

**MEKÂNSAL PANEL VERİ MODELLERİ: HAVACILIK
SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**SPATIAL PANEL DATA MODELS: AN APPLICATION IN
AVIATION INDUSTRY**

ARZU ÇUBUKÇU

DOÇ. DR. SEMRA TÜRKAN
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
İstatistik Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2020

ÖZET

MEKÂNSAL PANEL VERİ MODELLERİ: HAVACILIK SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Arzu ÇUBUKÇU

Yüksek Lisans, İstatistik Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Semra TÜRKAN

Aralık 2020, 65 sayfa

Coğrafi birimlerin (şehirler, ülkeler, eyaletler, bölgeler vb.) olduğu veriler analiz edilirken komşu birimlerin birbirleri üzerinde mekânsal etkisinin olup olmadığı araştırılmalıdır. Çünkü birbirine yakın olan coğrafi birimlerin yani mekânların, birbirini etkileyeceği varsayılır. Coğrafi birimlerin olduğu veriler analiz edilirken mekânsal etkileri de dikkate alan mekânsal modeller kullanılır. Hem coğrafi birimler hem de zaman serisi içeren verilerin analizinde ise mekânsal panel veri modelleri kullanılır.

Bu tez çalışması kapsamında Türkiye'deki havalimanlarına ait 2013-2018 yılları arasındaki havacılık verileri ve ekonometrik değişkenlerin havalimanı terminal gelirleri üzerindeki mekânsal etkisi incelenmiş ve veri seti hem klasik panel veri modelleri hem de mekânsal panel veri modelleri ile analiz edilmiştir. Bu amaçla havalimanları arasındaki mesafeleri dikkate alan mekânsal ağırlık matrisi oluşturulmuş, bu ağırlık matrisi kullanılarak mekânsal panel veri modelleri uygulanmıştır. Model seçim kriterlerine göre en iyi modele karar verilmiş ve model sonuçları yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Panel Veri Analizi, Mekânsal Etkiler, Mekânsal Panel Veri Analizi, Havacılık Sektörü, Hausman Testi, Moran I Testi, Getis-Ord Testi, Mekânsal Panel, Mekânsal Bağımlılık, Mekânsal Hata Modeli, Mekânsal Gecikme Modeli

ABSTRACT

SPATIAL PANEL DATA MODELS: AN APPLICATION IN AVIATION INDUSTRY

Arzu ÇUBUKÇU

Master's Degree, Department of Statistics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Semra TÜRKAN

December 2020, 65 pages

When analyzing the data with geographical units (cities, countries, states, regions, etc.), it should be investigated whether neighboring units have spatial effects on each other. Because it is assumed that geographical units, namely places, which are close to each other, namely places, will affect each other. When analyzing the data with geographical units, spatial models taking into account the spatial effects are used. Spatial panel data models are used in the analysis of data that includes both geographical units and time series.

Within the scope of this thesis, the spatial effect of aviation data and econometric variables on airport terminal revenues of airports in Turkey between 2013 and 2018 were examined with both classical panel data models and spatial panel data models. For this purpose, a spatial weight matrix was created considering the distances between airports, and spatial panel data models were applied using this weight matrix. The best model was decided according to the model selection criteria and the model results were interpreted.

Keywords: Panel Data Analysis, Spatial Effects, Spatial Panel Data Analysis, Aviation Industry, Hausman Test, Moran's I Test, Getis-Ord Test, Spatial Panel, Spatial Dependence, Spatial Error Model, Spatial Lag Model

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER.....	v
TABLolar DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. PANEL VERİ ANALİZİ	4
2.1. Panel Veri Kavramı	4
2.2. Panel Veri Analizi.....	6
2.2.1. Panel Veri Analizinin Üstün ve Zayıf Yönleri	7
2.3. Panel Veri Modelleri.....	8
2.3.1. Klasik Model.....	9
2.3.1.1. Havuzlanmış En Küçük Kareler Yöntemi	9
2.3.2 Sabit Etki Modelleri.....	10
2.3.2.1. Sabit Etki Modellerinde Parametre Tahmin Yöntemleri	11
2.3.2.1.1. Grup İçi Tahmin Yöntemi.....	11
2.3.2.1.2. Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi.....	12
2.3.3. Tesadüfi (Rastgele) Etki Modelleri.....	13
2.3.3.1. Tesadüfi Etkilerde Parametre Tahmin Yöntemleri.....	13
2.3.3.1.1. Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi.....	13
2.3.3.1.2. En Çok Olabilirlik Yöntemi.....	14
2.4. Panel Veri Modellerinde Temel Varsayımlar	16
2.4.1 Otokorelasyon	17
2.4.2 Değişen Varyanslılık.....	18
2.4.3 Birimler Arası Korelasyon (Yatay Kesit Bağımlılığının) Testi.....	19
2.5. Model Seçimi İçin Kullanılan Testler.....	20
2.5.1. F Testi	21
2.5.2. Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı (LM) Testi.....	22
2.5.3. Hausman Testi	22
3. MEKÂNSAL PANEL VERİ MODELLERİ	24
3.1 Mekânsal Etkiler	25
3.1.1. Mekânsal Bağımlılık.....	25
3.1.2 Mekânsal Değişkenlik.....	25
3.2. Mekânsal Ağırlık (Komşuluk) Matrisi	26

3.3. Mekânsal Regresyon Modelleri	28
3.3.1. Yuvalanmış Mekânsal Model (GNS).....	28
3.3.2. Mekânsal Gecikme Modeli (SAR).....	29
3.3.3. Mekânsal Hata Modeli (SEM)	30
3.3.4. Mekânsal Durbin Modeli (SDM).....	30
3.3.5. Genel Mekânsal Model (SAC).....	30
3.4. Mekânsal Panel Veri Modelleri.....	31
3.4.1. Klasik Model.....	31
3.4.2. Sabit Etkili Mekânsal Gecikme, Hata ve Durbin Modelleri	33
3.4.3. Tesadüfi Etkili Mekânsal Gecikme, Hata ve Durbin Modelleri.....	34
3.5. Mekânsal Bağımlılığın Belirlenmesi.....	34
3.5.1. Moran I Testi.....	34
3.5.2. Geary C Testi	35
3.6. Model Seçimi İçin Kullanılan Testler	35
3.6.1. Mekânsal Bağımlılığın Testi	36
3.6.2. Hausman Testi.....	37
4. TÜRKİYE’DE HAVACILIK SEKTÖRÜNDEKİ GELİŞMELER VE MEKÂNSAL PANEL VERİ ANALİZİ	38
4.1. Türkiye’de Sivil Havacılık Sektörü.....	38
4.2. Türk Sivil Havacılığının Dünyadaki Yeri	41
4.3. Mekânsal Panel Veri Uygulaması	43
4.3.1. Uygulamanın Konusu ve Amacı	43
4.3.2. Kullanılan Değişkenler ve Veri Seti.....	44
4.3.3. Tahmin Edilen Modellere İlişkin Sonuçlar	48
5. SONUÇ	57
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ŞEKİLLER

Şekil 1 : İç Hatlarda Türkiye Havalimanlarının 2003 - 2019 Karşılaştırması	39
Şekil 2 : Dış Hatlarda Türkiye Havalimanlarının 2003 - 2019 Karşılaştırması	41
Şekil 3 : Türkiye Sivil Hava Trafikğine Açık Havalimanları	46
Şekil 4 : Havalimanlarına İlişkin Ağırlıklandırmaların Gösterimi	48

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1 : Panel Veri Kümesi	5
Tablo 2 : Değişen Varyanslılık Testleri	18
Tablo 3 : Birimler Arası Korelasyon Testleri.....	20
Tablo 4 : Mekânsal Panel Veri Modellerinin Sınıflandırılması	31
Tablo 5 : Türkiye’de İç ve Dış Hat Yolcu Sayısının Yıllara Göre Dağılımı	40
Tablo 6 : 2016 Dünya Yolcu Sayısı Sıralamaları.....	42
Tablo 7 : Veri Seti	44
Tablo 8 : Tanımlayıcı İstatistikler	46
Tablo 9 : Korelasyon Matrisi	46
Tablo 10 : Mekansal Ağırlık Matrisi (Öklid).....	47
Tablo 11 : Mekânsal Panel Regresyon Model Sonuçları	49
Tablo 12 : Hausman Testi Sonuçları	51
Tablo 13 : Birimler (Mekanlar) Arası Korelasyon Testi.....	52
Tablo 14 : SAR Modeli Sonuçları.....	54
Tablo 15 : Panel Veri Modelleri.....	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

EKK	En Küçük Kareler Yöntemi
GEKK	Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi
RE	Rastgele Etkiler
SE(FE)	Sabit Etkiler
LM	Lagrange Çarpanı
GLS	Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi
GMM	Genelleştirilmiş Momentler Modeli
EKK(OLS)	En Küçük Kareler Yöntemi
HEKK(POLS)	Havuzlanmış En Küçük Kareler Yöntemi
GNS	Yuvalanmış Mekânsal Model
SAC	Genel Mekânsal Model
SAR	Mekânsal Gecikme Modeli
SDM	Mekânsal Durbin Modeli
SEM	Mekânsal Hata Modeli
SDEM	Mekânsal Durbin Hata Modeli
SLX	Bağımsız Değişkeni Mekânsal Gecikmeli Model
SPGMM	Mekânsal Otoregresif Genelleştirilmiş Momentler Modeli
DHMI	Devlet Hava Meydanları İşletmesi
TCMB	Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

Dünyadaki tüm ülkelerin ortak amacı ekonomide, sanayi ve ticarete gelişerek yoksulluğun önüne geçmektir. Bu amaçlarla bir araya gelinmesini sağlayan, ortak ticari ilişkilere ön ayak olan, kültürleri buluşturan en önemli araçlardan biri de ulaştırma sektörü ve özellikle de havayolu ulaşımıdır. Havacılık sektörü ile uluslararası ticaret, turizm ve yabancı yatırım olanakları gelişerek dünyanın dört tarafındaki insanlar arasında bağlantı kurulması kolaylaşmaktadır [19].

Türkiye’de 1933 yılında iç hatlarda ilk ticari uçuşlar İstanbul-Eskişehir-Ankara seferinde, 1947 yılında ise dış hatlarda Ankara-İstanbul-Atina seferinde gerçekleşmiştir. Havayolu yolcu talebi Türkiye’de ekonomik ya da politik herhangi bir kriz olmadığı sürece devamlı artmaktadır. Ayrıca yurtdışı seferlerindeki artış ve maliyeti düşük havayolu şirketlerinin de pazara girmesi dış hat uçuşlarına olan talebi de sürekli olarak arttırmıştır [21].

Ekonometri, iktisat teorisinin matematik ve istatistiksel modeller yardımıyla analiz ve tahmin edilmesi ile oluşan birden fazla disiplini içeren bir bilim dalıdır. Ekonometrik verilerin analizinde yatay kesit, zaman serisi ve panel verinin yanı sıra son yıllarda coğrafi bilgi sistemlerindeki gelişmeler ile birlikte mekânsal etkilerin analizi de yaygınlaşmıştır [24].

Havalimanı servis ağındaki gelişmeler, ülkelerin ekonomik olarak büyümesine ve bölgesel kalkınmaya katkıda bulunmaktadır. Havalimanları için yapılan çalışmalar genellikle etkinlik ve verimlilik üzerine yoğunlaşırken, aynı zamanda havalimanı faaliyeti çalışmalarında konum bilgisinin rolü de oldukça önemlidir. Bu sebeple, havalimanı kıyaslama ve geliştirme politikalarını incelemek için havalimanlarının yerleri ve mekânsal etkilerinin dikkate alınması gerekmektedir.

Tez çalışmasında havacılık sektörüne ait verilerin mekânsal panel veri modelleri ile analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda ilk olarak panel veri analizi tanıtılmış, sabit etkiler ve tesadüfi etkiler panel veri modelleri açıklanmıştır. Ayrıca panel veri modellerindeki varsayımlar ve model seçiminde kullanılan testler verilmiştir. Daha sonra mekânsal panel veri modelleri açıklanmıştır. Bu kapsamda mekânsal etkiler, mekânsal bağımlılık testleri ve mekânsal ağırlık matrislerinin oluşturulması, mekânsal regresyon ve mekânsal panel veri modelleri verilmiştir. Mekânsal panel veri model seçiminde kullanılan testlerden bahsedilmiştir.

Çalışmada, havalimanlarının verimliliğinin ve gelişiminin incelenmesi için terminal gelirlerini etkileyen faktörleri belirleyerek havalimanı planlama süreçlerine fayda sağlamak amaçlanmaktadır. Analiz edilen havalimanlarının enlem ve boylam değerleri ile ölçülen mekânsal etkileri hesaba katan gelir modeli 2013-2018 yılları arasındaki veriler kullanılarak tahmin edilmiştir. Mekânsal panel regresyon modelleri kapsamında yolcu sayısı, yük miktarı (ton), tüfe gelişmekte olan ülkeler bazlı reel efektif döviz kuru, gelen turist sayısı, reel gayri safi yurtiçi hasıla (RGSYH) değişkenleri bağımsız değişkenler, reel terminal gelirleri ise bağımlı değişken olarak alınmıştır.

Mekansal panel veri konusunda son yıllarda yapılan bazı çalışmalara kısaca aşağıda yer verilmiştir:

Daraban ve Fournier [30], mekânsal panel veri ekonometrisi yardımıyla, ABD havayolu endüstrisinde, düşük maliyetli taşıyıcılar (LCC) ile komşu havayolu rotaları arasındaki mekânsal bağımlılığı modellemiştir.

Fischer ve ark. [31], Avrupa'daki bölgelerde Ar-Ge çalışmalarının endüstri düzeyinde bölgesel üretkenliğe katkısını araştırmışlardır. Bu amaçla Ar-Ge çıktısının bir ölçüsü olan patent verilerini kullanarak Ar-Ge çıktısının etkilerini tahmin etmek için mekânsal otokorelasyona sahip sabit etkiler paneli veri regresyon modelini uygulamışlardır.

Elhorst [32], çalışmasında mekânsal bağımlılık ve mekânsal heterojenliğin dahil edildiği panel veri modellerini incelemiştir. Ayrıca uygulamalı araştırmalarda yaygın olarak kullanılan sabit etkiler, rastgele etkiler, sabit katsayılar ve rastgele katsayılar panel veri modelleri ile geleneksel modelleri karşılaştırmıştır.

Millo ve Piras [33], çeşitli mekânsal panel veri modellerinin tahmini ve testi için kullanılabilen “splm” R paketini geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, hem en çok olabilirlik hem de genelleştirilmiş moment tahmin edicilerinin uygulamasını sabit ve rastgele etkiler mekânsal panel veri modellerini kullanarak ele almışlardır.

Chen ve ark. [34], Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzeydoğusundaki toplu taşıma (karayolları, demiryolları, transit ve havaalanları) altyapısının bölgesel etkisini incelemiştir. Çalışmada, mekânsal bağımlılığı kontrol ederek verileri sabit etkiler mekânsal panel veri modelleri ile modellemiştir.

Tesfay [35], Avrupa Havayolları Birliği'nde Avrupa'nın Kuzey Atlantik (NA) ve Orta Atlantik (MA) uçuşları için en uygun yük faktörü eğilimini elde etmek için gelişmiş stokastik modelleri uygulamıştır. Çalışmada 1991-2013 arasındaki dönem için NA ve MA aylık yük faktörü uçuşlarında spektral yoğunluk tahmini ve dinamik zaman etkileri paneli veri regresyon modellerini kullanılmıştır.

Chen ve ark. [36], 2002-2012 yılları arasında Çin havaalanlarının enlem ve boylam verilerinin kullanarak maliyet fonksiyonunu analiz etmek için mekânsal ekonometrik modelleri kullanmışlardır. Bu sayede ülke çapında havaalanlarının dağılımını açıklayan faktörleri belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda Çin'deki havaalanlarının gelişimleri için, Çin'in farklı bölgeleri arasındaki mekânsal ilişkiyi göz önünde bulundurması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır. Maliyet verimliliğini artırmak için, havaalanlarının daha ekonomik olarak gelişmiş alanlarda bulunması gerektiğini belirtmişlerdir.

Literatür çalışmasında Türkiye'de havalimanları verileri kullanılarak mekânsal panel regresyon analizinin uygulandığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

2. PANEL VERİ ANALİZİ

2.1. Panel Veri Kavramı

Ekonometrik çalışmalarda, kullanılacak modele uygun, güvenilir veriyi bulmak en önemli aşamalardan biridir. Bu tip araştırmalarda üç tip veriden söz edilir. Bunlar; yatay kesit verileri, zaman serisi verileri ve panel verilerdir [10]. Bir değişkenin sabit bir zaman biriminde, yani zamanın belirli bir noktasındaki değişimin incelendiği veri yapılarına yatay kesit verileri denir. Bir değişkenin zaman etkisine göre değişiminin incelendiği veri yapılarına ise zaman serileri adı verilir.

Ekonometrik çalışmalarda, yatay kesit ve zaman serisi verilerini bir arada görmek mümkündür. Yatay kesit ve zaman serisi veri yapısı arasındaki en büyük fark serilerin sıralanış biçimlerinden kaynaklanmaktadır. Zaman serileri sıralamasında değişiklik yapılamayan, belirli bir zaman aralığına göre dizilen veri yapılarıdır. Yatay kesit verilerinde ise birimlere göre değişim olduğu halde birimlerin zorunlu bir sıralanışı yoktur. Sıralamadaki değişimin parametre tahminleri üzerinde bir etkisi olmasa bile, otokorelasyon (hataların ardışık bağımlılığı) gibi sıralamanın etkili olduğu varsayımlarda tahmin sonuçlarına etki edecektir.

Değişkenlerin belirli bir dönemde meydana getirdiği değişimi inceleyen yapılara “panel veri” denir. Panel veriler, yatay kesit verilerin bir zaman aralığında bir araya getirilmesiyle oluşur. Örneğin, çeşitli markalardaki telefonların 2003 ile 2007 yılları arasındaki fiyatlarını içeren verilerin olduğu varsayalım. 2004’teki farklı markaların fiyatları incelenmek istenirse, bu veriler yatay kesit verileridir. Bunun yerine 2003, 2004, 2005, 2006 ve 2007 yıllarındaki A markasının fiyatı incelenirse, bu veriler zaman serisi verileridir. Eğer 2003, 2004, 2005, 2006 ve 2007 yıllarında dört farklı markanın da fiyatları incelenmek istenirse, bu veriler panel verilerdir. [6].

Panel veri, her birimin (bireyler, hane halkları, ülkeler, firmalar, vb.) iki ya da daha çok zaman noktasında gözlemlenmesinden oluşur. Panel veride, N sayıda birim ve her birime karşılık gelen T sayıda zaman noktası vardır. Veriler, aynı dönemdeki zaman serisi verilerinin yatay kesiti olabileceği gibi, aynı birimlerden oluşan yatay kesit verilerin zaman serisi de olabilirler. Bu durum Tablo 1’deki gibi gösterebilir:

Tablo 1 : Panel Veri Kümesi

Aynı dönemdeki zaman serisi verilerinin yatay kesiti		Aynı birimlerden oluşan kesit verilerinin zaman serisi	
Zaman	Ülke	Ülke	Zaman
2018	Türkiye	Türkiye	2018
2018	Almanya	Türkiye	2019
2018	İngiltere	Türkiye	2020
2019	Türkiye	Almanya	2018
2019	Almanya	Almanya	2019
2019	İngiltere	Almanya	2020

Panel veriler, gözlemlerin birim ve zaman boyutuna göre dengeli ve dengesiz panel veri adını alır. Dengeli panel veri kümesinde her bir yatay kesit aynı sayıda zaman dönemine (T_i) göre gözlemlenirken, dengesiz panel veri kümesinde zaman dönemi her birim için farklıdır. Diğer bir deyişle, her birim tüm zaman periyotlarında gözlemleniyorsa dengeli, bazı zaman periyotlarında gözlemlenmiyorsa dengesiz panel veri adı verilir [5].

Panel verinin her bir biriminin kendine özgü özellikleri vardır. Birimlerin özelliklerini yansıtan değişkenlere birim etki denir. Birim etkisi, zamana göre sabit, birimlere göre değişkendir. Her bir zaman diliminin kendine ait özelliklerini yansıtan değişken zaman etkisidir. Zaman etkisi, birimlere göre sabit zamana göre değişkendir [10].

2.2. Panel Veri Analizi

Zaman boyutlu yatay kesit veriler yani panel veriler ile oluşturulan modeller aracılığıyla ekonometrik ilişkilerin tahmin edilmesi yöntemine panel veri analizi denir. Panel regresyon modeli, panel veri yapısı kullanılarak tahmin edilen bir regresyon modelidir. Panel veri regresyonu, zaman serisi veya yatay kesit regresyonundan farklıdır, çünkü değişkenler hem zaman hem de birim indisi ile ifade edilir. Genel olarak doğrusal panel regresyon modeli;

$$y_{it} = \beta_{0it} + \beta_{1it}x_{1it} + \beta_{2it}x_{2it} + \dots + \beta_{kit}x_{kit} + u_{it} \quad i=1, \dots, N; t=1, \dots, T \quad (1)$$

$$y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_{kit}x_{kit} + u_{it}, \quad i=1, \dots, N; t=1, \dots, T \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitlik (2)'de

N : Yatay kesit birim sayısı,

T : Zaman periyodu sayısı (Genelde $N > T$),

y_{it} : Bağımlı değişkenin t zamanında i.birim değeri,

x_{kit} : k.bağımsız değişkenin t zamanında i.birim değeri,

β_{0it} : Sabit terim,

β_{kit} : $k \times 1$ boyutlu bilinmeyen parametreler vektörü,

u_{it} : Hata terimidir.

Eşitlik (2)'deki panel veri modelinde hata bileşeni genellikle Eşitlik (3)'teki gibi ifade edilir:

$$u_{it} = \mu_i + v_{it} \quad (3)$$

Eşitlik (3)'te μ_i gözlemlenemeyen birime özgü etkiyi, v_{it} ise artıkları belirtir [3]. u_{it} ise sıfır ortalama ve sabit varyansa sahip tüm zaman ve birimler için özdeş ve bağımsız olarak normal dağılan hataları göstermektedir.

Regresyon modellerinde geçerli olan testler, değişen varyanslılık, otokorelasyon vb. varsayım bozulmaları, fonksiyonel gösterim vb. gibi durumlar panel veri analizlerinde de geçerlidir. Klasik regresyon modellerindeki gibi, bir bağımlı değişken ve bir ya da daha fazla bağımsız değişken vardır. Model istatistiksel ya da ekonometrik olduğu için hata terimi de modelin bir parçasıdır. Değişkenler zamana ve birimlere göre değişimi gösterdiğinden her ikisi için de farklı indisler modelde yer alır [6].

2.2.1. Panel Veri Analizinin Üstün ve Zayıf Yönleri

Yatay kesit veriler ya da zaman serisi verileri yerine panel veri kümesi ile çalışmanın bazı üstün ve zayıf yönleri vardır. Panel veri analizinin üstün yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Yatay kesitteki veri birimlerinin heterojen olduğunu varsayarak bu birimlerin değişkenliğinin kontrol edilmesi sağlanır.
2. Panel veri kümesi zaman serisi ve yatay kesit verilerinin birleşimi olduğundan gözlem sayısı çoktur ve daha çok bilgi içermektedir.
3. Zaman serilerine göre panel verilerde değişkenler arasında çoklu bağlantı sorunu daha azdır.
4. Ekonometrik olarak ilgilenilen çoğu ilişki (işsizlik, gelir dağılımı, enflasyon, istihdam vb.) yapıları gereği dinamiktir. Panel veri kümesi, bu değişkenler ile çalışıldığında daha iyi sonuçlar verir.
5. Diğer serilere göre daha karmaşık modeller kurma ve test etme olanağı vardır.
6. Mikro düzeydeki panel veriler (bireyler, hane halkı vb.) makro düzeyde benzer değişkenlere göre yanlılığın giderilebilmesinden dolayı daha doğru olarak ölçülebilir [5].
7. Büyük örneklem söz konusu olduğunda, durağan olmayan zaman serisi analizlerinde En Küçük Kareler (EKK) ya da En Çok Olabilirlik (EÇO) tahmin edicileri normal dağılıma sahip değildir ancak panel veri analizlerinde, bu tahmin ediciler asimptotik olarak normal dağılmaktadır [4].

Panel veri analizinin zayıf yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Hata terimi, zaman serisine özgü sapmayı, yatay kesite özgü sapmayı ve panel veri modeline özgü sapmayı taşıdığından çoğu zaman panel veri modellerinde hata terimi sapmalıdır.
2. Yatay kesit bağımlılığını hesaba katmayan panel veri modelleri yanıltıcı sonuçlara sebep olmaktadır.
3. Zaman serisinin kısa olması, modelin asimptotik özelliklerin fazla olduğu birim sayısına bağlı olmasına yol açmaktadır [10].

2.3. Panel Veri Modelleri

Panel veri modelleri parametrelerin ve sabit terimin birimlere ve zamana bağlı değişimine göre sınıflanabilir:

Klasik Model: Sabit terim (β_0) ve eğim parametrelerinin (β_k) birim ve zamana göre değişmediği modellerdir. Klasik panel veri modeli Eşitlik (4)'teki gibi ifade edilir:

$$y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N ; t = 1, \dots, T \quad (4)$$

Eşitlik (4)'te hata terimi u_{it} 'nin ortalamasının sıfır, varyansının ise σ_u^2 ile normal dağıldığı varsayılır. Ayrıca, hem birimlere hem de zamana göre hataların varyansının sabit ve her bir birim için gözlemlerin ilişkisiz olduğu varsayılır.

Birim Etki Modeli: Bu modellerde eğim parametreleri (β_k) birim ve zamana göre değişmezken, sabit terim (β_{0i}) birimden birime değişmektedir. Birim etki modeli Eşitlik (5)'teki gibi ifade edilir:

$$y_{it} = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N ; t = 1, \dots, T \quad (5)$$

Birim ve Zaman Etki Modeli: Bu modellerde eğim parametreleri (β_k) birim ve zamana göre değişmezken, sabit terim (β_{0it}) ise birim ve zamana göre değişmektedir. Birim ve zaman etki modeli Eşitlik (6)'daki gibi ifade edilir:

$$y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N ; t = 1, \dots, T \quad (6)$$

Sabit terim (β_{0i}) ve eğim parametrelerinin (β_{ki}) zamana göre sabitken, birimlere göre değişken olduğu panel veri modeli Eşitlik (7)'deki gibi ifade edilir:

$$y_{it} = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^K \beta_{ki} x_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (7)$$

Sabit terim (β_{0it}) ve eğim parametrelerinin (β_{kit}) zamana ve birimlere göre değişken olduğu panel veri modeli Eşitlik (8)'deki gibi ifade edilir:

$$y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_{kit} x_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (8)$$

Bu modellerden uygulamada en çok kullanılanları sırasıyla (5) ve (6) eşitliklerinde belirtilen birim etki modeli ve birim ve zaman etki modelleridir. Bu modellere ayrıca “Sabit parametresi değişken modeller” de denilmektedir [10].

Sabit parametresi değişken panel veri modelleri klasik modeller, sabit etkili modeller ve tesadüfi etkili modeller olarak gruplandırılmaktadır. Daha önce de bahsedildiği üzere klasik model, parametrelerin birime ve zaman göre değişmediği, sabit ve tesadüfi etkili modeller ise sabit parametrenin birime ve zamana göre değiştiği modellerdir. Bu modellerde değişim sabit ise sabit etkiler, tesadüfi ise tesadüfi etkiler söz konusudur [9].

2.3.1. Klasik Model

Bütün katsayıların sabit olduğu modellere klasik model adı verilir. Katsayılar birimlere ya da zamana göre değişmemektedir. Klasik model Eşitlik (4)'te gösterilmiştir. Klasik model tahmininde havuzlanmış en küçük kareler (HEKK) yöntemi kullanılmaktadır. Doğrusal panel veri modelindeki hata teriminin sıfır ortalama ve sabit varyanslı olması yani $E(u_{it}) = 0$ ve $E(u_{it}^2) = \sigma_u^2$ varsayımı sağlanmadığında genelleştirilmiş en küçük kareler (GLS) tahmin edicisi, HEKK tahmin edicisine göre daha etkilidir [4].

2.3.1.1. Havuzlanmış En Küçük Kareler Yöntemi

Panel veri modelinde yer alan sabit ve eğim parametrelerinin, birimlere ve/veya zamana göre değişmediği, gözlemlerin homojenlik gösterdiği varsayımı altında kullanılan tahmin yöntemidir. Eşitlik (4)'teki klasik model vektör-matris formunda Eşitlik (9)'daki gibi gösterilir:

$$y = X\beta + u \quad (9)$$

Eşitlik (9)'da y $NT \times 1$ boyutlu yanıt vektörü, X $NT \times k$ boyutlu gözlem matrisi, β $k \times 1$ boyutlu bilinmeyen katsayılar vektörü ve u $k \times 1$ boyutlu hata vektörüdür. HEKK tahmin edicileri, hata kareler toplamını $(\sum (y_i - \hat{y}_i)^2)$ minimum yapan tahmin edicilerdir. Hata kareler toplamının β 'ya göre türevi alınıp sifira eşitlendiğinde HEKK tahmin edicisi Eşitlik (10)'daki gibi elde edilir:

$$\hat{\beta}_{HEKK} = (X'X)^{-1} X'y \quad (10)$$

HEKK tahmin edicilerinin “Doğrusal En İyi Yansız Tahmin Edici” özelliğini taşıması için aşağıdaki varsayımları sağlaması gerekir:

- a. Hata terimleri ile açıklayıcı değişkenler arasında ilişki olmamalıdır $(E(u_i / x_{1i}, \dots, x_{ki}) = 0)$.
- b. Hata terimleri aynı varyansa sahip olmalıdır $(Var(u_i / x_{1i}, \dots, x_{ki}) = \sigma^2)$.
- c. Hata terimleri arasında ilişki olmamalıdır $(Cor(u_{it}u_{is} / x_{it}x_{is}) = 0, t \neq s)$.
- d. Hata terimleri, ortalaması sıfır ve varyansı σ^2 olan normal dağılım göstermelidir $(u_i \sim N(0, \sigma^2))$ [11].

2.3.2 Sabit Etki Modelleri

Sabit etki modellerinde, sabit terim birimlere veya zamana ya da hem birimlere hem de zamana göre değişirken, eğim parametreleri ise tüm birimlerde ve tüm zaman periyotlarında değişmemektedir. Sabit etki modelleri Eşitlik (11)'deki gibi gösterilir:

$$y_{it} = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N ; t = 1, \dots, T \quad (11)$$

Eşitlik (11)'de sabit terim (β_{0i}) , birimlere göre sabit ise model

$$y_{it} = \beta_{0t} + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + u_{it} \quad (12)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitlik (12)'de sabit terim (β_{0t}) birimlere ve zamana göre değişirse model,

$$y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + u_{it} \quad (13)$$

şeklinde ifade edilir. Bu modellerde bağımsız değişkenlerin birim etki ile ilişkili ama hata terimi ile ilişkisiz olduğu varsayılır [9].

Eşitlik (11) ve Eşitlik (13)'teki sabit etki modellerinde,

$$\beta_{0it} = \beta_{0i} = \bar{\beta} + \mu_i \quad (14)$$

olduğu varsayılmaktadır. β_{0i} birim etkiyi de içeren sabit terimi ve μ_i birim etkiyi göstermektedir. Bu nedenle, sabit etki modelinde sadece sabit parametre değişmekte ve bu parametre zamana göre değişirken birimlere göre farklılık göstermektedir.

2.3.2.1. Sabit Etki Modellerinde Parametre Tahmin Yöntemleri

Sabit etki panel veri modellerinde parametre tahmininde, kukla değişkenli EKK, grup içi tahmin yöntemi, gruplar arası tahmin yöntemi, genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi, esnek genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi ve en çok olabilirlik yöntemi kullanılır. Parametre tahmininde yaygın olarak kullanılan tahmin yöntemleri grup içi tahmin yöntemi ve genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemidir. Bu nedenle tez çalışmasında bu yöntemler alt bölümlerde detaylı olarak verilmiştir.

2.3.2.1.1. Grup İçi Tahmin Yöntemi

Grup içi tahmin yönteminde, açıklayıcı değişkenlerin grup içi ortalamaları hesaplanır ve her bir birim için zaman serisi gözlemlerinden farkı alınarak dönüşüm yapılır. Birimler arası farklılık sabit terim ile ifade edilir. Sabit etkili panel regresyon modeli Eşitlik (15)'teki gibi ifade edilir:

$$y_{it} = \beta_0 + x_{it}'\beta + \mu_i + u_{it} \quad i=1, \dots, N \quad t=1 \dots T \quad (15)$$

Eşitlik (15)'de μ_i birim etkiyi göstermektedir ve x_{it} , $k \times 1$ boyutlu gözlemlere ilişkin vektördür. Zaman boyutuna göre ortalama alındığında Eşitlik (15),

$$\bar{y}_i = \beta_0 + \bar{x}_i'\beta + \mu_i + \bar{u}_i \quad (16)$$

şeklinde elde edilir. Eşitlik (15)'ten Eşitlik (16) çıkarılırsa,

$$(y_{it} - \bar{y}_i) = (x_{it} - \bar{x}_i)' \beta + (u_{it} - \bar{u}_i) \quad (17)$$

elde edilir. Eşitlik (17)'deki model,

$$\ddot{y}_{it} = \ddot{x}_{it}' \beta + \ddot{u}_{it} \quad i=1, \dots, N \quad t=1 \dots T \quad (18)$$

şeklinde ifade edilirse $\ddot{y}_{it} \equiv y_{it} - \bar{y}_i$, $\ddot{x}_{it} \equiv x_{it} - \bar{x}_i$ ve $\ddot{u}_{it} \equiv u_{it} - \bar{u}_i$ 'dir. β 'nın grup içi tahmin edicisi en küçük kareler yöntemi ile

$$\beta^{grupiçi} = \left[S_{xx}^{grupiçi} \right]^{-1} S_{xy}^{grupiçi} \quad (19)$$

şeklinde elde edilir [11]. Burada $S_{xx}^{grupiçi} = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_i)(x_{it} - \bar{x}_i)'$ ve

$$S_{xy}^{grupiçi} = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_i)(y_{it} - \bar{y}_i)' \text{ dir [4].}$$

2.3.2.1.2. Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi

Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (GEKK) Yöntemi, varyans homojenliği ve hataların ilişkisiz olması varsayımları sağlanmadığı durumda kullanılması önerilmektedir. Bu varsayımlar aşağıdaki nedenlerden dolayı sağlanmamaktadır:

1. Koşullu ve koşulsuz varyans matrisleri birbirine eşit olmadığında ($E(u_i u_i' | X_i, \mu_i) \neq E(u_i u_i')$)

2. Koşullu ve koşulsuz varyans matrisleri birbirine eşit olmasına rağmen bazı durumlarda koşulsuz varyans matrisi sabit olmadığında ($E(u_i u_i') \neq \sigma^2 I_T$).

Hatalara ilişkin varsayımlar sağlanmadığında, u_{it} 'nin varyansı değişmekte ve hata terimleri arasında korelasyon meydana gelmektedir. Bu durumda, dirençli varyans matrisi kullanılabilir ya da GEKK yöntemi ile tahmin yapılmalıdır [10]. Genelleştirilmiş en küçük kareler tahmin edicisi Eşitlik (20)'deki gibi elde edilir:

$$\hat{\beta}_{GEKK} = \left(\sum_{i=1}^N \ddot{X}_i' \Omega^{-1} \ddot{X}_i \right)^{-1} \left(\sum_{i=1}^N \ddot{X}_i' \Omega^{-1} \ddot{y}_i \right) \quad (20)$$

Burada $E(u_i u_i' | X_i, \mu_i) = \Omega$ 'dır.

2.3.3. Tesadüfi (Rastgele) Etki Modelleri

Tesadüfi etki modellerinde, birimlere veya birimlere ve zamana göre meydana gelen değişimler, modelde hata teriminin bir bileşeni olarak bulunmaktadır. Tesadüfi etki modellerinde birim etkisi, sabit değil rasgele olduğundan sabit terim olarak değil hata payı içerisinde yer alır. Buna göre hata;

$$u_{it} = v_{it} + \mu_i \quad (21)$$

şeklinde gösterilir. Burada μ_i birim hatadır. Eşitlik (21)'e göre tesadüfi etki panel regresyon modeli,

$$y_{it} = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^K \beta_{ki} x_{kit} + u_{it} \quad (22)$$

şeklinde ifade edilir [1]. x_{it} verildiğinde y_{it} 'nin koşullu varyansı $\sigma_u^2 = \sigma_v^2 + \sigma_\mu^2$ olup σ_v^2 ve σ_μ^2 varyans bileşenleridir. Bu nedenle tesadüfi etki modeline “Varyans Bileşenleri Modeli” de denilmektedir.

Eşitlik (21)'deki hatanın varyans-kovaryans matrisi aşağıdaki gibidir:

$$\Omega = E(u_i u_i') = \begin{bmatrix} \sigma_\mu^2 + \sigma_v^2 & \sigma_\mu^2 & \dots & \sigma_\mu^2 \\ \sigma_\mu^2 & \sigma_\mu^2 + \sigma_v^2 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \sigma_\mu^2 \\ \sigma_\mu^2 & \sigma_\mu^2 & \sigma_\mu^2 & \sigma_\mu^2 + \sigma_v^2 \end{bmatrix}$$

2.3.3.1. Tesadüfi Etkilerde Parametre Tahmin Yöntemleri

Tesadüfi etki modellerinin tahmininde geliştirilmiş EKK, esnek geliştirilmiş en küçük kareler, en çok olabilirlik ve geliştirilmiş tahmin eşitliği yöntemleri kullanılmaktadır. Tez çalışmasında geliştirilmiş en küçük kareler ve en çok olabilirlik yöntemleri detaylı olarak alt bölümlerde incelenmiştir.

2.3.3.1.1. Geliştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi

Geliştirilmiş en küçük kareler tahmin edicisi,

$$\hat{\beta}_{GEKK} = \left[\sum_{i=1}^N \bar{X}_i' \Omega^{-1} \bar{X}_i \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^N \bar{X}_i' \Omega^{-1} \bar{y}_i \right] \quad (23)$$

şeklinde elde edilir. Burada $\Omega = \sigma_\mu^2(\mathbf{I}_N \otimes \mathbf{J}_T) + \sigma_v^2(\mathbf{I}_N \otimes \mathbf{I}_T)$ olup \mathbf{J} tüm elemanları 1'lerden oluşan matristir. Bu eşitlikte \mathbf{J}_T 'nin yerine $T\bar{\mathbf{J}}_T$ ve \mathbf{I}_T 'nin yerine ise $\mathbf{E}_T = \mathbf{I}_T - \bar{\mathbf{J}}_T$ olmak üzere $\mathbf{E}_T + \bar{\mathbf{J}}_T$ yazılırsa

$$\begin{aligned}\Omega &= T\sigma_\mu^2(\mathbf{I}_N \otimes \bar{\mathbf{J}}_T) + \sigma_v^2(\mathbf{I}_N \otimes \mathbf{E}_T) + \sigma_v^2(\mathbf{I}_N \otimes \bar{\mathbf{J}}_T) = (T\sigma_\mu^2 + \sigma_v^2)(\mathbf{I}_N \otimes \bar{\mathbf{J}}_T) + \sigma_v^2(\mathbf{I}_N \otimes \mathbf{E}_T) \\ &= \sigma_1^2 \mathbf{P} + \sigma_v^2 \mathbf{Q}\end{aligned}\quad (24)$$

olarak elde edilir. Burada \mathbf{P} ve \mathbf{Q} matrisleri:

- Simetrik ve idempotent matrislerdir ($\mathbf{P}' = \mathbf{P}$ ve $\mathbf{P}^2 = \mathbf{P}$),
- Ortogonal matrislerdir ($\mathbf{P}\mathbf{Q} = \mathbf{0}$),
- Toplamları birim matrise eşittir ($\mathbf{P} + \mathbf{Q} = \mathbf{I}$) [3, 11].

Eşitlik (24)'te $\sigma_1^2 = T\sigma_\mu^2 + \sigma_v^2$ olup Ω 'nın tersi

$$\Omega^{-1} = \left(\frac{1}{\sigma_1^2}\right)\mathbf{P} + \left(\frac{1}{\sigma_v^2}\right)\mathbf{Q}\quad (25)$$

olarak elde edilir. Eşitlik (23)'te, Eşitlik (25)'te bulunan Ω 'nın tersi yerine yazılırsa genelleştirilmiş en küçük kareler tahmin edicisi,

$$\hat{\beta}_{GEKK} = \left[\sum_{i=1}^N \bar{\mathbf{X}}_i' \left(\left(\frac{1}{\sigma_1^2}\right)\mathbf{P} + \left(\frac{1}{\sigma_v^2}\right)\mathbf{Q} \right) \bar{\mathbf{X}}_i \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^N \bar{\mathbf{X}}_i' \left(\left(\frac{1}{\sigma_1^2}\right)\mathbf{P} + \left(\frac{1}{\sigma_v^2}\right)\mathbf{Q} \right) \bar{\mathbf{y}}_i \right]\quad (26)$$

şeklinde elde edilir [11].

2.3.3.1.2. En Çok Olabilirlik Yöntemi

Tesadüfi etki modellerinde u_{it} ve μ_i 'nin rastgele ve normal dağıldığı durumlarda olabilirlik fonksiyonunun logaritması Eşitlik (27)'deki gibi yazılır:

$$\text{Log}L = -\frac{NT}{2} \log 2\Pi - \frac{N}{2} \log |\Omega| - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (y_i - l\beta_0 - X_i\beta)' \Omega^{-1} (y_i - l\beta_0 - X_i\beta)\quad (27)$$

Eşitlik (27)'de $|\Omega| = \sigma_v^{2(T-1)} (\sigma_v^2 + T\sigma_\mu^2)$ ve l $T \times 1$ boyutlu tüm elemanları 1 olan vektördür.

Parametre vektörü $\delta' = (\beta_0, \beta', \sigma_v^2, \sigma_\mu^2)'$ 'nin en çok olabilirlik tahminleri, olabilirlik fonksiyonunun ilgili parametreye göre birinci dereceden türevinin alınıp, sıfıra eşitlenerek bulunur. Buna göre Eşitlik (27)'deki olabilirlik fonksiyonunun ilgili parametreye göre birinci dereceden türevleri Eşitlik (28)-(31) arasında verilmiştir:

$$\frac{\partial \log L}{\partial \beta_0} = \frac{T}{(\sigma_v^2 + T\sigma_\mu^2)} \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \beta_0 - \beta' \bar{X}_i) = 0 \quad (28)$$

$$\frac{\partial \log L}{\partial \beta} = \frac{1}{\sigma_v^2} \left[\sum_{i=1}^N (y_i - l\beta_0 - X_i\beta)' Q x_i - \frac{T\sigma_v^2}{(\sigma_v^2 + T\sigma_\mu^2)} \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \beta_0 - \bar{X}_i\beta) \bar{X}_i \right] = 0 \quad (29)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \log L}{\partial \sigma_\mu^2} &= \frac{N(T-1)}{2\sigma_\mu^2} - \frac{N}{2(\sigma_v^2 + T\sigma_\mu^2)} + \frac{1}{2\sigma_v^4} \sum_{i=1}^N (y_i - l\beta_0 - X_i\beta)' Q (y_i - l\beta_0 - X_i\beta) \\ &+ \frac{T}{2(\sigma_v^2 + T\sigma_\mu^2)} (\bar{y}_i - \beta_0 - \beta' \bar{X}_i)^2 = 0 \end{aligned} \quad (30)$$

$$\frac{\partial \log L}{\partial \sigma_v^2} = \frac{NT}{2(\sigma_v^2 + T\sigma_\mu^2)} + \frac{T^2}{2(\sigma_v^2 + T\sigma_\mu^2)} \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \beta_0 - \beta' \bar{X}_i)^2 = 0 \quad (31)$$

En çok olabilirlik (EÇO) tahmin edicilerini bulmak amacıyla Newton-Raphson iteratif yöntemi kullanılabilir. Bu yöntemde başlangıç değeri olarak $\hat{\delta}^{(1)}$ kullanılmaktadır.

$$\hat{\delta}^{(j)} = \hat{\delta}^{(j-1)} - \left[\frac{\partial^2 \log L}{\partial \tilde{\delta} \partial \tilde{\delta}'} \right]_{\tilde{\delta} = \hat{\delta}^{(j-1)}}^{-1} \frac{\partial \log L}{\partial \tilde{\delta}} \Big|_{\tilde{\delta} = \hat{\delta}^{(j-1)}} \quad (32)$$

j. iteratif sürece kadar tekrar etmektedir. İterasyon nerede son buluyor verilmeli.

Alternatif çözüm olarak, ardışık iteratif bir süreç de kullanılabilir:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \hat{\beta}_{0it} \\ \hat{\beta} \end{bmatrix} &= \left[\sum_{i=1}^N X_i' V^{-1} X_i \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^N X_i' V_i^{-1} y_i \right] \\ &= \left\{ \sum_{i=1}^N \begin{bmatrix} l' \\ X_i \end{bmatrix} \left[I_T - \frac{\sigma_\mu^2}{\sigma_v^2 + T\sigma_\mu^2} ll' \right] (l, X_i) \right\}^{-1} \left\{ \sum_{i=1}^N \begin{bmatrix} l' \\ X_i \end{bmatrix} \left[I_T - \frac{\sigma_\mu^2}{\sigma_v^2 + T\sigma_\mu^2} ll' \right] (y_i) \right\} \end{aligned} \quad (33)$$

Eşitlik (31), Eşitlik (32)'de yerine konulduğunda $\hat{\sigma}_u^2$,

$$\hat{\sigma}_u^2 = \frac{1}{N(T-1)} \sum_{i=1}^N (y_i - l\beta_0 - X_i\beta)'Q(y_i - l\beta_0 - X_i\beta) \quad (34)$$

olarak elde edilir. Eşitlik (31)'den $\hat{\sigma}_\mu^2$

$$\hat{\sigma}_\mu^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \hat{\beta}_0 - \bar{x}_i' \hat{\beta})^2 - \frac{1}{T} \hat{\sigma}_v^2 \quad (35)$$

biçiminde elde edilir. $\hat{\beta}_0$ ve $\hat{\beta}$ 'nin EÇÖ tahmin edicileri $\sigma_\mu^2 / (\sigma_v^2 + T\sigma_\mu^2)$ 'ye ilişkin başlangıç değerleri Eşitlik (33)'te yerine yazılır, bu denklemin çözülmesiyle ve Eşitlik (34)'ten yararlanarak σ_v^2 elde edilir. Eşitlik (33) ve Eşitlik (34)'e ait değerler Eşitlik (35)'te yerine yazılarak σ_μ^2 bulunur. Daha sonra bu süreç tekrarlanır ve yeni bulunan tahmin değerleri birbirine yakınsadığında süreç sona erer [7].

2.4. Panel Veri Modellerinde Temel Varsayımlar

Panel veri modellerinde, regresyon modelinde olduğu gibi tahminlerin geçerli olabilmesi için bazı temel varsayımların sağlanması gerekir. Bu varsayımlardan bir ya da birkaçı sağlanmadığında, tahmin edicilerin etkin olmadığı ve standart hataların yanlış olduğu sonucuna varılır. Modelin tahmininden sonra bu varsayımların test edilmesi önemlidir. Test sonucunda bu varsayımlar sağlanmıyorsa gerekli düzenlemelerin ardından yeniden tahmin yapılması gerekir. Panel veri modellerinde değişen varyanslılık, hataların ilişkili olması ve yatay kesit bağımlılığı varsayım bozulmalarının olup olmadığının test edilmesi gerekir [11].

2.4.1 Otokorelasyon

Panel veri modellerinde otokorelasyon sorunu varsa ve göz ardı ediliyorsa parametre tahminleri tutarlı fakat etkin olmayacaktır. Bununla birlikte standart hata tahminleri yanlış olacağından parametrelere ilişkin güven aralıkları hatalı olacaktır. 1982 yılında Bhargava, Franzini ve Narendranathan, Durbin Watson (DW) testini panel veri modellerine uyarlamıştır. 1995 yılında Baltagi ve Li tarafından Lagrange Çarpanları (LM) testi önerilmiştir. Panel veri modellerinde otokorelasyon sorununun olup olmadığının testinde yaygın olarak kullanılan testler DW testi ve LM testidir [9].

Otokorelasyon sorunu olup olmadığının testine ilişkin yokluk hipotezi ve karşıt hipotez aşağıdaki gibi ifade edilir:

$H_0: \rho = 0$ (Otokorelasyon yoktur.)

$H_1: |\rho| < 1$ (Otokorelasyon vardır ($\rho \neq 0$))

Panel veri modelleri için uyarlanan DW test istatistiği;

$$DW_p = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T (\tilde{u}_{it} - \tilde{u}_{it-1})^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \tilde{u}_{it}^2} \quad (36)$$

şeklinindedir. Hesaplanan DW_p istatistiğine ilişkin bulunan p değeri, anlamlılık düzeyi α 'dan büyük ise H_0 hipotezi kabul edilir. Bu durumda tahmin edilen modelde otokorelasyon sorunu olmadığı sonucuna varılır. Literatürde test istatistiğinin 2'den küçük olması pozitif otokorelasyonu, 2'den büyük olması ise negatif otokorelasyonu işaret etmektedir [11].

Baltagi ve Li tarafından önerilen Lagrange Çarpanları (LM) test istatistiği Eşitlik (37)'deki gibi belirtilir:

$$LM_H = \sqrt{\frac{NT^2}{T-1}} \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T (\hat{u}_{it} - \hat{u}_{it-1})}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{u}_{it}^2} \quad (37)$$

LM test istatistiđi, $N \rightarrow \infty$ ve $T \rightarrow \infty$ iken standart normal dađılır. Hesaplanan LM_H istatistiđine iliřkin p deđeri anlamlılık dűzeyi α 'dan bűyűk ise H_0 hipotezi kabul edilir. Bu durumda tahmin edilen modelde otokorelasyon sorunu olmadıđı sonucuna varılır [9].

2.4.2 Değişen Varyanslılık

Panel veri modellerinde birimler ve hata terimleri arasında, değişen varyanslılık sorunu yani varyansların eşitliği varsayımının sağlanmaması sorunu olduğunda yanlı olan standart hata tahmin edicilerinin etkinliği kaybolmaktadır. Değişen varyanslılık sorununu ortaya çıkarmak için sabit parametresi değişken panel veri modellerinde en yaygın kullanılan testler Tablo 2'de verilmiştir:

Tablo 2 : Değişen Varyanslılık Testleri

Model	Test
Klasik Model	Breusch-Pagan, Cook –Weisberg Testi
Sabit Etki Modeli	Değiştirilmiş Wald Testi
Tesadűfi Etki Modeli	Breusch-Pagan Lagrange arpanı Testi ve Levene, Brown ve Forsythe'nin Testleri

Tahmin edilen modelde varyansların eşitliği varsayım bozulununun olup olmadığının testinde sıfır hipotez ve karşıt hipotez aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$H_0: \sigma_i = \sigma \quad (\text{Değişen varyanslılık yoktur})$$

$$H_1: \sigma_i \neq \sigma \quad (\text{Değişen varyanslılık vardır})$$

Sabit etki modeli için değiştirilmiş Wald Test İstatistiği (W) aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$W = \sum_{i=1}^N \frac{(\hat{\sigma}_i^2 - \sigma^2)^2}{V_i} \quad (38)$$

Eşitlik (38)'de $\hat{\sigma}_i^2$, i. dereceden yatay kesit biriminin artık varyansının tahmin edicisi olup

$$\hat{\sigma}_i^2 = T_i^{-1} \sum_{t=1}^{T_i} u_{it}^2 \quad (39)$$

ve

$$V_i = \frac{(T_i - 1)}{T_i} \sum_{t=1}^{T_i} (u_{it}^2 - \hat{\sigma}_i^2)^2 \quad (40)$$

dir. Tesadüfi etki modeli için Levene Test İstatistiği (W_0),

$$W_0 = \frac{\sum i n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z})^2}{(g - 1)} \quad (41)$$

$$\frac{\sum i \sum j (Z_{ij} - \bar{Z})^2}{\sum i (n_i - 1)}$$

biçiminde hesaplanmaktadır. Burada, $Z_{ij} = |X_{ij} - \tilde{X}_i|$, $\bar{Z}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} Z_{ij}$, $\bar{Z} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} Z_{ij}$ 'dir

[11].

2.4.3 Birimler Arası Korelasyon (Yatay Kesit Bağımlılığının) Testi

Panel veri modellerinde, genel varsayımlardan biri olan, hata terimlerinin birimlere göre bağımsız olması yani yatay kesitler arasında ilişki olup olmadığını test etmek için;

- Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı Testi,
- Pesaran CD Testi,
- Friedman Sıra Korelasyon Testi
- Frees Q Testi

kullanılmaktadır. Tahmin edilen modelde yatay kesit bağımlılığı olup olmadığını testinde yokluk hipotezi ve karşıt hipotez aşağıdaki gibi ifade edilir:

$H_0: \rho_{ij} = \rho_{ji} = 0 \quad i \neq j$ için (Birimler arası korelasyon yoktur)

$H_1: \rho_{ij} = \rho_{ji} \neq 0$ bazı $i \neq j$ için (En az iki birim arasında korelasyon vardır)

Modele uygun olarak birim arasında korelasyonu test edebilmek için hangi koşullarda hangi testlerin kullanılacağı Tablo 3'te verilmiştir:

Tablo 3 : Birimler Arası Korelasyon Testleri

Model	Koşul	Test
Sabit Etkiler	N sabit, T sonsuza giderken ($T \rightarrow \infty$) ki-kare dağılımlıdır.	Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı Testi
Sabit - Tesadüfi Etkiler	$N > T$	Pesaran CD Testi
Sabit - Tesadüfi Etkiler	$T < N$, (T-1) serbestlik derecesinde ki-kare dağılımlıdır.	Friedman Sıra Korelasyon Testi
	Sıra korelasyon katsayısının karesine dayanır. (T-1) ve $T(T-3)/2$ serbestlik dereceli, Q dağılımlıdır.	Frees Q Testi

Tablo 3'te belirtilen Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı Test istatistiği (λ_{LM}),

$$\lambda_{LM} = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N r_{ij}^2 \quad (42)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Burada r_{ij}^2 i. ve j. birimlerin artıkları arasındaki korelasyon katsayısıdır. Pesaran test istatistiği (CD),

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right) \quad (43)$$

şeklinde ifade edilir. Burada, $\hat{\rho}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^T e_{it} e_{jt}}{\left(\sum_{t=1}^T e_{it}^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{t=1}^T e_{jt}^2 \right)^{1/2}}$ olup, e_{it} her bir gözleme

ilişkin EKK artıklarını gösterir [11].

2.5. Model Seçimi İçin Kullanılan Testler

Panel veri modellerinde en uygun modelin seçilebilmesinde, verilerin yapısı ve araştırmanın amacı arasında önemli bir ilişki vardır. Çalışmada kullanılacak verilerde birim ya da zaman etkisi yoksa klasik model, birim ya da zaman etkisi varsa sabit ya da tesadüfi etki modelleri kullanılabilir.

Etkilerin bağımsız (açıklayıcı) değişken ile ilişkisi, sabit ya da tesadüfi etki modellerinden uygun olanı belirlemede rol oynamaktadır. Eğer birim etki bağımsız değişken ile ilişkili ise sabit etki modelinin, birim etki bağımsız değişken ile ilişkisiz ise tesadüfi etki modelinin kullanılması daha uygundur [9]. Model seçimi sırasında hangi modelin tercih edileceğini tespit etmek için bazı testler önerilmiştir. Bu testler arasında yaygın olarak kullanılan F testi, Breusch-Pagan Lagrange Çarpımı testi ve Hausman testi alt bölümlerde detaylı olarak ele alınmıştır.

2.5.1. F Testi

Panel veri modellerinde birim ve zaman etkinin varlığına karar vermek için F testi kullanılır. Sabit etkiler modelinde parametre tahminleri en küçük kareler tahmin yöntemi ile bulunur. y_i ve X_i , i 'inci birim için T gözlemler matrisler, l , $T \times l$ boyutlu birim vektör ve ε_i , $T \times 1$ boyutlu hata vektörü olmak üzere sabit etkiler modeli,

$$y_i = l\mu_i + X_i\beta + \varepsilon_i, \quad (44)$$

şeklinde yazılabilir. Burada α_i bilinmeyen ve tahmin edilecek olan parametredir. Bu model matris formunda

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l & 0 & \dots & 0 \\ 0 & l & \dots & 0 \\ & & \vdots & \\ 0 & 0 & \dots & l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} \beta + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

ya da

$$y = [d_1 \quad d_2 \quad \dots \quad d_n \quad X] \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix} + \varepsilon$$

şeklinde de ifade edilir. Burada d_i 'ler, i 'inci birimi gösteren göstermelik değişkenlerdir. Bu model genellikle en küçük kareler göstermelik değişken (EKGD) modeli olarak bilinir. Parametre tahminleri en küçük kareler yöntemi ile elde edilir.

α_i değerlerinin anlamlı olup olmadığını test etmek için t istatistiği kullanılır. Ancak bu durumda sadece belirli bir grup için test yapılmış olur. Eğer gruplar arasındaki farklılıklar

ile ilgilenilirse sabit terimlerin hepsinin eşit olduğu $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n = 0$ şeklindeki sıfır hipotezinin F testi ile test edilmesi gerekir. Bunun için kullanılacak F test istatistiği,

$$F_H = \frac{(AKT_{Klasik} - AKT_{EKGD}) / (n-1)}{AKT_{EKGD} / (nT - n - k)} \quad (45)$$

şeklindedir. (145)'te AKT, her model için elde edilen artık kareler toplamıdır. Eğer $F_H < F_{n-,nT-n-k;\alpha}$ ise sabit terimlerin hepsinin eşit olduğu sıfır hipotezi kabul edilir. Bu durumda klasik model tercih edilir.

2.5.2. Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı (LM) Testi

Klasik model ve tesadüfi etki modelleri arasında seçim yapılırken Lagrange Çarpanı (LM) testi kullanılmaktadır. σ_μ^2 'nin sıfıra eşit olup olmadığı test edilir. Buna göre sıfır hipotez ve karşıt hipotez,

$$H_0 : \sigma_\mu^2 = 0 \text{ (Klasik modeli uygundur)}$$

$$H_1 : \sigma_\mu^2 \neq 0 \text{ (Tesadüfi etkiler modeli uygundur)}$$

şeklinde ifade edilir. Breusch-Pagan Lagrange (LM) Test istatistiği;

$$LM = \frac{NT}{2(T-1)} \left[\frac{\sum_{i=1}^N \left(\sum_{t=1}^T u_{it} \right)^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T u_{it}^2} - 1 \right]^2 \quad (46)$$

şeklinde ifade edilir [11]. Test istatistiğine ilişkin bulunan p değeri, anlamlılık düzeyi α 'dan büyük ise yokluk hipotezi kabul edilir. Yokluk hipotezi kabul edildiğinde klasik model, reddediğinde ise tesadüfi etki modelinin kullanılması uygundur.

2.5.3. Hausman Testi

Hata terimleri ve bağımsız değişkenler arasında ilişki olup olmaması (korelasyon) durumu test edilerek sabit etki ve tesadüfi etki modelleri arasında tercih yapılabilmektedir. Hausman Testi, sabit ve tesadüfi etki modellerinin tahminlerini karşılaştırmak amacıyla geliştirilmiştir. Hausman Testine ilişkin yokluk ve karşıt hipotez aşağıdaki gibi ifade edilir:

$H_0 : Cov (u_i, x_{it}) = 0$ (Hata terimleri ve bağımsız değişkenler arasında ilişki yoktur, Tesadüfi etkiler modeli uygundur)

$H_1 : Cov (u_i, x_{it}) \neq 0$ (Hata terimleri ve bağımsız değişkenler arasında ilişki vardır, Sabit etkiler modeli uygundur)

Hangi modelin kullanılacağına karar verilirken tahmin edicilerin kovaryans matrisleri arasındaki farkın anlamlılığı k serbestlik dereceli χ^2 (ki-kare testi) ile test edilir. Hausman test istatistiği,

$$H = (\hat{\beta}_{SE} - \hat{\beta}_{RE})' [A \text{var}(\hat{\beta}_{SE}) - A \text{var}(\hat{\beta}_{RE})]^{-1} (\hat{\beta}_{SE} - \hat{\beta}_{RE}) \quad (47)$$

şeklinde yazılır. Burada $\hat{\beta}_{SE}$ sabit etkiler modelinin tahmin edicisini, $\hat{\beta}_{RE}$ tesadüfi etkiler modelinin tahmin edicisini, $A \text{var}(\hat{\beta}_{SE})$ sabit etkiler modelinden elde edilen asimptotik varyans-kovaryans matrisini ve $A \text{var}(\hat{\beta}_{RE})$ tesadüfi etkiler modelinden elde edilen asimptotik varyans-kovaryans matrisini ifade etmektedir. Asimptotik varyans kovaryans matrisleri

$$A \text{var}(\hat{\beta}_{RE}) = \sigma_u^2 [E(\ddot{x}_i' \ddot{x}_i)]^{-1} / N$$

$$A \text{var}(\hat{\beta}_{SE}) = \sigma_u^2 [E(\ddot{x}_i' \ddot{x}_i)]^{-1} / N \quad (48)$$

dir. Hausman test istatistiğine ilişkin hesaplanan p değeri anlamlılık düzeyi α 'dan büyük ise yokluk hipotezi kabul edilir. Yokluk hipotezi kabul edildiğinde tesadüfü etki modelinin sabit etki modeline göre veriyi açıklamada daha iyi bir model olduğu sonucuna ulaşılır [11].

3. MEKÂNSAL PANEL VERİ MODELLERİ

Dünyadaki alanlar, bölgeler belirli özelliklere göre sınıflandırılmaktadır. Ekvator ülkeleri, gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkeler vb. sınıflandırmalar mekânsal etkilerin birer sonucudur. Alanların, bölgelerin ya da ülkelerin bu şekilde sınıflandırılması kendilerine has coğrafi, sosyo-ekonomik, kültürel özelliklere sahip olmalarını sağlamaktadır. Bu durum yapılan analizleri, kurulan modelleri, yöntem ve sonuçları doğrudan etkilemektedir [4].

Mekânsal modeller, yatay kesit verilerde mekânsal birimler arasındaki etkileşim ve yapı ile ilgilidir. Panel veri modelleri sayesinde mekânsal birimler arasındaki heterojenliğin kontrolü sağlanır [2].

Mekânsal regresyon analizi ile mekânsal birimlere göre yatay kesit verisi elde edildiğinde bu veri ile ait olduğu mekânlar arasındaki ilişki ve aynı zamanda bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi tahmin edilir. Mekânsal regresyon analizinde mekânlar arasında ya da mekânların konumlarına göre bir ilişkiden (spatial correlation) söz edilebilmektedir.

Mekânsal regresyon analizinde kullanılan modeller genellikle bölgelerin ekonomik göstergeleriyle ilgili olduğundan başlarda bu tür çalışmalar mekânsal ekonometri olarak ortaya çıkmıştır. Mekânsal ekonometride, iktisadi yöntemler ile tahmin yapılırken verilerin ait olduğu mekânların etkileri de modele eklenir. Mekânsal ekonometri, daha sonraki zamanlarda mekânsal panel veri modelleri ile ekonometrik yöntemlerin bir alt dalı olarak ele alınmıştır. Mekânsal modellerde mekânların konumu, uzaklık ve dizilim bilgileri, model oluşturmada oldukça önemlidir.

Mekânsal panel veri analizi ile hem değişkenliği hem de mekânsal bağımlılığı kontrol etmek mümkündür. Yatay kesit verilerde kullanılan mekânsal modeller ve tahmin yöntemleri panel veriler için de geliştirilmiştir [6].

3.1 Mekânsal Etkiler

Mekânsal etki ile ilgili iki temel yaklaşım vardır. Bu yaklaşımlardan ilki mekânsal ilişkinin giderilmesidir. Bu yaklaşımda hatalardaki mekânsal etki ortadan kaldırılarak tahminlerdeki yanlılıktan kurtulmak amaçlanır. İkinci yaklaşımda ise mekânsal etki tahmin edilmek istenen modele dahil edilir. Böylece mekânlar arasındaki ilişkinin değişkenler üzerindeki etkisi gözlemlenebilir.

Mekânsal etkinin daha iyi anlaşılabilmesi için mekânsal bağımlılık ve mekânsal değişkenlik kavramları açıklanmalıdır [5].

3.1.1. Mekânsal Bağımlılık

Mekânlar arasındaki etkileşimden kaynaklanan mekânsal etkiyi açıklayabilen ilk unsur mekânsal bağımlılıktır. Mekânsal bağımlılık bir mekândaki bağımlı değişkenin başka bir mekândaki bağımlı değişken ile etkileşimini göstermektedir [12]. Diğer bir tanıma göre uzaydaki bir konumun, kendisine komşu olan diğer konumlarla olan etkileşimi mekânsal bağımlılık olarak adlandırılır. Bu etkileşim iki şekilde ortaya çıkarılır; bunlardan ilki bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren mekânsal gecikme modeli, diğeri ise hatalar arasındaki ilişkiyi gösteren mekânsal hata modelidir. Hangi modelin mekânsal bağımlılığı daha iyi açıkladığına karar vermek için istatistiksel testler kullanılır.

Mekânsal bağımlılığa yol açan iki temel sebep vardır: ölçüm hatası ve tanımlama hatası. Örneklem verileri (ülke, şehir, ilçe vb.), veri üretme sürecinin yapısını yansıtmadığında ölçüm hatası ile karşılaşmakta, mekânlar arasındaki etkileşim ihmal edilip modele katılmadığında da tanımlama hatası ortaya çıkmaktadır [5].

3.1.2 Mekânsal Değişkenlik

Mekânlar arasındaki etkileşimden kaynaklanan mekânsal etkiyi açıklayabilmek için diğer bir unsur mekânsal değişkenliktir. Mekânsal verinin varyansının konumdan konuma sabit olmamasına mekânsal değişkenlik (heterojenlik) denir. Mekânsal değişkenlik iki şekilde ortaya çıkabilir; ilki hata varyanslarının regresyon modelinde sabit olmaması, diğeri değişken regresyon katsayılarıdır. Mekânsal birimler arasında varyansın sabit olması ve mekânlara ait hataların ilişkisiz olması varsayımları, mekânsal ilişki olması durumunda sağlanmaz [5].

Modeldeki bağımlı ve bağımsız değişkenler mekâna göre farklılık gösterdiğinde mekânla birlikte değişen model yapıları için coğrafi ağırlıklandırılmış regresyon modelleri, tesadüfi katsayılar modelleri ve geçişli regresyon modellerinin kullanılması önerilmiştir.

Mekânsal değişkenliği de içeren regresyon modeli genel olarak aşağıdaki gibi gösterilir:

$$y_{it} = f_{it}(x_{it}, \beta_{it}, \varepsilon_{it}) \quad (49)$$

Burada, i indisi, bir mekânsal gözlem birimi, t ise zaman periyodudur. f_{it} , y_{it} bağımlı değişkeni ile x_{it} bağımsız değişkeni arasındaki ilişkiyi açıklayan fonksiyonel bir zaman-mekan ilişkisi ya da bağımsız değişkenin bir vektörü olarak tanımlamak mümkündür. Gösterilen regresyon modelinde gözlem sayısının parametre sayısından daha fazla olmasına ($n > k$) dikkat edilmelidir [13].

3.2. Mekânsal Ağırlık (Komşuluk) Matrisi

Mekânsal ekonometrik analizler yapılırken konumlar arasındaki ilişkiyi ölçmede, model oluşturmada ve tahmin süreçlerinde mekânsal ağırlıklar kullanılır. Bir alanın, bölgenin, ülkenin vb. konumun bazı kriterlere göre sınıflandırması yapılırken diğer konumlarla olan komşuluğu mekânsal analizlerin en önemli unsurudur [4].

Geary [25] ve Moran [26] tarafından mekânsal bağımlılık veya diğer bir deyişle mekânsal otokorelasyonu ortaya çıkarmak için önerilen ölçütler, mekânsal birimler arasındaki ikili bitişiklik kavramına dayanır. Bu kavrama göre, komşuluk ilişkisinin altında yatan yapı 0-1 değerleri ile ifade edilir. İki mekânsal birim, ortak sınıra sahip ise 1, ortak sınıra sahip değil ise 0 değerini alır. Bitişiklik ya da komşuluk tanımı ile sınırlara göre alınacak değerler, harita yardımıyla ortaya konulabilir[13].

Komşulukların harita üzerindeki gösterimi, birbirine paralel, yatay ve dikey çizgilerden oluşan kafeslerde (lattice, grid), düzenli ve düzensiz şekilde dağılmasıyla ifade edilir. Düzensiz kafes gösterimine örnek olarak dünya haritasındaki ülkelerin yerleşimi verilebilir. Düzenli kafes gösteriminde ise satranç tahtasındaki fil, kale ve vezir taşlarının hareketlerine benzetilen üç gösterim vardır [5]:

		x		
	x	a	x	
		x		

Kale Komşuluğu

	x		x	
		a		
	x		x	

Fil Komşuluğu

	x	z	x	
	z	a	z	
	x	z	x	

Vezir Komşuluğu

Mekânsal komşuluk denilince sadece sınır komşulukları değil konumlar arasındaki uzaklık, kaç tane komşu olduğu (k. dereceden komşuluk), sosyal uzaklık ve konumlar arasındaki ilişkinin uzaklık arttıkça azalacağını gösteren uzaklık azaltan fonksiyon gibi unsurlar da akla gelir. Uygulamalar genellikle harita üzerindeki ülkeleri içerdiğinden düzensiz kafeslerle karşılaşılır. Bu nedenle sınır komşuluğu ve uzaklığa dayalı komşuluk kavramları en çok kullanılan yaklaşımlardır. Uzaklığa dayalı mekânsal ağırlık matrisi belirlenirken iki konum arasındaki uzaklık bilgisi için kritik bir değer verilir. Bu değere göre de mekânsal ağırlık matrisinin elemanları bulunur [5]. k. dereceden komşulukta ise en yakın k tane konum komşu olarak belirlenir.

Sınır komşuluklarının yanında uzaklığa bağlı komşuluklarla da karşılaşmak mümkündür. Mekânsal ekonometride konumların enlem boylam koordinat bilgilerine göre veya uzaklık ölçüleri kullanılarak da komşuluklar tanımlanmaktadır. Uzaklıklara bağlı komşuluklarda genellikle Öklid uzaklığı kullanılmaktadır. s_i ve s_j 'nin birbirlerine komşu olan iki konum olduğu varsayılmıştır. İki komşu arasında Öklid uzaklığı Eşitlik (50)'de verilen formül ile hesaplanır:

$$d_{ij} = d(s_i, s_j) = \sqrt{(s_i - s_j)^T (s_i - s_j)} \quad (50)$$

Burada d_{ij} , i ve j konumları arasındaki uzaklığı göstermektedir [9].

W mekânsal ağırlık matrisi $w_{ij}^* = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^n w_{ij}}$ satır elemanlarının toplamı 1 olacak şekilde

standartlaştırılır. Standartlaştırma işlemi model katsayılarının yorumlanmasını kolaylaştırdığı için yapılır. Standartlaştırma yapıldıktan sonra, simetrik ($W = W^T$) olan mekânsal komşuluk matrisi asimetrik hale gelir ve mekânsal ağırlık matrisi adını alır [6].

3.3. Mekânsal Regresyon Modelleri

Mekânsal ekonometride ağırlık matrisinin belirlenmesinin ardından W ağırlık matrisi değeri ve mekânsal etkiler modele katılır. Mekânsal etkilerin modele katılmasıyla ilgili bireyin davranış eğilimi grubun davranışları ile uyumlu bir şekilde değişiyorsa içsel etkiden (Endogeneous Effects), grubun davranış eğilimi bireyi etkiliyorsa dışsal etkiden (Exogeneous Effects) ve aynı gruptaki bireyler benzer çevrelerden gelerek, benzer özelliklere sahipse, benzer davranış şekilleri gösteriyorsa ilişkili etkiden (Correlated Effects) söz edilir.

Bu etkilerin sonuçlarını gözlemlemek için herhangi bir mekânsal etkiye sahip olmayan doğrusal bir regresyon modeline, mekânsal etkileri dahil ederek regresyon modelini incelemek gerekir [9].

Mekânsal ekonometrik bir modelde, modele katılacak etkiye göre farklı mekânsal modeller geliştirilmiştir [5].

3.3.1. Yuvalanmış Mekânsal Model (GNS)

Mekânsal modellerden en genel olanıdır. Manski [37] tarafından geliştirilen yuvalanmış mekânsal modelde; I_T , T boyutunda birim matrisi, W_N , NxN boyutlu ağırlık matrisi ve $W = I_T \otimes W_N$ olmak üzere matris gösterimi Eşitlik (51)'deki gibidir:

$$y = \rho W y + X \beta + W X \theta + u \quad u = \lambda W_u + \varepsilon \quad (51)$$

$W y$, komşu bölgelerdeki y'nin ağırlıklı ortalamasını gösteren mekânsal gecikme terimidir. Komşu mekânların davranış şekli birbirine bağlıdır. $W X$ 'in eklenmesiyle, mekânsal bağımlı ekonomik koşullardaki komşuluk, bir mekânsal birimdeki davranış şeklinin bir diğer mekânsal birimdeki bağımsız açıklayıcı değişkenlerin kararına bağlı

olması şeklinde gelişir. W_u ise komşu olan bölgelerin artıkları arasındaki mekânsal otokorelasyonu gösterir. ρ , mekânsal otoregresif katsayısı, λ mekânsal otokorelasyon katsayısıdır ve birimler arası bağımlılığın gücünü ölçer.

Bu model mekânsal gecikmeli bağımlı değişkeni, mekânsal gecikmeli bağımsız değişkenleri ve mekânsal otokorelasyonlu hata terimini aynı anda içermektedir [24].

3.3.2. Mekânsal Gecikme Modeli (SAR)

Mekânsal bağımlılığı, Tobler [38]'in birinci kuralı, “her şey bir şeyle ilişkilidir ancak yakın olanlar uzakta olan şeylerden daha çok ilişkilidir” ile ifade etmek mümkündür. Kısaca mekânsal bağımlılık, oluşturulan modelde diğer konumların incelenen bir konum üzerindeki etkisine denir. Mekânsal bağımlılık, mekânsal gecikme (otoregresif) modeli ile belirlenir. Mekânsal gecikme terimi olan Wy modele eklenir ve mekânsal gecikme modeli oluşturulur [5]. Mekânsal gecikme modeli Eşitlik (52)'deki gibi ifade edilir:

$$\begin{aligned}
 y &= \rho Wy + X\beta + \varepsilon \\
 (I - \rho W)y &= X\beta + \varepsilon \\
 y &= (I - \rho W)^{-1} X\beta + (I - \rho W)^{-1} \varepsilon
 \end{aligned} \tag{52}$$

Eşitlik (52)'de, y $N \times 1$ boyutlu bağımlı değişken vektörü, W $N \times N$ boyutlu mekânsal ağırlık matrisi, ρ mekânsal gecikme parametresi, X $N \times K$ boyutlu gözlem matrisidir. Modeldeki mekânsal gecikme terimi Wy ile hata terimi ε arasında daima bir ilişki vardır. Ayrıca i konumundaki gecikme terimi tüm konumlardaki hata terimleri ile ilişkilidir. Bu durum, EKK tahmin edicilerinin tutarsız olmasına neden olur.

Mekânsal gecikme modeli,

$$y = \rho Wy + \varepsilon, \quad \varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n) \tag{53}$$

şeklinde ifade edilsin. Eşitlik (53)'teki ρ 'nun EKK tahmini Eşitlik (54)'teki gibi elde edilir:

$$\hat{\rho} = (y'W'Wy)^{-1} y'W'y \tag{54}$$

Eşitlik (54)'teki tahminin yansız olması için $E(\hat{\rho}) = \rho$ olması gerekmektedir. Buna göre

$$\begin{aligned} E(\hat{\rho}) &= E\left[(y'W'Wy)^{-1}y'W'(\rho Wy + \varepsilon)\right] \\ &= \rho + E\left[(y'W'Wy)^{-1}y'W'\varepsilon\right] \end{aligned} \quad (55)$$

olup ρ 'nun EKK tahmin edicisinin yansız olmadığı görülmektedir. Otoresif parametreleri tahmin ederken EKK yerine en çok olabilirlik yöntemi kullanılabilir [9].

3.3.3. Mekânsal Hata Modeli (SEM)

Mekânsal hata modeli, birbirine komşu olan bölgelerin hata terimleri arasındaki mekânsal bağımlılığı incelemektedir. Çünkü modele dahil edilmeyen bağımsız değişkenler arasında mekânsal bir ilişki varsa bunların etkisi hata terimi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum da mekânsal bağımlılığa neden olmaktadır. Mekânsal hata modeli Eşitlik (56)'daki gibi ifade edilir:

$$\begin{aligned} y &= X\beta + u \\ u &= \lambda Wu + \varepsilon \end{aligned} \quad (56)$$

[5].

3.3.4. Mekânsal Durbin Modeli (SDM)

Bu model, GNS modelden mekânsal otokorelasyonlu hata terimlerinin ($\lambda = 0$) ayıklanmış halidir. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerde mekânsal etkiyi barındırır. Mekansal Durbin modeli matris-vektör gösterimi,

$$y = \rho Wy + X\beta + WX\theta + \varepsilon \quad (57)$$

şeklindedir [24].

3.3.5. Genel Mekânsal Model (SAC)

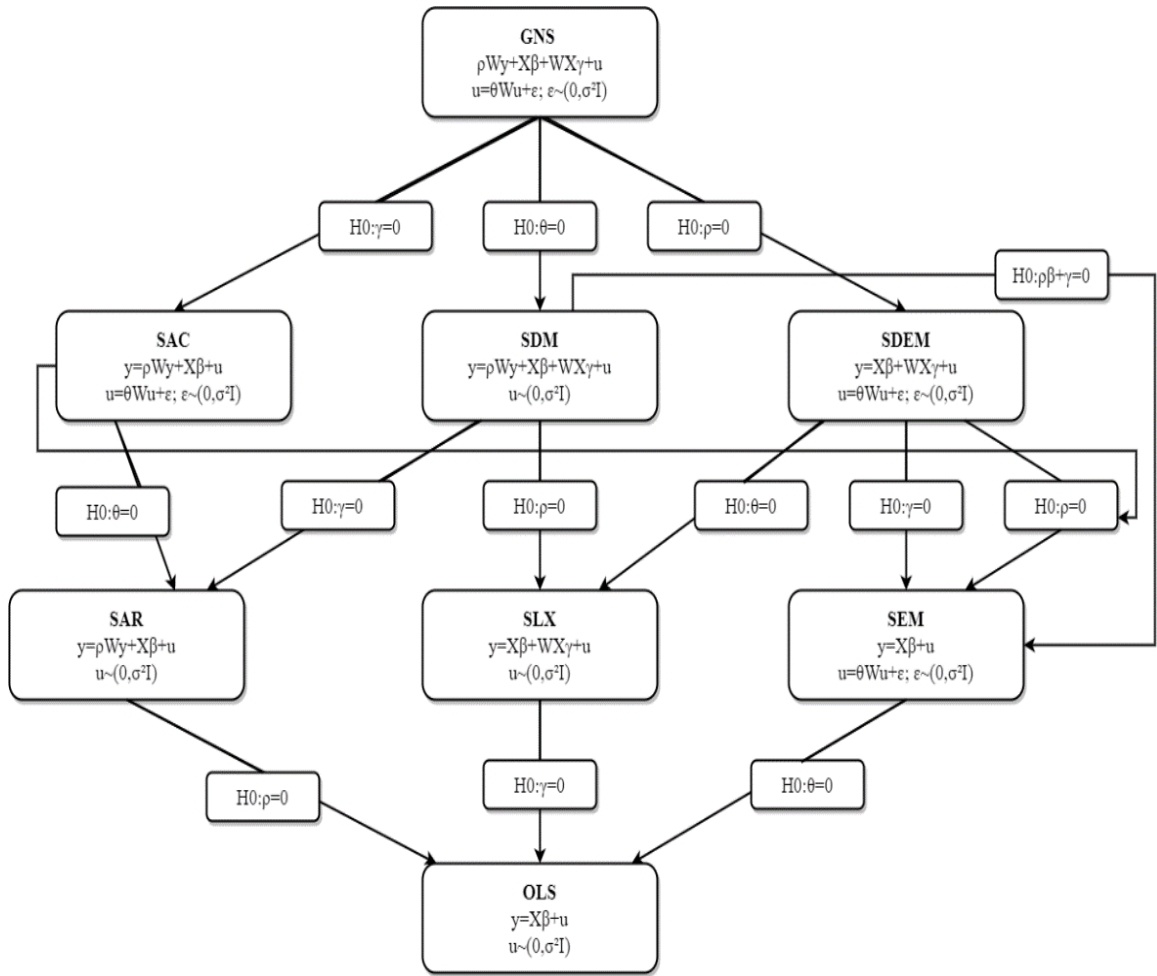
Genel mekânsal modelde $\theta = 0$ olduğunda, Eşitlik (51)'deki yuvalanmış modelin mekânsal gecikmeli bağımlı değişkeni ve mekânsal otoresif hata terimini içerdiği modeldir. Bu modeli, Elhorst [39] Kelejian-Prucha modeli, Kelejian [40] ise SARAR modeli diye adlandırılmıştır. Model matris-vektör gösterimi ile,

$$y = \rho Wy + X\beta + u \quad u = \lambda W_u + \varepsilon \quad (58)$$

şeklinde ifade edilir [24].

Mekânsal modeller Tablo 4’deki gibi özetlenebilir:

Tablo 4 : Mekânsal Panel Veri Modellerinin Sınıflandırılması [41]



3.4. Mekânsal Panel Veri Modelleri

Mekânsal panel veri, mekânsal birimlerin (ölkeler, bölgeler, eyaletler vb.) zaman serisi gözlemlerinden oluşan veridir. Panel veri modellerinde yatay kesit birimlerinin değişkenliği ortaya çıkarken, mekânsal panel veri modellerinde ise hem yatay kesitteki değişkenlik ortaya çıkar hem de mekânsal korelasyonun belirlenmesi sağlanır.

3.4.1. Klasik Model

Mekânsal klasik panel veri modeli Eşitlik (59)’daki gibi ifade edilir:

$$y_{it} = x_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \quad , i=1,\dots,N; t=1,\dots,T \quad (59)$$

Eşitlik (59)’da,

y_{it} , örneklemdaki her birim için gözlemlenen bağımlı değişken,
 x_{it} , 1xK boyutlu açıklayıcı değişkenler vektörü,
 β , Kx1 bilinmeyen parametreler vektörü,
 ε_{it} , hata terimidir.

Eşitlik (59)'daki klasik model matris-vektör gösterimi ile

$$y_t = X_t \beta + \varepsilon_t \quad (60)$$

şeklinde de ifade edilir. Burada y_t , Nx1 boyutlu t zamanına göre yatay kesit verilerin vektörü, X_t , NxK boyutlu bağımsız değişkenin t zamanına göre yatay kesit verilerin matrisi ve ε_t , Nx1 boyutlu t zamanına göre hata terimleri vektörüdür.

Yatay kesit birimleri arasında ilişki olduğunda ve bu ilişki belirli bir mekânsal dizilimi takip ettiğinde mekânsal bağımlılık meydana gelir. Aynı t zaman aralığında, $i \neq j$ iken yatay kesit birimleri arasında $E[\varepsilon_{it}\varepsilon_{jt}] \neq 0$ eşitliği sağlanıyorsa ve sıfırdan farklı kovaryanslar belirli bir komşuluk ilişkisine sahipse hata terimleri arasında mekânsal ilişki vardır.

Mekânsal ağırlık matrisi, yatay kesit verilerde NxN boyutlu iken, panel veriler için NTxNT boyutlu olur ve Eşitlik (61)'deki gibi elde edilir:

$$W_{NT} = I_T \otimes W_N \quad (61)$$

Bu eşitlikte I_T , T boyutlu birim matris ve \otimes Kronecker çarpımıdır. Buna göre mekânsal gecikme modeli Eşitlik (62)'deki gibi ifade edilir:

$$W_y = W_{NT} y = (I_T \otimes W_N) y \quad (62)$$

Panel verilerde mekânsal ağırlık matrisi (W) kullanıldığında, zaman boyunca mekânsal ağırlıklardaki değişikliklerin sabit kaldığı varsayılır ve modelde bağımlı değişken (y) ile çarpıldığı için y'deki değişim ile açıklanır.

Mekânsal panel veri modelinde parametreleri tahmin etmek için yaygın olarak En Çok Olabilirlik (EÇO) ve Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) kullanılır. EÇO ve GMM tahmin edicisinde hataların sıfır ortalama ve σ^2 varyansı ile tüm i ve t için bağımsız ve özdeş dağılımlı oldukları varsayılır. Hataların normal dağılıp dağılmadığı Jarque-Bera (1980) testi ile test edilir. Bu test istatistiği 1 serbestlik derecesi ile Ki-kare dağılımına sahiptir.

Panel verilerde mekânsal etkiler, mekânsal ağırlık matrisi (W) göz ardı edilerek sabit etkiler ve tesadüfi etkiler olarak incelenebilir. Ancak bu durumda mekânsal etkilerin varlığından söz edilebilirken bu etkinin komşulardan m_1 , hata teriminden m_i kaynaklandığı belirlenemez [5]. Sabit ve tesadüfi etkiler modellerinde ise mekânsal bağımlılığın yapısı, mekânsal gecikme ve mekânsal hata modelleri altında incelenmektedir [6].

3.4.2. Sabit Etkili Mekânsal Gecikme, Hata ve Durbin Modelleri

Bağımsız değişkenlerle ilişkili, gözlemlenemeyen değişkenler modele eklendiğinde sabit etki panel veri modeli, mekânsal gecikme ve hata modelleri için genişletilmiş olur. Sabit etkili mekânsal gecikme modeli Eşitlik (63)'teki gibi ifade edilir:

$$y_t = \rho W y_t + X_t \beta + \mu + \varepsilon_t, \quad E(\varepsilon_t) = 0, \quad E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = \sigma^2 I_N \quad (63)$$

Eşitlik (63)'te ρ mekânsal otoregresif katsayısı, λ mekânsal öz ilişki katsayısı, θ mekânsal Durbin katsayısıdır. Sabit etkiler mekânsal hata modeli Eşitlik (64)'teki gibi ifade edilir:

$$y_t = X_t \beta + \mu + \phi_t \quad (64)$$

Burada $\phi_t = \lambda W \phi_t + \varepsilon_t$, $E(\varepsilon_t) = 0$ ve $E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = \sigma^2 I_N$ 'dir.

Sabit etkiler mekânsal Durbin modeli ise Eşitlik (65)'teki gibi ifade edilir:

$$y_t = \rho W y_t + X_t \beta + W X_t \theta + \mu + \varepsilon_t, \quad E(\varepsilon_t) = 0, \quad E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = \sigma^2 I_N \quad (65)$$

[6].

3.4.3. Tesadüfi Etkili Mekânsal Gecikme, Hata ve Durbin Modelleri

Gözlemlenemeyen etkilerin modele dahil edilmesinin diğer bir yolu da tesadüfi etki modelleridir. Gözlemlenemeyen bu etkiler modelin hata terimi olarak alınır ve bağımsız değişkenler ile ilişkili değildir. Yatay kesit birimlerinde mekânsal etkilerin olduğu durumda tesadüfi etki mekânsal gecikme modeli Eşitlik (66)'daki gibi ifade edilir:

$$y_t = \rho W_N y_t + X_t \beta + \varepsilon_t = \alpha + u_t \quad (66)$$

Mekânsal hata modeli,

$$y_t = X_t \beta + \varepsilon_t \quad (67)$$

şeklinde ifade edilir. Burada $\varepsilon_t = \alpha + B^{-1} u_t$ ve $B = (I_N - \lambda W)$ 'dir.

Mekânsal Durbin modeli ise Eşitlik (68)'deki gibi ifade edilir:

$$y_t = \rho W_N y_t + X_t \beta + W X_t \theta + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t = \alpha + u_t \quad (68)$$

3.5. Mekânsal Bağımlılığın Belirlenmesi

Modelleri tahmin etmeden önce, mekânsal bağımlılığın olup olmadığı geliştirilen testler yardımı ile araştırılır. Bu testlerden Geary C ve Moran I en yaygın kullanılan testlerdir.

3.5.1. Moran I Testi

Mekânsal korelasyon ve otokorelasyon çalışmaları, mekânsal ekonometri konusunda mekânsal bağımsızlığı test etmeye yarayan Moran I mekânsal otokorelasyon testinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Moran I testinde mekânsal otokorelasyon, EKK artıkları ile test edilir ve test istatistiği

$$I = \frac{N}{S} \frac{u' W u}{u' u} \quad (69)$$

biçimindedir. Moran I test değeri, -1 ile +1 arasında değer almadığı için bir korelasyon değeri değildir, en çok kullanılan testlerden biridir ancak yorumlanması zordur. Çünkü $H_0: \lambda = 0$ hipotezi mekânsal bağımlılık yoktur olarak kurulurken karşıt hipotez için net bir ifade yoktur. Moran I istatistiğinde, hataların asimptotik olarak normal dağıldığı varsayımı vardır ancak bu durum her zaman sağlanamaz [16].

Moran I istatistiği bir gözlemin komşuları ile arasındaki bağımlılığı yani korelasyonu ölçmektedir. Bulunan katsayı anlamsız ise komşuların birbirini etkilemedikleri yani mekânın bir önemi olmadığı sonucuna varılır. Bulunan katsayının anlamlı olması durumunda ise mekânsal etkileşimden bahsedilir. Katsayının pozitif olması durumunda benzer değerler alan mekânların bir arada kümелendiđi, negatif olması durumunda ise benzer olmayan değerler alan mekânların ayrıık olarak bulunduğu yorumu yapılır [17].

3.5.2. Geary C Testi

Mekânsal otokorelasyonu tespit etmek için komşuluk oranı istatistiği olan Geary C testi de Moran I istatistiği gibi benzer bir sonuç verir. Ancak Moran I istatistiği artıkların çapraz çarpımından oluşurken Geary C istatistiği iki komşuluk arasındaki farkların karelerini kullanır. Geary C istatistiği Eşitlik (70)'deki gibidir:

$$C = \frac{n-1}{2S} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - x_j)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (70)$$

Burada x_i ve x_j , i ve j alanındaki ilgilenilen değişkene ait değer, w_{ij} ağırlık matrisi elemanları ve S ağırlık matrisi elemanlarının toplamını (komşulukların tamamını) ifade eder.

Geary C istatistiğinde, C değerı 0 ile 2 arasında değerler alır. 0 güçlü ve pozitif otokorelasyonu, 1 otokorelasyon olmadığını, 2 ise güçlü negatif bir otokorelasyonun olduğunu ifade eder [9].

3.6. Model Seçimi İçin Kullanılan Testler

Mekânsal etki olmazsa panel veri modelleri uygulanamaz. Modeller arasından tercih yapabilmek için mekânsal bağımlılık ve Hausman testleri uygulanır.

3.6.1. Mekânsal Bağımlılığın Testi

Mekânsal etkiye sahip bir modelin tahmini için ilk olarak modeldeki mekânsal bağımlılığın mekânsal gecikme olarak mı yoksa mekânsal hata olarak mı modele katılacağına testi yapılmalıdır. Bu test için de Anselin, Lagrange Çarpanı (LM) testini önermiştir. LM, mekânsal gecikmeli bağımlı değişken olduğunda mekânsal hataların ilişkili olup olmadığını test etmek için kullanılır [27]. Daha sonra Bera ve Yoon bu testin ortalama ve kovaryans matrisini düzelterek sağlam (robust) biçimini geliştirmişlerdir [8]. Anselin vd. de geliştirilen bu sağlam biçimi mekânsal modellere uygulayarak EKK tahminlerine dayalı mekânsal bağımlılık için basit tanımlayıcı testler elde etmişlerdir [28]. LM, hesaplaması kolay olduğundan en çok kullanılan yöntemdir. Mekânsal panel veri çalışmaları yaygınlaştıktan sonra Anselin ve ark. panel veri için de bu testleri geliştirmişlerdir [29].

Mekânsal gecikme modellerinin belirlenmesi için sıfır hipotez ve karşıt hipotez aşağıdaki gibi belirtilir:

$H_0: \rho = 0$ ($\lambda = 0$ varsayımı altında) Mekânsal gecikme ilişkisi yoktur ve

Mekansal hata modellerinin belirlenmesinde ise;

$H_0: \lambda = 0$ ($\rho = 0$ varsayımı altında) Mekânsal hata ilişkisi yoktur, hipotezleri test edilir.

LM test istatistiği 1 serbestlik derecesi ile ki-kare dağılımlı olup karar aşamasında önce LM değerine bakılır. H_0 kabuledilirse model, EKK'ya göre, reddedilirse sağlam LM test sonuçlarına göre karar verilir. Hipotezler sağlam LM testlerinde de reddedilirse LM hesap değerlerinden büyük olan değere göre sonuç belirlenir [14].

Mekânsal bağımlılığı belirlemede kullanılan diğer yöntem ise Wald Testidir. Wald Testi ile modelin mekânsal Durbin modeline ve mekânsal gecikme veya hata modeline indirgenmesine ihtiyaç olup olmamasına karar verilir. $H_0: \theta = 0$ ve $H_0: \theta + \rho\beta = 0$ hipotezlerine bakılır. Mekânsal Durbin modeli, $H_0: \theta = 0$ hipotezi kabul edilirse mekânsal gecikme modeline, $H_0: \theta + \rho\beta = 0$ hipotezi kabul edilirse mekânsal hata modeline indirgenir, eğer her iki hipotez de reddedilirse mekânsal Durbin modeli tahmin edilir ancak koşulların üçü de sağlanmazsa mekânsal etkinin olmadığı sonucuna ulaşılır [15].

3.6.2. Hausman Testi

Mekânsal etkiye sahip model tahmininde önemli varsayımlardan biri de hata terimlerinin bağımsız değişkenlerle ilişkisiz ($E(u_{it}|x_{it})=0$) olmasıdır. Panel veride, modele dahil edilmeyen değişkenler sabit etkiler ya da tesadüfi etkiler olarak modele dahil edilir. Sabit etkiler modelinde, gözlemlenemeyen değişkenler modelin sabit terimine katılır ve bağımsız değişkenlerle ilişkilidir ($E(u_{it}|x_{it}) \neq 0$). Bunun sonucunda, GEKK ile elde edilen panel veri modeli tahminleri yanlı ve tutarsız olurlar. Tahminlerin yansız ve tutarlı olmaları için ortalamadan fark alma işlemi yapılır.

Model katsayılarının tutarlılığı için $H_0 : E(u_{it}|x_{it})=0$ hipotezi altında, Hausman Testi yapılır. H_0 kabul edilse de edilmese de, yani modeldeki hata terimleri ve bağımsız değişkenler ilişkili olsa da olmasa da sabit etkiler modelinden elde edilen tahminler tutarlıdır ancak kabul edildiğinde GEKK'den elde edilen tahminler en iyi doğrusal yansız tahminci, tutarlı ve asimptotik olurken H_0 reddedilirse tutarsız olur [18].

Uygulamalarda da Hausman Testi genelde sabit ve tesadüfi etkili modellerin karşılaştırılmasında kullanılırken, tutarlı tahminler için doğru modelin kullanılmasına karar vermeyi sağlar. [18]. Sadece panel veri için değil, mekânsal panel verilerde mekânsal gecikme ve mekânsal hata modelleri için de kullanılır. Mekânsal gecikme modellerinde, mekânsal gecikme terimi ek bir bağımsız değişken olduğunda test istatistiği,

$$h = d' [\text{var}(d)]^{-1} d \quad d = \hat{\beta}_{SE} + \hat{\beta}_{RE}$$
$$\text{var}(d) = \hat{\sigma}_{RE}^2 (X'X)^{-1} - \hat{\sigma}_{FE}^2 (X^*X^*)^{-1} \quad (71)$$

şeklinde hesaplanır. Burada test istatistiği $(k+1)$ serbestlik derecesi ile X^2 dağılımına sahiptir. Testin sonucunda H_0 'ın reddedilirse ($\rho < \alpha$ ise) tahminlerin tutarsız olduğuna ve bu nedenle tesadüfi etkilerin etkili olduğu durumdaki tahmin yöntemlerinin kullanılması gerektiğinin sonucuna ulaşılır [6].

4. TÜRKİYE’DE HAVACILIK SEKTÖRÜNDEKİ GELİŞMELER VE MEKÂNSAL PANEL VERİ ANALİZİ

Dünyadaki tüm ülkelerin ortak amacı ekonomide, sanayi ve ticarete gelişerek yoksulluğun önüne geçmektir. Bu amaçlarla bir araya gelinmesini sağlayan, ortak ticari ilişkilere ön ayak olan, kültürleri buluşturan en önemli araçlardan biri de ulaştırma sektörü ve özellikle de havayolu ulaşımıdır. Havacılık sektörü ile uluslararası ticaret, turizm ve yabancı yatırımı olanakları gelişerek dünyanın dört tarafındaki insanlar arasında bağlantı kurulması kolaylaşmaktadır.

Havayolu ulaşımını diğer ulaşım araçlarından ayıran bir diğer faktör de çevre dostu olmasıdır. Farklı coğrafyaları birleştirerek insan ve ürün taşımacılığını kolaylaştırmakta ayrıca havalimanlarının bulunduğu bölgeleri ithalat ve ihracat açısından geliştirip o bölgeye bir dinamizm katmaktadır [19].

Bu bölümde, havacılık sektöründe Türkiye’deki gelişmelerin ele alındığı serilerle ilgili bilgi verilerek bu seriler arasındaki ilişki mekânsal panel veri analizi ile incelenecektir.

4.1. Türkiye’de Sivil Havacılık Sektörü

Türkiye’de havacılığın ilk adımları 1912’de Sefaköy’de iki adet hangardan oluşan küçük bir alanda atılmıştır. Türk Sivil Havacılığı ise 1925’te Atatürk’ün önderliğinde Tayyare Cemiyeti’nin kurulmasıyla başlamıştır.

Teknolojideki önemli gelişmeler ulaşım sektörünü de etkisi altına almıştır ve Dünya sivil havacılığında hızlı bir gelişmeyi de beraberinde getirmiştir. Uluslararası ilişkilerin yürütülebilmesi ve sektördeki gelişmelere ayak uydurabilmek amacı ile 1954 yılında Ulaştırma Bakanlığı, Sivil Havacılık Dairesi Başkanlığı’nın kurulmasına ön ayak olmuştur. 1987 yılında Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) adını alan kurumun, zamanın şartlarına uygun olarak teşkilat yapısı yeniden düzenlenmiştir.

Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMI) Genel Müdürlüğü, 1933 yılından beri farklı isimler ve farklı görev tanımlarıyla Türk Sivil Havacılık sektörünün temelini oluşturmaktadır. DHMI'nin, havayolu taşımacılığı, havalimanlarının işletilmesi, meydan yer hizmetlerinin ve hava trafik kontrol hizmetlerinin gerçekleştirilmesi, seyrüsefer sistem ve kolaylıklarının sağlanması ve işletilmesi, tüm bu yapılar ile ilgili diğer faaliyetlerin gerçekleştirilmesi ve Türk Sivil Havacılığının modern havacılık statüsüne ulaştırılması gibi amaçları vardır [20].

Tüm bu gelişmelerin ardından Türkiye'de ticari uçuşların başlangıcı iç hatlarda 1933 yılında İstanbul-Eskişehir-Ankara seferiyle, dış hatlarda ise 1947 yılında Ankara-İstanbul-Atina seferiyle başlamıştır. 1960'lardan itibaren Orta Doğu ve Avrupa'da birçok noktaya uçuşların başlamasıyla gelişmeye başlayan havacılık sektöründe, 1980 yılında yaşanan askeri darbe nedeniyle yolcu sayılarında yaşanan azalma Tablo 5'te görülmektedir. 1985 yılında Türk Hava Yolları (THY)'nin filosuna kattığı, geniş gövdeli yolcu uçağı olan, dört adet Airbus A310 ile Uzakdoğu ve Atlantik ötesi uçuşlara başlanmıştır. Sonraki yıllarda yaşanan ekonomik ve teknolojik gelişmelerle büyüme devam etmiştir. 2001 yılında Türkiye'deki ekonomik kriz ve Amerika'daki 11 Eylül saldırısının etkileri havacılık sektörüne de yansımıştır.



Şekil 1 : İç Hatlarda Türkiye Havalimanlarının 2003 - 2019 Karşılaştırması [19]

2003 yılında Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme (UDH) Bakanlığının yapmış olduğu çalışmalar ve geliştirdiği politikalar ile iç hatlar başta olmak üzere talebi arttırmaya yönelik adımlar atılmıştır. Pegasus, Onur Air ve Atlasjet gibi havayolu firmaları iç hat uçuşlarına başlamış ve bunun sonucunda artan rekabet bilet fiyatlarında düşüğe neden olmuştur. Bu durum, iç hat uçuşlarındaki talep artışını da beraberinde getirmiştir.

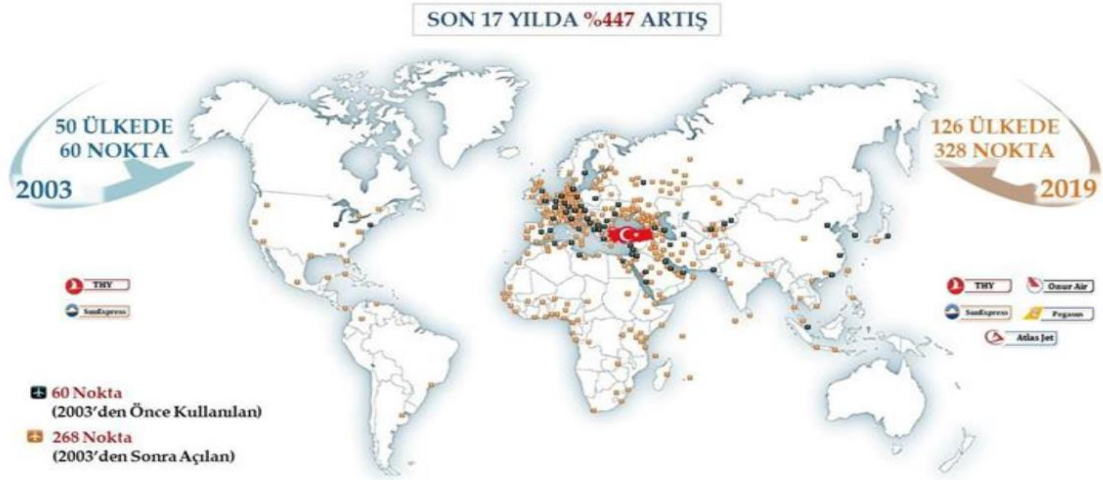
Tablo 5’te görüldüğü gibi, havayollarında yolcu talebi ekonomik ya da politik herhangi bir olay olmadığı sürece devamlı artış eğilimindedir. Ayrıca yurtdışı seferlerindeki sürekli artış ve düşük maliyetli havayollarının da piyasaya dahil olması dış hat uçuşlarına olan talebi de arttırmıştır [21].

Tablo 5 : Türkiye’de İç ve Dış Hat Yolcu Sayısının Yıllara Göre Dağılımı [42]

Yıllar	Yolcu Sayıları			Değişim Oranı (%)
	İç hat	Dış hat	Toplam	
1960	528 846	184 371	713 217	
1965	681 623	296 290	977 913	37%
1970	1 661 890	1 017 249	2 679 139	174%
1975	2 599 373	2 201 529	4 800 902	79%
1980	1 621 998	1 836 167	3 458 165	-28%
1985	3 061 822	3 261 626	6 323 448	83%
1990	5 347 723	8 282 242	13 629 965	116%
1995	10 347 528	17 419 851	27 767 379	104%
2000	14 438 292	30 596 297	45 034 589	31%
2005	20 502 516	35 042 957	55 545 473	23%
2006	28 799 878	32 884 325	61 684 203	11%
2007	31 970 874	38 381 993	70 352 867	14%
2008	35 832 776	43 605 513	79 438 289	13%
2009	41 226 959	44 281 549	85 508 508	8%
2010	50 575 426	52 224 966	102 800 392	20%
2011	58 258 324	59 362 145	117 620 469	14%
2012	64 721 316	65 630 304	130 351 620	11%
2013	76 148 526	73 281 895	149 430 421	15%
2014	85 416 166	80 304 068	165 720 234	11%
2015	97 041 210	84 033 321	181 074 531	9%
2016	102 499 358	71 244 179	173 743 537	-4%
2017	109 511 390	83 533 953	193 045 343	11%
2018	112 911 108	97 587 056	210 498 164	9%

4.2. Türk Sivil Havacılığının Dünyadaki Yeri

Dünyada meydana gelen küresel hareketlenme havayolu taşımacılığını diğer ulaşım sistemlerine oranla daha fazla etkilemektedir. Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO)'nın verilerine göre dünyanın tamamında tarifeli yolcu sayısı 1950'lerde yıllık 100 milyona, 1976'da 1 milyara, 2010'da ise 5 milyar 126 milyona ulaşmıştır [23]. 2015 yılında, dünyadaki ve Avrupa'daki yolcu trafiği sırasıyla, %6,9 ve %6,5 oranlarında büyürken, Türkiye'deki olumsuz olaylara rağmen %9,5 oranında büyüme gözlenmiştir.



Şekil 2 : Dış Hatlarda Türkiye Havalimanlarının 2003 - 2019 Karşılaştırması [19]

Ulaşılabilirlik, hız ve konfor gibi faktörlerin fark yarattığı hava ulaşımında; Türkiye, konumu açısından çok önemli bir kavşak noktasıdır. Türkiye coğrafi avantajı sayesinde hem transit uçuş imkânı hem de talep yoğunluğu olan bölgelere kolay ulaşım imkânı sağlar. “Sivil Havacılıkta Türk Modeli” tanımıyla bilinen uygulama ile Avrupa'nın en iyi ve en hızlı büyüyen havayolu şirketine sahiptir. Havayolu yolcu hareketlerinde dünyada 11, Avrupa'da 5. sırada yer almamız dünyada havacılık sektörü alanındaki saygınlığımızı kanıtlamaktadır.

Son 14 yılda;

- Aktif durumdaki sivil havalimanlarımız 26'dan 55'e,
- Geniş (büyük) gövdeli uçak sayımız 162'den 521'e,
- Toplam yolcu sayımız 34,4 milyondan 105,15 milyona,
- Havayolu ulaştırma anlaşması olan ülke sayısı 81'den 169'a,
- Havacılık sektörü bazında ciromuz 3,06 milyar TL'den 70,24 milyar TL'ye,
- Sektörde istihdam edilen çalışan sayısı ise 3 katına

yükselmiş olup bu veriler resmen ilan edilmiştir [22].

2017 yılında dünyadaki yolcu sayıları incelendiğinde, Türkiye'deki yolcu sayıları dünyadaki yolcu sayılarının yaklaşık %3'dür.

Tablo 6 : 2016 Dünya Yolcu Sayısı Sıralamaları [22]

Ülke	Yolcu Sayısı
ABD	1.649.104.899
ÇİN	1.019.736.630
JAPONYA	295.620.903
İNGİLTERE	270.565.957
HİNDİSTAN	255.192.579
İSPANYA	229.635.009
ALMANYA	225.043.765
BREZİLYA	199.525.103
ENDONEZYA	188.838.839
FRANSA	174.993.361
TÜRKİYE	174.153.146
İTALYA	165.009.467
RUSYA	160.723.839
AVUSTRALYA	153.843.153
KANADA	140.359.911
TAYLAND	138.731.889
GÜNEY KORE	136.435.778
MEKSİKA	127.324.374
BAE	120.131.803
MALEZYA	91.389.651
TOPLAM	5.916.360.056

4.3. Mekânsal Panel Veri Uygulaması

Tez çalışmasının bu bölümünde ilk olarak incelenen değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler verilmiştir. Daha sonra veri kümesinde yer alan havalimanlarının konum bilgilerinden yararlanarak ağırlık matrisi oluşturulmuştur. Ağırlık matrisi oluşturulduktan sonra mekânsal panel veri modellerinden mekânsal Durbin, mekânsal hata, mekânsal gecikme ve genel mekânsal model hem tesadüfi hem de sabit etkiler için tahmin edilmiş ve mekânsal otokorelasyonun varlığı test edilmiştir.

4.3.1. Uygulamanın Konusu ve Amacı

Havacılık sektöründe de pek çok sektörde olduğu gibi, veriyi okumak, analiz etmek ve sonuç olarak bu veriden gelecek dönemlerde nasıl yararlanılacağını kestirmek büyük önem taşır. Tahminler ve simülasyonlar ile yolcu ve trafik bakımından oluşabilecek talebi ölçmek ya da kapasite yetersizliklerinin önüne geçmek havacılık otoriteleri ve işletmecileri tarafından önemsenmektedir. Oluşabilecek talep değerlendirilirken ülkenin ya da şehrin sosyoekonomik göstergeleri en az geçmiş dönem yolcu verileri kadar hayati önem taşımaktadır. Çalışmada, 2013-2018 yılları arasındaki havacılık sektörü verilerinin ekonometrik parametrelerle ilişkisinin incelenmesi, modellenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla terminallere ilişkin reel gelirler ile havalimanları yolcu sayıları, havalimanları yük miktarları, yıllık döviz kuru (tüfe gelişmekte olan ülkeler bazlı reel efektif döviz kuru), gelen turist sayıları (Türkiye'ye gelen yabancı ziyaretçilerin sınır kapılarının bağlı olduğu illere göre dağılımı) ve reel gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) değerleri arasındaki ilişki mekânsal modeller yardımı ile incelenmiştir. Ayrıca bölgesel enflasyon etkisini arındırmak için analizlerde reel gelir ve reel GSYH değerleri kullanılmıştır.

4.3.2. Kullanılan Değişkenler ve Veri Seti

Bu tez çalışmasında kullanılan veriler, Devlet Hava Meydanları İşletmesi, Türkiye İstatistik Kurumu, TC. Merkez Bankası kaynaklarından sağlanmıştır. Çalışmada, 2013-2018 yıllarına ilişkin Türkiye’deki 48 havalimanına ait veriler “ArcGIS” ve “Stata” programları kullanılarak mekânsal panel regresyon modelleri ile analiz edilmiştir. Mekânsal panel regresyon modellerinde yolcu sayısı, yük miktarı (ton), tüfe geliştirmekte olan ülkeler bazlı reel efektif döviz kuru, gelen turist sayısı, reel GSYH değişkenleri bağımsız değişkenler, terminal reel gelirleri ise bağımlı değişken olarak alınmıştır. Analizde kullanılan değişkenler, değişken kısaltmaları ve değişkenlere ilişkin verilerin temin edildiği kurumlar Tablo 7’de verilmiştir:

Tablo 7 : Veri Seti

Değişkenler	Değişken Kısaltmaları	Veri Kaynağı
Havalimanları Reel Terminal Geliri (TL)	RGelir	DHMI
Havalimanları Yolcu Sayısı (Kişi)	Yolcu	DHMI
Havalimanları Yük Miktarı (Ton)	Yuk	DHMI
Tüfe Geliştirmekte Olan Ülkeler Bazlı Reel Efektif Döviz Kuru	Doviz	TCMB
Türkiye’ye Gelen Yabancı Ziyaretçi Sayısı	GTurist	TCMB
Reel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Değer (2009 Bazlı)	RGSYH	TUIK

Çalışmada incelenen kırk sekiz havalimanı aşağıda verilmiştir:

Adana Havalimanı	İzmir Adnan Menderes Havalimanı
Adıyaman Havalimanı	Kahramanmaraş Havalimanı
Ağrı <u>Ahmed-i Hani</u> Havalimanı	Kars <u>Harakani</u> Havalimanı
Amasya Merzifon Havalimanı	Kastamonu Havalimanı
Ankara Esenboğa Havalimanı	Kayseri Havalimanı
Antalya Havalimanı	Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı
Balıkesir Koca Seyit Havalimanı	Konya Havalimanı
Balıkesir Merkez Havalimanı	Malatya Havalimanı
Batman Havalimanı	Mardin Havalimanı
Bingöl Havalimanı	Muğla Dalaman Havalimanı
Bursa Yenişehir Havalimanı	Muğla Milas-Bodrum Havalimanı
Çanakkale Havalimanı	Muş Sultan Alparslan Havalimanı
Çanakkale Gökçeada Havalimanı	Nevşehir Kapadokya Havalimanı
Denizli Çardak Havalimanı	Samsun Çarşamba Havalimanı
Diyarbakır Havalimanı	Siirt Havalimanı
Elazığ Havalimanı	Sinop Havalimanı
Erzincan Havalimanı	Sivas Nuri Demirağ Havalimanı
Erzurum Havalimanı	Şanlıurfa GAP Havalimanı
Gaziantep Havalimanı	Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanı
Hatay Havalimanı	Tekirdağ Çorlu Havalimanı
Iğdır Şehit Bülent Aydın Havalimanı	Tokat Havalimanı
Isparta Süleyman Demirel Havalimanı	Trabzon Havalimanı
İstanbul Atatürk Havalimanı	Uşak Havalimanı
İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı	Van Ferit Melen Havalimanı

Sivil hava trafiğine açık havalimanlarından; Zonguldak Çaycuma Havalimanı, Zafer Havalimanı, Gazipaşa Alanya Havalimanı, Ordu Giresun Havalimanı, Hakkari Yüksekova Selahattin Eyyubi Havalimanı, Kapadokya Havalimanı, Aydın Çıldır Havalimanı ve Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı yetersiz veri ya da uçuş trafiğinin genelde eğitim uçuşlarını içermesi gibi nedenler ile analize dâhil edilmemiştir. Türkiye Sivil Hava Trafikine Açık Havalimanlarına ilişkin Türkiye haritası Şekil 3'deki gibi elde edilmiştir:



Şekil 3 : Türkiye Sivil Hava Trafikğine Açık Havalimanları

Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 8’de verilmiştir:

Tablo 8 : Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Ortalama	Standart Hata	En Küçük	En Büyük
RGelir	3.04×10^7	1.13×10^8	3045.806	9.41×10^8
Yolcu	3694148	1.02×10^7	0	6.83×10^7
Yük	65532.26	279310.7	0	2428869
Döviz	77.50833	7.45524	63.93	86.27
RGSYH	221219.4	556469.3	10457.09	3146460
GTurist	72224	225553.9	0	1119416

Tablo 8’e göre, 2013-2018 yılları kapsamında 48 havalimanı için yapılan çalışmada havalimanların bulunduğu illere gelen ortalama turist sayısı 72 224 iken bu illere havayolu ulaşımı ile gelen ortalama yolcu sayısının 3 694 148 olduğu görülmektedir.

Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin korelasyon matrisi Tablo 9’deki elde edilmiştir:

Tablo 9 : Korelasyon Matrisi

	RGelir	Yolcu	Yük	Döviz	RGSYH	GTurist
RGelir	1.0000					
Yolcu	0.9422	1.0000				
Yük	0.9699	0.9282	1.0000			
Döviz	-0.0436	-0.0349	-0.0282	1.0000		
RGSYH	0.7151	0.8752	0.7854	-0.0322	1.0000	
GTurist	0.7794	0.8889	0.7298	-0.0056	0.8140	1.0000

Mekansal panel regresyon modellerinde kullanılan ağırlık matrisi Öklid Uzaklığına göre “ArcGIS” programı ile elde edilmiştir. Oluşturulan mekânsal ağırlık matrisine ilişkin bilgiler Tablo 10’da verilmiştir:

Tablo 10 : Mekansal Ağırlık Matrisi (Öklid)

Matris	Açıklama
Boyutlar	48 x 48
Link olarak depolanan	48 x 48
Toplam	232
En Küçük	1
Ortalama	4.833333
En Büyük	9
Mesafe Eşiği	192877,5481

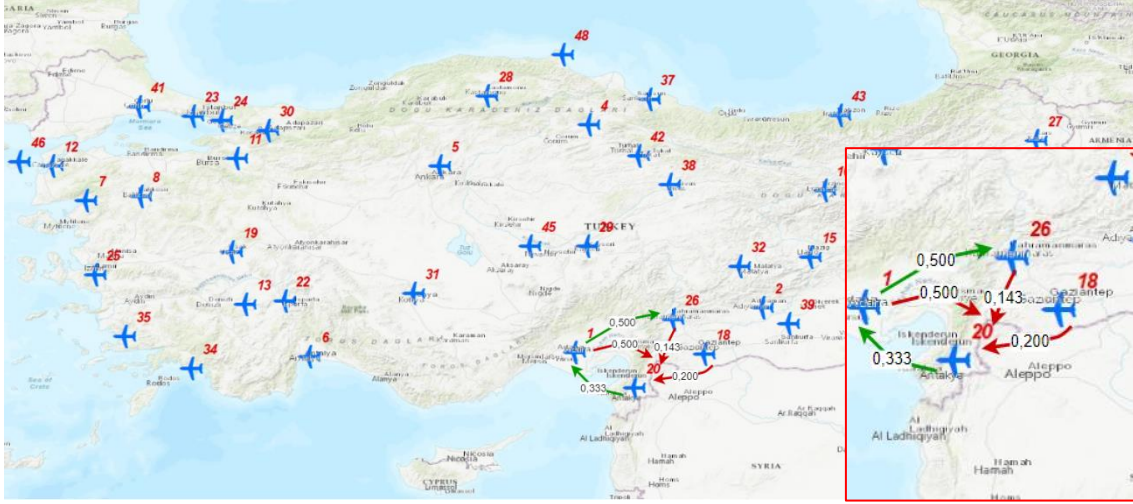
Komşuluk matrisi 48x48 boyutundadır. Bir bölgenin en az 1, en çok 9 komşusu vardır. Ortalama olarak $4.83 \cong 5$ komşudan söz edilir.

Şekil 4’te Öklid uzaklık tanımına göre hesaplanan ağırlık matrisinin nasıl oluşturulduğu Türkiye haritası üzerinde gösterilmiştir. Buna göre, ID’si 1 olan Adana Havalimanı kendisine mesafe eşiğinden (192.877,5481 m) daha yakın ve ID’si 20 olan Hatay Havalimanı için ağırlık matrisinde 0,500 değerini alırken ID’si 26 olan Kahramanmaraş Havalimanı için ağırlık matrisinde yine 0,500 değerini almaktadır. Adana Havalimanı kendisine mesafe eşiğinden (192.877,5481 m) daha uzak ID’si 18 olan Gaziantep Havalimanı’ndan ise etkilenmemektedir. Kuş bakışı olarak bu havalimanları arasındaki mesafe aşağıdaki gibi ifade edilir:

Adana Havalimanı - Hatay Havalimanı Arası: 113,38km (113.380m)

Adana Havalimanı - Kahramanmaraş Havalimanı Arası: 160,34km (160.340m)

Adana Havalimanı - Gaziantep Havalimanı Arası: 195,41km (195.410m)



Şekil 4 : Havalimanlarına İlişkin Ağırlıklandırmaların Gösterimi

4.3.3. Tahmin Edilen Modellere İlişkin Sonuçlar

Bu bölümde ilk olarak veriler mekânsal etki dikkate alınarak analiz edilmiştir. Bu amaçla mekânsal etkinin de dâhil edildiği mekânsal gecikme (SAR), mekânsal Durbin (SDM), mekânsal otokorelasyon (SAC), mekânsal hata (SEM) ve genelleştirilmiş momentler (SPGMM) modelleri uygulanmış ve en uygun modeli belirlemek için testler yapılmıştır. Analizlerde STATA 14.0 paket programı kullanılmıştır.

Mekânsal otokorelasyon varlığında, bu otokorelasyonu da içeren mekânsal modeller kullanılmalıdır. İlk olarak veride mekânsal otokorelasyon olup olmadığını anlamak için “ H_0 : Mekânsal otokorelasyon yoktur” şeklindeki yokluk hipotezi test edilir. Bu hipotezi test etmek için Moran I ve Getis-Ord testleri kullanılır.

Havalimanlarına ait reel gelir değişkeni ile diğer bağımsız değişkenler arasındaki ilişki genel olarak Eşitlik (72)’deki model ile ifade edilir:

$$RGelir_{it} = \beta_0 + \beta_1Yolcu_{it} + \beta_2Yuk_{it} + \beta_3Doviz_{it} + \beta_4RGSYH_{it} + \beta_5GTurist_{it} + u_{it} \quad (72)$$

Havalimanı verilerine ilişkin mekânsal panel regresyon model sonuçları ve modellere ilişkin test sonuçları Tablo 11’de verilmiştir:

Tablo 11 : Mekânsal Panel Regresyon Model Sonuçları

	Mekânsal Rastgele Etkiler SEM Modeli	Mekânsal Rastgele Etkiler SAR Modeli	Mekânsal Rastgele Etkiler SDM Modeli	Mekânsal Rastgele Etkiler SAC Modeli	Mekânsal Rastgele Etkiler SPGMM Modeli	Mekânsal Sabit Etkiler SAR Modeli	Mekânsal Sabit Etkiler SDM Modeli
Yolcu	6.351 (0.000**)	6.140 (0.000**)	5.641 (0.000**)	6.189 (0.000**)	6.360 (0.000**)	4.096 (0.000**)	3.879 (0.000**)
Yük	273.002 (0.000**)	277.141 (0.000**)	298.845 (0.000**)	276.077 (0.000**)	274.943 (0.000**)	346.228 (0.000**)	355.169 (0.000**)
Döviz	-259424.600 (0.010**)	-223177.400 (0.006**)	1043915 (0.905)	-226054.500 (0.016**)	-245350.900 (0.007**)	-58569.660 (0.307)	6123314 (0.917)
RGSYH	-82.334(0.000**)	-77.490 (0.000**)	-74.015(0.000**)	-78.274 (0.000**)	-82.145(0.000**)	-51.964(0.002**)	-50.053(0.003**)
GTurist	52.525 (0.000**)	42.712 (0.000**)	40.701 (0.000**)	44.041 (0.000**)	50.793 (0.000**)	-15.867 (0.299)	-4.553 (0.785)
Sabit	2.36x10 ⁷ (0.003**)	1.96x10 ⁷ (0.002**)	1.51x 10 ⁷ (0.019**)	1.98x10 ⁷ (0.007**)	2.23x10 ⁷ (0.002**)	2269862 (0.696)	-2606147 (0.780)
w1x_RGelir	-	-	-	-	-	0.269 (0.000**)	-
w1x_Yolcu	-	-	-2.007 (0.045**)	-	-	-	-0.236 (0.899)
w1x_Yuk	-	-	79.305 (0.034*)	-	-	-	113.681 (0.000**)
w1x_Doviz	-	-	-1218222 (0.890)	-	-	-	-6172562 (0.917)
w1x_RGSYH	-	-	28.081 (0.001**)	-	-	-	27.672 (0.500)
w1x_GTurist	-	-	-44.091(0.034**)	-	-	-	-19.556 (0.560)
Rho (ρ)	-	0.047 (0.000**)	0.020 (0.819)	0.046 (0.000**)	-	-	-
Sigma (σ)	1.04x10 ⁷ (0.000**)	1.02 x10 ⁷ (0.000**)	9679821 (0.000**)	0.136 (0.116)	-	-	-
Lambda (λ)	0.1879256 (0.027**)	-	-	1.01x10 ⁷ (0.000**)	-	-	-
Yatay Kesit Sayısı	48	48	48	48	48	48	48

P > Chi2 (Wald Testi)	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
P > F (F-Testi)	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
R ²	0.991	0.992	0.993	0.996	0.992	0.998	0.998
Düzeltilmiş R ²	0.99	0.98	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99
Log-olabilirlik	-5061.909	-5056.233	-5041.308	-5055.044	-5064.240	-4889.145	-4884.760
Moran's I Testi	0.032**	0.032**	0.608	0.032**	0.032**	0.057*	0.795
Geary GC Testi	0.022**	0.022**	0.838	0.022**	0.022**	0.348	0.405
Getis-Ords Testi	0.032**	0.032**	0.608	0.032**	0.032**	0.057*	0.795
Breusch-Pagan LM	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	-	-
Breusch-Pagan ALM	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	-	-
Sosa-Escudero-Yoon LM	0.001**	0.001**	0.000**	0.001**	0.001**	-	-
Sosa-Escudero-Yoon ALM	0.059*	0.059*	0.008**	0.059*	0.059*	-	-
Baltagi-Li LM	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	-	-
Baltagi-Li ALM	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	-	-

Not: Parantez içindeki değerler p değerleridir. * %10 seviyesinde anlamlıdır, ** %5 seviyesinde anlamlıdır.

Tablo 11'e göre mekânsal sabit etkiler modeli hem F hem Wald değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlıdır. Moran's I Testi sonucuna göre “ H_0 : Mekansal otokorelasyon yoktur” şeklindeki yokluk hipotezi mekânsal rastgele etkiler SEM, mekânsal rastgele etkiler SAR modeli, mekânsal rastgele etkiler SAC modeli, mekânsal rastgele etkiler SPGMM modelleri için %5 anlamlılık düzeyinde, mekânsal sabit etkiler SAR modeli için %10 anlamlılık düzeyinde reddedilir. Bu durumda bu modellerde pozitif mekânsal kümeleme olduğu söylenebilir.

İlk olarak mekânsal panel veri modellerinde sabit ya da tesadüfi etkiler modellerinden hangisinin kullanılacağına karar verilir. Sabit ve tesadüfi etkili modeller arasında seçim yapabilmek amacıyla SDM ve SAR modelleri için Hausman Testi uygulanır. Hausman Testi sonucu Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12 : Hausman Testi Sonuçları

	SDM	SAR
Hausman test istatistiği	6.074	18.174
p-değeri	0.047	0.001

Tablo 12'deki test sonuçlarına göre her iki model için de “ H_0 : Bağımsız değişkenler ve birim etki arasında korelasyon yoktur” şeklindeki yokluk hipotezi reddedilmiştir. Bu durumda tesadüfi etkiler tahmin edicisi yanlıdır. Dolayısıyla sabit etkiler tahmin edicisinin tutarlı olduğuna karar verilir. Hem SDM hem de SAR modeli için sabit etkiler tahmin edicisi daha tutarlıdır.

Sabit etkiler modeli için birimler arası korelasyon olup olmadığı Pesaran CD ve Breusch-Pagan LM testleri ile test edilir. Bu test sonuçları Tablo 13'teki gibi elde edilmiştir.

Tablo 13 : Birimler (Mekânlar) Arası Korelasyon Testi

	_e1	_e2	_e3	_e4	_e5	_e6	_e7	_e8	_e9	_e10	_e11	_e12	_e13	_e14	_e15	_e16	_e17	_e18	_e19	_e20	_e21	_e22	_e23	_e24
_e1	1.000																							
_e2	0,798	1.000																						
_e3	0,781	0,996	1.000																					
_e4	0,708	0,982	0,982	1.000																				
_e5	0,495	0,183	0,124	0,183	1.000																			
_e6	-0,753	-0,881	-0,872	-0,797	0,043	1.000																		
_e7	0,767	0,995	0,999	0,983	0,114	-0,866	1.000																	
_e8	0,741	0,951	0,948	0,932	0,083	-0,922	0,939	1.000																
_e9	0,738	0,991	0,997	0,981	0,063	-0,883	0,997	0,957	1.000															
_e10	0,353	-0,258	-0,256	-0,380	0,310	0,130	-0,277	-0,276	-0,314	1.000														
_e11	0,760	0,989	0,987	0,971	0,140	-0,856	0,992	0,905	0,983	-0,291	1.000													
_e12	0,779	0,966	0,943	0,951	0,344	-0,806	0,948	0,871	0,932	-0,290	0,969	1.000												
_e13	0,794	0,795	0,801	0,794	0,452	-0,495	0,804	0,611	0,757	0,067	0,814	0,809	1.000											
_e14	0,873	0,986	0,978	0,952	0,264	-0,895	0,971	0,959	0,966	-0,127	0,956	0,945	0,789	1.000										
_e15	0,776	0,998	0,994	0,991	0,191	-0,864	0,992	0,958	0,991	-0,296	0,981	0,962	0,785	0,982	1.000									
_e16	0,803	0,992	0,976	0,970	0,254	-0,886	0,975	0,951	0,971	-0,271	0,975	0,980	0,759	0,984	0,990	1.000								
_e17	0,743	0,861	0,844	0,900	0,555	-0,583	0,837	0,805	0,820	-0,213	0,819	0,879	0,824	0,872	0,882	0,873	1.000							
_e18	0,778	0,990	0,999	0,980	0,112	-0,858	0,997	0,945	0,995	-0,242	0,979	0,927	0,809	0,973	0,989	0,965	0,922	1.000						
_e19	0,913	0,914	0,906	0,890	0,435	-0,774	0,891	0,896	0,880	0,033	0,859	0,870	0,821	0,960	0,917	0,913	0,883	0,910	1.000					
_e20	0,822	0,990	0,994	0,978	0,205	-0,843	0,990	0,940	0,984	-0,189	0,973	0,939	0,841	0,985	0,990	0,971	0,835	0,995	0,943	1.000				
_e21	0,726	0,971	0,987	0,976	0,059	-0,817	0,986	0,930	0,986	-0,278	0,960	0,892	0,802	0,946	0,974	0,935	0,299	0,994	0,888	0,984	1.000			
_e22	0,156	-0,055	-0,103	-0,033	0,606	0,050	-0,133	0,115	-0,118	0,146	-0,185	-0,024	-0,156	0,060	-0,016	0,030	-0,152	-0,106	0,242	-0,039	-0,131	1.000		
_e23	0,021	0,059	0,002	-0,023	0,077	-0,185	0,028	-0,071	0,006	-0,163	0,145	0,240	-0,057	0,010	0,019	0,125	-0,795	-0,049	-0,176	-0,060	-0,131	-0,306	1.000	
_e24	-0,828	-0,972	-0,965	-0,930	-0,210	0,856	-0,969	-0,866	-0,951	0,160	-0,987	-0,966	-0,845	-0,953	-0,955	-0,961	0,854	-0,955	-0,864	-0,956	-0,923	0,195	-0,211	1.000
_e25	0,797	0,998	0,999	0,981	0,153	-0,878	0,998	0,953	0,995	-0,242	0,986	0,950	0,802	0,985	0,996	0,983	0,887	0,997	0,916	0,995	0,982	-0,075	0,013	-0,967
_e26	0,863	0,990	0,978	0,960	0,291	-0,882	0,973	0,950	0,966	-0,160	0,965	0,964	0,801	0,998	0,987	0,992	0,852	0,971	0,953	0,984	0,943	0,054	0,050	-0,962
_e27	0,797	0,995	0,999	0,979	0,141	-0,875	0,997	0,954	0,995	-0,230	0,981	0,938	0,803	0,983	0,994	0,976	0,907	0,999	0,921	0,996	0,987	-0,073	-0,024	-0,960
_e28	0,874	0,931	0,907	0,905	0,499	-0,743	0,907	0,815	0,878	-0,091	0,926	0,973	0,888	0,937	0,923	0,944	-0,723	0,895	0,916	0,925	0,855	0,048	0,174	-0,949
_e29	-0,343	-0,805	-0,786	-0,860	-0,057	0,660	-0,797	-0,788	-0,814	0,756	-0,810	-0,834	-0,460	-0,730	-0,827	-0,830	0,970	-0,767	-0,595	-0,746	-0,761	0,007	-0,220	0,730
_e30	0,689	0,810	0,803	0,861	0,474	-0,560	0,789	0,818	0,786	-0,201	0,741	0,779	0,729	0,836	0,841	0,815	0,889	0,813	0,914	0,849	0,819	0,402	-0,356	-0,697
_e31	0,812	0,997	0,989	0,982	0,254	-0,854	0,988	0,935	0,980	-0,247	0,986	0,979	0,822	0,985	0,995	0,993	0,851	0,982	0,924	0,988	0,959	-0,025	0,075	-0,974
_e32	0,802	0,998	0,990	0,975	0,195	-0,891	0,990	0,947	0,986	-0,259	0,990	0,974	0,783	0,985	0,994	0,995	-0,689	0,981	0,905	0,982	0,956	-0,055	0,112	-0,977
_e33	-0,776	-0,881	-0,843	-0,810	-0,287	0,871	-0,849	-0,802	-0,835	0,179	-0,892	-0,934	-0,645	-0,875	-0,859	-0,916	-0,767	-0,814	-0,755	-0,821	-0,748	0,056	-0,491	0,922
_e34	-0,765	-0,921	-0,888	-0,872	-0,255	0,921	-0,886	-0,917	-0,890	0,263	-0,897	-0,934	-0,587	-0,927	-0,916	-0,959	0,872	-0,864	-0,830	-0,870	-0,811	-0,121	-0,300	0,895
_e35	0,769	0,998	0,992	0,989	0,187	-0,868	0,992	0,952	0,990	-0,311	0,987	0,970	0,781	0,979	0,999	0,993	0,233	0,985	0,904	0,985	0,967	-0,038	0,065	-0,963
_e36	0,671	0,630	0,659	0,508	-0,266	-0,771	0,658	0,587	0,652	0,258	0,654	0,509	0,513	0,641	0,584	0,572	0,831	0,663	0,533	0,635	0,639	-0,488	0,108	-0,705
_e37	0,785	0,995	0,990	0,972	0,165	-0,878	0,993	0,925	0,986	-0,270	0,998	0,973	0,801	0,972	0,988	0,986	0,883	0,982	0,882	0,979	0,959	-0,129	0,136	-0,986
_e38	0,823	0,996	0,985	0,975	0,263	-0,867	0,984	0,937	0,976	-0,233	0,984	0,982	0,812	0,987	0,993	0,996	0,783	0,977	0,924	0,984	0,950	-0,014	0,099	-0,976
_e39	0,682	0,976	0,970	0,962	0,043	-0,910	0,972	0,959	0,982	-0,410	0,969	0,938	0,658	0,944	0,976	0,975	0,253	0,959	0,827	0,943	0,940	-0,085	0,134	-0,932
_e40	0,183	0,020	0,069	0,073	0,109	0,118	0,039	0,119	0,046	0,352	-0,072	-0,144	0,208	0,097	0,050	-0,041	0,834	0,118	0,314	0,148	0,183	0,362	-0,967	0,104
_e41	0,756	0,990	0,998	0,982	0,085	-0,861	0,998	0,946	0,998	-0,276	0,982	0,927	0,795	0,967	0,989	0,964	0,922	0,999	0,894	0,991	0,994	-0,125	-0,034	-0,953
_e42	0,748	0,843	0,798	0,843	0,591	-0,689	0,792	0,817	0,781	-0,239	0,797	0,906	0,662	0,866	0,856	0,897	0,835	0,779	0,867	0,818	0,733	0,394	0,145	-0,791
_e43	0,817	0,932	0,898	0,892	0,404	-0,829	0,901	0,847	0,883	-0,202	0,930	0,984	0,755	0,929	0,922	0,963	0,600	0,875	0,854	0,894	0,822	0,042	0,338	-0,947

_e44	0,690	0,887	0,920	0,848	-0,188	-0,848	0,920	0,847	0,923	-0,135	0,897	0,766	0,711	0,861	0,871	0,828	0,864	0,928	0,760	0,899	0,933	-0,374	-0,073	-0,882
_e45	0,804	0,992	0,998	0,979	0,159	-0,857	0,995	0,947	0,991	-0,213	0,977	0,934	0,822	0,982	0,991	0,970	0,845	0,999	0,929	0,999	0,989	-0,068	-0,052	-0,957
_e46	0,814	0,983	0,993	0,966	0,144	-0,845	0,990	0,926	0,983	-0,168	0,973	0,920	0,846	0,973	0,979	0,954	0,815	0,996	0,923	0,996	0,989	-0,116	-0,065	-0,959
_e47	0,801	0,990	0,996	0,965	0,113	-0,874	0,996	0,926	0,989	-0,202	0,989	0,937	0,823	0,972	0,982	0,965	0,822	0,994	0,895	0,989	0,980	-0,165	0,033	-0,978
_e48	0,696	0,988	0,986	0,984	0,080	-0,868	0,990	0,942	0,992	-0,396	0,987	0,953	0,738	0,951	0,989	0,977	0,845	0,979	0,847	0,967	0,967	-0,124	0,094	-0,952

	_e25	_e26	_e27	_e28	_e29	_e30	_e31	_e32	_e33	_e34	_e35	_e36	_e37	_e38	_e39	_e40	_e41	_e42	_e43	_e44	_e45	_e46	_e47	_e48
	1.000																							
_e26	0,985	1.000																						
_e27	0,999	0,982	1.000																					
_e28	0,918	0,953	0,908	1.000																				
_e29	-0,786	-0,757	-0,771	-0,6992	1.000																			
_e30	0,812	0,838	0,818	0,8042	-0,6687	1.000																		
_e31	0,992	0,992	0,988	0,9548	-0,8048	0,8285	1.000																	
_e32	0,994	0,990	0,989	0,9369	-0,8116	0,7912	0,9963	1.000																
_e33	-0,856	-0,892	-0,837	-0,8974	0,7373	-0,5618	-0,8884	-0,9059	1.000															
_e34	-0,901	-0,936	-0,887	-0,8798	0,8130	-0,6997	-0,9213	-0,9384	0,958	1.000														
_e35	0,994	0,985	0,990	0,9270	-0,8389	0,8211	0,9961	0,9967	-0,877	-0,924	1.000													
_e36	0,652	0,613	0,659	0,5088	-0,1903	0,1941	0,5927	0,6307	-0,595	-0,532	0,586	1.000												
_e37	0,992	0,979	0,986	0,9336	-0,8082	0,7607	0,9929	0,9969	-0,903	-0,919	0,992	0,652	1.000											
_e38	0,990	0,995	0,985	0,9575	-0,8006	0,8193	0,9992	0,9973	-0,903	-0,934	0,994	0,599	0,992	1.000										
_e39	0,971	0,950	0,965	0,8553	-0,8810	0,7385	0,9633	0,9786	-0,881	-0,938	0,981	0,599	0,974	0,964	1.000									
_e40	0,063	0,056	0,099	-0,0300	0,2651	0,4328	0,0142	-0,0298	0,379	0,217	0,003	-0,010	-0,057	-0,005	-0,099	1.000								
_e41	0,996	0,966	0,997	0,8859	-0,7854	0,8015	0,9798	0,9816	-0,815	-0,865	0,986	0,659	0,983	0,974	0,966	0,094	1.000							
_e42	0,817	0,886	0,804	0,9065	-0,7771	0,8607	0,8714	0,8535	-0,836	-0,900	0,857	0,216	0,823	0,878	0,809	-0,037	0,772	1.000						
_e43	0,911	0,948	0,895	0,9671	-0,7829	0,7238	0,9484	0,9485	-0,973	-0,960	0,933	0,515	0,942	0,957	0,905	-0,220	0,873	0,921	1.000					
_e44	0,908	0,845	0,917	0,7230	-0,5873	0,5832	0,8567	0,8747	-0,696	-0,716	0,867	0,855	0,890	0,850	0,867	0,121	0,930	0,505	0,707	1.000				
_e45	0,997	0,980	0,999	0,9112	-0,7571	0,8314	0,9864	0,9839	-0,821	-0,872	0,986	0,652	0,981	0,982	0,953	0,131	0,996	0,801	0,887	0,914	1.000			
_e46	0,992	0,970	0,995	0,9054	-0,7157	0,8094	0,9769	0,9736	-0,806	-0,843	0,974	0,689	0,975	0,971	0,935	0,150	0,992	0,765	0,870	0,932	0,997	1.000		
_e47	0,995	0,972	0,994	0,9091	-0,7451	0,7628	0,964	0,992	-0,851	-0,873	0,981	0,713	0,990	0,979	0,956	0,048	0,993	0,765	0,895	0,937	0,992	0,994	1.000	
_e48	0,985	0,958	0,981	0,8850	-0,8714	0,980	0,989	0,986	-0,864	-0,909	0,992	0,595	0,988	0,976	0,991	-0,051	0,984	0,807	0,907	0,884	0,974	0,964	0,976	1.000

Pesaran CD ve Breusch-Pagan LM testlerine göre “ H_0 : Birimler arası korelasyon yoktur” şeklindeki H_0 hipotezi reddedilir ($p=0.000 < 0.05$). Havalimanlarına ait gelir modellerinden elde edilen artıklar arasında korelasyon vardır. Yani mekânsal korelasyonun olduğundan söz edilebilmektedir. Ayrıca korelasyon matrisi de özellikle komşu olan havalimanları arasında yüksek korelasyon olduğunu (mekânsal otokorelasyonun olduğunu) göstermektedir.

Bu sonuçlara göre havalimanı gelir verilerine en uygun mekânsal panel regresyon modeli sabit etkiler SAR modeli olarak belirlenmiştir. Sabit etkiler SAR modeli sonuçları Tablo 14’te verilmiştir:

Tablo 14 : SAR Modeli Sonuçları

	Katsayılar	Standart Hata	t	P > t	%95 güven aralığı	
wly_ReelGelir	0.269	0.034	7.870	0.000	0.201	0.336
Yolcu	4.096	0.777	5.270	0.000	2.564	5.629
Yuk	346.228	12.035	28.770	0.000	322.516	369.940
Doviz	-58569.660	57263.590	-1.020	0.307	-171387.7	54248.420
ReelGSYH	-51.963	16.803	-3.090	0.002	-85.068	-18.858
Turist	-15.867	15.241	-1.040	0.299	-45.895	14.161
_cons	2269862	5807945	0.390	0.696	-9172682	1.37x10 ⁷
Panel Model Seçim Kriterleri						
Log-olabilirlik Fonksiyonu			LLF	-		
			4889.145			
Mekânsal Panel Otokorelasyon Testleri						
H_0 : Hatalarda mekânsal otokorelasyon yoktur.						
Küresel Moran MI	-0.080	P-Değeri > Z(-1.959)	0.057			
Küresel Geary GC	1.049	P-Değeri > Z(1.387)	0.348			
Küresel Getis-Ords GO	0.080	P-Değeri > Z(1.959)	0.057			
Moran MI Hata Testi	-1.745	P-Değeri > Z(-42.738)	0.081			
LM Hata (Burrige)	2.479	P-Değeri > Chi2(1)	0.115			
LM Hata (Robust)	3.702	P-Değeri > Chi2(1)	0.054			
H_0 : Mekânsal gecikmeli bağımlı değişkende mekânsal otokorelasyon yoktur.						
LM Lag (Anselin)	0.000	P-Değeri > Chi2(1)	1.000			
LM Lag (Robust)	1.222	P-Değeri > Chi2(1)	0.268			
H_0 : Genel mekânsal otokorelasyon yoktur.						
LM SAC (LMErr+LMLag R)	3.702	P-Değeri > Chi2(1)	0.157			
LM SAC (LMLag+LMErr_R)	3.702	P-Değeri > Chi2(1)	0.157			

Tablo 14’te sabit etkiler SAR modeli sonuçları incelendiğinde F ve Wald testlerine göre modelin anlamlı olduğu %95 güven düzeyinde söylenebilir. Global Moran I, Global Getis Ord ve Global Geary C testlerine göre “Mekânsal otokorelasyon yoktur” şeklindeki yokluk hipotezi reddedilememektedir. Buna göre modelde mekânsal otokorelasyon yoktur. Ayrıca LM SAC testlerine göre “Mekânsal hata ve mekânsal gecikme yoktur” şeklindeki yokluk hipotezi reddedilememektedir ($p=0.157>0.05$). Buna göre mekânsal hata ya da mekânsal gecikme olmadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle mekânsal panel regresyon modelleri yerine panel regresyon modelleri kullanılmıştır. Panel regresyon model sonuçları Tablo 15’teki gibi elde edilmiştir:

Tablo 15 : Panel Veri Modelleri

Bağımlı Değişken: RGeIir	Havuzlanmış Model (POLS)	Sabit Etkiler Modeli (FE)	Tesadüfi Etkiler Modeli (RE)	Arellona Tahmin Edicisi	Newey -West Tahmin Edicisi (NW)
Sabit	2.315x10 ⁷ (0.000)**		2.259x10 ⁷ (0.000)**		
Yolcu	6.339 (0.000)**	4.704 (0.000)**	5.697 (0.000)**	4.704 (0.052)**	4.704 (0.029)**
Yük	274.850 (0.000)**	348.680 (0.000)**	302.150 (0.000)**	348.680 (0.000)**	348.68 (0.000)**
Doviz	-2.552x10 ⁵ (0.003)**	-2.175 x10 ⁵ (0.000)**	-2.422 x10 ⁵ (0.000)**	-2.175 x10 ⁵ (0.014)**	-2.175 x10 ⁵ (0.001)**
RGSYH	-82.178 (0.000)**	-61.311 (0.000)**	-74.529 (0.000)**	-61.311 (0.0781)*	-61.311 (0.1054)
GTurist	51.818 (0.000)	-22.926 (0.181)	30.214 (0.004)**	-22.926 (0.638)	-22.926 (0.536)

F test (p değeri) = 8.336 (0.000)**

Breusch-Pagan LM test (p değeri) = 4413.784 (0.000)**

Breusch-Godfrey/Wooldridge (p değeri) = 48.656 (0.000)**

Hausman test (p değeri) = 81.959 (0.000)**

Pesaran CD (p değeri) = 35.564 (0.000)**

Not: Parantez içindeki değerler p değerleridir. * %10 seviyesinde anlamlıdır, ** %5 seviyesinde anlamlıdır.

Tablo 15 incelendiğinde model seçiminde F testi ve Hausman testi kullanılmıştır. F testi sonucuna göre havuzlanmış modelin sabit etkiler modeline karşı daha uygun olduğunu belirten H_0 hipotezi reddedilir ($p=0.000<0.05$). Bu durumda sabit etkiler modelinin daha uygun olduğu %95 güven ile söylenebilir. Hausman testi sonucuna göre rastgele etkiler modelinin sabit etkiler modeline karşı daha tutarlı olduğunu belirten H_0 hipotezi reddedilir ($p=0.000<0.05$). Her iki test sonucuna göre sabit etkiler modelinin daha uygun olduğu %95 güven ile söylenebilir. En uygun modele karar verildikten sonra modelde değişen varyanslılık, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı olup olmadığı araştırılmıştır. Test sonuçlarına göre sabit etkiler modelinde otokorelasyon, değişen varyanslılık ve yatay kesit bağımlılığının olduğu %95 güven ile söylenebilir ($p=0.000<0.05$). Bu nedenle varsayım bozulmalarına karşı dirençli Arellona ve Newey-West tahmin edicileri kullanılmıştır. Dirençli tahmin edicilerin sonuçları incelendiğinde reel terminal gelirleri üzerinde yolcu sayısı, yük miktarı (ton) ve döviz kuru değişkenlerinin istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Sonuçlara göre yolcu sayısı ve yük miktarı arttıkça reel terminal gelirleri artarken, döviz kuru arttıkça reel terminal gelirleri azalmaktadır.

5. SONUÇ

Havacılık sektörünün sahip olduğu emniyet, hız, konfor vb. avantajlar göz önüne alındığında, özellikle uzun mesafeli iç hat uçuşlarında veya tüm dış hat uçuşlarında denizyolları, karayolları ve demiryolları karşısında tercih üstünlüğü bulunmaktadır. Havalimanlarının alternatif ulaşım kanallarına ve/veya konumsal olarak yakın halde oldukları yerlerde kendi aralarındaki yolcu tercihleri sıralaması ise bölgesel şartlara, mekânsal sosyo-ekonomik durumuna, ulaşım kolaylığına ve daha pek çok konuya göre değişim göstermektedir. Havalimanlarında yolcu talebinin artması, yani havalimanının tercih edilebilirliğinin yükselmesi, hem havalimanı için hem de çevresi için maddi ve kültürel gelişmeyi beraberinde getirir.

Geleneksel ekonometri ve mekânsal bilgi bir araya gelerek coğrafi bilgi içeren tahmin yöntemleri mekânsal ekonometriyi oluşturur. Veriler coğrafi birimlere göre toplandığında ortaya çıkan mekânsal etkileşimler bu ekonometrik analizlerin temelini oluşturur. Son yıllarda coğrafi bilgi sistemlerindeki gelişmeler, verilerin coğrafi özelliklerinin toplanmasını ve ölçülmesini kolaylaştırmaktadır. Bunun yanında, ekonometrik değişimlerin bölgede yaşayan toplumların davranışlarına da yansımından dolayı mekânsal ekonometri alanında yapılan çalışmalarda da artış yaşanmaktadır. Havalimanı işletmecileri ve otoriteler, havalimanı yenileme ve geliştirme planlarını oluştururken ekonomik gelişmelerin yolcu trafiğini nasıl etkilediği gibi çalışmalar yürütürler. Bir bölgeye havalimanı yaparken onun başka bölgelerdeki havalimanlarıyla nasıl bir benzerlik ya da farklılık göstereceği gibi konular büyük önem taşır. Çünkü bu benzerlikler o havalimanının alacağı talebin tahmin edilmesine ve geliştirme çalışmalarının bu doğrultuda yapılmasına yardımcı olur. Bu çalışmada yolcu hareketleri de dahil tüm bu değişkenlerin terminal gelirlerini nasıl etkilediğini, bu gelirlerin bölgeden bölgeye nasıl değiştiğini ve gelirlerde mekânsal etkilerin olup olmadığını incelenmiştir.

Tez çalışmasında, 2013-2018 dönemi için havalimanlarına ait yolcu sayısı, yük miktarı (ton), döviz kuru (tüfe gelişmekte olan ülkeler bazlı reel efektif döviz kuru), illere gelen turist sayıları, reel GSYH değişkenlerinin Türkiye'deki havalimanları terminal reel gelirleri üzerindeki etkisi, havalimanları arasındaki komşuluk ilişkisi göz önünde bulundurularak mekânsal panel veri analizi yöntemleri ile analiz edilmiştir. Türkiye'de havalimanı verilerine ilişkin mekânsal panel regresyon analizlerin yapıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle analizde yer alan birim boyutunun havalimanları olması ve havalimanları arasında komşuluk ilişkisinin olabileceği göz önüne alınarak, mekânsal panel veri yöntemleri kullanılmıştır. Ancak çalışmaya Türkiye'de faaliyet gösteren havalimanlarının hepsi dahil edilememiştir. Dahil edilemeyen havalimanlarının bazıları, tercih edilen başlangıç yılı olan 2013'te ya daha kurulmamış ya da kayda değer trafiğe ulaşamamıştır. Bazıları için ise eğitim uçuşu ya da askeri havalimanı statüsünde olmaları gibi nedenler söz konusudur. Analizlerde verileri kullanılan 48 havalimanı için ilk olarak komşuluk matrisi oluşturulmuş, daha sonra bu komşuluk matrisi kullanılarak mekânsal panel veri modelleri tahmin edilmiştir. Elde edilen modeller, hem model anlamlılığı hem de mekânsal otokorelasyonun varlığı bakımından değerlendirilmiştir. Sabit ve tesadüfi etkili modeller arasında seçim yapabilmek amacıyla SDM ve SAR modelleri için Hausman testi uygulanmıştır. Hausman testi sonucunda sabit etkiler tahmincisinin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. SDM ve SAR modellerinden hangisinin kullanılacağına karar vermek için birimler arası korelasyon testi yapılmış ve bu test sonucunda veriye en uygun mekânsal modelin SAR modeli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. SAR modeli sonuçları detaylı olarak incelendiğinde Global Moran I, Global Getis Ord ve Global Geary C testlerine göre mekânsal otokorelasyon olmadığını ifade eden yokluk hipotezi reddedilememektedir. Moran I hata testi sonucuna göre de %95 güven düzeyinde mekânsal otokorelasyonun olmadığı görülmektedir. LM testleri incelendiğinde de mekânsal hata ve mekânsal gecikme olmadığını ifade eden yokluk hipotezleri reddedilememektedir. Bu durumda modelde mekânsal hata ya da mekânsal gecikme olmadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle verilerin analizinde mekânsal panel regresyon modelleri yerine panel regresyon modelleri tercih edilmiştir.

Panel regresyon modellerinden sabit etkiler panel regresyon modelinin veriye en uygun model olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Modelde Breusch-Pagan LM testi, Breusch-Godfrey/Wooldridge LM testi ve Pesaran CD testine göre sırasıyla değişen varyanslılık, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı olduğu görülmüştür ($p=0.000<0.05$). Bu varsayım bozumlarına karşı dirençli tahmin ediciler Arrellona ve Newey-West tahmin edicileri kullanılmıştır. Bu tahmin edicilerin sonuçları incelendiğinde terminal reel gelirlerine etki eden değişkenler yolcu sayısı, yük miktarı (ton) ve döviz kuru değişkenleridir. Bu değişkenlerden yolcu sayısı, yük miktarı değişkenleri terminal gelirleri üzerinde pozitif bir etkiye sahipken, döviz kuru değişkeni terminal reel gelirleri üzerinde negatif etkiye sahiptir. Ayrıca Arrellona ve Newey-West tahmin edicileri sonuçlarına göre yolcu sayısı bir kişi arttığında terminal reel geliri ortalama 4.704 TL, taşınan yük miktarı 1 ton arttığında terminal reel geliri ortalama 348.68 TL artacaktır. Buna karşın reel efektif döviz kurunda bir birimlik artış olduğunda terminal reel gelirinde ortalama 2.775×10^5 TL azalış olacaktır. Reel efektif döviz kuru döviz piyasasına müdahale edilip edilmeyeceğini gösteren en önemli göstergedir. Reel efektif döviz kurunun artması Türk ürünlerinin pahalılaşması ve yabancı ürünlerin ucuzlaması anlamına gelmektedir. Bu durumda ihracat azalacak ve dış ticaret açığı artacaktır. Dış ticaret açığının artması enflasyona neden olacağı için terminal reel gelirlerinde buna bağlı olarak azalma meydana gelecektir.

Tez çalışmasında elde edilen sonuçlar incelendiğinde havalimanı gelirleri üzerinde yolcu sayısı, yük miktarı ve reel efektif döviz kuru değişkenleri etkili olduğu görülmektedir. Yolcu sayısı ve yük miktarı arttıkça beklenildiği gibi terminal reel gelirleri de artmaktadır. Buna karşın reel efektif döviz kuru arttıkça terminal reel gelirleri azalmaktadır.

Literatür araştırmasında gelişmiş ölkelerde Havacılık ve İstatistik mesleklerinin 1940'lerden itibaren daha yakın çalışmaya başladıkları ve veri bilimindeki gelişmelere paralel olarak, teze konu olan hususlarda özellikle Kanada, Almanya, Çin gibi ölkelerde yayın, makale ve deneyim aktarımının ulusal ve uluslararası literatüre yaygın katkıda bulunduğu değerlendirilmiştir. Ölkemiz açısından belirlenebildiği kadarıyla havalimanı sayısı ve yolcu talebi konularında var olan yüksek kapasitenin, sürdürülebilir havalimanı projeleri için hava ve gürültü kirliliğini önleme, hava kargoculuğu ve pazar payı gibi alanlarda yapılabilecek; modelleme, ileri dönük tahmin yapma, simüle etme gibi çalışmalarla ve disiplinler arası işbirliğini arttıracak proje ve uygulamaların hayata geçirilmesiyle hem talebin devamlılığının sağlanabileceği hem de talepten doğan verinin planlama çalışmalarına faydasının olabileceği değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Babadağlı, S. (2019). Krom üretim miktarı ve fiyatının panel veri kullanılarak modellenmesi. (Yayımlanmış yüksek lisans tezi) Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [2] Baltagi, B. H., Song, S. H., & Koh, W. (2003). Testing panel data regression models with spatial error correlation. *Journal of Econometrics*, 117(1), 123-150.
- [3] Baltagi, B. H. (2005). *Econometric analysis of panel data*, third edition. John Wiley & Sons Ltd.
- [4] Çağlayan, T. (2018). Büyümeye mekân etkisi: OECD ülkeleri için mekânsal panel veri analizi. (Yayımlanmış yüksek lisans tezi) Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [5] Gülel, F. E. (2013). Mekânsal panel veri modelleri ve Avrupa ülkelerindeki intihar oranları üzerine uygulaması (Yayımlanmış doktora tezi) Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] Güriş, S. (2015). *Stata ile panel veri modelleri*. Der Yayınevi. İstanbul.
- [7] Hsiao, C., 2003. *Analysis for panel data*. Cambridge University Press, Cambridge
- [8] Bera, A. K., & Yoon, M. J. (1993). Specification testing with locally misspecified alternatives. *Econometric theory*, 649-658.
- [9] Şentürk, F. (2019). Mekânsal panel veri analizi: Türkiye’de bölgelerin dış ticaret hacmine göre yakınsaması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi.
- [10] Tatoğlu, F. Y.(2018). *Panel veri ekonometrisi*, Beta Yayınları.İstanbul.
- [11] Koçtepe, E. (2019). Türkiye’de turizm talebinin belirleyicileri: panel veri analizi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi.
- [12] Anselin L., (2001). *Spatial Econometrics*, Edited by Badi H. Baltagi, 2003, Blackwell Publishing Ltd.
- [13] Anselin L., (2010). *Spatial econometrics: methods and models*, Departments of Geography and Economics, University of California, Santa Barbara, Springer-science business media, b.v.
- [14] Anselin, L. (2005). *Exploring spatial data with GeoDaTM: a workbook*. Center for spatially integrated social science.
- [15] Elhorst, J. P. (2014). Matlab software for spatial panels. *International Regional Science Review*, 37(3), 389-405.
- [16] Arbia, G. (2006). *Spatial econometrics: statistical foundations and applications to regional convergence*. Springer Science & Business Media.

- [17] Fischer, M. M., & Wang, J. (2011). Spatial data analysis: models, methods and techniques. Springer Science & Business Media.
- [18] Baltagi, B. H., & Liu, L. (2008). Testing for random effects and spatial lag dependence in panel data models. *Statistics & Probability Letters*, 78(18), 3304-3306.
- [19] <https://www.dhmi.gov.tr/Lists/HavaYoluSektorRaporlari/Attachments/13/2019%20Havayolu%20Sekt%C3%B6r%20Raporu.pdf> (Temmuz, 2020)
- [20] Topuz, K. Z., (2017). Türkiye’de Havalimanı İşletmeciliği, 1. Baskı, Azim Matbaacılık, Ankara.
- [21] Efendigil, T., & Eminler, Ö. E. (2017). Havacılık Sektöründe Talep Tahmininin Önemi: Yolcu Talebi Üzerine Bir Tahmin Modeli. *Journal of Yasar University*, 12.
- [22] <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/bakanlik-yayinlari/ulasan-ve-erisen-turkiye-2017.pdf> (Temmuz, 2020)
- [23] <https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/10034/iste-turk-sivil-havaciliginin-fotografi-> (Temmuz, 2020)
- [24] Tatoğlu, F. Y.(2018). İleri panel veri analizi, Beta Yayınları. İstanbul.
- [25] Geary, R. C. (1954). The contiguity ratio and statistical mapping. *The incorporated statistician*, 5(3), 115-146.
- [26] Moran, P. A. (1948). The interpretation of statistical maps. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 10(2), 243-251.
- [27] Anselin, L. (1988). Lagrange multiplier test diagnostics for spatial dependence and spatial heterogeneity. *Geographical analysis*, 20(1), 1-17.
- [28] Anselin, L., Bera, A. K., Florax, R., & Yoon, M. J. (1996). Simple diagnostic tests for spatial dependence. *Regional science and urban economics*, 26(1), 77-104.
- [29] Anselin, L., Syabri, I., & Kho, Y. (2010). GeoDa: an introduction to spatial data analysis. In *Handbook of applied spatial analysis* (pp. 73-89). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [30] Daraban, B., & Fournier, G. M. (2008). Incumbent responses to low-cost airline entry and exit: A spatial autoregressive panel data analysis. *Research in Transportation Economics*, 24(1), 15-24.
- [31] Fischer, M. M., Scherngell, T., & Reismann, M. (2009). Knowledge spillovers and total factor productivity: evidence using a spatial panel data model. *Geographical Analysis*, 41(2), 204-220.
- [32] Elhorst, J. P., & Fréret, S. (2009). Evidence of political yardstick competition in France using a two-regime spatial Durbin model with fixed effects. *Journal of Regional Science*, 49(5), 931-951.
- [33] Millo, G., & Piras, G. (2012). splm: Spatial panel data models in R. *Journal of Statistical Software*, 47(1), 1-38.

- [34] Chen, Z., & Haynes, K. E. (2015). Regional impact of public transportation infrastructure: A spatial panel assessment of the US Northeast megaregion. *Economic Development Quarterly*, 29(3), 275-291.
- [35] Tesfay, Y. Y. (2016). Modified panel data regression model and its applications to the airline industry: Modeling the load factor of Europe North and Europe Mid Atlantic flights. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 3(4), 283-295.
- [36] Chen, Z., Barros, C., & Yu, Y. (2017). Spatial distribution characteristic of Chinese airports: A spatial cost function approach. *Journal of Air Transport Management*, 59, 63-70.
- [37] Manski, C. F. (1993). Identification of endogenous social effects: The reflection problem. *The review of economic studies*, 60(3), 531-542.
- [38] Tobler, W. R. (1979). Smooth pycnophylactic interpolation for geographical regions. *Journal of the American Statistical Association*, 74(367), 519-530.
- [39] Elhorst, J. P. (2010). Applied spatial econometrics: raising the bar. *Spatial economic analysis*, 5(1), 9-28.
- [40] Kelejian, H. H. (2008). A spatial J-test for model specification against a single or a set of non-nested alternatives. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 1(1), 3-11.
- [41] Herrera, J. (2017). *La investigación cualitativa*.
- [42] <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx> (Temmuz, 2020)