıkça ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, modelin öngörülleri, gelecek yıllarda da yolcu sayısında en yüksek yoğunluğun yaz aylarında tekrar edebileceğini göstermektedir. Diğer modellere ilişkin ayrıntılı şekil ve bilgiler ekler kısmında bulunmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışma, hava yolu taşımacılığı alanında yolcu talebinin öngörülmesi amacıyla zaman serisi analiz tekniklerinden ARIMA modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Teorik temelde, zaman serisi analizinin işlevi ve ARIMA modelinin yapısı detaylı bir şekilde ele alınmış, özellikle ekonomik ve sektörel tahminleme süreçlerindeki yeri vurgulanmıştır. Literatürde sıkça kullanılan ARIMA modeli, bu çalışmada hem teorik bağlamda açıklanmış hem de uygulamalı olarak test edilmiştir. Analizler sonucunda ulaşılan sonuçları şu şekilde sıralanmakta:

Araştırmada ulaşılmış önemli olan ilk sonuç Edremit Koca Seyit Havaalanı'nın yolcu sayısının uzun dönem trendi pandemiden ciddi bir şekilde etkilenmiş ve artan bir trende sahip olmasına rağmen henüz pandemi öncesine dönememiş olmasıdır.

Uzun vadeli trend yanında bu çalışmada, geçmiş yıllara ait aylık yolcu sayısı verileri kullanılarak zaman serisi analizi gerçekleştirilmiş ve ARIMA (11,1,6) modeli ile tahminleme yapılmıştır. Model, 2023 Ocak – 2024 Ekim dönemine ait değerleri tahmin ederek gerçek verilerle karşılaştırılmış, böylece modelin doğruluk düzeyi test edilmiştir. Modelin tahmin sonuçları, büyük oranda gerçek verilerle örtüşmekte ve zaman serisinin yapısını başarılı bir şekilde yansıtmaktadır. ARIMA modelinin fark alma derecesi olan $d=1$, yolcu sayısında zaman içerisinde bir trend olduğunu ve serinin durağan hale gelmesi için bu trendin giderilmesinin gerektiğini göstermektedir. Bu durum, yolcu sayılarında geçmişe dönük olarak genel bir artış eğilimi olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca modelin $p=11$ ve $q=6$ olması, yolcu sayılarının önceki 11 aya kadar olan verilerle anlamlı düzeyde ilişkili olduğunu ve aynı zamanda geçmişteki tahmin hatalarının da modele katkı sağladığını göstermektedir. Bu yapı, seride yalnızca uzun vadeli trendin değil, aynı zamanda akısa vadeli dalgalarda etkili olduğunu düşündürmektedir.

Modelin başarı performansı, zaman serisi analizlerinin ulaşım ve yolcu talebi gibi alanlarda ne denli etkili olabileceğini göstermektedir. Bu tür modeller, özellikle gelecek dönemlere yönelik planlama yapılırken kapasite yönetimi, yatırım kararı, personel planlaması gibi alanlarda karar vericilere önemli katkılar sunabilir. Sonuç olarak, ARIMA (11,1,6) modeli ile geçmiş veriler dikkate alınarak yapılan analizde,

yolcu sayılarında artış eğilimi olduğu tespit edilmiş, bu durumun gelecekte de benzer şekilde devam etme ihtimali ortaya konmuştur. Modelin tahmin başarısı, zaman serisi tabanlı modelleme tekniklerinin stratejik karar alma süreçlerinde güvenilir araçlar olarak kullanabileceğini göstermektedir.

5.2. Öneriler

ARIMA modelinin ortaya koyduğu artış trendi dikkate alınarak, Edremit Koca Seyit Havalimanı'nda terminal kapasitesi, personel sayısı ve yer hizmetleri planlamasında artırıma gidilmesi önerilmektedir. Yolcu sayısındaki artışın sürdürülebilir olması halinde, mevcut uçuş frekansları gözden geçirilmeli ve talebe uygun yeni uçuş rotaları planlanmalıdır. Mevsimsel dalgalanmalar dikkate alınarak yoğunluk dönemlerinde esnek kapasite yönetimi uygulanabilir. Özellikle yaz aylarında ek uçuşlar, charter seferleri gibi esnek çözümler değerlendirilebilir.

ARIMA modeline ek olarak, mevsimsel ARIMA (SARIMA), Prophet gibi alternatif modellerle karşılaştırılmalı analizlerin yapılması, daha karmaşık öngörü senaryolarının değerlendirilmesi de uygun olacaktır. Yolcu sayısı verilerinin daha sağlıklı ve güncel bir şekilde tutulması, model başarısını doğrudan etkileyen faktördür. Bu nedenle, veri altyapısının sürekli güncellenmesi ve eksiksiz tutulması sağlanmalıdır.

Elde edilen tahmin sonuçları, ulaşım politikalarının belirlenmesinde ve bölgesel kalkınma planlarının oluşturulmasında kullanılabilir. Özellikle hava yolu ulaşımının turizm ve ekonomi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği yeni araştırmaların yapılması da önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Adiatma, R. M., Mohisin, M., Allagabo, M. A., Mustafa, S. A., Yulianti, D. N., and Irianto, H. (2024). Application of arima model in forecasting domestic air passenger in indonesia. *Journal of Economics and Development*, 3 (2), 70-82.
- Alam, M., ve Karim, M. R. (1998). Forecasting air travel demand in bangladesh: an application of time series model. *Bangladesh Journal of Transportation*, 12 (3), 45–56.
- Andreoni, A., and Postorino, M. N. (2006). A multivariate arıma model to forecast air transport demand. *Journal of Air Transport Management*, 12 (6), 334–339.
- Altuntaş, M. ve Kılıç, E. (2021). Hava yolu taşımacılığı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesi: Türkiye örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23 (1), 187-202.
- Ba-Fail, A. O. (2000). Demand modeling and forecasting in aviation. *journal of air transport management*, 6(4), 189–197.
- Bal, H., Manga, M., ve Gümüş Akar, E. (2017). Hava taşımacılığının katalitik etkileri ve ekonomik kalkınma. *Ulaştırma Ekonomisi Dergisi*, 5 (2), 350–365.
- Bhadra, D. (2003). Demand for air travel in the United States: Bottom-up econometric estimation and implications for forecasts by origin and destination pairs. *Federal Aviation Administration Research Reports*, 8 (3), 50–72.
- Blinova, T. (2007). Forecasting airline demand using artificial neural networks. *Transport Problems*, 2 (4), 123–130.
- Box, G. E. P., and Jenkins, G. M. (1970). *Time series analysis: forecasting and control*. San Francisco, CA: Holden-Day.
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., and Ljung, G. M. (2008). *Time series analysis: forecasting and control* (4th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Brockwell, P. J., and Davis, R. A. (2002). *Introduction to Time Series and Forecasting*. Springer.
- Button, K., and Taylor, S. (2000). International air transportation and economic development. *Journal of Air Transport Management*, 6 (4), 209–222.

- Çağıl, G. (2017). Zaman serilerinde Box-Jenkins modelleri ve uygulama. *Ekonomik ve İstatistiksel Analiz Dergisi*, 11 (3), 225–240.
- Chang, Y.-C., and Chang, Y.-H. (2009). Air transport development in China and its impact on regional economic growth. *Journal of Air Transport Management*, 15 (6), 264–265.
- Çelik, B. (2017). Havacılık sektörünün küresel kalkınmadaki yeri. *Küresel İktisat Dergisi*, 9 (2), 80–85.
- Çermikli, S. (1997). Hava yolu taşımacılığında arz-talep ilişkileri. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 47 (1), 232.
- Çuhadar, M. (2014). Hava yolu yolcusu talep tahmininde ARIMA modellerinin kullanımı: Antalya örneği. *Journal of Tourism and Research*, 3 (2), 40–55.
- Dimitriou, L., Mourmouris, J., and Sartzetaki, M. (2017). Evaluating the economic impact of airports. *Transportation Research Procedia*, 25, 5252–5264.
- Doganis, R. (1991). *Flying Off Course: The Economics of International Airlines*. Routledge.
- Duru, A. (2007). Zaman serisi analizlerinde Box-Jenkins yöntemi: Bir uygulama. *İstatistik Araştırmaları Dergisi*, 2 (1), 20–36.
- Efendigil, T., ve Eminler, M. (2017). Türkiye’de sivil havacılığın gelişimi ve ekonomik etkileri. *İşletme ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 8 (1), 75–90.
- Enders, W. (1995). *Applied Econometric Time Series*. Wiley.
- Erdoğan, S. (2016). Havacılık sektörü ve ekonomik kalkınma ilişkisi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16 (1), 15–35.
- Erdoğan, H. Tuba, (2016). Ulaşım hizmetlerinin kalkınma üzerine etkisi. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3 (1), 187-215.
- Gong, Y. (2010). Passenger demand forecasting by combining ARIMA and neural networks. *Journal of Forecasting*, 29 (2), 275–287.
- Grancay, M. (2010). Economic impact of air transport. *Transport Problems*, 5 (3), 45–53.
- Gujarati, D. N. (2004). *Basic Econometrics* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton University Press.
- Ishutkina, M. A. (2009). Analysis of the interaction between air transportation and economic activity: A worldwide perspective. *MIT PhD Dissertation*, Cambridge.

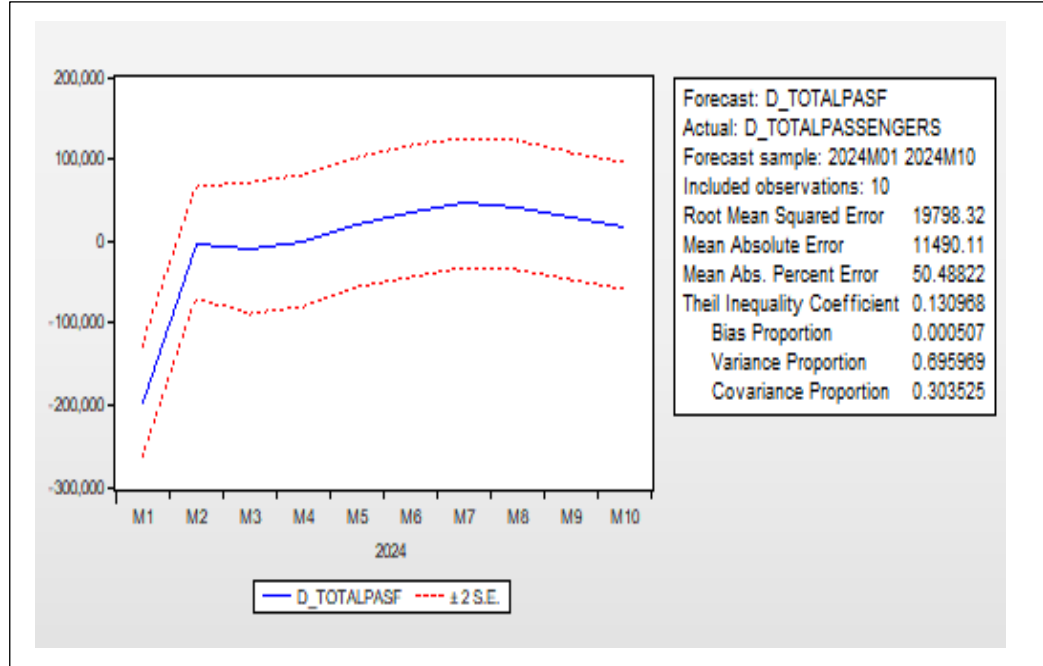
- Kopsch, F. (2012). Forecasting Swedish aviation demand using time series methods. *Journal of Transport Economics and Policy*, 46 (2), 155–173.
- Kutlar, A. (2017). *Zaman serileri analizi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kuzu, M. H., ve Yıldırım, A. (2017). Box-Jenkins ve gri tahmin yöntemlerinin karşılaştırmalı analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13 (1), 220–232.
- Moruping, P., Seaketso, L., Mdlongwa, T., and Munopo, M. (2023). Forecasting passenger air travel demand in South Africa. *Journal of Transport and Logistics*, 23 (2), 153–161.
- Önen, V. (2020). ARIMA yöntemiyle Türkiye'nin hava yolu kargo talep tahmin modellemesi ve öngörüsü. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 18 (4), 29-53.
- Özsolak, B. ve Öztürk, S. (2024). Havacılık sektörünün ekonomik performansa etkisi. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 42 (1), 90-120.
- Saatçioğlu, C. ve Karaca, O. (2011). Ulaştırma alt yapısı-ekonomik büyüme ilişkisi: panel veri analizi. *Cag University Journal Of Social Sciences*, 8 (2), 16-31.
- Saheed, Z. S., and Iluno, S. I. (2015). Aviation and economic development in Nigeria. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 6 (2), 87–95.
- Sevüktekin, M., ve Nargeleçekenler, M. (2005). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Sharma, M. (2019). Forecasting airline passenger using ARIMA models. *International Journal of Statistics and Applied Mathematics*, 4 (5), 40–45.
- Shumway, R. H., and Stoffer, D. S. (2006). *Time Series Analysis and Its Applications*. Springer.
- Subaşı, N. (2005). *Uygulamalı Zaman Serileri Analizi*. Sakarya: Sakarya Yayıncılık.
- Tsui, K. W., Balli, F., Gilbey, D., and Gow, J. (2014). Forecasting air passenger traffic for Hong Kong International Airport: SARIMA vs. ARIMAX models. *Journal of Air Transport Management*, 37, 29–40.

- Tortum, A., Gözcü, O. ve Çodur, M. (2014). Türkiye’de hava ulaşım talebinin arıma modelleri ile tahmin edilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4 (2), 39-54.
- Ülker, Ç. (2016). Türkiye’de hava yolu ulaşımının serbestleşmesi süreci. *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 71 (2), 711–725.
- Vandaele, W. (1983). *Applied time series and box-jenkins models*. academic press.
- Vasigh, B., Fleming, K., and Tacker, T. (2013). *Introduction to air transport economics: from theory to applications*. Routledge.
- DHMI. (2024). Edremit Koca Seyit Havalimanı. Devlet Hava Meydanları İşletmesi. <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx> (Erişim Tarihi: 25.01.2025)
- Edremit Koca Seyit Havalimanı Resmî Web Sitesi. (2024). Havalimanı Bilgileri. <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Havalimani/Korfez/AnaSayfa.aspx> (Erişim Tarihi: 25.01.2025)

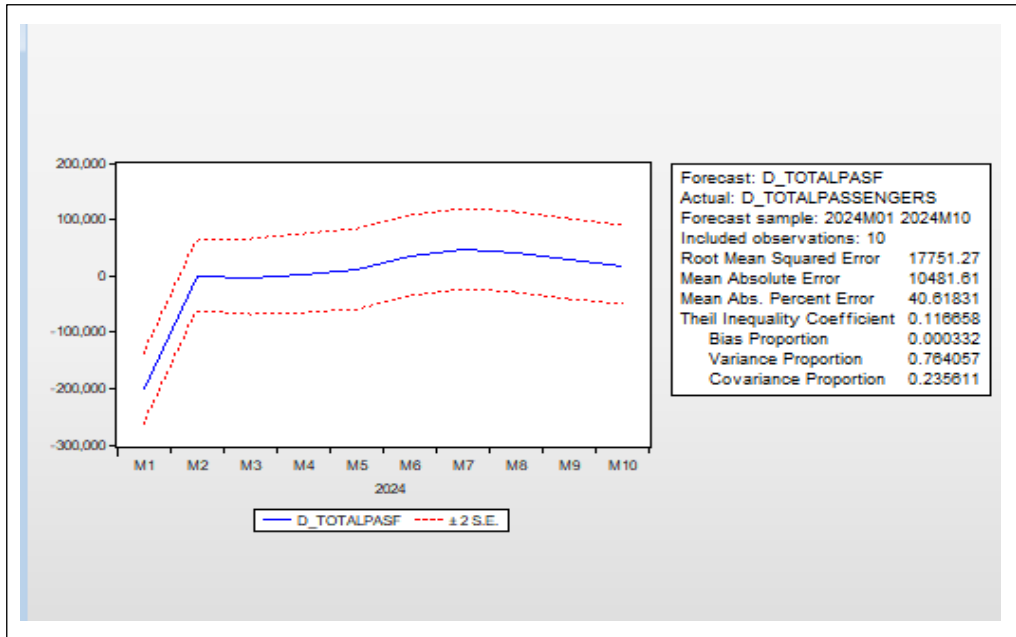
EKLER

MODEL	Akaike Bilgi Kriteri	Schwarz Bilgi Kriteri	Durbin-Watson	R^2	F istatistiği
ARIMA (2,1,2)	25.39471	25.50539	1.904578	0.146433	5.626969
ARIMA (2,1,3)	25.05333	25.18245	1.789039	0.396695	17.86307
ARIMA (3,1,3)	25.12211	25.26968	2.215488	0.362162	13.14045
ARIMA (3,1,4)	25.05296	25.21897	1.750535	0.415459	14.30374
ARIMA (5,1,6)	24.92571	25.16551	1.965397	0.516238	13.96163
ARIMA (10,1,2)	24.54443	24.80267	2.362989	0.679756	25.47144
ARIMA (11,1,1)	24.12930	24.38754	1.303742	0.793013	45.97463
ARIMA (11,1,2)	23.86181	24.13850	1.638108	0.846221	60.92420

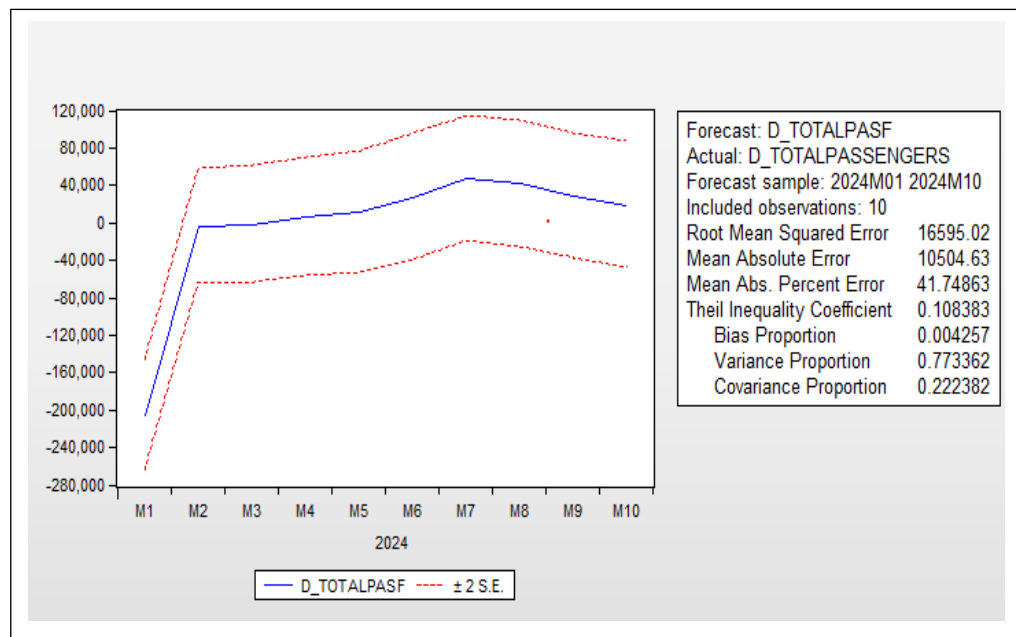
ARIMA (11, 1, 2) Modeli Tahmin Değerleri



ARIMA (11, 1, 3) Model Tahmin Değerleri



ARIMA (11, 1, 4) Model Tahmin Değerleri



ARIMA (11, 1, 5) Model Tahmin Değerleri

