



**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA
TEZİ**

**ÇEVRESEL KUZNET EĞRİSİ:
DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYON ANALİZİ**

HÜSEYİN ŞENTÜRK

**EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
EKONOMETRİ BİLİM DALI**

NİSAN 2016



**ÇEVRESEL KUZNET EĞRİSİ: DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYON
ANALİZİ**

Hüseyin ŞENTÜRK

**DOKTORA TEZİ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

NİSAN 2016

Hüseyin ŞENTÜRK tarafından hazırlanan “Çevresel Kuznet Eğrisi: Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Ekonometri Anabilim Dalında Ekonometri Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Nezir KÖSE

Ekonometri, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan : Prof. Dr. Jülide YILDIRIM ÖCAL

Ekonomi, TED Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye : Prof. Dr. Tolga OMA Y

İşletme, Türk Hava Kurumu Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye : Doç. Dr. Nükhet DOĞAN

Ekonometri, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye : Doç. Dr. Yeliz YALÇIN

Ekonometri, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 29/04/2016

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.



Prof. Dr. Suna BAŞAK

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



Hüseyin ŞENTÜRK

29.04.2016

Eşim Rukiye'ye

ÇEVRESEL KUZNET EĞRİSİ: DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYON ANALİZİ
(Doktora Tezi)

Hüseyin ŞENTÜRK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Nisan, 2016

ÖZET

Bu çalışmada Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezinin geçerli olup olmadığı araştırılmış, geçerli olduğu durumda ise eğrinin dönüm noktası tahmin edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme kavramları ele alınmış, sonrasında Çevresel Kuznet Eğrisi açıklanmıştır. Bu çerçevede Çevresel Kuznet Eğrisine neden olabilecek çevresel kalite talebinin gelir elastikiyeti, ölçek, teknoloji ve bileşen etkisi, uluslararası ticaret, piyasa mekanizması ile yönetmeliklere ilişkin bilgiler verilmiştir. Sonrasında çalışmanın ikinci bölümünde iklim değişikliği ve iklim değişikliği ile mücadele konusunda gerek uluslararası gerek ulusal düzeyde yürütülen faaliyetlere yer verilmiştir. Bu kapsamda uluslararası düzeyde oluşturulan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamındaki gelişmeler belirtilmiştir. Çalışmanın üçüncü ve dördüncü bölümünde sırasıyla Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezinin sınanması amacıyla oluşturulan doğrusal panel veri modelleri teorik olarak anlatılmış ve yapılan uygulamalar içerilmiştir. Doğrusal panel veri uygulaması sonrası doğrusal olmayan panel veri modellerine ilişkin bilgi verilerek doğrusal modellerle yapılan uygulamalara paralel bir şekilde doğrusal olmayan modellerle benzer uygulama yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bilim Kodu : 1106
Anahtar Kelimeler : Çevresel Kuznet Eğrisi, Panel veri modelleri, Doğrusal olmayan panel veri modelleri
Sayfa Adedi : 204
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nezir KÖSE

ENVIRONMENTAL KUZNET CURVE: NONLINEAR REGRESSION ANALYSIS

(Ph.D. Thesis)

Hüseyin ŞENTÜRK

GAZİ UNIVERSITY

INSTITUTE of SOCIAL SCIENCE

April, 2016

ABSTRACT

In this study, the validity of the Environmental Kuznet Curve has been investigated. If there is a valid Environmental Kuznet Curve, then the turning point has been estimated from the curve. Within this scope, initially the concept of sustainable development and green growth have been addressed. Then Environmental Kuznet Curve has been explained. In this context, information was given on income elasticity of demand for environmental quality, impact of scale, technological and composition effects, international trade, market mechanisms and regulations which could lead to Environmental Kuznet Curve. In the second part of the study, the activities carried on the subjects of climate change and the combating climate change both at the national and international level have been summarized. At the international level, the developments were specified within the scope of United Nations Framework Convention on Climate Change. Linear panel data models that were constructed in order to test the hypothesis of the Environmental Kuznet Curve were explained theoretically, and the empirical applications were presented, in the third and fourth parts of the study, respectively. After the implementation of linear panel data models, information about the non-linear panel data models was given. Then, the validity of the Environmental Kuznet Curve hypothesis has been investigated by employing non linear estimation methods, the results of which have been compared and contrasted with that of the linear models.

Science Code : 1106

Key Words : Environmental Kuznet Curve, Panel data models, Nonlinear panel data models

Page Number : 204

Supervisor : Prof. Dr. Nezir KÖSE

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sürecinde desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli eşim Rukiye YILMAZ ŞENTÜRK ve her türlü destekleri ile bu çalışmanın tamamlanmasında önemli payı olan değerli hocalarım Prof. Dr. Jülide YILDIRIM ÖCAL ile Prof. Dr. Tolga OMA Y başta olmak üzere, katkılarından dolayı tez danışmanım Prof. Dr. Nezir KÖSE'ye, doğrusal olmayan modellerle çalışmama katkısı olan Prof. Dr. Nadir ÖCAL'a ve Türkiye İstatistik Kurumu çalışanlarından Erhan ÜNAL ile Aynur TOKEL'e; eğitim ve öğretim hayatım boyunca beni destekleyen aileme teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER ve KISALTMALAR	xiii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

ÇEVRESEL KUZNET EĞRİSİ

1.1. Sürdürülebilirlik.....	7
1.1.1. Zayıf sürdürülebilirlik.....	11
1.1.2. Güçlü sürdürülebilirlik.....	13
1.2. Yeşil Büyüme	15
1.3. Çevresel Kuznet Eğrisi	19
1.3.1. Çevresel kalite talebinin gelir elastikiyeti.....	22
1.3.2. Ölçek, teknolojik ve bileşen etkisi.....	23
1.3.3. Uluslararası ticaret.....	25
1.3.3.1. Yer değiştirme hipotezi	26
1.3.3.2. Kirlilik sığınağı hipotezi	27
1.3.3.3. Doğrudan yabancı yatırımlar	28
1.3.3.4. Teknoloji yayılımı	28
1.3.4. Piyasa mekanizması.....	28
1.3.4.1. Fiyatların rolü	29
1.3.4.2. Ekonomik birimlerin rolü	29
1.3.4.3. Piyasa ekonomisine geçiş	30
1.3.4.4. Bilgiye erişim	30
1.3.5. Yönetmelikler	31
1.3.5.1. Resmi yönetmelikler.....	31

Sayfa

1.3.5.2. Gayri resmi düzenlemeler.....	31
1.4. Literatür Taraması.....	32

2. BÖLÜM

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

2.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.....	41
2.1.1. İklim değişikliği müzakereleri	44
2.1.2. Ulusal katkılar.....	51
2.2. Kyoto Protokolü.....	53
2.2.1. Esneklik mekanizmaları.....	56
2.2.1.1. Temiz kalkınma mekanizması	58
2.2.1.2. Ortak yürütme.....	59
2.2.1.3. Emisyon ticareti.....	59
2.3. İklim Değişikliği ve Türkiye.....	61

3. BÖLÜM

PANEL VERİ MODELLERİ

3.1. Sabit Etkiler Modeli.....	72
3.2. Panel Veri Modelleri Testleri	77
3.2.1. F test.....	77
3.2.2. Olabilirlik oran testi	78
3.2.3. Değişen varyans testi	79
3.2.4. Otokorelasyon testi	80
3.3. Panel Veri Modellerinde Birim Kök Testleri	81
3.3.1. Birinci jenerasyon panel birim kök testleri.....	83
3.3.1.1. Levin Lin Chu testi	83
3.3.1.2. Im, Pesaran ve Shin testleri	84
3.3.1.3. Choi ve Maddala-Wu testleri.....	85
3.3.1.4. Hadri testi	86
3.3.2. İkinci jenerasyon panel birim kök testleri	87

	Sayfa
3.3.2.1. Bai ve Ng testleri	87
3.3.2.2. Pesaran testleri	90
3.4. Yatay Kesit Bağımlılık Testleri	91
3.4.1. Friedman testi	93
3.4.2. Breusch Pagan testi.....	94
3.4.3. Frees testi	95
3.4.4. Pesaran CD testi.....	96
3.4.5. Pesaran hata uyarlaması yapılmış LM testi	97
3.4.6. Mekansal bağımlılık	98
3.5. Panel Eşbütünleşme	100

4. BÖLÜM

DOĞRUSAL MODELLER UYGULAMA

4.1. Veri Setleri	106
4.2. Doğrusal Model Sonuçları	116
4.2.1. Yatay kesit bağımlılık testi	116
4.2.2. Panel birim kök sonuçları	118
4.2.3. Model sonuçları	120

5. BÖLÜM

DOĞRUSAL OLMAYAN MODELLER

5.1. Doğrusal Olmayan Zaman Serisi Modelleri	124
5.1.1. SETAR modeli.....	126
5.1.1.1. Tsay (1989) yaklaşımı	127
5.1.1.2. Chan (1993) yaklaşımı.....	129
5.1.1.3. Hansen (1997) yaklaşımı	130
5.1.2. STAR modelleri.....	132
5.1.2.1. Lojistik ve üssel STAR modeli.....	133
5.1.2.1.1. Lojistik STAR modeli	133
5.1.2.1.2. Üssel STAR modeli	135

Sayfa

5.1.2.2. STAR modeli tahmini.....	136
5.2. Doğrusal Olmayan Panel Veri Modelleri	140
5.2.1. PSTAR modeli.....	141
5.2.1.1. PSTAR modelinin belirlenmesi	142
5.2.1.2. PSTAR modelinin tahmini	144
5.2.1.3. PSTAR modeli testleri.....	145
5.2.1.3.1. Parametre sabitliği testi	145
5.2.1.3.2. Kalıntı heterojenlik testi	147
5.2.1.4. Doğrusal olmayan panel birim kök testleri.....	148
5.2.1.4.1. Uçar ve Omay testi	150
5.2.1.4.2. Emirmahmutoğlu ve Omay testi.....	151
5.2.2. Doğrusal olmayan panel eşbütünleşme testleri.....	156

6. BÖLÜM**DOĞRUSAL OLMAYAN MODELLER UYGULAMA**

6.1. Doğrusal Olmayan Panel Birim Kök Test Sonuçları.....	161
6.2. Doğrusal Olmayan Panel Veri Modeli Sonuçları	163
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	179
KAYNAKLAR	187
ÖZGEÇMİŞ	204

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1 Ek-1 ve ek-2 ülkeleri	44
Çizelge 2.2 Kyoto 1. dönem ülke emisyon hedefleri.....	54
Çizelge 2.3 Kyoto Protokolü resmi ülke sınıflandırması.....	56
Çizelge 2.4 Kyoto Protokolü esneklik mekanizmaları	58
Çizelge 4.1 Çalışmada kullanılan veri setleri	106
Çizelge 4.2 Özet istatistikler	108
Çizelge 4.3 Yatay kesit bağımlılık test sonuçları.....	117
Çizelge 4.4 Panel birim kök sonuçları	119
Çizelge 4.5 Sabit etkili model sonuçları	120
Çizelge 6.1 Doğrusal olmayan panel birim kök test sonuçları	162
Çizelge 6.2 Doğrusallık testi sonuçları	164
Çizelge 6.3 Model seçim test sonuçları	165
Çizelge 6.4 PSTAR model sonuçları	169
Çizelge 6.5 Kalıntı heterojenlik test sonuçları.....	173
Çizelge 6.6 İkinci veri seti için PSTAR model sonuçları	174

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1 Kuznet eğrisi.....	20
Şekil 1.2 Çevresel Kuznet Eğrisi	21
Şekil 1.3 Çevresel Kuznet Eğrisi nedenleri	25
Şekil 4.1 Kişi başı CO ₂ emisyonu, 2012 (ton CO ₂ /kişi)	109
Şekil 4.2 Kişi başı GSYH, 2012 (bin USD/kişi).....	110
Şekil 4.3 Ek-1 ülkeleri için kişi başı CO ₂ emisyon miktarı, 1960-2012	111
Şekil 4.4 Ek-1 dışı ülkeler için kişi başı CO ₂ emisyon miktarı, 1960-2012	112
Şekil 4.5 Bazı ülkelerde kişi başı CO ₂ emisyonu ve GSYH karşılaştırması, 1960-2012 ..	113
Şekil 4.6 Sektörlere göre Türkiye’de seragazı emisyon miktarları, 1990-2013	114
Şekil 4.7 Doğrudan seragazılarına göre emisyon miktarları, 1990-2013	115
Şekil 5.1 Lojistik fonksiyon.....	134
Şekil 5.2 Üssel fonksiyon	135
Şekil 6.1 Set 1 için grid araştırma sonuçları	167
Şekil 6.2 Set 2 için grid araştırma sonuçları	167
Şekil 6.3 Set 3 için grid araştırma sonuçları	168
Şekil 6.4 Birinci veri seti için geçiş fonksiyonu	170
Şekil 6.5 İkinci veri seti için geçiş fonksiyonu	171
Şekil 6.6 Üçüncü veri seti için geçiş fonksiyonu	172
Şekil 6.7 İkinci veri seti için birinci geçiş fonksiyonu.....	176
Şekil 6.8 İkinci veri seti için ikinci geçiş fonksiyonu.....	176

SİMGELER ve KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
AAU	Tahsislendirilmiş Miktar Birimi
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADF	Genişletilmiş Dickey Fuller
ADP	Durban Güçlendirilmiş Eylem Platformu Geçici Çalışma Grubu
AGBM	Berlin Direktifleri
AIC	Akaike Bilgi Kriteri
AR	Otoregresif
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
BM	Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CER	Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltımı
CH ₄	Metan
CLRTAP	Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu Uzun Menzilli Sınır Aşan Hava Kirliliği
CMP	Taraflar Toplantısı
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
COP	Taraflar Konferansı
ÇKE	Çevresel Kuznet Eğrisi
DB	Dünya Bankası
EKK	En Küçük Kareler

EKKKDM	En Küçük Kareler Kukla Değişken Modeli
EO	Emirmahmutoğlu ve Omay
ERU	Emisyon Azaltım Birimi
ESTAR	Üssel Yumuşak Geçişli Otoregresif
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
GEMS	Global Çevre İzleme Sistemi
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IMF	Uluslararası Para Fonu
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
IPS	Im, Pesaran ve Shin
ITO	Uluslararası Ticaret Örgütü
İDEP	İklim Değişikliği Eylem Planı
İDHYKK	İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu
İDKK	İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu
İDSB	İklim Değişikliği Strateji Belgesi
İDUSEP	İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı
iid	Bağımsız ve Özdeş Dağılmış
JISC	Ortak Yürütme Denetleme Komitesi
KSH	Kirlilik Sığınağı Hipotezi
KSS	Kapetanios, Shin ve Snell
LLCT	Levin Lin Chu Testi
LM	Lagrange Çarpanı
LR	Olabilirlik Oran
LSTAR	Lojistik Yumuşak Geçişli Otoregresif
N ₂ O	Diazotmonoksit
NO _x	Azotoksit
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü

OPEC	Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
PM	Partiküler Madde
PSTAR	Panel Yumuşak Geçişli Otoregresif
PSTRVEC	Panel Yumuşak Geçişli Vektör Hata Düzeltme
PTR	Panel Eşik
SETAR	Kendinden Uyarımlı Eşik Değer Otoregresif
SIC	Schwartz Bilgi Kriteri
SO ₂	Kükürtdioksit
SSR	Hata Kareleri Toplamı
STAR	Yumuşak Geçişli Otoregresif
STR	Yumuşak Geçişli Regresyon
TAR	Eşik Değer Otoregresif
TVPSTR	Zamana Göre Değişen Yumuşak Geçişli Panel
UNCED	Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı
UNDP	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı Organizasyonu
UO	Uçar ve Omay
USD	Amerika Birleşik Devletleri Doları
VAR	Vektör Otoregresif Model
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
YPK	Yüksek Planlama Kurulu

GİRİŞ

Çevre sorunlarının her yıl giderek artmasına paralel olarak tüm dünyada çevre olgusuna her geçen gün ilgi artmakta ve çevre konusu kamuoyunun gün geçtikçe daha fazla ilgisini çekmektedir. 1970’li yılların sonundan itibaren, çevre sorunları önemini hissettirmeye başlamış ve gündemi oluşturan önemli konulardan biri haline gelmiştir. Çevre sorunlarının içerdiği ve insan ve hayvan sağlığı üzerinde oluşturduğu tehlike ve sakıncalar nedeniyle, bundan sonra da giderek daha fazla önem kazanacak bir olgu olarak görülmektedir.

Çevresel sorunların küresel ölçekte gündeme gelmesi 1970’li yılların başına dayanmaktadır. Yapılan tartışmalar sonucunda ekonomik kalkınmanın çevresel ve toplumsal faktörlerden bağımsız olarak ele alınamayacağı, kalkınmanın ancak çevresel, ekonomik ve toplumsal sürdürülebilirlik ile birlikte sağlanması gerektiği vurgulanmıştır. Kalkınmanın sürdürülebilir olmasının bu üç kavramın karşılıklı ilişkilerine bağımlı olduğu, kalkınma politikalarında ihtiyaçların belirlenirken gelecek nesillerin ihtiyaçlarına da önem verilmesi gerektiği belirtilmiştir. Yapılan tartışmalar sürdürülebilir kalkınma kavramı ile somutlaştırılmış ve salt bugünün ihtiyaçlarına cevap verir nitelikte politik önlemlerin yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır (WCED, 1987).

Bu anlamda sürdürülebilirlik kavramı, ülkeler açısından ekonomik büyümenin durdurulmasını değil, yeni bir büyüme stratejisi ile birlikte sürekli ve dengeli bir biçimde sağlanmasını belirtmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı dahilinde, çevre ile ekonominin birbirilerinin yerine ikame edilip edilmeyeceği tartışmaları sürdürülebilirliğin zayıf ve güçlü biçimini oluşturmaktadır (Ayres vd., 1998). Zayıf sürdürülebilirlik kabaca bu ikamet ilişkisine olanak sağlarken, güçlü sürdürülebilirlik çevresel bozulmalardan geri dönüş olamayacağı görüşüne dayanarak bu ilişkinin olamayacağını belirtmektedir.

Ekonomi, çevre ve toplum temelinde ortaya konulan sürdürülebilir kalkınma kavramı çevre ile ekonomik kalkınma arasında ilişkinin belirlenmesinde önemli bir aşamadır. Sürdürülebilir kalkınma kavramı ile birlikte çevreye rağmen büyüme ile çevre ile büyüme olarak nitelendirilebilecek bir bakış açısı getirilmiştir.

Diğer taraftan ekonomik büyümeye katkıda bulunabilecek ve çevre dostu yatırımları teşvik eden birçok politik aracın kullanılabilir olduğu tartışmaları ile birlikte yeşil büyüme kavramı ortaya konulmuştur. Bu kavram ile birlikte ülkelerin ekonomik büyümelerini doğal kaynakların ve çevresel hizmetlerin devam etmesini garanti ederek sağlanması gerektiği belirtilmiştir.

Gerek sürdürülebilir kalkınma, gerek yeşil büyüme kavramları ile birlikte küresel ölçekte kalkınmanın/ekonomik büyümenin çevrenin göz ardı edilmeden sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Bu çerçevede çevre ve ekonomi arasındaki ilişkinin varlığı ve biçimine ilişkin Çevresel Kuznet Eğrisi (ÇKE) hipotezi ortaya konulmuştur (Grosman ve Kruger, 1991). Bu hipotez temelde çevresel bozulma ile ekonomik büyüme arasında bir ilişkinin olduğunu ve bu ilişkinin de iki evreden oluştuğunu belirtmektedir. Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezine göre ekonomik büyümenin ilk evresinde çevresel bozulmalar gözlemlenirken, ekonomik büyümenin belirli bir düzeyinden sonra çevresel bozulmaların önleneceği düşünülmektedir.

Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezinin geçerli olup olmadığının sınanması amacıyla temelde ekonomik büyüme ve çevresel bozulma göstergesi kullanılmaktadır. İklim değişikliği bu çerçevede çevresel bozulmaların en önemlileri arasında değerlendirilmekte ve küresel ölçekte iklim değişikliği ile mücadele konusunda adımlar atılmaktadır. Özellikle 1990'lı yılların başından itibaren iklim değişikliği ile mücadele konusunda çeşitli organizasyonlar oluşturulmuştur. Bu organizasyonlar iklim değişikliğinin en önemli nedenlerinden biri olan seragazı emisyonlarının kontrol altında tutulması amacıyla faaliyetler yürütmektedir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) bu amaçla oluşturulmuş organizasyonların başında yer almaktadır. Sözleşme kapsamında ülkeler ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar çerçevesinde kategorilendirilmiş ve ek-1, ek-2 ve eklerin dışında kalan ülkeler olarak gruplandırılmıştır. Bununla birlikte sözleşmenin içeriğine uygun olarak alınan kararlar gereği belirli ülkelerin sayısallaştırılmış azaltım hedefleri belirlenmiştir. Kyoto Protokolü bu amaçla imzaya açılmış ve sınırlı sayıda ülkenin katılımı sağlanabilmiştir.

Kyoto Protokolünün bu anlamda amacına tam olarak ulaşamamış olmasından kaynaklı Kyoto sonrası dönem için BMİDÇS'ye taraf olan ülkelerden ulusal katkılarını 2015 yılı içinde belirlemesi kararlaştırılmıştır. Bu noktada ülkeler açısından ekonomik büyümelerini engellemeyecek düzeyde seragazı emisyonlarının hangi noktada zirveye çıkacağı ve ne düzeyde azaltım gerçekleştirebileceği sorunsalı ortaya çıkmıştır.

Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezi (hipotezin geçerli olduğu ön kabulü ile) seragazı emisyonlarının ekonomik büyümeye göre zirve noktasının veya dönüm noktasının belirlenmesinde önemli bir araç olarak değerlendirilebilir. Dolayısıyla ülkelerin ulusal katkılarının ortaya konulmasında yol gösterici araçlardan biri olabilir.

Uygulamalı araştırmalarda ÇKE hipotezinin test edilmesi için sıklıkla doğrusal modeller kullanılmaktadır. Doğrusal modeller polinomsal olarak oluşturularak hipotezin geçerli olup olmadığı test edilmektedir. Diğer taraftan bir veri üretim sürecinin her aşamasında aynı yapıya sahip olduğu varsayımı katı bir varsayımdır. Bu çerçevede doğrusal olmayan modellerin kullanımı, (doğrusal olmama durumu var ise) daha tutarlı analizlere imkan vermektedir.

Bu çalışmada ÇKE hipotezinin test edilmesi amacıyla yukarıda önemine değinilen ve seragazı emisyonlarının büyük bir kısmını oluşturan kişi başı karbondioksit (CO_2) emisyonları çevresel bozulma göstergesi olarak ele alınacaktır. Ekonomik büyüme göstergesi için ise kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) göstergesi kullanılacaktır.

Bu çalışmada avantajları üçüncü bölümde anlatılan hem doğrusal hem de doğrusal olmayan panel veri modelleri kullanılarak ÇKE hipotezi test edilecektir. Yukarıda belirtildiği üzere kişi başı GSYH ve kişi başı CO_2 emisyonlarının yanında bağımlı değişken olarak kullanılan kişi başı CO_2 emisyonlarını etkileyebileceği düşünülen nüfus artış hızı değişkeni kontrol değişkeni olarak ele alınacaktır.

Çalışmanın birinci bölümünde sürdürülebilirlik ve yeşil büyüme kavramları anlatılacak sonrasında ÇKE'sine neden olabilecek etmenler belirtilecektir. Bu etmenler beş başlıkta özetlenebilir:

- Çevresel kalite talebinin gelir elastikiyeti
- Ölçek, teknoloji ve bileşen etkisi
- Uluslararası ticaret
- Piyasa mekanizması
- Yönetmelikler

Son olarak konu ile ilgili yapılmış çalışmalar birinci bölümde özetlenecektir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise iklim değişikliği ve iklim değişikliği ile mücadele çerçevesinde uluslararası alandaki gelişmeler aktarılacaktır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında yürütülen faaliyetler tarihsel olarak belirtilecektir. Bunun yanında Kyoto Protokolü ve esneklik mekanizmaları ile iklim değişikliği ile mücadele konusunda ülkemizdeki gelişmelere ikinci bölümde yer verilecektir.

Çevresel Kuznet Eğrisi ve iklim değişikliğine ilişkin bilgilerin aktarılmasından sonra üçüncü bölümde çalışmada kullanılan doğrusal panel veri modeline ilişkin teorik ayrıntılara yer verilecektir. Bu çerçevede çalışmada kullanılacak sabit etkiler modeli anlatılacak ve birim kök testleri ile yatay kesit bağımlılık testleri belirtilecektir. Sonrasında çalışmanın dördüncü bölümünde çalışmada kullanılan veri setleri belirtilecek ve doğrusal panel veri modelleri ile yapılan uygulama sonuçları gösterilecektir.

Son olarak beşinci bölümde doğrusal olmayan modeller öncelikle zaman serisi modelleri olarak belirtilecek sonrasında doğrusal olmayan zaman serisi modellerinin bir genişlemesi olarak ele alınabilecek doğrusal olmayan panel veri modelleri belirtilecektir. Bu kapsamda geliştirilen doğrusal olmayan panel birim kök testleri ve eş bütünleşme testlerine ilişkin teorik bilgiler sunulacaktır. Teorik ayrıntılarının belirtilmesi sonrası çalışmanın altıncı bölümünde doğrusal olmayan panel veri modelleri ile ÇKE hipotezi test edilecektir.

Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezinin sınanması amacıyla doğrusal ve doğrusal olmayan panel veri modelleri ile yapılan analizlerin sonrasında çalışmanın sonucu ve genel değerlendirmelere yedinci bölümde yer verilecektir.

1. BÖLÜM

ÇEVRESEL KUZNET EĞRİSİ

Ekonomik büyüme ile çevresel kalite ilişkisi uzun yıllardır tartışılan bir konudur. 1970’li yıllardan önce, ham maddelerin, enerjinin ve doğal kaynakların tüketiminin ekonomik büyüme ile aynı oranda olacağı düşünülmektedir.

1970’li yılların başında ise Roma Kulübü¹ tarafından ortaya konulan “Büyümenin Sınırları” dünyadaki doğal kaynakların mevcudiyeti üzerinde durmuştur (Meadows vd., 1972). Roma Kulübüne göre çevresel kaynakların sınırlı olması ekonomik büyümeyi engellemekte ve gelecekte oluşması muhtemel çevresel bozulmaların önüne geçmek için sıfır büyümeye sahip olunmalıdır. Bu görüş teorik ve pratik zeminde çeşitli eleştiriler almıştır. Uygulamalı çalışmalar, bazı metal tüketimlerinin gelire oranının, gelişmiş ekonomiler için azaldığını göstermiş ve bunun da Büyümenin Sınırları’ndaki yer alan “mevcut durumdaki büyüme eğiliminin doğal kaynakların tükenmesine neden olacağı” görüşüyle çeliştiğini ortaya koymuştur (Malenbaum, 1978). Metal kullanım yoğunluğu ile gelir ilişkisi incelendiğinde ters U biçiminde bir ilişki gözlemlenmiştir. Kullanım yoğunluğu hipotezi olarak da nitelendirilebilen (Auty, 1985) bu biçimde bir ilişki, madde kullanım yoğunluğunun gelirin belirli bir eşik değerinden sonra azaldığını göstermektedir (Canas vd., 2003; Bruyn ve Heintz, 1998).

1990’lı yılların başında itibaren Global Çevre İzleme Sistemi (GEMS), Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı verileri gibi verilerin kullanılmaya başlaması ile beraber ters U şeklindeki ilişkinin hipotez edilmesine yönelik uygulamalı araştırmalarda artışlar olmuştur. Konu ile ilgili ilk uygulama araştırma ise Grossman ve Krueger (1991) çalışmasıdır. Sonrasında bu konu ile ilgili birçok uygulamalı araştırma yapılmıştır.

¹ Roma Klübü 1968 yılında kurulan uluslararası düşünce kuruluşudur.

Çevresel bozulmaların dünya ölçeğinde artışı ile beraber, kirlilik-ekonomik büyüme ilişkisi üzerine yapılan çalışmalarda artış görülmektedir. Bunun yanında Dünya Bankası (DB) tarafından yayımlanan Dünya Kalkınma Raporunda farklı çevresel kalite göstergeleri ile ülkelerin kişi başı gelirleri arasında yatay kesitte ilişkilerin varlığı ortaya konulmuştur (Dinda, 2004).

Konu ile ilişkili diğer uygulamalı çalışmalarda ise çevresel bozulma ile gelir arasında ters U şeklinde bir ilişki rapor edilmiştir (Selden ve Song, 1994; Shafik, 1994; Grossman ve Krueger, 1995; Holtz ve Selden, 1995; Carson vd., 1997; Bruyn vd., 1998; Rothman, 1998; Suri ve Chapman, 1998). Bu çalışmaların ortak noktası, ekonomik gelişme/büyümenin ilk aşamalarında çevresel kalitenin düştüğü, sonraki aşamalarında ise yükseldiğidir. Bir başka söylemle büyümenin ilk evrelerinde çevresel baskılar hızlı bir şekilde artarken, daha yüksek gelirlere ulaşıldığında görece yavaşlamaktadır. Bu sistematik ilişki ÇKE olarak nitelendirilir. Ters U şeklindeki ilişki biçimi ismini ekonomik gelişme ve gelir eşitsizliği ilişkisini gösteren Kuznets (1955) çalışmasından almaktadır.

Ekonomik gelişmenin ilk aşamalarında kirlilik artışının nedeni madde çıktısının artması ve insanların temiz hava ve sudan ziyade, iş ve geliri öncelikli tutmasıdır (Dasgupta vd., 2002). Hızlı büyüme ile doğal kaynakların kullanımı ve emisyonlar artmakta ve dolayısıyla çevre üzerinde daha fazla baskı oluşmaktadır. Bu aşamada büyümenin çevresel sonuçlarının insanlar nezdinde bir önemi bulunmamaktadır. Ekonomik gelişmenin sonraki aşamalarında ise insanlar çevreye daha fazla değer vermekte ve düzenleyici kuruluşlar daha etkin olmakta ve kirlilik azalmaktadır.

Çevresel Kuznet Eğrisi, bir ülkedeki ve bir topluluktaki gelirin değişimiyle beraber çevresel kaliteyi gösteren göstergelerin nasıl değiştiğini ortaya koymaktadır. Bunun yanında gerekli politikalar uygulandığında çevresel gelişme ile beraber ekonomik büyümenin gerçekleşebileceği görülmektedir. Burada önemli bir koşul, yalnızca gelir arttıkça etkin çevresel politikaların uygulanabilirliğidir. Politikanın uygulanmasından önce, ekonomik büyüme ile çevresel kalite ilişkisinin doğası anlaşılmalıdır (Coondoo ve Dinda, 2002). Dolayısıyla ekonomik büyümenin çevresel sorunlara neden olmaktan ziyade bu sorunlara çözüm olup olamayacağı sorusu sorulabilir.

Çevresel Kuznet Eğrisi üzerine yapılan çalışmalar, yüksek gelir düzeyinin çevresel bozulmayı artırıp artırmadığı hipotezini test etmektedir. Beckerman (1992) yüksek gelir düzeyinin çevresel bozulmaları azalttığını, Bhagawati (1993) ise ekonomik büyümenin çevresel iyileşmenin bir ön koşulu olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla büyüme, gelişen ülkeler açısından çevre kalitesinin artırılması için güçlü bir araçtır (Panayotou, 1993). Bir başka söylemle, mevcut çevresel düzenlemelerle ekonomik büyümenin yavaşlatılması, çevresel kalitenin azalmasına neden olabilir (Bartlett, 1994).

Bu bölümde çevresel bozulma ile ekonomik büyüme ilişkisi öncelikle sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde ele alınacak ve sürdürülebilirliğin zayıf ve güçlü biçimi anlatılacaktır. Sürdürülebilirliğin tanımı yapıldıktan sonra yakın zamanda ortaya çıkan ve çevresel bozulmalar azaltırken büyümenin sağlanmasına yönelik bir kavram olan yeşil büyüme kavramı üzerinde durulacaktır. Son olarak ÇKE tanımlanacak ve bu eğrinin oluşmasına neden olabilecek etmenler belirtilecektir. Bunun yanında konu ile ilgili yapılan çalışmalar ve bulguları tartışılacaktır.

1.1. Sürdürülebilirlik

Birleşmiş Milletler (BM) tarafından 1972 yılı Haziran ayında düzenlenen Stockholm Konferansı ile beraber çevre konusu dünya gündeminde yer bulmuştur. Konferansta temel olarak, sürdürülebilirliğin temelleri atılmış ve bu perspektifte çevreye karşı olan sorumlulukların tüm dünya ülkelerince paylaşılması gerektiği, çevre kirliliğinin tespit ve bu doğrultuda kontrol edilmesi ve dünyanın ekolojik açıdan daha duyarlı bir yönetim anlayışına sahip olması fikirleri ortaya konulmuştur. Bunun yanında konferansta özellikle kalkınmanın çevreyi korumakla çelişkili bir yönünün olmadığı ve ülkelerarası farklılıkların giderilmedikçe çevre koşullarının iyileştirilmesinde ilerleme kaydedilmeyeceği sonuçlarına varılmıştır.

1972 Stockholm Çevre ve İnsan Konferansı çevreye ilişkin konuların siyaset ve ideoloji ile ilgili olduklarını gösteren önemli bir aşamadır (Keleş, 1992). Konferans gerek uluslararası seviyede gerek ulusal seviyede ve yerel seviyede birçok çevresel önlem ve tedbirlerin alınmasını hızlandırmıştır. Konferans, öncelikle Birleşmiş Milletler Çevre Programı Organizasyonu'nun (UNEP) kurulmasına temel oluşturmuştur.

Günümüzde uluslararası kuruluşlara ve BM sistemine bakıldığında Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD), Avrupa Konseyi, Uluslararası Ticaret Örgütü (ITO), Uluslararası Para Fonu (IMF), DB gibi çok sayıda örgütlenmenin çevre konusunda etkinliği gözlenmektedir.

Avrupa Topluluğu ise çevre konusunda 1972 yılında harekete geçerek, kirlilik konusunda asgari standartlar getirip kirlenmeyi sınırlamak amacıyla birbirini izleyen dört eylem planı ile 200 dolayındaki hukuki metni kabul ederek bir mevzuat meydana getirmiştir. İlk defa birden fazla ülkede aynı anda başlayan bir program niteliğinde olan Avrupa Çevre Eylem Programı 1973 yılında uygulamaya konulmuştur (TÇV, 2001).

1980’li yılların sonunda Brundtland Raporu’nun (Ortak Geleceğimiz) yayımlanmasıyla beraber geniş bir şekilde kabul gören sürdürülebilirlik kavramı, birbirleriyle bağlantılı olan dünyanın ekonomik, sosyal ve çevresel sorunlarını çözmek için ekonomik büyüme kavramının tek başına yeterli olmadığını ortaya koymuştur. Bu raporda sürdürülebilir kalkınma kavramı “bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden karşılayan kalkınma” olarak tanımlanmış ve dünya üzerinde büyük bir çevre tarafından bu tanım kabul görmüştür (WCED, 1987).

Brundtland Raporu, sürdürülebilir kalkınma kavramı ile yoksulluğun ortadan kaldırılması, doğal kaynaklardan elde edinilen faydanın dağılımında eşitlik, nüfus kontrolü ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi konularının ilişki içerisinde olduğunu belirtmektedir. Raporda çevre ve kalkınma uyumsuzluğundan bahsedilmiş ve kalkınmak için çevrenin dikkatsizce kullanıldığı vurgulanmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı, bu anlamda ekonomik büyümenin durdurulmasının gerekli olmadığını, ancak gelişen ülkelerin geniş bir şekilde rol aldığı ve geniş bir fayda sağladığı yeni bir büyüme dönemi olmadan sorunların çözülmesinin güç olduğunu belirtmektedir. Brundtland Raporu, çevresel bozulmaların, insan refahını etkilediğini ve bu nedenle sürekli ve dengeli bir kalkınma yapısına ihtiyaç olduğunu, bunun yanında bu yapının mevcut dönemin ihtiyaçlarını karşılarken, gelecekteki ihtiyaçlar için de geçerli olması gerektiğini vurgulamıştır. Rapor, dünyada çevre sorunlarının, insan refahını ve gezegenimizdeki yaşamı tehdit ettiğini, bu açıdan sürekli ve dengeli bir kalkınmaya ihtiyaç olduğunu, ancak bu kalkınma politikasında bugünün

ihtiyaçları karşılanırken gelecek nesillerin ihtiyaçlarından taviz verilmemesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu da, ülkeler ve bölgeler arasında sağlanması gereken adaletin, kuşaklararası adalet ile bütünleşmesi düşüncesini yansıtmaktadır. “Sürdürülebilir Kalkınma” olarak adlandırılan bu anlayış, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme imkânlarını tehlikeye sokmadan, bugünkü kuşakların ihtiyaçlarının karşılanmasını sağlayacak kalkınma biçimi olarak tanımlanmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma kavramına ilişkin Brundtland Raporu bir tanım getirirse de kavramın çok net olmadığı, belirsizlik içerdiği ve kişiden kişiye göre değiştiği eleştirileri getirilmiştir (Pretty 1995; Campbell 1994; Beckerman 1992). Örnek olarak insani ihtiyaç kavramı bir taraftan yalnızca beslenme ve barınma gibi temel ihtiyaç algısı yaratırken, diğer taraftan bunlara ek olarak sağlık hizmetlerinden yararlanma, sosyal güvenlik koşulları veya bazı tüketim mallarına olan ihtiyaçları da içerebilmektedir.

Sürdürülebilir kalkınmaya ilişkin literatürde yer bulan bir diğer tanım ise “uzun dönemde refahı artırmak amacıyla finansal ve fiziksel zenginliklerin yanında doğal kaynakları ve insan kaynaklarını kontrol eden bir gelişim stratejisi” olarak kabul görmüştür (De Kruijf ve Van Vuuren, 1998). Bu çerçeveden bakıldığında, birbirleri ile ilişkili olan ekonomik, sosyal ve çevresel sorunları çözmek için yalnızca ekonomik büyümenin yeterli olamayacağının fark edilmiştir. Yalnızca bir alandaki sorunları çözmek için atılacak adımlar, sürdürülebilir olmayan bir duruma yol açabilmekte ve uzun dönemde çevresel ve sosyal tahribatlara neden olmaktadır.

Diğer taraftan yalnızca çevresel konulara önem verilmesinin veya insanların ihtiyacı olan hizmetlerin sağlanmaya çalışılmasının ekonomik kaynaklara bağlı olduğu aşıkardır. Dolayısıyla sürdürülebilir kalkınmanın odağında üç ana bileşenin olduğu söylenebilir:

- Ekonomi
- Çevre
- Toplum

Çevre ve kalkınma ilişkisi üzerine 1992 yılında Rio de Janerio’da yapılan Yeryüzü Zirvesi olarak da adlandırılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED) bu

çerçevede önemli bir dönüm noktası olarak değerlendirilebilir. Konferansın ortaya koyduğu en önemli tespit “Çevreye rağmen kalkınma sağlanamayacağı gibi, kalkınma olmadan çevre korunamaz” şeklinde özetlenebilir.

Stockholm Konferansında kirlilik ve yenilenemeyen kaynakların tüketimi konusunda yaklaşım “sorun kaynaklı” iken, Rio Konferansında, doğal kaynaklara dayalı, sürdürülebilir bir ekonomik büyüme ile insan kaynaklarının gelişimini benimseyen bütünsel bir yaklaşım seçilmiştir (Fisunoğlu, 1997). Konferans sonunda beş ana belge ortaya konulmuştur:

- Rio Deklarasyonu
- Gündem 21
- Ormancılık Prensipleri
- Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi
- İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

Bu belgeler arasında olan Rio Deklarasyonu, Türkiye’nin de taraf olduğu, hukuki bağlayıcılığı olmayan fakat ülkelere politik yükümlülük getiren bir belgedir. Gündem 21 ise çevre ve ekonomiyi etkileyen tüm alanlarda yapılması gerekenleri içeren bir eylem planı belgesidir.

Ormancılık Prensipleri hukuki olarak bağlayıcı olmamakla birlikte, tüm ormanları kapsayan ilkelerden oluşan ayrı bir belge olarak hazırlanarak, ülkelerin devlet ve hükümet başkanları tarafından onaylanmıştır. Bu belge, dünyanın bütün coğrafi bölgelerindeki ve iklim kuşaklarındaki ormanların tamamının yönetimine, korunmasına ve geliştirilmesine ilişkin esasları kapsamayıp, 15 ana madde altında 42 prensipten oluşmaktadır.

Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi’nin hedefi ise biyolojik çeşitliliğin korunmasını, sürdürülebilir kullanımını ve uygun teknoloji transferi yoluyla, genetik kaynaklardan elde edilen faydaların adil ve eşit bir şekilde paylaşımını sağlamaktır. Ormanlar, biyolojik çeşitliliğin en büyük kaynaklarından biri olduğu için, bu sözleşmedeki maddelerin çoğu ormanları ilgilendirmektedir. Bu belgeye Türkiye dahil 164 ülke taraf olmuştur.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, iklim değişikliğine neden olan ve seragazı emisyonlarının azaltılması ve bu amaçla alınacak tedbirler için gelişme yolundaki ülkelere finansman kaynağı ve teknoloji transferi sağlanmasını amaçlamaktadır. Sözleşmenin nihai amacı, “Atmosferdeki seragazı birikimlerini, insanın iklim sistemi üzerindeki tehlikeli etkilerini önleyecek bir düzeyde durdurma” (BMİDÇS, 1992). Haziran 1992’de Rio’da düzenlenen UNCED’de imzaya açılan BMİDÇS, 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

Türkiye açısından çevre konularında politika geliştirilmesi gerekliliğinin 1972 Stockholm Konferansı ile birlikte ortaya çıkmıştır. Çevre politikalarının temelini insan sağlığının ve doğal dengenin korunması ile beraber sürekli bir ekonomik kalkınmaya imkan verecek şekilde bir yönetim oluşturmaktadır. 1978 yılında Çevre Müsteşarlığı kurulmuş ve 1980 anayasasıyla birlikte herkesin sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahip olduğu belirtilmiştir. Bunun yanında Rio Konferansında ortaya konulan Gündem 21 belgesinde belediyeler tarafından uygulanacak çevre yönetim sistemleri, bölgesel habitatlar, her bölge için, toplumu oluşturan bireylerin çevre ile ilgili konulardaki etkin katılımları içerilmektedir.

Yukarıda belirtildiği üzere sürdürülebilirlik kavramı üzerine yapılan tartışmalar ana olarak çevre ve ekonominin birbirlerinin yerine ikame edilip edilmemesi üzerinedir. Bir başka söylemle doğal sermayenin ekonomik mal ve hizmetler ile karşılınıp karşılamayacağı sorunu sürdürülebilirlik kavramı üzerine yapılan tartışmaların temelini oluşturmaktadır.

Bölüm 1.1.1 ve 1.1.2’de bu çerçevede sürdürülen tartışmalar sürdürülebilirliğin zayıf ve güçlü biçimi olarak özetlenecektir.

1.1.1. Zayıf sürdürülebilirlik

Brekke (1997)’ye göre kalkınma nesilden nesile azalmıyorsa zayıf sürdürülebilir olarak nitelendirilmektedir². Ekonomik büyüme teorilerinde, sürdürülebilir kalkınma genel olarak kuşaklar arası eşitlik olarak ifade edilmekte ve refahta bir azalma olmaksızın büyümedeki

² Bu tanım sürdürülebilirliğin genel kullanımına tekabül etmektedir.

kısıt olarak anlatılmaktadır (Pezzey vd., 1989). Diğer taraftan refahta meydana gelecek geçici bir azalma bile kalkınmanın sürdürülemez olduğu anlamına gelmektedir³.

Sürdürülebilirlik, neoklasik ekonomistler açısından bir ulusun sermaye portföyünün sabit düzeyde kalmasını sağlama problemi olarak görülmektedir. Bu durumun yönetilmesi doğal sermaye ile insan yapımı sermayenin sınırsız biçimde yer değiştirmesine olanak sağlamaktadır (Pearce vd., 1996). Hartwick-Solow sürdürülebilirliği olarak da ifade edilen ve toplumun toplam sermayesinin korunmasını belirten bu yaklaşım, çevresel mal ve hizmetler de dahil olmak üzere azalmayan bir tüketime ihtiyaç duyan Hicksian sürdürülebilirliğine denk düşmektedir (Hartwick, 1977; Solow, 1986).

Hartwick-Solow modelinde yenilebilir ve yenilenemez doğal kaynaklar Cobb-Douglas üretim fonksiyonuna yerleştirilmiş ve doğal kaynakların üretilen sermaye ile yer değiştirebileceği varsayılmıştır. Dolayısıyla zayıf sürdürülebilirlik kavramının geçerli olabilmesi için

- Doğal kaynaklar gereğinden aşırı miktarda olmalıdır, veya
- Doğal ve üretilen sermayenin yer değiştirmesinin esnekliği 1'e eşit veya daha büyük olmalıdır, veya
- Teknolojik gelişmeler, doğal sermayenin yok olma hızına göre üretkenliği artırabilir.

Zayıf sürdürülebilirlik kavramı içsel olarak tasarrufların üretilen sermaye veya insani sermayede gerçekleştiğini ve daha sonra bunların doğal sermaye ile tamamen yer değiştirebileceğini varsaymaktadır. Bu perspektifle, kaynak kıtlığı olan veya ekosistemleri zarar görmüş ülkelerin sürdürülebilirliği mümkün olabilmektedir.

³ Genel olarak (sosyal) refah, faydanın fonksiyonudur ve bunu işlevselleştirmek güçtür. Uygulamalarda, basit modeller genellikle faydayı brüt çıktının yatırımlardan farkı olarak tanımlanabilen toplam tüketim ile eşitlemektedir. Bunun yanında mutluluğun maksimize edilmesi ise tüketimin maksimize edilmesi ile eşitlenmektedir. Literatürde bu yaklaşım Hicksian sürdürülebilirliği olarak nitelendirilir (Ayres vd., 1998).

Pearce ve Atkinson (1993), Hollanda ve Japonya için bu durumu örneklendirmiştir. Hollanda ve Japonya ormanlık alan açısından zayıf ülkelerdir. Bu alandaki eksiklikler uluslararası ticaret yapılarak kapatılmaya çalışılmıştır. Bir başka ifade ile doğal kaynaklardaki eksiklikler ticaret ile ikame edilmiştir. Bölgesel veya ulusal ölçekte sürdürülebilirlik konusu ve sürdürülebilir ticaret Bergh ve Verbruggen (1999) çalışmasında ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur.

Sürdürülebilirliğin zayıf biçimine ilişkin bir diğer örnek ise Pasifik Adalarından verilebilir (Gowdy ve McDaniel, 1999). Bu adalarda 1900'lü yıllarda dünyanın en zengin fosfat kaynakları bulunmaktadır. Yaklaşık 90 yıl boyunca süregelen fosfat madenciliğinin sonunda adanın yaklaşık %80'i harap olmuş duruma gelmiştir. Bu süreçte ada halkının madencilik faaliyetlerinden kaynaklı gelir düzeyi yükselmiştir. Yükselen bu gelir ise, ada halkına yaklaşık bir milyar Amerika Birleşik Devletleri (ABD) doları (USD) değerinde bir fon yaratma şansı vermiştir. Bu fonlardan elde edilen faiz geliri ile ekonomik olarak dengeli bir yönetime sahip olunmuş ve bu bakımdan sürdürülebilirlik sağlanmıştır. Fakat Asya finansal krizi ile beraber fonun büyük miktarı erimiştir. Mevcut durumda, ada biyolojik olarak fakirleşmiş ve ada halkı adanın ekosistemini para ile takas etmiştir.

Sonuç olarak bu ülkedeki kalkınma, zayıf sürdürülebilir kalkınma kavramı içinde değerlendirilebilir. Bunun yanında örnekte de görüldüğü üzere çevresel bozulma çok yüksek boyutlara ulaşsa da kalkınma devam etmekte fakat sürdürülebilirliğin zayıf biçimine ilişkin eleştirileri ortaya çıkarmaktadır.

Sürdürülebilirliğin zayıf biçimine ilişkin en önemli eleştiri doğal sermayenin üretilen sermaye ile ikame edilmeyeceğidir. Sermayeler arası yer değiştirmenin yalnızca bir yönde olabileceği, yani doğal sermayenin üretilen sermaye biçimine dönüşebileceği ve tersinin mümkün olamayacağı görüşü sürdürülebilirliğin güçlü biçimini oluşturmaktadır.

1.1.2. Güçlü sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirliğin bir diğer biçimi olan güçlü sürdürülebilirlik kavramı yaşamsal imkanların azalmadığı bir sürdürülebilirlik olarak ifade edilebilir. Bu ifadeye göre

sürdürülebilirlik ancak insani sermayenin gelişimi, teknolojik yeterlilik, doğal kaynaklar ve çevresel kalitenin muhafaza edilmesi ile gerçekleşebilir (Brekke, 1997).

Güçlü sürdürülebilirlik kavramında farklı türlerdeki sermaye biçimleri

- Ekonomik
- Ekolojik
- Sosyal

fiziksel/biyolojik olarak ayrı ayrı korunmalıdır. Sürdürülebilirliğin güçlü biçiminin temel motivasyonu ise ekonomik üretimin, tüketimin veya refahın önemli bir girdisi olan doğal kaynakların, fiziksel veya insani sermaye ile ikame edilememesidir. Buna ek olarak “doğanın hakları” ve “çevresel entegrasyon” güçlü sürdürülebilirlik kavramı içinde yer almaktadır. Bu bakışa göre bazı çevresel bileşenler benzersizdir ve bazı çevresel süreçlerin geriye dönüşü yoktur.

Derin Ekoloji Hareketi tarafından desteklenen çok güçlü sürdürülebilirlik kavramında doğal çevrenin her bileşeni ve alt sistemi, her tür canlı ve her tür fiziksel stok muhafaza edilmelidir (Pearce ve Atkinson, 1993). Bu bakış çeşitli nedenlerden dolayı imkansız olarak görülmektedir:

- Mevcut endüstriyel ekonomi birincil kaynaklara bağımlıdır.
- Türler ve ekosistem doğal değişimlerin sürekli değişimleri ile yakın bir ilişki içindedir.
- Çevre sistemi içinde “hak” sahibi türlerin hakları diğer türlerin hakları ile çatışabilmektedir.

Güçlü sürdürülebilirlik kavramı üzerinde mutabık olunan tanım, ekosistemlerin ve çevresel varlıkların temel ve benzersiz hizmetler sağlamasına odaklanmıştır. Örnek olarak, ozon tabakası, bu anlamda yeryüzüne temel ve bir diğer kaynakla ikame edilemeyecek hizmet sunmaktadır.

Ekins vd. (2003) ve Pearce ve Turner (1990), doğal sermayenin dört işlevini belirtmiştir:

- Doğal sermaye, üretim için hammadde ve doğrudan tüketim için gereksinimleri sağlamaktadır.
- Üretim ve tüketim atıklarını yok etmektedir.
- Görsellik gibi yarar sağlama hizmeti bulunmaktadır.
- İnsanlığın temel ihtiyaçlarını karşılamaktadır.

Doğal sermayenin bu işlevleri arasında bulunan ilk kategori ele alındığında doğal sermaye ile üretilen sermaye arasında bir değişimin olabileceği olasılığından bahsedilebilir. Geçmişte ekonomilerin mevcut kaynak kısıtlarının üstesinden geldiği görülebilir (Neumayer, 2003). Fakat gelecek için bunun bir garantisi bulunmamaktadır. Bunun yanında atıkların yok edilmesi işlevinin de ikame edilmesi mümkünken, temel yaşamsal imkanları sunması anlamında doğal sermayenin ikamesi bulunmamaktadır (Barbier, 1994).

Güçlü sürdürülebilirliğin temel argümanları, gelecek açısından bilginin yetersiz olmasına ve geleceğin belirsiz olmasına dayanmaktadır. Atkinson vd. (1997)'nin belirttiği üzere bu belirsizlik ve bilgi eksiklikten kaynaklı her zaman verilen zararların riskine dikkat edilmesi gerekmektedir.

Ekonomik büyüme bağlamında da sürdürülebilir kalkınmanın iki biçimi farklılaşmaktadır. Zayıf biçime göre ekonomik büyüme ve çevre koruma sıklıkla birbirini tamamlamaktadır. Bu görüş aynı zamanda Brundtland Raporunda vücut bulmuştur. Raporda sanayileşmiş ve gelişmekte olan ülkeler için hızlı ekonomik büyümeden bahsedilmiştir (WCED, 1987). Buna ek olarak birçok ülke ve kurum ekonomik büyüme ile teknolojik gelişmeye ve kıt kaynaklar yerine yenilerinin bulunmasının çatışmadığını düşünmektedir.

1.2. Yeşil Büyüme

“Yeşil Büyüme” ifadesi ilk olarak Colby (1991) çalışmasında kullanılmıştır. Uluslararası organizasyonların çalışmaları kapsamında yeşil büyüme terimi 2005 yılında Beşinci Asya Ülkeleri Çevre ve Kalkınma Toplantısında yer almıştır (Escap, 2005). Bu toplantıda yer alan ifade çevresel olarak sürdürülebilir ekonomik büyümeye tekabül etmektedir. Tam olarak “Asya ve Pasifik Ülkeleri için önce büyü daha sonra temizle paradigmasının değişmesi ve yeşil büyüme stratejisi takip edilmeli” ifadeleri kullanılmıştır.

2009 yılına gelindiğinde OECD tarafından “Yeşil Büyüme Deklarasyonu” yayımlanmıştır (OECD, 2009). Bu deklarasyonda tüm ülkelerin çevresel ve sosyal olarak sürdürülebilir ekonomik büyüme ile yüzleştiği belirtilmiş, kısa vadede ekonomik büyümeye eşanlı olarak katkıda bulunan ve yeşil yatırımları teşvik eden birçok politik aracın kullanılabilir olduğu ifade edilmiştir. Uzun vadede ise yeşil bir ekonomi için gerekli çevre dostu alt yapıların kurulmasına yardımcı olacak politikaların olabilirliği deklarasyonda yer almıştır.

Yeşil büyüme ekonomik büyümenin yeni bir motorunun oluşturulması, enerji güvenliğinin sağlanması, çevresel bozulma ve iklim değişikliği ile mücadele edilmesi ile ilgilenmektedir. Bu kapsamda ekonomik krizler gibi durumların bu amaçlara ket vurmaması gerektiği OECD tarafından belirtilmiştir (OECD, 2009).

Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme kavramları çoğu zaman birbirlerinin yerine kullanılsa da esasında farklı iki olguyu belirtmektedir. Tarihsel olarak çevre ve ekonomi arasındaki ikilem şirketlerin kar etmek istemesine karşın insanların daha iyi çevre ve hayat koşullarını talep etmesinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla sürdürülebilir kalkınma kavramı ile birlikte “çevreye karşı büyüme” sorunsalı “çevre ve büyüme” olarak değişmiştir. Bu çerçevede sürdürülebilirliğin yalnız çevre bileşenini içermediği aynı zamanda kalkınma ve sosyal bileşenini de içerdiği vurgulanmalıdır.

Diğer taraftan yeşil büyüme kavramı sürdürülebilir kalkınmada yer alan sosyal alanları içermemektedir. Yeşil büyüme kavramı yalnızca çevre ve ekonomi kavramlarına dayanmaktadır. Nihai olarak yeşil büyüme kavramının amaçları bakımından sürdürülebilir kalkınma kavramından farklılaştığı belirtilebilir.

Sosyal alanların dışında sürdürülebilir kalkınma ile yeşil büyüme arasındaki bir diğer fark; ilki kalkınma ifadesini içerirken diğerinin büyüme ifadesini içermesidir⁴. Ekonomik kalkınma, teknolojik ve sosyal ilerlemelerle bağlantılı olarak bir ülkedeki ekonomin yeniden yapılandırılması ve önemli ölçüde değişmesini içerirken ekonomik büyüme ülke ekonomisindeki genişlemeyi ifade etmektedir (Soubbotina, 2004). Dolayısıyla kalkınma

⁴ Farklı dillerde ekonomi ve kalkınma kavramları farklı kelimelerle ifade edilmeyebilir.

terimi büyüme teriminden daha karmaşık bir yapıyı içermektedir. Diğer bir söylemle, ekonomik büyüme tüm ürünlerdeki (GSYH kullanılabilir) toplam artışı dikkate alırken, kalkınma terimi ekonominin yapısı, gelir dağılımı, istihdam ve eğitim gibi diğer konuları dikkate almaktadır. Örnek olarak büyüme kavramı ülkedeki tüm yaşayanların gelirlerinin aynı düzeyde artışı ile ilgilenmemekte, toplam refahtaki artışla ilgilenmektedir. Refah yerine GSYH alındığında toplam değerdeki artış büyümeyi sağlarken, büyümenin sağlanmasının yoksulluk düzeyindeki veya gelir dağılımındaki eşitsizliği azaltması sağlanmayabilmektedir.

Yeşil (çevre dostu) büyüme ekonomik büyümeyi doğa varlıklarının refahımıza dayanak oluşturan kaynakları ve çevresel hizmetleri vermeye devam etmesini garanti ederek sağlamaktır. Çevre dostu büyüme bunu yapabilmek için, sürdürülebilir büyümeyi destekleyecek ve yeni ekonomik fırsatları arttıracak yeniliklere ve yatırımlara katalizör olmalıdır (OECD, 2009).

Çevre dostu (yeşil) büyüme ekonomik ve çevresel sorunların üzerine gitme potansiyeline sahiptir ve aşağıdaki kanallardan yeni büyüme kaynakları ortaya çıkarabilir (OECD, 2009):

- **Üretkenlik:** Kaynakların ve doğa varlıklarının kullanımında verimlilik artışı için teşvikler: Atıkları ve enerji tüketimini azaltarak ve kaynakları en yüksek değer elde edecek şekilde kullanılabilir duruma getirerek üretkenliği arttırmak.
- **Yenilik:** Çevre sorunlarını ele almak için yeni yollara olanak sağlayan çerçeve koşullar ve politikalarla desteklenen yenilik fırsatları.
- **Yeni pazarlar:** Yeşil teknolojilere, mallara ve hizmetlere talebi teşvik ederek yeni pazarlar oluşturmak; yeni iş olanakları için potansiyel oluşturmak.
- **Güven:** Devletlerin başlıca çevre sorunlarıyla nasıl ilgilenip çözecekleri konusunda daha fazla istikrar ve öngörülebilirlik sağlanması yoluyla yatırımcı güvenini arttırmak.
- **İstikrar:** Örneğin, kamu harcamalarının bileşimini ve verimliliğini yeniden gözden geçirerek ve kirletme bedeli ödetme yoluyla kamu gelirlerini arttırarak mali konsolidasyonu destekleme, kaynak bedeli değişkenliğini azaltma ve daha dengeli makroekonomik koşullar.

“Büyüme”den “yeşil büyüme”ye geçişin dört bileşeni bulunmaktadır:

- Gerekli reformlar için strateji geliştirmek
- İşgücü piyasasında gerekli düzenlemeler yapmak
- Özellikle düşük gelirli hanehalkları olmak üzere olası etkilerden kaynaklı firmaların ve hanehalklarının endişelerini gidermek
- Uluslararası işbirliğini güçlendirmek

Yeşil büyüme ile birlikte yeni yeşil sektörler ve faaliyetler gelişecek ve bu faaliyetlerin bazıları bazı eski faaliyetlerin yerini alacaktır. Yapılacak reformların başarısı büyük ölçüde reformlardan etkilenecek grupların (Örnek olarak şirketler) değişimlere birincil olarak katılımıyla mümkün olabilir.

Yoksul hanehalklarına olası negatif etkiler vergi ve transfer sistemlerinde yapılacak değişikliklerle bertaraf edilebilir. Çevresel baskıları azaltmak amacıyla yapılan uluslararası işbirlikleri yeşil büyümeye katkıda bulunabilir.

Yeşil büyüme stratejisi ile birlikte ülkeler ekonomik büyümeye katkı sağlayarak çevresel baskıları azaltabilirler. Bu amaçla öncelikle ekonomik politikaların oluşturulmasında çevresel zorlukların dikkate alınması ve çevresel ve ekonomik reformların oluşumunda ilgili bağın kopmaması gerekmektedir. Bu çerçevede örnek olarak karbon fiyatlaması, su, atık ve ulaştırma için fiyatlama araçlarının uygulanması, vergilendirmede çevre ile ilişkili olarak vergilendirmelerin yapılması mümkün olabilir. Buna ek olarak yeşil teknolojilerin desteklenmesi, çevreye yük getiren alanlarda desteklerin kaldırılması ve altyapı, inovasyon ve enerji verimliliği gibi alanlarda sektörel politikalara yönelinmesi faydalı olacaktır. Diğer taraftan çevresel politikalar tarafından yaratılan ekonomik fırsatların ülkeler tarafından tam olarak içselleştirilememesi durumunda ülkeler ekonomik ve çevresel öncelikleri belirleyerek yeşil büyüme amaçlarına katkıda bulunabilir. Bu çerçevede ülkelerin çevresel maliyetleri ve yeşil büyümenin uygulanmasını dikkate almayan politikalarını mevcut biçimde (business as usual) sürdürmelerinden vazgeçmeleri ve ekonomik ve çevresel iyileşmenin uzun vadede bütünleşik olduğunu fark etmeleri beklenmektedir.

Yeşil büyümenin uygulanmasında önemli noktalardan biri çevresel olarak zararlı faaliyetlerin doğrudan fiyatlandırılmasıdır. Bu tür faaliyetlerin doğrudan fiyatlandırılması yeşil büyümenin sağlanmasında önemli bir adımken, uygulamada politik güçlükler ortaya çıkabilmektedir. Dışsallıkların vergilendirilmesinin ekonomik olarak daha etkin olmasına rağmen, motorlu araçlardaki yakıt kullanımı gibi faaliyetlerin yarattığı dışsallıkların açık bir biçimde fiyatlandırılmadığı durumlar daha yaygındır. Dolayısıyla ülkeler bu anlamda doğrudan fiyatlandırma yöntemi yerine kullanılabilecek politik mekanizmalara ihtiyaç duymaktadır. Zımnî fiyatlama veya düzenleyici yaklaşımlar bu anlamda kullanışlı olabilmektedir. Diğer taraftan mevcut durumda enerji kullanımı üzerindeki vergilerin yapısı ve düzeyi birçok ülkede çevre ile ilişki değildir. Örnek olarak çevresel zararı daha yüksek olan dizel yakıtlar 33 OECD ülkesinde çevresel zararı dizel yakıtlara göre daha az olan benzine göre daha düşük vergilendirilmektedir. Buna ek olarak ülkeler tarafından sürdürülen politikaların çevresel perspektiften yoksun olduğu durumda, bu durumun politik alandaki potansiyel tutarsızlıkları daha yüksek olabilir. Konuya ilişkin olarak düşük karbonlu ekonomiye geçiş ile ilgili yapılan çalışmalar bu durumu destekler niteliktedir.

İklim değişikliği politikaları birçok alandaki politik tercihleri etkilemektedir. Kesişen ekonomik alanlarda, örnek olarak yatırım, inovasyon ve uluslararası ticaret, yürütülen politikalar yeşil büyümeyi desteklemez niteliktedir (OECD, 2015). Ülkeler bu duruma karşı olarak fosil yakıtların kullanımına ilişkin teşvikleri sonlandırabilir ve yeşil büyüme perspektifiyle sektörel politikalar belirleyebilir.

1.3. Çevresel Kuznet Eğrisi

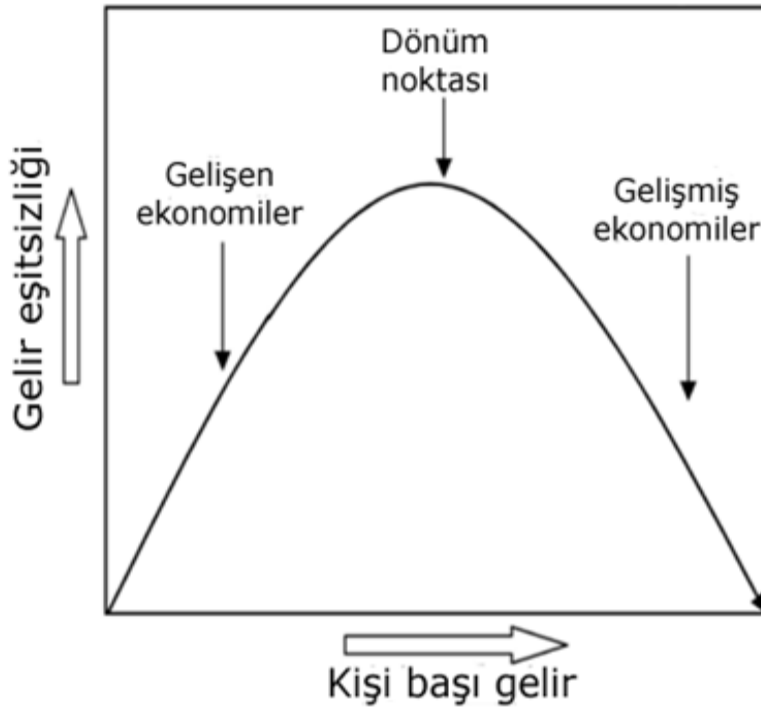
Çevresel bozulma ile ekonomik büyüme ilişkisi uzun yıllardır birçok araştırmacı tarafından ele alınmıştır. Bu çerçevede iki temel bakış açısından bahsedilebilir:

- Ekonomik büyüme ile çevresel bozulma pozitif bir ilişkiye sahiptir
- Teknolojik gelişmeyle beraber ekonomik büyüme çevresel iyileşmeyi sağlayabilir.

Bir başka söylemle çevresel bozulma devam ederken ekonomik büyümenin sürdürülebilmesi konusunda görüş ayrılığı olmuştur. Bir gruba göre ekonomik büyüme, daha fazla çevresel bozulmaya yol açar ve insanlığın sonuna neden olurken, diğer gruba

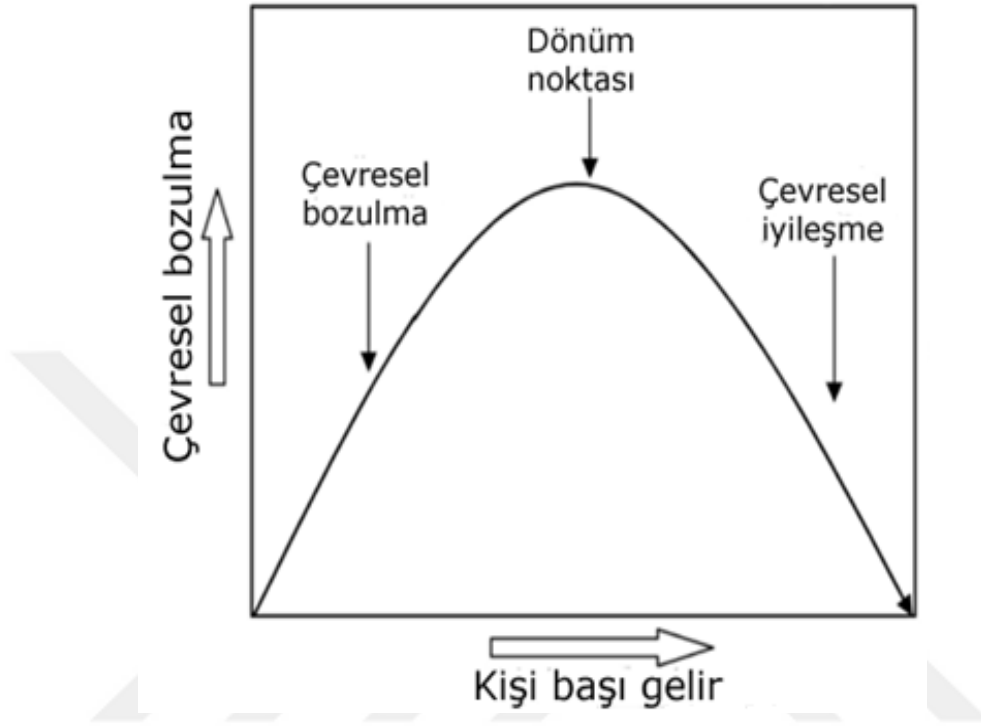
göre sürdürülebilir ekonomik büyüme ile beraber çevresel iyileşme de sağlanabilir. Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezi bu iki ayrı görüşün geçerliliğinin test edilmesi için geliştirilmiş önemli bir araç olarak görülebilir. Hipoteze göre bir ülke büyüdükçe başlangıçta kirlilik artarken, ekonomik gelişmenin belirli bir düzeyinden sonra azalmaktadır. Dolayısıyla ÇKE'nin geçerliliği tabiatı gereği sürdürülebilir kalkınmanın zayıf biçimi görüşüne tekabül etmektedir.

Çevresel Kuznet Eğrisi ismi Simon Kuznet'in Ekonomik Büyüme ve Gelir Eşitsizliği çalışmasına paralel olarak literatürde genel kabul görmüştür. Bu çalışmada Kuznet (1955) kişi başı gelirin artışı ile öncelikle gelir eşitsizliğinin artacağını fakat daha sonra bir dönüm noktasından sonra gelir eşitsizliğinin azalacağını belirtmiştir. Bir başka söylemle büyümenin ilk dönemlerinde gelir dağılımı büyük ölçüde eşit değilken, gelir arttıkça gelir daha eşit hale gelmektedir. İlgili ilişkili biçimi ters U şeklinde gösterilebilir ve Kuznet Eğrisi olarak nitelendirilir.



Şekil 1.1 Kuznet eğrisi

Bunun yanında çevresel kirlilik ile üretim arasında Şekil 1.1’de gösterilen ters U şeklinde bir ilişkinin varlığı kabul edilmektedir. Üretim ve kirliliğin ayrıştırılmasının kanıtı bu ilişki olarak görülmektedir.



Şekil 1.2 Çevresel Kuznet Eğrisi

Ekonomik kalkınmanın ilk zamanlarında büyüme ile çevresel bozulma arasında pozitif bir ilişkinin varlığı daha sonra ülkeler geliştikçe bireylerin daha temiz bir çevre talep edecekleri ve bundan dolayı ilişkinin yönünün negatif olacağı düşünülmektedir. Bu görüşe göre ekonomik büyüme için gerekli kaynak kullanımının yaratacağı çevresel problemlerin ise çevresel düzenlemelerle aşılmaktadır. Ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasındaki bu ilişki ÇKE olarak tanımlanmış ve Şekil 1.2’de gösterilmiştir.

Diğer taraftan sürdürülebilirliğin güçlü biçiminde, kullanılan madde ve enerjinin azaltılmasının tek yolunun ekonomik çıktının ölçeğinin azaltılmasıdır. Üretim ve büyümenin ayrıştırılmasının her zaman mümkün olmayacağına ve çevresel zararların geri döndürülemeyeceğine inanılmaktadır (Cobb ve Daly, 1989; Rees, 1990).

Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezi çevresel etki ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli ilişkiyi ifade eder (Dinda, 2004). Ekonomik kalkınma tarımındaki gelişmelerle ve diğer kaynakların kullanımı ile hızlandıkça, kaynak tüketimi kaynakların yenilenme hızını aşmakta ve atıkların yaratımı artmaktadır. Kalkınmanın üst seviyelerinde, ekonomideki bilgi yoğun sanayilere ve hizmetlere doğru yapısal bir değişimle, çevresel duyarlılığın artmasıyla, çevresel yönetmeliklerin yürürlüğe girmesiyle, daha gelişmiş teknolojilerin kullanılması ve daha fazla çevresel harcama ile beraber çevresel bozulmalar azalmaktadır. Gelir düzeyinin ÇKE'nin dönüm noktasını geçtiği noktadan sonra çevresel iyileşmenin başlayacağı varsayılır. Çevresel Kuznet Eğrisi uzun dönemli bir ilişkiyi belirtmesine rağmen, hipotez zamana ilişkin bir referans içermemektedir.

Çevresel Kuznet Eğrisinin bir ekonominin zamana göre değişimini gösteren bir yörünge olduğu düşünülebilir. Bir başka söylemle, kalkınma sürecinde, diğer tüm değişkenler sabitken, ülkelerin gelir ve çevresel bozulma göstergesinin aynı yörüngede olduğu yani aynı ÇKE'ye sahip olacağı düşünülebilir. Uygulamada, bu “yörünge”, ülkelerin düşük, orta ve yüksek gelir olarak kategorilendirilebildiği ülkeler arası yatay kesit veride de gözlemlenebilir. Tüm ülkelerin aynı ÇKE'ye sahip olduğu varsayıldığında, bazı ülkelerin eğrinin ilk aşamalarına uygunluğunda zayıf olması, bazı ülkelerin tepe noktasına ulaşmakta olması, bazı ülkelerin eğrinin dönüm noktasından sonra aşamaya sahip olması gözlemlenebilir. Dolayısıyla, ÇKE'nin varlığı hipotezi altında ve ÇKE'nin değişmediği varsayımı altında, ülkeler arası yatay kesit veri verildiğinde gelir üzerine oluşturulan çevresel bozulma göstergesi regresyon fonksiyonu ters U şeklinde yapıya uygun olmalıdır. Çevresel Kuznet Eğrisinin bu şekle uygun olmasını sağlayan birçok faktör bulunmaktadır:

1.3.1. Çevresel kalite talebinin gelir elastikiyeti

Gelir arttıkça insanların daha iyi yaşam standartlarına sahip olmakta ve çevresel kaliteye daha fazla önem göstermektedir (Dinda, 2004). Daha iyi çevresel koşulların talep edilmesi ise ekonomik yapıda değişikliklere neden olmakta ve çevresel bozulmaları azaltmaktadır. Çevresel Kuznet Eğrisinin şekline ilişkin en güçlü açıklama, gelir artışına bağlı olarak yaşam standartlarındaki iyileşmedir (Pezzey vd., 1989; Selden ve Song, 1994; Baldwin, 1995). Belirli bir gelir artışından sonra insanlar çevrenin temizlenmesi için daha fazla para ödemeye gönüllü olmaktadır (Roca, 2003). Bu durum çevresel organizasyonlara yapılan

bağışların artmasına ve çevre dostu ürünlerin seçilmesine yansımaktadır. Dolayısıyla, daha zengin insanlar, temiz bir çevrenin yaratılması ve korunması için para öderler. Genel olarak bu durum, çevresel kalite talebinin gelir elastikiyeti olarak nitelendirilebilir. Bir başka söylemle, temiz bir çevrenin yaratılması ve muhafaza edilmesi lüks mal olarak belirtilebilir. Fakat çevresel bozulmanın ana göstergeleri, gelir elastikiyeti birden azken ve yalnızca gelirin bir fonksiyonu değilken de gelire göre monoton olarak artmaktadır. Fakat birçok ÇKE modeli çevresel kalite talebinin gelir elastikiyeti üzerine vurgu yapmıştır (Beckerman, 1992; Carson vd., 1997; Chaudri ve Pfaff, 1998; McConnel, 1997)⁵ ve bu elastikiyet emisyon düzeyinin azalmasının ana nedenlerinden biri olarak belirtilmiştir.

Bazı kirleticiler için çevresel kalite talebinin yüksek gelir elastikiyeti ÇKE ilişkisi ile tutarlıdır (McConnel, 1997; Shafik, 1994). Daha yoksul insanlar daha az çevresel kalite talebine sahiptir, fakat toplum zenginleştikçe talepler daha sağlıklı ve daha temiz bir çevre üzerine yoğunlaşır. Daha fazla gelire sahip tüketiciler yalnızca “yeşil” ürünler için para harcamakla kalmaz aynı zamanda çevre koruma ve bu konularla ilgili yönetmeliklerin uygulanması konusunda baskı uygularlar. Gelir artışına bağlı olarak emisyonların azaldığı birçok durumda, bu azaltımlar çevresel yönetmelik, piyasadaki teşvikler gibi yerel ve ulusal reformlarla sağlanır.

1.3.2. Ölçek, teknolojik ve bileşen etkisi

Ekonomik büyüme çevresel kaliteyi üç farklı kanaldan etkilemektedir (Grossman ve Krueger, 1991):

- Ölçek etkisi
- Teknolojik/Teknik etki
- Bileşen etkisi

⁵Hanehalkları düzeyinde gelir-çevre ilişkisi çevresel karakteristiklere sahip özel malların satış alışlarından çıkarılabilir. Su filtreleri, hava temizleme araçları bunlara örnek verilebilir. Hanehalklarının gelirleri arttıkça, çevresel kaliteyi sağlayan malların satın alışlarının artışı beklenir. Konu ile ilgili olarak Kahn (1998) çalışması örnek verilebilir. Bu çalışmada ABD için mikro veri kullanılarak hanehalkı düzeyinde gelir ve araçların emisyonu üzerinden ÇKE ilişkinin varlığı gösterilmiştir.

Artan çıktılar daha fazla girdiye ihtiyaç duymaktadır ve dolayısıyla üretim sürecinde kullanılmak üzere daha fazla doğal kaynak gerekmektedir. Daha fazla çıktı aynı zamanda daha fazla atık ve emisyon yaratmaktadır ve bunlar çevresel bozulmalara neden olmaktadır. Bu anlamda ekonomik büyüme bir ölçek etkisi göstermekte ve bu çevre üzerinde negatif etkiye sahiptir.

Diğer taraftan, ekonomik büyüme, bileşen etkisi anlamında çevre üzerinde pozitif etkiye sahiptir. Yani, gelir arttıkça, ekonominin yapısı değişme eğimindedir ve bu değişim daha az kirlilik yaratan temiz faaliyetlere doğrudur.

Çevresel bozulma, ekonominin yapısının kırsaldan şehirlere doğru veya tarımdan sanayiye doğru kaymasıyla birlikte artış gösterme eğilimindedir. Fakat bir diğer yapısal değişiklikle birlikte – enerji yoğun sanayilerden hizmet sektörüne ve teknoloji yoğun sektörlere olan değişim – çevresel bozulmada azalmalar gözlenebilir. Refah düzeyi yüksek olan toplumların araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) harcamalarını karşılama düzeyleri yüksektir (Komen vd., 1997), ekonomik büyümeye paralel olarak teknolojik ilerlemeler sağlanır ve daha kirli ve eski teknolojiler çevresel kaliteyi artıran daha temiz ve yeni teknolojilerle yer değiştirir. Bu durum ekonomik büyümenin teknik etkisi olarak nitelendirilebilir.

Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezi ölçek etkisinin negatif bir etkiye sahip olduğunu ve bunun büyümenin ilk aşamalarında gerçekleştiğini, daha sonra bileşen ve teknik etkisinin⁶ pozitif etkisiyle birlikte daha düşük emisyonların yaratılacağını belirtir (Vukina vd., 1999). Ölçek, bileşen ve teknik etkileri Şekil 1.3’de gösterilmiştir.

⁶ Teknik etkisiyle ilgili kaynak kullanımının verimliliği, hammadde yerine atıkların kullanımı gibi birçok örnek verilebilir. Bu örnekler arasında en belirginlerinden biri Almanya’da bacagazı desülfürasyon ekipmanlarının kurulumu ve Fransa’da nükleer enerjiye geçişle birlikte SO₂ değerlerinin düşmesidir. Fakat bu değişimlerin de çevresel etkilerinin olduğu atlanmamalıdır. Bacagazı desülfürasyon ekipmanları için büyük miktarda kireç taşının taşınması gerekliliği, nükleer santrallerin kaza riskleri çevre üzerindeki alternatif maliyet olarak düşünülebilir.



Şekil 1.3 Çevresel Kuznet Eğrisi nedenleri

1.3.3. Uluslararası ticaret

Çevresel Kuznet Eğrisini açıklayan bir diğer faktör ise uluslararası ticarettir. Ticaret ekonominin hacmini artırır ve bu da kirliliği artırır. Yani diğer tüm değişkenler sabitken, ticaret çevresel bozulmaya neden olur. Fakat birçok ekonomiste göre ticaret çevresel bozulmanın ana nedenlerinden biri değildir (Birdsall ve Wheeler, 1993; Lee ve Rolan-Holst, 1997; Jones ve Manuelli, 1995). Fakat serbest ticaret çevresel anlamda iki farklı etkiye sahip olabilir:

- Kirliliği artırabilir,
- Kirliliğin azaltılması için motivasyon sağlayabilir.

Çevresel kalite artan ticaret hacmiyle birlikte ekonomin hacminin artışı ve kirliliğin artışına bağlı olarak ölçek etkisine göre düşebilir. Diğer taraftan ticaret, bileşen ve/veya teknik etkiyle birlikte çevre üzerinde pozitif etkiye de sahip olabilir. Yani, artan ticaret hacmine bağlı olarak çevresel yönetmeliklerin uygulanması sıkılaşabilir ve kirlilik azabilir.

Uluslararası ticaretle birlikte mal ve hizmet üretimleri bir ülkede kirliliği azaltırken, bir başka ülkede düşürebilir. Bu bileşen etkisi iki hipotez ile ilişkilendirilebilir:

- Yer değiştirme hipotezi
- Kirlilik sığınağı hipotezi

Temelde bu iki hipotez arasında bir fark bulunmamaktadır. Uluslararası ticaretteki göreceli avantaja göre bu hipotezler temelde aynıdır. Bir ülkenin diğer ülkelerle yaptığı ticaretle ilgili olarak, gelişmemiş bir ülke doğrudan yabancı yatırımlarla birlikte teknoloji transferi yaparak kirliliği azaltabilir.

1.3.3.1. Yer değiştirme hipotezi

Üretimlerdeki yapısal değişiklikler tüketim ve uluslararası ticaretle ilişkilendirilebilir (Arrow vd., 1995; Stern vd., 1996; Ekins, 1997, Rothman, 1998). Gelişmiş ülkelerdeki üretim yapısındaki değişiklikler aynı düzeyde tüketim yapısına yansımayaabilir, dolayısıyla ÇKE bu anlamda kirlilik yaratan sanayilerin daha az gelişmiş ülkelere geçişini içerir.

Bazı belirli durumlarda, kirlilik yoğun sanayiler daha sıkı çevresel yönetmeliklere sahip olan ülkelere daha sıkı olmayan çevresel yönetmeliklere sahip olan ülkelere kayabilir (Copeland ve Taylor, 1995).

Uluslararası ticaretin bileşenleri arasında bir ülkedeki enerji tüketimini yansıtmaktadır (Agras ve Chapman, 1996). Daha fazla imalat sanayi ürününü ihraç eden ülke daha fazla enerji tüketme eğilimindedir (Suri ve Chapman, 1998).

Yer değiştirme hipotezi ile ilgili olarak bir diğer bakış açısıyla, yoksul ülkelerin daha fazla kirlilik yaratan ürünlerin ihracatçısı olduğu, zengin ülkelerin ise bu ürünleri (kendileri üretmediklerinden kaynaklı) ithal etmekte oldukları görülebilir (Saint-Paul, 1994).

Ters U şeklindeki gözlenen eğri uluslararası uzmanlaşmanın bir sonucu olabilir. Yani tüketim alışkanlıkları değişmeden, daha yoksul ülkeler daha fazla hammaddeye ihtiyaç duyan ve “kirli” ürünlerde uzmanlaşmışken, daha zengin ülkeler daha hizmet yoğun ve “temiz” ürünlerde uzmanlaşmaktadır (Cole vd., 2000; Janicke vd., 1997; Stern vd., 1996). Bu durum çevresel etkinin değişmeden/azaltılmadan bir ülkeden bir ülkeye yer değiştirmesi sonucunu doğurmaktadır. Pratikte bu durum yer değiştirme hipotezi ile uyumludur.

Yer değiştirme hipotezi (Harrison, 1996) ticaret serbestisi ile birlikte kirlilik yoğun sektörlerin, gelişmiş ölkelerde daha katı çevresel yönetmeliklerin uygulanmaya başlamasıyla birlikte daha az gelişmiş ekonomilerde hızla artacağını belirtmektedir (Rock, 1996; Tobey, 1990).

Bileşen etkisi ve yer değiştirme etkisini birbirinden bağımsız düşünmemek gerekmektedir. Bileşen etkisi yer değiştirmeye bağlıdır, sonrasında gelişmekte olan ölkeler bundan faydalanamaz ve çevre yoğun faaliyetlerin olmadığı ölkelerle yer değiştirebilirler.

1.3.3.2. Kirlilik sığınadı hipotezi

Bu hipoteze göre serbest ticaret çevresel anlamda pozitif etkiye sahip olabilir (Antweiler vd., 2001; Liddle, 2001). Ticaret, gelişmekte olan ölkelerdeki insanların gelir seviyesini artıracğından ve artan reel gelirlerle birlikte insanların daha fazla çevre koruma talebi olacağından bu görüş geçerli olabilir.

Daha fazla kirlilik yaratımının ölkelerin daha zayıf yönetmeliklere sahip olan ölkelere kayması durumunda düşük ticaret engelleri çevresel anlamda negatif etkiye sahip olabilir. Ekonomistler bu durumu Kirlilik Sığınadı Hipotezi (KSH) olarak nitelendirmektedir.

Bu hipotez temel olarak kirlilik yaratan faaliyetlere sahip çok uluslu firmaların, bu faaliyetlerini daha düşük çevresel standartlara sahip ölkelerde yürütmesi olarak ifade edilir (Mani ve Wheeler, 1998; Ratnayake, 1998; Eskeland ve Harrison, 2003; Cole, 2004).

Kirlilik Sığınadı Hipotezi aynı zamanda daha düşük çevresel standartlara sahip olmanın görece avantaj sağladığını ve dolayısıyla ticaret kalıplarında değişiklikler meydana getirdiğini belirtir. Yani, KSH özetle, çok sıkı çevresel yönetmeliklerin ölkelerin “kirli” sanayileri kaybetmesine neden olduğu ve daha yoksul ölkelerin bu sanayilere sahip olacağını anlatır.

1.3.3.3. Doğrudan yabancı yatırımlar

Gelişmekte olan ülkeler, yabancı sermayeyi çekmek için çevresel standartlarını verimlilik düzeylerinin altında tutuyorlarsa “kirlilik sığınağı”nı sağlamaktadır denilebilir. Birçok gelişmekte olan ülke, gelişmiş ülkelerden doğrudan yabancı yatırımlarla teknoloji kazanımı elde etmek amacıyla teknoloji transferi yapmaya çalışmaktadır (Dessus ve Bussolo, 1998; Wheeler, 2000; Dean, 2004).

Gelişmekte olan ülkelerin transfer ettiği “temiz” ve iyileştirilmiş teknolojiler kirlilik düzeyinde azalmayı sağlamaktadır. Fakat artan küresel eko-bilinç ve çevresel olgularla ilgili yatırımların ticaretle ilişkisi bu yatırım akışlarında aksamalara neden olabilir (Bommer, 1999; Dean, 2004).

1.3.3.4. Teknoloji yayılımı

Uluslararası ticaretle birlikte, teknolojik inovasyonlar kapalı piyasa ekonomilerinde olduğundan daha önemli hale gelmiştir. Gelişmiş ülkeler inovasyonu sürekli bir biçimde sağladıklarından dolayı yalnızca büyümekle kalmaz aynı zamanda reel gelirlerini korurlar. Gelişmekte olan ülkeler için ise teknoloji yayılımı, bu ülkelerin eski sanayilerinin ihtiyaç duyduğu GSYH başına madde ve enerji girdisinin aynı düzeyde olmasını engellemektedir.

Uluslararası ticaret, temiz teknoloji transferini mümkün kılmaktadır (Martin ve Wheeler, 1992; Reppelin-Hill, 1999). Bundan kaynaklı gelişmekte olan ülkeler açısından ÇKE hipotezi geçerli olabilir.

1.3.4. Piyasa mekanizması

Unruh ve Moomaw (1998) çalışmasında kendi kendini denetleyen piyasa mekanizmalarında doğal kaynakların ticaretinin yapılmasıyla gelirdeki artıştan kaynaklı çevresel bozulmanın önlenebileceği görüşünü ortaya koymuştur.

Ekonomik gelişme, gelişmekte olan ekonomilerin piyasa dışı enerji kaynaklarından daha az kirliliğe yol açan piyasa enerji kaynaklarına kaymasına neden olabilecek piyasa mekanizmasını güçlendirebilir (Kadekodi ve Agarwal, 1999).

1.3.4.1. Fiyatların rolü

Ekonomik büyümenin ilk aşamaları tarım sektörünün görece önemine bağlı olarak kaynakların aşırı kullanımı ile ilişkilendirilebilir. Bu durum doğal sermaye stokunun zamanla azalmasına neden olur. Büyümenin belirli bir aşamasından sonra kaynakların daha verimli kullanımına geçilir ve çevresel kaynaklar için piyasa gelişir. Sonrasında fiyatlar doğal kaynakların değerlerini yansıtmaya başlar.

Büyümenin sonraki aşamasında, doğal kaynakların fiyatlarının piyasada yansıtmaya başlamasıyla birlikte doğal kaynakların kullanımı ve buna bağlı olarak çevresel bozulma azalır. Bunun yanında doğal kaynakların daha yüksek fiyatlara sahip olması daha az kaynak kullanan teknolojilere yönelimi hızlandırır (Torras ve Boyce, 1998)⁷. Dolayısıyla yalnızca politik müdahaleler değil aynı zamanda piyasa işaretleri ÇKE'nin şeklini açıklayabilir.

1.3.4.2. Ekonomik birimlerin rolü

Diğer durumların dışında, ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasında ilişki ekonomik birimlerin (işyerleri, hanehalkları, politika yapıcılar, düzenleyiciler, hükümet dışı organizasyonlar ve diğer piyasa bileşenleri) kendi taraflarından ekonomik büyümeye verdikleri tepki ile ilişkilidir.

Piyasa birimleri aynı zamanda çevre koruma ile ilgili baskıların oluşturulmasında önemli role sahiptir. Örnek olarak bankalar çevresel baskı yaratan durumlar için kredi vermeyebilir veya hanehalkları daha fazla kirlilik yaratan ürünleri satın almayabilir. Yapılan çalışmalar sermaye piyasalarının daha temiz ürünleri teşvik etmelerinde önemli bir

⁷ Örnek olarak 1970'li yıllarda artan petrol fiyatları ile birlikte elektrik üretimi için alternatif kaynak arayışlarına yol açmıştır.

role sahip olduklarını göstermiştir (Laplante vd., 1998; Dasgupta vd., 2001; Gupta ve Goldar, 2003).

Yüksek düzeyde emisyonlar, firmaların üretim yöntemleri açısından yatırımcılara üretim yöntemlerinin verimli olmadığı konusunda fikir verebilir (Laplante ve Lanoie, 1994). Firmaların faaliyetlerinin çevresel zararları aynı zamanda hisse senedi piyasasında da etkili olabilir (Hamilton, 1995; Dasgupta vd., 2001). Bu etkiden kaynaklı firmalar emisyonlarını azaltarak çevresel kalitenin artmasını sağlayabilir.

1.3.4.3. Piyasa ekonomisine geçiş

Bir ülkenin merkezi planlı ekonomiden piyasa ekonomisine geçişi çevresel kalitenin sağlanmasında etkide bulunmaktadır. Artan enerji fiyatları ve enerji yoğun faaliyetlerin olası cezalarından kaynaklı piyasa ekonomileri çevresel anlamda iyileşmeyi daha çabuk sağlayabilir (Nilsson, 1993; Vukina vd., 1999).

1.3.4.4. Bilgiye erişim

Piyasadaki rekabet etme derecesi üretim süreci ve ürünlerin kalitesiyle ilgili bilgi derecesine bağlıdır. Kirlilikle ilgili birçok sorun ele alındığında, emisyonların yalnızca çevresel etkiler anlamında değerlendirildiği görülebilir. Ekonomik büyüme dışında gelir dağılımı, eğitim durumu, bilgiye erişim gibi değişkenlerin de çevresel kaliteyi belirlemekte etkili olduğu söylenebilir (Bimonte, 2002).

Sosyal politikada kararlar büyük ölçüde ekonominin ve çevresel kalitenin mevcut durumu ile bilgiye erişimle ilişkilidir. Dolayısıyla bu anlamda bilgiye erişim yönetmelikler vasıtasıyla kirlilik düzeyinin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır.

1.3.5. Yönetmelikler

1.3.5.1. Resmi yönetmelikler

Çevresel yönetmelikler sıkılaştımadığı sürece kirlilik düzeyinde artış meydana gelir (Hettige vd., 2000). Ekonomik büyüme ile birlikte, ekonomiler sosyal kurumları ile birlikte çevresel yönetmelikleri geliştirme eğilimdedir (Dasgupta vd., 2001). Gelişmekte olan ülkelerde yönetmelikler, belirle ve kontrol et tarzı yaklaşımdan piyasaya göre belirle yaklaşımına dönüşmektedir (Panayotou, 1999; Vukina vd., 1999; Dasgupta vd., 2002).

Kirleticiler, çevresel baskı oluşturan durumlar, çevresel kalite vb. konulardaki bilgiler ışığında yönetmelikler ve buna bağlı olarak çevresel standartlar belirlenir. Piyasadaki birimler aynı zamanda “temiz” firmaları teşvik ederken “kirli” firmaları cezalandırmaktadır.

Yoksul ülkelerin kirliliğin büyük bir kısmından sorumlu olan kaynaklara odaklanmasıyla birlikte kirlilik düzeyi azalabilir (Hettige vd., 1995). Dolayısıyla, daha baskın olarak kirlilik yaratan kaynaklarla ilgili yönetmeliklerin çıkarılması ve bunların izlenmesi emisyonlarda önemli ölçüde azalmaya neden olabilir.

1.3.5.2. Gayri resmi düzenlemeler

Resmi yönetmeliklerin mevcut olmadığı veya yeterli olmadığı zamanlar, üretim sürecinde yer alan birimler gayri resmi düzenlemeler kanallarıyla emisyonlarını azaltabilirler. “Kirlilik dengesi” bu anlamda insanlarla üretim sürecinde bulunan birimler arasındaki göreceli pazarlığı ifade eder (Pargal ve Wheeler, 1996). Hükümet dışı organizasyonlar ve sosyal gruplar gayri resmi düzenlemelerin oluşturulmasında etkili olabilirler.

Gayri resmi düzenlemelerde iki ana durumdan bahsedilebilir:

- Standartların ihlal edilmesinin ilgili resmi birimlere bildirilmesi
- İdareye eksik veya yeterli olmayan yönetmeliklerle ilgili baskı uygulanması.

Karakteristik olarak gayri resmi düzenlemeler, büyük ölçüde yerelleşmiştir ve yerelden yerele farklılık göstermektedir. Bunun yanında gayri resmi düzenlemeler, resmi yönetmelikleri tetiklemektedir.

1.4. Literatür Taraması

1991 yılında Kuznet Eğrisi, Grossman ve Krueger çalışması ile birlikte gelir ile çevresel kalite ilişkisinin tanımlanmasında kullanılmıştır. Bu çerçevede gelirin ölçütü olarak kişi başı gelir, çevresel kalitenin ölçütü olarak sülfür dioksit emisyonları kullanılmıştır. ÇKE üzerine uygulamalı olarak yapılmış ilk çalışma olarak kabul edilen bu çalışmada yazarlar kükürtdioksit (SO_2), yoğun duman ve partiküler madde (PM) verilerini kullanarak modeli kübik biçimde oluşturmuştur. SO_2 ve duman için dönüm noktasını 4000-5000 USD olarak tahmin etmişlerdir.

Veri mevcudiyetine paralel olarak konu ile ilgili çalışmalar artmış ve farklı göstergeler çevresel kalite değişkeni için kullanılmıştır. Grossman ve Krueger (1991) çalışmasını, Shafik ve Bandyopadhyay (1992) ve Panayotou (1993) çalışmaları takip etmiştir.

Shafik ve Bandyopadhyay (1992), Dünya Kalkınma Raporu'ndaki sonuçlara göre ÇKE'yi 10 farklı gösterge için 3 farklı fonksiyonel form kullanarak tahmin etmeye çalışmıştır. Temiz suyun ve genel sağlık hizmetinin olmaması göstergeleri ile gelir ters ilişkili bulunmuştur. Ormanlık alanın azalmasına ilişkin gösterge ile gelir arasında bir ilişki bulunmazken, seragazi emisyonları göstergeleri kullanıldığında ÇKE hipotezi reddedilmemiştir.

Hettige vd. (1992), 80 ülke için 37 imalat sanayi sektöründe üretim toksik yoğunluk endeksi oluşturmuş ve 1960-1988 dönemi için ÇKE hipotezini test etmiştir. Bunun yanında hangi sektörde ülkenin geliri artarken kirliliğin düşeceği araştırma kapsamında ele alınmıştır. Sonuç olarak ÇKE hipotezi reddedilmezken, sektörel bazda farklılaşmayla ilgili bir kanıt bulunamamıştır.

Panayotou (1993), ormanlık alanların yok olması, SO_2 , azotoksit (NO_x) ve PM verilerini kullanarak ÇKE hipotezi test etmiş ve dönüm noktalarını tahmin etmiştir. Sonuç olarak

ormanlık alanların yok olmasına göre ÇKE'nin dönüm noktası nispeten daha düşük kişi başı gelirden görülmektedir. Bunun nedeni olarak ülkelerin tarıma dayalı büyümelerinin, sanayileşmeden önce meydana gelmesine bağlanmıştır.

Selden ve Song (1994), SO₂, NO_x ve karbonmonoksit (CO) verilerini panel veri yapısında kullanarak ÇKE'yi tahmin etmeye çalışmıştır. Veriler ana olarak gelişmiş ülkeleri içermektedir. Çalışma ile beraber dönüm noktasındaki emisyon miktarlarının ortamdaki emisyon miktarlarından yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ÇKE için dönüm noktası 10391 USD olarak tahmin edilirken benzer veriler Cole vd. (1997) tarafından da kullanılmış ve dönüm noktası 8232 USD olarak tahmin edilmiştir.

Grossman ve Krueger (1995) çalışmasında farklı kirleticiler ile GSYH arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Gayrisafi yurtiçi hasılası düşük olan ülkelerde kişi başı tehlikeli kimyasal madde konsantrasyonları artmakta fakat daha sonra gelirin belirli bir seviyesinden sonra düşmektedir. Bu belirli seviye kirleticiden kirleticiye göre değişmektedir. Yazarlar çalışmalarında

$$Y_{i,t} = \beta_1 G_{i,t} + \beta_2 G_{i,t}^2 + \beta_3 G_{i,t}^3 + \beta_4 \bar{G}_{i,t} + \beta_5 \bar{G}_{i,t}^2 + \beta_6 \bar{G}_{i,t}^3 + X_{i,t} \beta_7 + \varepsilon_{i,t} \quad (1.1)$$

modelini kullanmışlardır. Bu modelde $Y_{i,t}$, i istasyonunun, t yılında kaydettiği, hava veya su kirliliğini belirtmektedir. Bunun yanında modelde yer alan $G_{i,t}$, i istasyonunun bulunduğu ülkenin t yılındaki kişi başı GSYH'sini, $\bar{G}_{i,t}$ son üç yıl için ortalama kişi başı GSYH'yi, $X_{i,t}$ diğer değişkenleri belirtmektedir. Modelde belirli bir yılda, hava kirliliği için medyan değerin, su kirliliği için ortalama değer kullanılmıştır. GSYH'nin son üç yıl ortalaması kalıcı geliri belirtmektedir. Buna ek olarak kişi başı GSYH'nin gecikmeli değerlerinin de kirlilik üzerinde etkisinin olabileceği söylenmiştir. Modelde değişkenlerin üçüncü dereceye kadar kullanılmasının kirlilik ve GSYH arasındaki farklı ilişki biçimlerini yakalamak için yeterli olacağı düşünülmüştür.

Perman ve Stern (1999), SO₂ verileri kullanarak kişi başı gelir ve çevresel bozulmanın eşbütünleşik olup olmadığını araştırmıştır. Analizlerinde panel veri yapısı kullanmış ve sonuçta tüm ülkeler için ortak bir eşbütünleşme vektörünün olmadığını, birçok ülke için ÇKE fonksiyonunun ters U şeklinde veya gelire göre artış içinde olduğunu ortaya

koymuştur. Benzer şekilde panel veri setinin kullanıldığı List ve Gallet (1999) çalışmasında 1929-1994 dönemi için SO_2 ve diazotmonoksit (N_2O) verileri kullanılarak ÇKE için tek bir tip modelin geçerliliği test edilmiştir. Sonuçta ülke bazında ters U şeklinde bir ilişkinin varlığı hipotezi reddedilmemiştir. Harbaugh ve Levinson (2000) çalışmasında, Grossman ve Krueger (1995) tarafından geliştirilen modeli ve çevresel bozulma göstergesi olarak SO_2 'yi kullanmıştır. Çalışmada ÇKE'deki dönüm noktasının, verideki değişimlere çok duyarlı olduğunu göstermiştir. De Groot vd. (2001), gelişmekte olan ülkelere örnek olarak Çin için atık, su kirleticileri, SO_2 , sanayi gazları ve atık gazlarını kullanarak 1982-1997 dönemi için analizi gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak ÇKE hipotezi reddedilmiştir. Fakat gelir ve çevresel bozulma arasında doğrusal ters yönlü bir ilişki bulunmuştur.

List ve Millimet (2002) çalışmasında farklı ülkeler için farklı ÇKE'ler önermiştir. Sonuçta ÇKE hipotezin reddedilme nedenlerinden birinin ülkenin henüz eğrinin tepe noktasına ulaşmamış olabileceğini ortaya koymuşlardır. Yazarların çalışmasında ABD için SO_2 ve N_2O verileri kullanılarak ters U şeklindeki ilişki test edilmiştir. ÇKE'nin klasik parametrik regresyon gösterimine karşın yarı parametrik gösterimi test edilmiş ve klasik regresyonun ters U şeklindeki ilişkiyi desteklediği belirtilmiştir. Çalışma dönemi daha kısa tutulduğunda ise NO_2 değişkeninin kullanıldığı modelde ÇKE'nin varlığı reddedilmiştir. Dolayısıyla kısa dönem için modelin ÇKE'nin varlığını yakalayamayabileceği vurgulanmıştır.

Day vd. (2003) Kanada için CO_2 , CO, SO_2 ve PM verilerini kullanmış ve ÇKE hipotezi için çift logaritmik model oluşturmuştur. Çevresel bozulma göstergeleri arasından CO_2 dışındaki göstergeler için ÇKE hipotezi reddedilmemiştir. Sonrasında değişkenler arası nedensellik için vektör otoregresif model (VAR) yaklaşımı kullanılmış ve çift taraflı nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Giles ve Mosk (2003) enterik metan (CH_4) değişkenini kullanarak Yeni Zelanda için uzun bir dönem için klasik regresyon ve bulanık regresyon yöntemleri ile ÇKE'nin varlığını araştırmıştır. Her iki yöntemde de ÇKE hipotezi kabul edilmiştir.

Roca (2003) İspanya için CO₂, CH₄, N₂O, SO₂ ve NO_x verilerini kullanarak, çevresel bozulma ile gelir ilişkisini araştırmıştır. SO₂ dışındaki tüm değişkenler için zamana göre pozitif ilişki gözlemlenirken, yalnızca SO₂ için ÇKE hipotezi kabul edilmiştir.

Çevresel Kuznet Eğrisinin tahmin edilmesi için birçok ülke verilerinin kullanılması Egli (2004) tarafından eleştirilmiştir. Eleştirinin temelinde tahmin edilen katsayıların tüm ülkeler için aynı olduğu varsayımı bulunmaktadır. Bu varsayımın, her ülkenin büyüme dinamiklerinin farklı olabileceğinden dolayı gerçekçi olmadığı belirtilmiştir. Benzer eleştiri Cole (2005) ve Vincent (1997) tarafından da getirilmiştir.

Gallagher (2005), Meksika için çalışmasında gelir ve kirlilik arasında ters U şeklinde bir ilişkiyi tespit edememiş, gelirin artışıyla çevresel bozulmanın da arttığını ortaya koymuştur. Buna ek olarak ekonomik liberizasyonla beraber ABD'nin atıklarını Meksika'ya göndermesinden kaynaklı Meksika'nın "kirlilik sığınağı" olduğu hipotezi test edilmiştir. Sonuç olarak kirlilik sığınağı hipotezi Meksika için reddedilmiştir.

Mota ve Dias (2006) zaman serisi yaklaşımını kullanarak ÇKE hipotezini açık ekonomiler için test etmiştir. Yazar birçok ülke için yatay kesit veri kullanıldığında ÇKE'nin varlığının gösterildiğini belirtmiş ve 1970-2000 dönemi için ekonominin açık derecesini, kısa dönemli dalgalanmaların büyüme üzerindeki etkileri test etmiştir. Bunun yanında GSYH'nin doğrusal, karesel ve kübik formu ile CO₂ arasında ilişkiyi incelemiş ve en uygun ilişki şeklinin kübik ilişki olduğunu belirtmiştir.

Brezilya, Rusya, Hindistan ve Çin'in ele alındığı Tamazian vd. (2008) çalışmasında enerji tüketimi artışın CO₂ emisyonları üzerindeki etkini ortaya koymuş ve yüksek enerji tüketiminin ekonomik büyümeyle enerji yoğun ürünlerin ticaretiyle ilişki olduğunu belirtmiştir. Daha sonra emisyon, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme değişkenleri için eşbütünleşme analizi yapılmış ve tüm ülkeler için CO₂ ile enerji tüketimi değişkenlerinin uzun dönem denge ve nedensellik ilişkisine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Çevresel Kuznet Eğrisinin varlığının test edilmesi üzerine yapılan bir diğer çalışma Wang (2011) tarafından yapılmıştır. Yazar çalışmasında parametrik olmayan yöntemler

kullanmış ve OECD ülkeleri için ÇKE hipotezini reddetmemişken, OECD üyesi olmayan ülkelerde hipotez reddedilmiştir.

Carrillo ve Maietta (2012) tarımsal ve kırsal alanların katkısını da dikkate alarak İtalyan bölgesi için ÇKE'nin varlığını test etmişlerdir. Bu amaçla iki aşamalı dinamik panel model kullanmış ve çevresel bozulma ile ekonomik büyüme arasında ÇKE tipi bir ilişkinin varlığını gözlemlemiştir. Bunun yanında tarımsal bölgelerde eğrinin dönüm noktasının daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Kaika ve Zervas (2013) çalışmasında CO₂ verilerinin seragazi emisyonları arasında ana emisyon olduğunu belirtmiş ve bu perspektiften hareketle CO₂ verilerini kullanarak ÇKE'yi test etmiştir. Sonuç olarak CO₂ için çevresel bozulma ile ekonomik büyüme ilişkinin ters U şeklinde olduğu hipotezini reddetmiştir.

Lise (2006) Türkiye'deki CO₂ emisyonlarının gelişimine ilişkin çok boyutlu bir çalışmanın gerekli olduğuna vurgu yapmış ve 1980-2003 dönemi için CO₂ emisyonları için ayrıştırma analizi uygulamıştır. Analiz sonucunda Türkiye'nin büyüme hızına paralel bir şekilde CO₂ emisyonlarının da arttığını (ölçek etkisi), enerji yoğunluğundaki azalmadan kaynaklı emisyonların azaldığını belirtmiştir. ÇKE hipotezinin varlığına ilişkin geçerli bir kanıt bulunamamıştır.

Türkiye üzerinde yapılan bir diğer çalışmada Halıcıoğlu (2009) karbon emisyonları, enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret arasındaki dinamik ilişkiyi 1960-2005 dönemi için incelemiştir. Sınır testlerine göre değişkenler arası iki tip uzun dönem ilişkinin varlığını tespit etmiştir. İlk olarak enerji tüketiminin, gelirin ve dış ticaretin karbon emisyonlarını belirlediğini, ikinci olarak gelirin diğer değişkenler tarafından belirlendiğini belirtmiştir. Bunun yanında ÇKE hipotezinin varlığından bahsedilebileceğini fakat grafiksel gösterimde bu ilişkinin görünmediği sonucuna varmıştır.

Akbostancı vd. (2009), Türkiye'deki 58 şehire ilişkin 1968-2003 dönemi CO₂ verilerini kullanarak eşbütünleşme analizi yapmış sonrasında panel veri modeli ile 1992-2001 dönemi için SO₂ ve PM₁₀ verileri ile gelir-çevresel bozulma ilişkisini araştırmıştır. Sonuç olarak ÇKE tipi bir ilişkiden ziyade N şeklinde bir ilişki tespit etmişlerdir.

Öztürk ve Acaravcı (2010), Türkiye için 1968-2005 dönemi ekonomik büyüme, enerji tüketimi, karbon emisyonları ve istihdam oranı değişkenlerini kullanarak uzun dönemli ilişkiyi araştırmıştır. Analiz sonuçlarına göre değişkenler arası uzun dönemli ilişkinin olduğu fakat doğrusal logaritmik modelin kullanılarak tahmin edilen ÇKE'nin geçerli olmadığı belirtilmiştir.

Başar ve Temurlenk (2010), 1950-2000 dönemi için CO₂ verileriyle zaman serisi yaklaşımını kullanarak Türkiye için ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığını araştırmış ve sonuçta Akbostancı vd. (2009) çalışmasına paralel olarak N şeklinde bir ilişki tespit etmiştir.

Çevresel Kuznet Eğrisinin varlığına ilişkin hipotez üzerine birçok eleştiri getirilmiştir. Bu konudaki önemli eleştirilerden biri 1992 Dünya Kalkınma Raporu'nda içerilen ÇKE modelinde gelirin dışsal olarak alınmasıdır (Arrow vd., 1995). Bunun yanında ekonominin sürdürülebilir olduğu varsayımına karşın ekonomik faaliyetlerin artışıyla beraber sürdürülebilirliğin geçerli olmayabileceği ifade edilmiştir.

Bunun yanında kişi başı gelir değişkeninin simetrik olmamasından (IBRD, 1992) kaynaklı gelir için ortalama yerine medyan kullanılması gerektiğine ilişkin eleştiriler getirilmiştir (Stern vd., 1996).

Ekonometrik açıdan yatay kesit verilerde değişen varyans durumunun önemli olduğu belirtilmiştir (Stern vd., 1996). Schmalensee vd. (1998) değişen varyansa sahip regresyon modellerinde daha küçük hata terimlerinin daha yüksek GSYH'ye sahip ülkelere ait olduğu tespit edilmiştir.

Eşanlılık problemine ilişkin Hausman testi uygulanmış ve eşanlılığa ilişkin bir kanıt bulunamamıştır (Cole vd., 1997; Holtz ve Selden, 1995). CO₂ emisyonları ile gelir arasındaki nedensellik ilişkisinin tespit edilmesi amacıyla birçok bölge ve ülke verisi kullanılmış sonuçta nedenselliğin genel olarak gelirden emisyonlara doğru olduğu, gelişmekte olan ülkeler için bulunmadığı ve gelişmiş ülkeler için emisyonlardan gelire doğru olduğu sonucuna varılmıştır (Coondoo ve Dinda, 2002).

Perman ve Stern (2003), değişkenlere birim kök ve eşbütünleşme analizi uygulamış ve serilerin (kişi başı SO₂, kişi başı GSYH ve karesi) birim köke sahip olduğunu gözlemlemiştir. Ele alınan ülkelerin yarısında eşbütünleşme ilişkisi bulunurken, bunların da birçoğunda parametrelerin işaretleri beklentilerin dışında gelmiştir.



2. BÖLÜM

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

İklim, kabaca ortalama hava şartları olarak tanımlanabilir. Daha ayrıntılı olarak havaya ilişkin değişkenlerin değerlerinin/miktarlarının ortalaması ve değişkenliğinin belirli bir dönem için istatistiksel ifadesidir. Burada belirli bir dönem birkaç aydan binlerce yıla değişkenlik gösterebilir. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından bu dönem ortalama 30 yıl olarak belirlenmiştir (IPCC, 2007).

İklim değişikliği ise nedeni insan veya doğa olaylarından kaynaklanıp kaynaklanmadığına bakılmasızın “nedeni ne olursa olsun iklimin ortalama durumunda ya da değişkenliğinde onlarca yıl ve daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişiklikler” biçiminde tanımlanmaktadır. Günümüzde sözü edilen küresel iklim değişikliği ise fosil yakıtların yakılması, arazi kullanım değişiklikleri, ormansızlaştırma ve sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleriyle atmosfere salınan seragazları birikimindeki hızlı artışın doğal seragazı etkisini kuvvetlendirmesi sonucunda yerkürenin ortalama yüzey sıcaklıklarındaki artışı ve iklimde oluşan değişiklikleri ifade etmektedir (BMİDÇS, 1992).

2013 yılında yayınlanan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)’nin raporuna göre; 1880-2012 döneminde ortalama küresel sıcaklık 0.85 derece artmıştır. Her 1 derecelik artışın küresel olarak bitkisel üretimde yaklaşık %5 azalmaya neden olduğu belirtilmektedir. Mısır, buğday ve diğer temel bitkisel ürünlerin üretimi 1981-2012 döneminde küresel ısınmaya bağlı olarak önemli bir biçimde azalmıştır. Okyanuslar ısınmış ve azımsanmayacak miktardaki kar ve buz kütleleri erimiş ve deniz seviyesi yükselmiştir. 1901 yılından 2010 yılına kadar küresel deniz seviyesi ortalama 19 cm yükselmiştir. Buna ek olarak kutuplarda 1979 yılından itibaren her 10 yılda bir 1.07 milyon km² buz kütlesi erimektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak hidrolojik döngünün değişmesi, hava olaylarının şiddetinin ve sıklığının artması, kuraklık, çölleşme, salgın hastalıkların ve zararlarının artması gibi dünya ölçeğinde sosyo-ekonomik sektörleri, ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyecek önemli sonuçların olacağını öngörülmektedir (IPCC, 2013).

Böylesine küresel ölçekli bir sorunun ortaya çıkmasında, bütün ülkelerin de payının olduğu gerçeği ile birlikte problemin çözümü noktasında, küresel ölçekte bilimsel çalışmaların yapılması, ülkelerin fikir birliğine varması ve ortak hareket etmeleri gerektiği durumu ortaya çıkarmıştır. Buna istinaden ilk kez 1979 yılında WMO tarafından “Birinci İklim Konferansı” düzenlenmiş ve bu konferansta fosil yakıtlardan ve CO₂ birikiminden kaynaklanan küresel iklim değişikliği vurgulanmıştır. Ek olarak konferans “Dünya İklim Programı” ve “Dünya İklim Araştırmaları Programı”nın kurulmasına öncülük etmiştir.

İklim değişikliği konusunda uluslararası anlamda önemli bir gelişme 1998 yılında WMO ve UNEP tarafından IPCC’nin kurulmasıdır. Panelin ana amacı ülkeleri iklim değişikliği ve etkileri konusunda bilinçlendirmek ve gelecek açısından olası stratejileri belirlemektir.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, BM’nin himayesi altında oluşturulmuş bilimsel bir organdır. Temel görevi iklim değişikliği ile ilgili üretilen bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik bilgileri incelemek ve değerlendirmektedir. Bu kapsamda iklim değişikliği ile ilgili veri ve parametrelerin izlenmesi veya ek bir çalışmada bulunma gibi bir görevi bulunmamaktadır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, çalışmalarını gönüllülük temelinde binlerce bilim insanı ile birlikte sürdürmektedir. Çalışmalarının esasını mevcut bilgilerin objektif ve tam bir biçimde gözden geçirilmesi oluşturmaktadır.

1990 yılında IPCC tarafından ortaya konulan birinci değerlendirme raporunda iklim değişikliğinin önemi vurgulanmış ve etkileri ile mücadele etmek için uluslararası işbirliğinin gerekli olduğu belirtilmiştir (IPCC, 1990). Dolayısıyla, küresel ısınmanın azaltılması ve iklim değişikliğinin etkileri ile mücadele etmek amacıyla BMİDÇS’nin oluşturulmasına öncülük edilmiştir. Sonrasında IPCC düzenli olarak iklim değişikliği ile ilgili bilimsel raporlar hazırlamaya başlamıştır. BMİDÇS tarafından ihtiyaç duyulan alanlarda metodolojik rehber dokümanlar bu çerçevede ele alınmıştır.

İklim değişikliği ile mücadele konusunda oluşturulan bu yapılarla birlikte ülkeler açısından iklim değişikliğinin en önemli nedenlerinden biri olan seragazı emisyonları gündeme gelmiştir. Bu kapsamda ülkelerin ekonomik olarak büyümelerini gerçekleştirirken seragazı

salımlarını azaltımını sağlamasının yanında tarihsel olarak emisyonların tepe noktasına ulaşp ulaşmadıklarının belirlenmesi ülkeler açısından araştırılacak konular arasında yer almıştır. Bu kapsamda ÇKE hipotezi çerçevesinde ülkelerin seragazı salımlarının tepe noktasına ulaşp ulaşmadıkları veya hangi gelir düzeyinde ulaşabilecekleri, ülkelerin iklim değişikliği ile mücadelede yapabileceklerinin ortaya konulması açısından gereklidir.

Bu bölümde öncelikle iklim değişikliği ile mücadele konusunda uluslararası platformda önemli adımlardan biri olan BMİDÇS'ye ilişkin bilgiler verilecek ve BMİDÇS kapsamında küresel ölçekte seragazı emisyonlarının azaltımı konusunda yapılan çalışmalar ve müzakereler belirtilecektir. Sonrasında ülkelerin ekonomik büyümelerine mani olmayacak şekilde seragazı emisyonlarının azaltımına yönelik taahhütleri belirtilecektir. Bu kapsamda emisyon azaltımı ile ilgili 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü ve esneklik mekanizmaları açıklanacaktır. Son olarak ülkemizde iklim değişikliğine ilişkin yapılan çalışmalar belirtilecektir.

2.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

1992 yılında atmosferdeki seragazı birikimlerini, insan faaliyetlerinin iklim üzerindeki etkisinin önlenmesi amacıyla imzaya açılan BMİDÇS 1994 yılında yürürlüğe girmiştir. Ülkemizin 2004 yılında taraf olduğu sözleşmeye taraf olan ülke sayısı günümüzde 195'e ulaşmıştır.

Sözleşmenin amacı; atmosferdeki seragazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmayı başarmak, böyle bir düzeye, ekosistemin iklim değişikliğine doğal bir şekilde uyum sağlamasına, gıda üretiminin zarar görmeyeceği ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir şekilde devamına izin verecek bir zaman içerisinde ulaşmaktır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, taraf ülkeleri, seragazı salımlarını azaltmaya, araştırma ve teknoloji üzerinde işbirliği yapmaya ve seragazı yutaklarını (örneğin ormanlar, okyanuslar, göller) korumaya teşvik etmektedir. Sözleşme, seragazı salımlarının azaltılması için, ülkelerin kalkınma önceliklerini ve özel koşullarını göz önüne alarak "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar" yüklemiştir (BMİDÇS, 1992).

Bu çerçevede sözleşmede, tarafların iklim sistemini eşitlik temelinde ve yapabileceklerine uyumlu olarak günümüz ve gelecek kuşakların faydası için koruması gerektiği belirtilmiş ve gelişmiş ülkelerin bu mücadele öncülük etmeleri gerektiği ortaya konulmuştur. Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar kapsamında gelişmekte olan ülkelerin ve iklim değişikliği ile mücadelede sınırlarını aşan yük altında giren ülkelerin özel koşullarının dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Bunun yanında, sözleşmeye taraf olan ülkelerin, özellikle gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir kalkınmayı destekleyici uluslararası ekonomik sistemi teşvik etmeleri gerektiği belirtilmiştir. “Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” ilkesi “gelişmiş ülkelerin” tarihsel olarak iklim değişikliğine neden olan seragazılarını atmosfere diğer “gelişmemiş” ve “gelişmekte” olan ülkelere daha fazla salmalarından dolayı sorumluluklarının daha fazla olması gerektiği düşüncesinden ortaya çıkmıştır. Bu anlamda, sözleşmede ülkeler farklılaşmış sorumluluklara göre üç grupta ele alınmıştır.

- **Ek-1 Ülkeleri:** Bu grupta yer alan ülkeler seragazı emisyonlarını sınırlandırarak ve ek olarak seragazı yutaklarını koruyup arttırarak iklim değişikliğini azaltmak üzere ulusal politikalar belirleyecek ve bunlara ilişkin önlemler alacaktır. Ortaya konulacak politikalar ve eylemler, CO₂ ile Montreal Protokolünde⁸ yer almayan diğer seragazılarının azaltılmasını sağlamalıdır. Buna ek olarak bu kategorideki ülkeler iklim değişikliğini önlemek amacıyla ortaya koydukları önlemleri ve izledikleri politikaları ve bunun yanında seragazı emisyonlarını her yıl BMİDÇS Sekreteryasına bildirmek durumundadır. Mevcut durumda sözleşmenin ek-1’inde 43 ülke yer almaktadır. Bu ülkeler 1992 yılındaki OECD ülkelerinden, Avrupa Birliği (AB) ülkelerinden ve piyasa ekonomisine geçiş sürecindeki ülkelere oluşmaktadır. Piyasa ekonomisine geçiş ülkeleri Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği’nin dağılması ile ortaya çıkan ülkeler ile Doğu Bloku olarak nitelendirilebilen ülkelere oluşmaktadır. Bu ülkelerin içinden 24 ülke ise ek-2 ülkeleri içinde yer almaktadır.

⁸ Montreal Protokolü 1987 yılında kabul edilen ozon tabakasını incelten maddelerin üretiminin kontrol altına alınmasını sağlayacak bir protokoldür. Ülkemiz bu protokole 1991 yılında taraf olmuş ve tüm değişiklikleri onaylamıştır.

- **Ek-2 Ülkeleri:** Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin ikinci grubunda yer alan ülkeler özellikle gelişmekte olan ülkelere sözleşmede yer alan hükümleri uygulayabilmeleri adına çevresel teknolojileri ve bilgi transferlerini sağlayacak ölçüde teşvik ve finansman yardımı sağlayacaktır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin ortaya konulduğu dönemdeki OECD üyesi olan ülkeler ile AB bu gruptadır.
- **Ek-1 Dışı Ülkeler:** Ek-1 ve ek-2 ülkesi olmayıp sözleşmeye taraf olan ülkeler ek-1 dışı ülkeler olarak nitelendirilmektedir. Burada yer alan ülkelerin seragazı salımına ilişkin belirlenmiş bir yükümlülükleri bulunmamaktadır. Çin, Hindistan, Brezilya, Güney Kore ve Meksika gibi ülkeler bu kategoride yer alan hızlı gelişen ülkeler arasındadır.

Ülkemiz, sözleşme ortaya konulduğunda ek-1 ve ek-2 ülkeleri içinde yer alırken daha sonra 2001 yılında Marakeş'te yapılan 7. Taraflar Konferansında (COP) ek-2 ülkeleri arasında çıkmış ve yalnızca ek-1 ülkeleri arasında yer almıştır. Bu değişiklik sonrasında 24 Mayıs 2004 tarihinde ülkemiz BMİDÇS'ye taraf olmuştur. Ek-1 ve ek-2 ülkeleri Çizelge 2.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.1 Ek-1 ve ek-2 ülkeleri

Ek-1 Ülkeleri		Ek-2 Ülkeleri
Almanya	Kanada	Almanya
ABD	Kazakistan	ABD
AB	Letonya	AB
Avustralya	Lihtenştayn	Avustralya
Avusturya	Litvanya	Avusturya
Belarus	Lüksemburg	Belçika
Belçika	Macaristan	Danimarka
Bulgaristan	Malta	Finlandiya
Çek Cumhuriyeti	Monako	Fransa
Danimarka	Norveç	Hollanda
Estonya	Polonya	İngiltere
Finlandiya	Portekiz	İrlanda
Fransa	Romanya	İspanya
Güney Kıbrıs	Rusya	İsveç
Hırvatistan	Slovakya	İsviçre
Hollanda	Slovenya	İtalya
İngiltere	Türkiye	İzlanda
İrlanda	Ukrayna	Japonya
İspanya	Yeni Zelanda	Lüksemburg
İsveç	Yunanistan	Kanada
İsviçre		Norveç
İtalya		Portekiz
İzlanda		Yeni Zelanda
Japonya		Yunanistan

Kaynak: BMİDÇS

2.1.1. İklim değişikliği müzakereleri

Sözleşmenin ortaya konulduğu 1994 yılından itibaren sözleşmeye taraf ülkelerle birlikte COP düzenlenmektedir. Taraflar Konferansı sözleşmenin en üst düzey karar alma organıdır. Sözleşmeye taraf ülkeler COP'ta sözleşmenin uygulanmasını ve diğer yasal araçları gözden geçirmekte olup sözleşmenin daha etkin bir biçimde uygulanmasına katkıda bulunmaktadır (BMİDÇS, 1992). Taraflar Konferansında taraflar tarafından alınan önlemlerinin, sözleşme amacına yönelik ne ölçüde başarı sağladığı değerlendirilmektedir.

İlki 1995 yılında Berlin'de gerçekleştirilen COP'un sonuncusu (COP 20) 2014 yılında Lima'da yapılmış olup COP 21 Paris'te gerçekleştirilmiştir. Berlin'de gerçekleştirilen COP 1'de protokolü ve diğer yasal araçları tartışmak amacıyla bir komitenin kurulması ve 1997 yılına kadar sanayileşmiş ülkeler için 2000 yılı sonrasına ilişkin ek taahhütler alınması

kararlaştırılmıştır. Bu durum Berlin Direktifleri (AGBM) olarak nitelendirilmektedir ve 1997 yılında Japonya'nın Kyoto Kentinde gerçekleştirilen COP 3'e temel teşkil etmektedir.

Berlin Direktifleri müzakereleri iki yıl devam etmiş ve bu süreçte bazı ülkeler hedeflerin ve hedeflerin gerçekleşeceği döneme ilişkin sorular yöneltmiştir. Bu hedefler ve zamanlılık sayısallaştırılmış emisyon azatlımı olarak nitelendirilebilir.

Bu arka planla birlikte 1996 yılında Cenevre'de gerçekleştirilen COP 2'de Cenevre Bakanlar Deklarasyonu benimsenmiştir. Burada önemli noktalardan biri mutabakata varılmayan konularda da ülkelerin eyleme geçmeye istekli olduklarının ortaya konulmasıdır. Dolayısıyla eyleme geçmek için mutabakatın beklendiği durumda geçerli olan Suudi Arabistan ve Petrol İhraç Eden lkeler rgt (OPEC) yelerinin sanal veto sahibi durumu geçersiz hale gelmiştir. Bir diğer önemli nokta ise yasal olarak ülkeleri bağlayacak hedeflerin oluşturulması gerektiği belirtilmiştir (Bodansky, 2001).

Sözleşmenin seragazı emisyonlarını azaltmaya yönelik zamana bağlı sayısal hedef belirleyememesi ve ülkelerin emisyon azaltım taahhütleri konusunda gerekli zeminin oluşturulamaması, iklim değişikliği ile mücadelede seragazı emisyonlarının azaltılmasında ilave hukuki düzenlemelere ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir. Bu durum ayrıntıları bir sonraki bölümde anlatılacak olan Japonya'nın Kyoto kentinde 1997 yılında gerçekleştirilen COP 3'de gündeme alınmıştır (BMİDÇS, 2015).

Kyoto sonrası Brezilya'nın Buenos Aires şehrinde gerçekleştirilen COP 4'te taraflar esneklik mekanizmaları ile ilgili detaylı kuralların geliştirileceği bir eylem planı üzerinde uzlaşmışlardır. Bu eylem planı

- Finansal mekanizmalar
- Politika ve önlemler konusunda gelecek eylemler
- Teknoloji geliştirme ve transferi
- Temiz kalkınma mekanizmasına öncelik vererek Kyoto mekanizmalarının kurallarının belirlenmesi

konularını içermektedir.

Bonn’da “başaramazsak insanlık bizi bağışlamaz” sloganı ile düzenlenen COP 5’de, 2000 yılında yapılan COP’a kadar 1997 yılında kabul edilen Kyoto Protokolü’nün detaylarının tamamlanmasına ilişkin kararlar alınmış ve kararların zamanlılıkları belirtilmiştir. Bu konferansta ülkemiz ek-2 ülke listesinden çıkarılmayı ve ek-1 listesinde özel durum ile bulunmayı talep etmiş fakat bu önerimize ilişkin karar sonraki COP’lara bırakılmıştır (BMİDÇS, 2015).

2000 yılında Hollanda’nın Lahey kentinde gerçekleştirilen COP 6’da tartışmalar ABD’nin karbon yutaklarına ilişkin kredi imkanı veren önerisi, emisyon azaltım taahhüdü veren fakat taahhütlerini gerçekleştiremeyen ülkelere ilişkin anlaşmazlıklar, gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliği ile mücadele etmek üzere finansal destekleri almadaki zorlukları konuları üzerinde yoğunlaşmıştır. Yapılan tartışmalarda sonuç alınamamış ve bir sonraki yıl Marakeş’te yapılacak COP 7’ye ek olarak COP 6’nın devamının Almanya’nın Bonn şehrinde yapılmasına karar verilmiştir.

Ülkemizin COP 5’deki talebi ise ABD, Pakistan ve Kazakistan tarafından destek görmüş fakat karar bir sonraki COP’a bırakılmıştır. COP 6’nın devamı öncesi ABD’nin Kyoto Protokolü’nü reddetme durumu gerçekleşmiş ve Lahey’de tartışılan esneklik mekanizmaları, karbon yutak alanlarına ilişkin kredi imkanı, finansal destek gibi konularda uzlaşmaya varılmıştır (BMİDÇS, 2015).

Fas’ın Marakeş şehrinde 2001 yılında gerçekleştirilen COP 7 ülkemiz için önemli bir yere sahiptir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nin ek-1 ve ek-2 listesinde yer alan ülkemizin, ek-2 listesinden çıkarılıp ek-1 listesinde özel durum ile bulunma önerisi bu konferansta 26/CP.7 kararı ile kabul edilmiştir. Kabul edilen özel durumumuz sonucu bir yükümlülük altında bulunmamış, fakat bununla birlikte emisyon ticareti sistemine de dahil olamama durumu oluşmuştur. Ek olarak Kyoto Protokolü’nün sağladığı finans desteği ülkemizin seragazi emisyonlarını azaltma faaliyetlerinde geçerli olmayacaktır. Diğer taraftan Marakeş’te Buenos Aires Eylem Planı üç yıllık çalışmaların sonunda sonlandırılmış ve Kyoto Protokolü’nde belirtilen hedefleri gerçekleştirmek için kuralların belirlendiği Marakeş Mutakabâtı ortaya konulmuştur (Ediger, 2008).

2002 yılında Yeni Delhi’de gerçekleştirilen COP 8’de gelişmiş ülkelerin geliştirmekte olan ülkelere yapacağı teknoloji transferi üzerinde tartışmalar sürdürülmüş ve nihayetinde Delhi Bakanlar Deklarasyonu benimsenmiştir. Bu COP’ta önemli bir diğer nokta Rusya’nın Kyoto Protokolü’ne karşı çekincesini belirtmesi ve zaman talep etmesidir. Kyoto Protokolü’nün yürürlüğe girmesi için 55 ülkenin imzası ve Dünya’daki toplam emisyonların %55’ini oluşturan ülkelerin katılımı gerekmektedir. Rusya’nın bu çekincesi ile (ABD ve Avustralya’nın da imzalamaktan imtina etmesi ile birlikte) süreç ertelenmiş olmuştur.

İtalya’nın Milano şehrinde gerçekleştirilen COP 9’da öncelikle geliştirmekte olan ülkelerin iklim değişikliğine uyumun desteklenmesi için ve teknoloji transferi aracılığıyla kapasite artırımı için COP 7’de oluşturulan fonların kullanımına karar verilmiştir (BMİDÇS, 2015).

2003 yılında Milano’da gerçekleştirilen COP 9 sonrası Buenos Aires’de COP 10, Montreal’de COP 11 ve Nairobi’de COP 12 gerçekleştirilmiştir. COP 10’da 10 yıllık zaman diliminde yapılanlar tartışılmış ve gelecek dönemlerdeki zorluklar ele alınmıştır. Taraflar aynı zamanda 2012 yılında sonra erecek olan Kyoto sonrası mekanizmaları tartışmaya başlamıştır.

Kanada’nın Montreal şehrinde 2005 yılında COP 11 ile birlikte ilk olarak Kyoto Protokolü’ne Taraf Ülkelerin Konferansı (CMP) gerçekleştirilmiştir. Konferansın ana çıktılarından biri Temiz Kalkınma Mekanizmalarının güçlendirilmesidir. Bu toplantıların önemli noktalarından biri ülkelerin yeni taahhütler için istekli olması ve yeni sözleşme sürecini desteklemesidir. ABD ve Suudi Arabistan dışındaki ülkeler bu yeni sürece başlamak gerektiğini belirtmişlerdir.

12. Taraflar Konferansı’nda ise taraflar uyum konusunda adımlar atılmasında mutabık olmuş, ormansızlaşmanın azaltımı konusunda tartışmalar yürütmüş ve teknoloji transferinin hızlandırılması gerektiğini belirtmiştir.

Endonezya’nın Bali Adası’nda 2007 yılında gerçekleştirilen COP 13’de 2012 sonrasında yürürlüğe girecek “Bali Eylem Planı” adı verilen bir dizi kararlar alınmıştır. Konferansta

lkelerden kendi özgün koşullarına göre azaltım faaliyetlerini hazırlamalarını ve 2009 yılında BMİDÇS Sekretaryasına iletmesi istenmiştir.

Konferans ncesi IPCC tarafından yayımlanan 4. Değerlendirme raporu konferans kararlarına etkili olmuştur. Buna göre 2012 yılında sonlanacak olan Kyoto Protokolü sonrasında ikinci yükümlülük döneminin başlatılması ve bu anlamda 2009 yılına kadar tüm ülkeleri kapsayan anlaşmanın hazırlanması hedeflenmektedir. Bunun yanında tüm gelişmiş ülkelerin emisyon azaltım hedefi gibi ölçülebilir, raporlanabilir ve doğrulanabilir nitelikte ulusal olarak uygulanabilir mücadele taahhütleri üstlenmeleri belirtilmiş gelişmekte olan ülkelerin de teknoloji, finansman ve kapasite oluşturma ile desteklenen sürdürülebilir kalkınma bağlamında azaltım tedbirleri almaları istenmiştir. Ek olarak uyum alanında, etkilerin değerlendirilmesi, önlemlerin önceliklendirilmesi, mali ihtiyaçların belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır (Ediger ve ifti, 2013).

15. Taraflar Konferansı ncesi Polonya'nın Poznan şehrinde 2008 yılında gerçekleşen COP 14'de Kyoto Protokolü altındaki uyum fonu oluşturulmuştur. Fonun Temiz Kalkınma Mekanizması altındaki projelere %2 oranında vergi konularak doldurulmasına karar verilmiştir. Bunun yanında taraflar 2009 yılındaki müzakereleri desteklemektedir.

Bali Eylem Planında alınan kararlar ışığında 2012 yılı ve sonrasında uygulanacak kararlarının rejimini belirlemeye yönelik olarak 2009 yılında Danimarka'nın Kopenhag kentinde düzenlenen COP 15'de müzakereler devam etmiştir. Kopenhag toplantısında BMİDÇS'ye taraf ülkelerin üzerinde mutabakat sağlayacağı sözleşme yapılması planlanmıştır. Konferans sonunda oy birliği ile ortaya konulamayan ve tavsiye niteliği taşıyan Kopenhag Mutabakatı ortaya konulmuştur. Mutabakatı ABD, Çin ve Hindistan gibi ülkelerin hazırlamış olması iklim değişikliği ile mücadelenin tarihsel dinamikleri açısından anlam taşımaktadır (Engin, 2010).

Gerek Bali'de gerek Kopenhag'da tartişmaların ana eksenini seragazı emisyonlarının ne ölçüde azaltılacağı ve finansmanının hangi ülkelerce ve ne ölçüde sağlanacağıdır. Mutabakatta, ek-1 ülkelerinin sayısallaştırılmış 2020 emisyon azaltım hedeflerini 2010 yılının sonuna kadar BMİDÇS Sekretaryasına sunmaları belirtilmiştir. Buna ek olarak ek-1 dışı ülkelerin de azaltım tedbirlerini bildirmeleri istenmiştir. Finansal yardımlara ilişkin

olarak gelişmiş ülkeler 2020 yılına kadar yıllık toplam 100 milyar USD yardım sağlamak durumunda olmuştur. Bunun yanında uzun vadeli hedef olarak küresel sıcaklık artışının 2 derecenin altında tutulması ve mutabakatın 2015 yılında yeniden gözden geçirilerek bu ölçünün 1.5 dereceye çekilmesi öngörülmüştür.

2010 yılında Meksika'nın Cancun kentinde gerçekleştirilen COP 16'da ise ulusal azaltımlar üzerinde tartışmalar yürütülmüş ve finansman, şeffaflık ve çok yönlü iklim çerçevesinin diğer bileşenlerine ilişkin ilk adımlar atılmıştır. Cancun Anlaşması, Kopenhag Mutakabati'nin temel bileşenlerini içermektedir. Bu doğrultuda azaltım hedefleri ve eylemleri içerilmiştir. Bunun yanında seragazi emisyonlarının mümkün olduğunca kısa bir süre içinde tarihsel olarak en üst seviyede olması (sonrasında azalmaya başlaması) ve zamansal olarak gelişmekte olan ülkeler açısından bu sürenin nispeten daha uzun sürebileceği belirtilmiştir (Kuntjoro ve Caballero, 2011). Konferansta ülkemizin durumunun gelişmiş ülkeler ve geçiş ekonomisi ülkelerinden farklı olduğu 1/CP.16 kararı ile tasdik edilmiştir. İlgili kararda ayrıca 2001 yılında ek-2'den çıkan ülkemizin finansal mekanizmadan yararlanabilmesinin önünü açabilecek ifadeler yer almaktadır.

2011 yılında Güney Afrika'nın Durban şehrinde gerçekleştirilen COP 17'de taraflara Kyoto Protokolü sonrası uygulanacak nitelikte bir anlaşmanın hazırlanması ve bu Protokolün yasal bir yaptırımı olması doğrultusunda çalışacak Durban Güçlendirilmiş Eylem Platformu Geçici Çalışma Grubu (ADP) oluşturulmuştur. Çalışma Grubu çalışmalarına 2012 yılında başlamış ve 2015'ten geç olmamak şartı ile çalışmalarını tamamlaması istenmiştir. Yasal yaptırımı olması öngörülen bu anlaşmanın ise 2020'den sonra yürürlüğe girmesi kararlaştırılmıştır (Banerjee, 2012).

Japonya, Rusya ve Kanada ise Durban öncesi Kyoto'da yalnızca gelişmiş ülkelerin bulunmasından kaynaklı ikinci taahhüt döneminde yer almayacaklarını belirtmiştir. Diğer taraftan AB ise yeni dönemde yeni mutabakatlarla birlikte yer alacağını ifade etmiştir.

Konferansta seragazların azaltımı konusunda sayısallaştırılmış azaltım hedeflerinin belirlenmesi ve açıklanması kararı verilmiştir. Emisyonların hesaplanmasına ilişkin arazi kullanımı ve arazi kullanım değişikliği ve ormancılık emisyonlarının kuralları revize edilmiştir. Ek olarak yeni dönemde de emisyon ticaret sisteminin devam etmesi ortaya

konulmuştur. İkinci taahhüt döneminin ne olacağı (2013-2017 veya 2013-2020) ise bir sonraki konferansa bırakılmıştır. Ülkemizin özel durumu 2/CP.17 nolu karar ile desteklenmiştir. Bu kararda Sözleşmenin uygulanmasına yardımcı olacak azaltım, adaptasyon, teknoloji transferi, kapasite geliştirme ve finans konusundaki usullerin belirlenmesine devam edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

2012 yılında Katar'ın başkenti Doha'da düzenlenen COP 18'de ise ülkemiz açısından özel durum teyit edilmiş fakat finansman, teknoloji transferi ve kapasite geliştirme ihtiyacına yönelik destek alabilmesine yönelik çalışmaların yapılmasına imkan doğmuştur. Diğer taraftan ikinci taahhüt döneminin 2012 yılında başlayıp 2020 yılında bitmesine ve küresel emisyonların %15 oranında azaltılmasına karar verilmiştir.

2013 yılında gerçekleşen Varşova Konferansı iki yıl önce Durban Konferansı ile iki yıl sonra gerçekleşecek ve yeni anlaşma metninin onaylanacağı Paris Konferansı'nın orta noktasıdır. 2015 yılında Paris'te kararlaştırılacak olan yeni dönem öncesi taraf ülkelerin 2020 sonrası sözleşmeye ulusal katkıları için hazırlık yapmaya başlamaları ve COP 21 öncesi bunları bildirmeleri belirtilmiştir. Hazırlıklarını tamamlamış ülkelerin ise 2015 yılının ilk üç ayında ulusal katkılarını bildirmeleri istenmiştir. Burada temel farklılık ülkelere esneklik sağlayabilecek (taahhütler yerine) ulusal katkıların ortaya konulmasıdır. Bunun yanında 2020 yılı sonrasına ilişkin taslak müzakere metninin 2015 yılı Mayıs ayında tamamlanması amacıyla çalışmalara başlanmasına karar verilmiştir. İklim değişikliğinin etkileri sonucu ortaya çıkan zararlara ilişkin Varşova Mekanizmasının kurulması konferansın bir diğer çıktısıdır.

1-12 Aralık 2014 tarihleri arasında Peru'nun başkenti Lima'da gerçekleşen COP 20'de gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki farklılıklar net bir biçimde ortaya çıkmıştır. Konferansta; ulusal katkıların ülkenin mevcut durumda yürüttüğü politikaları aşan bir nitelikte olması gerektiği, ulusal katkıların referans dönemi, uygulama dönemi, kapsamı gibi ayrıntılı olarak belirtilebileceği ortaya konulmuştur. Konferansta gelişmekte olan ülkeler BMİDÇS'nin temel ilkelerinden hareket edilmesi gerektiğini belirtirken gelişmiş ülkeler sözleşmenin ortaya konulduğu tarihten itibaren gelişmelerin yaşandığını belirtmiştir (BMİDÇS, 2015). Ülkemiz açısından ise 21/CP.20 nolu kararda, ülkemizin en erken 2020 yılına kadar olmak üzere hangi destekleri alabileceği tanımlanarak azaltım, uyum, teknoloji,

kapasite geliştirme ve finans gibi alanlarda ilerlemeler sağlamak üzere bu desteklerden yararlanması tavsiye edilmiştir. Bunun yanında ek-2 ülkeleri ile bu durumdaki ülkeleri küresel iklim fonu da dahil olmak üzere iklim değişikliği ile mücadelede ilgili konularda destek sunmak üzere davet edilmiştir.

2.1.2. Ulusal katkılar

2015 yılında Paris'te düzenlenen COP 21 öncesi tüm ülkelerin iklim değişikliği ile mücadele konusunda ortaya konulacak ulusal katkıları belirlemesi ve açıklaması istenmiştir (BMİDÇS, 2015). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekreteryası ise bildirilen ulusal katkıları ve ulusal katkıların toplam etkisini içeren raporu 1 Kasım 2015 tarihinde kadar yayımlanmıştır⁹.

Belirlenecek ulusal katkıların, ülkelerin mevcut durumda sürdürdüğü politikaları aşan nitelikte olması gerektiği belirtilmiştir. Buna ek olarak ulusal katkıları daha açık, daha şeffaf ve daha anlaşılabilir kılabilmek için ulusal katkıların bir baz yılı, uygulanacağı dönemi ve kapsamı gibi unsurları içerebileceği açıklanmıştır.

Bu kapsamda ulusal katkısını ortaya koyan ilk ülke İsviçre olmuştur. 27 Şubat 2015 tarihinde bildirilen ulusal katkılara göre İsviçre 2030 yılında toplam seragazı emisyonlarını 1990 seviyesine göre %50 azaltacağını belirtmiştir. Buna ek olarak 2021-2030 dönemi için ortalama azaltım miktarının %35 seviyelerinde olacağı açıklanmıştır.

İsviçre'den sonra AB adına dönem başkanı Letonya ulusal katkılarını BMİDÇS Sekreteryasına bildirmiştir. AB ve 28 üye ülke 2 derece hedefine uygun olarak seragazı emisyonlarını 2030 yılında 1990 yılına kadar en az %40 azaltacağını açıklamıştır. İlgili açıklamada halihazırda 1990 yılına göre emisyonların yaklaşık %19 azaldığı buna rağmen %44 civarında ekonomik büyümenin gerçekleştiği belirtilmiştir. Kişi başı seragazı emisyon miktarı ise 1990'larda 12 ton CO₂ eşd. iken 2012 yılında bu değer 9 ton CO₂ eşd'ye düşmüştür.

⁹ Bildirilen ulusal katkılara <http://www4.unfccc.int/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx> adresinden erişilebilir.

Norveç, AB'ye benzer bir şekilde toplam emisyonlarını 2030 yılında 1990 yılına göre %40 düşüreceğini belirtirken Meksika seragazı emisyon azaltımı ile katkısını iki senaryoda belirtmiştir. Hiçbir destek almaksızın, kendi imkanları ile mevcut durumda yürütülen politikaların yaratacağı seragazı emisyonundan %22 daha düşük seragazı salımı yapacağını belirtmiştir. Net emisyonlarının tepe noktasının 2026 yılında gerçekleşeceğini ve bu tarihten sonra emisyonların ekonomik büyümeden ayrışacağını belirtmiştir. İkinci senaryoda ise finansal destek ve teknoloji transferi ile birlikte bu oranın %36'ya yükseleceği bildirilmiştir.

ABD ise toplam seragazı emisyonlarını 2025 yılında 2005 seviyesine göre %26-28 oranında azaltacağını belirtmiştir. Mevcut durumda 2020 yılında toplam emisyonlarını 2005 yılında göre %17 civarında azaltmak yönünde adım atıldığı ek önlemlerle bu oranının 2025 yılında artırılacağı belirtilmiştir.

Rusya, insan kaynaklı seragazı emisyonlarını 2030 yılında 1990 seviyesine %70-75 oranında azaltacağını, burada maksimum oranın ormanların karbon tutma kapasitelerine bağlı olduğunu belirtmiştir. Kanada ise ulusal katkısında ülkesinin küresel seragazı emisyon miktarının %1.6'nı oluşturduğunu ve küresel iklim değişikliği anlaşmalarına katkıda bulunmak adına 2030 yılında 2005 seviyesine göre toplam emisyonlarını %30 oranında azaltacağını belirtmiştir.

Küresel seragazı salımında büyük paya sahip ülkelerden biri olan Çin ulusal katkısında 2014 yılında 2005 seviyesine göre CO₂ emisyonlarının GSYH'ye oranının %33.8 oranında azaldığını belirtmiş ve 2030 yılına kadar bu oranın %60-65'e yükseleceğini belirtmiştir. 2030 yılında ise emisyonların tepe noktasına ulaşacağını açıklamıştır. Buna ek olarak mevcut durumda %11.2 olan fosil dışı yakıtların enerji tüketimindeki oranını %20'ye yükselteceğini ortaya koymuştur.

Ülkemiz 30 Eylül 2015 tarihinde ulusal katkısını BMİDÇS Sekreteryasına göndermiştir. Bu çerçevede ülkemiz 2030 yılında mevcut yürütülen politikalara göre oluşabilecek emisyonlarına %21'e kadar azaltım yapabileceğini belirtmiştir. Bu kapsamda mevcut yürütülen politikalar sürdürülürse bir başka söylemle hiçbir önlem alınmazsa 2030 yılı

itibariyle emisyonların yaklaşık 1.175 milyar ton CO₂ eşdeğerine ulaşacağını, bu değeri önlemler olarak yaklaşık 929 milyon ton CO₂ eşdeğerine indirebileceğini belirtmiştir.

2.2. Kyoto Protokolü

1997 yılında imzaya açılan ve 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü BMİDÇS'nin seragazı emisyonlarını azaltmaya yönelik, zamana bağlı sayısal hedef belirleyememesi ve ülkelerin emisyon azaltım taahhütleri konusunda gerekli zeminin oluşturulamaması nedeniyle ortaya konulmuştur.

Kyoto Protokolü'nün yürürlüğe girebilmesi için, 1990 yılı toplam CO₂ salımlarının en az %55'ini gerçekleştiren tarafların protokolü onaylaması gerektiğinden, 2004 yılında Rusya'nın da onaylamasıyla Kyoto Protokolü 2005 yılında fiilen yürürlüğe girmiştir.

Protokolün 1. dönemi 2007 yılının sonunda başlayıp 2012 yılının sonunda biterken COP 18'de 2. taahhüt döneminin 2012 yılı sonundan başlayarak 2020 yılında bitmesine karar verilmiştir. İkinci taahhüt döneminde Kanada Protokol'den çekildiğini belirtmiştir. Bu kapsamda 1. taahhüt döneminde ülkelerin emisyon hedefleri Çizelge 2.2'de belirtilmiştir.

Kyoto Protokolü'nün 1. döneminde AB emisyonlarını %8, ABD %7, Kanada, Macaristan Japonya ve Polonya %6, Hırvatistan %5 azaltmayı taahhüt ederken, Yeni Zelanda, Rusya ve Ukrayna emisyonlarını 1990 yılındaki seviyede sabit tutmayı, Norveç, Avustralya ve İzlanda ise emisyon miktarlarındaki artışın 1990 yılına göre sırasıyla %1, %8 ve %10 oranında kalmasını taahhüt etmiştir.

AB daha sonra %8 oranındaki azatılımı kendi içinde ülkelere paylaştırmıştır. ABD ise 2001 yılında Protokol'den çekildiğini belirtmiştir. Baz yılı seçiminde birçok ülke 1990 yılına göre hedeflerini belirlerken Slovenya 1986 yılını Bulgaristan 1998, Macaristan 1985-1987 yılları ortalamasını, Polonya 1988 yılını, Romanya 1989 yılını temel almıştır.

Çizelge 2.2 Kyoto 1. dönem ülke emisyon hedefleri

Ülke	Hedef
AB-15	-%8
Lüksemburg	-%28
Danimarka	-%21
Almanya	-%2
Avusturya	-%13
İngiltere	-%12.5
Belçika	-%7.5
İtalya	-%6.5
Hollanda	-%6
Finlandiya	%0
Fransa	%0
İsveç	%4
İrlanda	%13
İspanya	%15
Yunanistan	%25
Portekiz	%27
ABD	-%7
Kanada	-%6
Macaristan	-%6
Japonya	-%6
Polonya	-%6
Hırvatistan	-%5
Yeni Zelanda	%0
Rusya	%0
Ukrayna	%0
Norveç	%1
Avustralya	%8
İzlanda	%10

Kaynak: BMİDÇS, Avrupa Komisyonu

Protokolün amacı, BMİDÇS'nin ek-1' inde yer alan gelişmiş ülkelerin, zamana bağlı emisyon azaltım taahhütlerini somutlaştırmaktır. Somutlaştırılan bu taahhütlerin yerine getirilebilmesi için piyasa ekonomisi ilkelerine göre geliştirilen esneklik mekanizmaları ve taahhütlerin yerine getirilmemesi halinde gerçekleştirilecek olan yaptırımlar, protokolü diğer uluslararası çevre sözleşmelerinden farklı kılan en önemli özellikler arasında sayılmaktadır.

Sözleşmenin hazırlanma dönemi itibariyle bazı ülkelerin yaşadığı siyasi olaylar da sözleşmede ülkelerin sınıflanmasında etkili olmuştur. Sözleşmede nicel bir gelişmişlik kriteri belirlemek yerine OECD ülkeleri ve pazar ekonomisine geçen ülkeler tarihsel sorumlu olarak tutulmuş, diğer ülkeler ise tek bir çatı altında toplanmıştır. Kyoto protokolünde de yapılan bu sınıflamaya sadık kalınmış, azaltım yükümlülükleri mutlak

olarak değil, 1990 yılına göre oranlar olarak ifade edilmiştir. Protokolde belirlenen yükümlülüklerin detayları ve uygulama prensipleri 4 yıl boyunca devam eden müzakereler sonucunda 2001 yılında Marakeş'te yapılan 7. Taraflar Konferansı'nda belirlenmiş, 2008-2012 yıllarında ek-1 ülkelerinin seragazı emisyonlarının 1990 yılı seviyesinin %5 altına indirilmesi hedeflenmiştir (Arı, 2010).

Protokole taraf ülkelerin yükümlülükleri sınıflarına göre;

Ek-1 Ülkeleri İçin;

- Seragazları envanterlerini her yıl ve daha ayrıntılı verilerle düzenli olarak sunmak,
- Ulusal bildirim raporlarını daha sık ve ayrıntılı olarak sunmak
- İklim değişikliği ile savaş konusunda daha öncü rol üstlenmek
- Gönüllülük temelinde seragazı salımlarını 1990 düzeyine ve daha altına çekmek

Ek-2 Ülkeleri İçin;

- Gelişmekte olan ülkelere seragazı salımını azaltma yolunda izlenecek politikalara uyum konusunda maddi ve teknik destek sağlamak.

Ek-1 Dışı Ülkeler İçin;

- Ulusal bildirimlerini taraf olmaları halinde bu tarihi izleyen ilk 3 yıl içinde sunmak,
- Sağlanan desteklerle paralel doğrultuda uyum konusunda çaba göstermek.

Tüm Taraflar İçin;

- İklim değişikliği ile savaş konusunda politika geliştirmek,
- Teknoloji transferi, biyolojik eşitliliğin sürdürülmesi ve sürdürülebilir kullanımı, araştırma ve eğitim alanlarında işbirliği yapmak.

Kyoto Protokolü resmi ülke sınıflaması Çizelge 2.3'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.3 Kyoto Protokolü resmi ülke sınıflandırması

Belge	İsim	Tanım	Taraflar	Temel Konu
Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi	Ek-1	Gelişmiş Ülkeler ve Ek-1’de Yer alan Diğer Taraflar	- 15 Üyeli AB - 1990 tarihinde OECD üyesi olan ve AB Dışında Kalan Ülkeler - Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri (Rusya ve Ukrayna Dahil)	Tarihsel Sorumluluk (Sanayileşmiş Ülkeler)
	Ek-2	Gelişmiş Ülkeler ve Ek-2’de Yer Alan Diğer Taraflar	- 15 Üyeli AB - 1990 tarihinde OECD üyesi olan ve AB Dışında Kalan Ülkeler	Mali Sorumluluk (Zengin Ülkeler)
Kyoto	Ek-B	Sayısallaştırılmış Emisyon Azaltım Sınırlama ya da Azaltım Yükümlülüğü (2008-2012 arasındaki salımların 1990 yılına göre yüzdesi)	Türkiye ve Belarus dışındaki BMİDÇS Ek-1 Listesi (Türkiye ve Belarus Protokolün kabul edildiği tarihte BMİDÇS’ye taraf değillerdi. Belarus, 2006 yılında alınan 10/CMP2 numaralı kararla Ek- B Listesine dahil edildi ancak bu karar henüz yürürlüğe girmedir.)	Kyoto Protokolü’nün 1. Döneminde seragazi emisyonlarını azaltma ya da sınırlama yükümlülüğü olan ülkeler

Kaynak: Çevre ve Orman Bakanlığı, Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmalar ve Diğer Uluslararası Emisyon Ticareti Sistemleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu

2.2.1. Esneklik mekanizmaları

Kyoto Protokolü’nün taraf ülkelere getirdiği emisyon azaltım kotalarının gerçekleştirilebilmesi için seragazi emisyonlarının salınmasında en yüksek paya sahip olan enerji sektöründen kaynaklanan emisyonların azaltılması gerekmekte bu da birçok ülke için üretimin kısılması anlamına gelmektedir.

Protokol ülkelerin üstlendikleri “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluk” ilkesi doğrultusunda yürütme esasları Marakeş Mutabakatı ile belirlenen bir takım esneklik mekanizmaları geliştirilmiştir. Bu esneklik mekanizmaları;

- Temiz Kalkınma Mekanizması,
- Ortak Yürütme ve
- Emisyon Ticareti

ile protokol dâhilinde yer almayan Gönüllü Emisyon Ticareti olup bu araçlarla azaltım maliyetlerinin düşürülmesi amaçlanmıştır.

Kyoto Protokolünün 12. Maddesine dayanan Temiz Kalkınma Mekanizması, ek-1 ülkelerinin ek-1 dışı ülkelere iklim değişikliği konusunda destek vermesinin ve dolayısı ile ek-1 ülkeleri azaltım hedeflerine ulaşması noktasında kendilerine imkân sağlamaktadır. Protokolün 6. Maddesine dayanan Ortak Yürütme, prensip olarak Temiz Kalkınma Mekanizmasına benzemekte olup, faaliyetler ek-1 ülkeleri arasında gerçekleştirilmektedir.

İçeriği Protokolün 17. Maddesine dayanan karbon ticareti ise Kyoto Protokolünün Ek-B'sinde yer alan, diğer bir ifadeyle sayısallaştırılmış emisyon azaltım hedefi olan ülkelerin faydalandığı bir mekanizmadır.

Her bir mekanizmadan kazanılan emisyon sertifikalarının birimleri farklı isimlendirilmektedir. Buna göre Temiz Kalkınma Mekanizması projeleri sonucu kazanılan 1 ton CO₂ eşdeğer seragazı emisyonuna denk olan emisyon sertifikasına Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltımı (CER); Ortak Yürütme projeleri sonucu kazanılan 1 ton CO₂ eşdeğer seragazı emisyonuna denk olan emisyon sertifikasına Emisyon Azaltım Birimi (ERU); ve Kyoto Protokolünün Ek-B listesinde yer alan ülkelere tahsis edilen emisyon salma hakkının 1 ton CO₂ eşdeğer seragazı emisyonuna Tahsislendirilmiş Miktar Birimi (AAU) denilmektedir (Arı, 2010).

Kyoto Protokolü esneklik mekanizmaları Çizelge 2.4'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.4 Kyoto Protokolü esneklik mekanizmaları

Mekanizma Türü	İlgili Kyoto Protokolü Maddesi	Katılımcı Ülkeler		Geçerli Karbon Birimi
		Yatırımcı (Karbon Alıcı)	Ev Sahibi (Karbon Satıcı)	
Temiz Kalkınma Mekanizması	12. Madde	Ek-B Ülkeleri	Ek-1 Dışı Ülkeler	CER
Ortak Yürütme	6. Madde	Ek-1 Ülkeleri		ERU
Emisyon Ticareti	17. Madde	Ek-B Ülkeleri		AAU

Kaynak: TC Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü İklim Dairesi Başkanlığı

2.2.1.1. Temiz kalkınma mekanizması

Temiz kalkınma mekanizması, BMİDÇS’de yer alan ek-1 ülkelerinin Kyoto Protokolünde yer alan sayısallaştırılmış emisyon salımlarını sınırlandırmak ve azaltma yükümlülüklerini yerine getirmek amacıyla oluşturulmuştur. Temiz kalkınma ile ilgili olarak ayrıntılar 2001 yılında gerçekleştirilen COP 7’de nihai halini alan Marakeş Mutabakatında yer almaktadır.

Temiz kalkınma mekanizması karbon denkleştirmesi mantığına dayanır. Denkleştirme, bir firmanın ortaya çıkardığı karbon emisyonuna karşılık, aynı miktarda ancak başka bir yerde karbon tasarrufu sağlayan projelere finansal destek sağlanması ya da o projelerde ortaya çıktığı belgelenen karbon sertifikalarının satın alınması olarak açıklanabilir.

Emisyonu kaynağında kesme yerine, Ek-B ülkelerindeki firmalar, bazen uluslararası finans kurumları, hükümetler ve bireyler, ek-1 dışı ülkelerde “emisyon tasarrufu projelerini” finanse ederek ve daha gelişmiş teknolojiyi finanse ederek seragazi emisyonlarında azatlım sağlayacak ve bu şekilde CER Kredisi kazanarak kazandıkları bu miktarı toplam emisyon azatlım hedefinden düşecektir.

Birleşmiş Milletler tarafından yönetilen Temiz Kalkınma Mekanizması, denkleştirme piyasasının en büyüğünü oluşturmaktadır. 2009 yılının Eylül ayında kayıtlı olan 1800 proje ve 2600 başvuru mevcuttur. Mevcut fiyatlara bağlı olarak, onaylanarak üretilen kredilerin 2012 yılına kadar 55 milyar USD’nin üzerinde olacağı belirtilmektedir (Lohmann, 2009).

Çeşitli karbon denkleştirme projelerinden en çok bilinen projelere yenilenebilir enerji (rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve biokütle enerjisi), enerji verimliliği, CO₂ yakalama/giderme, sosyal ve sportif etkinlikler ve ağaçlandırma örnek verilebilir (Konak, 2011).

Temiz kalkınma mekanizması kapsamında, projeyi uygulayacak olan ülke ile projenin uygulanacağı ülkenin yanı sıra proje Yetkili Etkin Organ tarafından bu projelerin hedeflenen genel amaçlara ulaşma başarısı açısından değerlendirilmektedir. Proje belirtilen genel amaçlara ulaşmada başarılı bulunursa CER Kredisi onaylanmaktadır (Karakaya, 2008).

2.2.1.2. Ortak yürütme

Temiz Kalkınma Mekanizması'nda projeler ek-B ve ek-1 dışı ülkeler arasında yürütülürken Ortak Yürütme'de, projeler ek-1 ülkelerinin kendi aralarında gerçekleştirmektedir.

Protokole taraf olup, emisyon azaltımı yaptırımlarının altında olan devletler, ERU kazanmak için başka bir ülkede gerçekleşen bir emisyon azaltımı projesine katılabilir. Gerçekleştirilen yatırım veya teknoloji transferi, "Ortak Yürütme Denetleme Komitesi (JISC)" tarafından kontrol edilir ve onaylandığı takdirde ERU, JISC tarafından ilgili taraf ülkeye verilir. Kazanılan ERU, Protokolde ilgili taraf ülke için öngörölmüş olan AAU'ya eklenir (Petform, 2009).

Ortak yürütme projesi piyasa ekonomisine geçiş sürecinde olan ülkelerde daha yoğun uygulanmaktadır. Örnek olarak projelerden Rusya %36, Ukrayna %33 pay almıştır. Ortak yürütme projesi yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve CH₄ giderimi konularının üzerinde yoğunlaşmaktadır (Arı, 2010).

2.2.1.3. Emisyon ticareti

Küresel ısınmaya neden olan seragazi emisyonlarının azaltılmasının zorunluluğu anlaşıldığında, bu gazların azaltılmasında piyasa mekanizmasının önemli bir rol

oynayabileceği görüşü önem kazanmıştır. Bu bağlamda, piyasa kurallarına göre çalışacak bir karbon piyasası ve ticarete konu olan karbondioksitin bir fiyatının olması emisyonları azaltmada önemli bir enstrüman olarak görülmektedir. Teoriye göre, karbon piyasası emisyonları azaltmak için mevcut kaynakların en ucuz maliyetle kanallı edılmesını sağlar. Bu anlamda, belirlenen limitten fazla emisyon salanları cezalandırırken daha az salanları ise ödüllendirir (PointCarbon, 2004).

Ayrıca kirletme birimlerini mülkiyet hakkına dönüştürerek ve bu birimlere bir fiyat vererek karbonun tüm dünyada ticaretinin yapılmasını mümkün kılar. Bu sayede, düzgün işleyen bir karbon piyasası işletmelerin daha az seragazı emisyonu salmasını teşvik ederek temiz teknolojiyi kullanmaya yönlendirir ve diğer işletmelere göre avantaj sağlar (ÇOB, 2008).

Emisyon ticareti uygulama yaklaşımları şöyle sıralanabilir;

- **Sınırla ve Ticaretini Yap (Cap and Trade):** Bu sistemle Kyoto Protokolü kapsamında ülkelere verilen emisyon tahsisatları, ülke içinde veya ülkeler arasında oluşturulan düzenleyici yapılar aracılığıyla dağıtılmaktadır. Bu sistemde ülkenin sahip olduğu toplam tahsisat ülke içinde sektörler ve firmalar düzeyinde dağıtılır. Bir ülkenin bu dağılımı yapabilmesi için kendi ulusal emisyon ticareti düzeneğini kurması ve toplam tahsisatını müstakıl tahsisatlara bölmesi gerekmektedir.
- **Taban – Sertifika Sistemi:** Daha önce belirlenmiş bir referans yıldaki emisyon değerleri üzerinden emisyon azaltımı/sınırlandırması için faaliyette bulunma ilkesidir. Her iki sistem içinde yer alan katılımcıların belirlenen hedefleri sağlayabilmeleri iki şekilde mümkündür:
 - Emisyon azaltıcı tedbirler almak (doğrudan emisyonlarını azaltarak),
 - Piyasadan emisyon sertifikası satın almak.

İşletmeler veya katılımcılar proje uygulayarak azaltımın maliyetine katlanmak yerine piyasalardan emisyon sertifikası satın almakta ve böylece toplam azaltma maliyetini düşürmektedirler.

Emisyon sertifikalarının fiyatı ve buna bağılı olan toplam maliyette arz-talep ilişkisinin yanı sıra, dışsal etkenler de emisyon sertifikası birim fiyatını ve pazarın işleyişini

etkileyebilmektedir. Örneğin hava koşullarındaki değişimlere bağlı olarak hidroelektrik enerjisi üretiminin olumsuz etkilenmesi durumunda, fosil yakıtlara olan talep artabilmektedir. Bu durumda işletmeler daha fazla emisyon salmakta ve daha fazla emisyon sertifikasına ihtiyaç duymakta, neticede artan talep kısa vadede emisyon sertifikalarının fiyatının da artmasına neden olmaktadır. Uzun vadede ise endüstriyel faaliyetlerdeki değişim, emisyon sertifikalarına duyulan talep ve birim sertifikanın fiyatı etkilemektedir (Arı, 2010).

2.3. İklim Değişikliği ve Türkiye

Türkiye, iklim değişikliğinin, özellikle su kaynaklarının zayıflaması, orman yangınları, kuraklık, erozyon, çölleşme ve bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi öngörülen olumsuz yönlerinden etkilenebilecektir. İklim modellerinin çoğunda, genel olarak Akdeniz Havzası'na ya da Türkiye ve bölgesine ilişkin sıcaklık öngörülleri, kuzey yarımkürenin orta ve yüksek enlemlerine göre daha düşüktür. Diğer söylemle, en büyük ısınma yüksek enlemlerde bulunan alanlarda beklenmektedir. IPCC 3. Değerlendirme Raporu'nda da (IPCC, 2001) kullanılan çeşitli iklim modellerine göre, Türkiye üzerindeki yıllık ortalama sıcaklıkların 2050 yılına kadar, yalnız seragazlarındaki artışları dikkate alındığında, 1-3°C arasında; seragazlarındaki ve sülfat parçacıklarındaki değişimler birlikte dikkate alındığında ise 1-2°C arasında bir artış olacağı öngörülmektedir (Türkeş, 2002).

2009 yılında sunulan İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu'na (İDKK) sunulan raporda Türkiye'nin, Doğu Akdeniz Havzasında yer alması, üç tarafının denizlerle çevrili olması ve Akdeniz iklimi etkilerinin yoğun olarak görüldüğü bir bölge olması nedeniyle yüksek risk grubu ülkeler arasında yer aldığı belirtilmektedir (İDKK, 2009). Söz konusu iklim kuşağının özellikleri olan şiddetli yaz kuraklıkları, seller, ani ve şiddetli yağışlar bu iklimin hüküm sürdüğü bölgeyi daha riskli bir hale getirmektedir.

Emisyon senaryosuna göre, 2071-2100 döneminde, 1961-1990 dönemine göre 2-6°C artan sıcaklıklar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde güney ve batıda azalan, kuzeyde artan yağışlar ile bitki örtüsü ve arazi kullanımında yaşanacak değişiklikler, hızlı nüfus artışı ve şehirleşme gibi diğer etmenler birlikte dikkate alınarak Türkiye'nin iklim değişikliğine ve onun potansiyel etkilerine karşı son derece duyarlı olduğu söylenebilir. Bu açıdan

bakıldığında Türkiye’de yaşanacak iklim değişikliğinin neden olabileceği çevresel ve sosyo-ekonomik etkilere aşağıda değinilmektedir¹⁰;

- Sıcak ve kurak devrenin uzunluğundaki ve şiddetindeki artışa bağlı olarak, orman yangınlarının sıklığı, etki alanı ve süresi artabilir,
- Tarımsal üretim potansiyeli değişebilir (bu değişiklik bölgesel ve mevsimsel farklılıklarla birlikte, türlere göre bir artış ya da azalış biçiminde olabilir),
- İklim kuşakları, Yerküre’nin jeolojik geçmişinde olduğu gibi, ekvatorlardan kutuplara doğru yüzlerce kilometre kayabilecek ve bunun sonucunda da Türkiye, bugün Orta Doğu’da ve Kuzey Afrika’da egemen olan daha sıcak ve kurak bir iklim kuşağının etkisinde kalabilecektir. İklim kuşaklarındaki bu kaymaya uyum gösteremeyen fauna ve flora türlerinde azalma olabilecektir,
- Doğal karasal ekosistemler ve tarımsal üretim, zararlılardaki ve hastalıklardaki artışlardan zarar görebileceklerdir,
- Hassas dağ ve vadi-kanyon ekosistemleri üzerindeki insan baskısı artacaktır,
- Türkiye’nin kurak ve yarı kurak alanlarındaki, özellikle şehirlerdeki su kaynakları sorunlarına yenileri eklenecek; tarımsal ve içme amaçlı su gereksinimi daha da artabilecektir,
- İklimin kendi doğal değişkenliği açısından, Türkiye’de su kaynakları üzerindeki en büyük baskıyı, Akdeniz ikliminin olağan bir özelliği olan yaz kuraklığı ile öteki mevsimlerde hava anomalilerinin yağışlarda neden olduğu yüksek rastgele değişkenlik ve kurak devreler oluşturmaktadır. Bu yüzden, kuraklık riskindeki bir olumsuz değişiklik, iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkisini şiddetlendirebilir,
- Kurak ve yarı kurak alanların genişlemesine ek olarak, yaz kuraklığının süresinde ve şiddetindeki artışlar, çölleşme süreçlerini, tuzlanma ve erozyonu destekleyecektir,
- İstatistik dağılımının yüksek değerler yönündeki ve özellikle sayılı sıcak günlerin (örneğin tropikal günlerin) sıklığındaki artışlar, insan sağlığını ve biyolojik üretkenliği etkileyebilir,

¹⁰ Maddelerin hazırlanmasında İDKK Değerlendirme Raporu 2009’dan yararlanılmıştır.

- Kentsel ısı adası etkisinin de katkısıyla, özellikle büyük kentlerde, sıcak devredeki gece sıcaklıkları belirgin bir biçimde artacak; bu da, havalandırma ve soğutma amaçlı enerji tüketiminin artmasına neden olabilecektir,
- Su varlığındaki değişiklikten ve ısı stresinden kaynaklanan enfeksiyonlar, özellikle büyük kentlerdeki sağlık sorunlarını artırabilir,
- Rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki etkiler bölgelere göre farklılık gösterecek olmakla birlikte, rüzgâr esme sayısı ve kuvveti ile güneşlenme süresi ve şiddeti değişebilir,
- Deniz akıntılarında, deniz ekosistemlerinde ve balıkçılık alanlarında, sonuçları açısından aynı zamanda önemli sosyoekonomik sorunlar doğurabilecek bazı değişiklikler olabilir,
- Deniz seviyesi yükselmesine bağlı olarak, Türkiye'nin yoğun yerleşme, turizm ve tarım alanları durumundaki, alçak taşkın-delta ve kıyı ovaları ile haliç ve ria tipi kıyıları sular altında kalabilir.
- İklim değişikliğinin neden olduğu kuraklık, tarım ve balıkçılık gibi sektörler üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği gibi, yerleşmelerin ihtiyacı olan suyun teminini güçleştirecektir ve neticesinde iklim değişikliğine bağlı göçler ve kent-kır nüfus dengesizliği olabilecektir.
- Yağış rejiminin bozulması nedeniyle yerleşim yerleri sellere-taşkınlara daha çok maruz kalacak ve ulaşım alt yapısı zarar görebilecektir.
- Kentsel ısı adası etkisinin de katkısıyla, enerji tüketimi artacağı gibi insan ve diğer canlıların sağlığı ve insanların yaşam kalitesi de etkilenebilecektir.

Bütün bu bilgiler ışığında duruma Türkiye açısından bakıldığında iklim değişikliğinin ve bu değişiklik ile savaş konusunda Türkiye'nin tutunacağı tavrın önemi yadsınamaz. Zira ülkede tarım ekonomik olarak önemli bir yer tutmakta ve su kaynaklarındaki olumsuz etkiler sulama suyu ihtiyacına doğrudan yine olumsuz biçimde yansiyacaktır. Uygulama açısından su tasarrufu sağlayan yeni sulama tekniklerinin kullanılması ve su kaynaklarının korunması gibi faaliyetler olumlu olarak göze çarpmaktadır.

Ancak iklim değişikliği hızlı kentleşme, sanayileşme ve ekonomik gelişmeyle beraber doğal kaynaklar ve çevre üzerindeki baskıları artırarak zaten iklimdeki doğal

değişebilirliğe karşı son derece duyarlı olan Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınmasını etkileyecektir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde uyum çalışmalarının yürütülmesi ve bu uyum çalışmaları için mevcut durumda henüz ekonomik olarak mali kaynak ayırmak oldukça zor bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

Diğer bir taraftan Türkiye gibi kıyı şeridinde 30 milyon insanın yaşadığı ve kıyı turizmi ekonomisinde ciddi paya sahip bir ülke için iklim değişikliğine bağlı olarak deniz seviyesinde yaşanacak değişimlerin ülke ekonomisine çok ciddi darbeler vuracağı önemli bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. Kıyı şeridinde, deniz seviyesinin yükselmesi ile zarar görecektir havalimanlarının korunmasına yönelik bir çalışmanın maliyeti 65 milyon USD dolaylarındadır, demiryolları için bu çalışmanın maliyeti ise 160 milyon USD dolaylarındadır. Sadece bu kaba hesap iklim değişikliğinin yaratacağı sonuçların ne denli büyük olabileceğini bize göstermektedir (İDKK, 2009).

Bu kapsamda Türkiye'nin BMİDÇS kapsamındaki yükümlülükleri dikkate alınarak, iklim değişikliği ile mücadele çalışmalarının koordine edilmesi amacıyla 2001 yılında İDKK oluşturulmuştur. 2004, 2010 ve 2012 yıllarında yeniden yapılandırılan kurula ilgili kamu kuruluşlarının yanı sıra özel sektör ve sivil toplum temsilcileri de dâhil olmuştur. Son olarak Kurul BMİDÇS ile Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu Uzun Menzilli Sınır Aşan Hava Kirliliği (CLRTAP) Sözleşmesi ve bu sözleşmelere bağlı Protokoller ile iç mevzuattan kaynaklanan sorumluluklar çerçevesinde, iklim değişikliği ile mücadele ve hava kirliliğinin önlenmesi amacıyla gerekli tedbirlerin alınması ve bu konuda ülkemizin şartları da dikkate alınarak uygun iç ve dış politikaların belirlenmesi çalışmalarını koordine etmek görevi ile İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu (İDHYKK) olarak yapılandırılmıştır.

2006 yılında, ülkemizin sosyo-ekonomik şartları dikkate alınarak sağlıklı ve yaşanabilir bir çevre sağlamak ve bunu sağlayacak çevre mevzuatını oluşturmak, uygulanabilirliğini sağlamak ve denetlemek amacı ile kalkınma planları, yıllık programlar, ulusal strateji ve politikaları ile uyumlu olmasına da dikkat gösterilerek AB Entegre Çevre Uyum Stratejisini (2007-2023) hazırlamıştır (ÇOB, 2006).

İklim değışikliğı ile ilgili olarak İklim Değışikliğı Strateji Belgesi (İDSB) 2010-2023, İklim Değışikliğı Eylem Planı (İDEP) 2011-2023 ve İklim Değışikliğı Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (İDUSEP) 2011-2023 hazırlanmış BMİDÇS yükümlölükleri gereğince 2007 yılında 1. İklim Değışikliğı Ulusal Bildirimi yapılmıştır. Son olarak 5. Ulusal Bildirim¹¹ ise 2013 yılında yapılmıştır.

İklim Değışikliğı Strateji Belgesi'nde ölkemizin ulusal vizyonu iklim değışikliğı politikalarını kalkınma politikalarıyla entegre etmiş; enerji verimliliğini yaygınlaştırmış; temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmış; iklim değışikliğıyle mücadelele özel şartları çerçevesinde aktif katılım sağlayan ve yüksek yaşam kalitesiyle refahı tüm vatandaşlarına düşük karbon yoğunluğu ile sunabilen bir ölkeler olmak olarak ortaya konulmuştur (ÇOB, 2010).

Bu kapsamda ölkemizin stratejik hedefleri;

- Birleşmiş Milletler İklim Değışikliğı Çerçeve Sözleşmesi'nin "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar" ilkesine uygun olarak ve özel koşulları çerçevesinde; iklim değışikliğıyle mücadele ve uyum politikaları ile önlemlerini, ulusal kalkınma planlarına dâhil etmek,
- Seragazi emisyonlarının azaltılması gayesiyle geliştirilen küresel politikalar ve önlemlere kendi imkânları ölçüsünde, sürdürülebilir kalkınma ilkeleriyle uyumlaştırılmış kalkınma programını sektöre uğratmadan, seragazi emisyon artış hızını sınırlayarak katkıda bulunmak,
- Küresel iklim değışikliğinin olumsuz etkilerini azaltma ve bu etkilere uyum sağlama doğrultusunda, ulusal hazırlık seviyesi ve kapasitesini artırmak; bu çabalarda elde edeceği tecrübe ve kazanımlarını bölge ölkeleri ile paylaşmak ve azaltım ve uyuma yönelik ikili ve çok taraflı ortak araştırma projeleri geliştirmek,
- Azaltım, uyum, teknoloji transferi ve finansman ana başlıklarındaki küresel stratejik amaçların, tarafların sorumlulukları göz önünde bulundurulması suretiyle

¹¹ 5. Ulusal Bildirim'de 2, 3, 4, ve 5. Bildirim'ler tek bir başlık altında toplanmıştır.

tasarlanması ve yürütülmesine uyum sağlamak ve uluslararası faaliyetlerde etkin rol oynamak,

- Azaltım ve uyum faaliyetlerini yürütebilmek için ihtiyaç duyulan mali kaynaklara erişimi artırmak,
- Mevcut teknoloji ve kalkınma düzeyimiz göz önüne alınarak temiz üretime yönelik Ar-Ge ile inovasyon kapasitesini geliştirmek, bu alanda rekabet ve üretimin artırılmasını sağlayacak ulusal ve uluslararası finansman kaynaklarını ve teşvik mekanizmalarını oluşturmak,
- İklim değişikliği ile mücadele ve uyum kapsamındaki faaliyetleri, etkin ve sürekli eşgüdüm sağlayarak, şeffaf, katılımcı ve bilimsel çalışmalara dayanan karar alma süreçleri ile geliştirmek,
- Kamu, özel sektör, üniversite, sivil toplum kuruluşları gibi tüm kesimlerin ortak çabaları ile tüketim kalıplarının iklim dostu olacak şekilde değiştirilebilmesi için kamuoyu bilincini artırmak,
- Ulusal iklim değişikliği çalışmalarında, bilgi akışını ve paylaşımını artırmak amacıyla bütüncü bir bilgi yönetim sistemini oluşturmak

olarak belirlenmiştir.

İklim Değişikliği Eylem Planı, 2010 yılında Yüksek Planlama Kurulu (YPK) tarafından onaylanan İDSB'nin uygulamasına yönelik olarak hazırlanmıştır (ÇŞB, 2011). İDEP kapsamında;

- Enerji
- Binalar
- Sanayi
- Ulaştırma
- Atık
- Tarım
- Arazi Kullanımı ve Ormancılık
- Uyum

alanlarında amaç ve hedefler belirlenmiştir.

Örnek olarak enerji ile ilgili olarak enerji yoğunluğunun düşürülmesi amacına uygun olarak birincil enerji yoğunluğunun 2015 yılında 2008 yılına göre %10 oranında azaltılması, 2015 yılına kadar enerji verimliliğine yönelik kapasitenin geliştirilmesi, enerji verimliliğine yönelik Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi, enerji verimliliği uygulamaları için verilen teşvik miktarını 2015 yılına kadar %100 artırılması hedeflenmiştir. Elektrik dağıtımında kayıp ve kaçakların azaltılması amacıyla 2023 yılına kadar ülke çapında elektrik dağıtım kayıplarının %8'e indirilmesi hedefi konulmuştur.

Binalarda yenilenebilir enerji kullanımının artırılması amacıyla, 2017 yılından itibaren yeni binaların yıllık enerji ihtiyacının en az %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin etmesi, yerleşmelerden kaynaklanan seragazi emisyonlarının sınırlandırılmasına yönelik 2023 yılına kadar yeni yerleşmelerde yerleşme ölçeğinde seragazi emisyonunun mevcut yerleşmelere göre en az %10 azaltılması hedeflenmiştir.

Sanayi sektörüne ilişkin sanayi sektöründe enerji verimliliğinin artırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda seragazi emisyonlarının sınırlandırılmasına ve enerji verimliliğine yönelik yasal düzenlemelerin yapılması, sanayi sektöründe enerji kullanımından kaynaklanan seragazi emisyonlarının sınırlandırılması hedeflenirken, 2023 yılına kadar sanayi sektöründe üretilen GSYH başına eşdeğer CO₂ yoğunluğunun azaltılması için mali ve teknik altyapının geliştirilmesi, 2023 yılına kadar seragazi emisyonlarının sınırlandırılmasına yönelik yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanılması hedeflenmiştir.

Ulaştırma sektöründe ise yük ve yolcu taşımacılığında ulaşım türlerinin dengeli kullanımının sağlanması bu kapsamda ortaya konulan amaçlardan biridir. Bu çerçevede 2009 yılında %5 paya sahip olan demiryollarının 2023 yılı itibariyle yük taşımacılığındaki payının %15'e, yolcu taşımacılığında ise 2009 yılında %2 olan payın 2023 yılında %10'a çıkarılması hedeflenmiştir. Ek olarak 2023 yılı itibariyle denizyollarının kabotaj yük taşımacılığındaki (2009 yılında ton-km olarak %2.66 olan) payının %10'a, yolcu taşımacılığındaki (2009 yılında yolcu-km olarak %0.37 olan) payının %4'e çıkarılması, 2023 yılı itibariyle karayollarının yük taşımacılığındaki (2009 yılında ton-km olarak %80.63 olan) payının %60'ın altına, yolcu taşımacılığındaki (2009 yılında yolcu-km olarak

%89.59 olan) payının %72'ye düşürülmesi, 2023 yılına kadar "Ulaştırma Ana Planı"nın hazırlanması ve uygulamaya konması bu çerçevede belirtilen hedefler arasındadır.

Etkin atık yönetiminin sağlanması İDEP'de belirtilen amaçlardan bir diğeridir. Bu amaç doğrultusunda 2005 yılı baz alınarak düzenli depolama tesislerine kabul edilecek biyobozunur atık miktarının, 2015 yılına kadar ağırlıkça %75'ine, 2018 yılına kadar %50'sine, 2025 yılına kadar %35'ine indirilmesi, 2023 yılı sonuna kadar ülke genelinde entegre katı atık bertaraf tesislerinin kurulması ve belediye atıklarının %100'ünün bu tesislerde bertaraf edilmesi, Ambalaj Atığı Yönetim Planlarının tamamlanması, AB ile uyumlu Entegre Atık Yönetimi anlayışı ile Katı Atık Ana Planı kapsamında öngörülen geri kazanım tesislerinin kurulması, 2023 yılına kadar vahşi depolama sahalarının %100'ünün kapatılması hedeflenmektedir.

Tarım sektörünün yutak kapasitesinin artırılması amacıyla toprakta tutulan karbon stok miktarının belirlenmesi ve artırılması ve toprak üstü ve toprak altı biyokütlenin belirlenmesi ve artırılması hedefi ortaya konulmuştur.

Orman alanlarında tutulan karbon miktarını artırmak amacıyla yönelik 2007'de 14500 kilo ton olan orman alanlarında tutulan karbon miktarını 2020 yılına kadar 2007 yılı değerlerine göre %15 artırmak, bunun yanında ormansızlaşmayı ve orman zararlarını azaltmak için ormansızlaşma ve orman zararlarını 2020 yılına kadar 2007 yılı değerlerine göre %20 azaltmak hedeflenmiştir.

İklim Değişikliği Uyum Strateji ve Eylem Planı'nda Türkiye'de iklim değişikliğinden etkilenebilirlik alanlarını, teknik ve bilimsel çalışmaların desteklediği ve katılımcı süreçler ile kabul edilen beş önemli alana odaklanmıştır (ÇŞB, 2012). Bunlar:

- Su Kaynakları Yönetimi,
- Tarım ve Gıda Güvencesi
- Ekosistem Hizmetleri, Biyolojik Çeşitlilik ve Ormancılık
- Doğal Afet Risk Yönetimi
- İnsan Sağlığı'dır.

3. BÖLÜM

PANEL VERİ MODELLERİ

Uygulamalı araştırmalarda kullanılan veriler temelde zaman serisi, yatay kesit veri, karma veya panel veri yapısı ve mekânsal veri olmak dört kategoride incelenebilir. Panel veri yapısı genel olarak ele alınan birimlerin zamana göre gözlenen değerlerini içeren veri yapısı olarak nitelendirilebilir. Ekonometride panel kelimesi zaman boyutu ve zamansal olmayan bir boyuta sahip veri kümeleri anlamına gelmektedir (Ahn ve Moon, 2001). Dolayısıyla panel veri yapısı yatay kesit boyutu ve zaman serisi boyutu olmak üzere en az iki boyuttan oluşmaktadır. Ele alınan konu itibariyle veri yapısının boyutu artabilir. Örnek olarak t zamanında, i ülkesinin, k şehrindeki bir gözlem analize konu olabilir (Antweiler, 2001; Davis, 2002).

Panel veri kullanmak, yalnızca yatay kesit veya zaman serisi verilerinin kullanımına göre daha geniş veri seti sunma avantajına sahiptir. Daha geniş ve daha fazla bilgi içeren veri setleri ile yapılacak analizler, daha güvenilir tahminler vermekte ve daha az kısıtlayıcı varsayım ile daha fazla model test edilebilmektedir. Panel veri setleri, aynı zamanda bireysel heterojenliği kontrol etmede avantaja sahiptir. Gözlenemeyen bireysel etkilerin kontrol edilmemesi, katsayılar da yanlışlığa yol açmaktadır. Bunun yanında panel veri setleri, yalnız yatay kesit veya yalnız zaman serilerinin kullanıldığı analizlerde tespit edilmeyen etkilerin ortaya çıkarılmasında ve tahmin edilmesinde daha başarılıdır (Hsiao, 2007).

Panel veri setlerinin yatay kesit ve zaman serisi yapılarına göre avantajlarının yanında veri derleme ve veri yapısının oluşturulması panel veri setleri için daha güçtür. Bu çerçevede cevapsızlık oranlarının yüksek olması, kapsam hataları panel veri yapılarında daha olasıdır. Panel veri yapısının bir diğer dezavantajı ölçüm hatalarından kaynaklanan bozulmalardır. Ölçüm hataları ise panel veri yapısının doğası itibariye aynı bireylerin zaman içinde izlenmesinin yol açabileceği sorunlardan kaynaklanabilir.

Panel verilerde cevapsızlık durumu diğer veri türlerine göre daha fazla görülmektedir. Bu durum panelin ilk aşamasında deneklerin ankete katılmayı reddetmesinden, adreste

bulunamamasından, örnekleme oluşturan deneklerin takibinin yapılmamasından ve diğer sebeplerden kaynaklı olabilir. Cevapsızlık; kısmi cevapsızlık ve tam cevapsızlık olarak ikiye ayrılabilir. Kısmi cevapsızlık, bir veya daha fazla soru cevaplanmadığında ya da soruya uygun bir cevabın bulunamadığında ortaya çıkmaktadır. Tam cevapsızlık, anket yapılan hane halkından hiçbir bilgi alınamaması yani anket sorularına cevap vermemesi durumunda görülür. Eksik veriden dolayı etkinlik kaybı olmasının yanı sıra, bu cevapsızlık kitle parametrelerinin belirlenmesinde ciddi sorunlara yol açabilir.

Ekonometrik anlamda panel veri kullanmanın iki temel motivasyonu bulunmaktadır:

- Yatay kesit modellerinde, zamana göre değişmeyen gözlemlenmeyen heterojenliğin kontrol altına alınması,
- Varyans bileşenlerinin ayrıştırılması ve geçiş olasılıklarının tahmin edilmesi.

Gözlemlenmeyen heterojenlik, gözlemlenmeyen karakteristiklerin bağımlı ve bir veya birden fazla bağımsız değişkenle ilişkili olma durumu olarak nitelendirilebilir ve bu durum içsellik sorununa yol açabilir. Örnek olarak y ve $x_{1 \times K}$ gözlenen rassal değişkenler, c ise gözlemlenmeyen rassal değişken olsun. Ele alınan bağımlı değişken için koşullu beklenen değer

$$E(y | x_1, x_2, \dots, x_K, c) \quad (3.1)$$

olarak gösterilebilir. Burada gözlenen açıklayıcı değişkenlerin kısmi etkisinin elde edilmesi için c değişkeni sabit tutulmaktadır.

Doğrusal bir ilişkinin var olduğu varsayılarak

$$E(y | x, c) = \beta_0 + \beta x + c \quad (3.2)$$

modeli ele alınsın. Burada c değişkeni, her bir x değişkeni ile ilişkisiz ise kısmi etkiyi etkilemeyecektir. Diğer taraftan gözlemlenemeyen açıklayıcı değişken(ler) ile gözlenen açıklayıcı değişken ilişkili ise c değişkeni modelde yer alamayacağından ve etkileri hata terimine dâhil olacağından sorun yaratmaktadır. Ek bir bilgi olmadan, katsayıların tutarlı

bir tahmini elde edilemez. Yatay kesit veri kullanıldığında temsili değişken kullanılarak veya araç değişken kullanılarak problem çözülebilir. Diğer taraftan veri yapısı panel olduğunda farklı çözümler geliştirilebilir.

Modelde kullanılan değişkenler farklı zamanlarda gözlemlendiğinde model

$$E(y_t | x_t, c) = \beta_0 + \beta x_t + c \quad (3.3)$$

olarak ifade edilebilir. Eşitlik (3.3)'de gözlemlenmeyen c değişkeninin etkisinin sabit olduğu varsayılır. Panel veri analizinde zamana göre sabit olan bu değişkenin etkisi gözlemlenmeyen etki olarak nitelendirilir.

Model hata terimi de içerilerek

$$y_t = \beta_0 + \beta x_t + c + \varepsilon_t \quad (3.4)$$

biçiminde belirtilebilir. Burada

$$E(\varepsilon_t | x_t, c) = 0 \quad (3.5)$$

ve dolayısıyla

$$E(x_t' \varepsilon_t) = 0 \quad (3.6)$$

olarak varsayılır ve birleştirilmiş en küçük kareler (EKK) kullanılarak katsayı tahmin edilebilir. Fakat c değişkeni ile x değişkenleri arasında ilişki mevcutsa tahminler yanlı ve tutarsız olmaktadır.

Aynı birimler farklı zamanlarda gözlemlendiğinden, Eşitlik (3.4)'ün farkı alınarak gözlemlenmeyen etki yok edilebilir ve katsayılar EKK yöntemi kullanılarak tahmin edilebilir.

$$\Delta y = \beta \Delta x + \Delta \varepsilon \quad (3.7)$$

Eşitlik (3.7)'de belirtilen modeldeki katsayıların tutarlı tahmini için

$$E(\Delta x' \Delta \varepsilon) = 0 \quad (3.8)$$

ve

$$\text{rank } E(\Delta x' \Delta x) = K \quad (3.9)$$

koşulları sağlanmalıdır.

Basit gözlemlenmeyen etki modeli

$$y_{it} = \beta x_{it} + c_i + \varepsilon_{it} \quad (3.10)$$

olarak ifade edilebilir. Burada gözlenen değişkenler sadece zamana göre, sadece birimlere göre veya hem birim hem de zamana göre değişkenlik gösterebilir. Bunun yanında gözlemlenmeyen etkiyi gösteren, c_i , bireysel etkiler veya bireysel heterojenlik olarak nitelendirilmektedir. Bu etkinin rassal bir değişken olması veya tahmin edilecek bir parametre olmasına göre c_i , rassal etki veya sabit etki olarak ele alınmaktadır. İncelenen yatay kesit verileri geniş bir popülasyondan rassal yöntemler ile toplanmışsa, örneklem bütün popülasyonu kapsayacak kadar geniş olmadığından bireylere ait özel etkilerin yatay kesit gözlemleri boyunca rassal olarak ele almak daha uygun olabilir. Ekonometrik olarak, rassal etki gözlenen açıklayıcı değişkenlerle gözlemlenmeyen etki arasındaki korelasyonun olmadığına tekabül etmektedir. Bu çerçevede sabit etki ifadesi genel olarak c_i 'nin rassal olmadığı anlamına gelmemektedir. Sabit etkiler gözlemlenmeyen etki ile gözlenen açıklayıcı değişkenlerin ilişkili olabileceğine olanak vermektedir.

3.1. Sabit Etkiler Modeli

Birçok uygulamalı araştırmada, gözlemlenmeyen değişken ile gözlenen değişkenlerin arasında korelasyonun olmasına olanak sağladığından panel veri yapısı kullanılmaktadır. Sabit etkiler modeli bu amaçla kullanılmaktadır.

$$y_{it} = (\beta_0 + c_i) + \beta_1 x_{1it} + \beta_2 x_{2it} + \cdots + \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (3.11)$$

Sabit etkiler modeline ilişkin ilk varsayım açıklayıcı değişkenlerin c_i 'ye göre katı dışsal olmasıdır.

$$E(\varepsilon_{it} | x_i, c_i) = 0, t = 1, 2, \dots, T \quad (3.12)$$

Bu varsayım altında, katsayıların tahmini, c_i 'yi elimine eden bir dönüşüm mantığına dayanmaktadır. En az iki dönemin olduğu durumda bu amaca yönelik birçok dönüşüm yapılabilir:

- İlk fark tahmin edicisi,
- En küçük kareler kukla değişken modeli (EKKKDM),
- Grup içi etki modeli,
- Gruplar arası etki modeli

Sabit etkiler modelinde gözlemlenemeyen heterojenliği elimine etmek için ilk fark alınabilir. Eşitlik (3.11)'de belirtilen sabit etkiler modelinin ilk farkı alındığında:

$$y_{it} - y_{it-1} = \beta_0 + c_i + \beta_1 x_{1it} + \beta_2 x_{2it} + \cdots + \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \\ - (\beta_0 + c_i + \beta_1 x_{1it-1} + \beta_2 x_{2it-1} + \cdots + \beta_k x_{kit-1} + \varepsilon_{it-1}) \quad (3.13)$$

$$\Delta y_{it} = \beta_1 \Delta x_{1it} + \beta_2 \Delta x_{2it} + \cdots + \beta_k \Delta x_{kit} + \Delta \varepsilon_{it} \quad (3.14)$$

olur ve doğrusal EKK tahmin edicisi kullanılabilir. Burada dikkat edilmesi gereken durum x 'lerin zamana göre değişmesi gerekliliğidir. Aksi durumda x 'ler modelden düşecektir.

En küçük kareler kukla değişken modelinde sabit terim katsayıları için kukla değişken kullanılarak katsayılar tahmin edilir. Örnek olarak Eşitlik (3.11)'de belirtilen sabit etkiler modelinde $(\beta_0 + c_i)$ yerine notasyon olarak α_i kullanıldığında model

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{1it} + \beta_2 x_{2it} + \cdots + \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (3.15)$$

biçiminde gösterilir ve sabit terimde belirtilen katsayılara ilişkin kukla değişken kullanıldığında

$$y_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 D_{2i} + \dots + \alpha_N D_{Ni} + \beta_1 x_{1it} + \beta_2 x_{2it} + \dots + \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (3.16)$$

şeklinde yazılabilir. Burada kukla değişkenler her bir bireyde 1, diğer bireyler için sıfır değerini almaktadır. Yani, D_{ji} ifadesinde, j . birey için 1 diğer bireylerde sıfır değeri geçerlidir.

En küçük kareler kukla değişken modeli, doğrusal panel veri analizlerinde sıklıkla kullanılan tahmin etme yöntemidir. Fakat birey sayısının fazla olduğu durumlarda serbestlik derecesi azalacağından yapılacak testlerin gücü düşük olmaktadır. Bunun yanında Baltagi (2008) çalışmasında, birey sayısının çok olduğu durumlarda tahmin edilen katsayıların tutarsız olduğunu belirtmiştir. Bu bakımdan birey sayısının büyük olduğu durumlarda, EKKKDM yöntemine alternatif olarak diğer yöntemler kullanılabilir.

Grup içi etkiler modelinde her bir bireyden, bireylerin zamana göre ortalamaları çıkarılır ve bu model EKK yöntemi ile tahmin edilir. Her bir bireyden kendi ortalamaları çıkarıldığı için gözlemlenmeyen etki elimine edilmiş olunur.

Her bir bireyden, ortalamalarının çıkarıldığı durumda

$$y_{it} - \bar{y}_i = \beta_0 - \beta_0 + c_i - \bar{c}_i + \beta_1 (x_{1it} - \bar{x}_{1i.}) + \dots + \beta_k (x_{kit} - \bar{x}_{ki.}) + \varepsilon_{it} \quad (3.17)$$

yazılabilir. Bu durumda modelden gözlemlenmeyen etki giderilmiş olur. Grup içi etkiler modelinde kukla değişkenler kullanılmadığından, model hata terimi için yüksek serbestlik derecesine sahiptir. Sonuç olarak ortalama hata kareleri toplamı (SSR) küçük olur ve parametre tahminine ilişkin standart hatalar büyür. Bu nedenle tahmin edicilerin standart hataları

$$sh^* = sh \sqrt{\frac{NT-K}{NT-N-K}} \quad (3.18)$$

yardımı ile düzeltilmelidir. Son olarak, bireyler içi modelin sabit terimi olmadığı için modelin belirlenme katsayısı hatalıdır.

Eşitlik (3.17)'de belirtilen model matris formunda yazılırsa

$$\dot{y}_{it} = \dot{x}_{it}\beta + \dot{\varepsilon}_{it} \quad (3.19)$$

biçiminde gösterilebilir. Burada $\dot{y}_{it} \equiv y_{it} - \bar{y}_i$, $\dot{x}_{it} \equiv x_{it} - \bar{x}_i$ ve $\dot{\varepsilon}_{it} \equiv \varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i$ 'dir. Eşitlik (3.19)'un tahmin edilmesinden sonra dikkat edilmesi gereken nokta, tahmin edilen katsayının yorumlanmasıdır. Yorumlanacak katsayı yapısal eşitlikten gelmektedir.

Kullanılacak EKK yöntemi ile elde edilecek tahmin edicilerin tutarlı olup olmaması

$$E(\dot{x}_{it}'\dot{\varepsilon}_{it}) = 0 \quad (3.20)$$

varsayımının sağlanmasına bağlıdır. Eşitlik (3.12)'nin sağlandığı durumda ε_{it} ve $\bar{\varepsilon}_i$ ifadelerinin x_{it} ve $\bar{x}_i$ ile ilişkisiz olacağından Eşitlik (3.20) geçerli olacaktır.

Sabit etkiler tahmin edicilerinin asimptotik olarak da geçerli olması için

$$\text{rank}(\sum_{t=1}^T E(\dot{x}_{it}'\dot{x}_{it})) = \text{rank}[E(\dot{X}_i'\dot{X}_i)] = K \quad (3.21)$$

varsayımı sağlanmalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, x_{it} 'nin zamana göre değişmeyen elemana sahip olma durumudur. Bu durumda $\dot{X}_i$ tüm bireyler için 0 değerini alan bir sütuna sahip olacağından koşul sağlanamayacaktır. Bu nedenle, Eşitlik (3.21)'de belirtilen koşulun sağlanması için zamana göre değişmeyen değişkenlerin modelde yer almaması gerekmektedir.

Sabit etkiler modeli grup içi tahmin edicisi

$$\hat{\beta}_{FE} = (\sum_{i=1}^N \dot{X}_i'\dot{X}_i)^{-1} (\sum_{i=1}^N \dot{X}_i'\dot{y}_i) = (\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \dot{x}_{it}'\dot{x}_{it})^{-1} (\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \dot{x}_{it}'\dot{y}_{it}) \quad (3.22)$$

şeklinde gösterilebilir.

Eşitlik (3.22)'de belirtilen tahmin edicilerin etkin olması için ek bir varsayıma ihtiyaç vardır.

$$E(\varepsilon_i \varepsilon_i' | x_i, c_i) = \sigma_\varepsilon^2 I_T \quad (3.23)$$

Eşitlik (3.23)'de belirtilen varsayım iki parçada düşünülebilir: $E(\varepsilon_i \varepsilon_i' | x_i, c_i) = E(\varepsilon_i \varepsilon_i')$ ve $E(\varepsilon_i \varepsilon_i')$ matrisi $\sigma_\varepsilon^2 I_T$ özel biçimine sahiptir. Bir başka söylemle, idiosynkratik hatalar, birbirleriyle ilişkisiz ve zamana göre sabit varyansa sabittir. Eşitlik (3.19)'da belirtilen $\ddot{\varepsilon}_{it}$ ifadesine ilişkin varyans

$$E(\ddot{\varepsilon}_{it}^2) = E[(\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i)^2] = E(\varepsilon_{it}^2) + E(\bar{\varepsilon}_i^2) - 2E(\varepsilon_{it} \bar{\varepsilon}_i) \quad (3.24)$$

ile hesaplanabilir. Bir başka gösterimle

$$E(\ddot{\varepsilon}_{it}^2) = \sigma_\varepsilon^2 + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{T} - \frac{2\sigma_\varepsilon^2}{T} = \sigma_\varepsilon^2 \left(1 - \frac{1}{T}\right) \quad (3.25)$$

ifadesi ile sabit varyans gösterilebilir. Bunun yanında $\ddot{\varepsilon}_{it}$ ile $\ddot{\varepsilon}_{is}$ arasındaki kovaryans

$$E(\ddot{\varepsilon}_{it} \ddot{\varepsilon}_{is}) = E[(\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i)(\varepsilon_{is} - \bar{\varepsilon}_i)] = E(\varepsilon_{it} \varepsilon_{is}) - E(\varepsilon_{it} \bar{\varepsilon}_i) - E(\varepsilon_{is} \bar{\varepsilon}_i) + E(\bar{\varepsilon}_i^2) \quad (3.26)$$

şeklinde gösterilir. Bu gösterim ile Eşitlik (3.25) birleştirildiğinde

$$Corr(\ddot{\varepsilon}_{it}, \ddot{\varepsilon}_{is}) = -\frac{1}{T-1} \quad (3.27)$$

olur. Dolayısıyla $\ddot{\varepsilon}_{it}$ 'ler birbirleri ile negatif ilişkiye sahiptirler. Bunun yanında T büyüdükçe, ilişki 0'a yakınsar.

$\hat{\beta}_{FE}$ 'nin asimptotik varyansı için

$$\sqrt{N}(\hat{\beta}_{FE} - \beta) = (N^{-1} \sum_{i=1}^N \ddot{X}_i' \ddot{X}_i)^{-1} (N^{1/2} \sum_{i=1}^N \ddot{X}_i' \varepsilon_i) \quad (3.28)$$

kullanılabilir. Burada $\sqrt{N}(\hat{\beta}_{FE} - \beta)$ ortalaması 0, varyansı $\sigma_\varepsilon^2 [E(\ddot{X}_i' \ddot{X}_i)]^{-1}$ olan normal dağılıma sahiptir. $\hat{\beta}_{FE}$ 'in asimptotik varyansı ise

$$Avar(\hat{\beta}_{FE}) = \frac{\sigma_{\varepsilon}^2 [E(X_i' X_i)]^{-1}}{N} \quad (3.29)$$

Eşitlik (3.29)'da belirtilen $\ddot{X}_i' \ddot{X}_i$ 'nin beklenen değeri yerine $N^{-1} \sum_{i=1}^N \ddot{X}_i' \ddot{X}_i$ kullanıldığında

$$Avar(\hat{\beta}_{FE}) = \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2 (\sum_{i=1}^N \ddot{X}_i' \ddot{X}_i)^{-1} = \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2 (\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \ddot{x}_i' \ddot{x}_i)^{-1} \quad (3.30)$$

biçiminde gösterilebilir. Sabit etkiler modeli tahmin edicilerinin standart hataları Eşitlik (3.30)'da gösterilen matrisin köşegenlerindeki elemanlarının karekökleri olarak belirtilir.

Eşitlik (3.30)'da belirtilen asimptotik varyans dönüştürülmüş eşitlikteki hata teriminden elde edilmektedir. Sabit etkiler modelindeki hata teriminin varyansı ise

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon}^2 = SSR/[N(T-1)-K] \quad (3.31)$$

ile hesaplanabilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta dönüştürülmüş modeldeki varyansın aslen $SSR/(NT - K)$ ile hesaplanmasıdır. Veri setinde zaman boyutu küçükken bu iki formülasyon arasındaki fark önemli hale gelmektedir. Bu nedenle Eşitlik (3.18)'de belirtilen düzeltme faktörü kullanılmaktadır.

Gruplar arası etkiler modelinde, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin grup ortalamaları kullanılmaktadır. Yani model,

$$\bar{y}_{it} = \beta_0 + \beta_{1i} \bar{x}_{1i} + \beta_{2i} \bar{x}_{2i} + \dots + \beta_{Ki} \bar{x}_{Ki} + \varepsilon_{it} \quad (3.32)$$

biçiminde yazılır ve EKK yöntemi uygulanır.

3.2. Panel Veri Modelleri Testleri

3.2.1. F test

Hataların birbirinden bağımsız, özdeş ve rassal dağılıma sahip olduğu ve buna ek olarak normal dağılıma uyduğu durumlarda klasik model ile sabit etkili modelden hangisinin

kullanılması gerektiği, bir başka söylemle bireysel heterojenliğin var olup olmadığı F test kullanılarak belirlenir.

F testi için oluşturulan hipotezler aşağıda belirtilmiştir:

- H_0 : Hem kesim hem de eğim katsayıları aynıdır.
- H_{A1} : Hem kesim hem de eğim katsayıları farklıdır.
- H_{A2} : Kesim katsayıları farklı eğim katsayıları aynıdır.

Bu hipotezler doğrultusunda boş hipotez altında kısıtlanmış model, alternatif hipotezler altında ise kısıtlanmamış modeller oluşturulabilir. Daha sonra kısıtlanmış ve kısıtlanmamış modellere ilişkin SSR bulunur ve F testi için test istatistiği hesaplanır.

$$F = \frac{\left(\frac{SSR_{kısıtlı} - SSR_{kısıtsız}}{(N-1)K} \right)}{\frac{SSR_{kısıtlı}}{N(T-K)}} \sim F_{(N-1)K, N(T-K)} \quad (3.33)$$

Kullanılacak test istatistiği adından da anlaşılacağı üzere F dağılımına sahiptir.

Hesaplanan test istatistiği, tablo değerinden büyük ise boş hipotez reddedilir ve bireylere özel etkilerin olduğu varsayımına dayalı alternatif hipotez geçerli olur. Diğer durumda, yani hesaplanan test istatistiği tablo değerinden küçük ise, boş hipotez reddedilmez ve bireylere özgü etkilerin olmadığı varsayımına dayalı kısıtlı model kabul edilir.

3.2.2. Olabilirlik oran testi

Olabilirlik oran (LR) testi, genel olarak iki modelin karşılaştırılması amacıyla yapılan bir testtir. Bu testte iki modelin olabilirlik fonksiyonları karşılaştırılmaktadır. Panel veri analizlerinde ise olabilirlik testi, F teste benzer şekilde klasik model ile sabit etkiler modelinin geçerliliği üzerine yapılmaktadır. F testte kullanılan SSR yerine olabilirlik fonksiyonları kısıtlı ve kısıtsız modeller için oluşturulur.

Olabilirlik oran testi için kurulacak olan boş ve alternatif hipotezler ise şu şekildedir:

- H_0 : Klasik model geçerlidir.
- H_A : Sabit etkiler modeli geçerlidir.

Hipotezlerin testi için gerekli olan test istatistiği

$$LR = -\log \left(\frac{L_{\text{kısıtlı}}}{L_{\text{kısıtsız}}} \right) \sim \chi^2 \quad (3.34)$$

burada $L_{\text{kısıtlı}}$, boş hipotez altında oluşturulan kısıtlı modelin olabilirlik fonksiyonunun maksimum değeri iken, $L_{\text{kısıtsız}}$, alternatif hipoteze göre oluşturulan kısıtsız modelin olabilirlik fonksiyonunun maksimum değeridir. Test istatistiği bu durumda χ^2 dağılıma uymaktadır ve serbestlik derecesi kısıt sayısına eşittir.

Hesaplanan test istatistiği, belirlenmiş bir güven aralığında tablo değerinden büyük iken boş hipotez reddedilir ve sabit etkiler modelinin geçerli olduğu söylenir. Diğer taraftan, hesaplanan test istatistiği tablo değerinden küçük iken boş hipotez reddedilmez ve klasik modelin geçerli olduğu sonucuna varılabilir.

3.2.3. Değişen varyans testi

Panel veri modellerinde önemli varsayımlardan biri de idiosynkratik hatanın sabit varyansa sahip olmasıdır. Farklı düzeydeki ülkelerin incelendiği durumlarda, hata terimin değişen varyanslara sahip olması beklenebilir. Hata terimlerinde değişen varyansın olması, tahmin edicilerin sapmasızlığına ve tutarlılığına etki etmemekte fakat tahmin edicilerin etkinlik özelliğine etki etmektedir.

Değişen varyansın varlığına ilişkin sıklıkla kullanılan testlerin başında Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı (LM) testi gelmektedir. Burada kullanılan test istatistiği şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$LM = \frac{T}{2} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\hat{\sigma}_i^2}{\hat{\sigma}^2} - 1 \right)^2 \quad (3.35)$$

Burada

$$\hat{\sigma}_i^2 = \sum_{t=1}^T \frac{\varepsilon_{it}^2}{T} \quad (3.36)$$

iken

$$\hat{\sigma}^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \frac{\varepsilon_{it}^2}{NT} = \sum_{i=1}^N \frac{\hat{\sigma}_i^2}{N} \quad (3.37)$$

olarak tahmin edilir.

Bu test istatistiği kullanılarak aşağıdaki hipotez test edilir:

- $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_t^2$
- $H_A: \text{En az bir } \sigma_t^2 \text{ farklıdır.}$

Sonuç olarak, boş hipotezin kabul edilmesi durumunda hata terimlerinde değişen varyansın bulunmadığına, boş hipotezin reddedilmesi durumunda ise değişen varyansın söz konusu olduğuna karar verilebilir. Hata terimlerinin değişen varyansa sahip olduğu, başka bir deyişle heteroskedastik olduğu durumlarda, standart hatalar sapmalı olacaktır. Sapmalı hataları düzeltmek için ise robust standart hatalar kullanılabilir.

3.2.4. Otokorelasyon testi

Panel veri modellerinde, hata terimlerinin gecikmeli değerleri ile ilişkili olma durumu serisel olarak korelasyonun varlığını göstermektedir. Eşitlik (3.23)'de belirtilen varsayımın sağlanmaması durumunda tahmin edilecek varyans kovaryans matrisi hatalı olacaktır. Hata terimlerindeki değişen varyans durumu her zaman potansiyel bir sorun olsa da, hata terimlerinin birbirleriyle ilişkili olma durumu birçok uygulamada ortaya çıkabilir.

Otokorelasyonun olması durumunda, tahmin ediciler sapmasız olacak fakat standart hatalar daha düşük tahmin edileceklerdir. Dolayısıyla tahmin edicilerin t istatistikleri daha yüksek çıkacak ve tahmin edicilerin anlamlılıkları farklılık gösterecektir.

İdiosynkratik hataların birbirleriyle ilişkili olma durumunun test edilmesinde dikkat edilmesi gereken nokta, ε_{it} 'lerin tahmin edilmemesidir. Sabit etkiler modelinde, zamandan

arındırılmış, $\tilde{\varepsilon}_{it}$ 'ler tahmin edilmektedir. Eşitlik (3.27)'de görüldüğü üzere ε_{it} 'ler ilişkisizken, $\tilde{\varepsilon}_{it}$ 'ler negatif korelasyona sahiptir. $T = 2$ iken tüm i 'ler için $\tilde{\varepsilon}_{i1} = -\tilde{\varepsilon}_{i2}$ yazılabilir. Dolayısıyla $T = 2$ için bu yaklaşım geçerli olmamaktadır. $T > 2$ iken Eşitlik (3.27) kullanılabilir. Burada, $\tilde{\varepsilon}_{it}$ 'ler boş hipotez altında birbirleriyle ilişkili olduğundan test kompleks hale gelmektedir, bu nedenle $\tilde{\varepsilon}_{it}$ 'lerin yerine $\hat{\varepsilon}_{it}$ kullanılmalıdır. Bunun için iki durum bulunmaktadır. İlk olarak, her hangi iki zaman periyodu alınarak Eşitlik (3.27) basit doğrusal regresyon kullanılarak test edilebilir. Örnek olarak, $\hat{\varepsilon}_{iT}, \hat{\varepsilon}_{i(T-1)}$ üzerine regres edilir. Regresyonun katsayısı $\hat{\delta}$ için

$$H_0: -\frac{1}{T-1}$$

test edilir. Sabit etkiler modeli varsayımları altında t test istatistiği asimptotik normal dağılıma sahiptir. Alternatif olarak daha fazla zaman periyodu kullanılarak t istatistiği, gelişigüzel serisel korelasyona karşı güçlü hale getirilebilir.

Serisel korelasyonun varlığı tespit edilirse, minimumda asimptotik varyans tahmin edicisi ve test istatistikleri düzeltilmelidir. Robust asimptotik varyans tahmin edicisi için

$$\hat{\varepsilon}_i = \hat{y}_i - \hat{X}_i \hat{\beta}_{FE} \quad (3.38)$$

eşitliğinde robust varyans kovaryans matrisi tahmin edicisi

$$\text{Avar}(\hat{\beta}_{FE}) = (\hat{X}' \hat{X})^{-1} (\sum_{i=1}^N \hat{X}'_i \hat{\varepsilon}_i \hat{\varepsilon}'_i \hat{X}_i) (\hat{X}' \hat{X})^{-1} \quad (3.39)$$

ile hesaplanabilir. Değişen varyans veya serisel korelasyon durumunda, zaman boyutu birey sayısından küçükken robust hatalar kullanılabilir.

3.3. Panel Veri Modellerinde Birim Kök Testleri

Panel veri modellerin zaman boyutu, T , ve gözlem sayısı, N , artışına bağlı olarak verilerde durağan olmama durumunun gözlemlenmesi daha olası hale gelmektedir. Zaman serilerinde birim kökün varlığı, tahmin edicilerin ve test istatistiklerinin asimptotik özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir (Granger ve Newbold, 1974; Dickey ve Fuller,

1979; Philips, 1987; Philips ve Perron, 1988). Bunun yanında birim kökün varlığı, olası eşbütünleşme durumunun testlerini gerektirebilir.

Panel veri ve zaman serisi yapılarında birim kökün varlığının araştırılmasına ilişkin temel farklılık heterojenliğin varlığından kaynaklanmaktadır. Zaman serilerinde, durağanlık testlerinde bir birim için testler yapıldığından heterojenlik sorun yaratmamaktadır. Panel veri modellerinde ise bu duruma ilişkin iki ana görüş bulunmaktadır. Birden fazla birim üzerinde birim kök hipotezinin testi için aynı modelin ele alınması panel yapının homojen olması ile ilgiliyken, bireylerin farklı karakteristikler aracılığıyla nitelendirilmesi yapının heterojen olması ile ilişkilidir (Moon ve Perron, 2004). Bu çerçevede panel birim kök testlerini yatay kesit bağımsızlığını baz alan birinci jenerasyon testleri ile yatay kesit bağımlılığını temel alan ikinci jenerasyon testleri olarak ele almak mümkündür (Hurlin ve Mignon, 2007).

Birinci jenerasyon panel birim kök testlerine, Levin ve Lin (1993), Levin vd. (2002), Harris ve Tzavalis (1999, Maddala ve Wu (1999), Choi (2001), Hadri (2000)) ve Im vd. (2003) çalışmaları örnek verilebilir. Uygulamalı araştırmalarda, yatay kesit bağımsızlığı fazlasıyla kısıtlayıcı ve gerçekçi olmayan bir varsayımdır (Phillips ve Sul, 2003). Bunun yanında, yatay kesit bağımlılığının olması durumunda bu testlerin gücü düşük olmaktadır (Strauss ve Yiğit, 2003; Banerjee vd., 2005).

Yatay kesit bağımlılığını dikkate alan birçok test geliştirilmiştir. Bu testlere Bai ve Ng (2004), Moon ve Perron (2004), Phillips ve Sul (2003), O'Connell (1998), Chang (2002, 2004), Choi (2006) ve Pesaran (2007), çalışmaları örnek verilebilir. İkinci jenerasyon testleri genelde faktör yaklaşımını kullanırken O'Connell (1998) ve Chang (2002, 2004) çalışmalarında geliştirilen testler artık terimlerin kovaryans matrisi üzerinde çok az veya hiç kısıt getirmemektedir.

3.3.1. Birinci jenerasyon panel birim kök testleri

3.3.1.1. Levin Lin Chu testi

Bireysel etkileri içeren ve trendin olmadığı N birey ve T dönem verilerine sahip bir değişken için

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \rho y_{i,t-1} + \sum_{z=1}^{p_i} \beta_{iz} \Delta y_{i,t-z} + \varepsilon_{it} \quad (3.40)$$

modeli ele alınsın. Bu modelde hata terimlerinin örneklemin tümünde birbirinden bağımsız ve özdeş dağılıma (iid) sahip olduğu varsayılır. Levin Lin Chu testinde (LLCT) boş hipotez ve alternatif hipotez şu şekilde belirtilebilir.

$$H_0: \rho = 0$$

$$H_1: \rho < \rho_i$$

Testte, ek olarak boş hipotez altında bireysel etkilerin olmadığı varsayımı yapılırken, alternatif hipotez otoregresif (AR) parametrelerin tüm panel boyunca aynı olduğunu belirtmektedir. Burada vurgulanması gereken bir diğer nokta, $\hat{\rho}$ karma tahmin edicisinin kullanımının, birim kök testinin tutarlı olacağını belirtmemesidir.

Boş hipotez altında, deterministik bileşenin olmadığı modelde, test için gerekli t istatistiği, N ve T 'nin sonsuza ıraksadığı ve $\sqrt{N}/T \rightarrow 0$ durumunda $\hat{\rho}$ karma tahmin edicisinin standart normal dağılıma sahip olmasına dayanmaktadır. Fakat bu test istatistiği bireysel etkilerin bulunduğu modelde, negatif sonsuza ıraksamaktadır. Bundan dolayı Levin, Lin ve Chu t istatistiğini şu şekilde düzenlemişlerdir:

$$t_p^* = \frac{t_p}{\sigma_T^*} - NT \hat{S}_N \left(\frac{\hat{\sigma}_{\hat{\rho}}}{\hat{\sigma}_{\varepsilon}^2} \right) \left(\frac{\mu_T^*}{\sigma_T^*} \right) \quad (3.41)$$

burada ortalama düzeltmesi ve standart sapma düzeltmesi için simülasyon yapılmıştır (Levin, Lin ve Chu, 2002).

3.3.1.2. Im, Pesaran ve Shin testleri

Yatay kesit bağımsızlığı varsayımı altında geliştirilen bir diğer test Im, Pesaran ve Shin (IPS) testidir (Im vd., 2003). LLCT'nin aksine IPS testi, alternatif hipotez altında ρ_i 'nin değerlerindeki heterojenliğe olanak sağlar. IPS testinde Eşitlik (3.40)'da belirtilen modelde yer alan ρ ifadesi yerine ρ_i kullanılmıştır. Dolayısıyla eşitlik

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \rho_i y_{i,t-1} + \sum_{z=1}^{p_i} \beta_{iz} \Delta y_{i,t-z} + \varepsilon_{it} \quad (3.42)$$

olarak belirtilir. Bu testte hipotezler

$$H_0: \rho_i = 0, \quad i = 1, \dots, N$$

$$H_1: \begin{cases} \rho_i < 0, & i = 1, \dots, N_1 \\ \rho_i = 0, & i = N_1 + 1, \dots, N \end{cases}$$

şeklinde oluşturulur. Burada N_1 , N 'den küçük 0'dan büyüktür. Alternatif hipotez serilerin tamamının olmasa da bazılarının birim köke sahip olmasına olanak sağlar. Dolayısıyla, veriyi karma biçimde ele almak yerine, IPS testi, N yatay kesit için ayrı birim kök testi kullanmaktadır. Test, gruplara göre ortalaması alınmış Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) istatistiklerini temel almaktadır. Test istatistiği ise

$$t_{\text{bar}_{NT}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{iT}(\rho_i, \beta_i) \quad (3.43)$$

ile belirtilir. Burada $t_{iT}(\rho_i, \beta_i)$, $\beta_i = (\beta_{i,1}, \dots, \beta_{i,p_i})$ iken, i . birim için birim kök testinin t istatistiğini göstermektedir.

Yatay kesit bağımsızlığı varsayımı altında, Eşitlik (3.43)'de belirtilen test istatistiği, T ve N sonsuza giderken, normal dağılıma yakınsayacaktır. T sonsuza giderken $t_{iT}(\rho_i, \beta_i)$ istatistikleri, Dickey Fuller dağılımına yakınsayacaktır. Bunun yanında $\varepsilon_{i,t}$ ve $\varepsilon_{j,s}$ 'nin tüm T 'ler için bağımsız olduğu varsayımı altında, T sonsuza giderken, $t_{iT}(\rho_i, \beta_i)$ istatistikleri de iid olacaktır.

t_bar istatistiğinin standartlaştırılması amacıyla, IPS, $t_{iT}(\rho_i, \beta_i)$ istatistiğinin beklenen değeri ve varyansını kullanmaktadır. T sonsuza giderken, bu momentler Dickey Fuller dağılımının momentlerine yakınsarken, serisel korelasyon durumunda, T sabitken, bu momentler β_i 'ye bağlı olmaktadır. Dolayısıyla, bu durumda standartlaştırma çok uygun olmamaktadır. Çözüm olarak iki alternatif düşünülebilir: İlk olarak asimptotik momentler temel alınabilir. İkinci olarak, $t_{iT}(\rho_i, 0)$ 'nin boş hipotez altında ortalama ve varyansları simüle edilebilir. Standartlaştırılmış t_bar istatistiği, W_{tbar} , $N/T \rightarrow k$ iken standart normal dağılıma yakınsamaktadır.

3.3.1.3. Choi ve Maddala-Wu testleri

Im, Pesaran ve Shin testinin kullandığı ortalama istatistiklere alternatif olarak, p değerlerini temel alan Fisher türü testler kullanılabilir. Bu testlere, Choi (2001) ve Maddala ve Wu (1999) çalışmaları örnek verilebilir.

Eşitlik (3.42)'de yer alan model için, IPS testi ile aynı hipotezler için Maddala ve Wu (1999)

$$P_{MW} = -2 \sum_{i=1}^N \log(p_i) \quad (3.44)$$

test istatistiğini ortaya koymuştur. Bu test istatistiği, N sabit ve T sonsuza giderken, χ^2_{2N} dağılımına sahiptir.

Daha büyük örneklemeler için, N büyükken, Choi (2001) benzer standartlaştırılmış test istatistiği önermiştir:

$$Z_{MW} = \frac{\sqrt{N}\{N^{-1}P_{MW} - E(-2\log(p_i))\}}{\sqrt{\text{Var}(-2\log(p_i))}} = -\frac{\sum_{i=1}^N \log(p_i) + N}{\sqrt{N}} \quad (3.45)$$

Bu test istatistiği, bireysel p değerlerinin standartlaştırılmış yatay kesit ortalamalarına karşılık gelmektedir. Yatay kesit bağımsızlığı varsayımı altında ve birim kök hipotezi altında, bu test istatistiği standart normal dağılıma yakınsamaktadır.

3.3.1.4. Hadri testi

Diğer birinci nesil testlerinin aksine, Hadri (2000), boş hipotezde durağanlık durumunun olduğu test ortaya koymuştur. Bu test, Kwiatkowski vd. (1992) tarafından geliştirilen testin devamı gibi düşünülebilir. Bu test, artık terimleri temel alan, LM testi olarak ifade edilebilir. Hadri iki model ele almıştır:

$$y_{i,t} = r_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3.46)$$

$$y_{i,t} = r_{i,t} + \beta_i t + \varepsilon_{i,t} \quad (3.47)$$

Burada $r_{i,t} = r_{i,t-1} + u_{i,t}$ rassal yürüyüş sürecini gösterirken, $u_{i,t}$ ve $\varepsilon_{i,t}$ birbirinden bağımsızdır. Dolayısıyla Eşitlik (3.46) ve (3.47) düzenlenirse,

$$y_{i,t} = r_{i,0} + e_{i,t} \quad (3.48)$$

$$y_{i,t} = r_{i,0} + \beta_i t + e_{i,t} \quad (3.49)$$

biçiminde gösterilebilir. Burada $e_{i,t} = \sum_{j=1}^t u_{i,j} + \varepsilon_{i,t}$ olarak ifade edilir. Bunun yanında, $\sigma_u^2 = 0$ ise $e_{i,t} \equiv \varepsilon_{i,t}$ durağan, $\sigma_u^2 \neq 0$ ise $e_{i,t}$ durağan değildir. Genel olarak Hadri testinde $\lambda = 0$ durumu $\lambda > 0$ durumuna karşı test edilir. Burada $\lambda = \sigma_u^2 / \sigma_\varepsilon^2$ olarak ifade edilmektedir. Test için geliştirilen istatistik

$$Z_\mu = \frac{\sqrt{N} \{LM - E(\int_0^1 V(r)^2 dr)\}}{\sqrt{V(\int_0^1 V(r)^2 dr)}} \quad (3.50)$$

olarak ifade edilir. Burada $LM = \frac{1}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2} \frac{1}{NT^2} (\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T S_{i,t}^2)$ ve $S_{i,t} = \sum_{j=1}^t \hat{e}_{i,j}$ olarak belirtilmektedir. Test istatistiğinde yer alan $V(r)$ ise T ve sonrasında N sonsuza giderken, Brownian köprüsünü göstermektedir.

3.3.2. İkinci jenerasyon panel birim kök testleri

İkinci jenerasyon birim kök testleri, yatay kesit bağımsızlığı varsayımına daha esnek yaklaşım sunmaktadır. Bir uzaklık ölçütünün değerlendirilmesi dışında, yatay kesitteki gözlemlerin doğal bir sırasının olmamasından kaynaklı, yatay kesit bağımlılığının belirlenmesi açık değildir. Dolayısıyla, yatay kesit bağımlılığına olanak veren panel birim kök testleri için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu anlamda ortak faktör modeli yaklaşımı sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir.

3.3.2.1. Bai ve Ng testleri

Bai ve Ng (2005), potansiyel yatay kesit ilişkisini dikkate alan ilk birim kök testini geliştirmişlerdir. Buradaki ana problem yatay kesit bağımlılığının biçiminin belirlenmesidir. Bai ve Ng, bu konuda faktör analitik modelini önermiştir:

$$y_{i,t} = D_{i,t} + \lambda_i' F_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3.51)$$

Burada, $D_{i,t}$ polinomsal zaman fonksiyonu, F_t , $(r, 1)$ boyutunda ortak faktör vektörü ve λ_i faktör yükleri vektörünü göstermektedir. Dolayısıyla, bireysel serileri gösteren $y_{i,t}$, heterojen deterministik bileşen $D_{i,t}$ ve ortak bileşen $\lambda_i' F_t$ olarak ikiye ayrılmaktadır.

En az bir ortak faktörün ve/veya hata teriminin durağan olmadığı durumda, $y_{i,t}$ serisinin durağan olmadığı söylenebilir. Burada dikkat edilmesi gereken durum, bir bileşenin durağan olması, diğerinin olmaması veya farklı derecelerden entegre olabilmesidir. Fakat farklı dinamiğe sahip olan iki bileşenin toplamından oluşan serinin kendisi bileşenlerinden farklı dinamiklere sahip olabilir. Dolayısıyla, seri fazlaca durağan bileşen içeriyorsa, serinin durağanlığı test etmek zorlaşabilir. Bu nedenle, Bai ve Ng, serinin durağan olup olmadığını doğrudan test etmek yerine, ortak ve bireysel bileşenlerde birim kökün varlığını ayrı ayrı test etmeyi önermiştir.

Bai ve Ng'nin önerdiği yöntem, hata terimlerinin birimler arasında az oranda ilişkili olurken tüm serinin yüksek oranda yatay kesit ilişkisine sahip olduğu gerçeğine

dayanmaktadır. Bu durum birinci jenerasyon testleri için yapılan en önemli eleştiriyi karşılamaktadır.

Bireysel etkileri, α_i , trendsiz olarak gösteren bir deterministik bileşen ele alınsın. Bu durumda şu model yazılabilir:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \lambda_i' F_t + \varepsilon_{i,t} \quad t = 1, \dots, T \quad (3.52)$$

$$F_{m,t} = \tau_m F_{m,t-1} + v_{m,t} \quad m = 1, \dots, r \quad (3.53)$$

$$\varepsilon_{i,t} = \rho_i \varepsilon_{i,t-1} + u_{m,t} \quad i = 1, \dots, N \quad (3.54)$$

Burada, $\tau_m < 1$ ise m. ortak faktör, $F_{m,t}$, durağandır. Buna ek olarak i. birey için $\rho_i < 1$ iken hata terimi durağandır. Bu bileşenler gözlemlenmediğinden, durağanlığın araştırılması için tahmin edilmelidir. Dolayısıyla, durağanlığın araştırılması bu bileşenlerin entegrasyon derecesini koruyarak elde edilecek tahminlere dayanmaktadır. Bai ve Ng, bunu öncelikle ilk farkı alınmış veriler üzerinden faktörleri tahmin ederek ve bu tahmin edilen tahminleri toplayarak gerçekleştirmeye çalışmıştır. İlk farklarda, ortak faktör sayısı, r 'nin bilindiği varsayılınsın. Bu durumda ilk fark biçiminde model

$$\Delta y_{i,t} = \lambda_i' f_t + z_{i,t} \quad (3.55)$$

biçimde yazılabilir. Burada $z_{i,t} = \Delta \varepsilon_{i,t}$ ve $f_t = \Delta F_t$ olarak belirtilir. Model tahmin edildiğinde

$$\hat{z}_{i,t} = \Delta y_{i,t} - \hat{\lambda}_i' \hat{f}_t \quad (3.56)$$

olarak yazılabilir. Daha sonra

$$\hat{F}_{m,t} = \sum_{s=2}^t \hat{f}_{m,s}, \quad \hat{\varepsilon}_{i,t} = \sum_{s=2}^t \hat{z}_{i,s} \quad (3.57)$$

kümülatif değişkenleri kullanılabilir.

Hata teriminin durağanlığının araştırılması ile ilgili, Bai ve Ng, deterministik terim içermeyen modeldeki, faktörden arındırılmış $\hat{\varepsilon}_{i,t}$ 'ler yardımıyla hesaplanmış bireysel ADF test istatistiklerini kullanmayı önermiştir.

$$\Delta \hat{\varepsilon}_{i,t} = \delta_{i,0} \hat{\varepsilon}_{i,t-1} + \delta_{i,1} \Delta \hat{\varepsilon}_{i,t-1} + \dots + \delta_{i,p} \Delta \hat{\varepsilon}_{i,t-p} + \mu_{i,t} \quad (3.58)$$

Hata bileşeninin, i . birey için ADF istatistiği, $ADF_{\hat{\varepsilon}}^c(i)$ ile gösterildiğinde, $ADF_{\hat{\varepsilon}}^c(i)$ 'nin asimptotik dağılımı, Dickey Fuller dağılımına uymaktadır. Fakat oluşturulan testin gücü, küçük örneklem için düşük olduğundan, Bai ve Ng

$$Z^c = \frac{1}{\sqrt{4N}} [-2 \sum_{i=1}^N \log p^c(i) - 2N] \quad (3.59)$$

test istatistiğini önermişlerdir. Burada $p^c(i)$, $ADF_{\hat{\varepsilon}}^c(i)$ istatistiğinin p-değeridir. Bai ve Ng testinde dikkat edilmesi gereken durum $\varepsilon_{i,t}$ ve $y_{i,t}$ 'nin birbirinden bağımsız varsayılmasıdır.

Ortak faktörlerin durağanlığının araştırılmasına ilişkin Bai ve Ng iki durumdan bahsetmiştir. N değişken için bir ortak faktörün olduğu durumda ($r = 1$), standart ADF testi şu model için kullanılabilir:

$$\Delta \hat{F}_{1,t} = c + \gamma_{i,0} \hat{F}_{1,t-1} + \gamma_{i,1} \Delta \hat{F}_{1,t-1} + \dots + \gamma_{i,p} \Delta \hat{F}_{1,t-p} + v_{i,t} \quad (3.60)$$

Burada ADF test istatistiğine karşılık gelen $ADF_{\hat{F}}^c$, Dickey Fuller dağılımı ile aynı limit dağılımına sahiptir.

Birden fazla ortak faktörün olduğu durumda ($r > 1$), Bai ve Ng bu ortak faktör arasında, ortak bağımsız stokastik trend sayısını (r_1) test etmektedir. $r_1 = 0$ iken, N ortak faktör için N eşbütünleşme vektörü bulunmaktadır ve bu faktörlerin hepsi $I(0)$ 'dır.

Bai ve Ng ortalama arındırılmış $r\hat{F}_{m,t}$ 'yi temel alan iki test istatistiği önermiştir. Bu test istatistikleri Stock ve Watson (1988) tarafından önerilen istatistiklerle benzeşmektedir. Testte $r_1 = m$ hipotezi test edilir, hipotez reddedilirse teste $m = m - 1$ alınarak devam edilir. Hipotez reddedilmezse, $\hat{r}_1 = m$ geçerli olur. Ortaya konulan iki test istatistiğinden MQ_f , durağan olmayan bileşenlerin sınırlı sırada vektör otoregresif süreci takip ettiğini

varsayarken, ikinci test istatistiği MQ_c , birim kök sürecinin daha genel dinamiklere sahip olmasına olanak sağlar.

3.3.2.2. Pesaran testleri

Pesaran (2004) yatay kesit bağımlılığı problemi ile ilgili farklı bir yöntem önermiştir. Phillips ve Sul (2003) yaklaşımında olduğu gibi artık terimler için heterojen faktör yükleri ile tek faktörlü model ele almıştır. Farklı olarak, tahmin edilen ortak faktörlerden sapmalara dayanan birim kök testi yerine, bireysel serilerin ilk farkları ve gecikmesi alınmış düzeylerin yatay kesit ortalamalarına uygulanan Dickey Fuller ve ADF testlerini önermiştir. Artık terimler serisel olarak ilişkili değilken, i . birey için kullanılacak regresyon

$$\Delta y_{i,t} = \alpha_i + \rho_i y_{i,t-1} + c_i \bar{y}_{t-1} + d_i \Delta \bar{y}_t + v_{i,t} \quad (3.61)$$

şeklinde ifade edilir. Burada $\bar{y}_{t-1} = (1/N) \sum_{i=1}^N y_{i,t-1}$ ve $\Delta \bar{y}_t = (1/N) \sum_{i=1}^N \Delta y_{i,t}$ olarak tanımlanmaktadır. ρ_i 'nin EKK tahmin edicisinin t istatistiği $t_i(N, T)$ ile Pesaran'ın bireysel yatay kesitlere dayanan ADF testi CADF ile gösterilsin. Bunun yanında testin, küçük zaman boyutu durumlarında aykırı değerlerin etkisinin giderildiği durum CADF* olarak belirtilsin. Her iki durumda da temel fikir, CADF veya CADF*'ın bireysel ortalamasına dayanan IPS $\bar{t}$ testinin modifiye edilmesidir. Modifiye edilmiş durumlar CIPS ve CIPS* ile gösterildiğinde

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i(N, T), \quad CIPS^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i^*(N, T) \quad (3.62)$$

olarak belirtilir. Aykırı değerlerden arındırılmış CADF istatistiği ise şu şekilde tanımlanır:

$$t_i^*(N, T) = \begin{cases} K_1, & t_i(N, T) \leq K_1 \\ t_i(N, T), & K_1 < t_i(N, T) < K_2 \\ K_2, & t_i(N, T) \geq K_2 \end{cases} \quad (3.63)$$

Eşitlik (3.63)'de gösterilen istatistikte K_1 ve K_2 sabittir, $t_i(N, T)$ 'nin $[K_1, K_2]$ 'nin içinde olduğu durumda olasılık 1'e yakın olmaktadır.

Tüm bireysel CADF veya CADF* istatistikleri faktör yüklerine bağlı olmayan benzer asimptotik dağılıma sahiptir. Fakat bu istatistikler ortak faktörlere göre ilişkililerdir. Dolayısıyla, bireysel CADF istatistiklerinin ortalamasının alınması olanaklı hale gelmektedir, fakat CIPS veya CIPS* istatistiklerine standart merkezi limit teoremleri uygulanamaz. Pesaran, normal dağılıma uymasa da, CIPS* istatistiğinin asimptotik dağılımının var olduğunu ve bunun hata teriminden bağımsız olduğunu göstermiştir. CIPS ve CIPS* istatistiklerinin farklı örneklem büyüklüğü için simülasyonla kritik değerleri ortaya koymuştur. Bunun yanında, Pesaran, Maddala ve Wu (1999) ve Choi (2001)'ya benzer olarak bireysel CADF istatistiklerinin anlamlılık düzeylerini temel alan Fisher türü testler kullanmıştır, fakat bu istatistikler standart dağılımlara sahip değildir. Sonuçta, bu yaklaşımlar artık terimlerin ilişkili olduğu durumlar için genişletilmiştir. Hatalar AR(p) süreci ile belirtildiğinde, ilgili CADF istatistiği, p . dereceden genişletilmiş yatay kesit/zaman serisi regresyonu ile hesaplanabilir. Kullanılan model ise

$$\Delta y_{i,t} = \alpha_i + \rho_i y_{i,t-1} + c_i \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=0}^p d_{i,j} \Delta \bar{y}_{t-j} + \sum_{j=0}^p \beta_{i,j} \Delta y_{i,t-j} + \mu_{i,t} \quad (3.64)$$

ile belirtilir.

3.4. Yatay Kesit Bağımlılık Testleri

Panel veri modellerinde hata terimlerinde yatay kesit bağımlılığı olması sıklıkla karşılaşılabilecek durumlardandır. Yatay kesit bağımlılığı çeşitli nedenlerden kaynaklanabilir (Robertson ve Symons, 2000; Pesaran, 2004; Anselin, 2001 ve Baltagi vd., 2007):

- Ortak şokların varlığı
- Hata terimine dahil olan gözlemlenmeyen bileşenler
- Mekansal bağımlılık
- Mekansal veya ortak bileşenlerden kaynaklanmayan, hata terimlerinin bağımlılığı

Bu durumun bir nedenine örnek olarak ülkelerin ve finansal kuruluşların ekonomik ve finansal entegrasyonunun gelişmesi verilebilir.

Tahminlerde yatay kesit bağımlılığı birçok faktöre bağlı olabilir. Yatay kesit bağımlılığının yapısı ve yatay kesitteki ilişkinin boyutu bu faktörlerdendir. Yatay kesit bağımlılığının gözlemlenmeyen fakat içerilen regresörlerde ilişkisiz olan ortak faktörlerden kaynaklandığı varsayıldığında, standart sabit etkiler ve rassal etkiler tahmin edicileri etkin olmasa da tutarlı olmakta ve standart hatalar yanlış olmaktadır. Dolayısıyla tahmin durumlarında farklı olası durumlar mümkündür. Örnek olarak, sabit etkiler veya rassal etkiler modelinde Driscoll ve Kraay (1998) yaklaşımı kullanılarak standart hatalar düzeltilebilir. Alternatif olarak, Robertson ve Symons (2000) ve Coakley vd. (2002) yaklaşımları kullanılarak etkin tahmin ediciler elde edilebilir.

Diğer taraftan, gözlemlenmeyen bileşen, yatay kesitte ve regresörlerde bağımlılık yaratıyorsa bu yaklaşımlar sabit etkiler ve rassal etkiler modellerinde kullanılamamaktadır. Bu durumlar için Pesaran (2006) yaklaşımı çözüm olabilir. Diğer taraftan araç değişken yaklaşımı kullanılabilir.

Dinamik panel veri tahmin edicilerinde yatay kesit bağımlılığının etkisi daha belirgindir. Phillips ve Sul (2003), veride yatay kesit bağımlılığının yeteri kadar olduğu durumda ve bu durum tahmin aşamasında ihmal edildiğinde, etkinliğin önemli ölçüde azaldığını göstermişlerdir.

Panel veri modelleri literatüründe yer aldığı üzere, yatay kesit bağımlılığının test edilmesi önemlidir. Zaman boyutunun gözlem sayısından büyük olduğu, $T > N$, durumda Breusch ve Pagan (1980) tarafından geliştirilen LM testi kullanılabilir. Diğer taraftan gözlem sayısının, zaman boyutundan büyük olduğu, $N > T$, durumunda LM istatistiğinin istatistiksel özellikleri yeterli değildir. Bu durumda Friedman (1937) istatistiği, Frees (1995) veya Pesaran (2004) yaklaşımları kullanılabilir. Ek olarak N ve T 'nin yeterince büyük olduğu durumlarda Pesaran (2007) yaklaşımı kullanılabilir.

Eşitlik (3.15)'de belirtilen sabit etkiler modelinde, ε_{it} teriminin boş hipotezde zaman ve yatay kesitte iid olduğu varsayılır. Alternatif hipotezde ise serisel korelasyonun olmadığı varsayımı korunurken, hata terimlerinin yatay kesitte ilişkili olabileceği belirtilir. Dolayısıyla oluşturulan hipotezler

$$H_0: \rho_{ij} = \rho_{ji} = \text{corr}(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{jt}) = 0, i \neq j$$

$$H_1: \rho_{ij} = \rho_{ji} \neq 0, i \neq j$$

şeklinde oluşturulabilir. Burada ρ_{ij} , dağılımın momentler çarpımı korelasyon katsayısını göstermektedir ve

$$\rho_{ij} = \rho_{ji} = \frac{\sum_{t=1}^T \varepsilon_{it} \varepsilon_{jt}}{(\sum_{t=1}^T \varepsilon_{it}^2)^{1/2} (\sum_{t=1}^T \varepsilon_{jt}^2)^{1/2}} \quad (3.65)$$

şeklinde hesaplanabilir.

3.4.1. Friedman testi

Friedman (1937), Spearman'ın rank korelasyon katsayısına dayanan parametrik olmayan bir test önermiştir. Hata terimlerinin rankı $\{r_{i,1}, \dots, r_{i,T}\}$ olarak tanımlandığında, Spearman'ın rank korelasyon katsayısı

$$r_{ij} = r_{ji} = \frac{\sum_{t=1}^T \{r_{i,t} - (T+1/2)\} \{r_{j,t} - (T+1/2)\}}{\sum_{t=1}^T \{r_{i,t} - (T+1/2)\}^2} \quad (3.66)$$

şeklinde hesaplanabilir. Friedman'ın istatistiği ise Spearman'ın korelasyonlarının ortalamasına dayanır ve

$$R_{ave} = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{r}_{ij} \quad (3.67)$$

olarak ifade edilir. Burada $\hat{r}_{ij}$, örneklemden hesaplanan artık terimlerin rank korelasyon katsayısıdır. R_{ave} 'ın büyük değerleri sıfırdan farklı yatay kesit korelasyonlarının varlığını göstermektedir. Friedman,

$$FR = (T-1)\{(N-1)R_{ave} + 1\} \quad (3.68)$$

istatistiğinin sabit T ve büyük N için asimptotik olarak χ^2_{T-1} dağıldığını göstermiştir. R_{ave} , LM testte kullanılan korelasyon kareleri toplamından ziyade, artık matrisinin korelasyon

katsayıları toplamını içermektedir. Bu özelliğinden dolayı korelasyonların işaretinin değiştiği durumlardaki yatay kesit bağımlılığını göz ardı etmektedir. Örnek olarak alternatif hipotez altında ε_{it} ,

$$\varepsilon_{it} = \phi_i f_t + u_{it} \quad (3.69)$$

şeklinde hata yapısına sahip olsun. Burada f_t , yatay kesit bağımlılığını yaratan gözlemlenmeyen faktörü, ϕ_i bu faktörün i . birey üzerindeki etkisini göstermektedir. Burada

$$\text{corr}(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{jt}) = \frac{\text{cov}(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{jt})}{\sqrt{\text{var}(\varepsilon_{it})}\sqrt{\text{var}(\varepsilon_{jt})}} = \frac{E(\phi_i)E(\phi_j)}{\sqrt{E(\varepsilon_{it}^2)}\sqrt{E(\varepsilon_{jt}^2)}} = 0 \quad (3.70)$$

olarak belirtilir ve $f_t \neq 0$ ve $\phi_i \neq 0$ olsa da R_{ave} istatistiği 0'a yakınsar. Bu sonuç, alternatif hipotez altında $E(\phi_i) = 0$ ile birlikte testlerin güçlü olmadığını ve dolayısıyla güvenilirliğinin az olduğunu göstermektedir.

3.4.2. Breusch Pagan testi

Yatay kesit bağımlılığının test edilmesinde kullanılan bir diğer test Breusch ve Pagan (1980) tarafından geliştirilen LM testidir. Bu test Pearson'un artık terimlerin korelasyon katsayılarının karesini baz almaktadır ve T 'nin N 'den büyük olmasını gerekli kılar.

Lagrange Çarpanı testi hata terimlerinde korelasyonun olmadığını test eder. Burada test istatistiği

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (3.71)$$

Şeklinde hesaplanır ve $\hat{\rho}_{ij}^2$ Pearson'un artık terimlerin korelasyon katsayılarının tahminidir.

Bu katsayılar ise

$$\hat{\rho}_{ij} = \hat{\rho}_{ji} = \frac{\sum_{t=1}^T \varepsilon_{it} \varepsilon_{jt}}{(\sum_{t=1}^T \varepsilon_{it}^2)^{1/2} (\sum_{t=1}^T \varepsilon_{jt}^2)^{1/2}} \quad (3.72)$$

ile bulunur. Burada ε_{it} ana eşitlikteki hata terimlerini göstermektedir. Lagrange Çarpanı test istatistiği boş hipotez altında T sonsuza giderken ve N sabitken asimptotik olarak $\chi_{N(N-1)/2}^2$ dağılımına sahiptir.

3.4.3. Frees testi

Frees (1995) tarafından önerilen test Friedman tarafından önerilen testin belirtilen dezavantajına sahip değildir. Testte kullanılan R_{ave}^2 istatistiği rank korelasyon katsayılarının kareleri toplamına dayanmaktadır ve

$$R_{ave}^2 = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{r}_{ij}^2 \quad (3.73)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Frees, bu istatistiğin birbirinden bağımsız olan ve χ^2 dağılan değişkenlerin ortak dağılımına uygun olduğunu göstermiştir. Bunun yanında

$$\begin{aligned} FRE &= N\{R_{ave}^2 - (T-1)^{-1}\} \rightarrow Q \\ &= a(T)\{x_{1,T-1}^2 - (T-1)\} + b(T)\{x_{2,T(T-3)/2}^2 - T(T-3)/2\} \end{aligned} \quad (3.74)$$

olarak belirtmiştir. Burada, $x_{1,T-1}^2$ ve $x_{2,T(T-3)/2}^2$ birbirinden bağımsızdır ve sırayla χ_{T-1}^2 ve $\chi_{T(T-3)/2}^2$ dağılımına sahiptir. Eşitlik (3.74)'de içerilen $a(T) = 4(T+2)/\{5(T-1)^2(T+1)\}$ ve $b(T) = 2(5T+6)/\{5T(T-1)(T+1)\}$ olarak ifade edilir. Dolayısıyla, Q_q , Q dağılımının uygun çeyrekliğini gösterirken, $R_{ave}^2 > (T-1)^{-1} + Q_q/N$ ise boş hipotez reddedilir.

Q dağılımı, T 'nin büyüklüğüne bağlı olan ve iki χ^2 dağılımına sahip rassal değişkenin ağırlıklandırılmış toplamıdır. Dolayısıyla uygun çeyrekliklerin hesaplanması zordur. Zaman boyutunun küçük olmadığı durumda, Frees Q dağılımının normal dağılıma yaklaşması özelliğini önermiştir. Fakat T küçükken, bu yaklaşım zayıf kalmaktadır.

3.4.4. Pesaran CD testi

Breusch ve Pagan (1980) tarafından önerilen LM istatistiği sabit N ve T sonsuza giderken

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (3.75)$$

ile hesaplanır burada $\hat{\rho}_{ij}$, Eşitlik (3.65)'de belirtilen katsayının tahminini göstermektedir. LM test istatistiği, boş hipotez altında $\chi^2_{N(N-1)/2}$ dağılımına sahiptir. Fakat bu test, N büyük ve T sınırlı iken önemli düzeyde ölçü bozulmaları göstermektedir.

Pesaran (2004) alternatif olarak

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right) \quad (3.76)$$

istatistiğini önermiştir. Bunun yanında bu test istatistiğinin yatay kesit bağımlılığının olmadığını belirten boş hipotez altında ve T yeteri kadar büyük ve N sonsuza giderken, dağılımda standart normal dağılıma yakınsadığını göstermiştir.

Lagrange Çarpanı istatistiğinin tersine, birçok panel veri modelinde CD istatistiği sabit T ve N için 0 ortalamaya sahiptir. Homojen ve heterojen dinamik panel veri modellerinde standart sabit etki ve rassal etki modelleri yanlıdır (Nickell, 1981; Pesaran ve Smith, 1995). Fakat CD testi, parametre tahminlerinde küçük örneklem yanlılığına rağmen geçerli olmaktadır. Sabit etkiler ve rassal etkiler artıkları 0 ortalamaya ve simetrik dağılıma sahiptir.

Dengeli olmayan panel yapılar için Pesaran (2004), Eşitlik (3.76)'yı modifiye etmiştir:

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \sqrt{T_{ij}} \hat{\rho}_{ij} \right) \quad (3.77)$$

Burada T_{ij} i . ve j . arası ortak zaman serisi gözlem sayısını göstermektedir. Korelasyon katsayısı tahmini ise

$$\hat{\rho}_{ij} = \hat{\rho}_{ji} = \frac{\sum_{t \in T_i \cap T_j} (\hat{\varepsilon}_{it} - \bar{\hat{\varepsilon}}_i)(\hat{\varepsilon}_{jt} - \bar{\hat{\varepsilon}}_j)}{\left\{ \sum_{t \in T_i \cap T_j} (\hat{\varepsilon}_{it} - \bar{\hat{\varepsilon}}_i)^2 \right\}^{1/2} \left\{ \sum_{t \in T_i \cap T_j} (\hat{\varepsilon}_{jt} - \bar{\hat{\varepsilon}}_j)^2 \right\}^{1/2}} \quad (3.78)$$

ve

$$\bar{\hat{\varepsilon}}_i = \frac{\sum_{t \in T_i \cap T_j} \hat{u}_{it}}{\#(T_i \cap T_j)} \quad (3.79)$$

ile gösterilir.

3.4.5. Pesaran hata uyarlaması yapılmış LM testi

Pesaran vd. (2008) çalışmasında Breusch Pagan (1980) çalışmasında ortaya konulan LM testini normal dağılan hata terimleri ve katı dışsal regresörlerin olduğu durumda, hata uyarlaması yaparak yeni bir test ortaya koymuştur. Burada vurgulanması gereken bir diğer nokta Pesaran (2004) çalışmasında belirtilen CD testinin tutarsız olduğu durumlarda da bu testin tutarlı olmasıdır. Yapılan uygulamalarda bu testin, boyutları kontrol altına alabildiği ve testin gücünün yeterli olduğu gösterilmiştir (Pesaran vd., 2008).

Pesaran (2004) çalışmasında belirtilen CD testinin gücü bağımlılığın mekânsal olduğu durumlardan etkilenmektedir. Bu anlamda mekânsal bağımlılık, mekânsal ağırlık matrisi kullanılarak modellenenebilir. p . dereceden mekânsal bağımlılığın olduğu alternatif hipotez altında Pesaran'ın (2004) CD testi

$$CD(p) = \sqrt{\frac{2T}{p(2N-p-1)}} \left(\sum_{s=1}^p \sum_{i=1}^{N-s} \hat{\rho}_{i,i+s} \right) \quad (3.80)$$

olarak tanımlanmıştır. Pesaran vd. (2008) çalışmasında ise test istatistikleri

$$NLM(p) = \sqrt{\frac{1}{p(2N-p-1)}} \left(\sum_{s=1}^p \sum_{i=1}^{N-s} T \hat{\rho}_{i,i+s}^2 - 1 \right) \quad (3.81)$$

$$NLM(p)^* = \sqrt{\frac{1}{p(2N-p-1)}} \left(\sum_{s=1}^p \sum_{i=1}^{N-s} (T - K) \hat{\rho}_{i,i+s}^2 - \mu_{Ti,i+s} \right) \quad (3.82)$$

$$NLM(p)^{**} = \sqrt{\frac{2}{p(2N-p-1)} \left(\sum_{s=1}^p \sum_{i=1}^{N-s} \frac{(T-K)\hat{\rho}_{i,i+s}^2 - \mu_{Ti,i+s}}{v_{Ti,i+s}} \right)} \quad (3.83)$$

olarak tanımlanmıştır. Eşitliklerde yer alan

$$\mu_{Ti,i+s} = \frac{Tr(M_i M_{i+s})}{T-k}$$

ve

$$v_{Ti,i+s} = [Tr(M_i M_{i+s})]^2 a_{1T} + 2Tr[(M_i M_{i+s})^2] 2a_{2T}$$

olarak tanımlanmıştır.

3.4.6. Mekansal bağımlılık

Mekansal uygulamalarda, yatay kesit birimleri için yatay kesit bağımlılığı önceden belirlenmiş ilişki matrisi ile yapılmaktadır. Bu test genel olarak tek bir yatay kesit çerçevesinde ele alınabilir, fakat panel veri yapıları için de genişletilebilir.

Hata terimlerinin mekansal bağımlılığı, mekansal ağırlık matrisi ($W = w_{ij}$) kullanılarak modellenebilir:

$$\varepsilon_{it} = \lambda \left(\sum_{j=1}^N w_{ij} \varepsilon_{jt} \right) + \sigma_i \epsilon_{it} \quad (3.84)$$

Burada, tüm i ve t 'ler için $\epsilon_{it} \sim \text{IID}(0,1)$ 'dir. Mekansal ağırlıklar ise önceden belirlenmiş varsayılır ve hata terimlerindeki yatay kesit bağımlılığı $\lambda = 0$ boş hipotezi ile test edilir.

Mekansal ilişki matrisinin kurulması için farklı yaklaşımlar olabilir: Komşuluk ilişkisi, uzaklık ilişkisi bu yaklaşımlara örnektir (Cliff ve Ord, 1973, 1981). Mekansal bağımlılık durumu panel veri modelleri için de genişletilebilir (Baltagi, 2008). Örnek olarak bir panel veri modeli ele alınsın:

$$y_{ti} = X'_{ti}\beta + \varepsilon_{ti} \quad (3.85)$$

Burada hata terimlerinin mekansal olarak ilişki olma durumu

$$\varepsilon_t = \mu + \epsilon_t \quad (3.86)$$

ve

$$\epsilon_t = \lambda W \epsilon_t + v_t \quad (3.87)$$

ile gösterilebilir (Anselin, 1988). Burada, $\varepsilon'_t = (\varepsilon_{t1}, \dots, \varepsilon_{tN})$, $\epsilon'_t = (\epsilon_{t1}, \dots, \epsilon_{tN})$ ve $\mu' = (\mu_1, \dots, \mu_N)$ olarak belirtilmektedir. Bunun yanında λ , $|\lambda| < 1$ koşulunu sağlayan mekansal otoregresif katsayıdır. W ise köşegen elemanları 0 olan $N \times N$ boyutunda mekansal ağırlık matrisidir. Bu matris, tüm $|\lambda| < 1$ için $(I_N - \lambda W)$ matrisinin tersi alınabilir matris olmasını sağlayan bir matristir. Son olarak $v'_t = (v_{t1}, \dots, v_{tN})$ iid'dir ve varyansı σ_v^2 , ortalaması 0 olan normal dağılıma uygun gelmektedir. Ek olarak $\{v_{ti}\}$ süreci $\{\mu_i\}$ sürecinden bağımsızdır. Dolayısıyla Eşitlik (3.87)

$$\epsilon_t = (I_N - \lambda W)^{-1} v_t = B^{-1} v_t \quad (3.88)$$

olarak yazılabilir.

Eşitlik (3.86)'da belirtilen eşitlik vektör biçiminde yazılırsa

$$\varepsilon = (\iota_T I_N) \mu + (I_T B^{-1}) v \quad (3.89)$$

olur. Bu gösterimde, $v'_t = (v_{t1}, \dots, v_{tN})$, ι_T , T boyutunda birim vektör, I_N , T boyutunda birim matrisi göstermektedir. Parantezler Kronecker çarpımını belirtmektedir. Bu varsayımlar altında ε 'nin varyans kovaryas matrisi

$$\varepsilon = \sigma_\mu^2 (J_T I_N) + \sigma_v^2 (I_T (B' B)^{-1}) \quad (3.90)$$

olarak ifade edilir. Eşitlik (3.90)'da J_T , T boyutunda 1'lerden oluşan matristir.

$\Phi = \sigma_u^2 / \sigma_v^2$, $\bar{J}_T = J_T / T$, $E_T = I_T - \bar{J}_T$, $\Sigma_u = [\bar{J}_T(T\Phi I_N + (B' B)^{-1}) + E_T(B' B)^{-1}]$ ve $|\Sigma_\varepsilon| = |T\Phi I_N + (B' B)^{-1}| \cdot |((B' B)^{-1})|^{T-1}$ iken, modelin logaritmik olabilirlik fonksiyonu Anselin (1988) tarafından

$$L = -\frac{NT}{2} \ln 2\pi\sigma_v^2 - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_\varepsilon| - \frac{1}{2\sigma_v^2} \varepsilon' \Sigma_u^{-1} \varepsilon \quad (3.91)$$

$$= -\frac{NT}{2} \ln 2\pi\sigma_v^2 - \frac{1}{2} \ln [T\Phi I_N + (B' B)^{-1}] + \frac{(T-1)}{2} \ln |B' B| - \frac{1}{2\sigma_v^2} \varepsilon' \Sigma_\varepsilon^{-1} \varepsilon$$

olarak formülize edilmiştir. Anselin (1988) $\lambda = 0$ için LM testi geliştirmiştir. Baltagi (2008) ise bu LM testini genişleterek

- $H_0^a: \lambda = \sigma_\mu^2 = 0$, H_1^a : En az bir bileşen sıfırdan farklıdır
- $H_0^b: \sigma_\mu^2 = 0$, $H_1^b: \sigma_\mu^2 > 0$ ($\lambda = 0$ varsayılmıştır)
- $H_0^c: \lambda = 0$, $H_1^c: \lambda \neq 0$ ($\sigma_\mu^2 = 0$ varsayılmıştır)
- $H_0^d: \lambda = 0$, $H_1^d: \lambda \neq 0$ ($\sigma_\mu^2 > 0$ varsayılmıştır)
- $H_0^e: \sigma_\mu^2 = 0$, $H_1^e: \sigma_\mu^2 > 0$ ($\lambda = 0$ veya λ 'dan farklı olabilir)

hipotezlerini sınamıştır.

3.5. Panel Eşbütünleşme

Eşbütünleşme genel olarak eş seviyede tümleşen serilerin doğrusal kombinasyonlarının dengede olduklarını belirtmektedir. Bir başka söylemle, eşbütünleşme ilişkisinin varlığı durağan dışı olan seriler arasında uzun dönemde birlikte hareket bir denge ilişkisinin varlığına tekabül etmektedir. Panel eşbütünleşme analizleri de panel birim kök analizlerine paralel bir şekilde serilere ayrı ayrı uygulanacak eşbütünleşme analizlerinden daha güçlü bir yapıdadır.

Literatürde farklı farklı panel eşbütünleşme testleri bulunmaktadır. Kao (1999) çalışmasında modeldeki artık terimleri baz alan bir test önermiştir. Bu testin genel yaklaşımı Engle Granger (1987) yaklaşımına paraleldir. Zaman serisi analizinde kullanılabilen Johansen (1995) yaklaşımı ise Larsson vd. (2001) tarafından panel veri

yapılarına uygulanmıştır. Bu yaklaşımda önerilen test istatistiği Im vd. (2003) tarafından önerilen test istatistiğine benzemektedir. Maddala ve Wu (1999) tarafından önerilen panel birim kök testi eşbütünleşme analizleri içinde geçerli olabilmektedir. Bu testte N 'nin küçük olduğu durumlarda anlamlılık düzeylerinin bileşimine göre eşbütünleşme testi gerçekleştirilebilir. Pedroni (2004) ise panel veri yapılarında homojen veya heterojenliğin varlığı altında eşbütünleşmenin olmadığını belirtilen boş hipotez için bir test önermiştir. Westerlund (2007) de boş hipotezde eşbütünleşmenin olmadığı panel eşbütünleşme testleri önermiştir.

Bu test boş hipotezde hata düzeltme teriminin sıfır olup olmadığını test etmektedir. Hata düzeltme teriminin olmadığı reddedilirse, eşbütünleşme olmadığı boş hipotez de reddedilmiş olacaktır.

Test yapılırken öncelikle kısa dönem dinamikleri hesaplanır, bu hesaplamada hata terimlerindeki ilişki yapısı dikkate alınır. Westerlund (2007) tarafından geliştirilen dört panel eşbütünleşme testinden ikisinde alternatif hipotez panelin bütünsel olarak eşbütünleşik olduğu şeklinde oluşturulurken, diğer iki testte alternatif hipotez en az bir birimin eşbütünleşik olduğu şeklinde yapılandırılmıştır. Bunun yanında testin gücünün artık terimleri baz alan testlere göre daha yüksek olduğu simülasyonlar ile gösterilmiştir.

Test aşağıdaki veri üretim sürecini varsaymaktadır:

$$\Delta y_{it} = \delta'_i d_t + \alpha_i (y_{i,t-1} - \beta'_i x_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{p_i} \alpha_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=-q_i}^{p_i} \gamma_{ij} \Delta x_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \quad (3.92)$$

Burada t zaman boyutunu, N ise yatay kesit birim boyutunu gösterirken d_t deterministik bileşenleri belirtmektedir. Deterministik bileşenlere ilişkin üç olası durum ortaya çıkabilir:

- $d_t = 0$ (deterministik bileşen yok)
- $d_t = 1$ (Δy_{it} bir sabit terimle yaratılmaktadır)
- $d_t = (1, t)'$ (Δy_{it} bir sabit terim ve trendle yaratılmaktadır)

Basitlik için Δx_{it} , ε_{it} 'den bağımsız olan K boyutlu rassal yürüyüş vektörü olsun ve hata terimleri i ve t boyunca birbirinden bağımsız olsun. Bu durumda Eşitlik (3.92) şu şekilde yazılabilir:

$$\Delta y_{it} = \delta'_i d_t + \alpha_i y_{i,t-1} + \lambda'_i x_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \alpha_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=-q_i}^{p_i} \gamma_{ij} \Delta x_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \quad (3.93)$$

Burada $\lambda'_i = -\alpha_i \beta'_i$ olarak belirtilirken α_i sistemin bir şoktan denge durumu olan $y_{i,t-1} - \beta'_i x_{i,t-1}$ durumuna geri getirecek düzeltme hızını göstermektedir.

- $\alpha_i < 0$ ise bir hata düzeltmenin olduğu yani, y_{it} ve x_{it} 'nin eşbütünleşik olduğu
- $\alpha_i = 0$ ise bir hata düzeltmenin olmadığı yani y_{it} ve x_{it} arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı

sonucuna varılabilir. Dolayısıyla her i için boş hipotez $\alpha_i = 0$ şeklinde oluşturulabilir. Westerlund (2007) tarafından geliştirilen iki test (grup ortalama testleri) α_i 'lerin eşit olmasını gerekli kılmamaktadır, yani boş hipotez $H_1^g: \alpha_i < 0$ için en az bir i için test edilmektedir. İkinci grup testler ise panel testler olarak adlandırılır ve α_i 'lerin her i için eşit olduğunu varsayarak boş hipoteze karşılık her i için $H_1^p: \alpha_i = \alpha < 0$ olmasını test etmektedir.

Grup ortalama testleri üç adımda oluşturulabilir. İlk olarak Eşitlik (3.93) EKK yöntemi ile her i için tahmin edilerek

$$\Delta y_{it} = \hat{\delta}'_i d_t + \hat{\alpha}_i y_{i,t-1} + \hat{\lambda}'_i x_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \hat{\alpha}_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=-q_i}^{p_i} \hat{\gamma}_{ij} \Delta x_{i,t-j} + \hat{\varepsilon}_{it} \quad (3.94)$$

elde edilir. Burada gecikme sayıları veri bağımlılık kurallarına göre belirlenebilir. $\hat{\varepsilon}_{it}$ ve $\hat{\gamma}_{ij}$ 'nin elde edilmesiyle ikinci adıma geçilir. İkinci adımda;

$$\hat{u}_{it} = \sum_{j=-q_i}^{p_i} \hat{\gamma}_{ij} \Delta x_{i,t-j} + \hat{\varepsilon}_{it} \quad (3.95)$$

tahmin edilerek $\hat{\alpha}_i(1) = \hat{\omega}_{ui} / \hat{\omega}_{yi}$ elde edilebilir. $\hat{\omega}_{ui}$ ve $\hat{\omega}_{yi}$ ise Newey ve West (1994) tarafından geliştirilen uzun dönem varyans tahmin edicileridir.

Üçüncü adımda ise grup ortalama test istatistikleri hesaplanabilir:

$$G_{\tau} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\hat{\alpha}_i}{SE(\hat{\alpha}_i)} \quad (3.96)$$

ve

$$G_{\alpha} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{T \hat{\alpha}_i}{\hat{\alpha}_i(1)} \quad (3.97)$$

Bunlara ek olarak panel testler de üç adımda hesaplanabilir. Birinci adım grup ortalama testleri ile aynı şekildedir ve Δy_{it} ve $y_{i,t-1}$ 'in d_t , Δy_{it} 'nin gecikmeli değeri ve Δx_{it} ile gecikmeli değerleri üzerine regres edilmesini içermektedir.

$$\Delta \tilde{y}_{it} = \Delta y_{it} - \delta'_i d_t - \tilde{\lambda}'_i x_{i,t-1} - \sum_{j=1}^{p_i} \hat{\alpha}_{ij} \Delta y_{i,t-j} - \sum_{j=-q_i}^{p_i} \hat{\gamma}_{ij} \Delta x_{i,t-j} \quad (3.98)$$

ve

$$\tilde{y}_{i,t-1} = y_{i,t-1} - \delta'_i d_t - \tilde{\lambda}'_i x_{i,t-1} - \sum_{j=1}^{p_i} \tilde{\alpha}_{ij} \Delta y_{i,t-j} - \sum_{j=-q_i}^{p_i} \tilde{\gamma}_{ij} \Delta x_{i,t-j} \quad (3.99)$$

ile projeksiyon hataları elde edilebilir. İkinci adımda ise $\Delta \tilde{y}_{it}$ ve $\tilde{y}_{i,t-1}$ kullanılarak ortak hata düzeltme parametresi, α , ve standart hatası tahmin edilir:

$$\hat{\alpha} = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \tilde{y}_{i,t-1}^2 \right)^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \frac{1}{\hat{\alpha}_i(1)} \tilde{y}_{i,t-1} \Delta \tilde{y}_{it} \quad (3.100)$$

ve

$$SE(\hat{\alpha}) = \left((\hat{S}_N^2)^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \tilde{y}_{i,t-1}^2 \right)^{-1/2} \quad (3.101)$$

Burada $\hat{S}_N^2 = 1/N \sum_{i=1}^N \frac{\hat{\alpha}_i}{\hat{\alpha}_i(1)} (1)$ olarak hesaplanmaktadır ve $\hat{\alpha}_i$ Eşitlik (3.94)'den elde edilen standart hatalardır. Son adımda ise panel istatistikler şu şekilde hesaplanabilir:

$$P_{\tau} = \frac{\hat{\alpha}}{SE(\hat{\alpha})}$$

$$P_\alpha = T\hat{\alpha}.$$

Bu sonuçlar yatay kesit bağımlılığın da hesaba katıldığı durum için genelleştirilebilir. Burada Westerlund (2007)'nin bootstrap yaklaşımı kullanılabilir. İlk aşamada EKK yöntemi kullanılarak model tahmin edilir:

$$\Delta y_{it} = \sum_{j=1}^{p_i} \hat{\alpha}_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=-q_i}^{p_i} \hat{\gamma}_{ij} \Delta x_{i,t-j} + \hat{\varepsilon}_{it} \quad (3.102)$$

Daha sonra $\hat{\omega}_t = (\hat{\varepsilon}_t', \Delta \hat{x}_t')'$ vektörü ile bootstrap örneklemeleri $\omega_t^* = (\varepsilon_t^{*'}, \Delta \hat{x}_t^{*'})'$ yaratılabilir.

İkinci aşamada Δy_{it}^* bootstrap örneklemeleri yaratılır. Bu amaçla öncelikle bileşik hataların, u_{it} bootstrap versiyonu oluşturulur:

$$u_{it}^* = \sum_{j=-q_i}^{p_i} \hat{\gamma}_{ij} \Delta x_{i,t-j}^* + \varepsilon_{it}^* \quad (3.103)$$

Burada $\hat{\gamma}_{ij}$ 'ler Eşitlik (3.102)'den elde edilen tahminlerdir. Sonrasında p_i başlangıç değerlerine göre tekrarlı olarak Δy_{it}^* 'ler yaratılabilir.

$$\Delta y_{it}^* = \sum_{j=1}^{p_i} \hat{\alpha}_{ij} \Delta y_{i,t-j}^* + u_{it}^* \quad (3.104)$$

Burada da $\hat{\alpha}_{ij}$ 'ler Eşitlik(3.102)'den elde edilmiştir.

Sonuç olarak y_{it}^* ve x_{it}^* , $y_{it}^* = y_{i0}^* + \sum_{j=1}^t \Delta y_{ij}^*$ ve $x_{it}^* = x_{i0}^* + \sum_{j=1}^t \Delta x_{ij}^*$ ile yaratılarak bootstrap örnekleri elde edilir ve hata düzeltme testi gerçekleştirilir. İlk bootstrap testi t_1^* ile belirtildiğinde, test S defa gerçekleştirilsin. Bu durumda $t_1^* \dots t_S^*$ elde edilerek bootstrap dağılımı bulunur ve bu dağılım kullanılarak test gerçekleştirilir. Örnek olarak, hesaplanan örnek değeri %5'lik alt kritik seviye, t_c^* 'den küçük olduğunda boş hipotez reddedilir.

4. BÖLÜM

DOĞRUSAL MODELLER UYGULAMA

Çevresel Kuznet Eğrisinin geçerliliğinin sınanmasına ilişkin üçüncü bölümde avantajları belirtildiği üzere panel veri yaklaşımı kullanılmıştır. Bu çerçevede öncelikle doğrusal modeller kullanılarak hipotez test edilmiştir.

Çalışmada bağımlı değişken olan çevresel bozulma göstergesi olarak kişi başı CO₂ emisyon miktarları alınmıştır. Literatürde bağımlı değişkenlerin kullanımı Friedl ve Getzer (2003) çalışmasında özetlenmiştir:

- Kişi başı emisyon miktarı
- GSYH başına emisyon miktarı (emisyon yoğunluğu)
- Belirli bölgelerdeki kirlilik düzeyleri (konstrasyonları)
- Toplam emisyon

Bu göstergeler arasında ülkeler arası karşılaştırmalı yapılan analizlerde genellikle kişi başı emisyon miktarı kullanılmaktadır (Mota ve Dias, 2006). Kirleticilerin konsantrasyon verileri ise genellikle CO₂ emisyonlarının dinamiklerini yeterince belirtememektedir (Friedl ve Getzner, 2003). Kişi başı emisyon miktarının kullanımı aynı zamanda açıklayıcı değişkende yer alacak olan kişi başı GSYH değişkeni ile de tutarlılık sergilemektedir.

Çevresel Kuznet Eğrisi üzerine yapılan uygulamalı araştırmalarda hipotez sıklıkla polinomsal regresyon ile tahmin edilmektedir (Grossman ve Krueger, 1991; Shafik ve Bandopadhyay, 1992; Selden ve Song, 1994; Shafik, 1994; Grossman ve Krueger, 1995; Cole vd., 1997; Panayotou, 1997). Polinomsal regresyon genel doğrusal regresyon modelinin özel bir halidir ve regresyon fonksiyonunu eğrisel bir hale getirmek için bağımsız değişkenlerin karesi ve yüksek dereceden değerleri alınır. Dolayısıyla ÇKE hipotezinin test edilmesinde değişkenler arasında eğrisel bir ilişkisinin geçerliliği polinomsal regresyon modeli kullanılmaktadır. Bu çerçevede oluşturulan model en genel ifade ile şu şekilde gösterilebilir:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{it} + \beta_2 x_{it}^2 + \beta_3 z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.1)$$

Burada; i ele alınan ülkeleri, t zamanı, y kişi başı CO₂ emisyon miktarını, x kişi başı GSYH değerini, z ise çevresel bozulmayı etkilediği düşünülen diğer değişken(ler)i göstermektedir. Modelde

- $\beta_1 > 0$ ve $\beta_2 < 0$ ise x ile y arasında ters U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. Diğer bir söylemle ÇKE hipotezi geçerlidir ve eğrinin dönüm noktası $-(\beta_1/2\beta_2)$ ile hesaplanabilir.
- $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ ise x ile y arasında U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır.

Çalışmada ton/kişi birimi ile kişi başı CO₂ emisyon miktarı (CO₂_PC), 2005 sabit fiyatlarla bin USD /kişi birimi, kişi başı GSYH değeri (GDP_PC) değişkenleri ile bağımlı değişkeni etkilediği düşünülen yüzde nüfus artış hızı (POP) verileri 1960-2012 dönemi için kullanılmıştır. Veri setleri DB veri tabanından ve Avrupa Birliği Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi Küresel Atmosferik Araştırma için Emisyon Veri Tabanından elde edilmiş ve oluşturulan veri setleri Çizelge 4.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.1 Çalışmada kullanılan veri setleri

Veri seti	Ülke
Set 1	Tüm ülkeler - 47 Ülke
Set 2	Ek-1 ülkeleri - 19 Ülke
Set 3	Ek-1 dışı ülkeler - 28 Ülke

4.1. Veri Setleri

Çalışmada kullanılan veri setlerine ilişkin önsel bilgi edinmek amacıyla oluşturulan özet istatistikler Çizelge 4.2’de belirtilmiştir. Buna göre kişi başı CO₂ miktarı ile kişi başı GSYH değerlerine ilişkin özet istatistikler 1960-2012 dönemi için seçilmiş 47 ülke, bunlar arasında verisi mevcut olan ek-1 ülkeleri ve ek-1 dışı ülkeler için belirtilmiştir. Buna göre birinci veri setinde toplam 2491 veri mevcutken ikinci veri setinde 1007 veri ve üçüncü

veri setinde 1484 veri mevcuttur. Bunun yanında ek-1 ülkelerinin ortalama kişi başı CO₂ emisyon miktarları ve kişi başı ortalama GSYH değerleri tüm ülkelerle karşılaştırıldığında yüksektir. Diğer taraftan ek-1 dışı ülkeler için bu değerler genel ortalamanın altındadır. Bu durumun nedeni şüphesiz ek-1 ülkelerinin daha gelişmiş ülke olmasından kaynaklanmaktadır.

Aynı zaman dilimi içinde 1960-2012 dönemi için set 1’de yer alan tüm ülkelerin ortalama kişi başı CO₂ miktarı 5.4 iken ek-1 ülkeleri için bu değer 8.9 ve ek-1 dışı ülkeler için 3’dür. Benzer şekilde kişi başı GSYH tüm ülkeler için ortalama 11780 USD iken ek-1 ülkelerinde 22883 USD ve ek-1 dışı ülkeler için 4246 USD olarak gerçekleşmiştir. Nüfus artış hızlarına bakıldığında ek-1 ülkelerindeki nüfus artış hızının çalışmada kullanılan tüm ülkelerin nüfus artış hızı değerlerinden daha küçük olduğu görülmektedir. Diğer taraftan ek-1 dışı ülkeler için bu değer genel ortalamanın üstündedir.

Kişi başı CO₂ emisyon verilerine bakıldığında emisyon değerleri birinci ve üçüncü veri setinde 0.14 ile 38.16 ton arasında değişirken ikinci veri setinde 0.61 ile 22.51 ton arasında değişmektedir. Birinci ve üçüncü veri setinde CO₂ emisyonları için en düşük değer 2009 yılında Liberya’ya aittir en yüksek değer 2010 yılında Trinidad Tobago’ya aittir. İkinci veri setinde ise CO₂ emisyonlarının en düşük ve en yüksek değeri sırasıyla 1960 yılında ülkemize 1973 yılında ABD’ye aittir.

Kişi başı GSYH’ye bakıldığında en düşük ve en yüksek değerler birinci veri setinde 1995 yılında 0.05 bin USD ile Liberya’ya 2007 yılında 58.01 bin USD ile İzlanda gözlemlenmiştir. İkinci veri setinde ise bu değerler 1960 yılında 2.04 bin USD ile Macaristan ve tekrar 2007 yılında 58.01 bin USD ile İzlanda gözlemlenmiştir. Bunun yanında üçüncü veri setinde kişi başı GSYH değeri en küçük 1995 yılında 0.05 bin USD ile Liberya’da, en yüksek 2011 yılında 34.38 bin USD ile Singapur’da gözlemlenmiştir.

Nüfus artış hızlarında ise verilerin dağılımı diğer değişkenlere göre daha düşüktür. CO₂_PC ve GDP_PC değişkenlerinde standart hata birinci, ikinci ve üçüncü veri setlerinde CO₂_PC için sırasıyla 0.1, 0.14 ve 0.1 iken GDP_PC için 0.24, 0.35 ve 0.12’dir. Diğer taraftan nüfus artış hızı değişkeni için standart hata üç veri setinde de 0.02 olarak hesaplanmıştır. Nüfus artış hızı değerleri birinci veri setinde -1.83 ile 7.84 arasında

değişirken ikinci veri setinde -1.09 ile 3.8 arasında değişmektedir. Bunun yanında üçüncü veri setinde nüfus artış hızı değerleri -1.83 ile 7.84 arasında değişmektedir. Birinci ve üçüncü veri setinde en düşük ve yüksek değerler sırasıyla 1992 ve 1998 yılında Liberya’da gözlemlenmişken, ikinci veri setinde en düşük değer %1.09 azalma ile Macaristan’da %3.8 artışla Portekiz’de görülmüştür.

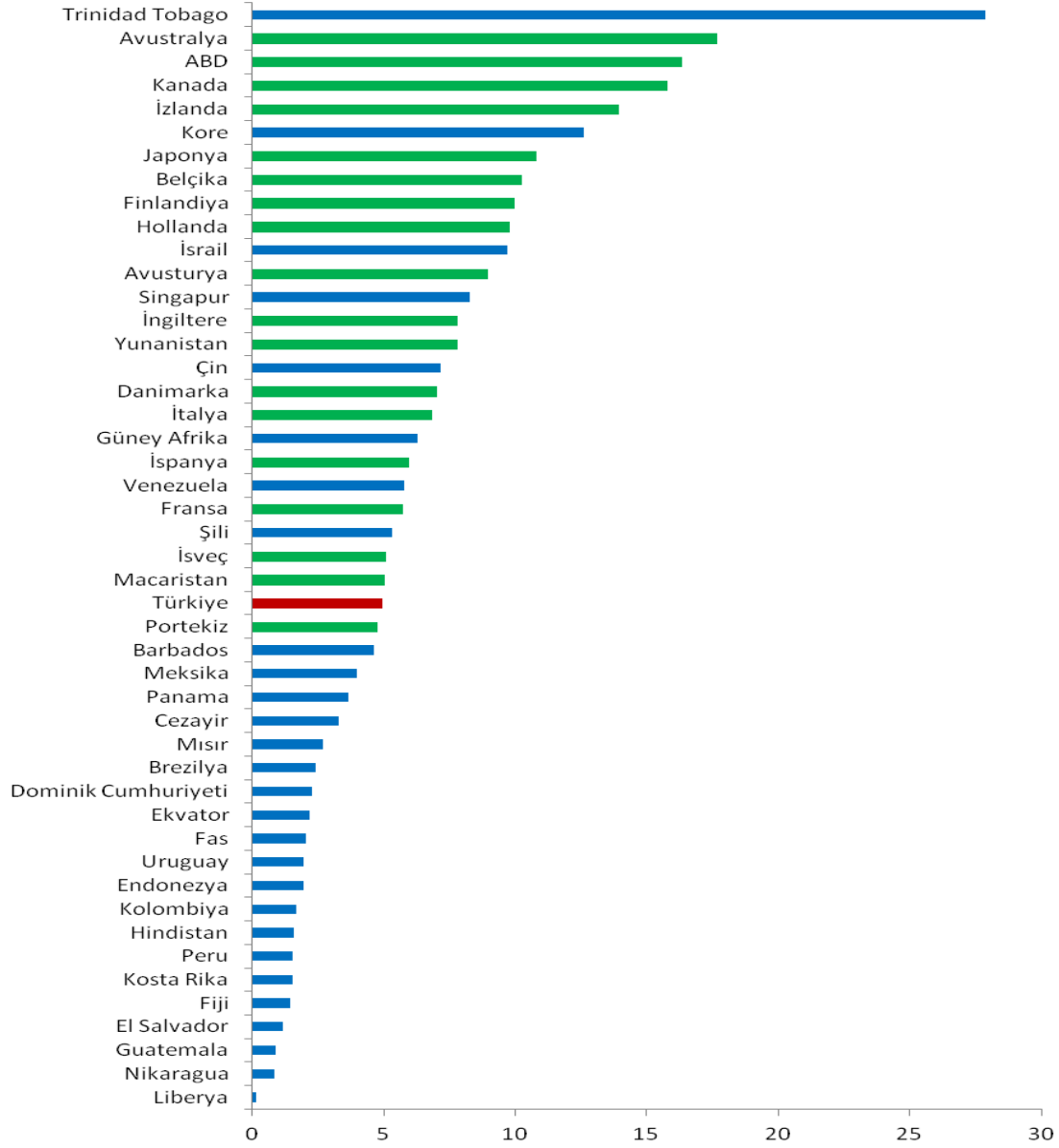
Çalışmada kullanılan serilerin dağılımına bakıldığında tüm serilerin sağa çarpık bir yapıya sahip olduğu ve ikinci veri setindeki GDP_PC değişkeni dışındaki serilerin normal dağılıma göre daha sivri yapıda olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.2 Özet istatistikler

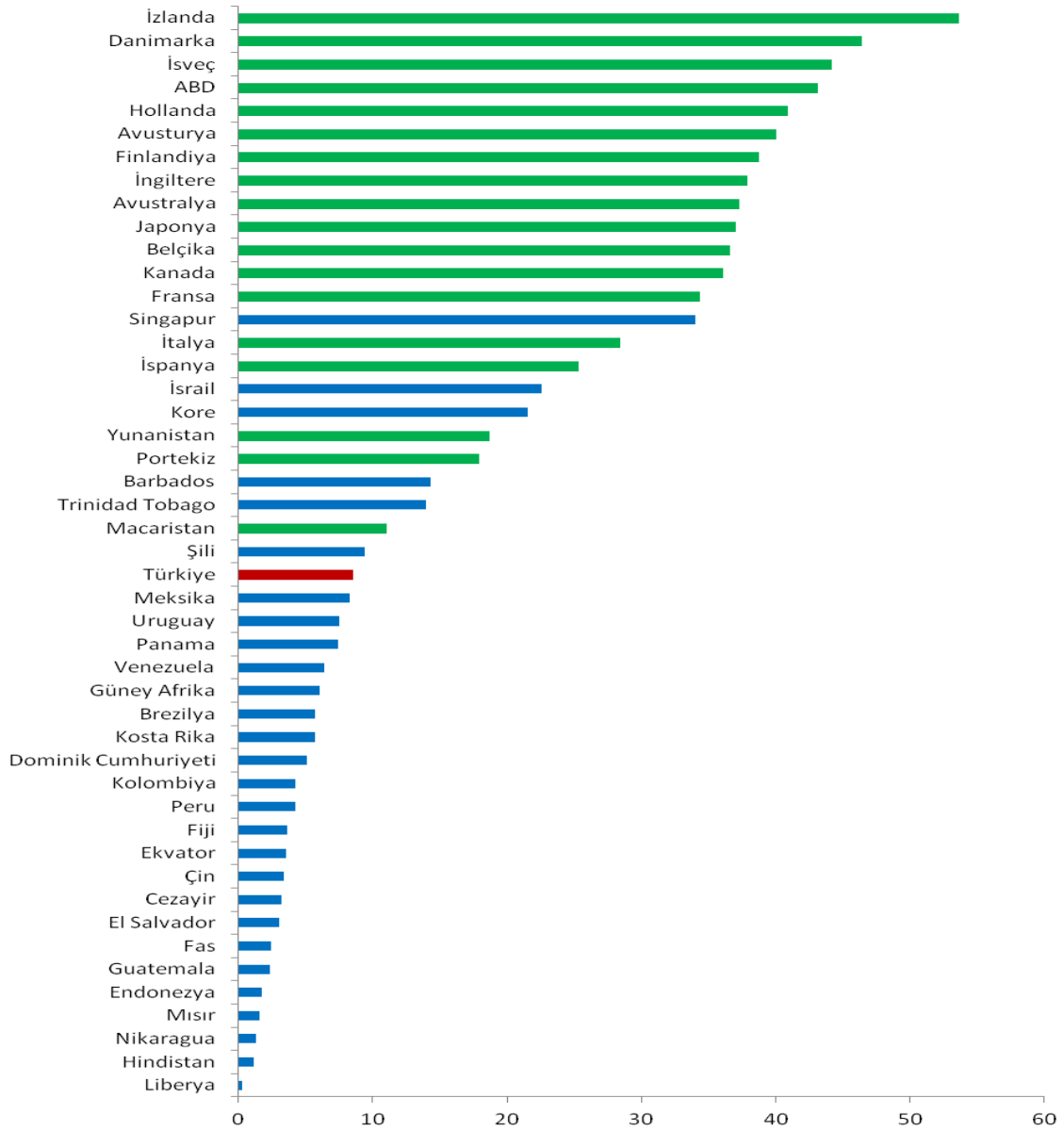
	Set 1			Set 2			Set 3		
	CO2_ PC	GDP_ PC	POP	CO2_ PC	GDP_ PC	POP	CO2_ PC	GDP_ PC	POP
Ortalama	5.39	11.78	1.45	8.87	22.88	0.71	3.02	4.25	1.94
Std. Hata	0.10	0.24	0.02	0.14	0.35	0.02	0.10	0.12	0.02
Ortanca	3.67	5.90	1.37	8.07	22.32	0.59	1.55	2.78	2.06
Std. Sapma	5.08	12.14	1.02	4.43	11.22	0.62	4.03	4.65	0.94
Basıklık	2.58	0.29	1.03	0.32	-0.47	1.30	16.94	9.36	2.95
Çarpıklık	1.38	1.13	0.51	0.72	0.26	0.88	3.40	2.70	0.21
En Küçük	0.14	0.05	-1.83	0.61	2.04	-1.09	0.14	0.05	-1.83
En Büyük	38.16	58.01	7.84	22.51	58.01	3.80	38.16	34.38	7.84
Gözlem sayısı	2491	2491	2491	1007	1007	1007	1484	1484	1484

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de sırasıyla çalışmada ele alınan ülkeler için 2012 yılı kişi başı CO₂ emisyonları ve kişi başı GSYH değerleri belirtilmektedir. Çalışmada ele alınan ülkeler arasında 2012 yılında Trinidad Tobago kişi başına 27.86 ton CO₂ ile birinci sırada iken Türkiye 4.9 ton CO₂ ile ek-1 ülkeleri arasında kişi başına en az seragazı salımı yapan ülkeler arasındadır. Buna ek olarak bütünsel olarak bakıldığında çalışmada ele alınan ülkeler arasında kişi başı CO₂ emisyonlarının en düşük 20 ülkesinin ek-1 dışı ülkeleri olduğu görülebilir. Benzer durum kişi başı GSYH değerleri için de geçerlidir. Ek-1

ülkelerinin sıralamada üst sıralarda kümелendiğı görölrken, ek-1 dışı ölkelerin alt sıralarda yer aldığı görölmektedir. Ölkemiz ise ek-1 ölkeleri arasında en düşük seviyededir.



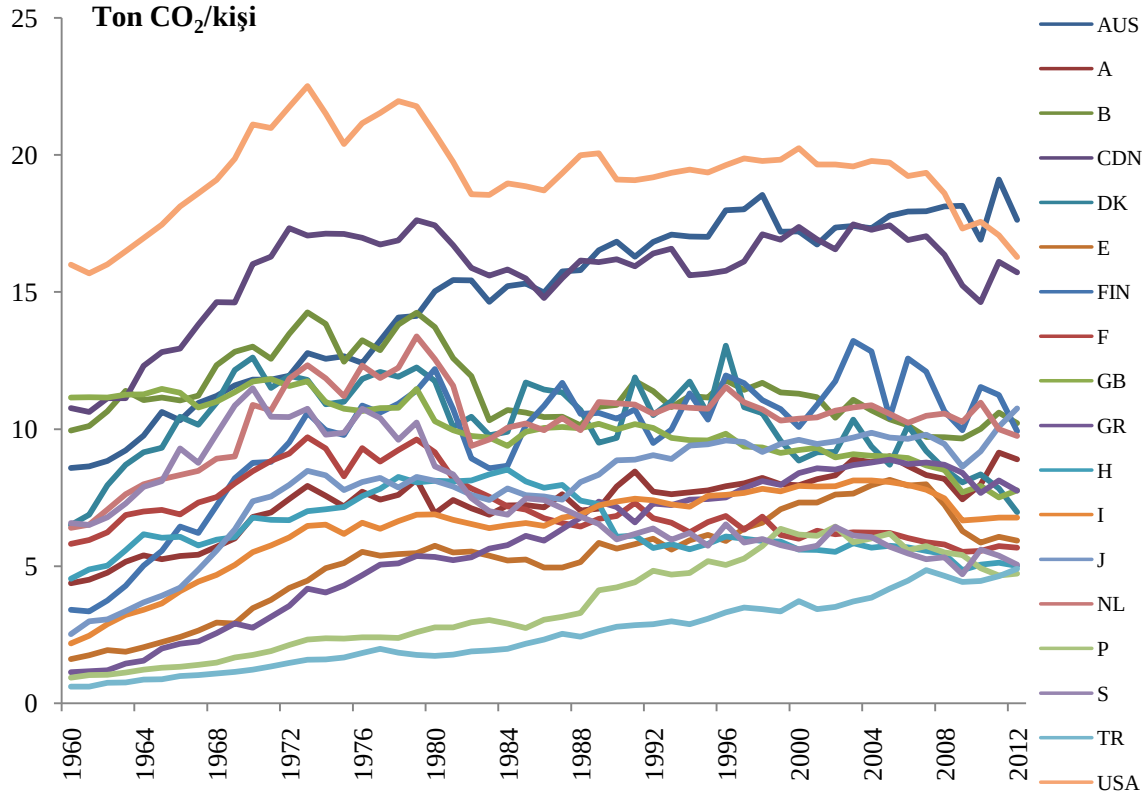
Şekil 4.1 Kişi başı CO₂ emisyonu, 2012 (ton CO₂/kişi)



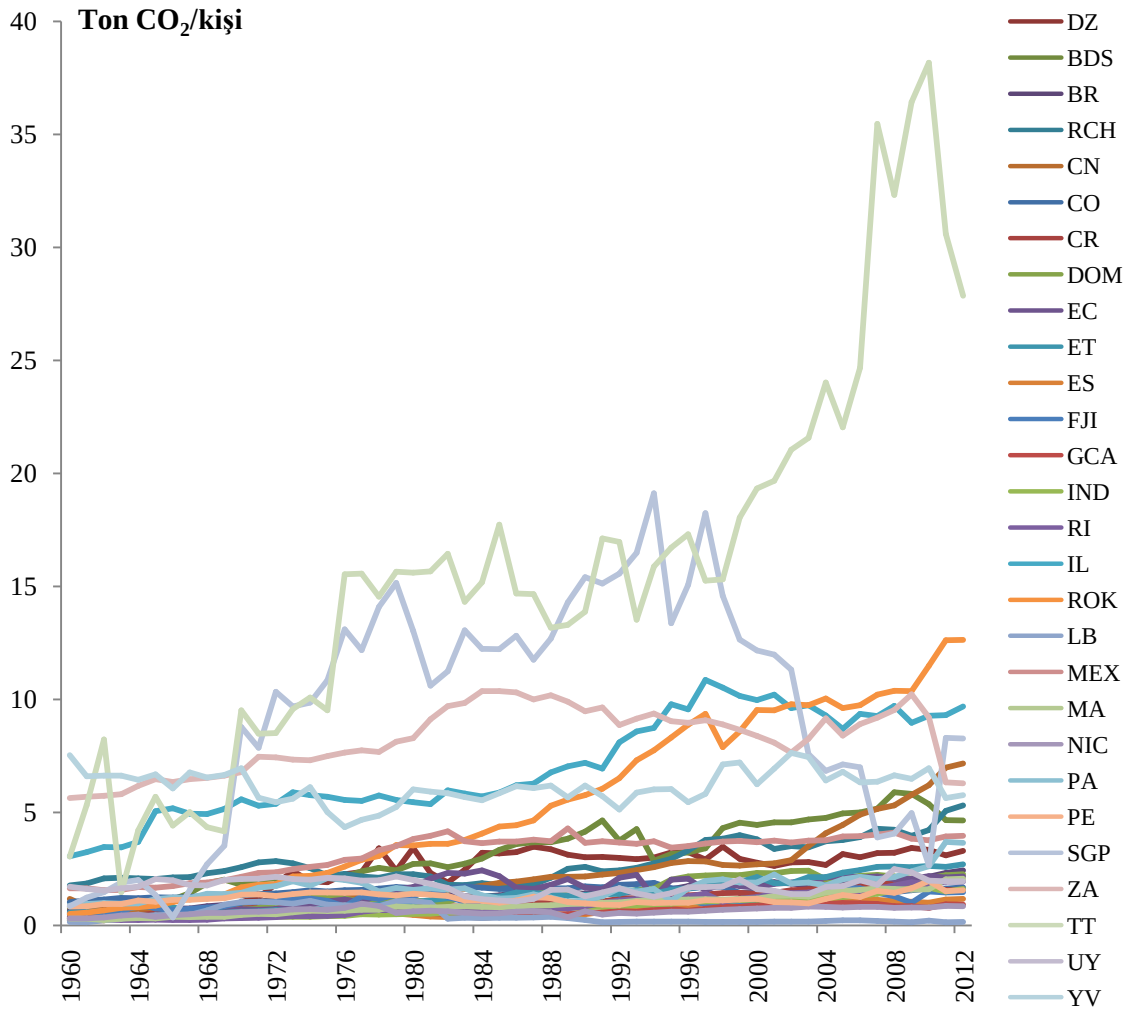
Şekil 4.2 Kışı başı GSYH, 2012 (bin USD/kışı)

Şekil 4.3’de çalışmada ele alınan ek-1 ülkeleri için 1960-2012 dönemi kışı başı CO₂ emisyon miktarları gösterilmiştir. Buna göre kışı başı CO₂ emisyon miktarı 2012 yılı için en yüksek Avustralya’da görölmektedir. Avustralya’yı ABD ve Kanada takip etmektedir. Diğer taraftan ülkemiz için bu gösterge değeri diğer ek-1 ülkelere göre en düşük seviyelerde olduğu görölmektedir. Fakat ülkemiz verileri incelendiğinde ilgili değerde düzenli monoton bir artışın olduğu gözlemlenmektedir. Genel olarak ülke verileri

incelendiğinde özellikle 1980'li yıllara kadar bir artış sonrasında ise düşüşler görülmektedir.



Şekil 4.3 Ek-1 ülkeleri için kişi başı CO₂ emisyon miktarı, 1960-2012



Şekil 4.4 Ek-1 dışı ülkeler için kışı başı CO₂ emisyon miktarı, 1960-2012

Şekil 4.4’de çalışmada ele alınan ek-1 dışı ülkeler için 1960-2012 dönemi kışı başı CO₂ emisyon miktarları gösterilmiştir. Buna göre kışı başı CO₂ emisyon miktarı 2012 yılı için en yüksek 27.86 ton CO₂/kışı ile Trinidad Tobago’da g r lmektedir. Trinidad Tobago’yu Kore ve İsrail takip etmektedir. Genel olarak ülke verileri incelendiğinde özellikle yatay bir gelişim gözlense de Trinidad Tobago, Kore, İsrail ve Barbados’da yıllara göre artışlar g r lmektedir.

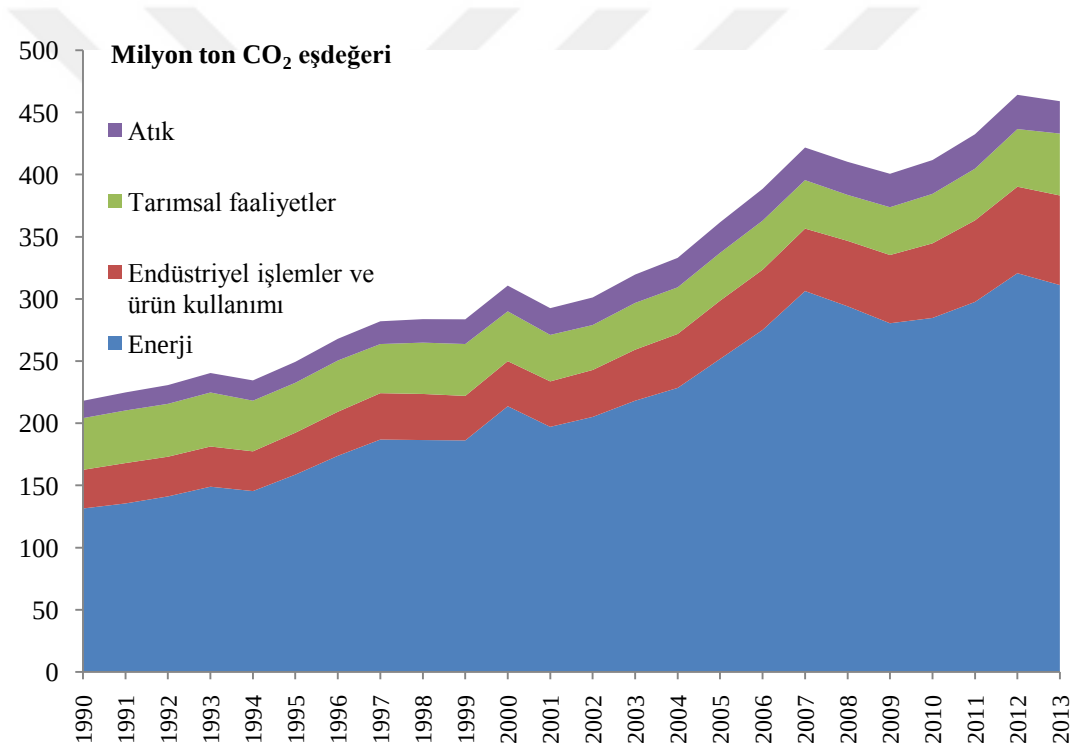


Şekil 4.5 Bazı ülkelerde kişi başı CO₂ emisyonu ve GSYH karşılaştırması, 1960-2012

Şekil 4.5’de Türkiye, Avustralya, Kanada, ABD, Danimarka ve Çin için kişi başı GSYH ve kişi başı CO₂ emisyon miktarları 1960-2012 dönemi için birlikte sunulmuştur. Buna göre ülkemizde kişi başı CO₂ emisyon miktarı kişi başı GSHY ile paralel bir şekilde monoton olarak artmaktadır. benzer durum (yaklaşık 1000 1500 USD kişi başı GSYH seviyelerinde kişi başı CO₂ emisyon miktarı nispi olarak azalsa da) genel olarak Çin için de geçerlidir.

Avustralya’da tarihsel olarak kişi başı emisyon ve gelir arasında pozitif bir ilişki görülmektedir. Fakat yaklaşık kişi başı GSYH’nin 30000 USD seviyelerinde emisyonlar kişi başı GSYH’deki artışa rağmen durağan bir hale gelmiştir. Kanada, ABD ve özellikle Danimarka için emisyonların belirli bir gelir seviyesinde zirve noktasına ulaştığı sonrasında gelirdeki artışa rağmen emisyonların azaldığı görülmektedir. ABD ve Danimarka için yaklaşık 25000 USD seviyelerinde emisyonlar zirve noktasına ulaşırken Kanada’da yaklaşık 20000 USD seviyelerinde emisyonlar en yüksek değere ulaşmıştır.

Ülkemiz için seragazı emisyonlarının sektörlere göre seragazı emisyon miktarının milyon ton CO₂ eşdeğeri olarak gelişimi Şekil 4.6’da görülmektedir.

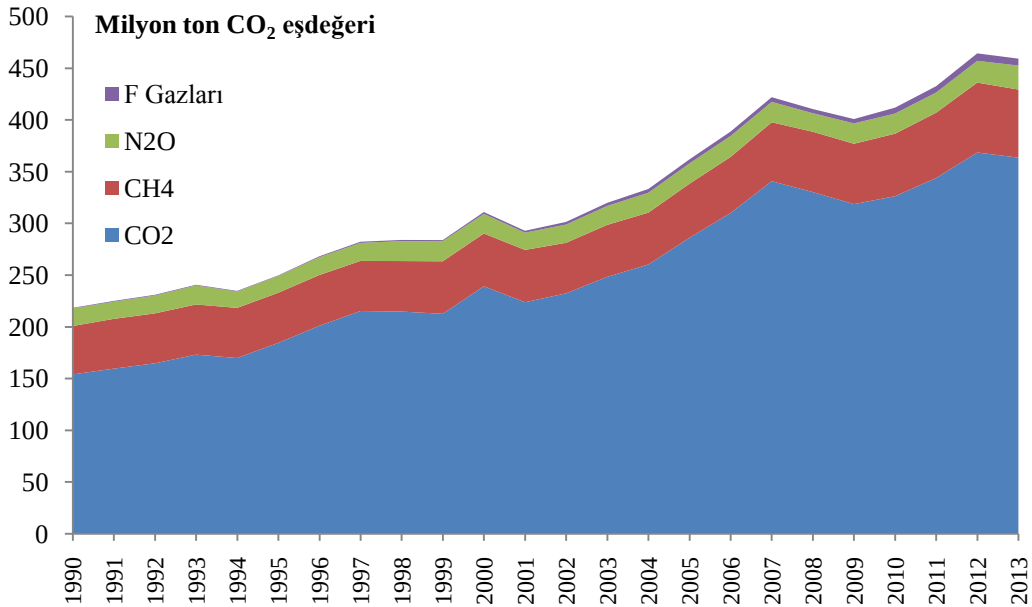


Şekil 4.6 Sektörlere göre Türkiye’de seragazı emisyon miktarları, 1990-2013

Şekil 4.6’dan da görüldüğü üzere ülkemizde seragazı emisyon miktarı toplamında hızlı bir artış bulunmaktadır. 1990 yılında toplam 218.2 milyon ton CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanan emisyon miktarı 2013 yılına gelindiğinde %110.4 artarak 459.1 milyon ton CO₂ eşdeğerine ulaşmıştır.

Bunun yanında 2013 enerji üretiminden kaynaklanan emisyon miktarı toplam emisyon miktarının yaklaşık %67.8'ini oluşturmaktadır. Toplam emisyon miktarı içinde endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı %15.7, tarımsal faaliyetler %10.8 ve atık %5.7 paya sahiptir (TÜİK, 2015).

Şekil 4.7'den görüldüğü üzere toplam emisyon miktarının yaklaşık %75-80'ini CO₂ oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla CH₄ ve N₂O takip etmektedir. CO₂ emisyonları 1990 yılında 153.8 milyon ton iken 2013 yılına gelindiğinde 363.4 milyon tona ulaşmıştır (TÜİK, 2015). 2013 yılında bu değer yaklaşık 299 milyon tonu enerji kaynaklı emisyonlardır, kalan miktar ise endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, tarımsal faaliyetler ve atıktan meydana gelmiştir.



Şekil 4.7 Doğrudan seragazlarına göre emisyon miktarları, 1990-2013

Çalışmada yukarıda belirtilen veri setleri kullanılarak öncelikle doğrusal modellerle Çevresel Kuznet Eğrisinin geçerliliği test edilecektir. Bu amaçla Eşitlik (4.1)'de karesel biçimde oluşturulan modeller kurulmuş ve test sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

Çalışmada kullanılan değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak için kurulan modellerde, incelenen değişkenlerin durağan olması gerekmektedir. Bu noktada denge kavramı önem kazanmaktadır. Kısa vadede zaman serilerinin dengeden uzaklaşmalarına sebep olan olaylar, genellikle dışsaldır ve dışsal şoklar olarak adlandırılırlar. Geçici olduğu kabul edilen bu şoklara rağmen zaman serisinin uzun vadede dengesi korunacaktır. Denge korunduğu için de durağanlık sağlanacağından önemli ilişkilerin belirlenmesi için oluşturulan modeller geçerli olacaktır. Ancak, meydana gelen şoklar, her zaman geçici olmayabilir. Şokların kalıcı olması durumunda zaman serileri dengeye dönme eğilimini izlemeyecek ve zaman içinde dengeden uzaklaşacaktır. Dengeden uzaklaşma, durağanlığın bozulması anlamına geleceği için bu durumda kurulan modeller, modeli varsayımları sağlanmadığından geçerliliğini yitirecektir. Bu çerçevede öncelikle serilerin panel veri yapısı dikkate alınarak panel birim kök testleri ile serilerin durağanlık durumu araştırılmıştır. Bölüm 3’de belirtildiği üzere panel birim kök testleri serilerde yatay kesit bağımlılığının varlığına göre farklılaşmaktadır. Bu noktada öncelikle serilere yatay kesit bağımsızlık testleri uygulanmış ve çıkan sonuçlara göre uygun panel birim kök testleri uygulanarak serilerin durağanlığı belirlenmeye çalışılmıştır.

4.2. Doğrusal Model Sonuçları

4.2.1. Yatay kesit bağımlılık testi

Çalışmada yukarıda belirtildiği üzere 3 veri seti farklı değişkenler ve dönemler için oluşturulmuş ve ÇKE hipotezi bu değişkenler kullanılarak karesel modeller kullanılarak test edilmiştir. Bölüm 3’de belirtildiği üzere yatay kesit bağımlılığının gözlemlenmeyen fakat içerilen regresörlerde ilişkisiz olan ortak faktörlerden kaynaklandığı varsayıldığında, standart sabit etkiler ve rassal etkiler tahmin edicileri etkin olmasa da tutarlı olmakta ve standart hatalar yanlı olmaktadır.

Çizelge 4.3 Yatay kesit bağımlılık test sonuçları

CO2_PC	Set 1	Set 2	Set 3
GDP_PC	0.6352	0.4645	1.4442
p-değeri	0.00	0.00	0.00
GDP_PC2	-0.0103	-0.0072	-0.0381
p-değeri	0.00	0.00	0.00
POP	-0.2872	-0.4456	0.0856
p-değeri	0.00	0.00	0.15
sabit	1.2591	3.2612	-1.7665
p-değeri	0.00	0.00	0.00
R ²	0.58	0.30	0.49
F-Test	163.84	284.68	131.98
p-değeri	0.00	0.00	0.00
Friedman testi	95.54	206.03	100.50
p-değeri	0.00	0.00	0.00
Frees testi	9.86	3.99	7.31
p-değeri	0.00	0.00	0.00
Breush Pagan testi	5752.00	1870.00	1475.00
p-değeri	0.00	0.00	0.00
Pesaran (2004) testi	3.30	14.85	6.18
p-değeri	0.00	0.00	0.00
Pesaran (2008) testi	371.30	343.00	153.30
p-değeri	0.00	0.00	0.00
Gözlem sayısı	2491	1007	1484
N	47	19	28
T	53	53	53

Diğer taraftan çalışmada kullanılan serilerdeki birim kökün varlığının araştırılması yatay kesit bağımlılığının mevcudiyetine göre değişmektedir. Panel birim kök testleri yatay kesit bağımsızlığını baz alan birinci jenerasyon testleri ile yatay kesit bağımlılığını temel alan ikinci jenerasyon testleri olarak iki kategoride incelenmektedir.

Bu çerçevede veri setleri için yatay kesit bağımlılık testleri Çizelge 4.3’de gösterilmektedir. Bölüm 3’de belirtildiği üzere yatay kesit bağımlılığı için farklı testler geliştirilmiştir. Bu testler arasında zaman boyutunun grup sayısından ($T > N$) büyük olduğu durumlarda Breusch Pagan (1980) testi geçerli olurken tersi durumlar için Friedman (1937), Frees (1995), Pesaran (2004) testleri geçerlidir. Zaman boyutunun ve grup sayısının yeterli büyüklükte¹² olduğu durumlar için ise Pesaran (2008) testi kullanılabilir.

Çizelge 4.3’den görüldüğü üzere her üç veri seti için de oluşturulan modellerde yatay kesit bağımlılığı söz konusudur. Dolayısıyla veri setleri için ikinci jenerasyon panel birim kök testi uygulanmıştır.

4.2.2. Panel birim kök sonuçları

Çizelge 4.4’de veri setleri için Pesaran (2007) panel birim kök sonuçları yer almaktadır. Testte kullanılan gecikme sayısı için ise Levin, Li ve Chu panel birim kök testi ile IPS panel birim kök testlerinden elde edilen ortalama gecikme sayısı alınmıştır. Burada her bir değişken için 5 gecikmeye kadar ilgili değişkenler için sınamalar yapılmış ve Akaike Bilgi Kriterine (AIC) göre her bir değişken için uygun gecikme sayısına karar verilmiştir. Sonuç olarak CO2_PC değişkeni için 1. gecikme, GDP_PC ve GDP_PC2 değişkenleri için 2. gecikme ve POP değişkeni için 3. gecikme kullanılmıştır.

¹² Yeterli büyüklük için temel kriter, ilgili boyutun kendi içinde analize yeter sayıda olmasıdır.

Çizelge 4.4 Panel birim kök sonuçları

Veri seti / Değişken		Gecikme sayısı	Sabitli		Sabitli ve Trendli		Sonuç
			t istatistiği	p-değeri	t istatistiği	p-değeri	
1	CO2_PC	1	-1.602	0.907	-2.193	0.894	I(1)
1	D.CO2_PC	1	-5.045	0.000	-5.252	0.000	
1	GDP_PC	2	-1.224	1.000	-1.407	1.000	I(1)
1	D.GDP_PC	2	-2.707	0.000	-3.098	0.000	
1	GDP_PC2	2	-1.111	1.000	-1.450	1.000	I(1)
1	D.GDP_PC2	2	-2.232	0.000	-2.718	0.002	
1	POP	3	-2.362	0.000	-2.613	0.018	I(0)
1	D.POP	3	-3.159	0.000	-3.281	0.000	
2	CO2_PC	1	-1.963	0.193	-2.143	0.841	I(1)
2	D.CO2_PC	1	-6.164	0.000	-6.377	0.000	
2	GDP_PC	2	-1.510	0.899	-1.618	1.000	I(1)
2	D.GDP_PC	2	-3.997	0.000	-4.214	0.000	
2	GDP_PC2	2	-1.282	0.991	-1.668	1.000	I(1)
2	D.GDP_PC2	2	-2.840	0.000	-3.170	0.000	
2	POP	3	-2.088	0.072	-2.402	0.002	I(0)
2	D.POP	3	-3.772	0.000	-3.970	0.000	
3	CO2_PC	1	-1.651	0.772	-2.037	0.969	I(1)
3	D.CO2_PC	1	-5.039	0.000	-5.242	0.000	
3	GDP_PC	2	-1.217	0.999	-1.897	0.997	I(1)
3	D.GDP_PC	2	-2.997	0.000	-3.340	0.000	
3	GDP_PC2	2	-1.308	0.997	-1.712	1.000	I(1)
3	D.GDP_PC2	2	-2.833	0.000	-3.039	0.000	
3	POP	3	-2.252	0.003	-2.617	0.044	I(0)
3	D.POP	3	-2.785	0.000	-2.771	0.004	

Çizelge 4.4’de görüldüğü üzere her üç veri setinde CO2_PC, GDP_PC ve GDP_PC2 değişkenleri düzeyde birim köke sahiptir. İlgili değişkenlerin birinci farkları alındığında seriler durağan hale gelmektedir. Diğer taraftan POP değişkeni için birim kökün varlığı

Çizelge 4.5’de belirtilen model tahminlerine göre öncelikle her üç veri seti için de sabit etkiler modelinin F test sonuçlarına göre geçerli olduğu söylenebilir. Fakat klasik standart hataların kullanıldığı modelde değişen varyans, birinci dereceden otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılık sorunlarının mevcut olduğu görülmektedir.

Birinci veri setinde Wald test istatistiği 1900000 olarak istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuş ve değişen varyansın olmadığı boş hipotezi reddedilmiştir. Benzer durum ikinci veri setinde de geçerlidir. Bu veri setinde Wald test istatistiği 22524 olarak istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Üçüncü veri setinde ise bu test istatistiği 2100000 değeri ile anlamlı olduğundan değişen varyansın var olduğuna karar verilmiştir.

Kurulan modellerdeki otokorelasyon sorunu ile ilgili olarak Wooldridge testi uygulanmış ve her üç veri seti için kurulan modeller için test istatistikleri sırasıyla 8.748, 3.939 ve 60.146 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan test istatistikleri ise sırasıyla %99, %90 ve %99 güven düzeylerinde anlamlı bulunarak otokorelasyon sorunun olmadığı boş hipotezler reddedilmiştir.

Modellerde yatay kesit bağımlılığının var olup olmadığı ise Pesaran CD testi ile test edilmiştir. Bu test için de test istatistikleri veri setlerinde sırasıyla 5.548, 12.876 ve 2.029 olarak hesaplanarak %99 ve %95 güven düzeyinde modelde yatay kesit bağımlılık sorunun olduğu sonucuna varılmıştır.

Üç veri seti için kurulan modellerde de değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılık sorunları olduğundan kullanılan Driscoll Kraay standart hataları elde edilerek değişkenlerin anlamlı olup olmadıklarına bakılmıştır.

Standart modelde birinci ve üçüncü veri setinde de POP değişkeni dışındaki değişkenler istatistiksel olarak anlamlıdır. İkinci veri setinde ise her üç değişken de anlamlı bulunmuştur. Driscoll Kraay standart hatalı modelde tüm veri setlerinde nüfus artış hızının anlamsız olduğu, diğer değişkenlerin ise anlamlı söylenebilir. Her üç veri setinde de tüm modellerde DGDP_PC değişkeni pozitif DGDP_PC2 değişkeni negatif işaretlidir. Bu durum ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu belirtmektedir.

Çevresel Kuznet Eğrisinin dönüm noktası ise birinci veri setinde Driscoll Kraay standart hatalı model için 54182 USD olarak hesaplanmıştır. İkinci veri setinde ise Driscoll Kraay standart hatalı modeller için 61122 USD olarak hesaplanmıştır. Son olarak üçüncü veri setinde Driscoll Kraay standart hatalı model için 23650 USD olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak ÇKE gerek ek-1 ülkelerinde, ek-1 üyesi olmayan diğer ülkelerde ve bütünsel olarak tüm ülkeler için geçerli olduğu fakat eğrinin dönüm noktasının ek-1 ülkelerinde kişi başı GSYH'nin nispeten daha yüksek değerlerde oluştuğu belirtilebilir.

Çalışmada kontrol değişkeni olarak ele alınan birinci POP değişkeni için tüm modellerde pozitif yönlü tahmin edilmiş fakat değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılık sorunlarının çözümü için kullanılan Driscoll Kraay standart hatalı modelde bu değişken istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

Çevresel Kuznet Eğrisinin test edilmesi amacıyla kurulan doğrusal model sonuçları yukarıda özetlenmiştir. Birinci bölümde belirtildiği üzere ÇKE hipotezinin sınanması amacıyla literatürde doğrusal modellerin farklı veri seti ve farklı model biçimlerinin kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Grossman ve Krueger (1995) çalışmasından itibaren yapılan çalışmalar içinde seragazı emisyonlarının çevresel bozulma göstergesi olarak alındığı çalışmalar içinde sıklıkla SO₂ emisyonları üzerinde sınamalar gerçekleştirilmiştir. Hipotezin test edilmesinde ele alınan dönem ve kurulan yöntem kadar incelenilen bağımlı değişken büyük öneme sahiptir. Roca (2003) çalışmasında birinci bölümde belirtildiği üzere birçok doğrudan ve dolaylı seragazı incelenmiş fakat CO₂ için ÇKE hipotezi kabul edilmemiştir. Benzer durum Wang vd. (2011), Du vd. (2012), Chandran ve Tang (2013), Saboori ve Sulaiman (2013), Özcan (2013) ve Govindaraju ve Tang (2013) çalışmalarında da gözlemlenmiştir. Çevresel bozulma göstergesi olarak CO₂ emisyonlarının alındığı bu çalışmalarda da ÇKE hipotezi reddedilmiştir.

Diğer taraftan çevresel bozulma göstergesi olarak CO₂ emisyonlarının alındığı Yaduma vd. (2013) çalışmasında OECD üyesi ülkeler ve OECD üyesi olmayan ülkeler incelenmiş ve ÇKE hipotezi kabul edilmiştir. Eğrinin dönüm noktası ise OECD üyesi ülkeler için ortalama 24573 USD olarak tahmin edilirken OECD üyesi olmayan ülkeler için 35939 USD olarak tahmin edilmiştir. Dijkgraaf ve Volleberg (2015) çalışmasında bağımlı

değişken olarak CO₂ alınarak ülkeler için dönüm noktaları panel veri zaman serisi yaklaşımlarına göre karşılaştırılmıştır. Örnek olarak Avustralya için panel veri yaklaşımı ile dönüm noktası 84000 USD olarak tahmin edilirken zaman serisi yaklaşımında 108000 USD olarak tahmin edilmiştir. Diğer taraftan Belçika için panel veri yaklaşımında 45000 USD olarak tahmin edilirken zaman serisi yaklaşımında ÇKE hipotezi reddedilmiştir. Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkelerinin incelendiği bir diğer çalışmada Arouri vd. (2012) CO₂ için ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu belirtmiş ve eğrinin dönüm noktasını 37263 USD olarak tahmin etmiştir.

Sonuç olarak doğrusal modellerle yapılan çalışmalar mevcut literatürde farklılaşırken bu çalışmada ÇKE hipotezi reddedilmemiştir. Fakat eğrinin dönüm noktası ortalama kişi başı GSHY değeri 11780 USD olan tüm ülkeler için 54182 USD olarak tahmin edilmiştir. Bu değer literatürde yapılan diğer çalışmalara ve beklentilere göre yüksek bulunmuştur. Benzer durum gelişmiş olarak nitelendirilebilecek ek-1 ülkelerinin içerildiği ikinci veri seti için de geçerlidir¹³. Bu veri seti için ortalama kişi başı GSYH değeri 22880 USD iken eğrinin dönüm noktası 61122 USD olarak tahmin edilmiştir. Dönüm noktasının veri setindeki en büyük değerden yüksek olması dikkat edilmesi gereken bir diğer noktadır. Ek-1 dışı ülkelerinin ele alındığı üçüncü veri seti için de geçerlidir. En yüksek kişi başı GSYH'nin 34379 ve ortalama kişi başı GSYH'nin 4246 USD olduğu bu veri setinde dönüm noktası 23650 USD olarak tahmin edilmiştir.

¹³ Burada gelişmişlik kavramı yalnızca ekonomik olarak gelişmişlikten ziyade seragazi salımlarına ilişkin tarihsel sorumluluğu da içermektedir. Ülkemizin ise ek-1 ülkeleri arasında yer almasına rağmen 26/CP.7 kararı ile diğer ek-1 ülkelerinden farklı olduğu belirtilmiştir.

5. BÖLÜM

DOĞRUSAL OLMAYAN MODELLER

Doğrusal modeller Yule (1927) çalışması ile birlikte zaman serileri analizlerinde sıklıkla kullanılmaya başlanmış ve akademik ve uygulamalı çalışmalarda geniş yer almıştır. Bu modeller, yapısı gereği veri setindeki düzenli yapıyı açıklamaktadır. Bir başka söylemle, doğrusal modellerde, değişkenlerdeki küçük değişimler küçük etkilere, büyük değişimler büyük etkilere neden olacağı varsayılmaktadır. Bu varsayım, ekonomik ve finansal değişkenlerin yapısı düşünüldüğünde sağlanması güç bir varsayım olarak değerlendirilebilir. Örnek olarak finansal varlıkların fiyatlarında veya getirilerindeki asimetriyi ve sıçramaları, iktisadi dalgalanmaların asimetrik davranışını doğrusal modellerle açıklamaya çalışmak olası bir yanlış belirlenme hatasına neden olabilir.

5.1. Doğrusal Olmayan Zaman Serisi Modelleri

Ekonomik ve finansal zaman serilerindeki doğrusal olmayan davranışları modellemenin yöntemlerinden biri ele alınan değişkenin (ya da ilişkili olduğu diğer değişkenlerin) farklı durumlarına göre farklı dinamiklere olanak veren yapıda model oluşturmaktır. Bu sayede ilgili değişkenin ele alınan dönemin her aşamasında aynı davranışı sergilemesi varsayımından kurtulmuş olunacaktır. Bu çerçevede ortaya konulan modelleri üç ana sınıfta değerlendirmek mümkündür:

- Eşik değer otoregresif (TAR) Modelleri
- Yumuşak geçişli otoregresif (STAR) modelleri
- Markov geçiş modelleri

Kesikli zamanda TAR modeli ilk olarak Tong (1977) çalışması ile ortaya konulmuş ve Tong ve Lim (1980) ve Tong (1978; 1980; 1983) çalışmalarında detaylı olarak ele alınmıştır. Eşik değer otoregresif modelleri, temelde doğrusal olmayan modellerin parçalı olarak doğrusallaştırılması olarak düşünülebilir. Bu bakış açısı Priestley (1966), Priestley ve Tong (1973) ve Ozaki ve Tong (1975) çalışmalarında kullanılmıştır.

Tong ve Lim'in (1980) değişkenlerin doğrusal olmayan hareketlerini yakalamak için önerdikleri yöntem, ele alınan zaman serisinin doğrusal olmadığını göstermekteki zayıflığı nedeniyle eleştiriler almıştır. Bunun yanında, uygulanabilirliğinin kolay olmayışı, model hatalarının kontrolünün olmaması yöntemin diğer dezavantajlarındandır. Rao ve Gabr (1984) doğrusalsızlığın test edilmesi için frekans bölgesi yaklaşımını önermiştir. Hinich (1982) bu yaklaşımın aykırı değerlere fazla duyarlı olduğunu belirtmiş ve bu testin geliştirilmiş versiyonunu ortaya koymuştur.

Tong (1987), Subba Rai ve Gabr (1984) testinin birçok parametre içermesinden kaynaklı bilgi eksikliği durumunda testin uygulanmasındaki zorluğu belirtmiştir. Tong ve Lim'in (1980) yönteminin uygulamalı araştırmalarda fazlaca yer bulmamasından kaynaklı, Tsay (1989) çalışması ile zaman serilerinde doğrusal olmayan davranışları modellemek için yeni bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem doğrusal regresyon teknikleri kullandığından uygulamada büyük avantaj sağlamıştır. Bunun yanında ele alınan zaman serisinin doğrusal bir yapı sergileyip sergilemediğini gözlemlemek için Keenan (1985), Tsay (1986) ve Petrucci ve Davies (1986) çalışmalarındaki doğrusal olmayan testleri birleştirilmiştir.

Chan (1993) çalışmasında, Tsay (1989) çalışmasına benzer olarak düzenlenmiş regresyonları (arranged autoregression) temel alarak doğrusal olmama durumunun modellenmesi için yöntem geliştirmiştir. Tsay (1989)'dan farklı olarak eşik değerinin tespitinde SSR'yi kullanmıştır. Tsay (1989) ve Chan (1993) çalışmalarında ortaya konulan yöntemler uygulama açısından kolay olsa da eşik değerinin seçiminde kişisel kararlara dayanmaktadır.

Hansen (1997) çalışmasının doğrusal olmama durumunun modellenmesinde getirdiğı avantajlardan biri eşik değerinin diğer parametrelerle birlikte tahmin edilmesi ve tahmin edilen parametreler için güven aralığının kurulabilmesidir. Diğer taraftan doğrusalsızlığa karar verilebilmesi için gereken F test istatistiğı, sıfır hipotez altında doğrusal olma durumu için geliştirildiğinden, bu test ile süper tutarlı yeni bir F test geliştirmiştir. Bu avantajlarına karşın Hansen (1997) çalışmasında geliştirdiğı yöntem yalnızca iki rejimle kendinden uyarımlı eşik değer otoregresif (SETAR) modeli için uygulanabilmektedir. Hansen (1999) çalışması ile birlikte yönteminin genel formunu ortaya koymuştur.

Eşik değer otoregresif modellerinin bayesçi yaklaşımla analiz edilmesi 1990'lı yıllarda başlamıştır. Geweke ve Terui (1993) Monte Carlo entegrasyonu kullanarak iki rejimli TAR modeli tahminini gerçekleştirmiştir. Phann vd. (1996) Griddy Gibbs örneklemesi kullanarak TAR modellerini analiz etmiştir.

Eşik değer otoregresif modellerinde rejimler arası geçişler tahmin edilen eşik değerlere bağlı olarak sıçramalar şeklinde düşünülebilir. Chan ve Tong (1986) tarafından önerilen ve Terasvirta (1994) tarafından geliştirilen STAR modellerinde rejimler arası geçişler sıçrayışlar şeklinde değil bir fonksiyona (lojistik veya üssel olabilir) bağlı olarak yumuşak olarak sağlanmaktadır.

Eşik değer otoregresif ve STAR modellerde rejimler arası geçişler dışarıdan belirlenmektedir. Markov geçiş modellerde ise rejimler arası geçiş model içi olasılıksal bir süreç olarak düşünülmektedir. Hamilton (1989) tarafından geliştirilen bu yöntemde bir rejimden diğerine geçme olasılığı, sürecin bir önceki dönemdeki durumuna bağlı ve bu olasılıkların zaman boyunca sabit olduğu düşünülmektedir.

5.1.1. SETAR modeli

Bir SETAR modeli genel olarak şu şekilde yazılabilir

$$y_t = \beta_0^j + \sum_{i=1}^p \beta_i^j y_{t-i} + \varepsilon_t^j, \quad r_{j-1} \leq y_{t-d} \leq r_j \text{ ve } j = 1, 2, \dots, k \quad (5.1)$$

Bu gösterimde d pozitif bir tam sayı, y_{t-d} eşik değişkeni, r_j eşik değerleri, k rejim sayısı, p gecikme sayısı, ε_t^j hata terimidir. Model genel olarak $TAR(k; p, d)$ olarak tanımlanabilir. Bir $TAR(k; p, d)$ modelinde her bir rejimdeki gecikme sayısı p farklı değerler alabilir. Hata terimlerine ilişkin varyans rejimden rejime farklılık gösterebilir (homojen olmayan doğrusal AR modeli) ve yalnızca sabit terim her rejimde farklılık gösterebilir (random shift model). Modelin oluşturulması için p , d , k ve r değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Sonrasında model parçalı AR modeli olarak ele alınabileceğinden EKK yöntemi kullanılarak tahmin edilebilir.

5.1.1.1. Tsay (1989) yaklaşımı

Bir $TAR(k; p, d)$ modeli tahmin edilmeden modelin doğrusalsızlık özelliğinin var olup olmadığını test etmek gereklidir. Bu amaçla Petruccelli ve Davies (1986) portmanteau testi baz alınmaktadır. Bu test düzenlenmiş otoregresyonlar ve kestirilen artıklara (predictive residuals) dayanmaktadır. Düzenlenmiş otoregresyonlar kullanılarak veriler gruplanır ve aynı gruptaki veriler aynı doğrusal AR modelinde yer alır. Bu ayırıştırma işleminde eşik değeri olan r_1 'in bilinmesine gerek yoktur. Eşik değeri r_1 'in bilindiği durumda parametreler doğrudan tahmin edilebilirken, eşik değerinin bilinmediği durumda işlemler sıralı olarak yapılmalıdır. Kestirilen artıklar varsayım gereği bağımlı değişkene dik (orthogonal) olmalıdır. Bunun sağlanmadığı durumlarda tahmin ediciler taraflı olacaktır.

Diklik koşulu regresyon yinelemeli (recursive) olarak yapıldığında eşik değerini geçen gözlemden sonra sağlanmamaktadır. Dolayısı ile daha genel bir ifadeyle yinelemeli regresyon uygulanarak diklik koşulunun sağlanmadığı durumda doğrusalsızlıktan bahsedilebilir. Bunu test etmek için gerekli olan test istatistiği

$$\hat{F}(p, d) = \frac{(\sum \hat{e}_t^2 - \sum \hat{\varepsilon}_t^2)/(p+1)}{\sum \hat{\varepsilon}_t^2/(n-d-b-p-h)} \quad (5.2)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada $\hat{e}_t$ standartlaştırılmış artık terimleri, $\hat{u}_t$ değişkenin standartlaştırılmış artık terimleri üzerine regres edilmesiyle elde edilen hata terimlerini, n gözlem sayısını, b yinelemeli otoregresyonun başladığı gözlem sayısını ve $h, \max(1, p + 1 - d)$ ifadesini göstermektedir. Standartlaştırılmış hata terimleri

$$\hat{e}_t = \frac{\hat{a}_t}{\sqrt{D_{m+1}}} \quad (5.3)$$

şeklinde hesaplanır. Eşitlik (5.3)'de

$$\hat{a}_t = y_t - x'_{m+1} \hat{\beta}_m \quad (5.4)$$

ve

$$D_{m+1} = 1 + x'_{m+1} P_m x_{m+1} \quad (5.5)$$

$$P_{m+1} = \left(I - P_m \frac{x_{m+1} x'_{m+1}}{D_{m+1}} \right) P_m \quad (5.6)$$

olarak ifade edilir.

Test istatistiğinin hesaplanmasında dikkat edilecek nokta gecikme sayısı p 'nin ve d 'nin bilinmesi gerektiğidir. Gecikme sayısı bilgi kriterleri, kısmi otokorelasyonlar ve F test gibi yöntemler kullanılarak tahmin edilebilir. Doğrusalsızlığın test edilmesi için muhtemel eşik değişkenleri için test gerçekleştirilir. Eşik değişkeninin belirlenmesi aşağıda anlatılacaktır.

Verinin doğrusalsızlık özelliğini taşıdığını belirledikten sonra iki sorunla karşılaşmaktadır. Eşik değişkeni y_{t-d} ve eşik değer(ler)i r_j 'nin belirlenmesi TAR modelinin oluşturulmasında karşılaşılan en büyük iki zorluktur. Burada Tsay (1989), Tong ve Lim (1980)'in kullandığı AIC'ye alternatif olarak yinelemeli regresyonlardan hesaplanan F test istatistiklerini en büyük yapan d değerinin alınmasını önermiştir. Eşik değeri r_j 'ye ilişkin ise sezgisel yaklaşıma dayanan grafik yöntemi önermiştir. Bu çerçevede iki dağılım grafiği (scatterplot) kullanılabilir. Bu grafikler y_{t-d} ile standartlaştırılmış ve standartlaştırılmamış artık terimleri veya yinelemeli regresyondan elde edilen y_{t-d} 'nin katsayısının t oranı ile y_{t-d} 'nin dağılımı grafikleridir. Tsay (1989) bu iki grafikten ikincisini tercih etmiştir. Buna göre t oranları her bir rejimde belirli bir noktaya yakınsamaktadır. t oranlarında kırılmaların gözlemlendiği noktalar muhtemel eşik değerleri olarak düşünülebilir. Bu değerler sınanarak ve AIC, Schwartz Bilgi Kriteri (SIC) gibi kriterler kullanılarak r_j değerleri tahmin edilebilir.

Oluşturulmak istenen $TAR(k; p, d)$ modeli için gerekli olan değişkenler ve değerler belirlendikten sonra parçalı bir şekilde EKK yöntemi kullanılarak model katsayıları tahmin edilir.

Özetlemek gerekirse Tsay (1989) yaklaşımı beş adımdan oluşmaktadır:

- Veriler için AR gecikme sayısı (p) belirlenir.

- Düzenlenmiş otoregresyon ve yinelemeli regresyon kullanılarak kestirilen ve standartlaştırılmış artıklar hesaplanır ve doğrusalsızlığın olup olmadığına F test uygulanarak karar verilir.
- Hesaplanan F test istatistiklerini en büyük yapan değişken y_{t-d} eşik değişkeni olarak değerlendirilir ve bu eşik değişkeni ile AR katsayısı t oranının dağılım grafiği çizilir.
- Dağılım grafiğinde t oranının kırılma noktaları muhtemel eşik değerleri (r_j) olarak belirlenir.
- Model, parçalı AR modeli olarak EKK yöntemi ile tahmin edilir.

5.1.1.2. Chan (1993) yaklaşımı

Chan (1993) yaklaşımında, Tsay (1989)'dan farklı olarak eşik değerlerinin belirlenmesinde SSR'yi kullanılmıştır. Bu amaçla öncelikle Chan (1993) eşik değerlerinin süper tutarlı tahmin edicisini ortaya koymuştur.

Bu çerçevede muhtemel değerler¹⁴ için TAR modeli tahmin edilir ve SSR hesaplanır. Hata kareleri toplamını (lokal) minimum yapan değerler eşik değerleri olarak belirlenir. Bunun yanında Chan (1993) SETAR modellerine ilişkin çeşitli özelliklerin varlığını göstermiştir. Dördüncü momentin var olduğu durumda

- Eşik değeri tahmin edicisinin eğim ve kesim tahmin edicilerinden asimptotik olarak bağımsız olduğunu,
- Eğim ve kesim tahmin edicilerinin asimptotik olarak normal dağılıma sahip olduğunu

belirtmiştir. Eşik değeri tahmin edicisinin, SSR'nin eşik parametresinin kesikli bir fonksiyonu olmasından kaynaklı bileşik Poisson süreci izlediğini göstermesi Chan (1993)'ün bir diğer katkısıdır.

¹⁴ Eşik değerinin muhtemel değerleri doğal olarak serinin en büyük ve en küçük değerleri arasında olmalıdır. Bunun yanında serinin başında ve sonunda belirli bir oranda veri kesilerek eşik değeri belirlenir.

5.1.1.3. Hansen (1997) yaklaşımı

Tsay (1989) ve Chan (1993) yaklaşımları SETAR modelinin tahmini için uygulamada büyük kolaylık sağlasa da eşik değerinin seçimi için analiz eden kişinin kişisel kararına dayanmaktadır. Hansen (1997) yaklaşımının sunduğu avantajlardan biri eşik değerlerinin diğer model parametreleri ile birlikte tahmin edilmesi ve tahmin edilen eşik değerleri için güven aralığının oluşturulabilmesidir.

İki rejimli bir SETAR modeli şu şekilde gösterilebilir:

$$y_t = (\beta_{10} + \beta_{11}y_{t-1} + \dots + \beta_{1p}y_{t-p})I_{y_{t-d} \leq r} + (\beta_{20} + \beta_{21}y_{t-1} + \dots + \beta_{2p}y_{t-p})I_{y_{t-d} > r} + \varepsilon_t \quad (5.7)$$

Bu gösterimde $I(\cdot)$ gösterge fonksiyonunu (indicator function) belirtmektedir. Eşitlik (5.7) matris formunda yazılırsa, $x_t = (1 \ y_{t-1} \ \dots \ y_{t-p})'$ olarak tanımlandığında;

$$y_t = x_t' \beta_1 I_{y_{t-d} \leq r} + x_t' \beta_2 I_{y_{t-d} > r} + \varepsilon_t \quad (5.8)$$

şekline dönüşür.

Daha önce belirtildiği gibi bu eşitlikte d ve r bilindiğinde model parametreleri EKK yöntemi kullanılarak tahmin edilir. Parametre tahminleri ise

$$\hat{\theta} = \arg \min_{\alpha, \beta} \hat{\sigma}^2(r) = \arg \min_{\alpha, \beta} \frac{1}{n' \sum_{t=h}^n \hat{\varepsilon}_t^2} \quad (5.9)$$

kullanılarak hesaplanır. Burada $\theta = (\beta_1' \beta_2')$ ve $n' = n - d - h + 1$ olarak ifade edilir.

Doğrusal olmama durumunun test edilmesi için kurulacak olan hipotez

$$H_0: \beta_1 = \beta_2$$

şeklinde oluşturulabilir. Bu hipotezin test edilmesi için gereken test istatistiği hata terimlerinin iid olduğu varsayımı altında Davies (1987) ve Andrews-Ploberger (1994) çalışmalarında

$$F_n = n \left(\frac{\tilde{\sigma}_n^2 - \hat{\sigma}_n^2}{\hat{\sigma}_n^2} \right) \quad (5.10)$$

olarak hesaplanır. $\tilde{\sigma}_n^2$ terimi sıfır hipotezin doğruluğu altında hesaplanan varyansı belirtmektedir. Önerilen test sıfır hipotez altında doğrusal olmama durumunu dikkate almamaktadır. Bu nedenle Hansen (1997) F test ile süper tutarlı (super consistent) bir test geliştirmiştir.

$$F_n = \sup F_n(r)$$

Bu durumda hesaplanacak olan test istatistiği

$$F_n(r) = n \left(\frac{\tilde{\sigma}_n^2 - \hat{\sigma}_n^2(r)}{\hat{\sigma}_n^2(r)} \right) \quad (5.11)$$

olur. Hansen (1997)'nin geliştirdiği test hata terimlerinin iid olduğu varsayımı altında yakın en uygun güce (near optimal power) sahiptir. Bu varsayımın sağlanmadığı durumda F test değişen varyans ile tutarlı (heteroscedasticity consistent) Wald veya LM test ile yer değiştirir. Bu durumda r yalnızca alternatif hipotez altında belirlendiğinden, F'in asimptotik dağılımı χ^2 olmayacaktır. Hansen (1996) çalışmasında asimptotik dağılımın yükseltme (bootstrap) tekniği bulunabileceğini göstermiştir.

Doğrusal olmama durumunun varlığı gösterildikten sonra Hansen (1997) eşik değeri r 'yi model parametreleri ile birlikte tahmin etmek için EKK yöntemini önermiştir.

$$\hat{r} = \arg \min_{r \in Y_d} \hat{\sigma}^2(r, d) \quad (5.12)$$

Dolayısıyla eşik değeri r , sıralı r 'nin alabileceği bütün değerler araştırılarak tahmin edilebilir. Eşik değişkeninin gecikme parametresi d 'nin bilinmediği durumda ise yöntem genişletilerek

$$(\hat{r}, \hat{d}) = \arg \min_{r, d} \hat{\sigma}^2(r, d) \quad (5.13)$$

şeklinde ifade edilir.

Kendinden uyarımlı eşik değer otoregresif modelleri ile ilgili doğru asimptotik tahminler yapabilmek için her rejimde önemsiz olmayan bir oranda gözlemin olması gerekmektedir. Hansen'in supLR testinde olduğu gibi, y_t 'nin başından ve sonunda belirli kısmı çıkarılır ve eşik değerinin tahmininde kullanılmaz.

Hansen (1997) katsayılar ve eşik değeri için güven aralığı oluşturulmasında LR testini kullanmıştır. Eşik değerinin belirli bir r 'ye eşitliğini test eden LR testini ters çevirerek eşik değeri için asimptotik güven aralığı

$$CI(\alpha) = \{r: LR(r) \leq Z_\alpha\}$$

olarak yazılabilir. Burada Z_α , LR istatistiğinin asimptotik dağılımına ilişkin kritik değeri belirtmektedir. Daha sonra grafik yöntemi, eşik değeri için güven aralığının yerleştirilmesinde kullanılır. Hesaplanan LR istatistiği ile eşik değeri r 'nin olası değerlerinin grafiği çizilerek LR istatistiğinin kritik Z_α değerlerinden küçük olduğu ve test edilen r 'nin gerçek r 'ye yakın olduğu bölge seçilir.

5.1.2. STAR modelleri

Kendinden uyarımlı eşik değer otoregresif modellerine göre daha esnek yapıda olmalarından kaynaklı STAR modelleri ekonomik verilerin modellenmesinde sıklıkla kullanılan modellerden biridir. Modelin “yumuşak geçişli” olma özelliği ilk olarak Bacon ve Watts (1971) çalışmasında yer almıştır. Yazarlar kendi yumuşak geçişli modellerini, kesişen iki doğrusal modelin bir anda ve bilinmeyen bir noktada diğerine geçiş durumunun genellemesinde kullanmıştır. Sonrasında Goldfeld ve Quandt (1972) aynı perspektifle iki rejimli geçiş regresyon modellerini genelleştirmişlerdir. Rejimler arası geçişler, bir geçiş fonksiyonu ile birlikte standart normal dağılımın kümülatif dağılım fonksiyonu kullanılarak sağlanmıştır. Luukkonen vd. (1988) geçişler için lojistik fonksiyonu önermiştir. Bu gelişmelerin neticesinde Terasvirta (1994) STAR modelini ortaya koymuştur.

5.1.2.1. Lojistik ve üssel STAR modeli

Yumuşak geçişli otoregresif modelinde, TAR modellerindeki belirli eşik değerler bir fonksiyonla yer değiştirmektedir. Bu fonksiyon sürekli ve azalmayan bir fonksiyondur. İki rejimli p dereceli bir STAR modeli

$$Y_t = \beta_{10} + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} Y_{t-i} + (\beta_{20} + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} Y_{t-i}) F(Y_{t-d}; \gamma, c) + \varepsilon_t \quad (5.14)$$

veya

$$Y_t = \beta'_1 \omega_t + \beta'_2 \omega_t F(Y_{t-d}; \gamma, c) + \varepsilon_t \quad (5.15)$$

şeklinde gösterilebilir. Burada $\beta_1 = (\beta_{10}, \dots, \beta_{1p})'$, $\beta_2 = (\beta_{20}, \dots, \beta_{2p})'$ ve $\omega_t = (1, y_{t-1}, \dots, y_{t-p})'$ olarak belirtilmektedir. Bunun yanında ε_t 'lerin martingale özelliğini sağladığı varsayılmaktadır. Dolayısıyla $E(\varepsilon_t | \Omega_{t-1}) = 0$ ve $E(\varepsilon_t^2 | \Omega_{t-1}) = \sigma^2$ olur¹⁵.

Modelde yer alan $F(Y_{t-d}; \gamma, c)$ terimi geçiş fonksiyonu olarak nitelendirilmektedir ve 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Bu uç değerlerden 0 değeri β_{1i} katsayısıyla birlikte birinci rejime tekabül ederken fonksiyonun 1 değeri alması $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ katsayısıyla birlikte ikinci rejime tekabül etmektedir. Fonksiyonun ara değerleri alması, sürecin birinci ve ikinci rejimlerdeki $AR(p)$ süreçlerinin karışımı olduğuna tekabül etmektedir. Dolayısıyla STAR modeli, geçiş fonksiyonunun 0 ile 1 arasında değerler alabildiği ve bir anlamda sürekli rejimlere olanak sağlamaktadır.

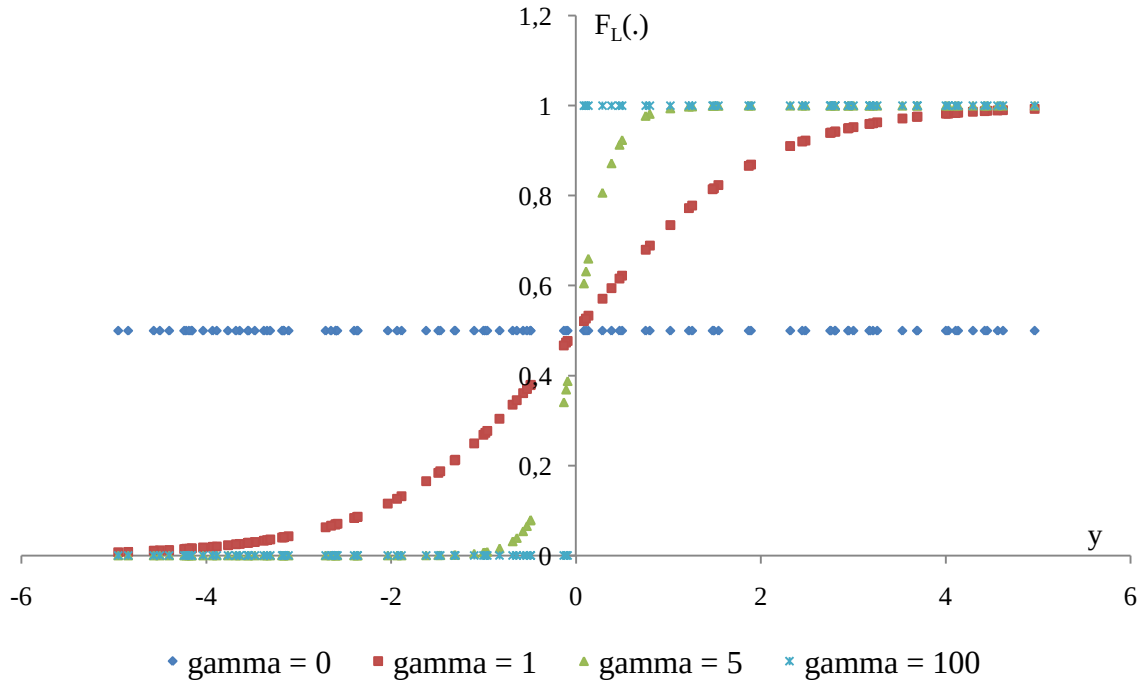
5.1.2.1.1. Lojistik STAR modeli

Geçiş fonksiyonunun farklı seçimleri, farklı türde rejim geçiş karakteristiklerini ortaya koymaktadır. Bu çerçevede literatürde en sık kullanılan geçiş fonksiyonları lojistik fonksiyon ve üssel fonksiyondur. Birinci derece lojistik fonksiyon

¹⁵ Burada varyansın sabit olmadığı durumlar için ARCH modelleri kullanılabilir.

$$F_L(y_{t-d}) = \left(1 + \exp(-\gamma_L(y_{t-d} - c_L))\right)^{-1}, \gamma_L > 0 \quad (5.16)$$

olarak tanımlanabilir. Burada y_{t-d} geçiş değişkeni, γ_L geçiş parametresi ve c_L eşik parametresidir. Lojistik fonksiyonunun kullanıldığı STAR modeli Lojistik yumuşak geçişli otoregresif (LSTAR) modeli olarak nitelendirilir. Modeldeki γ parametresi lojistik fonksiyonunun değerindeki değişimi, dolayısıyla bir rejimden diğer rejime “yumuşak” geçişi belirlemektedir. Parametre yeterince büyük olduğunda lojistik fonksiyon $I(y_{t-d} > c_L)$ indikatör fonksiyonuna gitmektedir. İndikatör fonksiyonu ise A geçerli iken $I(A) = 1$ ve diğer durumlar için $I(A) = 0$ olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla $y_{t-d} = c_L$ durumunda $F_L(y_{t-d})$ 0’dan 1’e ani olarak değişmektedir ve LSTAR modeli SETAR modeline denk olmaktadır. Bunun yanında $\gamma \rightarrow 0$ durumunda lojistik fonksiyon sabit bir değere (0.5) ulaşmakta iken $\gamma = 0$ durumunda LSTAR modeli doğrusal AR modeline $\beta_{1i} + (1/2)\beta_{2i}$ parametresi ile indirgenmiş olmaktadır. LSTAR modelinde iki rejim geçiş değişkeni y_{t-d} ’nin c_L ’ye göre küçük ve büyük değerlere sahip olmasıyla ilişkilidir. Lojistik fonksiyon yapısı Şekil 5.1’de belirtilmiştir.



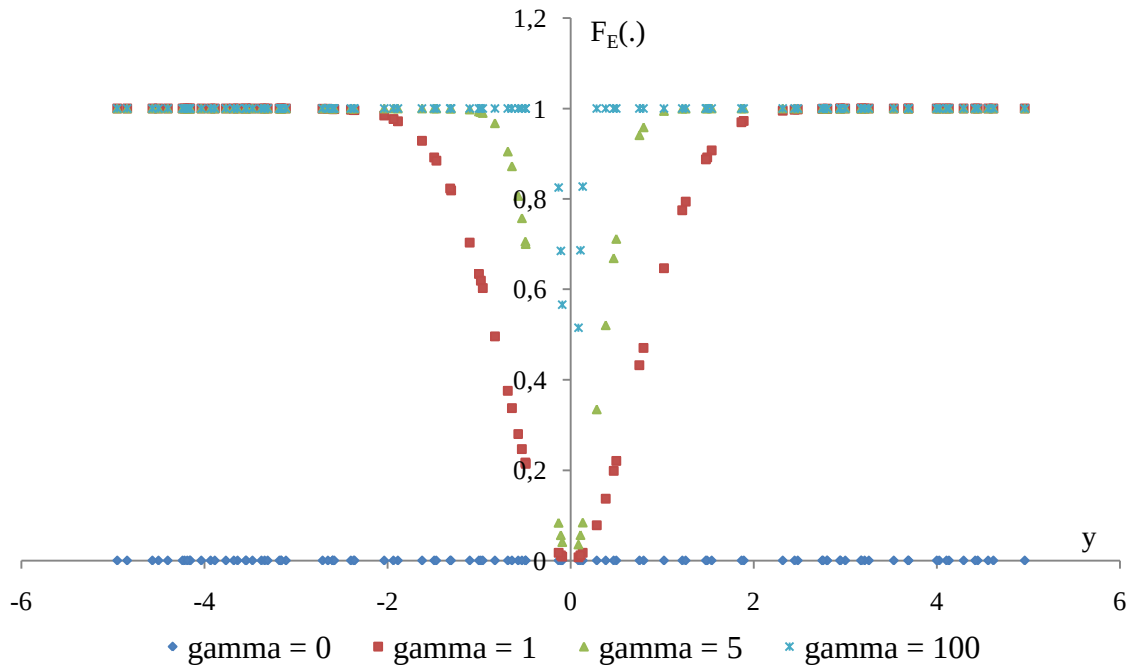
Şekil 5.1 Lojistik fonksiyon

5.1.2.1.2. Üssel STAR modeli

Uygulamada geçiş fonksiyonunu, rejimler y_{t-d} 'nin eşik değere göre mutlak olarak büyük ve küçük olması ile ilişkilendirilebilir. Bu durum, geçiş fonksiyonunun bir diğer seçimi olan üssel fonksiyon olarak seçilmesiyle sağlanabilir.

$$F_E(y_{t-d}) = 1 - \exp(-\gamma_E(y_{t-d} - c_E)^2), \gamma_E > 0 \quad (5.17)$$

Bu model üssel STAR modeli olarak nitelendirilir ve ESTAR modeli olarak gösterilebilir. Modelde üssel fonksiyon, $y_{t-d} \pm \infty$ 'a gittikçe $F_E(y_{t-d})$ 'nin 1'e gitmesi ve $y_{t-d} = c_E$ iken $F_E(y_{t-d}) = 0$ olma özelliğini taşır. ESTAR modelinde, konum parametresinden uzaklık önemli bir noktadır, rejimler değerlerin c_E 'ye yakın ve uzak olmasına bağlı olarak tanımlanır. Bunun yanında $\gamma \rightarrow 0$ veya $\gamma \rightarrow \infty$ için üssel fonksiyon sırasıyla 0 ve 1 sabit değerlerine ulaşır. Dolayısıyla model bu durumlar için doğrusal biçime indirgenmiş olur. Üssel fonksiyon yapısı Şekil 5.2'de belirtilmiştir.



Şekil 5.2 Üssel fonksiyon

5.1.2.2. STAR modeli tahmini

Uygun STAR modelinin belirlenmesi amacıyla;

- Doğrusal otoregresif modelin belirlenmesi
- STAR modeline karşılık doğrusallık testinin yapılması
 - LSTAR modeline karşı testin yapılması
 - ESTAR modeline karşı testin yapılması
 - Doğrusallık testinin uygulanması
 - Geçiş değişkeninin belirlenmesi
- LSTAR veya ESTAR modellerine karar verilmesi
- Tahmin

adımları izlenebilir.

Uygun STAR modelinin belirlenmesi amacıyla öncelikle doğrusal olmayan modelin temelini oluşturacak uygun doğrusal AR modeli belirlenir. Sonrasında boş hipotezde STAR modelinin her iki rejimindeki otoregresif parametrelerin aynı olduğu boş hipotez ile STAR modele karşı doğrusallık testi uygulanır.

Doğrusallık testinde sorun boş hipotez altında hata parametresinin belirlenmemiş olma durumudur. Yumuşak geçişli otoregresif modelin içerdiği parametreler boş hipotez altında kısıtlanmamaktadır, fakat boş hipotezin geçerli olduğu durumda veriden öğrenme süreci olmamaktadır. Boş hipotezde yer alan iki rejim parametrelerinin eşitliği geçiş fonksiyonunda bir kısıtlama getirmemektedir.

Bu problemle ilgili Luukkonen vd. (1988) çalışmasında alternatif olarak $F_L(y_{t-d}; \gamma, c)$ geçiş fonksiyonu yerine uygun Taylor yaklaşımı kullanmasını önermiştir. Bu yaklaşımla birlikte belirlenmeme sorunu çözülebilir ve doğrusallık LM test istatistiği kullanılarak test edilebilir. Bunun yanında yaklaşımın iki temel avantajı bulunmaktadır. İlk olarak model alternatif hipotez altında tahmin edilmek durumunda değildir ve standart asimptotik teori, test istatistiğinin asimptotik kritik değerlerinin elde edilmesinde kullanılabilir.

Lojistik yumuşak geçişli otoregresif modelinin uygunluğunun test edilmesi amacıyla

$$Y_t = \beta_{10} + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} Y_{t-i} + (\beta_{20} + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} Y_{t-i}) F_L(Y_{t-d}; \gamma_L, c_L) + \varepsilon_t \quad (5.18)$$

modeli ele alınsın. Bu durumda Luukkonen vd. (1988) lojistik fonksiyonu

$$F_L(Y_{t-d}) = \left(1 + \exp(-\gamma_L(y_{t-d} - c_L))\right)^{-1} \quad (5.19)$$

için $\gamma_L = 0$ etrafında birinci derece Taylor serisi kullanılmasını önermiş ve

$$Y_t = \theta_0 + \sum_{i=1}^p \theta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \theta_{2i} Y_{t-i} Y_{t-d} + e_t \quad (5.20)$$

yardımcı regresyonunu elde etmiştir. Burada θ_{1i} ve θ_{2i} parametreleri LSTAR modelindeki parametrelerinin bir fonksiyonudur ve $\gamma_L = 0$ ifadesi $\theta_0 \neq 0$, $\theta_{1i} \neq 0$ ve $\theta_{2i} = 0$ olmasını belirtir. Bu durumda $H'_0: \gamma_L = 0$ boş hipotezi $H''_0: \theta_{2i} = 0$ hipotezine dönüşmektedir.

Elde edilen yardımcı regresyonun gücünün yeterince iyi olmamasından kaynaklı, geçiş fonksiyonu üçüncü derece Taylor yaklaşımı kullanılarak çözümlenebilir.

Üssel yumuşak geçişli otoregresif modelinin uygunluğunun araştırılması amacıyla öncelikle

$$Y_t = \beta_{10} + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} Y_{t-i} + (\beta_{20} + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} Y_{t-i}) F_E(Y_{t-d}; \gamma_E, c_E) + \varepsilon_t \quad (5.21)$$

modeli ele alınsın. Daha sonra ilk sıra Taylor yaklaşımı kullanılarak¹⁶

$$Y_t = \theta_0 + \sum_{i=1}^p \theta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \theta_{2i} Y_{t-i} Y_{t-d} + \sum_{i=1}^p \theta_{3i} Y_{t-i} Y_{t-d}^2 + e_t \quad (5.22)$$

¹⁶ İlk sıra Taylor yaklaşımı kullanımına ilişkin Escribano ve Jorda (1999), ikinci sıra Taylor yaklaşımının daha uygun olması gerektiğini belirtmiştir. İkinci sıra Taylor yaklaşımının yeni değişkenler gerektirmesi ve bunun da testin gücünü azaltmasından kaynaklı ilk sıra Taylor yaklaşımı daha uygulanabilir olmaktadır.

yardımcı regresyon elde edilir. Burada $\gamma_E = 0$ kısıtı $\theta_{2i} = \theta_{3i} = 0$ kısıtına denk gelmektedir.

Doğrusallık testi LM testi kullanılarak uygulanabilir. İlk olarak doğrusallığı belirten boş hipotez altında y_t , $(1, y_{t-1}, \dots, y_{t-p})$ üzerine regres edilerek artık terimler $\hat{e}_t$ elde edilir. Daha sonra bu artık terimler kullanılarak LSTAR modeli için

$$\hat{e}_t = \theta_0 + \sum_{i=1}^p \theta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \theta_{2i} Y_{t-i} Y_{t-d} + \sum_{i=1}^p \theta_{3i} Y_{t-i} Y_{t-d}^2 + \sum_{i=1}^p \theta_{4i} Y_{t-i} Y_{t-d}^3 + v_t \quad (5.23)$$

modeli, ESTAR modeli için ise

$$\hat{e}_t = \theta'_0 + \sum_{i=1}^p \theta'_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \theta'_{2i} Y_{t-i} Y_{t-d} + \sum_{i=1}^p \theta'_{3i} Y_{t-i} Y_{t-d}^2 + v_t \quad (5.24)$$

modeli kullanılarak sırasıyla

$$H_0: \theta_{2i} = \theta_{3i} = \theta_{4i} = 0$$

$$H'_0: \theta'_{2i} = \theta'_{3i} = 0$$

hipotezleri test edilir. Doğrusallığın reddedilmesi durumunda uygun geçiş değişkeninin belirlenmesi gerekir. Bu amaçla Eşitlik (5.23) farklı d değerleri için hesaplanarak en düşük p değerini sağlayan d değeri için değişken belirlenebilir. Burada LSTAR modeli için hesaplanan LM istatistiğinin ESTAR modeli için hesaplanan istatistiğe göre daha güçlü olduğu belirtilmelidir. Bu durum ilk sıra Taylor yaklaşımlarında ESTAR modeli değişkenlerinin tümünün LSTAR modelinde yer almasından anlaşılabilir.

Lojistik yumuşak geçişli otoregresif ve ESTAR modelleri arasında seçim yapmak için belirlenen geçiş değişkeni ve Eşitlik (5.23) kullanılabilir. Burada test edilecek hipotezler

$$H_{01}: \theta_{4i} = 0$$

$$H_{02}: \theta_{3i} = 0 | \theta_{4i} = 0$$

$$H_{03}: \theta_{2i} = 0 | \theta_{3i} = \theta_{4i} = 0$$

hipotezleridir. Bu hipotezler klasik F test ile test edilebilir. Burada

- Model LSTAR ise θ_{4i} 'in sıfırdan farklı olması gerekmektedir.
- Model ESTAR modeli iken θ_{3i} her zaman sıfırdan farklı olmalıdır. Model LSTAR iken θ_{3i} sıfır ve $\beta_{1,0} = \beta_{2,0}$ ve $c = 0$ ise θ_{3i} sıfır olmalıdır.
- Model ESTAR iken $\beta_{1,0} = \beta_{2,0}$ ve $c = 0$ ise θ_{2i} sıfır olmalıdır. Fakat model LSTAR iken θ_{2i} sıfırdan farklı olmalıdır.

Bunun yanında modeller arasındaki ayrım veri yapısına bağlı olarak da yapılabilir. Gözlenen değerler geçiş değeri etrafında simetrik dağılıyorsa ESTAR modeli kabul edilebilirken, gözlemler geçiş değerinin bir tarafında toplanmışsa LSTAR ve ESTAR modelleri yakın sonuçlar verecektir.

Uygun geçiş değişkeni ve fonksiyonu belirlendikten sonra STAR modelinin parametreleri tahmin edilebilir. Tahmin doğrusal olmayan EKK yöntemi ile yapılabilir veya Terasvirta'nın yaklaşımı kullanılabilir. Bu yaklaşımda öncelikle $F(Y_{t-d}; \gamma, c)$ standardize edilir. Bunun amacı geçiş değişkeninin ölçek bağımsız bir şekilde yumuşatılması ve başlangıç değerlerinin daha kolay bir biçimde verilmesidir.

Başlangıç değerlerinin verilmesi amacıyla γ ve c için iki boyutlu grid araştırılması yapılır. Artık terimlerin karesinin toplamını en küçük yapan kombinasyon başlangıç değeri olarak belirlenir. Burada sorun γ geçiş değişkeninin tahmin edilmesinde ortaya çıkabilir. Bu değer büyük ise parametrenin tahminini yapmak güçleşebilir. Değerin büyük olduğu durumlarda γ 'daki büyük değişimler geçiş fonksiyonunun biçimi üzerinde küçük bir etkiye sahip olacağından tahmin etmek için c 'nin etrafındaki gözlemlere ihtiyaç duyulur.

Oluşturulan iki rejimli modelin yeterli olup olmadığına bakılması amacıyla tek geçiş fonksiyonu içeren STAR modeline bir geçiş fonksiyonu daha eklenebilir.

$$Y_t = \beta_{10} + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} Y_{t-i} + (\beta_{20} + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} Y_{t-i}) F_1(Y_{t-d}; \gamma_1, c_1) + (\beta_{30} + \sum_{i=1}^p \beta_{3i} Y_{t-i}) F_2(Y_{t-e}; \gamma_2, c_2) + \varepsilon_t \quad (5.25)$$

Kurulan model F_1 ve F_2 geçiş fonksiyonları lojistik veya üssel olacak bir biçimde parametrelendirilebilir. Bunun yanında eşik parametresi için $c_1 < c_2$ koşulu

sağlanmalıdır. İki geçiş fonksiyonunun varlığı muhtemel 4 rejimi olanaklı kılabilir. Geçiş değişkenini belirleyen d ve e 'nin aynı olduğu durumda ise bu 4 rejimden en az biri elimine edilmiş olur (Öcal ve Osborn, 2000).

Eitrheim ve Terasvirta (1996) eklenen yeni rejim(ler)in anlamlılığını test etmek üzere LM testi geliştirmiştir. Bu testte $H_0: \gamma_2 = 0$ hipotezi test edilmekte ve yukarıda belirtildiği üzere belirlenme sorunu Taylor yaklaşımı ile çözülmektedir.

Yumuşak geçişli otoregresif modeller, yumuşak geçişli regresyon (STR) modellerinin özel bir durumu olarak değerlendirilebilir. Yumuşak geçişli otoregresif modellerde doğrusal olmama durumu ele alınan bir değişkenin rejimler arası geçişleri ilgili değişkenin gecikmeli değerlerine bağlı bir fonksiyon ile sağlanırken, STR modellerinde bir değişkenin diğer bir değişken üzerinde doğrusal olmayan etkilerinin incelenmesi olanaklıdır. Bu kapsamda STR modeli genel olarak

$$Y_t = \beta_{10} + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \delta_{1j} X_{t-j} + F(r_{t-d}) (\beta_{10} + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} Y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \delta_{2j} X_{t-j}) + \varepsilon_t \quad (5.26)$$

biçiminde gösterilebilir. Burada geçiş değişkeni r_{t-d} bağımlı veya dışsal değişkenin gecikmeli değerleri olabilir. Sonuç olarak kurulan modeller, modelde yer alan rejimlerde bir değişkenin etkilerinin diğer değişkenler üzerinde etkilerinin izlenmesine olanak sağlar (Öcal vd., 2002; Öcal, 2002).

5.2. Doğrusal Olmayan Panel Veri Modelleri

Dışsal regresörlerle birlikte sabit etkili panel yumuşak geçişli otoregresif (PSTAR) modelleri ilk olarak Gonzales vd. (2005) çalışması ile birlikte ortaya konulmuştur. Model iki biçimde belirtilebilir: İlk olarak katsayıların bireylere ve zamana göre değiştiği bir doğrusal heterojen panel modeli olarak düşünülebilir. Regresyon katsayılarındaki heterojenlik bu katsayıların gözlenen değişkenlerin sınırlı bir biçimde sürekli fonksiyon olmasına olanak sağlar, bu fonksiyon geçiş fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Bunun yanında uç rejimler arasında değişimlere olanak sağlamaktadır. Geçiş değişkeni zamana göre değiştiğinden ve bireylere özgü olduğundan, her bir birey için regresyon katsayıları zamana göre değişmektedir. İkinci olarak PSTAR modeli doğrusal olmayan homojen panel

modeli olarak ele alınabilir. Gonzales vd. (2005) çalışmalarında ilk yaklaşımı tercih etmiştir.

5.2.1. PSTAR modeli

İki rejimli temel bir PSTAR modeli

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_0'x_{it} + \beta_1'x_{it}F(q_{it}; \gamma, c) + \varepsilon_{it} \quad (5.27)$$

olarak gösterilebilir. Burada x_{it} k boyutlu ve zamana göre değişen dışsal değişkenleri gösterirken, α_i sabit bireysel etkileri, ε_{it} ise hata terimlerini göstermektedir. Geçiş fonksiyonu $F(q_{it}; \gamma, c)$, gözlenen q_{it} değişkeninin sürekli bir fonksiyonudur ve 0 ile 1 arasında sınırlanmıştır. Bu uç değerler ise β_0 ve $\beta_0 + \beta_1$ ile ilişkilidir. Genel olarak q_{it} 'nin değerleri $F(q_{it}; \gamma, c)$ 'nin değerlerini ve dolayısıyla her i ve t için $\beta_0 + \beta_1 F(q_{it}; \gamma, c)$ 'in değerlerini belirlemektedir. Geçiş fonksiyonunun yapısı için Granger ve Terasvirta (1993), Terasvirta (1994) ve Jansen ve Terasvirta (1996) yaklaşımları izlenerek lojistik fonksiyon kullanılmıştır.

$$F(q_{it}; \gamma, c) = \left(1 + \exp(-\gamma \prod_{j=1}^m (q_{it} - c_j))\right)^{-1} \quad (5.28)$$

Burada $c = (c_1, \dots, c_m)'$ m boyutlu lokasyon parametrelerini gösteren bir vektör, γ ise geçişin yumuşaklığını belirleyen eğim parametresidir. Modelin belirlenmesi için $\gamma > 0$ ve $c_1 \leq c_2 \leq \dots \leq c_m$ koşulları gereklidir. Bunun yanında pratikte parametrelerdeki değişim türleri ile ilgili olarak genellikle $m = 1$ veya $m = 2$ olarak alınabilir. $m = 1$ alınması modelin iki uç rejiminin q_{it} arttıkça katsayıların β_0 'dan $\beta_0 + \beta_1$ 'e monotik olarak geçiş yapan ve c_1 etrafında değişen q_{it} 'nin düşük ve yüksek değerleri ile ilişkili olduğunu göstermektedir. $\gamma \rightarrow \infty$ iken $F(q_{it}; \gamma, c) I[q_{it} > c_1]$ birim fonksiyonu haline dönüşür. Bu durumda PSTAR modeli Hansen (1999) çalışmasında belirtilen iki rejimli panel eşik modeline (PTR) indirgenmiş olur. $m = 2$ iken, geçiş fonksiyonu $(c_1 + c_2)/2$ 'de minimum değere sahiptir ve q_{it} 'nin düşük ve yüksek değerleri için 1 değerini almaktadır. $\gamma \rightarrow \infty$ iken model üç rejimli eşik model haline gelir.

Panel yumuşak geçişli otoregresif modelinin iki farklı rejimden daha fazla rejime olarak sağlayan toplamsal modeli

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_0' x_{it} + \sum_{j=1}^r \beta_1' x_{it} F_j \left(q_{it}^{(j)}; \gamma_j, c_j \right) + \varepsilon_{it} \quad (5.29)$$

olarak gösterilebilir. $m = 1$, $q_{it}^{(j)} = q_{it}$ ve $\gamma \rightarrow \infty$ iken tüm $j = 1, \dots, r$ için model $r + 1$ rejimli PTR modeline denk olur. Sonuç olarak, toplamsal PSTAR modeli çok rejimli PTR modelinin genellemesi olarak görülebilir.

5.2.1.1. PSTAR modelinin belirlenmesi

Bir STAR modelinin oluşturulması süreci PSTAR modelinin oluşturulması sürecine genişletilebilir. Temel olarak STAR modelinin oluşturulması süreci modelin belirlenmesi, tahmin ve değerlendirme aşamalarını içermektedir. Modelin belirlenmesi homojenlik testi, geçiş değişkeninin seçimi, homojenlik reddedilirse uygun geçiş fonksiyonunun belirlenmesi ve uygun m değerinin seçimi süreçlerini içermektedir. Parametre tahmininde doğrusal olmayan EKK yöntemi kullanılabilirken, değerlendirme aşamasında eksik belirlenme testleri uygulanabilir. Bu testlerde boş hipotezler parametre sabitliği, heterojenliğin kalmadığı ve hata terimlerinde otokorelasyon olmadığı şeklinde oluşturulabilir.

Model oluşturma sürecinin başlangıcı, homojenliğe karşı PSTAR modelinin test edilmesidir. İstatistiksel olarak veri üretim süreci homojenken PSTAR modeli belirlenmemektedir. Yukarıda belirtilen PSTAR modelinde $H_0: \gamma = 0$ veya $H_0: \beta_1 = 0$ ile birlikte model homojen hale gelmektedir. Fakat bu testler boş hipotez altında PSTAR modelinin belirlenmemiş hata parametrelerine sahip olmasından kaynaklı standart biçimde değildir. Bunun yanında, lokasyon parametreleri, c , boş hipotez altında belirlenmemiş durumdadır. Benzer durum H_0 altında β_1 ve H_0' altında γ için de geçerlidir. Bu sorunun çözümü için Luukkonen vd. (1998) yaklaşımı kullanılmıştır. Belirlenme sorunu için $F(q_{it}; \gamma, c)$ yerine, $\gamma = 0$ etrafında birinci sıra Taylor genişlemesi kullanılmıştır. Yeniden parametrelendirilerek yardımcı regresyon

$$y_{it} = \alpha_i + \theta_0 x_{it} + \theta_1 x_{it} q_{it} + \cdots + \theta_m x_{it} q_{it}^m + \varepsilon_{it}^* \quad (5.30)$$

biçimde oluşturulabilir. Burada $\theta_1, \dots, \theta_m, \gamma$ 'nın çarpanları ve R_m Taylor genişlemesinin kalanını gösterirken $\varepsilon_{it}^* = \varepsilon_{it} + R_m \beta_1' x_{it}$ 'dir. Sonuç olarak $H_0: \gamma = 0$ hipotezi $H_0^*: \theta_1 = \dots, = \theta_m = 0$ hipotezine denk olur. Bu boş hipotez ise LM testi kullanılarak test edilebilir. Lagrange çarpanı testini oluşturmak için Eşitlik (5.30) matris formunda yazılırsa

$$y = D_\alpha + X\theta^* + W\theta + \varepsilon^* \quad (5.31)$$

elde edilebilir. Burada $y = (y_1', \dots, y_N')$, $y_i = (y_{i1}', \dots, y_{iT}')$, $i = 1, \dots, N$, I_N N boyutlu birim matris ve $\iota_T T \times 1$ boyutlu birim vektör olmak üzere $D_\mu = (I_N \otimes \iota_T)$, $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_N)'$, $X = (X_1', \dots, X_N')$, $X_i = (x_{i1}', \dots, x_{iT}')$, $W = (W_1', \dots, W_N')$, $W_i = (w_{i1}', \dots, w_{iT}')$, $w_{it} = (x_{it}' q_{it}, \dots, x_{it}' q_{it}^m)'$, $\theta^* = \theta_0$, $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_m)'$, $\varepsilon^* = (\varepsilon_1^*, \dots, \varepsilon_N^*)'$, $\varepsilon_i^* = (\varepsilon_{i1}^*, \dots, \varepsilon_{iT}^*)'$ ve LM test istatistiği

$$LM_\chi = \hat{\varepsilon}^{0'} \tilde{W} \hat{\Sigma}^{-1} \tilde{W}' \hat{\varepsilon}^0 \quad (5.32)$$

olarak belirtilebilir. Burada hata terimleri homoskedastik ve aynı dağılıma sahipken

$$\hat{\Sigma}^{ST} = \hat{\sigma}^2 \left(\tilde{W}' \tilde{W} - \tilde{W}' \tilde{X} (\tilde{X}' \tilde{X})^{-1} \tilde{X}' \tilde{W} \right) \quad (5.33)$$

olarak gösterilebilir¹⁷. Boş hipotez altında LM_χ test istatistiği asimptotik olarak $\chi^2(mk)$ dağılımına sahiptir.

Bu test, PSTAR modelinde uygun q_{it} geçiş değişkeninin seçiminde kullanılabilir. Bu durumda test “aday” geçiş değişkenleri için gerçekleştirilir ve doğrusallığı en güçlü biçimde reddeden değişken geçiş değişkeni olarak belirlenebilir. İkinci olarak homojenlik testi, lojistik geçiş fonksiyonunda yer alan m sırasının belirlenmesi için kullanılabilir. Granger ve Terasvirta (1993) ve Terasvirta (1994) $m = 1$ ve $m = 2$ arasında seçim

¹⁷ Hata terimleri değişen varyansa ve otokorelasyona sahipken Gonzales vd. (2005) incelenebilir.

yapmak için sıra (sequence) testlerini önermiştir. Bu test için kullanılan yardımcı değişken $m = 3$ için ele alınır ve $H_0^*: \theta_3 = \theta_2 = \theta_1 = 0$ boş hipotezi test edilir. Bu hipotez reddedildiğinde $H_{03}^*: \theta_3 = 0$, $H_{02}^*: \theta_2 = 0 | \theta_3 = 0$ ve $H_{01}^*: \theta_1 = 0 | \theta_3 = \theta_2 = 0$ test edilir. H_{02}^* 'nin reddedilmesi daha güçlü ise $m = 2$, değilse $m = 1$ alınabilir.

5.2.1.2. PSTAR modelinin tahmini

Panel yumuşak geçişli otoregresif modelindeki $\pi = (\beta_0', \beta_1', \gamma, c')$ parametreleri sabit etkiler tahmin edicileri ve doğrusal olmayan EKK yöntemi kullanılarak tahmin edilebilir. Öncelikle bireysel etkiler, μ_i , elimine edilerek dönüştürülmüş verilere doğrusal olmayan EKK yöntemi uygulanır. Bireysel etkilerin elimine edilmesi için Eşitlik (5.27)'de belirtilen model

$$y_{it} = \alpha_i + \beta' x_{it}(\gamma, c) + \varepsilon_{it} \quad (5.34)$$

biçiminde $x_{it}(\gamma, c) = (x_{it}', x_{it}' F(q_{it}; \gamma, c))'$ ve $\beta = (\beta_0', \beta_1')$ olmak üzere yeniden yazılabilir. Bireysel etkiler çıkarıldığında model

$$\tilde{y}_{it} = \beta' \tilde{x}_{it}(\gamma, c) + \tilde{\varepsilon}_{it} \quad (5.35)$$

olarak belirtilebilir. Burada $\tilde{y}_{it} = y_{it} - \bar{y}_i$, $\tilde{x}_{it}(\gamma, c) = (x_{it}' - \bar{x}_i', x_{it}' F(q_{it}; \gamma, c) - \bar{\omega}_i'(\gamma, c))'$, $\tilde{\varepsilon}_{it} = \varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i$ ve $\bar{\omega}_i'(\gamma, c) \equiv T^{-1} \sum_{t=1}^T x_{it}' F(q_{it}; \gamma, c)$ olarak gösterilebilir. Sonuç olarak dönüştürülmüş $\tilde{x}_{it}(\gamma, c)$ vektörü γ ve c 'ye bağlı olmaktadır. Bu nedenle $\tilde{x}_{it}(\gamma, c)$ 'nin doğrusal olmayan EKK optimizasyonunun her bir iterasyonunda yeniden hesaplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Eşitlik (5.35)'den görüldüğü üzere PSTAR modeli γ ve c 'ye bağlı olan β 'da doğrusaldır. Dolayısıyla hata terimlerinin karesini en küçük yapan parametre değerlerinin belirlenmesi için doğrusal olmayan EKK yöntemi uygulanabilir:

$$Q^C(\gamma, c) = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (\tilde{y}_{it} - \hat{\beta}(\gamma, c') \tilde{x}_{it}(\gamma, c))^2 \quad (5.36)$$

Burada $\hat{\beta}(\gamma, c)$, Eşitlik (5.35)'den doğrusal olmayan optimizasyonun her iterasyonundan EKK yöntemi ile elde edilebilir.

Panel yumuşak geçişli otoregresif modelinin tahminin önemli noktalardan biri başlangıç değerlerinin seçimidir. Yumuşak geçişli modeller için genellikle başlangıç değerleri geçiş fonksiyonun grid araştırmasından elde edilebilmektedir.

5.2.1.3. PSTAR modeli testleri

Tahmin edilen bir PSTAR modelinin değerlendirilmesi model oluşturma sürecinin önemli adımlarından biridir. Bu anlamda iki eksik belirleme testi önerilmiştir.

- Zamana göre parametre sabitliği
- Doğrusal olmama durumunun kalmaması

5.2.1.3.1. Parametre sabitliği testi

Panel veri modellerinde parametre sabitliği zaman serisi modellerinde olduğu kadar yaygın kullanıma sahip değildir. Bu durumun nedenlerinden biri panel veri modellerinde zaman boyutunun kısıtlı olmasıdır. Diğer taraftan zaman boyutunun büyük olduğu panel veri setlerinde ise parametre sabitliği önemli hale gelmektedir.

Panel yumuşak geçişli otoregresif modelinde parametre sabitliğinin alternatifi parametrelerin zaman içinde yumuşak olarak değiştiğidir. Alternatif hipotez altındaki model zamana göre değişen yumuşak geçişli panel veri (TVPSTR) modeli olarak nitelendirilmektedir. Bir TVPSTR modeli

$$y_{it} = \alpha_i + (\beta'_{10}x_{it} + \beta'_{11}x_{it}F(q_{it}; \gamma_1, c_1)) + G(t; \gamma_2, c_2)(\beta'_{20}x_{it} + \beta'_{21}x_{it}F(q_{it}; \gamma_1, c_1)) + \varepsilon_{it} \quad (5.37)$$

olarak belirtilebilir. Burada $G(t; \gamma_2, c_2)$ diğer geçiş fonksiyonunu göstermektedir. Eşitlik (5.37)'de belirtilen model aynı zamanda

$$y_{it} = \alpha_i + (\beta_{10} + \beta_{20}G(t; \gamma_2, c_2))' x_{it} + (\beta_{11} + \beta_{21}G(t; \gamma_2, c_2))' x_{it}F(q_{it}; \gamma_1, c_1) + u_{it} \quad (5.38)$$

biçiminde parametrelerin zamana göre değişimini gösterecek şekilde gösterilebilir.

Zamana göre değişen yumuşak geçişli panel modeli $G(t; \gamma_2, c_2)$ 'nin tanımına bağlı olarak parametre sabitliğine ilişkin farklı alternatiflere uyarlanabilir. Fonksiyon

$$G(t; \gamma_2, c_2) = \left(1 + \exp(-\gamma_2 \prod_{j=1}^h (t - c_{2j}))\right)^{-1} \quad (5.39)$$

olarak belirtilebilir. Burada $c_2 = (c_{21}, \dots, c_{2h})'$, $c_{21} \leq c_{22} \leq \dots \leq c_{2h}$ olmak üzere lokasyon parametrelerini ve $\gamma_2 > 0$ olmak üzere eğim parametresini belirtmektedir. Bir TVPSTR modelinde $h = 1$ alındığında model monotonik değişimlere olanak sağlarken, $h = 2$ alındığında değişimler $(c_{21} + c_{22})/2$ etrafında simetrik olmaktadır. Değişimdeki yumuşaklık γ_2 ile kontrol edilmektedir. $\gamma_2 \rightarrow \infty$ olduğu durumda, $G(t; \gamma_2, c_2)$, $h = 1$ iken $I[t > c_{21}]$ birim fonksiyonuna, $h = 2$ iken $1 - I[c_{21} < t \leq c_{22}]$ birim fonksiyonuna denk olmaktadır. Bir başa söylemle Eşitlik (5.39) yapısal kırılmayı içermektedir.

$\gamma_2 = 0$ iken $G(t; \gamma_2, c_2)$ fonksiyonu $\frac{1}{2}$ 'ye eşit olur ve Eşitlik (5.37)'de belirtilen model sabit parametrelere sahip olur. Dolayısıyla $H_0: \gamma_2 = 0$ hipotezi reddedilmez. Bu durumda β_{20} , β_{21} ve c_2 parametreleri belirlenemez. Problemin çözümü ise $\gamma_2 = 0$ etrafında birinci sıra Taylor genişlemesinin kullanılmasıdır. Terimler yeniden düzenlenirse yardımcı regresyon

$$y_{it} = \alpha_i + \theta_{10}x_{it} + \theta_{11}x_{it}t + \theta_{20}x_{it}t^2 + \dots + \theta_{h0}x_{it}t^h + (\theta_{20}x_{it} + \theta_{h+1}x_{it}t + \dots + \theta_{2h}x_{it}t^h)F(q_{it}; \gamma_1, c_1) + \varepsilon_{it}^* \quad (5.40)$$

biçiminde gösterilebilir. Burada $R(t, \gamma_2, c_2)$ kalan terimler olmak üzere $\varepsilon_{it}^* = \varepsilon_{it} + R(t, \gamma_2, c_2)$ 'dir. Eşitlik (5.40)'da θ_j parametre vektörü $j = 1, 2, \dots, h, h+1, \dots, 2h$ için γ_2 'nin çarpanlarıdır. Bu durumda $H_0: \gamma_2 = 0$ boş hipotezi yeniden $H_0^*: \theta_j = 0$ olarak formülize edilebilir.

Boş hipotez altında test istatistiği LM_χ asimptotik olarak $\chi^2(2hk)$ dağılımına sahiptir ve $LM_F = LM_\chi/2hk$ yaklaşık olarak $F(2hk, TN - N - 2k(h + 1) - (m + 1))$ dağılmaktadır.

5.2.1.3.2. Kalıntı heterojenlik testi

Doğrusal olmama durumunun kalmaması (heterojenliğin kalmaması olarak belirtilebilir) ile ilgili olarak Eşitlik (5.29)'da belirtilen toplamsal PSTAR modeli $r = 2$ için ele alınsın. Bu durumda model;

$$y_{it} = \alpha_i + \beta'_0 x_{it} + \beta'_1 x_{it} F_1(q_{it}^{(1)}; \gamma_1, c_1) + \beta'_2 x_{it} F_2(q_{it}^{(2)}; \gamma_2, c_2) + \varepsilon_{it} \quad (5.41)$$

$q_{it}^{(1)}$ ve $q_{it}^{(2)}$ geçiş fonksiyonları olmak üzere gösterilebilir. Heterojenliğin kalmadığına ilişkin tahmin edilen iki rejimli PSTAR modelinde boş hipotez $H_0: \gamma_2 = 0$ şeklinde oluşturulabilir. Test sürecinde benzer olarak hata terimlerinin boş hipotez altında belirlenmemiş olmasından kaynaklı problem bulunmaktadır. Bu sorun $F_2(q_{it}^{(2)}; \gamma_2, c_2)$ ifadesinin $\gamma_2 = 0$ etrafında Taylor genişlemesi kullanılarak çözümlenmektedir. Birinci sıra Taylor genişlemesi seçilerek yardımcı regresyon

$$y_{it} = \alpha_i + \theta_0 x_{it} + \theta_1 x_{it} F_1(q_{it}^{(1)}; \hat{\gamma}_1, \hat{c}_1) + \theta_{21} x_{it} q_{it}^{(2)} + \dots + \theta_{2m} x_{it} q_{it}^{(2)m} + \varepsilon_{it}^* \quad (5.42)$$

$\hat{\gamma}_1$ ve $\hat{c}_1$ boş hipotez altındaki tahminleri göstermek üzere biçiminde oluşturulabilir. Bu durumda heterojenliğin kalmadığına ilişkin boş hipotez yeniden formülize edilerek $H_0^*: \theta_{21} = \dots = \theta_{2m} = 0$ şeklinde belirtilebilir. Test için LM_χ test istatistiği $\chi^2(mk)$ dağılımı veya $F(mk, TN - N - 2 - k(m + 2))$ yaklaşık dağılımı ile kullanılabilir.

Parametre sabitliği veya heterojenliğin kalmaması testleri r 'nin herhangi bir değeri için genişletilebilir. Heterojenliğin kalmaması testinin amacı iki yönlüdür. Bu test belirlenme hatası testidir, fakat aynı zamanda test modeldeki geçiş sayısının belirlenmesi için de kullanılabilir. Bu amaçla;

- Doğrusal (homojen) model tahmin edilir ve belirlenen α anlamlılık düzeyinde homojenlik test edilir.

- Homojenlik reddedilirse, iki rejimli PSTAR modeli tahmin edilir.
- Bu modelde heterojenliğin kalmadığı boş hipotezi $0 < \tau < 1$ olmak üzere $\tau\alpha$ düzeyinde test edilir. Hipotez reddedilirse toplamsal PSTAR modeli $r = 2$ için tahmin edilir.
- Test heterojenliğin kalmadığı hipotezinin reddedilmemesine kadar devam eder.

adımları izlenerek rejim sayısı belirlenebilir.

5.2.1.4. Doğrusal olmayan panel birim kök testleri

Zaman serilerinde doğrusal olmayan birim kök testi ilk olarak, birim köke karşı TAR modelinin test edilmesiyle Enders ve Granger (1998) ve Caner ve Hansen (2001) çalışmaları ile başlamıştır. Daha sonra Kapetanios ve Shin (2000) çalışmasında birim köke karşı SETAR modeli testi geliştirmiştir. Birim köke karşı ESTAR modeli ise Kapetanios vd. (2003) çalışması (KSS) ile ortaya konulmuştur.

Bu test için öncelikle bir STAR modeli ele alınsın:

$$y_t = \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-1} F(\gamma; y_{t-d}) + \varepsilon_t \quad (5.43)$$

Burada geçiş fonksiyonunun

$$F(\gamma; y_{t-d}) = 1 - \exp(-\gamma y_{t-d}^2) \quad (5.44)$$

biçiminde $\gamma > 0$ ve gecikme parametresi $d \geq 1$ olmak üzere üssel formda olduğu varsayılmaktadır. Dolayısıyla ESTAR modeli

$$y_t = \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-1} [1 - \exp(-\gamma y_{t-d}^2)] + \varepsilon_t \quad (5.45)$$

olarak yazılabilir. Eşitlik yeniden düzenlenirse $\phi = \beta_1 - 1$ olmak üzere

$$\Delta y_t = \phi y_{t-1} + \beta_2 y_{t-1} [1 - \exp(-\gamma y_{t-d}^2)] + \varepsilon_t \quad (5.46)$$

modeline ulaşılabilir. Üssel yumuşak geçişli otoregresif modelinde $\emptyset \geq 0$ olduğunda sürecin durağan olması için $\beta_2 < 0$ ve $\emptyset + \beta_2 < 0$ koşulları sağlanmalıdır. Bu koşullar altında, y_{t-d}^2 'nin küçük değerleri için süreç birim kök gösterebilir fakat büyük değerleri için süreç durağandır. Kapetanios vd. (2003), gerçek sürecin doğrusal olmayan bir süreç olduğunda ADF testinin gücünün yeterli olmadığını belirtmiştir.

Üssel yumuşak geçişli otoregresif modeli $\emptyset = 0$ altında

$$\Delta y_t = \beta_2 y_{t-1} [1 - \exp(-\gamma y_{t-d}^2)] + \varepsilon_t \quad (5.47)$$

şeklinde yeniden yazılabilir. Sürecin global durağanlığı $H_0: \gamma = 0$ boş hipotezinin $H_0: \gamma > 0$ alternatif hipoteze karşı test edilmesi ile araştırılabilir. Fakat test, β_2 'nin boş hipotez altında belirlenmemesinden kaynaklı doğrudan kullanışlı olmayabilir. Bu durumda Luukkonen vd. (1988) önerileri doğrultusunda geçiş fonksiyonu yerine Taylor yaklaşımı kullanılabilir. Geçiş fonksiyonu yerine birinci sıra Taylor yaklaşımı kullanıldığında yardımcı regresyon

$$\Delta y_t = \theta y_{t-d}^3 + e_t \quad (5.48)$$

olarak oluşturulabilir. Bu durumda $\theta = 0$ 'a karşı $\theta < 0$ hipotezleri için gerekli test istatistiği,

$$t_{NL} = \hat{\theta} / s.e.(\hat{\theta}) \quad (5.49)$$

şeklinde hesaplanabilir. Sürecin ortalamasız ve/veya doğrusal deterministik trend ile tanımlanmasıyla ilgili çeşitli düzenlemeler yapmak gereklidir. Verinin sıfırdan farklı ortalamaya sahip olduğu durumda yani $x_t = \mu + y_t$ durumunda, ham verinin $y_t = x_t - \bar{x}$ dönüşümü yapılarak kullanılması gereklidir. Benzer yaklaşım doğrusal deterministik trend için de geçerlidir. Veride sıfırdan farklı ortalama ve doğrusal trend varsa, verinin $y_t = x_t - \hat{\mu} - \hat{\alpha}t$ dönüşümü ile kullanılması gereklidir. Bunun yanında hata terimlerinin ilişkili olduğu durumda, Eşitlik (5.46),

$$\Delta y_t = \sum_{j=1}^p \rho_j \Delta y_{t-j} + \beta_2 y_{t-1} [1 - \exp(-\gamma y_{t-d}^2)] + \varepsilon_t \quad (5.50)$$

olarak genişletilmelidir.

5.2.1.4.1. Uçar ve Omay testi

Kapetanios vd. (2003) yılında ortaya koydukları doğrusal olmayan birim kök testi Uçar ve Omay (2009) çalışmasında IPS yaklaşımı temel alınarak panel veriler için genişletilmiştir. Bu test (UO testi) için IPS testinin temel alınma nedeni, testin daha genel varsayımlara dayanmasıdır. Uçar ve Omay (2009) çalışmasında öncelikle bir heterojen bir PSTAR modelini

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_{1i} y_{i,t-1} + \beta_{2i} y_{i,t-1} [1 - \exp(-\gamma_i y_{i,t-d}^2)] + \varepsilon_{i,t} \quad (5.51)$$

ve yeniden parametrelendirilmiş

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \phi_i y_{i,t-1} + \beta_{2i} y_{i,t-1} [1 - \exp(-\gamma_i y_{i,t-d}^2)] + \varepsilon_{i,t} \quad (5.52)$$

modelini ele almıştır. Burada $\phi_i = \beta_{1i} - 1$ ve gecikme parametresi tüm i 'ler için $d \geq 1$ 'dir. Bunun yanında $\gamma > 0$ ortalamaya dönüş hızını belirtmektedir.

$\phi_i \geq 0$ durumunda global durağan süreci elde etmek için $\beta_{2i} < 0$ ve $\phi_i + \beta_{2i} < 0$ koşulları sağlanmalıdır. Bu koşulların sağlandığı durumlarda, $y_{i,t-d}^2$ 'nin küçük değerleri için orta rejimlerde birim köke sahip olur. Diğer taraftan $y_{i,t-d}^2$ 'nin büyük değerleri için süreç durağandır. $\phi_i = 0$ ve $d = 1$ alınarak *PSTAR*(1) modeline ulaşılabilir.

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_{2i} y_{i,t-1} [1 - \exp(-\gamma_i y_{i,t-1}^2)] + \varepsilon_{i,t} \quad (5.53)$$

Eşitlik (5.53) temel alınarak doğrusal olmayan panel birim kök testi için $\gamma_i = 0$ ve $\gamma_i > 0$ hipotezleri test edilebilir. Fakat boş hipotez altında β_{1i} 'nin belirlenmemesinden kaynaklı birinci sıra Taylor yaklaşımı kullanılarak

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \theta_i y_{i,t-1}^3 + \varepsilon_{i,t} \quad (5.54)$$

$\theta_i = \gamma_i \beta_{1i}$ olmak üzere yardımcı regresyon elde edilebilir. Bu durumda hipotezler $H_0: \theta_i = 0$ ve $H_0: \theta_i < 0$ şeklinde oluşturulabilir. Panel birim kök testi için ise bireysel KSS istatistiklerinin ortalaması alınabilir. Kapetanios, Shin ve Snell istatistikleri Eşitlik (5.54)'de belirtilen modelde δ_i 'nin t istatistiklerinden elde edilebilir. t istatistikleri $t_{i,NL}$ olarak gösterildiğinde

$$t_{i,NL} = \frac{\Delta y_i' M_\tau y_{i,-1}^3}{\hat{\sigma}_{i,NL} (y_{i,-1}' M_\tau y_{i,-1})^{3/2}} \quad (5.55)$$

olarak hesaplanabilir. Burada $\hat{\sigma}_{i,NL}^2 = \Delta y_i' M_\tau \Delta y_i / (T - 1)$, $M_\tau = I_T - \tau_T (\tau_T' \tau_T)^{-1} \tau_T'$ 'dir. Bunun yanında $\Delta y_i = (\Delta y_{i,1}, \Delta y_{i,2}, \dots, \Delta y_{i,T})'$, $y_{i,-1}^3 = (y_{i,0}^3, y_{i,1}^3, \dots, y_{i,T-1}^3)'$ ve $\tau_T = (1, 1, \dots, 1)'$ 'dir. Dolayısıyla sabit T için ortalama istatistikler

$$\bar{t}_{NL} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{i,NL} \quad (5.56)$$

olarak hesaplanabilir. Burada $\bar{t}_{NL}$ 'nin dağılımı standart olmadığından test için gerekli kritik değerler Monte Carlo simülasyonu ile elde edilebilir¹⁸.

5.2.1.4.2. Emirmahmutoğlu ve Omay testi

Heterojen panellere karşı simetrik veya asimetrik ESTAR tipi doğrusal olmama durumuna ilişkin birim kök testi Emirmahmutoğlu ve Omay (2014) çalışması ile ortaya konulmuştur. Sollis (2009) çalışmasına paralel olarak genişletilen bu testte (EO) aynı zamanda yatay kesit bağımlılık sorununa ilişkin Chang (2004)'in sieve bootstrap yöntemi uyarlanmıştır.

Sollis (2009) tarafından önerilen test, doğrusal olmayan asimetrik heterojen panellere

¹⁸ Ayrıntılı bilgi için Uçar ve Omay (2009) çalışması incelenebilir.

$$\Delta y_{it} = F_{it}(\gamma_{1i}, y_{i,t-1}) \times \left\{ G_{it}(\gamma_{2i}, y_{i,t-1}) \rho_{1i} + \left(1 - G_{it}(\gamma_{2i}, y_{i,t-1}) \right) \rho_{2i} \right\} y_{i,t-1} + \varepsilon_{it} \quad (5.57)$$

şeklinde

$$F_{it}(\gamma_{1i}, y_{i,t-1}) = 1 - \exp(-\gamma_{1i} y_{i,t-1}^2), \gamma_{1i} \geq 0 \quad (5.58)$$

ve

$$G_{it}(\gamma_{2i}, y_{i,t-1}) = [1 + \exp(-\gamma_{2i} y_{i,t-1})]^{-1}, \gamma_{2i} \geq 0 \quad (5.59)$$

olmak üzere genişletilebilir. $\gamma_{1i} > 0$ ve $\gamma_{2i} \rightarrow \infty$ iken durum değişkeni $y_{i,t-1}$ için sapmanın boyutu yüksek olur ve γ_{1i} 'nin geçiş hızını belirttiği ESTAR geçişleri orta rejim ile dış rejim arasında görülür. Geçiş fonksiyonunun 0 ve 1 değerini aldığı durumda sırasıyla sapma negatif yönlü ise dış rejim $\Delta y_{it} = \rho_{i2} y_{i,t-1} + \varepsilon_{it}$, sapma pozitif yönlü ise $\Delta y_{it} = \rho_{i1} y_{i,t-1} + \varepsilon_{it}$ 'dir. Bunun yanında $\rho_{i1} \neq \rho_{i2}$ iken otoregresif düzeltme asimetriktir. Burada $\rho_{i1} = \rho_{i2} = \rho_i$ iken Eşitlik (5.57)'nin UO testini içerdiği belirtilmelidir. Ayrıca $\gamma_{2i} \rightarrow \infty$ varsayımı ile lojistik fonksiyon indirgenmekte ve TAR modeli gibi hareket etmektedir. Asimetri aynı zamanda γ_{2i} 'nin küçük ve orta değerleri için görülebilir. ρ_{i1} ve ρ_{i2} 'nin alacağı değerlerden bağımsız olarak γ_{2i} 'nin bir diğer uç değeri için ($\gamma_{2i} \rightarrow 0$) bileşke fonksiyon

$$F_{it}(\gamma_{1i}, y_{i,t-1}) \times \left\{ G_{it}(\gamma_{2i}, y_{i,t-1}) \rho_{1i} + \left(1 - G_{it}(\gamma_{2i}, y_{i,t-1}) \right) \rho_{2i} \right\} \quad (5.60)$$

$G_{it}(\gamma_{2i}, y_{i,t-1}) \rightarrow 0.5$ olduğunda simetrik davranış sergiler. Dolayısıyla bu özellik serinin simetrik veya asimetrik dinamiklere sahip olup olmadığının test edilmesinde kullanılabilir. Eşitlik (5.57)'de belirtilen modelde hata terimlerinin korelasyona sahip olmasına göre model

$$\Delta y_{it} = F_{it}(\gamma_{1i}, y_{i,t-1}) \times \left\{ G_{it}(\gamma_{2i}, y_{i,t-1}) \rho_{1i} + \left(1 - G_{it}(\gamma_{2i}, y_{i,t-1}) \right) \rho_{2i} \right\} y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \delta_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \quad (5.61)$$

biçiminde genişletilebilir. Birim kök hipotezi, global simetrik veya asimetrik ESTAR tipi doğrusal olmama durumuna karşı $H_0: \gamma_{1i} = 0$ boş hipotezi ile test edilebilir. Fakat boş hipotez altında γ_{2i} , ρ_{i1} ve ρ_{i2} parametreleri belirlenemediğinden, KSS testine paralel olarak Taylor yaklaşımı kullanılarak yardımcı model elde edilebilir.

Çözüm için $\gamma_{1i} = 0$ ve $\gamma_{2i} = 0$ etrafında Taylor çözümlemesi yapılabilir. Dolayısıyla Solis (2009) çalışması izlenerek iki aşamada yardımcı regresyon elde edilebilir. Eşitlik (5.57)'de $F_{it}(\gamma_{1i}, y_{i,t-1})$ fonksiyonu $\gamma_{1i} = 0$ etrafında birinci sıra Taylor genişlemesi ile güncellenerek

$$\Delta y_{it} = \rho_{1i} \gamma_{1i} y_{i,t-1}^3 G_{it}(\gamma_{2i}, y_{i,t-1}) + \rho_{2i} \gamma_{1i} y_{i,t-1}^3 (1 - G_{it}(\gamma_{2i}, y_{i,t-1})) + \varepsilon_{it} \quad (5.62)$$

modeline ulaşılabılır. Eşitlik (5.61)'de belirtilen $G_{it}(\gamma_{2i}, y_{i,t-1})$ ifadesi $\gamma_{2i} = 0$ etrafında birinci sıra Taylor genişlemesi ile güncellenerek $\alpha = 1/4$ olmak üzere

$$\Delta y_{it} = \alpha(\rho_{2i}^* - \rho_{1i}^*) \gamma_{1i} \gamma_{2i} y_{i,t-1}^4 + \rho_{2i}^* \gamma_{1i} y_{i,t-1}^3 + \varepsilon_{it} \quad (5.63)$$

modeline ulaşılabılır. Katsayılar yeniden düzenlenirse $\phi_{1i} = \rho_{2i}^* \gamma_{1i}$ ve $\phi_{2i} = \alpha(\rho_{2i}^* - \rho_{1i}^*) \gamma_{1i} \gamma_{2i}$ olmak üzere yardımcı regresyon

$$\Delta y_{it} = \phi_{2i} y_{i,t-1}^4 + \phi_{1i} y_{i,t-1}^3 + \varepsilon_{it} \quad (5.64)$$

biçiminde elde edilebilir. Eşitlik (5.64) hata terimlerinde korelasyon durumuna göre

$$\Delta y_{it} = \phi_{1i} y_{i,t-1}^3 + \phi_{2i} y_{i,t-1}^4 + \sum_{j=1}^{p_i} \delta_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \quad (5.65)$$

şeklinde genişletilebilir. Bu durumda $H_0: \gamma_{1i} = 0$ boş hipotezi $H_0: \phi_{1i} = \phi_{2i} = 0$ olarak yeniden tanımlanabilir. Test istatistiği ise bireysel $F_{i,AE}$ istatistiklerinin ortalaması alınarak

$$\bar{F}_{AE} = N^{-1} \sum_{i=1}^N F_{i,AE} \quad (5.66)$$

olarak hesaplanabilir.

Sollis (2009) bireysel $F_{i,AE}$ istatistiklerinin standart F dağılımına sahip olmadığını belirtmiştir. Dolayısıyla hesaplanan test istatistikleri de standart F dağılımına sahip değildir. Bu nedenle kritik değerler N ve T 'nin farklı değerlerine göre stokastik simülasyon ile hesaplanabilir.

Diğer taraftan birim kök hipotezi reddedildiğinde, simetriklik ve asimetriklik $H_0: \phi_{2i} = 0$ ile $H_1: \phi_{2i} \neq 0$ hipotezine karşı test edilebilir. Simetrik boş hipotezi altında Sollis (2009) standart t dağılımlı bireysel t istatistiklerini ($t_{i,AE}^{as}$) önermiştir. Panel veri modelleri için bu istatistiklerin ortalaması $\bar{t}_{i,AE}^{as}$ alınabilir.

Test istatistiklerinin limit dağılımları hata terimlerinin iid olduğu varsayımı altında mevcuttur. Fakat hata terimlerinin bağımsız olmadığı durumda, test istatistiklerinin limit dağılımları geçerli olmamakta ve bilinmemektedir. Bu nedenle Chang (2004) çalışmasında önerilen sieve bootstrap yöntemi kullanılarak dağılımlar elde edilebilir.

Bu amaçla öncelikle

$$\Delta y_{it} = \phi_{1,i} y_{i,t-1}^3 + \phi_{2,i} y_{i,t-1}^4 + \sum_{j=1}^{p_i} \delta_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \quad (5.67)$$

modeli için gecikme uzunluğu belirlenir. Sonrasında Basawa vd. (1991) çalışması izlenerek $\phi_{1,i} = \phi_{2,i} = 0$ altında artık terimlerin bootstrap örnekleri yaratılır ve hata terimleri

$$\hat{\varepsilon}_{it} = \Delta y_{it} - \sum_{j=1}^{p_i} \hat{\delta}_{ij} \Delta y_{i,t-j} \quad (5.68)$$

ile tahmin edilir. Tahmin edilen artık terimler

$$\tilde{\varepsilon}_t = \hat{\varepsilon}_t - (T - p - 2)^{-1} \sum_{t=p+2}^T \hat{\varepsilon}_t \quad (5.69)$$

ile ortalananır. Burada $\hat{\varepsilon}_t = (\hat{\varepsilon}_{1t}, \dots, \hat{\varepsilon}_{Nt})'$ ve $p = \max(p_i)$ olarak gösterilmektedir. Ortalanan artık terimlere ilişkin matris oluşturularak, hata terimlerinin kovaryans yapısını muhafaza etmek için rassal olarak bir sütunu seçilir. Bootstrap artık terimleri $t =$

$1, 2, \dots, T^*$ ve $T^* = 2T$ olmak üzere $\tilde{\varepsilon}_{it}^*$ ile gösterilir. Sonrasında Δy_{it}^* yinelemeli regresyon ile

$$\Delta y_{it}^* = \sum_{j=1}^{p_i} \delta_{ij} \Delta y_{i,t-j}^* + \tilde{\varepsilon}_{it}^* \quad (5.70)$$

ile yaratılır. Durağan olmayan bootstrap örnekleri kısmı toplamalarla elde edilir.

$$y_{it}^* = \sum_{j=1}^t \Delta y_{ij}^* \quad (5.71)$$

Bootstrap örnekleri kullanılarak, bootstrap istatistikleri, $\bar{F}_{AE}^*$,

$$\Delta y_{it}^* = \phi_{1i} y_{i,t-1}^{*3} + \phi_{2i} y_{i,t-1}^{*4} + \sum_{j=1}^{p_i} \delta_{ij} \Delta y_{i,t-j}^* + v_{it} \quad (5.72)$$

ile hesaplanabilir. Benzer süreç yenilenerek $\bar{F}_{AE}^*$ istatistiğinin bootstrap dağılımı ve kritik değerleri bulunabilir.

Birim kök hipotezi ($\phi_{1i} = \phi_{2i} = 0$) reddedilirse $\bar{t}_{AE}^*$ 'nin ampirik dağılımı sieve bootstrap algoritması ile elde edilebilir. $\phi_{2i} = 0$ altında, genetik algoritma optimizasyon yöntemi kullanılarak her birey için

$$\Delta y_{it} = F_{it}(\gamma_{1i}, y_{i,t-1}) \rho_i y_{i,t-1} + \varepsilon_{it} \quad (5.73)$$

ile $\hat{\gamma}_{1i}$, $\hat{\rho}_i$ tahmin edilir.

Gecikme sayısı

$$\hat{\varepsilon}_{it} = \sum_{j=1}^{p_i} \beta_{ij} \hat{\varepsilon}_{i,t-j} + u_{it} \quad (5.74)$$

kullanılarak belirlenir.

Artık terimler

$$\tilde{u}_t = \hat{u}_t - (T - p - 2)^{-1} \sum_{t=p+2}^T \hat{u}_t \quad (5.75)$$

kullanılarak ortalılır.

Ortalanarak artık terimlere ilişkin matris oluşturularak, hata terimlerinin kovaryans yapısını muhafaza etmek için rassal olarak bir sütunu seçilir. Bootstrap artık terimleri $t = 1, 2, \dots, T^*$ ve $T^* = 2T$ olmak üzere $\tilde{u}_{it}^*$ ile gösterilir.

Sonrasında doğrusal olmayan bootstrap örnekleri, Δy_{it}^* , yinelemeli regresyon ve eşanlı olarak

$$\hat{\varepsilon}_{it}^* = \sum_{j=1}^{p_i} \hat{\beta}_{ij} \hat{\varepsilon}_{i,t-j}^* + \tilde{u}_{it}^* \quad (5.76)$$

$$\Delta y_{it}^* = G_{it}(\hat{y}_{1i}, y_{i,t-1}^*) \hat{\rho}_i y_{i,t-1}^* + \hat{\varepsilon}_{it}^* \quad (5.77)$$

eşitliklerinden elde edilebilir.

Bootstrap örnekleri kullanılarak, bootstrap istatistiği, $\bar{t}_{AE}^*$,

$$\Delta y_{it}^* = \phi_{1i} y_{i,t-1}^{*3} + \phi_{2i} y_{i,t-1}^{*4} + \sum_{j=1}^{p_i} \delta_{ij} \Delta y_{i,t-j}^* + v_{it} \quad (5.78)$$

regresyonundan elde edilebilir.

Bootstrap istatistiğinin dağılımı ve kritik değerlerinin bulunması için Eşitlik (5.75) - Eşitlik (5.78) adımları tekrar edilir.

5.2.2. Doğrusal olmayan panel eşbütünleşme testleri

Heterojen paneller için doğrusal olmayan eşbütünleşme testi alternatif hipotezde ESTAR modeli olmak üzere Omay vd. (2012) tarafından geliştirilmiştir. Bu amaçla öncelikle

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i x_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5.79)$$

modeli ele alınsın. Burada $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_m)$, $x_{it} = (x_{1t}, \dots, x_{mt})$ olarak belirtilmiştir. Bunun yanında $z'_{it} \equiv (y_{it}, x'_{it})$ vektörü $z_{it} = z_{t-1} + u_{it}$ şeklinde yaratıldığı varsayılmaktadır. Eşitlik (5.79)'daki hata terimleri durağansa z_{it} vektörü eşbütünleşiktir ve ε_{it} denge hatası olarak nitelendirilir (Engle ve Granger, 1987). Yazarlar çalışmasında ε_{it} 'nin

$$\varepsilon_{it} = \gamma \varepsilon_{i,t-1} + \phi_i \varepsilon_{i,t-1} F(\varepsilon_{it}; \theta_i) + \xi_{it} \quad (5.80)$$

biçiminde doğrusal olmayan bir modele sahip olduğunu varsaymıştır. Burada μ'_i düzey parametrelerinin vektörünü belirtmek üzere $F(\varepsilon_{it}; \theta_i) = 0$ veya $F(\varepsilon_{it}; \theta_i) = -\gamma_i \mu'_i$ alınarak doğrusal eşbütünleşme eşitliğine ulaşılabilmektedir (Kapetanios vd., 2006). Modelde yer alan geçiş fonksiyonunun ise üssel biçimde olduğu varsayılmıştır.

$$F(\varepsilon_{it}; \theta_i) = 1 - \exp(-\gamma_i \varepsilon_{i,t-1}^2) \quad (5.81)$$

Eşitlikler birleştirildiğinde ve yeniden düzenlendiğinde

$$\Delta \varepsilon_{it} = \varphi_i \varepsilon_{i,t-1} + \psi_i \varepsilon_{i,t-1} [1 - \exp(-\gamma_i \varepsilon_{i,t-1}^2)] + u_{it} \quad (5.82)$$

modeline ulaşılabilmektedir. Burada $-\gamma_i > 0$ ise ortalamaya dönüş hızını belirtmektedir. $\varphi_i \geq 0$ ise süreç $\varepsilon_{i,t-1}^2$ 'nin küçük değerleri için birim kök davranışı gösterebilir. Dengeden sapmalar yeterince büyükse ($\varepsilon_{i,t-1}^2$ 'nin büyük değerler alması), süreç durağan dinamiklere sahiptir.

$\varphi_i = 0$ alınarak (ε_{it} orta rejimde birim kök sürecine sahiptir) ve hata terimlerinin olası korelasyona sahip olması göz önünde bulundurularak

$$\Delta \varepsilon_{it} = \psi_i \varepsilon_{i,t-1} [1 - \exp(-\gamma_i \varepsilon_{i,t-1}^2)] + \sum_{j=1}^p \rho_{ij} \Delta \varepsilon_{i,t-j} + u_{it} \quad (5.83)$$

regresyon modeli elde edilebilir. Eşbütünleşme testi γ_i parametresi temel alınarak, boş hipotezde eşbütünleşmenin olmadığı biçiminde oluşturulabilir. Fakat boş hipotezin doğrudan testi ψ_i 'nin boş hipotez altında belirlenememesinden kaynaklı etkin değildir. Bu sorunun çözümü için Luukkonen vd. (1988) yaklaşımı kullanılarak

$$\Delta \varepsilon_{it} = \theta_i \varepsilon_{i,t-1}^3 + \sum_{j=1}^{p_i} \rho_{ij} \Delta \varepsilon_{i,t-j} + e_{it} \quad (5.84)$$

yardımcı regresyona ulaşılabilir. Sonuç olarak test

$$H_0: \theta_i = 0$$

$$H_1: \theta_i < 0$$

olmak üzere kurulabilir. Uçar ve Omay (2009) çalışmasına paralel olarak, test tüm panel boyunca bireysel eşbütünleşme test istatistiklerinin ortalamasını standartlaştırarak oluşturulabilir. Test istatistiği bu durumda

$$t_{i,NL} = \frac{\Delta \varepsilon_i' M_t u_{i,-1}^3}{\hat{\sigma}_{i,NL} (\varepsilon_{i,-1}' M_t \varepsilon_{i,-1})^{3/2}} \quad (5.85)$$

ile hesaplanabilir. Burada $\hat{\sigma}_{i,NL}^2 = \Delta \varepsilon_i' M_t \varepsilon_i / (T - 1)$, $M_t = I_T - \tau_T (\tau_T' \tau_T)^{-1} \tau_T'$, $\Delta \varepsilon_i = (\Delta \varepsilon_{i-1}, \dots, \Delta \varepsilon_{i-T})'$ ve $\tau_T = (1, \dots, 1)'$ 'dir. Hesaplanan test istatistiğinin normalleştirilmiş biçimi,

$$\bar{Z}_{NL} = \frac{\sqrt{N}(\bar{t}_{NL} - E(t_{i,NL}))}{\sqrt{\text{var}(t_{i,NL})}} \quad (5.86)$$

olarak $\bar{t}_{NL} = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_{NL}$ ve $E(t_{i,NL})$ ile $\sqrt{\text{var}(t_{i,NL})}$ sırayısıyla beklenen değer ve varyansı göstermek üzere hesaplanabilir.

Panel modellerinde sıklıkla karşılaşılan sorunlardan biri yatay kesit bağımlılığıdır. Yatay kesit bağımlılığının varlığı klasik birim kök ve eşbütünleşme testlerini geçersiz kılmaktadır. Bu sorunun çözümüne ilişkin Moon vd. (2004), Bai ve Ng (2004), Pesaran (2007), Bai vd. (2009), Omay ve Kan (2010) çalışmaları örnek verilebilir. Omay vd. (2012) çalışmasında yatay kesit bağımlılık sorununun çözümü için Uçar ve Omay (2009) yaklaşımı kullanılarak sieve bootstrap yöntemi kullanmıştır. Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunduğu ve uzun dönemli ilişki kurulduğunda panel hata düzeltme modeli kurulabilir. Yalnızca uzun dönemli denge düzeyine olan düzeltmeler değil aynı zamanda değişkenler

arasındaki dinamik ilişkilerinde doğrusal olmaması durumundan kaynaklı yazarlar panel yumuşak geçişli vektör hata düzeltme modelini (PSTRVEC) önermiştir. Böylelikle rejimlere göre ilişki biçimi incelenebilmektedir.

Panel yumuşak geçişli vektör hata düzeltme modeli

$$\Delta y_{it} = \mu_1 + \beta_1 ec_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \theta_{1j} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{q_i} \vartheta_{1j} \Delta x_{i,t-j} + G(s_{it}; \gamma, c) \left\{ \tilde{\beta}_1 ec_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \tilde{\theta}_{1j} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{q_i} \tilde{\vartheta}_{1j} \Delta x_{i,t-j} \right\} + \xi_{1it} \quad (5.87)$$

$$\Delta x_{it} = \mu_2 + \beta_2 ec_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{r_i} \theta_{2j} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{s_i} \vartheta_{2j} \Delta x_{i,t-j} + G(s_{it}; \gamma, c) \left\{ \tilde{\beta}_2 ec_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{r_i} \tilde{\theta}_{2j} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{s_i} \tilde{\vartheta}_{2j} \Delta x_{i,t-j} \right\} + \xi_{2it} \quad (5.88)$$

olarak belirtilebilir. Burada μ_i bireysel sabit etkileri, ec_{it} Eşitlik (5.79)'dan tahmin edilen ($ec_{it} = \hat{\varepsilon}_{it}$) hata düzeltme terimini göstermektedir. ξ_{it} 'nin ise $z'_{it} \equiv (y_{it}, x_{it})'$ vektörünün tarihsel bilgisine göre martingale özelliğini sağladığı varsayılmaktadır.

Gonzales vd. (2005) ile Omay ve Kan (2010) STAR modelleri için geçiş fonksiyonunu

$$F(s_{it}; \gamma, c) = \left(1 + \exp(-\gamma \prod_{j=1}^m (s_{it} - c_j)) \right)^{-1} \quad (5.89)$$

biçiminde $\gamma > 0$ ve $c_m \geq \dots \geq c_1 \geq c_0$ olmak üzere ele almıştır.

Kurulan PSTRVEC modeli doğrusal olmayan EKK tahmin edicileri ile tahmin edilebilir. Geçiş fonksiyonunda parametreleri sabit değerleri için, γ ve c , PSTRVEC modeli $\mu_i, \beta, \theta_j, \vartheta_j, \tilde{\beta}, \tilde{\theta}_j, \tilde{\vartheta}_j$ parametrelerinde doğrusaldır. Dolayısıyla EKK tahmin edicileri ile tahmin edilebilir. Doğrusal olmayan EKK yönteminde başlangıç noktalarının seçimi için ise γ ve c üzerinde iki boyutlu grid araştırması uygulanabilir.

Olası yatay kesit bağımlılığı sorunun çözümü için ise tüm bireyler için iteratif olarak GEKK yöntemi kullanılabilir. Panel yumuşak geçişli vektör hata düzeltme modelinde parametrelerin tahmin edilmesinden sonra, değişkenler arası nedensellik ilişkisinin ortaya çıkarılması amacıyla Granger nedensellik testi uygulanabilir. Tahmin edilen model,

değişkenler arası rejimlere bağlı dinamiklerin ortaya çıkarılmasına olanak sağladığından, Li (2006) yaklaşımı izlenerek her rejim için Granger nedensellik testi uygulanabilir.

Panel yumuşak geçişli vektör hata düzeltme modelinde rejimler geçiş fonksiyonunun uç değerleri ile ilişkilidir. Örnek olarak geçiş değişkeninin gelir ve geçiş fonksiyonunun birinci sıra lojistik fonksiyon olduğu durumda, rejimler düşük gelir ve yüksek gelir ile ilişkili olacaktır. Dolayısıyla nedensellik testleri düşük gelir ve yüksek gelirli dönemler için ayrı ayrı uygulanabilir. Örnek çevresel bozulma ve gelir ilişki için kurulduğunda nedensellik testleri aşağıda belirtilen biçimlerde kurulabilir:

- Kısa dönemde çevresel bozulma düşük gelirli dönemlerde (gelirin belirli eşik değerden düşük olduğu durumda) gelirin Granger nedeni değildir: ($H_0: \vartheta_1 = 0$)
- Uzun dönemde çevresel bozulma düşük gelirli dönemlerde (gelirin belirli eşik değerden düşük olduğu durumda) gelirin Granger nedeni değildir: ($H_0: \beta_1 = 0$ ve/veya $H_0: \beta_1 = \vartheta_1 = 0$)
- Kısa dönemde çevresel bozulma yüksek gelirli dönemlerde (gelirin belirli eşik değerden büyük olduğu durumda) gelirin Granger nedeni değildir: ($H_0: \vartheta_1 = \tilde{\vartheta}_1 = 0$)
- Uzun dönemde çevresel bozulma yüksek gelirli dönemlerde (gelirin belirli eşik değerden büyük olduğu durumda) gelirin Granger nedeni değildir: ($H_0: \beta_1 = \tilde{\beta}_1 = 0$ ve/veya $H_0: \beta_1 = \tilde{\beta}_1 = \vartheta_1 = \tilde{\vartheta}_1 = 0$)
- Kısa dönemde gelir, düşük gelirli dönemlerde (gelirin belirli eşik değerden düşük olduğu durumda) çevresel bozulmanın Granger nedeni değildir: ($H_0: \theta_1 = 0$)
- Uzun dönemde gelir, düşük gelirli dönemlerde (gelirin belirli eşik değerden düşük olduğu durumda) çevresel bozulmanın Granger nedeni değildir: ($H_0: \beta_2 = 0$ ve/veya $H_0: \theta_1 = 0$)
- Kısa dönemde gelir, yüksek gelirli dönemlerde (gelirin belirli eşik değerden büyük olduğu durumda) çevresel bozulmanın Granger nedeni değildir: ($H_0: \theta_1 = \tilde{\theta}_1 = 0$)
- Uzun dönemde gelir, yüksek gelirli dönemlerde (gelirin belirli eşik değerden büyük olduğu durumda) çevresel bozulmanın Granger nedeni değildir: ($H_0: \beta_2 = \tilde{\beta}_2 = 0$ ve/veya $H_0: \beta_2 = \tilde{\beta}_2 = \theta_1 = \tilde{\theta}_1 = 0$)

6. BÖLÜM

DOĞRUSAL OLMAYAN MODELLER UYGULAMA

Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezinin sınanması amacıyla oluşturulan doğrusal sabit etkiler modeli, hipotezin geçerliliğini reddetmemiştir. Fakat tahmin edilen dönüm noktaları çalışmada yer alan ülkelerin kişi başı GSYH değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Diğer taraftan literatürde CO₂'nin bağımlı değişken olarak alındığı birçok çalışmada ÇKE hipotezinin reddedilmesi kurulan modellerin temel varsayımlarından biri olan serilerin doğrusal ilişkiye sahip olmayabileceğinden kaynaklanmış olabilir.

Bu bölümde Çalışmada doğrusal modellerle test edilen ÇKE hipotezi dördüncü bölümde teorik olarak belirtilen PSTAR modeli kullanılarak tahmin edilecektir. Bir PSTAR modelinin kurulabilmesi için gerekli koşullardan biri modelde yer alan değişkenlerin durağan olmasıdır. Bu çerçevede dördüncü bölümde doğrusal modellerle yapılan ve sonuç olarak her üç veri setinde de CO₂_PC ve GDP_PC değişkenlerinin I(1) olduğu ve POP değişkeninin I(0) olduğunu belirten testler yerine Uçar ve Omay (2009) çalışmasında ortaya konulan UO testi ile Emirmahmutoğlu ve Omay (2014) çalışmasında ortaya konulan EO testleri serilere uygulanmıştır. Serilerde doğrusal olmama durumundan kaynaklı birim kökün varlığı hipotezinin reddedilmemesi, doğrusal olmayan bu testlerin gücünün daha yüksek olması bunun yanında yatay kesit bağımlılığının varlığı altında bu testlerin yapılabilmesi ve EO testi için serinin asimmetrik özelliklerin ortaya konulması anlamında bu testlerin kullanılmasına karar verilmiştir.

6.1. Doğrusal Olmayan Panel Birim Kök Test Sonuçları

Çalışmada kullanılan seriler için oluşturulan UO ve EO test sonuçları Çizelge 6.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 6.1 Doğrusal olmayan panel birim kök test sonuçları

Veri seti /Değişken	Model	UO Testi		EO Testi			
		tbar test istatistiği	p değeri	Fbar test istatistiği	p değeri	tbar test istatistiği	p değeri
SET1_CO2_PC	Sabitsiz	0.2050	1.0000	4.5796	0.0000	2.5100	0.0000
	Sabitli	-1.4430	0.8250	2.6830	0.1830		
	Sabit ve trendli	-2.2760	0.2880	4.4116	0.0540	1.1180	0.5180
SET1_GDP_PC	Sabitsiz	1.2650	1.0000	5.8303	0.0000	2.4980	0.0000
	Sabitli	-0.8860	0.9860	1.5880	0.9760		
	Sabit ve trendli	-1.9410	0.9140	3.7090	0.4220		
SET1_POP	Sabitsiz	-2.0790	0.0000	4.1238	0.0000	1.2930	0.0680
	Sabitli	-2.1640	0.0000	4.6042	0.0000	1.1800	0.2640
	Sabit ve trendli	3.1110	0.0000	7.0849	0.0000	1.3730	0.0350
SET2_CO2_PC	Sabitsiz	-0.1020	0.9780	4.0010	0.0030	2.3830	0.0000
	Sabitli	-1.6580	0.5190	3.2448	0.0530	1.2320	0.3440
	Sabit ve trendli	-2.3070	0.3290	4.9098	0.0320	1.1340	0.4740
SET2_GDP_PC	Sabitsiz	1.1330	0.9990	6.9472	0.0000	3.2980	0.0000
	Sabitli	-1.2410	0.8470	1.3370	0.9610		
	Sabit ve trendli	-2.1220	0.6940	4.4310	0.2320		
SET2_POP	Sabitsiz	-2.3270	0.0000	5.3830	0.0000	1.4490	0.0430
	Sabitli	-2.8430	0.0000	6.2841	0.0000	1.2500	0.1760
	Sabit ve trendli	-3.1950	0.0000	7.6248	0.0000	1.3530	0.0950
SET3_CO2_PC	Sabitsiz	0.4140	1.0000	4.9722	0.0000	2.5970	0.0000
	Sabitli	-1.2970	0.9280	2.3020	0.5210		
	Sabit ve trendli	-2.2560	0.3330	4.0740	0.2000		
SET3_GDP_PC	Sabitsiz	1.3540	1.0000	5.0723	0.0000	1.9550	0.0010
	Sabitli	-0.6450	0.9990	1.7590	0.9510		
	Sabit ve trendli	-1.8180	0.9690	3.2190	0.7620		
SET3_POP	Sabitsiz	-1.9110	0.0000	3.2694	0.0000	1.1860	0.3290
	Sabitli	-1.7040	0.1390	3.4643	0.0045	1.1320	0.4510
	Sabit ve trendli	-3.0540	0.0000	6.7185	0.0000	1.3870	0.0670

Çizelge 6.1’de her üç veri setinde yer alan CO2_PC, GDP_PC ve POP değişkenleri için sabitsiz, sabitli ve sabit ve trendli model sonuçları yer almaktadır. Kurulan modeller gecikme sayıları 5 gecikmeye kadar sınanmış ve SIC kullanılarak uygun gecikme sayısına karar verilmiştir. Buna ek olarak test istatistiklerinin ampirik dağılımlarının oluşturulması için 2000 replikasyon yapılmış ve p-değerleri elde edilmiştir.

Uçar ve Omay (2009) yaklaşımı kullanılarak yapılan UO testi sonuçlarına göre her üç veri setinde de Pesaran (2007) test sonuçlarına paralel bir şekilde POP değişkeni dışındaki CO2_PC ve GDP_PC değişkenlerinin durağan olmadığı boş hipotezi sabitsiz, sabitli ve

sabitli ve trendli modeller için reddedilmemiştir. Diğer taraftan serilere EO testi uygulandığında tüm seriler için sabitsiz model birim kökün varlığı boş hipotezi reddedilmiş ve serilerde (üçüncü veri setindeki POP değişkeni hariç) asimetrik yapının var olduğu gösterilmiştir. Bir başka söylemle seriler için doğrusal olmayan asimetrik ortalamaya dönüş özelliklerinin geçerli olmaktadır.

Yalnızca sabit terimin içerildiği modellere bakıldığında EO testi sonuçlarına göre birinci veri setinde CO2_PC ve GDP_PC değişkenlerinin durağan olmadığı söylenebilir. İkinci veri setinde ise yalnızca sabit terimin içerildiği model için CO2_PC değişkeni durağan fakat asimetrimin olmadığı, GDP_PC değişkeninin ise durağan olmadığı belirtilebilir. Üçüncü veri seti için yalnızca sabit terimin içerildiği modellerde CO2_PC ve GDP_PC değişkenleri durağan bulunmamıştır.

POP değişkeni ise her üç veri setinde tüm modellerde durağan olarak bulunmuş fakat yalnızca sabitli ve trendli modellerde asimetrimin olmadığı diğer modellerde asimetrimin olduğu gösterilmiştir. Buna ek olarak ikinci veri setinde sabitsiz ve trendsiz model için de POP değişkeninde asimetrik etkinin olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak doğrusal ve doğrusal olmayan simetrik panel birim kök testlerine göre birinci düzeyde durağan olduğu gösterilen CO2_PC ve GDP_PC değişkenlerinin durağan olmayan asimetrik panel birim kök testinde durağan olduğu gösterilmiştir. Dolayısıyla kurulacak PSTAR modeli için modelde yer alacak tüm değişkenlerin durağan olduğuna karar verilmiş ve seriler düzeyde modele dahil edilmiştir.

6.2. Doğrusal Olmayan Panel Veri Modeli Sonuçları

Yukarıda belirtildiği üzere kurulacak bir PSTAR modelinde modelde yer alacak değişkenlerin durağan olması sahte regresyon probleminin ortaya çıkmaması açısından gereklidir. Bu çerçevede kullanılan serilere UO ve EO testleri uygulanmış ve nihayetinde tüm serilerin durağan olduğuna karar verilmiştir.

Beşinci bölümde belirtildiği üzere PSTAR modelinin belirlenmesi için ilk aşama rejimler arası geçişin anlamlı olup olmadığı test edilmelidir. Bu kapsamda serilere doğrusallık

testleri uygulanmıştır. Burada Eşitlik (5.27)'de belirtilen bir PSTAR modeli ele alındığında geçiş fonksiyonunda yer alan geçiş parametresi γ veya eşik parametresi c 'nin 0'a eşitliği test edilmektedir. Boş hipotezlerin reddedilmemesi durumunda doğrusal olmayan modelin geçerliği olduğu söylenebilir.

Yapılan doğrusallık testi aynı zamanda istatistiksel olarak kullanılabilecek geçiş değişkenini belirlemekte de kullanılabilir. Fakat bu çalışmada ÇKE hipotezinin geçerliliğinin araştırılması amacıyla geçiş değişkeni olarak literatürde konu ile ilgili yapılan diğer çalışmalara paralel olarak GDP_PC değişkeni alınmıştır (Fouquau, 2009; Aslandis ve Iranzo, 2011; Giovanis, 2012; Duarte vd., 2012). Buna beşinci bölümde ve ek olarak Gonzales vd. (2005) çalışmasında belirtildiği üzere geçiş fonksiyonunun yapısını belirleyen m değeri 1 ve 2 alınarak oluşturulan doğrusallık testi sonuçları Çizelge 6.2'de belirtilmiştir.

Çizelge 6.2 Doğrusallık testi sonuçları

Veri seti	m=1		m=2	
	Test istatistiği	p-değeri	Test istatistiği	p-değeri
Set 1	213.5091	0.0000	106.4918	0.0000
Set 2	96.3752	0.0000	47.8932	0.0000
Set 3	168.7150	0.0000	84.0084	0.0000

Çizelge 6.2'de görüldüğü üzere her üç veri setinde de doğrusallık hipotezi GDP_PC geçiş değişkeni için reddedilmiştir. Buna ek olarak geçiş fonksiyonunun yapısına ilişkin $m = 1$ ve $m = 2$ arasında seçim için p-değerinin en küçük değerlerine bakılmış $m = 1$ 'in daha uygun olduğuna karar verilmiştir. Sonuç olarak Eşitlik (5.28)'de belirtilen fonksiyon için $m=1$ alınmıştır.

Modelin belirlenme aşamasında geçiş fonksiyonunun lojistik veya üssel olup olmadığına karar verebilmek için dördüncü bölümde belirtildiği üzere

$$H_{01}: \theta_{4i} = 0$$

$$H_{02}: \theta_{3i} = 0 | \theta_{4i} = 0$$

$$H_{03}: \theta_{2i} = 0 | \theta_{3i} = \theta_{4i} = 0$$

hipotezleri test edilmiştir. Test sonuçları Çizelge 6.3’de belirtilmiştir.

Çizelge 6.3 Model seçim test sonuçları

Veri seti	H ₀₁		H ₀₂		H ₀₃	
	Test istatistiği	p-değeri	Test istatistiği	p-değeri	Test istatistiği	p-değeri
Set1	15.1432	0.0001	217.1499	0.0000	762.1360	0.0000
Set2	39.6060	0.0000	86.1304	0.0000	312.8743	0.0000
Set3	78.0189	0.0000	79.8306	0.0000	614.3831	0.0000

Test sonuçlarına göre ele alınan geçiş fonksiyonun lojistik veya üssel formda olup olmadığına dördüncü bölümde belirtildiği üzere

- Model LSTAR ise θ_{4i} ’in sıfırdan farklı olması gerekmektedir.
- Model ESTAR modeli iken θ_{3i} her zaman sıfırdan farklı olmalıdır. Model LSTAR iken θ_{3i} sıfır ve $\beta_{1,0} = \beta_{2,0}$ ve $c = 0$ ise θ_{3i} sıfır olmalıdır.
- Model ESTAR iken $\beta_{1,0} = \beta_{2,0}$ ve $c = 0$ ise θ_{2i} sıfır olmalıdır. Fakat model LSTAR iken θ_{2i} sıfırdan farklı olmalıdır.

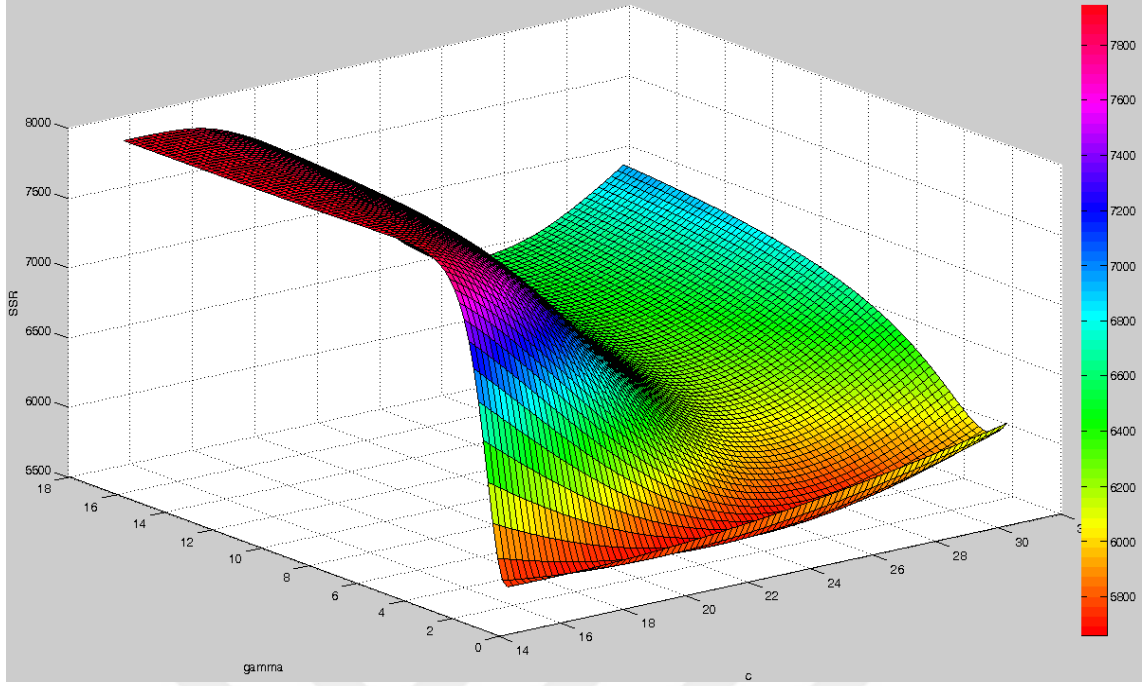
kriterleri çerçevesinde değerlendirme yapılmış geçiş fonksiyonunun gerek istatistiksel açıdan gerek ele alınan hipoteze uygunluğu açısından lojistik formda olmasına karar verilmiştir.

Mevcut aşamada öncelikle doğrusal olmayan modellerin geçerli olup olmadığının belirlenmesi amacıyla doğrusallık testi yapılmış ve doğrusal olmayan modellerin geçerli olduğuna karar verilmiştir. Sonrasında geçiş değişkeni olarak konuya ve literatüre uygun olarak GDP_PC değişkeni alınmış ve geçiş fonksiyonunun lojistik formda modelde yer alması belirtilmiştir.

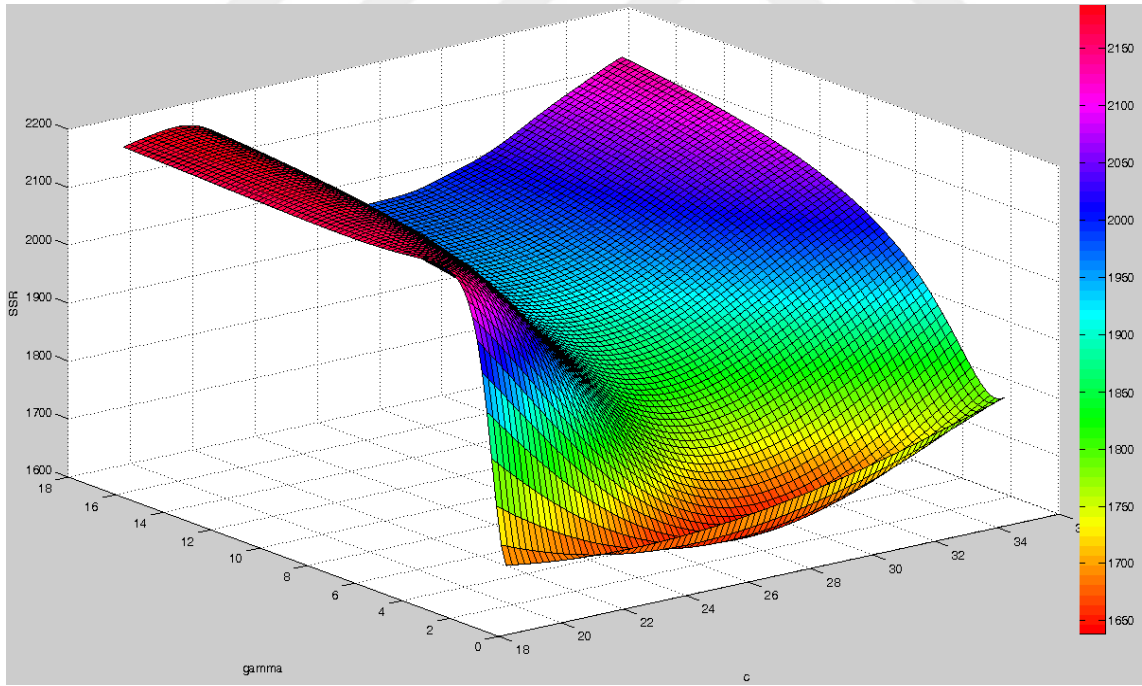
Uygun geçiş değişkeni ve fonksiyonun belirlenmesi sonrası model parametreleri tahmin edilebilir. Tahmin aşamasında beşinci bölümde belirtildiği üzere doğrusal olmayan EKK yöntemi kullanılabilir. Bu yöntem için gerekli başlangıç değerleri ise geçiş parametresi, γ ve eşik parametresi c için iki boyutlu grid araştırması ile yapılabilir. Modelde yer alan her birim için kullanılacak kukla değişkenlerin başlangıç değerleri doğrusal model tahminleri kullanılmıştır.

Geçiş parametresi ve eşik parametresi için grid araştırması için, eşik parametresi geçiş değişkeninin en küçük ve en büyük değerleri arasında 0.1 aralıklarla, geçiş parametresi için ise 1 ile 17 arasında 0.1 aralıklarla yapılmıştır. Grid araştırması sonucu elde edilen SSR'yi gösteren grafikler şekil 6.1, şekil 6.2 ve şekil 6.3'de birinci, ikinci ve üçüncü veri seti için gösterilmiştir.

şekil 6.1'de birinci veri seti için grid araştırma sonuçları grlmektedir. Geçiş ve eşik parametreleri için yapılan araştırmalarda SSR en küçük 5659.55 değerine geçiş parametresinin 1.7 ve eşik parametresinin 23.3 değerinde grlmektedir.

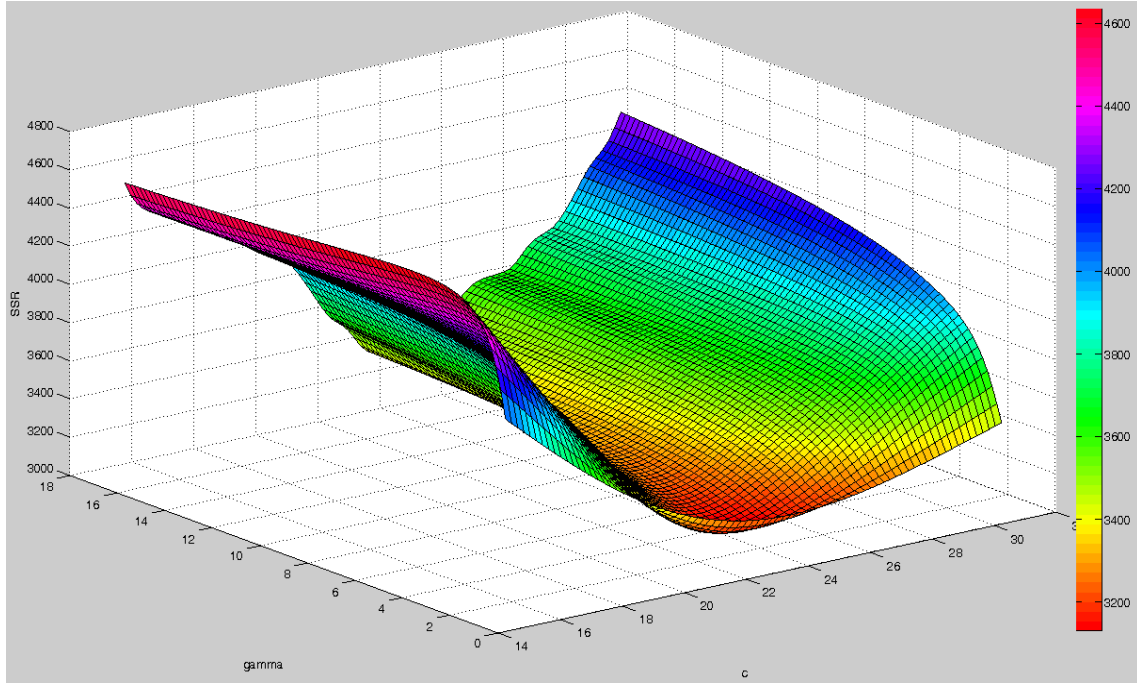


Şekil 6.1 Set 1 için grid araştırma sonuçları



Şekil 6.2 Set 2 için grid araştırma sonuçları

Şekil 6.2’de belirtilen ikinci veri seti için grid araştırma sonuçlarına göre ise SSR en küçük 1637.64 değerine geçiş parametresinin 1.7 ve eşik parametresinin 27.3 değerinde görülmektedir. Şekil 6.3’de belirtilen üçüncü veri seti için grid araştırma sonuçlarına göre ise SSR en küçük 3128.68 değerine geçiş parametresinin 2 ve eşik parametresinin 23 değerinde görülmektedir.



Şekil 6.3 Set 3 için grid araştırma sonuçları

Bu kapsamda belirlenen başlangıç değerleri model parametreleri tahmin edilmiş ve sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 6.4 PSTAR model sonuçları

CO2_PC	Set 1	Set 2	Set 3
GDP_PC_1	0.7857	0.4738	0.8606
p-değeri	0.0003	0.0000	0.0000
POP_1	-0.0562	-0.7009	-0.0419
p-değeri	0.6935	0.0772	0.5894
GDP_PC_2	-0.5582	-0.3436	-0.7793
p-değeri	0.0041	0.0009	0.0000
POP_2	-1.1415	1.2700	0.0841
p-değeri	0.1677	0.2761	0.7787
Gamma	1.6948	1.7243	1.9832
p-değeri	0.0000	0.0000	0.0002
c	23.6228	27.3264	23.0583
p-değeri	0.0000	0.0002	0.0000
SSR	5658.5572	1637.6005	3128.6840

Çizelge 6.4’de Eşitlik (5.27)’de belirtilen PSTAR modeli sonuçları yer almaktadır. Kurulan model daha açık

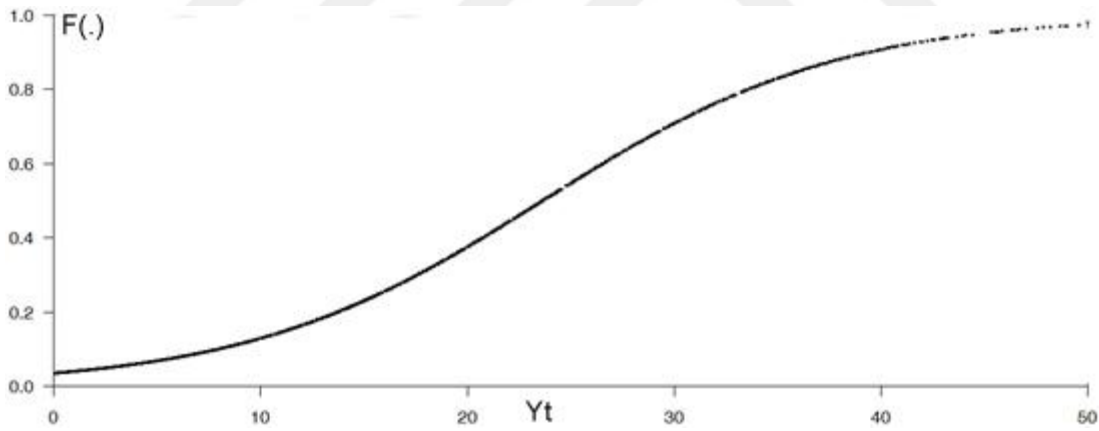
$$CO2_PC_{it} = \alpha_i + \beta'_{01}GDP_PC_{it} + \beta'_{02}POP_{it} + (\beta'_{11}GDP_PC_{it} + \beta'_{12}POP_{it})F(GDP_PC_{it}; \gamma, c) + \varepsilon_{it} \quad (6.1)$$

olarak gösterilebilir. Çizelge 6.4 modelde yer alan γ geçiş parametresini, c eşik parametresini, GDP_PC_1 (β'_{01}) geçiş fonksiyonunun 0 değeri aldığı anda GDP_PC değişkeninin, POP_1 (β'_{02}) geçiş fonksiyonunun 0 değeri aldığı anda POP değişkeninin ve paralel olarak GDP_PC_2 (β'_{11}) ve POP_2 (β'_{12}) sırasıyla geçiş fonksiyonunun 1 değeri aldığı anda GDP_PC ve POP değişkenlerinin katsayılarını belirtmektedir. SSR ise kurulan modellerdeki SSR’yi göstermektedir.

Bu çerçevede birinci veri seti için eşik parametresi veya konuyla ilişkili olarak dönüm noktasının altında GDP_PC değişkeninin (β'_{01}) işareti pozitif ve anlamlı olarak tahmin edilmiştir. Dolayısıyla ekonomik büyümenin ilk evrelerinde ekonomik büyümeye paralel olarak çevresel bozulmanın arttığı söylenebilir. Fakat diğer taraftan tahmin edilen dönüm noktasından sonra GDP_PC değişkeninin işareti ($\beta'_{01} + \beta'_{11}$) 0.2274 ile pozitif bir değere

sahiptir. Bir başka söylemle dönüm noktasından sonra da ekonomik büyüme ile birlikte büyümenin ilk evrelerinde olduğu kadar olmasa da çevresel bozulmanın devam ettiği söylenebilir. Dolayısıyla doğrusal modeller ile geçerli olduğu sonucuna varılan fakat dönüm noktası 54182 USD olarak tahmin edilen ÇKE hipotezi doğrusal olmayan modeller kullanılarak kabul edilmemiştir. Bunun yanında çalışmada kişi başı CO₂ emisyonlarını etkileyeceği düşünülen nüfus artış hızı değişkeni ise her iki rejimde de anlamlı bulunmamıştır. İstatistiksel olarak anlamlı bulunmasa da birinci veri setinde düşük ve yüksek gelirli rejimde de bu değişkenin etkisi negatif yönlü olarak tahmin edilmiştir. Diğer bir ifadeyle nüfus artış hızının artmasının kişi başı CO₂ emisyonlarını azaltacağı söylenebilir. Sayısal olarak ise azaltım miktarının yüksek gelirli dönemde daha belirgin olabileceği söylenebilir. Modelde tahmin edilen γ parametresi Şekil 6.4’de gösterilmiştir.

Şekil 6.4’de rejimler arası geçişin yumuşak olduğu ve tahmin edilen c değerinin fonksiyonun yaklaşık ortalarında yer aldığı, yani düşük ve yüksek gelirli rejimlerin orta noktadan ayrıştırıldığı söylenebilir.

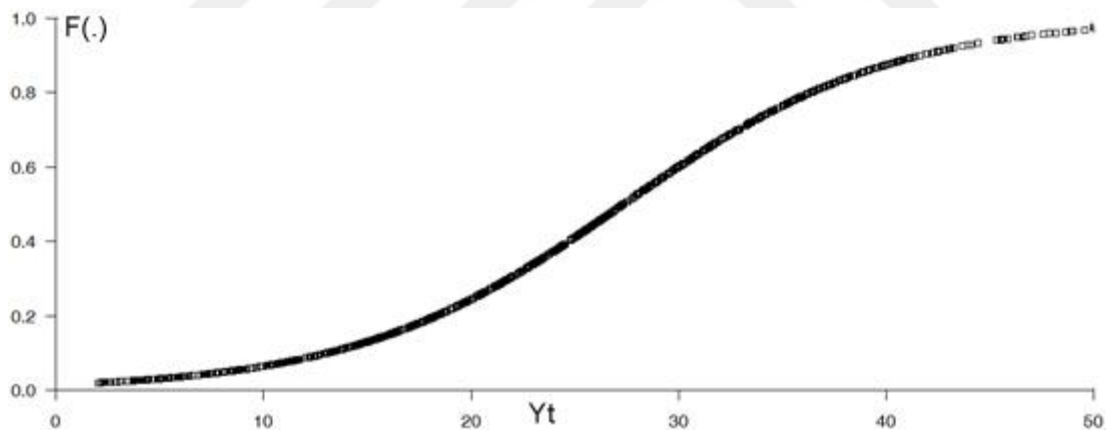


Şekil 6.4 Birinci veri seti için geçiş fonksiyonu

İkinci veri seti için ise birinci veri setine paralel bir şekilde eşik parametresi veya konuyla ilişkili olarak dönüm noktasının altında GDP_PC değişkeninin işareti pozitif ve anlamlı olarak 0.4738 değeri ile tahmin edilmiştir. Dolayısıyla bu veri setinde de ekonomik büyümenin ilk evrelerinde ekonomik büyümeye paralel olarak çevresel bozulmanın arttığı belirtilebilir. Fakat diğer taraftan tahmin edilen dönüm noktasından sonra GDP_PC

değişkeninin işareti 0.1302 ile pozitif bir değere sahiptir. Bir başka söylemle dönüm noktasından sonra da ekonomik büyüme ile birlikte büyümenin ilk evrelerinde olduğu kadar olmasa da çevresel bozulmanın devam ettiği söylenebilir. Dolayısıyla doğrusal modeller ile geçerli olduğu sonucuna varılan fakat dönüm noktası 61122 USD olarak tahmin edilen ÇKE hipotezi doğrusal olmayan modeller kullanılarak kabul edilmemiştir. Bunun yanında çalışmada kişi başı CO₂ emisyonlarını etkileyeceği düşünülen nüfus artış hızı değişkeni ise alt rejimde anlamlı bulunurken, üst rejimde istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Burada birinci veri setinden farklı olarak üst rejimde nüfus artış hızının kişi başı CO₂ emisyonlarına pozitif katkısı olduğu söylenebilir. Alt rejimde ise birinci veri setine benzer şekilde nüfus artış hızının yükselmesinin kişi başı CO₂ miktarını düşüreceği belirtilebilir. Modelde tahmin edilen γ parametresi Şekil 6.5’de gösterilmiştir.

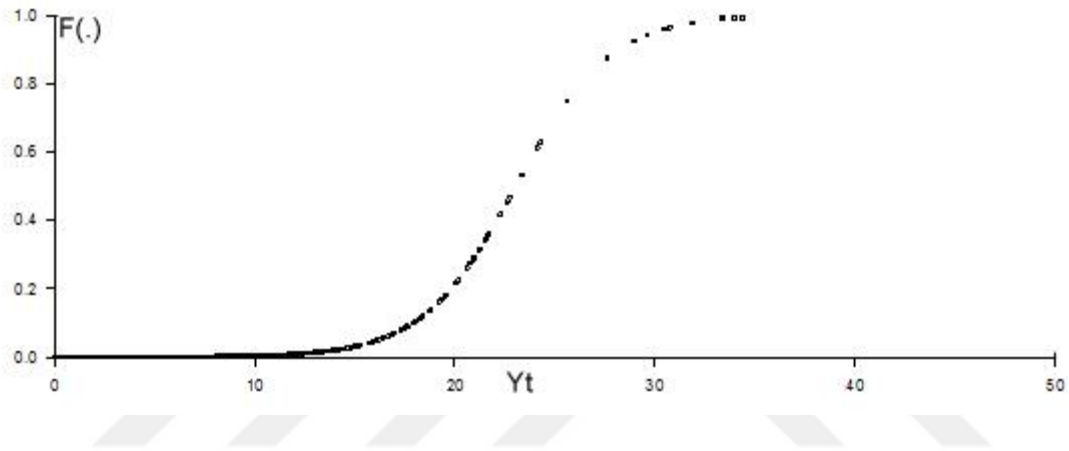
Şekil 6.5’de rejimler arası geçişin yumuşak olduğu ve tahmin edilen c değerinin fonksiyonun yaklaşık ortalarında yer aldığı, yani düşük ve yüksek gelirli rejimlerin orta noktadan ayrıştırıldığı söylenebilir.



Şekil 6.5 İkinci veri seti için geçiş fonksiyonu

Üçüncü veri seti için ise birinci ve ikinci veri setine paralel bir şekilde eşik parametresi veya konuyla ilişkili olarak dönüm noktasının altında GDP_PC değişkeninin işareti pozitif ve anlamlı olarak 0.8606 değeri ile tahmin edilmiştir. Dolayısıyla bu veri setinde de ekonomik büyümenin ilk evrelerinde ekonomik büyümeye paralel olarak çevresel bozulmanın arttığı belirtilebilir. Fakat diğer taraftan tahmin edilen dönüm noktasından

sonra GDP_PC değişkeninin işareti 0.0813 ile pozitif bir değere sahiptir. Bir başka söylemle dönüm noktasından sonra da ekonomik büyüme ile birlikte büyümenin ilk evrelerinde olduğu kadar olmasa da çevresel bozulmanın devam ettiği söylenebilir. Dolayısıyla doğrusal modeller ile geçerli olduğu sonucuna varılan fakat dönüm noktası 23650 USD olarak tahmin edilen ÇKE hipotezi doğrusal olmayan modeller kullanılarak kabul edilmemiştir. Bunun yanında çalışmada kişi başı CO₂ emisyonlarını etkileyeceği düşünülen nüfus artış hızı değişkeni ise alt rejimde ve üst rejimde istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Modelde tahmin edilen γ parametresi Şekil 6.6’da gösterilmiştir.



Şekil 6.6 Üçüncü veri seti için geçiş fonksiyonu

Şekil 6.6’da rejimler arası geçişin yumuşak olduğu ve tahmin edilen c değerinin fonksiyonun orta noktasının solunda yer aldığı görülmüştür.

Çalışmada kullanılan her üç veri seti için kurulan PSTAR modelleri veri üretim sürecinin iki rejimli olduğu durumlar için kurulmuştur. Heterojenliğin kalıp kalmadığı ise dördüncü bölümde belirtildiği üzere Eşitlik (5.27)’de belirtilen PSTAR modeli $r = 2$ için kurulmuş ve

$$H_0^*: \theta_{21} = \dots = \theta_{2m} = 0$$

hipotezi test edilmiştir. Kurulan daha yüksek rejimli modellerde de ek geçiş fonksiyonları lojistik formda alınmış ve geçiş değişkeni ele alınan konuyla ilgili olarak GDP_PC olarak

belirlenmiştir. Modellerde yer alan başlangıç değerleri ise yukarıda iki rejimli modellere paralel olarak grid araştırmasıyla tespit edilmiştir.

Bu çerçevede birinci veri seti için c ve γ başlangıç değerleri birinci ve ikinci geçiş fonksiyonunda sırasıyla 23.4-1.6 ve 27.7-15 olarak belirlenmiş ve SSR 5526.23 olarak hesaplanmıştır. İkinci veri setinde ise $r=2$ testinde c ve γ başlangıç değerleri birinci ve ikinci geçiş fonksiyonunda sırasıyla 24-6.4 ve 37.3-3.3 olarak belirlenmiş ve SSR 1518.50 olarak hesaplanmıştır. Üçüncü veri setinde ise c ve γ başlangıç değerleri birinci ve ikinci geçiş fonksiyonunda sırasıyla 15.1-17 ve 24-3 olarak belirlenmiş ve SSR 3037.79 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6.5 Kalıntı heterojenlik test sonuçları

	$r=2$			$r=3$
	Set 1	Set 2	Set 3	Set 2
Test istatistiği	1.1580	2.8583	1.1898	1.0346
p-değeri	0.2044	0.0000	0.2106	0.4166

Çizelge 6.5’de görüldüğü üzere 3 rejimli modelin geçerliliği birinci ve üçüncü veri seti için reddedilmiş, bir başka söylemle ilk kurulan iki rejimli modelin veri üretim sürecini karakterize etmek bakımından yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Diğer taraftan ikinci veri seti için ise Eşitlik (5.27)’de belirtilen r sayısı 2 alındığında kurulan hipotez reddedilmemiş ve üç rejimli model iki rejimli modele tercih edilmiştir. Dolayısıyla bir geçiş fonksiyonu daha eklenerek daha geniş bir model kurulmuş ve $r = 3$ için test yinelenmiştir. $r = 3$ testinde ise c ve γ başlangıç değerleri birinci, ikinci ve üçüncü geçiş fonksiyonunda sırasıyla 23.7-6.9, 37.9-2.2 ve 52-15 olarak belirlenmiş ve SSR 1484.67 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak ikinci veri seti için $r=2$ olduğu durumda modelin daha uygun olduğuna karar verilmiştir. İkinci veri seti için üç rejimli model sonuçları ise Çizelge 6.6’da belirtilmiştir.

Çizelge 6.6 İkinci veri seti için PSTAR model sonuçları

CO2_PC	Set 2
GDP_PC_1	0.4121
p-değeri	0.0000
POP_1	-0.6102
p-değeri	0.0529
GDP_PC_2	-0.1770
p-değeri	0.0002
POP_2	2.0215
p-değeri	0.0079
GDP_PC_3	-0.0874
p-değeri	0.0834
POP_3	-2.1602
p-değeri	0.0067
γ_1	6.4199
p-değeri	0.0253
c_1	24.0059
p-değeri	0.0000
γ_2	3.2537
p-değeri	0.0518
c_2	37.2972
p-değeri	0.0000
SSR	1518.4913

Çizelge 6.6'da parametreleri tahmin edilen üç rejimli PSTAR modeli daha açık yazıldığında

$$CO2_PC_{it} = \alpha_i + \beta'_{01}GDP_PC_{it} + \beta'_{02}POP_{it} + (\beta'_{11}GDP_PC_{it} + \beta'_{12}POP_{it})F(GDP_PC_{it}; \gamma_1, c_1) + (\beta'_{21}GDP_PC_{it} + \beta'_{22}POP_{it})F(GDP_PC_{it}; \gamma_2, c_2) + \varepsilon_{it} \quad (6.2)$$

olarak gösterilebilir.

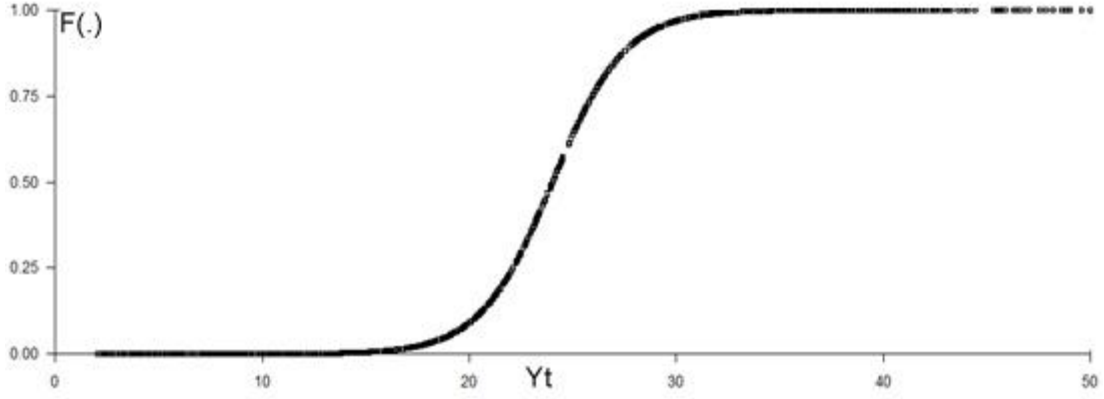
Çizelge 6.6 modelde yer alan γ_1 birinci geçiş fonksiyonundaki geçiş parametresini, c_1 birinci geçiş fonksiyonundaki eşik parametresini, γ_2 ikinci geçiş fonksiyonundaki geçiş parametresini, c_2 ikinci geçiş fonksiyonundaki eşik parametresini, GDP_PC_1 (β'_{01}) birinci ve ikinci geçiş fonksiyonunun 0 değeri aldığındaki GDP_PC değişkeninin, POP_1 (β'_{02}) birinci ve ikinci geçiş fonksiyonunun 0 değeri aldığındaki POP değişkeninin, paralel olarak GDP_PC_2 (β'_{11}) ve POP_2 (β'_{12}) sırasıyla birinci geçiş fonksiyonunun 1 değeri ikinci geçiş fonksiyonunun 0 değeri aldığındaki GDP_PC ve POP değişkenlerinin katsayılarını belirtmektedir. GDP_PC_3 (β'_{21}) ve POP_3 (β'_{22}) ise birinci ve ikinci geçiş fonksiyonunun 1 değeri aldığındaki GDP_PC ve POP değişkenlerinin katsayılarını göstermektedir.

Bu çerçevede ikinci veri seti için birinci eşik parametresi veya konuyla ilişkili olarak birinci dönüm noktasının altında GDP_PC değişkeninin (β'_{01}) işareti pozitif ve anlamlı olarak tahmin edilmiştir. Dolayısıyla ekonomik büyümenin başlangıç döneminde ekonomik büyümeye paralel olarak çevresel bozulmanın arttığı söylenebilir. Fakat diğer taraftan tahmin edilen birinci dönüm noktasından sonra GDP_PC değişkeninin işareti ($\beta'_{01} + \beta'_{11}$) 0.2351 ile pozitif bir değere sahiptir. Bir başka söylemle birinci dönüm noktasından sonra da ekonomik büyüme ile birlikte büyümenin ilk evrelerinde olduğu kadar olmasa da çevresel bozulmanın devam ettiği söylenebilir. Devamında üst rejimde ise GDP_PC değişkeninin işareti ($\beta'_{01} + \beta'_{11} + \beta'_{21}$) 0.1477 ile pozitif bir değere sahiptir. Dolayısıyla kişi başı gelirin artmasına paralel olarak çevresel bozulma göstergesi olarak ele alınan kişi başı CO₂ miktarı üç rejimde de artış göstermekte, fakat artışın büyüklüğü gelir arttıkça azalmaktadır.

İki rejimli modelin aksine POP değişkeni tüm rejimlerde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Alt rejimde ve üst rejimde POP değişkeni negatif olarak tahmin edilirken orta rejimde pozitif olarak tahmin edilmiştir. Buradan nüfus artış hızı kişi başı gelirin düşük ve yüksek olduğu durumda kişi başı CO₂ emisyonlarını azaltırken, kişi başı gelirin orta düzeyde olduğu 24005 USD ile 37297 USD aralığında pozitif bir etkiye sahiptir.

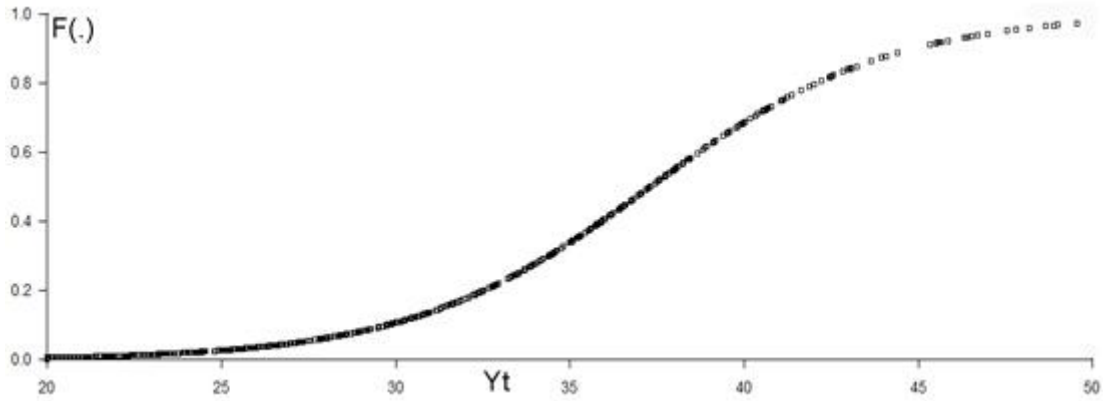
Modelde tahmin edilen γ_1 parametresi Şekil 6.7'de gösterilmiştir. Şekil 6.7'de rejimler arası geçişin iki rejimli modele göre daha belirgin olduğu ve tahmin edilen c değerinin

fonksiyonun yaklaşık ortalarında yer aldığı, yani düşük ve yüksek gelirli rejimlerin orta noktadan ayrıştırıldığı söylenebilir.



Şekil 6.7 İkinci veri seti için birinci geçiş fonksiyonu

Şekil 6.8'de ikinci veri seti için tahmin edilen ikinci geçiş fonksiyonu gösterilmiştir. Öncelikle ikinci geçiş fonksiyonunun birinci geçiş fonksiyonuna göre daha yumuşak bir yapıya sahip olduğu belirtilebilir. Bir diğer söylemle orta rejimden üst rejime geçişin alt rejimden üst rejime geçiş kadar sert olmadığı söylenebilir.



Şekil 6.8 İkinci veri seti için ikinci geçiş fonksiyonu

Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezinin geçerliliğini test etmek amacıyla öncelikle doğrusal modeller kurulmuş ve hipotezin geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Fakat kullanılan serilerde doğrusal olmama durumunun geçerli olabileceğinden kaynaklı doğrusal olmayan modeller kurularak ilgili hipotez yeniden test edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle doğrusal olmayan birim kök testleri kullanılarak serilerin durağanlık durumları araştırılmıştır. Sonuçta doğrusal modellerle durağan olmadığı sonucuna varılan serilerin esasında doğrusal olmayan karakterlerinden kaynaklı birinci derece entegre çıktığı görülmüş ve doğrusal olmayan test sonuçlarına göre birim kök içermediği tespit edilmiştir.

Sonrasında ele alınan veri setleri ile PSTAR modelleri kurulmuş ÇKE hipotezi test edilmiştir. Kurulan modellere ilişkin yapılan tahminlerde ilgili hipotezin geçerli olmadığı sonucuna varılmıştır. Fakat çalışmada kullanılan tüm veri setleri için ÇKE hipotezi geçerli olmasa da ekonomik büyümenin ilk evrelerinde çevresel bozulmanın arttığı gözlemlenirken, gelirin belirli noktalarından sonra bu artışın yavaşlayacağı tespit edilmiştir. Buna ek olarak, büyük bir çoğunluğunu gelişmiş ülkelerin oluşturduğu ek-1 ülkeleri için çevresel bozulmadaki yavaşlamanın iki aşamaya sahip olduğu söylenebilmektedir. Bu kapsamda çevresel bozulmadaki ilk azalmanın ülkelerin ortalama yaklaşık 24000 USD kişi başı gelire sahip olduğu 1990'lı yılların başında, ikinci azalmanın ise ülkelerin ortalama yaklaşık 37000 USD kişi başı gelire sahip olduğu 2010 yılı civarında gerçekleştiği söylenebilir.

Sonuçlar Aslandis ve Iranzo (2011) çalışması ile benzer niteliktedir. Aslandis ve Iranzo (2011) çalışmasında 1971-1977 dönemi için OECD üyesi olmayan ülkeleri ele almış ve ÇKE hipotezini test etmek amacıyla PSTAR modeli kurmuştur. Nihayetinde düşük gelirli rejimde CO₂ emisyon miktarının kişi başı gelirin artması ile artacağını belirtmiş ve düşük rejimde ilgili katsayıyı 0.646 olarak tahmin etmiştir ve bu durumun nispi olarak azalsa da yüksek gelirli rejimde devam edeceğini belirterek yüksek rejimde katsayıyı 0.524 olarak tahmin etmiştir. Aslandis ve Iranzo (2011) çalışmasından farklı olarak bu çalışmada birinci veri seti için yüksek gelirli rejimde bağımlı değişkenin GDP_PC değişkenindeki artıştan daha zayıf bir miktarda etkileneceği test edilmiştir. Buna ek olarak çevresel bozulma göstergesi olarak CO ve SO₂ alınan Giovannis (2012) çalışmasında İngiltere için mikro veri kullanarak kişisel gelir ve hanehalkı geliri için ÇKE hipotezini geçerli bulmamıştır. Bu çalışmada tahmin edilen değişkenlerin birçoğu kurulan modellerde anlamsız bulunmuştur.

Diğer taraftan Duarte vd. (2012) çalışmasında ise çevresel bozulma göstergesi için su kullanımı alınmış ve 65 ülke için 1960, 1970, 1980, 1990, 1995, 2000 ve 2008 yılları kullanılarak PSTAR modeli oluşturulmuş ve ÇKE hipotezinin geçerliği olduğu belirtilmiştir.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığı araştırılmıştır. Yapılan uygulamalar öncesi öncelikle sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme kavramlarına yer verilmiştir. İlk olarak 1970’li yılların başında Stockholm Konferansı ile küresel ölçekte tartışılmaya başlanan çevre konusu ile birlikte sürdürülebilirliğin temel yapıları ortaya konulmuş ve çevresel sorunların yalnızca belirli ülkelerin gündeminde yer almasından ziyade tüm ülkelerin sorumluluğu dahilinde olduğu belirtilmiştir. Bu konferansın bir diğer önemli noktası kalkınmanın çevreyi korumakla çelişkisinin olmadığına gündeme gelmesidir.

Stockholm Konferansı sonrası sürdürülebilirlik kavramına ilişkin önemli dönüm noktalarından biri 1987 yılında Brundtland Raporunun yayımlanmasıdır (WCED, 1987). Bu rapor ile birlikte sürdürülebilir kalkınmanın günümüzde de kullanılan tanımı ortaya konulmuştur. Kabaca “bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden karşılayan kalkınma” olarak ifade edilebilecek bu tanım ile birlikte sürdürülebilir kalkınmanın üç ayağının olduğu genel kabul görmüştür:

- Ekonomi
- Çevre
- Toplum

Sürdürülebilirlik kavramı dahilinde, çevre ile ekonominin birbirlerinin yerine ikame edilip edilmeyeceği tartışmalar yürütülmüş ve sürdürülebilirlik zayıf ve güçlü olarak iki kategoride değerlendirilmiştir (Ayres vd., 1998). Bu çerçevede sürdürülebilirliğin zayıf biçimi çevre ile ekonomi arasında ikamet ilişkine olanak sağlarken, güçlü sürdürülebilirlik çevresel tahribatın geri dönülemez olduğu ön kabulü ile birlikte bu ilişkinin geçerli olmaması gerektiğine tekabül etmektedir.

Bu anlamda günümüzde kullanılan ve Brundtland Raporunda içerilen sürdürülebilir kalkınma kavramının daha ziyade sürdürülebilir kalkınmanın zayıf biçimine paralel olduğu söylenebilir. Dolayısıyla üretilen sermaye ile insani sermayenin doğal sermaye ile yer değiştirebilmesinin ülkelerin sürdürülebilirliğini sağlayacağı düşünülmektedir.

Sürdürülebilirlik kavramı ile birlikte gelişen (çoğu zaman birbirlerinin yerine kullanılan) bir diğer kavram yeşil büyümedir. Yeşil büyüme kavramı, kavramsal olarak kalkınmadan ziyade ekonomik büyümeyi içermekte ve sürdürülebilir kalkınmanın temellerinden olan sosyal sürdürülebilirliği içermemektedir. Bu çerçevede yalnızca ekonomik büyüme ile çevre arasındaki ilişkiyi içeren bu kavramda ekonomik büyümenin, büyümeye katkıda bulunabilecek ve çevre dostu yatırımları teşvik eden birçok politik araçla sağlanması gerektiği ortaya konulmuştur (OECD, 2009).

Çalışmanın birinci bölümünde sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme kavramları ile birlikte çevre ve ekonomi arasındaki ilişkin çıkış noktaları belirtildikten sonra ÇKE hipotezine yer verilmiştir. Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezi sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme kavramları ile ortaya konulan çevre ile birlikte büyüme/kalkınma kavramlarının hipotezleştirilmiş biçimi olarak ele alınabilir. Bu hipoteze göre çevre ile ekonomi arasında bir ilişki vardır ve bu ilişki iki aşamadan oluşmaktadır. Ekonomik büyümenin ilk evresinde çevresel bozulmalarda artış gözlemlenirken ekonomik büyümenin belirli bir noktasından sonra bu durum ters yönde gerçekleşmektedir. Hipoteze göre çevre ile ekonomi arasında bu ilişkinin çeşitli nedenleri olabilir. Gelirin artışına paralel bir şekilde daha gelişmiş yaşam standartlarına kavuşulması ve çevresel kaliteye daha fazla önem verilmesi bu durumun nedenleri arasında gösterilmektedir (Dinda, 2004). Bunun yanında üretim sürecindeki ölçek, teknolojik ve bileşen etkileri ÇKE'ye neden olabilmektedir (Panayotou, 1993). Uluslararası ticaret çerçevesinde ortaya konulan

- Yer değiştirme hipotezi
- Kirlilik sığınağı hipotezi

ÇKE'ye neden olacak diğer kavramlar arasındadır (Copeland ve Taylor, 1995; Antweiler vd., 2001; Liddle, 2001).

Kendi kendini denetleyen piyasa mekanizmaları ile birlikte çevresel bozulmaların önlenilebileceği görüşü ÇKE'nin biçimini belirleyebilecek diğer etmenler arasındadır (Unruh ve Moomaw, 1998). Bu çerçevede fiyatların rolü, ekonomik birimlerin rolü, planlı ekonomiden piyasa ekonomisine geçişin etkisi ve bilgiye erişimin artışın katkısı bulunmaktadır.

Ekonomik büyüme ile birlikte çevresel yönetmeliklerin daha sıkılaşması çevresel bozulmanın engellenmesini sağlayabilecek bir diğer araçtır. Bu araç resmi olabileceği gibi gayri resmi düzenlemelerle de sağlanabilir.

Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezi temelde iki değişken üzerine inşa edilmiştir. Bu değişkenlerden ilki çevresel bozulma iken diğeri ekonomik büyümedir. İklim değişikliği küresel ölçekte mücadele edilen çevresel bozulma göstergelerinden biridir. İklim değişikliği kabaca nedeni ne olursa olsun iklimin ortalama durumunda ya da değişkenliğinde onlarca yıl ve daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişiklikler” biçiminde tanımlanmaktadır (BMİDÇS, 1992). Bu durumda temel nedenlerinden biri atmosferde artan seragazları gösterilmektedir. İklim değişikliği ile mücadele konusunda uluslararası ve ulusal düzeyde birçok organizasyon kurulmuş ve birçok önlem alınmaya çalışılmıştır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin oluşturulması küresel düzeyde iklim değişikliği ile mücadele konusunda atılmış en önemli adımlardan biri olarak görülebilir.

1992 yılında imzaya açılan ve 1994 yılında yürürlüğe giren sözleşme ile atmosferdeki seragazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmayı başarmak hedeflenmiştir. Bu amaçla ülkeler üç gruba ayrılmıştır. Birinci grupta sözleşmenin ek-1’inde yer alan ülkeler seragazı emisyonlarını sınırlandırarak ve ek olarak seragazı yutaklarını koruyup arttırarak iklim değişikliğini azaltmak üzere ulusal politikalar belirleyecek ve bunlara ilişkin önlemler alacaktır. İkinci grupta sözleşmenin ek-2’sinde yer alan ülkeler diğer ülkelere sözleşme amaçları doğrultusunda çevresel teknolojileri ve bilgi transferlerini sağlayacak ölçüde teşvik ve finansman yardımı sağlayacaktır. Son olarak bu eklerin dışında kalan ülkeler üçüncü grupta yer almaktadır.

Sözleşme, seragazlarının sınırlandırılması gerektiğini belirtse de sayısallaştırılmış bir hedefin olmaması Sözleşmenin uygulanabilirliği açısından sorun yaratmıştır. Kyoto’da düzenlenen COP 7’de imzaya açılan Kyoto Protokolü ile Protokole taraf olan ülkelere sayısallaştırılmış hedefler getirilmiştir. Protokole birçok ülkenin taraf olmaması küresel ölçekte seragazlarının kontrol altında tutulması yönünde en büyük problem olarak ortaya çıkmıştır. 2015 yılı Aralık ayında düzenlenen olan COP 21 ile birlikte sözleşmeye taraf

olan tüm ülkeler iklim değişikliği ile mücadele konusunda ulusal katkılarının ortaya koymuştur.

Ülkemiz açısından iklim değişikliği ile mücadele konusunda atılmış en önemli adımlardan biri İDEP'tir. Bu kapsamda birçok alanda amaçlar ve hedefler belirlenerek iklim değişikliği ile mücadele eylemleri ortaya konulmuştur.

Çalışmanın birinci ve ikinci bölümünde kavramsal olarak sürdürülebilir kalkınma, yeşil büyüme, ÇKE ve iklim değişikliği ele alınmış ve konunun önemi belirtilmiştir. Çalışmanın devamında ise ekonomik büyüme ile çevresel bozulma ilişkisi ÇKE hipotezi çerçevesinde araştırılmıştır. Bu kapsamda doğrusal ve doğrusal olmayan panel veri modelleri kullanılmıştır. Doğrusal panel veri modellerine ilişkin teorik açıklamalara üçüncü bölümde doğrusal olmayan panel veri modellerine ilişkin teorik ayrıntılara ise beşinci bölümde yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde belirtildiği üzere çalışmada ÇKE hipotezinin test edilmesinde kullanılacak iki temel değişken kişi başı GSYH ile kişi başı CO₂ emisyonu olarak alınmıştır. Bu değişkenlerin yanı sıra bağımlı değişken olan kişi başı CO₂ emisyonunu etkileyebileceği düşünülen nüfus artış hızı değişkeni kontrol değişkeni olarak analizlere dahil edilmiştir.

Yapılan analizlerde kullanılan veriler 1960-2012 dönemi için DB ve Küresel Atmosferik Araştırma için Emisyon veri tabanlarından veri mevcudiyetine göre seçilmiş 19 ek-1 ülkesi ile 28 ek-1 dışı ülke olmak üzere toplam 47 ülkeden oluşmaktadır. Yapılan analizler tüm ülkeler, ek-1 ülkeleri ve ek-1 dışı ülkeler ayrıntısında gösterilmiştir.

Doğrusal panel veri uygulaması için öncelikle yatay kesit bağımlılık sorununun varlığı araştırılmış ve buna göre kullanılacak birim kök testine karar verilmiştir. Tüm modeller için yatay kesit bağımlılık sorunu bulunduğu Pesaran (2007) yaklaşımı kullanılarak birim kök testleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak her üç veri setinde de nüfus artış hızı düzeyde durağan olarak tespit edilirken diğer değişkenlerin birinci derece entegre olduğu belirlenmiştir.

Kullanılan değişkenlerin durağanlığının araştırılması sonrası sabit etkili model karesel formda kurularak parametreler tahmin edilmiştir. Bu noktada kurulan modelde ilişkin değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılık sorunlarının varlığı araştırılmış ve bu üç sorunun da var olduğu gözlemlenmiştir. Sorunların çözümü için Hoechle ve Basel (2007) çalışmasındaki öneriler doğrultusunda Driscoll Kraay standart hataları kullanılmıştır.

Sonuç olarak doğrusal panel veri modelleri ile yapılan analizlerde kişi başı GSYH değişkeni pozitif işaretli ve bu değişkenin karesi negatif işaretli olarak anlamlı bulunmuştur. Dolayısıyla çalışmada ele alınan her üç veri seti için de ÇKE hipotezinin geçerli olduğu tespit edilmiştir. Eğrilerin dönüm noktaları ise birinci, ikinci ve üçüncü veri setlerinde sırasıyla 54182 USD, 61122 USD ve 23650 USD olarak tahmin edilmiştir.

Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezi üzerine yapılan bazı uygulamalı araştırmalarda hipotezin geçerli olmadığı sonucuna varılmıştır (Roca, 2003; Wang vd., 2011; Du vd., 2012; Chandran ve Tang, 2013; Saboori ve Sulaima, 2013; Özcan, 2013; Govindaraju ve Tang, 2013). Diğer taraftan ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucuna varılan çalışmalar arasında olan Yaduma vd. (2013) eğrinin dönüm noktasını OECD üyesi ülkeler için 24573 USD, OECD üyesi olmayan ülkeler için 35939 USD olarak tahmin etmiştir. Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkelerinin ele alındığı bir diğer çalışmada eğrinin dönüm noktası 37263 USD olarak tahmin edilmiştir (Arouri vd., 2012).

Doğrusal olmayan panel veri modelleri temelde doğrusal olmayan zaman serisi modellerinin bir genişlemesi olarak ele alınabileceğinden, beşinci bölümde öncelikle doğrusal olmayan zaman serisi modellerine yer verilmiştir. Sonrasında doğrusal olmayan panel veri modellerine ilişkin açıklamalar yapılmıştır.

Teorik açıklamalar sonrası çalışmada ele alınan ve doğrusal modellerle yapılan analizlere paralel olarak doğrusal olmayan modeller kullanılarak uygulama yapılmıştır. Bu çerçevede öncelikle UO ve EO doğrusal olmayan panel birim kök testleri kullanılarak serilerin durağanlık durumu araştırılmıştır. Doğrusal modellerle durağan olmadığına karar verilen seriler EO testine göre durağan kabul edilmiştir. Sonrasında doğrusal olmama durumu test

edilmiş ve kullanılan veri setlerinde doğrusal olmama durumunun varlığına karar verilmiştir.

Veri setlerinde doğrusal olmama durumu gösterildikten sonra kullanılacak modelin seçimine ilişkin testler yapılmış ve lojistik geçiş fonksiyonunun kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Geçiş değişkeni ise literatüre ve ele alınan hipoteze uygun olarak kişi başı GSYH değişkeni olarak belirlenmiştir (Fouquau, 2009; Aslandis ve Iranzo, 2011; Giovanis, 2012; Duarte vd., 2012). Doğrusal olmayan en küçük kareler yöntemi ile tahmin öncesi başlangıç değerlerinin seçimi için grid araştırması yapılarak SSR'yi en küçük yapan parametre değerleri başlangıç noktası olarak seçilmiştir. Kalıntı heterojenlik testi ile iki rejimli modelin yeterli olup olmadığı araştırılmış ve birinci ve üçüncü veri setinde iki rejimli modelin, ikinci verinde ise üç rejimli modelin kullanılması gerektiğine karar verilmiştir.

Sonuç olarak doğrusal olmayan panel veri modelleri ile yapılan analizlerde tüm veri setleri için büyümenin ilk evresinde çevresel bozulmanın arttığı gözlemlenmiştir. Sonrasında ise çevresel bozulmanın önüne geçilmediği fakat çevresel bozulma miktarındaki artışın azalışa geçtiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla PSTAR modeli kullanılarak yapılan analizlerde ÇKE hipotezi reddedilmiştir. Bunun yanında (özel koşulların dışında) gelişmiş ülkelerin yer aldığı ek-1 ülkeleri için çevresel bozulmandaki azalmanın iki aşamada gerçekleştiği tespit edilmiştir. Buna göre ilk olarak 1990'lı yılların başında ülkelerin ortalama yaklaşık 24000 USD kişi başı gelire sahip olduğu dönemde çevresel bozulma gelirdeki artışa rağmen azalmaya başlamış, sonrasında ise ülkelerin yaklaşık 37000 USD kişi başı gelire sahip olduğu 2010 yılı civarında bu azalma hızlanmıştır. OECD üyesi olmayan ülkelerin ele alındığı ve çevresel bozulma göstergesi olarak CO₂ emisyon miktarının kullanıldığı Aslandis ve Iranzo (2011) çalışmasında da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Diğer taraftan çevresel bozulma göstergesi olarak su kullanım miktarlarının kullanıldığı Duarte vd. (2012) çalışmasında ise PSTAR modeli kullanılarak ÇKE hipotezi reddedilmemiştir.

Çevresel Kuznet Eğrisi üzerine yapılan uygulamalı araştırmalarda kullanılan değişkenler ve ele alınan dönemler ile kullanılan modellere göre farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada çevresel bozulma göstergesi olarak mevcut durumda önemini koruyan iklim değişikliği ve iklim değişikliğinin en önemli nedenlerinden biri olarak CO₂ emisyon

miktarı kişi başı olarak kullanılmıştır. Bunun yanında çalışmada ele alınan dönem, veri mevcudiyetine göre olabilecek en uzun dönem olarak belirlenmiştir. Kullanılan dönemin kısıtlı olması ele alınan değişkenler arasındaki ilişkin sınırlı bir evresini gösterebilmekte ve yanıltıcı olabilmektedir. Diğer taraftan bu çalışma ile doğrusal modellerle ÇKE hipotezi kabul edilmiş doğrusal olmayan modellerle hipotez kabul edilmemiştir. Veri setlerindeki doğrusal olmama durumu geçerli iken doğrusal modellerle yapılan analizler tutarlı sonuçlar vermemektedir. Sonuç olarak ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı kabul edilmiştir fakat kullanılan tüm veri setlerinde de büyümenin ilk evresinde çevresel bozulmanın artacağı belirlenmiştir. Buna ek olarak belirli bir noktadan sonra bozulmanın önüne geçilmese de yavaşlatılacağı gözlemlenmiştir. Bu durum belirli aşamalardan sonra geri dönülemez çevresel tahribatların olabileceği ön bilgisi ile “çevre ile büyüme” olarak ifade edilebilecek stratejilerin ülkeler tarafından hayata geçirilmesi bu çerçevede yeni politikaların geliştirilmesi gerektiği sonucunu doğurmaktadır.



KAYNAKLAR

- Agras, J., Chapman, D. (1999). A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Ecological Economics*, 28(2), 267-277.
- Ahn, S. C., and Moon, H.R. (2014). Large-N and large-T properties of panel data estimators and the Hausman test. *In Festschrift in Honor of Peter Schmidt*, Springer New York.
- Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S., and Tunç, G.İ. (2009). The relationship between income and environment in Turkey: Is there an environmental Kuznets curve? *Energy Policy*, 37(3), 861-867.
- Andrews, D. W., and Ploberger, W. (1994). Optimal tests when a nuisance parameter is present only under the alternative. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1383-1414.
- Anselin, L. (1988). Lagrange multiplier test diagnostics for spatial dependence and spatial heterogeneity. *Geographical analysis*, 20(1), 1-17.
- Anselin, L. (2001). Spatial econometrics. *A companion to theoretical econometrics*, 310330.
- Antweiler, W. (2001). Nested random effects estimation in unbalanced panel data. *Journal of Econometrics*, 101(2), 295-313.
- Antweiler, W., Copeland, B.R., and Taylor, M.S. (1998). Is free trade good for the environment? (No. w6707). *National bureau of economic research*.
- Arı, İ. (2010). *İklim değişikliği ile mücadelede emisyon ticareti ve Türkiye uygulaması*. DPT, Ankara
- Arouri, M. E. H., Youssef, A. B., M'henni, H., and Rault, C. (2012). Energy consumption, economic growth and CO₂ emissions in Middle East and North African countries. *Energy Policy*, 45, 342-349.
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., and Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological economics*, 15(2), 91-95.
- Aslanidis, N., and Iranzo, S. (2009). Environment and development: is there a Kuznets curve for CO₂ emissions? *Applied Economics*, 41(6), 803-810.
- Atkinson, G., Dubourg, R., Hamilton, K., Jacobsen, L. A., Barreiro, M. E., Solano, A., and Ramírez Farías, L. (1997). Measuring sustainable development macroeconomic and the environment (No. P01 105). *IICA*, Lima (Perú). Centro Regional Andino.

Auty, R. (1985). Materials intensity of GDP: Research issues on the measurement and explanation of change. *Resources Policy*, 11(4), 275-283.

Ayres, R.U., van den Bergh, J.C., and Gowdy, J.M. (1998). Viewpoint: weak versus strong sustainability. *Tinbergen Institute Discussion Paper*.

Bacon, D.W., and Watts, D. G. (1971). Estimating the transition between two intersecting straight lines. *Biometrika*, 58(3), 525-534.

Bai, J., and Ng, S. (2004). A PANIC attack on unit roots and cointegration. *Econometrica*, 1127-1177.

Bai, J., and Ng, S. (2005). A new look at panel testing of stationarity and the PPP hypothesis. *Cambridge University Press*.

Bai, J., Kao, C., and Ng, S. (2009). Panel cointegration with global stochastic trends. *Journal of Econometrics*, 149(1), 82-99.

Baldwin, R. (1995). Does sustainability require growth. *The economics of sustainable development*, 51-78.

Baltagi, B. (2008). *Econometric analysis of panel data (Vol. 1)*. John Wiley & Sons.

Baltagi, B.H., Bresson, G., and Pirotte, A. (2007). Panel unit root tests and spatial dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 339-360.

Banerjee, A., Marcellino, M., and Osbat, C. (2005). Testing for PPP: Should we use panel methods?. *Empirical Economics*, 30(1), 77-91.

Banerjee, S.B. (2012). A climate for change? Critical reflections on the Durban United Nations climate change conference. *Organization Studies*, 33(12), 1761-1786.

Barbier, E.B. (1994). *Natural capital and the economics of environment and development. Investing in Natural Capital: the ecological economics approach to sustainability*, 291-322.

Bartlett, B. (1994). The high cost of turning green. *The Wall Street Journal*, 14.

Basawa, I.V., Mallik, A.K., McCormick, W.P., Reeves, J.H., and Taylor, R.L. (1991). Bootstrapping unstable first-order autoregressive processes. *The Annals of Statistics*, 1098-1101.

Başar, S., ve Temurlenk, M.S. (2007). Çevreye Uyarlanmış Kuznet Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1).

Beckerman, W. (1992). Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment?. *World development*, 20(4), 481-496.

Bergh, J.C., and Verbruggen, H. (1999). Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the 'ecological footprint'. *Ecological economics*, 29(1), 61-72.

- Bhagwati, J.N. (1993). The case for free trade. *Scientific American*, 269(5), 42-47.
- Bimonte, S. (2002). Information access, income distribution, and the Environmental Kuznets Curve. *Ecological economics*, 41(1), 145-156.
- Birdsall, N., and Wheeler, D. (1993). Trade policy and industrial pollution in Latin America: where are the pollution havens?. *The Journal of Environment & Development*, 2(1), 137-149.
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change: Text*, Geneva, World Meteorological Organization and United Nations Environment Program
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. (2015). *Conference of the Parties (COP)*, <http://unfccc.int/bodies/body/6383/php/view/documents.php>, (Erişim tarihi: 10.07.2015) Geneva, Switzerland
- Bodansky, D. (2001). The history of the global climate change regime. *International relations and global climate change*, 23-40.
- Bommer, R. (1999). Environmental Policy and Industrial Competitiveness: The Pollution-Haven Hypothesis Reconsidered. *Review of International Economics*, 7(2), 342-355.
- Brekke, K.A. (1997). *Economic growth and the environment: on the measurement of income and welfare*. Edward Elgar Publishing Ltd.
- Breusch, T.S., & Pagan, A.R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 239-253.
- Campbell, A. (1994). *Participatory inquiry: beyond research and extension in the sustainability era*. Paper for. In International Symposium on Systems-Oriented Research in Agriculture and Rural Development.
- Canas, A., Ferrao, P., and Conceicao, P. (2003). A new environmental Kuznets curve? Relationship between direct material input and income per capita: evidence from industrialised countries. *Ecological Economics*, 46(2), 217-229.
- Caner, M., and Hansen, B.E. (2001). Threshold autoregression with a unit root. *Econometrica*, 69(6), 1555-1596.
- Carillo, F., and Maietta, O.W. (2012). The relationship between economic growth and environmental quality: the contributions of economic structure and agricultural policies. *New medit: Mediterranean journal of economics, agriculture and environment*, 13(1), 15-21.
- Carson, R.T., Jeon, Y., and McCubbin, D.R. (1997). The relationship between air pollution emissions and income: US data. *Environment and Development Economics*, 2(04), 433-450.

Chan, K. S. (1993). Consistency and limiting distribution of the least squares estimator of a threshold autoregressive model. *The annals of statistics*, 520-533.

Chan, K.S.,and Tong, H. (1986). On estimating thresholds in autoregressive models. *Journal of time series analysis*, 7(3), 179-190.

Chandran, V.G.R.,and Tang, C.F. (2013). The impacts of transport energy consumption, foreign direct investment and income on CO₂ emissions in ASEAN-5 economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 445-453.

Chang, Y. (2002). Nonlinear IV unit root tests in panels with cross-sectional dependency. *Journal of Econometrics*, 110(2), 261-292.

Chang, Y. (2004). Bootstrap unit root tests in panels with cross-sectional dependency. *Journal of Econometrics*, 120(2), 263-293.

Chaudhuri, S.,and Pfaff, A. (1998). *Household income, fuel choice, and indoor air quality: microfoundations of an environmental Kuznets curve*. Economics Department, Columbia University, Working paper.

Choi, I. (2001). Unit root tests for panel data. *Journal of international money and Finance*, 20(2), 249-272.

Choi, I. (2006). *Nonstationary panels*. Palgrave handbooks of econometrics, 1, 511-539.

Cliff, A. D.,and Ord, J. K. (1973). *Spatial autocorrelation (Vol. 5)*. London: Pion.

Cliff, A. D.,and Ord, J. K. (1981). *Spatial processes: models & applications (Vol. 44)*. London: Pion.

Coakley, J., Fuertes, A.M., and Smith, R. (2002, March). *A principal components approach to cross-section dependence in panels*. In 10th International Conference on Panel Data, Berlin, July 5-6, 2002 (No. B5-3). International Conferences on Panel Data.

Cobb, J.B., Daly, H.E., and Cobb, C.W. (1994). *For the common good: Redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future (No. 73)*. Beacon Press.

Colby, M.E. (1991). Environmental management in development: the evolution of paradigms. *Ecological Economics*, 3(3), 193-213.

Cole, M.A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological economics*, 48(1), 71-81.

Cole, M. A., Elliot, R. J., and Azhar, A. K. (2000). *The determinants of trade in pollution intensive industries: North-South evidence*. University of Birmingham, Department of Economics.

Cole, M. A., Rayner, A. J., and Bates, J. M. (1997). The environmental Kuznets curve: an empirical analysis. *Environment and development economics*, 2(4), 401-416.

- Coondoo, D., and Dinda, S. (2002). Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis. *Ecological Economics*, 40(3), 351-367.
- Copeland, B. R., and Taylor, M. S. (1995). Trade and the environment: a partial synthesis. *American Journal of Agricultural Economics*, 77(3), 765-771.
- Çevre ve Orman Bakanlığı. (2006). *AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (UÇES) (2007-2023)*. Ankara
- Çevre ve Orman Bakanlığı. (2008). *Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları ve Diğer Uluslararası Emisyon Ticaret Sistemleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara
- Çevre ve Orman Bakanlığı. (2010). *Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi*, Ankara
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2011). *İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı*, Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2012). *Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı*, Ankara
- Dasgupta, S., Laplante, B., and Mamingi, N. (2001). Pollution and capital markets in developing countries. *Journal of Environmental Economics and Management*, 42(3), 310-335.
- Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., and Wheeler, D. (2002). Confronting the environmental Kuznets curve. *Journal of economic perspectives*, 147-168.
- Davies, R.B. (1987). Hypothesis testing when a nuisance parameter is present only under the alternative. *Biometrika*, 74(1), 33-43.
- Davis, P. (2002). Estimating multi-way error components models with unbalanced data structures. *Journal of Econometrics*, 106(1), 67-95.
- Day, K.M., and Grafton, R. Q. (2002). *Growth and the environment in Canada: An empirical analysis*. Made available in DSpace on 2011-01-05T08: 44: 46Z (GMT).
- De Bruyn, S.M. (1988). The environmental Kuznets curve hypothesis. *Economic Growth and the Environment*, Springer Netherlands.
- De Bruyn, S.M., and Opschoor, J.B. (1997). Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations. *Ecological Economics*, 20(3), 255-268.
- De Groot, H.L., Withagen, C.A., and Minliang, Z. (2001). *Dynamics of China's regional development and pollution (No. 01-036/3)*. Tinbergen Institute Discussion Paper.
- De Kruijf, H.A.M., and Van Vuuren, D.P. (1998). Following sustainable development in relation to the north-south dialogue: ecosystem health and sustainability indicators. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 40(1), 4-14.

Dean, J.M., Lovely, M.E., and Wang, H. (2004). Foreign direct investment and pollution havens: evaluating the evidence from China. *Office of Economics*, US International Trade Commission.

Dessus, S., and Bussolo, M. (1998). Is there a trade-off between trade liberalization and pollution abatement?: a computable general equilibrium assessment applied to Costa Rica. *Journal of Policy Modeling*, 20(1), 11-31.

Dickey, D.A., and Fuller, W.A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a), 427-431.

Dijkgraaf, E., and Vollebergh, H. R. (2015). A Test for Parameter Homogeneity in CO₂ Panel EKC Estimations. *Environmental and resource economics*, 32(2), 229-239.

Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological economics*, 49(4), 431-455.

Driscoll, J.C., and Kraay, A.C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *Review of economics and statistics*, 80(4), 549-560.

Du, Y.L., Liu, Z.C., and Hao, C.R. (2012). Study on the relationship between economic development and ambient air pollution levels of Jinan. *Journal of Shandong Jianzhu University*, 1, 008.

Duarte, R.D., Navarro, V.J.P., and Serrano, A. (2012). Is there an environmental Kuznets curve for water use? A panel smooth transition regression approach. *Documentos de trabajo*, (3), 1-50.

Ediger, V.Ş. (2008). *Küresel iklim değişikliğinin uluslararası ilişkiler boyutu ve Türkiye'nin politikaları*.

Ediger, V.Ş. ve Çiftçi, S. (2013). *Sürdürülebilir Kalkınmanın İki Temel Unsuru: Çevre ve Enerji*, İzmir Ekonomi Üniversitesi

Egli, H. (2004). The environmental Kuznets curve: evidence from time series data for Germany (No. 03/28). *CER-ETH-Center of Economic Research at ETH*, Zurich.

Eitrheim, Ø., and Teräsvirta, T. (1996). Testing the adequacy of smooth transition autoregressive models. *Journal of Econometrics*, 74(1), 59-75.

Ekins, P. (1997). The Kuznets curve for the environment and economic growth: examining the evidence. *Environment and planning*, 29(5), 805-830.

Ekins, P., Simon, S., Deutsch, L., Folke, C., and De Groot, R. (2003). A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological economics*, 44(2), 165-185.

Emirmahmutoglu, F., and Omay, T. (2014). Reexamining the PPP hypothesis: A nonlinear asymmetric heterogeneous panel unit root test. *Economic Modelling*, 40, 184-190.

- Enders, W., and Granger, C. W. J. (1998). Unit-root tests and asymmetric adjustment with an example using the term structure of interest rates. *Journal of Business & Economic Statistics*, 16(3), 304-311.
- Engin, B. (2010). İklim Değişikliği ile Mücadelede Uluslararası İşbirliğinin Önemi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, (2), 71-82.
- Engle, R.F., and Granger, C.W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.
- ESCAP. (2005). *Economic and Social Commission for Asia and the Pacific*, Ministerial Conference on Environment and Development in Asia and the Pacific
- Escribano, A., and Jorda, O. (1999). *Improved testing and specification of smooth transition regression models*. Springer US, 289-319.
- Eskeland, G.S., and Harrison, A.E. (2003). Moving to greener pastures? Multinationals and the pollution haven hypothesis. *Journal of development economics*, 70(1), 1-23.
- Fisunoğlu, M. (1997). *Sürdürülebilir Kalkınma ve Ekonomi. Sürdürülebilir Kalkınmanın Uygulanması, Tartışma Toplantısı*, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, 11-12.
- Fouquau, J., Destais, G., and Hurlin, C. (2009). Energy demand models: a threshold panel specification of the 'Kuznets curve'. *Applied Economics Letters*, 16(12), 1241-1244.
- Frees, E.W. (1995). Assessing cross-sectional correlation in panel data. *Journal of econometrics*, 69(2), 393-414.
- Friedl, B., and Getzner, M. (2003). Determinants of CO₂ emissions in a small open economy. *Ecological Economics*, 45(1), 133-148.
- Friedman, M. (1937). The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association*, 32(200), 675-701.
- Gallagher, K.S. (2005). Development of cleaner vehicle technology. *Foreign Direct Investment and Technology Transfer from the United States to China*.
- Geweke, J., and Terui, N. (1993). Bayesian threshold autoregressive models for nonlinear time series. *Journal of Time Series Analysis*, 14(5), 441-454.
- Giles, D.E., and Mosk, C. (2003). Ruminant eructation and a long-run Environmental Kuznets' Curve for enteric methane in New Zealand: conventional and Fuzzy Regression Analysis (No. 0306). *Department of Economics*, University of Victoria.
- Giovanis, E. (2012). Environmental Kuznets Curve and air pollution in city of London: evidence from new panel smoothing transition regressions. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 79(3), 393-404.
- Goldfeld, S.M., and Quandt, R.E. (1972). *Nonlinear methods in econometrics*.

González, A., Teräsvirta, T., and Dijk, D.V. (2005). Panel smooth transition regression models. *SSE/EFI Working Paper Series in Economics and Finance*.

Govindaraju, V.C., and Tang, C.F. (2013). The dynamic links between CO₂ emissions, economic growth and coal consumption in China and India. *Applied Energy*, 104, 310-318.

Gowdy, J. M., and McDaniel, C.N. (1999). The physical destruction of Nauru: an example of weak sustainability. *Land Economics*, 333-338.

Granger, C.W., and Newbold, P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal of econometrics*, 2(2), 111-120.

Granger, C.W., and Terasvirta, T. (1993). Modelling non-linear economic relationships. *OUP Catalogue*.

Grossman, G.M., and Krueger, A.B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement (No. w3914). *National Bureau of Economic Research*.

Grossman, G.M., and Krueger, A.B. (1995). Economic growth and the environment (No. w4634). *National Bureau of Economic Research*.

Gupta, S., and Goldar, B. (2003). Do stock markets penalise environment-unfriendly behaviour? Evidence from India. *Centre for Development Economics Working Paper*, (116).

Hadri, K. (2000). Testing for stationarity in heterogeneous panel data. *The Econometrics Journal*, 148-161.

Halicioglu, F. (2009). An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164.

Hamilton, J.D. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 357-384.

Hamilton, J.T. (1995). Pollution as news: media and stock market reactions to the toxics release inventory data. *Journal of environmental economics and management*, 28(1), 98-113.

Hansen, B.E. (1996). Inference when a nuisance parameter is not identified under the null hypothesis. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 413-430.

Hansen, B.E. (1997). Inference in TAR models. *Studies in nonlinear dynamics & econometrics*, 2(1).

Hansen, B.E. (1999). Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference. *Journal of econometrics*, 93(2), 345-368.

Harbaugh, W., Levinson, A., and Wilson, D. (2000). Re-examining the empirical basis for the environmental Kuznets curve. *NBER Working Paper*, Cambridge, MA.

- Harris, R.D., and Tzavalis, E. (1999). Inference for unit roots in dynamic panels where the time dimension is fixed. *Journal of econometrics*, 91(2), 201-226.
- Harrison, A. (1996). Openness and growth: A time-series, cross-country analysis for developing countries. *Journal of development Economics*, 48(2), 419-447.
- Hartwick, J.M. (1977). Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. *The american economic review*, 972-974.
- Hettige, H., Lucas, R.E., and Wheeler, D. (1992). The toxic intensity of industrial production: global patterns, trends, and trade policy. *The American Economic Review*, 478-481.
- Hettige, H., Mani, M., and Wheeler, D. (2000). Industrial pollution in economic development: the environmental Kuznets curve revisited. *Journal of Development Economics*, 62(2), 445-476.
- Hettige, H., Martin, P., Singh, M., and Wheeler, D. (1995). The industrial pollution projection system. *World Bank policy research working paper*, (1431).
- Hinich, M.J. (1982). Testing for Gaussianity and linearity of a stationary time series. *Journal of time series analysis*, 3(3), 169-176.
- Hoechle, D. (2007). Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence. *Stata Journal*, 7(3), 281.
- Holtz-Eakin, D., and Selden, T.M. (1995). Stoking the fires? CO₂ emissions and economic growth. *Journal of public economics*, 57(1), 85-101.
- Hsiao, C. (2007). Panel data analysis—advantages and challenges. *Test*, 16(1), 1-22
- Hurlin, C., and Mignon, V. (2004). Second generation panel unit root tests. *Thema Cnrs*, University of Paris X, memo.
- IBRD. (1992). *World Development Report 1992: Development and the Environment*. New York: Oxford University Press
- Im, K.S., Pesaran, M.H., and Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of econometrics*, 115(1), 53-74.
- IPCC. (1990). *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva, Switzerland
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: The IPCC Scientific Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva, Switzerland
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva, Switzerland

IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva, Switzerland

İDKK. (2009). *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi Kapsamında Türkiye'nin Durumunu Değerlendirmeye Yönelik Rapor*, Ankara, 2009

Jänicke, M., Binder, M., and Mönch, H. (1997). 'Dirty industries': Patterns of change in industrial countries. *Environmental and resource economics*, 9(4), 467-491.

Jansen, E.S., and Teräsvirta, T. (1996). Testing parameter constancy and super exogeneity in econometric equations. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 58(4), 735-763.

Johansen, S. (1995). Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models. *OUP Catalogue*.

Jones, L.E., and Manuelli, R.E. (1995). A positive model of growth and pollution controls (No. w5205). *National Bureau of Economic Research*.

Kadekodi, G.K., and Agarwal, M.M. (2001). Why an inverted U-shaped environmental Kuznets curve may not exist. *The Sustainability of Long-Run Growth*, 274-85.

Kahn, M.E. (1998). A household level environmental Kuznets curve. *Economics Letters*, 59(2), 269-273.

Kaika, D., and Zervas, E. (2013). The environmental Kuznets curve (EKC) theory. Part B: Critical issues. *Energy Policy*, 62, 1403-1411.

Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of econometrics*, 90(1), 1-44.

Kapetanios, G., and Shin, Y. (2000). *Testing for a unit root against threshold nonlinearity*. Unpublished manuscript, University of Edinburgh, 1.

Kapetanios, G., Shin, Y., and Snell, A. (2003). Testing for a unit root in the nonlinear STAR framework. *Journal of econometrics*, 112(2), 359-379.

Kapetanios, G., Shin, Y., and Snell, A. (2006). Testing for cointegration in nonlinear smooth transition error correction models. *Econometric Theory*, 22(02), 279-303.

Karakaya, E. (2008). *Proje Temelli Esneklik Mekanizmaları: Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Yürütme. Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi*, İstanbul.

Keenan, D.M. (1985). A Tukey nonadditivity-type test for time series nonlinearity. *Biometrika*, 72(1), 39-44.

Keleş, R. (1992). Çevre ve siyaset. *İnsan Çevre Toplum*, İmge Yayını, (46).

- Komen, M.H., Gerking, S., and Folmer, H. (1997). Income and environmental R & D: Empirical evidence from OECD countries. *Environment and Development Economics*, 2(4), 505-515.
- Konak, N. (2011). *Küresel İklim Değişikliği, Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları, Gönüllü Karbon Piyasası ve Türkiye: Eleştirel Yaklaşım*.
- Kuntjoro, I.A., and Caballero-Anthony, M. (2011). Cancún Agreement: Implications for Southeast Asia. *NTS Alert*.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 1-28.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P.C., Schmidt, P., and Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. *Journal of econometrics*, 54(1), 159-178.
- Laplante, B., and Lanoie, P. (1994). The market response to environmental incidents in Canada: a theoretical and empirical analysis. *Southern Economic Journal*, 657-672.
- Larsson, R., Lyhagen, J., and Löthgren, M. (2001). Likelihood-based cointegration tests in heterogeneous panels. *The Econometrics Journal*, 109-142.
- Lee, H., and Roland-Holst, D. (1997). The environment and welfare implications of trade and tax policy. *Journal of Development Economics*, 52(1), 65-82.
- Levin, A., and Lin, C.F. (1993). Unit Root Tests in Panel Data: New Results, *University of California at San Diego, Discussion Paper*, No.56.
- Levin, A., Lin, C. F., and Chu, C. S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of econometrics*, 108(1), 1-24.
- Li, J. (2006). Testing Granger Causality in the presence of threshold effects. *International Journal of Forecasting*, 22(4), 771-780.
- Liddle, B. (2001). Free trade and the environment-development system. *Ecological economics*, 39(1), 21-36.
- Lise, W. (2006). Decomposition of CO 2 emissions over 1980–2003 in Turkey. *Energy Policy*, 34(14), 1841-1852.
- List, J. A., and Gallet, C. A. (1999). The environmental Kuznets curve: does one size fit all?. *Ecological Economics*, 31(3), 409-423.
- List, J.A., and Millimet, D. L. (2002). Measuring the effects of environmental regulations on manufacturing plant births: A new empirical paradigm. In *Environmental Economics and the International Economy*, Springer Netherlands, 149-176.
- Lohmann, L. (2009). Neoliberalism and the calculable world: The rise of carbon trading. *The political economy of carbon markets*, 25-40.

Luukkonen, R., Saikkonen, P., and Teräsvirta, T. (1988). Testing linearity against smooth transition autoregressive models. *Biometrika*, 75(3), 491-499.

Maddala, G.S., and Wu, S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 61(S1), 631-652.

Malenbaum, W. (1978). World demand for raw materials in 1985 and 2000. *McGraw-Hill E/Mj Mining Informational Services*.

Mani, M., and Wheeler, D. (1998). In search of pollution havens? Dirty industry in the world economy, 1960 to 1995. *The Journal of Environment & Development*, 7(3), 215-247.

McConnell, K. E. (1997). Income and the demand for environmental quality. *Environment and development Economics*, 2(04), 383-399.

Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., and Behrens, W.W. (1972). The limits to growth. *New York*, 102.

Moon, H.R., and Perron, B. (2004). Testing for a unit root in panels with dynamic factors. *Journal of econometrics*, 122(1), 81-126.

Mota, R.P., and Dias, J. (2006). *Determinants of CO₂ emissions in open economies: testing the environmental Kuznets curve hypothesis (1970-2000)*.

Neumayer, E. (2003). Weak versus strong sustainability: exploring the limits of two opposing paradigms. *Edward Elgar Publishing*.

Newey, W.K., and West, K.D. (1994). Automatic lag selection in covariance matrix estimation. *The Review of Economic Studies*, 61(4), 631-653.

Nickell, S. (1981). Biases in dynamic models with fixed effects. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1417-1426.

Nilsson, L. J. (1993). Energy intensity trends in 31 industrial and developing countries 1950–1988. *Energy*, 18(4), 309-322.

O'Connell, P. G. (1998). The overvaluation of purchasing power parity. *Journal of international economics*, 44(1), 1-19.

OECD. (2009). *Declaration on Green Growth*, OECD, Paris

OECD. (2015). *Towards Green Growth: Tracking Progress*, OECD, Paris

Omay, T., and Kan, E.Ö. (2010). Re-examining the threshold effects in the inflation–growth nexus with cross-sectionally dependent non-linear panel: Evidence from six industrialized economies. *Economic Modelling*, 27(5), 996-1005.

Omay, T., Hasanov, M., and Ucar, N. (2012). *Energy consumption and economic growth: evidence from nonlinear panel cointegration and causality tests*.

Ozaki, T., and Tong, H. (1975). *On fitting of non-stationary autoregressive models in time series analysis*.

Ozcan, B. (2013). The nexus between carbon emissions, energy consumption and economic growth in Middle East countries: A panel data analysis. *Energy Policy*, 62, 1138-1147.

Ozturk, I., and Acaravci, A. (2010). CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3220-3225.

Öcal, N. (2002). Asymmetric effects of military expenditure between Turkey and Greece. *Defence and peace economics*, 13(5), 405-416.

Öcal, N., and Osborn, D.R. (2000). Business cycle non-linearities in UK consumption and production. *Journal of Applied Econometrics*, 15(1), 27-43.

Öcal, N., Osborn, D.R., & Sensier, M. (2002). Asymmetric Interest Rate Effects for the UK Real Economy. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 64(4), 315-339.

Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development (No. 292778). *International Labour Organization*.

Panayotou, T. (1999). The economics of environments in transition. *Environment and Development Economics*, 4(04), 401-412.

Pargal, S., and Wheeler, D. (1995). Informal regulation of industrial pollution in developing countries: evidence from Indonesia (Vol. 1416). *World Bank Publications*.

Pearce, D.W., and Atkinson, G. D. (1993). Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of “weak” sustainability. *Ecological economics*, 8(2), 103-108.

Pearce, D.W., and Turner, R.K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. JHU Press.

Pearce, D., Hamilton, K., and Atkinson, G. (1996). Measuring sustainable development: progress on indicators. *Environment and Development Economics*, 1(01), 85-101.

Pedroni, P. (2004). Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. *Econometric theory*, 20(03), 597-625.

Perman, R., and Stern, D.I. (1999). *The Environmental Kuznets Curve: implications of non-stationarity*. Made available in DSpace on 2011-01-05T08: 44: 20Z (GMT)

Perman, R., and Stern, D. I. (2003). Evidence from panel unit root and cointegration tests that the environmental Kuznets curve does not exist. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 47(3), 325-347.

Pesaran, M.H. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure. *Econometrica*, 74(4), 967-1012.

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*.

Pesaran, M.H., and Smith, R. (1995). Estimating long-run relationships from dynamic heterogeneous panels. *Journal of econometrics*, 68(1), 79-113.

Pesaran, M.H., Ullah, A., and Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.

Petform. (2009). *Kyoto Protokolü'nün Türkiye enerji Sektörüne Muhtemel Etkileri Hakkında Bilgi Notu*, Ankara

Petrucelli, J., and Davies, N. (1986). A portmanteau test for self-exciting threshold autoregressive-type nonlinearity in time series. *Biometrika*, 73(3), 687-694.

Pezzey, J., Gómez, S., Piñeiro, M., Hoogh, J., Groot, M. D., Post, J., and Albán López, M. (1990). Economic analysis of sustainable growth and sustainable development (No. P01 P522 SM-AMPO). *Banco Mundial*, Washington, DC (EUA).

Pfann, G. A., Schotman, P. C., and Tschernig, R. (1996). Nonlinear interest rate dynamics and implications for the term structure. *Journal of Econometrics*, 74(1), 149-176.

Phillips, P. C. (1987). Time series regression with a unit root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 277-301.

Phillips, P.C., and Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.

Phillips, P.C., and Sul, D. (2003). Dynamic panel estimation and homogeneity testing under cross section dependence. *The Econometrics Journal*, 6(1), 217-259.

Pointcarbon. (2004). *Carbon Market Analyst. Special Issue-What determines the price of carbon*.

Pretty, J.N. (1995). Regenerating agriculture:: policies and practice for sustainability and self-reliance. *Joseph Henry Press*.

Priestley, M.B. (1966). Design relations for non-stationary processes. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological)*, 228-240.

Priestley, M.B., and Tong, H. (1973). On the analysis of bivariate non-stationary processes. *Journal of royal statistic society*, 135-166.

Rao, S.T. ve Gabr, M.M., (1984). An Introduction to Biespectral Analysis and Bilinear Time Series, *Lecturer Notes in Statistics*, Springer-Verlag-London

Ratnayake, R., and Wydeveld, M. (1998). *The Multinational Corporation and the Environment: Testing The Pollution Haven Hypothesis*.

Rees, W. (1990). Sustainable development and the biosphere. *Teilhard Studies*, 23.

Reppelin-Hill, V. (1999). Trade and environment: An empirical analysis of the technology effect in the steel industry. *Journal of Environmental Economics and Management*, 38(3), 283-301.

Robertson, D., and Symons, J. (2000). Factor residuals in SUR regressions: estimating panels allowing for cross sectional correlation. *Centre for Economic Performance*, London School of Economics and Political Science.

Roca, J. (2003). Do individual preferences explain the Environmental Kuznets curve?. *Ecological Economics*, 45(1), 3-10.

Roca, J., Padilla, E., Farré, M., and Galletto, V. (2001). Economic growth and atmospheric pollution in Spain: discussing the environmental Kuznets curve hypothesis. *Ecological Economics*, 39(1), 85-99.

Rock, M.T. (1996). Pollution intensity of GDP and trade policy: can the World Bank be wrong?. *World development*, 24(3), 471-479.

Rothman, D.S. (1998). Environmental Kuznets curves—real progress or passing the buck?: A case for consumption-based approaches. *Ecological economics*, 25(2), 177-194.

Saboori, B., and Sulaiman, J. (2013). Environmental degradation, economic growth and energy consumption: Evidence of the environmental Kuznets curve in Malaysia. *Energy Policy*, 60, 892-905.

Saint Paul, G. (1994). *The Economics of Sustainable Development*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 47–50.

Schmalensee, R., Stoker, T.M., and Judson, R.A. (1998). World carbon dioxide emissions: 1950–2050. *Review of Economics and Statistics*, 80(1), 15-27.

Selden, T.M., and Song, D. (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?. *Journal of Environmental Economics and management*, 27(2), 147-162.

Shafik, N. (1994). *Economic development and environmental quality: an econometric analysis*. Oxford economic papers, 757-773.

Shafik, N., and Bandyopadhyay, S. (1992). Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence (Vol. 904). *World Bank Publications*.

Sollis, R. (2009). A simple unit root test against asymmetric STAR nonlinearity with an application to real exchange rates in Nordic countries. *Economic modelling*, 26(1), 118-125.

Solow, R.M. (1986). On the intergenerational allocation of natural resources. *The Scandinavian Journal of Economics*, 141-149.

Soubbotina, T. P. (2004). *Beyond economic growth: An introduction to sustainable development*. World Bank Publications.

Stern, D.I., Common, M.S., and Barbier, E.B. (1996). Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development. *World development*, 24(7), 1151-1160.

Stock, J.H., and Watson, M.W. (1988). Testing for common trends. *Journal of the American statistical Association*, 83(404), 1097-1107.

Strauss, J., and Yigit, T. (2003). Shortfalls of panel unit root testing. *Economics Letters*, 81(3), 309-313.

Suri, V., and Chapman, D. (1998). Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological economics*, 25(2), 195-208.

Tamazian, A., Chousa, J.P., and Vadlamannati, K.C. (2009). Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries. *Energy policy*, 37(1), 246-253.

Teräsvirta, T. (1994). Specification, estimation, and evaluation of smooth transition autoregressive models. *Journal of the American Statistical Association*, 89(425), 208-218.

Tobey, J.A. (1990). The effects of domestic environmental policies on patterns of world trade: an empirical test. *Kyklos*, 43(2), 191-209.

Tong, H. (1977). Some comments on the Canadian lynx data. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, 432-436.

Tong, H. (1987). *Non-linear time series models of regularly sampled data: a review (Vol. 2)*. VNU Science Press.

Tong, H., and Lim, K.S. (1980). Threshold autoregression, limit cycles and cyclical data. *Journal of the Royal Statistical Society*, 42(3), 245-292.

Tong, H., (1978). *On a Threshold Model in Pattern Recognition and Signal Processing*, Amsterdam: Sijhoff & Noordhoff

Tong, H., (1983). Threshold Models in Non-Linear Time Series Analysis, *Lecture Notes in Statistics*, 21, Berlin: Springer

Torras, M., and Boyce, J.K. (1998). Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve. *Ecological economics*, 25(2), 147-160.

Tsay, R.S. (1986). Nonlinearity tests for time series. *Biometrika*, 73(2), 461-466.

Tsay, R.S. (1989). Testing and modeling threshold autoregressive processes. *Journal of the American Statistical Association*, 84(405), 231-240.

Türkeş, M. (2002). *İklim Değişikliği: Türkiye-İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi İlişkileri ve İklim Değişikliği Politikaları*. TÜBİTAK Vizyon, 2023.

Türkiye Çevre Vakfı. (2001). *Avrupa Birliği'nde ve Türkiye'de Çevre Mevzuatı*. Türkiye Çevre Vakfı Yayını

Türkiye İstatistik Kurumu. (2015). *Seragazi Emisyon Envanteri 2013 Haber Bülteni*, Ankara

Ucar, N.,and Omay, T. (2009). Testing for unit root in nonlinear heterogeneous panels. *Economics Letters*, 104(1), 5-8.

Unruh, G.C.,and Moomaw, W.R. (1998). An alternative analysis of apparent EKC-type transitions. *Ecological Economics*, 25(2), 221-229.

Vincent, J.R. (1997). Testing for environmental Kuznets curves within a developing country. *Environment and development economics*, 2(04), 417-431.

Vukina, T., Beghin, J.C., and Solakoglu, E. G. (1999). Transition to Markets and the Environment: Effects of the Change in the Composition of Manufacturing Output. *Environment and Development Economics*, 4(04), 582-598.

Wang, L. (2011). A nonparametric analysis on the environmental Kuznets curve. *Environmetrics*, 22(3), 420-430.

WCED, U.N. (1987). *Our common future. World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press.

Westerlund, J. (2005). New simple tests for panel cointegration. *Econometric Reviews*, 24(3), 297-316.

Wheeler, D. (2001). Racing to the bottom? Foreign investment and air pollution in developing countries. *The Journal of Environment & Development*, 10(3), 225-245.

Wheeler, D.,and Martin, P. (1992). Prices, policies, and the international diffusion of clean technology: The case of wood pulp production. *World Bank Discussion Papers*

Yaduma, N., Kortelainen, M., and Wossink, A. (2015). The environmental Kuznets curve at different levels of economic development: a counterfactual quantile regression analysis for CO₂ emissions. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 1-26.

Yule, G.U. (1927). On a method of investigating periodicities in disturbed series, with special reference to Wolfer's sunspot numbers. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A*, 267-298.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ŞENTÜRK, Hüseyin
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum tarihi ve yeri : 12.07.1981 / Arguvan
Medenihali : Evli
Telefon : +90 505 673 83 64
Faks :
e-mail : huseyinsenturk@outlook.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	ODTÜ / Finansal Matematik	20.08.2008
Lisans	ODTÜ / İstatistik	20.06.2005
Lise	Çankaya Milli Piyango Anadolu Lisesi	15.06.1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006- devam ediyor	Türkiye İstatistik Kurumu	Grup Sorumlusu

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar



GAZİ GELECEKTİR..

