T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ



MEKÂNSAL PANEL VAR ANALİZİ: TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

HAVVA GÜLTEKİN

DANIŞMAN
PROF. DR. ADİL OĞUZHAN

EDİRNE, 2020

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANA BİLİM DALI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

13/08/2020

Havva GÜLTEKİN

Tezin Adı: Mekânsal Panel VAR Analizi: Türkiye Elektrik Enerjisi Üzerine Bir Uygulama

Hazırlayan: Havva GÜLTEKİN

ÖZET

Bu çalışmada mekânsal ekonometrik modeller kullanılarak, Türkiye'de bölgesel sanayi elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelenmiştir. Bölgesel sanayi elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, 2007-2017 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak Mekânsal Panel Regresyon Modeli, Panel Vektör Otoregresif Model ve Mekânsal Panel VAR modelleri ile analiz edilmiştir. Çalışmada İBBS Düzey 2 Bölgeleri ele alınmış ve sanayi elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin daha iyi anlaşılması açısından bu bölgelere ait kişi başına sanayi elektrik tüketimi ve kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla değişkenlerinin yanı sıra istihdam, nüfus, kentleşme, fiyat ve dışa açıklık değişkenleri de analize dâhil edilmiştir.

Çalışmada ilk olarak kullanılan değişkenlerde birim kökün varlığı birinci ve ikinci nesil panel birim kök testleri ile incelenmiştir. Durağanlığı belirlenen değişkenler arasındaki ilişki daha sonra mekânsal panel regresyon modeli ile incelenmiştir.

Mekânsal panel regresyon modelinden elde edilen bulgulara göre uygun model rassal etkili mekânsal hata modeli olarak belirlenmiş ve bu modelin tahmininden elde edilen sonuçlara göre kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla, istihdam, kentleşme, fiyat ve dışa açıklık değişkenlerinin kişi başına sanayi elektrik tüketimini açıklamakta anlamlı olduğu, nüfus değişkeninin ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Diğer değişkenlerin etkisi sabit kabul edildiğinde kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla değişkenindeki %1'lik bir artış kişi başına sanayi elektrik tüketiminde %1,03 oranında bir artışa sebep olabilmektedir. Bunun yanında mekânsal yayılma etkisi 0,41 ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Panel VAR modelinden elde edilen Granger nedensellik testi sonuçlarına göre kişi başına sanayi elektrik tüketimi ve kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla değişkenleri arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra fiyat değişkeninden kişi başına sanayi elektrik tüketimi değişkenine tek yönlü ve kişi başına sanayi elektrik tüketimi ile kentleşme değişkeni arasında da çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir.

Mekânsal Panel VAR modeli Granger nedensellik test sonuçlarına göre, mekânsal ağırlıklı kişi başına sanayi elektrik tüketimi, mekânsal ağırlıklı kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla ve mekânsal ağırlıklı fiyat değişkeninin kişi başına sanayi elektrik tüketiminin nedeni olduğu, diğer taraftan kentleşme, fiyat ve dışa açıklık değişkenlerinin ve mekânsal ağırlıklı kişi başı sanayi elektrik tüketimi, mekânsal ağırlıklı kentleşme, mekânsal ağırlıklı fiyat ve mekânsal ağırlıklı dışa açıklık değişkenin de kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla değişkeninin nedeni olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Tüketimi, Ekonomik Büyüme, Mekânsal Panel VAR Analizi.

Thesis Name: Spatial Panel VAR Analysis: An Application on Turkey's Electricity Energy

Prepared by: Havva GÜLTEKİN

ABSTRACT

This study mainly focuses on the relationship between the regional industrial electricity consumption and economic growth for Turkey using spatial econometric models, namely, Spatial Panel Regression Models and Spatial Panel Vector Autoregressive Models. In addition the Panel Vector Autoregressive Models are also considered.

The study covers the period from 2007 to 2017 annually and NUTS Level 2 Regions are considered. In order to better understand the relationship between the regional industrial electricity consumption and economic growth, employment, population, urbanization, price and trade-openness variables are also included into the analysis.

In the analysis part, firstly, first and second generation panel unit root tests are applied to test the presence of unit root in variables. Then, the models are estimated.

The findings of the spatial panel regression model show that the appropriate model is random effect spatial error model. According to the estimation results, per capita gross domestic product, employment, urbanization, price and trade-openness have statistically significant effects on per capita industrial electricity consumption. On the other hand, effect of population is insignificant. Assuming all else remains constant, a 1% increase in gross domestic product per capita, results in a 1,03% increase in per capita industrial electricity consumption. In addition, the spatial spillover effect is statistically significant and is about 0,41.

According to the Granger causality test of Panel VAR model, there is a bidirectional causality between per capita industrial electricity consumption and per

capita gross domestic product and furthermore, per capita industrial electricity consumption and urbanization, while there is a unidirectional causality from price to per capita industrial electricity consumption.

Following the Spatial Panel VAR model, Granger causality test is applied. According to the results of this test, spatially weighted per capita industrial electricity consumption, spatially weighted per capita gross domestic product and spatially weighted price are Granger causes of per capita industrial electricity consumption. On the other hand, the variables of urbanization, price, trade-openness and spatially weighted per capita industrial electricity consumption, spatially weighted urbanization, spatially weighted price and spatially weighted trade-openness are Granger causes of per capita gross domestic product.

Keywords: Electricity Consumption, Economic Growth, Spatial Panel VAR Analysis.

ÖNSÖZ

Elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi farklı değişkenler, ülkeler, dönemler ve yöntemler ele alınarak birçok çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışmada yapılan çalışmalardan farklı olarak ve literatüre katkı sağlamak adına Türkiye'de bölgesel düzeyde sanayi elektrik tüketimi ele alınmış ve ekonomik büyüme ile nedensellik ilişkisi dinamik ve statik olmak üzere panel ve mekânsal panel modeller ile analiz edilmiştir.

Bu süreçte emeği geçen, doktora eğitimim süresince ve bu çalışmanın her aşamasında değerli önerileriyle bana yol gösteren, ilgi, sabır, yardım ve her türlü desteğini benden esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Adil OĞUZHAN hocama sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Akademik hayatıma başladığımından itibaren her daim motive edici, her zaman içten ve daima desteğini hissettiğim sayın Dr. Öğr. Üyesi Yasemin Koldere Akın hocama çok teşekkür ediyorum.

Özellikle çalışmanın ekonometrik bölümünün oluşturulmasında ve her alanda bana yol gösterip değerli katkı, yardım ve bilgilerini benden esirgemeyen, gecesini gündüzüne katıp daima yanımda olan çok değerli Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül İşcanoğlu Çekiç hocama sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Destek olan tüm hocalarıma ve değerli jüri üyelerime, canım anneme, babama, destek ve sabırlarıyla her zaman yanımda olan değerli eşim ve çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **iii**
ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vi**
KISALTMALAR LİSTESİ ..... **viii**
ŞEKİLLER ..... **ix**
TABLOLAR ..... **x**
GİRİŞ **1**
I.BÖLÜM **3**
ENERJİ VE ELEKTRİK ENERJİSİ **3**
1.1. Enerjinin Tanımı ve Önemi 3
1.2. Enerji Türleri 4
1.2.1. Birincil Enerji Kaynakları 5
1.3. Elektrik Enerjisi 8
1.4. Enerji Politikaları 10
II. BÖLÜM **13**
DÜNYADA ELEKTRİK ENERJİSİ VE KAYNAKLARIN DURUMU **13**
2.1. Elektrik Üretim Kaynakları ve Durumu 13
2.1.1. Dünya Elektrik Üretimi 18
2.1.2. Dünya Elektrik Tüketimi 20
2.2. Türkiye'de Elektrik Enerjisinin Durumu 22
2.2.1. Türkiye'de Elektrik Üretimi 24
2.2.2. Türkiye'de Elektrik Tüketimi 25
2.2.3. Türkiye'de Elektrik İhracat ve İthalatı 27
2.2.4. Türkiye'de Bölgelere ve İllere Göre Elektrik Tüketimi 28
2.2.5. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimi 29
2.3. Ekonomik Büyüme ve Elektrik Tüketimi 33
2.4. Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini Belirlemeye Yönelik Yapılan Çalışmalar 35
III. BÖLÜM **41**
MEKÂNSAL EKONOMETRİK MODELLER VE TAHMİN YÖNTEMİ **41**

3.1. Mekânsal Ekonometrik Modeller 41
3.1.1. Mekânsal Bağımlılık, Mekânsal Etki, Mekânsal Otokorelasyon 41
3.1.2. Mekânsal Ağırlık Matrisi ve Mekânsal Regresyon Modelleri 42
3.1.3. Mekânsal Bağımlılığın Testi 47
3.1.4. Mekânsal Regresyon Modellerinin Tahmini 50
3.2. Panel Veri Modelleri 51
3.2.1. Panel Regresyon Modelleri 51
3.2.2. Panel Birim Kök Testleri 54
3.2.2.1. Yatay Kesit Bağımlılığının Test Edilmesi 54
3.2.2.2. Birinci ve İkinci Nesil Birim Kök Testleri 57
3.2.3. Panel VAR Modeli 61
3.2.4. Panel VAR Modelinin Tahmini 63
3.3. Mekânsal Panel Veri Modelleri 72
3.3.1. Mekânsal Panel Regresyon Modelleri 72
3.3.2. Mekânsal Panel Veri Modellerinin Tahmini 77
3.3.3. Uygun Mekânsal Modelin Seçimi 81
3.3.4. Mekânsal Panel Dinamik Modeller 81
3.3.5. Mekânsal Panel Dinamik Modellerin Tahmini 83
3.3.6. Mekânsal Panel VAR Modeli 85
3.3.7. Granger Nedensellik Analizi 92
3.3.8. Etki-Tepki Analizi 93
IV. BÖLÜM 95
MEKÂNSAL PANEL MODELLER İLE ELEKTRİK ENERJİSİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİNİN ANALİZİ 95
4.1. Veri Seti ve Tanımlayıcı İstatistikler 95
4.2. Birim Kök Testi Sonuçları 106
4.3. Mekânsal Panel Regresyon Analizi Sonuçları 108
4.4. Panel VAR Modeli Tahmin Sonuçları 114
4.5. Mekânsal Panel VAR Modeli Tahmin Sonuçları 121
SONUÇ 127
KAYNAKÇA 130
EKLER 142

KISALTMALAR LİSTESİ

EKK	: En Küçük Kareler Yöntemi
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EPDK	: Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
BP	: British Petroleum
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim-Dağıtım Anonim Şirketi
GWh	: Gigawatt saat
GMM	: Genelleştirilmiş Momentler Metodu
KWh	: Kilowatt saat
MWh	: Megawatt saat
SAR	: Mekânsal Gecikme Modeli
SEM	: Mekânsal Hata Modeli
SDM	: Mekânsal Durbin Modeli
SpVAR	: Mekânsal Panel Vektör Otoregresif Model
TCMB	: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TWh	: Terawatt Saat

ŞEKİLLER

Şekil 1: Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Oransal Dağılımı 19
Şekil 2: Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı..... 21
Şekil 3: TR Elektrik Üretim-Tüketim ve Büyümenin Yıllar İtibariyle Seyri: 2002-2018 34
Şekil 4: Mekânsal Regresyon Modelleri..... 46
Şekil 5: Birimler Arası Heterojenlik..... 104
Şekil 6: Bölgelere Ait Zaman Grafikleri 106
Şekil 7: Düzey 2 Bölgeleri Komşuluk Haritası 109
Şekil 8: Etki-Tepki Fonksiyonu Grafiği 119

TABLOLAR

Tablo 1: 2002-2017 Birincil Enerji Tüketimi 7
Tablo 2: Türkiye Elektrik Enerjisi Görünümü (GWh)..... 9
Tablo 3: Dünya Fosil Yakıt Rezervleri ve Kullanılabilme Süreleri..... 14
Tablo 4: Dünya Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynaklar, 2018 (Terawatt-Hours)..... 18
Tablo 5: Dünyada En Fazla Elektrik Tüketen Ülkeler ve Bu Ülkelere İlişkin Enerji ve Elektrik Tüketim Değerleri 20
Tablo 6: Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi (MW)..... 23
Tablo 7: Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Yıllar İtibariyle Gelişimi (GWh)..... 24
Tablo 8: Türkiye'de Kişi Başına Elektrik Tüketimi ve Toplam Elektrik Tüketiminin Yıllar İtibariyle Gelişimi 26
Tablo 9: Yıllara Göre Türkiye'nin Elektrik İthalatı 27
Tablo 10: Yıllara Göre Türkiye'nin Elektrik İhracatı 28
Tablo 11: Türkiye Enerji Rezervleri ve Kullanılabilme Süreleri..... 30
Tablo 12: $y1$ Modeli İçin Etki-Tepkiler..... 91
Tablo 13: Bölgeler ve Kodları..... 95
Tablo 14: Değişkenlere İlişkin Tanımlar 96
Tablo 15: Kişi Başına Sanayi Elektrik Tüketimi Değişkenine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler..... 97
Tablo 16: Kişibaşı Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla Değişkenine Ait Tanımlayıcı İstatistikler..... 98
Tablo 17: İstihdam Değişkenine Ait Tanımlayıcı İstatistikler..... 99
Tablo 18: Nüfus Değişkenine Ait Tanımlayıcı İstatistikler 100
Tablo 19: Kentleşme Değişkenine Ait Tanımlayıcı İstatistikler..... 101
Tablo 20: Fiyat Değişkenine Ait Tanımlayıcı İstatistikler..... 102
Tablo 21: Dışa Açıklık Değişkenine Ait Tanımlayıcı İstatistikler..... 103
Tablo 22: Yatay Kesit Bağımlılık Testi Sonuçları 106
Tablo 23: Birinci Nesil Birim Kök Testi Sonuçları 107
Tablo 24: İkinci Nesil Pesaran CIPS Testi Sonuçları 108

Tablo 25: Mekânsal Etkinin Testi 109
Tablo 26: Uygun Tahmincinin Testi 110
Tablo 27: Uygun Mekânsal Modelin Seçimi 110
Tablo 28: Rassal Etkili Mekânsal Hata Model Tahmin Sonuçları 112
Tablo 29: Rassal Etkili Mekânsal Hata Model Tahmin Sonuçları2 113
Tablo 30: Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi 114
Tablo 31: Panel VAR Modeline Ait Tahmin Sonuçları 115
Tablo 32: Panel VAR Modeli Granger Nedensellik Testi Sonuçları 117
Tablo 33: Panel VAR Modeli Varyans Ayrıştırma Tahminleri 120
Tablo 34: Mekânsal Panel VAR(1) Sonuçları 122
Tablo 35: Mekânsal Panel VAR Model Granger Nedensellik Testi Sonuçları 124
Tablo 36: SpVAR Modeli Varyans Ayrıştırma Sonuçları 124

GİRİŞ

Elektrik enerjisi tüketiminin kolaylığı, iletiminin kolay olması ve ekonomide üretimin temel girdilerinden biri olması gibi nedenlerden dolayı, gerek ekonomik gelişme gerek insan yaşamının sürdürülebilirliği açısından hayati bir öneme sahiptir. Ekonomik büyüme, nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme dâhil birçok faktörün elektrik tüketiminin artmasına neden olduğu bilinmektedir.

Elektrik enerjisi bu öneminden dolayı yıllar içerisinde enerji tüketiminden daha yüksek oranda bir artış göstermiştir. 1990 yılında dünya elektrik tüketimi 10135 TWh iken 2018 yılında 22964 TWh'a yükselmiştir. 21. yy' dan günümüze dünya elektrik tüketimi yıllık ortalama %3,1 artış göstererek enerji tüketiminden %1,2 daha hızlı bir büyüme göstermiştir.[1]

Genel olarak ifade edildiğinde sanayileşme süreci hızla geliştiğinde elektrik tüketimi daha hızlı oranda büyümekte iken, sanayileşme tamamlandığında veya tamamlanmaya yakın olduğunda elektrik tüketimi düşme eğilimine geçmektedir. Kişi başına yıllık elektrik tüketimi için de aynı durum söz konusudur.

Diğer taraftan günümüzde yaşanan iklim değişikliği, enerji krizleri, yükselen ham petrol fiyatları ve atmosferde sürekli artan karbon emisyonları, elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensel bağlantıların incelenmesini büyüme literatüründe en önemli konulardan biri haline getirmiştir.

Önceki çalışmalar, daha çok elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye odaklanmış olup çok az çalışma Türkiye'deki bölgesel farklılıklara dikkat çekmiştir. Önceki çalışmaların aksine bu çalışma, bölgeler arasındaki mekânsal bağımlılıkları dikkate alarak Türkiye'nin İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırmasına

[1]BP, *Statistical Review of World Energy – all data, 1965-2018,* https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world energy.html; Enerdata, *Electricity Domestic Consumption,* https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html.

(Düzey 2) göre sanayi elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini belirlemektedir. Türkiye için mekân-zaman gecikme içeren dinamik panel veri modeli kullanılarak analiz yapılmıştır. Diğer taraftan ilişkinin daha iyi anlaşılması açısından ekonomik büyüme ve sanayi elektrik tüketiminin yanı sıra, literatürde elektrik tüketimi üzerinde etkisi olduğu düşünülen kentleşme, istihdam, nüfus, fiyat ve dışa açıklık değişkenleri de modele dâhil edilmiştir.[2]

Kurulan model, önemli fakat literatürde göz ardı edilen mekânsal etkileşim etkilerinin analize dâhil edilmesi açısından önem arz etmekte ve bulgular mekânsal yayılma etkilerinin varlığını göstermektedir. Bu nedenle ekonomik faktörlerin ve bölgesel enerji politikalarının mekânsal yayılma etkilerini göz önüne alarak oluşturulması gerektiği sonucuna varılabilmektedir.

Bu amaçla çalışma dört bölümden oluşturulmuş olup ilk olarak enerji ve enerji kaynakları ile ilgili kavramlar üzerinde durulmuş olup, bunun yanında elektrik enerjisi ve enerji politikaları konularına yer verilmiştir. İkinci bölümde ise dünyada ve Türkiye'de elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi ile elektrik üretiminde kullanılan kaynakların durumu ele alınmıştır. 3. Bölümde çalışmada kullanılan ekonometrik modeller tanıtılmış olup ekonometrik analizin bulunduğu dördüncü bölümde ise ele alınan bölge ve değişken tanımları ile analizlerden elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

[2] bkz. Shiu ve Lam (2004), Faisal vd. (2017), Sbia vd. (2017).

I.BÖLÜM
ENERJİ VE ELEKTRİK ENERJİSİ

1.1. Enerjinin Tanımı ve Önemi

Enerji kısaca herhangi bir hareketi yapan ya da yapmaya hazır olan kabiliyet olarak tanımlanmaktadır.[3]Günlük yaşamın her alanında kullanım alanı bulunan bu enerji kimyasal, nükleer, mekanik (potansiyel ve kinetik), termal (ısıl), jeotermal, hidrolik, güneş, rüzgâr, elektrik enerjisi gibi değişik şekillerde doğada bulunmakta ve uygun yöntemlerle birbirine dönüştürülebilmektedir.

İnsanlık çok eski dönemlerden beri enerjiye ihtiyaç duymuş olup, bu ihtiyaçlar temel olarak ısınma, barınma, beslenme şeklinde ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan insanlığın yaşam koşullarında meydana gelen değişikliklere paralel olarak enerjinin kullanım biçimi de değişmiş ve bu durum enerji çeşitlerinde de farklılıklara yol açmıştır. Eski dönemlerde insanlar enerjiyi hayvanlardan, bitkilerden, rüzgârdan elde ederken, daha sonraki yıllarda fosil yakıtların keşfi ile beraber enerji kullanımı başka bir boyuta geçmiştir.[4]

Enerjideki bu dönüşüm literatürde enerji merdiveni modeli ile açıklanabilirse, ilkel yakıtlar odun, tarımsal atıklar, hayvani atıklar olarak değerlendirilirken, ikinci basamakta yer alan geçiş yakıtları mangal kömürü, gazyağı, kömür olarak değerlendirilmekte ve üçüncü basamakta gelişmiş yakıtlar LPG, elektrik ve biyolojik yakıtlar olarak değerlendirilebilmektedir.[5]

---

[3]NükTe, Enerji Nedir?, [http://www.nukte.org/node/100]

[4] Halil Tunalı ve Mustafa Arif Ulubaş, "Elektrik Enerjisi Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: G7 Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama (1970-2015*)", Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 201(1), 2017, s.1-13.

[5] Bianca Van Der Kroon, Roy Brouwer ve Pieter J.H. Van Beukering , "The Energy Ladder: Theoretical Myth or Empirical Truth? Results From A Meta-Analysis", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 2013, s.504-513.

Günümüzde yaşanan nüfus artışı, sanayileşme, teknolojik gelişmeler ve enerjinin yoğun olarak kullanılması nedeniyle enerjiye olan talebin hızla artması, fosil yakıtların her geçen gün azalması ve bunların sonucunda enerjiye ulaşmada sorunların yaşanması, enerji alanındaki çalışmaların önem kazanmasına neden olmuştur.[6]

Enerji kaynakları arasında özellikle elektrik enerjisinin günlük yaşamda aydınlatma, sağlık ve iletişimden, sanayide temel girdilerden biri olarak kullanılmasına kadar çok geniş bir kullanım alanı bulunmakta ve bu nedenle özellikle elektrik enerjisine olan bağımlılık her geçen gün daha da artmaktadır.

Bu bağlamda ülkemiz değerlendirildiğinde toplam elektrik tüketiminin 1996 yılında 94,8 milyar KWh olduğu, 2018 yılına gelindiğinde ise bu rakamın 304,2 milyar KWh'a çıktığı görülmüştür. Ülkemizin yıllık elektrik enerji tüketim hızının 23 yılda ortalama %5,7 olarak gerçekleştiği görülmüştür.[7]

1.2. Enerji Türleri

Enerji farklı kriterlere göre birkaç şekilde sınıflandırılabilmektedir. Enerji kaynakları kullanımlıklarına göre yenilenebilir enerji (Hidrolik, Güneş, Biokütle, Rüzgâr, Jeotermal, Hidrolik) ve yenilenemeyen enerji kaynakları (kömür, petrol, doğalgaz) olarak ikiye ayrılabilir. Dönüştürüle bilirliklerine göre ise enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak ikiye ayrılabilmektedir. Birincil enerji kaynakları kömür, petrol, doğal gaz ve biokütle gibi doğada hazır halde bulunan ve doğrudan tüketilebilen enerji kaynakları iken, ikincil enerji kaynakları birincil kaynaklardan kullanılabilir hale getirilen elektrik, benzin, mazot gibi enerji kaynaklarıdır.[8]

---

[6] Necati Çiftçi, "Türkiye'de Cari Açığı Belirleyen Faktörler ve Cari Açığı Azaltmada Alternatif Enerji Kaynaklarının Rolü: VAR Modeli", *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 2(1), 2017, s.84.
[7] TEİAŞ, *Elektrik İstatistikleri.*
[8] TMMOB, *Türkiye'nin Enerji Görünümü,* Adana Şubesi, 2011.

1.2.1. Birincil Enerji Kaynakları

Birincil enerji kaynaklarından elde edilen ve elde edilirken termik santraller, rafineler gibi tesislerde dönüşüm kayıplarına uğradığından birincil kaynaklara göre daha pahalı olan enerji kaynaklarıdır.

Petrol: "Neft ya da yer yağı, hidrokarbondan oluşmuş, sudan yoğun kıvamda, koyu renkli, arıtılmamış, kendisine özgü kokusu olan, yeraltından çıkarılmış doğal yanıcı mineral yağıdır." [9] Petrolün bileşenlerinden aseton, polyester gibi çeşitli ürünler elde edilebilmekle birlikte petrolden daha çok yakıt olarak yararlanılmaktadır.

Dünyada 2016 yılı itibariyle 1.707 milyar varil ispatlanmış petrol rezervi bulunmaktadır. Bu rezervlerin 814 milyar varili (%47,7) Orta Doğu Ülkelerinde, 328 milyar varili (%8,7) Güney ve Orta Amerika ülkelerinde, 228 milyar varili ise Kuzey Amerika ülkelerinde (%13,3) bulunmaktadır. 2016 yılında dünya petrol üretimi 96,9 milyon varil/gün olarak gerçekleşmiş olup dünya enerji talebinin %33,3'ü petrol tarafından karşılanmıştır. Diğer taraftan dünya üretilebilir petrol ve doğal gaz rezervlerinin yaklaşık %72'lik bir bölümü, ülkemizin yakın coğrafyasında yer almakta olup 2017 yılında 28,2 milyon ton ham petrol tüketilmiş ve 26,5 milyon ton ise petrol ürünü tüketilmiştir.[10]

Doğalgaz: "Doğalgaz milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan kalıntılarının zamanla yerin derinliklerine gömülüp kimyasal dönüşüme uğraması sonucu oluşmaktadır. Yer altında çoğunlukla petrolle birlikte bulunan bu gaz karışımından genellikle konutlarda ısınma, yakıt olarak yararlanılmakta ve gaz halinde borularla, sıvılaştırılmış halde gemilerle uzak mesafelere taşınabilmektedir."[11]

---

[9] Enerji Verimliliği Merkezi, http://btsoevm.com/enerji-tr-sayfa-14-yenilenemez_enerji_kaynaklari.html

[10] ETKB, *Petrol*, https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol.

[11] M. Azmi Aktacir, *Doğalgaz Tesisatı* pdf dosyası, Şubat 2014

Doğalgazın tüketilmesi temiz, ulaştırılması kolay olduğu için son yıllarda kullanımı oldukça artış göstermiştir.

Dünya doğal gaz rezervlerinin 75,5 trilyon metreküpü (%38,4) Orta Doğu ülkelerinde, 66,7 trilyon metreküpü (%33,9) Avrupa ve Avrasya ülkelerinde, 32,5 trilyon metreküpü (%16,5) Afrika/Asya Pasifik ülkelerinde bulunmaktadır. 2018 yılında doğalgaz tüketimimiz 48,9 milyar m^3 olarak gerçekleşmiştir.[12]

Bu bağlamda ülkemiz değerlendirildiğinde doğalgazın birincil enerji kaynakları içerisindeki payı 2000 yılında %15,7 iken, 2016 yılına gelindiğinde bu payın %28,1'e yükseldiği görülmektedir. Ülkemizde doğalgaz tüketimi yıllık olarak ortalama %7,3 artış göstermiştir.[13]

Kömür: "Kömür, bataklıklarda uygun nem ve sıcaklığın oluşması, ortamın asit miktarının artması, gerekli organik maddelerin aynı ortamda bulunmasıyla, bozunmuş, çürüyen bitkilerin su altına inmesi ve bataklığın zamanla üstünün örtülmesi gibi olaylar sonucu oluşmaktadır".[14]

Dünya genelinde Asya-Pasifik ülkelerinde 444888 milyon tonu (%42,2), Bağımsız Devletler Topluluğu (CIS) ülkelerinde 188853 milyon tonu (%17,9), Avrupa ülkelerinde 134593 milyon tonu (%12,8), Kuzey Amerika ülkelerinde 258012 milyon tonu (%24,5), Afrika ve Orta Doğu ülkelerinde 14420 milyar tonu (%1,4) ve Güney ve Merkezi Amerika ülkelerinde 14,016 milyon tonu (%1,3) bulunmaktadır.[15]

Tablo 1'de Türkiye'nin 2002-2017 yılları arasında birincil enerji kaynaklarının tüketim değerleri sunulmuştur.

---

[12] ETKB, *Doğalgaz,*https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz
[13] ETKB, *2000-2016 Türkiye Enerji Verimliliği Gelişim Raporu***,**2018,.s.5
[14] Özgür Akçiçek, *Ekonomik Büyüme ve Yenilenebilir Enerji Tüketimi-Üretimi İlişkisi: Türkiye Örneği*, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir 2015.
[15]BP, *Statistical Review of World Energy2019*, https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html

Tablo 1: 2002-2017 Birincil Enerji Tüketimi

	Ham Petrol Tüketimi (Milyon Ton)	**Doğal Gaz Tüketimi (MTEP)**	**Kömür Tüketimi (MTEP)**
2002	31,8	14,3	19,3
2003	31,3	17,2	20,8
2004	32,1	18,2	22,1
2005	31,6	22,1	22,2
2006	32,9	25,1	26,2
2007	33,5	29,1	29,5
2008	33,1	30,4	29,6
2009	33,6	29,0	30,9
2010	32,8	30,8	31,4
2011	32,1	36,0	33,9
2012	33,8	37,2	36,5
2013	36,5	37,8	31,6
2014	37,4	40,1	36,1
2015	44,2	39,5	34,7
2016	47,1	38,2	38,5
2017	48,8	44,4	44,6

Kaynak: BP, *Statistical Review of World Energy*, 2018

Tablo 1'de verilen bilgiler ışığında Türkiye'de 2017 yılında birincil enerji tüketiminde kömürün payı %32,4'tür ve bu oran 44,6 milyon MTEP'e tekabül etmektedir. Kömürün birincil enerji tüketimindeki payı 2002 yılında %29,5 iken 2017 yılına gelindiğinde bu oran %32,4'e yükselmiştir. Benzer şekilde 2002 yılında 14,3 MTEB olan doğalgaz tüketimi yaklaşık 3 kat artış göstererek 2017 yılında 44,4 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Petrol tüketimi ise 2002 yılında 31,8 milyon ton iken 2017 yılına gelindiğinde 1,5 kat artarak 48,8 milyon ton değerine yükselmiştir.[16]

[16] BP, *Statistical Review of World Energy*, 2019

1.3. Elektrik Enerjisi

Elektrik enerjisi fosil yakıtlar gibi doğadan doğrudan elde edilememekte, bu nedenle çeşitli teknolojik unsurların kullanımı ile elde edilmektedir. Elektrik enerjisi tüketim açısından geniş bir kullanım alanına sahip, kullanımı kolay ve neredeyse tüm enerji kaynaklarından elde edilebilen bir enerji türüdür.[17]

Elektrik enerjisinden ısınma, aydınlatma, beslenme vb. temel ihtiyaçların karşılanması gibi çok çeşitli alanlarda faydalanılmaktadır. İnsan yaşamında tartışmasız bir önceliğe sahip olan elektrik enerjisiz günümüz koşullarında yaşam olası değildir.

Elektrik enerjisi günümüzde kolay ve güvenilir kaynaklar olarak kabul edilen hidrolik, kömüre dayalı termik santral, nükleer santraller ve petrole dayalı santrallerden elde edilebilmektedir. Bu bağlamda elektrik enerjisinin üretim, iletim, dağıtım ve kullanımını sağlayan bina, yapı ve makineler elektrik tesisleri olarak adlandırılmaktadır.

Birincil enerji kaynaklarından katı, sıvı ya da gaz halindeki fosil yakıtların kimyasal enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü santraller termik santral, suyun yerçekimine bağlı potansiyelinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü santraller hidrolik santraller ve jeotermal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürenler ise jeotermal santral olarak adlandırılmaktadır.[18]

---

[17] Halil Tunalı, **a.g.e**, s. 2.

[18] TEİAŞ, https://www.teias.gov.tr › sites › default › files › TANIMLAR_2

Tablo 2: Türkiye Elektrik Enerjisi Görünümü (GWh)

Yıl	Üretim	İthalat	İhracat	Tüketim	Üretim Artış Oranı (%)	Tüketim Artış Oranı (%)
2002	129.400	3.588	435	132.553	5,4	4,5
2003	140.581	1.158	588	141.151	8,6	6,5
2004	150.698	464	1.144	150.018	7,2	6,3
2005	161.956	636	1.798	160.794	7,5	7,2
2006	176.300	573	2.236	174.637	8,9	8,6
2007	191.558	864	2.422	190.000	8,7	8,8
2008	198.418	789	1.122	198.085	3,6	4,3
2009	194.813	812	1.546	194.079	-1,8	-2,0
2010	211.208	1.144	1.918	210.434	8,4	8,4
2011	229.395	4.556	3.645	230.306	8,6	9,4
2012	239.497	5.826	2.954	242.370	4,4	5,2
2013	240.154	7.429	1.227	246.357	0,3	1,6
2014	251.963	7.953	2.696	257.220	4,9	4,4
2015	261.783	7.135	3.194	265.724	3,9	3,3
2016	274.408	6.330	1.452	279,286	4,8	5,1
2017	297.278	2.728	3.304	296.702	8,3	6,2
2018	304.802	2.477	3.112	304.167	2,5	2,5

Kaynak: TEİAŞ, Elektrik İstatistikleri

Tablo 2'de Türkiye elektrik enerjisinin yıllar itibariyle değişimi verilmiştir. Bu çerçevede Türkiye'nin 2018 yılı sonu itibarıyla elektrik üretimi 304.802 GWh, elektrik tüketimi ise 304.167 GWh olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizin yıllık elektrik enerjisi tüketim artış hızı son 15 yılda ortalama % 5,3 seviyelerinde gerçekleşmiş ve 2002 yılında 132.553 GWh olan elektrik tüketimimiz 2018 yılında yaklaşık 2 katına çıkarak 304.167 GWh'a ulaşmıştır.

1.4. Enerji Politikaları

Ülkemizde enerji politikaları incelendiğinde enerji arzının öncelikli olduğu anlaşılmaktadır. Toplum ve ekonominin ihtiyacı olan enerjinin yeterli, kaliteli, sürekli ve düşük maliyetle ve de çevreye uyumlu bir şekilde sunulması, enerji arz güvenliği bakımından kaynakların çeşitlendirilmesi enerji politikalarının temelini oluşturmaktadır. Ancak ülkemizde bu bağlamda enerji sistemi kararlı ve oturmuş bir yapıda değildir, dolayısıyla enerji politikalarında aksaklılar mevcuttur.

Uygulanan enerji politikaları temel olarak, enerji ihtiyacının zamanında, yeterli, güvenilir, temiz ve ekonomik olarak sağlanması olarak belirlenmekle birlikte, ülkemizde de jeopolitik konumun sağladığı avantajlar da kullanılarak, enerji politikaları aşağıda sıralandığı şekilde belirlenmiştir: [19]

- Yerli kaynaklara öncelik vermek suretiyle kaynak çeşitliliğini sağlamak
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payını arttırmak
- Nükleer enerji gibi yeni enerji kaynaklarını enerji portföyüne eklemek
- Enerji verimliliğini artırmak
- Rekabete dayalı piyasa koşullarına tam işlerlik kazandırmak ve yatırım ortamının iyileşmesini sağlamak
- Petrol ve doğal gaz alanlarında kaynak çeşitliliğini sağlamak ve ithalattan kaynaklanan riskleri azaltacak tedbirleri almak
- Jeopolitik konumumuzu etkin kullanarak uluslararası enerji projelerinde yer almak
- Enerji ve doğal kaynaklar alanlarındaki faaliyetlerin çevreye duyarlı halde yürütülmesini sağlamak
- Doğal kaynaklarımızın ülke ekonomisine katkısını artırmak
- Endüstriyel hammadde, metal ve metal dışı madenlerimizin üretimlerini arttırarak yurt içinde değerlendirilmesini sağlamak

[19] ETKB, "*Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı, İlgili ve İlişkili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri*", Bağlı ve İlgili Kuruluşlar Dairesi Başkanlığı, Ankara 2016.

- Maliyet, zaman ve miktar yönünden enerjiyi tüketiciler için erişilebilir kılmak

Ülkemizde, sürdürülebilir anlamda enerji güvenliği, ekonomik verimlilik ve çevre konularına yönelik çalışmalar mevcuttur. Ülkemizde enerji sektörünün serbestleşmesi açısından Elektrik Piyasası, Doğal gaz Piyasası, Petrol piyasası gibi yasalar çıkarılmıştır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) gibi bağımsız bir kurul kurulmuştur. Enerji sektörü ile ilgili Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG) yasası ve Yenilenebilir Enerji Yasaları çıkarılarak yürürlüğe konulmuştur.[20]

Ülkemiz jeo-stratejik konumunu etkin kullanarak ülkemizi enerji koridoru haline getirmek ve bu sayede ulusal arz güvenliğinin sağlanması amacıyla bölgesel petrol ve doğal gaz projelerine katılmaktadır. Bunun yanı sıra boru hattı projeleri ile petrol ve doğal gaza dayalı tesislerin kurulumunun gerçekleştirilmesi için çeşitli ülkelerle gerekli işbirlikleri sağlamaktadır.[21]

Ülkemiz ayrıca elektrik arz güvenliğine katkı sağlamak ve yeterli enerjinin kesintisiz ve kaliteli bir şekilde sağlanması açısından komşu ülkelerle ikili ve çok taraflı olmak üzere elektrik enterkoneksiyonlarına da önem vermektedir.

Bunların dışında politikalarında altyapı güçlendirme hedefi doğrultusunda yatırımlara hız vererek, dünya piyasalarında bollaşan LPG'den daha fazla yararlanılabilmesi amaçlanmıştır.[22]

Ülkemiz enerjinin verimli kullanımına son derece önem vermiş olup, enerji verimliliğini geliştirerek birincil enerji tüketiminin artışından azalma sağlanması, bilinçsiz kullanım ve israfın önlenmesi, enerji yoğunluğunun hem sektörler bazında hem de makro düzeyde azaltılması konusunu ulusal enerji politikası olarak belirlemiştir.

---

[20] Sıtkı Güner ve Ayhan Albostan, *Türkiye'nin Enerji Politikası*, s.49.
[21] ETKB,*TR ve Dünya Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü*, Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ocak 2017, s. 62.
[22] A.g.e, s.62.

Ayrıca enerji verimliliği konusunda politika ve kanunlar çıkarılmış, 25 Şubat 2012 tarihinde yürürlüğe konulan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi ile 2023 yılında Türkiye'nin GSYH başına tüketilen enerji miktarının (birincil enerji yoğunluğunun) 2011 yılı değerine göre en az %20 azaltmayı hedeflemiştir.[23]

Hükümetin 2023 enerji sektörüne ilişkin hedefleri şu şekilde sıralanmıştır: Toplam kurulu güç kapasitesinin 120 GW'a çıkarılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının payının % 30'a yükseltilmesi, su enerjisi (hidrolik enerji) kullanımının en üst düzeye çıkarılması, rüzgâr enerjisine dayalı kurulu güç kapasitesinin 20000 MW'a ulaştırılması, en az 1000 MW jeotermal enerji santrali kurulması, en az 5000 MW güneş enerjisi kapasitesine ulaşılması, taşıma hattı uzunluğunun 60717 km'ye çıkarılması, enerji dağıtımı birim kapasitesinin 1584 Milyon Voltamper düzeyine çıkarılması, biokütle kurulu gücünün 1000 MW'a olması, akıllı şebeke kullanımının arttırılması, doğal gaz depolama kapasitesinin 5 milyar m^3'ün üzerine çıkarılması, enerji borsası oluşturulması, nükleer enerji santrallerinin işletmeye alınması (iki nükleer santralin işletmeye alınması, üçüncüsünün ise inşasına devam edilmesi), kömür enerjisine dayalı kurulu güç kapasitesinin 15,9 GW'tan 30 GW'a yükseltilmesi.[24]

[23] ETKB, *2000-2016 Türkiye Enerji Verimliliği Gelişim Raporu*, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü.
[24] Can Usta, *Türkiye'de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme İlişkisinin Bölgesel ve Sektörel Analizi*, Karadeniz Teknik Ünv. Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Doktora Tezi, Trabzon 2015, s.23.

II. BÖLÜM
DÜNYADA ELEKTRİK ENERJİSİ VE KAYNAKLARIN DURUMU

2.1. Elektrik Üretim Kaynakları ve Durumu

Dünyada enerjinin yaklaşık %90'ı fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Elektrik enerjisinde yoğun olarak kullanılan fosil yakıtlar; kömür, doğalgaz ve petrol olarak sayılabilmektedir. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi yakıtların yakılması sonucu elektrik enerjisi elde edilen sistemler termik santral olarak adlandırılmaktadır.[25]

Genel olarak değerlendirildiğinde dünya fosil yakıtlarının ülkelere eşit olarak dağılmadığı görülmektedir. Tablo 3'te bölgelere göre dünya fosil yakıt rezervleri ve kullanılabilme süreleri verilmiştir. Bu tabloda verilen dünya fosil yakıt rezerv değerleri incelendiğinde petrol ve doğalgaz açısından Ortadoğu ülkelerinin, kömürde ise Avrupa ve Asya ülkelerinin rezerv açısından daha zengin durumda oldukları görülmektedir. 2017 yılı sonu itibariyle petrol rezervlerinin 50 yıl, doğalgaz rezervlerinin 53 yıl, kömür rezervlerinin ise 134 yıl kullanılabilme süreleri olduğu görülmektedir.

[25]Sevim Akgül, *Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Tahmini ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi,* Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum 2013, s.13;Kemal Gök, *Elektrik Enerjisi Tüketimi, Türkiye Değerlendirmesi ve Analitik Hiyerarşi Süreci ile İrdelenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul 2016.

Tablo 3: Dünya Fosil Yakıt Rezervleri ve Kullanılabilme Süreleri

	Petrol (Milyar Ton)	**Petrol (Yıl)**	**Doğalgaz (Trilyon m^3)**	**Doğalgaz (Yıl)**	**Kömür (Milyon Ton)**	**Kömür (Yıl)**
Kuzey Amerika	34.2	30.8	10.8	11.4	258709	335
Orta ve Güney A.	51.2	152.9	8.2	45.9	14016	141
Avrupa	1.7	10.4	3.0	12.2	100405	159
CIS	19.7	27.8	59.2	72.6	223228	397
Orta Doğu	109.3	70.0	79.1	119.9	1203	*
Afrika	16.7	42.9	13.8	61.4	13217	53
Asya Pasifik	6.4	16.7	19.3	31.8	424234	79
Toplam Dünya	239.3	50.2	193.5	52.6	1035012	134

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2018.

2017 yılına ait bu rakamlar göz önünde bulundurulduğunda dünya fosil yakıtlara olan talebin her geçen daha fazla artması ve fosil yakıtların azalma eğiliminde olup nihayet tükenebilecek olması nedeniyle ülkeler farklı enerji kaynakları arayışına girmiş ve yerli ve yenilenebilir enerji kaynak kullanımı çalışmalarına daha fazla önem vermeye başlamışlardır.

Dünya genelinde diğer kaynaklarla karşılaştırıldığında kömür rezervlerinin daha yaygın ve bol miktarda bulunması ve aynı zamanda kömüre kolaylıkla erişilebilmesi, daha kolay taşınması ve daha güvenli bir şekilde depolanabilmesi gibi nedenlerden dolayı elektrik enerjisi üretiminde kömürün payı her zaman daha yüksek olmuştur.[26]

Dünya enerjisinin yaklaşık %40'ı petrolden karşılanmakta iken, 2017 yılı sonu itibariyle 239.3 milyar ton dünya petrol rezervinin bulunduğu ve bu rezervin 50.2 yıl

[26]Nejat Tamzok, "Kömür Rezervlerine Sahip Ülkelerde Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Seçimi ve Türkiye'nin Konumu", *TMMOB V. Enerji Sempozyumu*, Ankara 2005.

kullanılabilme ömrüne sahip bulunduğu söylenebilmektedir. 1997 yılından 2017 yılına gelindiğinde dünya petrol üretim miktarı 3461.3 milyon tondan 4387.1' a çıkmış ve dünya kömür tüketimi 3464.3' ten 4469.7' ye yükselmiştir. Üretim artışı en fazla CIS ve Ortadoğu ve Kuzey Amerika ülkelerinde gerçekleşmişken, tüketim artışları en fazla Ortadoğu Afrika ve Asya-Pasifik ülkelerinde gerçekleşmiştir.[27]

Fosil yakıtlardan doğalgaz değerlendirildiğinde bu yakıt binlerce yıldır bilinmesine rağmen ilk olarak 19. yy başlarında ışık kaynağı olarak kullanılmaya başlanmış, daha sonra 1860'lı yıllara gelindiğinde petrolün keşfi ve elektriğin yaygınlaşmasıyla birlikte sınırlı ısınma ve pişirme hariç insanlar doğalgaz kullanımını bırakmışlardır. Gaz şirketleri 1945 ile 1970 yılları arasında daha fazla boru hattı inşa etmiş ve bu sayede evlerde ısınma ve ev aletlerinde kullanım için doğalgaz kullanmayı uygun hale getirmişlerdir.[28]

Elektrik açısından değerlendirildiğinde doğalgazdan elektrik üretiminde yararlanabilmek için en fazla rezerve sahip olan ülkelerin Orta Doğu, CIS ve Asya-Pasifik ülkeleri olduğu söylenebilmektedir.

Elektrik üretiminde nükleer güç santralleri değerlendirildiğinde, bu santrallerde temiz güvenilir, kesintisiz ve yerleşmiş bir teknoloji ile elektrik üretilmekte ve dünya elektrik ihtiyacının %17 sini karşılamaktadır. 250' yi aşkın gemi ve denizaltı nükleer enerji ile hareket ettirilmekte, 31 ülke nükleer enerji santrali işletmektedir. Dünya genelinde 1000'i aşkın ticari, askeri ve araştırma amaçlı nükleer reaktör işletilmektedir. [29]

1997 yılından %10,3 artış göstererek 2017 yılına kadar dünya toplam nükleer enerji tüketimi 540.99 MTEP'ten 596.4 MTEP'e yükselmiş, Orta ve Güney A. ile CIS

[27] BP, *Statistical Review of World Energy,* 2019.
[28]Neil Schlager ve Jayne Weisblatt, "Alternative Energy", *Energy Conservation and Efficiency*, s.35.
[28]BP, *Statistical Review of World Energy*,2019.

ülkeleri nükleer enerji kullanımını en çok artıran ülkeler olmuştur. 2017 yılı sonu itibariyle dünya nükleer elektrik üretimi 2635,6 TWh olarak gerçekleşmiş ve bunun %36,2'si Kuzey Amerika'dan kaynaklanırken %32,3'ü Avrupa ülkelerinden kaynaklanmıştır.[30]

Yenilenebilir kaynaklar açısından bakıldığında, elektrik enerjisi üretmek için birincil güç kaynağı olarak akarsuların potansiyel enerjisinden faydalanılarak üretilen hidrolik enerji, ülkemizde önemli bir kaynak olarak değerlendirilmektedir.[31]

Dünya hidroelektrik tüketim miktarı 1997 yılında581,4 MTEP iken 2017 yılında bu rakam 918,6' ya ulaşmıştır. Hidroelektrik kullanımında en fazla artış gösteren ülkeler Asya Pasifik, Afrika, Güney ve Orta Amerika ülkeleridir. Hidrolik tüketiminin 40,4 kadarı Asya-Pasifik ülkelerinden kaynaklanırken 17,7 Orta ve Güney Amerika ülkelerinden kaynaklanmaktadır.[32]

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisinden elektik üretimi için yararlanılmaya ise 100 yıl önce başlanmıştır. Rüzgâr enerjisinden elektrik elde edebilmek için sürekli rüzgâr alan yüksek yerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle rüzgâr enerjisi bakımından deniz alanlarına sahip olan ülkeler daha fazla avantajlı konumdadır. [33]

2017 yılı sonu itibariyle dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücü 539.291 MWh'e ulaşmıştır. Rüzgâr enerjisi bakımından kurulu gücün %34,8'i Çin'de %16,5'i ABD'de, %10,4'ü ise Almanya'da bulunmaktadır.[34]

Bir diğer eşsiz yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi, gelecekteki karbon emisyonlarını azaltmada ve sürdürülebilir bir enerji geleceği sağlamada önemli

---

[31] Yasemin Özliman, *Türkiye için 2015 Yılı Kısa vadeli Elektrik enerjisi Talep Tahmininin Yapılması,* İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2015, s.16.
[32] BP, *Statistical Review of World Energy*, 2019.
[33]Yasemin Özliman, a.g.e, s.17.
[34]World Wind Energy Association, https://wwindea.org/blog/2018/02/12/2017-statistics/

bir role sahiptir. Isıtma, soğutma, aydınlatma, elektrik gücü, nakliye ve hatta çevre temizliği için kullanılabilen güneş enerjisi, güneş pilleri ve ısıl güneş teknolojileri vasıtasıyla elde edilebilmektedir.[35]

2017 yılı sonu itibariyle dünya güneş enerjisinden elektrik kurulu gücü 394.547 MW'a ulaşmıştır. Dünya ülkeleri arasında kurulu güç açısından Çin 78 GW ile birinci sırada yer almakta ve Çin' i sırasıyla Japonya, Almanya, ABD, İtalya, Birleşik Krallık ve Hindistan takip etmektedir.[36]

Güneş enerjisi kurulu kapasitesi en fazla olan bölgeler Asya-Pasifik (284873 MW) Avrupa (128758 MW), Kuzey Amerika (57718 MW) bölgeleri olarak sıralanabilmektedir. Son 5 yılda dünya kapasitesi yaklaşık üç katına çıkmış, Çin küresel güneş enerjisi kapasitesinin 175032 GW ile üçte birini (%35,9) oluşturmuş, Japonya (55500 GW) ve ABD (51450 GW) ile ikinci ve üçüncü, Almanya (45932) ise dördüncü sırada yer almıştır. Bu bağlamda güneş enerjisinin 2018 yılında küresel enerji üretiminde bir önceki yıla göre %28 artış göstererek yenilenebilir enerji kaynakları üretimindeki payı %24 olarak gerçekleşmiştir. Güneş enerjisinin enerji üretim kaynakları açısından önemi daha fazla büyümekte olduğu açıkça söylenebilmektedir.[37]

Dünyanın ısısından elde edilen bir kaynak olan jeotermal enerji, yoğun olarak aktif kırık sistemleri ile volkanik ve magmatik birimlerin etrafında oluşmaktadır. [38]

Bu açıdan dünyada jeotermal potansiyeli en fazla olan bölgeler Amerika Kıtası, Orta Amerika ülkeleri, Anadolu'da Ege Bölgesi ve Avrupa'da İtalya jeotermal enerji santrallerinin en fazla bulunduğu coğrafyalardır. Ülkelere göre değerlendirildiğinde

[35]World Energy Council, https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/solar/. (24.10.2017:16:36)
[36]Enerji Atlası, https://www.enerjiatlasi.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html
[37] BP, *Statistical Review of World Energy*, 2019.
[38] Yasemin Özliman, a.g.e, s.17- 18

Jeotermal enerji santrali kurulu gücü en fazla olan ülkeler ABD, Filipinler, Endonezya ve Türkiye'dir. Dünya toplam jeotermal kurulu gücü 5577.595'dır.[39]

Uzun ömürlü, verimli ve çevre dostu olan rüzgâr, güneş, hidrolik ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek ülkelerin enerji krizi yaşamasını önleyebilecektir. Bu nedenle enerji sürekliliğinin sağlanması bakımından fosil kaynaklara olan bağımlılığı azaltmak gerekmektedir.

2.1.1. Dünya Elektrik Üretimi

Tüm dünyada elektrik talebi her geçen gün artmakta ve toplam elektrik enerjisi üretimi 1990 yılından itibaren yaklaşık 2,14 kat kadar artmış bulunmaktadır. Dünya ülkeleri değerlendirildiğinde elektrik üretiminde Çin birinci konumda bulunmakta ve ABD ise ikinci sırada yer almaktadır.

Tablo 4: Dünya Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynaklar, 2018 (Terawatt-Hours)

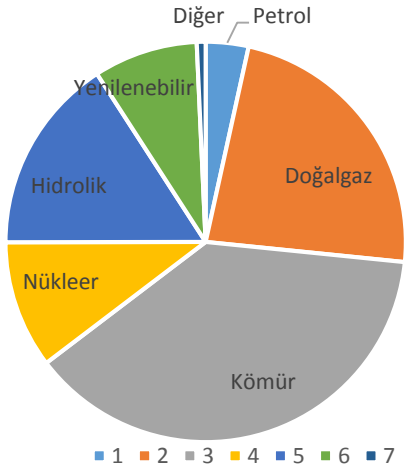
	Petrol	**Doğalgaz**	**Kömür**	**Nükleer**	**Hidrolik**	**Yenilenebilir**	**Diğer**	**Toplam**
Kuzey Amerika	66.3	1833.9	1334.3	963.2	708.4	525.2	16.0	5447.3
Orta ve Güney A.	90.2	227.9	76.5	22.5	731.3	156.3	0.5	1305.3
Avrupa	56.0	731.3	862.7	937.5	642.1	761.1	86.6	4077.3
CIS	13.7	686.1	259.0	206.6	244.8	2.5	4.7	1417.4
Orta Doğu	310.9	878.5	21.3	7.0	15.2	7.4	0.1	1240.4
Afrika	77.6	339.3	255.9	11.1	132.8	31.9	5.1	853.7
Asya Pasifik	188.0	1485.8	7290.8	553.6	1718.5	996.0	40.9	12273.6
Toplam Dünya	802.8	6182.8	10100.5	2701.4	4193.1	2480.4	153.8	26614.8

Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 2018

Tablo 4'te verilen bu rakamlar göz önüne alındığında Orta Doğu ve Asya Pasifik ülkeleri petrolden en fazla elektrik elde eden ülkeler iken, doğalgazdan en fazla

[39] Enerji atlası, http://www.enerjiatlasi.com/ulkelere-gore-jeotermal-enerji.html

elektrik üreten ülkeler Kuzey Amerika, kömürden ise Asya Pasifik ülkeleridir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından en fazla elektrik üreten bölge Asya-Pasifik bölgesi iken, en az elektrik üreten bölge Afrika bölgesidir. Dünyada elektrik üretiminde kullanılan kaynaklar oransal açıdan incelendiğinde ise %38,05 ile kömür, %23,15 doğalgaz, %15,88 hidrolik, %10,31 nükleer, %8,42 yenilenebilir ve %3,45 petrol ve %0,71 diğer kaynaklardan elektrik elde edildiği görülmektedir. 1997 yılında dünya elektrik üretimi 14121.3 TWh iken 2018 yılında bu rakamın 26614.8 TWh olduğu görülmüştür. 1997 yılından itibaren elektrik üretiminde en fazla artış gösteren Orta Doğu ve Asya-Pasifik ülkeleri olmuştur.



Şekil 1: Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Oransal Dağılımı

Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 2018

Petrolden elektrik üretiminde en fazla faydalanan ülke Suudi Arabistan, Japonya ve Meksika ülkeleri iken en az faydalanan ülkeler Güney Afrika, Tayland ve Vietnam ülkeleridir. Dünya ülkelerinde genel olarak en fazla elektrik üreten ülkelerin ise Çin, ABD ve Hindistan olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca 1997-2017 döneminde elektrik üretiminde kullanılan kaynaklardan en fazla doğalgaz da artış gözlemlenmiştir.

2.1.2. Dünya Elektrik Tüketimi

Dünyada en yaygın kullanım alanına sahip olan elektrik enerjisi, enerji tüketiminde önemli bir yere sahiptir. Dünya genelinde 2018 yılı sonu itibari ile toplam 22964 TWh elektrik tüketilmiş olup, 2000 yılından itibaren %3,1 oranında bir artış göstermiştir.[40]

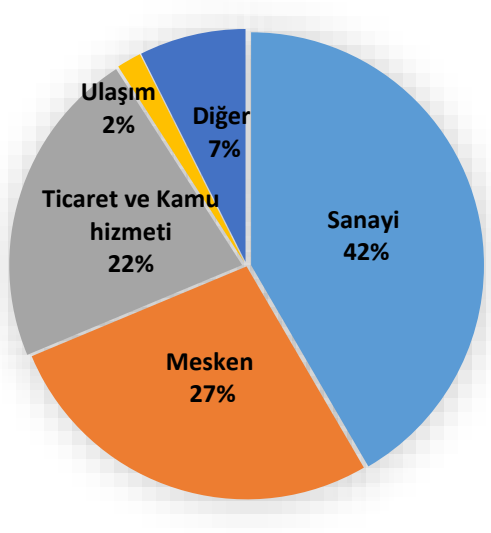
Tablo 5: Dünyada En Fazla Elektrik Tüketen Ülkeler ve Bu Ülkelere İlişkin Enerji ve Elektrik Tüketim Değerleri

Ülkeler	**Enerji Tüketimi (MTEP)**	**Elektrik Tüketimi(TWh)**	**Kişi Başına Elektrik Tüketimi (KWh/per capita)**
Çin	3017	5946	4290
ABD	2195	4147.5	12825.04
Rusya	711	969.2	6715
Hindistan	894	1216.1	918
Japonya	424	1012.3	7974
Türkiye	136	243.7	3114.18
Dünya	13812	23107	3110

Kaynak: IEA, 2018, Ener Data.

Dünya kişi başına elektrik tüketimi en fazla olan ülke 12825,05 KWh/kişi ile ABD'dir. Bunu 7974 ile Japonya ve 4290 ile Çin takip etmektedir. Dünya elektrik enerjisinin yaklaşık %25'ini Çin tüketmekle beraber kişi başına tüketimi dünya ortalamasının üstünde izlemektedir. ABD'de ise kişi başına elektrik tüketimi OECD ülkelerinin ortalamasından fazla olup, 12825,04 KWh/kişi olarak verilmektedir.

[40] Enerdata, *Electricity Domestic Consumption*, https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html



Şekil 2: Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı

Kaynak: IEA, 2018, Electricity Information: Overview

Elektrik tüketim paylarının sektörlere göre dağılımı incelendiğinde en yüksek payın sanayi sektörü olduğu görülmekte, bunu %27 ile konut, %22 ile ticaret ve kamu hizmeti sektörü izlemektedir.

1974 yılından beri OECD ülkelerinde elektrik tüketiminde gelişmenin çoğu konut, ticari ve kamu hizmet sektöründe gerçekleşmiştir. Bu sektörlerin hepsinin birlikte elektrik tüketimindeki payı 1974 yılında %48,4 iken 2016 yılında %62,9'a yükselmiştir. OECD ülkelerinde sanayi sektöründe kullanılan elektrik tüketimi aynı yılarda 1874 TWh'ten 3031 TWh'e çıkmış olmasına rağmen elektrik tüketimindeki payı %48,7'den 31,9'a düşmüştür. OECD ülkeleri içinde Kore' de sanayinin elektrik tüketimindeki payı %51, konut sektörünün payı %13 iken Yeni Zelanda da tam tersine ticaret ve kamu hizmet sektörü geliştiği için konutun payı %47'den %32'ye düşmüştür. Bütün bunlar göz önüne alındığında uzun dönemde düşüşlere rağmen yine de sanayi sektörünün elektrik tüketimindeki payının en fazla olduğu söylenebilmektedir.[41]

[41]IEA, *Electricity Information: Overview*, Electricity_Information_ 2018_Overview, 2018, s.7.

OECD dışı ülkelerde 2016 yılı elektrik tüketimi 11351 TWh gerçekleşmiş olup bir önceki yıla göre %4,8 artış göstermiştir. 1974 ve 2016 yılları arasında nihai elektrik tüketimi yıllık ortalama %5,1 artmıştır. OECD dışı ülkelerin dünya elektrik tüketimi içerisindeki payı artmış olup 1974 yılında %27,1 iken 2016 yılında %54,4'e ulaşmıştır. Bu ülkelerde elektrik kullanımı en fazla sanayi tarafından tüketilmekte olup Çin, Hindistan, Rusya ve Brezilya OECD dışı ülkelerdeki elektrik tüketiminin %66,3'ünü temsil etmektedir.[42]

Enerji kullanımında elektrik tüketiminin payının arttığı düşünüldüğünde başta güçlü ekonomiler olmak üzere neredeyse her ülkede elektrik piyasası ile ilgili düzenlemeler yapılmıştır.

2.2. Türkiye'de Elektrik Enerjisinin Durumu

Elektrik, enerji kaynakları arasında en fazla tüketilen ve kullanım alanı en geniş olan enerji kaynağıdır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de bu enerjiye olan talep her geçen gün artmaya devam etmekte ve ülkemiz artan bu talebi karşılamak amacıyla farklı politikalara yön vermektedir. Ülkemiz kaynak çeşitliliğini artırmanın yanı sıra ucuz ve sürekli enerjiyi sağlamak adına son yıllarda enerji talebinin karşılanmasında yenilenebilir enerjinin payını artırmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik elde edilmesi amacıyla yapılan teşvikler sayesinde 2015 yılında rüzgâr kurulu gücünde %24'lük bir artış sağlanarak, 873 MW yeni kapasite sisteme dâhil edilmiş ve toplam rüzgâr kurulu gücü 4.503 MW'a ulaşmıştır. Hidroelektrik santrallerin kurulu gücündeki artış ise %9,4 olarak gerçekleşmiş ve 2.225 MW olan kapasite toplam 25.868 MW kurulu güce ulaşmıştır. Jeotermal enerji kurulu gücü ise 2015 yılı sonu itibarı % 54 artış göstererek 624 MW kurulu güce ulaşılmıştır. Son olarak güneş enerjisinde 209 MW'lık yeni üretim kapasitesi ile toplam 249 MW Kurulu güce ulaşılmıştır.[43] Türkiye elektrik toplam

[42]IEA, *Electricity Information*, 2018, s.7.
[43] Kalkınma Bakanlığı, "Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018)", *2016 Yılı Programı*, s.262.

kurulu gücü 2018 yılı sonu itibariyle 88550,8 MW'a ulaşmış ve yerli kaynakların elektrik kurulu gücü içerisindeki payı 59,5 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 6: Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi (MW)

Yıl	Termik	Hidrolik	Yenilenebilir	Toplam
1990	9535.8	6764.3	17.5	16317.6
2014	41801.8	23643.2	4074.8	69519.8
2015	41903.0	25867.8	5375.9	73146.7
2016	44411.6	26681.1	7404.7	78497.4
2017	46926.3	27273.1	11000.6	85200.0
2018	46908.6	28291.4	13350.7	88550.8

Kaynak: TEİAŞ, Elektrik İstatistikleri
*Yenilenebilir(Jeotermal Rüzgâr +Güneş)

Yenilenebilir enerjiden elektrik üretimine 1983 yılında başlanmış olup 1983 yılında yenilenebilir enerjinin toplam elektrik kurulu gücündeki payı 0,20 iken, 2018 yılına gelindiğinde bu rakam yaklaşık %13'e kadar yükselmiştir. Elektrik kurulu gücünde en fazla paya sahip olan kaynak %50 ile termik santraller olarak gerçekleşmiştir. Türkiye elektrik kurulu gücü açısından dünyada 17. Sırada bulunmaktadır.[44]

Türkiye'nin 2018 yılı sonu itibariyle elektrik kurulu gücünün yaklaşık %50'si termik, yaklaşık %30'u hidrolik kaynaklardan ve yaklaşık %15'i yenilenebilir kaynaklardan oluşmaktadır.[45]

[44] BP, *Statistical Review of World Energy,* 2018.
[45]TEİAŞ, Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2018 Yılı İstatistikleri.

2.2.1. Türkiye'de Elektrik Üretimi

Türkiye elektrik üretimi paylarına göre sırasıyla doğalgaz, hidroelektrik, taş kömürü ve linyit, ithal kömür, rüzgâr, motorin ve fuel-oil gibi sıvı yakıtlar ile jeotermal, biyogaz ve güneş enerjisi ile yapılmaktadır. [46]

Tablo 7: Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Yıllar İtibariyle Gelişimi (GWh)

Yıl	Termik	Hidrolik	Jeotermal+ Güneş+Rüzgâr	Toplam
2000	93934,2	30878.5	108,9	124921,6
2015	179366,4	67145,8	15271,0	261783,3
2016	185798,1	67230,9	21378,7	274407,7
2017	212138,5	58218,5	26920,6	297277,5
2018	209683,5	59938,4	35180,0	304801,9

Kaynak: TEİAŞ, Elektrik İstatistikleri

2018 yılı sonu itibarıyla 304801,9 GWh olan toplam elektrik üretimimizin 209683,5 GWh'ı termik santrallerden, 59938,4GWh'ı hidroelektrik santrallerden, 35180,0 GWh'ı de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr ve jeotermal bazlı üretimimiz 2000 yılında 108,9 GWh seviyelerinden 2018 yılı sonu itibarıyla 35180,0 GWh düzeyine ulaşmıştır. 2018 yılı sonu itibarıyla elektrik üretimimizin %69'u termik santrallerden, %20'si hidroelektrik santrallerden, %12'side diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır.

Ayrıca elektrik enerjisi üretim santrali sayısı ülkemizde, 2018 yılı ilk yarısı itibarıyla lisanssız santraller dâhil 6886'a yükselmiştir. Mevcut santrallerin 636 adedi hidroelektrik, 41 adedi kömür, 232 adedi rüzgâr, 40 adedi jeotermal, 303 adedi doğal gaz, 5422 adedi güneş, 212 adedi ise diğer kaynaklı santrallerdir.[47]

[46]http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-uretimi/
[47]ETKB, *Elektrik*,(http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik).

Ülkemizde kaynakların elektrik üretimindeki payı incelendiğinde ise 1990'lı yıllardan itibaren taşkömürü ve doğalgazdan elde edilen elektriğin sürekli artarken, hidrolik enerjiden elde edilen elektrik payının %40'lardan %19'lara düştüğü görülmüştür.

Yenilenebilir enerjinin toplam elektrik üretimindeki payı ise %0,2 civarından %9,1 civarına yükselmiştir. Son yıllarda petrolden elde edilen elektrik payının yok denecek kadar az olduğu görülmekteyken elektrik üretiminin neredeyse yarısı doğalgazdan karşılanmaya başlanmıştır.

2.2.2. Türkiye'de Elektrik Tüketimi

Nüfus artışı, sanayileşme ve hizmet sektörünün gelişmesi ile beraber ülkemiz elektrik tüketimi her geçen gün daha fazla artmaya devam etmektedir. Bir ülkenin elektrik tüketimi o ülkenin gelişmişlik düzeyini de yansıtmakta kişi başına düşen elektrik tüketimi ne kadar fazla ise, kişi başına düşen gelirinde o kadar yüksek olduğu söylenebilmektedir. [48]

1990 ve 2018 yılları arasında ülkemiz elektrik tüketimi 5,4 kat artmıştır. Bu dönemde elektrik tüketiminin yıllık ortalama artışı %7 civarında gerçekleşmiş olup, Türkiye kişi başına düşen elektrik tüketim miktarı dünya ve OECD ülkelerinin oldukça altında kalmıştır. 2018 yılı sonu itibari ile ülkemizde kişi başına elektrik tüketimi 3108 KWh/kişidir.

[48] Kemal Gök, a.g.e.

Tablo 8: Türkiye'de Kişi Başına Elektrik Tüketimi ve Toplam Elektrik Tüketiminin Yıllar İtibariyle Gelişimi

Yıl	Kişi Başı Elektrik Tüketimi	Artış Oranı	Elektrik Tüketimi (Net Tüketim) GWh	Artış Oranı
1990	829		46820,0	
2000	1449	74,8	98295,7	109,9
2015	2760	90,5	217312,2	121,1
2016	2897	4,96	231203,7	6,4
2017	3082	6,39	249022,7	7,7
2018	3108	0,88	254863,0	2,3

Kaynak: TEİAŞ, Elektrik İstatistikleri

Tablo 8'de verilen bilgilere göre, 1990 yılında 829 KWh olan kişi başına elektrik tüketimi 2018 yılı sonu itibariyle 3108 KWh'e ulaşmıştır. Toplam elektrik tüketimi ise 46820,0 GWh iken 254863,0 GWh'e ulaşmıştır. Bu rakamlar çerçevesinde ülkemizde, yıllık elektrik enerjisi tüketim artışının uzun yıllardan beri ortalama %4,5 seviyelerinde gerçekleştiği söylenebilmektedir.

Bölgesel açıdan değerlendirildiğinde ülkemiz kişi başı elektrik tüketimi en fazla olan bölge Marmara Bölgesidir. Marmara bölgesini sırasıyla Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Ege, İç Anadolu, Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgeleri takip etmektedir. [49]

Türkiye'nin sektörlere göre elektrik tüketimi incelendiğinde ise yaklaşık %47 ile en yüksek payın sanayi sektörünün, daha sonra bunu mesken (%23) ve ticaret (%19) sektörlerinin izlediği söylenebilmektedir. Yıllar itibariyle değişime bakıldığında ise 1990 yılında sanayi sektörünün payının daha yüksek olduğu görülürken, 2016 yılına gelindiğinde sanayi sektörünün payının azaldığı ve en fazla artışın ticaret sektöründe

[49]TÜİK, *Bölgesel İstatistikler Veri Tabanı, https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/degiskenlerUzerindenSorgula.do#*

gerçekleştiği görülmektedir. Elektrik kullanımında en az paya sahip sektörler ise aydınlatma (%1,8) ve resmi daireler (%3,9) olarak gerçekleştiği görülmüştür.[50]

2.2.3. Türkiye'de Elektrik İhracat ve İthalatı

Son yıllarda ülkemiz elektrik üretiminde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık verilmesi, yeni hatların yapılması ve enerji verimliliği gibi nedenlerle elektrik ithalatı 2017 yılında bir önceki yıla göre yaklaşık %57, 2018 yılında ise bir önceki yıla göre yaklaşık %9 oranında azalma göstererek 2018 yılı sonu itibari ile 2476,9 GWh civarında gerçekleşmiştir.[51]

İhracat rakamları değerlendirildiğinde ise 2017 yılında bir önceki yıla göre yaklaşık %127,6 artış gerçekleşmiş ve ihraç edilen elektrik miktarı 3303,7'a yükselmiş iken, 2018 yılında bir önceki yıla göre %5,8 oranında bir azalış göstermiştir. 2018 yılında ihracatın ithalata oranı 1,26'dır.[52]

Tablo 9: Yıllara Göre Türkiye'nin Elektrik İthalatı

Ülkeler/Yıllar	**1990**	**2000**	**2015**	**2016**	**2017**
Bulgaristan	0.2	3296.9	4842.0	4,587.0	2073.0
Gürcistan	121.8	204.7	417.5	1,039.3	493.9
Azerbaycan	0.0	0	0	0	0
Türkmenistan-İran	0.0	289.7	1867.7	635.8	160.8
Yunanistan	0.0	0.0	8.4	68.3	0.5
Toplam	175.5	3791.3	7135.5	6,330.3	2728.3

Kaynak: TEİAŞ, Elektrik Üretim-Dağıtım İstatistikleri

[50] TÜİK, *Bölgesel İstatistikler Veri Tabanı.*
[51] TEİAŞ, *Elektrik İstatistikleri*
[52] TEİAŞ, *Elektrik İstatistikleri*

Türkiye elektrik ithalatı incelendiğinde 1990 yılında 175.5 GWh olan enerji ithalatının 2017 yılına gelindiğinde 2728.3 GWh'a ulaştığı görülmüş olup ülkeler bazında değerlendirildiğinde en fazla elektriğin Bulgaristan'dan alındığı görülmektedir.

Tablo 10: Yıllara Göre Türkiye'nin Elektrik İhracatı

Ülkeler/Yıllar	**1990**	**2000**	**2015**	**2016**	**2017**
Gürcistan	121.8	0.0	2.2	0.0	0.8
Bulgaristan	506.1	0.0	1.9	3.1	98.0
Yunanistan	0.0	0.0	2818.6	1444.3	3204.9
Azerbaycan	0.0	437.3	0.0	0.0	0.0
Türkmenistan-İran	0.0	0.0	371.8	0.0	0.0
Irak	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Suriye	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0
Toplam	906.8	437.3	3194.5	1451.7	3303.7

Kaynak: TEİAŞ, Elektrik Üretim-Dağıtım İstatistikleri

Tablo 10'da verilen bilgiler ışığında, TR'nin elektrik ihracatında en fazla paya sahip olan ülkenin Yunanistan olduğu söylenebilmektedir. 2000 yılından günümüze gelindiğinde elektrik ihracatı yaklaşık 7,5 kat artmış ve 2017 sonu itibariyle elektrik ihracatı 3303,7 GWh olarak gerçekleşmiştir.

2.2.4. Türkiye'de Bölgelere ve İllere Göre Elektrik Tüketimi

Ekonomik koşulların farklı olması, nüfus yoğunluğu, sanayileşme, turistik faaliyetler hava koşulları gibi nedenlerle Türkiye'de elektrik tüketimi bölgeden bölgeye ve ilden ile farklılık göstermektedir.

2017 yılı sonu itibariyle bölgelere göre kişi başı elektrik tüketimlerinde ilk sırayı Marmara bölgesi almaktadır. Marmara Bölgesini sırasıyla Akdeniz, Ege, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu, Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri takip

etmektedir. Marmara Bölgesi kişi başı elektrik tüketimi 5,0 MWh iken Doğu Anadolu Bölgesi kişi başı elektrik tüketimi 1,6 MWh'tir.[53]

Ülkemiz Marmara ve Akdeniz Bölgeleri kişi başına elektrik tüketimi ortalamanın üstünde olup, bu bölgelerde yer alan yoğun sanayi bölgeleri turistik alanlar, tarım ve hayvancılık gibi faktörler bu durumun nedeni olarak gösterilebilir. Bu bölgeler aynı zamanda kişi başına GSYH'nında en yüksek olduğu bölgelerdir.

Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde ise kişi başına elektrik tüketimi ortalamaya yakın seviyede (3,2) olup, Ege Bölgesinde yüksek kapasiteli sanayi tesislerinin bulunması ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise turizm faaliyetleri yanında Gaziantep ilindeki sanayi bölgesi kişi başı elektrik tüketiminin yüksek olmasına neden olmaktadır.[54]

İç Anadolu ve Karadeniz Bölgelerinde ise kişi başı elektrik tüketimi ortalamanın altında Doğu Anadolu Bölgesinde ise çok düşük seviyededir.[55]

2.2.5. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimi

Ülkemiz yenilenebilir enerji potansiyeli bakımından zengin bir konumda bulunmasına rağmen, maliyet, yasal düzenlemeler gibi nedenlerden dolayı bu potansiyeli etkin bir biçimde kullanamamaktadır. Yenilenebilir enerji açısından Türkiye özellikle 2009 yılından sonra önemli gelişmeler kaydetmiş ve 2009 yılında 15,4 MW olan enerji kapasitesini 2017 yılı itibariyle 38,3 MW seviyesine ulaştırmıştır. Bu oranın büyük çoğunluğunu hidroelektrik enerji kaynakları oluştururken en düşük payını güneş enerjisi oluşturmaktadır.[56]

---

[53] TÜİK, *Bölgesel İstatistikler Veri Tabanı.*
[54] TÜİK, *Bölgesel İstatistikler Veri Tabanı.*
[55] TÜİK, *Bölgesel İstatistikler Veri Tabanı.*
[56] Erdal Tanas Karagöl ve İsmail Kavaz, "Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji", *SETA Analiz*, Sayı 197, Nisan 2017, s.18.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının hidrolik enerji de dâhil toplam kurulu güç içerisindeki payı 2016 yılında % 43,32 iken 2017 yılında %43,26 olmuştur. Toplam termik kurulu gücün oranı ise 2016 yılında %56,68 iken 2017 yılında %56,74 olarak gerçekleşmiştir.[57] Tablo 11'de ülkemizde mevcut enerji rezerv ve kapasite kullanım oranları verilmiştir.

Tablo 11: Türkiye Enerji Rezervleri ve Kullanılabilme Süreleri

Kaynak Türü		**Kurulu Güç (MW)**	**Toplam Kurulu Güç Potansiyeli (MW)**	**Potansiyeli Kullanma Oranı (%)**	**Elektrik Üretimi (GWh)**
Yenilenebilir	Hidroelektrik	26.681	36.000	74,11	67.268
	Rüzgâr	5.751	48.000	11,98	15.492
	Güneş	832.5	56.000	14,86	972
	Biokütle	362.4	-	-	-
	Jeotermal	820.9	2000	41,05	4.767
	Toplam	**40.757**	**142.000**	**-**	**88.499**
Fosil	Linyit	9087	14.764(MTon)	-	38460
	Taş kömürü	350	1308.5(MTon)	-	3765,4
	Toplam	**9437**	**14.764**	**-**	**42225,4**
Genel Toplam		**50194**	**-**	**-**	**130.724**

Kaynak: ETKB, "Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü", *Strateji Geliştirme Başkanlığı,* Sayı 15, 2017, s.16.

Tablo 11'de verilen bilgiler çerçevesinde ülkemiz yenilenebilir enerji kaynaklarından hidrolik potansiyelinin %74,11'ini, rüzgâr potansiyelinin 11,98'ini, jeotermal elektrik potansiyelinin 41,05'i kullanılabilmektedir. Güneş enerjisinden daha çok sıcak su temini açısından yararlanmaktadır.

[57] EPDK, *Elektrik Piyasası Piyasa Gelişim Raporu 2017*. EPDK Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara 2018.

Yenilenebilir enerji kaynak potansiyeline bakıldığında hidrolik potansiyelinin 160 TWh/yıl, rüzgâr potansiyeli 48000 MW, güneş enerjisi potansiyeli 1500 KWh/m^2 -yıl, biokütle potansiyeli 20 Milyon TEP ve jeotermal enerji 2000 MW olarak hesaplanmıştır.[58] Genel olarak yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli toplamının 142000 MW bir kurulu güce karşılık geldiği söylenebilmektedir.

Yenilenebilir enerji içerisinde en önemli paya sahip olan enerji hidroelektrik kaynağı açısından Türkiye'nin teorik hidrolik potansiyeli 433 milyar KW olup, teknik değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar KW ve ekonomik enerji potansiyeli 140 milyar KW/yıl olmak üzere toplam 789 milyar KWh hidrolik potansiyele sahip olduğu söylenebilmektedir.[59]

Güneş enerjisi bakımından da coğrafi konumunun elverişli olması nedeniyle, yüksek bir potansiyele sahip olup, özellikle 2010 yılından sonra güneş paneli sistemlerinde bir büyüme trendi gözlemlenmiş ve güneş enerjisinden elektrik üretimi için çalışmalar hız kazanmıştır.[60] Bunun yanında güneşten elektrik üretim potansiyeli 56.000 MW olarak tahmin edilmekte, 2018 yılı sonu itibari ile güneş enerjisinin toplam elektrik üretimindeki payının yaklaşık %2,6 olduğu söylenebilmektedir.

Rüzgâr enerji kaynağı incelendiğinde ise, Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyelinin 48.000 MW civarında olduğu ve bu potansiyelin büyük çoğunluğunun Ege, Doğu Akdeniz ve Marmara bölgelerinde bulunduğu söylenebilmektedir. Ülkemiz OECD ülkeleri içerisinde en yüksek rüzgâr potansiyeline sahip ülkedir. 2006 yılında rüzgâr enerjisinin elektrik üretimi içerisindeki payı binde 7 iken, 2018 yılında bu rakam % 6,5'e yükselmiştir. [61]

[58] ETKB, "Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı, İlgili ve İlişkili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri", *Bağlı ve İlgili Kuruluşlar Dairesi Başkanlığı*, Ankara 2016.
[59] ETKB, *Hidrolik*, (http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik).
[60] Erdal Karagöl ve İsmail Kavaz, *a.g.m.*, s. 22.
[61] Erdal Karagöl ve İsmail Kavaz, *a.g.m.*, s.23.

Türkiye toplam 31 bin 500 MW jeotermal ısı potansiyeline sahip olup, teorik jeotermal elektrik potansiyeli ise yaklaşık 2000 MW'tır. Jeotermal alanların %78'i Batı Anadolu'da, % 9'u İç Anadolu'da, % 7'si Marmara Bölgesinde, % 5'i Doğu Anadolu'da ve % 1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Ülkemiz bu potansiyeli ile Avrupa'da birinci, dünyada ise 7. Sırada yer almaktadır.[62] 2002 yılında kurulu güç 18 MW iken 2017 sonu itibariyle 1064 MW seviyesine ulaşmıştır. [63]

Ülkemizin biokütle kurulu gücü yaklaşık 467 MW seviyesinde iken ormanlarda kurulabilecek kapasitesi 600 MW civarındadır. Tarla ve bahçelerdeki toplam kullanılabilir atık miktarı 15,3 milyon ton ve bu miktarın ısıl değeri 303,2 bej yani 7,24 MTEP' e eşittir. TR toplam kurulu gücün %32'sini oluşturmaktadır. [64]

Ülkemiz 2023 yılına kadar 36000 MW olan hidroelektrik potansiyelimizin tamamını kullanmayı, rüzgâr enerjisi santrallerinde 20000 MW, jeotermal santrallerde 600MW, güneş enerjisi santrallerinde 600 MW kurulu güce ulaşmayı ve elektrik arzındaki yenilenebilir enerji payını %30'un üzerine çıkarmayı hedeflemektedir.[65]

Bu çerçevede çıkartılan linyit ve maden kömürü kaynakları bu değerlere eklendiğinde elektrik üretebilmek için gerekli olan yerli kurulu güç potansiyeli 174.637 MW'a çıkmaktadır. Bu rakamlar Türkiye'nin şu andaki mevcut kurulu gücünden üç kat daha fazladır. Tüm bu kaynaklar uygun bir şekilde kullanıldığında teorik olarak Türkiye'nin elektrik üretmek için dışa bağımlılığının olmaması gerekmektedir.

Elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payının arttırılması, gerek fosil yakıtların çevreye verdiği zararın azaltılması, gerek enerji arz güvenliğinin sağlanması ve gerek te enerji ithalatının azalması gibi pek çok açıdan ülkeye faydalı olması

[62] MTA, *2017 Faaliyet Raporu*, Şubat 2018, s.110.
[63] BP, *Statistical Review of World Energy*, 2018.
[64]Erdal Karagöl ve İsmail Kavaz, *a.g.m.*, s.25-26
[65]YEGM, Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_turkiye_potansiyel.aspx

beklenmektedir. Bu bağlamda Türkiye'nin önümüzdeki dönem için yenilenebilir enerji politika ve stratejileri kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir; [66]

1. Fosil yakıtlara olan bağımlılığı ve buna bağlı riskleri azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji ve tüketimini teşvik etmek,
2. Yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretim payını en az %30 seviyelerinde tutmak,
3. Tarım sektörü potansiyelinden daha fazla yararlanarak bioyakıt enerjisi kullanımını arttırmak,
4. Mevcut yenilenebilir enerji kaynakları ile yapılan üretim miktarlarını arttırmak.

2.3. Ekonomik Büyüme ve Elektrik Tüketimi

Elektrik enerjisi sektörü bir ekonominin temel endüstrilerinden biridir ve özellikle elektrik tüketimi ekonomik büyümeye karşı oldukça duyarlıdır. Bu nedenle elektrik tüketimi ekonomik büyümenin değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir.

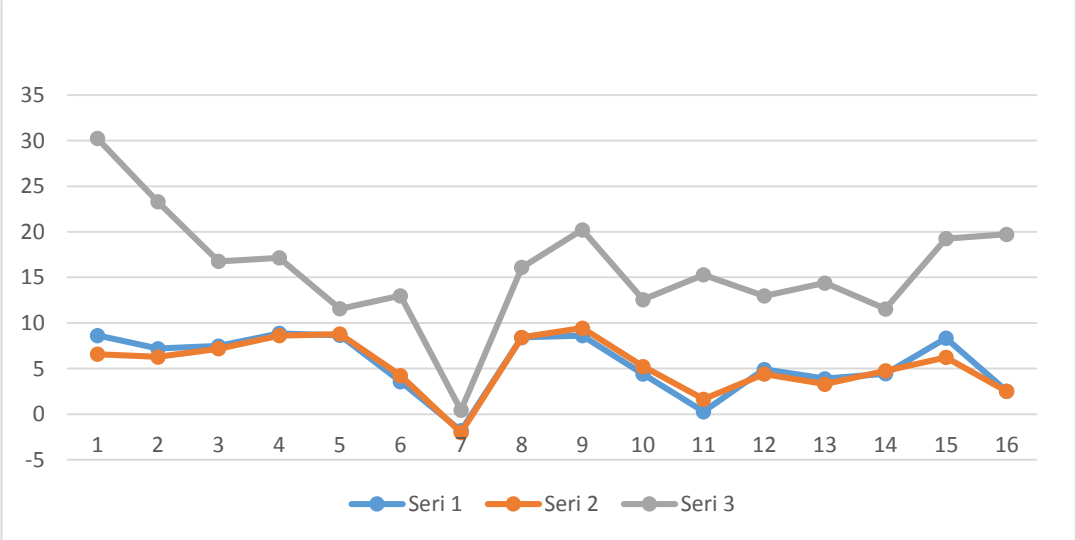
Elektrik kullanımının her alanda yaygınlığı ve tüketimindeki artışlar elektrik enerjisi iletiminin kolaylıkla yapılabilmesi, günlük hayatın her aşamasında talebi karşılaması ve teknolojik ilerlemeye paralel olarak artması elektrik tüketiminin ülkelerin gelişmişlik düzeyinin en önemli göstergelerinden biri olarak değerlendirilmesine sebep olmakta, dolayısıyla o toplumun refah artışının bir göstergesi olarak değerlendirilebilmektedir.[67]

Çeşitli yöntemler kullanılarak Türkiye'de farklı dönemler itibariyle elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik birçok çalışma yapılmıştır. 2018 yılında dünya birincil enerji tüketiminde 17. sırada yer alan Türkiye

[66]Erdal Karagöl ve İsmail Kavaz, *a.g.m.*,s.19
[67] Hüseyin Ağır ve Muhsin Kar, "Türkiye'de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi İlişkisi: Yatay Kesit Analizi", *Sosyo-Ekonomi Özel Sayı*, 10EN07, 2010, s.151.

elektrik tüketimi açısından 16. sırada yer almıştır. En yüksek enerji tüketim değerlerine sahip ülkeler Çin, ABD, Hindistan iken elektrik tüketimi en yüksek olan ülkelerde yine buna paralel olarak Çin, ABD ve Hindistan ülkeleridir.[68]

Ülkemiz enerji kaynakları açısından stratejik öneme sahip bir noktada bulunmakta ve gelişmekte olan bir ülke olarak enerji talebinin yeterli, zamanında ve kaliteli bir biçimde elde edilebilmesi açısından oldukça öneme sahip bulunmaktadır. Enerji talebinin sürekli artması bu alana yapılan yatırım, planlama ve ticareti de artırmaktadır. Türkiye'nin elektrik talebi birtakım ekonomik ve sosyal olayların sebep olduğu kriz dönemleri haricinde sürekli artma eğilimi göstermiş, artan talebe karşılık olarak ta elektrik kurulu güç ve üretim değerleri de sürekli artmıştır.2002 yılında yaklaşık 130 bin GWh olan elektrik tüketimi 2017 yılı sonunda 2 katına çıkarak yaklaşık 260 bin GWh'a ulaşmış, tüketim de aynı dönemler için yaklaşık 132 bin GWh'ten 264 bin GWh'e yükselmiştir. 2008 yılında yaşanan ekonomik kriz sebebiyle elektrik üretim ve tüketim değerleri 2009 yılında yaklaşık 4 bin GWh'lik büyük bir düşüş yaşamış, ancak bir sonraki yıl yeniden değerler normal seviyesine dönmüştür. [69]



Şekil 3: TR Elektrik Üretim-Tüketim ve Büyümenin Yıllar İtibariyle Seyri: 2002-2018

Kaynak: TEİAŞ, *Elektrik İstatistikleri;* TÜİK, *Temel İstatistikler*

[68] BP, *Statistical Review of World Energy*, 2019
[69] ETKB, "*Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı, İlgili ve İlişkili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri*", Bağlı ve İlgili Kuruluşlar Dairesi Başkanlığı, Ankara 2016.

Ülkemiz elektrik ihtiyacının yarısından fazlasını termik santrallerden sağlamakta ve bu santrallerde elektrik üretimi için en fazla kullanılan birincil kaynağın ise doğalgaz olduğu bilinmektedir. Ülkemizin doğalgaz talebini % 99 oranında dışarıdan ithal ettiği düşünüldüğünde elektrik tüketiminin ekonomik büyümeye olan etkisi açık hale gelmektedir.

Elektrik üretimi için termik santrallerde en çok kullanılan ikinci kaynak ise kömürdür. Kömür ithalatı son on yılda %79 oranında artmış ve 2013 yılında %8,4 oranında bir düşüş gerçekleşmiş fakat daha sonra yine artmaya devam etmiştir. [70]

Türkiye enerji sektöründe dörtte üç oranında dışa bağımlı bir ülkedir ve elektrik arzının talepten fazla olduğu enerji fazlası durumlarında fazla enerjisini ihraç ederek, aksi durumda ise dışarıdan elektrik satın alarak ülke içerisindeki enerji dengesini sağlamaya çalışmaktadır.

2.4. Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini Belirlemeye Yönelik Yapılan Çalışmalar

Literatürde elektrik ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik çok sayıda çalışma yapılmış olup, ele alınan döneme göre farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Bu konuda yapılan en eski çalışmalardan biri Harun Terzi'ye aittir. Terzi (1998) çalışmasında Türkiye'de elektrik enerjisi tüketiminin fiyat ve gelir esnekliklerini sektörler itibariyle kısa ve uzun dönem için inceleyip, ekonomik büyüme ve elektrik enerjisi kullanımı arasındaki ilişkiyi belirlemeye çalışmıştır.1950-1991 dönemini ele aldığı çalışmada hata düzeltme modeli çerçevesinde uyguladığı nedensellik testi ile GSYH ile toplam elektrik tüketimi arasında çift yönlü bir nedenselliğin olduğunu ortaya koymuştur. Sektörel seviyede ise, sanayi ve ticari elektrik tüketimi ile GSYH arasında çift yönlü bir nedenselliğin olduğunu belirlemiş,

[70] TÜİK, *Bölgesel İstatistikler Veri Tabanı.*

ticari ve sanayi sektörlerinde elektrik talebinin gelir esnekliklerinin elastik, ancak fiyat esnekliklerinin yalnızca ticari sektörde anlamlı ve inelastik olduğunu ortaya koymuştur.

Nişancı (2005) değişik sektörler itibariyle 1970-2003 yılları arasında Türkiye'de elektrik talebini tahmin etmiş ve elektrik tüketimi ile milli gelir arasında nedensellik ilişkisini eş bütünleşme ve vektör hata düzeltme modelleri ile test etmiştir. Milli gelir ile elektrik tüketimi arasında eş bütünleşmenin olduğunu ve buradan elektrik tüketiminden gelire doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya koymuştur. Tüm sektörlerde kısa dönem gelir esnekliklerinin bir birimden küçük, uzun dönem esnekliklerinin ise birden büyük olduğunu bulmuştur.

Shiu ve Lam (2004), 1971-2000 dönemini kapsayan çalışmasında Çin için elektrik tüketimi ve GDP arasındaki ilişkiyi hata düzeltme modeli ile test etmiş ve sonuç olarak elektrik tüketiminden reel GSYIH' ya doğru tek yönlü nedensellik olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Squalli (2007), OPEC ülkelerini kapsayan çalışmasında elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ilişkiyi 1980-2003 dönemine ait yıllık verileri kullanarak Pesaran vd. (2001)tarafından önerilen nedensellik testi ve Toda-Yamamoto (1995) non-nedensellik testi kullanarak test etmiş ve sonuç olarak Endonezya, İran, Nijerya, Katar ve Venezüella ülkelerinde ekonomik büyümenin elektrik tüketimine bağlı olduğunu, Kuveyt, Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri (UAE) ülkelerinde ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında ilişki olmadığı sonucunu ortaya koymuştur.

Doğan (2015) ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi arasındaki nedensel ilişkileri incelemiştir. Çalışmada elektrik tüketimini yenilenebilir enerjiden elektrik tüketimi ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından elektrik tüketimi olarak iki grupta incelemiştir. Türkiye için yapılan bu çalışma 1990-2012 dönemini kapsamakta olup çalışmada ARDL sınır testi yaklaşımı, Johansen eşbütünleşme testi, Gregory Hansen

koentegrasyon testi uygulanmış ve sonuçta değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin var olduğu tespit edilmiştir.

Iyke (2015) Nijerya için ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi arasındaki ilişkiyi 1971-2011 dönemini ele alarak incelemiştir. Vektör hata düzeltme modelini kullanarak yaptığı çalışmanın sonucunda hem kısa hem de uzun dönemde elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye tek yönlü nedensellik olduğunu ortaya çıkmıştır. Ayrıca kısa dönemde enflasyon ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmişken, yine kısa dönemde enflasyonun elektrik tüketiminin nedeni olduğu ve uzun dönemde enflasyonun ekonomik büyümeye neden olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Khobai vd. (2016), Güney Afrika'da 1990-2012 döneminde elektrik arzı ve ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada, Vektör Hata Düzeltme Modeli kullanılmış ve çok değişkenli bir çerçeve oluşturmak için elektrik kesintileri ve istihdam değişkenleri kullanılmıştır. Çalışmanın bulgularına göre, elektrik arzından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu ortaya konmuştur.

Sıca ve Şentürk (2016) 1961-2012 dönemi verilerini kullanarak Türkiye ve İtalya'da ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi ilişkisini frekans alanı nedensellik yaklaşımı ile analiz etmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, Türkiye'de uzun dönemde ekonomik büyümeden elektrik tüketimine tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin var olduğunu, ancak kısa dönemde elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye doğru bir nedenselliğin olmadığını göstermiştir. İtalya'da ise kısa, orta ve uzun vadede elektrik tüketiminin ekonomik büyümeyenin nedeni olduğu ortaya konmuştur.

Usta (2016) Türkiye'de İBBS Düzey 2 Bölgelerini ele alarak bölgesel enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel veri analizi ile test etmiştir. Türkiye Düzey 2 bölgelerine ait 2004-2011 dönemi yıllık verilerini kullanarak Gayri safi katma değer, kamu yatırımları, istihdam ve elektrik tüketimi değişkenleri

arasındaki ilişkiyi incelenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre bölgesel enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

Sarwar vd. (2017), çalışmalarında 210 ülkeyi ele alarak 1960-2014 dönemi için Pedroni Panel Nedensellik, Modifiye Edilmiş En Küçük Kareler Yöntemi ve Panel Vektör Hata Düzeltme Yöntemini kullanarak ekonomik büyüme, elektrik tüketimi, petrol fiyatları, sabit kapital bilgi ve nüfus arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Sonuçlar elektrik tüketimi ve GSYH, petrol fiyatları ve GSYH, sabit kapital bilgi, nüfus ve GSYH arasında tek yönlü nedensellik olduğunu göstermiştir. Ayrıca elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kullanmayan ülkelerde elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasında negatif yönlü ilişki saptanmıştır.

Zhang vd. (2017) çalışmalarında Çin için ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi arasındaki ilişkiyi Vektör Hata Düzeltme Modeli ile test etmiş ve elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi zaman, bölgesel ve endüstriyel olmak üzere üç boyutta ele almıştır. 1978-2016 dönemini kapsayan çalışmasında analiz sonuçlarına göre iki değişken arasında ilişki olduğu sonucuna varmışlardır.

Said'i vd. (2017) bilgi iletişim teknolojisi ve ekonomik büyümenin elektrik tüketimi üzerindeki etkisini dinamik panel veri modeli kullanarak 67 ülke üzerinde çalışmışlardır. Yüksek gelirli, orta gelirli ve düşük gelirli paneller olmak üzere üç panel ele alarak 1990–2012 dönemini analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre Bilgi İletişim Teknolojileri (BİT)'in elektrik tüketimi üzerinde olumlu ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu ve ayrıca küresel büyümenin dört küresel panel için elektrik tüketiminde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir. Finansal gelişmenin, küresel paneller, orta gelirli ve düşük gelirli panellerde elektrik tüketimi üzerinde olumlu bir etkisi olduğu bulunmuştur. Yüksek gelir ve orta gelir için nüfusun elektrik tüketimi üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu tespit edilmiştir

Sbia vd. (2017), ekonomik büyüme, kentleşme, finansal gelişme ve elektrik tüketimi arasındaki ilişkiyi birleşik Arap emirliklerinde 1975-2011 dönemi için

araştırmıştır. Yapısal kırılmanın varlığı durumunda değişkenler arasındaki ilişki ARDL Sınır Testi yaklaşımıyla test edilmişken, değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirlemek için VECM Granger Nedensellik Analizi uygulanmıştır. Sonuç olarak değişkenler arasında "U" şeklinde ilişki ortaya çıkmış olup, finansal gelişmenin elektrik tüketimine katkıda bulunduğu ortaya konmuştur. Kentleşme ile elektrik tüketimi arasındaki ilişkinin ise ters U şeklinde olduğu belirlenmiştir. Nedensellik analizi ile ekonomik büyüme ve elektrik tüketimi arasında çift yönlü ilişki ve bunun yanı sıra. Finansal gelişme ve elektrik tüketimi arasında da çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Shahbaz vd. (2017), ekonomik büyüme, elektrik tüketimi, petrol fiyatları, sermaye ve işgücü arasındaki ilişkiyi analiz etmek için 1960-2014 dönemine ait 157 ülkeden verileri kullanmışlardır. Değişkenler arasında uzun ve kısa dönemli ilişkiyi analiz etmek amacıyla Panel Koentegrasyon testi, uzun dönem parametre tahmini için Havuzlanmış Ortalama Grup Testleri kullanmıştır. Ampirik sonuçlar değişkenler arasında eş bütünleşmenin varlığını kanıtlamış olup, Elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme, petrol fiyatları ve ekonomik büyüme arasında iki yönlü ilişkinin olduğu ortaya konmuştur.

Alejandro ve Anastacio (2017), 1980-2008 dönemi yıllık verileri kullanarak Kuzey Amerika ülkelerinde çevresel Kutnez eğrisinin geçerli olup olmadığını sınamışlardır. Kanada, ABD ve Meksika'da değişkenler arasında uzun dönemli ilişki Pedroni Koentegrasyon Testi ile araştırılmış, Panel Tam Olarak Modifiye Edilmiş En Küçük Kareler Yöntemi ve Panel Dinamik En Küçük Kareler Yöntemi kullanılarak uzun dönem ilişkilerin elastikiyetleri belirlenmiştir. Sonuç olarak değişkenler arasında "U" şeklinde bir ilişki olduğu ortaya çıkmış ve toplam enerji tüketimi, elektrik tüketimi ve ekonomik büyümeden CO_2 emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik olduğu ortaya konmuştur.

Rahim vd. (2018) çalışmalarında Güneydoğu Slovakya için 1985-2016 dönemi yıllık verileri kullanarak elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Otoregresif Gecikmesi Dağıtılmış (ARDL) modeli ve Granger nedensellik testi

yardımı ile araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda uzun dönemde elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasında güçlü ve pozitif yönlü nedenselliğin olduğu bulunmuş iken, kısa dönemde değişkenler arasında zayıf bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuçlara göre, elektrik tüketimi uzun ve kısa dönemde ekonomik büyümeyi desteklemekte, elektrik tüketimindeki %1'lik artış ekonomik büyümeyi %0,31 artırmaktadır.

Atems ve Hotaling (2018), 1980-2012 dönemi için 174 ülkeyi ele alarak elektrik üretiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak Sistem Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) kullanılmış ve sonuç olarak yenilenebilir ve yenilenmeyen elektrik üretimi ile ekonomik büyüme arasında güçlü ve pozitif yönlü ilişki olduğu saptanmıştır.

Liu vd. (2018) elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ele aldıkları çalışmalarında Çin'in başkenti Pekin'de 2005:1 ve 2016:3 dönemi çeyreklik verileri kullanarak Granger nedensellik analizi ile test etmişlerdir. Yapılan analizler sonucu elde edilen bulgular ekonomik büyümeden elektrik tüketimine doğru tek yönlü nedenselliğin varlığını göstermiştir.

Uslu (2018) çalışmasında Türkiye dâhil, 21 gelişmekte olan ülkede ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi, 1990-2014 dönemi verileri kullanılarak, eşanlı denklem ve panel veri analizi ile incelemiştir. Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testi kullanarak yapmış olduğu analizler sonucunda ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında iki yönlü nedensellik ilişkisinin olduğunu ve değişkenler arasında pozitif yönlü ilişkinin varlığını tespit etmiştir

Türkan ve Özel (2019) elektrik tüketiminin belirleyicilerini 2004-2011 dönemi yıllık verileri kullanarak bölgesel düzeyde Türkiye için test etmişlerdir. Panel regresyon modeli ile yaptıkları analiz sonucunda, bölgesel gelişmenin elektrik tüketimini artırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

III. BÖLÜM
MEKÂNSAL EKONOMETRİK MODELLER VE TAHMİN YÖNTEMİ

Bu bölümde analiz kısmında kullanılacak olan panel veri modelleri ve mekânsal panel modeller yöntemlerinin ekonometrik metodolojisi ele alınacaktır.

3.1. Mekânsal Ekonometrik Modeller

Mekânsal ekonometrik modeller kesit ve panel veriler için mekânsal modeller ve mekânsal panel modeller olarak iki başlık altında değerlendirilebilmektedir. Bu bölümde öncelikle mekânsal ekonometride kullanılan kavramlardan bahsedilecek olup, Mekânsal regresyon modelleri açıklanacaktır.

3.1.1. Mekânsal Bağımlılık, Mekânsal Etki, Mekânsal Otokorelasyon

Mekânsal ekonometrik modellerde mekânsal etki, mekânlar arasındaki etkileşimi ifade etmekte ve modelde farklı şekilde görülebilmektedir. Bu etkiler, mekânsal bağımlılık ya da mekânsal otokorelasyon ile modele dâhil edilebilmektedir.

Mekânsal bağımlılık bir mekândaki değişkenin başka bir mekândaki değişken ile ilişkisini göstermektedir. Mekânsal otokorelasyon ise aynı değişken değerinin komşu bölgelerdeki değeri ile ilişkili olması durumunu ifade etmektedir.

Mekânsal otokorelasyonun varlığı, gözlemler arasındaki bağımsızlık varsayımın ihlal edilmesine ve bu durum da Sıradan En Küçük Kareler (EKK) yöntemi ile yapılan tahmin sonuçlarının sapmalı olmasına ve etkinlik kaybına neden olabilmektedir. Bu nedenle mekânsal bağımlılık mekânsal gecikmeli değişken olarak ya da hata terimlerinde yer alacak şekilde, farklı biçimlerde regresyon modeline dâhil edilmektedir.

3.1.2. Mekânsal Ağırlık Matrisi ve Mekânsal Regresyon Modelleri

Mekânsal ekonometrik modellerin çözümünde mekânsal ağırlık matrisinden yararlanılmaktadır. Yatay kesit verileri için mekânsal ağırlık matrisi önceden belirlenmiş kurallar tarafından oluşturulan ve mekânlar arası komşuluk ilişkilerini tanımlayan $N * N$ boyutlu bir matris olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak mekânsal ağırlık matrisi W ile gösterilmektedir.

Temel olarak bitişiklik ve uzaklığa dayalı olarak mekânsal ağırlık matrisi oluşturulabilmektedir.

Yakınlık kriterine dayalı olarak Kale kriteri (Ortak Sınır), Piskopos kriteri (Ortak Vertex), Kraliçe kriteri (ortak sınır veya tepe) gibi kriterler ağırlık matrisinin oluşturulmasında kullanılabilmektedir. Uzaklığa dayalı olarak ise ağırlıklar i ve j. bölge (d_{ij}) arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak tanımlanabilir. d_{ij},genellikle kendi merkezi veya diğer önemli birim ile arasındaki mesafe olarak hesaplanır.[71]

Sınır komşuluğu dikkate alınarak oluşturulan ağırlık matrisinde ise, bölgeler komşu ise 1, değil ise 0 değerini almaktadır. Bu durumda ağırlık matrisi W genel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir;

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & . & .. & w_{1N} \\ w_{21} & . & .. & w_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_{N1} & w_{N2} & .. & w_{NN} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Ağırlık matrisinde genellikle işlem kolaylığı açısından satır toplamları 1'e eşit olacak şekilde standartlaştırma yapılmaktadır.

[71] Annachiara Saguatti, Modeling *The Spatial Dynamics of Economic Models*,(Alma Mater Studiorum – Università Di Bologna, Politica Economica, Dottorato Di Ricerca In), 2013, s.9-10.

$$W_{ij} = \frac{W_{ij}}{\sum_j W_{ij}} \quad (2)$$

Mekânsal Regresyon Modelleri

Bir mekânın bağımlı değişkeni komşu mekânların bağımlı değişkeni ile etkileşim halinde ise bu model Mekânsal Gecikme Modeli (SAR) modeli olarak ifade edilmekte ve mekânsal bağımlılık bağımlı değişkenin mekânsal gecikmeli değeri yolu ile modele ilave edilmektedir. Bu model (3) no'lu eşitlikte gibi yazılmakta ve ρ mekânsal otoregresif katsayı olarak adlandırılmaktadır.[72]

$$y = \rho W y + X\beta + \varepsilon \quad (3)$$

$y: N * 1$ boyutlu bağımlı değişken vektörü

$X: N * K$ boyutlu bağımsız değişken matrisi

$\beta: K * 1$ boyutlu katsayı vektörü

$W: N * N$ boyutlu ağırlık matrisi ve $\varepsilon: N * 1$ boyutlu hata terimleri vektörüdür. Hata terimlerinin sıfır ortalama ve sabit varyansla normal dağılıma sahip olduğu varsayılmaktadır $\varepsilon: (0, \sigma_\varepsilon^2)$.

ρ; komşu mekânların bağımlı değişkeninin ilgili bölgenin bağımlı değişkeni üzerindeki etkisini gösteren ilişki katsayısıdır ve $|\rho| < 1$' dir.

Mekânsal gecikme modelinde bağımlı değişkenin modelin sağ tarafında bağımsız değişken olarak yer alması içsellik problemine neden olmakta ve bu sorun En Küçük Kareler Yöntemi (EKK) ile elde edilen tahminlerin tutarsız ve sapmalı olmasına yol açmaktadır. Bu nedenle bu modellerin çözümünde En Çok Olabilirlik (ML) ve Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM) yaygın olarak kullanılmaktadır.[73]

---

[72] Ferda Esin Gülel, *Uygulamalı Panel Veri Ekonometrisi* (Edt.Selahattin Güriş),İstanbul: Der Yayınları, İstanbul 2018, s.151.

[73]Metahan Yılgör, *Mekânsal Ekonometri*, DER Yayınları, İstanbul 2019, s.8.

Bir mekânın bağımlı değişkeni komşu mekânın bağımsız değişkeninden etkileniyorsa bu model Mekânsal Durbin Model (SDM) olarak ifade edilmekte ve mekânsal bağımlılık bağımsız değişkenin gecikmeli değeri yoluyla modele ilave edilmektedir. Mekânsal etkinin modele WX ile dâhil edilip edilmeyeceğine Wald testi ile karar verilmektedir. Mekânsal gecikme modelinin bir uzantısı olan bu model mekânsal gecikmeyi de içerecek biçimde (4) no'lu eşitlikteki gibi gösterilir.[74]

$$y = \rho W y + X\beta + \theta WX + \varepsilon \qquad (4)$$

θ Mekânsal bağımlılığı gösteren bağımsız değişken katsayısıdır.

Son olarak mekânların hataları arasında bağımlılık olabilmekte ve genellikle ölçme hataları sonucu ortaya çıkan bu bağımlılık hata terimlerinde ifade edilmektedir. Bu tür modeller Mekânsal Hata Modeli (SEM) olarak tanımlanmakta ve basit olarak (5) no'lu eşitlikte verildiği gibi tanımlanmaktadır.[75]

$$\begin{aligned} y &= X\beta + u \\ u &= \lambda W u + \varepsilon \end{aligned} \qquad (5)$$

Burada $\varepsilon: (0, \sigma^2 I_N)$, $E(\varepsilon) = 0$ ve $E(\varepsilon\varepsilon') = \sigma^2 I_N$'dir. λ: mekânsal ilişki katsayısı yani mevcut mekânın hata terimi ile komşu mekânın hata terimi arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir ve genellikle 1'den küçüktür.

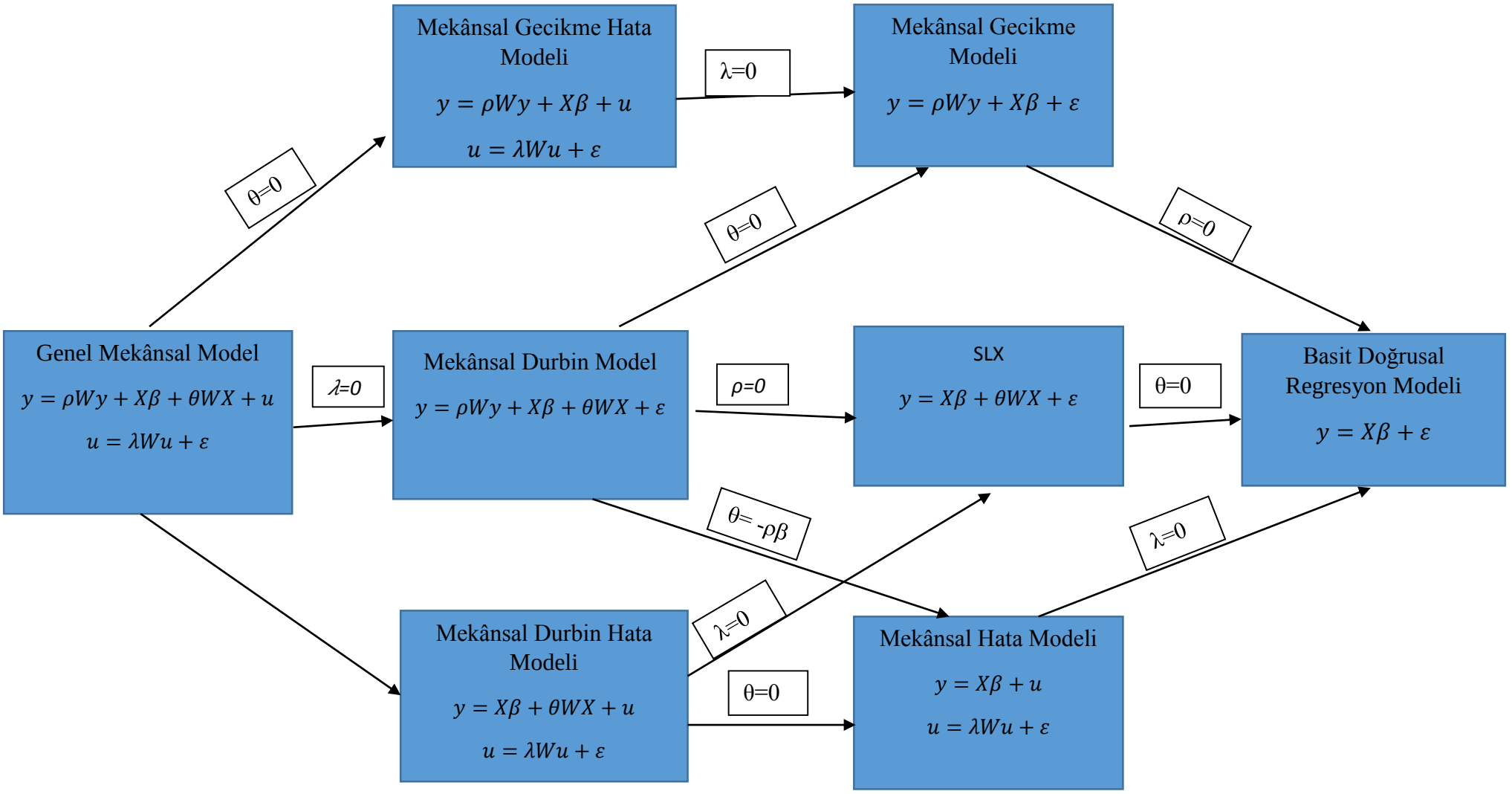
Yukarıda da belirtildiği gibi mekânsal modellerde mekânsal bağımlılığın bulunması EKK tahmincilerinin sapmasızlık, tutarlılık ve etkinlik özelliklerinin kaybolmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle bu modellerde En Çok Olabilirlik, Araç Değişkenler ya da Genelleştirilmiş Momentler Metotları etkin, sapmasız ve tutarlı tahmincilerin elde edilmesinde kullanılabilmektedir.[76]

[74] A.g.e., s.153
[75] A.g.e., s.152
[76] Luc Anselin, *Spatial Econometrics: Methods and Model*.Springer, London:New York, 1988.

Mekânsal gecikmeli değişkenlerin oluşturulmasında mekânsal ağırlık matrisinden yararlanılmaktadır. Mekânsal yakınlığın çok yönlü yapısı nedeniyle mekânsal gecikmeli değişkenleri tanımlamak zaman serilerinde olduğundan daha zordur. Mekânsal ekonometride $N * 1$ boyutlu bağımlı değişken y'nin mekânsal gecikmesi Wy olarak ifade edilmektedir. y_i'nin mekânsal gecikmesi komşu değişken değerlerinin ortalamasıdır $\sum j\, w_{ij}.\, y_j = W_{yi}$.[77]

Elhorts (2014) mekânsal ekonometrik çalışmalarda kullanılan modelleri yatay kesit verileri için Şekil 4'de verildiği gibi özetlemiştir;

[77] Anachaira Saguatti, *a.g.e.*, s.12.



Şekil 4: Mekânsal Regresyon Modelleri

3.1.3. Mekânsal Bağımlılığın Testi

Mekânsal ekonometrik çalışmalarda mekânsal bağımlılığı tespit etmek amacıyla temel olarak üç test önerilmektedir.

1. Moran I testi,
2. Mekânsal hata bağımlılığı için Lagrange Çarpan Testi [LM (err)],
3. Mekânsal gecikme bağımlılığı için Lagrange Çarpan Testi [LM (lag)]

Mekânsal hata otokorelasyonun tespiti için kullanılan Moran I testi genel bir test iken LM testleri daha spesifik testlerdir. Bu testler uygun mekânsal regresyon modelinin seçiminde bir temel sağlarlar. LM (hata) testinin önemi mekânsal bir hata modeline işaret ederken, LM (gecikme) testinin önemi mekânsal bir gecikme modeline işaret etmektedir. [78]

Moran I testi:

Patrick Moran (1948) tarafından önerilen regresyon hatalarında mekânsal otokorelasyonun test edilmesi için Moran I testi (6) no'lu eşitlikteki gibi yazılır;

$$I = \frac{ne'W*e}{S_0 e'e} \qquad S_0 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_{ij}^{*} \tag{6}$$

Burada S_0: Ağırlık matrisinin değerler toplamı ve e, $N * 1$ boyutlu EKK hata terimleri vektörüdür. Standartlaştırılmış ağırlık matrisi kullanıldığında $S_0 = N$ olacağından bu denklem (7) no'lu eşitlikteki gibi yazılmaktadır;

$$I = \frac{e'We}{e'e} \tag{7}$$

[78]Reinhold Kosfeld, "Tests on Spatial Dependence in the Errors", *Spatial Econometrics*, https://www.unikassel.de/fb07/fileadmin/datas/fb07/5Institute/IVWL/Kosfld/lehre/spatial/SpatialEconometrics4b.pdf

Testin hipotezleri aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır;

$$H_0: Hatalarda \text{ mekânsal } bağımlılık\ yoktur$$
$$H_1: Hatalarda\ mekânsal\ bağımlılık\ vardır$$

Test istatistiği I'nın aldığı değere göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır;

$0 < I \leq 1$ ise pozitif otokorelasyon vardır
$-1 < I \leq 0$isenegatif otokorelasyon vardır
$I = 0$ ise otokorelasyon yoktur.

Clifff ve Ord (1981) Moran I testinin H_0 hipotezi altında asimptotik olarak standart normal dağılıma sahip olduğunu kanıtlamıştır.

$$Z = I^* = \frac{I - E(I)}{\sqrt{V(I)}}$$

Mekânsal Hata Bağımlılığı için Lagrange Multiplier Test (LMhata)

Moran testinin aksine Lagrange çarpan testleri iyi yapılandırılmış hipotezlere dayanmaktadır. Mekânsal bağımlılık için Lagrange çarpanı testi, mekânsal olarak otokorelasyonlu hataları olan regresyon modelinin tahminine dayanmaktadır.

$$y = X\beta + \varepsilon$$
$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + v \qquad (8)$$

(8) no'lu eşitlikte verilen mekânsal hata modelinin EKK yöntemiyle çözülmesi ile LM hata testi gerçekleştirilebilmektedir;

$H_0: \lambda = 0$, hipotezi altında LM test istatistiği (9) no'lu eşitlikte tanımlanmıştır;

$$LM_e = \frac{\left(\frac{e'W_e}{s^2}\right)^2}{T} \tag{9}$$

$$s^2 = \frac{e'e}{n} \text{ ve } T = tr[(W + W')W]$$

LM test istatistiği 1 serbestlik derecesi ile $\chi^2(Ki - Kare)$ dağılmaktadır.

Mekânsal Gecikme Bağımlılığı için Lagrange Multiplier Test:

Mekânsal gecikme modelinde yer alan mekânsal gecikme katsayısının test edilmesi temeline dayalı olan bir testtir. (10) no'lu eşitlikte verilen mekânsal gecikme modeli değerlendirilsin;

$$y = \rho Wy + X\beta + \varepsilon \tag{10}$$

(10) no'lu modelin EKK yöntemi ile tahmin edilmesinden sonra LM test istatistiği (11) no'lu eşitlikte verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$LM_l = \frac{\left(\frac{e'W_y}{s^2}\right)^2}{(nJ)} \tag{11}$$

$$T = tr[(W + W')W]$$
$$nJ = T + (WX\beta)'M(WX\beta)/s^2$$
$$M = I - X(X'X)^{-1}X'$$

LM_l test istatistiği 1 serbestlik derecesi ile $\chi^2(Ki - Kare)$ dağılmaktadır.

3.1.4. Mekânsal Regresyon Modellerinin Tahmini

Mekânsal regresyon modelleri olan SAR, SDM ve SEM modellerinin çözümünde yaygın olarak En Çok benzerlik yöntemi olarak da adlandırılan En Çok Olabilirlik Yöntemi kullanılmaktadır.

SAR Modelinin En Çok Olabilirlik Yöntemi ile Tahmini

(3) no'lu eşitlikte tanımlanan SAR modeli ele alınsın. Bu model aşağıdaki gibi yazılabilmektedir;

$$(I - \rho W)y = X\beta + u$$

$$(I - \rho W) = A$$

$$Ay = X\beta + u$$

Buradan modelin En Çok Olabilirlik fonksiyonu;

$$lnL(\beta, \rho, \sigma) = -\left(\frac{N}{2}\right) ln2\pi - \left(\frac{N}{2}\right) ln\sigma^2 + ln||A|| - (\frac{1}{2\sigma^2})\left(A_y - X\beta\right)'\left(A_y - X\beta\right) \quad (12)$$

şeklinde ifade edilebilmektedir.[79]

SEM Modelinin En Çok Olabilirlik Yöntemi ile Tahmini

(5) no'lu eşitlikte verilen SEM modeline ait olabilirlik fonksiyonu ise aşağıdaki eşitliklerden faydalanılarak (13) no'lu eşitlikteki gibi yazılabilmektedir;

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + v$$

[79]Metehan Yılgör, **age,** s. 22

$$B\varepsilon = v$$

$$B = (I - \lambda W)$$

$$lnL(\beta, \lambda, \sigma) = -\left(\frac{N}{2}\right) ln2\pi - \left(\frac{N}{2}\right) ln\sigma^2 - (\frac{1}{2}) \ln|B^{-1}B^{-1\prime}| - \frac{1}{2\sigma^2}\{(y - X\beta)'[B^{-1}B^{-1\prime}]^{-1}(y - X\beta)\} \quad (13)$$

Parametrelerin maksimum olabilirlik tahminlerini sağlamak için modelin β, λ, σ*'ya* göre maksimize edilmesi gerekir. Fakat β ve σ tahminleri analitik olarak p ve λ parametresinin bir fonksiyonu olduğundan log-olabilirlik fonksiyonu parametrelerde doğrusal değildir.[80]

3.2. Panel Veri Modelleri

Panel veri modelleri panel regresyon modelleri, panel birim kök testleri ve dinamik panel veri modelleri olmak üzere üç başlık altında açıklanacaktır.

3.2.1. Panel Regresyon Modelleri

Panel veri modelleri gözlenemeyen veya modele dâhil edilmeyen etkiler nedeniyle heterojen bir yapı sergilemektedirler. Yalnızca birim veya yalnızca zaman boyunca farklılığı dikkate alan modeller tek yönlü panel veri modelleri olarak adlandırılırken, hem zaman hem de birimler boyunca heterojenliği dikkate alan modeller çift yönlü panel veri modelleri olarak adlandırılmaktadır.[81]

[80]Fatma Zeren (2010).Mekânsal Etkileşim Analizi. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, Ekonometri ve İstatistik Sayı:12, 18–39

Panel veri kullanılarak tahmin edilen modeller temel olarak havuzlanmış model, sabit etkili model ve rassal etkili modeller olmak üzere 3 grupta ele alınmaktadır.

$i = 1,2, \dots, N$ birim sayısını, $t = 1,2, \dots, T$ ise zaman boyutunu göstermek üzere eşitlik (14)' teki panel veri modeli tanımlansın;

$$y_{it} = \mu + \alpha_{it} + X'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

(14) no'lu eşitlikte y_{it} bağımlı değişken, X'_{it}; K boyutlu bağımsız değişkenler vektörünü, α_{it}; heterojenliği ve/veya birim etkiyi göstermektedir. α_{it}'nin almış olduğu değere göre model havuzlanmış model, sabit etkili model veya rassal etkili model olarak değerlendirilmektedir.

$\alpha_{it} = 0$ olması durumunda model yalnızca bir sabit terim (μ) içerecek olup, bu sabit terim tüm birimler için aynı olmaktadır. Bu durumda model klasik regresyon modeline eşit olmakta ve havuzlanmış model olarak adlandırılmaktadır. (15) no'lu eşitlikte verildiği gibi yazılan bu modelin tahmininde EKK yöntemi kullanılabilmektedir.

$$y_{it} = \mu + X'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (15)$$

α_{it}, gözlemlenemez ve rassal olmayan etkileri içeriyorsa model sabit etkiler modeli olarak adlandırılmaktadır. Sabit etkiler modelinde genellikle sabit parametre birimlere göre değişmekte fakat zaman boyunca sabit kalmaktadır. Genel olarak sabit etkiler modeli (16) no'lu eşitlikteki gibi tanımlanmaktadır.

$$y_{it} = \mu + \alpha_i + X'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \quad (16)$$

Burada α_i birimlere özgü sabit terimi, μ ise ortak sabit parametreyi göstermektedir. ε_{it} hata terimlerinin sıfır ortalama ve sabit varyansla bağımsız ve özdeş dağıldığı varsayılmaktadır; $\varepsilon_{it}: iid(0, \sigma_\varepsilon^2)$.

α_i gözlemlenemez ve X_{it} ile korelasyona sahip ise EKK tahmincisi tutarsız ve sapmalı olmaktadır. Bu durumda grup içi tahmin yöntemi olarak adlandırılan yöntem kullanılarak fark alma işlemi ile sabit terim etkisi arındırılmakta ve model tahmin edilmektedir.[82]

Rassal etkiler modelinde ise parametrelere stokastik sürecin bir parçası olarak davranılmakta ve birime özgü rassal etkiler α_i, hata terimlerinin bir bileşeni olarak modelde yer almaktadır. En genel haliyle rassal etkiler modeli (17) no'lu eşitlikteki gibi ifade edilebilmektedir.

$$y_{it} = \mu + X'_{it}\beta + u_{it}$$
$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it} \qquad (17)$$

Bu modelde yalnızca birime özgü rassal etkiler olduğu varsayılmaktadır. $\alpha_i: iid(0, \sigma_\alpha^2)$ olmak üzere parametrelere stokastik sürecin bir parçası olarak davranılmaktadır.

Rassal etkiler modelinde birimlere ait hata terimleri arasında korelasyon bulunmamakta, aynı zamanda tüm birim ve zaman serileri arasında da otokorelasyon bulunmamaktadır. Modelde $u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$ ve $E(u_{it}) = 0$ ve $Var(u_{it}) = \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2$'dir. $Var(u_{it})$ sabittir fakat yatay kesit serileri arasında otokorelasyon olabilmektedir. Otokorelasyon olması durumunda EKK tahmincileri etkin olmayacağından rassal etkili modelin tahmininde Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi kullanılmaktadır.[83]

---

[82] Nurcan Metin, *Avrupa Ülkelerinde Ekonomik Özgürlüğün Panel Veri Modelleri ile Analizi*, Derin Yayınları, İstanbul 2013.

[83] Aziz Kutlar, *Eviews ile Panel Veri Ekonometrisi Uygulamaları*, Umuttepe Yayınları, Kocaeli 2017, s.21

3.2.2. Panel Birim Kök Testleri

Zaman serilerinde olduğu gibi panel veri analizinde de ilk olarak serilerin durağanlığının test edilmesi gerekmektedir. Panel birim kök testleri birinci nesil panel birim kök testleri ve ikinci nesil panel birim kök testleri olmak üzere iki kategori altında değerlendirilebilir. Panel birim kök testlerinde bu ayrımın yapılmasının sebebi yatay kesit bağımlılığını dikkate alıp almamasından kaynaklanmaktadır. Yatay kesit bağımlılığını dikkate almayan testler birinci nesil birim kök testleri adı altında değerlendirilirken, yatay kesit bağımlılığını dikkate alan testler ikinci nesil panel birim kök testleri adı altında değerlendirilebilmektedir.

Levin ve Lin (2002), IM, Pesaran ve Shin (2003), Fisher tipi test (Maddala ve Wu, 1999) ve Hadri (2000) testleri yatay kesit bağımlılığını dikkate almadıklarından, diğer bir ifade ile birimler arası korelasyonun olmadığını varsaymalarından dolayı birinci nesil testler olarak adlandırılmaktadır.

Diğer taraftan yatay kesit bağımlılığını dikkate alan testler ise Pesaran (2004), Bai ve Ng (2004), Philips ve Sul (2003), Moon ve Perron (2004) testleri olarak sayılabilmektedir.

3.2.2.1. Yatay Kesit Bağımlılığının Test Edilmesi

Yatay kesit bağımlılığı; paneli oluşturan yatay kesitlerden birine gelen bir şokun, diğerlerini de etkilemesi durumunu ifade etmektedir. Panel veri setinde birimler arası korelasyon olması durumunda birinci kuşak testlerinin asimptotik özellikleri etkilenmekte ve bu durum sonuçların yanıltıcı olmasına neden olabilmektedir.[84]

Bu nedenle birim kök testlerine geçmeden önce birimler arası korelasyonun varlığını tespit etmek amacıyla yatay kesit bağımlılık testi uygulanmalı ve sonuca göre

[84]M. Hashem Pesaran, "General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels", *IZADiscussion Pape*r, No. 1240 August 2004.

uygun test yöntemi seçilmelidir. Yatay kesit bağımlılığının test edilebilmesi için (18) no'lu eşitlikte verilen fark denklemi tahmin edilmektedir,

$$\Delta Y_{it} = d_i + \delta_{ij} Y_{it-1} + \sum_{j=1}^{pi} \lambda_{ij} \Delta Y_{it-j} + u_{it} \qquad (18)$$
$$i = 1,2,\ldots,N; t = 1,2,\ldots,T$$

Bu denklemde d_i sabit veya sabit ve trend olarak ifade edilen deterministik bileşeni, p ise gecikme uzunluğunu göstermektedir.

$H_0: \rho_{ij} = Cov(u_{it}, u_{jt}) = 0, \ i \neq j$ Yatay kesit bağımlılığı yoktur hipotezine karşılık en az bir çift birim arasında bağımlılık olduğunu söyleyen $H_1: \rho_{ij} = Corr(u_{it}, u_{jt}) \neq 0, \ i \neq j$ Yatay kesit bağımlılığı vardır hipotezi sınanmaktadır.

i ve j. birimlere ait hatalar arasındaki korelasyonu ifade eden $\hat{p}_{ij}$ aşağıda verildiği gibi hesaplanabilmektedir;[85]

$$\hat{p}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^{T} \hat{u}_{it} \hat{u}_{jt}}{(\sum_{t=1}^{T} \hat{u}_{it}^2)^{\frac{1}{2}} (\sum_{t=1}^{T} \hat{u}_{jt}^2)^{\frac{1}{2}}} \qquad (19)$$

Breusch - Pagan LM Testi

Birimler arası korelasyonun tespit edilmesine yönelik geliştirilen ilk yöntem Breush ve Pagan (1980) LM testidir. Bu test (20) no'lu eşitlikteki panel veri modelini temel almaktadır:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i X_{it}' + u_{it} \qquad (20)$$

[85] *A.g.m*, s.4

X'_{it}; $K * 1$ boyutlu bağımsız değişken vektörü, $\beta; K * 1$ boyutlu parametre vektörü, α_i, birimlere özgü sabit parametredir. u_{it} bağımsız ve özdeş dağılan hata terimlerini göstermektedir.

Breusch ve Pagan (1980), yatay kesit bağımlılığının varlığını test edebilmek için, Lagrange Çarpanı (LM) hesaplanmaktadır:

$$LM = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} T_i \hat{p}_{ij}^2 \sim \chi^2 \frac{N(N-1)}{2} \qquad (21)$$

$T_i = \min(T_i, T_J)'$dir. Dengeli panellerde $T_i =$ T'dir. Bu test $\frac{N(N-1)}{2}$ serbestlik derecesi ile asimptotik χ^2 dağılımına uymaktadır. LM testi zaman boyutunun birim boyutundan büyük olduğu durumlarda geçerli bir testtir.

Pesaran CD Testi

Pesaran (2004) yatay kesit bağımlılığını test etmek amacıyla hem sabit hem de rassal etkili modellerde kullanılabilen CD_{LM} testini önermiştir. Bu test birim boyutunun zaman boyutundan büyük olduğu durumlarda $(N > T)$ da kullanılabilmektedir.

CD testi (22) no'lu eşitlikteki gibi ifade edilebilir;

$$CD = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} T_i \hat{\rho}_{ij}^2 \sim N(0,1) \qquad (22)$$

Pesaran (2004), CD testi T ve N sabit olduğunda sıfır ortalamaya sahiptir ve X_{it} ile Y_{it} değişkenleri zaman değişmez ve simetrik dağılıma sahip olduğu sürece heterojen dinamik modeller için güçlüdür. N ve T küçük iken de CD test istatistiği normal dağılıma sahiptir.

3.2.2.2. Birinci ve İkinci Nesil Birim Kök Testleri

Birinci nesil panel birim kök testleri genel olarak Augmented Dickey Fuller (ADF) testine benzer bir yapı göstermekte ve dinamik sabit etkiler modelinden hareket etmektedir. ADF testine ait birim kök süreci genel olarak (23) no'lu eşitlikteki gibi ifade edilebilir;

$$y_{it} = \alpha_{it} + \rho y_{it-1} + \varepsilon_{it} \qquad (23)$$

(23) no'lu denklemde α_{it} sabit etkileri göstermektedir. Bu denklemde ρ parametresinin durağanlığı araştırılmakta ve ρ'ya ilişkin yapılan varsayımlara göre birinci nesil panel birim kök testleri kendi içerisinde iki gruba ayrılmaktadır. Birinci grup testlerinde ρ'nun birimden birime değişmediği, ikinci grup testlerinde ise ρ'nun birimden birime değiştiği varsayılmaktadır. [86]

Levin, Lin ve Chu Birim Kök Testi

Levin, Lin ve Chu (2002) tarafından geliştiren bu test (24) no'lu model tahmininden hareket etmektedir.

$$\Delta y_{it} = a_i + \theta_t + \delta_i t + \rho y_{it-1} + \sum_{k=1}^{n} \Phi_k \Delta_{yit-k} + u_{it} \qquad (24)$$

(24) no'lu eşitlikte a_i, birime özgü sabit etkileri, θ_t ise birime özgü zaman etkilerini göstermektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde modelin iki yönden sabit etkilere izin verdiği görülmektedir. Bağımlı değişkenin gecikmeli değerinin katsayısı "ρ" panelin bütün birimleri arasında homojen olduğu varsayıldığından birime özgü sabit etkiler denklemin çok önemli bir bileşenidir.

[86] Ferda Yerdelen Tatoğlu, *İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı* (2.Baskı), Beta Yayınları, İstanbul 2012, s.199.

LLC (2002) panel birim kök testinde sıfır ve alternatif hipotez aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır;

$$H_0: \rho = 0$$
$$H_1: \rho < 0$$

Sıfır hipotezi panel veri setinin birim kök içerdiğini, alternatif hipotez ise panel veri setinin birim kök içermediğini ifade etmektedir. [87]

Im, Pesaran ve Shin (IPS) Testi

Im, Pesaran ve Shin (IPS) testinde LLC testine benzer şekilde (20) no'lu denklemden hareket edilmekte fakat bu testte ρ_i otoregresif parametrenin yatay kesitler boyunca heterojen olmasına izin verilmektedir. Bu test LLC testindeki sınırlamalara sahip olmadığından daha esnek bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. IPS testinde paneli oluşturan bütün birimlere ait zaman serilerine ayrı ayrı birim kök testi uygulanmakta ve test istatistiği tüm istatistiklerin ortalaması olarak alınmaktadır.[88]

IPS test istatistiği (25) no'lu denklemde verildiği gibidir;

$$\Delta y_{it} = a_i + \theta_t + \delta_i t + \rho_i y_{it-1} + \sum_{k=1}^{n} \Phi_k \Delta_{yit-k} + u_{it} \qquad (25)$$

Burada, ρ_i'nin birimler arası değişken olduğu varsaymaktadır ve $i = 1,2, \dots, N$ birimleri, $t = 1,2, \dots, T$ zaman boyutunu, α_i, sabit etkileri ve u_{it}, durağan kalıntıları göstermektedir.

[87] Asteriou Dimitrios ve Stephen G. Hall, A*pplied Econometrics: A Modern Approach Using Eviews and Microfit Revisited Edition*, PalgraveMacmillan, Newyork, 2007, s. 367.
[88] Ferda Yerdelen Tatoğlu, *a.g.e.*, 2012, s.212.

t_{iT} $(i = 1,2, \dots, N)$ $\bar{t}_{N,T} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} t_{iT}$ birim kök için t istatistiğini göstermekte ve sonlu μ ortalama ve σ^2 varyansı ile$N \to \infty$ iken H_0 varsayımı altında, merkezi limit teoremine göre asimptotik olarak normal dağılım izlemektedir. Buradan hareketle, IPS test istatistiği, (26)'da verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$t_{IPS} = \frac{\sqrt{N}\left(\bar{t} - 1/N\sum_{i=1}^{N} E\left(t_{iT}|\rho_i = 0\right)\right)}{\sqrt{Var(t_{iT}|\rho_i = 0)}} \qquad (26)$$

Burada, $E(.|A)$, A koşulu altında beklenen değeri, $Var(.|A)$, A koşulu altında varyansı göstermektedir.

Bu test dengeli panel veri setleri için uygun olmakla birlikte LLC testine benzer şekilde ek simülasyonlar yapıldığı takdirde, dengesiz panellerde de kullanılabilmektedir.[89]

IPS panel birim kök testinde sıfır ve alternatif hipotez aşağıdaki gibi tanımlanabilmektedir;

$$H_0 \quad : \quad \rho_i = 0 \;\; \forall i = 1,2, \dots, N$$
$$H_1 \quad : \quad \rho_i < 0, \text{ en az 1 tane i için}$$

Sıfır hipotezi bütün serilerin durağan olmadığını alternatif hipotez ise, serilerin bazısının durağan olmayacağını ifade etmektedir.[90]

Breitung Birim Kök testi

Breitung testi yığılım (birim etkiler) ve deterministik trende sahip olup paneli oluşturan yatay kesitlerde birim kök parametresinin homojen olduğu varsayılmaktadır.

[89]Ayşegül İşcanoğlu Çekiç ve Havva Gültekin, *R Uygulamalı Panel Veri Analizi ve Ampirik Bir Uygulama*, Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa 2019, s.105.
[90] A.g.e., s.105.

Breitung testinde standart t istatistiklerinin kullanılabilmesi için regresyon modeli hesaplanmadan önce veri dönüşümü yapılmaktadır.

Bu test (27) no'lu eşitlikteki gibi tanımlanabilir;

$$\Delta y_{it} = a_{it} + \sum_{k=1}^{p+1} \beta_k X_{it-k} + \varepsilon_{it} \qquad (27)$$

$H_0: |\rho| = 1$ *Bütün yatay kesitler için seri durağan değildir*
$H_1: |\rho| < 1$ *Bütün yatay kesitler için seri durağandır*

Pesaran Testi

Pesaran (2007) faktör yüklemeden ziyade yatay kesit bağımlılığından kurtulmak için daha basit bir yöntem önermiş olup bu metot tek faktörlü bir modelde ortaya çıkan yatay kesit bağımlılığını yakalamak için gecikmeli yatay kesit ortalaması ve onun ilk farkının olağan ADF regresyonuna ilave edilmesi üzerine dayalıdır. Bu model Yatay Kesit Genelleştirilmiş Dickey Fuller (CADF) testi olarak adlandırılmaktadır.[91]

Basit CADF regresyon aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

$$\Delta y_{it} = a_i + \rho_i^* y_{i,t-1} + d_0 \bar{y}_{t-1} + d_0 \bar{y}_t + \varepsilon_{it} \qquad (28)$$

Burada, $\bar{y}_t$ tüm N gözlemlerinin zaman t'ye göre ortalamasıdır. Gecikmeli yatay kesit ortalamaları ve birinci farklarının varlığı, bir faktör yapısı yoluyla birimler arası korelasyonu hesaba katmaktadır. Hata teriminde ya da faktörde otokorelasyon varsa, regresyon tek değişkenli durumda hem y_{it} hem de $\bar{y}_{t-1}$ gecikmeli birinci farklarının

[91]B. H. Baltagi,*Econometric Analysis of Panel Data***.** John Wiley & Sons, 4th Ed. New York: England, 2008, s.249.

ilavesi ile genişletilmelidir. Genişletme derecesi bilgi kriteri ya da ardışık testlerle seçilebilir.

$$\Delta y_{it} = a_i + \rho_i^* y_{i,t-1} + d_0 \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=0}^{p} d_{j+1} \Delta \bar{y}_{t-j} + \sum_{k=1}^{p} c_k \Delta y_{i,t-k} + \varepsilon_{it} \qquad (29)$$

Bu denklemde, $\bar{Y}_{t-a} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} Y_{i\,t-1}$ ve $\Delta \bar{Y}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \Delta Y_{it}$ olarak tanımlanmaktadır.

Testin hipotezleri,

$$H_0 \quad : \quad \rho_i = 0 \quad \forall i = 1,2,\dots,N$$
$$H_1 \quad : \quad \rho_i < 0, \text{ en az 1 tane i için}$$

olarak tanımlanır.

Pesaran'ın testi birimlere ait yatay kesitsel olarak genişletilmiş ADF istatistiklerine dayanmaktadır ve CADF küçük T değerleri için ortaya çıkabilecek uç değerlerin etkisinden kaçınılması için geliştirilmiştir. Her iki durumda da, Pesaran'ın CIPS ve CIPS* olarak adlandırılan test istatistiği, IPS t-bar testinin düzeltilmiş bir versiyonudur ve bireysel CADF veya CADF istatistiklerinin ortalamasına dayalı olarak (30)'da verildiği gibi tanımlanmaktadır.[92]

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} t_i(N,T), \quad CIPS^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} t_i^*(N,T). \qquad (30)$$

3.2.3. Panel VAR Modeli

Panel Vektör Otoregresif Model (Panel VAR) geleneksel Vektör Otoregresif (VAR) modellerinin panel veri setine uyarlanmış halidir ve panele özgü sabit etkiler

[92] Ayşegül İşcanoğlu Çekiç ve Havva Gültekin, *a.g.e.*, s.116.

ile p. dereceden k değişkenli panel VAR modeli (31) no'lu eşitlikteki gibi yazılabilmektedir;

$$Y_{it} = A_1 Y_{it-1} + A_2 Y_{it-2} + \cdots .. + A_{P-1} Y_{it-p+1} + A_P Y_{it-p} + X_{it}\beta + \alpha_{it} + \varepsilon_{it} \quad (31)$$

veya

$$Y_{it} = \sum_{p=1}^{m} A_P Y_{it-p} + X_{it}\beta + \alpha_{it} + \varepsilon_{it} \quad (32)$$

$i = 1,2,\ldots,N,\ t = 1,2\ldots,T$

Y_{it}, $1 * K$ boyutlu bağımlı değişken vektörü

A_1, A_2, …..A_{p-1}, A_p $K * K$ boyutlu bağımlı değişkenin gecikmelerine ait katsayılar matrisi,

X_{it} $1 * m$ boyutlu dışsal değişkenler vektörü,

β $m * K$ boyutlu dışsal değişkenlere ait katsayılar matrisi

α_{it} bağımlı değişkene özgü $1 * K$ boyutlu sabit etkiler vektörü ve

ε_{it} bilinmeyen hata terimlerini ifade etmektedir.

Panel VAR modelinde $\Delta t > s$ hata terimlerinin $E(\varepsilon_{it}) = 0$ ve $E(\varepsilon'_{it}\varepsilon_{it}) = 0$ olduğu varsayılmaktadır. Model parametreleri sabit etkiler modeli ya da bazı dönüşümler yapıldıktan sonra En Küçük Kareler yöntemiyle tahmin edilebilmektedir.[93]

Denklemin birinci farkı alınarak bireysel etkiler yok edildiğinde aşağıdaki formda yazılabilir;

[93] Michael R.M. Abrigo ve Inessa Love (2016), "Estimation of Panel Vector Autoregression in Stata: a Package of Programs",*Working Papers 201602* (University of Hawaii at Manoa, Department of Economics), 2016, s.3.

$$\Delta Y_{it} = \sum_{p=1}^{m} A_P \Delta Y_{it-p} + \Delta X_{it}\beta + \Delta \varepsilon_{it} \qquad (33)$$

VAR modellerinde kullanılan değişkenlerin tümü içsel olarak kabul edilmektedir. Bu özelliği ile bu modeller dinamik model olduğundan eşitliğin sağ tarafında bağımlı değişkenin gecikmeli değerinin yer alması N büyük bile olsa tahmincilerin sapmalı olmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle model tahmin edilirken bu sapmayı dikkate alan tahmin yöntemleri tercih edilmelidir. Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi genelde VAR Modellerinin tahmin edilmesinde dışsallık varsayımının sağlanmaması durumunda ve değişen varyans olması durumunda tutarlı sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamaktadır.[94]

3.2.4. Panel VAR Modelinin Tahmini

Panel VAR modellerinin tahmininde yaygın olarak kullanılan tahmin yöntemi Genelleştirilmiş Momentler Metodudur. GMM tahmincileri tahminlerde içsel değişkenlerin gecikmelerini araç değişkenler olarak kullanan birinci farklar GMM tahmin edicisi ve değişkenlerin seviyelerini içeren bilgi setini ve farklı moment koşullarını kullanarak tahmincileri elde eden sistem GMM tahmincisi olarak ikiye ayrılabilir.[95]

Arellano Bond Genelleştirilmiş Momentler Metodu

Arelano Bond (1991) fark dönüşümü için birinci farklar yöntemini önermektedir. Birinci farklar GMM tahmin yöntemi uygulanırken, ilk olarak fark dönüşümü ile değişkenler dönüştürülmekte, daha sonra bu dönüştürülmüş model Genelleştirilmiş EKK yöntemi ile çözülmektedir.

---

[94] Ferda Yerdelen Tatoğlu, *a.g.e.*,s.261.

[95] Manuel Arellano ve Stephen Bond (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. The Review of Economic Studies, 58(2), s. 277-297

Manuel Arellano ve Olympia Bover(1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. Journal of Econometrics 68, 29-51.

Moment koşullarının açıklanması amacıyla bağımlı değişkenin bir dönem gecikmeli değerini içeren (34) no'lu denklemde verilen dinamik panel veri modeli değerlendirilsin;

$$y_{it} = \lambda y_{it-1} + u_{it}$$
$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it} \qquad (34)$$
$$i = 1,2,\dots,n \text{ ve } t = 1,2,\dots,T$$

Denklemde yer alan y_{it}, bağımlı değişken vektörü; y_{it-1} gecikmeli bağımlı değişken vektörü, $\alpha_i$birim etkileri ve ε_{it} bilinmeyen hata terimlerini ifade etmektedir. $|\lambda| < 1$'dir. Model için hata terimleri ve rassal birim etkilerinin ortalaması sıfır ve sabit varyanslı olduğu varsayılmaktadır.

$E(\varepsilon_{it}) = 0, E(\alpha_i) = 0$

$E(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{js}) = \sigma_\varepsilon^2 \ , \ \ j = i, \ t = s, \ \ 0$ d.d.

$E(\alpha_i \alpha_j) = \sigma_\alpha^2, \ j = i, \ 0$ d.d.

Ayrıca dışsallık varsayımı sağlanmalıdır;

$$E(\varepsilon_{it}|y_{it}, \alpha_{it}) = 0$$
$$t = 1,\dots T, \ y_{it-1} = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{it-1})'$$

$\alpha_i \sim IID(0, \sigma_\alpha^2)$ ve $\varepsilon_{it} \sim IID(0, \sigma_\varepsilon^2)$ birbirleri ve kendileri arasında bağımsızdırlar ve λ'nın tutarlı tahminini elde etmek için T'nin sabit ve N'nin sonsuza doğru gitmesi gerekmektedir. Birim etkiyi ortadan kaldırmak için birinci farkları alındığında;

$$(y_{it} - y_{it-1}) = \lambda(y_{it-1} - y_{it-2}) + (u_{it} - u_{it-1})$$
$$t = 2, \dots, T \qquad (35)$$

şeklinde yazılabilir. y_{it-1} ile u_{it-1} korelasyonludur ve hata terimleri $(u_{it} - u_{it-1})$ MA(1) birim köklüdür.[96]

Diğer taraftan her bir gecikmeli değişken bir önceki fark hata terimi ile korelasyonsuzdur. Bu nedenle $(y_{it-1} - y_{it-2})$ için uygun araç değişkenler gecikmeli değerlerdir $(y_{it-2}, y_{it-3}, \dots, y_{it-n})$.

$t = 3$ için fark denklemi;

$(y_{i3} - y_{i2}) = \lambda(y_{i2} - y_{i1}) + (u_{i3} - u_{i2}) \quad t = 2, \dots, T$ için.

Denkleminde y_{i1} geçerli araç değişkendir. $(\varepsilon_{i3} - \varepsilon_{i2})$ otokorelasyonsuz olduğu sürece y_{i1}, $(y_{i2} - y_{i1})$ ile yüksek derece korelasyonlu ve $(\varepsilon_{i3} - \varepsilon_{i2})$ ile korelasyonsuzdur.

$t = 4$ için;

$$(y_{i4} - y_{i3}) = \lambda(y_{i3} - y_{i2}) + (u_{i4} - u_{i3})$$

Bu durumda y_{i2}'nin yanı sıra y_{i1}'de geçerli araç olmaktadır. Çünkü hem y_{i2} hem de $y_{i1}, (u_{i4} - u_{i3})$ ile korelasyonlu değildir.

$j \geq 0$ için bütün gecikmeli değişkenler y_{it-2-j}

$E\left(y_{it-2-J}(\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1})\right) = 0$ dışsallık özelliği

$E\left(y_{it-2-J}(y_{it-1} - y_{it-2})\right) \neq 0$ ilişkisiz olma özelliğidir.

Arellano ve Bond (1991) optimal araç değişken matrisi;

[96] Badi H. Baltagi (2005) Econometric Analysis of Panel Data. John Wiley&Sons. 3. Baskı, Newyork: İngiltere, s.137

$$Z_i = \begin{bmatrix} [y_{i1}] & 0 & \dots & 0 \\ 0 & [y_{i1}, y_{i2}] & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & [y_{i1}, \dots, y_{iT-2}] \end{bmatrix} \quad (36)$$

Z_i araç değişken matrisinde her satır araç değişkenlerin zaman periyoduna karşılık gelmektedir. $t = 3$ dönemi için ilk satır 1. fark modeli için geçerli olan araçları içermekteyken son satır $t = T$ dönemi için geçerli araçları içermektedir.

Araç değişken matrisi tanımlandıktan sonra ağırlık matrisi 1. fark ve 2. fark GMM tahminine göre seçilmektedir.

$E(\Delta u_i \Delta u_i') = \sigma_u^2 (I_N \otimes H)$ olmak üzere $\Delta u_i' = (u_{i3} - u_{i2}, \dots, u_{iT} - u_{iT-1})$' dir ve $(T-2) * (T-2)$ boyutlu H matrisi ise aşağıdaki gibidir;

$$H = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 & & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & & 0 & 0 \\ & \vdots & & \ddots & \vdots & \\ 0 & 0 & 0 & & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & -1 & 2 \end{pmatrix} \end{pmatrix} \quad (37)$$

(35) no'lu eşitlikte elde edilen fark denklemi vektör formatındaki Z' ile çarpıldığında aşağıdaki eşitlik elde edilmektedir;

$$Z'\Delta y = Z'(\Delta y_{-1})\lambda + Z'\Delta u \quad (38)$$

Elde edilen bu eşitliğin Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (GEKK) ile çözümü (39) no'lu eşitlikte tanımlanan Arellano ve Bond'un (1991) tek aşamalı tutarlı tahmincisini (δ_1)vermektedir;

$$\hat{\delta_1} = [(\Delta y_{-1})' Z (Z'(I_N \otimes H) Z)^{-1} Z' (\Delta y_{-1}) Z']^{-1} *$$

$$[(\Delta y_{-1})' Z (Z'(I_N \otimes H) Z)^{-1} Z' (\Delta y)] \quad (39)$$

İki aşamalı Arellano Bond tahmin edicisi uygulanırken tek aşamalı tahminden elde edilen $(T-2)*1$ boyutlu e_i hata terimleri vektörü kullanılarak hesaplanan V_N matrisi kullanılmaktadır.

$$V_N = \sum_{i=1}^{N} Z_i' (\Delta e_i)(\Delta e_i)' Z_i \quad (40)$$

Böylece δ_2 iki aşamalı Arellano Bond tahmincisi (41) no'lu eşitlikte verildiği gibi ifade edilebilir;

$$\hat{\delta}_2 = \left[(\Delta y_{-1})' Z \hat{V}_N^{-1} Z' (\Delta y_{-1})\right]^{-1} * \left[(\Delta y_{-1})' Z \hat{V}_N^{-1} Z' (\Delta y)\right] \quad (41)$$

Arellano Bond yaklaşımı modeli sabit etkilerden arındırmak amacıyla kullanılır fakat T'nin kısa olduğu örneklemlerde katsayıların sapmalı olmasına yol açabilmektedir. [97] Ek olarak, birinci fark alma yöntemi dengesiz panellerde mevcut olan eksik gözlemlerden kaynaklı boşluğun daha fazla büyümesine ve her bir panel için daha uzun zamanlı gözlemlere gerek duyulmasına neden olmaktadır.

Arellano ve Bover /Blundell ve Bond Sistem Genelleştirilmiş Momentler Tahmincisi

Arellano Bond GMM yaklaşımının yukarıda belirtilen eksikleri nedeniyle Arellano ve Bover (1995) birinci fark dönüşümü yerine, "ileri ortogonal sapmalar" ya da "ortogonal sapmalar" olarak bilinen ileriye yönelik fark alma işlemini önermişlerdir.

[97]Richard Blundell ve Stephen Bond (1998). Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models. Journal of Econometrics, 87(1), 115-143.

Bu yöntemde birinci fark dönüşümünün aksine önceki döneme göre fark alınmamakta, değişkenin tüm mümkün gelecek değerlerinin ortalamasının farkı alınmaktadır. Böylelikle 1. Fark dönüşümünde ortaya çıkacak veri kaybı en aza indirilmiş olmaktadır.[98]

Sistem GMM yaklaşımında gecikmeli gözlemler dönüşüme dâhil olmadığından bunlar araç değişken olarak kullanılabilmektedir.

y bir değişken olsun her bir değişken için dönüşüm aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$y_{it+1}^{*} = w_{it}\left(y_{it} - \frac{1}{T_{it}}\sum_{s>t} y_{it}\right) \tag{42}$$

w_{it}; ölçek faktörünü göstermektedir.

(43) no'lu denklemde verilen dinamik olmayan panel veri modeli ele alınsın;

$$y_{it} = \beta X_{it}' + \gamma Z_i + u_{it} \tag{43}$$

$\beta(K * 1)$ boyutlu ve $\gamma\ (g * 1)$ boyutlu vektördür. X_{it} hem zamana hem de birimlere göre değişen değişkenlerden oluşmakta iken, Z_i zaman değişmezi değişkenlerden oluşmaktadır.

Bu model vektör formunda aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$y_i = \delta W_i + u_i \tag{44}$$

Birim etkilerinin rassal olduğu varsayıldığında hata terimleri $u_i = \alpha_i I_T + \varepsilon_{it}$'dir.

Burada; $y_i = (y_{i1}, \dots, y_{iT})'$ $u_i = (u_{i1}, \dots, u_{iT})'$ $\delta = (\beta', \gamma')'$ $W_i = [X_i, I_T Z_i']$

[98] Ferda Yerdelen Tatoğlu, *a.g.e*, 136.

$X_i = (X_{i1}, \dots, X_{iT})'$ ve I_T, T boyutlu birim vektördür.

Genel olarak $E(u_i u_i'/w_i)$, $w_i = (X_i', Z_i')'$'ye kısıtsız bağımlıdır. Burada $X_i = (X_{i1}', \dots, X_{iT}')'$'dir.

Arellano ve Bover (1995) eşitlik (44)'deki denklem sistemini tekil olmayan $T * T$ boyutlu H gibi bir matris aracılığıyla dönüştürmekte ve bu matris aşağıdaki gibi tanımlanabilmektedir;

$$H = \begin{bmatrix} G \\ I_T'/T \end{bmatrix} \tag{45}$$

Burada G, $GI_T = 0$ şartını sağlayan $(T-1)$ ranka sahip $(T-1) * T$ boyutlu bir matristir. G, birinci fark operatörü olabileceği gibi grup içi operatörün ilişki $(T-1)$ satırı da olabilir. Buradan dönüştürülmüş hatalar (46)'da verildiği gibi elde edilebilir.

$$u_i^* = Hu_i = \begin{bmatrix} Gu_i \\ \bar{u}_i \end{bmatrix} \tag{46}$$

Bu ilk $(T-1)$ dönüştürülmüş hatalar α_i birim etkilerini içermemekte bu nedenle tüm bağımsız değişkenler $(T-1)$ eşitliği için geçerli araç değişkenler olarak kabul edilmektedir.

α_i birim etkiler ile korelasyonsuz ve w_i'nin bir alt kümesi olan değişken seti m_i olarak tanımlansın. Ek olarak, bu matrisin boyutunun δ ile aynı ya da ondan büyük olduğu varsayılsın. Hausman ve Taylor (1981) çalışmasında $X = [X_1, X_2]$ ve $Z = [Z_1, Z_2]$'dir. X_1; $NT * k_1$ boyutlu ve Z_1; $NT * g_1$ boyutlu dışsal değişkenlerdir. X_2; $NT * k_2$ boyutlu ve Z_2; $NT * g_2$ boyutlu birim etki ile korelasyonlu değişkenlerdir. Bu durumda m_i, X_1 ve Z_1 dışsal değişkenler setini içerecek olup, $[Z_{1i}', X_{1i1}', \dots X_{1iT}']'$ gibi bir matrise dayanmaktadır. [99]

[99] B.H. Baltagi, *a.g.e*, s.143.

Buradan, tam dönüştürülmüş sistem için geçerli araç değişken matrisi;

$$M_i = \begin{bmatrix} w_i' & . & . & . & . & 0 \\ . & . & & & & \\ . & & . & & & \\ . & & & . & & \\ . & & & & w_i' & \\ 0 & & & & & m_i' \end{bmatrix} \tag{47}$$

şeklinde elde edilebilmektedir. Moment koşulu ise $E(M_i' H u_i) = 0$'dır.

$W = (W_1', \dots W_N')'$, $y = (y_1', \dots, y_N')'$, $M = (M_1', \dots M_N')'$, $\bar{H} = I_N * H$ ve $\bar{\Omega} = I_N * \Omega$

(42)'de tanımlanan vektör formatındaki eşitliğin $M'\bar{H}$ ile çarpılmasıyla (48) no'lu eşitlik elde edilebilir;

$$M'\bar{H}y = M'\bar{H}W\delta + M'\bar{H}u \tag{48}$$

Elde edilen bu denklemin genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi ile tahmini Arellano ve Bover (1995) tahmincisini vermektedir. O halde Arellano ve Bover tahmincisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$\hat{\delta} = [W'\bar{H}'M(M'\bar{H}\bar{\Omega}\bar{H}'M)^{-1}M'\bar{H}W]^{-1}W'\bar{H}'M(M'\bar{H}\bar{\Omega}\bar{H}'M)^{-1}W'\bar{H}'y \tag{49}$$

Uygulamada dönüştürülmüş sistemin varyans-kovaryans matrisi ($\hat{\Omega}^* = H\Omega H'$) kullanılmamakta bunun yerine (50) no'lu eşitlikte verilen tutarlı tahminci varyans kovaryans matrisi kullanılmaktadır;

$$\hat{\Omega}^* = \frac{\sum_{i=1}^{N} \hat{u}_i^* (\hat{u}_i^*)'}{N} \tag{50}$$

$\hat{u}_i^*$ tutarlı ilk tahminlere dayalı kalıntılardır. Dolayısıyla sistem GMM yaklaşımında orijinal ve dönüştürülmüş eşitlikler olmak üzere iki sistemli eşitlik kurulmakta ve birlikte bir sistem olarak tahmin edilmektedir.[100]

Blundell ve Bond Sistem GMM Tahmincisi (1998)

Zaman boyutunun birim boyutundan küçük olduğu durumlar için ($T < N$) Blundell ve Bond (1998) etkin tahmincileri elde etmek için ekstra moment koşullarının gerekliliğini vurgulamışlardır.

Bağımsız değişkeni bulunmayan (51) no'lu eşitlikte verilen dinamik panel veri ele alınsın;

$$y_{it} = \lambda y_{it-1} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad i = 1,2,\dots,N \text{ ve } t = 1,2,\dots,T \tag{51}$$

Model için birim etkilerin ortalamasının sıfır $E(\alpha_i) = 0$, hata terimleri ortalaması sıfır $E(\varepsilon_{it}) = 0$ ve birim etki ile hata terimlerinin korelasyonsuz $E(\alpha_i, \varepsilon_{it}) = 0$ olduğu varsayımları yapılmaktadır.

Ayrıca $i = 1,\dots,N \ \forall\, t \neq s$ için hata terimlerinin otokorelasyonsuz olduğu varsayılmaktadır.

y_{i1} başlangıç koşulları için standart varsayım hata terimleri ile ilişkisiz olmasıdır $E(y_{i1}, \varepsilon_{it}) = 0$.

Bu varsayımlar $T \geq 3$ olması durumunda λ'yı tahmin etmek için yeterli moment kısıtlarıdır.[101]

[100] Ferda Yerdelen Tatoğlu, *a.g.e*, 138.
[101] Richard Blundell Ve Stephen Bond(1998). Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models. *Journal of Econometrics*, 87(1). 115-143, s.118.

Tahmincinin elde edilmesi için ilk aşamada araç değişken regresyonu elde edilmektedir. Bu regresyon y_{i1}üzerinde Δy_{i2} çalıştırılarak elde edilmektedir.

Örneğin $t = 2$ için (51) no'lu eşitliğin her iki tarafından y_{i1} çıkarılmakta ve sonuçta Δy_{i2}'nin y_{i1} üzerinde regresyonu elde edilmiş olmaktadır.

$$\Delta y_{i2} = (\lambda - 1)y_{i1} + \alpha_i + \varepsilon_{i2} \tag{52}$$

$E(\alpha_i, y_{i1}) > 0$ olması beklenmekte bu nedenle $(\lambda - 1)$ yukarı doğru sapmalı olmaktadır.

$$plim(\hat{\lambda} - 1) = (\lambda - 1)\frac{c}{c + (\sigma_\alpha^2/\sigma_u^2)} \tag{53}$$

Burada $c = (1 - \lambda)/(1 + \lambda)$'dır. $\lambda \to 1$ ve $(\sigma_\alpha^2 + \sigma_u^2)$'nin artması şartıyla Sistem genelleştirilmiş momentler tahmincisinin etkinliği birinci fark GMM yöntemine göre oldukça artmaktadır. [102]

3.3. Mekânsal Panel Veri Modelleri

Yatay kesit verilerinde olduğu gibi panel veri modellerinde de mekânsal etkiler kontrol edilerek modelde tanımlanabilmektedir. Diğer bir ifade ile mekânsal bağımlılık, gecikmeli bağımlı değişken, gecikmeli bağımsız değişken veya hatalarda yer alacak şekilde modelde yer alabilmektedir.

Bu bağlamda mekânsal panel veri modelleri mekânsal panel regresyon modelleri, mekânsal panel dinamik modeller ve mekânsal panel VAR model olarak üç başlık altında değerlendirilecektir.

3.3.1. Mekânsal Panel Regresyon Modelleri

[102] B.H. Baltagi, *a.g.e.* s. 148.

Panel veri modellerinde mekânsal bağımlılık belli bir dönemde farklı birimler arasındaki korelasyon olarak ifade edilmektedir. Dolayısıyla hatalardaki otokorelasyon aynı zaman dönemine denk gelmektedir.[103]

Panel verilerde kullanılan ağırlık matrisi zamanla değişmeyen $NT * NT$ boyutlu W_{NT} matrisi olarak tanımlanmaktadır. Bu matris $W_{NT} = \mathrm{I_T} \otimes \mathrm{W_N}$ şeklinde elde edilmekte ve $\otimes$ kronecker çarpımını göstermektedir.

$$\mathrm{W_{NT}} = \mathrm{I_T} \otimes \mathrm{W_N} = \begin{bmatrix} \mathrm{W_N} & \cdots & \mathrm{0_N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathrm{0_N} & \ldots & \mathrm{W_N} \end{bmatrix}_{\mathrm{NT}} \tag{54}$$

I_T, $T * T$ boyutlu birim matris, W_N, $N * N$ boyutlu ağırlık matrisi, 0_N, $N * N$ boyutlu sıfır matrisidir.

Birim ve zaman boyutlarının bir arada bulunduğu panel veri modelleri, önceden bahsedildiği gibi havuzlanmış model, sabit etkiler ve rassal etkiler modelleri olarak sınıflandırılmaktadır. Bu bağlamda mekânsal bağımlılığı içeren mekânsal panel veri modelleri kendi içinde sabit etkili mekânsal gecikme modeli, sabit etkili mekânsal hata modeli, sabit etkili mekânsal durbin olmak üzere gruplara ayrılmaktadır. Benzer şekilde rassal etkili paneller de rassal etkili mekânsal gecikme modeli, rassal etkili mekânsal hata modeli ve rassal etkili mekânsal durbin modeli olarak sınıflara ayrılmaktadır.

Havuzlanmış Modelde Mekânsal Etkiler

Havuzlanmış modelde potansiyel mekânsal etkiler aşağıdaki gibi yazılabilir;

[103]Annachiara Saguatti, *a.g.e., s.26.*

$$y_{it} = \mu + \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} y_{jt} + X'_{it}\beta + \theta \sum_{i \neq j} w_{ij} X'_{Jt} + u_{it}$$
$$u_{it} = \lambda \sum_{i \neq j} w_{ij} u_{jt} + \varepsilon_{it} \quad (55)$$

μ ortak sabit parametre ve X_{it}; K boyutlu bağımsız değişken matrisidir. $\sum_{i \neq j} w_{ij} y_{jt}$ mekânsal olarak gecikmeli bağımlı değişkeni simgelemekte ve bu değer i. gözlemin mekânlar arası almış olduğu ortalama değere karşılık gelmektedir. ρ otoregresif parametredir ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişkileri yakalamaktadır. $\sum_{i \neq j} w_{ij} u_{jt}$, mekânsal otokorelasyonun hatalarda yer alması durumunu ifade etmektedir. Mekânsal hata bağımlılık katsayısı λ'dır. Bu durumda i. birimi etkileyen şokların komşu birimi etkileyen şoklarla ilişkili olduğu söylenir. Son olarak θ parametresi mekânsal ağırlıklı bağımsız değişken katsayısıdır ve bağımsız değişkenler arasındaki etkileşimi yakalamaktadır. Hata terimlerinin "0" ortalama ve sabit varyans ile bağımsız ve özdeş dağıldığı varsayılmaktadır. [104]

Havuzlanmış model, her t dönemi için aşağıdaki gibi yazılabilmektedir;

$$y_t = \mu + \rho W_N y_t + X'_t\beta + \theta W_N X_t + u_t$$
$$u_t = \lambda W_N u_t + \varepsilon_t \quad (56)$$

Sabit Etkiler Modelinde Mekânsal Etkiler

Sabit etkiler modelinde mekânsal otokorelasyonu dikkate almak için yine benzer şekilde mekânsal bağımlılık bağımlı değişken, bağımsız değişken veya hatalarda yer alacak şekilde modele ilave edilebilir.

[104] Bouayad Agha Salıma, Le Gallo Julie, Vedrine Lionel, *Spatial Econometrics on Panel Data*, Vincent Loonis (Ed.)Handbook of Spatial Analysis Theory and Application with R, Insee – Eurostat 2018, s.182.

Sabit etkili mekânsal gecikme modeli (57)' deki gibi yazılabilir;

$$y_{it} = \mu + \alpha_i + \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} y_{jt} + X'_{it}\beta + \varepsilon_{it} \tag{57}$$

Sabit etkili mekânsal otoregresif modelinde i. gözlemin t zamanındaki y değeri yalnızca bağımsız değişkenin değeri ile değil aynı zamanda komşu birimin y değeri ile de ilişkilidir. μ ortak sabit parametreyi α_i ise birimlere özgü sabit etkileri göstermektedir. ρ mekânsal gecikme katsayısı -1 ile $+1$ arasında değer almaktadır. $E(\varepsilon_{it}) = 0$ ve $E(\varepsilon_{it}\varepsilon'_{it}) = \sigma^2 I_N$.

Mekânsal bağımlılığı içeren diğer sabit etkili model mekânsal hata modelidir. Sabit etkili mekânsal hata modeli (58) no'lu eşitlikteki gibi ifade edilebilir;

$$\begin{aligned} y_{it} &= \mu + \alpha_i + X'_{it}\beta + u_{it} \\ u_{it} &= \lambda \sum_{i \neq j} w_{ij} u_{jt} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{58}$$

Bu modelde mekânsal etkiler hata terimleri ile yakalanmaktadır. λ Mekânsal hata katsayısı -1 ve $+1$ arasında değer almaktadır. Hata terimleri ortalaması sıfır $E(\varepsilon_{it}) = 0$ ve sabit varyanslıdır $E(\varepsilon_{it}\varepsilon'_{it}) = \sigma^2 I_N$.

Sabit etkili modellerde bir diğer mekânsal bağımlılığı içeren model mekânsal durbin modelidir. Bu modelde hem mekânsal gecikmeli bağımlı değişken hem de mekânsal gecikmeli bağımsız değişken yer almaktadır.

$$y_{it} = \mu + \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} y_{jt} + X'_{it}\beta + \theta \sum_{i \neq j} w_{ij} X'_{Jt} + \varepsilon_{it} \tag{59}$$

ρ; mekânsal gecikme katsayısı, θ ise mekânsal durbin katsayısıdır. Hata terimleri ortalaması sıfır $E(\varepsilon_{it}) = 0$ ve sabit varyanslıdır $E(\varepsilon_{it}\varepsilon'_{it}) = \sigma^2 I_N$.[105]

Rassal Etkili Mekânsal Bağımlı Modeller

Birim etkilerin (α_i) tesadüfi olarak ele alındığı rassal etkiler modelleri; rassal etkili mekânsal gecikme, rassal etkili mekânsal hata ve rassal etkili mekânsal durbin model olarak değerlendirilebilmektedir.

Mekânsal bağımlı değişkenin olduğu rassal etkili mekânsal gecikmeli model (60) no'lu eşitlikteki gibi ifade edilebilir.

$$y_{it} = \mu + \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} y_{jt} + X'_{it}\beta + u_{it}$$
$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it} \qquad (60)$$

Rassal etkili modellerde hata terimlerinde bağımlılık olması durumunda rassal etkili mekânsal hata modelleri Mekânsal Hata Modeli-Rassal Etkili (SEM-RE) ve Rassal Etkili Mekânsal Hata modeli olmak üzere iki farklı şekilde değerlendirilir. Mekânsal Hata Rassal Etkiler modelinde mekânsal etki birim etkileri için değil yalnızca kendine özgü hata terimi için kabul edilir.[106]

$$y_{it} = \mu + X'_{it}\beta + u_{it}$$
$$u_{it} = \alpha_i + \lambda \sum_{i \neq j} w_{ij} u_{jt} + v_{it} \qquad (61)$$

Kapoor vd. (2007) tarafından önerilen rassal etkili Mekânsal Hata modelinde ise mekânsal bağımlılık hem birim etkilere hem de geri kalan hata terimlerinde ifade edilir.

[105] A.g.e., s.183
[106] A.g.e., s. 184.

$$y_{it} = \mu + X'_{it}\beta + u_{it}$$
$$u_{it} = \alpha_i + \lambda \sum_{i \neq j} w_{ij} u_{jt} + v_{it} \quad (62)$$
$$v_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

Mekânsal gecikmeyi de içeren şekilde Rassal etkili Mekânsal Durbin Modeli ise (63)'te verilen eşitlikteki gibi yazılır;

$$y_{it} = \mu + \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} y_{jt} + X'_{it}\beta + \theta \sum_{i \neq j} w_{ij} X'_{jt} + u_{it} \quad (63)$$
$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

3.3.2. Mekânsal Panel Veri Modellerinin Tahmini

Klasik panel veri modellerinin tahmininde temel olarak En Çok Olabilirlik ve Genelleştirilmiş Momentler Yöntemleri kullanılmaktadır.

Havuzlanmış Model En Çok Olabilirlik Tahmincisi

Mekânsal gecikme içeren Havuzlanmış modelde hataların normal dağılım gösterdiği varsayımı altında $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2 I_{NT})$ log-olabilirlik fonksiyonu;

$$L = \ln|I_T \otimes (I_N - \rho W_N)| - \frac{NT}{2}\ln\sigma_\varepsilon^2 - \frac{(y - \rho(I_T \otimes W_N)y - X\beta)'(y - \rho(I_T \otimes W_N)y - X\beta)}{2\sigma_\varepsilon^2} \quad (64)$$

Mekânsal hata içeren havuzlanmış modelde hataların normal dağılım gösterdiği varsayımı altında $\varepsilon_{it} \sim N(0, \Omega)$ log-olabilirlik fonksiyonu;

$$L = -\frac{NT}{2}\ln\sigma_\varepsilon^2 + T\ln|B_N| - \frac{(y - X\beta)'[I_T \otimes (B'_N B_N)](y - X\beta)}{2\sigma_\varepsilon^2} \quad (65)$$

şeklinde yazılabilir. Burada;

$$\Omega_{\mathrm{tN}} = \mathrm{E}(\varepsilon_{\mathrm{t}}\varepsilon_{\mathrm{t}}') = \sigma_{\varepsilon}^{2}(\mathrm{I_N} - \lambda \mathrm{W_N})^{-1}(\mathrm{I_N} - \lambda \mathrm{W_N'})^{-1}$$

$$\mathrm{B_N} = \mathrm{I_N} - \lambda \mathrm{W_N}$$

$$\Omega_{\mathrm{tN}} = \sigma_{\varepsilon}^{2}(\mathrm{B_N'B_N})^{-1}$$

$NT * NT$ boyutlu varyans-kovaryans matrisi $\Omega_{NT} = \sigma_{\varepsilon}^{2}[I_T \otimes (B_N' B_N)^{-1}]$'dir.[107]

Sabit Etkili Mekânsal Panel Modellerin Tahmini

Sabit etkili mekânsal gecikme modeli için maksimum olabilirlik fonksiyonu;[108]

$$\mathrm{lnL} = -\frac{\mathrm{NT}}{2}\ln(2\pi\sigma_{\varepsilon}^{2}) + \mathrm{T}\sum_{i=1}^{N} ln(1-\rho W) - \frac{1}{2\sigma^{2}}\sum_{i=1}^{T}\varepsilon_t'\varepsilon_t \qquad (66)$$

şeklinde tanımlanabilmektedir. Burada;

$\varepsilon_t = (I_N - \rho W_N)(y_t - \bar{y}) - (X_t - \bar{X})\beta\bar{y} = (\bar{y}_1, \ldots., \bar{y}_N)\bar{X} = (\bar{X}_1, \ldots., \bar{X}_N)$'dir.

Olabilirlik fonksiyonundan katsayı tahminleri, yatay kesit veriler için yapılan süreç ile aynı olup fonksiyonu maksimize edebilmek için basit iki aşamalı yöntem kullanılabilmektedir.

Sabit etkili mekânsal hata modeli için maksimum olabilirlik fonksiyonu ise (67) no'lu denklemdeki gibi tanımlanabilir;[109]

$$\mathrm{lnL} = -\frac{\mathrm{NT}}{2}\ln(2\pi\sigma_{\varepsilon}^{2}) + \mathrm{T}\sum_{i=1}^{N} ln(1-\lambda W_i) - \frac{1}{2\sigma^{2}}\sum_{i=1}^{T}\varepsilon_t'\varepsilon_t \qquad (67)$$

[107] Ferda Yerdelen Tatoğlu, *İleri Panel Veri Analizi* (3. Baskı). Beta yayınları, İstanbul: 2018,s.257.
[108] J. Paul Elhorts (2003). Specification and Estimation of Spatial Panel Data Models. International Regional Science Review, 26 (3), 244–268, s.250.
[109]Elhorts, A.g.e, s.254.

Kısa panellerde T sabit $N \to \infty$ olduğu durumda birime özgü sabit etkiler tutarlı bir biçimde tahmin edilememekte yalnızca eğim katsayıları tutarlı olarak tahmin edilebilmektedir. Bunun nedeni α_i'nin tahmin edilebilmesi için gerekli gözlem sayısının T gözlemiyle sınırlı olmasıdır.

Rassal Etkili Mekânsal Panel Modellerin Tahmini

(60)'da verilen rassal etkili mekânsal gecikme modeli ele alındığında $u = (I_T \otimes I_N)\alpha + (I_T \otimes I_N)\varepsilon$'dir.

Modelin log olabilirlik fonksiyonu;

$$\text{LogL} = -\frac{\text{NT}}{2}\log(2\pi\sigma^2) + \frac{N}{2}\log\theta^2 + \text{T}\sum_{i=1}^{N} log(1-\rho W_i) - \frac{1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{T} e_t' e_t \tag{68}$$

şeklinde yazılabilmektedir. Burada;

$$\theta^2 = \frac{\sigma^2}{(T\sigma_\alpha^2 + \sigma^2)}$$

$$e_t = y_t^* - X_t^*\beta$$

$$y_t^* = By_t - (1-\theta)\bar{y} = (I_N - \rho W)y_t - (1-\theta)\bar{y}$$

ve

$$X_t^* = (I_N - \rho W)X_t - (1-\theta)\bar{X}\text{'dir.}$$

θ^2 mekânsal birimler arasında değişime işaret eden ağırlığı ölçmekte eğer bu ağırlık sıfır ise rassal etkili mekânsal gecikmeli modeli, sabit etkili mekânsal gecikme

modeline indirgenmektedir. Bu parametre birinci derece mertebe maksimizasyon koşulları ile elde edilebilmektedir.[110]

(61) no'lu denklemde verilen rassal etkili mekânsal hata modeli ele alındığında ise $u = (I_T \otimes I_N)\alpha + (I_T \otimes B^{-1})\varepsilon$ ve $B = I_N - \lambda W$'dir.

$\theta^2 = \frac{\sigma_\alpha^2}{\sigma^2}$ Olarak ifade edilirse mekânsal hata modelinin log olabilirlik fonksiyonu;[111]

$$\text{LogL} = -\frac{\text{NT}}{2}\log(2\pi 2\sigma^2) - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N} log(1 + T\theta^2(1 - \lambda W_i)^2) + \text{T}\sum_{i=1}^{N} log(1 - \lambda W_i) - \frac{1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{T} e_t' e_t \quad (69)$$

şeklinde yazılabilir. Burada;

$$e_t = y_t^* - X_t^* \beta$$

$$y_t^* = P\bar{y} + B(y_t - \bar{y}) = By_t + (P - B)\bar{y} = (I_N - \lambda W)y_t - (P - (I_N - \lambda W))\bar{y}$$

ve

$$X_t^* = (I_N - \lambda)X_t - (P - (I_N - \lambda W))\bar{X}$$

$P = P'P = (T\theta^2 I_N + (B'B)^{-1})^{-1}$ olarak ifade edilir. σ^2 ve β birinci derece mertebe maksimizasyon koşulları ile elde edilebilir.

[110] Elhorts, *a.g.m.*, s.254.
[111] *A.g.m*, s.252

3.3.3. Uygun Mekânsal Modelin Seçimi

Mekânsal modellerde mekânsal bağımlılığın nereden kaynaklandığını belirlemek için öncelikle LM testleri uygulanmakta, sonrasında ise sabit etkili veya rassal etkili model arasında tercih yapmak için Hausman testi gerçekleştirilmektedir. Bu aşamada gerçekleştirilecek olan Hausman test istatistiği aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

$$h = d'[var(d)]^{-1} \tag{70}$$

Burada $d = \hat{\beta}_{SE} - \hat{\beta}_{RE}$'dir.

$$var(d) = \hat{\sigma}^2_{RE}(X^{\circ\prime}X^{\circ})^{-1} - \hat{\sigma}^2_{FE}(X^{*\prime}X^{*})^{-1} \tag{71}$$

Test istatistiği $h, K+1$ serbestlik derecesi ile χ^2 dağılımına uymaktadır.

Testin hipotezleri;

$$H_0: h = 0\ (Rassal\ etkili\ model\ geçerlidir)$$
$$H_1: h \neq 0\ (Sabit\ etkiler\ modeli\ geçerlidir)$$

şeklinde ifade edilir.

3.3.4. Mekânsal Panel Dinamik Modeller

Dinamik panel veri modelleri hem zamansal hem de mekânsal olarak bağımlılık içeren modellerdir. Zaman dinamikleri, modele bağımlı değişkenin gecikmeli değerinin eklenmesi ile dâhil edilirken, mekânsal dinamikler, SAR veya SARE modelleri çerçevesinde modele dâhil edilebilmektedir.

Genel olarak mekânsal bir dinamik panel model, otoregresif parametre ile (72) no'lu eşitlikteki gibi yazılabilir;

$$y_t = \delta W_N y_{t-1} + X_t\beta + \varepsilon_t \quad (72)$$

δ; mekân-zaman otoregresif parametre, $W_N y_{t-1}$, $t-1$ döneminde $(N * 1)$ boyutlu mekânsal olarak gecikmiş bağımlı değişken vektörünü göstermektedir. Bu modelde, bağımlılık yalnızca bir dönem önceki komşu birimlerle ilgilidir. Bu, mekânsal bağımlılığın kendini göstermesinin bir dönem aldığı anlamına gelmektedir.

Model, açıklayıcı değişkenlerin zamanını veya mekânsal gecikmesini içerecek şekilde genişletilebilir. Diğer taraftan mekân-zaman gecikmesi, tanımlama problemlerine neden olabileceğinden modele dâhil edilmemelidir.

Zaman-Mekân Recursive Model;

$$y_t = \lambda y_{t-1} + \delta W_N y_{t-1} + X_t\beta + \varepsilon_t \quad (73)$$

λ; otoregresif parametredir. Bu modelde aynı zamanda mekânsal gecikmeli açıklayıcı değişken yer alabilir, fakat belirleme problemine neden olabileceğinden zaman ya da mekân-zaman gecikmeli bağımsız değişken yer almamalıdır.

Zaman- Mekân Simultenous Model:

$$y_t = \lambda y_{t-1} + \rho_1 W_N y_t + X_t\beta + \varepsilon_t \quad (74)$$

ρ_1; mekânsal otoregresif parametredir. $W_N y_t$, komşu birimlerin ağırlıklandırılmış ortalama etkisini temsil etmektedir.

Zaman-mekân dinamik modeller bağımlı değişkene ilişkin üç gecikmeyi de içerek biçimde (75) no'lu eşitlikteki gibi yazılabilir;

$$y_t = \lambda y_{t-1} + \rho_1 W_N y_t + \delta W_N y_{t-1} + X_t\beta + \varepsilon_t \quad (75)$$

Bunun yanında mekân-zaman bağımlılığı "Hata Bileşeni yaklaşımı" olarak adlandırılan hata terimlerinde içerilebilir.[112]

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= c + v_t \\ v_t &= \rho_2 W_N v_t + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t &= \Phi \varepsilon_{t-1} + u_t \end{aligned} \tag{76}$$

Mekânsal bağımlılığın olmadığı durumda dinamik panel modeli tahmin etmek için farklı temel tahmin ediciler kullanılabilmektedir. İlk tahmin edici Hsiao vd.(2002) tarafından geliştirilen, koşulsuz bir olasılık fonksiyonu tahmin eden GMM Tahmincisi, ikincisi En Küçük Kareler Dummy Değişken (LSDV) tahmincisi (Bun ve Carree, 2005) ve diğerleri ise Arellano ve Bond (1991) fark GMM ve Arellano ve Bover (1995) sistem GMM yaklaşımlarıdır.[113]

3.3.5. Mekânsal Panel Dinamik Modellerin Tahmini

Dinamik panel veri modellerinin tahmininde kullanılan Arellano Bond (1991) birinci fark metodu ile Arellano ve Bover (1995) tarafından önerilen sistem GMM yaklaşımları mekân-zaman dinamiklerini içeren dinamik mekânsal panel veri modellerinin tahmini için geliştirilebilmektedir.

(77) no'lu denklemde verilen mekân-zaman dinamik model ele alınsın;

$$\begin{gathered} y_{it} = \lambda y_{it-1} + \rho_1 \sum_{i=1}^{N} W_{ij} y_{jt} + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \\ t = 1, \ldots . T \end{gathered} \tag{77}$$

[112]Luc Anselin, *a.g.e.* s.150

[113] José-Antonio Monteiro,*Essays on Investments and Envıronment: A Spatial Econometrics Perspektive* (PhD Thesis Submitted to the Faculty of Economics at the University of Neuchatel), 2010, s.11.

Yatay kesit t dönemi için farkı alınmış indirgenmiş form eşitliğinde mekânsal panel dinamik modeli;

$$\Delta y_t = \lambda \Delta y_{t-1} + \rho_1 \sum_{i=1}^{N} W_N \Delta y_t + \beta \Delta X_t + \Delta \varepsilon_t \tag{78}$$

şeklinde yazılabilir.

$\mathrm{y_t} = (y_{1t}, \dots, y_{Nt})'$; $N * 1$ vektör ve $\mathrm{X_t} = (X_{1t}, \dots, X_{Nt})'$; $N * K$ boyutlu bağımsız değişkenler matrisidir. ε_t ortalaması sıfır olan $N * 1$ boyutlu hata terimleri vektörüdür. $E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = \sigma_\varepsilon^2 (B_N' B_N)^{-1}$'dir. $\sigma_\varepsilon^2 = \sigma_\alpha^2 + \sigma_v^2$ ve $B_N = (I_N - \rho_2 W_N)$ şeklinde ifade edilebilir.

B_N tekil olmayan matrisi W_N matrisinin satır ve sütun toplamları mutlak değere eşit olarak sınırlandırılmıştır.

Arellano ve Bond (1991) yöntemini kullanarak aşağıdaki moment koşullarına dayalı GMM tahmincisi elde edilebilir;

$$E(y_{il} \Delta v_{it}) = 0 \qquad \forall i, l = 1,2, \dots, T-2 \quad t = 3,4, \dots, T$$

$$E\left(X_{k,im} \Delta v_{it}\right) = 0 \quad \forall i, k \;\; m = 1,2, \dots, T \quad t = 3,4, \dots, T$$

Açıklayıcı değişken $\mathrm{X_{k,im}}$'nin katı dışsal olduğu varsayılmaktadır. Diğer taraftan mekânsal bağımlı ve açıklayıcı değişkenler araç değişken olarak kullanılabilmektedir. [114]

Bunun için aşağıdaki moment koşullarının sağlanması gerekmektedir;

[114] Badi H. Baltagi, Bernard Fingleton ve Alain Pirotte, (2014).Estimating and Forecasting with a Dynamic Spatial Panel Data Model. Oxford Bulletın of Economics And Statistics, 76(1). S.115, 112-137.

$$\mathrm{E}\left(\sum_{i\neq j} W_{ij}\, y_{jl}\Delta \mathrm{v}_{\mathrm{it}}\right) = 0 \qquad l = 1,2,\dots,T-2 \qquad t = 3,4\dots,T$$

$$\mathrm{E}\left(\sum_{i\neq j} W_{ij}\, X_{kjm}\Delta \mathrm{v}_{\mathrm{it}}\right) = 0 \quad \forall i,k \quad m = 1,2,\dots,T \quad t = 3,4\dots,T$$

3.3.6. Mekânsal Panel VAR Modeli

Geleneksel panel VAR yaklaşımının aksine Mekânsal Vektör Otoregresif Modeli, verideki mekânsal yatay kesit bağımlılığını dikkate alarak açıklamaya izin vermektedir. Bu mekânsal etkinin göz önünde bulundurulması meydana gelebilecek potansiyel sapmaların azalmasını sağlayabilmektedir.[115]

Mekânsal Panel Vektör Otoregresif Model (SpVAR), durağan değişken vektörleri arasında zamansal gecikmenin yanı sıra mekânsal gecikmeleri de içermekte ve bu haliyle VAR modelinin genişletilmiş hali olarak ifade edilebilmektedir. Belirli bir ülkede meydana gelen ekonomik bir şok yalnızca o ülkedeki ekonomik koşulları etkilememekte aynı zamanda komşu ülkelerdeki ekonomik koşulları da etkilemektedir. Bu nedenle bu modeller komşu ülkelerdeki ekonomik olayların potansiyel etkilerini de dikkate almaktadır. [116]

Genel formda bir gecikmeli Mekânsal Panel VAR modeli (79) no'lu eşitlikte verildiği gibi yazılabilir;

$$y_{mit} = \alpha_{mi} + \sum_{j\neq m}^{M} \gamma_{mj} y_{jit} + \sum_{j=1}^{M} \left(\lambda_{mj} y_{jit-1} + \rho_{mj}\tilde{y}_{jit} + \delta_{mj}\tilde{y}_{jit-1}\right) + \varepsilon_{mit} \qquad (79)$$

Burada, $i = 1,\dots,N$ mekânsal birimleri, $t = 1,\dots,T$ zaman periyodunu, y_m; $m = 1,\dots,M$ içsel değişkeni, X_k; $k = 1,\dots,K$ dışsal değişkenleri simgelemektedir.

[115] Jose Antonio, a.g.e., s.51.
[116] A.g.e., s.56.

α_{mi}; birimlere özgü sabit etkileri, γ_{mj}; içsel değişkenler arasındaki eşzamanlı nedensel ilişkileri, λ; gecikmeli bağımlı değişken katsayısı, ρ; mekânsal gecikme katsayısı ve δ mekân-zaman gecikmeli değişken katsayısıdır. ε_{mit} ise bağımsız özdeş dağılan korelasyonsuz hata terimleridir.

$p = 1,2, \dots, P$ zamansal gecikmeyi, tilda (~) ise mekânsal gecikmeyi ifade etmekte $\tilde{y}_{mt}$ mekânsal gecikmeli bağımlı değişkeni göstermektedir. Birinci derece mekânsal gecikme ($\tilde{y}_{mt} = Wy_{mt}$) şeklinde gösterilirken 2. derece mekânsal gecikme $\tilde{\tilde{y}}_{mt} = W^2 y_{mt}$ şeklinde ifade edilmektedir. W, $N * N$ boyutlu ağırlık matrisidir. L ise zamansal gecikme operatörüdür ($y_{t-j} = L^j y_t$).

Hataların hem mekânsal hem de zamansal olarak otokorelasyonsuz olduğu varsayılmakta, sabit varyans varsayımı geçerli olmaktadır. $\rho = \delta = 0$ olduğu zaman bu eşitlik Yapısal VAR modeli haline gelmekte, $\lambda = \delta = 0$ olduğu zaman mekânsal panel modele dönüşmekte ve hem mekânsal hem de zamansal dinamikler mevcut ise bu eşitlik Yapısal Mekânsal Panel VAR modeli haline dönüşmektedir.[117]

Bu denklemde yer alan $K * K$ boyutlu $\gamma, \lambda, \rho, \delta$ katsayı matrislerini sırası ile $A, B\ \Theta, \Lambda$ simgeleri ile göstererek bu eşitlik matris formunda aşağıdaki gibi yazılabilmektedir;

$$y_t = \alpha + A^* y_t + B^* y_{t-1} + \Theta^* \tilde{y}_t + \Lambda^* \tilde{y}_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (80)$$

y, N sayıda gözlemden oluşan NK x $* 1$ boyutlu bir vektör, α bölgeye özgü etkinin $NK * 1$ boyutlu vektörü $A^* = I_N \otimes A$, $B^* = I_N \otimes B$, $\Theta^* = I_N \otimes \Theta$, ve $\Lambda^* = I_N \otimes \Lambda$ $NK * NK$ boyutlu diagonal matrislerdir. ε_t zamansal olarak otokorelasyonlu değildir bu yüzden y_t ve $\tilde{y}_{t-1}$ zayıf dışsaldır fakat y_t ve $\tilde{y}_t$, ε_t'den bağımsız değildir.

[117] A.g.m., s.173.

Mekânsal Panel VAR modelinin y_t için çözümü, indirgenmiş formda aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$y_t = \prod_0 + \prod_1 y_{t-1} + \prod_2 \tilde{y}_t + \prod_3 \tilde{y}_{t-1} + v_t$$

$$\text{M}=(I_{NK} - A^*)^{-1} \qquad (81)$$

$$\prod_0 = M\alpha \qquad \prod_1 = MB^* \qquad \prod_2 = M\Theta^* \qquad \prod_3 = M\Lambda^* \qquad v = M\varepsilon$$

Burada A matrisinde toplam $K\ (K-1)$ adet bilinmeyen katsayısı, $B, \Theta\ ve\ \Lambda$ matrislerinde K^2 adet bilinmeyen katsayı ve ε hata terimlerinin varyans kovaryans matrisi, Σ_ε NK tane bilinmeyen katsayı içermektedir. Sonuç olarak (80) no'lu denklemde $K(4K-1)+K= 4K^2$ tane tahmin edilmesi gereken yapısal parametre mevcuttur. (81) no'lu indirgenmiş modelde ise hala $3K^2$ tane tahmin edilmesi gereken parametre kalmaktadır. Sistemin tam olarak belirlenebilmesi için hala $\frac{1}{2}K\ (K-1)$ tane kısıta ihtiyaç vardır.

Bu nedenle Mekânsal Panel VAR modeli katsayılarının eksik belirlenmiş olduğu söylenebilmektedir. Yine de bu eşitlikten bazı bilgiler elde etmek mümkündür. $\prod_2$ istatistiksel olarak anlamlı ise bu durum mekânsal dinamiklerin varlığını göstermekte, $\prod_1$ istatistiksel olarak anlamlı ise o zaman bu zamansal dinamiklerin varlığını göstermekte, $\prod_3$'ün anlamlı olması ise hem mekânsal hem de zamansal dinamiklerin varlığını göstermektedir.[118]

Beenstock and Felsenstein (2007) belirleme probleminin ortaya çıkmasının $\prod_1$'in tahminlerinin sapmalı olmasına neden olduğunu belirtmektedirler.

$O(T^{-1})$ sapma ile T sonlu olduğunda B katsayılarının kukla değişkenli En küçük kareler tahmincileri aşağıya doğru sapmalı olmaktadır. Özellikle,

[118] Michael Beenstock ve Daniel Felsenstein, *a.g.m.*,s.174.

p bilinmediğinde daha fazla sorun ortaya çıkmaktadır. Örneğin, Hsiao (2003) $p = 1$ olduğu durum için asimptotik sapmayı eşitlik (82)'deki gibi göstermiştir;

$$b = -\frac{\frac{1+\lambda}{T-1}\left(1-\frac{1-\lambda^T}{T(1-\lambda)}\right)}{\left(1-\frac{2\lambda}{(1-\lambda)(T-1)}\left(1-\frac{1-\lambda^T}{T(1-\lambda)}\right)\right)} \tag{82}$$

Burada $plim(\hat{\lambda}) = \lambda + b$. Büyük T değerleri için sapma 0'a yakınsamaktadır. Fakat panel seti kısa (yani T küçükse) olduğu durumda bu sapma ihmal edilememektedir.

Parametrelerin belirlenme problemini çözmek için en bilindik yöntem (Arellano ve Bond (1991), Blundell ve Bond (1998) tarafından önerilen GMM yoluyla araç değişkenler tahminine dayanan yöntemdir. Kiviet (1995) ve Hahn ve Kuersteiner (2002), En Çok Olabilirlik ve GMM'ye alternatif olarak sapma düzeltmesini (bias correction) önermişlerdir. En Çok Olabilirlik ve GMM yöntemleri araç değişkenlerin belirlenmesini gerektirdiğinden, sapma düzeltme GMM ve En Çok Olabilirlik yöntemlerine göre daha basit bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır.[119]

Mekânsal Panel VAR modelinin daha iyi kavranması amacıyla bazı kısıtlamalar altında model basit formda aşağıda açıklanmaktadır.

Basit Formda Mekânsal Panel VAR Modeli

Dışsal değişkeni bulunmayan ($K = 0$) ve sadece iki birim ($N = 2$) içeren model ele alınsın. Modelde yalnızca bağımlı değişkenin bir dönem mekânsal ($m = 1$) ve zamansal ($p = 1$) gecikmesi dikkate alınsın.

[119] A.g.m., s.174.

Mekânsal Panel VAR denklem sistemi (83)-(84)'de verildiği gibi yazılmaktadır;

$$y_{1t} = \gamma \tilde{y}_{2t} + \lambda y_{1t-1} + \delta \tilde{y}_{2t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (83)$$

$$y_{2t} = \gamma \tilde{y}_{1t} + \lambda y_{2t-1} + \delta \tilde{y}_{1t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (84)$$

Burada, iki mekânsal birim arasındaki mekânsal etkileşim γ ile, gecikmeli mekânsal bağımlılık ise δ ile ifade edilmektedir. Zamansal gecikme katsayısı ise λ ile gösterilmektedir. Ek olarak, iki birim olması ve bu iki birimin komşu olduğu varsayıldığında, mekânsal ağırlık matrisinin katsayıları $w_{12} = w_{21} = 1$ şeklinde tanımlanır. Bu durumda, mekânsal gecikmeler, $\tilde{y}_{it} = W y_{it} = y_{it},\ i = 1{,}2$ olarak hesaplanır.

Eşzamanlı ve dinamik yapıda olan (83)-(84) no'lu bu denklemler mekânsal gecikmeler yerine konularak, matris formunda gösterilir ise (85)'de verildiği gibi yazılabilir;

$$\begin{bmatrix} 1-\lambda L & -(\gamma+\delta L) \\ -(\gamma+\delta L) & 1-\lambda L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix} \quad (85)$$

Katsayı matrisinin determinantı; $1-\gamma^2-2(\lambda+\delta\lambda)L+(\lambda^2-\delta^2)L^2$'dir. Bu ifadeden karakteristik eşitlik aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$(1-\gamma^2)\omega^2 + 2(\lambda+\delta\gamma)\omega + \lambda^2 - \delta^2 = 0 \quad (86)$$

Buradan özdeğerler (kökler) ω_1 ve ω_2 (87)-(88) no'lu eşitliklerde verildiği gibidir;

$$\omega_1 = \frac{(\lambda+\delta\gamma)+(\delta+\gamma\lambda)}{1-\gamma^2} \quad (87)$$

$$\omega_2 = \frac{(\lambda + \delta\gamma) - (\delta + \gamma\lambda)}{1 - \gamma^2} \tag{88}$$

Durağanlık varsayımının sağlanması için köklerin mutlak değer olarak 1'den küçük olması gerekmektedir. Durağanlığın sağlandığı varsayımı altında y_{1t} için genel çözüm (89)'da verildiği gibidir;

$$y_{1t} = \frac{\varepsilon_{1t} - \lambda\varepsilon_{1t-1} + \gamma\varepsilon_{2t} + \delta\varepsilon_{2t-1}}{(1 - \omega_1 L)(1 - \omega_2 L)} + A_1\omega_1^t + A_2\omega_2^t \tag{89}$$

A_1 ve A_2 başlangıç koşullarına göre belirlenen keyfi sabitlerdir. Karakteristik kökler birim çember içeresinde yer aldığından, A_1 ve A_2 zamanla sıfıra yaklaşma eğilimindedir. Kısmi fraksiyonlarla gecikme polinomlarının ters çevrilmesi y_{1t} ile cari ve gecikmeli hatalar arasındaki Wold temsilini vermektedir.

$$y_{1t} = \frac{1}{\omega_1 - \omega_2}\sum_{p=1}^{\infty}\left[\left(\omega_1^{1+p} - \omega_2^{1+p}\right)\left(\varepsilon_{1t-p} - \lambda\varepsilon_{1t-p-1} + \gamma\varepsilon_{2t-p} + \delta\varepsilon_{2t-p-1}\right)\right] + C_1\omega_1^t + C_2\omega_2^t \tag{90}$$

(90) no'lu denklemde C_1 ve C_2 başlangıç koşullarına göre belirlenen sabitlerdir. Bu eşitliğe göre ikinci bölgedeki cari ve gecikmeli hataların etkisi birinci bölgeye yansımaktadır.

Söz konusu modelde y_{1t} için hatalardan kaynaklı etki tepki fonksiyonları üç farklı şekilde ayrıştırılmaktadır. y_1'in cari değeri üzerinde kendi hatalarından kaynaklı etkilere tepkisi 1'i aşmaktadır. $\gamma > 0.618$ olması durumunda y_1'in ε_2'ye bağlı çapraz tepkisi yine benzer şekilde 1'i aşmaktadır. Uzun dönemli etkiler, hatalardaki kalıcı artışları göstermektedir. Bu etkiler doğrudan λ, δ ve γ parametreleri ile değişmektedir. [120]

[120] Michael Beenstock ve Daniel Felsenstein (2019). The Econometric Analysis of Non-Stationary Spatial Panel Data. Switzerland;Springer

y_1 Modeli için Etki- Tepkiler Tablo 12'deki gibi özetlenebilir;

Tablo 12: y_1 Modeli İçin Etki-Tepkiler

	$\boldsymbol{\varepsilon_1}$	$\boldsymbol{\varepsilon_2}$
Anlık etki	$\frac{1}{1-\gamma^2} > 1$	$\frac{\gamma}{1-\gamma^2}$
Uzun dönem	$\frac{1-\lambda}{(1-\lambda)^2-(\delta+\gamma)^2}$	$\frac{\delta+\gamma}{(1-\lambda)^2-(\delta+\gamma)^2}$
Orta vade	$\frac{(\omega_1-\lambda)\omega_1^p-(\omega_2-\delta)\omega_2^p}{\omega_1-\omega_2}$	$\frac{(\delta+\gamma\omega_1)\omega_1^p-(\delta+\gamma\omega_2)\omega_2^p}{\omega_1-\omega_2}$

Tek Değişkenli Mekânsal Panel VAR Modeli

Yalnızca bir $(K = 1)$ dışsal değişkeni bulunan, zamansal gecikmesi $(p = 1)$ ve birim sayısı 2'den fazla $(N > 2)$ olan mekânsal panel VAR modeli değerlendirilsin. Bu model (91) no'lu eşitlikte verildiği gibi yazılabilir;[121]

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i X_{it} + \rho_i \tilde{y}_{it} + \lambda_i y_{it-1} + \delta \tilde{y}_{it-1} + \varepsilon_{it} \qquad (91)$$

Tanımlanan eşitlikte α_i; bölgelere özgü sabit etkiler parametresi, β; X_{it}'in y_{it} üzerindeki anlık etkisi, ρ mekânsal gecikme katsayısı, λ zamansal gecikme katsayısı veya AR parametresi, δ; zaman-mekân gecikme katsayısıdır. $\tilde{y}_{it}$; mekânsal gecikmeli bağımlı değişkeni göstermektedir $(\tilde{y}_{it} = W y_{it})$. ε_{it}; bağımsız özdeş dağılan ve korelasyonsuz hata terimlerini simgelemektedir.

Bu eşitlik vektör formatında (92) no'lu eşitlikte verildiği gibi yazılabilir;

$$y_t = \alpha + AX_t + \Theta W y_t + B y_{t-1} + \Lambda W y_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (92)$$

y ve X N-vektör, A, Θ, B, Λ yapısal parametrelerin dioganal matrisidir. y_t için çözüm;

[121] A.g.e, s.134.

$$y_t = Z[\alpha + AX_t + (\Lambda W + B)y_{t-1} + \varepsilon_t] \quad (93)$$
$$Z = (I_N - \Theta W)^{-1}$$

Denklemde hatalar Z'ye bağlıdır. Model parametrelerinin tahmin edilmesinde En çok olabilirlik ya da GMM yöntemleri kullanılabilir. Modelde etki tepkiler aşağıdaki gibi elde edilebilir;

$$[I_N - CL]y_t = Z[\alpha + AX_t + \varepsilon_t]$$
$$C = Z(\Lambda W + B) \quad (94)$$

L: mekânsal gecikme operatörüdür. Böylece y_t;

$$y_t = (I_N - C)^{-1}Z\alpha + ZAX_t + Z\varepsilon_{t-1} + \sum_{\tau=1}^{\infty} C^{\tau}Z(AX_{t-\tau} + \varepsilon_{t-\tau}) \quad (95)$$

Cari mekânsal etki-tepki;

$$\frac{d_{yt}}{d_{xt}} = ZA \quad \text{buradan} \quad \frac{d_{yit}}{d_{xit}} = \beta_i a_{ij} \quad (96)$$

Mekân-zaman etki-tepki;

$$\frac{d_{yt}}{d_{xt-\tau}} = C^{\tau}ZA \quad \text{buradan} \quad \frac{d_{yit}}{d_{xJt-\tau}} = \beta_i f_{\tau ij} \quad (97)$$

$f_{\tau ij}$, $C^{\tau}Z$'nin bir elementidir ve C'nin elementleri durağanlığa bağlı fraksiyonlar olduğundan, $f_{\tau ij}$, τ ile ters orantılı olarak değişir. Mekânsal-dürtü yanıtları zaman içinde sıfıra eğilimlidir.

3.3.7. Granger Nedensellik Analizi

Sistemde yer alan her bir değişkenin diğer tüm mekânsal ve mekânsal olmayan değişkenler tarafından belirlenip belirlenmediği Granger nedensellik analizi ile test

edilebilmektedir. $j.$ içsel değişken, y_{mjt}, $l.$ içsel değişkenin, y_{mlt} Granger nedeni ise bu y_{mjt} değişkenin geçmiş değerleri, y_{mlt} değişkenini tahmin etmek için kullanışlı bilgiler sağlamaktadır.[122]

Standart panel VAR modelinin bir eksikliği zaman ve mekânsal nedensellik arasındaki farkı ayırt edememesidir.

Mekânsal nedensellik y_{mlt} veya y_{mjt} değişkeninin mevcut mekânsal dağılımının anlaşılmasını sağlamak amacıyla, y_{mjt} değişkeninin bir dönem önceki mekânsal dağılımı ile öngörüde bulunmayı ifade etmektedir. Mekânsal panel Granger nedensellik testi, olasılık oran testi ile uygulanmakta ve sıfır hipotezi mekânsal bir nedensellik olmadığını ifade etmektedir.[123]

Sıfır hipotezi altında bu test istatistiği k serbestlik derecesi ile $Ki - Kare$ dağılımına uymaktadır.

3.3.8. Etki-Tepki Analizi

VAR modelleri yalnızca değişkenler üzerinde zamana bağlı dışsal şokların dinamik etkilerini analiz ederken, Mekânsal Panel VAR modelleri mekânsal-zamansal dışsal şokların dinamik etkilerini analiz etmek için kullanılabilmektedir.[124]

Etki-tepki fonksiyonlarında sıralamada daha önce gelen değişkenler eş zamanlı olarak ve aşağıdaki değişkenleri geciktirmesinde etkili olurken, daha sonra gelen değişkenler yalnızca önceki değişkenleri gecikmeli olarak etkilemektedir. Diğer bir

---

[122] Jose-Antonio Monteiro, *a.g.e.*,s.73.
[123]Jesus Mur ve Jean H.P. Paelinck, "Some Issues on the Concept of Causality in Spatial Econometrics Models" *Trabajo Presentado En La III World Conference of Spatial Econometrics*, Barcelona, İspanya. 2018, s. 9-11.
[124] Olivia Xie, Wei, O. X. (2015). Spatial Panel VAR and Application to Forecast Inuenza Incidence Rates of US States.*Job Market Paper,* 2015, s.9.

ifade ile sistemlerde daha önce görülen değişkenler daha dışsal iken, daha sonra ortaya çıkan değişkenler daha içsel niteliktedir.[125]

[125] Cosimo Magazzino,"A Panel VAR Approach of the Relationship Among Economic Growth, CO2 Emissions, and Energy Use in the ASEAN-6 Countries*". International Journal of Energy Economics and Policy*, 2014, 546-553, s.548.

IV. BÖLÜM
MEKÂNSAL PANEL MODELLER İLE ELEKTRİK ENERJİSİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİNİN ANALİZİ

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle kullanılan veri seti tanıtılacak olup, daha sonra farklı yöntemlerle elde edilen analiz sonuçlarına yer verilecektir.

4.1. Veri Seti ve Tanımlayıcı İstatistikler

Mekânsal Panel Modeller ve Panel VAR modeli kullanılarak, Türkiye'de sanayi elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki 2007-2017 dönemi için test edilmiştir. Bu amaçla Düzey 2 bölgeleri temel alınarak farklı mekânsal panel modeller ile değişkenler arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Bu kapsamda kullanılan veriler TÜİK bölgesel istatistikler veri tabanından elde edilmiştir. Düzey 2 bölgeleri ve kodları Tablo 13'te verilmiş iken değişkenlere ilişkin tanımlar ve elde edildiği kaynaklar Tablo 14'te sunulmuştur.

Tablo 13: Bölgeler ve Kodları

Kodu	Bölge	Kodu	Bölge
1	Kastamonu Alt Bölgesi	14	Zonguldak Alt Bölgesi
2	Samsun Alt Bölgesi	15	Manisa Alt Bölgesi
3	Trabzon Alt Bölgesi	16	Bursa Alt Bölgesi
4	Erzurum Alt Bölgesi	17	Balıkesir Alt Bölgesi
5	Ağrı Alt Bölgesi	18	Tekirdağ Alt Bölgesi
6	Malatya Alt Bölgesi	19	Antalya Alt Bölgesi
7	Van Alt Bölgesi	20	Adana Alt Bölgesi
8	Hatay Alt Bölgesi	21	İzmir Alt Bölgesi
9	Kırıkkale Alt Bölgesi	22	Kocaeli Alt Bölgesi
10	Gaziantep Alt Bölgesi	23	Ankara Alt Bölgesi
11	Şanlıurfa Alt Bölgesi	24	Konya Alt Bölgesi
12	Mardin Alt Bölgesi	25	İstanbul Alt Bölgesi
13	Kayseri Alt Bölgesi	26	Aydın Alt Bölgesi

Tablo 14: Değişkenlere İlişkin Tanımlar

Değişken	**Tanımı**	**Kaynak**
KBSET	Kişi Başına Sanayi Elektrik Tüketimi (KWh)	TÜİK
KBGSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (Kişi başına GSYH-TL)	TÜİK
IST	İstihdam (15 ve üzeri /bin kişi)	TÜİK
NUFUS	Nüfus (Nüfus artış oranı)	TÜİK
KENT	Kent nüfusunun Toplam nüfusa oranı	TÜİK
FIYAT	TÜFE değişim oranı (2003=100)	TÜİK
DACIK	İhracat ve İthalat toplamı/Reel GSYH	TÜİK

Temel olarak ekonomik büyüme ve sanayi elektrik tüketimi arasındaki ilişkinin araştırıldığı bu çalışmada, Elektrik tüketiminin göstergesi olarak Kişi Başı Sanayi Elektrik Tüketimi (kullanım yerlerine göre toplam sanayi elektrik tüketimi-KWh), Nüfus (Adrese dayalı nüfus Kayıt sistemine göre il ve ilçe merkezleri ile belde ve köyler nüfusu ve nüfus artış hızı: Toplam nüfus) değişim oranı alınarak, İstihdam (15 yaş ve üzeri-bin kişi), Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla (2009 bazlı kişi başına GSYH-TL) ve Fiyat (TÜFE değişim oranı) değişkenleri kullanılmıştır. Dışa Açıklık değişkeni İthalat ve İhracat toplamının reel GSYH 'a bölünmesi ile hesaplanmıştır.

İthalat (Milyon TL) ve İhracat (Milyon TL) değerleri TÜİK'ten elde edilirken, Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla değişkeninin reelleştirilmesinde kullanılan TÜFE (2009=100) değişkeni TCMB Veri Dağıtım Sisteminden elde edilmiştir.

Nüfus değişkeni dışında tüm değişkenlerin doğal logaritması alınmış olup, kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 15 - Tablo 21'de sunulmuştur.

Tablo 15: Kişi Başına Sanayi Elektrik Tüketimi Değişkenine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

KBSET						
Alt Bölge	**Min.**	**Maks.**	**Ortalama**	**S.Sapma**	**Çarpıklık**	**Basıklık**
Kastamonu	6,068	6,989	6,566	0,267	-0,259	-0,967
Samsun	6,144	6,787	6,440	0,215	0,046	-1,460
Trabzon	5,771	6,159	5,977	0,141	-0,158	-1,557
Erzurum	7,371	8,119	7,836	0,243	-0,601	-1,155
Ağrı	6,312	6,884	6,537	0,180	0,621	-1,050
Malatya	6,714	7,151	6,896	0,141	0,594	-0,770
Van	7,774	8,140	7,936	0,123	0,060	-1,516
Hatay	6,663	7,457	7,080	0,257	-0,180	-1,438
Kırıkkale	7,513	7,914	7,694	0,113	0,335	-0,868
Gaziantep	7,388	7,946	7,737	0,181	-0,755	-0,977
Şanlıurfa	8,140	8,589	8,335	0,162	0,502	-1,477
Mardin	6,271	6,603	6,499	0,091	-1,289	0,791
Kayseri	6,512	7,096	6,829	0,189	-0,300	-1,367
Zonguldak	7,524	7,843	7,761	0,097	-1,314	0,576
Manisa	8,034	8,290	8,187	0,096	-0,445	-1,494
Bursa	6,001	6,506	6,262	0,144	-0,131	-0,985
Balıkesir	6,731	7,263	7,036	0,150	-0,196	-0,504
Tekirdağ	6,33	6,542	6,442	0,077	-0,021	-1,640
Antalya	6,433	7,034	6,721	0,145	0,178	0,462
Adana	4,956	5,908	5,617	0,330	-0,799	-0,947
İzmir	4,234	4,691	4,416	0,172	0,633	-1,426
Kocaeli	5,922	6,795	6,437	0,282	-0,497	-1,291
Ankara	3,401	4,927	4,569	0,503	-1,281	0,098
Konya	7,101	7,665	7,323	0,208	0,464	-1,483
İstanbul	5,094	5,659	5,347	0,195	0,377	-1,450
Aydın	5,425	5,838	5,640	0,139	-0,329	-1,490

Tablo 15'te verilen özet istatistik değerleri çerçevesinde KBSET değişkeni açısından en yüksek ortalamaya sahip bölge Şanlıurfa Alt Bölgesi iken en düşük ortalamaya sahip olan bölgenin İzmir Alt Bölgesi olduğu söylenebilmektedir. KBSET'nin en oynak olduğu bölgenin Ankara Alt Bölgesi (0,503) olduğu söylenebilirken en istikrarlı olan bölgenin Tekirdağ Alt Bölgesi (0,077) olduğu söylenebilmektedir. Bu durum Tekirdağ alt bölgesinde sanayi elektrik tüketiminin on dönemde çok küçük oynamalarla aynı seviyede tüketildiğini, dolayısıyla bölgede üretim amaçlı elektrik tüketiminin sürekli devam ettiğini göstermektedir.

Tablo 16: Kişi başı Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla Değişkenine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

KBGSYH						
Alt Bölge	**Min.**	**Maks.**	**Ortalama**	**S.Sapma**	**Çarpıklık**	**Basıklık**
Kastamonu	9,080	10,193	9,627	0,375	-0,009	-1,581
Samsun	8,968	10,140	9,549	0,390	0,021	-1,575
Trabzon	9,052	10,184	9,595	0,391	0,060	-1,639
Erzurum	8,884	10,107	9,462	0,405	0,05	-1,523
Ağrı	8,982	10,211	9,573	0,411	0,014	-1,553
Malatya	9,136	10,298	9,687	0,397	0,032	-1,612
Van	9,015	10,230	9,575	0,421	0,051	-1,623
Hatay	9,177	10,353	9,740	0,395	0,071	-1,601
Kırıkkale	9,594	10,670	10,072	0,373	0,140	-1,623
Gaziantep	9,341	10,434	9,858	0,355	0,081	-1,476
Şanlıurfa	9,539	10,645	10,061	0,374	0,031	-1,585
Mardin	9,606	10,508	10,037	0,308	-0,007	-1,604
Kayseri	9,142	10,293	9,680	0,389	0,091	-1,580
Zonguldak	9,624	10,715	10,112	0,375	0,113	-1,604
Manisa	9,658	10,835	10,192	0,408	0,090	-1,629
Bursa	9,910	10,859	10,33	0,318	0,216	-1,532
Balıkesir	9,139	10,34	9,696	0,413	0,116	-1,644
Tekirdağ	9,971	11,083	10,470	0,377	0,156	-1,571
Antalya	9,341	10,421	9,832	0,369	0,087	-1,589
Adana	8,856	10,121	9,489	0,418	-0,051	-1,537
İzmir	8,475	9,755	9,085	0,425	0,018	-1,492
Kocaeli	8,884	10,051	9,443	0,394	0,045	-1,578
Ankara	8,434	9,628	9,027	0,412	-0,068	-1,650
Konya	8,910	10,150	9,471	0,440	0,134	-1,677
İstanbul	8,561	9,684	9,093	0,386	0,019	-1,596
Aydın	8,550	9,818	9,176	0,424	-0,068	-1,559

KBGSYH değişkeni açısından bakıldığında ise en yüksek ortalamaya sahip olan bölgenin Tekirdağ alt bölgesi olduğu ve en düşük ortalamaya sahip olan bölgenin Ankara Alt Bölgesi olduğu söylenebilmektedir. Oynaklığı en fazla olan bölge Konya alt bölgesi iken oynaklığı en az olan Mardin alt bölgesidir.

Tablo 17: İstihdam Değişkenine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

IST						
Alt Bölge	**Min.**	**Maks.**	**Ortalama**	**S.Sapma**	**Çarpıklık**	**Basıklık**
Kastamonu	5,557	5,799	5,672	0,086	0,074	-1,610
Samsun	6,830	6,932	6,885	0,034	-0,320	-1,525
Trabzon	6,865	6,980	6,936	0,037	-0,520	-0,915
Erzurum	6,561	6,868	6,712	0,106	-0,061	-1,699
Ağrı	5,883	6,248	6,138	0,120	-0,852	-0,718
Malatya	6,349	6,678	6,548	0,138	-0,526	-1,732
Van	5,881	6,075	5,974	0,062	0,113	-1,475
Hatay	6,772	7,083	6,951	0,122	-0,404	-1,688
Kırıkkale	7,012	7,281	7,144	0,096	-0,112	-1,774
Gaziantep	6,310	6,452	6,375	0,040	0,139	-0,861
Şanlıurfa	6,263	6,608	6,449	0,116	-0,301	-1,552
Mardin	6,827	7,057	6,950	0,086	-0,304	-1,741
Kayseri	6,906	7,197	7,077	0,102	-0,526	-1,380
Zonguldak	7,065	7,385	7,235	0,118	-0,358	-1,610
Manisa	6,783	7,234	7,065	0,159	-0,529	-1,508
Bursa	7,194	7,581	7,377	0,144	0,006	-1,716
Balıkesir	6,446	6,718	6,623	0,071	-1,084	0,962
Tekirdağ	8,223	8,642	8,419	0,155	0,166	-1,748
Antalya	6,766	7,094	6,973	0,118	-0,570	-1,374
Adana	5,700	5,886	5,818	0,067	-0,605	-1,423
İzmir	5,697	5,969	5,848	0,108	-0,249	-1,815
Kocaeli	6,023	6,427	6,243	0,146	-0,386	-1,505
Ankara	5,897	6,347	6,162	0,175	-0,427	-1,697
Konya	6,142	6,594	6,430	0,150	-0,526	-1,237
İstanbul	6,098	6,866	6,447	0,25	0,164	-1,423
Aydın	5,526	5,961	5,825	0,156	-0,900	-0,983

IST değişkeni açısından incelendiğinde en yüksek ortalamaya sahip olan bölge Tekirdağ alt bölgesi ve ortalaması en düşük olan bölge Kastamonu alt bölgesidir. Oynaklığı en fazla olan bölge İstanbul alt bölgesi iken oynaklığı en az olan Samsun alt bölgesidir.

Tablo 18: Nüfus Değişkenine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

NUFUS						
Alt Bölge	**Min.**	**Maks.**	**Ortalama**	**S.Sapma**	**Çarpıklık**	**Basıklık**
Kastamonu	-0,863	2,420	0,435	0,925	0,586	-0,523
Samsun	-0,839	1,161	0,140	0,554	0,222	-0,773
Trabzon	-0,460	2,827	0,547	0,918	1,176	0,768
Erzurum	0,306	2,243	1,269	0,511	0,016	-0,498
Ağrı	-0,564	2,097	0,496	0,694	0,707	0,186
Malatya	-0,207	1,169	0,502	0,449	0,099	-1,408
Van	-1,512	0,847	0,167	0,642	-1,399	1,461
Hatay	-2,092	2,197	0,409	1,098	-0,792	0,258
Kırıkkale	1,162	2,489	1,770	0,416	0,076	-1,279
Gaziantep	-0,119	2,148	0,836	0,640	0,366	-0,475
Şanlıurfa	0,620	3,159	1,929	0,859	-0,182	-1,361
Mardin	0,736	3,604	2,223	0,766	-0,101	-0,495
Kayseri	0,739	2,036	1,067	0,36	1,637	1,884
Zonguldak	0,415	2,082	1,347	0,434	-0,303	-0,033
Manisa	1,658	2,883	2,225	0,416	0,360	-1,406
Bursa	1,441	2,600	1,998	0,392	0,078	-1,523
Balıkesir	0,666	1,440	1,040	0,264	0,047	-1,473
Tekirdağ	0,981	2,780	1,801	0,577	0,228	-1,106
Antalya	1,024	2,248	1,480	0,368	0,938	-0,374
Adana	-1,284	1,355	-0,037	0,740	0,103	-0,867
İzmir	-0,781	2,107	-0,184	0,821	1,882	2,583
Kocaeli	-0,074	2,378	0,760	0,674	1,158	0,476
Ankara	-0,406	1,781	0,837	0,611	-0,130	-0,407
Konya	1,523	2,522	1,997	0,272	0,353	-0,540
İstanbul	1,645	2,972	2,137	0,393	1,053	-0,206
Aydın	0,228	3,595	1,429	0,948	0,738	-0,029

En yüksek nüfus artış oranı ortalamasına sahip bölge Manisa alt bölgesi iken en düşük nüfus artış ortalamasına sahip bölge İzmir alt bölgesidir. Oynaklığı en fazla olan Hatay alt bölgesi iken, oynaklığı en düşük olan bölge Balıkesir alt bölgesidir.

Tablo 19: Kentleşme Değişkenine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

KENT						
Alt Bölge	**Min.**	**Maks.**	**Ortalama**	**S.Sapma**	**Çarpıklık**	**Basıklık**
Kastamonu	3,975	4,149	4,055	0,065	0,232	-1,574
Samsun	4,083	4,432	4,267	0,147	0,085	-2,047
Trabzon	3,984	4,456	4,213	0,218	0,146	-2,119
Erzurum	4,017	4,566	4,279	0,274	0,150	-2,139
Ağrı	4,081	4,248	4,164	0,055	-0,076	-1,482
Malatya	4,229	4,47	4,372	0,086	-0,138	-1,704
Van	3,887	4,126	4,002	0,101	0,113	-2,013
Hatay	4,094	4,400	4,246	0,138	0,121	-2,099
Kırıkkale	4,403	4,595	4,523	0,071	-0,131	-1,714
Gaziantep	4,030	4,476	4,248	0,215	0,142	-2,13
Şanlıurfa	4,194	4,478	4,327	0,134	0,147	-2,122
Mardin	4,144	4,537	4,359	0,167	0,082	-2,056
Kayseri	4,305	4,605	4,496	0,111	-0,153	-1,668
Zonguldak	4,442	4,605	4,549	0,058	-0,251	-1,475
Manisa	4,146	4,526	4,426	0,115	-1,083	0,456
Bursa	4,529	4,605	4,585	0,024	-0,971	0,133
Balıkesir	4,268	4,578	4,421	0,150	0,129	-2,120
Tekirdağ	4,487	4,605	4,590	0,034	-2,366	4,198
Antalya	3,910	4,605	4,292	0,303	0,101	-2,079
Adana	4,082	4,477	4,279	0,189	0,134	-2,123
İzmir	3,833	3,968	3,893	0,048	0,172	-1,528
Kocaeli	4,171	4,444	4,298	0,125	0,157	-2,101
Ankara	3,879	4,335	4,09	0,225	0,156	-2,139
Konya	4,351	4,516	4,438	0,069	0,070	-2,037
İstanbul	4,086	4,605	4,350	0,245	0,144	-2,130
Aydın	4,129	4,391	4,255	0,126	0,141	-2,128

Kentleşme açısından en yüksek ortalamaya sahip Tekirdağ alt bölgesi iken, an az ortalamaya sahip İzmir alt bölgesidir. En oynak bölge ise Antalya alt bölgesi iken en az oynak bölge Bursa alt bölgesidir.

Tablo 20: Fiyat Değişkenine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

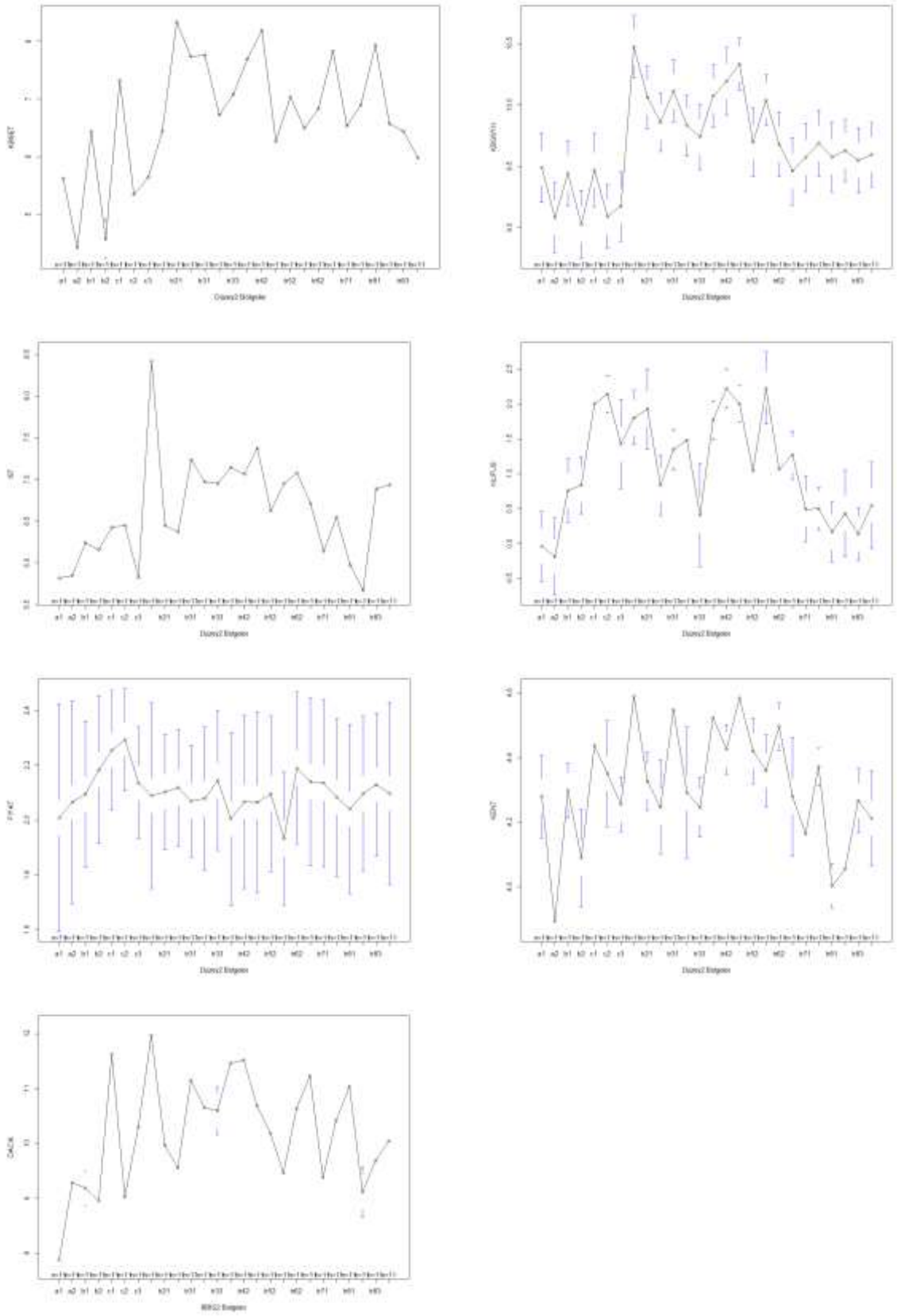
FIYAT						
Alt Bölge	**Min.**	**Maks.**	**Ortalama**	**S.Sapma**	**Çarpıklık**	**Basıklık**
Kastamonu	1,599	2,900	2,097	0,420	0,571	-1,047
Samsun	1,643	2,961	2,129	0,385	0,811	-0,409
Trabzon	1,351	3,016	2,098	0,494	0,068	-0,905
Erzurum	1,278	2,981	2,14	0,453	0,052	-0,448
Ağrı	1,430	3,022	2,135	0,454	0,200	-0,782
Malatya	1,506	2,934	2,084	0,426	0,569	-0,959
Van	1,504	2,968	2,041	0,459	0,643	-0,772
Hatay	1,617	2,907	2,144	0,378	0,318	-0,773
Kırıkkale	1,409	2,893	2,006	0,468	0,499	-1,091
Gaziantep	1,754	2,916	2,119	0,317	1,164	0,954
Şanlıurfa	1,686	2,740	2,103	0,311	0,746	-0,607
Mardin	1,445	2,745	1,934	0,360	0,743	-0,124
Kayseri	1,601	3,055	2,190	0,412	0,540	-0,648
Zonguldak	1,541	2,616	2,070	0,303	0,113	-0,89
Manisa	1,493	3,061	2,066	0,470	0,837	-0,646
Bursa	1,131	2,969	2,065	0,488	-0,176	-0,471
Balıkesir	1,502	2,918	2,096	0,421	0,546	-0,977
Tekirdağ	1,338	3,145	2,090	0,505	0,465	-0,503
Antalya	1,609	2,792	2,079	0,387	0,249	-1,309
Adana	1,182	3,100	2,009	0,618	0,165	-1,331
İzmir	1,267	3,012	2,067	0,551	0,249	-1,372
Kocaeli	1,647	2,915	2,095	0,396	0,820	-0,583
Ankara	1,637	2,933	2,183	0,400	0,319	-1,198
Konya	1,940	2,936	2,255	0,325	0,826	-0,711
İstanbul	1,989	2,937	2,294	0,276	0,977	0,022
Aydın	1,712	2,793	2,135	0,304	0,864	-0,263

Fiyat değişkeni açısından en yüksek ortalamaya sahip bölge İstanbul alt bölgesi iken, en az ortalamaya sahip Mardin alt bölgesidir. Oynaklığı en fazla olan bölge Adana alt bölgesi iken, en az olan İstanbul alt bölgesidir.

Tablo 21: Dışa Açıklık Değişkenine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

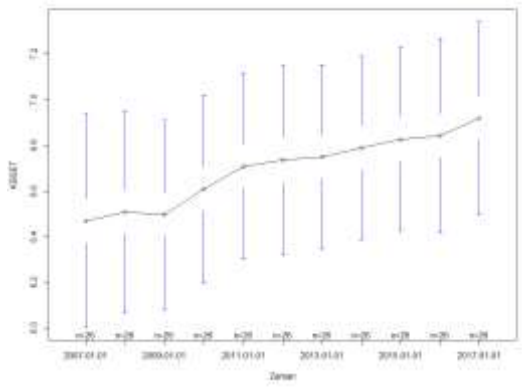
DACIK						
Alt Bölge	**Min.**	**Maks.**	**Ortalama**	**S.Sapma**	**Çarpıklık**	**Basıklık**
Kastamonu	8,139	10,446	9,117	0,688	0,399	-1,077
Samsun	8,977	10,298	9,684	0,412	-0,243	-1,393
Trabzon	9,718	10,418	10,050	0,244	0,016	-1,59
Erzurum	10,661	11,813	11,235	0,346	-0,196	-1,252
Ağrı	8,620	10,038	9,377	0,439	-0,324	-1,270
Malatya	9,931	11,010	10,415	0,345	0,054	-1,383
Van	10,667	11,586	11,042	0,218	0,936	1,307
Hatay	9,515	11,251	10,603	0,656	-0,765	-1,347
Kırıkkale	11,116	11,875	11,462	0,216	0,248	-0,926
Gaziantep	8,944	10,071	9,557	0,373	-0,202	-1,604
Şanlıurfa	9,394	10,623	9,971	0,429	0,168	-1,729
Mardin	8,869	10,274	9,464	0,428	0,432	-1,044
Kayseri	10,153	11,134	10,644	0,30	-0,192	-1,314
Zonguldak	10,702	11,671	11,155	0,295	0,050	-1,269
Manisa	11,039	12,107	11,522	0,295	0,086	-0,604
Bursa	10,053	11,299	10,696	0,380	-0,199	-1,261
Balıkesir	9,572	10,759	10,187	0,398	-0,274	-1,543
Tekirdağ	11,621	12,459	11,971	0,272	0,234	-1,415
Antalya	10,191	11,222	10,658	0,326	0,005	-1,333
Adana	7,480	8,213	7,880	0,248	-0,488	-1,365
İzmir	8,851	10,036	9,286	0,409	0,462	-1,385
Kocaeli	8,493	10,041	9,183	0,468	0,212	-1,186
Ankara	8,377	9,456	8,958	0,381	-0,469	-1,482
Konya	10,839	12,231	11,633	0,458	-0,388	-1,455
İstanbul	8,434	9,387	9,026	0,315	-0,433	-1,285
Aydın	9,537	10,757	10,303	0,400	-0,756	-0,956

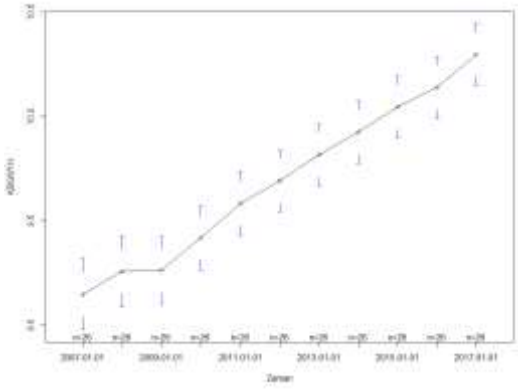
Dışa Açıklık değişkeninde en yüksek ortalamaya sahip Tekirdağ alt bölgesi iken, en düşük ortalamaya sahip olan bölge Adana alt bölgesidir. Bunun yanında oynaklığı en fazla olan Kastamonu alt bölgesi iken, oynaklığı en az olan Kırıkkale alt bölgesidir.

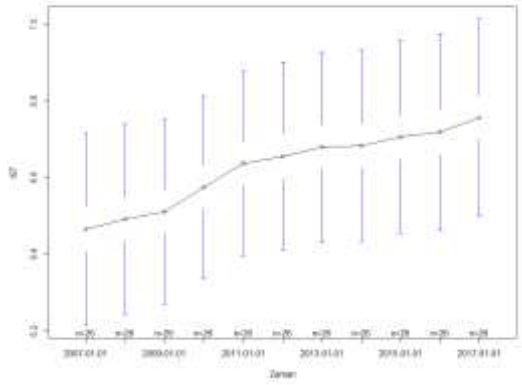


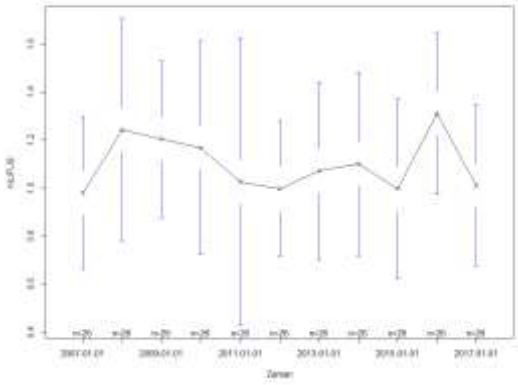
Şekil 5: Birimler Arası Heterojenlik

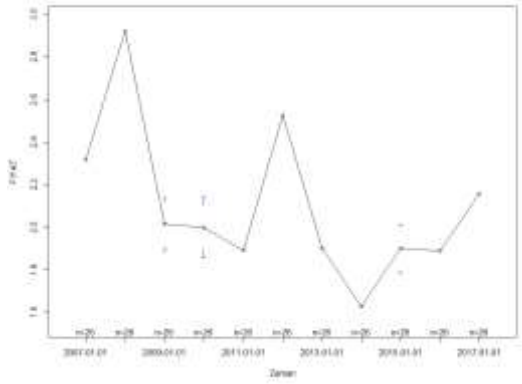
Şekil 5'e göre tüm değişkenlerin ortalamada bölgeler arası farklılıklar gösterdiği görülmektedir.

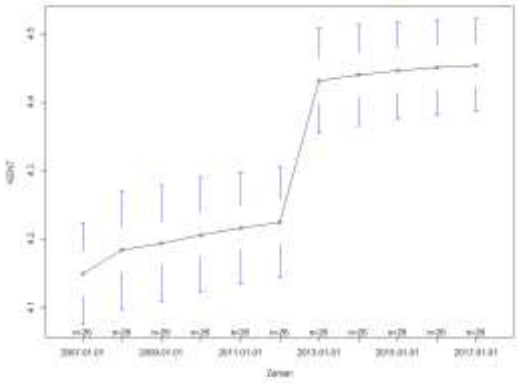


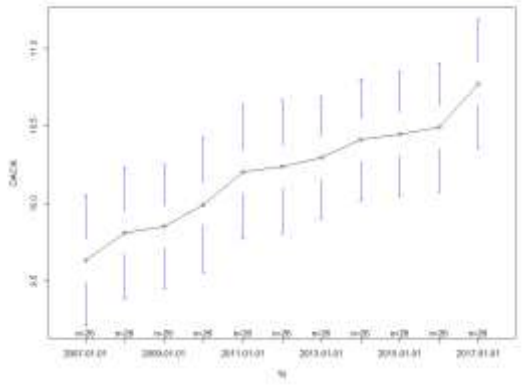












Şekil 6:Bölgelere Ait Zaman Grafikleri

Şekil 6'da verilen bölgelere ait değişkenlerin zaman grafiklerine bakıldığında istihdam, kişi başı gayrisafi yurtiçi hasıla ve dışa açıklık değişkenlerinin zamanın artan bir fonksiyonu olduğu açıkça trend eğilimi izlediği söylenebilmektedir. Kentleşme değişkeni değerlendirildiğinde 2012 yılında bir kırılma yaşandığı görülebilmektedir.

4.2. Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenlerin grafikleri değerlendirildikten sonra değişkenlerin durağanlığını belirlemek için birim kök testleri yapılmıştır. Birim kök testlerine geçmeden önce birimler arasında var olabilecek bağımlılık durağanlık testlerinin tutarlılığını etkileyebileceğinden dolayı ilk olarak yatay kesit bağımlılık testleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 22'de sunulmuştur.

Tablo 22: Yatay Kesit Bağımlılık Testi Sonuçları

	CD	**LM**	**SCLM**
KBSET	37,233***	1386,469***	126,951***
KBGSYH	37,573***	1411,736***	129,360***
IST	37,285***	1390,297***	127,316***
NUFUS	23,069***	593,755***	51,368***
KENT	31,121***	1003,203***	90,408***
FIYAT	0,997	154,077***	9,447***
DACIK	36,489***	1331,990***	121,756***

Tablo 22'de elde edilen sonuçlara göre tüm değişkenler için her üç teste (CD, LM ve SCLM) ait yatay kesit bağımlılığının olmadığını ifade eden sıfır hipotezinin ret edildiği ve dolayısıyla tüm değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının bulunduğu söylenebilmektedir.

Değişkenlerde yatay kesit bağımlılığı bulunduğundan birim kök testleri birinci nesil birim kök testlerinin yanında, yatay kesit bağımlılığını da dikkate alan ikinci nesil birim kök testleri ile de sınanmıştır. Birinci nesil birim kök testlerine ait sonuçlar Tablo 23'de verilmiş iken ikinci nesil Pesaran CIPS testine ait birim kök testine ait sonuçlar Tablo 24'te verilmiştir.

Tablo 23: Birinci Nesil Birim Kök Testi Sonuçları

		KBSET	**KBGSYH**	**IST**	**NÜFUS**	**KENT**	**FIYAT**	**DACIK**
Sabitli Model	LLC	-4,346***	3,948	-3,342***	-13,948***	-7,528***	-15,809***	-1,114
	IPS	-0,622	10,450	0,022	-10,856***	-2,196*	-10,884***	3,618
	MAD WU	141,937***	0,885	61,492	321,439***	173,943***	365,352***	28,384
	PM	8,819***	-5,012	0,931	26,421***	11,957***	30,727***	-2,316
	LOGİT	-3,144**	12,454	0,030	-17,408***	-5,380***	-19,686***	4,416
	INV	-0,688	11,402	0,105	-13,574***	0,049	-13,135***	4,196
Sabit+ Trendli Model	LLC	-9,358***	-25,117***	-11,203***	-16,843***	-33,398***	-16,746***	-7,542***
	IPS	-6,943***	-19,009***	-4,876***	-12,149***	-10,684***	-10,988***	-4,819***
	MAD WU	271,903***	893,168***	217,015***	453,456***	186,409***	390,446***	202,077***
	PM	21,563***	82,483***	16,181***	39,366***	13,180***	33,187***	14,716***
	LOGİT	-13,843***	-48,363***	-10,272***	-24,597***	-5,795***	-21,103***	-9,580***
	INV	-9,218***	-24,027***	-6,451***	-16,120***	-4,543***	-14,851***	-6,370***

Not: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

Birinci nesil birim kök testi sonuçları değerlendirildiğinde KBGSYH, IST ve DACIK değişkenlerinin sabit terim içeren modelde durağan olmadığı fakat sabit ve trendli modelde durağan olduğu görülebilmektedir. Dolayısıyla KBGSYH, IST ve DACIK değişkenleri trend durağan değişkenlerdir ve bu nedenle öncelikle trendden arındırılmışlardır. KBSET, NUFUS, KENT ve FIYAT değişkenlerinin ise hem sabit

hem de sabit ve trend içeren modelde %1, %5 ve %10 anlam düzeyinde durağan oldukları söylenebilmektedir.

Tablo 24: İkinci Nesil Pesaran CIPS Testi Sonuçları

	KBSET	KBGSYH	IST	NUFUS	KENT	FIYAT	DACIK
Sabit terim	-4,0257**	-3,2657**	-2,5563*	-2,6137**	-3,6971**	-2,3174*	-4,2648**
Sabit terim Trend	-4,0558**	-3,2342**	-3,4856**	-3,4391**	-3,6202**	-2,3511	-4,6348**

*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05

İkinci nesil birim kök testleri ve birinci nesil birim kök testleri birlikte değerlendirildiğinde tüm serilerin durağan olduğu söylenebilmektedir.

4.3. Mekânsal Panel Regresyon Analizi Sonuçları

Serilerin aynı derece durağan olduğu belirlendikten sonra durağan seriler arasındaki ilişkileri belirlemek için mekânsal regresyon modeli, Panel VAR modeli ve Mekânsal Panel Otoregresif Model uygulanarak testler gerçekleştirilmiştir. Mekânsal panel veri analizinde ilk olarak birimler arasındaki mekânsal ilişkileri gösteren mekânsal ağırlık matrisi oluşturulmuştur. Mekânsal ağırlık matrisi en yakın komşuluk ilkesinden hareketle R programından elde edilmiştir. Düzey 2 bölgelerinin komşuluk ilişkileri Şekil 7’ de verilmiştir.



Şekil 7: Düzey 2 Bölgeleri Komşuluk Haritası

Durağan seriler arasında sonraki aşamada en genel modellerden başlanarak birim (mekânsal) etkinin varlığı test edilmiştir. Tablo 25'de mekânsal etki için gerçekleştirilen test sonuçları verilmiştir.

Tablo 25: Mekânsal Etkinin Testi

	SDM	**SAC**
Lmec1	1140,466***	1308,725***
Lmec2	872,4075***	1005,806***
Lmec3	33,77078***	36,1763***

SDM ve SAC modellerinin birim etkinin olmadığı varsayımı ile tahmininden elde edilen Breusch-Pagan Lm (lmec1), Breusch-Pagan Lm (lmec2), Sosa-Escudero-Yoon Lm (lmec3) testleri verilmiştir. Tüm testler için "mekânsal etki yoktur" şeklindeki sıfır hipotezinin ret edildiği ve dolayısıyla mekânsal etkinin var olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 26: Uygun Tahmincinin Testi

	SDMRE	**SARRE**
lmhsfe	-11,53874	1,925129
lmhsfep	0,4833972	0,9638677

Sabit ve tesadüfi etkiler modelleri arasında tercih yapmak için SDM ve SAR modelleri üzerinden Hausman testi yapılmıştır. lmhsfe Hausman test istatistiği ve altında olasılık değeri yer almaktadır. Sonuçlara göre sabit ve tesadüfi etkiler tahmincileri arasındaki farkın sistematik olmadığını söyleyen H_0 hipotezi reddedilememekte ve rassal etkiler tahmincisinin tutarlı olduğuna karar verilmektedir.

Bundan sonraki aşamada birimler arası korelasyonun varlığı test edilmiş ve rassal etkiler tahmininden elde edilen Pesaran test sonucuna göre birimler arasında korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Birimler arasında korelasyon ve mekânsal etkinin varlığı tespit edildikten sonra uygun mekânsal modelin seçimi için *SAR* modeli tahmin edilmiş ve mekânsal testler değerlendirilmiştir. Mekânsal testler değerlendirildiğinde uygun modelin mekânsal hata modeli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle "Rassal Etkiler Mekânsal Hata Modeli" tahmin edilmiştir.

Tablo 27: Uygun Mekânsal Modelin Seçimi

	Test İstatistiği	**p-değeri**
Global Moran MI	0,1186	0,0037
Global Geargy GC	0,8793	0,0055
Global Getis-Ords go	-0,1186	0,0037
Moran MI Error Test	2,8440	0,0045
LM Error(Burridge)	7,4608	0,0063
LM Error(Robust)	9,8860	0,0017
LM Lag(Anselin)	0,8134	0,3671
LM Lag(Robust)	3,2386	0,0719
LM SAC	10,6994	0,0047
LM SAC	10,6994	0,0047

Global Moran MI, Global Geargy GC, Global Getis-Ords go, Moran MI Error Test istatistiklerinde aşağıdaki hipotezler sınanmaktadır;

$$H_0: Hatalarda\ mekânsal\ otokorelasyon\ yoktur$$
$$H_1: Hatalarda\ mekânsal\ otokorelasyon\ vardır$$

Elde edilen sonuçlara göre mekânsal otokorelasyonun olmadığını söyleyen H_0 hipotezi $\alpha = 0{,}05, \alpha = 0{,}01$ ve $\alpha = 0{,}10$ önem seviyesinde ret edilmekte ve mekânsal otokorelasyonun olduğu söylenebilmektedir.

LM Lag testi ile mekânsal gecikmeli bağımlı değişkenin mekânsal otokorelasyonlu olup olmadığı sınanmaktadır.

$$H_0: Mekânsal\ gecikme\ yoktur$$
$$H_1: Mekânsal\ gecikme\ vardır$$

Hipotezleri altında sıfır hipotezi ret edilememekte ve mekânsal bağımlı değişkenin olmadığı söylenebilmektedir.

Mekânsal gecikme ve mekânsal hatanın varlığını birlikte test eden LM SAC istatistiği değerlendirildiğinde sıfır hipotezinin ret edildiği ve mekânsal hata ve mekânsal gecikmeden en az birinin var olduğu söylenebilmektedir.

$$H_0: Genel\ mekânsal\ otokorelasyon\ yoktur$$
$$H_a: Genel\ mekânsal\ otokorelasyon\ vardır$$

Sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde uygun modelin Mekânsal Hata (SEM) modeli olduğuna karar verilmektedir. Bu nedenle (98) no'lu modelde tanımlanan rassal etkili mekânsal hata modeli tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 28'de verilmiştir.

$$KBSET_{it} = \mu + \beta_1 KBGSYH_{it} + \beta_2 IST_{it} + \beta_3 NUFUS_{it} + \beta_4 KENT_{it} + \beta_5 FIYAT_{it} + \beta_6 DACIK_{it} + u_{it}$$
$$u_{it} = \alpha_i + \lambda \sum_{i \neq j} w_{ij} u_{jt} + v_{it} \quad (98)$$

Tablo 28: Rassal Etkili Mekânsal Hata Model Tahmin Sonuçları

Bağımlı değişken KBSET	Sabit Terim	KBGSYH	IST	NUFUS	KENT	FIYAT	DACIK
Katsayı	4,5704	1,0287	0,3793	0,001	0,5391	-0,0937	0,1237
Standart hata	0,4505	0,3227	0,1849	0,0144	0,0891	0,0317	0,0536
Z	10,14	3,19	2,05	0,07	6,05	-2,96	2,31
Olasılık	0,000	0,001	0,040	0,944	0,000	0,003	0,021
R^2	0,4252						
Spatial Lambda	0,41***						
In_phi	3,83***						
Sigma2_e	0,02***						

Tablo 28'de Rassal etkili mekânsal hata modeli tahmin sonuçları yer almaktadır. Sonuçlara göre R^2=% 43 civarında elde edilmiştir. NUFUS değişkeni dışında modelde yer alan tüm değişkenlerin KBSET'yi açıklamada anlamlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle NUFUS değişkeni modelden çıkarılarak tekrar tahmin yapılmış ve tahmin sonuçları Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29: Rassal Etkili Mekânsal Hata Model Tahmin Sonuçları 2

Bağımlı değişken KBSET	**Sabit Terim**	**KBGSYH**	**IST**	**KENT**	**FIYAT**	**DACIK**
Katsayı	4,5717	1,0291	0,3777	0,5391	-0,0939	0,1237
Standart Hata	0,4501	0,3226	0,1835	0,0891	0,0316	0,0536
Z	10,16	3,19	2,06	6,05	-2,97	2,31
Olasılık	0,000	0,001	0,040	0,000	0,003	0,021
R^2	0,425					
Spatial Lambda	0,41***					
In_phi	3,83***					
Sigma2_e	0,02***					

Ekonomik büyümeyi temsil eden değişken olarak, diğer değişkenlerin etkisi sabit kabul edildiğinde KBGSYH değişkenindeki %1'lik bir artış KBSET'de %1,03 oranında bir artışa sebep olabilmektedir. Benzer şekilde diğer değişkenlerin etkisi sabit kabul edildiğinde istihdamdaki %1'lik artış KBSET'yi %0,38 artırmaktadır. Kentleşme değişkeni değerlendirildiğinde ise, diğer değişkenlerin etkisi sabit kabul edildiğinde kentleşmede meydana gelecek %1'lik bir artış KBSET'yi %0,54 oranında artırmaktadır. Diğer değişkenlerin etkisi sabit kabul edildiğinde Fiyat'taki %1'lik bir artış KBSET'de %-0,09'luk bir azalışa sebep olabilecek ve diğer değişkenlerin etkisi sabit kabul edildiğinde DACIK değişkeninde meydana gelecek %1'lik bir artış KBSET'de %0,12'lik bir artışa sebep olabilecektir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda KBGSYH, IST, KENT ve DACIK değişkenlerinin sanayi elektrik tüketimini pozitif, FIYAT değişkeninin ise negatif olarak etkilemesi iktisadi beklentilerle uygun olup önceki çalışmaları da destekler niteliktedir.

Mekânsal bağımlılık (iki komşu arasındaki hata terimleri arasındaki mekânsal bağımlılık) veya mekânsal etkileşimi gösteren λ (lambda) yaklaşık 0,41 olarak tahmin edilmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Kişi başına sanayi elektrik tüketimi modelinde yayılma etkisi (spill-over) söz konusu olup bölgeler birbirlerinin sanayi elektrik tüketimini olumlu olarak etkilemektedir.

4.4. Panel VAR Modeli Tahmin Sonuçları

Mekânsal regresyon modeli tahmin edildikten sonra değişkenler arasındaki dinamik ilişkilerin ortaya konması için Panel VAR modeli tahmin edilmiştir. Panel VAR modelinde tahmin edilen modeller denklem (99)-(104)'te verilmiştir.

$$KBSET_{it} = \beta_{10} + \beta_{11}KBSET_{it-1} + \beta_{12}KBGSYH_{it-1} + \beta_{13}IST_{it-1} + \beta_{14}KENT_{it-1} + \beta_{15}FIYAT_{it-1} + \beta_{16}DACIK_{it-1} + u_{i1t} \quad (99)$$

$$KBGSYH_{it} = \beta_{20} + \beta_{21}KBSET_{it-1} + \beta_{22}KBGSYH_{it-1} + \beta_{23}IST_{it-1} + \beta_{24}KENT_{it-1} + \beta_{25}FIYAT_{it-1} + \beta_{26}DACIK_{it-1} + u_{i2t} \quad (100)$$

$$IST_{it} = \beta_{30} + \beta_{31}KBSET_{it-1} + \beta_{32}KBGSYH_{it-1} + \beta_{33}IST_{it-1} + \beta_{34}KENT_{it-1} + \beta_{35}FIYAT_{it-1} + \beta_{36}DACIK_{it-1} + u_{i3t} \quad (101)$$

$$KENT_{it} = \beta_{40} + \beta_{41}KBSET_{it-1} + \beta_{42}KBGSYH_{it-1} + \beta_{43}IST_{it-1} + \beta_{44}KENT_{it-1} + \beta_{45}FIYAT_{it-1} + \beta_{46}DACIK_{it-1} + u_{i4t} \quad (102)$$

$$FIYAT_{it} = \beta_{50} + \beta_{51}KBSET_{it-1} + \beta_{52}KBGSYH_{it-1} + \beta_{53}IST_{it-1} + \beta_{54}KENT_{it-1} + \beta_{55}FIYAT_{it-1} + \beta_{56}DACIK_{it-1} + u_{i5t} \quad (103)$$

$$DACIK_{it} = \beta_{60} + \beta_{61}KBSET_{it-1} + \beta_{62}KBGSYH_{it-1} + \beta_{63}IST_{it-1} + \beta_{64}KENT_{it-1} + \beta_{65}FIYAT_{it-1} + \beta_{66}DACIK_{it-1} + u_{i6t} \quad (104)$$

Panel VAR modeli uygun gecikme uzunluğu seçimi Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) ve Hannan-Quinn Kriteri (HQIC) kullanılarak uygun gecikme uzunluğu "1" olarak belirlenmiştir.

Tablo 30: Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Gecikme	MMSC_BIC	MMSC_AIC	MMSC_HQIC
1	-8768,052	-3191,164	-5713,591

Tablo 31: Panel VAR Modeline Ait Tahmin Sonuçları

		Katsayı	**St. Hata**
$KBSET_t$	$KBSET_{t-1}$	0,6396 ***	0,0489
	$KBGSYH_{t-1}$	-0,5149 ***	0,1429
	IST_{t-1}	0,1021	0,0920
	$KENT_{t-1}$	0,1602 *	0,0631
	$FIYAT_{t-1}$	-0,0476 *	0,0222
	$DACIK_{t-1}$	-0,0410	0,0347
$KBGSYH_t$	$KBSET_{t-1}$	0,0381 *	0,0194
	$KBGSYH_{t-1}$	0,2812 ***	0,0376
	IST_{t-1}	0,0800	0,0493
	$KENT_{t-1}$	-0,0722 **	0,0234
	$FIYAT_{t-1}$	-0,0422 ***	0,0041
	$DACIK_{t-1}$	-0,0278 **	0,0107
IST_t	$KBSET_{t-1}$	0,0165	0,0293
	$KBGSYH_{t-1}$	-0,2658 **	0,1017
	IST_{t-1}	0,3812 ***	0,0443
	$KENT_{t-1}$	-0,0694	0,0397
	$FIYAT_{t-1}$	-0,0028	0,0088
	$DACIK_{t-1}$	0,0319	0,0191
$KENT_t$	$KBSET_{t-1}$	0,2214 ***	0,0416
	$KBGSYH_{t-1}$	-0,0764	0,1111
	IST_{t-1}	0,0473	0,1394
	$KENT_{t-1}$	0,7302 ***	0,0377
	$FIYAT_{t-1}$	0,0503 ***	0,0107
	$DACIK_{t-1}$	0,0141	0,0301
$FIYAT_t$	$KBSET_{t-1}$	-0,3768	0,2148
	$KBGSYH_{t-1}$	4,7420 ***	0,5779
	IST_{t-1}	-1,0793 *	0,5215
	$KENT_{t-1}$	-1,4045 ***	0,3827
	$FIYAT_{t-1}$	-0,3416 ***	0,0704
	$DACIK_{t-1}$	-0,1502	0,0903
$DACIK_{t-1}$	$KBSET_{t-1}$	0,1196	0,0863
	$KBGSYH_{t-1}$	-0,4913	0,2779
	IST_{t-1}	-0,3040	0,2318
	$KENT_{t-1}$	-0,2778 ***	0,0826
	$FIYAT_{t-1}$	-0,0260	0,0264
	$DACIK_{t-1}$	0,2813 ***	0,0772

Not: Panel VAR modeline ait kararlılık koşulları test edilmiştir. Panel VAR modelinin kararlılığı, dinamik matrisin özdeğer modüllerinin birim çember içinde kalmasını gerektirmektedir. Tahmin edilen modelde tüm özdeğerler birim çember içinde kaldığından modelin kararlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Panel VAR Modelinden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilmektedir;

KBSET bağımlı değişken olarak alındığında bir dönem önceki KBSET, KBGSYH, KENT ve FIYAT değişkenlerinin, bugünkü KBSET'yi açıklamada istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilmektedir.

KBGSYH değişkeni bağımlı değişken olarak alındığında IST değişkeninin bir dönem önceki değerinin KBGSYH'ı açıklamada anlamlı olmadığı fakat KBSET, KBGSYH, KENT, FIYAT ve DACIK değişkenlerinin kişi başı gayrisafi yurtiçi hâsıla değişkenini açıklamada anlamlı olduğu söylenebilmektedir.

İstihdam değişkeni bağımlı değişken olarak değerlendirildiğinde KBGSYH ve IST değişkenlerinin istihdamı açıklamada anlamlı olduğu bir dönem önceki KBSET, KENT, FIYAT ve DACIK değişkenlerinin IST değişkenini açıklamada anlamlı olmadığı söylenebilmektedir.

KENT değişkeni bağımlı değişken olarak değerlendirildiğinde ise KBSET, KENT ve FIYAT değişkenlerinin bir dönem önceki değerinin kentleşmeyi açıklamada anlamlı olduğu, KBGSYH, IST ve DACIK değişkenlerinin KENT değişkenini açıklamada anlamlı olmadığı söylenebilmektedir.

FIYAT değişkeni bağımlı değişken olarak alındığında KBGSYH, IST, KENT ve FIYAT değişkenlerinin bir dönem önceki değerinin FIYAT değişkenini açıklamada anlamlı olduğu görülmektedir.

DACIK değişkeni değerlendirildiğinde ise, yalnızca KENT ve DACIK değişkeninin bir dönem önceki değerinin DACIK değişkenini açıklamada anlamlı olduğu görülebilmektedir.

Panel VAR modelinin tahmininden sonra Granger Nedensellik testi uygulanmış ve test sonuçları Tablo 32'de verilmiştir.

Tablo 32: Panel VAR Modeli Granger Nedensellik Testi Sonuçları

		χ^2 Değeri	Olasılık
KBSET	***KBGSYH***	12,9832	0,0003
	IST	1,2316	0,2669
	KENT	6,4456	0,0111
	FIYAT	4,5974	0,0320
	DACIK	1,3961	0,2374
KBGSYH	***KBSET***	3,8570	0,0495
	IST	2,6332	0,1047
	KENT	9,5201	0,0020
	FIYAT	105,9393	0,0000
	DACIK	6,7503	0,0094
IST	***KBSET***	0,3171	0,5734
	KBGSYH	6,8307	0,009
	KENT	3,0559	0,0804
	FIYAT	0,1012	0,7504
	DACIK	2,7894	0,0949
KENT	***KBSET***	28,3249	0,0000
	KBGSYH	0,4729	0,4917
	IST	0,1151	0,7344
	FIYAT	22,0988	0,0000
	DACIK	0,2194	0,6395
FIYAT	***KBSET***	3,0772	0,0794
	KBGSYH	67,3314	0,0000
	IST	4,2833	0,0385
	KENT	13,4687	0,0002
	DACIK	2,7667	0,0962
DACIK	***KBSET***	1,9206	0,1658
	KBGSYH	3,1255	0,0771
	IST	1,7200	0,1897
	KENT	11,3111	0,0008
	FIYAT	0,9699	0,3247

Tablo 32'de elde edilen Granger nedensellik test sonuçlarından KBSET ve KBGSYH değişkenleri arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi, FIYAT değişkeninden KBSET değişkenine ise tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra KBSET ile KENT değişkeni arasında da çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir.

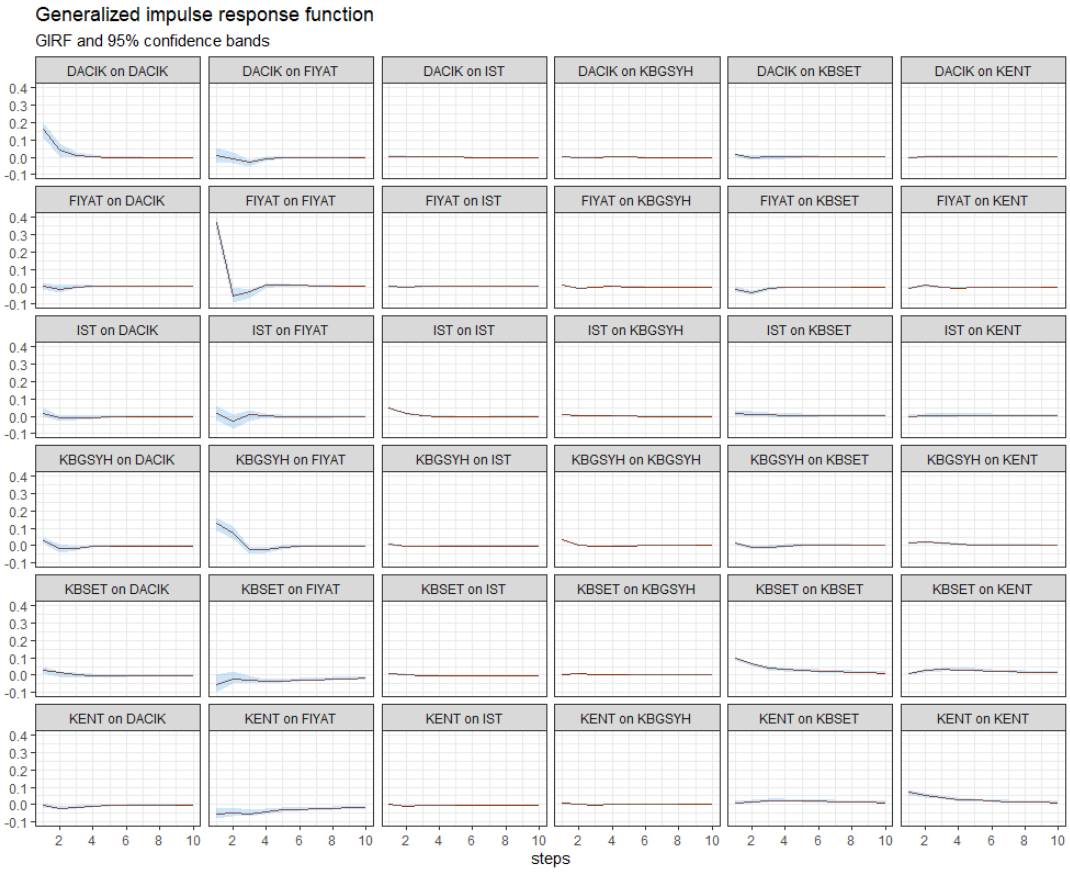
Diğer taraftan KENT değişkeninden KBGSYH değişkenine tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuş iken KBGSYH ve FIYAT değişkeni arasında çift yönlü ve DACIK değişkeninden KBGSYH değişkenine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi saptanmıştır.

IST değişkeni değerlendirildiğinde ise KBGSYH değişkeninden IST değişkenine tek yönlü, IST değişkeninden ise FIYAT değişkenine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi belirlenmiştir.

Ayrıca nedensellik sonuçlarından çıkarılabilecek sonuçlara göre KENT ve FIYAT değişkenleri arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi, KENT değişkeninden ise DACIK değişkenine tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu söylenebilmektedir**.**

Etki-Tepki Fonksiyonları

Panel VAR modeli tahmin edildikten sonra 10. gecikmeye kadar etki-tepki fonksiyonları hesaplanmıştır. Sistemdeki bir değişkendeki değişime, sistemdeki başka bir değişkenin tepkisini ölçmek amacıyla elde edilen bu etki tepki grafikleri Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8: Etki-Tepki Fonksiyonu Grafiği

Etki tepki grafikleri incelendiğinde KBSET değişkenine yönelik olumlu bir şok ilk aşamada KBGSYH değişkeninde bir artışa sebep olmakta bu dönemden sonra yaratılan bu şok etkisi sönmektedir.

KBGSYH değişkeninde yaşanacak bir şok ise ilk dönemde KBSET değişkeninde bir azalışa neden olmakta bu dönemden sonra yine KBSET'nin gelecek değerlerinde ılımlı bir azalışa neden olabilmektedir.

Varyans Ayrıştırma Tahminleri

Panel VAR modelinin 10. gecikmeye kadar kestirim-hatası varyans ayrıştırma tahminleri yapılmış ve sonuçları Tablo 33'te verilmiştir. Verilen tabloda yalnızca 10. döneme ait bilgiler özetlenmiş olup, elde edilen tüm sonuçlar Ek-1'de verilmiştir.

Tablo 33: Panel VAR Modeli Varyans Ayrıştırma Tahminleri

	Gecikme	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
KBSET	10	0,8392	0,0330	0,0014	0,1089	0,0156	0,0020
KBGSYH	10	0,0561	0,7743	0,0258	0,0014	0,1281	0,0144
IST	10	0,0435	0,0533	0,8464	0,0361	0,0021	0,0185
KENT	10	0,3119	0,0415	0,0019	0,6248	0,0195	0,0004
FIYAT	10	0,0509	0,1429	0,0121	0,0952	0,6921	0,0069
DACIK	10	0,0319	0,0439	0,0087	0,0288	0,0041	0,8826

Varyans ayrıştırma tahmin sonuçlarına göre, ilk dönemde kişi başına sanayi elektrik tüketiminin standart sapmasında meydana gelecek değişimin tamamı kendisi tarafından açıklanırken, 10 dönem sonunda kişi başına sanayi elektrik tüketiminin standart sapmasında meydana gelecek değişimin yaklaşık %84'ü kendisinden, yaklaşık %3'ü kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla şoklarından, yaklaşık %11'i kentleşme değişkenindeki şoklardan, yaklaşık %2'si FIYAT değişkenindeki şoklardan ve çok küçük bir kısmı ise IST ve DACIK şoklarından kaynaklanmaktadır.

Kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla değişkeni açısından değerlendirildiğinde ise ilk dönemde kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıladaki değişimin yaklaşık %2'sinin Kişi başına sanayi elektrik tüketimindeki şoklardan ve yaklaşık %98'inin kendisi tarafından açıklandığı söylenebilir iken, 10 dönem sonunda kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsılanın standart sapmasında meydana gelecek değişimin yaklaşık % 6'sının kişi başına sanayi elektrik tüketimindeki şoklardan, yaklaşık %78'inin kendisi tarafından, yaklaşık %3'ünün istihdam değişkeni şoklarından, yaklaşık %13'ünün fiyat ve yaklaşık %1'inin dışa açıklık değişkenindeki şoklar tarafından açıklanabileceği söylenebilmektedir.

IST değişkeni değerlendirildiğinde ise, 10 dönem sonrasında istihdam değişkeninin standart sapmasında meydana gelecek değişimin yaklaşık %85'inin kendisinden kaynaklanacağı ve yaklaşık %4'ünün kişi başına sanayi elektrik tüketimi, yaklaşık %5'inin KBGSYH, yaklaşık %4'ünün kentleşme ve yaklaşık %2'sinin DACIK değişkenindeki şoklardan kaynaklanacağı söylenebilmektedir.

KENT değişkeni açısından değerlendirildiğinde 10 dönem sonunda kentleşmenin standart sapmasındaki değişimin %31'inin kişi başına sanayi elektrik tüketimi şoklarından, yaklaşık %4'ünün kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla şoklarından, yaklaşık % 62'sinin kendisindeki değişimden ve yaklaşık %2'sinin fiyat şoklarından kaynaklanacağı söylenebilmektedir.

FIYAT değişkeni değerlendirildiğinde 10 dönem sonunda fiyat değişkeninin standart sapmasında meydana gelecek değişimin yaklaşık %69'unun kendisindeki değişimden, yaklaşık %5'inin kişi başı sanayi elektrik tüketimi şoklarından, yaklaşık %14'ünün kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla kaynaklı şoklardan, , yaklaşık %1'inin ise IST değişkenindeki şoklardan kaynaklanacağı söylenebilmektedir.

Son olarak DACIK değişkenine bakıldığında 10 dönem sonunda DACIK değişkeninin standart sapmasında meydana gelecek değişimin %88'inin kendisindeki değişimden, yaklaşık %3'ünün kişi başı sanayi elektrik tüketimi şoklarından, yaklaşık %4'ünün kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla kaynaklı şoklardan ve yaklaşık %3'ünün kentleşme değişkenindeki şoklardan kaynaklanacağı söylenebilmektedir.

4.5. Mekânsal Panel VAR Modeli Tahmin Sonuçları

Kişi başına Sanayi elektrik tüketimi modeli için, mekân ve zaman gecikmeleri birlikte ele alınarak (105)-(110)'da verilen mekân-zaman dinamik model tahmin edilmiş ve tahmin sonuçları Tablo 34'te verilmiştir.

$$\begin{aligned} KBSET_{it} &= \beta_{10}KBSET_{it-1} + \beta_{11}KBGSYH_{it-1} + \beta_{12}IST_{it-1} + \beta_{13}KENT_{it-1} \\ &+ \beta_{14}FIYAT_{it-1} + \beta_{15}DACIK_{it-1} + \alpha_{10}W_N KBSET_{it-1} + \alpha_{11}W_N KBGSYH_{it-1} \\ &+ \alpha_{12}W_N IST_{it-1} + \alpha_{13}W_N KENT_{it-1} + \alpha_{14}W_N FIYAT_{it-1} + \alpha_{15}W_N DACIK_{it-1} + u_{i1t} \end{aligned} \quad (105)$$

$$\begin{aligned} KBGSYH_{it} &= \beta_{20}KBSET_{it-1} + \beta_{21}KBGSYH_{it-1} + \beta_{22}IST_{it-1} + \beta_{23}KENT_{it-1} \\ &+ \beta_{24}FIYAT_{it-1} + \beta_{25}DACIK_{it-1} + \alpha_{20}W_N KBSET_{it-1} + \alpha_{21}W_N KBGSYH_{it-1} \\ &+ \alpha_{22}W_N IST_{it-1} + \alpha_{23}W_N KENT_{it-1} + \alpha_{24}W_N FIYAT_{it-1} + \alpha_{25}W_N DACIK_{it-1} + u_{i2t} \end{aligned} \quad (106)$$

$$IST_{it} = \beta_{30}KBSET_{it-1} + \beta_{31}KBGSYH_{it-1} + \beta_{32}IST_{it-1} + \beta_{33}KENT_{it-1} + \beta_{34}FIYAT_{it-1} + \beta_{35}DACIK_{it-1} + \alpha_{30}W_N KBSET_{it-1} + \alpha_{31}W_N KBGSYH_{it-1} + \alpha_{32}W_N IST_{it-1} + \alpha_{33}W_N KENT_{it-1} + \alpha_{34}W_N FIYAT_{it-1} + \alpha_{35}W_N DACIK_{it-1} + u_{i3t} \quad (107)$$

$$KENT_{it} = \beta_{40}KBSET_{it-1} + \beta_{41}KBGSYH_{it-1} + \beta_{42}IST_{it-1} + \beta_{43}KENT_{it-1} + \beta_{44}FIYAT_{it-1} + \beta_{45}DACIK_{it-1} + \alpha_{40}W_N KBSET_{it-1} + \alpha_{41}W_N KBGSYH_{it-1} + \alpha_{42}W_N IST_{it-1} + \alpha_{43}W_N KENT_{it-1} + \alpha_{44}W_N FIYAT_{it-1} + \alpha_{45}W_N DACIK_{it-1} + u_{i4t} \quad (108)$$

$$FIYAT_{it} = \beta_{50}KBSET_{it-1} + \beta_{51}KBGSYH_{it-1} + \beta_{52}IST_{it-1} + \beta_{53}KENT_{it-1} + \beta_{54}FIYAT_{it-1} + \beta_{55}DACIK_{it-1} + \alpha_{50}W_N KBSET_{it-1} + \alpha_{51}W_N KBGSYH_{it-1} + \alpha_{52}W_N IST_{it-1} + \alpha_{53}W_N KENT_{it-1} + \alpha_{54}W_N FIYAT_{it-1} + \alpha_{55}W_N DACIK_{it-1} + u_{i5t} \quad (109)$$

$$DACIK_{it} = \beta_{60}KBSET_{it-1} + \beta_{61}KBGSYH_{it-1} + \beta_{62}IST_{it-1} + \beta_{63}KENT_{it-1} + \beta_{64}FIYAT_{it-1} + \beta_{65}DACIK_{it-1} + \alpha_{60}W_N KBSET_{it-1} + \alpha_{61}W_N KBGSYH_{it-1} + \alpha_{62}W_N IST_{it-1} + \alpha_{63}W_N KENT_{it-1} + \alpha_{64}W_N FIYAT_{it-1} + \alpha_{65}W_N DACIK_{it-1} + u_{i6t} \quad (110)$$

Tablo 34: Mekânsal Panel VAR(1) Sonuçları

	$KBSET_t$	$KBGSYH_t$	IST_t	$KENT_t$	$FIYAT_t$	$DACIK_t$
$KBSET_{t-1}$	0,5450 ***	0,0272	0,0164	0,1294 ***	0,0738	0,0332
$KBGSYH_{t-1}$	0,0918	0,3812 ***	-0,2372	0,1788	1,9492	-0,3505
IST_{t-1}	0,1002	0,0655	0,3270 ***	-0,0007	-0,827	-0,2959
$KENT_{t-1}$	0,0279	-0,0727 **	-0,0499	0,7324 ***	-0,7509 *	-0,2626 **
$FIYAT_{t-1}$	0,004	-0,0129 *	0,0073	0,0181	-0,0896	0,0168
$DACIK_{t-1}$	-0,0155	-0,0284 **	0,0229	0,0186	-0,2403 **	0,2918 ***
$WKBSET_{t-1}$	0,0250 ***	0,0068 ***	0,0043	0,0153 **	0,0232	0,001
$WKBGSYH_{t-1}$	-0,0722 *	0,0008	-0,0043	-0,0443 **	0,5041 ***	0,0034
$WIST_{t-1}$	-0,0243	0,008	0,0195 *	0,032	-0,1952 ***	0,0338
$WKENT_{t-1}$	0,0026	-0,0115 ***	-0,0092 *	0,0021	-0,2181 ***	-0,0026
$WFIYAT_{t-1}$	-0,0042 *	-0,0046 ***	-0,0016	0,0068 ***	-0,0527 ***	-0,0071
$WDACIK_{t-1}$	-0,0006	-0,0108 ***	-0,003	-0,0018	-0,0457	-0,0153

Tablo 34'te verilen Mekânsal Panel VAR(1) model sonuçlarına göre KBSET modelinde KBSET değişkeninin bir dönem gecikmeli değerinin KBSET'yi

açıklamada anlamlı olduğu ve mekânsal ağırlıklı KBSET, mekânsal ağırlıklı KBGSYH ve mekânsal ağırlıklı FIYAT değişkenlerinin de bir dönem gecikmeli değerlerinin KBSET'yi açıklamada anlamlı olarak bulunduğu söylenebilmektedir.

KBGSYH modelinde KBGSYH, KENT, FIYAT ve DACIK değişkenlerinin bir dönem önceki değerinin ve mekân-zaman gecikmeli KBSET, KENT, FIYAT ve DACIK değişkenlerinin KBGSYH değişkeni üzerinde anlamlı etkisinin olduğu görülmektedir.

IST modelinde ise yalnızca zamansal gecikmeli istihdam ve mekân-zaman gecikmeli istihdam ve kentleşme değişkenlerinin istihdamı açıklamada anlamlı olarak bulunduğu söylenebilmektedir.

KENT değişkeni bağımlı değişken olarak değerlendirildiğinde KBSET ve KENT değişkenlerinin zamansal gecikmesinin KENT değişkenini açıklamada anlamlı olduğu, bunun yanı sıra KBSET, KBGSYH ve FIYAT değişkenlerinin mekân-zaman gecikmelerinin KENT değişkenini açıklamada anlamlı olduğu söylenebilmektedir.

FIYAT değişkeninin bağımlı değişken olarak değerlendirildiği modelde ise KENT ve DACIK değişkenlerinin bir dönem önceki değerinin FIYAT değişkeni üzerinde anlamlı etkisinin olduğu ve hem zaman hem mekânsal gecikmeli KBGSYH, IST, KENT ve FIYAT değişkenlerinin FIYAT değişkenini açıklamada anlamlı olduğu söylenebilmektedir.

Son olarak DACIK modeli değerlendirildiğinde yalnızca zaman gecikmeli KENT ve DACIK değişkenlerinin DACIK değişkenini açıklamada anlamlı olduğu görülebilmektedir.

Tablo 35: Mekânsal Panel VAR Model Granger Nedensellik Testi Sonuçları

	KBSET	***KBGSYH***	***IST***	***KENT***	***FIYAT***	***DACIK***
KBSET	-	2,258	0,531	12,707***	0,183	0,173
KBGSYH	0,09	-	3,171	1,011	3,706	0,439
IST	0,976	2,1	-	0	3,525	1,244
KENT	0,133	7,470**	1,224	-	4,608*	7,254**
FIYAT	0,022	4,329*	0,247	1,745	-	0,162
DACIK	0,128	9,325**	2,331	0,567	9,023**	-
WKBSET	10,821*	12,809***	2,958	8,657**	0,889	0,024
WKBGSYH	4,113*	0,007	0,08	7,962**	20,331***	0,004
WIST	1,034	1,778	6,583*	3,232	14,311***	1,244
WKENT	0,049	15,725***	4,372*	0,34	32,769***	0,039
WFIYAT	4,886*	58,778***	1,306	11,560**	65,735***	2,188
WDACIK	0,008	32,310***	0,592	0,115	2,93	1,145

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

Tablo 35'te elde edilen test sonuçlarına göre mekânsal ağırlıklı KBSET, mekânsal ağırlıklı KBGSYH ve mekânsal ağırlıklı FIYAT değişkeninin kişi başı sanayi elektrik tüketiminin nedeni olduğu, diğer taraftan KENT, FIYAT ve DACIK değişkenlerinin ve mekânsal ağırlıklı KBSET, mekânsal ağırlıklı KENT, mekânsal ağırlıklı FIYAT ve mekânsal ağırlıklı DACIK değişkenin de KBGSYH değişkeninin nedeni olduğu belirlenmiştir.

Tablo 36: SpVAR Modeli Varyans Ayrıştırma Sonuçları

	Gecikme	**KBSET**	**KBGSYH**	**IST**	**KENT**	**FIYAT**	**DACIK**
KBSET	10	0,992	0,003	0,004	0,001	0,000	0,001
KBGSYH	10	0,018	0,875	0,024	0,045	0,014	0,025
IST	10	0,029	0,038	0,905	0,015	0,003	0,01
KENT	10	0,132	0,135	0,007	0,721	0,004	0,001
FIYAT	10	0,016	0,101	0,011	0,048	0,806	0,019
DACIK	10	0,028	0,023	0,007	0,038	0,001	0,904

Mekânsal Panel VAR modelinin tahmininden varyans ayrıştırma tahminleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 36'da verilmiştir. Tabloda 10. gecikmeye ilişkin değerler özetlenmiş olup tüm sonuçlar EK-2'de verilmiştir.

Elde edilen varyans ayrıştırma tahmin sonuçlarına göre ilk dönemde KBSET' deki değişimin tamamı kendisi tarafından açıklanmakta iken, 10 dönem sonunda da bu durum çok değişmemekte KBSET' deki değişimin yaklaşık % 99'u kendisi tarafından ve çok düşük oranda diğer değişkenler tarafından açıklanmaktadır.

Benzer şekilde KBGSYH değişkeni değerlendirildiğinde ilk dönemde KBGSYH'taki değişimin %99'u kendisi tarafından açıklanmakta iken, 10 dönem sonunda KBGSYH değişkenin standart sapmasında meydana gelen değişimin %88'i kendisi tarafından, yaklaşık %2'si KBSET değişkenindeki şoklardan, yaklaşık %2'si IST şoklarından, yaklaşık %5'i KENT, yaklaşık %1'i FIYAT ve yaklaşık %3'ü DACIK değişkeni şoklarından kaynaklanmaktadır.

IST değişkeni değerlendirildiğinde 10 dönem sonunda istihdam değişkeninin standart sapmasında meydana gelecek değişimin %91'i kendisinden, yaklaşık %3'ü KBSET şoklarından, yaklaşık %4'ü KBGSYH değişkeni şoklarından ve yaklaşık %2'sinin ise KENT değişkeni şokları tarafından açıklanabileceği söylenebilmektedir.

KENT değişkeni açısından değerlendirildiğinde 10 dönem sonunda kentleşmenin standart sapmasındaki değişimin %13'ünün kişi başına sanayi elektrik tüketimi şoklarından, yaklaşık %14'ünün kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla şoklarından ve yaklaşık % 72'sinin kendisindeki değişimden kaynaklandığı söylenebilmektedir.

FIYAT değişkeni değerlendirildiğinde 10 dönem sonunda fiyat değişkeninin standart sapmasında meydana gelecek değişimin yaklaşık %81'inin kendisindeki değişimden, yaklaşık %10'unun KBGSYH şoklarından ve yaklaşık %5'inin kentleşme değişkenindeki şoklardan kaynaklanacağı söylenebilmektedir.

Son olarak DACIK değişkenine bakıldığında 10 dönem sonunda DACIK değişkeninin standart sapmasında meydana gelecek değişimin yaklaşık %90 oranında kendisindeki değişimden, yaklaşık %3'ünün kişi başı sanayi elektrik tüketimi şoklarından, yaklaşık %2'sinin kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla kaynaklı şoklardan ve yaklaşık %4'ünün kentleşme değişkenindeki şoklardan kaynaklanacağı söylenebilmektedir.

SONUÇ

Bölgesel elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin belirlenmesi belirli bir bölgeye uygulanacak politikaların, mekânsal etkileşimler yolu ile diğer bölgeleri de etkileyebileceğinden enerji politikalarının belirlenmesi aşamasında, gelecekteki enerji gereksinimlerinin ve yatırımlarına karar verilmesi açısından oldukça önemlidir. Hızla gelişen ülkelerden biri olarak Türkiye'nin bu büyüme sürecinde nüfus, sanayileşme, enerji ve elektrik tüketimi de sürekli artma eğilimi göstermektedir. Bu nedenle bu çalışmada günümüzde kritik konulardan olan enerji kullanımı ele alınarak sanayi elektrik tüketimi ve büyüme ilişkisi bölgeler arası karşılıklı etkileşimler de dikkate alınarak incelenmiştir.

Çalışmada ilk olarak kullanılan değişkenlerde birim kökün varlığı birinci ve ikinci nesil panel birim kök testleri ile incelenmiştir. Durağanlığı belirlenen değişkenler arasındaki ilişki daha sonra mekânsal panel regresyon modeli, Panel VAR model ve Mekânsal Panel VAR modeli ile incelenmiştir.

Mekânsal panel regresyon modelinden elde edilen bulgulara göre uygun model rassal etkili mekânsal hata modeli olarak belirlenmiş ve bu modelin tahmininden elde edilen sonuçlara göre kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla, istihdam, fiyat, kentleşme ve dışa açıklık değişkenlerinin kişi başına sanayi elektrik tüketimini açıklamakta anlamlı olduğu, nüfus değişkeninin ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Diğer değişkenlerin etkisi sabit kabul edildiğinde, kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla değişkeninde meydana gelecek %1'lik bir artış kişi başına sanayi elektrik tüketiminde %1,03 oranında artışa sebep olabilmektedir. Bunun yanında mekânsal yayılma etkisi 0,41 ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Panel VAR Granger nedensellik test sonuçlarına göre kişi başına sanayi elektrik tüketimi ve kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla değişkenleri arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi, fiyat değişkeninden kişi başı sanayi elektrik tüketimi değişkenine ise tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra kişi başı sanayi

elektrik tüketimi ile kentleşme değişkeni arasında da çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir.

Panel VAR modeli varyans ayrıştırma tahminlerinden elde edilen sonuçlara göre, 10 dönem sonunda kişi başına sanayi elektrik tüketiminin standart sapmasında meydana gelecek değişimin yaklaşık %84'ü kendisinden, yaklaşık %3'ü kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla şoklarından, yaklaşık %11'i kentleşme değişkenindeki şoklardan, yaklaşık %2'si fiyat değişkenindeki şoklardan ve çok küçük bir kısmı ise istihdam ve dışa açıklık şoklarından kaynaklanmaktadır.

Kişi başına Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla değişkeni açısından değerlendirildiğinde ise 10 dönem sonunda kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsılanın standart sapmasında meydana gelecek değişimin yaklaşık % 6'sının kişi başı sanayi elektrik tüketimindeki şoklardan, yaklaşık %78'inin kendisi tarafından, yaklaşık %3'ünün istihdam değişkeni şoklarından, yaklaşık %13'ünün fiyat ve yaklaşık %1'inin dışa açıklık değişkenindeki şoklar tarafından açıklanabileceği söylenebilmektedir.

Mekânsal Panel VAR Granger nedensellik test sonuçlarına göre mekânsal ağırlıklı kişi başına sanayi elektrik tüketimi, mekânsal ağırlıklı kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla ve mekânsal ağırlıklı fiyat değişkeninin kişi başı sanayi elektrik tüketiminin nedeni olduğu, diğer taraftan kentleşme, fiyat ve dışa açıklık değişkenlerinin ve mekânsal ağırlıklı kişi başına sanayi elektrik tüketimi, kentleşme, fiyat ve mekânsal ağırlıklı dışa açıklık değişkenin de kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla değişkeninin nedeni olduğu belirlenmiştir.

Mekânsal Panel VAR varyans ayrıştırma tahmin sonuçlarına göre, 10 dönem sonunda kişi başına sanayi elektrik tüketimindeki değişimin yaklaşık % 99'u kendisi tarafından ve çok düşük oranda diğer değişkenler tarafından açıklanmakta olduğu belirlenmiştir.

Kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla açısından değerlendirildiğinde, 10 dönem sonunda kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıla değişkenin standart sapmasında meydana

gelen değişimin %88'i kendisi tarafından, yaklaşık %2'si kişi başına sanayi elektrik tüketimi şoklarından, yaklaşık %2'si istihdam şoklarından, yaklaşık %5'i kentleşme, yaklaşık %1'i fiyat ve yaklaşık %3'ü dışa açıklık değişkeni şoklarından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin analiz edildiği bu çalışmada kişi başına düşen gelirdeki artışın elektrik tüketiminde meydana getirdiği artış gelişmişlik düzey ile elektrik tüketimi arasındaki ilişkiyi doğrulamaktadır. Buna göre gelir düzeyi arttıkça daha fazla enerji tüketimi yapılmaktadır. Teorik olarak da anlamlı olan bu sonuç önceki çalışmalarla da uygunluk göstermektedir. Bunun yanı sıra kentleşme düzeyi arttıkça elektrik tüketiminin de artması benzer mantıkla açıklanmaktadır. Kent hayatında daha fazla teknoloji yoğun araç gereçlerin kullanılması, bilgi iletişim teknolojisi ürünlerin kullanımının artması bu sonucu doğrulamaktadır. Ekonomik büyüme arttıkça istihdam ve elektrik tüketimi artacak, istihdamın artması da elektrik tüketimini artıracaktır. Ekonomik büyümenin gerçekleşmesi elektriğin temel girdi olarak kullanıldığı sanayi sektörünün gelişmesine ve bu da daha fazla elektrik tüketimine neden olacaktır.

KAYNAKÇA

Abrigo, M. R. M. ve Love, I. (2016). Estimation of Panel Vector Autoregression in Stata: a Package of Programs, *Working Papers 201602*, University of Hawaii at Manoa, Department of Economics.

Ağır, H. ve Kar, M. (2010). Türkiye'de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi İlişkisi: Yatay Kesit Analizi. *Sosyo-Ekonomi Özel Sayı*, 10EN07, s. 151.

Akçiçek, Ö. (2015). *Ekonomik Büyüme ve Yenilenebilir Enerji Tüketimi-Üretimi İlişkisi: Türkiye Örneği.* Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Akgül, S. (2013). *Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Tahmini ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi.* Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum. s.13.

Aktacir, M. A.(2014). *Doğalgaz Tesisatı*, Şubat 2014, pdf dosyası.

Alejandro, J. ve Anastacio, R. (2017). Economic Growth, Co2 Emissions and Electric Consumption: Is there an Environmental Kuznets Curve? An Empirical Study for North America Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(2), s.65-71.

Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Model*. London New York: Springer.

Arellano, M. ve Bond, S. (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *The Review of Economic Studies*, 58(2), s. 277-297

Arellano, M. ve Bover, O. (1995). Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models. *Journal of Econometrics,* 68, 29-51.

Asteriou, D. ve Hall, S.G (2007). *Applied Econometrics: A Modern Approach Using Eviews and Microfit Revisited Edition.* Newyork: Palgrave Macmillan.

Atems, B. ve Hotaling, C. (2018). The Effect of Renewable and Nonrenewable Electricity Generation on Economic Growth. *Energy Policy*, 112, 111–118.

Bai, J. ve Ng, S. (2004). A PANIC Attack on Unit Roots and Cointegration. *Econometrica*, 72, 1127–1177.

Baltagi, B. H. (2008). *Econometric Analysis of Panel Data* (4th Ed.). İngiltere: John Wiley and Sons.

Baltagi, B. H., Fingleton, B. ve Pirotte, A. (2014).Estimating and Forecasting with a Dynamic Spatial Panel Data Model. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 76(1), 112-137, s.115.

Beenstock, M. ve Felsenstein, D. (2007) Spatial Vector Autoregressions. *Spatial Economic Analysis*, 2(2), 167-196, DOI: 10.1080/17421770701346689

BP, *Statistical Review of World Energy 2019,* https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html

BP Statistical Review of World Energy, 2018.

Blundell, R. ve Bond, S. (1998). Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models. *Journal of Econometrics,* 87(1), 115-143.

Breusch, T.S ve Pagan, A.R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.

Bun, J. ve Carree, M.A. (2005). Bias-Corrected Estimation in Dynamic Panel Data Models. *Journal of Business and Economic Statistics*, 23, 200-210.

Cliff, A. ve Ord, J. (1981). *Spatial Process Models and Applications*. London: Pion.

Çiftçi, N. (2017).Türkiye'de Cari Açığı Belirleyen Faktörler ve Cari Açığı Azaltmada Alternatif Enerji Kaynaklarının Rolü: VAR Modeli. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 83-110.

Doğan, E. (2015). The Relationship between Economic Growth and Electricity Consumption from Renewable and Non-Renewable Sources: A study of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 534–546.

Dumitrescu, E.I. ve Hurlin, C. (2012). Testing for Granger Non-Causality in Heterogeneous Panels. *Economic Modelling*, 29(4), s.1450-1460.

Elhorts, J. P. (2003). Specification and Estimation of Spatial Panel Data Models. *International Regional Science Review*, 26 (3), 244–268, s.250.

Elhorts, J. P. (2014). *Spatial Econometrics From Cross-Sectional Data to Spatial Panels.* Newyork: Springer.

Enerdata, *Electricity Domestic Consumption,* https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html

Enerji Atlası, http://www.enerjiatlasi.com/ulkelere-gore-jeotermal-enerji.html[16.05.2018]

Enerji Atlası, http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-uretimi/[16.05.2018]

Enerji Atlası, https://www.enerjiatlasi.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html

EPDK, *Elektrik Piyasası Piyasa Gelişim Raporu 2017*. EPDK Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara 2018.

ETKB (2016). *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı, İlgili ve İlişkili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri.* Bağlı ve İlgili Kuruluşlar Dairesi Başkanlığı, Ankara.

ETKB, *2000-2016 Türkiye Enerji Verimliliği Gelişim Raporu*, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, s.5.

ETKB, *Doğalgaz.* https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz

ETKB, *Elektrik* http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik.

ETKB, *Hidrolik* (http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik).

ETKB, *Petrol*, https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol.

ETKB, *TR ve Dünya Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü*, Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ocak 2017, s. 62.

EVM, Petrol, http://btsoevm.com/enerji-tr-sayfa-14-yenilenemez_enerji_kaynaklari.html

Faisal, F. Tursoy, T. ve Ercantan Ö.(2017). The Relationship between Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from Non-Granger Causality Test. *Procedia Computer Science,* 120, 671–675

Gök, K. (2016). Elektrik Enerjisi Tüketimi, Türkiye Değerlendirmesi ve Analitik Hiyerarşi Süreci ile İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü.

Gülel, F.E. (2018). *Uygulamalı Panel Veri Ekonometrisi* (Edt. Selahattin Güriş), İstanbul: Der Yayınları.

Güner, S. ve Albostan, A. *Türkiye'nin Enerji Politikası.*

Hadri, K. (2000). Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panel Data. *Econometrics Journal*, 3, 148-161.

Hahn, J. ve Kuersteiner, G. (2002). Asymptotically Unbiased Inference for a Dynamic Panel Model with Fixed Effects when both N and T are Large. *Econometrica*, 70, 1639- 1657.

Hsiao, C., Pesaran, H. ve Tahmiscioglu, A.K.(2002). Maximum Likelihood Estimation of Fixed Effects Dynamic Panel Data Models Covering Short Time Periods. *Journal of Econometrics*, 109, 107–150.

Hsiao, C. (2003). *Analysis of Panel Data.* Cambridge University Press.

IEA, 2018, Electricity Information: Overview, Electricity_Information_ 2018_Overview, s.7. https://webstore.iea.org/download/direct/2261?fileName=Electricity_Information_%202018_Overview.pdf

Im, K.S. ve Pesaran, M.H. (2003). *On The Panel Unit Root Tests Using Nonlinear Instrumental Variables.* Cambridge Working Papers in Economics 0347, Faculty of Economics, University of Cambridge.

Iyke, B. N. (2015). Electricity Consumption and Economic Growth in Nigeria: A Revisit of the Energy-Growth Debate. *Energy Economics*, 51, 166–176.

İşcanoğlu Çekiç, A. ve Gültekin, H. (2019). *R Uygulamalı Panel Veri Analizi ve Ampirik Bir Uygulama.* Bursa: Ekin Yayınevi.

Kalkınma Bakanlığı, "Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018)", *2016 Yılı Programı*, s.262. www.kalkınma.gov.tr, ss:262.

Kapoor, M., Kelejian, H.H. ve Prucha, I.R. (2007). Panel Data Models with Spatially Correlated Error Components. *Journal of Econometrics*, 140.

Karagöl, E.T. ve Kavaz, İ. (2017). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji. *SETA Analiz*, 197, s.18.

Kiviet, J. (1995) On Bias, Inconsistency and Efficiency of Various Estimators in Dynamic Panel Data Models. *Journal of Econometrics*, 68, 53- 78.

Khobai, H., Abel, S. ve Roux, P.L. (2016). An Investigation into the Electricity Supply and Economic Growth Nexus for South Africa. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(4), 701-705.

Kosfeld, R. Tests on Spatial Dependence in the Errors, *Spatial Econometrics*, https://www.unikassel.de/fb07/fileadmin/datas/fb07/5Institute/IVWL/Kosfld/lehre/spatial/SpatialEconometrics4b.pdf

Kutlar, A. (2017). *Eviews ile Panel Veri Ekonometrisi Uygulamaları*, Kocaeli: Umuttepe Yayınları, s.21

Levin, A., C.F. Lin ve Chu, C.S.J. (2002). Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties. *Journal of Econometrics*,108(1), 1-24.

Liua vd. (2018). Electricity Consumption and Economic Growth Nexus in Beijing: A Causal Analysis of Quarterly Sectoral Data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 2498–2503.

Maddala, G. ve Wu, S. (1999). A Comparative Study of Unit Root Tests and A New Models. *Econometrica*, 70, 191-221.

Magazzino, C. (2014). A Panel VAR Approach of the Relationship Among Economic Growth, CO2 Emissions, and Energy Use in the ASEAN-6 Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 546-553.

Metin, N. (2013). *Avrupa Ülkelerinde Ekonomik Özgürlüğün Panel Veri Modelleri ile Analizi*, İstanbul: Derin Yayınları.

Monteiro, J.A. (2010). *Essays on Investments and Envıronment: A Spatial Econometrics Perspective.* PhD Thesis Submitted to the Faculty of Economics at the University of Neuchatel.

Moon, H.R. ve Perron, B. (2004). Testing for a Unit Root in Panels with Dynamic Factors. *Journal of Econometrics*, 1, 81-126.

Moran, P. (1948). Interpretation of Statistical Maps. *Biometrica*, 255-260.

MTA, *2017 Faaliyet raporu*, Şubat 2018, ss.110.

Mur, J. ve J. H. P. Paelinck (2009). Some Issues on the Concept of Causality in Spatial Econometrics Models. T*rabajo Presentado En La III World Conference of Spatial Econometrics*, Barcelona, Spain.

Nişancı, M. (2005). Türkiye'de Elektrik Enerjisi Talebi ve Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 5 (9), 107-121.

NükTe, (2007), Enerji Nedir?, [http://www.nukte.org/node/100], Erişim Tarihi: 12.04.2018

Özliman, Y. (2015).*Türkiye İçin 2015 Yılı Kısa vadeli Elektrik enerjisi Talep Tahmininin Yapılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.16.

Pesaran, M. H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics,* 22 (2), 265-312.

Pesaran, M. H. (2004).*General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels.* Discussion Paper No. 1240 August 2004, IZA Discussion Papers.

Phillips, P.C.B. ve Sul, D. (2003).Dynamic Panel Estimation and Homogeneity Testing Under Cross Section Dependence. *The Econometrics Journal*, 6(1), 217–259.

Rahim vd. (2018)**.** Causal Relationship between Electric Consumption and Economic Growth in South East Sulawesi. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 8(6), 29-34.

Saguatti, A. (2013). *Modeling The Spatial Dynamics of Economic Models,* Alma Mater Studiorum – Università Di Bologna, Politica Economica.

Saidi, K.,Toumi, H. ve Zaidi, S. (2017). Impact of Information Communication Technology and Economic Growth on the Electricity Consumption: Empirical Evidence from 67 Countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 8, s. 789–803.

Salıma, B.A., Julie, L.G. ve Lionel, V. (2018). *Spatial Econometrics on Panel Data, Handbook of Spatial Analysis Theory and Application with R*. Insee – Eurostat, Vincent LOONIS.

Sarwar, S. , Chen, W. , Waheed, R. (2017). Electricity Consumption, Oil Price and Economic Growth: Global Perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76(9).

Sbia, R. , Shahbaz, M. ve Öztürk, İ. (2017). Economic Growth, Financial Development, Urbanisation and Electricity Consumption Nexus in UAE, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 30(1), 527-549, DOI: 10.1080/1331677X.2017.1305792527-549.

Schlager, N. ve Weisblatt, J. (2006) Alternative Energy, *Energy Conservation and Efficiency*, s.35.

Shahbaz, M., Sarwar, S., Chen, W. ve Malik, M. N. (2017). Dynamics of Electricity Consumption, Oil Price and Economic Growth: Global Perspective. *Energy Policy*, 108, 256–270.

Shiu, A. ve Lam, P.L. (2004).Electricity Consumption and Economic Growth in China**.** *Energy Policy*, 32, 47–54.

Şentürk ve Sıca (2016). Economic Growth and Energy Consumption in Turkey and Italy: A Frequency Domain Causality Analysis. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(4), 107-119.

Squalli, J. (2007). Electricity Consumption and Economic Growth: Bounds and Causality Analyses of OPEC Members. *Energy Economics*, 29, 1192-1205.

Tamzok, N. (2005). Kömür Rezervlerine Sahip Ülkelerde Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Seçimi ve Türkiye'nin Konumu. *TMMOB V. Enerji Sempozyumu,* Ankara 2005.

TEİAŞ, Elektrik İstatistikleri.

TEİAŞ, https://www.teias.gov.tr › sites › default › files › TANIMLAR_2

Terzi, H. (1998). Türkiye'de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Sektörel Bir Karşılaştırma. *İktisat İşletme ve Finans, Bölgesel Yayıncılık*, 13(144), 62-71.

TMMOB, *Türkiye'nin Enerji Görünümü,* Adana Şubesi, 2011.

Toda, H. Y. ve Yamamoto, T.(1995). Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250

Tunalı, H. ve Ulubaş, M. A. (2017). Elektrik Enerjisi Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: G7 Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama (1970-2015). *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 201(1), 1-13.

TÜİK, *Bölgesel İstatistikler Veri Tabanı.* https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/degiskenlerUzerindenSorgula.do#

Türkan ve Özel (2019). Determinants of Electricity Consumption Based on the NUTS 2 Regions of Turkey: A Panel Data Approach. *Regional Statistics*, 9(1), 1-15. DOI: 10.15196/RS090105

Uslu, H. (2018). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Gelişmekte Olan Ülkeler Üzerine Panel Veri Analizi. *Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR),* 5(20), 729-744.

Usta, C.(2015) *Türkiye'de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme İlişkisinin Bölgesel ve Sektörel Analizi*, Karadeniz Teknik Ünv. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon 2015.

Usta, C. (2016) Türkiye'de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme İlişkisinin Bölgesel Analizi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 2 (2), 181-201, DOI: http://dx.doi.org/10.20979/ueyd.31660

Van Der Kroon, B., Brouwer, R. ve Van Beukering, P. J. (2013). The Energy Ladder: Theoretical Myth or Empirical Truth? Results from a Meta-Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 20,* 504-513. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.045.

Wei, O. X. (2015). Spatial Panel VAR and Application to Forecast Inuenza Incidence Rates of US States. *Job Market Paper*, s.6.

World Energy Council, https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/solar/. (24.10.2017:16:36)

World Wind Energy Association, https://wwindea.org/blog/2018/02/12/2017-statistics/

Yerdelen Tatoğlu, F. (2012). *İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı*(2.Baskı*)*. İstanbul: Beta Yayınları.

Yerdelen Tatoğlu, F.(2018). *İleri Panel Veri Analizi* (3. Baskı). İstanbul: Beta Yayınları, s.257.

YEGM, Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_turkiye_potansiyel.aspx

Yılgör, M. (2019). *Mekânsal Ekonometri*, İstanbul: DER Yayınları, s.8.

Zeren, F. (2011). *Mekânsal Ekonometri ve Mekânsal Panel Ekonometri Yaklaşımları: AB Üye Ülkeleri İçin Gelir Yakınsama Hipotezi Üzerine Bir Uygulama*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Zhang, C., Zhou, K., Yang, S. ve Shao, Z. (2017). On Electricity Consumption and Economic Growth in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 353–368.

EKLER

EK-1

Panel VAR Modeli Varyans Ayrıştırma Tahminleri

$KBSET

	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
[1,]	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
[2,]	0.932630	0.031249	0.000803	0.016334	0.016203	0.002782
[3,]	0.898180	0.041010	0.001694	0.041064	0.015518	0.002534
[4,]	0.878325	0.038970	0.001556	0.062206	0.016579	0.002364
[5,]	0.865316	0.036912	0.001534	0.077605	0.016388	0.002245
[6,]	0.856194	0.035503	0.001503	0.088562	0.016078	0.002160
[7,]	0.849667	0.034523	0.001468	0.096373	0.015865	0.002104
[8,]	0.844985	0.033828	0.001440	0.101960	0.015724	0.002064
[9,]	0.841616	0.033329	0.001420	0.105977	0.015624	0.002035
[10,]	0.839179	0.032967	0.001405	0.108883	0.015552	0.002013

$KBGSYH

	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
[1,]	0.022776	0.977224	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
[2,]	0.049626	0.794546	0.009697	0.001163	0.131850	0.013118
[3,]	0.054574	0.778858	0.024151	0.001123	0.127250	0.014044
[4,]	0.055344	0.775491	0.025792	0.001159	0.128049	0.014165
[5,]	0.055676	0.774856	0.025778	0.001194	0.128138	0.014357
[6,]	0.055857	0.774649	0.025782	0.001229	0.128106	0.014378
[7,]	0.055961	0.774529	0.025781	0.001267	0.128086	0.014376
[8,]	0.056027	0.774444	0.025779	0.001302	0.128073	0.014375
[9,]	0.056073	0.774382	0.025777	0.001332	0.128063	0.014374
[10,]	0.056107	0.774335	0.025776	0.001354	0.128056	0.014373

$IST

	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
[1,]	0.029696	0.031048	0.939256	0.000000	0.000000	0.000000
[2,]	0.030074	0.043257	0.906112	0.010092	0.000454	0.010010
[3,]	0.028976	0.053211	0.880076	0.019393	0.001750	0.016594
[4,]	0.031006	0.054463	0.868200	0.025711	0.002010	0.018610
[5,]	0.034107	0.054252	0.861204	0.029622	0.001999	0.018816
[6,]	0.037031	0.053962	0.856195	0.032042	0.002036	0.018735
[7,]	0.039402	0.053732	0.852518	0.033624	0.002069	0.018656
[8,]	0.041207	0.053562	0.849822	0.034720	0.002092	0.018597
[9,]	0.042549	0.053437	0.847841	0.035510	0.002109	0.018553
[10,]	0.043540	0.053345	0.846382	0.036090	0.002121	0.018522

$KENT

	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
[1,]	0.014560	0.051949	0.004834	0.928657	0.000000	0.000000
[2,]	0.085893	0.065191	0.003199	0.813797	0.031357	0.000562
[3,]	0.160819	0.062326	0.002912	0.747328	0.026167	0.000449
[4,]	0.215282	0.054856	0.002523	0.703854	0.023015	0.000469
[5,]	0.250432	0.049875	0.002314	0.675369	0.021553	0.000458
[6,]	0.273297	0.046713	0.002171	0.656603	0.020784	0.000433
[7,]	0.288656	0.044617	0.002073	0.643966	0.020272	0.000416
[8,]	0.299236	0.043181	0.002007	0.635259	0.019912	0.000404
[9,]	0.306661	0.042175	0.001961	0.629149	0.019658	0.000396
[10,]	0.311948	0.041458	0.001929	0.624798	0.019477	0.000390

$FIYAT

	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
[1,]	0.020450	0.136808	0.000010	0.048035	0.794697	0.000000
[2,]	0.019501	0.151883	0.010542	0.069450	0.745228	0.003397
[3,]	0.023465	0.149113	0.011572	0.079423	0.729356	0.007070
[4,]	0.030430	0.148173	0.012449	0.084452	0.717430	0.007066
[5,]	0.036691	0.146577	0.012369	0.087887	0.709461	0.007016
[6,]	0.041405	0.145356	0.012266	0.090396	0.703605	0.006971
[7,]	0.044903	0.144456	0.012190	0.092208	0.699313	0.006930
[8,]	0.047503	0.143795	0.012134	0.093515	0.696154	0.006899
[9,]	0.049430	0.143308	0.012093	0.094468	0.693825	0.006876
[10,]	0.050855	0.142948	0.012063	0.095170	0.692106	0.006859

$DACIK

	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
[1,]	0.026149	0.027570	0.002234	0.005642	0.000840	0.937565
[2,]	0.029279	0.037800	0.005321	0.019752	0.004087	0.903762
[3,]	0.028710	0.043687	0.007363	0.025064	0.004027	0.891149
[4,]	0.029215	0.044120	0.008377	0.026919	0.004025	0.887345
[5,]	0.029991	0.044049	0.008654	0.027703	0.004032	0.885571
[6,]	0.030640	0.043996	0.008688	0.028121	0.004049	0.884506
[7,]	0.031121	0.043960	0.008684	0.028388	0.004058	0.883788
[8,]	0.031469	0.043935	0.008680	0.028579	0.004062	0.883276
[9,]	0.031720	0.043916	0.008676	0.028721	0.004064	0.882902
[10,]	0.031905	0.043903	0.008673	0.028827	0.004066	0.882627

EK-2

Mekânsal Panel VAR Modeli Varyans Ayrıştırma Tahminleri

$KBSET

	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
[1,]	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
[2,]	0.996129	0.001385	0.001506	0.000307	0.000133	0.000540
[3,]	0.993589	0.002177	0.002660	0.000535	0.000145	0.000894
[4,]	0.992413	0.002488	0.003263	0.000657	0.000150	0.001029
[5,]	0.991953	0.002595	0.003515	0.000715	0.000152	0.001069
[6,]	0.991787	0.002632	0.003606	0.000742	0.000154	0.001080
[7,]	0.991728	0.002644	0.003636	0.000754	0.000154	0.001083
[8,]	0.991707	0.002649	0.003646	0.000760	0.000155	0.001084
[9,]	0.991699	0.002651	0.003649	0.000763	0.000155	0.001084
[10,]	0.991696	0.002652	0.003650	0.000764	0.000155	0.001084

$KBGSYH

	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
[1,]	0.005535	0.994465	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
[2,]	0.014177	0.930164	0.009715	0.013982	0.012987	0.018975
[3,]	0.015671	0.898802	0.019608	0.027268	0.014336	0.024314
[4,]	0.015464	0.886388	0.023103	0.035798	0.014364	0.024882
[5,]	0.015647	0.881066	0.023823	0.040407	0.014291	0.024767
[6,]	0.016215	0.878331	0.023870	0.042682	0.014238	0.024663
[7,]	0.016818	0.876787	0.023828	0.043752	0.014208	0.024606
[8,]	0.017278	0.875912	0.023798	0.044245	0.014191	0.024577
[9,]	0.017575	0.875430	0.023782	0.044469	0.014182	0.024561
[10,]	0.017749	0.875175	0.023774	0.044571	0.014178	0.024553

$IST

	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
[1,]	0.026810	0.014907	0.958283	0.000000	0.000000	0.000000
[2,]	0.028483	0.024342	0.933402	0.006251	0.001874	0.005649
[3,]	0.027865	0.033248	0.916516	0.011017	0.002458	0.008895
[4,]	0.027927	0.036567	0.909782	0.013317	0.002551	0.009856
[5,]	0.028371	0.037540	0.907197	0.014289	0.002553	0.010049
[6,]	0.028774	0.037816	0.906093	0.014692	0.002550	0.010076
[7,]	0.029032	0.037900	0.905580	0.014862	0.002549	0.010076
[8,]	0.029176	0.037930	0.905334	0.014937	0.002548	0.010075
[9,]	0.029251	0.037942	0.905214	0.014971	0.002548	0.010073
[10,]	0.029288	0.037947	0.905157	0.014986	0.002548	0.010073

$KENT

	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
[1,]	0.007649	0.079786	0.010202	0.902363	0.000000	0.000000
[2,]	0.040581	0.110570	0.009487	0.834602	0.003624	0.001136
[3,]	0.072620	0.125024	0.008863	0.788552	0.003866	0.001075
[4,]	0.096416	0.131388	0.008181	0.759260	0.003786	0.000969
[5,]	0.112012	0.133942	0.007762	0.741634	0.003709	0.000941
[6,]	0.121447	0.134864	0.007562	0.731521	0.003662	0.000944
[7,]	0.126832	0.135153	0.007478	0.725949	0.003637	0.000951
[8,]	0.129769	0.135223	0.007445	0.722982	0.003625	0.000956
[9,]	0.131316	0.135228	0.007433	0.721446	0.003618	0.000959
[10,]	0.132109	0.135220	0.007429	0.720668	0.003615	0.000960

$FIYAT

	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
[1,]	0.013350	0.101325	0.000050	0.014677	0.870598	0.000000
[2,]	0.012684	0.102269	0.010287	0.030883	0.830108	0.013769
[3,]	0.012884	0.100956	0.010225	0.039031	0.818867	0.018037
[4,]	0.013476	0.100465	0.010680	0.043404	0.813230	0.018745
[5,]	0.014201	0.100576	0.010863	0.045667	0.809929	0.018764
[6,]	0.014851	0.100767	0.010886	0.046782	0.807991	0.018723
[7,]	0.015331	0.100887	0.010877	0.047312	0.806895	0.018698
[8,]	0.015644	0.100945	0.010869	0.047557	0.806300	0.018685
[9,]	0.015829	0.100970	0.010865	0.047670	0.805988	0.018679
[10,]	0.015932	0.100980	0.010863	0.047721	0.805828	0.018675

$DACIK

	KBSET	KBGSYH	IST	KENT	FIYAT	DACIK
[1,]	0.025349	0.017092	0.001894	0.006195	0.000340	0.949129
[2,]	0.023932	0.018491	0.004619	0.021312	0.000874	0.930772
[3,]	0.023810	0.021092	0.006333	0.030211	0.000858	0.917697
[4,]	0.024767	0.022310	0.006679	0.034367	0.000872	0.911005
[5,]	0.025804	0.022870	0.006709	0.036239	0.000887	0.907490
[6,]	0.026568	0.023149	0.006703	0.037090	0.000894	0.905597
[7,]	0.027050	0.023292	0.006697	0.037480	0.000897	0.904585
[8,]	0.027330	0.023365	0.006694	0.037660	0.000898	0.904053
[9,]	0.027485	0.023401	0.006692	0.037744	0.000898	0.903780
[10,]	0.027567	0.023418	0.006692	0.037782	0.000898	0.903643