

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KESİRLİ KALKÜLÜS VE DERİN DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMI İLE
HAVACILIK VERİLERİNİN MODELLENMESİ, ETKİ FAKTÖRLERİNİN
ANALİZİ VE ÖNGÖRÜ ÇALIŞMASI**

DOKTORA TEZİ

Kevser ŞİMŞEK

**Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı
Bilgi ve Haberleşme Mühendisliği Programı**

MAYIS 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KESİRLİ KALKÜLÜS VE DERİN DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMI İLE
HAVACILIK VERİLERİNİN MODELLENMESİ, ETKİ FAKTÖRLERİNİN
ANALİZİ VE ÖNGÖRÜ ÇALIŞMASI**

DOKTORA TEZİ

**Kevser ŞİMŞEK
(708202006)**

Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı

Bilgi ve Haberleşme Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ertuğrul KARAÇUHA

MAYIS 2024

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**MODELING, PREDICTING AND IMPACT FACTOR ANALYSIS OF
TRANSPORTATION DATA VIA MULTI DEEP ASSESSMENT METHODOLOGY
AND FRACTIONAL CALCULUS**



Ph.D. THESIS

**Kevser ŞİMŞEK
(708202006)**

Applied Informatics Department

Information and Communications Engineering Programme

Thesis Advisor: Prof. Dr. Ertuğrul KARAÇUHA

MAY 2024

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 708202006 numaralı Doktora Öğrencisi Kevser ŞİMŞEK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “KESİRLİ KALKÜLÜS VE DERİN DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMI İLE HAVACILIK VERİLERİNİN MODELLENMESİ, ETKİ FAKTÖRLERİNİN ANALİZİ VE ÖNGÖRÜ ÇALIŞMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı: **Prof. Dr. Ertuğrul KARAÇUHA**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri: **Prof. Dr. Şahin Serhat ŞEKER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Nisa Özge ÖNAL TUĞRUL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Gökhan ÖZER
Gebze Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Erdem BİLGİLİ
Piri Reis Üniversitesi

Teslim Tarihi : 22 Nisan 2024
Savunma Tarihi : 21 Mayıs 2024







ÖNSÖZ

Tez çalışmamın hayata geçirilmesi sürecinde bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, araştırmanın her aşamasında değerli vaktini ayırarak beni destekleyen ve görüşleriyle doğru yönde yönlendiren danışman hocam sayın Prof. Dr. Ertuğrul KARAÇUHA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme komitesinin sayın üyeleri Prof. Dr. Şahin Serhat ŞEKER ve Prof. Dr. Gökhan ÖZER'e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tezime destek veren sayın Dr. Öğr. Üyesi Nisa Özge ÖNAL TUĞRUL'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmamda desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen, bana olan güvenlerini hiç kaybetmeyen sevgili eşime ve aileme teşekkür ederim.

Kevser ŞİMŞEK

Mayıs 2024
(Elk. Elektronik Yük. Müh.)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Anlam ve Önemi	3
1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı	4
1.3 Literatür Araştırması	5
2. MATEMATİKSEL ALTYAPI	13
2.1 Kullanılacak Yöntem veya Teknikler	13
2.1.1 Kesirli türevin tarihsel gelişimi	13
3. MATEMATİKSEL MODELİN FORMÜLASYONU	17
3.1 Modelleme.....	17
3.1.1 Tek fonksiyon girdili modelleme	17
3.1.2 Türevli çok fonksiyon girdili modelleme.....	21
3.2 Türevli Çok Fonksiyon Girdili Etki Faktörü Analizi	23
3.3 Türevli Çok Fonksiyon Girdili Öngörü.....	24
4. UYGULAMA SONUÇLARI	27
4.1 Modelleme Sonuçları	29
4.1.1 Türevli çok fonksiyon girdili modelleme sonuçları	29
4.1.2 Çok fonksiyon girdili model ve türevli çok fonksiyon girdili model sonuçları kıyaslanması	42
4.2 Etki Faktörü Analizi Sonuçları.....	45
4.3 Öngörü Sonuçları	89
4.3.1 Türevli çok fonksiyon girdili öngörü sonuçları	89
4.3.2 Çok fonksiyon girdili öngörü sistemi ve türevli çok fonksiyon girdili öngörü sistemi sonuçları kıyaslanması	94
5. SONUÇ	99
KAYNAKLAR	107
EKLER.....	119
ÖZGEÇMİŞ.....	125



KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AKK	: Arz edilen Koltuk Kilometresi
DAM	: Deep Assessment Methodology- Derin Değerlendirme Metodolojisi
FTK	: Freight tonne-km
GDP	: Gross Domestic Product – (Gayrisafi Yurtiçi Hasıla)
GSYİH	: Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
MAPE	: Mean Absolute Percentage Error – Ortalama Yüzdesel Mutlak Hata
MDAM	: Multi Deep Assesment Methodology – Çoklu Derin Değerlendirme Metodolojisi
MDAM wd	: Multi Deep Assesment Methodology with derivative – Türevli Çoklu Derin Değerlendirme Metodolojisi
ÜYK	: Ücretli Yolcu Kilometre (ÜYK)



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1: Veri setinde kullanılan faktörler.....	27
Çizelge 4.2: En yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri ile $M=2$ ve $l=2$ değerleri için 2013-2019 yılları arası MDAM wd metodu ile elde edilmiş modelleme sonuçları.....	30
Çizelge 4.3 : En yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri ile $M=2$ ve $l=2$ değerleri için 2013-2019 yılları arası MDAM ve MDAM wd metodu ile elde edilmiş modelleme sonuçları karşılaştırılması.	42
Çizelge 4.4: 2019 yılı ve $l=2$ değeri için Çin ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri Alr ve Blr	47
Çizelge 4.5 : 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Fransa ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri Alr ve Blr	52
Çizelge 4.6: 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Almanya ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri Alr ve Blr	57
Çizelge 4.7: 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Hindistan ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri Alr ve Blr	62
Çizelge 4.8: 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Singapur ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri Alr ve Blr	67
Çizelge 4.9: 2019 yılı ve $l=2$ değeri için Türkiye ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri Alr ve Blr	73
Çizelge 4.10: 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için İngiltere ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri Alr ve Blr	79
Çizelge 4.11: 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için ABD ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri Alr ve Blr	84
Çizelge 4.12: Dünyanın en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri kullanılarak MDAM wd metodu ile elde edilmiş öngörü sonuçları reel, tahmin ve MAPE değerleri. (yıl = 2019, $l = 2$)	90
Çizelge 4.13: Dünyanın en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık faktörleri kullanılarak MDAM ve MDAM wd metodu ile elde edilmiş öngörü sonuçları kıyaslanması (yıl = 2019, $l = 2$).	94



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1: Hava yolcu sayısı (milyon) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri.(x eksen: yıllar, y eksen: değerler).....	33
Şekil 4.2: Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler).....	34
Şekil 4.3: Uçuş sayısı (bin) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler).....	35
Şekil 4.4: Varış noktası sayısı (havaalanı) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler).....	36
Şekil 4.5: Uluslararası yolcu sayısı (milyon) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler).....	37
Şekil 4.6: Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler).....	38
Şekil 4.7: Uluslararası uçuş sayısı (bin) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler).....	39
Şekil 4.8: AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler)	40
Şekil 4.9: AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler).....	41



KESİRLİ KALKÜLÜS VE DERİN DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMI İLE HAVACILIK VERİLERİNİN MODELLENMESİ, ETKİ FAKTÖRLERİNİN ANALİZİ VE ÖNGÖRÜ ÇALIŞMASI

ÖZET

Bu tez çalışmasında; taşınan hava yolcuları sayısı, hava kargo miktarı, uçuş sayısı, varış noktası sayısı, uluslararası yolcu sayısı, uluslararası varış noktası sayısı, uluslararası uçuş sayısı, arz edilen koltuk kilometre (AKK) bilgisi, AKK uluslararası bilgisi 2011-2019 yılları arasında en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için seçilmiştir. Seçilen havacılık verileri dikkate alınarak her bir faktörün hesaplanmasında kesirli hesaplama ve derin değerlendirme yöntemlerinden faydalanılacaktır. Çalışmada bildiğimiz kadarıyla türevleri de içeren çok fonksiyonlu olarak henüz ele alınmamış kesirli türevden faydalanılarak; Türevli Çoklu Derin Değerlendirme Metodolojisi (MDAM wd) ile geliştirilen modelleme, öngörü ve etki analizi yapmamıza imkan verecektir. Bu tez çalışmasında yukarıda belirlediğimiz veri seti ile geliştirdiğimiz matematiksel yaklaşımların uygulaması yapılacaktır. İlk olarak modellemek istediğimiz faktörü, etkilendiğini değerlendirdiğimiz kendi ve diğer faktörlerin geçmiş değerleriyle ilişkilendirip böylece her bir faktörün diğer faktörlerin geçmiş değerleriyle etkileşimini ve aynı zamanda geçmiş verilerindeki değişimlerinin ağırlıklı etkisini bulacağız. Sonrasında ise geleceğe ilişkin tahminlerde bulunulacaktır.

Bu çalışmada havacılık faktörleri çok az bir sapma ile modellenerek doğru sonuçlar elde edilmiştir, öyle ki modellenen sekiz ülke içinde maksimum hata % 0,015927302 olarak Almanya'nın Hava taşımacılığı, kargo faktörü için bulunmuştur. Faktörlerin öngörülmesi ile ilgili olarak, toplam 72 öngörü için hataların %90.278'i %10'dan küçük olarak bulunmuştur. Önerilen yöntemin sonucu oldukça tatmin edicidir ve kıyaslama yaptığımız önceki türev olmayan yöntem (MDAM) göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Ayrıca, 2019 yılı için elde edilen öngörü sonuçları ışığında en öngörülebilir ülkenin İngiltere olduğu tespit edildi; ikinci sırada Almanya, üçüncü sırada ABD, dördüncü sırada Fransa, beşinci sırada Çin, altıncı sırada Singapur,

yedinci sırada Türkiye ve sonuncu sırada ise Hindistan oldu. Örneklem için seçilen sekiz ülke içinden en az öngörülebilir faktörler ise Türkiye'nin uluslararası yolcuları ve Singapur'un uçuş sayısı ve uluslararası uçuş sayısı olmuştur.

Etki analizi sonuçları verilmiş ve ayrıca ülkeler arasında ortak veya değişken olduğu tespit edilen bazı faktör etkileri çalışmada tartışılmıştır. Faktörlerin diğer faktörler üzerindeki ağırlıklı ortalama etkisi açısından ve geriye dönük olarak 2019 yılı ve $l=2$ yıl için önerdiğimiz varsayım çerçevesinde, güçlü pozitif (olumlu) ve güçlü negatif (olumsuz) etkiler değerlendirilmiştir.



MODELING, PREDICTING AND IMPACT FACTOR ANALYSIS OF TRANSPORTATION DATA VIA MULTI DEEP ASSESSMENT METHODOLOGY AND FRACTIONAL CALCULUS

SUMMARY

Evaluating the prediction of complex systems, such as aviation revenue management, is a challenging task. When regarding aviation, as a time-continuous system measured in value discrete time series via performance indicators and certain metrics, it is important to use sufficiently targeted mathematical models within the analysis. Consistent identification of economic dynamics at the evaluation level, without dealing with the actual physical events of the system, transforms the analysis of time series into a system identification process, which ensures control of a partially known system.

The majority of transportation statistics are generally released with significant time delay. When confronted with shocks such as the 2008 financial crisis, and the 2019 pandemic policymakers must respond as quickly as possible, which necessitates accurate knowledge of the aviation economy's current state. Failure to do so has exacerbated previous recessions.

Recent years have witnessed a growing interest in understanding and analyzing transportation data. To uncover hidden insights from complicated and dynamic datasets, data analysis has become essential. Deep evaluation methods have seen significant improvements, enabling their applicability in a variety of fields and enabling corporations and other organizations to forecast the future and make wiser decisions. The best possible use of resources is needed in aviation to improve customer satisfaction and safety records. Many studies have been published in the literature that involve the modeling of transportation economics and also transportation data. In recent years, the importance of studies such as artificial intelligence, machine learning, artificial neural networks, fractional calculus, deep learning, and deep assessment has grown. Because of its memorization property, fractional calculus, which has recently been used in many different domains, has also begun to be used in predictive studies.

Studies conducted with this method involve transportation data and financial prediction.

The models we have developed thus far involved a multiple input system, but in the current study a mathematical model with multiple input, and deep assessment with first order derivative structure is suggested. Novel modeling and prediction methodologies were developed by plugging multiple factor effects on a single factor and historical data into the system, and air transportation data will be first time used for this novel method in our thesis.

In the current study, Air transport, passengers carried (million), Air transport, freight (million ton-km), Number of flights (thousand), Number of destination points (airport), International travelers (million), Number of International destination points (airport), International number of flights (thousand), ASK (Available seat kilometer) International (billion), ASK (Available seat kilometer) (billion) data of eight the busiest airport owner countries; China, France, Germany, India, Turkey, Singapore, UK and USA from 2011 to 2019 years is used.

In our research, we first determine the finest fractional order value of the derivative for each factor, which will allow us to develop effective modeling with and without derivatives. Second, we developed a formulation for forecasting future steps. To implement the mathematical models, we also run an example application on data from eight countries' air transportation and economic factors. Impact analysis results are given and also some factor effects that were found to be common or variable across countries are discussed. Strong positive (positive) and strong negative (negative) effects are evaluated for all countries, in terms of the weighted average impact of factors on other factors, and within the framework of the assumption we propose retrospectively for year 2019 and $l=2$ value. This mathematical model is coded on Matlab.

As a result, the highest modeling error was discovered to be Germany's air transport freight factor expressed as a percentage of 1,59E-02. Predictions for the 2019 year made using MDAM wd (Multi Deep Assessment Methodology with first order derivative) revealed that the percentage of predictions with errors less than 10% was 90.278 percent for aviation factors. We also compared the performance of two different MDAM methodologies. The novel methodology proposed in this thesis has

higher accuracy in aviation factors prediction and modeling, and is being used for the first time with aviation data.

According to the results, the UK's international number of flights factor was predicted with the least amount of error at 0.02 percent for the prediction method with derivative. When prediction values are considered in terms of predictability of countries, the UK takes first place; Germany is second, the USA is third, France is fourth, China is fifth, Singapore is sixth, Turkey is seventh, and India is last for the year 2019. As a result, the United Kingdom appears to be the most predictable country, while India appears to be the least predictable for all factors.

In summary, a new mathematical model for the literature is proposed by first developing a multi input deep assessment system using fractional calculus. The data were modeled, impact analysis established, and prediction studies were conducted and assessed. As shown by the modeling results; modeling can be performed with near zero error.



1. GİRİŞ

Havacılık, insanları, kültürleri ve işletmeleri birbirine bağlamak için köprü kuran en küresel endüstrilerden biridir. Havacılık yardımıyla ülkeler mali, ticari ve ekonomik alanda iş imkanı sağlayarak kişilerin veya ürünlerin kısa sürede, konforlu ve güvenilir olarak ulaşımını sağlayabilmiştir. Böylece havayolu taşımacılığı hem milli hem de uluslararası ölçekte teknolojik, ekonomik ve toplumsal gelişmelere katkı sağlamıştır. Havacılık sektörü kendi dışındaki ekonomik sektörlerin de destekleyicisi konumundadır. Özellikle yeni istihdam olanakları yaratması bakımından önemi olan bir sektördür [1,2].

2018 yılına ait verilere göre; uçaklar dünya genelinde ortalama 4,3 milyar yolcu taşıdı ve 8,3 milyar Ücretli Yolcu Kilometre (ÜYK, Ücretli Yolcu Sayısı x Uçulan Kilometre) elde etti. Hava taşımacılığı 58 milyon ton kargo taşıdı ve toplam 231 milyar ton-kilometre (FTK- Freight tonne-km) gelir elde edildi. 2018 yılı verileri gözönünde bulundurulduğunda; 1.303 tarifeli havayolu firması 31.717 uçakla 3.759 havalimanına hizmet veriyor. Mevcut projeksiyonlara göre hava trafik sayılarının önümüzdeki yirmi sene içinde iki katından fazla artması bekleniyor [3,4]. Bu artış havacılıktan direkt etkilenen endüstrileri adım adım büyütecek, yeni istihdam sağlayacak ve büyümeyi hızlandıracaktır. 2015 Boeing ve IATA verilerine göre; dünyada havayollarının verdiği hizmetler GSYİH'ya ortalama 665 milyar dolar katkı sağlayarak dünya GSYİH'sını %3,5 oranında desteklemektedir. Sektördeki tedarikçilerin dolaylı faaliyetleri de eklendiğinde havacılık sektörünün GSYİH'ya katkısı 760 milyar dolar civarında olmaktadır [5].

Havacılık sektöründe öngörü, modelleme ve etki analizi mevcuttaki verileri analiz etmek ve gelecekteki talep eğilimleri hakkında kısa ve uzun vadeli kararlar vermek için kullanılır. Öngörü, modelleme ve etki analizinin temel amacı, gelir artışının ve fiyat dalgalanmaları ve demografik değişimler gibi dış faktörlerin bir sonucu olarak talep modellerinin zaman içinde nasıl değişeceğini bulmaktır [6-10]. Dolayısıyla öngörü, modelleme ve etki analizi hem iş planlamasında hem de yönetim stratejilerinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir karar verme aracıdır. Gelir yönetimi açısından

gelirin maksimize edilmesi, kapasitenin modifiye edilmesi, uçuş rotası verimliliği ve özel gün ve belirli uçuş günleri ve ayları için projeksiyonların yapılması önem arz etmektedir.

Son yıllarda kesirli analizin yaygınlaşmasıyla oluşturulan yeni modellerin yanı sıra kesirli türev tanımından gelen birtakım eklemelerin fiziksel gerçeklere daha uygun olduğu gözlemlenmiştir [11-13]. Kesirli analizin bellek özelliği kullanılarak havacılık verileri ile alakalı öteki yöntemlere göre daha anlamlı sonuçlar elde edilmesi beklenmektedir. Sonuç olarak, bu tezde, kesirli hesap kullanılarak türevi de içeren derin değerlendirme metodu geliştirilerek havacılık faktörlerinin modellenmesi, öngörülmesi ve etki analizi araştırılacak ve yeni geliştirilen türevli model ile bir önceki modelin sonuçları kıyaslanacaktır.

Bu tez çalışmasında; taşınan hava yolcuları sayısı, hava kargo miktarı, uçuş sayısı, varış noktası sayısı, uluslararası yolcu sayısı, uluslararası varış noktası sayısı, uluslararası uçuş sayısı, arz edilen koltuk kilometre (AKK) bilgisi, AKK uluslararası bilgisi, küresel toplam hava yolcu sayısı, küresel havayolu sektörünün gerçekleştirdiği uçuş sayıları, 2011-2019 yılları arasında en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye seçilmiştir. Bunlar, için yukarıda belirtilen havacılık sektörüne ilişkin ağırlıkları nedeniyle seçilmiştir [14,15]. Seçilen havacılık verileri dikkate alınarak her bir faktörün hesaplanmasında kesirli hesaplama ve derin değerlendirme yöntemlerinden faydalanılacaktır. Çalışmada, bildiğimiz kadarıyla türevleri de içeren çok fonksiyonlu olarak henüz ele alınmamış, kesirli türevden faydalanılarak; Türevli Çoklu Derin Değerlendirme Metodolojisi (MDAM) ile geliştirilen modelleme, öngörü ve etki analizi yapmamıza imkan verecektir. Bu tez çalışmasında yukarıda belirlediğimiz veri seti ile geliştirdiğimiz matematiksel yaklaşımların uygulaması yapılacaktır. İlk olarak modellemek istediğimiz faktörü, etkilendiğini değerlendirdiğimiz kendi ve diğer faktörlerin geçmiş değerleriyle ilişkilendirip böylece her bir faktörün diğer faktörlerin geçmiş değerleriyle etkileşimini ve aynı zamanda geçmiş verilerindeki değişimlerinin ağırlıklı etkisini bulacağız. Sonrasında ise geleceğe ilişkin öngörülerde bulunulacaktır.

Bu tezin birinci bölümünde tezin anlam ve önemi, amacı ve kapsamı ve literatür araştırması anlatılmıştır. Literatür araştırmasında kesirli kalkülüs çalışmaları, havacılık faktörleri ve ekonomik faktörlerin modellenmesi ve öngörülmesi üzerine yapılmış çalışmalardan bahsedilmiştir. İkinci bölümde kesirli türev ve integral

dönüşüm tanımları, optimizasyon yöntemi olarak tezde kullanılacak en küçük kareler yöntemi ve matematiksel modelin altyapısına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde tez çalışmasında kullanılan türevli MDAM yöntemine ilişkin modelleme, etki faktörü analizi ve öngörü metotlarına ilişkin yöntem adımları anlatılmıştır. Dördüncü bölümde aralarında Türkiye'nin de bulunduğu en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülkeye ilişkin yapılan uygulama sonuçlarına ve türevli model ile türevsiz modelin sonuçlarının kıyaslanmasına yer verilmiştir. Beşinci ve son bölümde sonuçlar tartışılmıştır.

1.1 Tezin Anlam ve Önemi

Havacılık sektörü, dünya genelinde ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan önemli bir rol oynamakta; yolcu ve kargo taşımacılığı, turizm, savunma, araştırma ve geliştirme, uzay keşfi gibi birçok alanda faaliyet göstermektedir.

Öncelikle havacılık sektörü, dünya genelindeki ekonomik büyümeye katkıda bulunmaktadır. Havayolu şirketleri, ülkeler arasındaki ticaret ve yatırımların artmasına yardımcı olmakta, turizm sektörünü canlandırmakta ve birçok ülkenin gayri safi yurtiçi hasılasına önemli bir katkı sağlamaktadır. Havacılık sektörü ayrıca kültürel alanda da önemli bir rol oynamaktadır. Dünya genelindeki farklı kültürler arasındaki etkileşimi artırmakta ve seyahat etme kolaylığı sağlamaktadır. Son olarak, havacılık sektörü, araştırma ve geliştirme alanında da önemli bir rol oynamaktadır. Havacılık teknolojileri, birçok ileri teknolojik uygulamada kullanılmakta, özellikle havacılık mühendisliği ve uzay teknolojileri alanında önemli ilerlemeler kaydedilmektedir. Tüm bunlar, havacılık sektörünün dünya genelindeki ekonomik, sosyal ve kültürel kalkınmaya önemli bir katkı sağladığını göstermektedir [9,10,15-68].

Bir havalimanı için yolcu akışının doğru bir şekilde öngörülmesi, havalimanı genişletme vb konulardaki geliştirme kararı için de en önemli faktörlerden biridir. Olması gerekenden daha büyük bir sonuç öngörülmesi, kaçınılmaz olarak atıl tesis inşaatları ve daha düşük yatırım getirileri gibi kaynak israfına yol açacaktır. Öngörü sonucu çok küçük olduğunda ise kalabalık havalimanı terminali, daha yüksek güvenlik risklerinin yanı sıra kötü seyahat deneyimlerini de beraberinde getirebilir. Bu nedenle, doğru tahminler yapmak, havaalanı gelişimi sırasında uygunsuz karar vermenin neden olduğu ekonomik kayıpları etkili bir şekilde önleyecektir [16].

Kesirli analiz, temelleri 17. yüzyılda atılan türev ve integral operatörlerinin gerçek veya karmaşık güçlerini açıklayan bir matematiksel analiz dalıdır [30,31]. Kesirler hesabı ilk ortaya çıkışından beri çalışılmaktadır, ancak son 70 yılda mühendislik, ekonomi, fizik ve kimya gibi birçok alanda teorik ve uygulamalı araştırmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır [32-71].

Son yıllarda kesirli analizin yaygınlaşmasıyla geliştirilen yeni modeller ile kesirli türevin tanımından kaynaklanan bazı geliştirmeler sayesinde kesirli analizin uygulanabilir ve fiziksel gerçeklere daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Kesirli kalkülüsün hafıza özelliği ile havacılık verileri üzerinde diğer yöntemlere göre daha anlamlı sonuçlar elde edileceği düşünülerek bu tez çalışmasında kesirli kalkülüsten faydalanılarak geliştirilen bir matematiksel model ile havacılık faktörlerinin modellenmesi, etki faktörü analizi ve öngörülmesi üzerine çalışma yapılacaktır.

Bu tez çalışmasında kullanılacak olan türevli çoklu derin değerlendirme metodolojisi (Multi Deep Assessment Methodology with derivative – MDAM wd) olarak adlandırılan matematiksel model kesirli kalkülüs ile geliştirilmiş özgün bir modeldir. Klasik modelleme yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu sayede matematiksel modelleme ve öngörü çalışmalarına özgün ve başarılı test edilmiş bir model eklenmiş ve çalışmada havacılık verileri ilk kez kullanılmış olacaktır.

1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tezde kesirli kalkülüs kullanılarak geliştirilecek yeni bir derin değerlendirme yaklaşımı kullanılarak; Türkiye'nin de aralarında bulunduğu dünyanın en çok yolcu taşıyan havalimanlarına sahip sekiz ülkesinin havacılık faktör verilerinin modellenmesi ile ülkelerin etki faktörü katsayılarının bulunması ve faktörlerin etki analizi çalışması yapılacaktır. Bu sayede elde edilen sonuçlar ile havacılık sektöründe yer alan işletmelerin; pazarlama, finans, muhasebe başta olmak üzere gerekli her türlü operasyona dayalı faaliyetinin sağlanmasına katkı sağlanabilecek ve karar destek mekanizması olarak fayda sağlanacaktır.

Çalışmada ülkelerin taşınan hava yolcuları, hava kargo, uçuş sayısı, varış noktası sayısı, uluslararası yolcu sayısı, uluslararası varış noktası sayısı, uluslararası uçuş sayısı, arz edilen koltuk kilometresi (AKK), AKK uluslararası verileri kullanılacaktır

[14,15]. Veri seti 2011-2019 yılları arasını kapsayacaktır. Matematiksel modelin uygulaması Matlab üzerinden yapıp sonuçlar değerlendirilecektir.

1.3 Literatür Araştırması

Havacılık faktörlerinin öngörülmesi ve modellenmesi üzerine uzun süredir yapılmakta olan birçok çalışma bulunmaktadır. Havacılık geliri yönetimi gibi karmaşık sistemlerin tahminini değerlendirmek zorlu bir iştir. Havacılık, performans göstergeleri ve belirli metrikler aracılığıyla kesikli zaman serilerinde ölçülen sürekli bir zaman sistemi olarak ele alındığında; analizde tutarlı sonuçlar sağlayan matematiksel modellerin kullanılması önemlidir. Havacılık dinamiklerinin tutarlı bir şekilde tanımlanması, zaman serileri analizi ile kısmen bilinen bir sistemin kontrolünü sağlamamızı hedeflemektedir.

Literatürde ekonomik faktörlerin ve ulaşım özelinde havacılık verilerinin modellenmesini içeren çalışmalar yayınlanmıştır. Son yıllarda bilgiden anlamlı sonuçlar çıkarmanın daha da önem kazanması ve teknolojik gelişmelerin ışığında verinin işlenmesinin de kolaylaşması ve hızlanması sebebiyle yapay zeka, makine öğrenmesi, yapay sinir ağları, kesirli matematik, derin öğrenme, derin değerlendirme gibi çalışmaların önemi artmıştır. Birçok farklı alanda kullanılmaya başlanan kesirli hesap; öngörü çalışmalarında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemle yürütülen çalışmalar, ulaşım ekonomisi ve finansal tahminleri içermektedir [5-10,17-72].

Öngörü çalışmaları hem nitel olarak yönetici muhakemesi, pazar araştırması ve Delphi teknikleri gibi yöntemler kullanılarak; hem de nicel olarak zaman serisi tahmini [73-75] ve nedensel modeller [75-77] gibi yöntemler kullanılarak gerçekleştirilebilir.

Daha önceki çalışmalar, farklı endüstrilerde (ekonomi, telekomünikasyon, sağlık sektörleri) yürütülmüştür [24-77]. Bu çalışmada ise çok girdili ve derin değerlendirme yapısına sahip bir matematiksel model havacılık sektörü için önerilmektedir. Bu model ile bir faktörü etkileyen diğer faktörler ve geçmiş verileri ve geçmiş verilerdeki değişimin etkisi de sisteme katılarak modelleme, etki analizi ve öngörü metodolojileri geliştirilmiştir.

Öngörünün en az hatayla yapılabilmesi ve farklı tipteki havalimanları için uyarlanabilirliğini teşvik etmek için, çoklu modelleri bütünleştiren hibrit yaklaşımlar önerilmiştir. Çalışmada varyasyonel mod ayrışımı, otoregresif hareketli ortalama

modeli ve çekirdek aşırı öğrenme makinesini bir araya getiren ve tek modelli yöntemlerden daha iyi sonuç veren hibrit bir yöntem önerildi [78]. Diğer bir çalışmada; hava yolcularının kısa vadeli tahmini için mevsimsel ayrıştırmaya ve en küçük kareler destekli vektör regresyon modeline dayalı iki hibrit yaklaşım önerilmiştir [79]. Ampirik analizleri, önerilen hibrit yaklaşımların diğer zaman serisi modellerinden daha iyi olduğunu göstermiştir. Yapay zeka, farklı tahmin senaryolarında daha iyi sonuçlar vermektedir. Destek vektör regresyonu (SVR), Monte Carlo simülasyonu, karar ağacı ve derin öğrenmeyi içeren yapay zeka yöntemleri, havaalanı yolcu çıkışı (APT) tahmini için yaygın olarak kullanılmaktadır [80,81]. São Paulo Uluslararası Havalimanı'ndaki hava yolcularını tahmin etmek için yerel uzman modellerin entegre bir karışımı kullanıldı ve öngörülerin doğruluğunun tatmin edici olduğu kanıtlandı [82]. Başka bir çalışmada gri tahmin yöntemi ile mevsimsel en küçük kareler destek vektörü regresyonu periyodik ve doğrusal olmayan özelliklere sahip sorunları ele almak için önerildi [83].

Bir diğer çalışmada bir Markov modeli gri bir modelle birleştirilerek bulanık bir Markov modelinin eğilimler ve kesişmelerle yapılan gözlemlerde daha iyi performans gösterdiği bulundu [84]. Veri boyutunun büyüklüğü, özellikle belirli kısa süreli tahmin senaryoları için gerçek zamanlı ve daha kesin tahmin olanakları sağlıyor. Liang ve ark. [85], arama motorlarından gelen verileri kısa süreli yolcu talepleriyle ilişkilendirmiş ve hava yolcu talebi tahmininde internet arama verilerinin rolünü tartışmak için yeni bir ayrıştırma topluluğu modeli önermiştir ve bu model kıyaslama modellerinden daha doğru ve güvenilir tahmin sonuçları elde etmiştir.

Ekonomik istatistiklerin çoğu, önemli bir gecikmeyle yayınlanır. "Nowcasting", yayınlanmadan önce mevcut değerlerin tahmin edilmesi anlamına gelir [67]. Önceki çalışmalar, gerçek zamanlı internet verilerini kullanarak ekonomik verileri tahmin etmişti [68-70]. Faiz oranları gibi büyük ekonomik politika araçlarının ekonomiyi tam olarak etkilemeden önce 20 aylık bir gecikmesi olabileceğinden, daha iyi tahminler son derece değerlidir [71]. 2008 mali krizi ve 2019 pandemisi gibi şoklarla karşı karşıya kalındığında yönetim pozisyonundaki karar vericilerin mümkün olduğunca çabuk yanıt vermesi gerekmekte, bu da havacılık ekonomisinin mevcut durumu hakkında doğru bilgi sahibi olmayı gerektirmektedir [42,43].

COVID-19'un talepler üzerindeki etkisini değerlendirmek, yolcuları yolcu özelliklerine göre sınıflandırmak, farklı senaryoları simüle etmek ve her senaryodaki her bir yolcu segmenti için talebi tahmin etmek için bir yöntem önerildi [86]. Pandemi sırasında gözlemlenen talep ile pandemi öncesi eğilime dayalı olarak tahmin edilen talep arasındaki farkı incelemek için bir zaman serisi modeli kullanıldı. Tüm modeller, talebin COVID-19 olmadan daha da artacağını öne sürüyor [87].

Havaalanı yolcu hacminin gelişimi, birçok stokastik faktörle ilişkili olduğu için potansiyel faktörler arasındaki nedensel bağlantıları gözlemlemek zor olabilir. Ayrıca, farklı tahmin yöntemlerinin doğruluklarını karşılaştırmak için net ve kesin bir tahmin senaryosu olmadan yapmak zordur. Bu nedenle, farklı tahmin yöntemlerinin performansını değerlendirmek için çalışmalar yapılmıştır. Miami Uluslararası Havaalanı ve Frankfurt Havaalanı gibi havalimanlarında, ekonometrik bağımsız açıklayıcı değişkenler içeren zaman serisi yöntemleri ve zaman serisi modellerinin tahmin kalitesini değerlendirmek için sentetik bir yöntem önerilmiş ve sonuç olarak maliyetli modellerin ve dış faktörlerin hava yolculuğu talebi üzerinde belirgin bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir [88]. Maldonado [89] ve Mierzejewski [90], ABD'deki 22 havalimanının 5 yıllık, 10 yıllık ve 15 yıllık tahmin sonuçlarını değerlendirmiş ve tahmin sonuçlarının standart sapmasının %30'dan %69'a kadar büyük hatalarla dağıldığını göstermiştir. Öngörülerin değerlendirilmesine yönelik yapılan çalışmalara göre, farklı tahmin yöntemlerinin performanslarını değerlendirmeden önce makul bir çerçeve oluşturulmalıdır [91–93]. Farklı tahmin yöntemlerinin performansları, temel olarak kullanılan modellerden ve uygulanabilir senaryolardan etkilenir.

Havacılık ekonomisi de dahil ekonomik faktörlerdeki değişimlerin birbirine etkisinin tespiti ve faktörlerdeki dalgalanmalardan ötürü öngörülmesi ve modellenmesi oldukça zordur. Günümüzde ise bu problemin çözümü için klasik istatistiksel yöntemlerin yerine makine öğrenmesi yöntemleri ve mühendislik yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Zaman serisi modelleri, sonuçları etkileyen faktörleri göz önünde bulundurmadan tahmin sistemlerini kara kutular olarak görür. Bunun yerine, modeller birkaç tarihsel veriyi uydurarak kurulur. Trend ekstrapolasyon modelleri, üstel yumuşatma modelleri, gri modeller, otoregresif modeller ve hareketli ortalama modelleri, neredeyse her tahmin senaryosunda yaygın olarak kullanılan tipik zaman serisi modelleridir. Belirli olayların etkisi göz önüne alındığında, karmaşık yöntemler daha iyi performans gösterebilir. Örneğin, Djakaria ve ark. [94], Djalaluddin Gorontalo Havalimanı'nın

yolcu talebini, Holt-Winters üstel düzleştirmesinin bir çarpanını kullanarak tahmin etti. Elena ve ark. [95] doğrusal eğilim, ikinci dereceden eğilim, üstel eğilim, doğrusal üstel yumuşatma (Holt'un Modeli) ve otoregresif entegre hareketli ortalama modelleri dahil olmak üzere çeşitli modellerin tahmin performansını karşılaştırdı ve sonuçlar, doğrusal üstel yumuşatma modelinin %95 güvenilirlik düzeyiyle en iyi performans gösterdiğini gösterdi.

Kesirli kalkülüs, zaman serilerinde geçmiş verileri değerlendirmeye katması ve ağırlıklandırmasıyla klasik yöntemlere ve bazı makine öğrenimi yöntemlerine göre daha yüksek bir modelleme ve öngörü başarısı sergilediği için günümüzde sıkça kullanılan bir yöntemdir [46-95]. Yapılan çalışmalarda kesirli kalkülüs modellerinin, zaman serisi analizinde yaygın olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir. Aşağıda yapılan çalışmalardan birkaçı özetlenerek paylaşılmıştır.

Yapılan bir çalışmada, kilo, boy, ve vücut kitle indeksi gibi faktörleri yaşa uygun bir şekilde analiz etmek ve incelemek için matematiksel bir yaklaşım olan kesirli kalkülüs kullanılarak yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Çalışmada, Fractional Model-1 adı verilen bir kesirli kalkülüs yaklaşımı kullanılarak çocukların fiziksel gelişim verileri modellenmiştir. Modelin performansı, lineer ve polinom yöntemleri ile karşılaştırılarak ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçlarına göre, Fractional Model-1 diğer modellere kıyasla daha başarılı bulunmuştur. Ayrıca, yaşa bağlı olarak takip edilen boy uzunluğu, ağırlık ve vücut kitle indeksi verileri kullanılarak kesirli kalkülüs modeli ve en küçük kareler yaklaşımı ile sürekli bir fonksiyon elde edilmiştir. Bu sayede, çocukların fiziksel gelişim takibinin zaman ekseninde sürekli olarak yapılabilmesi sağlanmıştır [109].

Başka bir çalışmada, Türkiye'nin mobil şebeke operatörleri Turkcell, Vodafone ve Türk Telekom'un toplam abone sayılarını içeren veri seti, Türkiye'de kişi başına Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH), mobil operatörlerin kullanıcı başına ortalama geliri (ARPU) ve özel iletişim vergisi (KDV) gibi değişkenlerle kullanılarak kesirli yaklaşım modelleri ve polinom modelleri ile modellenmiştir. 2004-2018 yıllarını kapsayan bu çalışmada, Fractional Model-1, Lineer ve Polinom modelleri karşılaştırılmış ve Fractional Model-1'in diğer modellere göre daha iyi bir performans sergilediği görülmüştür [110].

Bir diğer çalışmada, Türkiye mobil telekomünikasyon pazarındaki Mobil Şebeke Operatörlerinin toplam abone sayısı, 2004-2018 yılları arasındaki veri seti kullanılarak

kesirli yaklaşım ve polinom modelleri ile modellenmiştir. Türkiye'deki operatörler olan Turkcell, Vodafone ve Türk Telekom'un abone sayıları üzerine yapılan bu çalışmada, Kesirli Model diğer modellere göre daha başarılı bulunmuştur [111].

Fransa, Almanya, İtalya, Türkiye, İngiltere ve OECD ortalaması dahil olmak üzere 2000-2018 yılları arasında telekomünikasyon gelirlerinin Gayri Safi Yurtiçi Hasıladaki payının modellenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, Fractional Model - 2 ve Polinom modeli kullanılmıştır. Kesirli yaklaşım, Polinom modele göre daha iyi bir performans sergileyerek ortalama %0,1329 MAPE değeri elde etmiştir. En büyük modelleme hatası Türkiye için bulunurken, en küçük modelleme hatası İtalya için elde edilmiştir [112].

Bir başka çalışmada, telekomünikasyon yatırımlarını matematiksel olarak modellemek için Fractional Model - 1, Fractional Model - 2 ve Polinom Modeli karşılaştırılmıştır. Çalışmada Almanya, Fransa, İtalya, İspanya, Türkiye ve OECD toplamı için 2000-2018 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Sonuçlar, Fractional Model - 1 ve Fractional Model - 2'nin MAPE değerlerinin benzer olduğunu ve her iki modelin de Polinom modele göre daha düşük hata ile modelleme yaptığını göstermiştir [113].

Ayrıca, kesirli analiz teorisi ve en küçük kareler yaklaşımı kullanılarak Fractional Model - 3 adında yeni bir matematiksel model önerilmiştir. Bu çalışmada, Fransa, İtalya, Türkiye, Almanya, İspanya ve İngiltere'nin mobil genişbant ve sabit genişbant abonelikleri modellenmiştir. Polinom Modeli ile karşılaştırılarak modelin performansı değerlendirilmiştir. Sonuçlar, ortalama olarak, Fractional Model - 3'ün Polinom modele göre en az %10 ve en fazla %30 daha iyi modelleme başarısı elde ettiğini göstermiştir [114].

Bir araştırmada, Almanya, Fransa, İtalya, İngiltere, İspanya, Meksika ve Türkiye'nin 2005'ten 2018 yılına kadar toplanan verileri kullanılarak evden internet erişim oranları ile İnsani Gelişmişlik Endeksi (Human Development Index - HDI) arasındaki ilişkiyi inceleyen matematiksel modeller olarak Polinom Modeli, Fractional Model - 1 ve Fractional Model - 3 kullanılmıştır. Modelleme sonucunda, Fractional Model - 3'ün Polinom Modeli ve Fractional Model - 1'e göre daha az hata ile modelleme yaptığı belirlenmiştir. Modelleme analizinden sonra, Pearson Korelasyon testi yapılarak HDI

ve evden internet erişimi oranları arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir [115].

Kesirli kalkülüsün hafıza özelliğinden yararlanılarak ve en küçük kareler yaklaşımı ile Derin Değerlendirme Yöntemi (Deep Assessment Methodology - DAM) geliştirilmiştir. Bu yöntem, Amerika, Brezilya, Çin, Hindistan, İtalya, İspanya, İngiltere, Japonya ve Türkiye gibi 9 ülke ile Avrupa Birliği ortalaması için Kişi Başına Gayrisafi Milli Hasıla (GDP per capita) verileri üzerinde modelleme ve öngörü çalışmaları yapmaktadır. DAM modelinin performansını değerlendirmek için daha önce çocukların fiziksel gelişiminde kullanılan kesirli kalkülüs yöntemi ve LSTM (Long Short-Term Memory - LSTM) ile karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca, DAM ile yapılan optimizasyon sayesinde, geçmiş verilere bakılarak ne kadar geriye gidilirse en iyi modelleme sonuçlarının elde edilebileceği belirlenmiştir [116].

Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, Çin, Fransa, İtalya, İspanya, İngiltere ve Türkiye ülkelerinin Covid-19 günlük doğrulanmış, iyileşmiş ve ölüm gerçekleşmiş vaka sayıları modellenmiş, öngörülmüş ve analiz edilmiştir. Bu çalışma DAM, Gauss, SIR ve LSTM modellerinden faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle DAM ve LSTM modelleri ile modelleme ve sonraki adımda öngörü çalışmaları yapılmış ve DAM modelinin daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. Daha sonra Gauss Modeli önerilmiş ve pandeminin geleceğini tahminlemek için kısa dönem (30 günlük) öngörü çalışmaları yapılarak SIR modeli ile karşılaştırılmıştır. Son olarak, dalgacık tabanlı gürültü giderme yöntemi ve korelasyon katsayıları kullanılarak DAM modelinden alınan hafıza vektörleri (ağırlık katsayıları) ile geçmiş verilerin etkisi analiz edilmiş ve Almanya, İtalya ve İngiltere gibi ülkelerin ABD ve Fransa'ya kıyasla daha kısa bir ortalama kuluçka süresine sahip olduğu ve vaka sayılarının son iki haftaya bağlı olduğu tespit edilmiştir [117].

Başka bir çalışmada, tek girdili sistemlerden daha gelişmiş bir matematiksel model önerilmiştir. Bu model, çok girdili ve derin değerlendirme yapısına sahiptir ve bir faktörü etkileyen diğer faktörlerin ve geçmiş verilerin sisteme dahil edilerek modelleme, etki analizi ve öngörü metodolojileri geliştirilmiştir. G-8 ülkeleri ve Türkiye'nin 2000-2019 yılları arasındaki ekonomik büyüme verileri, ithalat, ihracat, cari hesap dengesi, yatırımlar, tasarruflar, enflasyon oranları, faiz oranları, işsizlik oranları verileri kullanılarak çok fonksiyonlu bir model önerisi sunulmuştur.

Modellenmek istenen faktör, kendi geçmiş verileri ve diğer faktörlerin geçmiş değerleriyle ilişkilendirilmiş ve böylece her bir faktörün diğer faktörlerin geçmiş değerleriyle etkileşimi belirlenmiştir. Sonuçlar, tek girdili modellerle karşılaştırılmış ve kesirli hesaplama ve derin değerlendirme metodolojisi temel alınarak elde edilmiştir [118].

İncelenen çalışmalar sonucunda kesirli kalkülüsün ekonomi ve diğer birçok alanda pozitif katkılarının olduğu ve yaygın olarak kullanıldığı görülmüştür. Ancak, havacılık verileri özelinde spesifik bir örnek bulunamamıştır.





2. MATEMATİKSEL ALTYAPI

2.1 Kullanılacak Yöntem veya Teknikler

2.1.1 Kesirli türevin tarihsel gelişimi

Kesirli analiz, adi türevin mertebesi tamsayı olmayan bir genellemesi olarak ortaya çıkmış ve birçok uygulama alanı bulmuştur. Bu alanda yapılan çalışmalarla, kesirli mertebeden diferansiyel denklemlerin yaklaşık çözümlerini bulmak için sayısal yöntemler geliştirilmiştir.

Kesirli türev kavramı, Leibniz ve L'Hospital arasındaki yazışmalar sonucu başlamıştır. 1695 yılında Leibniz, L'Hospital'e tam sayı dereceli olmayan türevlerin tam sayı dereceli türevler ile genelleştirilip genelleştirilemeyeceğini sormuştur. L'Hospital ise $n=1/2$ alınrsa sonucun ne olacağını sorgulayarak yeni bir bakış açısı ortaya koymuştur. Leibniz ise "Bu aşikar bir paradokstur fakat bir gün bu paradokstan oldukça yararlı sonuçlar çıkarılacaktır" şeklinde cevaplamıştır. Bu olay, kesirli analizin doğduğu tarih olarak kabul edilir.

Kesirli analizin gelişmesinde Leibniz, L' Hôpital, Euler, Fourier, Laplace, Riemann, Liouville, Lévy ve Caputo gibi birçok matematikçi önemli katkılarda bulunmuşlardır [96-98,119]. Bunlardan bazıları aşağıda detaylandırılmıştır.

İlk türev tanımı $y = f(x)$ fonksiyonun n . dereceden türevi $n \in \mathbb{Z}^+$ için (2.1)'de;

$$\frac{d^n y}{dx^n} = D^n y \quad (2.1)$$

olarak Leibniz tarafından yapılmıştır.

Daha sonra 1730 yılında L Euler kesirli türev tanımını (2.2)'deki gibi tanımlamıştır [119-121].

$$\frac{d^n x^m}{dx^n} = m(m-1) \dots (m-n+1) x^{m-n} \quad (2.2)$$

Euler $m = 1$ ve $n = 1/2$ için

$$\frac{d^{\frac{1}{2}} x}{dx^{\frac{1}{2}}} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} x^{1/2} \quad (2.3)$$

sonucuna ulaşmıştır.

1822 yılında Joseph B. Fourier kesirli integral tanımını $f(x)$ fonksiyonunun integral gösteriminden elde etmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(z) dz \int_{-\infty}^{\infty} \cos(px - pz) dp \quad (2.4)$$

Fourier bu eşitliğin türevini genelleştirerek (2.5)'da;

$$\frac{d^n f(x)}{dx^n} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(z) dz \int_{-\infty}^{\infty} \cos\left(px - pz + n\frac{\pi}{2}\right) dp \quad (2.5)$$

n sayısı herhangi bir sayı olarak düşünülebilir demiştir [98].

Joseph Liouville, 1832-1837 yılları arasında yayınladığı seride kesirli integral operatörünü tanımlayarak, kesirli analizin gelişimine katkıda bulunmuştur. Daha sonra Georg Friedrich Bernhard Riemann tarafından bu tanımlar geliştirilerek günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan Riemann-Liouville kesirli integral ve türev operatörleri ortaya konulmuştur. Bu operatörlerin tanımları sırasıyla (2.6) ve (2.7) olarak verilmiştir [122-127].

$$\left. \begin{aligned} I_{a+}^{\alpha} f(x) &:= \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x \frac{f(t)}{(x-t)^{1-\alpha}} dt \\ I_{b-}^{\alpha} f(x) &:= \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_x^b \frac{f(t)}{(x-t)^{1-\alpha}} dt \end{aligned} \right\}, \quad -\infty \leq \alpha < \infty \quad (2.6)$$

$${}^R D_t^{\alpha} = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \int_a^t \frac{f(s)}{(t-s)^{\alpha-n+1}} ds, \quad n-1 \leq \alpha < n \quad (2.7)$$

1967 yılında Caputo kesirli türevin tanımını (2.8)'teki gibi tanımlamıştır [123].

$${}_a^C D_t^\alpha = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \int_a^t \frac{f^{(n)}(s)}{(t-s)^{\alpha-n+1}} ds, \quad n-1 \leq \alpha < n \quad (2.8)$$

Caputo ve Reiman-Liouville kesirli türevi arasında ilişki (2.9)'te gösterilmiştir.

$${}_a^R D_t^\alpha = {}_a^C D_t^\alpha f(t) + \sum_{k=0}^{m-1} \frac{t^{k-\alpha}}{\Gamma(k-\alpha+1)} f^{(k)}(0^+), \quad m-1 \leq \alpha < m \text{ ve } t > 0 \quad (2.9)$$

Riemann-Liouville kesirli türevine göre, Caputo kesirli türev tanımının daha avantajlı olduğu, (2.9)'da gösterilen ilişkiye rağmen birtakım farklılıkların bulunduğu belirtilmektedir [96-99]. Caputo yaklaşımının en temel avantajı, Caputo kesirli türevlerinin tamsayı dereceden diferansiyel denklemlerdekiyle aynı formda başlangıç koşullarına sahip olmasıdır [100]. Bir diğeri ise Caputo tanımında ${}_a^C D_t^\alpha 1 \equiv 0$ olmasına karşın, Riemann-Liouville tanımında ${}_a^R D_t^\alpha 1 \equiv \frac{t^{-\alpha}}{\Gamma(n-\alpha)}$ eşitliğinin elde edilmesidir [124].

Fourier, Euler ve Laplace gibi matematikçiler, kesirli analiz ve matematiksel sonuçlarla ilgili çalışmalara katkıda bulunmuşlardır. Tam sayı mertebeli olmayan integral veya türevlerin uygun tanımları da kendi gösterim ve yöntemleri kullanılarak bulunmuştur. Riemann-Liouville ve Grünwald-Letnikov tanımları, kesirli analiz alanında popüler olan tanımlardan bazılarıdır [124-129]. Kesirli analiz çalışmaları için uygulanabilir matematiksel teorilerin çoğu 20. yüzyılın başından önce geliştirilmiştir. Bu nedenle, mühendislik ve bilimsel uygulamalarda en ilgi çekici atılımlar, teknolojinin de gelişmesiyle son 100 yıl içinde gerçekleşmiştir.

Bu tez çalışmasında Caputo kesirli türevinden faydalanılarak yeni bir matematiksel model geliştirilmesi hedeflenmektedir.



3. MATEMATİKSEL MODELİN FORMÜLASYONU

3.1 Modelleme

3.1.1 Tek fonksiyon girdili modelleme

Matematik teorisinde çok iyi bildiğimiz analitik bir fonksiyonu aşağıdaki gibi seri açılımıyla ifade edebiliriz:

$$f^{(1)}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n^{(1)} x^{n\alpha_1}, f^{(2)}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n^{(2)} x^n, \dots, f^{(r)}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n^{(r)} x^{n\alpha_r} \quad (3.1)$$

(3.1)'den esinlenerek, elimizde modelleme hesaplarına katmayı istediğimiz faktörlerin r tane olduğunu kabul edelim ve aşağıdaki varsayımımızla (3.2) devam edelim [101].

$$\frac{d^{\alpha_m} f^{(m)}(x)}{dx^{\alpha_m}} \triangleq \sum_{n=1}^{\infty} a_n^{(m)} (n\alpha_m) x^{n\alpha_m-1} \quad (3.2)$$

Burada $0 < \alpha_m < 1$ reel bir sayı, $m = 1, 2, \dots, r$ dir. Formülasyonumuzu ilerletmeden (3.3)' te Caputo kesirli türev tanımını verelim.

$${}_0^C D_t^\alpha f(t) = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \int_0^t \frac{df(s)}{(t-s)^\alpha} ds, \quad 0 \leq \alpha < 1 \quad (3.3)$$

Dikkat edilmelidir ki burada $f(t)$ modellediğimiz bir faktöre, D_t^α , t 'ye göre α derecesinde kesirli türeve karşılık gelmektedir. Burada $\Gamma(1-\alpha)$, Gamma fonksiyonudur. (3.3)'teki tanım dikkate alınarak (3.2) denkleminin Laplace dönüşümünü alarak işlemlere devam edeceğiz [102-104];

Burada, aşağıdaki özellikler kullanılacaktır.

$$\begin{aligned}\mathcal{L}\left(f^{(m)}(x)\right) &= F^{(m)}(s), m = 1, 2, \dots, r. \\ \mathcal{L}\left[\frac{d^\alpha f^{(m)}(x)}{dx^\alpha}\right] &= s^\alpha F^{(m)}(s) - s^{\alpha-1} f^{(m)}(0), \quad 0 \leq \alpha < 1 \\ \mathcal{L}(x-t)^{n\alpha_m-1} &= \frac{\Gamma(n\alpha_m)}{s^{n\alpha_m}} e^{-st} \quad x > t\end{aligned}\tag{3.4}$$

Bu özellikler kullanılarak (3.2) denkleminin Laplace dönüşümü alındığında;

$$\mathcal{L}[f^{(m)}(x)] = F^{(m)}(s) = \int_0^\infty f^{(m)}(x) e^{-st} dx \tag{3.5}$$

$$s^{(\alpha_m)} F^{(m)}(s) - s^{(\alpha_m-1)} f^{(m)}(0) = \sum_{n=1}^\infty a_n^{(m)} (n\alpha_m) \frac{\Gamma(n\alpha_m)}{s^{n\alpha_m}} \tag{3.6}$$

$$F^{(m)}(s) = \frac{f^{(m)}(0)}{s} + \sum_{n=1}^\infty a_n^{(m)} \frac{\Gamma(n\alpha_m + 1)}{s^{n\alpha_m + \alpha_m}} \tag{3.7}$$

Tekrar (3.7)'nin ters Laplace transformu alınarak (3.8) elde edilir.

$$f^{(m)}(x) = f^{(m)}(0) + \sum_{n=1}^\infty a_n^{(m)} \frac{\Gamma(n\alpha_m + 1)}{\Gamma(n\alpha_m + \alpha_m)} x^{n\alpha_m + \alpha_m - 1} \tag{3.8}$$

$f^{(m)}(x)$ fonksiyonunu elde ettikten sonra yaklaşık olarak aşağıdaki gibi ifade edebiliriz.

$$f^{(m)}(x) \cong f^{(m)}(0) + \sum_{n=1}^M a_n^{(m)} C_n^{(m)}(x) \tag{3.9}$$

Burada

$$C_n^{(m)}(x) = \frac{\Gamma(n\alpha_m + 1)}{\Gamma(n\alpha_m + \alpha_m)} x^{n\alpha_m + \alpha_m - 1}$$

olarak bulunur.

Her bir fonksiyonun $a_n^{(m)}$ katsayıları ve kesirli türev mertebesini bulmak için en küçük kareler metodunu uygularsak hataların karelerinin toplamını (3.10)'deki gibi ifade edebiliriz.

$$\epsilon_T^2 = \sum_{i=z}^t \epsilon_i^2 = \sum_{i=z}^t (P_i - f(x_i))^2 = \sum_{i=z}^t \left(P_i - f^{(m)}(0) - \sum_{n=1}^M a_n^{(m)} C_n^{(m)}(x_i) \right)^2 \quad (3.10)$$

Modellenmek istenen bölgedeki (aralıklardaki) verilerin başlangıcı $x = z$ ve sonuncusu $x = t$ 'dir.

$\frac{\partial \epsilon_T^2}{\partial f^{(m)}(0)} = 0$ denkleminde;

$$\frac{\partial \epsilon_T^2}{\partial f^{(m)}(0)} = 0 = \sum_{i=z}^t \left(P_i - f^{(m)}(0) - \sum_{n=1}^M a_n^{(m)} C_n^{(m)}(x_i) \right) \quad (3.11)$$

$$\sum_{i=z}^t P_i = \sum_{i=z}^t \left(f^{(m)}(0) + \sum_{n=1}^M a_n^{(m)} C_n^{(m)}(x_i) \right) \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=z}^t P_i &= (t - z + 1) f^{(m)}(0) \\ &+ \sum_{i=z}^t \left(a_1^{(m)} C_1^{(m)}(x_i) + a_2^{(m)} C_2^{(m)}(x_i) + \dots + a_M^{(m)} C_M^{(m)}(x_i) \right) \end{aligned} \quad (3.13)$$

$\frac{\partial \epsilon_T^2}{\partial a_p^{(m)}} = 0$ denkleminde;

$$\frac{\partial \epsilon_T^2}{\partial a_p^{(m)}} = 0 = \sum_{i=z}^t \left(P_i - f^{(m)}(0) - \sum_{n=1}^M a_n^{(m)} C_n^{(m)}(x_i) \right) C_p^{(m)}(x_i) \quad (3.14)$$

Elde edilir. Burada $1 \leq p \leq M$ olmak üzere sırasıyla değiştirilerek M tane denklem edilir. Şöyleki ;

$p = 1$ için;

$$\sum_{i=z}^t P_i C_1^{(m)} = f^{(m)}(0) \sum_{i=z}^t C_1^{(m)}(x_i) + \sum_{i=z}^t \left[\sum_{n=1}^M a_n^{(m)} C_n^{(m)}(x_i) \right] C_1^{(m)}(x_i) \quad (3.15)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=z}^t P_i C_1^{(m)}(x_i) &= f^{(m)}(0) \sum_{i=z}^t C_1^{(m)}(x_i) \\ &+ \sum_{i=z}^t [a_1^{(m)} C_1^{(m)}(x_i) + a_2^{(m)} C_2^{(m)}(x_i) + \dots + a_M^{(m)} C_M^{(m)}(x_i)] C_1^{(m)}(x_i) \end{aligned} \quad (3.16)$$

$$\begin{aligned}
\sum_{i=z}^t P_i C_1^{(m)}(x_i) &= f^{(m)}(0) \sum_{i=z}^t C_1^{(m)}(x_i) \\
&+ a_1^{(m)} \sum_{i=z}^t C_1^{(m)}(x_i) C_1^{(m)}(x_i) \\
&+ a_2^{(m)} \sum_{i=z}^t C_2^{(m)}(x_i) C_1^{(m)}(x_i) + \dots + a_M^{(m)} \sum_{i=z}^t C_M^{(m)}(x_i) C_1^{(m)}(x_i)
\end{aligned} \tag{3.17}$$

$p = 2$ için;

$$\sum_{i=z}^t P_i C_2^{(m)} = f^{(m)}(0) \sum_{i=z}^t C_2^{(m)}(x_i) + \sum_{i=z}^t \left[\sum_{n=1}^M a_n^{(m)} C_n^{(m)}(x_i) \right] C_2^{(m)}(x_i) \tag{3.18}$$

$$\begin{aligned}
\sum_{i=z}^t P_i C_2^{(m)}(x_i) &= f^{(m)}(0) \sum_{i=z}^t C_2^{(m)}(x_i) \\
&+ \sum_{i=z}^t [a_1^{(m)} C_1^{(m)}(x_i) + a_2^{(m)} C_2^{(m)}(x_i) + \dots + a_M^{(m)} C_M^{(m)}(x_i)] C_2^{(m)}(x_i)
\end{aligned} \tag{3.19}$$

$$\begin{aligned}
\sum_{i=z}^t P_i C_2^{(m)}(x_i) &= f^{(m)}(0) \sum_{i=z}^t C_2^{(m)}(x_i) \\
&+ a_1^{(m)} \sum_{i=z}^t C_1^{(m)}(x_i) C_2^{(m)}(x_i) \\
&+ a_2^{(m)} \sum_{i=z}^t C_2^{(m)}(x_i) C_2^{(m)}(x_i) + \dots + a_M^{(m)} \sum_{i=z}^t C_M^{(m)}(x_i) C_2^{(m)}(x_i)
\end{aligned} \tag{3.20}$$

$\vdots$

$p = M$ için;

$$\sum_{i=z}^t P_i C_M^{(m)} = f^{(m)}(0) \sum_{i=z}^t C_M^{(m)}(x_i) + \sum_{i=z}^t \left[\sum_{n=1}^M a_n^{(m)} C_n^{(m)}(x_i) \right] C_M^{(m)}(x_i) \Rightarrow \tag{3.21}$$

$$\begin{aligned}
\sum_{i=z}^t P_i C_M^{(m)}(x_i) &= f^{(m)}(0) \sum_{i=z}^t C_M^{(m)}(x_i) \\
&+ \sum_{i=z}^t [a_1^{(m)} C_1^{(m)}(x_i) + a_2^{(m)} C_2^{(m)}(x_i) + \dots + a_M^{(m)} C_M^{(m)}(x_i)] C_M^{(m)}(x_i)
\end{aligned} \tag{3.22}$$

$$\begin{aligned}
\sum_{i=z}^t P_i C_M^{(m)}(x_i) &= f^{(m)}(0) \sum_{i=z}^t C_M^{(m)}(x_i) \\
&+ a_1^{(m)} \sum_{i=z}^t C_1^{(m)}(x_i) C_M^{(m)}(x_i) \\
&+ a_2^{(m)} \sum_{i=z}^t C_2^{(m)}(x_i) C_M^{(m)}(x_i) + \dots + a_M^{(m)} \sum_{i=z}^t C_M^{(m)}(x_i) C_M^{(m)}(x_i)
\end{aligned} \tag{3.23}$$

Buradan elde ettiğimiz eşitlikleri matris biçiminde yazarak $a_n^{(m)}$ katsayılarını elde ederiz. Böylece $f^{(m)}(x)$ fonksiyonunda bilinmeyenleri denkleme yazarak modelleme değerlerini elde etmiş olacağız. Burada $z = 1$ 'den başlatırsak;

$$\begin{bmatrix}
t & \sum_{i=1}^t C_1^{(m)} & \sum_{i=1}^t C_2^{(m)} & \dots & \sum_{i=1}^t C_M^{(m)} \\
\sum_{i=1}^t C_1^{(m)} & \sum_{i=1}^t C_1^{(m)} C_1^{(m)} & \sum_{i=1}^t C_2^{(m)} C_1^{(m)} & \dots & \sum_{i=1}^t C_M^{(m)} C_1^{(m)} \\
\sum_{i=1}^t C_2^{(m)} & \sum_{i=1}^t C_1^{(m)} C_2^{(m)} & \sum_{i=1}^t C_2^{(m)} C_2^{(m)} & \dots & \sum_{i=1}^t C_M^{(m)} C_2^{(m)} \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
\sum_{i=1}^t C_M^{(m)} & \sum_{i=1}^t C_1^{(m)} C_M^{(m)} & \sum_{i=1}^t C_2^{(m)} C_M^{(m)} & \dots & \sum_{i=1}^t C_M^{(m)} C_M^{(m)}
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
f^{(m)}(0) \\
a_1^{(m)} \\
a_2^{(m)} \\
a_3^{(m)} \\
\vdots \\
a_M^{(m)}
\end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
\sum_{i=1}^t P_i \\
\sum_{i=z}^t P_i C_1^{(m)} \\
\sum_{i=z}^t P_i C_2^{(m)} \\
\sum_{i=z}^t P_i C_3^{(m)} \\
\vdots \\
\sum_{i=z}^t P_i C_M^{(m)}
\end{bmatrix} \tag{3.24}$$

(3.24) denklem takımını elde ederiz. Bu denklem takımını kullanarak, $m = 1, 2, \dots, M$ için her bir faktörü modelleyen $a_n^{(m)}$ katsayıları ve $f(0)$, α_m değeri (0,1) aralığında değiştirilip elde edilir.

3.1.2 Türevli çok fonksiyon girdili modelleme

Bu kısımdaki modellememizi (3.25a) ifade edilen denklemden yola çıkarak yapacağız.

$$f^{(m)}(x) = \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^r \left[\alpha_k^{(j)} f^{(j)}(x-k) + \beta_k^{(j)} f^{(j)'}(x-k) \right] \tag{3.25a}$$

$r=1, 2, 3, \dots$

Burada m , şu anda modellemekte olduğumuz faktörü, j ise katkısı olduğunu düşündüğümüz faktörü ifade etmektedir. Örneğin 1. faktörü diğer faktörlere göre formüle edersek $M=1$ alırız.

$$f^{(j)}(x-k) = \sum_{n=0}^M a_n^{(j)}(x-k)^{n\alpha_j} \quad x > k \quad (3.25b)$$

Burada (3.25b) denklemini, (3.25a) denkleminde yerine koyarsak; aşağıdaki (3.25c) denklemi olarak ifade edebiliriz.

$$f^{(m)}(x) = \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^r \sum_{n=0}^M \left[\alpha_k^{(j)} a_n^{(j)}(x-k)^{n\alpha_j} + \beta_k^{(j)} a_n^{(j)} n\alpha_j (x-k)^{n\alpha_j-1} \right] \quad (3.25c)$$

3.25c denkleminden esinlenerek 3.25d denkleminin geçerli olduğunu varsayalım;

$$\frac{d^\nu f^{(m)}(x)}{dx^\nu} \triangleq \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^r \sum_{n=1}^M \left[\alpha_k^{(j)} a_n^{(j)} (n\alpha_j)(x-k)^{n\alpha_j-1} + \beta_k^{(j)} a_n^{(j)} (n\alpha_j)(n\alpha_j-1)(x-k)^{n\alpha_j-2} \right] \quad (3.25d)$$

3.25d nin Laplace dönüşümünü alalım;

$$F^{(m)}(s) = \frac{f^{(m)}(0)}{s} + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^r \sum_{n=1}^M \left[a_{kn}^{(j)} \Gamma(n\alpha_j + 1) \frac{e^{-ks}}{s^{n\alpha_j+\nu}} + b_{kn}^{(j)} \Gamma(n\alpha_j + 1) \frac{e^{-ks}}{s^{n\alpha_j+\nu-1}} \right] \quad (3.25e)$$

Burada, $a_{kn}^{(j)} = \alpha_k^{(j)} a_n^{(j)}$ ve $b_{kn}^{(j)} = \beta_k^{(j)} a_n^{(j)}$.

(3.25e) denkleminin ters Laplace dönüşümü alınır;

$$f^{(m)}(x) = f^{(m)}(0) + \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^l \sum_{n=1}^M \left[a_{kn}^{(j)} C_{kn}^{(j)}(x) + b_{kn}^{(j)} D_{kn}^{(j)}(x) \right] \quad (3.26)$$

elde edilir. Burada $0 < \nu < 1$ ve $x > k$ için;

$$C_{kn}^{(j)}(x) = \frac{\Gamma(n\alpha_j + 1)}{\Gamma(n\alpha_j + \nu)} (x - k)^{n\alpha_j + \nu - 1}$$

ve

$$D_{kn}^{(j)}(x) = \frac{\Gamma(n\alpha_j + 1)}{\Gamma(n\alpha_j + \nu - 1)} (x - k)^{n\alpha_j + \nu - 2}$$

dır.

Herhangi bir faktörün modellemesi, denklem (3.26) kullanılarak ve $a_{kn}^{(j)}$ ve $b_{kn}^{(j)}$ katsayılarının en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmasıyla elde edilecektir. Buradaki en önemli adım, ν kesir derecesini (0,1) arasında değiştirilerek en az modelleme hatası verecek ν değerini bulmaktır. α_j değerleri (3.24) matrisinden daha önce bulunmuştu.

$$\begin{aligned} (\epsilon_T^{(m)})^2 &= \sum_{i=z}^t (\epsilon_i^{(m)})^2 = \sum_{i=z}^t [(P_i^{(m)} - f^{(m)}(x_i))^2] \\ &= \sum_{i=z}^t \left[\left(P_i^{(m)} - f^{(m)}(0) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \sum_{j=1}^r \left[\sum_{k=1}^l \sum_{n=1}^M a_{kn}^{(j)} C_{kn}^{(j)}(x) + b_{kn}^{(j)} D_{kn}^{(j)}(x) \right] \right) \right]^2 \end{aligned} \quad (3.27)$$

$$\frac{\partial (\epsilon_T^{(m)})^2}{\partial f^{(m)}(0)} = 0, \quad \frac{\partial (\epsilon_T^{(m)})^2}{\partial a_{pw}^{(s)}} = 0 \quad \text{ve} \quad \frac{\partial (\epsilon_T^{(m)})^2}{\partial b_{pw}^{(s)}} = 0 \quad (3.28)$$

$$s = 1, 2, \dots, r, \quad p = 1, 2, \dots, l, \quad w = 1, 2, \dots, M$$

Modelleme işlemi, en küçük hatayı veren ν , $f^{(m)}(0)$, $a_{kn}^{(j)}$ ve $b_{kn}^{(j)}$ değerleri bulunarak tamamlanır.

3.2 Türevli Çok Fonksiyon Girdili Etki Faktörü Analizi

Etki analizini yapmak için tekrar (3.25a) denklemine geri döndüğümüzde burada aradığımız katsayılar $\alpha_k^{(j)}$ ve $\beta_k^{(j)}$ değerleridir. (3.25c) denklemini aşağıdaki (3.29)

denklemini şekilde ifade edelim:

$$f^{(m)}(x) = \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^r \sum_{n=0}^M [\alpha_k^{(j)} E_{njk}(x) + \beta_k^{(j)} F_{njk}(x)] \quad (3.29)$$

Burada $E_{njk}(x)$ ve $F_{njk}(x)$ ifadesi aşağıda tanımlanmıştır.

$$E_{njk}(x) = a_n^{(j)}(x - k)^{n\alpha_j}$$

$$F_{njk}(x) = a_n^{(j)} n\alpha_j(x - k)^{n\alpha_j-1}$$

$\alpha_k^{(j)}$ ve $\beta_k^{(j)}$ katsayılarını en küçük kareler yöntemini kullanarak bulmak istiyoruz. Şimdi daha önce $\alpha_k^{(j)}$ ve $\beta_k^{(j)}$ için daha önce açıklanan yaklaşımı uygulayacağız. Burada her bir faktör (j) ile tanımlanmıştır. Böylece modellediğimiz hedef faktör üzerindeki faktörlerin etkisini elde etmiş olacağız. (3.30) ve (3.31) denklemleri:

$$(\epsilon_T^{(m)})^2 = \sum_{i=z}^t (\epsilon_i^{(m)})^2 = \sum_{i=z}^t [P_i^{(m)} - f^{(m)}(x_i)]^2 \quad (3.30)$$

$$(\epsilon_T^{(m)})^2 = \sum_{i=z}^t \epsilon_i^{(m)2}$$

$$= \sum_{i=z}^t \left[P_i^{(m)} - \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^r \sum_{n=0}^M [\alpha_k^{(j)} E_{njk}(x) + \beta_k^{(j)} F_{njk}(x)] \right]^2$$

$$\frac{(\epsilon_T^{(m)})^2}{\partial \alpha_y^{(s)}} = 0, \quad \frac{(\epsilon_T^{(m)})^2}{\partial \beta_y^{(s)}} = 0, \quad s = 1, 2, \dots, r, \quad y = 1, 2, \dots, l \quad (3.31)$$

(3.31) ifadesinden $\alpha_k^{(j)}$ ve $\beta_k^{(j)}$ etki katsayısı değerleri bulunur.

3.3 Türevli Çok Fonksiyon Girdili Öngörü

Modellemek istediğimiz faktörü ($m = 1, 2, \dots, r$) aşağıdaki hedef yıl ve tarihsel değerlerle tanımlayalım,

$$f^{(m)}(x) = \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^r \left[\alpha_k^{(j)} f^{(j)}(x-k) + \beta_k^{(j)} f^{(j)'}(x-k) \right] \quad (3.32)$$

$$f^{(m)}(x-1) = \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^l \left[\alpha_k^{(j)} f^{(j)}(x-(k+1)) + \beta_k^{(j)} f^{(j)'}(x-(k+1)) \right]$$

$$\vdots \qquad \qquad \qquad \vdots$$

$$f^{(m)}(x-l) = \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^l \left[\alpha_k^{(j)} f^{(j)}(x-(k+l)) + \beta_k^{(j)} f^{(j)'}(x-(k+l)) \right]$$

Buradan $x > 2l$ için;

$$\begin{aligned} (\epsilon_T^{(m)})^2 &= \sum_{i=z}^t \epsilon_i^{(m)2} \\ &= \sum_{i=z}^t \left[f^{(m)}(x-i) \right. \\ &\quad \left. - \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^l \left[\alpha_k^{(j)} f^{(j)}(x-(k+i)) + \beta_k^{(j)} f^{(j)'}(x-(k+i)) \right] \right]^2 \\ \frac{\partial (\epsilon_T^{(m)})^2}{\partial \alpha_y^{(s)}} &= 0, \quad \frac{\partial (\epsilon_T^{(m)})^2}{\partial \beta_y^{(s)}} = 0, \quad s = 1, 2, \dots, r, \quad y = 1, 2, \dots, l \end{aligned} \quad (3.33)$$

Bu denklemlerden $\alpha_k^{(j)}$ ve $\beta_k^{(j)}$ değerleri bulunduktan sonra, ilk (3.29) denklem seti kullanılarak herhangi bir faktörün gelecek tahminleri yapılabilir.



4. UYGULAMA SONUÇLARI

Bu bölümde geliştirdiğimiz yaklaşımların örnek bir uygulamasını yapacağız. Uygulama alanı olarak Türkiye'nin ve yedi diğer dünyanın en çok yolcu taşıyan havalimanlarına sahip ülkelerinin havacılık faktör verilerinin 2011-2019 yıllarına ilişkin 9 havacılık faktörünü seçtik. Bunlar Çizelge 4.1'de verilmiştir. Yaptığımız çalışmanın sürecini adım adım anlatarak devam edeceğiz.

1. Her bir faktörün (3.24) matrisinden $a_n^{(m)}$ ve $a_m^{(j)}$ katsayılarını bulduk.
2. Tüm faktörlerin birbirine katkısını bulmak için (3.26) denkleminde v ve $a_{kn}^{(j)}$ değerini bulduk. Bunu yapmakla geçmişe yönelik verileri kullanarak faktörleri modellemiş olduk. MDAM metodolojisini kullanarak hesaplanan model sonuçları ile karşılaştırma yapılması imkanı sağlandı [118,130,131].
3. Her bir faktör için (3.31) denklem takımından kendi ve diğer faktörlerin geçmiş değerlerini kullanarak ne kadar katkısı olduğuna ilişkin $\alpha_k^{(j)}$ ve $\beta_k^{(j)}$ etki katsayısı değerlerini bulduk.
4. (3.33) denklem takımından bulduğumuz $\alpha_k^{(j)}$ ve $\beta_k^{(j)}$ değerlerinden de yararlanarak herhangi bir $f^{(m)}(x)$ havacılık faktörünün $f^{(m)}(x + 1)$ değerini öngördük.

Çizelge 4.1: Veri setinde kullanılan faktörler.

f_M	FAKTÖRLER	İNGİLİZCE KARŞILIKLARI
f_1	Hava taşımacılığı, taşınan yolcu (milyon)	Air transport, passengers carried (million)
f_2	Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km)	Air transport, freight (million ton-km)
f_3	Uçuş sayısı (bin)	Number of flights (thousand)
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	Number of destination points (airport)
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	International travelers (million)
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Number of international destination points (airport)

Çizelge 4.1 (devam): Veri setinde kullanılan faktörler.

f_M	FAKTÖRLER	İNGİLİZCE KARŞILIKLARI
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	International number of flights (thousand)
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	ASK (Available seat kilometer) International (billion)
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	ASK (Available seat kilometer) (billion)
f_{10}	Dünya Toplam hava yolcusu (milyar)	World Total air passengers (billion)
f_{11}	Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı(milyon)	Number of flights performed by the global airline industry(millions)
f_{12}	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Fuel imports (% of merchandise imports)
f_{13}	Benzin fiyatı (yıllık ortalama- USD)	Gasoline price (annual average-USD)
f_{14}	Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar)	Exports of goods and services (BoP, current US\$billion)
f_{15}	Kişi başına GSYİH (cari ABD doları-bin)	GDP per capita (current US\$-thousand)
f_{16}	Gayri safı yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar)	Gross domestic savings (current US\$billion)
f_{17}	Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar)	Gross capital formation (current US\$billion)
f_{18}	Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar)	Foreign direct investment, net (BoP, current US\$billion)
f_{19}	Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$milyar)	Imports of goods and services (current US\$billion)
f_{20}	Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %)	Inflation, consumer prices (annual %)
f_{21}	İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini)	Unemployment, total (% of total labor force) (modeled ILO estimate)
f_{22}	Ülke nüfusu, toplam	Country population, total

Bu tez çalışmasında,

m: [1, 2, ...,22] faktör sayısını temsil eder. Analiz edilecek faktörler sırasıyla Hava taşımacılığı, taşınan yolcu (milyon), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Uçuş sayısı (bin), Varış noktası sayısı (havaalanı), Uluslararası yolcu sayısı (milyon), Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı), Uluslararası uçuş sayısı (bin), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)'dır.

x_i : [1,2, ..., 9] Her yılın sayısı olarak değerini temsil eder. Örneğin; 2011 yılı için $x_i = 1$, 2012 yılı için $x_i = 2$, 2019 yılı için $x_i = 9$ 'dur.

$P_i^{(m)}$: $\left[P_1^{(1)}, P_2^{(1)}, \dots, P_9^{(1)}, P_1^{(2)}, P_2^{(2)}, \dots, P_9^{(2)}, \dots, P_1^{(22)}, P_2^{(22)}, \dots, P_9^{(22)} \right]$ seçilen ülkedeki m 'nci faktörün i 'nci yılına ait değeri, örneğin $P_2^{(2)}$; ilgili ülkenin 2012 yılına ait hava kargo taşımacılığı verisini ifade etmektedir.

4.1 Modelleme Sonuçları

4.1.1 Türevli çok fonksiyon girdili modelleme sonuçları

Çizelge 4.2'de her ülke için $f^{(1)}(x) - f^{(22)}(x)$ arasındaki tüm faktörlerin herbirinin etkisinin dikkate alındığı fractional calculus ve MDAM metodoloji kullanılarak elde edilen sonuçlar verilmiştir. Çizelge 4.2'deki modelleme sonuçlarında $M = 2$, $l = 2$ değerleri için sonuçlar alınmıştır. l değerinin 2 olarak alınması; geçmiş 2 yılın verisini kullanarak 2013-2019 tarihleri arası için modelleme yapıldığı anlamına gelmektedir. Örnek olarak 2014 yılının verisini modellemek için 2012 ve 2013 yılları verileri kullanılırken, 2015 yılının verisini modellemek için 2013 ve 2014 yıllarının verileri kullanılır. Modelleme performansını ölçmek için Ortalama Yüzdesel Mutlak Hata (Mean Absolute Percentage Error – MAPE) eşitlik (4.1)'deki gibi hesaplanmıştır. Ülkelere ait modelleme grafikleri Şekil 4.1 – Şekil 4.9'da verilmiştir. Çizelge 4.2 ve şekillerden de açıkça görüldüğü gibi (2011-2019) yılları arasındaki bahsi geçen tüm havacılık faktörleri çok iyi bir biçimde modellenmiştir. k modellediğimiz veri sayısını göstermek üzere;

$$MAPE = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left| \frac{v(i) - \tilde{v}(i)}{v(i)} \right| \times 100 \quad (4.1)$$

Burada $v(i)$ gerçek değeri temsil ederken, $\tilde{v}(i)$ MDAM ile modellenen veriyi temsil eder. k ise örnek veri sayısıdır, bu çalışmada , $l = 2$ değeri kullanıldığı için 2013-2019 tarihleri arası veriler modellenmiştir, bu nedenle (4.1) eşitliğinde k değeri bu çalışmada 7 olarak alınmıştır.

Çizelge 4.2'de her ülke için $f^{(1)}(x) - f^{(22)}(x)$ arasındaki tüm faktörlerin herbirinin etkisinin dikkate alındığı fractional calculus ve MDAM wd (türevli MDAM) metodolojisi kullanılarak elde edilen sonuçlar verilmiştir. Çizelge 4.3'deki modelleme

sonuçlarında da sonuçları kıyaslayabilmek adına $M = 2$, $l = 2$ değerleri için sonuçlar alınmıştır. Ülkelere ait modelleme grafikleri Şekil 4.1 – Şekil 4.9 'da verilmiştir. Çizelge 4.2 ve şekillerden de açıkça görüldüğü gibi (2013-2019) yılları arasındaki bahsi geçen tüm havacılık faktörleri çok iyi bir biçimde modellenmiştir.

Çizelge 4.2: En yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri ile $M = 2$ ve $l = 2$ değerleri için 2013-2019 yılları arası MDAM wd metodu ile elde edilmiş modelleme sonuçları

2013-2019 MDAM WD MODELLEME SONUÇLARI			
f_M	ABD FAKTÖRLER	$\nu\text{-opt}$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.09	1,66E-04
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.02	2,57E-04
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.01	1,94E-04
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	0.13	2,56E-05
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	0.16	3,45E-04
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.04	4,39E-04
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.08	2,70E-04
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.17	1,70E-04
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.15	2,16E-04
f_M	ÇİN FAKTÖRLER	$\nu\text{-opt}$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.33	2,96E-06
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.26	1,75E-04
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.28	6,52E-05
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	0.12	6,85E-05
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	0.34	6,52E-05
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.10	2,24E-05
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.34	3,67E-04
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.37	2,83E-04
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.34	1,04E-04
f_M	HİNDİSTAN FAKTÖRLER	$\nu\text{-opt}$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.46	2,42E-05
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.14	2,31E-05
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.24	1,99E-05
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	0.05	7,76E-06
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	0.25	2,03E-06
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.06	7,42E-06
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.21	2,80E-06
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.20	7,21E-06
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.23	1,33E-05

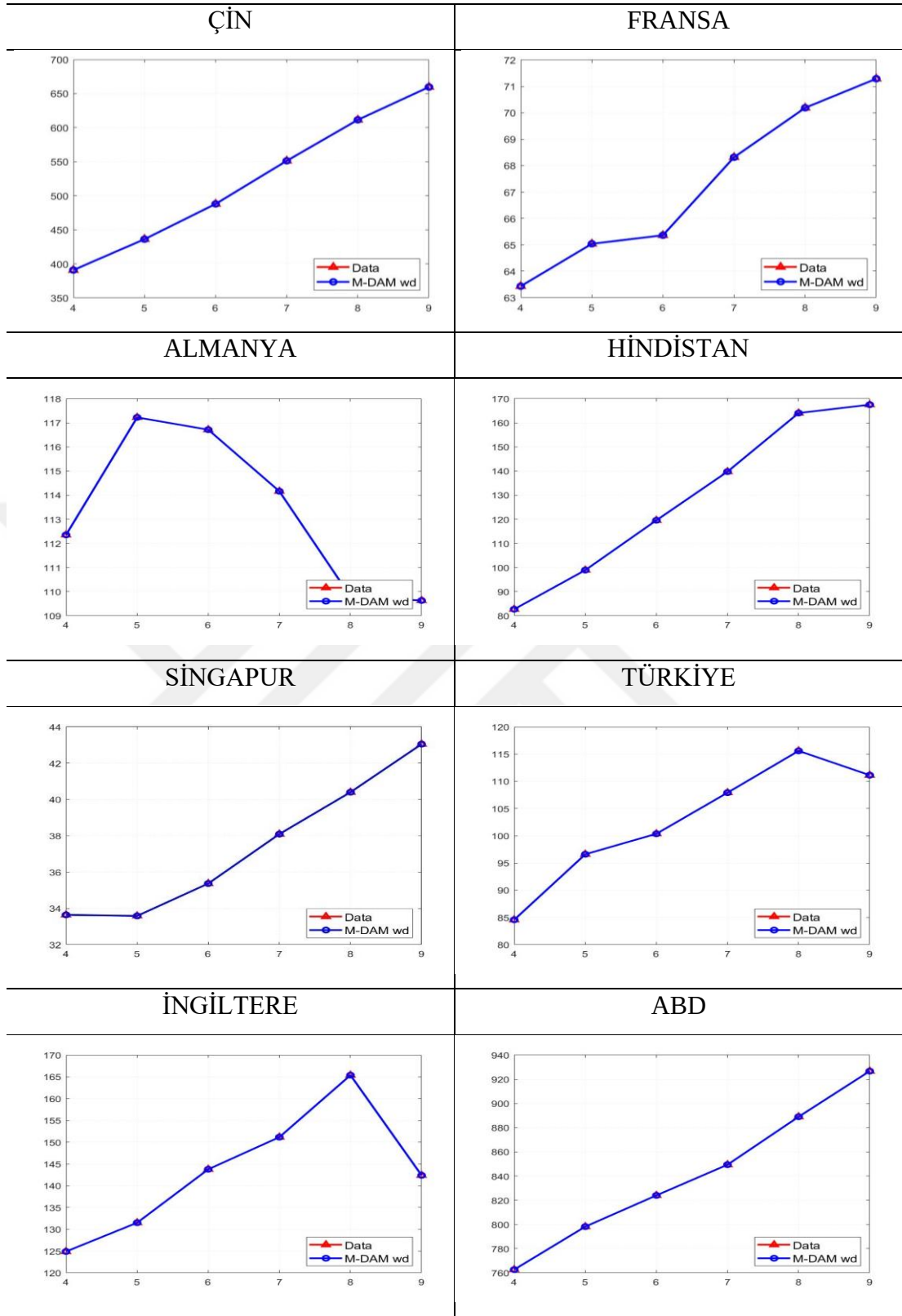
Çizelge 4.2(devam): En yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri ile $M = 2$ ve $l = 2$ değerleri için 2013-2019 yılları arası MDAM wd metodu ile elde edilmiş modelleme sonuçları

f_M	SİNGAPUR FAKTÖRLER	$\nu\text{-opt}$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.16	5,86E-05
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.01	2,35E-03
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.08	6,50E-05
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	0.09	6,71E-06
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	0.08	6,36E-06
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.09	1,70E-05
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.08	6,52E-05
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.07	8,17E-05
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.05	8,16E-05
f_M	ALMANYA FAKTÖRLER	$\nu\text{-opt}$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.17	3,57E-03
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.02	1,59E-02
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.03	6,57E-03
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	0.03	9,23E-03
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	0.18	2,78E-03
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.04	8,99E-03
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.04	5,44E-03
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.11	8,41E-04
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.10	1,06E-03
f_M	FRANSA FAKTÖRLER	$\nu\text{-opt}$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.03	3,37E-05
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.01	2,43E-05
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.03	2,70E-05
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	0.12	1,04E-04
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	0.15	1,95E-05
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.03	1,10E-04
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.05	2,40E-05
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.11	2,30E-05
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.11	2,39E-05
f_M	İNGİLTERE FAKTÖRLER	$\nu\text{-opt}$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.14	2,46E-06
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.01	6,26E-08
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.08	3,09E-07
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	0.02	4,10E-07
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	0.16	2,68E-07
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.03	4,75E-07

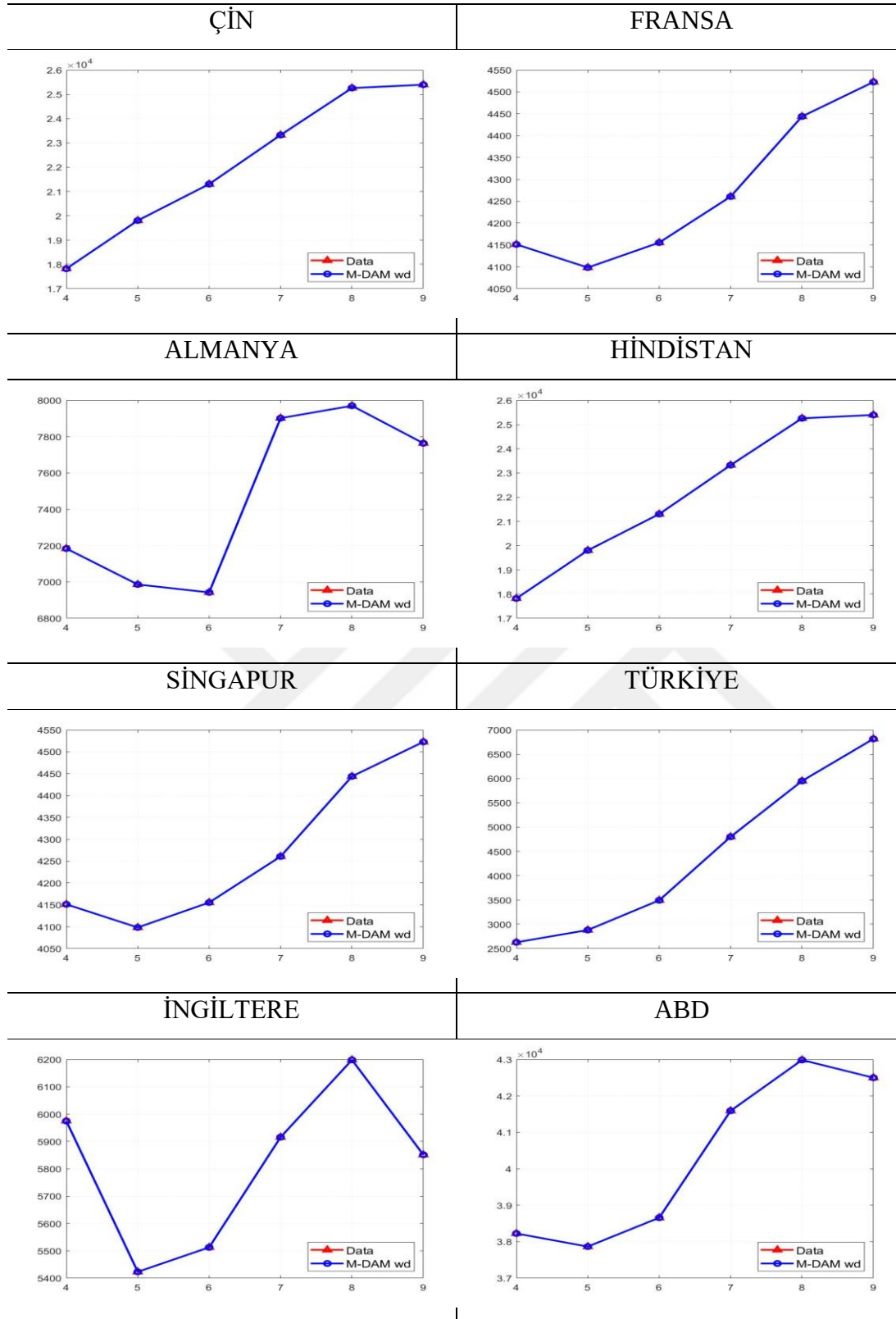
Çizelge 4.2(devam): En yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri ile $M = 2$ ve $l = 2$ değerleri için 2013-2019 yılları arası MDAM wd metodu ile elde edilmiş modelleme sonuçları

f_M	İNGİLTERE FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.11	4,47E-07
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.11	3,27E-07
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.13	3,15E-07
f_M	TÜRKİYE FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.27	3,13E-04
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.67	1,15E-03
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.37	1,24E-03
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	0.08	5,56E-04
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	0.14	4,04E-04
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.08	6,27E-04
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.22	5,57E-04
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.28	9,10E-04
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.28	9,78E-04

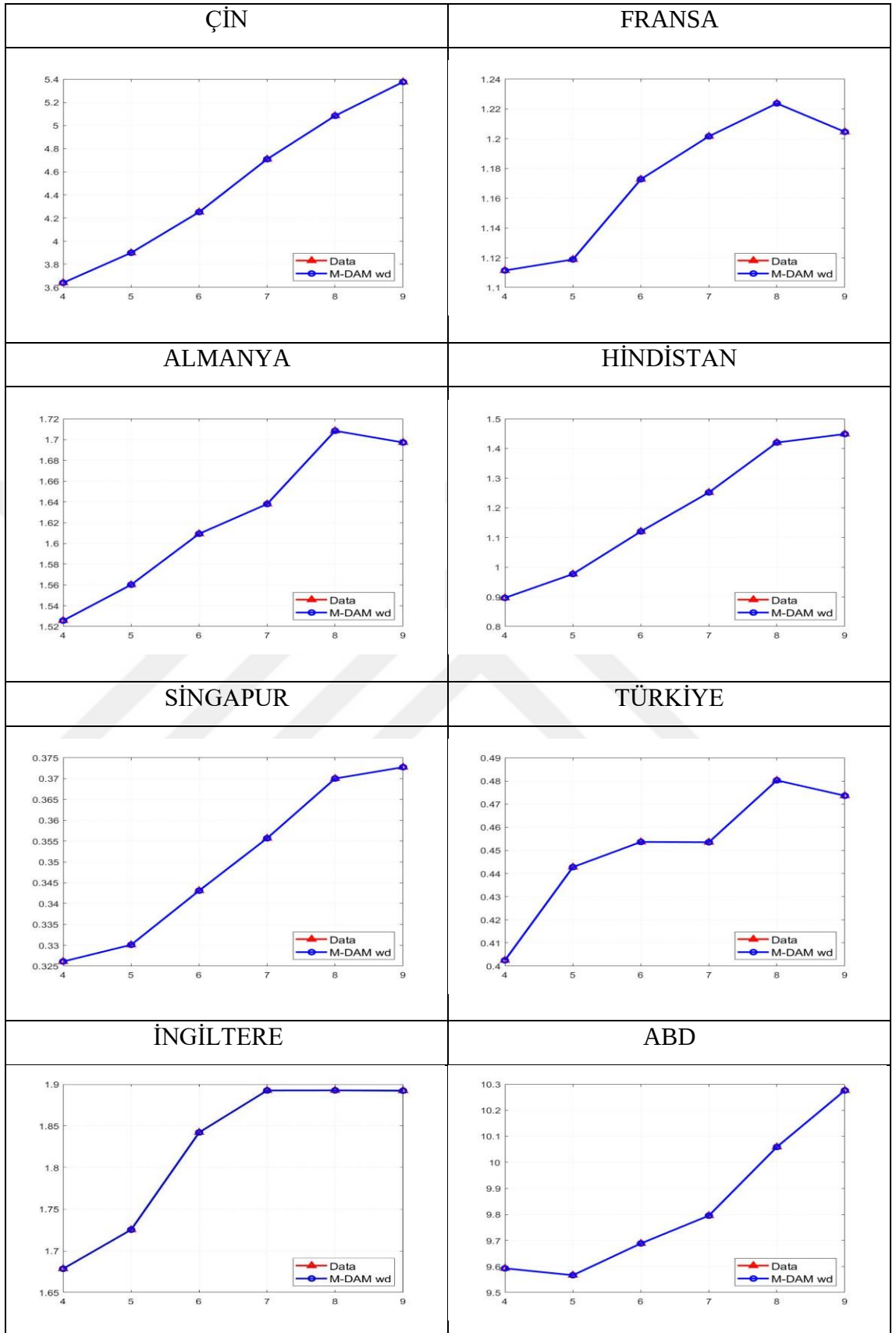
2011-2019 yılları arasında en yoğun havalimanlarına sahip Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye ülkelerine ait modelleme grafikleri (Şekil 4.1 – Şekil 4.9) ve Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1 – Şekil 4.9’dan da açıkça görüldüğü gibi (2011-2019) yılları arasındaki bahsi geçen dokuz havacılık faktörü çok iyi bir biçimde modellenmiştir.



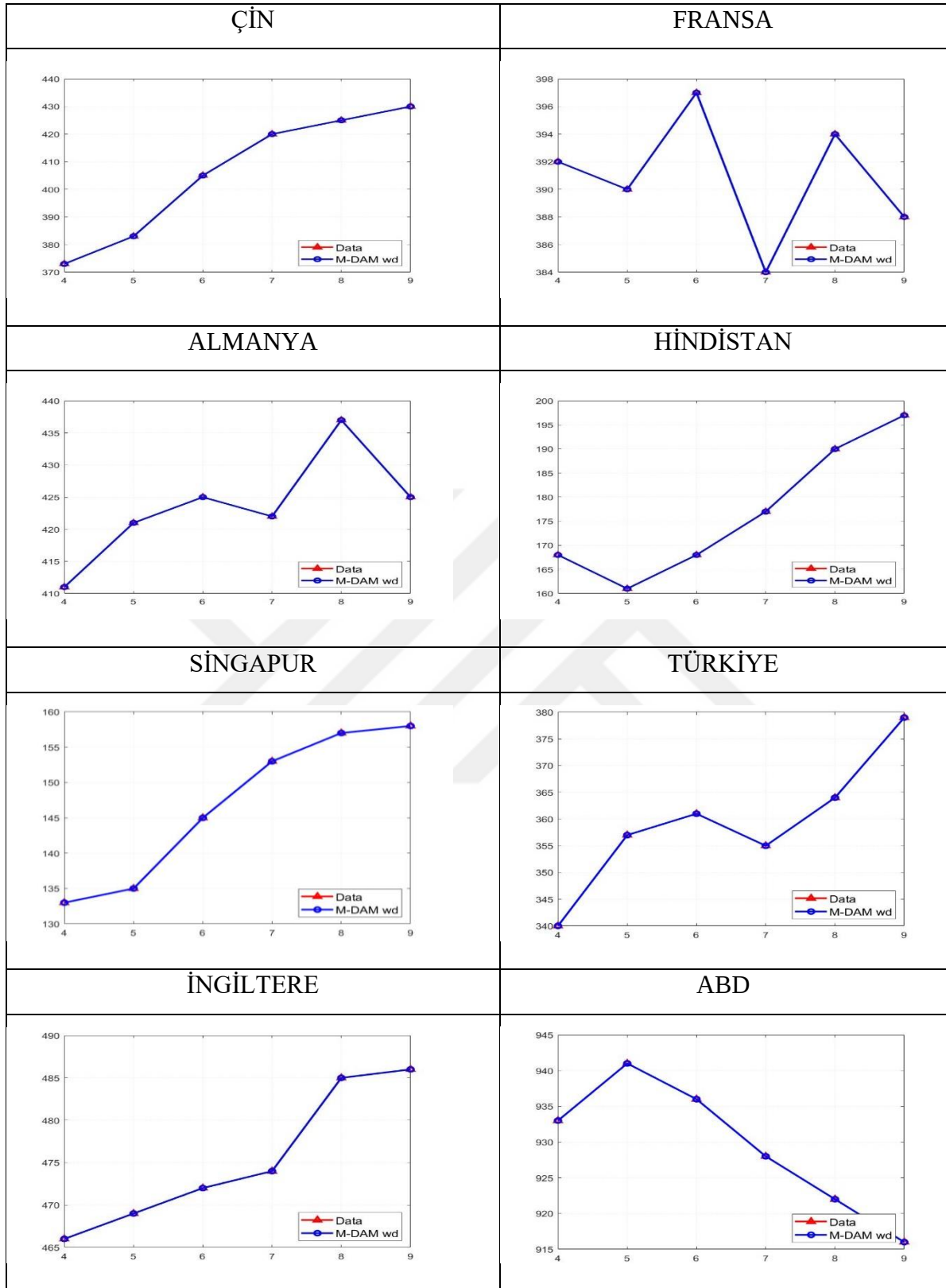
Şekil 4.1: Hava yolcu sayısı (milyon) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri.(x eksen: yıllar, y eksen: değerler)



Şekil 4.2: Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler)

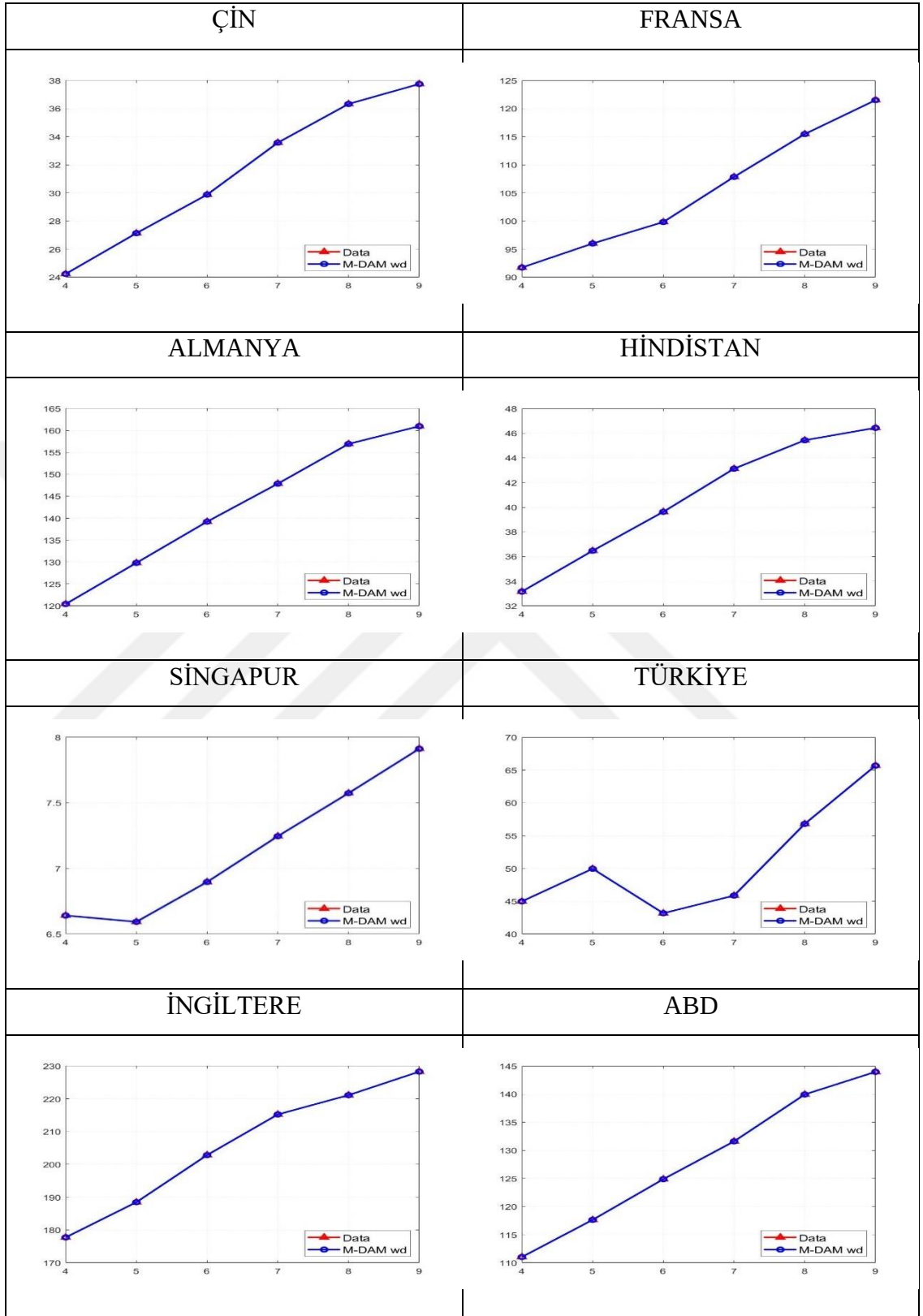


Şekil 4.3: Uçuş sayısı (bin) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler)

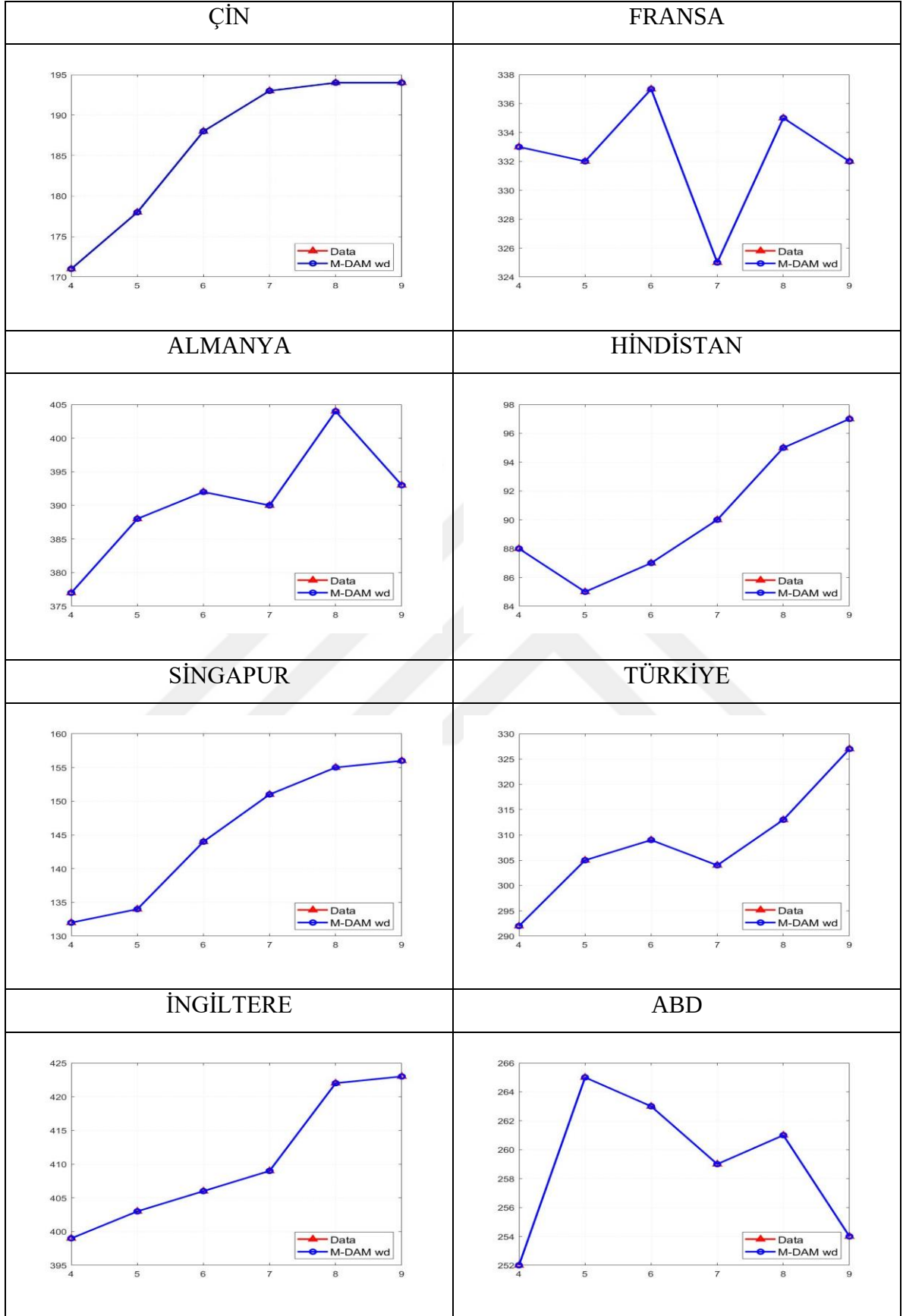


Şekil 4.4: Varış noktası sayısı (havaalanı) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler)

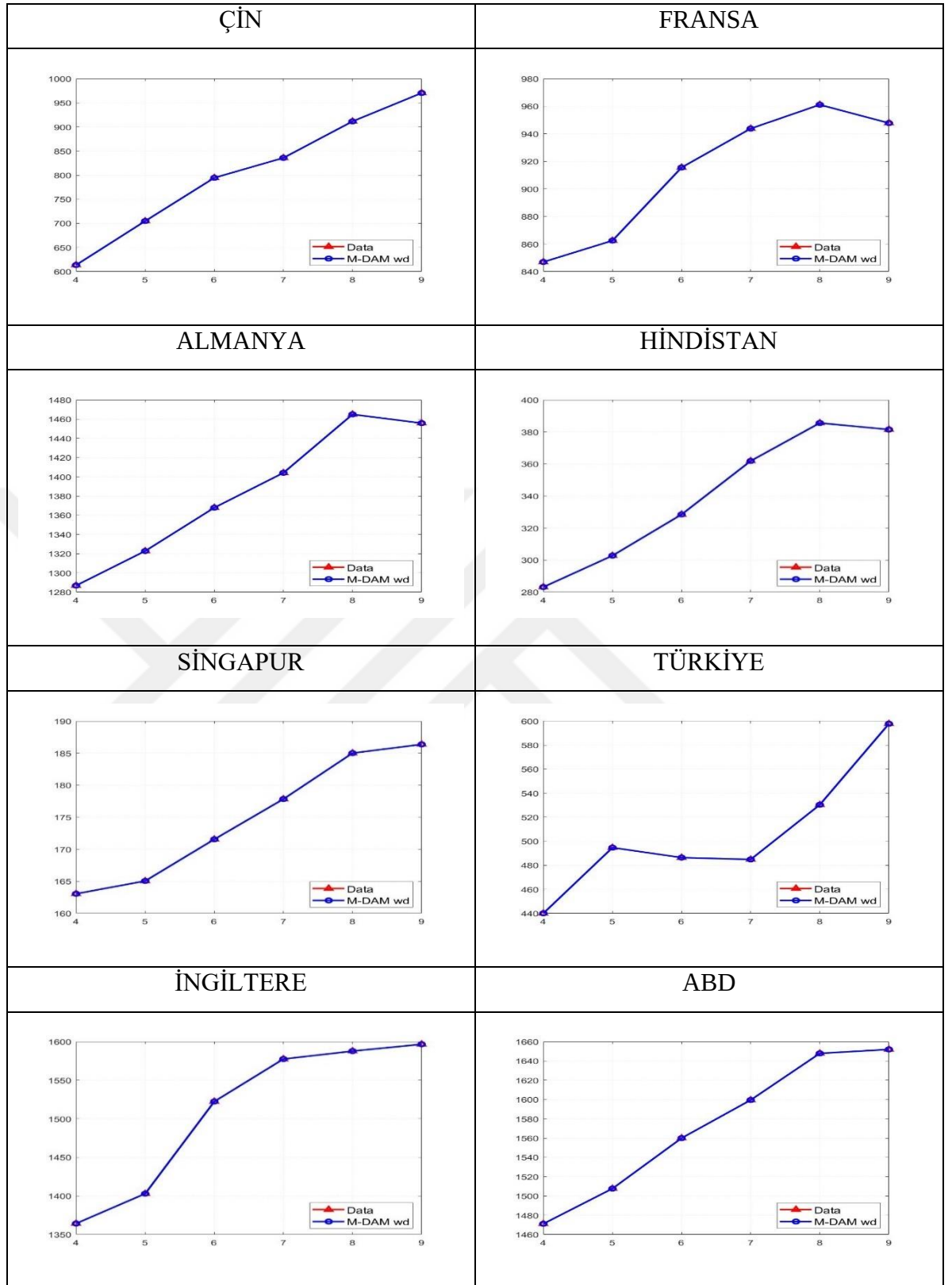
Çizelge 4.2 ve Şekil 4.5 – Şekil 4.7’den de görüldüğü üzere 2014-2019 yılları arasına ait bahsi geçen havacılık faktörleri çok iyi bir biçimde modellenmiştir.



Şekil 4.5: Uluslararası yolcu sayısı (milyon) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler)

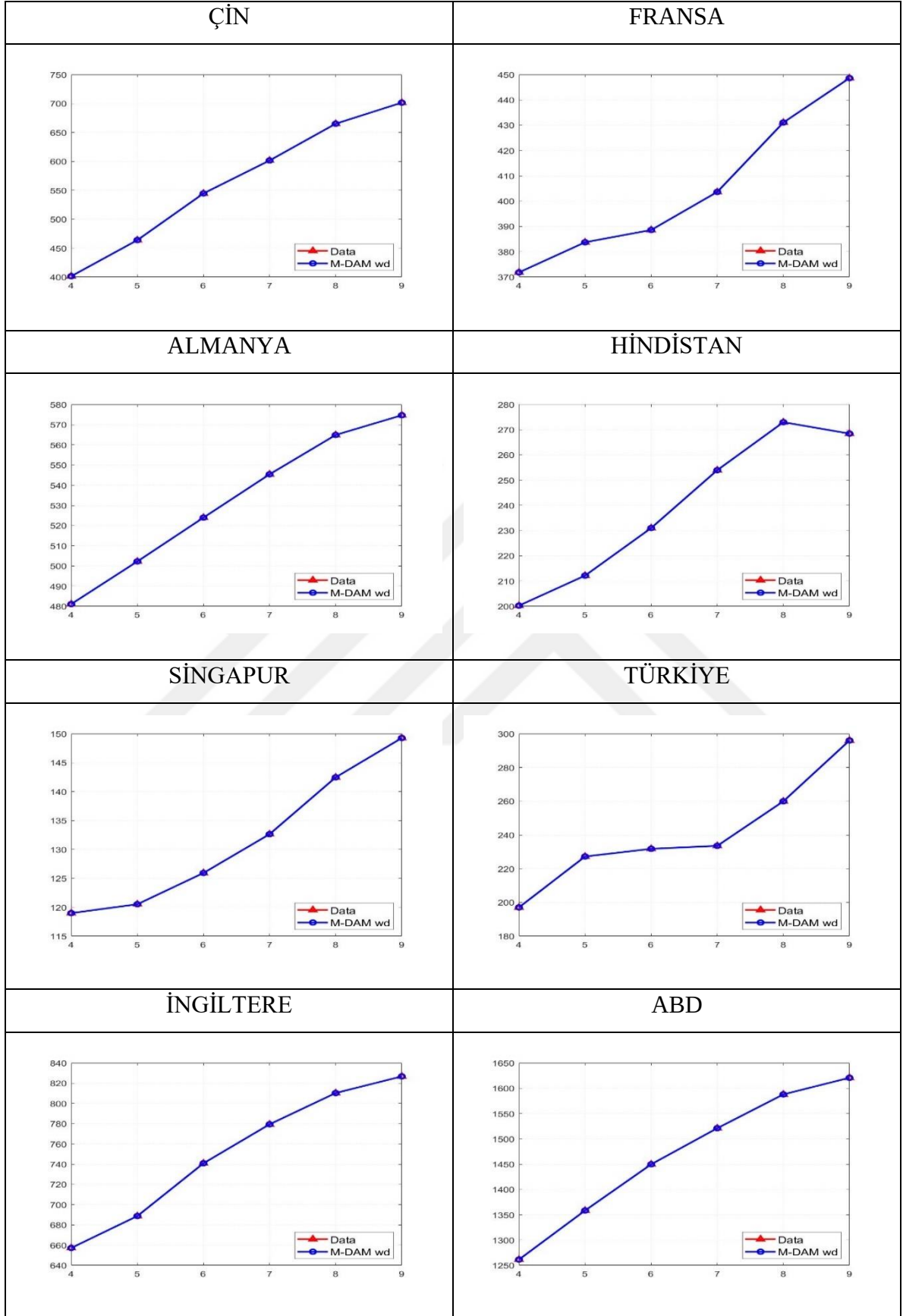


Şekil 4.6: Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler)

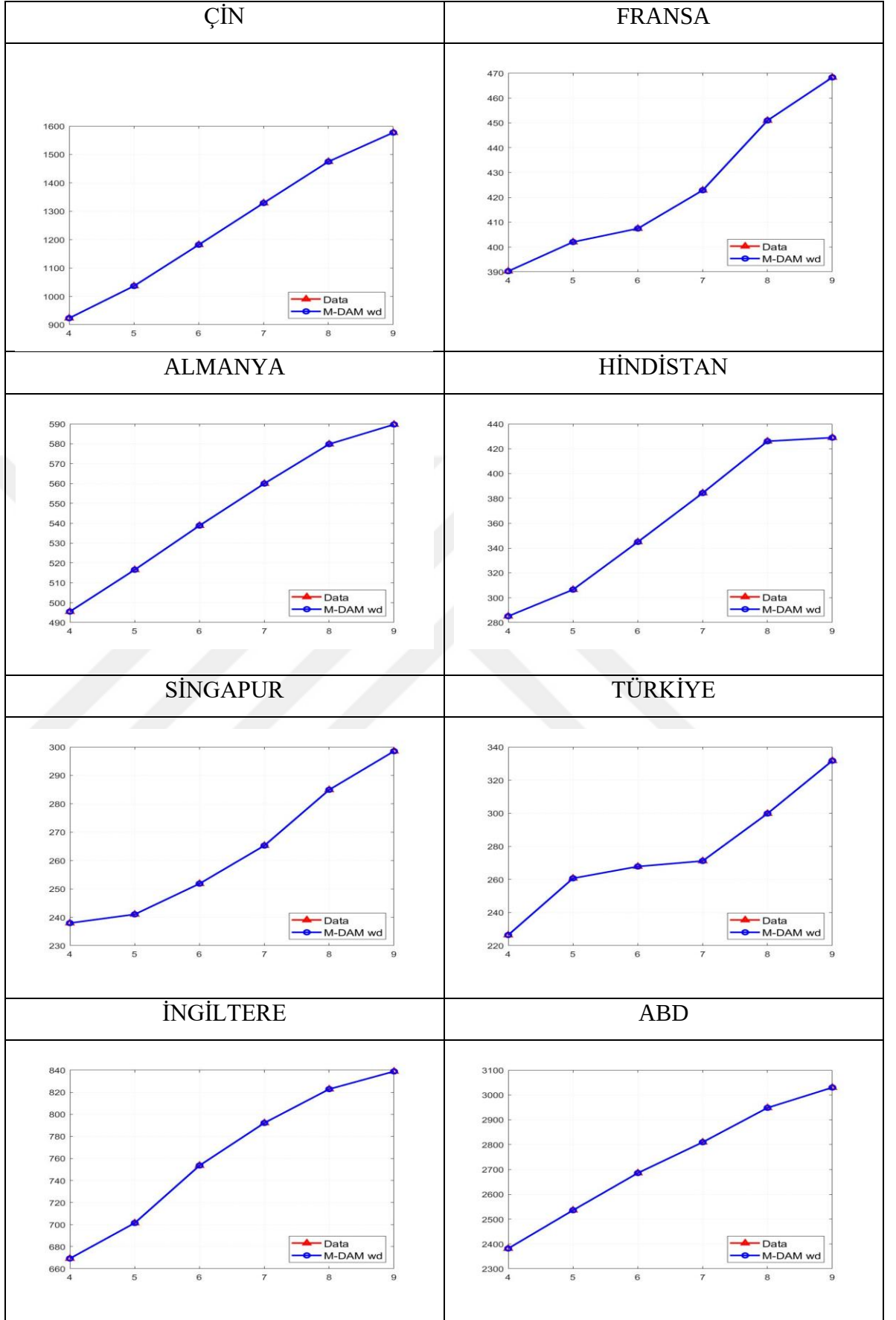


Şekil 4.7: Uluslararası uçuş sayısı (bin) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x ekseni: yıllar, y ekseni: değerler)

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da görüldüğü üzere AKK Uluslararası ve AKK faktörü için 2014-2019 yılları arası çok iyi bir biçimde modellenmiştir.



Şekil 4.8: AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler)



Şekil 4.9: AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) için 2014-2019 yılları arası modelleme grafikleri. (x eksen: yıllar, y eksen: değerler)

4.1.2 Çok fonksiyon girdili model ve türevli çok fonksiyon girdili model sonuçları kıyaslanması

En yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri ile $M=2$ ve $l=2$ değeri için 2013-2019 yılları arası MDAM ve türevli MDAM wd metodu ile elde edilmiş modelleme sonuçları karşılaştırılması sonucu tüm ülkeler için MDAM wd metodu ile elde edilen sonuçlar MDAM metoduna göre daha az hata ile sağlanmıştır. MDAM wd metoduyla elde edilen sonuçlar içinde en az hata ile modellenen faktör $6,26E-08$ MAPE değeriyle İngiltere'nin hava kargo faktörü, en büyük hata payıyla ($1,59E-02$) modellenen faktör ise Almanya'nın hava kargo faktörü olmuştur. En iyi modellenen ülke ABD, en büyük hatayla modellenen ülke ise Türkiye olmuştur.

MDAM metoduyla elde edilen sonuçlar içinde en az hata ile modellenen faktör $1,30E-02$ MAPE değeriyle Çin'in taşınan yolcu faktörü, en büyük hata payıyla ($7,10E+00$) modellenen faktör ise Singapur'un kargo faktörü olmuştur. En iyi modellenen ülke ABD, en çok hatayla modellenen ülke ise Singapur olmuştur.

Çizelge 4.3 : En yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri ile $M=2$ ve $l=2$ değerleri için 2013-2019 yılları arası MDAM ve MDAM wd metodu ile elde edilmiş modelleme sonuçları karşılaştırılması.

2013-2019 MDAM WD VE MDAM MODELLEME SONUÇLARI					
f_M	ABD FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE wd	$v-opt$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu	0.09	$1,66E-04$	0,01	$1,15E-01$
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.02	$2,57E-04$	0,1	$7,25E-01$
f_3	Uçuş sayısı	0.01	$1,94E-04$	0,06	$1,33E-01$
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	0.13	$2,56E-05$	0,1	$2,02E-02$
f_5	Uluslararası yolcu sayısı	0.16	$3,45E-04$	0,25	$2,64E-01$
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.04	$4,39E-04$	0,24	$3,79E-01$
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.08	$2,70E-04$	0,1	$2,14E-01$
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.17	$1,70E-04$	0,11	$1,25E-01$
f_9	AKK	0.15	$2,16E-04$	0,26	$1,62E-01$
f_M	ÇİN FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE wd	$v-opt$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.33	$2,96E-06$	0,5	$1,30E-02$
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.26	$1,75E-04$	0,48	$6,45E-01$
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.28	$6,52E-05$	0,49	$1,16E-01$

Çizelge 4.3(devam) : En yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri ile $M=2$ ve $l=2$ değerleri için 2013-2019 yılları arası MDAM ve MDAM wd metodu ile elde edilmiş modelleme sonuçları karşılaştırılması.

f_M	ÇİN FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE wd	$v-opt$	MAPE
f_4	Variş noktası sayısı (havaalanı)	0.12	6,85E-05	0,55	1,17E-01
f_5	Uluslararası yolcu sayısı	0.34	6,52E-05	0,49	4,94E-01
f_6	Uluslararası variş noktası sayısı (havaalanı)	0.10	2,24E-05	0,53	4,61E-02
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.34	3,67E-04	0,47	5,94E-01
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.37	2,83E-04	0,36	3,97E-01
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.34	1,04E-04	0,5	1,64E-01
f_M	HİNDİSTAN FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE wd	$v-opt$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.46	2,42E-05	0,38	1,13E+00
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.14	2,31E-05	0,4	3,33E+00
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.24	1,99E-05	0,37	8,77E-01
f_4	Variş noktası sayısı (havaalanı)	0.05	7,76E-06	0,32	3,33E-01
f_5	Uluslararası yolcu sayısı	0.25	2,03E-06	0,38	2,01E-01
f_6	Uluslararası variş noktası sayısı (havaalanı)	0.06	7,42E-06	0,34	3,33E-01
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.21	2,80E-06	0,39	4,28E-01
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.20	7,21E-06	0,39	6,34E-01
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.23	1,33E-05	0,38	6,92E-01
f_M	SİNGAPUR FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE wd	$v-opt$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.16	5,86E-05	0,02	1,80E-01
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.01	2,35E-03	0,58	7,10E+00
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.08	6,50E-05	1	1,66E-01
f_4	Variş noktası sayısı (havaalanı)	0.09	6,71E-06	0,03	9,28E-02
f_5	Uluslararası yolcu sayısı	0.08	6,36E-06	0,03	5,53E-02
f_6	Uluslararası variş noktası sayısı (havaalanı)	0.09	1,70E-05	0,03	1,47E-01
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.08	6,52E-05	1	1,66E-01
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.07	8,17E-05	0,94	2,14E-01
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.05	8,16E-05	0,94	2,14E-01
f_M	ALMANYA FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE wd	$v-opt$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.17	3,57E-03	0,65	2,68E-01
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.02	1,59E-02	0,65	1,04E+00
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.03	6,57E-03	0,64	4,43E-01
f_4	Variş noktası sayısı (havaalanı)	0.03	9,23E-03	0,65	6,73E-01

Çizelge 4.3(devam) : En yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri ile $M=2$ ve $l=2$ değerleri için 2013-2019 yılları arası MDAM ve MDAM wd metodu ile elde edilmiş modelleme sonuçları karşılaştırılması.

f_M	ALMANYA FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE wd	$v-opt$	MAPE
f_5	Uluslararası yolcu sayısı	0.18	2,78E-03	0,63	1,94E-01
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.04	8,99E-03	0,65	6,63E-01
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.04	5,44E-03	0,64	3,74E-01
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.11	8,41E-04	0,63	6,27E-02
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.10	1,06E-03	0,62	7,58E-02
f_M	FRANSA FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE wd	$v-opt$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.03	3,37E-05	0,25	3,96E-01
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.01	2,43E-05	0,25	2,62E-01
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.03	2,70E-05	1	2,15E-01
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	0.12	1,04E-04	0,25	7,29E-01
f_5	Uluslararası yolcu sayısı	0.15	1,95E-05	0,25	1,66E-01
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.03	1,10E-04	0,25	7,86E-01
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.05	2,40E-05	1	1,65E-01
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.11	2,30E-05	0,25	3,17E-01
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.11	2,39E-05	0,25	3,18E-01
f_M	İNGİLTERE FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE wd	$v-opt$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.14	2,46E-06	1	1,76E+00
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.01	6,26E-08	1	2,25E-01
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.08	3,09E-07	0,01	5,33E-01
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	0.02	4,10E-07	0,27	2,80E-01
f_5	Uluslararası yolcu sayısı	0.16	2,68E-07	0,01	3,22E-01
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.03	4,75E-07	1	3,98E-01
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.11	4,47E-07	0,01	6,29E-01
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.11	3,27E-07	0,01	1,29E-01
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.13	3,15E-07	0,01	1,22E-01
f_M	TÜRKİYE FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE wd	$v-opt$	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	0.27	3,13E-04	0,84	2,68E-01
f_2	Kargo (milyon ton-km)	0.67	1,15E-03	0,89	7,06E-01
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0.37	1,24E-03	0,82	7,24E-01
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	0.08	5,56E-04	1	3,64E-01

Çizelge 4.3(devam) : En yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri ile $M=2$ ve $l=2$ değerleri için 2013-2019 yılları arası MDAM ve MDAM wd metodu ile elde edilmiş modelleme sonuçları karşılaştırılması.

f_M	TÜRKİYE FAKTÖRLER	$v-opt$	MAPE wd	$v-opt$	MAPE
f_5	Uluslararası yolcu sayısı	0.14	4,04E-04	0,82	5,43E-01
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	0.08	6,27E-04	0,99	3,87E-01
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	0.22	5,57E-04	0,53	3,97E-01
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	0.28	9,10E-04	0,48	6,18E-01
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	0.28	9,78E-04	0,44	6,27E-01

4.2 Etki Faktörü Analizi Sonuçları

Her faktörün diğer faktöre etkisini incelemek için geçmiş 2 yılın ($l = 2$) faktör değerlerinin ve değişimlerinin etki katsayıları hesaplanmıştır. Sonrasında her faktörün diğer bir faktöre olan etkisini belirlemek için ağırlıklı ortalama (4.2) ve (4.3) te gösterildiği gibi alınmıştır.

$$A_{lr}(x) = \frac{\sum_{k=1}^l \alpha_k^{(r)} f^{(r)}(x - k)}{l} \quad (4.2)$$

$$B_{lr}(x) = \frac{\sum_{k=1}^l \beta_k^{(r)} f^{(r)}(x - k)}{l} \quad (4.3)$$

$$f^{(m)}(x) = l \sum_{h=1}^r [A_{lh}(x) + B_{lh}(x)] \quad (4.4)$$

Burada,

A_{lr} : Ağırlıklı ortalama etki faktörüdür. $\alpha_k^{(r)}$: r 'nci fonksiyonun k 'nci geçmişine yönelik etki ağırlık katsayısı, B_{lr} geçmiş veri değişiminin ağırlıklı ortalama etki faktörüdür ve $\beta_k^{(r)}$ r . fonksiyonunun k . geçmişi için değişiminin ağırlıklı ortalama etki katsayısıdır. l ise geçmiş değerlerdir (bu çalışmada 2 alınmıştır.) örneğin $l = 4$ olarak alındığında 2018, 2017, 2016 ve 2015 yıllarının verileri dikkate alınarak 2019 için etki analizi çalışması yapılır. $f_x^{(r)}$ = r 'nci fonksiyonu veya faktörü ifade etmektedir. Bu çalışmada $r = 1, 2, \dots, 22$ alınmıştır.

Çizelge 4.4’de 2019 yılı için Çin’in etki faktörü değerleri verilmiştir. Her bir verinin ayrı ayrı değerlendirilmesi tezin kapsayacağı sınırları aşacaktır. Bunun yerine her ülkedeki faktörlerin birbirileri ile ağırlıklı ortalama ilişkisini (A_{lr} ve B_{lr}) , (4.2) ve (4.3) denklemleri ile tespit etmekle yetineceğiz.

(4.4) denklemiyle, herhangi bir ülkenin, herhangi bir faktörünü (burada m ile ifade ediyoruz) diğer faktörleri içeren ağırlıklı ortalama etki faktörünün toplamıyla ifade ediyoruz. Örneğin, Çizelge 4.4’te birinci satırda (2019 yılı, $l = 2$ için verilen sonuç) Çin’in $f^{(1)}$ ile ifade edilen taşınan yolcu sayısı ve onu etkileyen $f^{(1)}, f^{(2)}, \dots, f^{(22)}$ faktörlerinin ağırlıklı ortalama etki ($A_{3r}, l = 2$ için) değerleri vardır.

Her ülke için Çizelge 4.4 - 4.11 ’de verilen etki faktörü değerlerinin pozitif ve negatif etki durumları incelenmiştir. İlk olarak, diğer tüm faktörleri etkileyen her bir faktör için geçmiş verilerin 2019 yılı için pozitif ve negatif durumlar açısından etkisi incelenmiştir. Ardından, Çizelge 4.4-4.11’de gösterilen negatif (kırmızı) ve pozitif (yeşil) ve en az pozitif ya da en az negatif (beyaz) etki durumlarına karşılık gelen gösterge renklendirilerek etki faktörü katsayı değerleri ile verilmiştir. Faktörlerin vakalar üzerinde yalnızca pozitif veya yalnızca negatif etkisi varsa, bu güçlü pozitif (yeşil) veya negatif (kırmızı) etki olarak adlandırılacaktır; aynı etki yönüne sahip vakalar orta derecede pozitif (açık yeşil) veya negatif etki (açık kırmızı) olarak adlandırılacaktır; daha az aynı etki yönüne sahip vakalar zayıf pozitif (çok açık yeşil) veya negatif etki (çok açık kırmızı) olarak etiketlenecek, en az aynı etki yönüne sahip vakalar beyaz olacak ve sonuçları tartışılacaktır.

Çizelge 4.4: 2019 yılı ve $l=2$ değeri için Çin ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr}).

2019 yılı Çin Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri																							
Etki Değerleri	Seri İsmi- $f^{(M)}$	$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
		Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Yerel	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
A _İ değerleri	$f^{(1)}$	28	-59	-36	23	-96	36	-18	-49	94	-65	35	-26	-15	-11	-1	72	32	4	-20	-2	32	61
	$f^{(2)}$	2118	30591	-50539	34422	-16332	8141	-31246	-59836	58289	-51630	13341	-9869	-20562	48512	-40044	41013	9604	-11218	-7529	-4470	11438	32679
	$f^{(3)}$	0	-4	4	-2	0	0	2	4	-3	3	-1	0	1	-4	3	-2	0	1	0	0	0	-2
	$f^{(4)}$	-10	-232	354	-239	95	-50	219	420	-396	355	-87	66	144	-351	285	-277	-61	82	49	32	-74	-220
	$f^{(5)}$	4	-30	24	-17	-8	2	16	27	-18	19	-2	1	10	-31	24	-11	0	8	1	2	-1	-8
	$f^{(6)}$	-7	-21	56	-37	31	-14	34	69	-73	62	-18	14	23	-47	39	-52	-14	11	11	5	-16	-42
	$f^{(7)}$	-144	3146	-3678	2525	-233	246	-2324	-4280	3647	-3432	683	-503	-1491	4040	-3234	2502	416	-947	-377	-337	554	1953
	$f^{(8)}$	-64	1673	-2014	1384	-181	153	-1271	-2344	2029	-1897	391	-286	-817	2184	-1756	1397	245	-510	-216	-184	319	1093
	$f^{(9)}$	-3	1225	-1656	1136	-307	183	-1038	-1938	1767	-1614	369	-271	-673	1711	-1392	1229	248	-397	-206	-149	308	968
B _İ değerleri	$f^{(1)}$	469	-230	225	-235	205	8	172	63	-167	-527	2672	1066	31	-119	-281	-195	329	-96	40	5	358	-573
	$f^{(2)}$	558812	-60765	281152	-470216	191583	-211646	261821	-74889	-124722	-161580	3094544	934294	-189955	38588	-390338	-759147	147972	327552	20248	-138876	-1999876	-253620
	$f^{(3)}$	-38	1	-19	35	-12	17	-19	7	7	4	-208	-58	16	-5	27	59	-7	-28	-1	11	170	11
	$f^{(4)}$	-3897	389	-1971	3331	-1328	1528	-1843	543	859	1048	-21582	-6456	1376	-304	2736	5391	-984	-2360	-146	999	14482	1682

Çizelge 4.4 (devam): 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Çin ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr}).

2019 yılı Çin Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri.																							
Etki Değerleri		$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
Seri İsmi- $f^{(M)}$		Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketicici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
Bır değerleri	$f^{(5)}$	-252	-6	-128	241	-78	130	-126	57	45	0	-1380	-367	121	-45	184	423	-28	-217	-5	85	1280	47
	$f^{(6)}$	-634	100	-321	515	-225	213	-292	61	153	248	-3523	-1103	190	-19	438	790	-199	-311	-31	140	1983	341
	$f^{(7)}$	39866	-2308	20135	-35278	13170	-17173	19189	-6778	-8186	-7075	219911	63395	-15706	4424	-28346	-59122	8219	27593	1183	-11278	-165613	-
	$f^{(8)}$	21867	-1370	11034	-19247	7250	-9296	10494	-3646	-4525	-4115	120677	34958	-8485	2335	-15519	-32168	4641	14909	646	-6108	-89471	13992
	$f^{(9)}$	18113	-1467	9122	-15646	6089	-7350	8604	-2785	-3865	-4154	100089	29494	-6665	1644	-12767	-25815	4234	11645	578	-4829	-70215	-7237

Çin için etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) faktörü için; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede negatif; Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı), Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar) ve Ülke Nüfusu, toplam orta derecede pozitif; Uluslararası yolcu sayısı (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$-milyar) güçlü pozitif; Uçuş sayısı (bin), Uluslararası uçuş sayısı (bin), Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar) ve Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$-milyar) zayıf negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Varış noktası sayısı (havalimanı), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve İşsizlik (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenen ILO tahmini) zayıf pozitif,

Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) faktörü için; Kişi başına düşen GSYİH (cari ABD\$-bin), Uçuş sayısı (bin), Uluslararası uçuş sayısı (bin), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD) orta derecede negatif; Ülke Nüfusu orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar) güçlü pozitif; Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar), Uluslararası yolcular (milyon) ve Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi) zayıf negatif; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Uluslararası varış noktası sayısı (havalimanı), Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar), Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) zayıf pozitif,

Varış noktası sayısı (havalimanı) faktörü için; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$-milyar), Varış noktası sayısı (havalimanı), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar) ve Ülke Nüfusu orta derecede negatif; Kişi başına GSYİH (cari bin ABD Doları), Uçuş sayısı (bin), Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama - ABD Doları) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) güçlü pozitif; Uluslararası varış noktası sayısı (havalimanı), Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$-milyar), Küresel

havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) zayıf negatif; Uluslararası yolcular (milyon) zayıf pozitif; Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), Dünya Toplam hava yolcusu (milyar) ve Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD doları-milyar) zayıf pozitif,

Uçuş sayısı (bin) faktörü için; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Kişi başına GSYİH (cari ABD\$-bin) orta derecede pozitif; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) güçlü pozitif; Ülke Nüfusu, toplam, Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) zayıf negatif; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) ve Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) zayıf pozitif,

Uluslararası yolcular (milyon) faktörü için; Havayolu taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Varış noktası sayısı (havalimanı), Ülke Nüfusu, toplam, AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) orta derecede negatif; Kişi başına GSYİH (cari bin ABD Doları), Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve Dünya Toplam hava yolcusu (milyar) orta derecede pozitif; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) güçlü pozitif; Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası yolcular (milyon) zayıf negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama-USD) ve Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) zayıf pozitif,

Uluslararası uçuş sayısı (bin) faktörü için; Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin), Uluslararası uçuş sayısı (bin), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) ve Uçuş sayısı (bin) orta derecede negatif; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Varış noktası sayısı (havaalanı), Ülke Nüfusu, toplam ve Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) güçlü negatif; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar) güçlü pozitif; Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD) zayıf negatif; Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı), Brüt Sermaye Oluşumu

(Cari ABD\$-Milyar), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) faktörü için; Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin), Uluslararası uçuş sayısı (bin), Uçuş sayısı (bin) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede negatif; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Ülke Nüfusu, toplam ve Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Mal ve hizmet İhracatı (BoP, cari ABD\$-milyar) güçlü pozitif; Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama-USD) zayıf negatif; Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$-milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) ve İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) zayıf pozitif,

AKK (milyar) faktörü için; Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin), Uluslararası uçuş sayısı (bin), Uçuş sayısı (bin) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede negatif; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Ülke Nüfusu, toplam, Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Mal ve hizmet İhracatı (BoP, cari ABD\$-milyar) güçlü pozitif; Uluslararası yolcular (milyon), Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$-milyar), Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD) zayıf negatif; Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) ve İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) zayıf pozitif etki yaptığı bulunmuştur.

Türevden gelen etki katsayılarının geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve işsizlik toplam geçmiş değer değişimlerinin tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yaptığı bulunmuştur.

Çizelge 4.5 : 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Fransa ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr}).

2019 yılı Fransa Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri.																							
Etki Değerleri		$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
Seri İsmi- $f^{(M)}$		Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketicici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
Ar values	$f^{(1)}$	-65	-47	-183	134	-280	192	106	-37	21	56	252	-78	4	-27	-73	81	-50	120	-36	-15	-41	-197
	$f^{(2)}$	2901	2087	8340	-5961	12670	-8636	-4803	1856	-1179	-2616	-11279	3590	-279	1202	3257	-3540	2277	-5405	1642	689	1849	8782
	$f^{(3)}$	1	1	3	-2	4	-3	-1	1	0	-1	-4	1	0	0	1	-1	1	-2	1	0	1	3
	$f^{(4)}$	1150	824	3268	-2359	4984	-3407	-1885	696	-425	-1012	-4453	1404	-91	473	1289	-1415	892	-2127	644	272	724	3473
	$f^{(5)}$	-60	-43	-167	123	-257	177	96	-32	18	50	231	-71	3	-24	-67	75	-46	110	-33	-14	-37	-181
	$f^{(6)}$	1028	737	2921	-2108	4455	-3044	-1685	622	-380	-905	-3980	1255	-82	423	1152	-1264	797	-1901	575	243	647	3104
	$f^{(7)}$	635	454	1798	-1302	2741	-1881	-1035	376	-228	-553	-2458	770	-45	260	714	-786	491	-1168	356	150	400	1915
	$f^{(8)}$	257	185	746	-527	1130	-765	-430	175	-115	-238	-999	323	-30	107	287	-308	204	-482	146	61	165	778
	$f^{(9)}$	280	202	814	-575	1232	-835	-469	190	-125	-259	-1091	352	-33	117	314	-337	222	-526	159	67	180	849

Çizelge 4.5 (devam): 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Fransa ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr}).

2019 yılı Fransa Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri.																							
Etki Değerleri	Seri İsmi- $f^{(M)}$	$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
		Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
B _{lr} values	$f^{(1)}$	15420	3018	708	78	-367	-8435	2889	-55	-3266	1672	36211	175	-184	-3212	764	-48516	-33496	232	-29973	-1031	-1867	-243
	$f^{(2)}$	-700657	-131327	-29942	-2558	16508	378055	-130179	1342	146902	-76092	-1638086	8616	8614	145652	-33680	2209471	1522179	-10197	1336035	46261	85238	12259
	$f^{(3)}$	-217	-42	-10	-1	5	118	-41	1	46	-24	-509	-3	3	45	-11	685	472	-3	418	14	26	4
	$f^{(4)}$	-274905	-52495	-12128	-1175	6509	149179	-51266	726	57900	-29837	-643969	-3265	3339	57210	-13361	866044	597312	-4058	528851	18244	33382	4604
	$f^{(5)}$	14073	2799	662	79	-337	-7739	2646	-59	-2992	1526	33104	154	-166	-2932	706	-44244	-30570	214	-27601	-946	-1701	-212
	$f^{(6)}$	-245707	-46895	-10835	-1046	5816	133302	-45818	647	51750	-26666	-575532	-2920	2985	51137	-11929	774039	533899	-3626	472566	16302	29838	4120
	$f^{(7)}$	-151175	-29280	-6799	-715	3588	82551	-28240	456	31883	-16410	-354429	-1759	1811	31394	-7551	476097	328087	-2256	291687	10092	18308	2471
	$f^{(8)}$	-62636	-11404	-2558	-173	1465	33424	-11585	62	13065	-6806	-146029	-806	790	13034	-2903	197651	136231	-891	118382	4093	7651	1157
	$f^{(9)}$	-68307	-12474	-2802	-198	1599	36514	-12636	74	14256	-7423	-159312	-876	857	14204	-3192	215575	148545	-975	129041	4470	8337	1260

Fransa için etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) faktörü için; Uçuş sayısı (bin) ve Ülke Nüfusu orta derecede negatif; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede pozitif; Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi) zayıf negatif; Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- ABD Doları) zayıf pozitif,

Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar) ve Dünya Toplam hava yolcusu (milyar) orta derecede negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin), Ülke Nüfusu, toplam ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü pozitif,

Uçuş sayısı (bin) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede negatif; Ülke Nüfusu orta derecede pozitif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası yolcu sayısı (milyon) güçlü pozitif; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD) zayıf negatif; Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar), Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi) zayıf pozitif,

Varış noktası sayısı (havaalanı) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede negatif; Ülke Nüfusu, toplam ve uçuş sayısı (bin) orta derecede pozitif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü negatif,

Uluslararası yolcular (milyon) faktörü için; Ülke Nüfusu, toplam ve uçuş sayısı (bin) orta derecede negatif; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede pozitif; Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi) zayıf negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- ABD Doları) zayıf pozitif,

Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$-milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede negatif; Uçuş sayısı (bin) orta derecede pozitif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Ülke Nüfusu, toplam ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü pozitif; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD) zayıf negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi) zayıf pozitif,

Uluslararası uçuş sayısı (bin) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$-milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede negatif; Uçuş sayısı (bin) orta derecede pozitif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Ülke Nüfusu, toplam ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü pozitif; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD) zayıf negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede negatif; Uçuş sayısı (bin) orta derecede pozitif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Ülke Nüfusu, toplam ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü pozitif; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD) zayıf negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede negatif; Uçuş sayısı (bin) orta derecede pozitif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Ülke Nüfusu, toplam ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü pozitif; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD) zayıf negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Yakıt ithalatının (mal ithalatının yüzdesi) zayıf pozitif etki yaptığı bulunmuştur.

Türevden gelen etki katsayılarının geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) geçmiş değer değişimlerinin tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yaptığı bulunmuştur.

Çizelge 4.6: 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Almanya ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr})

2019 yılı Almanya Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri.																							
Etki Değerleri	Seri İsmi- $f^{(n)}$	$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
		Hava taşımacılığı, taşıman yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
A _{lr} values	$f^{(1)}$	3241	-361	-3772	-2382	-2823	-4363	-1723	5710	-3660	1082	-2573	-19	-1314	3098	2208	342	7786	1220	-746	-126	-256	-1005
	$f^{(2)}$	96908 8	- 10517 0	- 114083 1	- 71000 7	- 84132 5	- 129814 4	- 51603 6	170463 4	- 109558 1	33458 8	- 77149 1	- 5077	- 39474 5	92812 1	66399 0	9661 5	233201 7	37350 0	- 22732 7	- 35927	- 74850	- 31422 5
	$f^{(3)}$	-87	10	101	64	75	116	46	-153	98	-29	69	0	35	-83	-59	-9	-208	-33	20	3	7	27
	$f^{(4)}$	- 31522	3488	36778	23149	27430	42396	16769	-55517	35600	- 10604	25044	182	12794	- 30143	- 21505	- 3288	-75759	- 11926	7290	1216	2478	9875
	$f^{(5)}$	-3268	364	3803	2402	2846	4401	1738	-5758	3690	-1091	2595	19	1325	-3124	-2227	-345	-7851	-1229	752	127	258	1013
	$f^{(6)}$	- 28365	3140	33085	20831	24685	38155	15089	-49959	32033	-9534	22534	164	11511	- 27123	- 19349	- 2962	-68168	- 10725	6557	1095	2231	8876
	$f^{(7)}$	- 61240	6793	71373	44988	53309	82402	32571	- 107872	69156	- 20535	48638	358	24844	- 58552	- 41755	- 6422	- 147154	- 23114	14135	2373	4825	19099
	$f^{(8)}$	-3650	411	4225	2687	3183	4926	1940	-6436	4119	-1199	2894	23	1477	-3486	-2481	-396	-8762	-1358	833	146	292	1107
	$f^{(9)}$	-4737	530	5500	3484	4128	6383	2518	-8348	5348	-1571	3758	29	1919	-4526	-3224	-505	-11375	-1774	1086	186	376	1455

Çizelge 4.6(devam): 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Almanya ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr})

2019 yılı Almanya Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri.																							
Etki Değerleri	$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$	
	Seri İsmi- $f^{(M)}$ Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Variş noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası variş noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketicî fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam	
B _{lr} values	$f^{(1)}$	43599	-497678	-197440	38356	52412	-69463	203218	-9488	134899	9326	296259	7902	93122	-353266	-327741	121980	33989	-61790	-389862	-28886	-23922	61984
	$f^{(2)}$	13043939	-148521210	-58914872	11472889	15614531	-20710030	60569848	2877908	40485062	2768689	89203782	2382355	27981553	-105393895	-101166493	36697902	10309918	18398811	-116585915	8633888	7208059	18405709
	$f^{(3)}$	-1165	13291	5273	-1025	-1399	1855	-5425	254	-3608	-249	-7929	-212	-2491	9433	8823	3264	-912	1649	10417	772	640	-1653
	$f^{(4)}$	-424233	4838657	1919443	-373033	-509355	675285	1975128	92525	1313121	90607	2885354	77017	906700	3433956	3207767	1188131	331686	600411	3791794	280913	233059	-602012
	$f^{(5)}$	-43976	501907	199101	-38673	-52855	70057	204932	9561	136025	-9410	298673	-7969	-93896	356220	330080	123003	-34273	62312	393125	29128	24120	-62516
	$f^{(6)}$	-381741	4354191	1727272	-335664	-458375	607690	1777427	83226	1181492	81547	2595884	69291	815786	3090151	2884073	1068975	298369	540326	3411986	252779	209676	-541807
	$f^{(7)}$	-824059	9401912	3729708	-724710	-989893	1312198	3838324	179533	2550145	176127	5602073	149492	1760647	6672839	6213965	2306782	643472	1166913	7366470	545764	452442	-1170294
	$f^{(8)}$	-49100	561094	222591	-43187	-59133	78345	229225	10608	151669	10545	332527	-8866	104635	398280	363163	136989	-38028	69731	439064	32539	26844	-70047
	$f^{(9)}$	-63714	727633	288671	-56049	-76653	101565	297174	13826	197010	13651	432389	11529	135961	516514	475935	178052	-49532	90378	569770	42219	34908	-90709

Almanya için etki faktörlerini analiz ettiğimizde; AKK (Arz edilen yolcu kilometresi) (milyar) faktörü için; Uçuş sayısı (bin), Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar), Varış Uluslararası hedefi (havaalanı), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede negatif; uçuş noktası (bin) orta derecede pozitif; Güvenliğin kontrol edilmesinden oluşan uçuş noktaları (milyon) ve Uluslararası yapı sayısı (havaalanı) güçlü pozitif; Ülke Nüfusu, toplam ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü pozitif; Enflasyon, fiyatları (yıllık %), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD) zayıf negatif; Hava uçağı, taşınan yolcular (milyon), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi) zayıf pozitif,

Uçuş sayısı (bin) faktörü için; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar) orta derecede negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif; Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$-milyar), doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) ve Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) zayıf negatif; Mal ve hizmet ithalatı (cari - milyar ABD Doları), Uluslararası uçuş sayısı (bin), Varış noktası sayısı (havaalanı), Ülke Nüfusu, toplam, Uluslararası yolcular (milyon) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama - ABD Doları) zayıf pozitif,

Varış noktası sayısı (havaalanı) faktörü için; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar) orta derecede negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif; Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$-milyar), doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) ve Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) zayıf negatif; Mal ve hizmet ithalatı (cari - milyar ABD Doları), Uluslararası uçuş sayısı (bin), Varış noktası sayısı (havaalanı), Ülke Nüfusu, toplam, Uluslararası yolcular (milyon) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama - ABD Doları) zayıf pozitif,

Uluslararası yolcular faktörü için; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif; Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar), doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) ve Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) zayıf negatif; Mal ve hizmet ithalatı (cari - milyar ABD Doları), Uluslararası uçuş sayısı (bin), Varış noktası sayısı (havaalanı), Ülke Nüfusu, toplam, Uluslararası yolcular (milyon) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama - ABD Doları) zayıf pozitif,

Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı faktörü için; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif; Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar), doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) ve Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) zayıf negatif; Mal ve hizmet ithalatı (cari - milyar ABD Doları), Uluslararası uçuş sayısı (bin), Varış noktası sayısı (havaalanı), Ülke Nüfusu, toplam, Uluslararası yolcular (milyon) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama - ABD Doları) zayıf pozitif,

Uluslararası uçuş sayısı (bin) faktörü için; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif; Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar), doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar) ve Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) zayıf negatif; Mal ve hizmet ithalatı (cari - milyar ABD Doları), Uluslararası uçuş sayısı

(bin), Varış noktası sayısı (havaalanı), Ülke Nüfusu, toplam, Uluslararası yolcular (milyon) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama - ABD Doları) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) faktörü için; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$milyar) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif; Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar), doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) ve Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) zayıf negatif; Mal ve hizmet ithalatı (cari - milyar ABD Doları), Uluslararası uçuş sayısı (bin), Varış noktası sayısı (havaalanı), Ülke Nüfusu, toplam, Uluslararası yolcular (milyon) ve Benzin Fiyatı (yıllık ortalama - ABD Doları) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) faktörü için; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$milyar) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif; Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar), doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) ve Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) zayıf negatif; Mal ve hizmet ithalatı (cari - milyar ABD Doları), Uluslararası uçuş sayısı (bin), Varış noktası sayısı (havaalanı), Ülke Nüfusu, toplam, Uluslararası yolcular (milyon) ve Benzin Fiyatının (yıllık ortalama - ABD Doları) zayıf pozitif etki yaptığı bulunmuştur.

Türevden gelen etki katsayılarının geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin), Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$milyar) geçmiş değer değişimlerinin tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yaptığı bulunmuştur.

Çizelge 4.7: 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Hindistan ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr})

2019 yılı Hindistan Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri.																							
Etki Değerleri	Seri İsmi- $f^{(M)}$	$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
		Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketicici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
Aır values	$f^{(1)}$	351	-440	13	160	-465	-57	-450	-246	489	92	110	-186	37	300	66	33	-115	14	170	4	117	202
	$f^{(2)}$	5178	-3428	1432	1309	-6687	-1116	-4950	-3830	7330	286	1502	-2559	46	4166	601	619	-1857	167	1396	162	778	2361
	$f^{(3)}$	3	-3	0	1	-4	0	-3	-2	4	1	1	-1	0	2	1	0	-1	0	1	0	1	2
	$f^{(4)}$	152	-207	-2	75	-203	-24	-205	-105	211	45	48	-82	19	133	30	13	-48	6	80	1	56	91
	$f^{(5)}$	-10	18	2	-6	13	1	16	7	-14	-5	-3	6	-2	-9	-3	-1	3	0	-7	0	-5	-7
	$f^{(6)}$	74	-98	0	36	-98	-12	-98	-51	103	21	23	-40	9	64	14	7	-24	3	38	1	26	44
	$f^{(7)}$	99	-55	31	22	-128	-23	-90	-74	141	2	28	-48	-1	80	10	12	-35	3	23	3	12	43
	$f^{(8)}$	190	-203	21	75	-250	-34	-225	-135	266	37	58	-99	14	160	31	19	-64	7	80	3	53	103
	$f^{(9)}$	541	-673	21	245	-717	-89	-691	-379	754	139	169	-287	56	463	100	51	-177	22	261	7	179	310
Bır values	$f^{(1)}$	351	-440	13	160	-465	-57	-450	-246	489	92	110	-186	37	300	66	33	-115	14	170	4	117	202
	$f^{(2)}$	5178	-3428	1432	1309	-6687	-1116	-4950	-3830	7330	286	1502	-2559	46	4166	601	619	-1857	167	1396	162	778	2361
	$f^{(3)}$	3	-3	0	1	-4	0	-3	-2	4	1	1	-1	0	2	1	0	-1	0	1	0	1	2

Çizelge 4.7(devam): 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Hindistan ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr})

2019 yılı Hindistan Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri.																							
Etki Değerleri		$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
		Seri İsmi- $f^{(M)}$	Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketicici fiyatları	İşsizlik, toplam
B _{lr} values	$f^{(4)}$	152	-207	-2	75	-203	-24	-205	-105	211	45	48	-82	19	133	30	13	-48	6	80	1	56	91
	$f^{(5)}$	-10	18	2	-6	13	1	16	7	-14	-5	-3	6	-2	-9	-3	-1	3	0	-7	0	-5	-7
	$f^{(6)}$	74	-98	0	36	-98	-12	-98	-51	103	21	23	-40	9	64	14	7	-24	3	38	1	26	44
	$f^{(7)}$	99	-55	31	22	-128	-23	-90	-74	141	2	28	-48	-1	80	10	12	-35	3	23	3	12	43
	$f^{(8)}$	190	-203	21	75	-250	-34	-225	-135	266	37	58	-99	14	160	31	19	-64	7	80	3	53	103
	$f^{(9)}$	541	-673	21	245	-717	-89	-691	-379	754	139	169	-287	56	463	100	51	-177	22	261	7	179	310

Hindistan için etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) faktörü için; Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) ve Ülke Nüfusu orta derecede pozitif; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) sayısı zayıf negatif; İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), İthalat mal ve hizmet sayısı (cari milyar ABD doları) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf pozitif,

Varış noktalarının (havalimanları) sayısı faktörü için; Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$milyar), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve Uluslararası uçuş sayısı (bin) orta derecede negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Ülke Nüfusu orta derecede pozitif;Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı zayıf negatif; Uçuş sayısı (bin), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Mal ve hizmet ithalatı (cari milyar ABD doları) zayıf pozitif,

Uçuş sayısı (bin) faktörü için; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Ülke Nüfusu orta derecede pozitif; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı zayıf negatif; Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Mal ve hizmet ithalatı (cari cari - milyar ABD Doları), ve Varış noktası sayısının (havaalanı) zayıf pozitif,

Varış noktası sayısı (havaalanı) faktörü için; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Ülke Nüfusu orta derecede pozitif; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı zayıf negatif; Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Mal ve hizmet ithalatı (cari -milyar ABD Doları) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf pozitif,

Uluslararası yolcular (milyon) faktörü için; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Ülke Nüfusu, toplam, Mal ve hizmet ithalatı (cari milyar ABD doları) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası yolcu sayısı (milyon) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü negatif; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) güçlü pozitif; Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) ve Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) zayıf negatif; Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar) zayıf pozitif,

Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) faktörü için; Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Ülke Nüfusu orta derecede pozitif; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Uluslararası yolcu sayısı (milyon) ve Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı zayıf negatif; Mal ve hizmet ithalatı (cari milyar ABD Doları), Varış noktası sayısı (havaalanı), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) ve Gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) zayıf pozitif,

Uluslararası uçuş sayısı (bin) faktörü için; Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı zayıf negatif; Uçuş sayısı (bin), Mal ve hizmet ithalatı (cari - milyar ABD Doları), Varış noktası sayısı (havaalanı), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) ve Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) faktörü için; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Ülke Nüfusu orta derecede pozitif; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve Uluslararası yolcu sayısı (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı zayıf negatif; Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) ve Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) faktörü için; Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Ülke Nüfusu, orta derecede pozitif; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve Uluslararası yolcu sayısı (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı zayıf negatif; Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) ve Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısının (milyon) zayıf pozitif etki yaptığı bulunmuştur.

Türevden gelen etki katsayılarının geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Uluslararası yolcu sayısı (milyon), Uluslararası uçuş sayısı (bin), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) geçmiş değer değişimlerinin tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yaptığı bulunmuştur.

Çizelge 4.8: 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Singapur ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr})

2019 yılı Singapur Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri.																							
Etki Değerleri		$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
Seri İsmi- $f^{(M)}$		Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Variş noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası variş noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
A _{lr} values	$f^{(1)}$	132	0	-73	-31	-19	168	74	-21	-110	-31	51	6	-2	24	19	-90	0	9	-142	0	20	-16
	$f^{(2)}$	-826939	-806	456167	201933	116062	-1050416	-461580	132854	673139	198369	-321715	-37507	6185	-144727	-121321	585132	1291	-57412	902634	3083	-126738	88203
	$f^{(3)}$	-1	0	1	0	0	-2	-1	0	1	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	$f^{(4)}$	90	-5	-52	-11	-24	128	55	-13	-107	-14	36	11	-15	23	14	-22	0	-2	-77	0	8	-34
	$f^{(5)}$	4	0	-2	0	-1	5	2	-1	-4	-1	2	0	-1	1	1	-1	0	0	-3	0	0	-1
	$f^{(6)}$	-108	-6	56	42	0	-120	-54	19	45	35	-40	3	-17	-10	-15	129	1	-17	146	1	-24	-20
	$f^{(7)}$	-699	2	389	157	108	-898	-396	114	595	163	-274	-36	15	-128	-103	466	2	-44	748	2	-103	93
	$f^{(8)}$	-655	2	364	150	100	-840	-370	106	554	153	-256	-34	13	-119	-96	439	1	-41	701	2	-97	85
	$f^{(9)}$	-1310	4	728	299	200	-1681	-740	211	1111	306	-512	-67	27	-239	-193	876	2	-82	1403	5	-194	171
B _l	$f^{(1)}$	-850	656	2836	2124	607	545	-108	75	452	-285	1512	-97	1059	4415	-1610	-478	-1269	-148	-5556	-14	-1095	18

Çizelge 4.8(devam): 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için Singapur ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr})

2019 yılı Singapur Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri.																							
Etki Değerleri		$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
		Seri İsmi- $f^{(M)}$	Hava taşımacılığı, taşıyan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Variş noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketici fiyatları	İşsizlik, toplam
B _{lr} values	$f^{(2)}$	547111	-3947399	-17966941	-13654971	-4054141	-3505326	496982	-593338	-2834344	1837310	-9168815	571789	-6722722	-26895438	10503000	2806928	8067148	927177	34591502	85478	6928911	-309058
	$f^{(3)}$	9	-7	-30	-22	-6	-6	1	-1	-5	3	-17	1	-11	-48	16	5	13	2	60	0	12	0
	$f^{(4)}$	-320	803	1620	820	-85	190	-436	-200	321	-100	1703	-145	569	4714	-281	-724	-672	-105	-4462	-16	-643	-394
	$f^{(5)}$	-15	33	71	39	-1	9	-17	-7	14	-5	69	-6	25	193	-16	-29	-30	-5	-189	-1	-29	-15
	$f^{(6)}$	1064	-37	-2789	-2628	-1203	-716	-420	-413	-351	364	-299	-31	-1099	-1234	2481	-173	1323	115	3605	2	1029	-596
	$f^{(7)}$	4443	-3635	-14939	-11107	-3042	-2781	701	-314	-2430	1494	-8276	545	-5534	-24125	8235	2709	6663	791	29916	79	5849	91
	$f^{(8)}$	4172	-3367	-14010	-10428	-2885	-2631	628	-310	-2264	1401	-7694	504	-5202	-22428	7774	2495	6255	739	27902	73	5457	41
	$f^{(9)}$	8337	-6754	-28023	-20838	-5753	-5258	1272	-610	-4531	2800	-15427	1012	-10403	-44958	15522	5009	12510	1479	55866	146	10913	96

Singapur için etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) faktörü için; Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) ve Uçuş sayısı (bin) orta derecede negatif; Uluslararası uçuş sayısı (bin) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$-Milyar) güçlü negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü pozitif; Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), Ülke Nüfusu, toplam, Uluslararası yolcular (milyon) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf negatif; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari milyar ABD Doları), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) ve Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) zayıf pozitif,

Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) orta derecede negatif; Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) ve Uçuş sayısı (bin) orta derecede pozitif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$-Milyar) güçlü pozitif; Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar), Yakıt ithalatı (mal ithalatının %'si), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), ve İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) zayıf negatif; Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), Ülke Nüfusu, toplam, Uluslararası yolcular (milyon) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf pozitif,

Uçuş sayısı (bin) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) orta derecede negatif; Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) ve Uçuş sayısı (bin) orta derecede pozitif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$-Milyar) güçlü pozitif; Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), Uluslararası yolcular (milyon) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf pozitif,

Varış noktası sayısı (havaalanı) faktörü için; Uçuş sayısı (bin) ve Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$-Milyar) orta derecede negatif; Uluslararası uçuş sayısı (bin) orta

derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) sayısı güçlü pozitif; Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD), Ülke Nüfusu, toplam, Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), Uluslararası yolcular (milyon), ve Varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf negatif; Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD doları-milyar), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) ve Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) zayıf pozitif,

Uluslararası yolcular (milyon) faktörü için; Uçuş sayısı (bin) ve Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Uluslararası uçuş sayısı (bin) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) sayısı güçlü pozitif; Ülke Nüfus, toplam, Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) zayıf negatif; Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) ve Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) zayıf pozitif,

Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) orta derecede negatif; Uçuş sayısı (bin) orta derecede pozitif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$milyar) ve Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$milyar) güçlü pozitif; Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Ülke Nüfusu, toplam, Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) zayıf negatif; Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) zayıf pozitif,

Uluslararası uçuş sayısı (bin) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) orta derecede

negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) orta derecede pozitif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$-Milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) zayıf negatif; Uluslararası yolcular (milyon), Ülke Nüfusu, toplam, Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) orta derecede negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) orta derecede pozitif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$-Milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD doları-milyar)) zayıf negatif; Uluslararası yolcular (milyon), Ülke Nüfusu, toplam, Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Varış noktası sayısı (havaalanı) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)(milyar) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) orta derecede negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) orta derecede pozitif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$-Milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD doları-milyar)) zayıf negatif; Uluslararası yolcular (milyon), Ülke Nüfusu, toplam, Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Varış noktası sayısının (havaalanı) zayıf pozitif etki yaptığı bulunmuştur.

Türevden gelen etki katsayılarının geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Uçuş sayısı (bin), Varış noktası sayısı (havaalanı), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$milyar) geçmiş değer değişimlerinin tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yaptığı bulunmuştur.



Çizelge 4.9: 2019 yılı ve $l=2$ değeri için Türkiye ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr})

2019 yılı Türkiye Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri.																							
Etki Değerleri	Seri İsmi- $f^{(M)}$	$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
		Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
Aır values	$f^{(1)}$	6898	-549	-2623	-3195	2150	3791	-5129	1690	3127	4066	-3301	205	-1353	-5113	816	-2176	2194	-804	1135	-8331	2739	290
	$f^{(2)}$	-1025038	80752	390856	474481	319231	565377	763958	250686	463581	607089	489766	-30110	200828	760438	121766	322319	326549	119234	167329	1241318	407828	-43799
	$f^{(3)}$	119	-9	-45	-55	37	65	-88	29	54	70	-57	3	-23	-88	14	-37	38	-14	19	-143	47	5
	$f^{(4)}$	41770	-3296	-15920	-19337	13011	23025	-31119	10219	18898	24719	-19962	1230	-8185	-30983	4958	-13142	13303	-4860	6827	-50560	16613	1780
	$f^{(5)}$	4057	-325	-1541	-1881	1265	2226	-3014	995	1842	2387	-1941	121	-796	-3006	479	-1282	1290	-473	670	-4894	1609	169
	$f^{(6)}$	40369	3186	15386	18689	12574	22253	-30076	9876	18264	23891	-19292	1188	-7910	-29944	4792	-12701	12857	-4697	6598	-48865	16056	1721
	$f^{(7)}$	58148	4596	22156	26926	18115	32038	43311	14229	26321	34393	-27789	1715	11395	43126	6897	18307	18516	-6767	9514	-70359	23120	2472
	$f^{(8)}$	45546	3597	17356	21087	14188	25100	33927	11144	20611	26946	-21768	1342	-8925	33782	5405	14334	14504	-5300	7448	-55120	18112	1939
	$f^{(9)}$	56469	4461	21517	26145	17591	31117	42062	13817	25555	33404	26989	1664	11066	41883	6700	17772	17983	-6571	9236	-68336	22455	2403

Çizelge 4.9(devam): 2019 yılı ve $l=2$ değeri için Türkiye ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr})

2019 yılı Türkiye Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri.

Etki Değerleri		Seri İsmi- $f^{(M)}$																					
		$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
		Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
B _{IR} values	$f^{(1)}$	-45583	-3515	-6527	1265	11596	10759	49442	31904	18804	193	-113073	-64174	3835	47516	-34513	-39642	44811	19528	49956	10826	-47720	89718
	$f^{(2)}$	6774684	523181	960106	192471	1730393	1582947	7361957	4745715	2791186	22714	16835224	9549875	577142	7058590	5120389	5916510	6667398	2901880	7482376	1616535	7111941	13333327
	$f^{(3)}$	-783	-60	-111	22	200	184	851	548	323	3	-1945	-1104	66	816	-592	-683	771	335	863	187	-821	1541
	$f^{(4)}$	276058	21310	39190	7810	70462	64607	299893	193352	113757	969	685796	389054	23467	287651	208713	240914	271630	118252	304495	65819	289664	543316
	$f^{(5)}$	26805	-2058	-3851	739	6803	6357	29048	18757	11064	123	-66436	37721	2241	27948	20313	23267	26328	11493	29273	6353	28027	52762
	$f^{(6)}$	266798	20594	37870	7551	68100	62437	289839	186869	109941	933	662806	376008	22682	278000	201708	232842	262522	114288	294298	63613	279954	525093
	$f^{(7)}$	384286	29625	54604	10860	98020	90083	417352	269141	158395	1385	954440	541532	32607	400449	290608	335184	378024	164659	423434	91569	403085	756343
	$f^{(8)}$	301010	23226	42756	8507	76805	70500	326954	210819	124051	1073	747686	424188	25565	313660	227606	262613	296147	128952	331838	71745	315785	592429
	$f^{(9)}$	373198	28798	53024	10542	95219	87429	405350	261374	153808	1336	926971	525906	31688	388886	282199	325567	367168	159875	411354	88943	391496	734509

Türkiye için etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede pozitif; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %) güçlü negatif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcu sayısı (milyon) güçlü pozitif; Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD), Uçuş sayısı (bin) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar) zayıf negatif; Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar), Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$milyar), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Uluslararası seyahat edenler (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometre) Uluslararası (milyar) zayıf pozitif,

Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) faktörü için; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede pozitif; Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede negatif; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %) güçlü pozitif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü negatif; Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD), Uçuş sayısı (bin) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar) zayıf pozitif; Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar), Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$milyar), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Uluslararası seyahat edenler (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometre) Uluslararası (milyar) zayıf negatif,

Uçuş sayısı (bin) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede pozitif; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %) ve Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- ABD Doları), Uçuş sayısı (bin) ve Gayri safi yurtiçi tasarruf (cari ABD\$milyar) zayıf negatif; Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar), Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$milyar), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Uluslararası seyahat edenler (milyon) ve AKK (Arz

edilen koltuk kilometre) Uluslararası (milyar) zayıf pozitif,

Varış noktaları (havaalanı) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %) ve Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- ABD Doları), Uçuş sayısı (bin) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar) zayıf negatif; Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Uluslararası yolcular (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) orta derecede pozitif,

Uluslararası yolcular (milyon) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede pozitif; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %) ve Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- ABD Doları), Uçuş sayısı (bin) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar) zayıf negatif; Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Uluslararası yolcular (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) zayıf pozitif,

Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar), Uluslararası yolcular (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) orta derecede pozitif; Uluslararası noktası sayısı (havaalanı), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon), Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) ve İşsizlik, toplam (toplam işgücünün %'si) (modellenmiş ILO tahmini) güçlü pozitif; Doğrudan yabancı yatırım,

net (BoP, cari ABD\$milyar), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- ABD Doları) ve Uçuş sayısı (bin) zayıf negatif; Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$milyar) zayıf pozitif,

Uluslararası uçuş sayısı (bin) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede pozitif; Enflasyon, tüketiciler fiyatları (yıllık %) ve Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$milyar), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari -milyar ABD Doları), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama - ABD Doları) ve Uçuş sayısı (bin) zayıf negatif; Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$milyar), Uluslararası yolcular (milyon), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede pozitif; Enflasyon, tüketiciler fiyatları (yıllık %) ve Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$milyar), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari -milyar ABD Doları), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama - ABD Doları) ve Uçuş sayısı (bin) zayıf negatif; Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$milyar), Uluslararası yolcular (milyon), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) faktörü için; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) ve Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar) orta derecede pozitif; Enflasyon, tüketiciler fiyatları (yıllık %) ve Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$milyar), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP,

cari -milyar ABD Doları), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama - ABD Doları) ve Uçuş sayısı (bin) zayıf negatif; Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar), Uluslararası yolcular (milyon), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve İşsizlik, toplamının (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini) zayıf pozitif etki yaptığı bulunmuştur.

Türevden gelen etki katsayılarının geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Ülke Nüfusu, toplam geçmiş değer değişimlerinin tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yaptığı bulunmuştur.



Çizelge 4.10: 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için İngiltere ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr})

2019 yılı İngiltere Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri																							
Etki Değerleri	Seri İsmi- $f^{(M)}$	$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
		Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Variş noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketicici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
A _{lr} values	$f^{(1)}$	253	-13	-28	-51	-257	45	-255	-144	253	-38	105	-16	-117	-131	186	106	-19	16	0	20	28	-28
	$f^{(2)}$	888	29	-10	-234	-698	79	-712	-775	655	-36	162	-123	-391	-377	550	394	-129	129	68	54	106	117
	$f^{(3)}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$f^{(4)}$	124	-7	-15	-25	-129	23	-127	-68	128	-20	53	-7	-58	-66	93	52	-9	7	-1	10	14	-15
	$f^{(5)}$	-48	2	5	10	47	-8	47	30	-46	7	-18	4	22	24	-35	-20	4	-4	-1	-4	-5	4
	$f^{(6)}$	136	-7	-16	-28	-139	25	-137	-78	137	-21	57	-9	-63	-71	101	57	-10	9	0	11	15	-15
	$f^{(7)}$	7	-29	-32	16	-88	31	-80	110	106	-40	78	28	-10	-42	45	-9	28	-29	-32	7	-3	-83
	$f^{(8)}$	82	-10	-16	-13	-100	21	-97	-24	102	-20	49	0	-40	-50	69	32	-1	0	-6	8	8	-25
	$f^{(9)}$	80	-9	-15	-13	-96	20	-94	-24	99	-20	47	0	-38	-49	67	31	-1	0	-6	8	8	-23
B _{lr} values	$f^{(1)}$	-5890	-5867	-2815	-7804	220	5116	-2794	2643	-1852	1462	-5587	-149	-519	15837	-8706	-1061	326	562	25325	-259	-709	-4872
	$f^{(2)}$	-16973	-16425	-7675	-22670	1407	13926	-10511	8112	-6082	3726	-15769	-377	-2361	43222	-33046	1210	4131	1467	70209	-889	-1958	-14077
	$f^{(3)}$	0	-1	0	-1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	-2	-1	0	2	0	0	0
	$f^{(4)}$	-2934	-2925	-1407	-3886	108	2569	-1369	1317	-927	737	-2824	-76	-251	7901	-4279	-563	128	280	12669	-126	-354	-2427
	$f^{(5)}$	1090	1072	519	1439	-46	-941	538	-494	349	-266	1040	27	102	-2920	1684	158	-86	-102	-4662	48	130	901

Çizelge 4.10: 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için İngiltere ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr})

2019 yılı İngiltere Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri		$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
Etki Değerleri	Seri İsmi- $f^{(M)}$	Hava taşımacılığı, taşıyan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketicici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
	$f^{(6)}$	-3185	-3152	-1526	-4198	119	2769	-1514	1434	-1003	792	-3042	-81	-280	8574	-4716	-567	175	304	13696	-139	-384	-2637
B_{lr} values	$f^{(7)}$	-1539	-2186	-903	-2224	-196	1676	316	493	-263	607	-1491	-74	186	4711	1208	-2096	-1275	203	8042	-27	-220	-1243
	$f^{(8)}$	-2190	-2301	-1082	-2934	33	1972	-841	949	-651	591	-2109	-63	-130	6024	-2568	-748	-150	220	9729	-88	-271	-1810
	$f^{(9)}$	-2117	-2231	-1045	-2834	35	1906	-816	916	-631	568	-2022	-61	-128	5792	-2485	-713	-136	211	9375	-86	-261	-1746

İngiltere için etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) faktörü için; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama-USD) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) orta derecede negatif; Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) orta derecede pozitif; Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Hava taşımacılığı, taşınan yolcu sayısı (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf negatif; Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) sayısı ve Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$milyar) zayıf pozitif,

Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) faktörü için; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama - ABD Doları) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) orta derecede pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi) ve Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$milyar) zayıf negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$milyar) zayıf pozitif,

Uçuş sayısı (bin) faktörü için; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) orta derecede negatif; ve Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) orta derecede pozitif; Ülke Nüfusu güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) güçlü pozitif; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD Doları-milyar), Uçuş sayısı (bin), Uluslararası yolcular (milyon), Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar) zayıf negatif; Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı), Varış noktası sayısı (havaalanı), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar), Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi) ve Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$milyar) zayıf pozitif,

Varış noktalarının (havalimanları) sayısı faktörü için; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama-USD) ve AKK (Arz edilen koltuk

kilometresi) Uluslararası (milyar) orta derecede negatif; Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) orta derecede pozitif; Uluslararası yolcular (milyon) ve Uluslararası uçuş sayısı (bin) güçlü negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf negatif; Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) ve Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) sayısı zayıf pozitif,

Uluslararası yolcular (milyon) faktörü için; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama-USD) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometre) Uluslararası (milyar) orta derecede pozitif; Kişi başına GSYİH (cari ABD\$-bin) orta derecede negatif; Uluslararası yolcular (milyon) ve Uluslararası uçuş sayısı (bin) güçlü pozitif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü negatif; Varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf pozitif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) ve Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı zayıf negatif,

Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) sayısı faktörü için; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama-USD) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) orta derecede negatif; Kişi başına GSYİH (cari ABD\$-bin) orta derecede pozitif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) zayıf pozitif; Uluslararası yolcular (milyon) ve Uluslararası uçuş sayısı (bin) güçlü negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf negatif; Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) ve Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) Sayısı zayıf pozitif,

Uluslararası uçuş sayısı (bin) faktörü için; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Uçuş sayısı (bin) ve Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar) orta derecede negatif; Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi) ve Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) orta derecede pozitif; Ülke Nüfusu güçlü negatif; Uluslararası yolcular (milyon) ve Uluslararası uçuş sayısı (bin) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) zayıf negatif; Mal Ve Hizmet

İthalatı (Cari ABD\$-Milyar), Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin), Varış noktası sayısı (havaalanı) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) faktörü için; Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD) ve mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) orta derecede pozitif; Uluslararası yolcular (milyon) ve Uluslararası uçuş sayısı (bin) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Uçuş sayısı (bin), Ülke Nüfusu, toplam, AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf negatif; Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) faktörü için; Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD) ve Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) orta derecede negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) ve Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) orta derecede pozitif; Uluslararası yolcular (milyon) ve Uluslararası uçuş sayısı (bin) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif; Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Uçuş sayısı (bin), Ülke Nüfusu, toplam, AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) zayıf negatif; Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası noktalarının (havaalanı) sayısının zayıf pozitif etki yaptığı bulunmuştur.

Türevden gelen etki katsayılarının geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Varış noktası sayısı (havaalanı); Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin) ve Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$-Milyar) geçmiş değer değişimlerinin tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yaptığı bulunmuştur.

Çizelge 4.11: 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için ABD ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr})

2019 yılı ABD Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri																							
Etki Değerleri		$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
	Seri İsmi- $f^{(M)}$	Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Variş noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası variş noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
A _{lr} values	$f^{(1)}$	10568	928	-2471	2655	1995	-5051	18	-619	-3815	-1284	-2501	-205	-563	2964	-1699	-711	5406	1266	-1807	339	392	-6867
	$f^{(2)}$	- 846576	-71133	193654	- 209610	- 161684	395327	-1834	61439	297982	100997	204446	16662	44885	- 239064	140816	56641	- 433717	-99444	149298	-26226	- 30617	545168
	$f^{(3)}$	144	13	-34	36	27	-68	0	-9	-52	-17	-34	-3	-8	40	-23	-10	74	17	-25	5	5	-93
	$f^{(4)}$	1771	157	-415	444	337	-849	3	-99	-643	-217	-417	-34	-94	497	-284	-120	905	213	-302	57	66	-1153
	$f^{(5)}$	3356	296	-788	845	631	-1607	4	-193	-1212	-410	-794	-65	-179	938	-535	-226	1716	403	-570	108	125	-2181
	$f^{(6)}$	8386	743	-1971	2114	1577	-4027	11	-467	-3041	-1025	-1977	-162	-447	2346	-1335	-564	4288	1009	-1422	271	313	-5458
	$f^{(7)}$	31929	2807	-7485	8030	6003	-15255	27	-1872	-11506	-3897	-7561	-617	-1698	8922	-5088	-2145	16325	3824	-5428	1028	1183	- 20725
	$f^{(8)}$	18984	1669	-4452	4777	3566	-9074	18	-1108	-6843	-2317	-4495	-367	-1010	5306	-3025	-1276	9707	2274	-3226	612	704	- 12325
	$f^{(9)}$	44900	3946	-10519	11288	8452	-21452	45	-2632	-16186	-5477	-10630	-868	-2388	12555	-7169	-3018	22958	5377	-7643	1444	1664	- 29149
B _{lr}	$f^{(1)}$	-31476	104572	- 148675	-20631	-13515	70962	13426	7195	38135	25336	- 105341	-56	309	- 116420	15062	- 10802	-21529	-16219	-18009	-27127	-1833	1489

Çizelge 4.11(devam): 2019 yılı ve $l = 2$ değeri için ABD ağırlıklı ortalama etki faktörü değerleri (A_{lr}) ve (B_{lr})

2019 yılı ABD Ağırlıklı Ortalama Etki Faktörü Değerleri																							
Etki Değerleri		$f^{(1)}$	$f^{(2)}$	$f^{(3)}$	$f^{(4)}$	$f^{(5)}$	$f^{(6)}$	$f^{(7)}$	$f^{(8)}$	$f^{(9)}$	$f^{(10)}$	$f^{(11)}$	$f^{(12)}$	$f^{(13)}$	$f^{(14)}$	$f^{(15)}$	$f^{(16)}$	$f^{(17)}$	$f^{(18)}$	$f^{(19)}$	$f^{(20)}$	$f^{(21)}$	$f^{(22)}$
Seri İsmi- $f^{(M)}$		Hava taşımacılığı, taşınan yolcu	Hava taşımacılığı, kargo	Uçuş sayısı	Varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası yolcu sayısı	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	Uluslararası uçuş sayısı	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	Dünya Toplam hava yolcusu	Küresel uçuş sayısı	Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi)	Benzin Fiyatı (yıllık ortalama)	Mal ve hizmet ihracatı (BoP)	Kişi başına GSYİH	Gayri safi yurtiçi tasarruflar	Brüt sermaye oluşumu	Doğrudan yabancı yatırım, net	Mal ve hizmet ithalatı	Enflasyon, tüketicici fiyatları	İşsizlik, toplam	Ülke Nüfusu, toplam
B _{lr} values	$f^{(2)}$	23769 85	- 719987 1	108013 51	17984 74	11033 89	- 567389 1	- 113088 7	- 61654 3	- 314146 8	- 207190 5	84846 42	241	- 3925 9	96242 25	- 126510 1	8916 26	16625 91	13240 31	14691 21	22278 31	1474 21	- 6375 9
	$f^{(3)}$	-427	1403	-1997	-286	-185	965	183	98	520	346	-1433	-1	5	-1588	206	-148	-291	-221	-247	-370	-25	19
	$f^{(4)}$	-5253	17791	-25412	-3422	-2260	11927	2250	1196	6386	4227	-17633	-9	40	-19482	2512	-1798	-3633	-2714	-2992	-4534	-303	264
	$f^{(5)}$	-10129	34005	-47733	-6510	-4281	22511	4216	2250	12024	8031	-33374	-21	99	-36709	4744	-3424	-6852	-5122	-5735	-8573	-583	494
	$f^{(6)}$	-25373	85912	- 120502	-16090	-10676	56301	10504	5600	30014	20012	-83427	-56	219	-91569	11811	-8520	-17207	-12793	-14263	-21384	-1455	1301
	$f^{(7)}$	-96146	321455	- 451598	-62331	-40768	214029	40174	21439	114431	76498	31725 6	-198	987	34952 4	45214	3264 2	-65007	-48729	-54699	-81615	-5551	4551
	$f^{(8)}$	-57256	191499	- 268805	-37009	-24230	127239	23862	12737	68013	45473	18869 2	-120	587	20769 9	26872	1940 6	-38666	-28964	-32521	-48516	-3302	2725
	$f^{(9)}$	- 13482 5	450421	- 634537	-87689	-57347	301096	56620	30239	161149	107580	44639 5	-270	1368	49218 8	63670	4589 7	-91428	-68595	-76832	11487 1	-7797	6364

ABD için etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) faktörü için; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar), Uçuş sayısı (bin), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar) orta derecede pozitif; Ülke Nüfusu, güçlü negatif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcu sayısı (milyon) güçlü pozitif; Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$-milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$-milyar) zayıf negatif,

Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) faktörü için; Brüt Sermaye Oluşumu (Cari ABD\$-Milyar), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar), Uluslararası yolcular (milyon) ve Varış noktası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) orta derecede pozitif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar), Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) ve Ülke Nüfusu, toplam güçlü pozitif; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km)) ve doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) zayıf negatif; Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD), Kişi başına GSYİH (cari ABD\$-bin), Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$-milyar), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) zayıf pozitif,

Uçuş sayısı (bin) faktörü için; Uçuş sayısı (bin), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Uluslararası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$-milyar) orta derecede pozitif; Ülke Nüfusu güçlü negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin), Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$-Milyar) ve Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$-Milyar) zayıf negatif; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar), Uluslararası yolcular (milyon), Varış noktası sayısı (havaalanı), Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş ILO tahmini), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve

Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar) zayıf pozitif,

Varış noktası sayısı (havaalanı) faktörü için; Uçuş sayısı (bin), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Uluslararası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar) orta derecede pozitif; Ülke Nüfusu, güçlü negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Kişi Başına GSYİH (Cari ABD Doları-Bin), Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$milyar) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD \$-milyar) zayıf negatif; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), Uluslararası yolcular (milyon), Varış noktası sayısı (havaalanı), Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş) ILO tahmini), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar) zayıf pozitif,

Uluslararası yolcular (milyon) faktörü için; Uçuş sayısı (bin), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Uluslararası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar) orta derecede pozitif; Ülke Nüfusu, güçlü negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Kişi başına GSYİH (cari ABD Doları-bin), Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$milyar) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD \$-milyar) zayıf negatif; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), Uluslararası yolcular (milyon), Varış noktası sayısı (havaalanı), Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş) ILO tahmini), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar) zayıf pozitif,

Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) faktörü için; Uçuş sayısı (bin), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Uluslararası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar) orta derecede pozitif; Ülke Nüfusu güçlü negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar),

Kişi başına GSYİH (cari ABD Doları-bin), Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$-Milyar) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD \$-milyar) zayıf negatif; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar), Uluslararası yolcular (milyon), Varış noktası sayısı (havaalanı), Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş) ILO tahmini), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar), sayısı zayıf pozitif,

Uluslararası uçuş sayısı (bin) faktörü için; Uçuş sayısı (bin), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Uluslararası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$-milyar) orta derecede pozitif; Ülke Nüfusu, güçlü negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Kişi başına GSYİH (cari ABD Doları-bin), Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$-Milyar) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD \$-milyar) zayıf negatif; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar), Uluslararası yolcular (milyon), Varış noktası sayısı (havaalanı), Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş) ILO tahmini), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) faktörü için; Uçuş sayısı (bin), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Uluslararası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$-milyar) orta derecede pozitif; Ülke Nüfusu güçlü negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Kişi başına GSYİH (cari ABD Doları-bin), Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$-Milyar) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD \$-milyar) zayıf negatif; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar),Uluslararası yolcular (milyon), Varış noktası sayısı (havaalanı), Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş) ILO tahmini), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$-milyar) zayıf pozitif,

AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) faktörü için; Uçuş sayısı (bin), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Uluslararası sayısı (havaalanı) orta derecede negatif; Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar) orta derecede pozitif; Ülke Nüfusu, güçlü negatif; Hava Taşımacılığı, Taşınan Yolcu (Milyon) güçlü pozitif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar), Dünya Toplam hava yolcu sayısı (milyar), Kişi başına GSYİH (cari ABD Doları-bin), Mal Ve Hizmet İthalatı (Cari ABD\$milyar) ve Gayri Safi Yurtiçi Tasarruflar (Cari ABD\$milyar) zayıf negatif; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), Uluslararası yolcular (milyon), Varış noktası sayısı (havaalanı), Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenmiş) ILO tahmini), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve Doğrudan yabancı yatırımın, net (BoP, cari ABD\$milyar) zayıf pozitif etki yaptığı bulunmuştur.

Türevden gelen etki katsayılarının geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Uçuş sayısı (bin), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı(milyon) ve Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) geçmiş değer değişimlerinin tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yaptığı bulunmuştur.

4.3 Öngörü Sonuçları

4.3.1 Türevli çok fonksiyon girdili öngörü sonuçları

Öngörünün doğruluğu şüphesiz çok önemlidir, değişimin az olduğu veriler çok daha iyi öngörülebilir. Çizelge 4.12’de ülkelerin tüm faktörlerinin 2019 yılına ilişkin yapılan öngörü sonuçları ve hata değerlerine yer verilmiştir.

Çizelge 4.12’de MDAM wd metodu kullanılarak her ülkeye ait faktörlerin 2019 yılına ilişkin yapılan öngörülerden elde edilen öngörü değerleri, geçmiş kaç yıl geriye giderek öngörü yapıldığını gösteren *l* değeri 2 olarak seçilerek, gerçek ve öngörü değerlerinin karşılaştırılması sonucu elde edilen MAPE değerleri yer almaktadır.

Çizelgeleri incelediğimizde İngiltere'nin Uluslararası uçuş sayısı faktörü, türevli tahmin yöntemi için yüzde 0,02 ile en az hata ile tahmin edilmiştir. Ülkelerin öngörülebilirliği açısından tahmin değerlerine bakıldığında İngiltere ilk sırada yer

almakta; Almanya ikinci, ABD üçüncü, Fransa dördüncü, Çin beşinci, Singapur altıncı, Türkiye yedinci ve Hindistan 2019'un sonuncusu olmuştur. Sonuç olarak, İngiltere en öngörülebilir ülke gibi görünürken, Hindistan'ın tüm faktörler için en az tahmin edilebilir olduğu görülmüştür.

Çin için en öngörülebilir faktörler Hava taşımacılığı, taşınan yolcular, Uluslararası varış noktaları ve varış noktalarının sayısı olurken; en az öngörülebilir faktörler Uluslararası yolcular, Uçuş sayısı ve AKK Uluslararası oldu.

Fransa için en öngörülebilir faktörler, varış noktası sayısı, uçuş sayısı ve Uluslararası uçuş sayısıydı. Fransa için en az öngörülebilir faktörler AKK (Arz edilen koltuk kilometresi), Uluslararası yolcular ve Hava taşımacılığı, kargo oldu.

Almanya için en öngörülebilir faktörler Uluslararası varış noktaları, varış noktalarının sayısı ve Hava taşımacılığı, kargodur. Almanya için en az öngörülebilir faktörler ise AKK (Arz edilen koltuk kilometresi), Uluslararası yolcular ve AKK Uluslararası oldu.

Çizelge 4.12: Dünyanın en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri kullanılarak MDAM wd metodu ile elde edilmiş öngörü sonuçları reel, tahmin ve MAPE değerleri. (yıl = 2019, l = 2)

2019 MDAM WD ÖNGÖRÜ SONUÇLARI				
f_M	ABD FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	926,74	872,11	5,89
f_2	Kargo (milyon ton-km)	42498,26	40829,66	3,93
f_3	Uçuş sayısı (bin)	10,28	9,89	3,77
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	916,00	927,39	1,24
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	143,97	138,47	3,82
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	254,00	263,56	3,76
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	1651,94	1626,54	1,54
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	1620,70	1590,50	1,86
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	3030,03	2926,58	3,41

Çizelge 4.12(devam): Dünyanın en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri kullanılarak MDAM wd metodu ile elde edilmiş öngörü sonuçları reel, tahmin ve MAPE değerleri. (yıl = 2019, l = 2)

f_M	ÇİN FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	659,6	671,71	1,83
f_2	Kargo (milyon ton-km)	25394	24665,83	2,87
f_3	Uçuş sayısı (bin)	5,4	5,73	6,67
f_4	Variş noktası sayısı (havaalanı)	430	432,98	0,69
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	37,8	39,40	4,37
f_6	Uluslararası variş noktası sayısı (havaalanı)	194	195,88	0,97
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	970,3	1002,51	3,32
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	701,5	634,52	9,55
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	1577	1523,55	3,40
f_M	HİNDİSTAN FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	167,5	152,06	9,22
f_2	Kargo (milyon ton-km)	1938,23	2164,75	11,69
f_3	Uçuş sayısı (bin)	1,45	1,21	16,56
f_4	Variş noktası sayısı (havaalanı)	197	172,44	12,47
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	46,43	44,34	4,52
f_6	Uluslararası variş noktası sayısı (havaalanı)	97	89,53	7,70
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	381,5	314,27	17,62
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	268,46	274,68	2,32
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	428,93	378,80	11,69
f_M	SİNGAPUR FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	43,05	40,31	6,36
f_2	Kargo (milyon ton-km)	6411,99	6105,87	4,77
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0,37	0,36	2,70
f_4	Variş noktası sayısı (havaalanı)	158	151,53	4,09
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	7,91	7,33	7,32
f_6	Uluslararası variş noktası sayısı (havaalanı)	156	152,18	2,45
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	186,37	184,60	0,95
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	149,27	131,27	12,06
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi)	298,53	278,80	6,61

Çizelge 4.12(devam): Dünyanın en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri kullanılarak MDAM wd metodu ile elde edilmiş öngörü sonuçları reel, tahmin ve MAPE değerleri. (yıl = 2019, l = 2)

f_M	ALMANYA FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	109,63	112,55	2,66
f_2	Kargo (milyon ton-km)	7763,62	7570,73	2,48
f_3	Uçuş sayısı (bin)	1,7	1,65	2,73
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	425	430,46	1,28
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	160,97	155,09	3,66
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	393	397,18	1,06
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	1455,81	1417,25	2,65
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	574,68	550,88	4,14
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	589,71	568,66	3,57
f_M	FRANSA FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	71,29	68,43	4,00
f_2	Kargo (milyon ton-km)	4522,59	4200,98	7,11
f_3	Uçuş sayısı (bin)	1,2	1,20	0,67
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	388	389,25	0,32
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	121,5	113,51	6,58
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	332	337,23	1,58
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	947,8	939,52	0,87
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	448,62	426,99	4,82
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	468,34	444,03	5,19
f_M	İNGİLTERE FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	142,39	153,05	7,48
f_2	Kargo (milyon ton-km)	5851,19	5839,65	0,20
f_3	Uçuş sayısı (bin)	1,89	1,91	0,76
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	486	488,38	0,49
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	228,3	225,52	1,22
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	423	415,31	1,82
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	1596,61	1596,25	0,02
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	826,71	809,99	2,02
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	838,84	820,48	2,19

Çizelge 4.12(devam): Dünyanın en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık verileri kullanılarak MDAM wd metodu ile elde edilmiş öngörü sonuçları reel, tahmin ve MAPE değerleri. (yıl = 2019, l = 2)

f_M	TÜRKİYE FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN	MAPE
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	111,13	116,25	4,60
f_2	Kargo (milyon ton-km)	6815,51	6401,49	6,07
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0,47	0,49	3,69
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	379	372,45	1,73
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	65,67	57,48	12,47
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	327	318,84	2,49
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	597,82	562,36	5,93
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	296,04	275,14	7,06
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	331,72	316,54	4,58

Hindistan için en öngörülebilir faktörler AKK International, Uluslararası yolcular ve uluslararası varış noktalarıdır. Hindistan için en az öngörülebilir faktörler, varış noktası sayısı, uçuş sayısı ve Uluslararası uçuş sayısı oldu.

Singapur için en öngörülebilir faktörler Uluslararası uçuş sayısı, uluslararası varış noktaları ve uçuş sayısıdır. Singapur için en az öngörülebilir faktörler AKK (Arz edilen koltuk kilometresi), Uluslararası yolcular ve AKK uluslararası oldu.

Türkiye için en öngörülebilir faktörler Varış noktası sayısı, Uluslararası varış noktaları ve uçuş sayısıdır. Türkiye için en az öngörülebilir faktörler Hava taşımacılığı, kargo, AKK Uluslararası ve Uluslararası yolcular oldu.

İngiltere için en öngörülebilir faktörler Uluslararası uçuş sayısı, Hava taşımacılığı, kargo, Varış noktası sayısıydı. İngiltere için en az öngörülebilir faktörler ise AKK Uluslararası, AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) ve hava yolcu sayısı oldu.

ABD için en öngörülebilir faktörler Varış noktası sayısı, Uluslararası uçuş sayısı ve AKK Uluslararası oldu. ABD için en az öngörülebilir faktörler Uluslararası yolcular, Hava taşımacılığı, kargo ve taşınan Hava yolcu sayılarıydı.

4.3.2 Çok fonksiyon girdili öngörü sistemi ve türevli çok fonksiyon girdili öngörü sistemi sonuçları kıyaslanması

MDAM metodu sonuçları için Çizelge 4.13 ü incelediğimizde %0.04 hata ile ABD'nin AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) faktörü en az hata ile öngörülmüştür. Ülkelerin öngörülebilirliği bağlamında %10 dan küçük hatalar dikkate alındığında öngörülebilirlik sıralamasında 1. sırada Fransa, 2. Çin, 3. sırada ABD, 4. Almanya, 5. İngiltere, 6. sırada Hindistan, 7. sırada Singapur ve en son sırada (8.) Türkiye bulunmuştur. Dolayısıyla çalışmanın bu kısmında incelediğimiz sekiz ülke içinde en öngörülebilir ülke olarak Fransa, en öngörülemez ülke olarak Türkiye'yi görüyoruz.

Çizelge 4.13: Dünyanın en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık faktörleri kullanılarak MDAM ve MDAM wd metodu ile elde edilmiş öngörü sonuçları kıyaslanması (yıl = 2019, l = 2).

2019 ÖNGÖRÜ SONUÇLARI KIYASLANMASI						
f_M	ABD FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN MDAM wd	TAHMİN MDAM	MAPE wd	MAPE MDAM
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	926,74	872,11	922,91	5,89	0,41
f_2	Kargo (milyon ton-km)	42498,26	40829,66	43626,22	3,93	2,65
f_3	Uçuş sayısı (bin)	10,28	9,89	10,65	3,77	3,67
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	916,00	927,39	1002,51	1,24	9,44
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	143,97	138,47	142,39	3,82	1,10
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	254,00	263,56	283,41	3,76	11,58
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	1651,94	1626,54	1727,07	1,54	4,55
f_8	AKK Uluslararası (milyar)	1620,70	1590,50	1631,39	1,86	0,66
f_9	AKK (milyar)	3030,03	2926,58	3028,75	3,41	0,04
f_M	ÇİN FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN MDAM wd	TAHMİN MDAM	MAPE wd	MAPE MDAM
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	659,6	671,71	683,1189	1,83	3,56
f_2	Kargo (milyon ton-km)	25394	24665,83	27495,98	2,87	8,27
f_3	Uçuş sayısı (bin)	5,4	5,73	5,562956	6,67	3,48
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	430	432,98	434,4221	0,69	1,03
f_5	Uluslararası yolcu sayısı	37,8	39,40	40,10546	4,37	6,23
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	194	195,88	196,2961	0,97	1,18
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	970,3	1002,51	973,0167	3,32	0,28
f_8	AKK- Uluslararası (milyar)	701,5	634,52	733,5403	9,55	4,56
f_9	AKK (milyar)	1577	1523,55	1644,196	3,40	4,25

Çizelge 4.13(devam): Dünyanın en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık faktörleri kullanılarak MDAM ve MDAM wd metodu ile elde edilmiş öngörü sonuçları kıyaslanması (yıl = 2019, l = 2).

f_M	HİNDİSTAN FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN MDAM WD	TAHMİN MDAM	MAPE MDAM WD	MAPE MDAM
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	167,5	152,06	193,16	9,22	15,32
f_2	Kargo (milyon ton-km)	1938,23	2164,75	3270,45	11,69	68,73
f_3	Uçuş sayısı (bin)	1,45	1,21	1,71	16,56	17,75
f_4	Variş noktası sayısı (havaalanı)	197	172,44	235,92	12,47	19,75
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	46,43	44,34	57,08	4,52	22,92
f_6	Uluslararası variş noktası sayısı (havaalanı)	97	89,53	119,16	7,70	22,85
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	381,5	314,27	481,11	17,62	26,11
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	268,46	274,68	338,80	2,32	26,20
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	428,93	378,80	518,98	11,69	20,99
f_M	SİNGAPUR FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN MDAM wd	TAHMİN MDAM	MAPE MDAM wd	MAPE MDAM
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	43,05	40,31	24,36	6,36	43,41
f_2	Kargo (milyon ton-km)	6411,99	6105,87	13173,78	4,77	105,46
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0,37	0,36	0,31	2,70	17,19
f_4	Variş noktası sayısı (havaalanı)	158	151,53	119,97	4,09	24,07
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	7,91	7,33	5,72	7,32	27,75
f_6	Uluslararası variş noktası sayısı (havaalanı)	156	152,18	123,51	2,45	20,83
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	186,37	184,60	154,33	0,95	17,19
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	149,27	131,27	99,04	12,06	33,65
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	298,53	278,80	198,08	6,61	33,65
f_M	ALMANYA FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN MDAM wd	TAHMİN MDAM	MAPE MDAM wd	MAPE MDAM
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	109,63	112,55	125,14	2,66	14,14
f_2	Kargo (milyon ton-km)	7763,62	7570,73	5607,18	2,48	27,78
f_3	Uçuş sayısı (bin)	1,7	1,65	1,68	2,73	0,90
f_4	Variş noktası sayısı (havaalanı)	425	430,46	461,39	1,28	8,56
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	160,97	155,09	135,91	3,66	15,57
f_6	Uluslararası variş noktası sayısı (havaalanı)	393	397,18	424,26	1,06	7,95
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	1455,81	1417,25	1408,46	2,65	3,25

Çizelge 4.13(devam): Dünyanın en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık faktörleri kullanılarak MDAM ve MDAM wd metodu ile elde edilmiş öngörü sonuçları kıyaslanması (yıl = 2019, l = 2).

f_M	ALMANYA FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN MDAM wd	TAHMİN MDAM	MAPE MDAM wd	MAPE MDAM
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	574,68	550,88	523,62	4,14	8,88
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	589,71	568,66	540,08	3,57	8,42
f_M	FRANSA FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN MDAM wd	TAHMİN MDAM	MAPE MDAM wd	MAPE MDAM
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	71,29	68,43	74,63	4,00	4,69
f_2	Kargo (milyon ton-km)	4522,59	4200,98	4660,64	7,11	3,05
f_3	Uçuş sayısı (bin)	1,2	1,20	1,29	0,67	6,75
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	388	389,25	397,84	0,32	2,54
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	121,5	113,51	124,63	6,58	2,57
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	332	337,23	337,45	1,58	1,64
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	947,8	939,52	1014,00	0,87	6,99
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	448,62	426,99	454,67	4,82	1,35
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	468,34	444,03	475,48	5,19	1,53
f_M	İNGİLTERE FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN MDAM wd	TAHMİN MDAM	MAPE MDAM wd	MAPE MDAM
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	142,39	153,05	171,29	7,48	20,29
f_2	Kargo (milyon ton-km)	5851,19	5839,65	6767,48	0,20	15,66
f_3	Uçuş sayısı (bin)	1,89	1,91	2,15	0,76	13,50
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	486	488,38	533,35	0,49	9,74
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	228,3	225,52	245,91	1,22	7,71
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	423	415,31	460,30	1,82	8,82
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	1596,61	1596,25	1793,54	0,02	12,33
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	826,71	809,99	887,38	2,02	7,34
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	838,84	820,48	901,82	2,19	7,51
f_M	TÜRKİYE FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN MDAM wd	TAHMİN MDAM	MAPE MDAM wd	MAPE MDAM
f_1	Taşınan yolcu (milyon)	111,13	116,25	147,76	4,60	32,96
f_2	Kargo (milyon ton-km)	6815,51	6401,49	4402,77	6,07	35,40
f_3	Uçuş sayısı (bin)	0,47	0,49	0,75	3,69	57,85

Çizelge 4.13(devam): Dünyanın en yoğun havalimanlarına sahip sekiz ülke olan Almanya, Fransa, İngiltere, Amerika, Hindistan, Singapur, Çin ve Türkiye için havacılık faktörleri kullanılarak MDAM ve MDAM wd metodu ile elde edilmiş öngörü sonuçları kıyaslanması (yıl = 2019, l = 2).

f_M	TÜRKİYE FAKTÖRLER	REEL	TAHMİN MDAM wd	TAHMİN MDAM	MAPE MDAM wd	MAPE MDAM
f_4	Varış noktası sayısı (havaalanı)	379	372,45	579,84	1,73	52,99
f_5	Uluslararası yolcu sayısı (milyon)	65,67	57,48	85,32	12,47	29,92
f_6	Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı)	327	318,84	499,34	2,49	52,70
f_7	Uluslararası uçuş sayısı (bin)	597,82	562,36	850,31	5,93	42,24
f_8	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar)	296,04	275,14	410,31	7,06	38,60
f_9	AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar)	331,72	316,54	465,30	4,58	40,27



5. SONUÇ

Mevcut çalışma, verileri modellemeyi, faktörlerin birbirleriyle olan ilişkilerini keşfetmeyi ve geleceğe yönelik tahminlerde bulunmayı amaçladı. Bu nedenle, modellenen verilerle elde edilen denklemler, kesirli türev yöntemi kullanılarak geliştirildi ve yeni, yetkin ve esnek bir yaklaşım önerildi. Veri seti, en küçük kareler yöntemi ile en az hata payı ile modellendi ve sonrasında diğer amaçlar için incelendi.

İlk olarak kesirli hesap kullanılarak çok girdili bir derin değerlendirme sistemi geliştirilerek literatür için yeni bir matematiksel model önerilmiştir. Bu matematiksel modelde Matlab kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Uygulama açısından, mevcut çalışmada taşınan yolcu, kargo, uçuş sayısı, varış noktası sayısı (havaalanı), Uluslararası yolcular, Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı), Uluslararası uçuş sayısı, AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası, AKK (Arz edilen koltuk kilometresi), Dünya Toplam hava yolcu sayısı, Ülke Nüfusu, Yakıt ithalatı (mal ithalatının yüzdesi), Benzin Fiyatı (yıllık ortalama- USD), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari US\$milyar)), Kişi başına GSYİH (cari ABD\$-bin), Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar), Brüt sermaye oluşumu (cari ABD\$milyar), Doğrudan yabancı yatırım, net (BoP, cari ABD\$milyar), Mal ve hizmet ithalatı (cari milyar ABD doları), Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), İşsizlik, toplam (toplam işgücünün yüzdesi) (modellenen ILO tahmini) ve 2011-2019 yılları arasında gerçekleştirilen uçuş sayısı (küresel) verileri için dünyanın en yoğun sekiz havalimanı sahibi ülke seçildi. Veriler modellendi, etki analizi ve öngörü çalışmaları yapıldı ve değerlendirildi. Çizelge 4.3'deki modelleme sonuçlarında gösterildiği gibi, modelleme sıfıra yakın hata ile gerçekleştirildi.

Bu çalışmada havacılık faktörleri çok az bir sapma ile modellenerek doğru sonuçlar elde edilmiştir, öyle ki modellenen ülkeler içinde Almanya'nın Hava taşımacılığı, kargo faktörü için maksimum hata % 0,015927302 olarak bulunmuştur. Faktörlerin öngörülmesi ile ilgili olarak, Çizelge 4.14'de gösterilen toplam 72 öngörü için hataların %90.278'i %10'dan küçük olarak bulunmuştur. Önerilen yöntemin sonucu oldukça tatmin edicidir ve kıyaslama yaptığımız önceki türev olmayan yöntem (MDAM) göre

daha iyi sonuçlar vermektedir.

Ayrıca, 2019 yılı için elde edilen öngörü sonuçları ışığında en öngörülebilir ülkenin İngiltere olduğu tespit edildi; ikinci sırada Almanya, üçüncü sırada ABD, dördüncü olarak Fransa, beşinci sırada Çin, altıncı sırada Singapur, yedinci sırada Türkiye ve sonuncu sırada ise Hindistan oldu. Örneklem için seçilen sekiz ülke içinden en az öngörülebilir faktörler ise Türkiye'nin uluslararası yolcuları ve Singapur'un uçuş sayısı ve uluslararası uçuş sayısı olmuştur.

Etki analizi sonuçları Çizelge 4.4-4.11'de verilmiş ve ayrıca ülkeler arasında ortak veya değişken olduğu tespit edilen bazı faktör etkileri aşağıda tartışılmıştır. Faktörlerin diğer faktörler üzerindeki ağırlıklı ortalama etkisi açısından ve geriye dönük olarak 2019 yılı ve $t=2$ yıl için önerdiğimiz varsayım çerçevesinde, aşağıda güçlü pozitif (olumlu) ve güçlü negatif (olumsuz) etkiler değerlendirilmiştir.

Çin'in etki faktörlerini analiz ettiğimizde Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) üzerinde; Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; AKK (Cari koltuk kilometresi) (milyar), Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar) güçlü pozitif etkiye sahipti. Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) üzerinde; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Dünya Toplam hava yolcusu (milyar) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uçuş sayısı (bin) üzerinde; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) güçlü pozitif etkisi oldu. Uluslararası yolcular (milyon) üzerinde; Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve AKK (koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) güçlü pozitif etki yaptı. AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar); Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) üzerinde güçlü pozitif etki sahibi oldu. Uluslararası uçuş sayısı (bin) üzerinde AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) güçlü negatif etki yaptı. AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) üzerinde AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Mal ve hizmet İhracatı (BoP, cari ABD\$milyar) güçlü pozitif etki yaptı. Türevin geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Küresel uçuş sayısı ve işsizlik toplam geçmiş değer değişimleri tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yapmıştır.

Fransa'nın etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) üzerinde Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif etkiye sahipti. Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) üzerinde; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü negatif etkiye sahipti. Uçuş sayısı (bin) üzerinde; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü negatif etkiye sahip oldu. Varış noktası sayısı (havaalanı) üzerinde; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü negatif etkiye sahip oldu. Uluslararası yolcular (milyon) üzerinde; Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) sayısı üzerinde; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Ülke Nüfusu, toplam ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası uçuş sayısı (bin) üzerinde; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Ülke Nüfusu, toplam ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Türevin geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Küresel uçuş sayısı geçmiş değer değişimleri tüm faktörler üzerinde güçlü etki yapmıştır.

Almanya'nın etki faktörlerini analiz ettiğimizde; uçuş sayısı (bin) üzerinde; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari koltuk-milyar ABD Doları) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Varış noktası sayısı (havaalanı) üzerinde; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari koltuk-milyar ABD Doları) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası yolcular üzerinde; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari koltuk-milyar ABD Doları) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif etkiye

sahip oldu. Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı üzerinde; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari koltuk-milyar ABD Doları) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası uçuş sayısı (bin) üzerinde; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari koltuk-milyar ABD Doları) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) üzerinde; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari koltuk-milyar ABD Doları) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) üzerinde; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Brüt sermaye oluşumu (cari koltuk-milyar ABD Doları) güçlü negatif; Uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Türevin geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı(milyon), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), Kişi başına GSYİH (cari ABD doları-bin),Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$milyar) gecmiş değer değişimleri tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yapmıştır.

Hindistan'ın etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) üzerinde; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) üzerinde; Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uçuş sayısı (bin) üzerinde; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Varış noktası sayısı (havaalanı) üzerinde; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası yolcular (milyon) üzerinde; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü negatif; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası varış noktası sayısı

(havaalanı) üzerinde; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Uluslararası yolcu sayısı (milyon) ve Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) güçlü negatif etkiye sahip oldu. Uluslararası uçuş sayısı (bin) üzerinde; Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) International (milyar) üzerinde; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve Uluslararası yolcu sayısı (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) üzerinde; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) ve Uluslararası yolcu sayısı (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Türevin geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Hava taşımacılığı, taşınan yolcu (milyon), Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Uluslararası yolcu sayısı (milyon), Uluslararası uçuş sayısı (bin), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) geçmiş değer değişimleri tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yapmıştır.

Singapur'un etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Mal ve hizmet ithalatı (cari koltuk-milyar ABD doları) güçlü negatif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon), Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) üzerinde; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) ve Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD doları-milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Varış noktası sayısı (havaalanı) uçuş sayısı (bin) üzerinde; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) ve Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) ve Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD doları-milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Varış noktası sayısı (havaalanı) üzerinde; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü negatif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) ve Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) sayısı güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası yolcular (milyon) üzerinde; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü negatif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) ve Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) sayısı güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) üzerinde; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) ve Uluslararası

varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$milyar) ve Gayri safi yurtiçi tasarruflar (cari ABD\$milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası uçuş sayısı (bin) üzerinde; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) ve Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Mal ve hizmet ithalatı (cari koltuk-milyar ABD Doları) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) üzerinde; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) ve Uluslararası varış noktalarının sayısı (havaalanı) güçlü negatif; Mal ve hizmet ithalatı (cari koltuk-milyar ABD Doları) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Türevin geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Uçuş sayısı (bin), Varış noktası sayısı (havaalanı), Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$milyar) geçmiş değer değişimleri tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yapmıştır.

Türkiye'nin etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) üzerinde; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %) güçlü negatif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcu sayısı (milyon) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) üzerinde; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %) güçlü pozitif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) güçlü negatif etkiye sahip oldu. Uçuş sayısı (bin) üzerinde; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %) ve Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası varış noktalarının (havaalanı) sayısı üzerinde; Uluslararası noktası sayısı (havaalanı), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar), Dünya Toplam hava yolcusu (milyar), Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %), Hava taşımacılığı, taşınan yolcu (milyon), Gayri safi yurtiçi tasarruf (cari) Milyar ABD Doları ve İşsizlik, toplam (toplam işgücünün %'si) (modellenen ILO tahmini) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası uçuş sayısı (bin) üzerinde; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %) ve Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) üzerinde; Enflasyon, tüketici fiyatları (yıllık %) ve Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Türevin geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı(milyon) ve Ülke Nüfusu, toplam geçmiş değer

değişimleri tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yapmıştır.

İngiltere'nin etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) üzerinde; Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; Uluslararası uçuş sayısı (bin), Hava taşımacılığı, taşınan yolcu sayısı (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) üzerinde; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve Uluslararası yolcular (milyon) güçlü negatif; Uluslararası uçuş sayısı (bin) ve Hava taşımacılığı, taşınan yolcu sayısı (milyon) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uçuş sayısı (bin) üzerinde; Ülke Nüfusu güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Varış noktalarının (havalimanları) sayısı üzerinde; Uluslararası yolcular (milyon) ve Uluslararası uçuş sayısı (bin) güçlü negatif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası yolcular (milyon) üzerinde; Uluslararası yolcular (milyon) ve Uluslararası uçuş sayısı (bin) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) sayısı üzerinde; Uluslararası yolcular (milyon) ve Uluslararası uçuş sayısı (bin) güçlü negatif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uluslararası uçuş sayısı (bin) üzerinde; Ülke Nüfusu, Uluslararası yolcular (milyon) ve Uluslararası uçuş sayısı (bin) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) üzerinde; Uluslararası yolcular (milyon) ve Uluslararası uçuş sayısı (bin) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Türevin geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Varış noktası sayısı (havaalanı); Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$milyar), Kişi başına GSYİH (cari ABD doları-bin) ve Mal ve hizmet ithalatı (cari ABD\$milyar) geçmiş değer değişimleri tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yapmıştır.

ABD'nin etki faktörlerini analiz ettiğimizde; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) üzerinde; Ülke Nüfusu güçlü negatif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcu sayısı (milyon) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km) üzerinde; Hava taşımacılığı, taşınan yolcular (milyon) güçlü negatif; AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar), Uluslararası varış noktası sayısı (havaalanı) ve Ülke

Nüfusu güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Uçuş sayısı (bin) üzerinde; Ülke Nüfusu güçlü negatif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcu sayısı (milyon) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Varış noktası sayısı (havaalanı), Uluslararası yolcular (milyon), Uluslararası varış noktalarının (havalimanları) sayısı, Uluslararası uçuş sayısı (bin), AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) Uluslararası (milyar) ve AKK (Arz edilen koltuk kilometresi) (milyar) üzerinde; Ülke Nüfusu güçlü negatif; Hava taşımacılığı, taşınan yolcu sayısı (milyon) güçlü pozitif etkiye sahip oldu. Türevin geçmiş değer değişimleri üzerindeki etkisini incelersek; Hava taşımacılığı, kargo (milyon ton-km), Uçuş sayısı (bin), Küresel havayolu endüstrisi tarafından gerçekleştirilen uçuş sayısı (milyon) ve Mal ve hizmet ihracatı (BoP, cari ABD\$-milyar) geçmiş değer değişimleri tüm faktörler üzerinde kuvvetli etki yapmıştır.

Gelecekteki yapılacak çalışmalarda bu modeli günlük ve aylık değerlendirme için kullanacağız ve ikinci ve daha yüksek mertebeli türevlerin eklenmesiyle türevli çok girdili derin değerlendirme sistemi (MDAM wd) modelimize bir gelişme sağlanacaktır. Mevcut çalışma her ülkeyi kendi başına değerlendirirken, gelecekteki çalışma bir ülkenin ekonomik ve ulaşım faktörlerinin diğer uluslar üzerindeki etkilerini ve bir ülkedeki bir değişikliğin diğerini ne derece etkileyebileceğini araştıracaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Airports Council International Europe, (ACI EUROPE)**, (2015), Economic Impact of European Airlines, A Critical Catalyst to Economic Growth. (Prepared by InterVISTAS), <http://www.intervistas.com/downloads/reports/Economic%20Impact%20of%20European%20Airports%20-%20January%202015.pdf>.
- [2] **Demir A. Z.**, (2016), Hava Taşımacılık Sektörü, İstanbul Yeni Havalimanı ve İnsan Kaynağı Planlama İhtiyacı, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Sayı:25, ss.79-94.
- [3] **Airbus**, (2015), Global Market Forecast 2015-2034. <http://www.airbus.com/company/market/forecast/>.
- [4] **Air Transport Action Group (ATAG)** (2016), Aviation Benefits Beyond Borders, July. Lucas, R.E. (1988).
- [5] **Macit D., Macit A.**, (2017). Türkiye’de Sivil Havacılık Sektöründe İstihdamın Mevcut Durumu, Sorunları Ve Sorunların Çözümüne Yönelik Öneriler, *Journal of Emerging Economies and Policy*, Vol 2 ,Issue 2.
- [6] **Cohen, J.P.**, 2010. The broader effects of transportation infrastructure: spatial econometrics and productivity approaches. *Transportation Research Part E*, 46, 317-326.
- [7] <https://aviationbenefits.org/economic-growth/adding-value-to-the-economy/>
Retrieved date:12.10.2017
- [8] **Air Transport Action Group (ATAG)**, (2014), Aviation Benefits Beyond Borders.http://aviationbenefits.org/media/26786/ATAG__AviationBenefits2014_FULL_LowRes.pdf
- [9] <http://www.iata.org/whatwedo/Documents/economics/Central-forecast-end-year-2016-tables.pdf>. Retrieved date:15.10.2017
- [10] **Demurger, S.**, (2001). Infrastructure development and economic growth: an explanation for regional disparities in China. *Journal of Comparative Economics* 29, 95-117
- [11] **Korkmaz, F.** (2022) Some applications of fractional derivatives and integrals. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 2022.
- [12] **Bozaner, F.** (2022). System analysis and optimal control of the spread of a computer virus modeled by the fractional derivative.Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi , 2022.

- [13] **Turan, M.** (2022). Analysis of hepatitis B virus model with Atangana-Baleanu fractional operator. Yüksek Lisans Tezi, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, 2022.
- [14] **The World Bank, World Bank Open Data.** (2021). Accessed October 2021; Available at: <https://data.worldbank.org/>.
- [15] **OECD Data Statistic.** (2021). Accessed October 2021; Available at: <https://stats.oecd.org/>.
- [16] **Solvoll, G.;** Mathisen, T.A.; Welde, M. Forecasting air traffic demand for major infrastructure changes. *Research in Transportation Economics*, 2020,82, 100873.
- [17] **Rietveld, P.,** (1994). Spatial economic impacts of transport infrastructure supply. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 28, 329-341.
- [18] **Park, J.S., Seo, Y.-J.,** (2016). The impact of seaports on the regional economies in South Korea: panel evidence from the augmented Solow model. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 85, 107-119.
- [19] **Abdelghany, A., & Abdelghany, K.** (2009). *Modeling Applications in the Airline Industry*. Surrey: Ashgate Publishing Limited.
- [20] **Yamaguchi, K.,** (2007). Inter-regional air transport accessibility and macro-economic performance in Japan. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43, 247-258.
- [21] **Cowie, J.,** (2010). *The Economics of Transport: A Theoretical and Applied Perspective*. Routledge, Abingdon.
- [22] **Frazila RB, Zukhruf F** (2017) A stochastic discrete optimization model for multimodal freight transportation. network design. *International Journal of Operations Research*, 14(3):107–120
- [23] **Stadie Seifi M, Dellaert NP, Nuijten W, Van Woensel T, Raoufi R** (2014) Multimodal freight transportation planning. *European Journal of Operational Research*, 233:1–15
- [24] **Loverro, A.** (2004). Fractional calculus: history, definitions and applications for the engineer. Rapport technique, Univeristy of Notre Dame: Department of Aerospace and Mechanical Engineering, 1-28.
- [25] **T. Grosche, F. Rothlauf, and A. Heinzl.** (2007). Gravity models for airline passenger volume estimation, *Journal of Air Transport Management*, vol. 13, pp. 175- 183.
- [26] **Berechman, J., Ozmen, D., Ozbay, K.,** (2006). Empirical analysis of transportation investment and economic development at state, country and municipality levels. *Transportation* 33, 537-551.

- [27] **Lall, S.V.**, (2007). Infrastructure and regional growth, growth dynamics and policy relevance for India. *The Annals of Regional Science* 41, 581-599.
- [28] **Lavee, D., Beniad, G., Solomon, C.**, (2011), The effect of investment in transportation infrastructure on the debt-to-GDP ratio. *Transport Reviews*, 31, 769-789.
- [29] **A. J. Aderamo.** (2010). Demand for air transport in Nigeria, *Journal of Economics*, vol. 1, pp. 23-31.
- [30] **Lucas, R.E.** (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of monetary economics*, 22.3, 142.
- [31] **Machado, J. T., & Mata, M. E.** (2015). Pseudo phase plane and fractional calculus modeling of western global economic downturn. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 22.1-3, 396-406.
- [32] **Baltagi, B.H.**, (2013). *Econometric Analysis of Panel Data*. Wiley, Chichester.
- [33] **Meerschaert, M. M., & Scalas, E.** (2006). Coupled continuous time random walks in finance. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 370.1, 114-118.
- [34] **Adhikari, R., & Agrawal, R.K.** (2013). *An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting*. Lambert Academic Publishing.
- [35] **J. D. Jorge – Calderon** (1997). A demand model for scheduled airline services on international European routes", *Journal of Air Transport Management*, vol. 3, pp. 23-35.
- [36] **Bhadra, D.** (2003). Demand for air travel in the United States: Bottom-up econometric estimation and implications for forecasts by origin and destination pairs. *Journal of Air Transport Management*, 8, 19- 56.
- [37] **Pereira, A.M., Andraz, J.M.**, (2007). Public investment in transportation infrastructures and industry performance in Portugal. *Journal of Economic Development* 32, 1-20.
- [38] **Chen, T., & Wang, D.** (2020). Combined application of blockchain technology in fractional calculus model of supply chain financial system. *Chaos, Solitons & Fractals*, 131, 109461.
- [39] **Litman T** (2017) Introduction to multi-modal transportation planning principles and practices, *Victoria Transport Policy Institute*, 19
- [40] **Sossoe K** (2018) Modeling of multimodal transportation systems of large networks. Automatic Control Engineering, University Paris-Est, 187

- [41] **Chen, S.C., Kuoa, S.Y., Chang, K.W., & Wang, Y.T.** (2012). Improving the forecasting accuracy of air passenger and air cargo demand: the application of back-propagation neural networks. *Transportation Planning and Technology*, (35): 3, 373-392.
- [42] **Yu, N., De Jong, M., Storm, S., Mi, J.,** (2012). Transport infrastructure, spatial clusters and regional economic growth in China. *Transport Reviews* 32, 3-28
- [43] **Banister, D., Berechman, Y.,** (2001). Transport investment and the promotion of economic growth. *Journal of Transport Geography* 9, 209-218.
- [44] **Tejado, I., Pérez, E., & Valério, D.** (2019). Fractional calculus in economic growth modelling of the group of seven. *Fractional Calculus and Applied Analysis*, 22(1), 139-157.
- [45] **Cang, S., & Seetaram, N.** (2012). Time Series Analysis. In L. Dwyer, A. Gill & N. Seetaram (Eds.), *Handbook of Research Methods in Tourism: Quantitative and Qualitative Approaches*, (pp. 47-70). Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- [46] **White, H.** (1988). Economic prediction using neural networks: The case of IBM daily stock returns. In ICNN (Vol. 2, pp. 451-458).
- [47] **Chen, W., Xu, H., Jia, L., & Gao, Y.** (2021). Machine learning model for Bitcoin exchange rate prediction using economic and technology determinants. *International Journal of Forecasting*, 37(1), 28-43
- [48] **Dadras, S., Momeni, H.R.** (2010). Control of a fractional-order economical system via sliding mode. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications.*, 389, No 12, 2434–2442; doi:10.1016/j.physa.2010.02.025.
- [49] **Scalas, E., Gorenflo, R., & Mainardi, F.** (2000). Fractional calculus and continuous-time finance. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 284(1-4), 376-384.
- [50] **Machado, J. T., & Mata, M. E.** (2015). Pseudo phase plane and fractional calculus modeling of western global economic downturn. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 22(1-3), 3
- [51] **Yue, Y., He, L., & Liu, G.** (2013). Modeling and application of a new nonlinear fractional financial model. *Journal of Applied Mathematics*.
- [52] **Hu, Z., Tu, X.** (2015). A new discrete economic model involving generalized fractal derivative. *Advances in Continuous and Discrete Models*, 65, 1–11; doi:10.1186/s13662-015-0416-8.
- [53] **Skovranek, T., Podlubny, I., and Petras, I.** (2012). “Modeling of the national economies in state-space: a fractional calculus approach,” *Economic Modelling*, vol. 29, no. 4, pp. 1322–1327.

- [54] **A. O. Ba-Fail.** (2004). Applying data mining techniques to forecast number of airline passengers in Saudi Arabia (domestic and international travels), *Journal of Air Transportation*, vol. 9, pp. 100-116.
- [55] **Preis, T., Moat, H. S. & Stanley,** (2013). H. E. Quantifying trading behavior in financial markets using Google Trends. *Scientific Reports* 3, 1684, <https://doi.org/10.1038/srep01684>.
- [56] **J. Dargay and M. Hanly.** (2001). The determinants of the demand for international air travel to and from UK, ESRC Transport Studies Unit, Centre for Transport Studies, University College London, vol. 59, pp. 1-14.
- [57] **Tejado, I., Perez, E., & Valerio, D.** (2018). Economic growth in the European Union modelled with fractional derivatives: First results. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences*.
- [58] **Athey, S.** (2019). 21. The Impact of Machine Learning on Economics. In *The economics of artificial intelligence* (pp. 507-552). University of Chicago Press.
- [59] **Xie, G., Wang, S., & Lai, K.K.** (2014). Short-term forecasting of air passenger by using hybrid seasonal decomposition and least squares support vector regression approaches. *Journal of Air Transport Management*, 37 (2014), 20-26
- [60] **Tarasov, V.E.** (2016). Long and short memory in economics: Fractional-order difference and differentiation. *IRA-International Journal of Management & Social Sciences*, 5, No 2, 327–334; doi:10.21013/jmss.v5.n2.p10.
- [61] **Kristjanpoller, W., & Minutolo, M. C.** (2018). A hybrid volatility forecasting framework integrating GARCH, artificial neural network, technical analysis and principal components analysis. *Expert Systems with Applications*, 106, doi:10.1016/j.eswa.2018.05.011
- [62] **Korbel, J., & Luchko, Y.** (2016). Modeling of financial processes with a space-time fractional diffusion equation of varying order. *Fractional Calculus and Applied Analysis*, 19(6), 1414-1433.
- [63] **Giannone, D., Reichlin, L. & Small, D.** Nowcasting: The real-time informational content of macroeconomic data. *Journal of Monetary Economics* 55, 665–676, <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2008.05.010>
- [64] **Shen, M. L., Lee, C. F., Liu, H. H., Chang, P. Y., & Yang, C. H.** (2021). Effective multinational trade forecasting using LSTM recurrent neural network. *Expert Systems with Applications*, 182, 115199.
- [65] **Tarasova, V.V., Tarasov, V.E.** (2017). Economic interpretation of fractional derivatives. *Progress in Fractional Differentiation and Applications*, 1, 1–6; doi:10.18576/pfda/030101.

- [66] **Caves, R.E.** (2007). Modelling UK regional airport traffic: the relevance of the civil aviation authority's traffic distribution model to UK regional airports' forecasting. *Transportation Planning and Technology*, (16) 4, 283-289.
- [67] **Carrière-Swallow, Y. & Labbé, F.** (2013). Nowcasting with Google Trends in an emerging market. *Journal of Forecasting*, 32, 289–298, <https://doi.org/10.1002/for.1252>.
- [68] **Bollen, J., Mao, H. & Zeng, X.** (2011). Twitter mood predicts the stock market. *Journal of Computational Science*, 2, 1–8, <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2010.12.007>.
- [69] **Korbel, J., & Luchko, Y.** (2016). "Modeling of financial processes with a space-time fractional diffusion equation of varying order." *Fractional Calculus and Applied Analysis*, 19.6, 1414-1433.
- [70] **Blum, U.**, (1982). Effects of transportation investments on regional growth: a theoretical and empirical investigation. Paper in *Regional Science*, 49, 169-184.
- [71] **Nosratabadi, S., Mosavi, A., Duan, P., Ghamisi, P., Filip, F., Band, S. S., Reuter U., Gama J., & Gandomi, A. H.** (2020). "Data science in economics: comprehensive review of advanced machine learning and deep learning methods." *Mathematics*, 8.10, 1799.
- [72]. **Chen, B.; Zhao, X.; Wu, J.** Evaluating Prediction Models for Airport Passenger Throughput Using a Hybrid Method. *Applied Sciences*, 2023, 13, 2384. <https://doi.org/10.3390/app13042384>
- [73]. **Cheng, L.; Xiao, M.** A Review of Research on Airline Passenger Volume Forecasting. In Proceedings of the 2017 4th International Conference on Machinery, Materials and Computer (MACMC 2017), Xi'an, China, 27–29 November 2017.
- [74] **Kurdel, P.; Sedláčková, A.N.; Novák, A.** Analysis of Using Time Series Method for Prediction of Number of Passengers at the Airport. *J. KONBiN* 2020, 50, 203–216.
- [75]. **Bastola, D.P.** Air Passenger Demand Model (APDM): Econometric Model For Forecasting Demand In Passenger Air Transports In Nepal. *International Journal of Advanced Research and Publications*, 2017, 1, 238–242.
- [76] **Peng, D.; Zhang, M.; Xiao, Y.; Wang, Y.** Research on Passenger Throughput Forecast of Civil Aviation Airport Based on Multisource Data. *Journal of Physics Conference Series*, 2022, 2179, 012027.
- [77]. **Zhang, X.** Research on forecasting method of aviation traffic based on social and economic indicators. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 2020, 780, 062038.

- [78] **Jin, F.; Li, Y.; Sun, S.; Li, H.** Forecasting air passenger demand with a new hybrid ensemble approach. *Journal of Air Transport. Management*, 2019,83, 101744.
- [79]. **Xie, G.; Wang, S.; Lai, K.K.** Short-term forecasting of air passenger by using hybrid seasonal decomposition and least squares support vector regression approaches. *Journal of Air Transport. Management*, 2014, 37, 20–26.
- [80] **Gunter, U.; Zekan, B.** Forecasting air passenger numbers with a GVAR model. *Annals of Tourism Research*, 2021, 89, 103252.
- [81] **Xu, S.; Chan, H.K.; Zhang, T.** Forecasting the demand of the aviation industry using hybrid time series SARIMA-SVR approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2018, 122, 169–180.
- [82] **Scarpel, R.A.** Forecasting air passengers at São Paulo International Airport using a mixture of local experts model. *Journal of Air Transport. Management*, 2013, 26, 35–39.
- [83]. **Zhou, W.; Cheng, Y.; Ding, S.; Chen, L.; Li, R.** A grey seasonal least square support vector regression model for time series forecasting. *ISA Transportation*, 2020, 114, 82–98.
- [84] **Wong, H.L.** Time Series Forecasting with Stochastic Markov Models Based on Fuzzy Set and Grey Theory., *Applied Mechanics and Materials*, 2015, 764–765, 975–978.
- [85] **Liang, X.; Zhang, Q.; Hong, C.; Niu, W.; Yang, M.** Do Internet Search Data Help Forecast Air Passenger Demand Evidence From China’s Airports. *Frontiers in Psychology*, 2022, 13, 809954.
- [86] **Li, X.; Groot, M.D.; Bck, T.** Using forecasting to evaluate the impact of COVID-19 on passenger air transport demand. *Decision Sciences*, 2021.
- [87]. **Barczak, A.; Dembińska, I.; Rozmus, D.; Szopik-Depczyńska, K.** The Impact of COVID-19 Pandemic on Air Transport Passenger Markets-Implications for Selected EU Airports Based on Time Series Models Analysis. *Sustainability*, 2022, 14, 4345.
- [88] **Karlaftis, M.G.; Zografos, K.G.; Papastavrou, J.D.; Charnes, J.M.** Methodological Framework for Air-Travel Demand Forecasting. *Journal of Transportation Engineering*, 1996, 122, 96–104.
- [89]. **Maldonado, J.** Strategic Planning—An Approach to Improving Airport Planning under Uncertainty. Master’s Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA, 1990. Appl. Sci. 2023, 13, 2384 23 of 23

- [90] **Mierzejewski, E.A.** A New Strategic Urban Transportation Planning Process; Center for Urban Transportation Research, University of South Florida: Tampa, FL, USA, 1995.
- [91] **Flyvbjerg, B.; Holm, M.K.S.; Buhl, S.L.** How (In)accurate Are Demand Forecasts in Public Works Projects: The Case of Transportation. *Journal of the American Planning Association*, 2005, 71, 131–146.
- [92] **Nicolaisen, M.S.; Driscoll, P.A.** Ex-Post Evaluations of Demand Forecast Accuracy: A Literature Review. *Transport Reviews*, 2014, 34, 540–557.
- [93]. **Odeck, J.; Welde, M.** The accuracy of toll road traffic forecasts: An econometric evaluation. *Transportation Research Part A Policy Pract.*, 2017, 101, 73–85.
- [94] **Djakaria, I.** Djalaluddin Gorontalo Airport Passenger Data Forecasting with Holt's-Winters' Exponential Smoothing Multiplicative Event-Based Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, 1320, 012051.
- [95]. **Kochkina, E.; Radkovskaya, E.; Denezhkina, K.** Analysis and forecasting of performance indicators of air transport facilities. *E3S Web Conf.* 2021, 291, 08009.
- [96] **Miller K. S., Ross B.,** (1993). An Introduction to Fractional Calculus and Fractional Differential Equations. John Wiley-Interscience Publication. New York, Toronto, Singapore.
- [97] **Valério, D., Machado, J. T., & Kiryakova, V.** (2014). Some pioneers of the applications of fractional calculus. *Fractional Calculus and Applied Analysis*, 17(2), 552-578.
- [98] **Magin, R. L.** (2010). Fractional calculus models of complex dynamics in biological tissues. *Computers & Mathematics with Applications*, 59(5), 1586-1593.
- [99] **Hilfer, R. (Ed.).** (2000). Applications of fractional calculus in physics. World scientific.
- [100] **Jumarie, G.** (2006). New stochastic fractional models for Malthusian growth, the Poissonian birth process and optimal management of populations. *Mathematical and Computer Modelling*, 44(3-4), 231-254.
- [101] **Bozkurt, G.** (2018). Kesirli Türevler, Kesirli İntegraller ve Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi.
- [102] **Baleanu, D., Güvenç, Z. B., & Machado, J. T. (Eds.).** (2010). New trends in nanotechnology and fractional calculus applications (p. C397). New York: Springer.
- [103] **Fellah Z. A., Ogam E., Fellah M., Depollier C.** (2021). Factorization à la Dirac Applied to Some Equations of Classical Physics. *Mathematics*, 2021, 9, 899. <https://doi.org/10.3390/math9080899>

- [104] **H. W. Park, J. Choe, J. M. Kang** (2000) Pressure Behavior of Transport in Fractal Porous Media Using a Fractional Calculus Approach, *Energy Sources*, 22:10, 881-890, DOI: 10.1080/00908310051128237.
- [105] **Ross, B.** (1975). A brief history and exposition of the fundamental theory of fractional calculus, in: B. Ross (Ed.), *Fractional Calculus and Its Applications*, in: Lect. Notes Math. (pp.1–36).
- [106] **Sun, H., Zhang, Y., Baleanu, D., Chen, W., & Chen, Y.** (2018). A new collection of real world applications of fractional calculus in science and engineering. *Communications in Nonlinear Science*.
- [107] **Dimeas, I., Petras, I., & Psychalinos, C.** (2017). New analog implementation technique for fractional-order controller: A DC motor control. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*.
- [108] **Demirbilek, İ.** (2019). Çocuk Gelişiminin Kesirli Kalkülüs ile Modellenmesi ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [109] **Önal, N. Ö., Karaçuha, K., Erdinç, G. H., Karaçuha, B. B., & Karaçuha, E.** (2019). A mathematical approach with fractional calculus for the modelling of children's physical development. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2019.
- [110] **Önal, N. Ö., Karacuha, K., & Karacuha, E.** “Modelling on Economic Growth and Telecommunication Sector of Turkey Using a Fractional Approach Including Error Minimizing”, In 3rd Asia-Pacific Conference on Applied Mathematics and Statistics, Sydney, (2020).
- [111] **Önal, N. Ö., Karacuha, K., & Karacuha, E.** (2020). A comparison of fractional and polynomial models: Modelling on number of subscribers in the Turkish mobile telecommunications market. *International Journal on Applied Physics and Mathematics*, 41-48,10.
- [112] **Önal Tuğrul, N.Ö., Ergün, E., Köseoğlu, D. C., Karaçuha, K., Şimşek, K., Karaçuha, E.** (2021). Modeling af Telecommunication Revenue as a Percentage of Gross Domestic Product's for Countries With Fractional Calculus. *The Journal of Cognitive Systems*, 6(1), 28-34.
- [113] **Karaçuha, K., Sağlamol, S. A., Ergün, E., Önal Tuğrul, N.Ö., Şimşek, K., Karaçuha, E.** (2022). Mathematical Modeling of European Countries' Telecommunication Investments. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, c. 9, sy. 3, ss. 1028–1037, 2022, doi: 10.31202/ecjse.1053776.
- [114] **Önal Tuğrul, N.Ö., Başer, C., Ergün, E., Karaçuha, K., Tabatadze, V., Eker, S., Karaçuha, E., Şimşek, K.** (2022). Modeling Of Mobile And Fixed Broadband Subscriptions Of Countries With Fractional Calculus. *Transport and Telecommunication Journal*, 23(1),1-10.

- [115] **Ergün, E., İbişoğlu, E., Önal Tuğrul, N.Ö., Karaçuha, K., Helvacı, M., Karaçuha, E.** (2021). Modeling Internet Access at Home by Using Fractional Calculus and Analysis with Human Development Index. *Telecommunications Policy* (In Review).
- [116] **Karaçuha, E., Tabatadze, V., Karacuha, K., Önal, N. Ö., & Ergün, E.** (2020). Deep Assessment Methodology Using Fractional Calculus on Mathematical Modeling and Prediction of Gross Domestic Product per Capita of Countries. *Mathematics*, 8(4), 633.
- [117] **Karaçuha, E., Önal, N. Ö., Ergün, E., Tabatadze, V., Alkaş, H., Karaçuha, K., Tontus, Ö. & Nu, N. V. N.** (2020). “Modeling and Prediction of the Covid-19 Cases With Deep Assessment Methodology and Fractional Calculus”, *IEEE Access*, 8: 164012-164034.
- [118] **Önal Tuğrul, N.Ö.** (2022). Kesirli Kalkülüs Ve Derin Değerlendirme Yaklaşımı İle G-8 Ülkeleri Ve Türkiye İçin Ekonomik Verilerin Modellenmesi, Etki Faktörlerinin Analizi Ve Öngörü Çalışması. Doktora Tezi.
- [119] **Şimşek, Y.** (2011). Kesirli Hesaplar ve Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi.
- [120] **Leibniz, G. W.** (1697). Letter from Hanover, Germany, to J. Wallis, Leibnizen. *Mathematische Schriften*, Vol. 4, p. 25. Olms Verlag., Hildesheim.
- [121] **Euler, L.** (1738). De progressionibus transcendentibus, sevquarum termini generales algebraice dari nequent. *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Scientiarum Petropolitanae*, 5, 55.
- [122] **Fourier, J. B. J.** (1822). Theorie Analytique de la Chaleur, in Oeuvres de Fourier. Paris (Firmin Didot), 1, 508.
- [123] **Caputo, M.** (1967). Linear model of dissipation whose q is almost frequency independent II. *Geophysical Journal International*, 13, 529–539.
- [124] **Riemann, B.** (1876). Versuch einer allgemeinen Auffassung der Integration und Differentiation. *Gesammelte Werke*, 62.
- [125] **Liouville, J.** (1832). Mémoire sur quelque Question de Géométrie et de Mécanique, et sur un genre de calcul pour résoudre ces questions. *Journal de l'École polytechnique*, 13, 1–69.
- [126] **Grünwald, A.** (1867). Über “begrenzte” Derivationen und deren Anwendung. *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik*, 12, 441–480.
- [127] **Letnikov, A.** (1868). Theory of differentiation with an arbitrary index. *Matematicheskii Sbornik*, 3, 1–68.
- [128] **Ross, B.** (1975). A brief history and exposition of the fundamental theory of fractional calculus, in: B. Ross (Ed.), *Fractional Calculus and Its Applications*, in: Lect. Notes Math. (pp.1–36).

- [129] **Hong, J., Chu, Z., Wang, Q.,** (2011). Transport infrastructure and regional economic growth: evidence from China. *Transportation* 38, 737-752.
- [130] **Önal Tuğrul N. Ö., Karaçuha E.** (2022). Modeling And Impact Factor Analysis Of Exports And Imports Using M-DAM And Fractional Calculus. 40th EBES Conference, July 6-8, 2022 Istanbul, Turkey.
- [131] **Önal Tuğrul N. Ö., Karaçuha, K., Ergün, E., Tabatadze, V., Karaçuha E.** (2022). An Economical Review Via Multi-Deep Assessment Methodology: A Novel Modeling, Impact Factor Analysis, And Prediction Approach Using Fractional Calculus, *Applied Mathematical Modelling*, In Review





EKLER

EK A: Çok fonksiyon girdili birinci mertebeden türevli ve türevsiz yaklaşımın uygulamasında kullanılan veriseti.



EK A: Çok fonksiyon girdili birinci mertebeden türevli ve türevsiz yaklaşımın uygulamasında kullanılan veriseti.

Çizelge A.1: Çin 2011-2019 yılları arası faktörlerin verileri.

Faktörler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
f1	292,16	318,48	352,80	390,88	436,18	487,96	551,23	611,44	659,63
f2	16764,87	15568,75	16053,73	17822,58	19805,63	21304,59	23323,61	25256,21	25394,59
f3	2,98	3,07	3,40	3,64	3,90	4,25	4,71	5,08	5,38
f4	332,00	336,00	354,00	373,00	383,00	405,00	420,00	425,00	430,00
f5	19,88	20,11	21,83	24,23	27,13	29,88	33,57	36,33	37,75
f6	154,00	157,00	165,00	171,00	178,00	188,00	193,00	194,00	194,00
f7	498,90	503,86	551,77	613,60	704,76	794,46	835,80	911,51	970,33
f8	321,00	324,67	358,06	401,38	463,79	544,52	601,51	665,06	701,52
f9	748,18	751,75	838,43	923,14	1036,44	1181,87	1328,97	1474,88	1577,20
f10	2869,00	3002,00	3136,00	3315,00	3554,00	3794,00	4062,00	4322,00	4641,00
f11	1345,04	1354,19	1363,24	1371,86	1379,86	1387,79	1396,22	1402,76	1407,75
f12	17,01	18,68	17,58	17,46	12,93	11,12	14,59	17,49	16,61
f13	1,28	1,37	1,08	1,17	1,79	0,96	0,66	0,79	0,81
f14	2008,85	2175,09	2355,59	2462,90	2360,15	2197,92	2429,28	2651,01	2631,00
f15	5,61	6,30	7,02	7,64	8,02	8,09	8,82	9,91	10,14
f16	3763,72	4168,62	4620,87	4973,34	5089,32	5050,62	5555,98	6244,65	6280,52
f17	3312,19	3775,50	4260,63	4594,23	4656,29	4667,69	5153,28	5952,96	6115,04
f18	280,07	241,21	290,93	268,10	242,49	174,75	166,08	235,37	187,17
f19	1825,40	1943,22	2119,38	2241,29	2003,26	1944,48	2208,50	2564,11	2496,15
f20	5,55	2,62	2,62	1,92	1,44	2,00	1,59	2,07	2,90
f21	4,55	4,57	4,59	4,61	4,63	4,53	4,44	4,28	4,52
f22	30,10	31,20	32,00	33,00	34,00	35,20	36,40	38,10	38,90

Çizelge A.2: Fransa 2011-2019 yılları arası faktörlerin verileri.

Faktörler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
f1	64,19	64,68	63,93	63,43	65,04	65,36	68,32	70,19	71,29
f2	5068,76	4626,15	4327,13	4151,29	4098,31	4155,41	4260,60	4443,79	4522,59
f3	1,10	1,15	1,13	1,11	1,12	1,17	1,20	1,22	1,20
f4	368,00	375,00	383,00	392,00	390,00	397,00	384,00	394,00	388,00
f5	83,99	84,88	87,32	91,72	96,00	99,82	107,85	115,47	121,50
f6	312,00	315,00	321,00	333,00	332,00	337,00	325,00	335,00	332,00
f7	851,06	857,58	844,57	846,95	862,47	915,55	943,79	961,11	947,80
f8	327,87	335,95	356,44	371,82	383,72	388,58	403,63	431,07	448,62
f9	346,93	353,82	375,95	390,26	402,02	407,46	422,87	450,98	468,34
f10	2869,00	3002,00	3136,00	3315,00	3554,00	3794,00	4062,00	4322,00	4641,00
f11	65,34	65,66	66,00	66,31	66,55	66,72	66,92	67,10	67,25
f12	16,26	17,44	16,61	14,71	10,67	8,40	9,82	11,29	10,34
f13	1,98	1,91	2,01	1,79	1,49	1,39	1,53	1,64	1,71
f14	823,71	795,26	836,58	853,50	777,54	780,38	834,70	915,68	893,55
f15	43,79	40,87	42,59	43,01	36,64	37,04	38,69	41,57	40,58
f16	608,71	572,48	597,43	615,05	539,96	543,79	579,14	637,33	638,75
f17	664,44	607,26	626,51	647,72	553,77	558,74	606,70	665,52	664,88
f18	44,21	32,94	31,59	5,80	42,83	32,80	35,87	77,49	57,48
f19	868,99	818,54	854,55	878,81	759,72	762,46	828,74	912,87	888,23
f20	2,11	1,95	0,86	0,51	0,04	0,18	1,03	1,85	1,11
f21	8,81	9,40	9,92	10,29	10,35	10,05	9,41	9,02	8,41
f22	30,10	31,20	32,00	33,00	34,00	35,20	36,40	38,10	38,90

Çizelge A.3: İngiltere 2011-2019 yılları arası faktörlerin verileri.

Faktörler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
f1	111,60	115,42	118,61	124,90	131,51	143,78	151,16	165,39	142,39
f2	6280,25	6243,54	6031,57	5974,83	5423,17	5512,67	5915,64	6198,37	5851,19
f3	1,62	1,64	1,64	1,68	1,73	1,84	1,89	1,89	1,89
f4	453,00	459,00	464,00	466,00	469,00	472,00	474,00	485,00	486,00
f5	159,88	161,77	168,38	177,75	188,48	202,86	215,25	221,13	228,30
f6	386,00	390,00	395,00	399,00	403,00	406,00	409,00	422,00	423,00
f7	1243,50	1294,31	1315,53	1364,26	1402,96	1522,42	1577,47	1587,76	1596,61
f8	617,49	629,65	631,18	657,17	688,71	740,83	779,36	810,29	826,71
f9	638,21	642,08	643,74	669,29	701,46	753,56	792,15	822,79	838,84
f10	2869,00	3002,00	3136,00	3315,00	3554,00	3794,00	4062,00	4322,00	4641,00
f11	63,26	63,70	64,13	64,60	65,12	65,61	66,06	66,46	66,84
f12	12,84	13,95	13,53	11,81	8,09	6,28	8,12	10,09	8,19
f13	2,13	2,17	2,12	1,92	1,69	1,46	1,41	1,53	1,57
f14	821,69	814,03	834,89	867,94	803,70	768,78	812,04	884,88	892,63
f15	42,28	42,69	43,71	47,79	45,40	41,50	40,86	43,65	43,07
f16	396,65	399,43	424,45	487,74	477,32	440,36	457,90	484,31	487,85
f17	423,52	432,93	461,09	542,21	523,05	484,95	492,00	522,06	514,25
f18	27,01	46,75	54,47	58,89	45,33	324,81	125,36	-25,06	2,24
f19	848,43	847,53	871,29	922,26	849,47	813,00	845,04	922,68	918,94
f20	3,86	2,57	2,29	1,45	0,37	1,01	2,56	2,29	1,74
f21	8,04	7,88	7,52	6,11	5,30	4,81	4,33	4,00	3,74
f22	30,10	31,20	32,00	33,00	34,00	35,20	36,40	38,10	38,90

Çizelge A.4: ABD 2011-2019 yılları arası faktörlerin verileri.

Faktörler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
f1	730,80	736,70	743,17	762,71	798,22	824,04	849,40	889,02	926,74
f2	39621,91	39111,34	37113,56	38225,20	37866,22	38657,92	41591,55	42985,30	42498,26
f3	9,78	9,83	9,73	9,59	9,57	9,69	9,80	10,06	10,28
f4	916,00	920,00	922,00	933,00	941,00	936,00	928,00	922,00	916,00
f5	99,88	101,91	106,13	111,03	117,64	124,88	131,60	139,95	143,97
f6	238,00	240,00	240,00	252,00	265,00	263,00	259,00	261,00	254,00
f7	1376,70	1398,81	1424,59	1471,13	1507,64	1559,97	1599,48	1647,85	1651,94
f8	1134,77	1139,79	1173,89	1261,42	1358,34	1449,66	1521,01	1587,88	1620,70
f9	2208,18	2215,94	2270,78	2381,59	2535,72	2685,63	2809,69	2948,25	3030,03
f10	2869,00	3002,00	3136,00	3315,00	3554,00	3794,00	4062,00	4322,00	4641,00
f11	311,58	313,88	316,06	318,39	320,74	323,07	325,12	326,84	328,33
f12	20,44	18,64	16,76	14,85	8,66	7,26	8,48	9,25	8,18
f13	0,71	0,97	0,94	0,76	0,73	0,71	0,62	0,67	0,71
f14	2143,56	2247,45	2313,12	2392,61	2280,05	2238,34	2390,78	2538,63	2528,37
f15	49,88	51,60	53,11	55,05	56,86	58,02	60,11	63,06	65,28
f16	2332,41	2634,20	2888,68	3113,18	3365,84	3388,70	3573,18	3828,91	4030,63
f17	2969,18	3242,79	3426,42	3646,75	3859,76	3844,98	4049,75	4340,40	4566,25
f18	263,50	250,35	288,13	251,86	511,43	474,39	380,82	214,32	302,20
f19	2695,48	2769,32	2766,38	2887,45	2794,85	2738,36	2923,69	3129,70	3115,99
f20	3,16	2,07	1,46	1,62	0,12	1,26	2,13	2,44	1,81
f21	8,95	8,07	7,37	6,17	5,28	4,87	4,36	3,90	3,67
f22	30,10	31,20	32,00	33,00	34,00	35,20	36,40	38,10	38,90

Çizelge A.5: Hindistan 2011-2019 yılları arası faktörlerin verileri.

Faktörler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
f1	74,00	72,15	75,59	82,72	98,93	119,58	139,75	164,04	167,50
f2	1702,70	1579,23	1733,76	1851,33	1833,85	1893,88	2407,10	2703,96	1938,23
f3	0,85	0,87	0,86	0,90	0,98	1,12	1,25	1,42	1,45
f4	161,00	163,00	164,00	168,00	161,00	168,00	177,00	190,00	197,00
f5	27,89	28,16	30,60	33,16	36,47	39,63	43,12	45,43	46,43
f6	81,00	82,00	84,00	88,00	85,00	87,00	90,00	95,00	97,00
f7	248,82	255,96	269,62	283,16	302,77	328,48	361,87	385,59	381,50
f8	184,97	183,40	187,96	200,26	212,16	231,03	253,97	273,00	268,46
f9	259,10	257,48	265,69	285,11	306,50	344,93	384,34	426,05	428,93
f10	2869,00	3,00	3,14	3,32	3,55	3,79	4,06	4,32	4,64
f11	1250,29	1265,78	1280,84	1295,60	1310,15	1324,52	1338,68	1352,64	1366,42
f12	34,03	37,97	39,52	38,51	26,78	25,04	27,72	33,19	31,88
f13	1,22	1,25	1,26	1,10	1,09	0,97	1,02	1,06	0,99
f14	446,38	443,85	468,27	485,58	428,63	430,43	489,40	537,04	546,03
f15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
f16	596,29	600,47	595,25	640,93	642,95	697,53	808,90	804,78	812,02
f17	721,75	700,85	631,72	698,76	675,60	692,40	821,48	866,25	880,21
f18	36,50	24,00	28,15	34,58	44,01	44,46	39,97	42,12	50,61
f19	566,67	571,31	527,56	529,24	465,10	480,17	582,02	639,01	601,58
f20	8,86	9,31	11,06	6,65	4,91	4,95	3,33	3,95	3,72
f21	5,43	5,41	5,42	5,44	5,43	5,42	5,36	5,33	5,27
f22	30,10	31,20	32,00	33,00	34,00	35,20	36,40	38,10	38,90

Çizelge A.6: Singapur 2011-2019 yılları arası faktörlerin verileri.

Faktörler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
f1	26,51	29,14	31,73	33,64	33,59	35,37	38,09	40,40	43,05
f2	7300,80	6899,37	6360,12	6051,74	6331,93	6695,81	5062,99	6947,44	6411,99
f3	0,31	0,31	0,33	0,33	0,33	0,34	0,36	0,37	0,37
f4	129,00	130,00	133,00	133,00	135,00	145,00	153,00	157,00	158,00
f5	6,33	6,34	6,62	6,64	6,59	6,90	7,25	7,57	7,91
f6	127,00	129,00	132,00	132,00	134,00	144,00	151,00	155,00	156,00
f7	153,77	154,02	163,39	163,05	165,06	171,56	177,84	185,01	186,37
f8	114,97	119,67	119,16	118,98	120,51	125,92	132,63	142,46	149,27
f9	237,91	239,33	238,32	237,96	241,03	251,84	265,26	284,93	298,53
f10	2869,00	3002,00	3136,00	3315,00	3554,00	3794,00	4062,00	4322,00	4641,00
f11	5,18	5,31	5,40	5,47	5,54	5,61	5,61	5,64	5,70
f12	32,02	32,10	30,13	30,03	20,96	17,49	22,09	23,72	20,97
f13	1,67	1,68	1,66	1,58	1,47	1,29	1,38	1,57	1,58
f14	568,01	580,51	600,01	604,39	549,42	525,13	587,40	665,70	658,54
f15	53,89	55,55	56,97	57,56	55,65	56,85	61,18	66,68	65,64
f16	151,26	158,86	162,78	166,19	162,17	169,68	187,55	208,54	202,38
f17	74,56	86,35	92,21	92,66	78,09	84,39	93,82	93,95	92,32
f18	49,16	55,31	64,39	68,70	69,77	67,91	100,79	83,11	120,44
f19	491,02	509,01	528,92	530,57	465,35	441,72	496,64	557,51	552,69
f20	5,25	4,58	2,36	1,03	-0,52	-0,53	0,58	0,44	0,57
f21	3,89	3,72	3,86	3,74	3,79	4,08	4,20	3,64	3,10
f22	30,10	31,20	32,00	33,00	34,00	35,20	36,40	38,10	38,90

Çizelge A.7: Türkiye 2011-2019 yılları arası faktörlerin verileri.

Faktörler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
f1	53,50	63,35	74,41	84,57	96,60	100,37	107,92	115,60	111,13
f2	1544,27	1933,68	2296,04	2630,33	2882,16	3493,93	4800,24	5949,21	6815,51
f3	0,26	0,29	0,36	0,40	0,44	0,45	0,45	0,48	0,47
f4	299,00	303,00	326,00	340,00	357,00	361,00	355,00	364,00	379,00
f5	32,48	38,46	42,24	44,98	49,95	43,17	45,86	56,79	65,67
f6	256,00	260,00	280,00	292,00	305,00	309,00	304,00	313,00	327,00
f7	326,79	341,69	385,43	440,03	494,72	486,41	484,86	530,39	597,82
f8	144,88	149,27	169,76	197,04	227,21	231,78	233,54	259,96	296,04
f9	158,08	169,49	196,00	226,42	260,70	267,82	271,17	299,82	331,72
f10	2869,00	3002,00	3136,00	3315,00	3554,00	3794,00	4062,00	4322,00	4641,00
f11	73,44	74,65	75,93	77,23	78,53	79,83	81,12	82,34	83,43
f12	8,19	8,73	8,44	8,55	7,13	6,02	7,10	8,96	7,20
f13	2,45	2,54	2,59	2,06	1,58	1,42	1,50	1,49	1,29
f14	183,65	205,52	226,27	235,58	210,35	198,97	222,70	237,54	244,99
f15	11,42	11,80	12,61	12,16	11,01	10,89	10,59	9,45	9,12
f16	198,67	211,01	236,36	240,49	226,22	224,89	232,02	226,76	210,28
f17	260,04	247,20	283,69	271,99	243,73	243,68	263,66	228,69	190,63
f18	16,18	13,74	13,56	13,34	19,26	13,84	11,04	12,82	9,27
f19	254,23	250,69	275,21	268,17	229,54	219,55	255,32	244,45	228,41
f20	6,47	8,89	7,49	8,85	7,67	7,78	11,14	16,33	15,18
f21	8,80	8,15	8,73	9,88	10,24	10,84	10,82	10,89	13,67
f22	30,10	31,20	32,00	33,00	34,00	35,20	36,40	38,10	38,90

Çizelge A.8: Almanya 2011-2019 yılları arası faktörlerin verileri.

Faktörler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
f1	107,04	105,98	109,06	112,35	117,22	116,71	114,16	109,80	109,63
f2	7716,76	7236,98	7335,70	7184,15	6986,41	6942,71	7901,65	7969,86	7763,62
f3	1,56	1,56	1,52	1,53	1,56	1,61	1,64	1,71	1,70
f4	394,00	396,00	398,00	411,00	421,00	425,00	422,00	437,00	425,00
f5	110,78	112,59	114,78	120,43	129,81	139,21	147,87	156,93	160,97
f6	360,00	362,00	364,00	377,00	388,00	392,00	390,00	404,00	393,00
f7	1301,78	1302,37	1278,11	1286,81	1322,76	1367,84	1404,11	1464,93	1455,81
f8	448,86	455,82	461,50	481,09	502,23	523,95	545,42	564,91	574,68
f9	468,87	470,69	475,63	495,52	516,57	538,82	559,97	579,83	589,71
f10	2869,00	3002,00	3136,00	3315,00	3554,00	3794,00	4062,00	4322,00	4641,00
f11	80,27	80,43	80,65	80,98	81,69	82,35	82,66	82,91	83,09
f12	13,41	14,23	14,03	12,18	9,26	7,17	7,70	8,85	8,49
f13	1,92	1,96	1,79	1,80	1,58	1,39	1,43	1,64	1,76
f14	1687,12	1633,41	1695,36	1771,82	1574,77	1597,59	1736,42	1880,38	1812,90
f15	46,64	43,86	46,29	47,96	41,09	42,11	44,54	47,95	46,79
f16	993,89	910,63	963,50	1048,22	917,53	948,16	1032,77	1115,97	1080,56
f17	762,77	716,80	742,87	778,35	671,91	703,84	751,50	837,10	830,89
f18	97,54	65,44	67,20	19,49	62,42	64,71	109,51	158,52	67,62
f19	1503,34	1418,24	1480,41	1514,76	1319,86	1341,80	1475,42	1635,19	1593,26
f20	2,08	2,01	1,50	0,91	0,51	0,49	1,51	1,73	1,45
f21	5,82	5,38	5,23	4,98	4,62	4,12	3,75	3,38	3,14
f22	30,10	31,20	32,00	33,00	34,00	35,20	36,40	38,10	38,90



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Kevser ŞİMŞEK

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2005, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği (İngilizce)
- **Yüksek lisans** : 2010, NewYork Üniversitesi, Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı, Elektrik Mühendisliği Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2017 yılından beridir Türk Hava Yolları, Turkish Technology Arge Merkezi'nde kıdemli veri analisti olarak çalışmaktadır.

DOKTORA TEZİ SÜRESİNCE TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Şimşek, K., Karaçuha, E.** (2022). Mathematical Modeling Of Aviation Data Via Deep Assessment Methodology Using Fractional Calculus. *4th International Congress on Engineering Sciences and Multidisciplinary Approaches*, Kasım 3-5, 2022 İstanbul, Türkiye. ISBN: 978-625-7367-68-4, 526-536.
- **Şimşek, K., Tuğrul, N.Ö.Ö., Karaçuha, K., Tabatadze, V., Karaçuha, E.** (2024). Modeling and Predicting Passenger Load Factor in Air Transportation: A Deep Assessment Methodology with Fractional Calculus Approach Utilizing Reservation Data. *Fractal Fract.* 2024, 8, 214. <https://doi.org/10.3390/fractalfract8040214>
- **Şimşek, K., Tuğrul, N.Ö.Ö., Çam, İ., Karaçuha, K., Tabatadze, V., Karaçuha, E.** (2024). A Novel Method For Modeling And Predicting Transportation Data Via Multi Deep Assessment Methodology And Fractional Calculus. *Transport and Telecommunication*, Vol.25,no.2, 136-149. <https://doi.org/10.2478/ttj-2024-0010>
- **Karaçuha, K., Sağlamol, S. A., Ergün, E., Önal Tuğrul, N.Ö., Şimşek, K., Karaçuha, E.** (2022). Mathematical modeling of European countries' telecommunication investments. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, c. 9, sayı. 3, ss. 1028-1037, Eyl. 2022, doi:10.31202/ecjse.1053776

- **Önal Tuğrul, N.Ö., Başer, C., Ergün, E., Karaçuha, K., Tabatadze, V., Eker, S., Karaçuha, E., Şimşek, K.** (2022). "Modeling of mobile and fixed broadband subscriptions of countries with fractional calculus." *Transport and Telecommunication Journal*, 23.1, 1-10.
- **Önal Tuğrul, N.Ö., Ergün, E., Köseoğlu, D. C., Karaçuha, K., Şimşek, K., Karaçuha, E.** (2021). "Modeling of telecommunication revenue as a percentage of gross domestic product's for countries with fractional calculus." *The Journal of Cognitive Systems* 6.1 (2021), 28-34.
- **Çam, İ., Önal Tuğrul, N.Ö., Şimşek, K. et al.** (2023). "The effects of the investment decisions of telecommunications firms on their financial performance during the COVID-19 pandemic." *Empir Econ* <https://doi.org/10.1007/s00181-023-02525-4>

