



**KÜRESEL KAMU MALİ BAĞLAMINDA ÇEVRE
KORUMA HARCAMALARININ YAPAY SİNİR AĞI VE
ALTERNATİF YÖNTEMLERLE ÖNGÖRÜ
MODELLEMESİ: TÜRKİYE'DEKİ BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYELERİ İÇİN BİR UYGULAMA**

Selma AYDOĞAN

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Ceyda KÜKRER MUTLU

İkinci Danışman: Prof. Dr. Murat ÇUHADAR

Haziran 2023

Afyonkarahisar

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MALİYE ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

KÜRESEL KAMU MALİ BAĞLAMINDA ÇEVRE KORUMA
HARCAMALARININ YAPAY SİNİR AĞI VE ALTERNATİF
YÖNTEMLERLE ÖNGÖRÜ MODELLEMESİ:
TÜRKİYE'DEKİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYELERİ İÇİN BİR
UYGULAMA

Hazırlayan
Selma AYDOĞAN

Danışman
Doç. Dr. Ceyda KÜKRER MUTLU

İkinci Danışman
Prof. Dr. Murat ÇUHADAR

AFYONKARAHİSAR 2023

ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI

Doktora tezi olarak sunduğum “**Küresel Kamu Malı Bağlamında Çevre Koruma Harcamalarının Yapay Sinir Ağı ve Alternatif Yöntemlerle Öngörü Modellemesi: Türkiye'deki Büyükşehir Belediyeleri için Bir Uygulama**” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakçada gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

16 / 06 / 2023

İmza

Selma AYDOĞAN

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ENSTİTÜ ONAYI

Öğrencinin	Adı- Soyadı	Selma AYDOĞAN
	Numarası	120695103
	Anabilim Dalı	MALİYE
	Programı	MALİYE
	Program Düzeyi	Yüksek Lisans ☒ Doktora Sanatta Yeterlik
Tezin Başlığı		Küresel Kamu Mali Bağlamında Çevre Koruma Harcamalarının Yapay Sinir Ağı ve Alternatif Yöntemlerle Öngörü Modellemesi: Türkiye'deki Büyükşehir Belediyeleri için Bir Uygulama
Tez Savunma Sınav Tarihi		16.06.2023
Tez Savunma Sınav Saati		10: 30

Yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez, Afyon Kocatepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek ☒oy birliği – ☐oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Elbeyi PELİT
MÜDÜR

Bu tez, Enstitü Müdürlüğünce kontrol edilerek, elektronik imza kullanılarak onaylanmıştır.

ÖZET

KÜRESEL KAMU MALİ BAĞLAMINDA ÇEVRE KORUMA HARCAMALARININ YAPAY SİNİR AĞI VE ALTERNATİF YÖNTEMLERLE ÖNGÖRÜ MODELLEMESİ: TÜRKİYE'DEKİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYELERİ İÇİN BİR UYGULAMA

Selma AYDOĞAN

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MALİYE ANABİLİM DALI

Haziran, 2023

Danışman: Doç. Dr. Ceyda KÜKRER MUTLU

İkinci Danışman: Prof. Dr. Murat ÇUHADAR

Bu çalışmanın amacı Türkiye'deki büyükşehir belediyelerinin 2022: 4-2024: 3 dönemi için çevre koruma harcamalarının tahmin edilmesidir. Bu tahmin ile birlikte politika yapıcılara özellikle de yerel yönetimlere çevre koruma hizmetleri için bütçede gelecek dönemlerde ne kadar pay ayrılacağını önceden öngörmeleri konusunda ve çevre korumaya yönelik gerçekleştirilecek eylem planlarında ihtiyaç duyulan finansman kaynağının planlanmasında kolaylık sağlanması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada büyükşehir belediyelerinin 2007: 1 – 2022: 3 döneminde gerçekleşen çevre koruma harcamaları zaman serilerinde kullanılan “Holt-Winters”ın Mevsimsel Üstel Düzleştirme”, “Çarpımsal-Mevsimsel Box-Jenkins” ve “Yapay Sinir Ağları” yöntemlerine göre modellenmiştir. Gerçekleşen harcamalar ve modellerin ürettiği sonuçlar karşılaştırıldığında ortalama mutlak yüzde hatanın en az olduğu yöntemin yapay sinir ağı olduğu belirlenmiştir. Çok sayıda yapılan deneme sonucunda yapay sinir ağı yöntemi kullanılarak oluşturulan 11 gecikmeli 12 nöronlu NAR (Nonlinear Autoregressive) modelinin gerçek değerler için en yüksek tahmin doğruluğu sağladığı görülmüştür. Geliştirilen model yardımı ile 2022: 4 - 2024: 3 dönemi için büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcama tahmini gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın sonucuna göre Türkiye'deki büyükşehir belediyelerinin gelecek sekiz döneme ilişkin çevre koruma harcamalarının genel anlamda artış eğilimi içerisinde olacağı ve 2024 yılının üçüncü çeyreği itibari ile 5,17 Milyar TL olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Merkezi yönetimden büyükşehir belediyelerine aktarılacak olan genel bütçe vergi gelirlerindeki paylarda bu tutarın dikkate alınması ve büyükşehir belediyelerinin çevre koruma hizmetleri için ayrı bir çevre finansman stratejisinin geliştirilmesi ilerde yaşanabilecek mali dengesizlikleri önleyerek çevre politikalarının başarısını arttırabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Küresel Kamusal Mallar, Çevre Koruma Harcamaları, Büyükşehir Belediyeleri, Tahmin Yöntemleri, Yapay Sinir Ağları

ABSTRACT

FORECAST MODELING OF ENVIRONMENTAL PROTECTION EXPENDITURES IN THE CONTEXT OF GLOBAL PUBLIC GOODS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK AND ALTERNATIVE METHODS: AN APPLICATION FOR METROPOLITAN MUNICIPALITIES IN TURKEY

Selma AYDOĞAN

AFYON KOCATEPE UNIVERSITY
INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES
DEPARTMENT OF PUBLIC FINANCE

June, 2023

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ceyda KÜKRER MUTLU

Second Advisor: Prof. Dr. Murat ÇUHADAR

The aim of this study is to forecast the environmental protection expenditures of the metropolitan municipalities in Turkey for the period 2022: 4-2024: 3. With this forecasting, it is aimed to facilitate policy makers, especially local governments, in predicting how much share will be allocated in the budget for environmental protection services in the future, and about the funding source needed for action plans to be made for environmental protection.

In this study, the environmental protection expenditures of metropolitan municipalities in the period 2007: 1 – 2022: 3 were modeled according to the "Holt-Winters' Seasonal Exponential Smoothing", " Multiplicative-Seasonal Box-Jenkins " and "Artificial Neural Networks" methods used in the time series. When the actual expenditures and the results produced by the models were compared, it has been determined that the artificial neural network is the method with the least of the mean absolute percentage error. As a result of many trials, it has been seen that the 11-delayed 12-neuron NAR (Nonlinear Autoregressive) model, created using the artificial neural network method, provides the highest estimation accuracy for real values. With the help of the developed model, the environmental protection expenditures were forecasted of the metropolitan municipalities was realized for the period 2022: 4 - 2024: 3.

According to the results of the study, it is forecasted that the environmental protection expenditures of the metropolitan municipalities in Turkey for the next eight periods will be in an increasing trend in general and will be 5.17 Billion TL as of the third quarter of 2024. Taking this amount into account in the shares in the general budget tax revenues to be transferred from the central government to the metropolitan municipalities and developing a separate environmental financing strategy for the environmental protection services of the metropolitan municipalities will prevent future financial imbalances and increase the success of environmental policies.

Keywords: Global Public Goods, Environmental Protection Expenditures, Metropolitan Municipalities, Forecasting Methods, Artificial Neural Networks

ÖN SÖZ

Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği sorunu bugün tüm insanlığı etkileyen en önemli çevre sorunudur. Sorunun küresel çapta olması sorunun çözümü içinde küresel çaba gerektirmektedir. Nitekim çevre sorunları ile mücadele kapsamında gerek ulusal gerekse uluslararası anlamda önemli adımlar atılmıştır. Ülkelerin çevre koruma konusundaki hassasiyetlerinin ulusal plan ve politikalara da yansımıştır. Çevre koruma alanında yapılan hukuki düzenlemeler kadar çevre korumaya yönelik faaliyet ve projelerin kamusal anlamda ne kadar harcamayı gerektireceğinin bilinmesi çevre koruma konusunda gerçekleştirilecek olan planlama faaliyetlerinde karar alıcılara önemli kolaylık sağlayabilecek ve mali politikaların başarısını arttırabilecektir.

Türkiye’de çevre koruma konusunda görev ve sorumlulukları her geçen artan yerel idarelerin başında büyükşehir belediyeleri gelmektedir. Bu bakımdan çalışmada büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamaları zaman serilerinde kullanılan yapay sinir ağı ve alternatif yöntemlerle modellenmiş ve kullanılan yöntemler içerisinde öngörü doğrulu en yüksek olan Yapay Sinir Ağları ile tahmin edilmiştir.

Bu çalışmanın tamamlanmasındaki destek ve katkılarından dolayı danışmanım Doç. Dr. Ceyda MUTLU KÜKRER’ e ikinci danışmanın Prof. Dr. Murat ÇUHADAR’ a tez izleme komitesinde yer alan Prof. Dr. Gökhan DEMİRTAŞ ve Prof. Dr. Gülsüm GÜRLER HAZMAN’ a

Bugün bulunduğum noktaya gelmemde çok büyük emekleri olan annem Dilber DEMİRTAŞ ve babam Seyfettin DEMİRTAŞ’ a

Sadece doktora sürecimde değil her zaman, hayatın bir süreç olduğunun farkına varmamı sağlayan, hedefe giden yolda süreci daha keyifli yaşamama vesile olan değerli eşim ve oğluma teşekkürlerimi sunarım.

Bir damla suyun kıymetini bilmeye gayret edenlere...

Selma AYDOĞAN
2023, Afyonkarahisar

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK VE BİLİMLSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI.....	ii
ENSTİTÜ ONAYI.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

KÜRESEL KAMUSAL OLARAK ÇEVRE

1. KAMUSAL MAL KAVRAMININ TANIMLANMASI	5
2. KAMUSAL MALLARIN SINIFLANDIRILMASI	7
2.1. YEREL KAMUSAL MALLAR.....	7
2.2. BÖLGESEL KAMUSAL MALLAR	8
2.3. ULUSAL KAMUSAL MALLAR.....	9
2.4. KÜRESEL KAMUSAL MALLAR	9
2.4.1. Küreselleşme ile İlişkisi.....	10
2.4.2. Tanımı Temel Özellikleri	11
2.4.3. Sınıflandırılması	13
2.4.4. Sunum Süreci ve Teknikleri	18
2.4.5. Sunumuna İlişkin Tartışmalar	20
2.4.5.1. Bedavacılık Sorunu	21
2.4.5.2. Mahkumlar Açmazı.....	22
3. KÜRESEL KAMUSAL MAL OLARAK ÇEVRE.....	24
3.1. TEMEL ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN ÇEVRE	25
3.2. SINIFLANDIRILMASI AÇISINDAN ÇEVRE	26
3.3. SUNUM SÜRECİ VE TEKNİKLERİ AÇISINDAN ÇEVRE	29
4. KÜRESELLEŞME VE ÇEVRE SORUNLARI İLİŞKİSİ	30
4.1. TEMEL ÇEVRE SORUNLARI.....	32
4.2. KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	36
5. ÇEVRE SORUNLARININ EKONOMİK NİTELİĞİ.....	38
6. ÇEVRE SORUNLARI İLE MÜCADELEDE ULUSLARARASI ÇABALAR..	48
6.1. BM İNSAN ÇEVRESİ KONFERANSI (STOCKHOLM KONFERANSI).....	48
6.2. ORTAK GELECEĞİMİZ (BRUNDTLAND) RAPORU	50
6.3. RİO ZİRVESİ.....	51
6.4. KYOTO PROTOKOLÜ	52
6.5. PARİS İKLİM ANLAŞMASI.....	54

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE'DE ÇEVRE KORUMA VE BÜTÇE İLİŞKİSİ: BÜYÜKŞEHİR BELEDİYELERİNİN ÇEVRE KORUMA FAALİYETLERİNDEKİ RÖLÜ VE ÖNEMİ

1. TÜRKİYE'NİN ÇEVRE KORUMA POLİTİKALARININ GENEL ÇERÇEVESİ	57
2. ÇEVRE KORUMA VE BÜTÇE İLİŞKİSİ.....	64
2.1. HARCAMA POLİTİKALARI BOYUTU	65
2.1.1. Çevre Korumada Mali Araç Olarak Kamu Harcamaları	68
2.1.2. Çevre Koruma Harcamalarının İçeriği ve Sınıflandırılması	69
2.1.3. Çevre Koruma Harcamalarının Rolü ve Önemi	71
2.2. GELİR POLİTİKALARI BOYUTU	74
2.2.1. Çevre ile İlgili Vergi ve Benzeri Yükümlülükler	75
2.3. TÜRKİYE'DE UYGULANAN ÇEVRE VERGİLERİ	77
2.3.1. Çevre Temizlik Vergisi.....	77
2.3.2. Motorlu Taşıtlar Vergisi	78
2.3.3. Özel Tüketim Vergisi.....	80
2.3.4. Diğer Vergi ve Benzeri Yükümlülükler.....	80
3. TÜRKİYE'DEKİ YEREL YÖNETİMLERİN ÇEVRE KORUMA FAALİYETLERİNDEKİ RÖLÜ	81
3.1. BÜYÜKŞEHİR BELEDİYELERİ	86
3.2. ÇEVRE KORUMA HARCAMA TAHMİNLERİNİN ÖNEMİ.....	89

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TAHMİN YÖNTEMLERİ

1. NİTEL VE NİCEL TAHMİN YÖNTEMLERİ.....	91
2. ZAMAN SERİLERİ TAHMİN YÖNTEMLERİ	93
2.1. ÜSTEL DÜZLEŞTİRME (EXPONENTIAL SMOOTHING) YÖNTEMİ	95
2.1.1 Mevsimsel Üstel Düzleştirme (Holt – Winters) Yöntemi	97
2.2. BOX-JENKİNS (ARIMA) YÖNTEMİ.....	98
2.2.1. Mevsimsel ARIMA Modelleri	100
2.2.2. Box-Jenkins Yönteminde Modelleme Aşamaları.....	101
2.2.2.1. Geçici Model Yapısının Belirlenmesi (İdentification)	102
2.2.2.2. Geçici Modelin Parametre Tahmini (Estimation)	106
2.2.2.3. Geçici Model Uygunluk Testi.....	107
2.2.2.4. İleriye Yönelik Tahmin (Future Forecast).....	108
2.2.3. ARIMAX Modeli	109
2.3. YAPAY SİNİR AĞI YÖNTEMİ	110
2.3.1. Yapay Sinir Ağı Ve Biyolojik Nöronlar.....	112
2.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı	113
2.3.3. Yapay Sinir Hücrelerinin Temel Unsurları	115
2.3.4. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması	117
2.3.4.1. Bağlantı Yapılarına Göre	118
2.3.4.2. Öğrenme Şekillerine Göre.....	119
2.3.4.3. Katman Sayılarına Göre	120
2.3.5. Yapay Sinir Ağları ile Geliştirilen Modelin Aşamaları.....	121
2.3.5.1. Uygun Mimari Yapının Oluşturulması.....	122

2.3.5.2. Eğitim Aşaması	124
2.3.5.3. Test Aşaması	125
2.3.5.4. İleriye Yönelik Tahmin Aşaması	125
2.3.6. NAR Modeli	126
2.3.7. NARX Modeli.....	127

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

1. LİTERATÜR	130
2. AMAÇ VE ÖNEM.....	136
3. KAPSAM VE SINIRLILIKLAR	137
4. VERİLER.....	138
5. YÖNTEM	139
5.1. VERİLERİN ZAMAN SERİSİ BİLEŞENLERİNİN İNCELENMESİ	140
5.2. MEVSİMSSEL ÜSTEL DÜZLEŞTİRME (HOLT- WINTERS) YÖNTEMİNİN UYGULANMASI	142
5.3. BOX-JENKİNS YÖNTEMİNİN UYGULANMASI.....	143
5.3.1. ARIMAX Modelinin Uygulanması	149
5.4. YAPAY SİNİR AĞI YÖNTEMİNİN UYGULANMASI	155
5.4.1. NAR Modelinin Uygulanması	155
5.4.2.NARX Modelinin Uygulanması.....	160
5.5. YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE BÜYÜKŞEHİR BELEDİYELERİNİN ÇEVRE KORUMA HARCAMA TAHMİNLERİNİN YAPILMASI	165
SONUÇ TARTIŞMA VE ÖNERİLER	169
KAYNAKÇA.....	174
EKLER.....	190

TABLÖLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1. Küresel Kamusal Malların Sunum Tekniklerine Göre Sınıflandırılması	20
Tablo 2. Küresel Kamusal Mal Olarak Çevre.....	26
Tablo 3. Küresel Kamusal Malların Sektörel Sınıflandırılmasında Çevre	27
Tablo 4. Küresel Kamusal Malların Fayda Türü Sınıflandırılmasında Çevre	28
Tablo 5. Küresel Kamusal Malların Kamusalılık Derecesine GöreSınıflandırılmasında Çevre	28
Tablo 6. Çevre Hedefleri	60
Tablo 7. 2020 Yılı Türkiye Çevresel Performans Göstergeleri	61
Tablo 8. 2020 Yılı G-20 Ülkeleri İklim Değişikliği Performansı Sıralamaları	63
Tablo 9. İkinci Düzey Fonksiyonel Sınıflandırma.....	70
Tablo 10. Trafiğe Kayıtlı Elektrikli- Hibrit Otomobillerin Yıllar İtibariyle Toplam Sayısındaki Değişim	79
Tablo 11. Büyükşehir Belediyelerinin Toplam Çevre Koruma Harcamaları ve Toplam Harcama İçerisindeki Payları.....	88
Tablo 12. Durağan Box-Jenkins Modellerinde(AR, MA, ARMA) ACF ve PACF'lerin Seyri.....	105
Tablo 13. Trend Analizi Model Özeti.....	141
Tablo 14. Büyükşehir Belediyeleri Çevre Koruma Harcamaları Serisi Mevsim İndeks Değerleri	142
Tablo 15. Üstel Düzleştirme Model Parametreleri	143
Tablo 16. LnHTS Serisinin ADF Test Sonucu	144
Tablo 17. LnHTS Serisinin HEGY Test Sonucu	145
Tablo 18. $\Delta\Delta_4^2$ LnHTS Serisinin ADF Test Sonucu	146
Tablo 19. $\Delta\Delta_4^2$ LnHTS Serisinin HEGY Test Sonucu	146
Tablo 20. Model Katsayılarının Anlamlı Olduğu Aday Modeller.....	147
Tablo 21. SARIMA(0,1,0) (3,2,0) ₄ Model Parametreleri	147
Tablo 22. SARIMA(0,1,0) (3,2,0) ₄ Model İstatistikleri	147
Tablo 23. Modelin Artıklar Serisinin Ljung-Box İstatistikleri	149
Tablo 24. ETS Serisinin ADF Test Sonucu	150
Tablo 25. EHTS Serisinin HEGY Test Sonucu	150
Tablo 26. $\Delta^2 \Delta_4^2$ ETS Serisinin ADF Test Sonucu	152
Tablo 27. $\Delta^2 \Delta_4^2$ ETS Serisinin HEGY Test Sonucu	152
Tablo 28. SARIMAX (0,1,0) (3,2,0) ₄ Model Parametreleri	153
Tablo 29. SARIMAX (0,1,0,) (3,2,0) ₄ Model İstatistikleri	153

Tablo 30. Modelin Artıklar Serisinin Ljung-Box İstatistikleri	154
Tablo 31. Farklı Mimari Yapılar Kullanılarak Denenen NAR Modelleri	156
Tablo 32. Seçilen NAR Modelinin Mimari Yapısına İlişkin Bilgiler.....	157
Tablo 33. Farklı Mimari Yapılar Kullanılarak Denenen NARX Modelleri	161
Tablo 34. Seçilen NARX Modelinin Mimari Yapısına İlişkin Bilgiler.....	162
Tablo 35. Farklı Yöntemler Kullanılarak Oluşturulan Tek Değişkenli Modellerin Öngörü Performanslarının Karşılaştırılması	165
Tablo 36. 2022: 4- 2024: 3 Dönemleri İçin Büyükşehir Belediyelerinin Çevre Koruma Harcama Tahminleri	166
Tablo 37. Farklı Yöntemler Kullanılarak Oluşturulan Çok Değişkenli Modellerin Öngörü Performanslarının Karşılaştırılması	167



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. Türkiye ve AB’de Kamu Sektörü Tarafından Gerçekleştirilen Çevre Koruma Harcamalarının GSYİH İçerisindeki Payı.....	82
Şekil 2. Yerel Yönetimler Tarafından Gerçekleştirilen Çevre Koruma Harcamalarının Genel Yönetim Kapsamındaki İdarelerce Gerçekleştirilen Çevre Koruma Harcamaları İçerisindeki Payı	84
Şekil 3. Box-Jenkins Model Kurma Aşamaları.....	102
Şekil 4. Biyolojik Sinir Hücresi	113
Şekil 5. Üç Katmandan Oluşmuş Tipik Bir Çok Katmanlı İleri Beslemeli YSA	114
Şekil 6. Yapay Sinir Hücresinin Temel Unsurları.....	115
Şekil 7. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı.....	118
Şekil 8. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağı	119
Şekil 9. Tek Katmanlı İleri Beslemeli YSA	120
Şekil 10. Çok Katmanlı İleri Beslemeli (MLP) YSA.....	121
Şekil 11. Yapay Sinir Ağı Modelleme Aşamaları	122
Şekil 12. Doğrusal Olmayan Otoregresif Yapay Sinir Ağı (NAR)	127
Şekil 13. Doğrusal Olmayan Otoregresif Dış Değişkenli Yapay Sinir Ağı (NARX) ..	128
Şekil 14. Büyükşehir Belediyeleri Çevre Koruma Harcamaları Serisi Grafiği.....	141
Şekil 15. Mevsimsel Etkilerden Arındırılmış Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Harcamaları Serisi Grafiği	142
Şekil 16. LnHTS Serisi Zaman Grafiği ve ACF/PACF Grafiği.....	144
Şekil 17. $\Delta\Delta_4^2$ LnHTS Serisi Zaman Grafiği ve ACF/PACF Grafiği	145
Şekil 18. Mevsimsel ARIMA (0,1,0) (3,2,0) ₄ Modeli için Artıklar Serisine İlişkin ACF ve PACF Grafikleri	148
Şekil 19. ETS Serisi Zaman Grafiği ve ACF/PACF Grafiği.....	150
Şekil 20. $\Delta^2 \Delta_4^2$ ETS Serisi Zaman Grafiği ve ACF/PACF Grafiği.....	151
Şekil 21. Mevsimsel ARIMAX (0,1,0,) (3,2,0) ₄ Modeli için Artıklar Serisine İlişkin ACF ve PACF Grafikleri	154
Şekil 22. Uygulamada kullanılacak NAR Ağı Modeli (Açık Döngü)	157
Şekil 23. NAR Ağının Eğitim ve Test Performansı	157
Şekil 24. NAR Ağının Regresyonu	158
Şekil 25. NAR Ağının Hata Otokorelasyonu	159
Şekil 26. Giriş ve Hata Arasındaki Korelasyon	160
Şekil 27. Uygulamada Kullanılacak NAR Ağı Modeli (Kapalı Döngü).....	160
Şekil 28. Uygulamada kullanılacak NARX Ağı Modeli (Açık Döngü).....	162

Şekil 29. NARX Ağının Eğitim, Test ve Doğrulama Performansı	163
Şekil 30. NARX Ağının Regresyonu	163
Şekil 31. NARX Ağının Hata Otokorelasyonu	164
Şekil 32. Giriş ve Hata Arasındaki Korelasyon	164
Şekil 33. Uygulamada Kullanılacak NARX Ağı Modeli (Kapalı Döngü).....	165
Şekil 34. Uygulamada Kullanılacak NAR Ağı Modeli (Kapalı Döngü).....	166
Şekil 35. Gerçekleşen Çevre Koruma Harcamaları ile NAR Model Fit ve Tahminleri Zaman Grafiği	167
Şekil 36. Gerçekleşen Çevre Koruma Harcamaları ve NARX Model Fit Zaman Grafiği	168



KISALTMALAR DİZİNİ

- AB:** Avrupa Birliği
- ARIMA:** Auto Regressive Integrated Moving Average (Oto regresif Entegre Hareketli Ortalama)
- ARIMAX:** Auto Regressive Integrated Moving Average with Intervention X Variables (Dış Değişkenli Oto regresif Entegre Hareketli Ortalama)
- BMİDÇS:** Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
- CCPI:** Climate Change Performance Index (İklim Değişikliği Performans Endeksi)
- CEPA:** Classification Environmental Protection Expenditure (Çevre Koruma Harca Sınıflandırması)
- ÇPE:** Çevresel Performans Endeksi
- ÇŞİB:** Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
- DPT:** Devlet Planlama Teşkilatı
- EPI:** Environmental Performance Index (Çevresel Performans Endeksi)
- EUROSTAT:** European Community Statistical Office (Avrupa Topluluğu İstatistik Ofisi)
- GİB:** Gelir İdaresi Başkanlığı
- HVMB:** Hazine ve Maliye Bakanlığı
- IMF:** International Monetary Fund (Uluslararası Para Fonu)
- IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change (Uluslararası İklim Değişikliği Paneli)
- KB:** Kalkınma Bakanlığı
- KMYKK:** Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu
- MAPE:** Mean Absolute Percentage Error (Ortalama Mutlak Yüzde Hata)
- MSE:** Mean Squared Error (Ortalama Kare Hata)
- NAR:** Nonlinear Autoregressive (Doğrusal Olmayan Oto regresif)
- NARX:** Nonlinear Autoregressive Network with Exogenous Inputs (Dış Değişkenli Doğrusal Olmayan Oto regresif)
- OECD:** Organisation for Economic Cooperation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
- PEB:** Performans Esaslı Bütçeleme
- SARIMA:** Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average (Mevsimsel Oto regresif Entegre Hareketli Ortalama)
- SARIMAX:** Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average with Intervention X Variables (Mevsimsel Dış Değişkenli Oto regresif Entegre Hareketli Ortalama)
- SBB:** Strateji ve Bütçe Başkanlığı
- TÜİK:** Türkiye İstatistik Kurumu
- UN:** United Nations (Birleşmiş Milletler)
- UNFCCC:** United Nations Framework Convention on Climate Change (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi)
- UNEP:** United Nations Environment Programme (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)
- UÇEP:** Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planı
- WB:** World Bank (Dünya Bankası)
- WCED:** World Commission on Environment and DevelopmentWorld (Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu)
- WHO:** World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
- YİDEP:** Yerel İklim Değişikliği Eylem Planı
- YSA:** Yapay Sinir Ağı

GİRİŞ

Nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojiye yaşanan gelişmeler üretim ve tüketim faaliyetlerinin hızlı bir şekilde artmasına neden olmuştur. Özellikle doğada kendiliğinden bulunan ve fiyatı olmadığı için serbest mal olarak adlandırılan malların aşırı kullanımı çevre sorunlarının gündeme gelmesine neden olmuştur. Çevre sorunlarının olumsuz etkilerinin tüm dünyada canlı yaşamını tehdit eden boyutlara ulaşması çevre sorunları ile mücadele konusunu gündeme getirmiştir. Kamusal malların özel bir türü olarak kabul edilen çevre sorunları toplumlara yüklemiş olduğu maliyet açısından kamusal bir kötü (public bad) olarak kabul edilmektedir. Çevre sorunları ile mücadele kapsamında gerçekleştirilecek olan faaliyetler ise toplumlara sağladığı fayda açısından kamusal iyi (public good) olarak kabul edilmektedir. Çevre sorunlarının yaratmış olduğu tehlikelerden ve çevre sorunları ile mücadele kapsamında gerçekleştirilen faaliyetlerden birçok ülkenin ve popülasyonun etkilenmesi nedeni ile literatürde çevre, kavramsal olarak küresel kamusal mal olarak ifade edilmiştir.

Küresel anlamdaki mücadelenin başarılı sonuçlar verebilmesi için tüm ülkelerin aynı kararlılıkla çevre koruma konusuna kendi iç politikalarında yer vermeleri gerekmektedir. Nitekim ulusal ve uluslararası anlamda çevre korumaya yönelik önemli adımlar atılmış ve çevre koruma konusu ülkelerin ulusal planlamalarında öncelikli bir konu olarak yer alamaya başlamıştır. Ülkelerin uluslararası sözleşmelerde çevrenin korunmasına yönelik olarak birçok alanda sürdürülebilirlik yaklaşımını benimsemeleri başta ulusal kalınma planları olmak üzere, kurumların stratejik planlarına ve bütçe dokümanlarındaki gelir gider kalemlerine yansımıştır. Türkiye’de de hazırlanacak olan kalkınma planlarında öncelikli olarak yerel yönetimlerin çevre konusunda hazırladıkları eylem planlarının dikkate alınması gerektiği ve bu planların 5018 sayılı KMYKK kapsamında hazırlanan stratejik planlara eklenmesi gerektiği ifade edilmiştir (KB, 2018: 68). Bununla birlikte plan-bütçe bağlantısının güçlendirilmesi için kalkınma planlarında uygulanacak bütün politikaların bütçe boyutunun dikkate alınması gerektiği özellikle vurgulanmıştır (SBB, 2019: 3).

Üretici ya da tüketici pozisyonunda olan insanın gerçekleştirmiş olduğu eylemler çevre sorunlarının yaşanmasında en temel faktör olarak görülmektedir. Söz konusu eylemler daha çok yerel yönetimlerin yetki sınırları içinde bu idarelerin iznine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Ayrıca ortaya çıkan çevresel dışsallıkların giderilmesinde yerel

yönetimler merkezi yönetime oranla daha hızlı karar alabilme ve alınan kararları hızlı bir şekilde uygulama imkânına sahiptir. Bu bakımdan çevre sorunlarının çözümünde yerel idarelerin katkısının daha büyük olduğu ifade edilebilir.

1992 yılında Rio’da yapılan konferansta kabul edilen Gündem 21 adlı belgenin ulusal düzeydeki karşılığı olarak ifade edilen Yerel Gündem 21, sürdürülebilir kalkınma için birçok alanda devrim olarak sayılabilecek dönüşümleri içeren bir belgedir. Söz konusu belge BM Kalkınma Programı ile birlikte ortaklaşa olarak Türkiye’de 1997 yılından itibaren uygulanmaya başlanmıştır. Bu gelişme yerel idarelerin çevre koruma konusundaki görev ve sorumluluklarını arttırmıştır. Türkiye’de nüfusun hali hazırda yaklaşık %78’inin büyükşehir belediye sınırları içerisinde ikamet etmesi¹, 6360 sayılı kanunla büyükşehir belediyelerinin görev ve yetki alanının il sınırına genişletilmesi gibi nedenlerle çevre koruma konusunda görev ve sorumlulukları artan yerel idarelerin başında büyükşehir belediyeleri gelmektedir. Bu bakımdan çalışmanın uygulama kısmında tahmin için geliştirilen modelde, çevre koruma hizmetlerin gerçekleştirilmesinde büyük paya sahip olan büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamaları ele alınmıştır.

Bu çalışmanın amacı; 2022: 4- 2024: 3 dönemleri için Türkiye’deki büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamalarının tahmin edilmesiyle birlikte merkezi ve yerel yönetimdeki karar alıcılara çevre koruma hizmetleri için bütçede ayrılacak olan payı önceden öngörmeleri konusunda ve çevre ile ilgili oluşturulacak eylem planlarında ihtiyaç duyulan kaynağın planlanmasında kolaylık sağlanmasıdır. Bu amacın gerçekleştirilmesi için çalışmada nicel tahmin yöntemlerinden zaman serileri yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada veri yapısı ile uyumlu yöntemlerin belirlenmesi adına verilerin zaman serisi bileşenleri analiz edilmiştir. Zaman serilerinde tahminde kullanılan geleneksel yöntemlerden verilerin yapısına uygun modellerle ve farklı mimari yapılara sahip yapay sinir ağı modelleriyle 2007: 1 – 2022: 3 dönemleri için büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamaları tahmin edilmiştir. Modellerin tahmin sonuçları gerçek değerlerle karşılaştırıldıktan sonra gerçeğe en yakın sonuçların hangi yöntem tarafından verildiği tahmin performans kriteri olarak seçilen MAPE (Ortalama Mutlak

¹ TÜİK 2021 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçlarından elde edilmiştir. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>, 28.10.2022.

Yüzde Hata) kriterine göre belirlenmiştir. Modeller içerisinde en yüksek tahmin doğruluğuna sahip model kullanılarak Türkiye'deki büyükşehir belediyelerinin 2022: 4-2024: 3 dönemleri için çevre koruma harcamalarının gelecek dönemleri tahmin edilmiştir.

Çalışmadaki sınırlılıklar dikkate alındığında ilk ilk sınırlılık veri seti ile ilgidir. Harcamaların hizmet türlerine göre sınıflandırıldığı fonksiyonel sınıflandırma türüne 2006 yılında geçilmiş olması ve 2006 yılına ait verinin yıllık veri olması nedeni ile çalışmada veri seti olarak 2007: 1-2022: 3 dönemlerine ilişkin çevre koruma harcama verileri esas alınmıştır. Diğer bir sınırlılık ise çalışmada bağımsız değişken olarak kullanılan enflasyon değişkenine ilişkindir. Çalışmada modelleme sürecinde farklı modellerin tahmin performanslarının mukayese edilebilmesi için bağımsız (dış) değişkenli tahmin modellerine de yer verilmiştir. Ancak bağımsız değişkenli modellerle geleceğe yönelik tahmin yapılabilmesi için tahmin edilecek dönemlere ilişkin bağımsız değişkene ilişkin verilerin olması gerekmektedir. Söz konusu verilerin olmaması durumunda ise verilerin tahmin edilmesi gerekmektedir. Ancak burada bağımsız değişkene ilişkin ileriye yönelik tahmin değerlerinin belirli bir doğrulukta olmaması durumunda modelin güvenilirliği azalabilecektir. Ayrıca bağımsız değişkenlere ilişkin yapılacak olan tahminlerde her bir değişkenin ayrı ayrı modellenmesi gerekmekte ve her tahmin modelinin kendisine ilişkin hata payı bulundurması farklı bir sorunu ortaya çıkarmaktadır (Çuhadar, 2006: 138). Bu nedenle çalışmada gelecek döneme ilişkin tahminler tek değişkenli modelle yapılmıştır.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde; literatürde yer alan yerli ve yabancı çalışmalardan yararlanılarak kamusal mal, küresel kamusal mal, küresel kamu malı bağlamında çevre, küreselleşme ve çevre sorunları ilişkisi, çevre sorunlarının ekonomik niteliği konularına değinilmiş ve son olarak çevre sorunları ile mücadelede uluslararası çabalara yer verilerek bölüm sonlandırılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde; ilk olarak Türkiye'nin çevre koruma politikasının genel çerçevesine ve Türkiye'de çevre koruma ve bütçe ilişkisine değinilmiştir. Daha sonra Türkiye'de yerel yönetimlerin çevre koruma faaliyetlerindeki rolü ve önemi başlığı altında büyükşehir belediyelerin çevre koruma faaliyetlerindeki önemine yer verilmiştir. Son olarak çevre koruma harcama tahminlerinin önemine yer verilerek bölüm sonlandırılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde; uygulama bölümünde kullanılan zaman serileri tahmin yöntemlerine yer verilmiştir. Bu bölümde ilk olarak nitel ve nicel tahmin yöntemlerine ve zaman serileri analizine kısaca yer verilmiştir. Daha sonra uygulama bölümünde tahmin

yöntemleri olarak kullanılan Mevsimsel Üstel Düzleştirme (Holt-Winters) Yöntemi, Mevsimsel Box- Jenkins (ARIMA - Auto Regressive Integrated Moving Average) Yöntemi ve Yapay Sinir Ağı (YSA) Yöntemi açıklanmıştır. Çalışmanın son bölümü olan dördüncü bölümde çalışmanın amacına yönelik olarak Türkiye'deki büyükşehir belediyelerinin çevre koruma ile ilgili harcamalarının tahminine ilişkin zaman serilerinde tahminde kullanılan YSA ve diğer yöntemlerden faydalanılarak bir uygulamaya yer verilmiştir. Bu bölümde ilk olarak konuyla ilgili literatürde yer alan yerli ve yabancı çalışmaların özetine yer verilmiştir. Sonrasında araştırmanın amacı, önemi, kapsam ve sınırlılıkları, araştırma yönteminin seçimi, araştırmanın verileri ve yöntemi açıklanmıştır. Son olarak zaman serilerinde YSA ve geleneksel tahmin yöntemlerinin kullanıldığı uygulamanın bulgularına ve yorumlarına yer verilmiştir. Sonuç bölümünde çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve politika önerileri sunulmuştur.

Literatürde Türkiye’de büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamalarının zaman serilerinde kullanılan geleneksel modellerle ya da YSA yöntemiyle gelecek dönemlere ilişkin tahminini konu alan herhangi bir çalışmanın bulunmaması bu çalışmayı diğer çalışmalardan farklı kılmaktadır. Kamu harcamalarının tahminine yönelik olarak yerli ve yabancı literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde bu alanda yapılan sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Bu açıdan yapılan çalışma ile kamu harcamaları literatürüne önemli bir katkı sağlanmış olacaktır. Bununla birlikte yapılan çalışmanın diğer katkıları şu şekilde ifade edilebilir:

- Büyükşehir belediyelerinin gelecek sekiz döneme ilişkin olarak çevre koruma harcama tahminlerinin yapılması bu alandaki kaynak ihtiyacının belirlenmesi ve alternatif finans olanaklarının araştırılması konusunda bütçe hazırlık aşamasında politika yapıcılara planlama açısından kolaylık sağlayabilecektir.

- Büyükşehir belediyelerinin gelecek sekiz döneme ilişkin olarak çevre koruma harcama tahminlerinin yapılması ve bu alandaki kamusal harcamaların tespiti merkezi yönetimden büyükşehir belediyelerine aktarılacak paylarda karar alıcılar için proaktif bir önlem olarak dikkate alınabilecektir.

- Büyükşehir belediyelerinin gelecek sekiz döneme ilişkin olarak çevre koruma harcama tahminlerinin yapılması ulusal anlamda hazırlanacak olan kalkınma planlarında çevre korumaya ilişkin politikaların harcama boyutunun dikkate alınmasına katkı sağlayabilecektir.

BİRİNCİ BÖLÜM

KÜRESEL KAMUSAL OLARAK ÇEVRE

1. KAMUSAL MAL KAVRAMININ TANIMLANMASI

Kamusal malların bir türü olarak görülen küresel kamusal malların doğru bir şekilde açıklanması adına öncelikle kamusal mallar (public goods) kavramının açıklığa kavuşturulması gerekmektedir. Kamusal mallar kavramı içerisinde yer alan mal kavramı literatürde hem somut hem de soyut nesnelere işaret edebilmektedir. Örneğin; devlet tarafından inşa edilen herkesin kullanımına açık bir köprü kamusal bir maldır. Diğer taraftan devlet tarafından sokakların güvenliğinin sağlanması kamusal fayda ve hizmet anlamında soyut nitelikli bir maldır. Burada söz konusu hizmet; iyi olan ya da iyi olduğu varsayılan şeyler olarak kamusal mal olarak adlandırılmaktadır (Guess, 2007: 28).

Burada açıklanması gereken bir diğer önemli kavram ise kamusal mallarla yakın ilişkili olan kamusal kötüler (public bads) kavramıdır. Kamusal kötüler; ortaya çıkan zararlar açısından tüketimde rekabetin olmadığı ve ortaya çıkan zararın etkisinden bazılarını dışlamanın mümkün olmadığı mal ve hizmetler olarak ifade edilmektedir. Kamusal mallarda faydanın birçok ülkeye ve popülasyona yayılması söz konusu iken, kamusal kötülerde de zararın birçok ülke ve popülasyona yayılması söz konusu olabilmektedir. Bu açıdan kamusal kötülerin giderilmesine yönelik tedbirler küresel kamusal mal kapsamında değerlendirilmektedir (Göker, 2014: 85).

Kamusal malların özel bir türü olarak kabul edilen çevre kirliliği topluma yüklediği maliyet açısından kamusal kötü (public bad) olarak değerlendirilmektedir. Çevresel iyileştirme ise tüm insanlara sağlamış olduğu fayda ve dışsallık özelliğinden dolayı kamusal mal (public good) olarak değerlendirilmektedir (Wu, vd., 2020: 2). Çalışmada bahsedilen çevre koruma harcamaları; çevre kirliliğini azaltma ve önlemeye yönelik olarak gerçekleştirilen faaliyetlere ilişkin olduğundan kamusal mallar (public good) boyutu ile ele alınmıştır.

Kamusal mallar kavramı ile ilgili ilk açıklamalara David Hume'un 1739'da yayınladığı The Treatise of Human Nature (İnsan Doğası Üzerine Bir İnceleme) adlı çalışmasında yer verildiği ifade edilmektedir. Söz konusu çalışmada Hume, ortak olan mallarda karar almada yaşanan zorlukları dile getirmiştir. Adam Smith de ortak malların üretiminde yaşanan zorlukları 1776 'da yayınladığı Nature and Causes of the Wealth of

Nations (Ulusların Zenginliğinin Doğası ve Nedenlerine İlişkin Araştırması) adlı çalışmasında ele almıştır (Cornes & Sandler, 1996: 3).

Kamusal mallar kavramı ilk kez sistematik ve formel biçimde Samuelson tarafından açıklanmıştır. Samuelson 1954 yılında yaptığı çalışmasında kamusal mallardan kolektif tüketim malları olarak bahsetmiş ve özel ve kolektif mallar arasındaki farkı formel bir biçimde açıklamıştır. Özel tüketim mallarının $(x_1 \dots x_n)$, farklı kişiler $(1, 2, \dots, i, \dots, s)$ arasında $X_j = \sum_1^s X_j^i$ ilişkisine göre paylaşılacağını, ortak tüketim mallarının $(X_{n+1} \dots X_{n+m})$ ise bir kişinin bu malı tüketmesinin diğer bireylerin söz konusu malı tüketimlerinde herhangi bir azalmaya neden olmaması anlamında herkes tarafından ortak şekilde paylaşılacağını ve her bir kişi ve ortak tüketime konu olan mal için $X_{n+j} = X_{n+j}^i$ eşitliğinin her zaman sağlanacağını ifade etmiştir (Samuelson, 1954: 387).

Birçok ekonomist kamusal malları tanımlarken, Samuelson'un kamusal mal tanımlamasını referans alarak bu malların dışlanamazlık ve birlikte tüketim gibi iki önemli karakteristik özelliğine vurgu yapmışlardır. Dışlanamazlık özelliği; bu mallar üretildiğinde tüketiminden herhangi bir kişiyi uzaklaştırmanın mümkün olmadığını ifade ederken; birlikte tüketim, bu tür malların bir kişi için üretildiğinde ilave bir tüketicinin bu malı tüketmesi durumunda ekstra bir maliyet oluşturmadığını ifade etmektedir (Holcombe, 1997: 2). Bu mallara örnek olarak global konum belirleme sistemleri gösterilebilir. Bu sistem doğa yürüyüşü, füze rehberliği ve golf topunun delikten uzaklığını belirlemede kullanılır. Yerini bulan insanlar diğerlerinin sinyallerinin değerini düşürmediği için bu mallar kamu malı olarak nitelendirilebilir (Nordhaus, 2005: 3).

Stiglitz'e göre kamusal malların iki temel özelliği bulunmaktadır. Birincisi bu malların kullanımını tayinlamak mümkün değildir; ikincisi ise bu mallarda tayinlamanın çok arzu edilen bir durum olmadığıdır. Örneğin; milli savunma hizmetleri dışarıdan gelecek muhtemel saldırıları önlüyorsa, ülke sınırları içinde yaşayan bütün bireyler bu hizmetten yararlanır ve kimseyi bu hizmetin faydasından dışlamak mümkün değildir. Bu tarz mallarda fiyat sistemiyle tayinlama mümkün olmadığından piyasa pareto-etkin miktarda kamu malı üretmeyecektir. Hem bu iş özel firmalara bırakılsa bile her birey sunulan hizmetten bedelini ödesin ya da ödemesin bu hizmetten faydalanacağını bildiğinden bu hizmetin bedelini gönüllü bir şekilde ödemek için istekli olmayabilecektir.

Bu durum bedavacılık olarak adlandırılan sorunu beraberinde getirecektir (Stiglitz, 1994: 150).

Geçmişten günümüze kamusal mallarla ilgili literatür incelendiğinde; kamusal mal kavramıyla ilgili olarak yapılan tanımlamaların zamanla yeni boyutlar kazandığı görülmektedir. Bazı yazarlar kamusal mal tanımının sadece malın özelliklerine dayandırılarak yapılmasını kamusal hizmetleri haklı çıkarma çabası olarak ifade etmişler ve bu durumu eleştirmişlerdir (Göker, 2008: 109).

James Buchanan; kamusal malları, dışsallıkların bir türü olarak görmekte fakat her dışsallığa neden olan faaliyetlerin kamusal mal olarak kabul edilemeyeceğini ifade etmektedir. Buchanan'a göre devlet tarafından sunulan tüm mal ve hizmetler kamusal mal kabul edilmekle birlikte teoride ve uygulamada kamusal tanımıyla ilgili farklılıklar mevcuttur ve gerçek dünyada tanımda geçen özelliklerde olduğu gibi net bir kamusalılık mevcut değildir (Buchanan, 1999: 48).

Kaul ve Mendoza'ya göre kamusal mallarla ilgili literatür geniş ve çeşitlilik arz etse de bu mallarla ilgili dışlanamazlık ve rakip olmama üzerine odaklı standart bir tanım vardır; malların özellikleri bu standart tanıma her zaman uygun olmayabilir. Bunun temel nedeni, toplumların bu mal ve hizmetlerin rakip olmama ve dışlanamazlık özelliklerini değiştirebilmesidir (Kaul & Mendoza, 2003: 80).

2. KAMUSAL MALLARIN SINIFLANDIRILMASI

Literatürde kamusal mallar çok çeşitli açılardan sınıflandırılmıştır. Yaygın olan sınıflandırma çeşitlerinden birisi de hizmetin faydasının ve maliyetinin yayıldığı alanı baz alan sınıflandırmadır. Buna göre çalışmada; kamusal mallar yerel, bölgesel, ulusal ve küresel olmak üzere dört farklı şekilde sınıflandırılmıştır.

2.1. YEREL KAMUSAL MALLAR

Yerel kamusal mal; kamusal mal ve hizmetlerin meydana getirmiş olduğu etkilerin ulus devlet içinde yer alan birim ya da yöreye yayılması durumunda söz konusu olmaktadır (Yumuşak ve Aydın, 2005: 111). Yerel kamusal malların en belirgin özelliği, faydalarının yayıldığı alanın belirli coğrafi sınırlar içinde kalmasıdır. Bu nedenle bu coğrafi bölge içinde yaşayan bireyleri bu malın faydasından dışlamak mümkün değilken; bu bölgenin dışında yaşayan bireyleri bu malın faydasından dışlamak mümkündür (Kirmanoğlu, 2007: 131). Örneğin sokak lambaları bu grupta yer alan bir kamusal maldır.

Sokak lambaları sadece bulundukları bölgenin aydınlatılmasını sağlayacağından bu bölge dışındaki bireyler bu hizmetten faydalanamayacaklardır.

Yerel kamu mallarının varlığı farklı gruplar arasında özel mallara benzer şekilde bir rekabet doğurabilmektedir. Tiebout 1956 yılında yaptığı A Pure Theory of Local Expenditures (Yerel Harcamaların Saf Teorisi) adlı çalışmada tüketicilerin seçmen yaklaşımı ile kamu mallarına yönelik tercih modelini en iyi karşılayan topluluğu seçtiğini ifade etmiştir. Plajlar, parklar, polis koruması, yollar ve park tesisleri gibi tesis ve hizmetlerin mevcudiyeti ve kalitesinin karar alma sürecinde etkili olacağını ifade etmiştir (Tiebout, 1956: 418). Yerel kamusal mallarda söz konusu hizmetlerden yararlanma karşılığında verilecek vergilerle kamusal mallarda bedavacılık sorunu da önlenilecektir.

2.2. BÖLGESEL KAMUSAL MALLAR

Kamusal mal ve hizmetlerin fayda ya da zararlarının belirli bir konumdaki iki veya daha fazla ülkeyle sınırlandığı mal ve hizmetler bölgesel kamusal mallar olarak ifade edilmektedir (Sandler, 2006: 6). Sağlamış olduğu faydaların yayılma alanı dolayısıyla bölgesel kamusal mallar, literatürde sıklıkla küresel mallar ile karıştırılmaktadır. Bir malın küresel nitelik kazanabilmesi için; etkilerinin tüm dünyada geniş sosyo-ekonomik yelpazeye yayılması ve bugünkü nesillerle birlikte gelecek nesilleri de etkilemesi gerekmektedir (Kirmanoğlu, 2001: 12). Bölgesel kamusal mallar için; mal ve hizmetin etkisinin yayıldığı alanın küresel çapta olmadığı fakat ulusal anlamda ülke sınırlarını aştığı söylenebilir. Bu anlamda bu malların küresel ve ulusal mallar arasında yer aldığı da ifade edilebilir.

Bölgesel kamusal mallara örnek olarak; ortak pazarlar (NAFTA, AB gibi), Savunma Paktları (NATO gibi.), otoyollar ve kablo ağları verilebilir (Ayrangöl, 2012: 35). Bununla birlikte çevre koruma veya kamu sağlığı önlemleri gibi politika alanlarında, kamu mallarını üretme çabaları, dünyanın pek çok yerinde gerçek anlamda küresel olmaksızın olumlu yayılmalara neden olduğundan bu hizmetler de bölgesel kamu malı kapsamında değerlendirilebilir (Liu & Khan, 2017: 16). Bölgesel kamusal malların sunum sürecinin ülkeler arasında güçlü bir iş birliği ile başlaması, bu malların küresel kamusal mallara göre daha somut bir uyum süreci içinde sunulduğunu göstermektedir (Çelebi ve Yalçın, 2008: 10).

2.3. ULUSAL KAMUSAL MALLAR

Kamusal malın sağlamış olduğu faydanın yayıldığı alan sadece ülke içerisinde kalıyorsa bu mallar literatürde ulusal kamusal mallar olarak adlandırılmaktadır (Mutlu, 2006: 55). Bu tür mallara verilen en yaygın örnek; ulusal savunma ve güvenlik hizmetleridir.

Ulusal ölçekte sunulan adalet, güvenlik, ekonomi politikaları gibi hizmetler ulusal kamusal malların en yaygın örneklerindendir. Söz konusu hizmetlerden ülkede yaşıyanların tamamı fayda sağlamaktadır. Günümüzde ulusal niteliğe sahip olan bu malların fayda ya da zararlarının tüm ülkelere yayılması durumu küresel kamusal mal kavramını gündeme getirmiştir.

2.4. KÜRESEL KAMUSAL MALLAR

Küresel kamusal mallar Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından; ,tüketiminde rekabet ve dışlama özelliklerinin olmadığı, faydalarının tüm dünya ülkelerine hem bugünkü hem de gelecek nesilleri kapsayacak şekilde yayıldığı mal ve hizmetler şeklinde ifade edilmiştir (Kaul vd., 1999a: 2-3). Dünya Bankası ise küresel kamusal malları; ortak fırsatların ve ortak risklerin karşılıklı bağımlılığı arttırdığı, ulusal kalkınma öncelikleri ile küresel çıkarların kesiştiği noktada bulunan bir mal olarak nitelendirmiştir (WB, 2013: 6).

Literatürde uluslararası kamusal mallar şeklinde de ifade edilebilen küresel kamusal mallar, çok uluslu kamusal mal kavramı ile zaman zaman karıştıırılabilir. Birbirine yakın kavramlar olsa da iki kavram arasında farklılıklar mevcuttur. Şöyle ki; kamusal malın faydasının belirli bir hukuki yapılanma içindeki birden fazla ülkeye yayılması durumunda söz konusu mal çok uluslu kamusal mal şeklinde ifade edilirken kamusal malın faydasının belirli bir hukuki yapılanma içinde bulunmayan birden fazla ülkeye yayılması durumunda söz konusu mal küresel kamusal mal şeklinde ifade edilmektedir (Yumuşak ve Aydın, 2005: 111). Örneğin; salgın hastalıklarla mücadele kapsamında geliştirilen bir aşının sadece AB vatandaşlarına uygulanması çok uluslu kamu malı olarak değerlendirilebilirken; bu aşının tüm ülke vatandaşlarına uygulanması küresel kamu malı kapsamında değerlendirilebilir.

Bu alt başlıkta kısaca açıklanan küresel kamusal mallar kavramı ilerleyen başlıklarda daha geniş kapsamda ele alınmıştır.

2.4.1. Küreselleşme ile İlişkisi

Küresel kamusal mallar denildiğinde akla ilk gelen kavramlardan biri küreselleşme kavramıdır. Küresel kamusal iyilerin (public goods) ve kamusal kötülerin (public bads) küreselleşmenin bir sonucu olduğu ifade edilmektedir. Örneğin, finansal piyasalar entegre hale geldikçe, bir zamanlar sadece ulusal bir finansal kriz olan bir durum, baştan itibaren dikkatli bir şekilde yönetilmezse, uluslararası bir kriz haline gelebilmektedir (Kaul vd., 2003: 3).

Küreselleşmenin ortaya çıkardığı fayda ve zararlar, birçok küresel kamusal mal çeşidini de ortaya çıkarmıştır. Örneğin, ilk etapta atmosfer, ozon tabakası ve okyanuslar küresel kamusal mal olarak nitelendirilmekteyken, küreselleşme süreciyle; iklim değişikliği, sağlık, finansal istikrarın sağlanması, barışın korunması ve güvenlik gibi konular da küresel kamusal mallar bağlamında incelenmeye başlanmıştır (Yalçın, 2009: 291). Bu nedenle, küresel kamusal mallar kavramını doğru bir şekilde ortaya koyabilmek için küreselleşme ile küresel kamusal mallar arasındaki ilişkiyi ortaya koymak önem arz etmektedir.

Küreselleşme, dünya çapındaki sosyal ilişkilerin ve etkileşimlerin yoğunlaşması sonucu uzaktaki olayların çok yerel etkiler kazanması ve yereldeki olayların da çok uzaktaki yerleri etkilemesi olarak ifade edilmektedir (Held & McGrew, 2007). Küreselleşme süreci ile birlikte mal ve hizmetlerde, finansal sermaye ve emekte meydana gelen sınır ötesi hareketlilik; kirlilik, hastalıklar, terörizm, bilgi, kültür, finansal krizler, siyasi karışıklıklar, çatışmalar, tıbbi buluşlar, icatlar ve bilgisayar virüsleri için sınırları daha geçirgen hale getirmiştir (Sandler, 2006: 5). Bugün küreselleşme denildiğinde akla ilk olarak ekonomi ve teknoloji alanında son dönemdeki gelişmeler gelmektedir. Buradaki temel düşünce, bilgi teknolojilerinin tek tek ulusal pazarlardan ziyade küresel piyasalarda oluşturulduğudur. Bu anlamda bu mantaliteye uyum sağlayabilen milletlerin diğer milletler, gruplar ve birlikler arasında var olan dengeleri değiştirebildikleri şeklinde yaygın bir inanış vardır (Talas ve Kaya, 2007: 151).

Küreselleşme ülkeler ve insanlık açısından hem avantaj hem de dezavantajları olan bir kavramdır. Şöyle ki, küreselleşmeyle birlikte artan ekonomik etkileşim sonucu üretim giderleri önemli ölçüde düşmekte ve üretim miktarında da büyük artışlar sağlanmaktadır. Fakat bu süreç, azgelişmiş olarak adlandırılan ülkeler açısından bir dezavantaj olarak kabul edilmektedir. Çünkü bu ülkelerde, gelişmiş ülkelere nispeten

insan ve doğal kaynaklar, çevre değerleri daha fazla kullanılmaktadır (Başaran, 2007: 90). Yine teknolojik imkânların artmasıyla birlikte bilginin ve teknolojinin tüm bireylere daha ucuz bir şekilde ulaştırılabilmesi küresel kamusal mal sayılmakta ve küreselleşmenin getirdiği bir avantaj olarak görülmektedir.

Özellikle küreselleşme süreciyle birlikte literatürde “serbest mallar” şeklinde adlandırılan atmosfer, su kaynakları, ormanlar gibi malların aşırı kullanılması beraberinde, doğal kaynakların aşırı kullanımının önlenmesi, çevresel kirlenmenin önlenmesi gibi yeni küresel özelliğe sahip mallara olan talebi ortaya çıkarmıştır (Başaran, 2007: 90). Bu küresel sorunlar, çözümünün de küresel düzeyde ele alınmasını gerekli kılmıştır. Bu amaçla son yıllarda çevresel sorunların çözümünü sağlamak amacıyla Birleşmiş Milletler öncülüğünde çeşitli zirveler düzenlenmiş ve küresel çevre sorunlarının çözüm bulmak amacıyla çok sayıda ülkenin katılımıyla çeşitli uluslararası anlaşmalar (Paris İklim Anlaşması, Kyoto Protokolü, Rio Zirvesi, Stockholm Konferansı gibi) imzalanmıştır (Köse, 2003: 15).

Günümüzde küresel mallar bireysel ve ulusal refahın arttırılmasında önemli bir rol oynar hale gelmiştir. Kamusal kötülükler içinde sayılan bankacılık krizleri (genellikle dünya çapında dalgalanma etkileri vardır), internet tabanlı suç ve sahtekârlık ve artan ticaret ve seyahat nedeniyle dünya çapında da sağlık risklerinin artması, uyuşturucu kullanımı, sigara gibi tehlikeli uygulamaların yayılması, dünya genelinde bireylerin refahını etkilemeye başlamıştır. Bu alanların hepsinde olmasa bile, geleneksel olarak ulusal yapıdaki sorunlar günümüzde uluslararası inceleme ve koordinasyona tabi olmaktadır (Kaul vd., 1999a: 9).

Küreselleşme olgusu, insanlık açısından hem getirileri hem de götürüleri olan bir süreçtir. Özellikle beraberinde getirdiği küresel sorunlar; çözüm aşamasında da küresel çabayı gerekli kılmaktadır. Bu küresel sorunların yaratmış olduğu dışsallıklar, küresel kamusal mal kavramının ortaya çıkmasına neden olarak bu alanda yapılan çalışmaların artmasına katkı sağlamıştır.

2.4.2. Tanımı Temel Özellikleri

1970’li yıllardan itibaren dünyada neoliberal politikaların giderek güç kazanması, devletin ekonomideki payının azalmasına ve devlet tarafından üretilen birçok mal ve hizmetin de özel sektör tarafından üretilmesi sonucunu doğurmuştur. Küresel boyutta tüm insanlığı ilgilendiren bazı kamusal mal ve hizmetlerin üretim ve finansmanı konusunda

ulus devletlerin yetersiz kalması sonucunda, küresel kamusal mal kavramı ortaya çıkmıştır (Bal, 2012: 7).

Küresel kamusal mallarla ilgili ilk açıklamalara Kindleberger tarafından 1986 yılında yapılan çalışmada rastlanılmaktadır. Söz konusu çalışmada Kindleberger, küresel kamusal mallardan uluslararası kamusal mallar olarak bahsetmiştir. Özellikle ekonomik alanda uluslararası kamu mallarına denizlerin serbestliği, iyi tanımlanmış mülkiyet hakları, uluslararası parayı veya sabit döviz kurlarına ilişkin ölçü ve standartlar, açık bir ticaret sistemi gibi örnekler vermiştir (Kindleberger, 1986: 7-8).

Faydaları tüm ülkelere, insanlara ve nesillere uzanan mallar olarak küresel kamu mallarının tanımını öneren ilk kişi Kaul Inge olarak ifade edilmektedir. Söz konusu tanım diğer araştırmacılar ve Birleşmiş Milletler tarafından da desteklenmiştir (Van Den Berg, 2014: 21-22). 1999'da Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından yapılan "Global Public Goods" isimli çalışmada küresel kamusal mallardan ilk defa kapsamlı olarak bahsedilmiş ve bu malların iki temel özelliği karşılaması gerektiği ifade edilmiştir. Birincisi; bu mal ve hizmetlerin tüketiminde rekabet ve dışlama özelliklerinin olmamasıdır. İkincisi ise; faydalarının tüm dünya ülkelerine hem şimdiki hem de gelecekteki nesillere yayılmasıdır (Kaul vd., 1999a: 2-3).

Sandler küresel kamusal malları; kamusalılık özellikleri (tüketimde rekabet etmeme ve faydaların hariç tutulmaması) birden fazla ülkeye veya birden fazla coğrafi bölgeye yayılan ve herhangi bir nüfus grubu veya nesle (şimdiki ve gelecekteki) karşı ayrımcılık yapmayan mallar ("şeyler") olarak nitelendirmiştir (Kaul vd., 1999b: 4). Ayrıca Sandler çalışmasında uzun süre kamusal malların yerel kamusal mallar dâhil ulusal mallar olarak anlaşıldığı oysa trafik ışıkları ve trafik kurallarının, GATT (Gümrük Tarifeleri ve Ticaret Genel Anlaşması) ve WTO (Dünya Ticaret Örgütü) bağlamında müzakere edilen uluslararası serbest ticaret rejimi dâhil olmak üzere diğer rejimlerin (normlar, kurallar ve standartlar dizisi) küresel düzeyde bir karşılığının olduğunu ifade etmiştir. Aslında uzun yıllar var olan bu tarz küresel kamusal malların teknolojik gelişmelerin etkisi ile 19. yüzyılın ortalarından itibaren hızla genişlemeye başladığını ifade etmiştir (Kaul vd., 1999b: 4).

Özellikle yoksulluğu azaltmaya odaklanan Dünya Bankası, küresel kamusal malları;

“... Kalkınma ve yoksulluğun azaltılması için önemli olan ve sadece gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler tarafından iş birliği ve kolektif eylemler yoluyla yeterli arzla üretilebilecek olan, sınır ötesi dışsallıklara sahip mallar, kaynaklar, hizmetler ve kurallar veya politika rejimleri sistemleri” şeklinde tanımlamaktadır. Dünya Bankası’na göre, kamusal mal ve hizmetlerin çok sayıda ülke grubunu ve popülasyonu kapsayan evrensel faydaları olması halinde söz konusu mallar küresel olarak kabul edilmektedir. Örneğin; HIV virüsüne karşı bir aşının keşfedilmesi veya karbondioksit salınımının azaltılmasına yönelik bir anlaşmanın yapılması küresel kamusal mal olarak kabul edilmektedir (Agerskov, 2005: 2).

Küresel mal kavramıyla ilgili olarak yapılan tanımlamalarda daha çok Dünya Bankası ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı tarafından yapılan tanımlamalar kabul görmektedir. Her iki tanımlamada da ortak olarak dışsallık özelliğine vurgu yapılırken; Dünya Bankası’na yapılan tanımlamada, küresel kamusal mal ve hizmetlerin sunulması için uluslararası iş birliğine ihtiyaç duyulması özelliği ön plana çıkartılmıştır. Diğer taraftan Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı tarafından yapılan tanımlamada ise normatif birtakım özelliklere vurgu yapılarak kavram daha geniş kapsamlı olarak ele alınmıştır (Yalçın, 2009: 290).

Küresel kamusal mallarla ilgili olarak literatürde sıkça bahsedilen örnekler arasında; okyanuslar, atmosfer, bioçeşitlilik, insan hakları, yoksulluğun önlenmesi, mali istikrar, serbest ticaret, internet, bilgi ve yönetim yer almaktadır (Kirmanoğlu vd., 2006: 27-29).

2.4.3. Sınıflandırılması

Küresel kamusal mallar literatürde çok farklı açılardan sınıflandırılmıştır. Temel olarak; geleneksel / yeni küresel mallar, sektörler göre, faydalarına göre, kamusalılık türü ve derecesine göre küresel kamusal mallar olmak üzere dört farklı şekilde sınıflandırılabilir. Bunların dışında farklı açılardan yapılan sınıflandırmalar da mevcuttur. Bu sınıflandırmalara aşağıda kısaca değinilmiştir.

Dönemlerine Göre Küresel Kamusal Mallar; geleneksel ve yeni küresel mallar şeklinde sınıflandırılmaktadır. Geleneksel küresel mallar; eskiden beri var olan açık denizler, atmosfer, ozon tabakası gibi insanlığın ortak mirası sayılan malları ve özellikle 17. yüzyılda ülkelerin açık denizlerden serbest bir şekilde yararlanmasını içeren anlaşmaları kapsamaktadır (Turan, 2008: 75).

Küreselleşmenin etkisiyle sınırların ortadan kalkması, ekonomik ve sosyal faaliyetlerin kapsamının da küresel ölçeğe genişlemesi sonucunu doğurmuştur. Olumsuz dışsalıklar geçmişe nazaran daha kolay bir şekilde ulusal sınırlardan taşıp bölgesel ve küresel ölçekte büyük sorunlar meydana getirmeye başlamıştır (Çelebi ve Yalçın, 2008: 3). Bu süreç sonrasında; temiz hava, finansal istikrarın sağlanması, yönetim veya piyasada etkinliğin sağlanması gibi yeni küresel kamusal mallar ortaya çıkmıştır. Bu yeni küresel kamusal mal türleri ile ilgili olarak ortaya çıkan dışsalıkların içselleştirilebilmesi için ulusal politikaların uluslararası anlamda uyumlaştırılması önem arz etmektedir (Akdemir ve Şahin, 2006: 6).

Sektörlere Göre Küresel Kamusal Mallar; çevre, sağlık, bilgi, güvenlik / barış ve yönetim olarak belirlenmiştir. Bu kategorilerin üçü büyük oranda riski azaltmaya yönelik faydalar ile ilişkilendirilirken, (çevre, sağlık ve güvenlik) bilgi ve yönetim ise öncelikli olarak kapasite artırma ile ilişkilendirilmektedir (Morrissey vd., 2002: 14).

Küresel kamusal mallar sektörel olarak, üretimde veya üretilen malın tüketiminde kullanılmasına göre çekirdek ve tamamlayıcı mal olarak iki gruba ayrılırlar. Küresel kamusal malın doğrudan üretimine ilişkin faaliyetler (örneğin bulaşıcı hastalıkların önlenmesi gibi) çekirdek mal olarak ifade edilirken; küresel kamusal malın üretimini yaygınlaştırmaya yönelik faaliyetler (Örneğin, bulaşıcı hastalıkların azaltılmasına yönelik araştırma çalışmaları) tamamlayıcı mal olarak ifade edilmektedir (Susam, 2008: 284).

Çevrenin birçok yönü uluslararası boyutlara sahip olduğundan, çevrenin korunmasını sağlayan kamusal mal ve hizmetler çekirdek faaliyetler olarak adlandırılmaktadır. Risk azaltma veya doğrudan kullanım biçiminde ortaya çıkan faydalar uluslararası bir yayılma alanına sahip olma eğiliminde olacaktır. (Morrissey vd., 2002: 15).

Sağlık kalitesinin artırılmasına yönelik olarak sunulan kamusal mal ve hizmetler de çekirdek faaliyetler olarak adlandırılmaktadır. Herhangi bir hastalığın yok edilmesine yönelik faaliyetler çekirdek faaliyet kapsamında değerlendirilirken, hastalığın nasıl ortadan kaldırılacağına veya kontrol altına alınacağına yönelik araştırmalar, tamamlayıcı faaliyetler kapsamında değerlendirilmektedir. Bu faaliyetler ulusal veya uluslararası düzeyde olabilmektedir (Morrissey vd., 2002: 15).

Bilginin kendisi küresel kamusal mal olarak kabul edilmekte ve uluslararası araştırma faaliyetleri de bu kapsamda çekirdek faaliyetler olarak değerlendirilmektedir. Örneğin, Uluslararası Tarımsal Araştırma Merkezleri (IARC'ler) hem küresel bilgiye hem de çevresel kamu mallarının nasıl sağlanacağına dair araştırmalara katkı sağlamaktadır. Araştırma merkezleri temel bir bilgi aktivitesidir fakat diğer kamu malları kategorilerini sağlamada tamamlayıcı faaliyetler olarak kabul edilmektedir. Tamamlayıcı faaliyetler, internet sitelerinin ve küresel ağların (örneğin, Küresel Kalkınma Ağı) bakımı gibi bilgilerin yayılmasına katkıda bulunanları faaliyetleri içermektedir (Morrissey vd., 2002: 15).

Dünya barışının sağlanması küresel kamusal bir mal olarak kabul edilmektedir. Bu anlamda küresel barışın sağlanması ve sürdürülmesine yönelik yapılan bütün faaliyetler (güvenlik, çatışmaların önlenmesi gibi) çekirdek faaliyetlerdir. Barışın korunmasını sağlamak, çatışmaların önlenmesine katkıda bulunan tamamlayıcı bir etkinlik olarak görülmesine rağmen temel bir faaliyet olarak sınıflandırılabilir. Benzer şekilde, BM Güvenlik Konseyi gibi kurumların faaliyetleri uluslararası düzeyde tamamlayıcı faaliyetler olarak, polislerin verdiği hizmetler ulusal düzeyde tamamlayıcı faaliyet olarak kabul edilmektedir. (Morrissey vd., 2002: 16).

İstikrarlı iyi yönetim hem fayda sağlayan hem de kapasite arttıran (potansiyel güvenlik riskini azaltması gibi) bir kamusal maldır. Uluslararası kamusal malların doğrudan temin edilememesi durumunda bu sorunu gideren küresel kurumlar çekirdek faaliyetler içinde yer almaktadır. Örneğin Birleşmiş Milletler ve Küresel Çevre Örgütü gibi. Ulusal düzeyde, iyi yönetim çekirdek bir faaliyet olarak sayılırken devlet kapasitesini sağlamak bunu tamamlayıcı bir faaliyet olarak sayılmaktadır (Morrissey vd., 2002: 16).

Faydalarına Göre Küresel Kamusal Mallar; doğrudan fayda sağlayan, kapasite arttırıcı ve risk azaltıcı olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Bunların her biri birbiriyle ilişkilidir ve belirli bir kamusal fayda bu üç fayda türünü de sağlayabilmektedir. Faydanın doğrudan ya da risk azaltıcı olması durumunda doğrudan fayda sağlayan kamusal malın küresel olma özelliğinin daha yüksek olduğu söylenebilir; çünkü prensipte herkes bundan fayda sağlayabilir. Bununla birlikte, fayda kapasiteyi arttırmak şeklindeyse, bu malların ulusal ve bölgesel olması daha muhtemeldir (Morrissey vd., 2002: 36).

Risk azaltımına yönelik küresel kamu mallarına örnek olarak; iklim değişikliği ve bulaşıcı hastalık riskinin azaltılması, kapasite artırmaya yönelik küresel kamu mallarına örnek olarak küresel bilgi üretimi ve barışın sürdürülmesi, doğrudan fayda sağlayan küresel kamu mallarına örnek olarak da biyoçeşitliliğin korunması ve küresel ısınmanın önlenmesi verilebilir (Susam, 2008: 290).

Kamusallığın Türüne Göre Küresel Kamusal Mallar; Kaul ve Mendoza tarafından kamusallık türüne göre yapılan sınıflandırmada üç temel kriter göz önünde bulundurulmuştur. Bunlar karar almada kamusallık, faydanın dağıtımında kamusallık ve tüketimde kamusallıktır. Karar almada kamusallık; hangi malların kamu alanına konulacağına, ne kadar üretileceğine ve fayda ve maliyetlerinin nasıl dağıtılacağına ilişkindir. Faydanın dağıtımında kamusallık; çeşitli grupların (kamusal malların tüketicilerinin) ilgili maldan ne ölçüde fayda sağladığıyla ilgilidir. Tüketimde kamusallık ise birey ve gruplar arasında kamusal malların tüketiminin sınırlı olup olmaması ile ilgilidir (Kaul ve Mendoza, 2003: 91).

Kamusallığın Derecesine Göre Küresel Kamusal Mallar; tam kamusal mallar, yarı kamusal mallar, ortak üretim malları ve kulüp mallar olarak sınıflandırmaktadır. Dışlama ve rekabetin söz konusu olmadığı kamusal mallar tam (saf) kamusal mallar olarak ifade edilirken; dışlama ve rakip olma özelliklerinin kısmen mümkün olduğu kamusal mallar yarı kamusal mallar şeklinde ifade edilmektedir (Kanbur vd.; 1999: 56). Bu anlamda küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önlenmesi, ozon tabakasının korunması, bilginin üretilmesi, hastalıkların yok edilmesi küresel tam kamusal mal örnekleri olarak; okyanus balıkçılığı, Antartika'nın korunması, aşırı antibiyotik kullanımı küresel yarı kamusal mal örnekleri olarak ifade edilmektedir (Sandler, 1999: 23-24).

Kamusallık dereceleri değişebilen iki veya daha fazla çıktı ya da ortak ürün sağlayan faaliyetlerin olması durumunda bu tür faaliyetler ortak üretim malları olarak adlandırılmaktadır. Ortak üretim mallarının çıktıları tamamen kamusal, özel veya kısmen kamusal olabilmektedir (Kanbur vd., 1999: 58). Dış yardımlar, barışın korunması, yoksulluğun azaltılması ortak tüketim malları içerisinde sayılmaktadır (Kaul vd., 1999a: 25).

Kulüp mallar ise; tam kamusal mallardan farklı olarak faydalarından kulüp üyesi dışındaki kimseleri dışlamanın mümkün olduğu mallardır. Kulüp mallarda ek üyelerin ortalama maliyetleri düşürmesi açısından ölçek ekonomileri de söz konusudur. Ancak ek

üyeler uzun vadede rekabetçi tüketimin başlangıcı olarak görülebilecek kalabalığa da yol açabilecektir (McNutt, 1999: 928). Kalabalık veya tıkanıklık durumları daha uzun kuyruklara veya daha yavaş geçişlere neden olabilir. Bu durumda geçiş ücreti mekanizması gibi yöntemler uygulanarak kulüp malını daha çok tercih eden üyelere kulüp malı daha verimli bir şekilde tahsis edilebilecektir. Kulüp mallarda üyeler arasındaki zevk farklılıkları dikkate alınmaktadır. Kulüp malını daha çok tercih eden üyeler kulübü daha sık ziyaret edecek ve söz konusu maldan yararlanmak için daha fazla ücret ödeyeceklerdir (Kanbur vd., 1999: 57). Ulusötesi parklar, sabit yörüngeler, kutup yörüngeleri, internet bu tarz mallara örnek olarak verilmektedir (Kaul vd., 1999a: 25).

Küresel kamusal mallarla ilgili olarak literatürde yaygın olarak yapılan sınıflandırma yukarıda dört ana başlık altında ifade edilmeye çalışıldı. Bunun dışında küresel kamusal mallar;

-Üretim zincirindeki yerine göre,

-Ülke, insan ve nesil odaklı olmasına göre,

-Coğrafi alan ve zamanlar arası yayılımına göre de farklı açılardan sınıflandırılmışlardır.

Küresel kamusal mallar üretim zincirindeki yerlerine göre nihai ve ara küresel kamu malları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Nihai küresel kamusal mallar, standart anlamda “mallar” dan çok bu malların somut (çevre gibi) ve soyut (barış gibi) çıktıları ile ilgilidir. Nihai küresel malların sağlanması için gerekli olan mallar ise ara küresel mallar olarak ifade edilmektedir. Söz konusu mallar belirli bir küresel kamu malının sağlanmasında uluslararası kamu müdahalesinin gerekli olabileceği alanları vurgulamaktadır. Nihai ve ara küresel mallar sınıflandırmasında politik ilişkiler önemli bir etkiye sahiptir. Uluslararası anlaşmalar gibi ara küresel kamu malları, nihai küresel kamu mallarının sağlanmasına önemli katkı sağlamaktadır. Örneğin Ozon tabakasındaki incelmeyi önlenmesine yönelik yapılacak uluslararası bir anlaşma ara küresel bir mal olarak nihai bir küresel mal olan ozon tabakasının korunmasına katkı sağlayabilecektir (Kaul vd., 1999a: 13).

Küresel kamusal malların ülke, insan ve nesil odaklı olmasına göre yapılan sınıflandırmasında; küresel mal ve hizmetlerin sunumunda önceliğin ülke, insan ya da nesil odaklı mı olduğuna bakılmaktadır. Mal ve hizmetlerin faydası birçok ülkeye yayılmasına rağmen birden fazla nesli ilgilendirmeyebilir. Küresel malların temelinde,

faydalarının çok sayıda ÷lkeye ve insana ulaşmasının yanında gelecek birden çok neslin de bu mal ve hizmetlerin faydasından yararlanabilmesi yatmaktadır. Doğal olarak küresel malın ÷lke insan veya nesil odaklı olmasına göre bu malların sunumu ve yönetiminde farklı kıstaslar dikkate alınmaktadır (Akdemir ve Şahin, 2006: 8).

Küresel kamusal mallar zamansal yayılımlarına göre gelecek kuşaklara sağladıkları faydanın uzunluğuna ve kısalığına göre sınıflandırılmaktadır. Örneğin haberleşmede kullanılan uydular gibi bazı kamusal malların 10 yıl gibi kısa bir ömrü olabilirken, faydası daha uzun yayılma alanına sahip olan nehirler gibi gelecek kuşaklara fayda sağlayabilen kamusal mallar da bulunmaktadır. Küresel kamusal malların tam kamusal, yarı kamusal mal, kulüp mal ve ortak mal şeklinde sınıflandırıldığı klasik sınıflandırma türüne göre küresel kamusal mallar bir alt sınıflandırma türü olarak fayda ve maliyetlerin yayılmalarının coğrafi aralığına göre de ulusal, bölgesel küresel sınıflandırılabilir (Sandler, 2003: 142).

2.4.4. Sunum Süreci ve Teknikleri

Küresel kamusal malların sunumuyla ilgili karar alma süresi, ulusal kamusal mallardan farklı olmaktadır. Ulusal kamusal mal ve hizmetlerin üretim sürecinde, söz konusu mal ve hizmetlerin ne kadar üretileceğine, nasıl üretileceğine ve nasıl sunulacağına ilişkin kararı veren birim devlet olmaktadır. Küresel kamusal mallarda ise bu şekilde bir mekanizma mevcut olmadığından bu mal ve hizmetlerin sunumunda birtakım güçlükler yaşanmaktadır. Bu nedenle bu malların etkin bir şekilde üretilip sunulabilmesi için devletle birlikte bazı aktörlere ihtiyaç vardır. Bunlar temel olarak çok uluslu şirketler ve sivil toplum kuruluşlarıdır. Özellikle de çok uluslu şirketler bu malların üretiminde ve finansmanında büyük paya sahiptir. Örneğin bulaşıcı hastalıkların giderilmesinde küresel ilaç şirketleri büyük rol oynamaktadır. Diğer taraftan çok uluslu şirketler bazı kararların uygulanmasında devlet üzerinde baskı kurarak bu çabaların sonuçsuz kalmasına neden olmaktadır. Küresel iklim değişikliği ile mücadele kapsamında ÷lkelerin emisyon hacimlerini azaltmada aceleci davranmamalarında ve Kyoto Protokolü'nün uzun süre işlevsiz kalmasında en temel unsur çok uluslu şirketler olarak gör÷lmektedir (Yalçın, 2009: 295).

Kamusal mallarla ilgili tartışmaların çoğunu bu malların tüketiminde rekabetin ve dışlamanın olmaması üzerine odaklanmıştır. Aslında burada esas üzerinde durulması gereken konu bu malların üretim teknolojileriyle ilgilidir ki bu çoğu zaman ihmal

edilmektedir. Küresel kamusal malların üretim teknolojileri oldukça değişkendir. Bu mallarının etkin bir şekilde sağlanması için gerekli olan politika ve kurum türleri de teknolojiye göre farklılık göstermektedir (Nordhous, 2005: 9). Küresel kamusal malların üretiminde “En İyi Vuruş Teknolojisi”, En Zayıf Halka Teknolojisi”, “Toplama Tekniğı” ve “Ağırlıklı Toplama Tekniğı” olmak üzere dört temel üretim teknolojisi bulunmaktadır. (Sandler, 2002: 10).

En İyi Vuruş Teknolojisi: Küresel mal seviyesinin bu malın miktarına en çok katkı yapan aktör tarafından belirlendiğı teknoloji yöntemidir. AIDS, sıtma veya diğerk hastalıklar için bir tedavi bulunduğunda, en büyük çabayı harcayan araştırma ekibi, risk altındaki herkese fayda sağlayarak bu malın üretimini üstlenmiş bulunmaktadır. Genel anlamda bilim ve sağlıkla ilgili gelişmeler bu kapsamda değerlendirilmektedir. (Sandler, 2001: 20). Örneğın; küresel hastalıkların kontrolü için kurulan ABD Hastalık Kontrol Merkezleri gibi (Kaul., 1999b: 10).

Küresel kamusal malın birden fazla üreticisinin olması durumunda ise koordinasyon sorunları ortaya çıkmaktadır. Teknik uzmanlığa dayanan ve ölçeğe göre artan getirilere sahip olan küresel mallarda, tek bir aktörün bu malı üretmesi fayda maliyet açısından daha verimli olacaktır. Bu nedenle bu mallarda uluslararası iş birliğı önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır (Ferroni & Mody, 2002: 9).

En Zayıf Halka Teknolojisi: Küresel malın seviyesinin bu mala en az katkırı yapan ülke tarafından belirlendiğı üretim tekniğıdir (Ferroni & Mody, 2002: 10). Örneğın bulaşıcı hastalıkların kontrolünde an az çabayı harcayan ülke bu malın üretim seviyesini belirlemektedir. Başka bir örnek; bir ulus bir ayaklanma ile karşı karşıya kaldığında, en az savunmaya sahip olan il, isyancıların saldırılarını başlatacakları bir üs kazanmasına izin vererek tüm ulusun güvenlik standardını belirleyebilmektedir (Sandler, 2001: 18-19). Bu üretim tekniğinde ortaya çıkan negatif dışsallıkla mücadele etmede en az çabayı gösteren veya hiç çaba göstermeyen ülke diğerklerinin çabalarının da sonuçsuz kalmasına neden olmaktadır. Özellikle bulaşıcı hastalıklarla mücadelede tek bir ülkenin bile önlem almada isteksiz davranması diğerkülkelerin çabalarını boşa çıkarabilecektir.

Toplama Tekniğı: Küresel kamusal malların üretiminde en yaygın olan tekniktir. Bu teknikte, her birimin kamu malına katkısı bu malın toplam üretimini oluşturmaktadır. Burada her birim toplam üretimde aynı marjinal etkiye sahip olduğundan, bir ülkenin katkısı diğerk bir ülke yerine mükemmel bir alternatif olmaktadır. Tarım ve madencilikten

kaynaklanan metan gibi gazların havayı kirletmesi durumunda, atmosferdeki toplam emisyonlar, çeşitli kaynaklar tarafından yayılan kirleticilerin toplamına eşittir. Havanın kalitesi bireysel emisyonlardan kümülatif olarak etkilenmektedir. Benzer şekilde, metan emisyonlarını azaltarak hava kalitesini iyileştirme çabaları da bireysel kesintilerin toplamına karşılık gelmektedir (Sandler, 2001: 16-17). Bu yöntemde şöyle bir sıkıntı ortaya çıkmaktadır. Ülkelerin küresel kamusal malın üretimini gönüllü olarak yapmasına bağlı olarak bir ülkenin yapmış olduğu katkı diğer bir ülkenin yapacağı katkının ikamesi olduğundan bedavacılık sorununu ortaya çıkarabilecektir. Bu nedenle ülkeler arasındaki iş birliği konusu üzerinde durulması gereken önemli bir konudur (Yalçın, 2009: 296).

Ağırlıklı Toplama Tekniği: Bu teknikte küresel kamusal malın genel düzeyi ülkelerin bu mala ilişkin katkılarının ağırlıklı toplamına eşit olmaktadır (Sandler, 2006: 11). Küresel malın üretimine ülkelerin bireysel katkıları her birimin söz konusu maldan sağladığı marjinal faydaya göre ağırlıklara sahiptir. Buna göre küresel kamusal maldan daha fazla bireysel fayda sağlayan ülke, bu malın üretimine diğer ülkelerden daha fazla katkı yapmaktadır. Küresel kamusal malların sunum tekniklerine göre sınıflandırılmasına ilişkin örnek Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1. Küresel Kamusal Malların Sunum Tekniklerine Göre Sınıflandırılması

	En İyi Vuruş	En Zayıf Halka	Ağırlıklı Toplama	Toplama
Ulusal	Teröristleri Etkisiz Hale Getirme	Ayaklanmalara Karşı Koruma	Kirliliğin Sınırlandırılması	Kentsel Hava Kirliliğini Azaltma
Bölgesel	Sıtma Virüsünün Tedavisi	Zehirli Atıkların Önlenmesi	Asit Yağmurlarının Azaltılması	Çölleşmeyi Azaltma
Küresel	AİDS’in Tedavisi	Hastalıkların Kontrolü	Nükleer Kaza Sonrası Atıklar	Küresel Isınma

Kaynak: Kanbur vd., 1999: 66.

Küresel kamusal malların üretilmesinde yukarıda sayılan dört temel tekniğin yanında başkaca teknikler olmasına rağmen, bu dördü özellikle kalkınma ile ilgili küresel mallarda en uygun olanlar olarak kabul edilmektedir (Kanbur vd., 1999: 70).

2.4.5. Sunumuna İlişkin Tartışmalar

Küresel malların kamusalılık özelliği çoğu zaman bu mallarda üretim sorununu da beraberinde getirmektedir. Nitekim kamusal mal ve hizmetlere karşı bireysel tercihlerin açık olmaması ve söz konusu mallardan bedelsiz olarak yararlanma isteği nedeni ile

ekonomi teorisinde söz konusu mallar potansiyel bir piyasa başarısızlığı türü olarak ifade edilmektedir (Conceicao & Mendoza, 2006: 328). Özellikle küresel kamusal mallarda üretim için gerekli düzenlemeleri yapacak, ortaya çıkan dışsallıkların içselleştirilmesi için gerekli tedbirleri alacak bir küresel devletin olmayışı küresel kamusal mallarda üretim sorununu da beraberinde getirmiştir. (Susam, 2008: 292).

Bu sorunlar literatürde tüketim yanlı eksik kullanım, arz yanlı eksik sunum ve küresel mallarda aşırı kullanım olarak ifade edilmektedir. Küresel kamusal mal mevcut olmasına rağmen bazı aktörlerin bu malı kısmen ya da tamamen kullanamaması tüketim yanlı eksik kullanım sorunu olarak ifade edilmektedir. Örneğin, bir bilgisayara sahip olunamaması nedeniyle internet hizmetinden yararlanamamak ya da bir ilacın patent hakkına sahip firma tarafından daha çok para kazanmak için kullanımını sınırlayıcı tedbirler alması nedeni ile ilacı kullanamamak tüketim yanlı eksik kullanım sorunudur. Küresel kamusal kamusal malın gerekli nitelikte ve nicelikte sağlanamaması arz yanlı eksik sunum sorunu olarak ifade edilmektedir. Bir ülkede bulunan havaalanında yeterli düzeyde güvenlik hizmetlerinin olmaması bu duruma örnek teşkil etmektedir. Küresel kamusal mallarla ilgili bir diğer sorun aşırı kullanım sorunudur. Bu sorun küresel doğal kaynakların aşırı şekilde kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Küresel iklim değişikliği, ormansızlaşma sorunu bu duruma örnek gösterilebilir (Conceicao & Mendoza, 2006: 328-329). Bu sorunların temelinde yatan iki temel problem; bedavacılık sorunu ve mahkûmlar açmazı olarak gösterilmektedir.

2.4.5.1. Bedavacılık Sorunu

Kamusal ve ortak mallarda fayda ve maliyetlerin tam olarak belirlenememesi beraberinde bedavacılık sorununu gündeme getirmiştir. Geleneksel anlayışa göre, bu mallardan fayda sağlayan her birey, bu malların maliyetine çok az katlanarak ya da hiç katlanmayarak bu maldan bedavacı bir şekilde tüketme eğilimi içinde olacaktır. Bu durum kamusal malların aşırı derecede tüketilmesine neden olarak bireylerin bu maldan asgari düzeyin üzerinde bir kamusal mal sağlayamamaları ile sonuçlanabilecektir (Kim & Walker, 1984: 3). Garret Hardin “Ortak Malların Trajedisi” adlı çalışmasında bu durumu şu şekilde özetlemektedir. Ortak mal olarak kullanılan meraların çobanlar tarafından koyunların otlatılması için sınırsız bir şekilde kullanılması uzun vadede mera üzerindeki baskıyı attırarak mera kapasitesinin taşmasına neden olacaktır. Ve bir zaman sonra koyunları otlatacak mera kalmayacaktır (Hardin, 1968: 1244).

Tam kamusal malların klasik özelliklerinden birisi, herkesin kullanımına açık olmasıdır. Yani bu malın faydasından herhangi bir bireyi mahrum bırakmak mümkün değildir. Bu nedenle bu maldan yararlananlar bu mala olan gerçek taleplerini açıklamak için bir teşvike sahip değildir. Bunun yerine, sağlanacak olan malın bedava olarak sunulmasını beklerler. Aynı problem küresel kamusal mallar için de geçerlidir. Bedavacılık sorununun üstesinden gelebilmek için, grup üyelerine özel ve ayrı teşviklerin geliştirilmesi gerekmektedir (Anand, 2004: 218).

Ulusal anlamda devlet, piyasa aksaklıkları gibi sorunlara müdahale edebilirken ya da finansman konusunda katılımı zorunlu hale getirebilirken küresel anlamda devletin bir karşılığının olmaması küresel malların sunumunda sorunlara neden olmaktadır. Standart koymanın mümkün olduğu çevre gibi bazı hizmetlerde uluslararası anlaşmalar yapılabilmektedir. Özellikle Dünya Ticaret Örgütü ve Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi gibi kuruluşlar bu konuda çeşitli sınırlamalar getirebilmektedir. Fakat nihayetinde hiçbir bedavacılık sorunu tam olarak önleyememektedir Bunun nedeni, küresel malların doğası gereği çeşitli düzeylerde farklı uzmanlık gerektirmesidir. Burada önemli olan küresel kamu malının sunumunda doğrudan sorumlu bir örgüt bulmak yerine tüm örgütlerin küresel kamusal mal sunumu için görev ve yetkilerini belirlemektir (Aktaş, 2016: 37-38; Kirmanoğlu vd., 2006: 31).

2.4.5.2. Mahkûmlar Açmazı

Küresel kamusal malın etkin olmayan bir şekilde sunumuna yol açan bir diğer neden de mahkûmlar açmazı olarak bilinmektedir. Diğer adı “Tutuklunun İkilemi” olan mahkûmlar açmazının temelinde bilgi eksikliği ve kişisel çıkar maksimizasyonu yatmaktadır. Bu teoride, kendilerine suç isnat edilen iki zanlının ifade verirken yaşadıkları ikilem konu edilmektedir. Buna göre, zanlıların suç işlemediklerinde ısrar etmeleri durumunda zanlılar serbest kalabileceklerdir. Diğer taraftan güvenlik güçlerinin işlerini kolaylaştırmak adına itirafçı olurlarsa; ceza indiriminden yararlanabileceklerdir. Ancak zanlılardan biri diğeri aleyhine itirafçı olursa kendisi ceza indiriminden faydalanırken diğer zanlı yüksek ceza alabilecektir. Sonuç olarak en yüksek cezadan kurtulma ve ceza indiriminden faydalanma isteği hiç ceza almadan kurtulma ihtimalini ortadan kaldırmaktadır (Savaşan, 2012: 194). Bu durum bilgi eksikliğinin; iletişim ve güven sağlayan sistemlerin yokluğunun tarafların iş birliğinden kaçınmasıyla sonuçlanacağını göstermektedir (Aktaş, 2016: 37).

Yukarıdakilerin dışında küresel kamusal malların eksik sunumuna yol açan üç temel boşluk bulunmaktadır (Kaul vd., 1999a: 450):

-Yargı Boşluğu: Günümüzün temel politika kaygılarının küresel sınırları ile ulusal sınırları arasındaki tutarsızlıktan kaynaklanmaktadır.

-Katılım Açığı: Birçok paydaşın küresel mallara katkıda bulunmasına rağmen, uluslararası iş birliğinin esas olarak devletlerarasında sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır.

-Teşvik Açığı: Ülkelerin uluslararası ihtilaflarını düzeltmeleri ve küresel kamusal mallarda iş birliği yapmaları için yalnızca ahlaki bir teşvik olması dışında başka teşviklerin olmamasından kaynaklanmaktadır.

Kaul ve arkadaşlarına göre; bu boşluklar nedeniyle ulus devletler, uluslararası dışsalılıkları ve sistemik riskleri ele alma konusunda iş birliği yapmak için başka adımlar atmadıkça, ulusal politika hedeflerini uygulama konusunda da başarılı olamayacaklardır. Ancak bu iş birliğinin yeni bir tür olması; sadece küresel kamusal kötülerini azaltan değil aynı zamanda küresel kamusal mallar yaratmaya ve dışsalılıkları içselleştirmeye yönelik bir iş birliği olması gerekir. Yine bu iş birliğinin sadece “kamusal” alanın ulusal sınırlarla bittiğini varsaydığı değil, aynı zamanda etkili bir küresel kamu politikası sisteminin etkin bir küresel ekonominin gerekli bir bileşeni olduğunu kabul eden iş birliği olması gerekir. Bu şekilde bir iş birliğinin dizaynı için;

- Ulusaldan uluslararası (bölgesel ve küresel) seviyeye ulaşan ve ulusal seviyeye geri dönen açık bir yargı döngüsü.

- Tüm aktörleri- hükümetleri sürece dâhil eden bir katılım döngüsü (sivil toplum örgütleri ve firmalar, nüfusun tamamı, tüm ülke grupları ve nesiller)

- İşbirliğinin herkes için adil ve net sonuçlar vermesini sağlamak için bir teşvik döngüsü gerekmektedir (Kaul vd., 1999a: 451). Kamusal malların yaymış olduğu uluslararası dışsalılıklar nedeniyle gelişmiş ülkelerin bu malların sağlanmasını teşvik edecek piyasa işlemlerini desteklemesi gerekmektedir (Kanbur vd., 1999: 73).

Küresel kamu mallarının etkin sunumu için tüm ülkeleri bağlayıcı anlaşmaların olduğu işbirliği rejimi gerekmektedir. Bu işbirliği her ne kadar kusursuz olmasa da Dünya Ticaret Örgütü ve Montreal Protokolü’nde olduğu gibi serbest ve açık ticareti teşvik etme ve ozon tabakasını incelten kimyasalları aşamalı olarak ortadan kaldırma hedeflerine

yaklaşmayı sağlamaktadır. Burada işbirliği rejiminin en önemli katkısı; tüm önemli ülkeleri anlaşmalara dâhil ederek sürece uyumun izlenmesini ve teşvik edilmesini sağlamasıdır (Nordhaus, 1999).

Yukarıdaki açıklamalardan hareketle küresel kamusal malların sunumu ile ilgili en önemli sorunların başında bu malların üretiminden sorumlu küresel bir devletin olmayışı gelmektedir. Bu sorunun aşılması ve küresel kamusal malın etkin bir şekilde sunumunun gerçekleştirilebilmesi için öncelikle ülkeler arasında ve toplumdaki tüm kesimleri kapsayacak bir işbirliği mekanizmasının oluşturulması gerekmektedir. Bu aşamada küresel anlamda işbirliğinin sağlanması için teşvik temelli politikalara ve uluslararası anlamda yapılacak hukuki düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır.

3. KÜRESEL KAMUSAL MAL OLARAK ÇEVRE

Çevre; canlıların yaşamlarını sürdürdükleri ve hayatları boyunca etkileşimde bulundukları fiziki, biyolojik, ekonomik ve kültürel ortam şeklinde tanımlanmaktadır (2872 s. Çevre Kanunu, md.2). Çevrenin küresel kamusal mal olarak değerlendirilmesi ve korunması konusundaki çalışmalar, günümüzde etkisi giderek artan boyutta hissedilen küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevre sorunlarının baş göstermesiyle hız kazanmıştır. Bu anlamda 1972’de düzenlenen Stockholm Konferansı olarak da bilinen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı’nda ekonomik ve sosyal açıdan farklı gelişim düzeylerine sahip çok sayıda ülke çevre konusuyla ilgili olarak ilk kez bir araya gelmiştir. Stockholm Konferansı sonrasında, BM İnsan Çevresi Bildirisi kabul edilmiştir. Yine uluslararası anlamda atılan önemli adımlardan birisi de 1979 ‘da düzenlenen Dünya İklim Konferansı’dır. Dünya İklim Konferansı’nda iklim değişikliğinin insan faaliyetlerini nasıl etkileyebileceği araştırılmış ve iklimde insanlığın refahına ters olabilecek olası insan yapımı değişiklikleri öngörmeye ve önlemeye çağıran bir bildiri yayınlanmıştır.

Ayrıca Dünya Meteoroloji Örgütü’nün (WMO), Birleşmiş Milletler Çevre Programı’nın (UNEP) ve Uluslararası Bilimsel Sendikalar Konseyi’nin (ICSU) ortaklaşa sorumlulukları ile Dünya İklim Programı (WCP) kurma planı onaylanmıştır (UNEP, 2000). Bunların yanında çevrenin korunmasına yönelik olarak uluslararası anlamda bugüne kadar pek çok önemli adım atılmıştır. Uluslararası anlamda çevre korumaya yönelik gerçekleştirilen çabalara çalışmanın ilerleyen bölümlerinde değinilmiştir. Bu başlık altında çevre küresel kamusal mal boyutuyla ele alınmıştır.

3.1. TEMEL ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN ÇEVRE

Çevre sorunlarının ortaya çıkarmış olduğu etkilerin tüm dünyada yankı bulması ve bu konuda geliştirilen çabalar, çevre konusunun bilim adamları ve uluslararası kuruluşlar tarafından küresel kamusal mallar perspektifi içinde incelenmesi sonucunu doğurmuştur.

Küresel kamusal mallara ilişkin literatürde yer alan tanımlamalar incelendiğinde özellikle Kaul Inge tarafından yapılan ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı tarafından kabul gören ve Dünya Bankası tarafından yapılan tanımlamaların referans alındığı görülmektedir. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı'na göre; tüketiminde rekabet ve dışlama özelliklerinin olmadığı, faydalarının hem şimdiki hem de gelecekteki nesillere yayıldığı mal ve hizmetler küresel kamusal mal ve hizmetler olarak kabul edilmiştir (Kaul vd., 1999a: 2-3). Dünya Bankası'na göre ise çok sayıda ülke grubunu ve popülasyonu kapsayan evrensel faydalara sahip, kalkınma ve yoksulluğun azaltılması için önemli olan ve ülkeler tarafından iş birliği ile üretilebilecek ve sınır ötesi dışsallıklara sahip mallar küresel mallar olarak ifade edilmiştir (Agerskov, 2005: 2).

Küresel kamusal mala ilişkin yukarıdaki tanımlamalar incelendiğinde bu malların kamusalılık ve küresel olma şeklinde iki temel özelliğinin ön plana çıktığı görülmektedir. Kamusalılık özelliği söz konusu malların fayda ya da zararlarından bireyleri dışlamanın mümkün olmadığını ve bu malların rakip olmayan ortak tüketime konu olan mallar olduğunu vurgulamaktadır (Samuelson, 1954: 387; Holcombe, 1997: 2; Stiglitz, 1994: 150). Küresellik özelliği ise; söz konusu malların fayda ya da zararlarının birden fazla ülke ve popülasyonu kapsayacak şekilde evrensel olmasını vurgulamaktadır (Kaul, Grynberg ve Stern, 1999: 2).

Çevresel kaynaklar, dışlanamayan ve sınırlar ötesinde rakipsiz olan kamu malları olarak ifade edilmektedir. Örneğin hiçbir bireyin veya grubun atmosferi tüketmesi veya kullanması engellenemez (dışlanamaz). Ayrıca, temiz hava bir ülkeye diğerlerinin pahasına fayda sağlamaz, bu nedenle bu ürünleri tüketme konusunda ülkeler arasında rekabet yoktur. Bu nedenle çevre küresel mallar içerisinde sayılmaktadır (Uitto, 2016: 108).

Çevre sorunları ortaya çıkardıkları etkiler bakımından kimi zaman yerel, bölgesel ve küresel mal özelliği gösterebilmektedir. Fakat çevre sorunlarının giderek artan boyutlara varması, sorunu yerel ya da bölgesel olmaktan çıkarıp küresel boyuta

taşımaktadır. Örneğin; nehirler bölgesel özellik taşımalarına karşın kirletilmiş nehirlerin aktığı büyük denizler, buradaki doğal dengenin bozulmasına neden olarak küresel problemlerin yaşanmasına neden olabilmektedir. Yine orman yangınlarının önlenmesi hizmeti bölgesel kamusal mal olarak kabul edilirken; ormanların yok olması sonucu oluşabilecek kuraklık ve çölleşme gibi durumların küresel ısınmaya neden olması, bu hizmetin küresel kamusal mal olarak kabul görmesini sağlamıştır. Bu nedenledir ki; Brezilya'daki yağmur ormanlarının korunması küresel kamusal mal olarak kabul edilmektedir (Mutlu, 2006: 62). Çevrenin küresel kamusal malların temel özellikleri açısından sınıflandırılmasına ilişkin örnek Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Küresel Kamusal Mal Olarak Çevre

Küresel Mal Türü		Fayda/Zarar		Fayda/Zarar	
Kamusal Mal (Public Good)	Kamusal Kötü (Public Bad)	Tüketimde Dışlama	Tüketimde Rekabet	Birden Çok Popülasyona Yayılma	Birden Çok Ülkeye Yayılma
Temiz Atmosfer	Radyasyon	Olanaklı	Olanaklı Değil	Olanaklı	Olanaklı
Sağlıklı İklim Koşulları	Küresel Isınma	Olanaklı	Olanaklı Değil	Olanaklı	Olanaklı
Sürdürülebilir Ekosistem	Ekosistemin Bozulması	Olanaklı	Olanaklı Değil	Olanaklı	Olanaklı
Doğal Çevrenin Korunması	Doğal Çevrenin Tahribatı	Olanaklı	Olanaklı Değil	Olanaklı	Olanaklı

Kaynak: Aktan, 2022: 139-140'dan yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Çevresel kaynakların birçoğu serbest mal özelliği göstermesi nedeniyle bu mallar bedelsiz olarak yararlanılabilen ortak tüketim malları olarak kabul edilmektedir. Söz konusu mallarda ortak tüketim nedeni ile rekabetin olmaması ve faydalarından kimseyi mahrum bırakmanın mümkün olmaması nedeni ile çevresel kaynakların kamusal mal özelliği sergilediği ifade edilebilir. Diğer taraftan çevresel sorunların topluma yüklediği maliyetlerde rekabetin olmaması ve söz konusu maliyetlerden kimseyi dışlamanın mümkün olmaması nedeni ile çevre sorunları kamusal kötüler içerisinde değerlendirilmektedir. Çevreye ilişkin zararlardan ve çevreyi koruma adına alınacak önlemlerden birçok ülke ve popülasyonun etkilenmesi söz konusu olduğundan çevre literatürde küresel kamusal mal olarak ifade edilmektedir.

3.2. SINIFLANDIRILMASI AÇISINDAN ÇEVRE

Küresel kamusal mallarla ilgili çeşitli türde sınıflandırmalar yapılmıştır. Bu sınıflandırmalardan birisi de sektörel sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmaya göre küresel

mallar; çevre, sağlık, bilgi, güvenlik ve yönetim gibi kategorilere ayrılmıştır. Ayrıca bu mallar üretimde veya üretilen malın tüketiminde kullanılmasına göre sektörel olarak; çekirdek ve tamamlayıcı mal olarak sınıflandırılmıştır. Küresel kamusal malın doğrudan üretimine yönelik faaliyetler, çekirdek mal olarak ifade edilirken; küresel kamusal malın üretimini yaygınlaştırmaya yönelik faaliyetler, tamamlayıcı mal olarak ifade edilmektedir. Söz konusu mallar faydalarına göre ise risk azaltıcı ya da kapasite arttırıcı olarak değerlendirilebilmektedir (Morrissey vd., 2002: 14).

Çevre küresel kamusal malların sektörlere göre sınıflandırıldığı bir kamusal mal türüdür. Çevreye ilişkin fayda ya da zararların evrensel boyutlara sahip olması nedeniyle söz konusu mallar küresel mallar kapsamında değerlendirilmektedir. Tablo 3'te görüldüğü gibi çevreye ilişkin negatif dışsallıkların önlenmesine yönelik çevre koruma faaliyetleri çekirdek mal olarak adlandırılırken çevre koruma faaliyetlerinin yaygınlaştırılmasına ilişkin faaliyetler tamamlayıcı mal olarak kabul edilmektedir (Morrissey vd., 2002: 15).

Tablo 3. Küresel Kamusal Malların Sektörel Sınıflandırılmasında Çevre

Kamusal Mal Çevre	Çekirdek Faaliyetler	Tamamlayıcı Faaliyetler	
		Üretim	Tüketim
Uluslararası	-Emisyonların azaltılması	-Araştırma Faaliyetleri	
Ulusal	-Türlerin korunması	-Tarımsal Dstekler	.Yoksulluğun Azaltılması

Kaynak: Morrissey, 2002: 17.

Bu kapsamda çevre başlığı altında; emisyon hacminin azaltılması, biyo-çeşitliliğin korunması, yeraltı ve yüzey sularının korunması, iklimin korunması için yapılan çalışmaların tümü çevre ile ilgili küresel mal sınıfı içine girmektedir. Sayılan bu malların tamamı risk azaltıcı ve çekirdek faaliyetler olarak değerlendirilebilir. Bunun yanında çevre korumaya yönelik yapılan araştırma çalışmaları ise, tamamlayıcı mal olarak ifade edilebilir. Örneğin; çevre dostu, yeşil teknolojilerin kullanıldığı üretim süreçlerinin geliştirilmesine yönelik ar-ge çalışmaları gibi.

Tablo 4. Küresel Kamusal Malların Fayda Türü Sınıflandırılmasında Çevre

Faaliyet Alanı	Risk Azaltan	Kapasite Arttıran	Doğrudan Fayda Sağlayan
Küresel	İklim Değişikliği Riskinin Azaltılması	Küresel Hükümet Kurumları	Biyoçeşitliliğin Korunması
Bölgesel	Asit Yağmurlarının Azaltılması	Bölgesel Kurumlar	Ormanların ve Göllerin Korunması

Kaynak: Morrissey, 2002: 11.

Tablo 4’te görüldüğü gibi çevresel kamusal mallara ilişkin ortaya çıkan faydalar çevre sorunlarının ortaya çıkmasındaki riskleri azaltıcı ya da söz konusu risklerin azaltılmasında kapasite arttırıcı bir etkiye sahip olabilmektedir. Özellikle çevresel kamusal mallarda risk azaltma ya da doğrudan kullanım biçiminde ortaya çıkan faydalar çoğu zaman uluslararası bir yayılma eğilimine sahiptir. Örneğin, bir şehirdeki sanayi kirliliğinin azaltılması, bölgedeki hava kalitesini iyileştirerek hastalık riskini azaltabilecektir. Bununla birlikte emisyon hacminin azaltılması, küresel kirliliğin azaltılmasına katkı sağlayarak herkese fayda sağlayabilecektir (Morrissey vd., 2002: 14-15). Bu anlamda çevrenin korunmasına yönelik olarak ülkelerin ulusal anlamda izleyeceği politikalar da önem arz etmektedir. Aksi halde özellikle iklim değişikliği sonucunda ortaya çıkacak olan kuraklık ve beraberinde getireceği kıtlık sorunu küresel bir sorun olarak dünyadaki sosyal çatışmaların nedeni olabilecektir (Susam, 2008: 285-286).

Kamusallığın derecesine göre yapılan sınıflandırmada küresel mallar, tam (saf) kamusal mallar, yarı (saf olmayan) kamusal mallar, kulüp mallar ve ortak üretim malları şeklinde kategorize edilmektedir (Kanbur vd., 1999: 56). Çevresel kamusal malları da bu açıdan sınıflandırmak mümkündür.

Tablo 5. Küresel Kamusal Malların Kamusalılık Derecesine Göre Sınıflandırılmasında Çevre

Kamusallık Derecesi	Çevresel Kamusal Mal Örnekleri
Tam Kamusal Mal	Ekolojik Dengenin Sağlanması
Yarı Kamusal Mal	Asit Yağmurlarının Azaltılması
Kulüp Mal	Bölgesel Parklar
Ortak Mal	Yağmur Ormanlarının Korunması

Kaynak: Sandler, 2006: 12.

Tablo 5’te küresel kamusal malların kamusalılık derecesine göre sınıflandırılmasında ekolojik dengenin sağlanması küresel tam kamusal mal kapsamında; asit yağmurlarının azaltılması, küresel yarı kamusal mal kapsamında değerlendirilmektedir. Diğer taraftan bölgesel parklar küresel kulüp mallar içerisinde;

yağmur ormanlarının korunması ise ortak mallar kapsamında değerlendirilmektedir (Sandler, 2006: 12; Sandler, 1999: 23-24).

3.3. SUNUM SÜRECİ VE TEKNİKLERİ AÇISINDAN ÇEVRE

Küresel kamusal malların sunumu ile ilgili olarak literatürde en iyi vuruş tekniği, en zayıf halka tekniği, toplama tekniği ve ağırlıklı toplama tekniği şeklinde dört farklı tekniğin olduğu ifade edilmektedir. En iyi vuruş tekniğinde, küresel malın seviyesi söz konusu malın miktarına en çok katkı yapan aktör tarafından belirlenirken en zayıf halka tekniğinde küresel malın seviyesi bu malın miktarına en az katkı yapan aktör tarafından belirlenmektedir. Toplama tekniğinde, küresel malın seviyesi her bir aktörün söz konusu mala olan katkıları tarafından belirlenirken; ağırlıklı toplama tekniğinde ise küresel malın seviyesi aktörlerin söz konusu mala ilişkin katkılarının ağırlıklı toplamı tarafından belirlenmektedir (Sandler, 2001: 20; Ferroni & Mody, 2002: 10; Sandler, 2006: 11).

Çevre sorunlarının azaltılmasına yönelik küresel kamusal malların sunumunda toplama ve ağırlıklı toplama tekniklerinin kullanılması önerilmektedir. Özellikle tarım ve madencilikten kaynaklanan kirletici gazlar havayı kirleterek atmosferdeki emisyon miktarının artmasına neden olmaktadır. Burada atmosferdeki toplam emisyonlar, farklı aktörlerin havaya yaydığı kirletici gazların toplamından oluşmakta ve hava kalitesini kümülatif anlamda etkilemektedir. Bu anlamda hava kalitesinin iyileştirilmesi kirletici gazları yayan aktörlerin bu emisyonları azaltma çabaları kapsamında gerçekleştirecekleri kesintilerin toplamından oluşacaktır. (Sandler, 2001: 16-17).

Asit yağmurunun önlenmesi için, enerji santrallerinden ve araçlardan kaynaklanan kükürt emisyonlarının azaltılması kirletici kaynakların konumu, rüzgâr yönüne bağlı olarak rüzgâr yönündeki birikintilerin dağılma modelinde bir fark oluşturduğundan ağırlıklı toplama bağlıdır. Temizleme kaynağından daha uzaktaki ülkeler, rüzgâr yönünde yakın bir komşu ile karşılaştırıldığında, asit yağmurunun azaltılması çabalarından daha az fayda sağlayabilecektir. Bu nedenle küresel kamusal malın üretimi bu malın en büyük marjinal etkiye sahip olduğu yerlere yönlendirilmelidir (Sandler, 2001: 22).

Küresel çevre sorunları, birçok ülkenin katkıda bulunduğu ve hiçbir ülkenin tek başına hareket ederek etkili bir şekilde çözemeyeceği sorunlardır. Biyolojik çeşitliliğin kaybı, kalıcı organik kirleticilerin çevrede yayılması ve küresel iklim değişikliği buna örnek olarak gösterilebilir. Yerel düzeyde ekonomik kalkınmanın sağlanması bir taraftan

çevresel koşulların iyileştirilmesine katkı sağlarken diğer taraftan küresel çevre sorunlarının artmasına neden olmaktadır. Örneğin; kentsel ulaşım alt yapısı için doğal ormanlar yok edilmekte ve doğal yaşam alanları zarar görmektedir. Ayrıca, küresel çevre sorunlarının etkileri de eşit olarak dağılmamaktadır. Bu etkilerin yükü de genellikle küresel çevresel değişime çok az katkıda bulunan yoksul ülkeler tarafından taşınmaktadır. Örneğin, iklim değişikliği sonucu deniz seviyelerinin yükselmesi, Maldivler ve Pasifik'teki küçük adalar gibi ada ekonomilerini ve Bangladeş gibi alçakta bulunan ülkeleri tehdit etmektedir (Uitto, 2016: 108-109).

4. KÜRESELLEŞME VE ÇEVRE SORUNLARI İLİŞKİSİ

21.yüzyılda genel anlamda dünyada yaşanan hızlı bir gelişim ve dönüşüm süreci tüm toplumları ekonomik, sosyal ve kültürel anlamda ciddi anlamda etkilemiştir. Yaşanan bu dönüşüm literatürde “küreselleşme” ya da “globalleşme” kavramları ile anılmaya başlanmıştır. Kısaca dünya halklarının tek bir dünya toplumuna dâhil olduğu süreç olarak ifade edilen küreselleşme kavramı aynı zamanda dünya üzerinde fiziksel bir çevre üzerinde yaşayan bütün herkes için ortak sorunların çözümünde ortak çabalara da atıfta bulunmaktadır (Albrow & King, 1990: 8-9).

Özellikle 1980 yılı sonrasında yaşanan hızlı serbestleşme süreci ile birlikte dış ticarete yaşanan gelişmeler, ulaştırma, haberleşme faaliyetlerinde yaşanan teknolojik ilerlemeler sonucunda insan, mal, hizmet ve sermayenin ekonomik sınırları aşması dünyayı rekabetin hızla arttığı devasa bir pazara dönüştürmüştür. Dünyayı tek bir üretim tarzı ve tek bir küresel sistem içinde birleştiren, farklı ülkelerin ve bölgelerin küresel bir ekonomi içine organik entegrasyonunu sağlayan küreselleşme süreci (Robinson, 2001: 159) tüketim ve üretim faaliyetlerinin de hızlı bir şekilde artmasına neden olarak doğal kaynakların ve enerjinin aşırı bir şekilde kullanılmasına, çevresel atıkların artışına ve ekosistem üzerinde ciddi tahribatlara neden olmuştur (Kuzu ve Hopoğlu, 2019: 73).

Ticaretin önündeki engellerin kalkması ve doğrudan yabancı yatırımların artmasıyla artan küreselleşme çevresel etkilerle ilgili endişeleri de beraberinde getirmiştir. Çevre korumaya yönelik mevcut düzenlemelerin küreselleşmenin varlığı durumunda etkili bir şekilde çalışmaması bu endişelerin temel sebeplerindendir. Çevre düzenlemeleri, öncelikle ulus devletler tarafından tasarlanıp uygulandığı için ülkeler arasında farklılık göstermektedir. Çevre düzenlemelerinde ülkeler arası farklılıkların olduğu küresel bir ekonomide, düşük düzeyde çevre düzenlemelerine sahip ülkeler

kirlilik yoğun endüstriler için üretim platformları veya sözde kirlilik sığınakları haline gelebilmektedir. Özellikle çok uluslu şirketler çevre ile ilgili düzenlemeler konusunda ülkeler arasındaki farklılıklardan yararlanarak kirlilik yoğun faaliyetlerini çevre düzenlemelerinin çok az olduğu ülkelere yönlendirmektedirler. En nihayetinde bu durum kirlilik seviyesinde küresel anlamda artışa neden olmaktadır (Christmann & Taylor, 2001: 440-441).

Küreselleşmenin çevreyle olan ilişkisi dünya nüfusunda yaşanan artışla da açıklanmaktadır. Dünya nüfusunun artması doğal kaynakların hızla azalmasına neden olarak bazı bölgelerde kıtlığa neden olabilecektir. Özellikle dünyada nüfusun 2050 yılında 9,4 milyar olacağı ve nüfus artışının %95 'inden fazlasının gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşeceği ifade edilmektedir. Bu nedenle ilk olarak nüfus artışının hızlı bir şekilde arttığı gelişmekte olan ülkeleri ilgilendiren kuraklaşma, kıtlık, çevre kirliliği gibi sorunlar küresel alana yayılarak ciddi çevre sorunlarına neden olabilecektir (Bayar, 2008: 30). Bu durum 19. yüzyılın başlarında Thomas Malthus tarafından da dile getirilmiştir. Maltus, nüfus ve ekonomideki geometrik büyümenin kaçınılmaz bir sonucu olarak gezegenin taşıma kapasitesinin en nihayetinde doğal kaynak sınırlarına ulaşacağını ifade etmiştir (Frankel, 2003: 6).

Küreselleşmenin dünyayı ekolojik çürüme bataklığına sürükleyen bir süreci beraberinde getirdiği ve bu süreçte eşitlik ve adalet kaygısı taşımayan çok sayıda insanın doğal kaynakları aşırı bir şekilde tüketmesinin ekolojik yıkımı hızlandırdığını ifade eden görüşlerle birlikte bu sürecin ekolojik anlamda olumlu etkilere sahip olabileceğini ifade eden görüşler de bulunmaktadır. Bu görüşler daha çok uzun vadede çevrenin yönetimi için gerekli işbirliğini teşvik açısından küreselleşme sürecini ele almaktadır. En nihayetinde küreselleşme süreci çevre üzerinde zaman zaman olumlu ya da olumsuz küresel anlamda kesişen etkiler meydana getirecektir (Dauvergne, 2005: 374-375). Bu açıdan küreselleşmenin çevre ile olan ilişkisini net olarak iyi ya da kötü şeklinde ortaya koymak pek mümkün değildir. Piyasadaki birçok firma gelirini artırma eğilimindedir ve yüksek çıktıya ulaşmaya çalışır. Daha fazla çıktı hedefi çevresel kirliliğin, ormansızlaşmanın ve çevresel zararların daha çok meydana gelmesine neden olabilmektedir. Ancak ekonomik faaliyetin bileşimindeki ve tekniklerindeki değişiklikler elde edilen gelire göre bu zararı azaltılabilir. Sürdürülebilir yaklaşımla gerçekleştirilen üretim faaliyetlerinde bunu sağlamak mümkündür. Bunun için de uluslararası anlamda çevresel bir işbirliğine ihtiyaç vardır (Frankel, 2003: 32-33).

Küreselleşmenin meydana getirdiği etkiler özellikle ekonomik büyüme ve kalkınma çabası içindeki gelişmekte olan ülkeleri daha derinden etkilemiştir. Öncelikli amaçları kalkınma olan bu ülkelerde yabancı sermaye ve yatırımları çekmek adına, çevresel sorunlar ikinci plana itilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan birisi, yerel ya da bölgesel çapta ortaya çıkan çevresel zararların zaman içinde artarak ve genişleyerek sınır ötesi alanlara yayılma riskidir. Bu durum, sorunun küresel bir özellik taşımasına neden olarak çözümü için küresel anlamda atılması gereken adımları gündeme getirmiştir.

Çevre sorunlarının ortaya çıkarmış olduğu etkiler sadece belirli bir bölge ya da ulus devletin sınırları içinde kalmamakta küresel anlamda tüm dünyayı etkileyebilecek sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bu bakımdan çevresel sorunların çözümünde ulusal çabalardan ziyade küresel çapta bir işbirliği ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Bayar, 2008: 30).

4.1. TEMEL ÇEVRE SORUNLARI

İnsanlık kötü çevresel koşullar tarih boyunca karşılaşmış olmasına rağmen çevre sorunları asıl olarak sanayileşme ve kentleşmenin yaygınlaşmasıyla birlikte önemli bir sorun haline gelmiştir. Çevre insanlara temiz hava, su, yiyecek, barınak, üretimde kullanmak için doğal kaynak sağlama açısından bir tedarik deposu işlevi görürken diğer taraftan kaynakların tüketilmesi sonucu oluşan atıklar için de atık deposu işlevi görmektedir. Ancak insanlar tarafından çevrenin herhangi bir işlevi yerine getirme yeteneğinin aşırı bir şekilde kullanılması çevresel sorunların yaşanmasına neden olmaktadır (Dunlap & Jorgenson, 2012: 1-2)

Doğal kaynakların kullanımındaki sorumsuzluk, nüfus, kentleşme ve sanayileşmede meydana gelen hızlı artışlar doğal çevre üzerinde olumsuz etkiler oluşturmakta ve bu durum; havanın, suyun toprağın kirlenmesine, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi temel çevre sorunlarının yaşanmasına neden olmaktadır. Bu sorunlara aşağıda kısaca değinilmiştir.

Hava Kirliliği; atmosferde bulunan ve canlı yaşamını tehdit eden azot dioksit, ozon, karbondioksit ve partikül madde miktarındaki artış sonucu meydana gelmektedir. Geçtiğimiz yüzyılda ekonomik ve endüstriyel anlamda yaşanan gelişmeler nedeniyle kirlletici emisyonların hızla artışı hava kalitesinin azalmasına neden olarak hava kirliliğini tüm dünyada önemli bir çevre sorunu haline getirmiştir. Özellikle endüstriyel alanlarda fosil yakıtların kullanılması kükürt dioksit miktarını artırarak havadaki partikül madde

miktarının artmasına neden olmaktadır (D'Amato vd., 2010: 96). Diğer taraftan kentlerde ısınma amaçlı ve ulaşım amaçlı kullanılan yakıtlar da hava kirliliğinin önemli sebepleri olarak gösterilmektedir. Hava kirliliğinin artması bir taraftan insan sağlığını ciddi anlamda tehdit ederken diğer taraftan zararlı gazların atmosferde meydana getirdiği etkiler nedeniyle küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi sorunların yaşanmasına neden olmaktadır (Türküm, 1998: 165-166).

UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)'e göre hava kirliliği, küresel anlamda toplum sağlığını tehdit eden çok önemli bir çevresel sorundur. Her yıl yaklaşık 7 milyon kişinin erken ölümüne sebep olmaktadır. Hava kirleticileri çoğunlukla sera gazlarından oluştuğundan iklim değişikliğine de neden olmaktadır (UNEP, 2022).

Hava kirliliğinin azaltılması amacıyla havadaki kirlilik kaynağının ve miktarının belirlenmesi ve kirlilik kaynağına göre farklı politikalar geliştirilmesi sorunun çözümünde etkili olabilecektir. Örneğin; fabrikaların bacalarında filtre kullanılması, evlerde yakıt olarak fosil yakıt yerine doğalgazın tercih edilmesi gibi. Bununla birlikte alınacak önlemlerden belki de en önemlisi insanların hava kirliliği konusunda bilinçlendirilmelerini sağlamaktır.

Toprak Kirliliği; insan kaynaklı etkiler nedeniyle toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik yapısındaki bozulmaları ifade etmektedir. Bu bozulmaların temel nedeni olarak yanlış uygulanan tarımsal teknikler, kimyasal ilaçlar, toprakta biriken zehirli ve tehlikeli atıklar gösterilmektedir (Karaca ve Turgay, 2012: 15). Topraklar kaya, hava ve su ara yüzünün bulunduğu kritik bir ortam olduğundan endüstri tarım, ulaşım vb. farklı insan faaliyetleri nedeniyle bir dizi kirleticiye maruz kalmaktadır. Ayrıca topraklar yüzey ve yer altı suları, canlı organizmalar ve okyanuslar için de bir kirlilik kaynağı olabilmektedir (Facchinelli vd., 2001: 313).

Su ve hava gibi canlı yaşamının sürdürülebilmesi için en az onlar kadar önemli olan toprağın tarım dışında farklı amaçlar için kullanılması ve özellikle ağır metallerle kirlenmesi, toprağın bozulmasına ve veriminin düşmesine neden olmaktadır. Toprağın en verimli katmanı, humus açısından da zengin olan en üst katmandır ve bu 1 cm'lik üst katmanın oluşumu birkaç yüzyıl yüz yıl sürebilmektedir. Bu nedenle kaybedilen toprakları geri kazanmak hiç de kolay değildir. Dünya geneline bakıldığında toprakların sadece 1/10'inde üretim yapılabildiği bilinmektedir (ÇŞİB, 2021a).

Nüfus ve sanayileşmenin artması, çevre konusundaki diğer alanlarda olduğu gibi toprağı da olumsuz yönde etkilemiştir. Özellikle yerleşim alanına yakın yerlerdeki toprağın; egzoz gazı, baca dumanı, evsel atıklar nedeniyle daha çabuk bozulduğu görülmektedir. Bunun yanında modern tarımda ürün hasadını arttıran kimyasal ilaçların sıklıkla kullanılması da toprağın doğal içeriğine zarar vererek insan sağlığında kalıcı hasarlar oluşturmaktadır. Bu nedenle toprağın doğal yapısının korunması ve toprağı zarar veren uygulamaların ortadan kaldırılması hayati bir öneme sahiptir.

Su Kirliliğı; su kaynaklarına karışan organik, inorganik, biyolojik ve radyoaktif madde miktarındaki artış nedeniyle su kaynaklarının kullanılamaz hale gelmesi olarak ifade edilmektedir. Su kirliliğı doğrudan suya karışan kirleticilerden kaynaklanacağı gibi hava ve toprakta yaşanan kirlenmenin suyun doğal döngüsü nedeni ile suya karışmasından da kaynaklanabilmektedir (Türküm, 1998: 167). Evsel ve sanayi tipi atıkların herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın doğrudan çevreye bırakılması, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar, kanalizasyon sistemleri yeraltı ve yüzey sularının kirlenmesine neden olmaktadır (Menteşe, 2017: 386).

WHO (Dünya Sağlık Örgütü)'ya göre dünyada 2 Milyardan fazla insan su sıkıntısının olduğu ülkelerde yaşamakta ve iklim değışikliğı ve nüfus artışı nedeniyle bu ülkelerin sayısında artış yaşanabilecektir. Küresel anlamda yaklaşık 2 milyar insan dışkı ile kirlenmiş kontemine su kaynakları kullanmaktadır. Bu durum içme suyundaki en büyük tehlikedir. İçme suyunda bulunan arsenik, florür ya da nitrat büyük bir kimyasal risk oluşturmaktadır. Mikrobiyolojik anlamda kirlenen içme suyu kolera, dizanteri, tifo, ishal ve çocuk felci gibi hastalıklara neden olmaktadır. Her yıl 485 bin ishal kaynaklı ölümlerin bu nedenle olduğu tahmin edilmektedir (WHO, 2022).

İnsan yaşamının havadan sonra en önemli kaynağı olan su; günümüzde küresel bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Su kirliliğı için önlem alınmadığı takdirde bu durumun tüm insanlık açısından çok tehlikeli sonuçlar doğurabileceğı aşikârdır. Bu bakımdan su kirliliğinin temel nedeni olarak gösterilen sanayi ve evsel atıkların azaltılması için hem tüketim hem de üretim faaliyetlerinin çevreci bir yaklaşımla sürdürülmesi gerekmektedir. Çevre kirliliğı konusundaki mücadelenin başarılı sonuçlar vermesinde en önemli unsur çevre konusundaki farkındalığın arttırılması ve çevre bilincinin tüm toplumlara kazandırılması gerçeğidir. Bu bilincin oluşturulmasında ve çevresel sorumlulukların yerine getirilmesinde hiç kuşkusuz devletlere büyük

sorumluluklar düşmektedir. Bu konuda yasal anlamda daha fazla düzenlemelere ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Radyoaktivite Kirliliği; radyoaktif maddeler tarafından ortaya yayılan elektronlar nedeniyle hava, su ve toprakta meydana gelen kirliliği ifa etmektedir. Radyoaktivite kirliliğinin en önemli sebepleri arasında sanayileşme ve kentleşme süreciyle birlikte artan enerji ihtiyacının karşılanması için nükleer kaynakların kullanılması gösterilmektedir. Bununla birlikte röntgen ve tıbbi görüntüleme cihazları, bilgisayar, telefon gibi cihazların kullanımındaki artış da bu duruma neden olabilmektedir. Hava, su toprağa yayılan radyasyon besin yoluyla insan ve hayvanlara geçerek canlıların hücrelerinde ciddi bozulmalara neden olmaktadır (Özsoy ve Dinç, 2016: 39).

Nükleer enerji santralleri, özellikle enerji arzı bakımından dışa bağımlı olan ülkelerde enerji ihtiyacının karşılanmasında büyük bir öneme sahiptir. Fakat bu konuda geçmişte yaşanan kötü tecrübeler (Çernobil Patlaması) toplumun bu konuya mesafeli yaklaşmasına neden olmuştur. Bu nedenle nükleer enerji santralleri ile ilgili atılacak olan adımlarda mutlaka topluma olan fayda ve maliyetleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Gürültü kirliliği; istenmeyen ses olarak tanımlanan gürültü şehirlerde giderek artan bir sorun haline gelmektedir. Hava kirliliği türü olarak da ifade edilen çevresel gürültü insan sağlığını tehdit eden önemli bir çevre sorunudur. Özellikle kentleşme ve nüfus artışı ile birlikte mobil gürültü kaynaklarının sayısında artış meydana gelmektedir. Karayolu, demir yolu ve hava yolu trafiğinde meydana gelen artış, fabrikada kullanılan makineler başlıca gürültü kaynakları arasında sayılmaktadır. Gürültü kirliliği başta işitme kaybı olmak üzere insanın fiziksel ve ruhsal sağlığında ciddi tahribatlara yol açabilmektedir (Jariwala vd., 2017: 1).

Dünya Sağlık Örgütü'(WHO) ne göre gürültü kirliliği insanlar tarafından diğer çevre sorunları kadar çok dikkate alınmasa da diğer çevre sorunları gibi insan sağlığı üzerinde uzun vadede kalıcı hasarlara neden olabilen ciddi bir sorundur. Özellikle Avrupa'da son dönemde gürültü kaynaklı şikâyetlerde artış yaşanmaktadır. WHO'ya göre kaliteli bir uyku için yatak odalarındaki gürültünün 30 desibelden daha az, kaliteli eğitim koşulları için ise sınıflarda gürültünün 35 desibelden daha az olması tavsiye edilmektedir (WHO, 2010).

Gürültü kirliliği; hava, su, toprak kirliliği kadar büyük öneme sahip olmasa da ortaya çıkarmış olduğu zararlı etkiler düşünüldüğünde insan sağlığı açısından ciddi bir

sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle gürültü kirliliğinin önüne geçmek amacıyla alınacak olan basit önlemlerle ciddi sağlık sorunlarının önüne geçilebilecektir. Örneğin; fabrika ve binalarda ses yalıtım maddelerinin kullanılması, gürültü kaynakları ve binalar arasındaki alana ağaçlandırma yapılması gibi. Diğer çevre sorunlarında olduğu gibi yine alınabilecek en önemli önlem bu konuda halkın bilinçlendirilmesidir.

4.2. KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Küresel ısınma; atmosferdeki karbondioksit, metan, azot oksit, ozon, su buharı gibi sera gazlarının artışına bağlı olarak dünya yüzeyindeki yıllık sıcaklık artışı anlamına gelmektedir (Bulkeley & Betsill, 2003: 1). Atmosferde bulunan bu gazlar sera etkisi oluşturarak dünya sıcaklığının olması gerekenden daha fazla artırmasına neden olmaktadır. Sera etkisi dışında, güneşten dünyaya yansıyan ışınlar yansıdığı yüzey tarafından emilmektedir. Isınmış yüzeydeki hava yükselmekte ve soğuk hava ile değişmektedir. Sera etkisinde ise böyle bir etki meydana gelmemektedir. Nasıl ki bir seranın içindeki hava güneş tarafından ısıtıldığı için gün geçtikçe ısınıyorsa atmosferde bulunan gazların güneş tarafından dünya yansıtılan ışınları tutması nedeni ile dünya yüzeyinde de sıcaklıklar sürekli artmaktadır (Harvey, 2018: 11). Küresel sıcaklık artışına bağlı olarak yağış, kuraklık, nem gibi hava hareketlerinde meydana gelen değişim de iklim değişikliği olarak ifade edilmektedir (Bayraç, 2010: 232).

NASA (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) bilim adamı James Hansen, ABD Kongresi'nde yaptığı açıklamada dünyada sera etkisinin varlığının güçlü kanıtlarının ortaya çıktığını vurgulayarak küresel ısınmanın ciddi bir sorun olduğuna dikkat çekmiştir. İklim değişikliği ile ilgili gelişmelerin bilimsel anlamda değerlendirilmesi için Dünya Meteoroloji Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından 1988'de kurulan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nde önemli bir küresel politik sorun olarak dile getirilmiştir. 1988'de gerçekleştirilen (IPCC), küresel ısınma ve iklim değişikliğinin bilimsel anlamda uluslararası konferanslarda ele alınmasını teşvik eden önemli bir gelişme olmuştur. Haziran 1992'de Rio de gerçekleştirilen zirvede birçok sanayileşmiş devlet, küresel ısınmaya neden olan sera gazı emisyonlarını sınırlamak için tek taraflı hedefler benimsemiştir (Paterson, 1996: 1).

IPCC tarafından 1995 yılında yayınlanan ikinci raporda 19. Yüzyılın sonlarından günümüze küresel ortalama sıcaklıkların yaklaşık 0.3 ila 0.6 ° C arasında arttığı ifade edilmiş ve bu durumun doğal bir süreçten kaynaklanmadığına dikkat çekilmiştir. Raporda

küresel ortalama yüzey hava sıcaklığındaki değişikliklerden ve atmosferik sıcaklığın coğrafi, mevsimsel değişimlerinden elde edilen kanıtların bu durumun yaşanmasında insan etkisinin olduğunu gösterdiği ifade edilmiştir. Ayrıca küresel deniz seviyesinde son 100 yılda 10 ila 25 cm arasındaki artışın nedeninin de küresel ısınma ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir (IPCC, 1995: 5).

Özellikle sanayi devrimiyle birlikte artan ve günümüzde hızla devam eden fosil yakıt kullanımındaki yaygınlaşma, atmosferdeki sera gazı miktarındaki artış, ormanların tahrip edilmesi doğal sera etkisini güçlendirerek dünyadaki yüzey sıcaklıklarının artışına neden olmaktadır. 1980'li yıllardan sonra daha da belirgin hale gelerek her yıl bir önceki yıla kıyasla daha sıcak olmak üzere artan yüzey sıcaklıkları 1998 yılında en yüksek değere ulaşmıştır. 1998 yılı hem kuzey ve güney yarımkürelerin ortalamaları bakımından hem de küresel sıcaklık ortalamaları bakımından 860 yılından buyana yaşanan en sıcak yıl olmuştur (Türkeş, vd., 2000: 5).

IPCC'nin 2018'de yayınladığı 1,5°C Küresel Isınma Özel Raporu'nda sanayi öncesi döneme göre küresel sıcaklıkların insan faaliyetleri kaynaklı olarak yaklaşık 0,8°C ila 1,2°C aralığında arttığı ifade edilmiştir. Küresel sıcaklıkların artmaya devam etmesi durumunda küresel ısınmanın 2030 ile 2052 arasında 1,5°C'ye ulaşmasının muhtemel olduğu belirtilmiştir. Rapora göre sanayi öncesi dönemden günümüze antropojenik emisyonlardan kaynaklanan ısınma, yüzyıllardan bin yıllara kadar devam edecek ve deniz seviyesinde yükselme gibi iklim sisteminde daha uzun vadeli değişikliklere neden olmaya devam edebilecektir. Ancak doğal ve beşeri sistemler için iklimle ilgili riskler, ısınmanın büyüklüğüne ve hızına, coğrafi konuma, gelişme ve savunmasızlık düzeylerine ve uyum ve hafifletme seçeneklerinin seçimlerine ve uygulanmasına bağlıdır (IPCC, 2018: 4-5).

Dünya bankasına göre; sera gazını azaltmaya yönelik sözleşme ve eylemlerin olmaması durumunda, artan emisyon hacmi nedeniyle dünyanın sanayi öncesi döneme göre yaklaşık 3 °C'den fazla ısınması muhtemel görülmektedir. Emisyon miktarını azaltmaya yönelik mevcut sözleşmelerin uygulanması durumunda bile % 20 olasılıkla 2100 yılına kadar sıcaklık artışının 4°C'yi aşma durumu söz konusudur. Mevcut sözleşmelere uyulmadığı takdirde ise 4°C' lik sıcaklık artışının 2060 yıllarının başında görülmesi muhtemeldir (WB, 2012: xiii).

Küresel sıcaklık artışları insan kaynaklı sera gazı emisyonları nedeni ile 2010-2020 döneminde de artmaya devam etmiştir. İnsan kaynaklı iklim değişikliği dünyanın

her bölgesinde hava ve iklim koşullarında aşırılıkların yaşanmasına neden olarak gıda ve su güvenliği üzerinde olumsuz etkilere neden olarak doğa ve insan yaşamına zarar vermektedir. İklim değişikliğinin zararlı etkilerinden en fazla etkilenen de iklim değişikliğinde en az payı olan savunmasız toplumlardır (IPCC, 2023: 6). Ancak herkes için yaşanabilir ve sürdürülebilir bir gelecek için hala fırsatlar mevcuttur. Bunun için çok düzeyli bir yönetişime, siyasal kararlılığa, kurumsal çerçevelere, yasalara ve politikalara ihtiyaç vardır. Ayrıca iklim değişikliği konusunda net hedeflere daha kolay ulaşılabilmesi için finans, uluslararası işbirliği ve teknoloji, kritik öneme sahiptir. İklim hedefine ulaşılabilmesi için hem iklim değişikliğine uyum hem de iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesine ilişkin finansmanının kat kat artırılması gerekmektedir (IPCC, 2023: 78-80).

Küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunu bugün dünyanın en önemli çevre sorunlarından biri olarak görülmektedir. Bu küresel sorunun önlenmesi ya da azaltılması adına ülkelerin bu konuda göstermiş olduğu önemli çabaları görmemek mümkün değildir; fakat her ülkenin aynı kararlılık ve inançla bu çabaya ortak olmaması ve bu konudaki yaklaşım farklılıkları, sürecin yönetiminde sıkıntılara neden olabilmektedir. Belki de en önemli mücadelelerin başında gerçekten böyle bir sorunun varlığına inanmak ve bu bilinçle mücadele etmek gelmektedir. Bu bilincin oluşturulması için ilgili faaliyet ve projelerin desteklenmesi özellikle de tarım, enerji, sanayi, ulaşım gibi sektörlerde bu küresel sorunu önlemek adına yapılacak yasal düzenlemeler, teşvik ve denetim politikaları önemli bir yere sahiptir.

5. ÇEVRE SORUNLARININ EKONOMİK NİTELİĞİ

Ekonomi ve çevre arasındaki ilişki birçok insanın düşündüğünün aksine çok daha fazla önemlidir. Nitekim ekonomi sadece piyasalardaki finansal gelişmelerle ve gelişmelerle ilgili değildir. Ekonomi doğal çevrenin bize bedelsiz olarak sağladığı hizmetlerle de yakından ilgilidir. Çevre ve ekonomi arasındaki dört farklı şekilde özetlemek mümkündür. Her şeyden önce çevre; ekonomi sistemine mineraller, metaller, gıda, odun, pamuk gibi ham madde ve enerji kaynaklarını girdi olarak sağlamaktadır. İkinci olarak çevre ekonomik sistemler açısından üretim ve tüketim faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların depolandığı alandır. Üçüncü olarak çevre insanlara sağlamış oldukları doğal güzellikler açısından (balık tutma, doğa yürüyüşleri gibi) mutluluk

sağlayan bir ortamdır. Son olarak çevre ekonomik sistemlere temel yaşam desteği sağlamaktadır (Hanley vd., 2019: 3; Husson, 2004: 3-4.).

Ekolojik denge gereği doğa belli bir sınıra kadar kendi iç mekanizmasını kullanarak kendini yenileyebilmekte ve kendisinden beklenen işlevleri yerine getirebilmektedir. Ne var ki; bu sınır aşıldığında çevre sorunları baş göstermektedir. Özellikle üretim ve tüketim faaliyetleri sonucunda hava, su ve toprağa salınan fiziksel, kimyasal ve biyolojik atıklar ekolojik dengeye zarar vererek doğanın dengesinin bozulmasına neden olmaktadır (Öncel, 1993: 170-171). Geleneksel ekonomilerde bedava mal örneği olarak gösterilen hava, su, toprak gibi doğal kaynaklar günümüz modern ekonomileri için değeri gittikçe artan ve tahsis sorunları piyasa aracılığıyla çözülemeyecek olan ortak mülkiyete konu olan kaynaklar olarak ifade edilmektedir. Artan nüfus ve endüstriyel üretim, çevrenin atık ürünleri seyreltme ve kimyasal olarak ayrıştırma yeteneği üzerinde daha fazla baskı oluşturarak çevresel sorunların büyümesine ve atık maliyetlerinin yılda on milyarlarca dolara ulaşmasına neden olmaktadır (Ayres & Kineese, 1969: 283).

Ortak tüketime konu olan çevresel kaynaklarda dışlama ve rekabetin olmaması çevresel kaynakların kamusal mal olma özelliğini ortaya koymaktadır. Örneğin çevresel bir kaynak olan temiz hava ortak tüketimin söz konusu olduğu, tüketiminde bireyler arasında rekabet ve dışlamanın mümkün olmadığı bir kamusal mal türüdür. (Uitto, 2016: 108). Ancak kamusal mallarda ortak tüketimden kaynaklanan bedavacılık sorunu bu mal ve hizmetlerin aşırı bir şekilde kullanılmasına sebep olarak kaynak tahsisinde etkinlik kaybına neden olmaktadır.

ABD’li çevre bilimci Garret Hardin 1968 yılında yayınladığı ‘The Tragedy of Commons’ (Ortakların Trajedisi) adlı eserinde, ortak malların kullanımında yaşanan etkinlik kaybını örneklendirerek açıklamaya çalışmıştır. Şöyle ki; kamuya ait bir merada hayvanlarını otlatan çok sayıda çobanın olduğu düşünüldüğünde, meranın ortak alan olmasından dolayı pek çok çobanın daha fazla sayıda hayvanını otlatmaya gayret göstereceği yani meradan maksimum düzeyde fayda sağlanacağı öne sürülmüştür. Geçmiş yüzyıllarda bu durumun; hastalık, kabile savaşları, av yasağı gibi nedenlerden ötürü hayvan sayısının toprak taşıma kapasitesinin altında kalmasından dolayı sorun teşkil etmediği ifade edilmiştir. Günümüzde ise bu durumun, çobanlardaki daha fazla fayda arzusunun getirdiği sürüye yeni hayvan eklemeye birleşince sınırlı bir dünyada sınırsız bir şekilde sürü arttırma sisteminin içine düşen çobanın bir trajedisine dönüştüğü

ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmada, herkesin hızla koştuğu yerin aslında felaket olduğu ve herkesin kendi çıkarlarının maksimizasyonu peşinde koşmasının sonuçta tüm insanlığı iflasa sürükleyeceği vurgulanmıştır (Hardin, 1968: 1244).

Sadece kendi çıkarlarını gözeterek faaliyette bulunan kimselerin “Görünmez El” sayesinde aslında toplumun çıkarlarına da hizmet ettiği görüşünü öne süren Adam Smith ve taraftarlarının bu görüşüne katılmayan milyonlarca insanın bile bugün aslında bu görüşe hizmet ettiğini söylenebilir. Hardin, makalesinin ilk sayfalarında nükleer savaşın geleceğiyle ilgili düşüncelere yer veren bir çalışmanın sonucuna değinmiştir. Hardin çalışmayla ilgili yazarların; silahlanma yarışının her iki tarafı askeri gücün sürekli artırılması ve ulusal güvenliğin sürekli olarak azaltılması ikilemi ile karşı karşıya bıraktığı ve bu ikilemin teknik bir çözümünün olmadığı, büyük güçlerin yalnızca bilim ve teknoloji alanında çözüm aramaya devam etmelerinin sorunu çözmek bir yana durumu daha da kötüleştireceği sonucuna vardıklarını ifade etmiştir. Burada Hardin dikkatleri araştırmanın sonuçları üzerine çekmiştir. Yani bazı beşeri sorunların çözümünde teknik çözümler yeterli olamamaktadır (Hardin, 1968: 1243).

Klasik iktisadi düşüncenin geliştirilmesiyle ortaya çıkan Neo-Klasik iktisatçılar, piyasa sisteminin kaynak tahsisinde tek başına optimumu sağlamaktan uzak olduğunu ve bu yüzden kaynak tahsisinde etkinliğin sağlanması için ekonomide devlet müdahalesinin gerekli olduğunu ifade etmişlerdir. Neo- Klasik ya da refah iktisatçılarının bu görüşü literatürde "Piyasa Başarısızlığı Teorisi" olarak yer almıştır. Bu görüşe göre; kamusal mal ve hizmetler, dışsallıklar, doğal tekeller ve tam rekabetten sapmalar piyasa başarısızlığının temel nedenleridir (Aktan, 2012: 3-10). Piyasa başarısızlığında asıl kastedilen şey piyasanın arzu edilen faaliyetleri sürdürmedeki ve istenmeyen faaliyetleri engellemedeki başarısızlığıdır (Bator, 1995: 129). Samuelson ve Nordhaus (1992: 741) tarafından piyasa başarısızlığı; kusurlu bir fiyat sistemi olarak ifade edilmiş ve fiyat sisteminin mal ve hizmetlerin gerçek değerini yansıtamaması durumunda kaynak tahsisinin de istenilen veya optimal düzeyde olmayan şekilde gerçekleşeceği ifade edilmiştir. Tekelci firmaların büyümesi ve firmaların maliyetlerine negatif dışsallıkları dâhil etmemeleri, firmaların toplum pahasına özel kar elde etmesine neden olmaktadır. Örneğin, Güney Afrika'daki birçok maden, faaliyetlerinin sonucunda ortaya çıkan çevresel zararları gidermek için herhangi bir şey yapmamaktadır. Bu anlamda çevre sorunları kaynak tahsisinde etkisizliklere neden olan önemli bir dışsallık türü olarak görülmektedir (Cunningham, 2011: 13-14).

1960'ların sonlarında çevresel devrimlerin gündeme gelmesi ile birlikte çevre kirliliği ekonomistler tarafından incelenmeye başlanmıştır. Ekonomistler tarafından çevre kirliliği kıt çevresel kaynakların (temiz hava ve su gibi) fiyatının bulunmamasının bir sonucu olarak görülmüştür. Ve bu kaynakların kullanımında tasarruf sağlamak için birim vergiler veya "atık su ücretleri" şeklinde vekil fiyatların getirilmesi öngörülmüştür. Bu anlamda çevre sorunlarının ekonomik niteliğinin özünde dışsallıklar teorisine dayandığı ifade edilmektedir (Cropper & Oates, 1992: 675-678).

Dışsallık kavramının teorik anlamda ilk defa Alfred Marshall tarafından ortaya atıldığı ifade edilmektedir (Sönmez, 1987: 123). Marshall tarafından dışsallık kavramı dışsal ekonomiler şeklinde ele alınmış ve gelişen sanayi ile birlikte mal ve hizmet piyasasına yeni giren firmaların diğer firmaların verimliliğinde artışa neden olarak dışsal ekonomiler oluşturduğu ifade edilmiştir (Marshall, 2013: 221). Marshall tarafından dışsal ekonomiler boyutu ile pozitif anlamda ele alınan dışsallık kavramı negatif dışsallıkları da içerecek şekilde Arthur Cecil Pigou tarafından refah iktisadı ile ilişkilendirilerek yeniden ele alınmıştır. Dışsal maliyetlerin olması durumunda marjinal özel fayda ve marjinal sosyal faydanın birbirine eşit olmayacağı ifade edilmiştir. Marshallcı veya Pigoucu anlamda bir dışsallık, ortaya çıkan dışsallığın tazmin edilmemesi durumunda ortaya çıkmaktadır ve optimal olmayan bir rekabet dengesi ortaya çıkarmaktadır (Baumol, 1964: 371-372).

Kaynak tahsisinde etkinsizliklerin yaşanmasına neden olan dışsallık kavramı; bir kişi veya firmanın başka kişi veya firmalara maliyet yüklediği ancak bu maliyeti karşılamadığı, bu durumun alternatifi olarak bir kişi veya firmanın başka kişi ya da firmalara fayda sağladığı fakat bu faydanın karşılığını alamadığı durum olarak ifade edilmektedir. Hava ve suyun kirletilmesi bu durumun yaşandığı en yaygın örnekler olarak kabul edilmektedir. Kişi ya da firmaların diğer kişi ya da firmalara yükledikleri ve katlanmadıkları maliyetler negatif dışsallıklar kapsamında değerlendirilirken kişi ya da firmaların diğer kişi ya da firmalara sağladıkları ve karşılığını almadıkları faydalar pozitif dışsallıklar kapsamında değerlendirilmektedir (Stiglitz, 1994: 92-93).

Literatürde yaygın olarak kabul gören Nath tarafından yapılan tanımda ise dışsallık; bir ekonomik birimin başka bir ekonomik birimin refahı üzerindeki olumlu veya olumsuz etkisinin belirli bir türü olarak tanımlanmıştır (Nath, 1973: 43). Kısaca dışsallık; bir ekonomik birimin başka bir ekonomik birimi fiyat mekanizması dışındaki yollarla olumlu (Pozitif Dışsallık) veya olumsuz (Negatif Dışsallık) olarak etkilemesi olarak ifade

edilebilir. Dışsallık kavramında dikkat edilmesi gereken nokta; ödettirilemeyen bir maliyet ve fiyatlandırılmayan bir faydanın söz konusu olmasıdır. Buradan hareketle dışsal faydaların fiyatlandırıldığında, dışsal maliyetlerin ise ödettirildiğinde dışsallıkların ortadan kalktığı söylenebilir (Aydoğan, 2019: 211).

Ekonomik faaliyetlerin büyük bir kısmının çevre üzerinde potansiyel zararlar oluşturduğu fikri çevre sorunlarının dışsallıklar kapsamında ele alınmasının temel nedenleri arasında gösterilmektedir. Havayı, suyu veya toprağı kirleten bir fabrika toplum açısından bir sosyal maliyet oluşturmaktadır. Fabrikanın sahibi olan firma, verimli bir şekilde kullanabildiğı kadar emek veya çelik kullanmak için ekonomik bir teşvike sahiptir, çünkü bu girdiler firma için birer maliyet unsurudur. Belirli bir fabrikada emeğinin ve çeliğinin bir kısmının tüketilmesinin topluma maliyeti, firma tarafından içselleştirilebilmekte çünkü bu girdiler için firma ödeme yapmak zorundadır. Ancak firmanın üretim faaliyetleri sonucu oluşan kirlilik için (dış maliyet) herhangi bir ödemede bulunmaması nedeni ile bu maliyetleri üstlenmesini gerektirecek bir teşvik söz konusu olmamaktadır. Bu durumda bu dışsallıkların içselleştirilmesi için çeşitli politika önlemlerine ve teşvik mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Jaffe vd., 2005: 166).

Dışsallıklar çözülmesi gereken önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Kaynak dağılımında, üretimde, bölüşümde etkinlikten söz edebilmemiz için söz konusu dışsallıkların; özellikle de çevre kirliliğı olarak kendini gösteren ve ciddi anlamda küresel refah kayıplarına neden olan negatif dışsallıkların içselleştirilmesi gerekmektedir. Bu konuda piyasa ve devlet çözümü olmak üzere iki temel yaklaşım bulunmaktadır. Piyasanın çevresel dışsallıkların çözümünde önerdiği temel yaklaşım çevrenin fiyat mekanizması içerisine dâhil edilmesidir. Piyasanın dışsallıklara yönelik çözümleri; Coase Teoremi, Kaldor- Hicks Teoremi ve Scitovsky yaklaşımı olarak ifade edilmektedir.

Ronald Coase tarafından 1960 yılında yapılan çalışmada mülkiyet haklarının açık bir şekilde tesis edilmesi ve işlem maliyetlerinin de düşük olması durumunda ortaya çıkan dışsallıkların devlet müdahalesine gerek kalmaksızın taraflarca karşılıklı pazarlık usulüne göre çözülebileceğini ifade etmiştir. Coase, çalışmasında çevresel dışsallıkların içselleştirilmesi ile ilgili çeşitli örneklere yer vermiştir (Coase, 1960: 2).

Coase çalışmasında dışsallıkların piyasa sürecinde karşılıklı anlaşma yoluyla çözülebileceğini komşu mülklerde çalışan bir çiftçi ve sığır yetiştiricisi örneğı üzerinden açıklamaya çalışmıştır. Örnekte bir çiftçinin ve bir sığır yetiştiricisinin komşu mülklerde

aralarında çit olmadan çalıştıkları ve sığır yetiştiricisinin sürüsündeki bir artışın çiftçinin mahsullerindeki toplam hasarı arttırdığı varsayılmaktadır. Örneğe göre; komşu iki arazi arasına çit çekmenin maliyeti 9\$ olduğundan bu tercih edilmemektedir. Çiftçinin mahsullerden elde ettiği kazanç 12\$, toprağı işlemenin maliyeti 10\$ ve bu durumda çiftçinin net kazancı 2\$ olmaktadır. Sığırların ürünlere zarar vermesi durumunda çiftçi 1\$'lık kazanç kaybı yaşayacak, mahsullerden elde ettiği kazanç 11\$ olacaktır. Bu durumda 1\$'lık zarar sığır yetiştiricisi tarafından karşılanınca ortada herhangi bir problem kalmayacaktır. Sığır yetiştiricisi sürüsünü arttırmasının kendisine sağlayacağı kazanç bunun komşunun ürünlerine zarar vermesi dolayısı ile ödeyeceği ek masraflardan yüksek olduğu sürece sürüyü artırma yoluna gidecektir. Ya da sığır yetiştiricisi belli bir bedel karşılığında çiftçinin toprağı işlememesini de önerebilir. Bu süreç pazarlık süreci ile karşılıklı anlaşma içerisinde çözüme kavuşmaktadır (Caose, 1960: 2-3).

Dışsallıkların çözümünde önerilen bir başka piyasa çözümü; Kaldor-Hicks yaklaşımıdır. Bu yaklaşıma göre; negatif dışsallık oluşturan tarafın gerçekleştirdiği üretim sonucu elde ettiği dışsal faydayı negatif dışsallıktan etkilenen tarafla paylaşarak zararın tazmin edilmesi mantığına dayanmaktadır (Stringham, 2001: 44). Bu yaklaşıma göre; negatif dışsallığa neden olan taraf bu dışsallıktan etkilenen tarafın zararını tazmin ettikten sonra hala kazançlı ise bu durum toplum açısından tercih edilen bir durum olacak ve pareto-optimuma ulaşılabilir (Sönmez, 1987: 86).

Dışsallıkların çözümü için geliştirilen bir diğer piyasa yöntemi ise Scitovsky yaklaşımıdır. Bu yaklaşımında Kaldor-Hicks tarafından ortaya konulan belirli bir değişiklikten belirli kimselerin kazanç sağlaması belirli kimselerinse zarara uğraması durumunda bile toplumun genel refah düzeyinin iyileşeceği düşüncesi eleştirilmiştir (Scitovszky, 1941: 88). Scitovsky; iki refah sınırının kesişimi söz konusu olduğunda Kaldor-Hicks yaklaşımının paradoks oluşturacağını ifade etmiştir. Ve bu paradoksun ortadan kaldırılması için ekonomik durumda yaşanan değişikliğin ikili bir teste tabi tutulmasını önermiştir. Buna göre ilk noktadan ikinci noktaya geçişin bir iyileşme sağlayacağını ve ikinci noktadan ilk noktaya geçişin bir iyileşme sağlamayacağını test edilmesi gerekmektedir (Sönmez, 1987: 88). Bu yaklaşıma göre bir firma faaliyetinin başka bir firmaya maliyet yüklemesi durumunda negatif dışsallıktan etkilenen firmanın dışsallığa neden olan firmayla faaliyetini sınırlaması konusunda pazarlığa girmesi söz konusu olmaktadır. Bunun mümkün olabilmesi için pazarlık konusundaki işlem

maliyetlerinin pazarlık sonucu elde edilecek faydadan küçük olması gerekmektedir (Parlakay ve Yavuz, 2016: 213-214).

Dışsallıklar ile ilgili piyasa çözümleri irdelendiğinde bu çözümlerin daha çok negatif dışsallık ile ilgili zararın karşılanması için karşılıklı anlaşma ve pazarlık usulüne dayandığı söylenebilir. Devlet müdahalesi olmaksızın gerçekleşen çözümlerin başarılı sonuçlar verebilmesinde işlem maliyetlerinin düşük olması ve mülkiyet haklarının tesis edilmiş olması son derece önemlidir. Bu şartların var olmaması durumunda çözüm için devlet müdahalesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Dışsallık, ekonomik karar vericilerin karşılaştığı piyasa fiyatlarına dâhil olmayan maliyet ve faydaları ifade etmektedir. Örneğin bir galon benzin tüketme hareketi düşünüldüğünde bu faaliyet, harici bir maliyet oluşturmaktadır. Benzin piyasasının tam rekabet şartlarında iyi işlemesi durumunda, tüketici satın alma fiyatında, tam marjinal üretim maliyetini ödeyecektir. Ancak tüketici benzini bir otomobil motorunda yaktığında, tüketicinin ödemediği başka bir sosyal maliyet de ortaya çıkmaktadır. Benzinin yanması, bölgedeki hava kirliliği seviyesinde artışa neden olmaktadır. Bu durum büyük bir nüfus alanında, hava kirliliğindeki küçük bir artışın sınırlı bir marjinal maliyeti olabilir; çünkü hava kirliliği "kamusal bir kötü" dür; yani toplumdaki birçok insan için kötü bir durumdur. Benzin tüketicisi, fazladan bir galon benzin tüketip tüketmemeye karar verirken çoğu zaman marjinal sosyal maliyetin bu kısmını göz ardı etmektedir. Bu anlamda kirlilik seviyesinin düzenlenmesi ile ilgili olarak karşımıza Pigouvian vergiler çıkmaktadır (Bruce & Ellis, 1993: 16-17).

Arthur Cecil Pigou; ekonomide negatif dışsallık oluşması durumunda bu dışsallığı oluşturan faktörün ya da malın kullanım veya tüketimine uygun bir vergi konulmasının, kaynak dağılımında optimalite için gerekli olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca uygulanacak bu verginin oranının birim başına, negatif dışsallığın ekonomideki marjinal etkisinin tahmini parasal değerine eşit olması gerektiğini söylemiştir. Bunun temel gerekçesi olarak da; sosyal fayda ile bireysel fayda ve sosyal maliyet ile bireysel maliyetler arasındaki farkın kapatılması gerekliliğini göstermiştir. Pigou'ya göre, uygulanacak birim başına vergi oranı, negatif dışsallığın marjinal etkisinin tahmini parasal değerine eş değerdir. Benzer şekilde, olumlu dışsallıklar için de Pigou, faktörün kullanım miktarını veya malın üretilen ve tüketilen miktarını arttıracak uygun bir şekilde hesaplanmış sübvansiyon önermiştir (Nath, 1973: 44-45).

Pigou tarafından ortaya konulan yaklaşımda refah üretim ile ilişkilendirilmiş ve refahın maksimize edilebilmesi üretimin maksimize edilmesi ile özdeş tutulmuştur. Bir sanayinin artan ve azalan verimliliğe sahip olması durumunda marjinal sosyal fayda (MSP) ve marjinal özel fayda (MPP) arasında bir farklılık oluşacağı ifade edilmiştir. Söz konusu sanayide azalan verimlerin söz konusu olması durumunda $MSP < MPP$ olacağı, artan verimlilik durumunda ise $MSP > MPP$ olacağı belirtilmiştir. İlk durumda ideal üretim miktarı aşıldığından ikinci durumda ise eksik üretim söz konusu olduğundan MSP ve MPP arasındaki eşitliğin sağlanabilmesi için ilk durumda vergiler ikinci durumda sübvansiyonlar önerilmiştir (Sönmez, 1987: 124).

Negatif dışsallıkları ortadan kaldırmak adına getirilen önemli bir kamu çözümü de düzenleyici vergiler (Plott Yaklaşımı) olarak ifade edilmektedir. Bu yaklaşımda çevresel dışsallıkların azaltılması için sadece kirlilik üzerine vergi konulmasını öneren Pigou yaklaşımı eleştirilmiştir. Plott'a göre; kirlilikle beraber kirliliğe sebep olan girdilerden de düzenleyici vergiler alınmalıdır. Plott bu durumu çalışmasında bir örnek yardımıyla açıklamıştır. Örneğin X isminde bir ürünü üreten bir fabrikayı düşünün. X'in üretim süreci, yakında bulunan bir işletme için dışsallık oluşturur. Genel olarak, bu dışsallığın (yanma işleminden yaratılan duman gibi) X üretiminde kullanılan bazı kaynakların sonucu olabileceği kabul edilmektedir. Bu durumda düzenleyici vergi hem duman çıktısına hem de dumanın oluşumuna neden olan girdi kaynaklarına uygulanmalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan biri verginin doğru kaynaklara uygulanmasıdır. Bunu belirlemek çok kolay değildir. Ve bazen ürün üzerine uygulanan düzenleyici vergi durumu daha iyi olmaktan çok daha kötü hale de getirebilir (Plott, 1966: 84).

Çevre sorunlarının ekonomik niteliği ile ilgili olarak literatürde ele alınan önemli konulardan birisi de ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi ortaya koyan Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE)'dir. Küreselleşme birçok kişi tarafından ekonomik büyüme için itici bir güç olarak görülmüştür. Ekonomik büyümenin çevre sorunlarına yol açtığı konusunda literatürde bir fikir birliği bulunmamaktadır. Ekonomik büyümenin çevresel iyileşme üzerinde olumsuz etkileri olduğunu ifade eden görüşlerin yanında ekonomik büyümenin çevresel iyileşme için olumlu bir süreç olduğunu ifade eden görüşler de mevcuttur ve bu savunucular genellikle çevresel iyileştirme hakkındaki görüşlerini desteklemek için çevresel Kuznets eğrisine (ÇKE) dayanan analize başvurmaktadır (Tisdell, 2001: 185).

Kuznets Eğrisi kavramı İlk olarak Simon Kuznets tarafından “Economic Growth and Income Inequality” adlı çalışmada kullanılmıştır. Çalışmada ekonomik büyümenin ve gelir dağılımındaki iyileşme ve kötüleşme ile ilişkisi incelenmiştir. Söz konusu çalışmaya göre gelir dağılımıyla ekonomik büyüme arasında ters U biçiminde bir ilişki olduğu ifade edilmiştir. Bu ilişki, ilk etapta ekonomik büyümenin gelir dağılımını bozduğu fakat ilerleyen dönemlerde ekonomik büyümede meydana gelen artışın gelir dağılımında iyileşme sağladığı şeklinde açıklanmıştır (Kuznets, 1955: 2-6). Kuznets tarafından ortaya konulan bu eğri daha sonra çevreye uyarlanarak Selden ve Song (1994) tarafından çevre ve ekonomik büyüme arasındaki ters U şeklindeki ilişkiyi açıklamak için “Çevresel Kuznets Eğrisi” (ÇKE) adı ile ortaya atılmıştır. Daha sonraki dönemlerde benzer şekilde farklı yazarlar tarafından da çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için kullanılmıştır (Tissdell, 2001: 186). ÇKE’nin ters U şeklinde olması ölçek etkisi, kompozisyon etkisi ve teknoloji etkisi ile açıklanmaktadır.

Ölçek Etkisi; eğrinin artan kısmı ile ilişkilendirilirken kompozisyon ve teknoloji etkileri azalan kısmı ile ilişkilendirilmektedir. Serbest ticaretin yaygınlaşmasıyla birlikte üretim ölçeğinde meydana gelen artışlar enerji talebinde ve sınır ötesi taşımacılık faaliyetlerinde artışa neden olmuştur. Özellikle enerji talebinin karşılanması için kullanılan fosil yakıtlar hava kirliliğinde artışın yaşanmasına neden olmuştur. Bu anlamda ekonomik büyümedeki artış çevre kirliliğinin artmasına neden olmuştur (Grosman ve Krueger, 1991: 3-4).

Kompozisyon Etkisi; ekonomide görülen yapısal değişimle açıklanmaktadır. Genel anlamda çevresel bozulmanın kırsaldan kente, tarımdan sanayiye doğru dramatik bir yapısal değişime uğradığı ifade edilmektedir. Ülkelerin kişi başına düşen geliri 10.000 doları aşması ve enerji yoğun ağır sanayiden hizmet ve bilgi/teknoloji yoğun sanayiye kaymasıyla ikinci bir yapısal dönüşüm yaşanmaya başlamıştır. Ekonomik büyümenin artmasıyla birlikte sanayiden doğal kaynaklarının daha az kullanıldığı hizmet ve teknoloji yoğun sektörlere doğru olan yapısal dönüşümün çevre kirliliğini azalttığı ifade edilmektedir (Panayotou, 1993: 14).

Teknoloji Etkisi; firmaların ve hanelerin seçtikleri teknoloji ile kirliliklerini bir dereceye kadar kontrol edebilmesinin mümkün olduğunu özellikle üretimde daha modern teknoloji tekniklerin kullanılmasıyla geleneksel yöntemlere göre birim başına daha az kirlilik üretilebileceğini ifade etmektedir. Bu durum ÇKE’de azalma şeklinde kendini göstermektedir (Grosman ve Krueger, 1991: 4-5).

Çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ters u şeklindeki ilişki çevresel kalite için pozitif gelir esnekliği ile de açıklanmaktadır. Gelirin artması ile birlikte yüksek gelir gruplarının hava kalitesindeki beklentileri yükselmekte, ekonomik faaliyetlerin çevresel sonuçları hakkındaki bilgileri artmaktadır (Selden & Song, 1994: 147). Ayrıca gelir seviyesindeki artış daha sert kirlilik standartları ve mevcut kanunların daha sıkı uygulanması şeklindeki talepleri de beraberinde getirmektedir (Grosmann ve Krueger, 1991: 5). Ekonomik küreselleşme savunucularına göre; küreselleşme süreci ile birlikte artan ekonomik verimlilik, çıktı başına kaynak girdisini azaltarak israfı önlemekte ve böylece çıktıyla ilgili olarak kirlilik emisyonlarını da azaltmaktadır. Bu durum çevre üzerinde olumlu bir etkiye neden olduğundan ÇKE’de aşağı doğru bir kayma ortaya çıkar (Tisdell, 2001: 189).

Ekonomik büyüme ile birlikte bir miktar çevresel bozulma kaçınılmaz olsa da gelişmekte olan ülkelerde hükümetler çevresel bozulmalara neden olan enerji ürünlerinin ve tarım ilaçlarının sübvansesi edilmesi, doğal kaynakların düşük fiyatlandırılması gibi politika çarpıklıklarını ortadan kaldırarak ÇKE nin dikleşmesini önleyebilir. Ayrıca hükümetlerin çevresel dışsallıkları içselleştirmesi ve doğal kaynaklar üzerindeki mülkiyet haklarını tanımlaması da ÇKE’nin düzleşmesine yardımcı olabilir. Bu süreçte gelişmiş ülkelerin de gelişmekte olan ülkelere doğal kaynakların korunması için yardımcı olması gerekmektedir (Panayotou, 1993: 21-22).

Çevre kirliliği de teknik anlamda çözümlerin yeterli olmadığı beşeri sorunlardan birisi olarak ifade edilebilir. Bu anlamda teknik çözümlerden ziyade ahlaki çözümler ve toplumsal bilinç önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Zira insanların faaliyetlerini gerçekleştirirken hangi amacı güttüklerinin açık ve net olmaması uygulanacak politikaların başarılı sonuçlar ortaya çıkarma ihtimalini azaltabilecektir.

Çevre sorunları sınır ötesi dışsallıklar nedeni ile kaçınılması çok zor olan küresel etkiler meydana getirmektedir. Bu etkilerin giderilmesi için ulus devlet çözümleri tek başına yeterli olmamakta; uluslararası ve BM gibi uluslar üstü kuruluşların küresel kamusal malların arzı konusunda ulus devletler ile birlikte yetkiyi paylaşması ve ulus devletlerin faaliyetlerini yönlendirmesi ve düzenlemesi gerekmektedir (Başaran, 2007: 90). Küresel sorunların çözümünde beklenen başarının sağlanabilmesi için tüm dünya ülkelerinin aynı kararlılık ve inançla ortak hareket etmesi gerekmektedir. Ortak mülkiyete konu olan mallarda yaşanan bedavacılık sorununun küresel kamusal mallarda da yaşanabilmesi Hardin’in(1968); Ortak Malların Trajedisi’ni konu alan çalışmasında da

işaret ettiği üzere bir zaman sonra dünya üzerinde nefes alınabilecek havanın, ekilebilecek toprağın, içilebilecek suyun kalmamasıyla yani bir trajedi ile sonuçlanabilecektir.

6. ÇEVRE SORUNLARI İLE MÜCADELEDE ULUSLARARASI ÇABALAR

Ortaya çıkardığı sonuçlar ve etkiler bakımından küresel bir sorun olan çevre sorunları mali literatürde negatif dışsallıklarla ilgili yapılan çalışmaların büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Son zamanlarda dünyanın önemli sorunlarının başında gelen küresel ısınma ve iklim değişikliği de negatif dışsallıklar içerisinde incelenmesi gereken önemli bir konudur.

1990'lı yıllarda küresel ısınma ve iklim değişikliği insanlık açısından önemli bir sorun olarak anılmaya ve bir tehdit olarak algılanmaya başlanmıştır. Özellikle su ve yiyecek maddelerinde kıtlık, siyasi istikrarsızlıklar, göç ve çatışma durumları ile bağlantılı olarak geleneksel güvenlik meselesi olarak görülmeyen konu, güvenlik meselesi haline gelmeye başlamıştır. Ülkelerin kendi başlarına mücadeleleriyle ortadan kalkabilecek bir sorun olmadığı anlaşılan küresel çevre sorunları, küresel bir çaba ve iş birliği ihtiyacını gündeme getirmiştir (Erdoğan, 2018: 704).

6.1. BM İNSAN ÇEVRESİ KONFERANSI (STOCKHOLM KONFERANSI)

1970'lerin başında, çevre krizi tüm dünyada kendisini hissettirmeye başlamıştır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki doğum oranlarının artması, genel olarak sağlıklı insan sayısındaki artış ve ölüm oranlarının azalması gibi nedenler, dünyada nüfus patlaması endişelerinin artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte artan sanayileşme ve kentleşmeye bağlı olarak ortaya çıkan trafik sıkışıklığı, gürültü, su ve hava kirliliği gibi problemlerde artış meydana gelmiştir. Dünyanın yenilenemeyen doğal kaynakları için birçok ülke bireysel anlamda tedbirler almış olsa da çevrenin dünyanın ortak mirası olması nedeniyle çevresel bozulmalara karşı iş birliğine dayalı bir eylemin teşvik edilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu anlamda 1972'de BM tarafından düzenlenen Stockholm Konferansı'nın küresel çevrenin korunması için uluslararası anlamda atılması gereken adımları resmi bir çerçevede sunan ilk girişimlerden biri olduğu ifade edilebilir. Konferansta ana tema olarak küresel ölçekte çevrenin korunması ile ilgili kolektif insan sorumluluğu ele alınmıştır (Enuka, 2018: 10).

Stockholm konferansında yirmi altı ilkedен oluşan sonuç bildirgesi kabul edilmiştir. Bildiride doğal ekosistemi oluşturan hava, su, toprak, bitki örtüsü ve fauna gibi

doğal kaynaklardan hem bugünkü hem de gelecekteki neslin fayda sağlaması için bu kaynakların çok dikkatli bir şekilde kullanılması için planlama yapılması gerektiğinin altı çizilmiştir. Dünyada yaşanan nüfus artışı ile birlikte çevre sorunlarında daha fazla artış meydana geldiği, doğal kaynaklarda yaşanan tahribatın ilerde önemli küresel felaketlere yol açabileceği ifade edilmiştir. Bununla birlikte doğal kaynakların kapasitesinin yenilenebilir kaynaklarla arttırılabileceği ve küresel felaketlerin önlenmesi için tüm ülkelerin ortak bir şekilde hareket edip önlem alması gerektiği vurgulanmıştır (UNEP, 1972: 3-6).

Stockholm Konferansı sonunda dikkat çeken detaylardan biri güney ülke temsilcileri ve kuzey ülke temsilcileri görüşleri arasındaki farklılıklardır. Kuzey ülke temsilcileri sanayileşmeye bağlı kirlenme, çevre koruma ve nüfusun aşırı artması gibi konular üzerinde dururken, Güney ülke temsilcileri ekonomik kalkınma konusundaki endişeler üzerinde durmuşlardır. Ayrıca, güney ülke temsilcileri küresel anlamda ortaya çıkan kapitalizmden en çok fayda sağlayan kesimin kuzey ülkeleri olduğuna işaret ederek küresel anlamda çevre koruma konusundaki sorumluluğun eşit olmaması gerektiğini vurgulamışlardır. Güney ülke temsilcilerinin birçoğu global kapitalizmin yoksulluğun esas sebebi olduğunu “yoksulluğun kirliliği” şeklinde ifade etmişlerdir ve ekonomik anlamda gerçekleştirilecek küresel reformlarla bu kirlenmenin önüne geçilebileceğini belirtmişlerdir (Dauvergne, 2005: 376). Bildiri sonrasında nesli tehlike altında olan yabani flora ve fauna türleri için 1973’te Washington’da Uluslararası Ticaret Sözleşmesi kabul edilmiştir. Sözleşme ile nesli tükenmekte olan türlerin uluslararası ticaretinin kısıtlanması amaçlanmıştır (Enuka, 2018: 10).

Stockholm Bildirgesinde ayrıntılı normatif hedeflerden ziyade çoğunlukla geniş çevre politikası amaçlarını ve hedeflerini içermektedir. Bu bildirinin kabul edilmesinin ardından uluslararası çevre yasalarının yapılmasında olduğu gibi, çevre sorunlarına ilişkin küresel farkındalık da önemli ölçüde artış sağlanmıştır. Uluslararası çevre aktivizminin odak noktası, giderek, sınır ötesi ve küresel müşterek meselelerin ötesine, medyaya özgü ve sektörler arası düzenlemeye ve çevresel karar alma sürecinde ekonomik ve kalkınma hususlarının sentezlenmesine doğru genişlemiştir (Handl, 2012: 1).

Stockholm Konferansı’nın en önemli sonuçlarından birisi de Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP)’nin kurulmuş olmasıdır. UNEP 1972’den günümüze küresel bir çevre otoritesi olarak hizmet vermekte ve sürdürülebilir kalkınmanın çevresel anlamda uygulanabilmesine destek vermektedir (UNEP, 2023). Ayrıca bu konferans kendisinden

sonra gelen Rio Zirvesi, Kyoto Protokolü, Paris Antlaşması gibi uluslararası sözleşmelere öncülük etmesi bakımından önemli bir girişim olarak görülmektedir.

Çevresel anlamda meydana gelen bozulmaların etkileri, küresel anlamda tüm dünyayı etkilediğinden bu konuda atılacak olan adımların da ortak bir çaba içerisinde olması bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu konuda az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin çekincelerini göz önünde bulundurmak ve çevre koruma konusundaki sorumluluğun paylaşılmasında eşit ilkeler yerine adil ilkelerin benimsenmesini savunmak daha gerçekçi bir yaklaşım olacaktır.

6.2. ORTAK GELECEĞİMİZ (BRUNDTLAND) RAPORU

Stockholm Konferansı'nda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında ekonomik farklılıklar nedeni ile çevre koruma konusunda bir mutabakatın sağlanamayacağı, kalkınmanın çevre koruma konusunda atılacak önemli adımlar için bir engel teşkil etmediği gibi konular ağırlıklı olarak tartışılmıştır. Sonuç olarak ekonomik kalkınmanın çevre korumaya engel teşkil etmediği ve bu iki amacın birlikte gerçekleştirilebilir olduğu şeklinde görüşler ortaya atılmış ve “Sürdürülebilir Kalkınma” kavramının sinyalleri verilmiş ancak sürdürülebilir kalkınma kavramına asıl 1987 yılında kabul edilen Brundtland Raporu (Ortak Geleceğimiz)'nda açık bir şekilde yer verilmiştir. Raporda, mevcut neslin ihtiyaçları karşılanırken gelecek kuşakların da ihtiyacının karşılanmasına olanak veren bir ekonomik gelişmenin mümkün olduğu ifade edilerek sürdürülebilir kavramından bahsedilmiştir (Pearce vd., 1990: xiv).

Brundtland Raporu'nda ekonomik büyüme ve çevre koruma arasındaki temel çelişkilerin giderilmesi temel amaç olarak ifade edilmiştir. Ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarından ödün vermeden bugünkü ihtiyaçlarını karşılanması için kalkınmanın sürdürülebilir hale getirilmesinin insanlık açısından mümkün olduğu; ancak bunun gerçekleşebilmesi için de ekonomik süreçlerde değişime ihtiyaç olduğu özellikle belirtilmiştir (Pearce vd., 1990: xiv).

Brundtland Komisyonu'na göre; temel enerji hizmetlerinde enerjinin boşa harcanması insan toplumlarının gelecekteki gelişimini ve hatta bugünkü hayatlarını ciddi anlamda olumsuz bir şekilde etkileyebilecektir. Bunun önlenmesi için enerji konusunda

- birincil enerji kaynağının doğru biçimlerini sağlamak;
- uygun verimli son kullanım ekipmanı üretmek ve

- hizmetlerin ihtiyaç duyulduğu zaman ve yerde en verimli şekilde sunulması için beslemeyi son kullanım cihazlarına israf etmeden bağlamak şeklinde sistem ve düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır (WCED, 1987: 1).

Komisyonun yaygın olarak Brundtland Raporu olarak bilinen Ortak Geleceğimiz Raporu, küresel devlet temsilcileri topluluğundaki çevresel tartışmaların gelişiminde bir dönüm noktası olarak görülmektedir. Brundtland Raporunun içeriği genel anlamda ustaca hazırlanmış bir uzlaşma içermektedir. Bu raporda büyüme için gerekli herhangi bir sınır öngörülmemekte, sanayileşme ve doğal kaynak üretimi gibi konularda bazı ülkeler için kabul edilebilir ilkeler yer almaktadır. Ayrıca çevre teknolojilerinin ve Güney'deki ülkelerin sürdürülebilir kalkınmasını desteklemek için çevresel teknolojiler ve ekonomik yardım, bu ülkelerdeki nüfus artışı sorunu için ise kontroller, iyi eğitim ve gıda güvenliği çağrısında bulunmaktadır. Raporda sürdürülemez kalkınmanın temel nedeni olarak yoksulluk gösterilmektedir (Dauvergne, 2005: 377).

Devletlerin benimsediği temel amaçların başında gelen ekonomik kalkınma günümüzde sürdürülebilir bir ekonomik kalkınma amacına dönüşmüştür. Bugün birçok ülkede hükümetlerin, orta ve uzun vadeli olarak oluşturulan stratejik planlarında, kalkınma planlarında ve bütçe kanun tasarılarında sürdürülebilir kalkınma odaklı yaklaşımlara yer verdiği görülmektedir. Kuşkusuz bu anlayışın yerleşmesinde uluslararası sözleşmelerin rolü büyüktür.

6.3. RİO ZİRVESİ

Bugüne kadar yapılan en büyük konferans olarak bilinen Rio Zirvesi, 1992 yılında 117 devlet başkanının katılımlarıyla gerçekleşmiştir. Konferansta resmi temsilcilerin yanında çok sayıda sivil toplum kuruluşu temsilcisi de yer almıştır. Brundtland Raporu'ndaki öneriler ve sürdürülebilir kalkınma kavramı Rio'daki tartışmanın temelini oluşturmuştur. Çoğu ülke tarafından Brundtland'ın sürdürülebilir kalkınma tanımı onaylanmıştır. Bununla birlikte konferansta gelişmekte olan birçok ülke, yeşil büyümenin ek maliyetlerini desteklemek için çevre teknolojilerinin transferinin ve Kuzey'den ekonomik yardımın özel güvencelerini istemiştir (Dauvergne, 2005: 377-378).

Rio Zirvesi, küresel liderlerin gündemine çevre ve kalkınmanın alınmasını sağlamıştır. Konferansta özellikle dikkat çeken iki resmi Rio Zirvesi belgesi, Çevre ve Kalkınma Rio Bildirgesi ve Gündem 21 olmuştur. Rio Bildirgesi, devletlerin çevre ve kalkınma için hak ve sorumluluklarına ilişkin yirmi yedi ilkeden oluşan bir belgedir. Bu

ilkeler, Güney'in kalkınma hakkı ile ilgili endişelerini, İnsan Çevresi Stockholm Deklarasyonu'ndan çok daha fazla içermektedir. Gündem 21 ise, sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için üç yüz sayfalık bir eylem programıdır (Dauvergne, 2005: 377-378). Dört bölümden oluşan Gündem 21'in içeriği ise şu şekildedir:

Birinci bölümde sosyal ve ekonomik ölçütler başlığının altında; yoksulluk ile mücadele, tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesi, nüfusun sürdürülebilirliği, toplum sağlığının korunması, sürdürülebilir kalkınma için uluslararası iş birliği gibi konulara verilmiştir. İkinci bölümde kalkınmanın sağlanması, kaynakların korunması ve yönetimine yönelik olarak atmosferin korunması, biyo-çeşitliliğin korunması, okyanus, deniz ve kıyıların korunması, çölleşme ve kuraklık ile mücadele ve tarımda sürdürülebilirlik gibi konulara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde temel grupların rollerinin güçlendirilmesi başlığı altında; sürdürülebilir ve adil gelişme için kadınlara yönelik küresel eylem planı, sürdürülebilir kalkınmada sivil toplum kuruluşlarının rollerinin güçlendirilmesi, mahalli idareler ve sanayi ve iş dünyasının rollerinin güçlendirilmesi konularına yer verilmiştir. Dördüncü bölüm olan son bölümde ise uygulama yöntemleri başlığın altında; çevre dostu teknolojilerin transferinde ortaklıklar ve kapasitenin geliştirilmesi, sürdürülebilir kalkınmada bilimin rolü, uluslararası alandaki hukuki araç ve mekanizmalar gibi konulara yer verilmiştir (UN, 1992: 9-10).

Rio Konferansı'nda sürdürülebilir kalkınma için uluslararası toplumlardan beklentiler sistematik bir biçimde ifade edilmiştir. Rio Bildirgesi, Stockholm Bildirgesi'ni yeniden onaylayan ve bu bildirinin üzerine inşa edilen önemli bir çevresel yasal dönüm noktası olarak kabul edilmektedir (Handl, 2012: 1). Rio Konferansı'nın içeriği incelendiğinde, özellikle sürdürülebilir kalkınmaya çok fazla vurgu yapıldığı görülmektedir. Bu konferansla sürdürülebilir kalkınma, ülkelerin öncelikli hedefleri arasına alınmış ve ülkelerin bu konudaki farkındalıklarının artmasına katkı sağlanmıştır. Ayrıca gelişmekte olan ülkeler açısından da çevre korumanın ekonomik büyüme ve kalkınma önünde bir engel olarak görülmemesi gerektiği düşüncesi önem kazanmıştır.

6.4. KYOTO PROTOKOLÜ

Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelede, özellikle sanayileşmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarının azaltılmasını sağlamaya yönelik kurallar içeren Kyoto Protokolü 1997 yılında Japonya'nın Kyoto kentinde düzenlenen BMİDÇS 3. Taraflar Konferansı'nda müzakere edilmiştir. Protokolde Ek-A ve Ek- B olmak üzere iki adet ek

liste bulunmaktadır Ek- A’da emisyon miktarlarının azaltılması gereken altı sera gazı ve bunların kaynaklandığı sektörler yer almaktayken; Ek-B’de, özellikle fosil yakıt yanmasından kaynaklanan CO2 (karbondioksit) olan GHG (sera gazı) emisyonlarını sınırlandırması gereken sanayileşmiş ülkeler yer almaktadır. Ek B ülkelerinin, 2008–2012 taahhüt döneminde, sera gazı emisyonlarını ortalama 1990 emisyon seviyelerinin altında yüzde 5,2 azaltmaları gerekmektedir (Böhringer, 2003: 457).

Kyoto Protokolü, sanayileşmiş ülkelerin ve geçiş halindeki ekonomilerin sera gazı emisyonlarını azaltma konusuyla ilgili önlem ve politikaları benimsemelerini ve bunları düzenli olarak raporlamalarını amaçlamaktadır. Kyoto Protokolü sanayileşmiş otuz yedi ülke ve geçiş ekonomileri ve AB için daha ağır şartlar getirmektedir. Çünkü atmosferde yer alan sera gazı emisyonlarının çok büyük bir kısmından bu ülkelerin sorumlu olduğu kabul edilmiştir. Kyoto Protokolü’nün en önemli özelliklerinden biri emisyon ticaretine izin veren esnek piyasa mekanizmalarının kurulmasına olanak sağlamasıdır. Protokol uyarınca, ülkelerin öncelikle ulusal önlemler yoluyla hedeflerine ulaşmaları gerekmektedir. Bununla birlikte ülkelere ulusal tedbirler dışında uygulayabilecekleri piyasa tabanlı üç mekanizma sunulmuştur (UNFCCC, 2023):

1) Ortak Yürütme Mekanizması: Kyoto Protokolü’nün 6. Maddesinde tanımlanan “ortak uygulama” şeklinde ifade edilen mekanizma, Kyoto Protokolü (ek B tarafı) kapsamında emisyon azaltma ya da sınırlama taahhüdüne sahip bir ülkenin, bir başka ek B ülkesinin emisyon azaltma veya emisyon kaldırma projesinde yer alarak Kyoto hedefine ulaşabilmesine imkan verir. Ortak Uygulama, Taraflara Kyoto taahhütlerinin bir kısmını yerine getirmek için esnek ve uygun maliyetli bir araç sunar. Burada bir tarafın emisyon hedefine ulaşması sağlanırken diğer tarafın da yabancı yatırım ve teknoloji transferinden yararlanması sağlanır.

2) Temiz Kalkınma Mekanizması: Kyoto Protokolü’nün 12. Maddesinde tanımlanan mekanizma ile, Kyoto Protokolü (Ek B Tarafı) kapsamında emisyon azaltma ya da emisyon sınırlama taahhüdüne sahip bir ülkenin gelişmekte olan ülkelere bir emisyon azaltma projesi uygulamasına izin verilmektedir. Bu tür projelerle, her biri bir ton CO2’ye eşdeğer satılabilir sertifikalı emisyon azaltma (CER) kredileri kazanabilmekte ve bu krediler, Kyoto hedeflerini karşılamak için kullanılabilir. Bu anlamda temiz mekanizma, sürdürülebilir kalkınmayı ve emisyon azaltımlarını teşvik etmekte ve sanayileşmiş ülkelere emisyon azaltma

veya sınırlama hedeflerine nasıl ulaşacakları konusunda da bir esneklik sağlamaktadır.

3) Emisyon Ticareti: Kyoto Protokolü kapsamında taahhütleri olan Taraflar (Ek B Tarafları), emisyonları sınırlamak veya azaltmak için hedefleri kabul etmişlerdir. Bu hedefler, 2008-2012 taahhüt dönemi boyunca izin verilen emisyon seviyeleri veya tahsis edilen miktarlar olarak ifade edilmektedir. Kyoto Protokolü'nün 17. Maddesinde emisyon ticaretine izin verilmiştir. Bu mekanizmaya göre hedefinin daha üzerinde emisyon azaltımı sağlayan ülke bu fazla kapasiteyi diğer ülkelere satabilecektir. Bu şekilde emisyon azaltımları veya uzaklaştırmaları şeklinde yeni bir ürün yaratılmıştır. Emisyon ticaret planları, ulusal düzeyde ve bölgesel düzeyde iklim politikası araçları olarak oluşturulabilmektedir. Bu tür programlar kapsamında, hükümetler katılımcı kuruluşlar tarafından ulaşılabilecek emisyon yükümlülüklerini belirlemektedir. Avrupa Birliği emisyon ticareti planı, yürürlükteki en büyük plandır.

1997 yılında imzalanan Protokol'ün uygulanabilmesi için 1990 yılı EK-B'deki emisyonların en az %55'ini temsil eden ülkelerin en az 55'i tarafından onaylanması gerekiyordu. Bu şart ABD ve Rusya tarafından ilk etapta Protokol'ün imzalanmaması nedeni ile sağlanamamıştır. Rusya tarafından Protokol'ün onaylanmasından sonra Kasım 2004'de şartın sağlanması ile birlikte Kyoto Protokolü 2005 yılında yürürlüğe girebilmiştir (UNFCCC, 1997: 33-34).

6.5. PARİS İKLİM ANLAŞMASI

Kyoto Protokolü'nün 2020 yılında süresinin dolması nedeniyle söz konusu tarihten sonraki iklim değişikliği ile ilgili düzenlemeleri amaçlayan (ÇŞİB, 2022a) Paris Anlaşması, küresel ortalama sıcaklık artışını 2 °C'nin çok altında tutmak ve bunu sanayi öncesi seviyelerin 1.5 °C'siyle sınırlamak için uzun vadeli bir sıcaklık hedefi belirlemektedir (Schleussner vd., 2016: 827). Anlaşma metninde sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması ve yoksulluğun ortadan kaldırılması için iklim değişikliği tehdidine ilişkin küresel tepkiyi güçlendirmenin amaçlandığına dikkat çekilmiştir. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için;

- Küresel ortalama sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin 2 °C nin altında ve mümkünse 1,5 °C ile sınırlandırmak için çaba sarf edileceği bununla iklim değişikliği riskinin önemli ölçüde azaltılacağı,

- Gıda üretiminde bir tehdit oluşturmayacak şekilde, iklim değişikliğine uyumun sağlanması ve iklim direncinin ve düşük sera gazı emisyonlarının geliştirilme becerisinin arttırılacağı,

- Finans akışlarının düşük sera gazı emisyonları ve iklime dirençli kalkınmaya yönelik bir yolla tutarlı hale getirileceği kabul edilmiştir. Ayrıca anlaşmanın farklı ulusal koşullar altında, eşitliği ve ortak ancak farklılaştırılmış sorumluluklar ve ilgili yetenekler ilkesini yansıtacak şekilde uygulanacağı belirtilmiştir (UNFCCC, 2015: 22-23).

Kyoto Protokolü süresinin sona ermesiyle oluşacak boşluğu doldurması açısından önemli bir gelişme olarak görülen Paris Anlaşması, iklim değişikliğinin dünyadaki en büyük tehdit olarak algılanmasını sağlaması açısından da önemli bir yere sahiptir. Böylece iklim değişikliği gibi bir tehdidin olmadığı ya da olsa bile buna insanın neden olmadığı gibi görüşler büyük ölçüde çürütülmüştür. Anlaşmanın sağlamış olduğu birçok fayda yanında birtakım eksikliklerin olduğu da ifade edilmektedir. Anlaşmanın iklim değişikliğini durduramayacak olması en önemli eksikliği olarak görülmektedir. Bunun temel nedeni olarak da anlaşma ekinde sunulan belgede ulusal emisyon miktarını azaltma hedeflerinin, maksimum 2° C sıcaklık artış hedefini sağlamak açısından yeterli görülmemesidir. Kaldı ki, maksimum 2°C sıcaklık artış hedefini sağlamaya yönelik herhangi bir bağlayıcı kriter de anlaşmada yer almamaktadır. Bir başka eksiklik ise bu yüzyılın ikinci yarısında (2051-2100 döneminde) ulaşılması düşünülen karbon nötralizasyonu hedefine nasıl ulaşılabilirliğini gösteren somut yöntemlerin ifade edilmemiş olmasıdır (İğci ve Çobanoğlu, 2019: 134).

Çevre koruma konusunda atılacak en önemli tedbirlerin başında iklim değişikliğine neden olan küresel sıcaklık artışının önlenmesi ya da makul bir seviyede seyretmesinin sağlanması gelmektedir. Geçmişten günümüze bu konuda yapılan anlaşmaların belki de en çok ses getireni olan Paris İklim Anlaşması'nda, belirtilen küresel ısınma seviyesinin 2° C ve mümkünse bunun daha da altında tutulması hedefinin gerçekleştirilebilmesi için hızlı bir şekilde tüm dünyada fosil yakıtların yerine geçebilecek temiz enerjilerin üretilmesi ve kullanılması gerekmektedir.

Sürdürülebilir büyüme odaklı yaklaşım bugün tüm dünyada hızla yaygınlaşmaktadır. Birçok yatırımcı gelen taleplerin de etkisiyle temiz enerjiye yatırım yapmaktadır. Özellikle bu süreçte ekonomik kaygılar nedeni ile çevre koruma odaklı anlaşmalara yanaşmayan ABD gibi ülkelerde bunun tersinin düşünülebileceği yani; güneş

ve rüzgâr enerjisi işlerinin ABD ekonomisinin geri kalanından daha hızlı büyüdüğü ifade edilmektedir. Kaldı ki ABD'nin Paris İklim Anlaşması'ndan çekilmesi durumunda temiz enerji yarışını kaybedeceği ihtimalinin yüksek olduğu tartışılmaktadır. Çünkü dünyanın hızlı büyüyen ekonomileri, yenilenebilir enerji kaynaklarına ciddi yatırımlar yapmaya başlamışlardır. Örneğin, Greenpeace'e göre Çin 2015 yılında tahminen saatte bir rüzgâr türbini kurmuştur (Kaya, 2020: 186). Bu nedenle ülkelerin bu küresel gerçekliği göz önünde bulundurmaları ve geleceğe yönelik uzun vadeli planlarında sürdürülebilir kalkınma odaklı yaklaşımlara yer vermeleri gerekmektedir.



İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ÇEVRE KORUMA VE BÜTÇE İLİŞKİSİ: BÜYÜKŞEHİR BELEDİYELERİNİN ÇEVRE KORUMA FAALİYETLERİNDEKİ RÖLÜ VE ÖNEMİ

1. TÜRKİYE’NİN ÇEVRE KORUMA POLİTİKALARININ GENEL ÇERÇEVESİ

Dünyada küresel sıcaklık artışına bağlı yaşanan sorunlar karşısında çözüme yönelik çalışmalara, gerek çevresel anlamda kurumsal yapılaşmalara girişilmesi gerekse çevre koruma anlayışlarına taraf olunması göz önüne alındığında Türkiye’nin de erken tarihlerde giriştiği söylenebilir. Türkiye’de çevre korumaya ilişkin kurumsal anlamda atılan en önemli adımlardan bir tanesi 1991’de Çevre Bakanlığı’nın kurulması olmuştur. 2003 yılında Çevre Bakanlığı Orman Bakanlığı ile birleştirilmiş ve Çevre ve Orman Bakanlığı ismini almıştır. 2011 yılında ise şehircilik faaliyetlerinin de kurum bünyesine dâhil edilmesiyle kurumun adı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı şeklinde değiştirilmiştir. Son olarak 29 Ekim 2021 tarihli Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Bakanlığın adı Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı şeklinde değiştirilmiştir (ÇŞİB, 2018a). İkinci en önemli adım ise 1998 yılında kabul edilen 7. Beş Yıllık Kalkınma Planında yer alan öneriler doğrultusunda çevre sorunları karşısında ulusal anlamda geliştirilebilecek çözümler ve uluslararası yükümlülüklerin yerine getirilmesi amacıyla (Gündem-21 gibi) Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planı (UÇEP)’nin oluşturulmasıdır. Böylece günümüzde de hala önemini koruyan bir yaklaşım olan sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı ilk kez Türkiye’nin siyasi ve ekonomik gündeminde yer almıştır (Şahinöz, 2019: 91-92). Bununla birlikte 8, 9 ve 10. Beş Yıllık Kalkınma Planlarında ve son olarak 11. Kalkınma Planında da çevre korumaya yönelik sürdürülebilir kalkınma anlayışının yer aldığı görülmektedir.

2001-2005 dönemini kapsayan VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda çevre koruma ile ilgili olarak insan sağlığı, ekolojikdenge ve tarihi değerlere zarar verilmeden ekonomik ve sosyal anlamdaki gelişmeyi sağlamak temel ilkeler içerisinde yer almıştır. Bu kalkınma planının en önemli özelliklerinden birisi iklim değişikliğine ilişkin tespitlerin, politikaların yer aldığı Özel İhtisas Komisyonu raporuna yer vermesidir. Ayrıca planda yer alan hedefler doğrultusunda Türkiye Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ne (BMİDÇS) taraf olmuştur. Planda mevcut durum değerlendirildiğinde

evre sorunlarını çözmek adına kurumsal ilerlemeler sağlandığı, UÇEP'in hazırlandığı, toplumsal duyarlılıkların arttığı ifade edilmiştir. Fakat bunların istenilen düzeyde olmadığı özellikle de evresel Etki Değerlendirme (ÇED) Yönetmeliğinin uygulama sürecinden istenilen başarının sağlanamadığı ifade edilmiştir. Kamu kurum ve kuruluşları başta olmak üzere tüm sektörlerde evre konusundaki duyarlılığın artırılması ve evre kirliliğinin önlenmesi adına çeşitli çalışmaların yapılacağı, hava kirliliğinin önlenmesi adına tüm sektörlerde emisyon envanterlerinin çıkarılacağı, yeni yatırımlarda evre dostu teknolojilerin zendirileceği ve ÇED sürecinin daha etkin bir hale getirileceği planın önemli hedefleri arasında sayılmıştır (DPT, 2000: 187-188).

9. Beş yıllık kalkınma planı incelendiğinde (2007-2013) Türkiye'nin AB evre Müktesebatına uyum kapsamında atması gereken adımların ağırlıkta olduğu söylenebilir. Planın evre başlıklı özel ihtisas komisyonu raporunda temel stratejik hedefi ise; gelecek nesillerin ihtiyaçlarını gözeten, doğal kaynakların korunmasını ve bu kaynaklara herkesin adaletli bir şekilde ulaşımını mümkün kılan evre yönetiminin sağlanması olarak ifade edilmiştir. Bu kapsamda genel olarak planda, ekonomik ve sosyal kararların çevresel değerler göz önünde bulundurularak oluşturulması, evre koruma konusundaki bilincin yaygınlaştırılması, karar alma süreçlerinde halkın, özel sektörün ve sivil toplum kuruluşlarının aktif olarak katılımlarının sağlanması, kurumsal yapının güçlendirilmesi, Birleşmiş Milletler' in Binyıl Kalkınma Hedefleri'nin dikkate alınması, çevresel veri ve bilgi merkezlerinin kurulması gibi geleceğe dönük stratejik amaçlara yer verilmiştir. Bu raporda dikkat çeken noktalardan birisi de çevresel anlamda oluşturulan politikaların uygulamaya geçebilmesi için bu konuda ihtiyaç duyulan finansman yetersizliklerinin dillendirilmesidir. Sürdürülebilir kalkınma anlayışı içerisinde ekonomik büyüme ve kalkınmanın sağlanabilmesi için gerçekçi ve tutarlı bir evre finansman politikasına ihtiyaç duyulduğu açık bir şekilde ifade edilmiştir (DPT, 2007). Raporda evre ile ilgili karşılaşılan finansman sorununa çözüm getirmek amacı ile çeşitli öneriler de sunulmuştur (DPT, 2007: 89-90):

Düşük faizli krediler, teşvik mekanizmaları gibi evre finansman modellerinin geliştirilmesi,

Yerel yönetimler tarafından çevresel anlamda kullanmak için toplanan kaynağın bu alanda kullanılması için denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi,

Düşük faizli kredi ve hibe gibi destekler ile özel sektörün çevre sanayine yatırım yapmasının teşvik edilmesi,

Özel sektörün yapacağı çevreye ilişkin yatırımlarda özel sektörün bölgesel kalkınma programları çerçevesinde yatırım kolaylıklarından faydalandırılması önerilmiştir.

9. planlı kalkınma döneminde sürdürülebilir kalkınma odaklı yaklaşım ekseninde çevre koruma konusunda kurumsal, teknik ve mevzuat alanlarında çeşitli iyileştirmeler yapılmıştır. Özellikle çevre koruma konusunda uygulamada başvurulması açısından İklim Değişikliği Strateji Belgesi ve Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı gibi temel strateji belgeleri hazırlanmıştır. Böylelikle biyo-çeşitliliğin korunması, emisyon miktarının azaltılması, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve çevre kirliliğinin önlenmesi adına önemli bir yol kat edilmiştir (KB, 2013: 136).

10. kalkınma planında (2014-2018) Yaşanabilir Mekânlar, Sürdürülebilir Çevre başlığı altında çevre korumaya yer verilmiştir. Toplumdaki çevre bilincinin geliştirilmesi, bugününün ve gelecek kuşakların sınırlı olan doğal kaynaklardan istifade etmesini garanti altına alacak bir şekilde çevrenin korunması, temel amaç olarak ifade edilmiştir (KB, 2013: 137). Ayrıca planın birinci bölümünde “İklim Değişikliği ve Çevre” başlığı altında, sürdürülebilir kalkınma odaklı yeşil büyüme modelinin Türkiye için önemli bir kavram haline geldiğine dikkat çekilmiştir. Yeşil büyümenin sağlanabilmesi için de tarım ve turizm gibi çevreye duyarlılığı yüksek olan sektörlerde, yatırımlarda çevre dostu teknolojilerin hayata geçirilmesi ekonomik etkinlik açısından da gereklilik olduğu vurgulanmıştır (KB, 2013: 13). Planda dikkat çeken önemli detaylardan birisi de Türkiye’nin sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması adına yapmış olduğu çalışmalarla ilerleme sağlamış olmasına karşın küresel çevre sorunlarının çözümü için atılacak adımlarda her ülkenin kendi gerçeğini göz önünde bulunduran anlayış ile “ortak ancak farklılaştırılmış sorumluluklar” ve “göreceli kapasiteler” ilkeleri ekseninde katkı sağlayacağını dile getirmesidir. Burada Türkiye’nin birtakım çekincelerinin olduğu görülmektedir. Küresel çevre sorunları ile mücadelede ortak politika ve planlarda ülkelerin ekonomik ve sosyal yapısının da göz önünde bulundurulması küresel mücadelenin daha adil bir şekilde yürütülmesini sağlayabilecektir.

Son olarak 2019-2023 yılları dönemini kapsayan 11. kalkınma planında küresel iklim değişikliği sorununun etkilerinin ciddi şekilde hissedilmeye başlandığı ifade

edilmiştir. Ve bu kapsamda önemli bir anlaşma olan Paris Anlaşması'na taraf olan ülkelerin de anlaşmada yer alan taahhütleri yerine getirmede başarılı olamadıklarının altı çizilmiştir (SBB, 2019: 10). Planın ikinci bölümünde yer alan çevre koruma başlığında toplumun çevre konusundaki duyarlılığının artırılması, doğal kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanması, tüm alanlarda çevre dostu uygulamaların geliştirilmesi temel amaç olarak yer almaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda kamu ve özel sektörde yer alan kurum ve kuruluşların görev ve sorumluluklarının açık bir şekilde belirlenmesi ve özellikle kamu, özel sektör, yerel yönetimler ve STK'lar arasındaki iş birliğinin güçlendirilmesinin gerektiği ifade edilmiştir (SBB, 2019: 183). Ayrıca planlı dönemde gerçekleştirilmesi düşünülen çevre hedefleri rakamsal anlamda Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Çevre Hedefleri

	2018	2023
Hava kalitesinin izlendiği ağdaki istasyon sayısı (kümülatif)	339	380
Hava kalitesine ilişkin bilginin vatandaşın erişimine sunulduğu ilçelerin toplam ilçeler içerisindeki payı (% , kümülatif)	16,2	100
Mineral atık dışında kişi başı üretilen tehlikeli atık miktarı (ton)	15	11
Kişi başı yurt içi madde tüketim miktarı (ton/kişi)	12,9	11,8
Planlı olarak gerçekleştirilen birleşik çevre denetimlerinin sayısı	1.695	2.165
Yeni kurulan yenilenebilir enerji santralleriyle kaçınılan CO2 emisyonu (milyon ton, kümülatif)	-	18,0
Korunan alanların sayısı (milli parklar, tabiat parkları, tabiat anıtları, tabiat koruma alanları, yaban hayatı geliştirme sahaları, Ramsar alanı, ulusal açıdan önemli sulak alanlar ve yerel öneme sahip sulak alanlar, doğal sit, özel çevre koruma bölgeleri) (kümülatif)	1.429	1.595

Kaynak: SBB, 2019: 185.

Tablo 6'da, kalkınma planlarının birçoğunda yer alan sürdürülebilir kalkınma hedefinin gerçekleştirilmesine yönelik somut hedefler ortaya koymaktadır. Özellikle karbon emisyon miktarının azaltılması için elektrik üretiminin doğalgaz yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması hedeflenmiştir.

Sürdürülebilir kalkınma odaklı hedeflere ulaşabilme ve çevresel anlamda ortaya çıkan zararların önüne geçebilme adına geliştirilen önemli bir teknik araç olan Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği, Türkiye'de 1993 yılında yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı; kamu ve özel kurum ve kuruluşların gerçekleştirmiş oldukları faaliyetlerin, yatırım kararlarının çevre üzerinde oluşturabileceği etkilerinin belirlenmesi,

olumsuz etkilerin önlenmesi ve alternatiflerinin değerlendirilmesi olarak ifade edilmiştir. (ÇŞİB, 2022b). Bürokratik baskılardan uzak ve şeffaf bir şekilde hazırlanan ÇED raporlarının sürdürülebilir kalkınma odaklı yaklaşımı destekleyen çok önemli bir araç olacağı aşikârdır. Aksi durumda ÇED yönetmeliği kâğıt üzerinde olan bir uygulamadan öte gidemeyecektir.

Ülkelerin sürdürülebilir kalkınma odaklı yaklaşımına katkı yapan önemli bir araç da Çevresel Performans Endeksi (ÇPE)'dir. Dünya Ekonomik Forumu, Yale Üniversitesi ve Columbia Üniversitesi tarafından ortak olarak hazırlanan ÇPE, dünya çapındaki sürdürülebilirlik durumunu veri olarak özetlemektedir. On bir konu (hava kalitesi içme suyu, ağır metaller, atık yönetimi, biyo-çeşitlilik ve habitat, ekosistem hizmetleri, balıkçılık, iklim değişikliği, kirlilik emisyonları, su kaynakları ve tarım) kategorisinde otuz iki performans göstergesi kullanan ÇPE, 180 ülkenin çevre sağlığı ve ekosistem canlılığı bakımından en yüksek performanstan en düşük performansa göre sıralandığı bir endekstir. Bu göstergeler, ülkelerin çevreyle ilgili hedefledikleri politikalara ne derece yakın olduklarına ilişkin ulusal çapta bir gösterge sunmaktadır. ÇPE, çevresel performanstaki ilerleme ve gecikmeleri vurgulayan ve sürdürülebilir bir geleceğe doğru ilerlemek isteyen ülkelere pratik bir puan kartı sunmaktadır. ÇPE'de en iyi performans 100 puana karşılık gelmektedir (EPI, 2022a). En son 2020 yılında yayınlanan ÇPE'ye göre Türkiye 180 ülkenin yerel aldığı sıralamada, genel çevre performansı açısından 99. sırada yer almaktadır. Tablo 7'de 2020 yılı Çevresel Performans Göstergeleri puan ve sıralama olarak yer almaktadır:

Tablo 7. 2020 Yılı Türkiye Çevresel Performans Göstergeleri

	Sıralama	ÇPE SKORU
ÇPE	99	42,6
Hava Kalitesi	58	49,5
İçme Suyu	75	52,6
Ağır Metaller	59	61,5
Atık Yönetimi	70	48,5
Biyo-Çeşitlilik ve Habitat	175	15,1
Ekosistem Hizmetleri	75	37,1
Balıkçılık	91	10,9
İklim Değişikliği	96	49,3
Kirlilik Emisyonları	45	84
Su Kaynakları	49	30,4
Tarım	32	57,4

Kaynak: EPI, 2022b.

Tablo 7 incelendiğinde Türkiye'nin çevresel anlamda en kötü performans sergilediği alan biyo-çeşitlilik ve habitat kategorisi olarak gösterilmiştir. Türkiye, 180

ülkenin yer aldığı sıralamada biyo-çeşitlilik ve habitat kategorisinde 175. sırada yer almakta ve 100 puan üzerinden bu alanda 15,1 puan almıştır. Türkiye'nin çevresel performans anlamında kötü olduğu ikinci bir alan ise iklim değişikliği olmuştur. Türkiye'nin bu alandaki sıralaması 99 olarak ÇPE skoru ise 100 üzerinden 49,3 olarak gösterilmiştir. Tablo 7'de Türkiye'nin diğer alanlara nazaran daha iyi olduğu alanlar tarım, kirlilik emisyonları ve su kaynakları olarak görülmektedir. Sürdürülebilir kalkınma odaklı tarım alanında Türkiye'nin 32. sırada yer aldığı, ÇPE skorunun ise 57,4 olduğu görülmektedir. Kirlilik emisyonlarının azaltılması noktasında ÇPE puanı 100 üzerinden 84 gibi yüksek bir puan olmasına karşın ülke sıralamalarına bakıldığında 45. sırada yer aldığı görülmektedir. Tablo 7'nin geneli değerlendirildiğinde Türkiye açısından biyo-çeşitliliğin korunması ve iklim değişikliği sorunu çevresel anlamda çözüme kavuşturulması gereken öncelikli alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Keza çevre koruma konusunda küresel çapta verilen mücadelenin başarılı sonuçlar verebilmesi için her ülkenin kötü performans sergilediği öncelikli alanlarda daha fazla çalışma yapmaya ihtiyacı vardır.

Çevre koruma alanında önemli bir endeks de iklim değişikliği ile mücadeledeki mevcut durumu gösteren İklim Değişikliği Performans Endeksi'dir. Endekste iklim değişikliğini azaltma ve önleme anlamında en iyi performansa sahip ülkenin puanı 100 olarak kabul edilmektedir. Bu anlamda yaşanan gelişmelerin değerlendirilmesi adına bu endekse bakmak da yararlı olacaktır. 2005 yılından bu yana Germanwatch, NewClimate Enstitüsü ve Climate Action Network ortaklığında her yıl yayınlanan İklim Değişikliği Performans Endeksi (İDPE), bağımsız bir izleme aracı olarak, uluslararası iklim politikasında şeffaflığın artırılmasını hedeflemekte ve ülkelerin iklimi koruma çabalarındaki ilerlemelerinin karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır (CCPI, 2022a). Son olarak 2020 yılında yayınlanan İDPE'ye göre Türkiye'nin de içinde yer aldığı G-20 ülkelerinin performans sıralamaları aşağıdaki Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. 2020 Yılı G-20 Ülkeleri İklim Değişikliği Performansı Sıralamaları

İndeks Kategorisi			
SIRA	ÜLKE	PUAN	
7.	İngiltere	69.80	
9.	Hindistan	66.02	
18.	Fransa	57.90	
21.	Brezilya	55.82	
22.	Avrupa Birliği (28)	55.82	
23.	Almanya	55.78	
26.	İtalya	53.92	
30.	Çin	48.16	
32.	Meksika	47.01	
36.	Güney Afrika	45.67	
39.	Endonezya	44.65	
42.	Arjantin	43.77	
48.	Türkiye	40.76	
51.	Japonya	39.03	
52.	Rusya	37.85	
55.	Kanada	31.01	
56.	Avusturalya	30.75	
58.	Kore	26.75	
60.	Sudi Arabistan	22.03	
61.	Amerika	18.60	

Kaynak: CCPI, 2022b.

Tablo 8 incelendiğinde Türkiye'nin iklim değişikliği açısından düşük performansa sahip olan ülkeler arasında yer aldığı görülmektedir. Genel ülke sıralamasında Türkiye 48. sırada yer almaktadır. İDPE 2020 raporuna göre; Türkiye'nin

düşük performans göstermeye devam ettiği kategoriler sera gazı emisyonları ve enerji kullanımı olarak açıklanmıştır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kategorisinde; son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının hızla büyümesi nedeni ile yüksek bir nota sahip olduğu fakat uzmanların bu eğilimin devamlı olmayabileceği konusunda endişelerinin olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca Türkiye'nin henüz 2050 düşük emisyon stratejisi geliştirmedeği ve kömürden çıkış politikası bulmadığı için, iklim politikası performansı açısından çok düşük bir not aldığı vurgulanmıştır (CCPI, 2022c).

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın en son gerçekleştirdiği G20 Çevre Bakanları Toplantısı'nda Türkiye'nin her sene iklim değişikliğine bağlı sorunlarla karşı karşıya kaldığı ve özellikle 2022 yılında Marmara denizinde görülen müsilaj sorununun iklim değişikliğinin bölgesel etkilerinin ne boyuta varabileceğini gözler önüne serdiği belirtilmiştir. İklim değişikliği ile mücadelede doğal kaynakların tasarruflu bir şekilde kullanılmasının ve döngüsel ekonominin hayata geçirilmesinin büyük öneme sahip olduğu vurgulanmıştır. Sıfır atık projesinin yürütülmesiyle geri dönüşüm oranının %22,4'e çıkarıldığı, 3 milyon ton sera gazı salınımının önlendiği, plastik poşet kullanımının %75 azaltıldığı ifade edilmiştir. Ayrıca Türkiye'nin mavi bayraklı plaja sahip ülkeler arasında dünyada üçüncü sırada olduğu da belirtilmiştir (ÇŞİB, 2021b).

Ayrıca daha önce birtakım çekinceler nedeni ile onaylanmayan Paris İklim Anlaşması'nın 6 Ekim 2021 itibarı ile TBMM'de onaylanması (Resmi Gazete, 2021) sera gazı salınımının küresel ölçekte azaltılması adına önemli bir adım olduğu ifade edilebilir.

Çevre koruma konusunda gerçekleştirilen politikaların genel anlamda ekonomik yaklaşımın temel alındığı bir çerçevede gerçekleştiği görülmektedir. Çevre konusunda ortaya çıkan negatif dışsallıkların giderilmesinde ekonomik anlamda uygulanacak politikalar kadar çevre konusunda etik değerleri göz önünde bulunduran çevre koruma bilincinin geliştirilmesine yönelik politikaların da etkili bir çözüm yolu olabileceği ifade edilebilir.

2. ÇEVRE KORUMA VE BÜTÇE İLİŞKİSİ

Günümüzde artan çevre sorunları karşısında ülkeler ilk aşamada ulusal ve uluslararası anlamda birtakım hukuki düzenleme yapma yoluna gitmişlerdir. Fakat yapılan hukuki düzenlemelerle gelen kısıtlamaların, çevre sorunlarını önleme konusunda yeterli olmaması, ülkeleri ilave tedbirler almaya yöneltmiştir. Bu kapsamda çevre

sorunları ile mücadelede hukuki araçların yanında ekonomik ve mali araçlar da gündeme gelmiştir.

Devletlerin temel amaçlarını gerçekleştirmek için kullandıkları mali araçların başında vergiler gelmektedir. Bunun yanında kamu harcamaları, vergi dışındaki diğer kamu gelirleri ve devlet bütçesi de önemli mali araçlardandır. Bugün birçok ülke çevrenin korunması ve yenilenebilir enerji ihtiyacının karşılanması adına bütçelerinin harcama ve yatırım kalemlerinde bu konuyla ilgili düzenleme yapmaktadır. Özellikle bireylerin çevre koruma konusunda bilinçlenmelerinin sağlanması, çevre sorunlarının çözümüne yönelik araştırma-geliştirme çalışmaları ciddi yatırım harcamaları gerektirmektedir. Bu nedenle ülkelerin bütçe yapılarının da bu kapsamda yeniden şekillendirilmesi gerekmektedir. (Altınöz, 2015: 224). Ayrıca çevre sorunları ile mücadele kapsamında gerçekleştirilecek olan politikaların başarılı sonuçlar verebilmesi için ülkelerin bu politikaların finansmanı için ne kadar kaynağa sahip olmaları gerektiğini bilmeleri önemli bir konudur.

Çevre sorunlarının küresel boyutlarda hissedilmesi, ülkelerin çevre koruma konusundaki ortak çabalarını arttırmıştır. Uluslararası alanda bu konuyla ilgili yapılan sözleşmelerin bunun en somut örneği olduğu söylenebilir. Ülkelerin uluslararası sözleşmelerde çevrenin korunmasına yönelik olarak birçok alanda sürdürülebilirlik yaklaşımını benimsemeleri devlet bütçelerindeki gelir ve gider kalemlerine yansımaktadır. Bu nedenle ülkelerin çevre koruma alanında hayata geçireceği faaliyet ve projelerin kamusal anlamda ne kadar harcamayı gerektireceğinin belirlenmesi gerekecektir. Bu durum Türkiye özelinde ele alındığında Türkiye'nin uluslararası anlamda yerine getirmeyi taahhüt ettiği hedeflere ulaşabilmek adına ne kadar kamusal kaynak ayırması gerektiği sorusunun cevaplanmasına yönelik literatürde çok fazla çalışmaya rastlanmamaktadır. Çevrenin korunması ve çevre sorunları ile mücadele kapsamında yapılan politika ve hukuki düzenlemeler kadar bu alanda yapılan harcamaların tespiti de önemlidir (Yentürk, 2020: 3).

2.1. HARCAMA POLİTİKALARI BOYUTU

Kısaca devletin gelir ve gider dengesi olarak ifade edilen devlet bütçesi; hükümetlerin izledikleri politikalar hakkında önemli göstergeler içeren bir dokümandır. Türkiye'de 2003 yılında kamu mali yönetiminde mali disiplin, mali saydamlık ve hesap verebilirliğin sağlanması hedeflenerek 5018 sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu (KMYK) kabul edilmiştir. Bu kanun ile birlikte kamu mali yönetiminde reform

olarak nitelendirilebilecek birçok düzenleme yapılmıştır. Özellikle kamu kaynaklarında israfın önüne geçebilmek için bütçe sisteminde de köklü bir değişiklik yapılarak Performans Esaslı Bütçeleme (PEB) sistemine geçilmiş ve 2008 yılı itibariyle bütün genel yönetim birimlerinde uygulanmaya başlanmıştır. Sonuç odaklı bir yaklaşıma dayanan performans esaslı bütçelemede amaç; kamu kaynaklarındaki israfın engellenmesi ve kaynakların daha verimli bir şekilde kullanılmasının sağlanmasıdır. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için ödenekler kamu kurumlarına stratejik planlarında amaç ve hedefleri doğrultusunda tahsis edilmektedir. Ayrıca performans ölçümü ve değerlendirmesi yoluyla kurumların hedeflerine ulaşılıp ulaşılmadığı ortaya koyulmakta ve faaliyet sonuçları da faaliyet raporları ile ortaya konulmaktadır (SBB, 2023)

Uygulamada stratejik plan ve performans programlarından elde edilen bilgilerin bütçedeki karar alma süreçlerine tam olarak yansıtılamaması kaynak tahsisinin girdilere odaklanmasına ve performans esaslı bütçeleme sisteminin işlevsiz hale gelmesine neden olmuştur. Bu nedenle kurumların belirlediği amaç ve hedeflerin bütçe sınıflandırmasında programlarla ilişkisinin kurulduğu ve bu yolla bütçeleme sürecine dâhil edildiği performans esasına dayanan Program Bütçe Sistemi'ne geçilmiş ve 2021 yılı merkezi yönetim bütçesi bu sisteme göre hazırlanmıştır. Program bütçe; kamu harcamalarının program tasnifine göre sınıflandırıldığı, harcama önceliğinin belirlenmesinde karar alıcı birimlere hizmet sunum performansıyla ilgili bilgilerin sağlandığı ve söz konusu bilgilerin kaynakların tahsisiyle ilgili süreçte sistemli bir şekilde kullanıldığı bir bütçeleme sistemidir. Program bütçe sisteminin temeli kurumların amaç ve hedeflerinin programlarla ilişkilendirilmesi ve harcamaların da bu programlar itibariyle sınıflandırılarak bütçe sürecine entegre edilmesi esasına dayanmaktadır (SBB, 2023).

Özellikle çevre sorunlarının olumsuz etkilerinin ciddi anlamda hissedilmeye başlaması ile birlikte ülkeler, çevre koruma konusunu birinci öncelik olarak gündemlerine almışlardır. Türkiye'de yaşanan bu süreçte öncelikli amaç ve hedeflerini bu doğrultuda yeniden gözden geçirmiştir. Özellikle kamu mali yönetimini düzenleyen kanunda bu konuya açık bir şekilde yer vermiştir. Nitekim 5018 sayılı KMYKK'da bütçelerin hazırlanması ve uygulanmasında makroekonomik istikrar ile beraber sürdürülebilir kalkınmanın esas olduğu vurgulanmıştır (5018 s. KMYKK, m. 13). Bu bakımdan devlet bütçesinin de çevre koruma odaklı bir yaklaşımla ele alınması önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Türkiye’de gerek merkezi idare gerekse mahalli idarelerin bütçe sınıflandırmaları analitik bütçe sınıflandırmasına göre yapılmaktadır. Bu sınıflandırma türünün sağlamış olduğu en önemli avantajlardan biri, kamu harcamalarının incelenmesine imkân sağlayan istatistiki bilgiler sağlamasıdır. Analitik bütçe sınıflandırmasına göre kamu harcamaları; kurumsal, fonksiyonel, finansal ve ekonomik sınıflandırma olmak üzere dört başlığa ayrılmaktadır (SBB, 2023).

Kurumsal Sınıflandırma; program sorumlularının tespitinin hedeflendiği, harcamaların harcamayı yapan kamu idaresi bazında sınıflandırıldığı sınıflandırma türüdür. Kurumsal sınıflandırmada dört düzeyli ve sekiz haneli bir kodlama sistemi mevcut olup birinci düzey; bakanlıklar ve anayasal anlamda eş değer kurumlardan oluşmaktadır. İkinci düzey; birinci düzeyde yer alan yöneticilere karşı müsteşarlar gibi doğrudan sorumlu olan birimlerden oluşmaktadır. Üçüncü düzey; ana hizmet birimleri gibi ikinci düzeye bağlı birimlerden oluşmaktadır. Dördüncü düzey ise; destek ve lojistik birimlerinden ve politika uygulayıcı birimlerden oluşmaktadır.

Finansman Tipi Sınıflandırma; kamu harcamalarının finanse edildiği kaynağı göstermek amacı ile geliştirilmiştir. Bu sınıflandırma türünde dış proje kredileri, özel ödenekler ve şartlı bağış ve yardımların kolay bir şekilde takip edilebilmektedir.

Ekonomik Sınıflandırma; kamu harcamalarının piyasa ve milli gelirden oluşturduğu etkilerin ölçülmesine olanak sağlayacak şekilde yapılan sınıflandırma türüdür.

Fonksiyonel Sınıflandırma; kamu harcamalarının devlet faaliyetlerinin türlerine göre sınıflandırıldığı sınıflandırma türüdür. Bu sınıflandırma türünde dört düzeyli bir kod yapısı mevcuttur. Birinci düzeyde devlet faaliyetleri on ana gruba ayrılmıştır. İkinci düzeyde bu ana fonksiyonlara ait programlar, üçüncü düzeyde nihai hizmetler yer almaktadır. Dördüncü düzeyde ise olası ihtiyaçlar için boş bırakılmıştır (Pehlivan, 2020: 246-249).

Fonksiyonel sınıflandırma türünde devlet faaliyetlerinin türlerine yer verildiğinden çevre koruma ile ilgili harcamaların en iyi şekilde takip edilmesini sağlayan sınıflandırma şeklinin bu sınıflandırma türü olduğu söylenebilir. Bu sınıflandırma türü ile

Ülkelerin evre koruma hizmetleri için ayırdıkları harcamaların takip edilmesine ve ülkeler arasında söz konusu harcamaların mukayese edilebilmesine olanak sağlanmıştır.

2.1.1. evre Korumada Mali Araç Olarak Kamu Harcamaları

Serbest piyasa sistemindeki gelişmelere paralel olarak firmaların üretim faaliyetlerinin artması çevresel anlamda negatif dışsallıkların artışı ile sonuçlanmıştır. Üretim miktarının etkin olmayan bir seviyede gerçekleşmesine neden olan çevresel dışsallıkların söz konusu dışsallığa neden olan firmalarca sahiplenilmemesi bu konuda devletin müdahalesini zorunlu kılmaktadır. şu an gelinen noktada, evre koruma konusunda yapılan çalışmaların büyük oranda küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele konusuna odaklandığı görülmektedir. Bu kapsamda birçok devlet gerek ulusal gerekse uluslararası anlamda ciddi çalışmalar gerçekleştirmektedir.

evre koruma alanında, özellikle negatif dışsallıkların ortadan kaldırılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalarda kamu ekonomisinde kullanılan iki temel ilke bulunmaktadır. Bunlardan ilki; “kirleten der” ilkesidir. Bu ilkeye göre çevreye verilen zararların tamamı ya da bir kısmı, bu zararın oluşmasına neden olan firmalarca ya da tüketicilerce yklenilecektir (Yalçın ve Gök, 2015: 68). Kirleten der ilkesi, kirlilik kontrol yasalarının bazı ülkelerin endüstrilerini dezavantajlı hale getirebileceği endişeleri nedeniyle 1970'lerde ortaya atılmıştır. Bu ilkeye ilişkin ilk uluslararası anlaşma 1972 yılında Ekonomik işbirliği ve Kalkınma rgt (OECD) Konseyi'nin tavsiyesine dhil edilmiştir. Anlaşmanın temel amacı; hükümetlerin kirlilik kontrolünü sübvanse etmelerinin önlenmesi ve böylece ülkelere dışardan gelen ve kirlilik kontrolünü desteklemeyen yabancı firmalarla uluslararası ticarete rekabet avantajının sağlanmasıdır (Beder, 2013: 3).

Negatif dışsallıkların ortadan kaldırılmasına yönelik olarak kamu ekonomisinde kullanılan ikinci ilke ise “ortak finansman” ilkesidir. Bu ilke kirleten der ilkesinin uygulanmasına imkn olmayan durumlarda uygulanabilmektedir. Söz konusu ilkeye göre çevreye verilen zararların minimumum seviyeye düşürülebilmesi için kamu harcamaları ve vergi kolaylıkları devreye koyulmaktadır Emisyon vergilerinin kirleten der ilkesinin en önemli uygulama aracı olduğu söylenebilir. Karbon vergisi olarak da adlandırılan emisyon vergileri, çevresel dışsallıkların içselleştirilmesinde kullanılan etkili bir mali politika aracı olmasına rağmen vergilerin devletlerin egemenlik hakkına dayanarak aldığı bir kamu geliri olması ve az gelişmiş ülkelerde vergi bilincinin tam yerleşmemiş

olmaması gibi nedenlerden dolayı tam anlamıyla uygulanamamaktadır. Bu yüzden çevresel dışsallıkların giderilmesinde kamu ekonomisinde kullanılan ortak finansman ilkesinin daha geniş çapta uygulanma imkânının olduğu söylenebilir. Kamu harcamaları ve teşvik temelli bir politika olan ortak finansman ilkesi; devlet bütçesi yoluyla çevreyi korumaya yönelik birtakım müdahaleleri ve çevresel dışsal maliyetlerin de vergi politikasıyla tüm kesime yayılmasını ifade etmektedir (Yalçın ve Gök, 2015: 68).

Söz konusu dışsal maliyetlerin kişilerden ya da firmalardan karşılanamaması halinde, ortaya çıkan zararlar devlet bütçesinden karşılanmaktadır. Bu bakımdan devlet bütçelerinin hazırlık aşamasında çevre koruma odaklı bir yaklaşımın benimsenmesi gerekmekte ve gelir- gider dengesi gözetilirken çevresel maliyetlerin gerektirdiği harcamalar da göz önünde bulundurulmalıdır.

2.1.2. Çevre Koruma Harcamalarının İçeriği ve Sınıflandırılması

Çevre koruma harcamalarının sınıflandırılmasında genellikle ülkeler Birleşmiş Milletler İstatistik Komisyonu'nun geliştirdiği Çevre Koruma Faaliyet Sınıflandırması' nı (CEPA) temel almaktadır. AB'nin resmi istatistik kurumu olan EUROSTAT da bu sınıflandırmayı kullanmaktadır. Nitekim Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yapılan çevre koruma harcamalarının içeriği ve sınıflandırılması da CEPA'ya dayanmaktadır. TÜİK tarafından çevre koruma harcamaları; mal ve hizmetlerin üretim ve tüketim süreçlerinden kaynaklanan çevre kirliliğinin önlenmesi, azaltılması ve ortadan kaldırılması amacıyla gerçekleştirilen faaliyetlere yönelik gerçekleştirilen harcamalar olarak ifade edilmiştir. Bununla birlikte çevre koruma harcamalarının; kirliliği önleme, azaltma faaliyetleri ve çevresel bozulmalar için yapılan faaliyetlere ilişkin ayrılan ekonomik kaynaklardan meydana geldiği ayrıca vurgulanmıştır. TÜİK çevre koruma harcamalarını CEPA'ya göre atık yönetimi; atık su yönetimi; dış ortam havasının ve iklimin korunması; bioçeşitlilik ve peyzajın korunması; toprağın, yüzey sularının ve yeraltı su kaynaklarının korunması; gürültünün azaltılması; radyasyonun azaltılması; araştırma- geliştirme ve diğer çevre koruma faaliyetleri olmak üzere dokuz başlık altında sınıflandırmıştır (TÜİK, 2021).

Türkiye'de 2004 yılından itibaren uluslararası standartlara uygun bir şekilde hazırlanmış olan analitik bütçe sınıflandırması kullanılmaktadır. İlerleyen yıllarda bu sınıflandırmanın kapsamı genel yönetim kapsamındaki bütün kamu kurum ve kuruluşları kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Bu kapsamda devlet faaliyetleri kurumsal,

fonksiyonel, ekonomik ve finansman ölçülerine göre sınıflandırılmaya başlanmıştır. Kamu harcamalarının fonksiyonel sınıflandırmasının birinci düzeyinde temel kamu hizmetleri; genel kamu hizmetleri, savunma hizmetleri, ekonomik işler ve hizmetler, kamu düzeni ve güvenlik hizmetleri, ekonomik işler, çevre koruma hizmetleri, iskân ve toplum refahı, sağlık hizmetleri, kültür ve din hizmetleri, eğitim hizmetleri ve sosyal güvenlik hizmetleri şeklinde on kategoride sınıflandırılmıştır (SBB, 2020-2022).

Çevre koruma hizmetleri fonksiyonel sınıflandırmanın ikinci düzeyinde Tablo 9'da görüldüğü gibi altı alt başlığa ayrılmaktadır. Aynı zamanda bu alt başlıklar sınıflandırmaya giren çevre koruma harcamalarının içeriğini de göstermektedir.

Tablo 9. İkinci Düzey Fonksiyonel Sınıflandırma

05	ÇEVRE KORUMA HİZMETLERİ
1	Atık Yönetimine İlişkin Hizmetler
2	Atık Su Yönetimine İlişkin Hizmetler
3	Kirliliğin Azaltılmasına İlişkin Hizmetler
4	Doğal Ortamın ve Bio Çeşitliliğin Korunmasına İlişkin Hizmetler
8	Çevre Korumaya Yönelik Araştırma ve Geliştirmeye İlişkin Hizmetler
9	Sınıflandırmaya Girmeyen Çevre Koruma Hizmetleri

Kaynak: SBB, 2020-2022.

Analitik bütçe sınıflandırmasına ilişkin rehberde çevre koruma faaliyetleri kapsamında yer alan hizmetler detaylı olarak açıklanmıştır.

Atık Yönetimi Hizmetleri; geri dönüştürülebilen ve geri dönüştürülemeyen katı atıkların, tıbbi atıkların, nükleer atıkların toplanması, bertarafı, işlenmesi, denetimi, bertaraf sistemlerinin işletilmesi, desteklenmesi için verilen kredileri ve sübvansiyonları içermektedir.

Atık Su Yönetimi Hizmetleri; kanalizasyon ve su arıtma faaliyetlerinin yönetimi, denetimi ve bu hizmetlerin işletilmesi, desteklenmesi için verilen kredileri ve sübvansiyonları içermektedir.

Kirliliğin Azaltılması Hizmetleri; kirliliğin kontrol altına alınması, azaltılması, izlenmesi ve bu faaliyetler için verilen destekleri, hibe ve sübvansiyonları içermektedir. CEPA sınıflandırmasında yer alan toprak, yeraltı ve yüzey sularının

korunması, gürültü ve radyasyonun azaltılması için yapılan harcamalar da bu başlık altında izlenmektedir.

Doğal Ortamın ve Biyo-Çeşitliliğin Korunması; doğal ortam ve biyo-çeşitliliğin korunmasına ilişkin faaliyetlerin idaresi, denetimi, işletilmesi veya bu faaliyetlerin desteklenmesine ilişkin hibe, kredi ve sübvansiyonları içermektedir.

Çevre Korumaya İlişkin Araştırma ve Geliştirme Hizmetleri; çevre korumaya ilişkin olarak gerek kamuya bağlı gerekse kamuya bağlı olmayan kurumların gerçekleştirdikleri uygulamalı araştırma ve deneysel çalışmaların desteklenmesine ilişkin hibe, kredi ve sübvansiyonları içermektedir.

Sınıflandırmaya Girmeyen Çevre Koruma Hizmetleri; çevre korumaya ilişkin bütün politikaların plan, program ve bütçelerin idaresini, izlenmesini, mevzuatların hazırlanmasını, teknik ve istatistiki bilgilerin oluşturulmasını ve dağıtılmasını ve (05.1), (05.2), (05.3), (05.4) ya da (05.8) altında sınıflandırılmayan çevre koruma hizmetlerini içermektedir (SBB, 2019-2021).

Devlet bütçesi içerisinde çevre koruma başlığı altında yapılan harcamaların kapsamına bakıldığında, birçok unsurun bu başlık altında incelendiği görülmektedir. Diğer taraftan çevre koruma harcamaları kapsamında değerlendirilmesi gereken en önemli harcama türlerinden birisi de iklim değişikliği sorunuyla mücadele kapsamında kamu kurumlarının gerçekleştirdikleri harcamalardır. Bu nedenle bu kapsamda gerçekleştirilen harcamaların ayrı bir başlık altında takip edilmesi uygulamada ortaya çıkan eksiklikleri gidermeye yardımcı olabilecektir. Böylelikle devlet bütçesinde gerçek anlamda çevre koruma harcamaları saptanarak gerekli kaynakların temini için de planlama yapılabilecektir.

2.1.3. Çevre Koruma Harcamalarının Rolü ve Önemi

Kamusal malların özel bir türü olarak kabul edilen çevre kirliliği toplumlara yüklediği maliyet açısından kamusal kötü (public bad) olarak değerlendirilirken çevre sorunlarının giderilmesine yönelik yapılan çevresel iyileştirme faaliyetleri tüm insanlığa sağlamış olduğu fayda ve dışsallık özelliğinden dolayı kamusal mal (public good) olarak değerlendirilmektedir (Wu, vd., 2020: 2). Kamusal mal ve hizmetlerin çok sayıda ülke grubunu ve popülasyonu kapsayan evrensel faydaları olması halinde ise söz konusu mallar küresel kamusal mal olarak kabul edilmektedir (Agerskov, 2005: 2). Çevre koruma

harcamalarının mal ve hizmetlerin üretim ve tüketim süreçlerinden kaynaklanan çevre kirliliğinin önlenmesi, azaltılması ve giderilmesi amacıyla gerçekleştirilen faaliyetlere ilişkin olması (Broniewicz, 2001: 21) ve çok sayıda ülke ve popülasyonu kapsayan evrensel faydalara sahip olması nedeni ile çevre koruma harcamaları küresel kamusal mal olarak değerlendirilebilir.

Çevrenin kamusal mal özelliğine sahip olması nedeniyle çevre sorunlarının yaratmış olduğu dışsallıkların ortadan kaldırılması için kamusal çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Artan çevresel bozulmaların kaynak tahsisinde etkinsizliklere neden olması çevresel dışsallıkların içselleştirilmesinde devlet müdahalesini kaçınılmaz kılmıştır (Mutlu, 2006: 62). Bu anlamda çevre koruma harcamalarının kaynak tahsisinde etkinliğin sağlanmasında önemli bir araç olduğu ifade edilebilir. Bununla birlikte çevresel harcamalar ülkelerin çevresel performansları ve ekonomik refah seviyeleriyle ilişkilendirilebilmekte (Çiçekalan vd. 2019: 730) ve sürdürülebilir kalkınmanın da göstergesi olarak kabul edilmektedir (Briassoulis, 2001: 414).

Kamu çevre koruma harcamaları devletin çevre kirliliği ve çevresel bozulmaları azaltmak ve önlemek üzere kullandığı mali politika araçlarından biridir. Ancak literatürde çevre koruma harcamalarının çevre kirliliğini gerçek anlamda azaltıp azaltmadığı ile ilgili bir fikir birliği bulunmamaktadır (Recepoglu, 2021: 357-358). Literatürde yer alan çalışmaların bir kısmı genel olarak çevre koruma harcamalarının çevre koruma da pozitif bir etkiye sahip olduğunu ifade ederken bir kısmı da çevresel harcamaların çevre koruma üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı ya da olumsuz etkiye sahip olduğunu ifade etmektedir. Bu çalışmalardan bazılarını aşağıda özet olarak yer verilmiştir.

Ercolona ve Romano (2017) tarafından yapılan çalışmada 21 Avrupa ülkesinde (Çek Cumhuriyeti, Almanya, İrlanda, Yunanistan, İspanya, Fransa, İtalya, Kıbrıs, Lüksemburg, Macaristan, Malta, Hollanda, Avusturya, Polonya, Portekiz, Slovenya, Finlandiya, İsveç, Birleşik Krallık, İzlanda ve Norveç) 2002'den 2010 yılına kadar olan dönem için çevre koruma harcamalarının etkinliği veri zarflama ve temel bileşen analizleri kullanılarak ampirik olarak araştırılmıştır. Çalışma sonucunda çevre harcamalarının çevresel performans üzerinde olumlu etkilerinin olduğu ortaya konulmuştur.

He ve diğerleri (2018) tarafından yapılan çalışmada panel veri modeline dayalı olarak, 2007–2015 döneminde Çin'de ciddi kirliliğin olduğu yedi şehrin çevresel

harcamaları ile hava kalitesi arasındaki ilişki incelenmiş ve çevresel harcamalar ile hava kalitesi endeksi arasında uzun vadeli pozitif bir denge ilişkisinin olduğu belirtilmiştir.

Huang (2018) tarafından yapılan çalışmada Çin’de 30 ilin 2008’den 2013’e kadar olan verileri kullanılarak Panel Mekânsal Durbin modelleri ile çevre harcamaları ve çevre kirliliği arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışma sonucunda çevre korumaya yönelik hükümet harcamalarının kükürt dioksit (SO₂) emisyonlarını azalttığı belirtilmiştir.

Yavan ve Hotunoğlu (2018) tarafından yapılan çalışmada Türkiye’de yerel yönetimlerin çevre koruma harcamaları ile çevre kalitesi arasındaki ilişki 2007’den 2010 yılına kadar olan veriler kullanılarak istatistikte kullanılan LM Testi, Hausman ve Greene Test yöntemleriyle test edilmiştir. Çalışma sonucunda belediyeler tarafından yapılan çevre koruma harcamalarının hava kalitesinin iyileştirilmesinde etkin olmadıkları ifade edilmiştir.

Değirmenci ve İnal (2019) tarafından yapılan çalışmada 1995’den -2017’ ye kadar olan yıllık veriler kullanılarak en yüksek gelir grubu içinde yer alan OECD ülkelerinde çevre koruma harcamaları ve çevre kirliliği ilişkisi panel veri yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda çevre koruma harcamalarının çevre kirliliğini azalttığı ifade edilmiştir.

Moshiri ve Daneshmand (2020) tarafından yapılan çalışmada İran’da kamu çevre koruma harcamalarının çevresel iyileşme üzerinde etkili olup olmadığı 1976–2014 dönemindeki yıllık veriler kullanılarak zaman serileri analizi ile tahmin edilmiştir. Çalışmanın sonucunda kamu çevre koruma harcamalarının çevre kirliliği üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığı ifade edilmiştir.

Recepoğlu (2021) tarafından yapılan çalışmada Türkiye’de Düzey 2 de yer alan 26 adet bölgenin 2007- 2019 dönemi için gelirin, enerji tüketiminin, ticari açığın ve çevre koruma harcamalarının çevre kirliliği üzerindeki etkileri ÇKE hipotezi kapsamında dinamik panel veri analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda çevre kirliliğini etkileyen bir değişken olarak ele alınan çevre koruma harcamalarının çevre kirliliği üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı etkilerinin bulunmadığı ifade edilmiş. Ayrıca çevresel tahribatın azaltılması için yapılan çevre koruma harcamalarının çevre korumada etkin olmadığı da ifade edilmiştir.

Yang ve diğerleri (2021) tarafından yapılan çalışmada 2005-2017 yılları arasında 34 ülke için yıllık verileri kullanarak ve eş bütünleşme testi ve panel yaklaşımlarını

kullanarak çevre koruma harcamaları ile çevresel performans arasındaki çift yönlü ilişkiler nicel olarak araştırılmıştır. Çalışma sonucunda çevre koruma harcamaları ile çevresel performans arasında uzun vadeli çift yönlü ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca çevre korumaya yönelik uzun vadeli yatırım harcamalarının çevresel performansı iyileştirmek için kritik öneme sahip olduğu da ifade edilmiştir.

Bir ülkedeki çevre koruma harcamalarının düşük ya da yüksek olması o ülkenin çevre korumaya verdiği değeri göstermeyebilmektedir. Ancak çevre koruma harcamalarının etkinliğinin artırılması durumunda söz konusu harcamaların çevre kirliliğini azaltacağı ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına da katkı sağlayabileceği ifade edilebilir (Değirmenci, 2020: 63-65). Kamu çevre koruma harcamaların etkinliğinin sağlanabilmesi için yerel ya da bölgesel öncelikler dikkate alınarak yapılacak olan yatırım planlamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte çevre koruma harcamalarının diğer politika araçları ile uyumlu bir şekilde yürütülmesi de çevre koruma harcamalarının amacına ulaşabilmesi açısından önemlidir (Yalçın ve Gök, 2015: 87-88).

2.2. GELİR POLİTİKALARI BOYUTU

Devletlerin üzerine düşen görev ve sorumlulukları yerine getirebilmesi için bunların gerektirdiği harcamaların finansman kaynağını da sahip olmaları gerekmektedir. Devletlerin kamu hizmetlerinin finansmanında kullanmak üzere egemenlik hakkına dayanarak elde ettikleri vergi, resim, harç, fon gelirleri, parafiskal gelirler, para cezaları, zorunlu borçlanma, senyorejasi gibi gelirleri mevcuttur. Bunun yanında egemenlik hakkına dayanmayan daha çok gönüllülük esasına dayanan mülk ve teşebbüs gelirleri, gönüllü borçlanma, yardım ve bağışlar gibi gelirleri de mevcuttur. Bu gelir türleri içerisinde en büyük paya sahip olan gelir türü olan vergiler, devletlerin en önemli kamu geliri olarak kabul edilmektedir. Kamu hizmetlerinin finansman kaynağını oluşturmasının yanında ekstra fiskal özelliğe de sahip olan vergiler, ekonomik büyümenin, kalkınmanın, istikrarın sağlanması ve gelir dağılımında adaletin sağlanmasında etkili bir mali araçtır (Pehlivan, 2020: 88-93).

Devletlerin üstlenmiş oldukları görev ve sorumlulukların zaman içinde farklılaşması ile birlikte temel amaç ve hedefler de bu yönde değişim göstermiştir. Çevre sorunlarının artış göstermesi ile birlikte bu sorunlarla mücadele kapsamında gerçekleştirilen faaliyetler bu alandaki kaynak ihtiyacını arttırmıştır. Özellikle ülkelerin ekonomik amaçlarından olan ekonomik büyüme ve kalkınmanın sağlanması

sürdürülebilirlik ekseninde yeniden şekillenmiştir. Bu kapsamda ülkeler kamu gelirlerini özellikle de vergileri, günümüzün en önemli küresel çevre sorunu olarak kabul edilen küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında araç olarak kullanmaya başlamışlardır.

2.2.1. Çevre ile İlgili Vergi ve Benzeri Yükümlülükler

Kamu gelir türleri içerisinde yer alan vergi, resim, harç vb. yükümlülükler farklı ülkelerde farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Bir ülkede vergi olarak adlandırılan bir kamu geliri başka bir ülkede harç veya resim olarak adlandırılabilir. Bu bakımdan bu çalışmada vergi ve benzeri yükümlülüklerin tamamı vergi kapsamında ele alınmıştır.

Bir kamu geliri türü olan vergilerin tarihi gelişimi incelendiğinde, geçmişte sadece kamu harcamalarını finanse etmek için fiskal amaçlı olarak alındığı söylenebilir. Günümüzde ise vergi fiskal amacının yanında ekonomik, sosyal birtakım amaçların gerçekleştirilmesi için de etkili bir politika aracı olarak kullanılmaktadır. Özellikle çevrenin korunmasında kullanılmaya başlanan çevre vergileri; devlet bütçesine gelir sağlamaktan çok, çevreye verilen zararları ortadan kaldırmayı ya da minimum seviyeye indirmeyi amaçlamaktadır. Bu özelliği nedeniyle diğer vergi türlerinden ayrılmaktadır.

Çevre vergileri; çevreyle ilişkili olduğu düşünülen matrahlar üzerinden hesaplanan zorunlu ve karşılıksız ödemeleri ve az ya da çok sunulan hizmet karşılığında alınan bazı resim ve harç toplamı şeklinde ifade edilmektedir (Çelikkaya, 2011: 98). Çevre kirliliğinin azaltılması adına vergilerin kullanılması fikri ilk kez A. C. Pigou tarafından dile getirilmiştir. Çevre kirliliğine neden olan kişi ya da kurumlardan alınan bu vergiler, gelir sağlama amacından ziyade uzun vadede çevresel hedeflere ulaşılması amacını taşımaktadır (Yeniçeri, 2020: 217). Konuyla ilgili literatüre bakıldığında çevresel olarak adlandırılan vergiler, AB'nin resmi istatistik kurumu olan EUROSTAT'ta yer alan sınıflandırma referans alınarak; karbon ve enerji vergileri, taşımacılık vergileri, kirlilik vergileri ve doğal kaynak vergileri olarak dört farklı başlık altında ele alınmaktadır.

Karbon ve Enerji Vergileri; karbon vergisinin temel amacı, küresel ısınma ve iklim değişikliğine neden olan karbondioksit emisyonlarının kontrolünün sağlanması olarak ifade edilmektedir (Çelikkaya, 2011: 104). Karbon vergisinin kirlilik vergileri yerine enerji vergileri başlığı altında incelenmesinin temel gerekçesi olarak, karbon vergilerinin enerji vergileriyle entegre olması (karbon içeriğine göre mineral yağ vergi oranlarının farklılaştırılması) nedeniyle bu vergileri vergi istatistiklerinde ayrı ayrı

tanımlamanın pek mümkün olamayacağı gösterilmektedir. Bunun yanında enerji vergileri ve bu vergilerden elde edilen gelir, kirlilikten elde edilen gelirle karşılaştırıldığında çok büyük olabilmektedir. Bu nedenle karbon vergilerinin enerji vergileri yerine kirlilik vergilerine dâhil edilmesi hem ulusal düzeydeki zaman serilerini hem de uluslararası karşılaştırmaları bozabilecektir (EUROSTAT, 2013: 13).

Enerji vergileri ise; hem enerji üretimi üzerindeki vergileri hem de ulaşım ya da sabit amaçlar için kullanılan enerji ürünleri üzerindeki vergileri kapsamaktadır. Benzin ve dizel ulaşım amacıyla kullanılan enerji ürünlerine örnek gösterilebilir. Sabit amaçlı kullanılan enerji ürünlerine ise akaryakıt, doğal gaz, kömür ve elektrik örnek gösterilebilir. Sabit amaçlar için kullanılan enerji ürünleri Biyo-yakıtlar ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen diğer her türlü enerji üzerindeki vergiler, enerji ürünleri stokları üzerindeki vergiler de de bu gruba dâhildir (EUROSTAT, 2013: 13).

Taşımacılık Vergileri; başlıca motorlu taşıtların mülkiyeti ve kullanımına ilişkindir. Motorlu araçların bir defaya mahsus ithalatı ya da satışı ve yıllık yol vergisi gibi tekrarlanan vergiler de bu kapsamda değerlendirilmektedir. Bu vergilerin matrahı; araçların fiili kullanımı veya üretilen gerçek emisyonlarla ilgili değildir. Vergi matrahı, 100 km'de ortalama CO₂ emisyonu veya 100 km'de ortalama yakıt tüketimi gibi aracın teknik bir özelliğidir ve genellikle araç ağırlığı veya motor gücü gibi diğer benzer teknik özelliklerle birleştirilir (EUROSTAT, 2013: 14).

Kirlilik Vergileri; hava ve su için ölçülen ya da tahmin edilen emisyonlar, katı atık ve gürültünün yönetimine ilişkindir. Enerji vergileri kapsamına dâhil edilen karbon vergileri bunun bir istisnası olarak ifade edilebilir. Yağlama yağları enerji amaçlı kullanılmadığından en iyi kirlilik vergileri kapsamında değerlendirilmektedir. Yağlama yağının dökülmesi durumunda toprak ve suda önemli çevresel kirlilik oluşturabilmektedir. Bununla birlikte, madeni yağ vergisinin madeni yağ vergisine dâhil olduğu durumlarda, yağlama yağları ile ilgili vergi gelirini belirlemek mümkün olmayabilir (EUROSTAT, 2013: 14).

Doğal Kaynak Vergileri; su, orman, yabani flora ve fauna vb. yerlerden doğal kaynakların çıkarılması ya da kullanılmasıyla ilgili vergileri içermektedir. Çünkü bu faaliyetler doğal kaynakları tüketen faaliyetler olarak ifade edilmektedir (EUROSTAT, 2013: 14).

2.3. TÜRKİYE’DE UYGULANAN ÇEVRE VERGİLERİ

Çevre koruma konusundaki farkındalıklarının artmasında önemli bir role sahip olan Stockholm Konferansı birçok ülke gibi Türkiye’nin de çevresel hassasiyetinin artmasında ve bu konuda daha fazla düzenleme yapılmasında etkili olmuştur. Ayrıca Türkiye’nin AB’ye adaylık süreci de çevre koruma konusundaki çalışmalara ivme kazandırmıştır. Duruma vergi açısından bakıldığında; Türkiye’de doğrudan çevre koruma amacına hizmet eden Çevre Temizlik Vergisi dışında vergilerin olmadığı, çevre vergileri olarak adlandırılan vergilerin, çevre koruma amacından ziyade mali amaçlı olduğu söylenebilir.

2.3.1. Çevre Temizlik Vergisi

2464 sayılı Belediye Gelirleri Kanununun mükerrer 44. Maddesi ile düzenlenen çevre temizlik vergisi, belediyelerce tahsil edilen bir vergidir. İlgili maddede, belediye sınırları ve mücavir alanı içinde yer alan ve belediyelerin çevre temizlik hizmetlerinden fayda sağlayan konut, işyeri ve bunlar dışında farklı şekillerde kullanılan binaların çevre temizlik vergisine tabi olduğu ifade edilmiştir. (2464 s. Belediye Gelirleri Kanunu). Hazine ve Maliye Bakanlığı (Gelir İdaresi Başkanlığı)’ Belediye Gelirleri Kanunu 56 Seri no’lu Genel Tebliği’nde; 01.01.2023 tarihinden itibaren konutlara ait çevre temizlik vergisi, su tüketim miktarı esas alınmak suretiyle metreküp başına büyükşehirlerde 1,50 TL, diğer belediyelerde 1,10 TL olarak uygulanacağı belirtilmiştir (Resmi Gazete, 2022). Su tüketimi temel alınarak hesaplanan ve su faturasında gösterilmek sureti ile tahakkuk ettirilen Çevre Temizlik Vergisi EUROSTAT’ta yer alan sınıflandırmada; karbon ve enerji vergileri, taşımacılık vergileri, kirlilik vergileri ve doğal kaynak vergileri olarak dört farklı şekilde ifade edilen çevresel vergiler içerisinde kirlilik vergisi kategorisinde değerlendirilmektedir. Ayrıca bu vergi doğrudan çevresel amaçlara tahsis edilen tek çevre vergisi olduğu ifade edilmektedir (Biyan ve Gök, 2014: 301).

Çevre vergilerinin birisi yönlendirme ve denetleme diğeri mali olmak üzere e iki tane temel amacı bulunmaktadır. Yönlendirme ve denetleme amacı; bireyleri çevreye zararlı olabilecek eylemlerden kaçındırma ve çevre konusunda daha bilinçli olmaya yönlendirmektedir. Bunların yanında mali amacı da bulunan çevresel vergiler; kamu gelirlerinin arttırılması için de kullanılmaktadır (İraz, 2018: 59). Türkiye’de uygulanan Çevre Temizlik Vergisi’nin yönlendirme ve denetleme amacından ziyade mali amacının ön planda olduğu ifade edilebilir. Bu nedenle toplanan bu vergilerin çevre koruma

konusunda bir farkındalık oluşturduğu ya da çevreye zarar verici eylemlerin önüne geçtiği söylenemez. Kaldı ki vergi tutarı diğer vergilerle kıyaslandığında çok küçük miktarlara tekabül etmektedir. Belediye Gelirleri Kanunu Genel Tebliği Seri No: 56'de 2023 yılında uygulanacak olan çevre temizlik vergisi tutarları konutlar için büyükşehir belediyelerinde su tüketimi esas alınarak metreküp başına 1,50 TL diğer belediyelerde 1,100 TL olarak açıklanmıştır. Verginin oran ve tutarların çok yüksek olmaması çevre koruma konusundaki denetim ve önleme fonksiyonunun geri planda kalmasına neden olmaktadır. Gelir açısından değerlendirildiğinde de çok fazla gelir sağladığı ve elde edilen gelirlerin çevre koruma amaçlı kullanıldığını da söylemek pek mümkün değildir.

2.3.2. Motorlu Taşıtlar Vergisi

Türk vergi sisteminde özel bir servet vergisi türü olarak ifade edilen Motorlu Taşıtlar Vergisi (MTV), 18.02.1963 tarihinde kabul edilen 197 Sayılı Motorlu Taşıtlar Vergisi Kanunu ile yürürlüğe girmiştir. Motorlu hava ve kara taşıtlarından alınan bir vergi olan MTV, Türk vergi sisteminde servet vergileri kapsamında değerlendirildiğinden vergi hesaplamasına esas teşkil eden unsurlar da bu şekilde belirlenmiştir (GİB, 2023).

MTV uygulamalarında Türkiye ve AB ülkeleri arasında teorik açıdan bir görüş ayrılığı olduğu ve AB üyesi ülkelerde MTV'nin yol ve çevre vergisi olarak değerlendirildiği ifade edilmektedir. AB ülkelerinde MTV miktarının belirlenmesinde temel alınan kıstaslar; yakıt tüketimi, aracın ağırlığı, motor silindir hacmi ve CO2 emisyonudur. Araç ağırlığının temel kriterler içerisinde yer almasının başlıca sebebi, araçların kullandıkları yola verdikleri zararın ağırlıkları ile doğru orantılı olmasıyla açıklanmaktadır. Bunun yanında MTV hesaplamasında yakıt tüketimi, motor silindir hacmi ve CO2 emisyonu gibi kriterin dikkate alınması da çevreye salınan zehirli gazlarla ilişkilendirilmektedir (Sugözü vd., 2014: 125).

Çevre kirliliğine neden olan eski araçların trafikten toplatılması ile ilgili olarak Türkiye'de 2009 yılında önemli bir düzenleme yapılmıştır. 33 seri no'lu Motorlu Taşıtlar Vergisi Genel Tebliği'nde ilgili trafik sicilinde adlarına kayıtlı olan 1979 ya da daha eski model motorlu taşıtların hurdaya çıkarılması durumunda araçlara ait olan 31.12.2009 tarihine kadar tahakkuk edip ödenmemiş olan MTV ve buna ilişkin gecikme zammı, gecikme faizi vergi cezalarının silineceği ifade edilmiştir (GİB, 2009). Bu uygulamanın çevreye zarar veren araçların trafikten çekilmesi ile çevre koruma adına önemli bir adım olduğu söylenebilir.

Çevre dostu olarak nitelendirilen elektrikli- hibrit otomobiller Türkiye’de 2011 yılından itibaren trafikte yerini almıştır. Çevreye salınan karbon miktarının azaltılmasında önemli bir yere sahip olan bu araçların yaygınlaşması çevre koruma adına önemli bir gelişmedir. TÜİK verilerine göre Tablo 10’da görüldüğü gibi 2011’de 47 olan elektrikli ve hibrit otomobil sayısı 2022 Ocak ayı itibari 149.214’e yükselmiştir.

Tablo 10. Trafiğe Kayıtlı Elektrikli- Hibrit Otomobillerin Yıllar İtibariyle Toplam Sayısındaki Değişim

	Farklı Yakıt Türlerindeki Toplam Otomobil Sayısı	Elektrikli- Hibrit Otomobil Sayısı (Toplam)	Elektrikli- Hibrit Otomobillerin Toplam İçindeki Payı (%)
2011	8113111	47	0,0
2012	8648875	228	0,0
2013	9283923	436	0,0
2014	9857915	525	0,0
2015	10589337	889	0,0
2016	11317998	1160	0,0
2017	12035978	1685	0,0
2018	12398190	5367	0,0
2019	12503049	15053	0,1
2020	13099041	36487	0,3
2021	13706065	40499	0,3
2022	14269352	149214	10

Kaynak: TÜİK 2023. Trafiğe Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Cinsine Göre Dağılımı Verilerinden derlenmiştir.

2019 yılına kadar elektrikli ve hibrit araçlardan MTV alınmazken 2018 de TBMM’ye gönderilen bir kanun tasarısı ile 2019 yılı itibari ile bu araçların da MTV’ ye tabi olması kararlaştırılmıştır. Bu düzenlemeye göre elektrikli araçların, diğer taşıtlara uygulanan MTV tarifesinin % 25’i oranında vergilendirileceği ifade edilmiştir (Resmi Gazete, 2018).

Türkiye’de uygulanmakta olan MTV tarifi incelendiğinde öne çıkan temel kriterin aracın motor silindir hacmi ve yaşı olduğu görülmektedir. Ayrıca araç yaşı arttıkça ödenecek vergi miktarı da düşmektedir. Oysaki eski araçlar daha fazla karbon salınımı gerçekleştirdiğinden yeni nesil araçlara göre çok daha fazla çevre kirliliği oluşturmaktadır. Bu açıdan Türkiye’deki MTV uygulamalarının çevresel amaçlardan çok mali amaçlara hizmet ettiği ifade edilebilir. Her şeyden önce MTV’nin gerçek anlamda çevresel bir vergi kapsamında değerlendirilebilmesi için vergi tarifesine temel kriter olarak karbon salınımının eklenmesi gerekmektedir.

2.3.3. Özel Tüketim Vergisi

4760 sayılı Özel Tüketim Vergisi Kanunu 01.08.2002 tarihi itibari ile yürürlüğe girmiştir. Bu kanunun getirilmesinde üç temel amacın olduğu ifade edilmektedir. Bunlar; IMF'ye verilen taahhüt, AB mevzuatına uyum ve Türk vergi mevzuatının sadeleştirilmesidir (Bilici, 2018: 159). Bu amaçlar doğrultusunda ilgili kanunun yürürlüğe girmesi ile birlikte on üç adet vergi ve benzeri yükümlülük yürürlükten kaldırılmıştır. Yürürlükten kaldırılan vergi ve benzeri yükümlülükler içerisinde; akaryakıt tüketim vergisi, taşıt alım vergisi, ek taşıt alım vergisi gibi çevre ile dolaylı ilişkisi olan vergiler de bulunmaktadır. Yeni yapılan düzenleme ile birlikte bu vergiler ÖTV'nin I ve II no'lu listelerinde yer almaktadır. Bu bakımdan ÖTV'yi dolaylı bir çevre vergisi olarak ifade etmek mümkündür (GİB, 2023).

Türkiye'deki ÖTV uygulamasına bakıldığında, ÖTV'nin petrol ürünlerinin ve motorlu taşıtların fiyatının yükselmesine neden olarak özel araç kullanımını ve yakıt tüketimini bir miktar azaltıcı etkisinin olduğu söylenebilir. Şöyle ki; araçların ilk satın alımında motor silindir hacmine göre daha küçük motorlu araçlara daha düşük vergi oranı uygulanması, küçük araçların kullanılmasını teşvik ederek çevre korumaya dolaylı da olsa katkı sağlamaktadır. Yine piyasaları canlandırmak amacı ile getirilen sıfır araçlardaki ÖTV indirimlerinin çevreye zarar veren eski araçların trafikten çekilmesini sağlayarak dolaylı açıdan çevre korumaya katkı sağladığı da aşıkardır (Ağacan vd., 2017: 689).

Araçların ÖTV tutarının belirlenmesinde bugüne kadar geçerli olan kriter motor silindir hacmi iken yeni yapılan düzenleme ile bu kritere ek olarak aracın fiyatı da eklenmiştir. Bu düzenleme ile birlikte elektrikli araçların ÖTV miktarı da artmıştır. Düzenlemeden önce elektrikli araçlardan o %3- %15 arasında değişen oranlarda vergi alınırken düzenlemeden sonra bu oranlar % 45- % 220'a kadar çıkmıştır (Resmi Gazete, 2020).

Genel olarak ÖTV uygulaması değerlendirildiğinde bu verginin fiyatları yükseltmek suretiyle tüketimi kısıtıldığı bu yönüyle de vergilemede çevresel amaçlardan ziyade tüketim miktarlarının esas alındığı ifade edilebilir.

2.3.4. Diğer Vergi ve Benzeri Yükümlülükler

Devletlerin kamu hizmetlerinin finansmanında kullandıkları önemli bir gelir kaynağı da harçlardır. Devletin egemenlik hakkından kaynaklanan bir gelir türü olan harçların vergiden ayrılan en temel özelliği, kamusal hizmet karşılığında alınmasıdır.

Vergiler; ulusal güvenlik, savunma gibi tam kamusal niteliğe sahip mal ve hizmetlerin finansman kaynağı olarak görülürken, yarı kamusal niteliğe sahip ve dışsal fayda ve zararların yüksek olduğu hizmetlerin finansman kaynağı harçlar olarak görülmektedir.

Çevre kirliliğinin azaltılması ve çevre korumanın sağlanması amacı ile 2018 yılında Çevre Kanunu'nda çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. Düzenleme ile plastik poşet, plastik ambalaj kullanımının azaltılması için katılım payı, depozito ve teminat gibi mekanizmaların sisteme dâhil edileceği ifade edilmiştir. Nitekim 01.01.2019 tarihinden itibaren marketlerde poşetler ücretli hale getirilmiştir. Taban ücreti 25 kuruş olarak saptanan poşet ücretinin 15 kuruşu geri kazanım ve katılım payı olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na aktarılmaya başlanmıştır. Halk arasında poşet vergisi olarak bilinen bu uygulama ile plastik poşetlerin çevreye vermiş oldukları zarardan dolayı kullanımının azaltılması amaçlanmıştır. Bununla birlikte çevre kirliliğinin önlenmesine yönelik olarak düzenlemede Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın belirleyeceği ambalajlar için depozito uygulamasının 1 Ocak 2021 itibari zorunlu olarak uygulanacağı ifade edilmiştir (ÇŞİDB, 2018b).

Türkiye'de doğrudan çevre kirliliğinin azaltılması amacına yönelik, belediyelerce tahsil edilen çevre temizlik vergisi dışında bir vergi bulunmadığı gibi doğrudan çevre kirliliğini önlemeye yönelik poşetlerden alınan geri kazanım ve katılım payı dışında harç ve benzeri gelir türlerinin olmadığı ifade edilebilir. Belediyelerce tahsil edilen tıbbi atık bertaraf ücreti, hafriyat toprağı ve inşaat yıkıntıları atık ücreti, gemilerden atık için alınan ücretler mevcuttur. Fakat bu sayılan ücretlerin doğrudan çevresel amaçlar taşımadığı belediye gelirlerinin arttırılmasına hizmet ettiği söylenebilir.

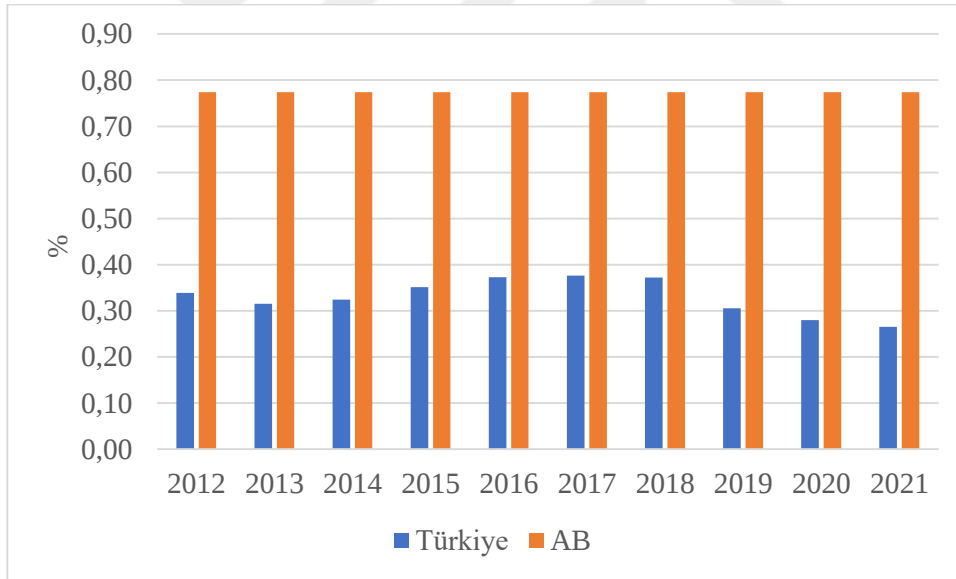
3. TÜRKİYE'DEKİ YEREL YÖNETİMLERİN ÇEVRE KORUMA FAALİYETLERİNDEKİ ROLÜ

Dünyada, çevrenin korunmasına yönelik olarak birçok alanda hızla yaygınlaşan sürdürülebilir odaklı yaklaşımlar, planlı dönemle birlikte Türkiye'de de etkisini yavaş yavaş hissettirmeye başlamıştır. Türkiye'de ilk kez yedinci beş yıllık kalkınma planında yer alan sürdürülebilirlik kavramı, sonraki yıllarda da önemini korumaya devam etmiştir. Özellikle 1992 yılında Rio'da yapılan zirvede kabul edilen Gündem 21 adlı belge sürdürülebilir kalkınma adına tüm ülkeler için bir dönüm noktası olmuştur. Sürdürülebilir kalkınmanın teşvikine yönelik hazırlanan üç yüz sayfalık eylem planında küresel ortaklık kavramı gündeme getirilmiş ve bununla birlikte dünyadaki geleneksel yönetim anlayışı

yerini büyük oranda yönetim anlayışına bırakmıştır (Dauvergne, 2005: 377-378; UN, 1992: 9-10). Bu anlayış; merkezi yönetimle beraber yerel idareleri, sivil toplum kuruluşlarını ve çeşitli sektörlerde yer alan aktörleri ortak bir şekilde hareket etmeye yönlendirmiştir. Gündem 21'in ulusal düzeydeki karşılığı olarak görülen ve birçok alanda devrim olarak nitelendirilen dönüşümlerin yer aldığı Yerel Gündem 21 BM Kalkınma Programı ile birlikte ortaklaşa olarak Türkiye'de 1997 yılından itibaren uygulanmaya başlanmıştır (Arar, 2022).

Çevre kirliliğini azaltmaya ve önlemeye yönelik gerçekleştirilen çevre koruma harcamalarının Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla (GSYİH) içindeki payı ülkelerin çevre korumaya ve sürdürülebilir kalkınmaya verdikleri önemin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Çiçekalan vd. 2019: 730; Briassoulis, 2001: 414). Şekil 1'de Türkiye ve AB'de kamu sektörü tarafından gerçekleştirilen çevre koruma harcamalarının GSYİH içindeki payları gösterilmiştir.

Şekil 1. Türkiye ve AB'de Kamu Sektörü Tarafından Gerçekleştirilen Çevre Koruma Harcamalarının GSYİH İçerisindeki Payı



Kaynak: EUROSTAT, 2023 ve IMF, 2023 verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur.

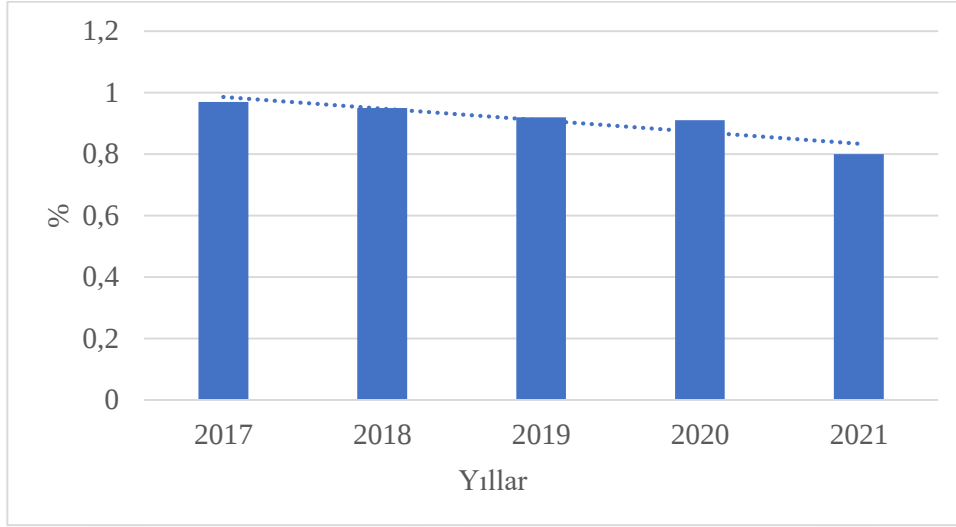
Şekil 1 incelendiğinde Türkiye'de kamu sektörü tarafından gerçekleştirilen çevre koruma harcamalarının GSYİH içindeki payı 2012 yılında % 0,34 iken bu pay 2021 yılında % 0,27'ye gerilediği görülmektedir. AB'de kamu sektörü tarafından gerçekleştirilen çevre koruma harcamalarının GSYİH içindeki payında ise yıllar itibariyle önemli bir değişim yaşanmadığı bu oranın % 0,8 civarında seyrettiği görülmektedir. Bu anlamda Türkiye'de kamu sektörü tarafından gerçekleştirilen çevre koruma

harcamalarının AB'nin gerisinde kaldığı ifade edilebilir. Bununla birlikte EUROSTAT'da yer alan verilere göre 2012'de Türkiye'de kişi başına gerçekleştirilen çevre koruma harcaması 35 Euro iken AB'de 172 Euro'dur.² AB'de kişi başına yapılan çevre koruma harcamalarının Türkiye'ye göre yaklaşık dört kat olduğu ifade edilebilir. (EUROSTAT, 2023).

Çevre sorunlarının ilk olarak yerel düzeyde ortaya çıkması ve daha sonra yerel sınırları aşır küresel ölçekte geniş bir alana yayılma olasılığı, çevre sorunlarının kaynağından yok edilme anlamında çevre koruma konusunda atılacak adımlarda yerel idarelerin önemini ön plana çıkarmıştır (Çiftçioğlu ve Aydın, 2019: 118). 2021 yılı Genel Yönetim Mali İstatistik Raporu'na göre Türkiye'de çevre koruma harcamalarının yaklaşık %80'lik kısmı yerel yönetim birimleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu durumun en önemli gerekçelerinden biri olarak çevre korumaya ilişkin görev ve sorumlulukların mevzuatla yerel yönetimlere verilmiş olması gösterilmektedir. Ayrıca yerel yönetimlerce gerçekleştirilen harcamaların çok büyük bir kısmının sırasıyla atık yönetimi, doğal ortam ve bioçeşitliliğin korunması ve kirliliğin azaltılması hizmetlerine ilişkin olduğu ifade edilmektedir (HVMB, 2021). Genel yönetim kapsamındaki idareler tarafından gerçekleştirilen çevre koruma harcamaları içerisinde yerel yönetimler tarafından gerçekleştirilen çevre koruma harcamalarına ilişkin paylar aşağıda Şekil 2'de gösterilmiştir.

² EUROSTAT'ta kişi başına gerçekleştirilen çevre koruma harcamalarına ilişkin verilerin güncellenme tarihi 2015'tir. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AC_EXP2/default/table?lang=en, 10.06.2023.

Şekil 2. Yerel Yönetimler Tarafından Gerçekleştirilen Çevre Koruma Harcamalarının Genel Yönetim Kapsamındaki İdarelerce Gerçekleştirilen Çevre Koruma Harcamaları İçerisindeki Payı



Kaynak: Hazine ve Maliye Bakanlığı, Muhasebat Genel Müdürlüğü Genel Yönetim Mali İstatistik Raporu 2021’de yer alan verilerden yararlanılarak oluşturulmuştur.

Şekil 2’de yer alan grafik incelendiğinde genel yönetim kapsamındaki idareler tarafından gerçekleştirilen çevre koruma harcamalarının 2017 yılında %97’si, 2018 yılında %95’i, 2019 yılında %92’si, 2020 yılında %91’i ve 2021 yılında %80’inin yerel yönetimler tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir. Bununla birlikte genel yönetim kapsamındaki idareler tarafından gerçekleştirilen toplam çevre koruma harcamaları içinde yerel yönetimlerce gerçekleştirilen harcamaların payında yıllar itibariyle bir azalışın olduğu da görülmektedir. Genel Yönetim Mali İstatistik Raporunda 2017-2021 yıllarında genel yönetim kapsamındaki idarelerce gerçekleştirilen çevre koruma harcamaları incelendiğinde bu azalışın merkezi yönetim tarafından gerçekleştirilen çevre koruma harcamaları miktarındaki artışın yerel yönetimlerce gerçekleştirilen çevre koruma harcamaları miktarındaki artıştan daha fazla olmasından kaynaklandığı görülmektedir.

Türkiye’de 2021 yılında yerel yönetimler tarafından gerçekleştirilen çevre koruma harcamalarının %72,9’u belediyeler tarafından gerçekleştirilmiştir (HVMB, 2021). Bu açıdan Türkiye’de çevre koruma hizmetlerinin çok büyük bir kısmının belediyeler tarafından yerine getirildiği ifade edilebilir. Belediyeler kadar olmasa da yerel yönetimler içerisinde yer alan mahalli idare birlikleri ve il özel idareleri de çevre koruma faaliyetlerinde rol almaktadır. Bu başlık altında yerel yönetim birimlerinden belediyelerin, mahalli idare birliklerinin ve il özel idarelerinin mevzuatta yer alan çevre koruma ile ilgili görev ve sorumluluklarına aşağıda kısaca değinilmiştir.

Yerel yönetim birimi olan belediyeler yürütmüş oldukları hizmetler dolayısı ile doğrudan çevre üzerinde etki meydana getirebilecek ve çevre koruma konusunda aktif rol üstlenebilecek olan kurumlardır. Gerek 5393 Sayılı Belediye Kanunu, gerekse 2872 Sayılı Çevre Kanunu'nda belediyelere çevre koruma konusunda önemli görevler verilmiştir. Yürürlükteki Belediye Kanunu'nun 14. Maddesinde belediyelerin görev ve sorumluluklarına yer verilmiştir. İlgili maddede belediyeler kentsel altyapı hizmetlerinin sağlanması, çevrenin korunması, çevre sağlığının korunması, katı atık hizmetlerinin yürütülmesi, ağaçlandırma, park ve yeşil alan hizmetlerinin temini gibi işleri yapmakla ve yaptırmakla sorumlu tutulmuşlardır (5393 s. Belediye Kanunu, 2005). Ayrıca ilgili kanunun 15. Maddesinde belediyelerin yetki ve imtiyazlarına ayrıntılı olarak yer verilmiştir. Buna göre belediyeler halk sağlığı için tehdit oluşturan faaliyetlerin gerçekleştirildiği iş yeri gibi alanları şehrin belirli bölgelerine toplamak, katı atıkların ayrıştırılması, geri dönüştürülmesi hizmetlerini yapmak ve yaptırmak, çevre kirliliğinin oluşmasını engellemek için hafriyat moloz gibi maddelerin boşaltım alanlarının belirlenmesi konularında yetkili kılınmışlardır (5393 s. Belediye Kanunu, 2005).

Sosyal ve ekonomik durumda meydana gelen gelişmelerle birlikte, yerel halkın hizmet talepleri nicelik ve nitelik itibarıyla artış göstermiştir. Yerel idarelerin bu hizmet taleplerini karşılamak adına gerçekleştirmiş olduğu kamu hizmetlerinin çok önemli bir bölümü büyük yatırım ve uzmanlık gerektirmekte ve özellikle küçük çaptaki belediyelerin belli bir bölge için yatırıma girişmesi yüksek maliyetlerle sonuçlanmaktadır. Bu gibi durumlarda hizmetlerden beklenen etkinliği sağlamak ve maliyetleri minimize etmek için yerel idareler arasında iş birliğinin sağlanması uygulamada yerel idarelere kolaylık sağlamaktadır. Bütçe imkânsızlığı nedeni ile bazı yatırımlara girişemeyen yerel idareler için mahalli idare birlikleri büyük bir fırsat olmaktadır (Turan, 2015: 78).

26.05.2005 tarihli 5355 sayılı Mahalli İdare Birlikleri Kanunu'nun 3. Maddesinde mahalli idare birlikleri; birden fazla yerel idarenin yürütmek zorunda oldukları hizmetlerden bazılarının birlikte üstlenilmesi için kendi aralarında kurmuş oldukları kamu tüzel kişiliği olarak ifade edilmiştir. İlgili kanunun 4. Maddesinde; su, atık su, katı atık gibi altyapıyla ilgili hizmetlerin ve çevrenin korunması ve ekolojik dengenin sağlanmasına ilişkin projelerin zorunluluk ihtiva etmesi halinde Cumhurbaşkanı'nın, ilgili yerel idarenin, bu amaçla kurulmuş birliklere katılabileceklerine karar verebileceği

ifade edilmiştir. Söz konusu mahalli idare birliğinden ayrılmak da Cumhurbaşkanı'nın iznine bağlanmıştır (5355 sayılı Mahalli İdare Birlikleri Kanunu, 2005).

Yerel yönetimler içerisinde yer alan il özel idarelerinin belediyeler kadar olmasa da çevre koruma ile ilgili görev ve sorumlulukları bulunmaktadır. Bu sorumluluklar il içindeki sorumluluklar ve il dışındaki sorumluluklar şeklinde ikiye ayrılmaktadır. İl sınırları içerisinde çevre koruma faaliyetleri ile ilgili sorumlulukları büyükşehir belediyesi olan yerler dışında ilin çevre düzenlemesi, iskân ve bayındırlık hizmetleri, toprağın korunması ve erozyonun önlenmesi şeklinde ifade edilmektedir. Belediye sınırları dışındaki görevleri ise; yol, su kanalizasyon, imar, katı atık hizmetleri, orman köylerine destek verilmesi, park, bahçe, ağaçlandırma hizmetleri şeklinde ifade edilmiştir (5302 s. İl Özel İdaresi Kanunu, 2005).

Yerel yönetimlerin çevre koruma ile ilgili görev ve sorumluluklarına Çevre Kanunu'nda da değinilmiştir. 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 3. Maddesinde çevrenin korunması, iyileştirilmesi ve çevre kirliliğinin engellenmesine yönelik genel ilkeler yer almaktadır. İlgili maddenin a bendinde kamu idarelerinin, meslek odalarının, sivil toplum örgütleri ve birliklerin çevrenin korunması ve çevre kirliliğinin önüne geçilmesi için alınacak tedbirler ve belirlenen kurallara uymak zorunda oldukları ifade edilmiştir. İlgili maddenin devamında gelen b bendinde, çevre koruma konusunda bakanlık, yerel yönetimler, meslek odaları ve sivil toplum örgütlerinin ortaklaşa hareket ettikleri ve c bendinde ise yukarıda adı geçen bu kurumların vatandaşların çevre hakkını kullanabilecek katılım ortamlarının sağlanması hususunda yükümlü oldukları ifade edilmiştir. (2872 s. Çevre Kanunu, 1983).

3.1. BÜYÜKŞEHİR BELEDİYELERİ

Çevre sorunlarının yaşanmasında nüfus artışı önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Chiras, 2010: 35). Nüfusun yoğunluğu çevre koruma hizmetleri için daha fazla harcama yapmayı gerektirecektir (Kızıltan ve Yereli, 2023: 409). Bu anlamda Türkiye'deki nüfusun çok büyük bir kısmına (TÜİK, 2022) ev sahipliği yapan ve 6360 sayılı kanun ile görev ve sorumluluk alanı genişleyen büyükşehir belediyelerinin çevre koruma konusunda hayata geçireceği faaliyet ve projelerle ilgili beklentilerin diğer yerel idare birimlerine kıyasla daha yüksek olduğu ifade edilebilir.

10.07.2003 tarihinde kabul edilen Büyükşehir Belediyesi Kanunu'nda büyükşehir belediyesinin sınırları ilin mülki sınırları olarak kabul edilmiştir. Ayrıca kanunda toplam

nüfusu 750 binin üzerinde olan illerin belediyelerinin kanunla büyükşehir belediyesine dönüşebileceği ifade edilmiştir (5216 s. Büyükşehir Belediyesi Kanunu, 2004). 6 Aralık 2012 tarihinde yürürlüğe giren 6360 sayılı 14 ilde Büyükşehir Belediyesi ve 27 İlçe Kurulması ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun ile 14 il (Aydın, Balıkesir, Denizli, Hatay, Malatya, Manisa, Kahramanmaraş, Mardin, Muğla, Ordu, Tekirdağ, Trabzon, Şanlıurfa ve Van) büyükşehir belediyesi statüsüne kavuşturulmuştur. Yapılan bu düzenleme ile birlikte on altı olan (Adana, Ankara, Antalya, Antep, Bursa, Diyarbakır, Erzurum, Eskişehir İstanbul İzmir, Kayseri, Kocaeli, Konya, Mersin, Sakarya ve Samsun) büyükşehir belediye sayısı otuza yükselmiştir (6360 s. On Dört İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Yedi İlçe Kurulması ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, 2012).

Yeni yapılan düzenleme ile birlikte, 2004 yılından beri Kocaeli ve İstanbul'da uygulanan bütün şehir modeli diğer 28 il için de uygulanmaya başlanmıştır. Pergel uygulaması ile bilinen 20, 30, 40 ve 50 km'lik yarıçaplar içinde varlık bulan büyükşehir modeli yerine ilin genelinde görev ve yetkili kılınan büyükşehirlerin kurulması amaçlanmış ve bu doğrultuda otuz ilin il özel idaresi kapatılmıştır. Ayrıca büyük şehir olmayan şehirlerde de 559 belde belediyesi kapatılmış, büyük şehirlerde 1032 belde belediyesi ile 16.082 köy kaldırılmıştır. 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu yapılan düzenlemelerle birlikte daha çok il için uygulama alanına sahip olmuştur. Çevresel anlamda geniş yetki ve sorumluluk verilen illerin sayısı da artmıştır (Gökalp Alıca, 2018: 15).

5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu'nun 7. Maddesinde büyükşehir ve ilçe belediyelerinin görevleri ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Bu görevlerden büyükşehir belediyelerinin çevre korumaya ilişkin görev ve sorumlulukları şu şekilde ifade edilmiştir:

- Sürdürülebilir kalkınma ilkesine uygun bir şekilde tarım alanları, su havzaları ve çevrenin korunmasını sağlamak,
- Ağaçlandırma faaliyetlerini yürütmek,
- Halk sağlığına zarar veren ve çevresel anlamda olumsuz etkilere neden olan iş yeri ve tesislerin şehrin belli noktalarında toplanmasını sağlamak,

- Hafriyat toprağı, moloz, kum, hurda gibi malzemelerin depolama yerlerini belirlemek ve bu maddelerin taşınması sırasında çevre kirliliğı oluşturmaması için gerekli tedbirleri almak

- Katı atıkların yönetimi için plân hazırlamak, hazırlatmak, katı atıkların ve hafriyatın geri dönüştürülmesi, depo edilmesi ve yok edilmesine ilişkin hizmetleri yapmak ve bu hizmetler için tesisler kurmak, kurdurmak, işletmek veya işlettmek;

- Tıbbi ve endüstriyel atıklara ait hizmetleri yürütmek ve bunlar için gereken tesisleri kurmak, kurdurmak, işletmek veya işlettmek;

- Deniz araçlarına yönelik atıkları toplamak, toplatmak, arıtmak ve bunlara ilişkin gerekli düzenlemeleri yapmak (5216 s. Büyükşehir Belediyesi Kanunu, 2004).

Yürürlükte bulunan mevzuat hükümlerine bakıldığında diğer yerel yönetim birimlerinden farklı olarak büyükşehir belediyelerinin çevre korumaya ilişkin görev ve sorumluluklarının sürdürülebilir kalkınma ilkesine uygun bir şekilde yerine getirmeleri gerektiğı özellikle ifade edilmiştir.

2021 yılında yerel yönetimler tarafından gerçekleştirilen çevre koruma harcamalarının %72,9'u belediyeler tarafından gerçekleştirilmiştir. Ve bu oranın %32,3'ü büyükşehir belediyelerine aittir (HVMB, 2023). Büyükşehir belediyeleri tarafından gerçekleştirilen çevre koruma harcamalarının toplam harcamalar içerisindeki payına ilişkin bilgi Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. Büyükşehir Belediyelerinin Toplam Çevre Koruma Harcamaları ve Toplam Harcama İçerisindeki Payları

	2012	2021
Çevre koruma harcamaları (Bin TL)	1.294.898	5.217.400
Çevre koruma harcamasının toplam harcama içerisindeki payı	%25,3	%17,3

Tablo 11 incelendiğinde on yıllık süreçte büyükşehir belediyelerinin toplam çevre koruma harcamalarının arttığı fakat toplam harcamalar içerisinde çevre koruma harcamalarının payının %25,3'ten %17,3'e gerilediğı görülmektedir.

Büyükşehir belediyelerinin çevre koruma konusunda mevzuatla kendilerine verilen sorumlulukları başarılı bir şekilde yerine getirilebilmeleri idari ve mali anlamda güçlü bir yapıda olmalarına bağlıdır. Nitekim 9. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel Çevre İhtisas Raporunda çevre politikalarının başarısı için çevre finansman stratejilerinin

oluşturulması gerektiği ve yerel yönetimlerce gerçekleştirilecek çevresel hizmetlerin çevresel gelirlerle yerine getirilmesi gerekliliğine vurgu yapılmıştır (DPT, 2007: 89-90). Bu anlamda büyükşehir belediyelerinin çevre koruma hizmetleri için ihtiyaç duyulan finansman miktarının belirlenmesi ve alternatif finansman kaynaklarının araştırılması çevre koruma politikalarının başarı şansını arttırabilecektir.

3.2. ÇEVRE KORUMA HARCAMA TAHMİNLERİNİN ÖNEMİ

Çevre korumaya yönelik atılacak adımların başarılı sonuçlar verebilmesi için küresel ölçekte bütün ülkelerin aynı kararlılıkla bu mücadeleye ortak olması gerekmektedir. Bugün birçok ülke çevrenin korunması ve yenilenebilir enerji ihtiyacının karşılanması adına bütçelerinin harcama ve yatırım kalemlerinde bu konuyla ilgili düzenleme yapmaktadır. Özellikle bireylerin çevre koruma konusunda bilinçlenmelerinin sağlanması, çevre sorunlarının çözümüne yönelik araştırma-geliştirme çalışmaları ciddi yatırım harcamaları gerektirmektedir. Bu nedenle ülkelerin bütçe yapılarının da bu kapsamda yeniden şekillendirilmesi gerekmektedir. (Altınöz, 2015: 224). Ülkelerin uluslararası sözleşmelerde çevrenin korunmasına yönelik olarak birçok alanda sürdürülebilirlik yaklaşımını benimsemeleri devlet bütçelerindeki gelir ve gider kalemlerine yansımaktadır. Bu nedenle ülkelerin çevre koruma alanında hayata geçireceği faaliyet ve projelerin kamusal anlamda ne kadar harcamayı gerektireceğinin belirlenmesi gerekecektir (Yentürk, 2020: 3).

Kurumların önceliklerinin belirlenmesinde ve stratejik planlarının hazırlanmasında önemli bir doküman olan kalkınma planları; ulusal anlamda çevre koruma politikası hakkında önemli ipuçları vermektedir. Kalkınma planlarında uygulanacak tüm politikaların bütçe boyutu plan-bütçe bağlantısının güçlendirilmesi için özellikle dikkate alınmaktadır (SBB, 2019: 3). Kalkınma Bakanlığı tarafından yayınlanan Çevre ve Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi Çalışma Grubu Raporu'nda yerel yönetimler tarafından oluşturulacak eylem planlarının ulusal planlamada öncelikle dikkate alınması gerektiği ve 5018 sayılı KMYKK kapsamında hazırlanan stratejik planlara eklenmesi gerektiği vurgulanmıştır (KB, 2018: 68).

Çevre korumaya yönelik gerçekleştirecek politikalarda ihtiyaç duyulan finansman kaynağı hakkında karar alıcılara planlamada yol göstermesi açısından çevre koruma kapsamında yapılan harcamaların tespiti önem arz etmektedir. Türkiye'nin çevre koruma ile ilgili olarak taraf olduğu uluslararası antlaşmalardaki hedeflerin ve yükümlülüklerin

yerine getirilmesinde büyükşehir belediyelerince hazırlanacak olan eylem planları kapsamında gerçekleştirilecek faaliyet ve projeler son derece önemli bir yere sahiptir. Bu faaliyet ve projeler, özellikle de çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesine yönelik faaliyet ve projeler olduğundan ciddi anlamda yatırım harcaması gerektirmektedir. Bu anlamda çevre koruma faaliyetlerinin kamusal anlamda ne kadar harcamayı gerektireceğinin doğru bir şekilde saptanması; çevre koruma alanında gerçekleştirilecek olan uzun vadeli planlamalarda kaynakların doğru bir şekilde planlanması ve çevresel harcamaların finansmanı konusunda alternatif politikaların geliştirilmesi açısından önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yeni kamu mali yönetim anlayışı kamu kaynaklarında verimlilik, etkinlik ve tutumluluğun sağlanması amacı ile getirilmiştir. Bu anlayışın getirdiği önemli bir yenilik çok yıllık bütçe anlayışıdır. Bu anlayışta bütçeler çok yıllık olarak hazırlanmakta ve ödenekler kamu kurumlarına stratejik planlamalarında yer alan amaç ve hedefler doğrultusunda tahsis edilmektedir. Bu nedenle, bütçe hazırlık aşamasında önemli bir görev harcama miktarının doğru bir şekilde tahmin edilmesidir (Tchórzewski & Wróbel, 2011: 118). Özellikle ekonomik kriz dönemlerinde tahmin sonuçlarında daha büyük sapmalar meydana gelmektedir. Bu açıdan doğru ve güvenilir tahminler bütçe gerçekleştirmeleri kadar önemlidir (Pıçak, 2022: 149). Örneğin, hükümetler mali stres zamanlarında (yani, gelirlerin beklendiği gibi gerçekleşmediği zamanlarda) harcamaları beklentilere uygun hale getirmek için emeklilik fonlarına yapılan katkıları ertelemeyi seçebilirler (Williams & Calabrese, 2016: 132). Harcama kalemlerinin doğru bir şekilde belirlenememesi nedeni ile ortaya çıkabilecek yüksek bütçe açıkları üretim, yatırım, istihdam seviyesi ve gelir dağılımı üzerinde olumsuz etkilere yol açabilecektir (Konu ve Ata 2022: 649).

Bütçe ve kamu maliyesi literatüründe çoğunlukla harcamalara yol açan temel faktörlerin tahmini yer almakta harcama tahminlerine ise daha az rastlanmaktadır. Harcamaların tahminine ilişkin bu eksiklik bütçe yapımında bir risk oluşturabilecektir (Williams & Calabrese, 2016: 132). Bu açıdan bilimsel temele dayanan güvenilir niceliksel tahminler her zaman en iyi tahmin olmasa da maliye politikası yapımı için sağlam bir temel oluşturmakta ve mali dengesizlikler ortaya çıkmadan ve bunların düzeltilmesi çok maliyetli hale gelmeden önce zamanında düzeltici önlem almayı sağlayabilecektir (Leal vd. 2008: 330).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TAHMİN YÖNTEMLERİ

Tahmin yöntemleri açıklanmadan önce literatürde öngörü ya da kestirim olarak da ifade edilen tahmin kavramının ne anlama geldiğinin açıklığa kavuşturulması gerekmektedir.

"Tahmin" kelimesi, gelecekteki değerlere atıfta bulunabileceği veya geleceği tahmin etmek için oluşturulmuş istatistiksel bir modelin tüm çıktılarına atıfta bulunabileceği için belirsizlik içermektedir. Tahmin geçmişe yönelik, içinde bulunulan dönem için ya da geleceğe yönelik olarak gerçekleştirilebilmekte bu nedenle tahmin kavramı literatürde farklı anlamlarda kullanılabilmektedir. (Williams & Calabrese, 2016: 140-141).

İstatistikte tahmin (estimation) kavramı yığının (anakütle) parametreleri veya bunların güven aralıkları hakkında hipotezler kurarak bilgi edinme şeklinde ifade edilmektedir. Ayrıca tahmin kavramı zamana bağlı olan olayların geçmiş ve bugünkü gözlem değerlerine dayanılarak ileriye yönelik değerlerin belirlenmesi amacı ile de kullanılabilmektedir. İleriye yönelik değerlerin belirlenmesi olarak kullanılan tahmin kavramının karşılığı olarak İngilizce 'de forecast ve prediction kavramları eş anlamlı olarak kullanılmaktadır (Özmen, 1986: 10).

Tipik olarak tahmin (forecast) in yaygın kullanımı, geleceğin tahminlerini ifade etmektedir (Williams & Calabrese, 2016: 141). Bu çalışmada tahmin kavramı hem geleceğe yönelik (forecast) tahmin anlamında hem de parametre tahminleri (estimate) anlamında kullanılmıştır. Geleceğe yönelik yapılacak tahminlerde “geleceğe yönelik” kavramı özellikle belirtilmiştir.

1. NİTEL VE NİCEL TAHMİN YÖNTEMLERİ

Öngörü, olayların gerçekleşmeden önce meydana geleceğini tahmin etme sanatı olarak tanımlanmaktadır. Literatürde istatistiki tahmin yöntemleri genellikle iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. İlki; konuyla ilgili uzman kimselerin muhakemelerine dayanan niteliksel yöntemlerdir. (Örneğin, morfolojik analiz, Delphi tekniği). İkincisi ise matematiksel modele dayanan nicel yöntemlerdir. Nicel yöntemler; ilişkiye dayalı (nedensel) tahmin yöntemleri (Örneğin, çok değişkenli regresyon analizi, trip-jenerasyon

modelleri) ve zaman serilerine (Örneğin, üstel yumuşatma, transfer fonksiyonu modelleri) dayalıdır (Archer, 1980: 5).

İlişkisel modeller sebep-sonuç ilişkisine dayanan açıklayıcı ve açıklanan değişkenleri içeren tahmin metotlarıdır. Regresyon tekniği ve ekonometrik modeller bu kasamda sayılmaktadır. Regresyon tekniği bir veya daha çok sayıda değişkenin, üzerinde etkili olduğu bir başka değişken ile aralarındaki ilişkinin matematiksel anlamda ifade edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Burada açıklanan değişken bağımlı, etkilenen değişken de bağımsız değişken olarak ifade edilmektedir. Bağımlı değişkenin gelecek değerleri bağımsız değişkenlerin gelecekteki değerleri için tahmin edilmeye çalışılır. Ekonometrik modeller ise sebep-sonuç ilişkisini gösterildiği iki veya daha çok regresyon modellerinden oluşan denklem sistemi olarak ifade edilmektedir (Kutay, 1989; aktaran: Hamzaçebi, 2011: 2-3). Regresyon ve ekonometrik modeller ile geleceğe yönelik tahminlerin yapılması oldukça sınırlıdır. Burada bağımlı değişkene ilişkin gelecek dönem tahmini yapabilmek bağımsız değişkenlere ilişkin gelecek dönem değerlerinin bilinmesi veya bağımsız değişkene ilişkin bu değerlerin tahmin edilmesi ile mümkündür. Bu açıdan gelecek döneme ilişkin tahmin zaman serilerine ilişkin tahmin yöntemleriyle mümkün hale gelmektedir (Hamzaçebi, 2011: 3).

İlişkiye dayalı tahmin yöntemleri ilgilenilen değişkenle ilişkili olduğu gösterilen diğer değişkenler için verilerin istatistiksel analizine dayalıdır. Zaman serileri ise tahmin edilecek değişkenin geçmiş verilerinin istatistiksel analizini içermektedir (Archer, 1980: 5). Zaman serilerine dayanan tahmin yöntemlerinde gözlemlenen değişkenin geçmiş dönem verilerine dayanılarak geleceğe yönelik tahmin yapılmaktadır (Akgül, 1994: 52; Aydın, 2020: 44). Zaman serilerine dayanan tahmin yöntemleri tek değişkenli ve çok değişkenli zaman serileri şeklinde iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Çok değişkenli zaman serilerine yönelik tahmin yöntemleri; iki veya daha çok sayıda zaman serisi arasındaki neden-sonuç ilişkisini ortaya koymak ve sonrasında tahmin ve kontrol için kullanılmaktadır. Tek değişkenli zaman serilerine yönelik tahmin yöntemleri ise zamana bağlı tek bir değişkene ilişkin verilerin varlığı durumunda ve yalnızca geleceğe yönelik tahmin için kullanılmaktadır (Aydın, 2020: 44-45).

Çok değişkenli zaman serilerine dayanan tahmin modelleri tahmin ile ilgili her şeyin bilindiğini varsayar ve birbiri ile ilişkisi olduğu düşünülen olayların tahmin edilmesini sağlar. Bu yöntemle yapılan tahminlerde tahmin hatası da düşük olabilir. Fakat tahminle ilgili her şeyin bilinmesi her zaman mümkün olmamaktadır. Ya da bu bilgiler

bilinse bile analizde kullanılmak için uygun olmayabilir. Örneğin gözlemlenen değişkene ait veriler aylık, üç aylık ya da yıllık olabilmektedir. Gözlemlenen değişkenle ilişkili diğer verilerin de aynı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Söz konusu verileri istatistiki yöntemlerle istenilen periyoda dönüştürmek mümkün olsa da elde edilen sonuçların güvenilirliği düşük olabilmektedir. (Aydın, 2020: 45).

2. ZAMAN SERİLERİ TAHMİN YÖNTEMLERİ

Bu araştırmada zamana dayalı bir değişkenin geçmiş dönem verilerinden hareketle geleceğe yönelik tahmin (future forecast) yapılması amaçlandığından araştırmada zaman serisi analizinde kullanılan geleneksel tahmin yöntemleri ve yapay sinir ağları mukayeseli olarak kullanılmıştır. Bu tahmin yöntemlerinin doğru bir şekilde anlaşılması adına öncelikle zaman serisi analiziyle ilgili temel bilgilerin açıklanması gerekmektedir.

Bir zaman serisi, zaman içinde ardışık olarak yapılan bir gözleme ilişkin değerler bütünü olarak ifade edilmektedir (Chatfield, 1975: 1). Zaman serileri analizi ise; bir olayla ilgili olarak gözlemlenen değerlerin belirli zaman aralıkları ile aldıkları değerleri içeren süreci modelleyebilmeyi ve olayla ilgili geçmiş dönem gözlem verilerinden hareketle geleceğe yönelik tahminler yapabilmeyi amaçlamaktadır (Kaynar ve Taştan, 2009: 162). Zaman serileri analiz yöntemleri, iktisattan mühendisliğe kadar çok çeşitli alanlarda tanımlama, açıklama, kontrol ve tahmin amaçları ile kullanılabilmektedir (Chatfield, 1975: 7).

Bir zaman serisi sunulduğunda, analizdeki ilk adım genellikle verilerin grafiğini çizmek ve ana serinin basit tanımlayıcı ölçümlerini elde etmektir. Zaman serilerinde gözlemler iki veya daha fazla değişken üzerinde yapıldığında, bir zaman serisindeki değişim başka bir serideki değişimi açıklamak için de kullanılabilmektedir. Bu şekilde belirli bir zaman serisini oluşturan mekanizma daha derin bir şekilde anlaşılmış olmaktadır. Zaman serileri sürecin kontrol edilmesi amacıyla özellikle üretim süreçlerinde kalitenin ölçülmesinde kullanılabilmektedir. Diğer taraftan zaman serileri; tanımlama, açıklama ve kontrol amaçlarının yanında geleceğe yönelik tahmin amacıyla da kullanılmaktadır. Gözlenen bir zaman serisi verildiğinde, serinin geçmiş gözlem değerlerinden hareketle serinin gelecek değerlerini tahmin etmek mümkün olabilmektedir. Zaman serilerinin bu amacı özellikle satış tahmininde ve ekonomik ve endüstriyel zaman serilerinin analizinde önemli bir yere sahiptir (Chatfield, 1975: 7-8-9).

Geleneksel zaman serileri analizi yöntemleri, esas olarak bir serideki trendi, mevsimsel değişimi (mevsimsellik) ve diğer döngüsel değişimleri temsil eden bileşenlere ayırtmakla ilgilidir (Chatfield, 1975: 12). Uygun tahmin yöntemlerinin seçilmesinde zaman serisinin bileşenlerine ayrılması gerekmektedir. Zaman serisinin trend, mevsimsellik ve döngüsel değişimlerle (konjoktürel dalgalanmalar) ilgili olan kısmı sistematik kısım; düzensiz değişimlerle (gürültü) ilgili olan kısmı sistematik olmayan kısım olarak adlandırılmaktadır (Shmueli& Lichtendahl, 2016: 28). Trend; seride uzun dönemde değişkende gözlemlenen artış ya da azalış eğilimi olarak ifade edilmektedir (Chatfield, 1975: 13). Mevsimsellik; verilen seri içerisinde birkaç kez gözlemlenebilen kısa vadeli döngüsel davranışı ifade etmektedir (Shmueli& Lichtendahl, 2016: 28). Döngüsel değişimler; mevsimsel etkiler dışında, zaman serilerinin başka bir fiziksel nedenden dolayı uzun dönemde gösterdiği değişimler olarak adlandırılmaktadır. İş döngüsü olarak da ifade edilen döngüsel değişimler daha çok ekonomik serilerde gözlemlenmektedir. Özellikle ekonominin genişleme ve daralma dönemlerindeki gözlem değerleri için söz konusu olmaktadır (Chatfield, 1975: 13). Gürültü; ölçüm hatasından veya dikkate alınmayan diğer nedenlerden kaynaklanan rastgele varyasyonları ifade etmektedir. Doğrudan gözlemleyemesek de bir zaman serisinde bir dereceye kadar her zaman gürültü mevcuttur. Zaman serisini oluşturan bu bileşenlerin serinin üzerinde genellikle ya toplamsal ya da çarpımsal etkisinin olduğu kabul edilir. Ek bileşenlere sahip bir zaman serisi toplamsal ve çarpımsal olarak sırasıyla şu şekilde gösterilmektedir (Shmueli& Lichtendahl, 2016: 28):

$$y_t = \text{Trend} + \text{Mevsimsellik} + \text{Döngüsel Değişmeler} + \text{Gürültü} \quad (2.1)$$

$$y_t = \text{Trend} * \text{Mevsimsellik} * \text{Döngüsel Değişmeler} * \text{Gürültü} \quad (2.2)$$

Zaman serisi analizlerinde açıklanması gereken kavramlardan birisi durağanlıktır. Zaman serilerinin ortalamadan göstermiş olduğu sapmaya göre durağan ya da durağan olmadığı ifade edilir. Gözlemlenen zaman serisinde serinin gözlem değerlerinin ortalaması (ya da eğilimi) ve varyansı simetrik anlamda bir değişim sergilemiyorsa ya da gözlem serisi periyodik dalgalanmalardan arındırılmış ise bu seriler durağan olarak adlandırılmaktadır. İstatistiki anlamda sonuç elde etmek için yapılan birçok analiz durağan serilere yapılmaktadır. Bu bakımdan durağanlık zaman serileri için önemli bir kavramdır. Fakat günlük hayatta durağan özellik göstermeyen seriler de mevcuttur. Özellikle ekonomik verilerin büyük kısmının durağan olmadığı ifade edilmektedir. Böyle bir durumda zaman serileri analizinin yapılabilmesi için öncelikle serinin durağanlığının

sağlanması gerekmektedir (Akdi, 2003: 2). Zaman serilerinin durağanlığı ile ilgili bilgi edinmek için ilk olarak serinin zaman grafiğinin çizilmesi gerekmektedir. Çizilen bu grafik yardımı ile zaman serilerinin bileşenleri olarak ifade edilen trend, mevsimsellik, düzenli değişimler ve düzensiz (rassal) değişimler gözlemlenebilmektedir (Akgül, 1994: 53).

Litaratürde zaman serilerinin geleceğe yönelik tahmin amacıyla kullanıldığı farklı yöntemler mevcuttur. Tahmin yönteminin seçiminde; geleceğe yönelik yapılacak olan tahminin hangi amaçla, nerede kullanılacağı, serinin mevsimsellik, trend gibi özellikler içerip içermemesi, geçmiş dönemler için elde edilebilecek veri sayısı, tahmin edilecek dönemin uzunluğu, analizlerin yapılacağı bilgisayar programının mevcudiyeti gibi unsurlar etkili olmaktadır (Akgül, 1994: 53).

Zaman serilerinde geleceğe yönelik olarak yapılacak olan tahminlerde kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu kısımda sadece uygulamada kullanılan yöntemlere ilişkin kuramsal ve kavramsal açıklamalara yer verilmiştir.

2.1. ÜSTEL DÜZLEŞTİRME (EXPONENTIAL SMOOTHING) YÖNTEMİ

Üstel düzleştirme yöntemi, rastgele dalgalanmaları yumuşatmanın bir yolu olarak ifade edilmektedir. Burada eski verilere azalan ağırlıklar verilmektedir (Holt, 2004: 5). Bu teknikte geçmiş dönem değerlerinin ağırlıklı ortalaması hesaplanmakta ve bu değer gelecek dönemin tahmin değeri olarak alınmaktadır. Fakat burada ağırlık değerleri geçmiş döneme doğru üstel olarak azalma eğilimi göstermektedir. Ağırlıklar geçmiş dönemlere gidildikçe hızlı bir azalış eğilimi göstermesine karşın hiçbir zaman sıfır olmamaktadır (Armutlulu, 2008: 349).

Yöntemin içinde geçen “üstel” kavramı; verilerin eskimesiyle verilere verilen ağırlıkların üstel bir şekilde azalmasıyla ilgilidir. Yani tahmin için kullanılacak olan geçmiş döneme ait veriler, yakın geçmişte gerçekleşen verilerse bu verilere üstel olarak yüksek ağırlıklar verilmekte; daha eski verilerse bunlara üstel olarak azalan ağırlıklar verilmektedir. Böyle bir yöntemde en yakın geçmişteki verilerin gelecek dönemde tahmin edilecek değere etkisi, eski dönem verilerine nazaran daha fazla olacaktır (Orhunbilge, 1999: 95). Hesaplanmasının son derece kolay olması, minimum sayıda veri kullanılabilmesi, düşük maliyetli olması, mevcut verilere ek olarak yeni gerçekleşen verilerin de modele eklenebilmesi üstel düzleştirme yönteminin avantajları arasında sayılmaktadır (Holt, 2004: 5; Orhunbilge, 1999: 95).

Üstel düzeltme yönteminde incelenen zaman serisinin özelliklerine göre farklı modeller yer almaktadır. Bu modellerin özü 1950 'li yıllarda Brown ve Holt tarafından ortaya konulan çalışmalara dayanmaktadır (Gardner, 1985: 1). Üstel düzeltme yöntemleri ilk olarak Pegels'in (1969) taksonomisine göre sınıflandırılmıştır. Daha sonra bu sınıflandırma Gardner (1985) tarafından genişletilmiştir (Hyndman & Khandakar, 2008: 2). Literatürde yaygın kullanılan üstel düzeltme modelleri arasında "Basit (Tekli) Üstel Düzeltme Yöntemi", "Holt'un Çift Parametrelili Üstel Düzeltme Yöntemi", "Basit Mevsimsel Üstel Düzeltme Yöntemi" ve "Holt-Winters'ın Mevsimsel Üstel Düzeltme Yöntemi" yer almaktadır (Kalekar, 2004: 3-6).

Basit (Tekli) Üstel Düzeltme Yöntemi; bu yöntem genellikle kısa vadeli tahminler için kullanılmaktadır. Modelde verilerin istikrarlı bir ortalama etrafında dağıldığı varsayılmaktadır. Bu nedenle model, belirgin bir eğilim ve mevsimsel dalgalanma içermeyen seriler için uygundur. Modelde her yeni düzeltilmiş değer (tahmin), mevcut gözlemin ve önceki düzeltilmiş gözlemin ağırlıklı ortalaması olarak hesaplanmaktadır. Yani her düzeltilmiş değer, önceki gözlemlerin ağırlıklı ortalamasıdır. Burada ağırlıklar, düzeltme sabitine bağlı olarak katlanarak azalmaktadır. $t > 0$, $1 > \alpha > 0$ olmak üzere ve S_t üstel olarak düzeltilmiş değeri, α düzeltme sabitini ve X_t t dönemindeki gözlem değerlerini göstermek üzere basit üstel düzeltme yöntemi aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir (Kalekar, 2004: 3).

$$S_t = \alpha * X_t + (1 - \alpha) * S_{t-1} \quad (2.3)$$

Holt'un Çift Parametrelili Üstel Düzeltme Yöntemi; bu yöntem basit üstel düzeltme yönteminden farklı olarak verilerin belirli bir trende sahip olması durumunda kullanılmaktadır. Yöntemde trend bileşenin de dikkate alındığı ikinci bir denklem bulunmaktadır. $0 < \gamma < 1$, $0 < \alpha < 1$ olmak üzere ve α düzeye ilişkin düzeltme sabitini γ trende ilişkin düzeltme sabitini, y_t veri setini, b_t t dönemi trendini göstermek üzere çift parametrelili üstel düzeltme yöntemi aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir (Kalekar, 2004: 3-4).

$$S_t = \alpha * y_t + (1 - \alpha) * (S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.4)$$

$$b_t = \gamma * (S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma) * b_{t-1} \quad (2.5)$$

Basit Mevsimsel Üstel Düzeltme Yöntemi; seride hem trend hem de mevsimsel bileşen olması durumunda öngöründe kullanılmak için Winters (1960) tarafından önerilmiştir. Yöntem Holt tarafından geliştirilen çift parametrelili üstel

düzleştirme yöntemine bir mevsimsel parametre ve mevsimsel bileşen içeren denklem eklenmesiyle geliştirilmiştir. Bu nedenle Holt tarafından geliştirilen yöntemin uzantısı olarak kabul edilmektedir. Geliştirilen bu yöntem daha sonra “Holt-Winters Mevsimsel Üstel Düzleştirme” adını almıştır (Akgül, 1994: 57). Söz konusu yöntem çalışmanın uygulama kısmında da kullanılan yöntem olması nedeni ile aşağıdaki başlık altında ayrıca açıklanmıştır.

2.1.1 Mevsimsel Üstel Düzleştirme (Holt – Winters) Yöntemi

İncelenen serinin hem trend hem de mevsimsel (aylık, üçer aylık gibi) verilerden oluşması durumunda Mevsimsel Üstel Düzleştirme yöntemi önerilmektedir. Bu yöntemde serinin ortalama değerini, trend bileşenini ve mevsim bileşenini kestirmek için üç aşamadan oluşan bir düzleştirme uygulanmaktadır. Her bir aşamada ayrı bir üstel düzleştirme sabiti bulunmaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajı trend ve mevsimsel hareketleri yansıtabilmesi olarak ifade edilmektedir (Armutlulu, 2008: 358).

Winters (1960) tarafından geliştirilen yöntemin mevsimsel bileşen eklenerek geliştirilmesiyle ortaya çıkan Holt-Winters'ın yöntemi biri seviye, biri trend ve biri de mevsimsellik olmak üzere üç yumuşatma denklemine dayanmaktadır. Mevsimselliğin toplamsal mı yoksa çarpımsal olarak mı modellendiğine bağlı olarak iki farklı Holt-Winters yöntemi vardır. Holt-Winters'ın çarpımsal olarak modellendiği temel denklemler şu şekildedir:

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.6)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.7)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.8)$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m)S_{t-s+m} \quad (2.9)$$

Bu denklemde S; mevsimselliğin uzunluğu (örneğin, ay sayısı veya çeyrek), L_t ; serinin seviyesini, b_t ; trend bileşenini, S_t ; mevsimsel bileşeni ve F_{t+m} ; m dönem ilerdeki tahmin değerini ifade etmektedir (Makridakis vd., 1997: 164-165).

Holt-Winters'ın yöntemindeki mevsimsel bileşenin toplamsal olarak modellendiği temel denklemler aşağıdaki gibidir (Makridakis vd., 1997: 169).

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.10)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.11)$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.12)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m} \quad (2.13)$$

Mevsimsel üstel düzleştirme yönteminde ilk olarak yapılması gereken seriye ait bileşenlerin ilk değerlerinin belirlenmesidir. Bu aşamada trend ve serinin seviyesi için başlangıç değerleri mevsim bileşeninin periyoduna göre belirlenir. Mevsim indeks değerinin belirlenebilmesi için mutlaka en az tam bir mevsimin tamamlanması gerekmektedir. Seviye için başlatma değerinin belirlenmesi için ilk mevsimde gerçekleşen değerlerin ortalaması alınmaktadır;

$$L_s = \frac{1}{s}(Y_1 + Y_2 + \dots + Y_s) \quad (2.14)$$

Yukarıdaki denklem, S dereceden hareketli ortalamanın hesaplanmasına ilişkindir ve burada mevsimsellik devre dışı bırakılmıştır. Bu yüzden serinin trend değerinin belirlenebilmesi için en az iki tam mevsime ait değerlerinin kullanılması uygun olmaktadır;

$$b_s = \frac{1}{s} \left[\frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{s} + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{s} \right] \quad (2.15)$$

Mevsim indeksinin başlangıç değerinin hesaplanmasında serinin ilk birkaç değeri ilk yılın ortalamasına oranlanır;

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s}, S_2 = \frac{Y_2}{L_s}, \dots, S_s = \frac{Y_s}{L_s} \quad (2.16)$$

Başlangıç değerleri belirlenirken yukarıda açıklanan yöntemlerin dışında farklı yöntemler de kullanılabilir (Makridakis vd., 1997: 168-169).

2.2. BOX-JENKİNS (ARIMA) YÖNTEMİ

Zaman serileri analizinde çok sık kullanılan yöntemlerden biri olan ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) Yöntemi 1970’de Box- Jenkins tarafından ortaya konulmuştur. Yöntemde amaç alternatif modeller içerisinde en iyi modelin belirlenmesi ve bu model yardımıyla geleceğe yönelik tahmin yapmaktır. Bu yöntemde incelenen değişkene ilişkin tahmin; değişkenin kendisine ait gecikmeli değerleri, hata terimleri veya her ikisinin birleşimi ile yapılmaktadır. Yöntem üç modellemeyi içermektedir. Bunlar Otoregresif Süreç (AR), Hareketli Ortalamalar Süreci (MA) ve ikisinin kombinasyonundan oluşan Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA) Süreci’dir.

Bu modeller durağan seriler için uygun olan modellerdir. Serilerin durağan olmaması durumunda farkı alınarak durağan hale getirilen serilerde ARMA süreci ARIMA' ya dönüşür ve Farklı Alınarak Durağanlaştırılmış Otoregresif Hareketli Ortalama Süreci olarak adlandırılır. Burada I integre derecesini yani fark işlemcisini ifade etmektedir. (Bozkurt, 2007: 49).

ARIMA yönteminde gözlemlenen değişkene ait bugünkü değerin, geçmiş gözlem değerlerinin ağırlıklı toplamı ve rassal şokların bileşiminden meydana geldiği ifade edilmektedir (Akgül, 2003: 35). ARIMA (p,d,q) şeklinde gösterilen modelde p; AR sürecine ilişkin parametredir ve gecikmeli bağımlı değişken sayısını ifade etmektedir. Modelde yer alan d; serinin durağan olmaması durumunda durağanlık için serinin kaç kez farkının alındığını gösteren parametredir. Modelde yer alan q parametresi ise MA sürecine ilişkin parametredir ve gecikmeli hata terimlerinin sayısını göstermektedir. Modelin AR kısmında, incelenen değişkenin bugünkü değeri; değişkenin geçmiş gerçekleştirmelerin ağırlıklı ortalamalarının ve rassal hatanın bir fonksiyonudur. Modelin MA kısmında ise incelenen değişkenin bugünkü değeri; geçmiş hata terimlerinin fonksiyonudur (Kohzadi vd., 1996: 171-172).

AR(p) sürecine ilişkin model, y_t ' nin kendisinin gecikmeli değerlerine bir hata teriminin eklenmesi ile temsil edilmekte ve şu şekilde gösterilmektedir:

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2.17)$$

Modelde yer alan; y_t ; trendden arındırılmış seriyi, p; serideki geçmiş gözlem değerlerinin sayısı olan otoregresif sürecin mertebesini, ϕ ; geçmiş gözlem değerleri ile bugünkü gözlem değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren katsayıyı ve ε_t ; modeldeki hata terimini simgelemektedir (Akgül, 2003: 36-37).

MA (q) sürecine ilişkin model, y_t 'nin geçmiş hata terimlerinin ağırlıklı ortalaması olarak ifade edilmekte ve şu şekilde gösterilmektedir:

$$y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.18)$$

Modelde yer alan y_t ; durağan seriyi, θ ; eksi ya da artı değer alabilen parametreleri gösteren ağırlıkları, μ ; sabiti, ε_{t-1} , ε_{t-2} , ε_{t-q} ; geçmiş döneme ilişkin hata terimlerini simgelemektedir (Akgül, 2003: 68).

ARMA(p,q) süreci, modelde yığılım parametresinin olup olmamasına göre $\delta \neq 0$ ve $\delta = 0$ varsayımlarına göre iki farklı şekilde gösterilmektedir (Akgül, 2003: 87). Yığılım

parametresi birim kök içeren yani durağan olmayan seriler için geçerli olmaktadır. Serinin durağan olması halinde yığılım parametresi sabit olarak ifade edilmektedir (Akgül, 2003: 37).

ARMA (p,q) süreci;

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \delta + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.19)$$

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.20)$$

şeklinde gösterilmektedir (Akgül, 2003: 87).

ARIMA (p,d,q) süreci;

$$w_t = \phi_1 w_{t-1} + \phi_2 w_{t-2} + \dots + \phi_p w_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.21)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Modelde yer alan w_t ; y_t serisinin d kadar farkı alınarak durağan hale getirildiği yeni seriyi ifade etmektedir (Akgül, 2003: 105-106).

2.2.1. Mevsimsel ARIMA Modelleri

Verilerin mevsimsellik içermesi durumunda söz konusu veriler Mevsimsel ARIMA yöntemi ile modellenenilmektedir. Genel olarak ARIMA (p,d,q) şeklinde gösterilen model, mevsimselliğin de modele dâhil edilmesi ile SARIMA (P, D, Q) ya da ARIMA (P,D,Q)s olarak ifa edilmektedir. Mevsimsel AR ve mevsimsel MA terimlerinin sayısı sırasıyla P ve Q ile gösterilmektedir. P; mevsimsel otoregresif bileşenlerin sayısını, Q; mevsimsel hareketli ortalama terimlerinin sayısını D; durağanlığı sağlamak için gereken mevsimsel farkların sayısını göstermektedir (Meyler vd., 1998: 40).

Serinin mevsimsel özellik gösterdiği belirlendiğinde diğer ARIMA yöntemlerinde olduğu gibi mevsimsel sürecin özelliğine bağlı olarak P mertebesinde mevsimsel AR modeli SAR(P), Q mertebesinde mevsimsel MA modeli SMA(Q) ya da P ve Q mertebelerinde mevsimsel ARMA SARMA(P,Q) olarak modeller tanımlanabilmektedir. Söz konusu modellerin tamamı durağan sürece sahip seriler için geçerli modellerdir. Mevsimsel özelliğe sahip serilerin hem SAR(P) hem de SMA(Q) özelliklerine sahip olup durağan olmaması durumunda ise SARIMA (P,D,Q) modelinin uygun olduğu ifade edilmektedir (Akgül, 2003: 199).

Mevsimsellik özelliği taşımayan serilerde model oluşturma aşamasının başlangıcı olan durağanlık mevsimsellik özelliğine sahip seriler açısından da gerekli bir koşuldur. Bu nedenle mevsimsellik özelliğine sahip ve durağan olmayan serilerde ilk olarak

durağanlığın sağlanması gerekmektedir. Bunun için mevsimsel özellik gösteren aylık serilerde fark alma işlemi;

$$\Delta_{12}y_t = y_t - y_{t-12} \quad (2.22)$$

Üçer aylık çeyrek verilerde

$$\Delta_4y_t = y_t - y_{t-4} \quad (2.23)$$

şeklinde gerçekleştirilmektedir.

Eğer seri sabit olmayan bir mevsimsel bileşen içeriyorsa bu durumda fark alma işleminden önce mevsimsel bileşen sabit seriye dönüştürülmelidir. Bu dönüşüm genel olarak serideki değerlerin doğal logaritmasının alınmasıyla gerçekleştirilmektedir (Akgül, 2003: 180).

Durağan olmayan y_t serisi için mevsimsel ARIMA modeli,

$$\Delta_s^D = \frac{\theta(B^s)}{\phi(B^s)} \varepsilon_t \quad (2.24)$$

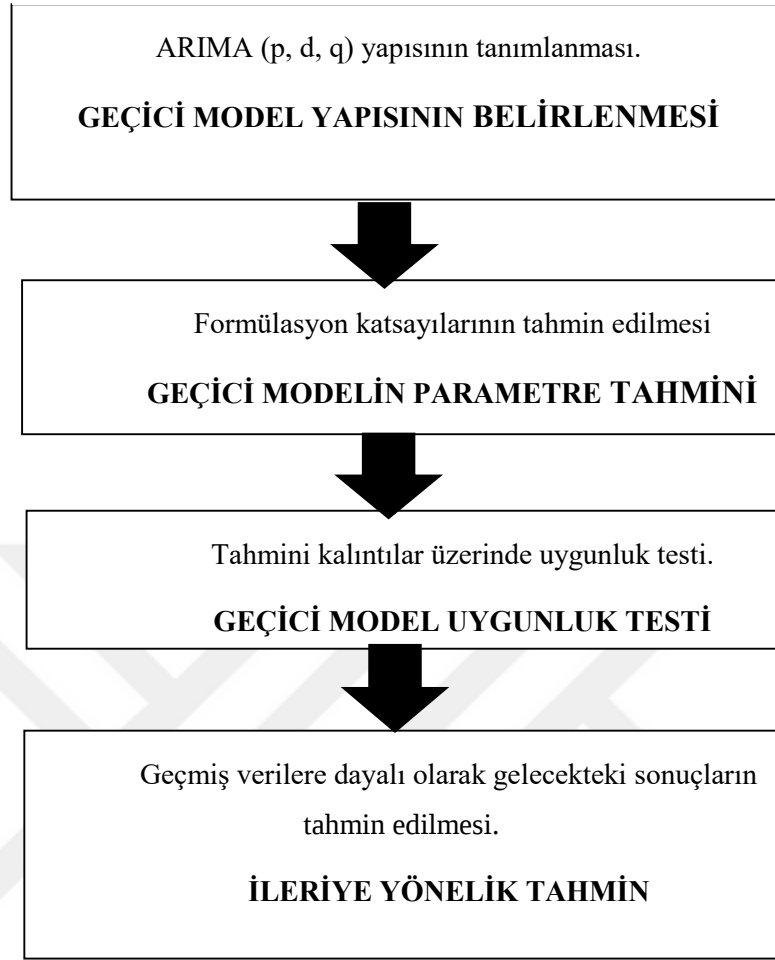
şeklinde gösterilmektedir. Modelde yer alan s ; mevsim dönemlerini, D ; fark alma sayısını, Δ_s^D fark alma işlemi sonrası durağan hale dönüştürülmüş seriyi, $\phi(B^s)$ ve $\theta(B^s)$ ise P ve Q mertebelerinde B^s 'nin polinomlarını simgelemektedir (Akgül, 2003: 200).

2.2.2. Box-Jenkins Yönteminde Modelleme Aşamaları

Zaman serileri analizinde Box-Jenkins yöntemi incelenen verilerin yapısına en uygun ARIMA modelleri ile veri üretmeyi amaçlamaktadır. Box-Jenkins yönteminde model kurmanın özü cimrilik (tutumluluk) yaklaşımına dayanmaktadır. Cimrilik prensibinden kasıt; zaman serisi verilerinin özelliklerini ortaya koyan en az sayıda parametreyi içeren bir model kurmaktır. Box-Jenkins Cimrilik prensibine dayanan modellerin çok parametreliliğe nazaran daha iyi öngörüler ürettikleri ve buradaki amacın süreci tam olarak elde etmekten ziyade doğru veri üretme sürecine yaklaşmak olduğu vurgulanmaktadır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010: 178).

Box-Jenkins yönteminde çeşitli modeller içerisinde uygun modelin belirlenmesi ve formüle edilmesi karmaşık bir süreçtir. Özet olarak ARIMA sürecinde model kurma süreci dört basamaktan oluşmaktadır. Bu aşamalar Şekil 3'teki gibidir (Chen vd., 2008: 627).

Şekil 3. Box-Jenkins Model Kurma Aşamaları



2.2.2.1. Geçici Model Yapısının Belirlenmesi (İdentification)

Model kurmada belirleme aşaması modelin kilit aşamasıdır; fakat burada problemi net olarak ortaya koyan bir formülasyon bulunmamaktadır. Bu aşamada istatistiksel anlamda etkin olmamakla birlikte verilerin açıklanmasına yardımcı olan grafikler kullanılabilir. Belirleme aşamasında öncelikle incelenen zaman serisinin durağan bir yapı sergileyip sergilemediğine bakılmaktadır (Akgül, 2003: 117). Durağanlık kısaca, incelenen değişkene ait verilerde belirli bir zaman boyunca sürekli artma veya azalma eğiliminin olmamasını; verilerin ortalama ve varyansının belirli bir zaman periyodu boyunca sabit kalmasını ifade etmektedir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010: 204).

İncelenen serinin durağan bir yapı sergilemesi durumunda seri orijinal hali ile kullanılmaktadır (Bozkurt, 2007: 49). Serinin trend içermesi durumunda öncelikle serinin durağan hale getirilmesi gerekmektedir. Trende sahip serinin mevsimsel etkiye sahip

olmaması durumunda genellikle serinin birinci ya da ikinci mertebeden farkı alınarak durağanlığı sağlanmaktadır. Serinin varyansta durağan olmaması durumunda fark alma işleminden önce serinin doğal logaritmasının ya da karekökünün alınması şeklinde dönüşümler gerçekleştirilmektedir. Bu dönüşümler seride mevsimsel bileşen olması durumunda da uygulanmaktadır (Akgül, 2003: 117).

Serinin durağan bir yapı sergileyip sergilemediğine ilişkin bilgi, uygulamada seriye ait oto korelasyon fonksiyonu (OKF/ACF) ve kısmi oto korelasyon fonksiyonu (KOKF/PACF) kullanılarak elde edilmektedir. Oto korelasyon fonksiyonu; incelenen serideki komşu gözlem değerleri arasındaki bağımlılığı (korelasyonu) ifade eden katsayıları göstermektedir. Zaman serilerinde sürecin stokastik (olasılıklı) sürecin kesin olarak tanımlanamaması nedeniyle bilgi amaçlı kullanılmaktadır (Akgül, 2003: 11). ARIMA sürecinde oto korelasyon fonksiyonu ile birlikte kullanılan kısmi oto korelasyon fonksiyonu ise durağan bir değişkenin t ve $t-k$ gibi iki farklı dönemde birbirleriyle olan ilişkisini ortaya koyarken diğer gecikmeleri dışlamaktadır. Örneğin y_t ve y_{t-k} arasındaki ilişki, bu zaman dönemleri arasında kalan diğer tüm dönemlerdeki $t-1$, $t-2$... gibi gecikmeler dikkate alınmadan ortaya konulmaktadır (Akgül, 2003: 23).

Durağanlığı test etmek için uygulamada Dickey-Fuller (1979), Genişletilmiş (Augmented) Dickey-Fuller (1981) gibi testlere başvurulabilmektedir. Genellikle ekonomik zaman serilerinde durağanlığı test etmek için kullanılan Genişletilmiş Dickey-Fuller Testi (ADF) testi, birim kök testinin geliştirilmiş bir versiyonudur ve dizide birim kökün mevcut olup olmadığını kontrol etmektir. ADF testine göre dizide birim kök yoksa dizi durağandır, dizide birim kök mevcutsa dizi durağan değildir (Li vd., 2017: 16327).

ADF birim kök testi için regresyonlar aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\Delta y_t = \alpha + \beta T + \varphi y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (2.25)$$

$$\Delta y_t = \alpha + \varphi y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (2.26)$$

Yukarıdaki denklemlerin tahmini ile y_t değişkinine ilişkin birim kökün mevcut olup olmadığı test edilmektedir. İlk denklemdeki T deterministik trendi simgelemektedir. Modele hata teriminin bağımsız olmasını sağlayacak kadar gecikmeli fark terimleri eklenmektedir. İlk denklemde y_t değişkeni için durağan trende sahip olduğu alternatifine karşın birim kök içerdiği temel hipotezi test edilmektedir. İkinci denklemde ise

y_t değişkeni için ortalamada durağan olduğu alternatifine karşın birim kök içerdiği temel hipotezi test edilmektedir. Buna göre:

$$H_0: \varphi = 0 \quad H_1: \varphi < 0 \quad (2.27)$$

Burada φ tahmini sıfırdan farklı değil ise, birim kök temel hipotezi reddedilememekte $\varphi < 0$ durumunda ise, y_t değişkeninin trend durağan veya ortalama durağan alternatif hipotezleri kabul edilecektir (Yavuz, 2006: 164).

Zaman serilerinin mevsimsellik içermesi durumunda mevsimsel frekanslarda birim köklerin varlığını test eden Hylleberg ve ark. (1990) tarafından geliştirilen HEGY (Hylleberg Engle Granger & Yoo) testi yaygın olarak kullanılmaktadır (Frances & Draisma, 1997: 273).

Sabit terim (α), trend (δ) ve mevsimsel kukla değişkenleri(D)içeren regresyon modeli aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Tıraşoğlu, 2012: 55)

$$y_{4,t} = \alpha_0 + \pi_1 y_{1,t-1} + \pi_2 y_{2,t-1} + \pi_3 y_{3,t-2} + \pi_4 y_{3,t-1} + \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \alpha_3 D_4 + \delta t + \sum_{i=1}^k \beta_i y_{4,t-i} + \varepsilon_t \quad (2.28)$$

Üçer aylık veriler için birim kökün varlığını test etmek için kullanılan HEGY testinde 0 frekans, 1/2 frekans, 1/3 ve 1/4 frekans olmak üzere dört frekans yer almaktadır. Bu frekansların katsayıları sırasıyla π_1, π_2, π_3 ve π_4 olarak gösterilmektedir. HEGY testine ilişkin hipotezler şu şekilde ifade edilmektedir (Tıraşoğlu, 2012: 56):

$$\text{Birinci hipotez } H_0: \pi_1 = 0 \quad H_1: \pi_1 < 0 \quad (2.29)$$

$$\text{İkinci hipotez } H_0: \pi_2 = 0 \quad H_1: \pi_2 < 0 \quad (2.30)$$

$$\text{Üçüncü hipotez } H_0: \pi_3 = \pi_4 = 0 \quad H_1: \pi_3 \neq \pi_4 \neq 0 \quad (2.31)$$

Hipotezler test edilirken birinci ve ikinci hipotez için katsayıların anlamlılığı için t istatistiğine; üçüncü hipotez için F istatistiğine bakılmaktadır. Birim kök vardır şeklinde oluşturulan H_0 hipotezinin reddedilememesi ilgili frekanslarda birim kökün mevcut olduğunu yani durağanlığın olmadığını ifade etmektedir (Boswijk & Franses, 1995: 437).

Belirleme safhasında modelin p ve q derecelerinin belirlenmesinde ACF ve PACF'den yararlanılabilmektedir. ACF'de üssel bir azalış ve PACF'de p gecikmede önemli çıkıntılar olduğu gözlemleniyorsa model AR(p) olacaktır. ACF'de q gecikmede önemli çıkıntılar olduğu gözlemleniyorsa ve PACF üssel olarak azalış söz konusu ise

model MA(q) olacaktır. ACF ve PACF'nin her ikisinin de üssel azalma gözlemlenirse model ARMA(p,q) olacaktır. Üssel azalış, fonksiyondaki yaklaşık sıfır olmayan değerlerle geometrik veya sinüsel azalışı ifade etmektedir (Montgomery vd.,1990: 261; aktaran: Bilgili, 2002: 194).

Durağan bir yapıya sahip modellerde ACF ve PACF nin seyrine ilişkin bilgi Tablo 12'de gösterilmiştir:

Tablo 12. Durağan Box-Jenkins Modellerinde(AR, MA, ARMA) ACF ve PACF'lerin Seyri

Otokorelasyon Yapısı	Süreç
ACF'de üssel azalma durumu	AR(p) modeli. p değeri, PACF'nin gecikmesi tarafından belirlenir.
PACF'de üssel azalma durumu	MA(q) modeli. q değeri, ACF'nin gecikmesi tarafından belirlenir.
ACF ve PACF'de üssel azalma durumu	ARMA(p,q) modeli. p ve q değeri; ACF ve PACF' deki gecikmeler tarafından belirlenir.
ACF ve PACF'de tüm değerlerin sıfır olması	Seri rassal değişkendir.
Belirli aralıklarla ACF ve PACF'de yer alan değerlerin sıfırdan farklı olması (12., 24. değer gibi).	Seri mevsimsel otoregresif terim içermektedir.
ACF ve PACF değerlerinin sıfıra doğru azalmama durumu	Seri durağan yapıya sahip değildir.

Kaynak: Bozkurt, 2007: 55.

ACF ve PACF gecikme sayısı uygulamada kullanılabilir gözlem değerlerinin 1/3 ya da 1/4 şeklinde alınmaktadır. %95 güven aralığı ($\pm 1,96 \cdot 1/\sqrt{n}$) dışında kalan ya da mutlak değer içerisindeki iki standart hatadan büyük olan ACF katsayıları (r_k) ve PACF katsayıları (r_{kk}) p ve q derecelerini belirlemektedir (Bilgili, 2002: 194).

Uygulamada p ve q parametrelerine ilişkin gecikmelerin artması tahmin edilen hata kareleri toplamına ilişkin değeri azaltabilmektedir. Fakat ilave gecikmelerin modele dâhil edilmesi ekstra katsayıların tahmin edilmesini ve bununla ilgili serbestlik derecesinin azalmasını gerektirebilmektedir. Modele gereğinden fazla katsayı eklenmesi belirlenen modelin tahmin etkinliğini olumsuz etkileyebilecektir (Akmüt vd., 1999: 178).

Uygulamada model seçim kriteri olarak yaygın olarak Akaike Bilgi Kriteri (Akaike Information Criterion - AIC) ve “Schwartz Bayes Kriteri” (Schwartz Bayesian Criterion – SBC-BIC) kullanılmaktadır. Söz konusu kriterler daha az gecikme için hata kareleri toplamını dikkate almaktadır. AIC ya da BIC'ten en küçük değeri veren p ve q değerleri model dereceleri olarak kullanılabilir (Akdi, 2003: 184-185).

ARIMA sürecinde parametrelere ilişkin katsayıların anlamlı olması gerekmektedir. Parametrelerin sıfır (boş hipotez) veya sıfırdan farklı (alternatif hipotez) olup olmadığını belirlemek için bir test yapılması gerekmektedir. Uygulamada modelde dikkate alınan t- istatistikleri ve p değeri (anlamlılık düzeyi), parametrelerin anlamlılığını test etmek için kullanılmaktadır. t istatistiği kendi başına çok bilgilendirici değildir, ancak p-değerini belirlemek için kullanılmaktadır. p-değeri yazılım tarafından otomatik olarak 0.05 olarak belirlenmektedir. p-değeri bu değerden küçükse sıfır hipotezi reddedilmekte ve parametrenin anlamlı olduğu kanıtlanmaktadır. p-değeri bu değerden büyükse sıfır hipotezi kabul edilmekte ve parametre terk edilmektedir (Chen vd., 2008: 629).

2.2.2.2. Geçici Modelin Parametre Tahmini (Estimation)

Gözlemlenen zaman serisine ilişkin p, d ve q mertebelerinde uygun deneme niteliğinde model ya da modeller belirlenmesinin ardından modele ilişkin parametrelerin tahmin edilmesi aşamasına geçilir. Bu aşamada gerçekleştirilecek olan tahminlerin en iyi (sapmasız, etkin ve tutarlı) olması gerekmektedir (Akgül, 2003: 122). Seriyeye ilişkin MA sürecinin olmaması durumunda En Küçük Kareler Tahmin Yöntemi (Ordinary Least Squares Estimators) ile tahminler gerçekleştirilebilmektedir. MA modeli AR süreci gibi En Küçük Kareler Tahmin Yöntemi ile tahmin edilemeyeceğinden MA sürecinde tahminlerde En Çok Benzerlik/ En Çok Olabilirlik Tahmin Yöntemi (Maximum Likelihood Estimators) kullanılmaktadır (Bozkurt, 2007: 49).

Yukarıda sayılanların dışında Momenlerin Tahmini Yöntemi (Method of Moments Estimators) ve Bayes Tahmin Yöntemi (Bayesian Estimators) istatistikte tahmin aşamasında kullanılan başlıca yöntemler olarak ifade edilmektedir (Akdi, 2003: 115).

Hata terimlerinde otokorelasyon etkisi söz konusu olduğunda tahmin yöntemi olarak En Küçük Kareler Tahmin Yöntemi (EKK)'nin kullanılması durumunda etkin olmayan ve çok büyük varyanslı parametre tahmin sonuçları elde edilebilmektedir. Bu nedenle parametre tahminlerinde Doğrusal Olmayan EKK" yönteminin kullanılması daha uygun olmaktadır. Hata terimlerinin normal bir dağılım sergilemesi durumunda ise En Çok Benzerlik/ En Çok Olabilirlik Tahmin Yöntemi de kullanılabilmektedir. Parametre tahminleri paket programları aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Parametreler için son nokta tahminleri hesaplanırken çeşitli yaklaşımlar kullanılmakta ve sonuç olarak seçilen tahmin en küçük hata karelerine sahip olan tahmin olmaktadır. Hesaplama algoritması

tekrar eden bir süreç içerdüğinden tahminler için ilk olarak başlangıç değerlerinin verilmesi gerekmektedir. Geçici model için parametre başlangıç değerleri hesaplandıktan sonra paket programlar aracılığı ile tekrarlanan süreçle son tahminlere ulaşılmaktadır (Akgül, 2003: 122-123).

2.2.2.3. Geçici Model Uygunluk Testi

Geçici model yapısı ve bu yapıya ilişkin parametreler tahmin edildikten sonraki aşamada modelin yeterliliğinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Ayırt edici kontrol basamağı (Diagnostic Checking) olarak da adlandırılan bu aşamada temel olarak hatalarla ilgili model varsayımlarının karşılanıp karşılanmadığını kontrol edilmektedir. Bununla birlikte geçici modelin incelenen zaman serisine uygunluğu da kontrol edilmektedir. Bunun için çeşitli test istatistiklerinden ve grafik analizlerinden faydalanılmaktadır. Yapılan test ve analizler neticesinde geçici modelin yeterli olmadığı anlaşılırsa yeni bir geçici model belirlenecek ve model kurma aşamaları tekrarlanacaktır. Bu üç aşamalı model oluşturma süreci, tatmin edici bir model seçilene kadar tipik olarak tekrarlanacaktır. Nihai seçilen model daha sonra tahmin amacıyla kullanılabilecektir (Wang & Meng, 2012: 1186).

Modelin yeterliliği kontrol edilirken uygulamada en iyi yolun modele ilişkin artıkların analizi olduğu ifade edilmekte ve bu aşamada daha çok model artıklarının kontrolüne ilişkin testler ve analizler gerçekleştirilmektedir. Modelin uygun bir model olduğunu söyleyebilmek için model artıklarının başka bir ifade ile model ilişkin hata terimlerinin tesadüfi olması, ACF ve PACF 'lerinin sıfır değerine sahip olması yani hata terimleri arasında bir ilişkinin olmaması gerekmektedir (Akgül, 2003: 127-128).

Kalıntı değerlerinin otokorelasyon katsayılarının anlamlı olup olmadığını ortaya koymak için uygulamada Box ve Pierce tarafından geliştirilen Q- istatistiği testi kullanılabilmektedir. Literatürde Q- istatistiği Portmanteau Testi, ki-kare (X^2) testi olarak da bilinmektedir. Box ve Pierce tarafından geliştirilen Q- istatistiğinin orta büyüklükteki örneklem için gerçekleştirilen uygulamalarda zayıf kaldığı ifade edilerek Ljung ve Box tarafından yeni bir Portmanteau Testi önerilmiştir. Q^* test istatistiği olarak ifade edilen testin, Q- istatistiğinin geliştirilmiş bir hali olduğu ve küçük örneklem için daha başarılı sonuçların olduğuna ilişkin çalışmaların sunulduğu ifade edilmektedir (Sevüktekin ve Nargileçekenler, 2010: 268-269).

Ljung ve Box test istatistiğinde hipotezler

$$H_0: r_1 = r_2 = \dots r_k = 0 \quad (2.31)$$

$$H_1: r_1 \neq r_2 \neq \dots \neq r_k \neq 0 \quad (2.33)$$

şeklinde oluşturulmaktadır. Q^* İstatistiği;

$$Q^* = \frac{N(N+2) \sum_{k=1}^K r_k^2}{(N-k)} \sim \chi^2(K-p-q) \quad (2.34)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Formüldeki k ; gecikme uzunluğunu ya da kullanılan otokorelasyon sayısını, K ; test edilecek otokorelasyon sayısını, r_k ; k 'nci hata teriminin örnek oto korelasyon fonksiyonunu, N durağan seriye ilişkin gözlemlerin sayısını göstermektedir. Ljung ve Box test istatistiği Q - istatistiğinde olduğu gibi seriye ilişkin hata terimleri arasındaki ilişkiyi ölçmekte ve H_0 hipotezi altında $(k-p-q)$ serbestlik derecesiyle χ^2 dağılımına sahiptir. Eğer $Q^* < \chi^2$ ise H_0 hipotezi reddedilmeyecektir. Bu durum hata terimlerine ilişkin otokorelasyon katsayılarının sıfır olduğunu, hata terimleri arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığını yani artıkların beyaz gürültü (White Noise) olduğunu ifade etmektedir. $Q^* > \chi^2$ durumunda ise H_0 hipotezi reddedilecektir. Bu durum hata terimlerine ilişkin otokorelasyon katsayılarının sıfırdan farklı olduğunu yani beyaz gürültü özelliği taşımadığını göstermektedir. Böyle bir durumda modelin yanlış olduğuna karar verilecektir (Akgül, 2003: 133).

2.2.2.4. İleriye Yönelik Tahmin (Future Forecast)

İncelenen zaman serisine ilişkin oluşturulan model, uygunluk testlerinden geçirildikten sonra geleceğe yönelik tahmin amacı ile kullanılabilir. Geleceğe yönelik tahmin (öngörü) serilen modelin parametrelerinin doğru bir şekilde belirlendiği varsayımına dayanmaktadır. Ekonometrik modellerin değerlendirilmesinde öngörü başarısı önemli bir ölçüt olarak kullanılmaktadır. Bu genel kabul görmüş bir ölçüt olduğundan modellerin öngörü performanslarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Örnek olarak; iki ARIMA modeline ilişkin fayda ve geçerliliklerin eşit olması durumunda iki modelin öngörü performansları kıyaslanmakta ve daha iyi performansa sahip model seçilmektedir (Akgül, 2003: 144-145).

Uygun tahmin modelinin belirlenmesinde tahmin doğruluğunun ölçülmesi önemli bir konudur. Uygun tahmin modelinin seçiminde tahmin hataları minimum düzeye indirilmeye çalışılır; fakat tüm hataları ortadan kaldırmak mümkün olmamaktadır. Tahmin hatalarının ölçülmesinde literatürde sıklıkla kullanılan beş temel ölçüt vardır.

Bunlar; “Ortalama Karesel Hata” (MSE), “Ortalama Mutlak Hata” (MAD), “Tahmin Hatalarının Kümülatif Toplamı” (CFE), “Hataların Standart Sapması” ve “Ortalama Mutlak Yüzde Hata”(MAPE)’dir (Krajewski vd., 2016: 301-302).

Oransal sonuç vermesi nedeni ile tahmin hatalarının daha kolay anlaşılması ve karşılaştırılmasına imkan sağlayan MAPE, literatürde sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında gelmekte (Sarı ve Gül, 2022: 602) ve tahmin hata kriteri olarak tek başına kullanılabilir (Özkan vd., 2022: 201). 10’un altında MAPE değerine sahip modellerin yüksek doğruluk derecesine sahip çok iyi modeller olduğu, 10-20 arasındaki MAPE değerlerine sahip modellerin doğruluk derecesine sahip iyi modeller olduğu, 20-50 arasındaki MAPE değerlerine sahip modellerin kabul edilebilir olduğu, 50 ve üzerinde değere sahip modellerin ise hatalı modeller olarak kabul edildiği ifade edilmektedir (Witt &Witt, 1992: 137; Levis, 1982: 40; aktaran: Çuhadar., 2006: 112).

MAPE değeri şu şekilde hesaplanmaktadır (Krajewski vd., 2016: 302):

$$MAPE = \frac{(\sum |E_t|/D_t)(100)}{n} \quad (2.35)$$

E_t ; t dönemindeki öngörü hatasını, n; öngörü dönem sayısını D_t ; t döneminde gerçekleşen değeri göstermektedir.

2.2.3. ARIMAX Modeli

Tek değişkenli zaman serilelerini tahmin etmenin etkili bir yöntemi olarak görülen ARIMA yöntemi birçok araştırmacı tarafından son dönemde sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir. Ayrıca ARIMA yönteminin uygulama kolaylığı da yöntemin tercih edilme nedenleri arasında gösterilmektedir. Ancak ARIMA yöntemi tek değişkenli zaman serilerine uygulanabildiğinden bir den fazla değişkene çok değişkenli serilerde değişkenlerin arasındaki ilişkiyi açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle çok değişkenli zaman serileri için ARIMAX (Auto-Regressive Integrated Moving Average Models with Intervention X Variables - Dış Değişkenli Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama) modeli ile model oluşturmak gerekmektedir (Jalalkamari vd., 2015: 1206).

ARIMAX modelinde bir y_t serisini tamamen y_t ’nin geçmiş değerlerinin bir kombinasyonu olarak modellemenin aksine y_t serisi hem y_t ’nin geçmiş değerleri ile hem de y_t ’yi etkileyen diğer değişkenlerle birlikte modellenmektedir (Cools vd., 2009: 7).

ARIMAX modeli, Otoresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) modelinin dış değişken (exogenous) eklenerek genişletilmiş bir versiyonudur. ARIMAX modeli, model oluşturmada Box-Jenkins yaklaşımında olduğu gibi belirleme, tahmin ve kontrol basamaklarını içeren tekrarlı bir süreci benimser. ARIMAX (p,d,q) modeli genel olarak;

$$\Phi(L) \cdot \Delta^d y_t = \varphi(L) X_t + \theta(L) \varepsilon_t \quad (2.36)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

$\Phi(L)$; otoresif polinomunu, $\theta(L)$; hareketli ortalama polinomunu, y_t ; t zamanında bağımlı değişkeni, d; fark alma sayısını, ε_t ; beyaz gürültü sürecini, x_t ; t zamanında dışsal değişkeni ifade etmektedir (Victor Edema & Essi, 2016: 30).

İncelenen zaman serisinin mevsimsel bileşen içermesi durumunda genel olarak ARIMA (p,d,q) şeklinde gösterilen model, mevsimselliğin de modele dâhil edilmesiyle SARIMA (P, D, Q) ya da ARIMA (P,D,Q)s olarak ifa edilmekteydi (Meyler vd., 1998: 40). Söz konusu modelin tahmin performansının artırılabilmesi için geliştirilen SARIMAX (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables – Mevsimsel Dış Değişkenli Otoresif Entegre Hareketli Ortalama) modeli dışsal (dış özellikler) değişkenleri entegre etme yeteneği ile geliştirilmiş SARIMA modelinin bir uzantısı olarak ifade edilmektedir. Model matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Vagropoulos vd., 2016; Dutta & Roy, 2021: 20009).

$$\varphi_p(B) \Phi_p(B^s) \nabla^d \nabla_s^D y_t = \beta_k x_{k,t}' + \theta_q(B) \theta_q(B^s) \varepsilon_t \quad (2.37)$$

Modelde $\varphi_p(B)$; p mertebesinden normal AR polinomunu, $\theta_q(B)$; q mertebesinden normal MA polinomunu, $\Phi_p(B^s)$, P düzeyinde mevsimsel AR polinomunu, $\theta_q(B^s)$ Q mertebesinin mevsimsel MA polinomunu, y_t ; tahmin değişkenini, $x_{k,t}$; t zamanında k'nci açıklayıcı girdi değişkenlerini içeren vektörü ve β_k k'inci dışsal girdi değişkeninin katsayı değerini göstermektedir (Vagropoulos vd., 2016; Dutta & Roy, 2021: 20009).

2.3. YAPAY SİNİR AĞI YÖNTEMİ

İnsan beynine ilişkin çalışmalar binlerce yıl öncesine dayanmakla birlikte ilk YSA modelinin 1943'te, sinir hekimi Warren McCulloch ve matematikçi Walter Pitts tarafından “Sinir Aktivitesinde Düşüncelere Ait Bir Mantıksal Hesap (A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity)” isimli çalışma ile ortaya çıktığı ifade edilmektedir (Elmas, 2011: 26; Hamzaçebi, 2011: 14).

1959'da Widrov ve Hoff'un gerçek hayatta telefon hatlarında oluşan yankıları süzgeçle önleyebilmek için YSA üzerinde yaptıkları çalışmalarla, ADALINE ve MADELINE modellerini geliştirmişlerdir. Bu modellerin gerçek hayatta uygulanmış olan ilk YSA modelleri olduğu ve hala kullanımda olduğu ifade edilmektedir. Minsky ve Pappert 1969'da yaptıkları çalışmada algılayıcıların XOR problemini çözmekte yeterli olmadığını, iki katmanlı ileri beslemeli ağların bu tarz problemleri çözebileceğini öne sürmüşlerdir. 1984 yılında ise Kohonen yapmış olduğu çalışmada sinirlerin düzenli sıralanarak eşleşebilmesi için danışmansız öğrenme ağlarını geliştirmiş ve literatüre önemli bir katkı sağlamıştır. 1987 yılında ise Elektrik elektronik mühendisliği Enstitüsü tarafından sinir ağları konulu ilk uluslararası konferans gerçekleştirilmiştir (Elmas, 2011: 28-29).

Zaman serileri ile yapılan tahminler gerek kamu sektörü gerekse özel sektörün geleceğe yönelik yapacağı planlamalarda son derece önemli bir yere sahiptir. Zaman serileri analizinde kullanılan birçok yöntem bulunmakla birlikte doğrusal zaman serileri analizinde en çok kullanılan yöntemlerin başında Box-Jenkins metodu gelmektedir. Fakat zaman serileri her zaman doğrusal ilişkiler içermemektedir. Bu durumda doğrusal olmayan zaman serilerini de modelleyebilecek yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde doğrusal olmayan zaman serileri analizinde sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında YSA'lar gelmektedir. Yapısında bulunan aktivasyon fonksiyonu sayesinde doğrusal ilişkilerin yanı sıra doğrusal olmayan ilişkileri de modelleyebilmektedir (Kaynar ve Taştan, 2009: 162).

Özellikle ekonomik zaman serileri politik, uluslararası ve doğal birçok şoktan etkilenmektedir. Bu durum ekonomik zaman serilerinde düzensiz bileşenin önemli ölçüde büyük kalacağı ve tahmin edilmesi son derece zor olacağı anlamına gelmektedir (Hansen & Nelson, 1997: 872). Yapıları gereği her zaman doğrusal bir özellik sergilemeyen ekonomik verilerin tahmininde tahmin zorlukları nedeniyle genellikle doğrusal yöntemlerle yapılabilmektedir. Fakat bu durum analizin olası doğrusal olmayan yapılar içermesi durumunda yanlış sonuçlar doğurabilecektir (Yurtoğlu, 2005: 35). Doğrusal olmayan kalıpları modelleme ve verilerden öğrenme yetenekleriyle YSA'lar, trend döngüsü ve mevsimsel bileşenleri belirlemek için önemli bir tahmin aracı sağlamaktadır (Hansen & Nelson, 1997: 872). YSA'ların en önemli özelliklerinden biri olan doğrusal olmayan yapıları da dikkate alabilmeleri bu çalışmada kullanılmasının başlıca sebeplerindendir.

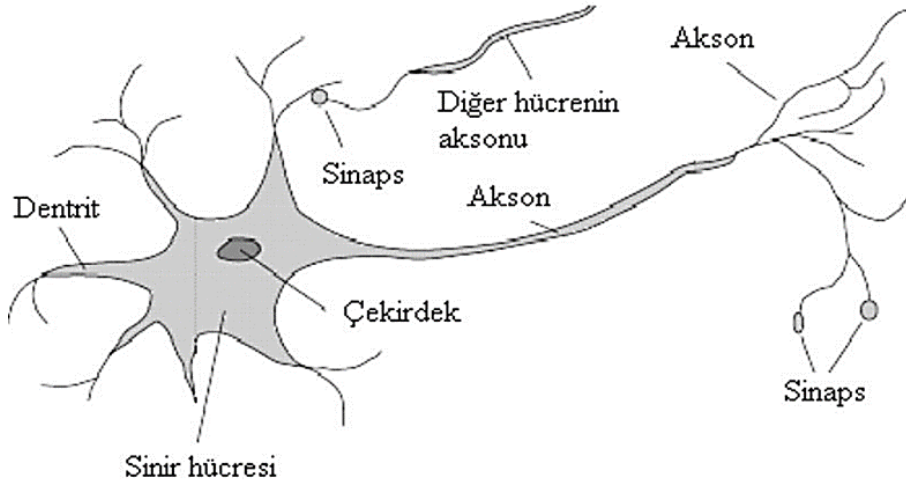
YSA modellerinin diğer doğrusal olmayan model sınıflarına göre önemli bir avantajı, çok geniş bir veri seti için yüksek doğruluk derecesine sahip tahminler üretmesidir. Ayrıca verilerdeki bilgilerin paralel işlenmesi, model oluşturma sürecinde önceden kabul edilen bir model formuna, ön bilgi ve varsayıma ihtiyaç duymaması YSA'ların üstün yönleri olarak ifade edilmektedir. YSA yönteminde model büyük ölçüde verilerin özellikleri tarafından belirlenmektedir (Zhang, 2003: 163). Bununla birlikte YSA'ları geleneksel yöntemlerden farklı kılan özellikleri de bu çalışmada kullanılan yöntem olarak seçilmesinde etkili olmuştur. Bu özellikler; matematiksel modele ihtiyaç duymaması, farklı öğrenme algoritmaları ile öğrenebilme yeteneği, hata toleransına sahip olması, görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretebilmesi, örüntü tamamlama, örnekleri kullanarak olayla ilgili genelleme yapabilme, eksik verilerle çalışabilme, çok sayıda değişken ve parametre kullanabilme, belirsiz ve dağınık bilgileri işleyebilme, problemdeki değişikliğe göre tekrar eğitilebilme, bilgilerin veri tabanları yerine ağ içinde saklanması şeklinde kısaca ifade edilebilir (Öztemel, 2006: 31-32-33; Elmas, 2011: 26; Hamzaçebi, 2011: 79-80; Öztürk ve Şahin, 2018: 29).

YSA'ların yukarıda ifade edilen özellikleri yöntemin avantajları olarak ifade edilmektedir. Bunun yanında YSA'ların birtakım dezavantajları da bulunmaktadır. İlk olarak YSA'da probleme uygun ağ yapısının belirlenmesinde herhangi bir kuralın olmaması ağ yapısının deneme – yanılma yöntemiyle belirlenmesi ve YSA'ların kara kutu özelliğine sahip olmalarından dolayı ağın davranışlarının açıklanmasının ve ağ ağırlıklarının yorumlanmasının zor olması YSA'ların en önemli dezavantajları olarak ifade edilmektedir. Bununla birlikte eğitim sürecinde ağ ağırlıklarının belirlenmesinde hatayı minimum yapan genel minimumu veren bir mekanizmanın olmaması da dezavantaj olarak görülmektedir (Öztemel, 2006: 34-35, Hamzaçebi, 2011: 81; Elmas, 2011: 26).

2.3.1. Yapay Sinir Ağı Ve Biyolojik Nöronlar

Gerçek bir sinir hücresinden yola çıkılarak geliştirilen YSA'ların yapısını anlayabilmek için canlı bir sinir hücresinin yapısını ortaya koymak gerekmektedir. Şekil 4'te biyolojik sinir hücresi yer almaktadır.

Şekil 4. Biyolojik Sinir Hücresi



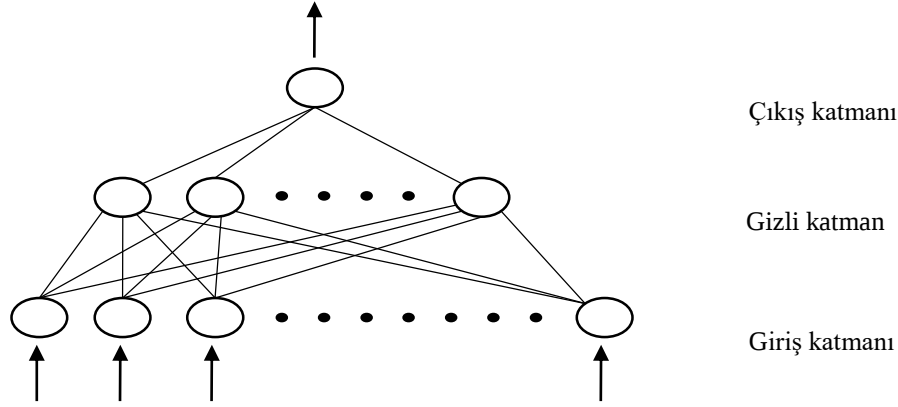
Kaynak: Yakıt ve Özkan, 2017: 288.

Doğal sinir hücrelerinin yapısına bakıldığında; hücrelerin dendrit, çekirdek, akson ve sinapslar olmak üzere dört temel bileşenden oluştuğu görülmektedir. Burada dendrit; diğer hücrelerden gelen sinyalleri sinir hücresinin çekirdeğine iletmekle görevlidir. Çekirdekte toplanan sinyallerin, diğer hücrelere iletilmesi akson tarafından gerçekleştirilmektedir. Akson bu işlemi gerçekleştirmek için uçlarında yer alan sinapslardan faydalanır. Ancak burada sinapslar tarafından diğer hücrelere bilgi aktarılmadan önce aksone gelen sinyal, bir eşiğe göre değerlendirilmekte ve aksondaki toplam sinyal indirgenerek diğer sinir hücrelerine aktarılmaktadır. Buradan hareketle öğrenme işleminin sinapslarda gerçekleştiği ifade edilebilir (Yılmaz, 2015: 11).

2.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Gerçek bir beyin yapısından esinlenerek geliştirilen YSA' lar, nöron ya da diğer adıyla işlemci olarak ifade edilen elemanlarının birbiriyle olan bağlantılarından meydana gelmekte ve ağ içerisindeki her bir nöron, kendisine bağlı girişleri işleyip bir çıkış sinyali üretmektedir (Svozil vd., 1997: 44) Şekil 5'te çok katmanlı ileri beslemeli bir YSA yer almaktadır.

Şekil 5. Üç Katmandan Oluşmuş Tipik Bir Çok Katmanlı İleri Beslemeli YSA



Kaynak: Svozil vd., 1997: 45.

Çok katmanlı ağ yapıları giriş katmanı, bir ya da daha çok sayıda gizli (ara) katman ve çıkış katmanından oluşmakta ve her bir katmanda yer alan nöronlar bir sonraki katmandaki nöronlarla bağlantılıdır. Aynı katmanda yer alan nöronlar arasında ya da geri besleme şeklinde bağlantı mevcut değildir. Giriş katmanından gelen bilgiler, giriş katmanı ve gizli katman arasındaki bağlantı ağırlıklarıyla çarpılmakta ve gizli katmana gönderilmektedir. Gizli katmandaki nöronlara gelen girişler toplanmakta ve gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki bağlantı ağırlıklarıyla çarpıldıktan sonra çıkış katmanına iletilmektedir. Çıkış katmanında yer alan nöronlar da kendilerine ulaşan bu girişleri toplayıp buna uygun bir çıkış üretmektedirler (Elmas, 2011: 43).

Giriş katmanı; yapay sinir hücresine dış dünyadan ya da ona bağlı diğer sinir hücrelerinden gelen girişlerin olduğu katmandır. Bu katmanda herhangi bir bilgi işleme söz konusu olmamakta, gelen girişler doğrudan bir sonraki katmana iletilir. Giriş katmanında giriş olarak verilen verilerin adedi kadar yapay sinir hücresi bulunmaktadır (Öztemel, 2006: 77).

Gizli (Ara) Katman; giriş katmanından gelen bilgilerin işlenerek bir sonraki katmana gönderildiği katmandır. Çok katmanlı bir YSA'da birden fazla gizli katman ve her katmanda birden fazla nöron (işlem elemanı) olabilmektedir. Bu katmandaki her bir nöron bir sonraki katmanda bulunan bütün nöronlara bağlıdır (Öztemel, 2006: 77). Birden çok nöronun yer aldığı bu katmanın en önemli rolü giriş katmanından kendisine gelen verileri belli bir fonksiyona göre işleyerek bir çıkış üretmesi ve bunu da çıkış katmanına iletmesidir. Buradan hareketle YSA'ların temel fonksiyonlarının bu katmanda gerçekleştiği söylenebilir. Problemin çözümüne göre gizli katmandaki nöron sayısı

arttırılabileceği gibi gizli katman sayısı da arttırılabilir (Yıldırım, 2014: 35). Gizli katmandaki nöron sayısı ağın en iyi çalışabileceği şekilde belirlenmelidir. Gizli katmandaki nöron sayısının çok arttırılması ağda genelleşme (ezberleme) sonucunu ortaya çıkarabilecektir (Elmas, 2011: 43).

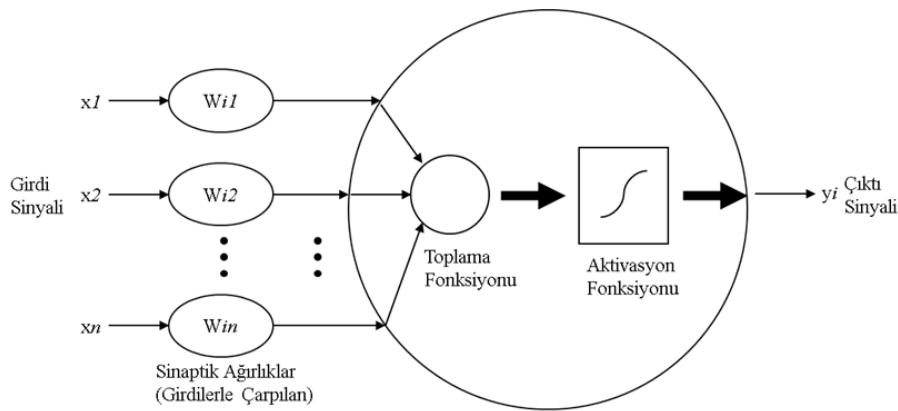
Çıkış Katmanı; YSA’larda son katman olan çıkış katmanı; gizli katmandan gelen bilgilerin işlenerek ağa giriş katmanından verilen girdilere karşılık ağın ürettiği çıktıları dış dünyaya aktarılmasını sağlayan katmandır. Dolayısıyla bu katmanın çıktıları YSA’nın da çıktıları oluşturur. Bu katmanda birden fazla nöron bulunabilir. Çıkış katmanında bulunan her bir nöron bir önceki katmandaki işlem elemanlarına bağlıdır ve burada her bir nöron tek bir çıktı üretmektedir (Öztemel, 2006: 77).

Ağ yapısı olarak gizli katmana sahip olmayan sadece giriş ve çıkış katmanlarından oluşan tek katmanlı yapılar da mevcuttur. Fakat bu yapıdaki YSA’lar karmaşık problemlerin çözümü noktasında yetersiz kalmaktadır. Bu bakımdan karmaşık hesaplamalar için en az bir gizli katmana sahip ağ yapısının olması gerekmektedir (Elmas, 2011: 42).

2.3.3. Yapay Sinir Hücresinin Temel Unsurları

YSA’ların çalışma mantığını anlayabilmek için; YSA’ları oluşturan ve işlem elemanı (nöron) olarak da adlandırılan yapay sinir hücrelerinin temel bileşenlerini açıklamak gerekmektedir. Yapay bir sinir hücresi; girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, transfer fonksiyonu ve çıktıdan oluşmaktadır. Şekil 6’da yapay bir sinir hücresine ait temel bileşenler gösterilmiştir Beckenkamp, 2002: 26):

Şekil 6. Yapay Sinir Hücresinin Temel Unsurları



Kaynak: Beckenkamp, 2002: 26.

Yapay sinir hücresinin giriş ve çıkış kanalları ve bir hücre gövdesi vardır. Sinapslar, hücre gövdesi ile giriş veya çıkış bağlantıları arasındaki, kendilerine bağlı bir ağırlığa sahip olan temas noktalarıdır. Yapay nöron iki kısma ayrılabilir: İlki, bağlantı güçleri tarafından tartılan sinaptik girdilerin basit bir entegratörüdür; ikincisi, entegratörün çıktısı üzerinde çalışan bir fonksiyondur. İkinci fonksiyonun sonucu sinir hücresinin çıktısı olacaktır (Beckenkamp, 2002: 26).

Yapay sinir hücresinin birkaç girişi (x_j) ve bir çıkışı (y_j) vardır. Her giriş bağlantısının, bağlantı gücünü (w_{ij}) kontrol eden ve genellikle gerçek bir sayı olan ilişkili bir ağırlığı vardır. Ağırlıklar engelleyici veya uyarıcı olabilir (tipik olarak negatif ve pozitif değerler). Net girdi, girdi değerlerinin karşılık gelen ağırlıklarla çarpılmasıyla ve eşik değeri ile (b_j) toplanması ile hesaplanır. Çıktı değeri, neti kullanan bir aktivasyon fonksiyonu uygulanarak hesaplanır. Aşağıdaki ilk denklem net girdiyi, ikinci denklem çıktı değerini göstermektedir (Beckenkamp, 2002: 27):

$$net_i = \sum_j x_j w_{ij} + b_j \quad (2.38)$$

$$y_i = f_i(net_i) \quad (2.39)$$

Girdiler; ($x_1, x_2, x_3 \dots x_j$) yapay sinir hücresine dış dünyadan, diğer sinir hücrelerinden ya da sinir hücresinin kendisi tarafından gelen bilgilerdir. Girdiler (YSA'nın öğrenmesinin istenildiği örnekler tarafından belirlenmektedir (Öztemel, 2006: 49).

Ağırlıklar; ($w_1, w_2, w_3 \dots w_j$) yapay sinir hücresine alınan girişlerin hücre üzerindeki etkisini ve önemini gösteren katsayılarıdır. Her bir girişin kendine ait bir ağırlığı bulunmaktadır. Ağırlık değerinin büyüklüğü giriş verisinin sinir hücresiyle güçlü bağlantısının olmasını veya sinir hücresi için önemli olmasını ifade etmektedir. Aynı şekilde küçük değere sahip olan ağırlıklar da giriş verisinin sinir hücresiyle zayıf bağlantısının olmasını veya sinir hücresi için önemli olmamasını ifade etmektedir (Elmas, 2011: 31).

Toplama (Birleştirme) Fonksiyonu; yapay sinir hücresine gelen net girdinin hesaplandığı fonksiyondur. Burada her gelen girdi değeri kendi ağırlığıyla çarpılarak toplanmakta ve böylece net girdi hesaplanmış olmaktadır. Uygulamada toplama fonksiyonu olarak ağırlıklı toplam fonksiyonu yaygın olarak kullanılmaktadır (Öztemel,

2006: 49). Toplama fonksiyonunun matematiksel gösterimi aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir (Yavuz ve Deveci, 2012: 171):

$$z_i = \sum_{i=1}^n (w_{ij}x_i + b_j) \quad (2.40)$$

Aktivasyon (Etkinlik) Fonksiyonu; toplama fonksiyonundan elde edilen net bilginin belirli bir işlemde geçirilerek hücre çıktısının elde edildiği fonksiyondur (Öztemel, 2006: 50). YSA ile ilgili modellerde ağı yapmış olduğu işe göre farklı aktivasyon fonksiyonu seçimi yapılmaktadır. Sıklıkla kullanılan aktivasyon fonksiyonları; tansig (tanjant sigmoid), logsig (logaritmik sigmoid) ve purelin (doğrusal) fonksiyonlarıdır. Tansig aktivasyon fonksiyonu [-1,+1] aralığında doğrusal olmayan bir değişim göstermektedir. Logsig aktivasyon fonksiyonu [0,1] aralığında doğrusal olmayan bir değişim göstermektedir. Purelin aktivasyon fonksiyonu ise doğrusal bir değişim göstermektedir (Altun vd.,2002). Bu fonksiyonun temel işlevi çok sayıda girdiye karşılık sınırları belirli bir alan içerisinde bir çıktı değeri üretmesidir (Yıldırım, 2014: 36). Uygulamada daha çok sigmoid fonksiyonu ve hiperbolik tanjant (tansig) fonksiyonu tercih edilmektedir (Yavuz ve Deveci, 2012: 171).

Transfer fonksiyonu olarak da ifade edilen aktivasyon fonksiyonu sinir hücresi, ağı girdileri ve ağı çıktıları arasındaki ilişkiyi belirlemekte ve YSA uygulaması için önemli olan doğrusal olmama durumunu da dikkate almaktadır (Zhang vd., 1998: 46-47).

Çıktı; aktivasyon fonksiyonundan elde edilen çıktı değeridir. Elde edilen bu çıktı değeri dış dünyaya ya da başka bir sinir hücresine gönderilebilir (Öztemel, 2012: 51). Toplama işlevinin sonucu aktivasyon fonksiyonundan geçirilip çıkışa gönderilmektedir. Sinir hücresi transfer fonksiyonunun eşik seviyesinin altında değer çıktı üretmez. Sinir hücresinin bir çıktı üretebilmesi için aktivasyon fonksiyonundaki eşik değerin üstünde bir değere sahip olması gerekmektedir (Elmas, 2011: 32). Çıktı değerinin matematiksel gösterimi aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir (Yavuz ve Deveci, 2012: 171):

$$y = f(z_i) = f\left(\sum_{i=1}^n (w_{ij}x_i + b_j)\right) \quad (2.41)$$

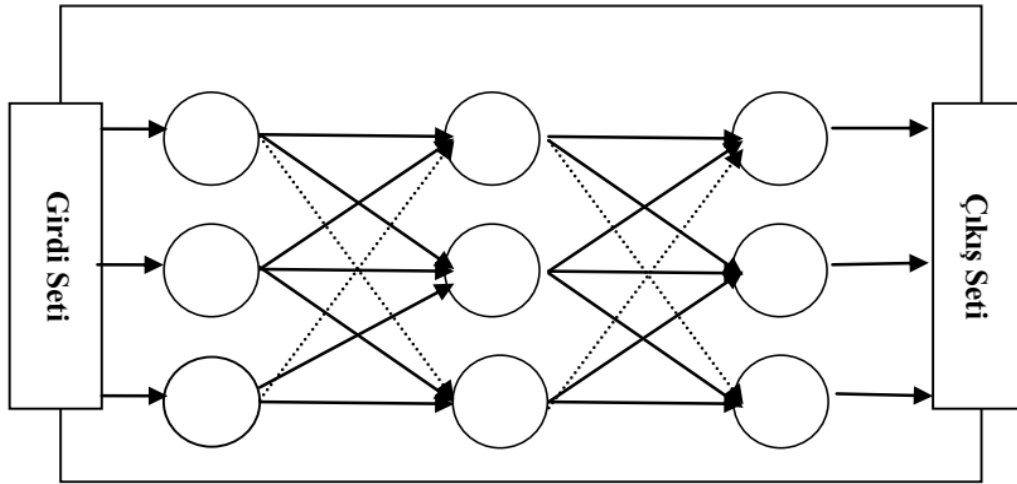
2.3.4. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

YSA'larla ilgili literatürde yapılan sınıflandırmalar genellikle üç temel unsura dayanmaktadır. Bunlar; bağlantı yapıları, öğrenme yöntemleri ve katman sayılarıdır. YSA'lar öğrenme şekillerine göre; danışmanlı, danışmansız ve takviyeli öğrenme şeklinde sınıflandırılmaktadır (Hamzaçebi, 2011: 19).

2.3.4.1. Bağlantı Yapılarına Göre

YSA'lar bağlantı yapılarına göre, ileri beslemeli ağlar ve geri beslemeli ağlar şeklinde sınıflandırılmaktadır. İleri beslemeli ağlarda; veri akışı ileriye doğru olmaktadır. Veriler sırasıyla giriş katmanından çıkış katmanına doğru ilerlemektedir. İleri beslemeli ağlarda geri besleme bulunmamaktadır (Hamzaçebi, 2011: 20). Şekil 7'de ileri beslemeli yapay sinir ağı görülmektedir.

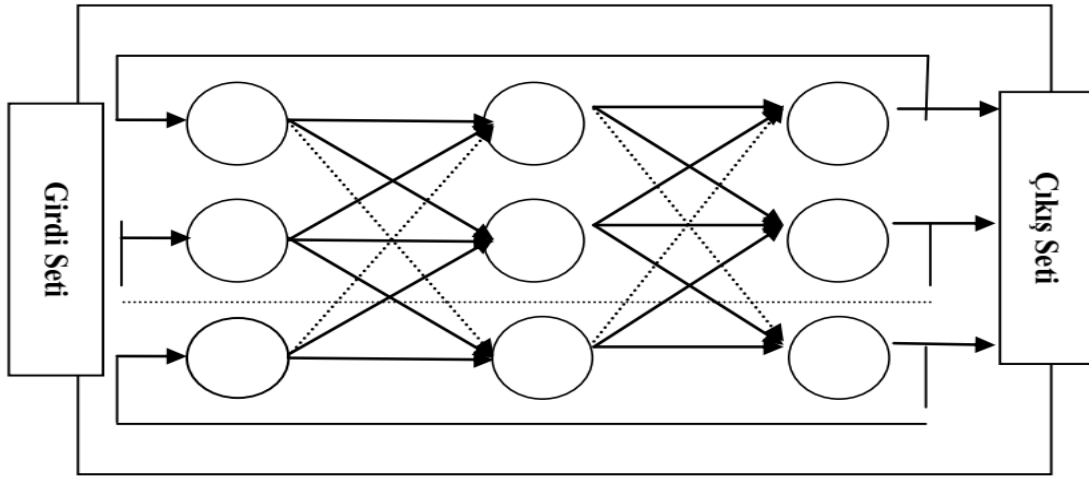
Şekil 7. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı



Kaynak: Yavuz ve Deveci, 2012: 173.

Geri beslemeli ağlar ise veri akışı sadece ileriye doğru gerçekleşmemekte aynı zamanda geriye doğru veri akışı da söz konusu olabilmektedir. Geri beslemeli ağlarda ağın çıktısı girdi olarak da kullanılabilir (Hamzaçebi, 2011: 20). Geri beslemeli ağlarda ağların döngü oluşturması söz konusudur. Bu nedenle bu ağ yapısında ileri beslemeli ağlarda olan verilen girdiye hızlı bir şekilde karşılık verme durumu söz konusu değildir. Bu nedenle bu tip ağ yapılarında eğitim süreci daha uzun sürmektedir (Yurtoğlu, 2005: 28). Şekil 8'de geri beslemeli yapay sinir ağı görülmektedir.

Şekil 8. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağı



Kaynak: Yavuz ve Deveci, 2012: 174.

2.3.4.2. Öğrenme Şekillerine Göre

YSA'ların en temel özelliklerinden birisi öğrenebilme yeteneği; ağıın veri yapısındaki ilişkiyi probleme ilişkin örnekler vasıtasıyla öğrenmesiyle ilgilidir (Hamzaçebi, 2011: 21). YSA'larda öğrenme; sistem bilgisini temsil eden ağırlıkları bulma süreci olarak ifade edilmektedir. Uygulamada, öğrenme süreci, belirli bir girdi verisi verildiğinde, çıktı değerlerini uygun hale getirmek için ağırlık değerlerinin güncellenmesi yoluyla gerçekleştirilmektedir (Beckenkamp, 2002: 33).

YSA' larda bilgi ağıdaki bağlantı ağırlıklarında depolanmaktadır. YSA'lar öğrenme sürecinde istenilen işlevi yerine getirecek şekilde bağlantı ağırlıklarını güncelleyerek öğrenme işlemini gerçekleştirmektedirler. Bağlantı ağırlıklarının belirli bir öğrenme yöntemine göre değiştirilebildiği ağılar eğitilebilen veya öğrenen ağılar olarak ifade edilmektedir (Elmas, 2011: 87). Bağlantı ağırlıklarının değerlerini değiştirmede kullanılan çeşitli öğrenme algoritmaları bulunmaktadır. Bunlar temelde danışmanlı öğrenme (denetimli) ve danışmansız (denetimsiz) öğrenme olarak iki kategoriye ayrılmaktadır (Beckenkamp, 2002: 33).

Danışmanlı öğrenmede; YSA'ya girdi verileri ve buna ilişkin çıktı değerlerinden oluşan eğitim bilgileri sağlanmaktadır. YSA rastgele olarak seçilen başlangıç ağırlıklarını kullanarak girdi verilerini işlemekte ve buna karşılık bir çıktı üretmektedir. Bu aşamada YSA tarafından giriş verilerine karşılık üretilen çıktı değerleri ile gerçek çıktı değerleri arasındaki fark hata değeri olarak önceden belirlenen değerden küçük oluncaya kadar

eđitime devam edilmektedir. Hata deęerinin istenilen deęerin altına dūřmesi ile tūm aęırlıklar sabitlenmekte ve eđitim iřlemi sona ermektedir (Elmas, 2011: 88).

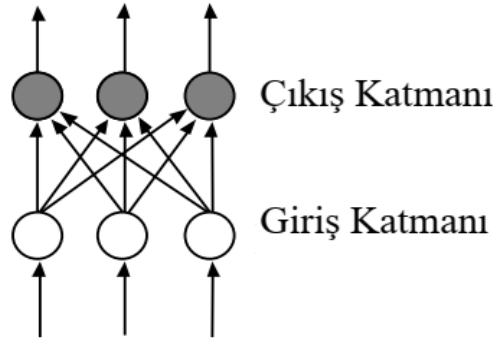
Danışmansız ōđrenmede ise; YSA'ya girdi verileri verilmekte fakat buna karşılık çıktı değerleri verilmemektedir. Burada YSA'lar girdi verilerini gruplandırmak için hangi ōzellikleri kullanacağına kendisi karar vermektedir. YSA herhangi bir yōnlendirme olmaksızın girdi verisi içerisinden anlamlı veriler çıkarmaktadır (Yurtoğlu, 2005: 25).

YSA'larda bir başka ōđrenme yōntemi de Takviyeli ōđrenmedir. Destekleyici ōđrenme olarak da ifade edilen bu yōntemde çıktılar sisteme verilmemektedir. Ađa sağlanan girdi değerlerine karşılık ağın ōrettiđi çıktı değerleri için, negatif ve pozitif değerler ōretilerek ağın ağırlıklarını gūncellemesi sağlanır (Hamzaçebi, 2011: 22).

2.3.4.3. Katman Sayılarına Gōre

Katman sayılarına gōre YSA'lar tek katmanlı ve çok katmanlı olarak iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Tek katmanlı (Single-layer) YSA'lar; bir adet giriş katmanı ve bir adet çıkış katmanından oluşan basit bir ađ yapısına sahiptir. şekil 9'da gōrūldūđu gibi tek katmanlı YSA'lar, giriş verisinin çıkış verisiyle ilişkilendirildiği doğrusal bir yapı sergilemektedir (Beckenkamp, 2002: 30).

şekil 9. Tek Katmanlı İleri Beslemeli YSA



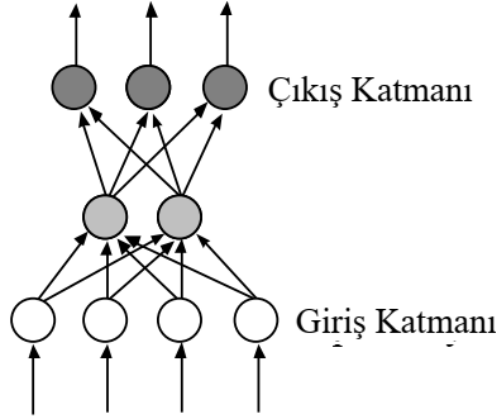
Kaynak: Beckenkamp, 2002: 30.

Gizli katmanlara sahip olmayan sadece giriř ve çıkıř katmanından oluřan tek katmanlı YSA'lar dođrusal olmayan, karmařık problemlerin ōzūmūnde yetersiz kalmaktadır. Bu bakımdan karmařık problemlerin ōzūmūnde kullanılacak ađ yapısının en az bir ara katmana sahip olması gerekmektedir (Elmas, 2011: 42).

Çok katmanlı (Multilayer) YSA'lar; řekil 10'da gōrūldūđu gibi tek katmanlı ađlardaki giriř ve çıkıř katmanından farklı olarak bir veya daha fazla sayıda gizli nōron

katmanına sahip ağlardır. Bu ağ yapısında bağlantı sayıları ve nöral iterasyonlar daha çok sayıda olduğundan çok katmanlı YSA'lar daha üst düzey problemlerin çözümünde daha etki olmaktadır. (Churchland ve Sejnowski, 1992; Haykin, 1994; Aktaran: Beckenkamp, 2002: 30).

Şekil 10. Çok Katmanlı İleri Beslemeli (MLP) YSA



Kaynak: Beckenkamp, 2002: 31.

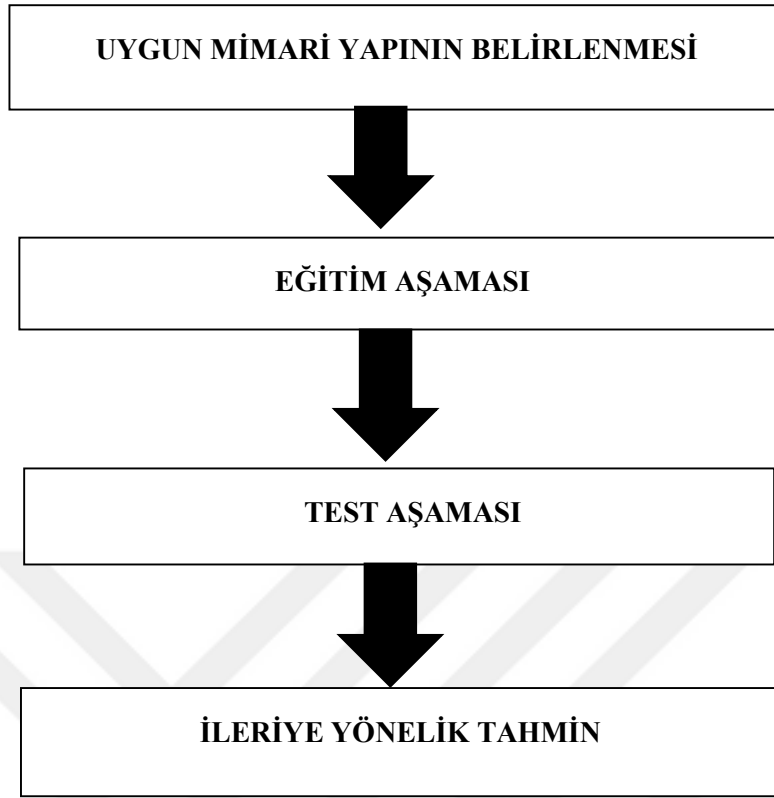
Çok katmanlı ileri beslemeli YSA yapısı uygulamada en popüler olan ağlardır. Bu ağ yapısında danişmalı öğrenme yapısı kullanılmakta ve ağın eğitimi aşamasında gerçek hayattaki çıktılar ve ağın hesapladığı çıktılar arasındaki farkın karesel toplamını minimize olana kadar ağırlıklar güncellenmektedir (Svozil, vd., 1997: 44-45).

YSA'nın eğitimi aşamasında ağırlık güncelleme işlemi seçilen eğitim algoritmasına göre yapılmaktadır. Çok katmanlı ileri beslemeli YSA'larda anlaşılması kolay ve matematiksel olarak ispatlanabilmesi nedeni ile en yaygın olarak Geri Yayılım Algoritması (Back-Probagation) kullanılmaktadır. Bu algoritma, hataları çıkış yönünden giriş yönüne doğru azaltmaya çalışması nedeni ile geri yayılım algoritması olarak adlandırılmıştır (Kaynar ve Taştan, 2009: 165).

2.3.5. Yapay Sinir Ağları ile Geliştirilen Modelin Aşamaları

YSA'larda geliştirilen model Şekil 11'de görüldüğü gibi dört aşamadan meydana gelmektedir. Bunlar; uygun mimari yapının tasarımı, eğitim, test ve tahmin aşamalarıdır.

Şekil 11. Yapay Sinir Ağı Modelleme Aşamaları



2.3.5.1. Uygun Mimari Yapının Oluşturulması

YSA’da en kritik aşama problemi çözüme kavuşturacak mimari yapının oluşturulmasıdır. Bu aşamada gizli katman sayısı, gizli katmandaki nöron sayısı, gecikme sayısı gibi parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Uygun mimari yapının belirlenmesinde pratik kurallar sunan çalışmalar (örneğin gizli katmanın boyutunun giriş katmanı boyutu ile çıkış katmanı boyutu arasında bir yerde olması gibi) olsa da bunların çok mantıklı olmadığı ifade edilmektedir (Svozil vd., 1997: 47). YSA’da uygun mimari yapı oluşturulurken parametrelerin belirlenmesinde kesin yöntemler bulunmamakta, bu parametreler sezgisel yaklaşımla deneme yoluyla belirlemektedir. Bu yüzden YSA da mimari yapının oluşturulması bir bilimden ziyade sanat olarak ifade edilmektedir (Zhang vd., 1998: 42).

Çok karmaşık verilerin olması durumunda YSA mimarisi tasarlanırken gizli katman ve bu katmanlarda yer alan nöron sayısı artırılabilir. Fakat burada gizli katman sayısının ve bu katmanda yer alan nöron sayısının artırılmasının hesaplama süresinin uzamasına ve ağıın öğrenmesinden ziyade ezberlemesine neden olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Hamzaçebi, 2011: 72-73). Gizli katman ve nöron sayılarının artırılarak parametre setinin genişletilmesi uygulamada “overfitting” problemi olarak

adlandırılmaktadır (Zhang vd., 1998: 56). Gereğinden fazla sayıda nöron kullanmanın sistemi daha karmaşık hale getirebileceği fakat gereğinden az sayıda nöron kullanmanın da ağırlık genelleştirme yeteneklerini ve bilgi işlem gücünü kısıtlayabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Ruhen & Chen, 2018: 2672).

Bu aşmada verilmesi gereken diğer önemli kararlar ise aktivasyon fonksiyonu ve veri normalizasyon yöntemlerinin seçimidir (Hamzaçebi, 2011: 70). Gizli katmanda kullanılacak aktivasyon fonksiyonunun seçiminde çoğunlukla çok kez türevi alınabilen fonksiyonlar tercih edilmektedir. Tahmin amaçlı kullanılan YSA'larda genellikle literatürde gizli katmanda hiperbolik tanjant (tansig) fonksiyonu veya sigmoid (lojistik) fonksiyonu kullanılmaktadır (Zhang, 1998: 47; Kırbaş, 2018: 30). Çıktı katmanı için kullanılacak aktivasyon fonksiyonu ile ilgili ortak bir yaklaşım bulunmamaktadır (Zhang, 1998: 47).

Sigmoid (lojistik) fonksiyonu (2.42) no'lu eşitlikte ve hiperbolik tanjant (tansig) fonksiyonu (2.43) no'lu eşitlikte gösterilmiştir (Kırbaş, 2018: 30).

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2.42)$$

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (2.43)$$

YSA'da eğitim sürecine başlanmadan önce mutlaka verilerin normalize edilmesi gerekmektedir. Veri setinde uç değerlerin bulunması hesaplama hatalarına neden olabilecektir. Bu bakımdan girdi ve çıktıya ilişkin verilerin normalize edilmesi gerekmektedir. Normalize aralığı seçilen aktivasyon fonksiyonuna bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin; hiperbolik tanjant (tansig) fonksiyonu kullanılmış ise normalizasyon aralığı [-1,1] olarak, sigmoid (jojistik) fonksiyonu kullanılmış ise normalizasyon aralığı [0,1] olarak belirlenmektedir (Zhang, 1998: 49).

YSA yöntemi herhangi bir zaman serisinin varyasyonunun (örneğin rejim değişimlerini ve yapısal kırılmaları) büyük bir bölümünü yakalayabildiğinden mevsimsel olan serileri de kolay bir şekilde modelleyebilmektedir (Frances & Draisma, 1997: 274; Alon vd.,2001: 147). YSA yönteminde verilerin mevsimsel özelliğe sahip olması durumunda; YSA'ların örüntü tanıma özelliklerinden dolayı yapısındaki mevsimselliği öğrenebileceğini bunun için ayrıca mevsimsellikten arındırma işlemine gerek olmadığı yapılan çalışmalarda ifade edilmektedir (Hamzaçebi, 2008: 4551). Çuhadar (2013) tarafından yapılan çalışmada orjinal veri ile oluşturulan YSA modellerinin

mevsimsellikten arındırılmış veri ile oluşturulan YSA modellerine göre daha iyi sonuç verdiği ifade edilmiştir. Ve bu sonucun verilerin mevsimsellikten arındırılmasının örüntüyü ortadan kaldırdığı ve YSA'ların doğrusal olmayan yapıları da modelleyebildiği görüşünü destekler nitelikte olduğu ifade edilmiştir (Çuhadar, 2013: 5286).

2.3.5.2. Eğitim Aşaması

YSA modeli için ilk aşamada, en başarılı sonucu verecek olan mimari yapı, katman sayısı ve katmanlardaki nöron sayısı belirlendikten sonra ikinci aşama olarak eğitim aşamasına geçilmektedir. YSA'da eğitim aşaması kısaca katmanlarda yer alan nöronlar arasındaki bağlantı ağırlıklarının güncellenmesi işlemi olarak ifade edilebilir. Başlangıçta rasgele olarak seçilen ağırlık değerleri, ağa sağlanan girdi ve çıktı verileri arasındaki ilişkiye göre ideal sonuca ulaşmaya kadar güncellenir. (Öztemel, 2012: 55). Eğitim aşamasında ağa sunulan veri seti için ortalama karesel hata (MSE) fonksiyonunu minimize eden ağırlık değerlerinin bulunması amaçlanır (Karahana, 2015: 202).

Ağ ağırlıklarının güncellenmesi seçilen öğrenme kurallarına göre gerçekleşmektedir. Problemin yapısına göre çeşitli öğrenme algoritmaları mevcuttur. Genel olarak doğrusal olmayan optimizasyon problemi için optimal çözümü garanti edecek mevcut bir algoritma yoktur. YSA'da eğitim algoritması olarak kullanılan en popüler algoritma geri yayılım algoritmasıdır (Zhang, 1998: 48). Bir geri yayımlı sinir ağı, çıktı katmanındaki eğitim öğelerini modelleyerek ağırlıkları sürekli olarak güncellemektedir. YSA'dan gelen çıktı değeri gerçek değerle karşılaştırılmakta ve ağ üzerinden hata geriye doğru yayılmaktadır. Bu hata daha sonra bağlantıların ağırlıklarını düzenlemek için kullanılmaktadır. Hata kabul edilebilir bir seviyeye gelinceye kadar süreç tekrarlanmaktadır (Law, 2000: 334).

Uygulamada “Bayesian Regularization” eğitim algoritmasının standart geri yayılım algoritmalarına kıyasla daha sağlam olduğu ve normal regresyon yöntemlerinde bulunan çapraz doğrulama sürecine ihtiyaç duymaması nedeni ile önemli bir avantaja sahip olduğu ifade edilmektedir (Burden & Winkler, 2008).

Özellikle veri setinin küçük olduğu durumlarda eğitim algoritması olarak Bayesian Regularization önerilmektedir. Bu algoritmanın, diğer eğitim algoritmalarına göre daha fazla zaman aldığı ancak veri setinin küçük olduğu yerlerde daha iyi genelleme yapabildiği MATLAB “derin öğrenme” araç kutusunda bulunan “ntstool” programı içerisindeki eğitim algoritması seçiminde belirtilmektedir (Beale vd., 2019a). Ayrıca daha

geniş veri setinin olduğu çalışmalarda algoritmanın yüksek yakınsama hızı nedeniyle eğitim algoritması olarak sıklıkla Levenberg Marquardt kullanılmaktadır (Konu ve Ata , 2022; Tchorzewski ve Wrobel, 2011; Mao vd., 2010; Başaran vd., 2010).

Eğitim aşamasında mevcut veriler eğitim, doğrulama ve test verisi şeklinde gruplara ayrılmakta ve mevcut veri seti içerisinde belirli bir oranda seçilen eğitim verileri; YSA'nın öğrenmesi için doğrulama verileri; eğitim sürecinin durdurulacağı zamanın belirlenmesi için test verisi ise YSA sonuçlarının geliştirilebilmesi için kullanılmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalarda genellikle eğitim-doğrulama ve test verileri sırasıyla %80- %10 - %10 ya da %70 - %15 - %15 ya da %60 - %20 - %20 şeklinde kullanılmaktadır (Hamzaçebi, 2011: 76-77).

2.3.5.3. Test Aşaması

YSA 'da eğitim sürecinin tamamlanmasından sonra ağın yeterince öğrenip öğrenmediğini ölçmek için ağın test edilmesi gerekmektedir. Bu aşamada YSA'ya daha önce görmediği veriler girdi olarak verilmekte ve YSA'nın bunlara karşılık çıktı üretmesi sağlanmaktadır. Test aşamasında ağın YSA'nın ağırlık değerlerinde herhangi bir değişiklik yapılmamaktadır. Bu aşamada test için verilen girdilere karşılık YSA tarafından üretilen çıktılar karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda YSA'nın ürettiği çıktılar doğruluk dereceleri hakkında bilgi sağlamaktadır (Öztemel, 2006: 55). Bu aşamada ağın en az hata payı ile tahmin yapması amaçlandığından algoritmanın gerçek dünyadaki değerlere yaklaşıp yaklaşmadığı kontrol edilmektedir (Karahan, 2015: 202).

2.3.5.4. İleriye Yönelik Tahmin Aşaması

YSA modelleme sürecinde eğitim ve test aşamasının tamamlanmasından sonra geleceğe yönelik tahmin aşamasına geçilmektedir. Geleceğe yönelik tahmin amacıyla seçilecek olan YSA modeli belirlenirken deneme niteliğindeki modellerin tahmin performansları kıyaslanmaktadır. Tahmin performanslarının kıyaslanmasında uygulamada çeşitli kriterler kullanılabilir.

Modelin performansı, belirleme katsayısının (R^2) değeri kullanılarak ölçülebilmektedir (Khan & Gupta, 2020: 13; Wlahogianni & Karlaftis, 2013: 20). R^2 bağımsız parametre tarafından açıklanan bağımlı parametredeki varyans oranını yansıtmaktadır. R^2 'nin daha yüksek değeri, modelin bağımlı parametredeki değişimi

açıkladığını göstermektedir. Yine Ortalama Karesel Hata (MSE) da tahmin edilen değerler ile ölçülen miktarın gerçek değerleri arasındaki farkı ölçmenin yollarından biri olarak kullanılan yöntemlerden biridir (Khan & Gupta, 2020: 13). Bu yöntemlerin dışında tahmin performansının belirlenmesinde, literatürde “Ortalama Mutlak Hata” (MAD), “Tahmin Hatalarının Kümülatif Toplamı” (CFE), “Hataların Standart Sapması” ve “Ortalama Mutlak Yüzde Hata”(MAPE) gibi ölçütler de kullanılabilir (Krajewski vd., 2016: 301-302). Bu ölçütler YSA’nın eğitimi aşamasında da kullanılabilir; ancak genellikle eğitim aşamasında ortalama karesel hata ya da toplam karesel hata ölçütleri kullanılmaktadır (Hamzaçebi, 2011: 79).

Genel olarak, modelin tahmin edilen değerinin gerçek değeri ile ne kadar ilişkili olduğunu göstermek için bir hata otokorelasyon grafiği de kullanılabilir (Namasudra vd., 2021; Ruhen & Chen, 2018: 2672; Fang, 2018: 14). Ağa ilişkin hataların karşılıklı bağımsız ve korelasyonsuz olması gerekmektedir. Hata otokorelasyon grafiğinde ancak gecikme 0 olduğunda otokorelasyon maksimuma ulaşmaktadır. Diğer gecikmelerde otokorelasyon, güven aralığı korelasyonunu ne kadar az aşarsa, tahmin performansı da o kadar iyi demektir (Ruhan & Cheng, 2018: 2672).

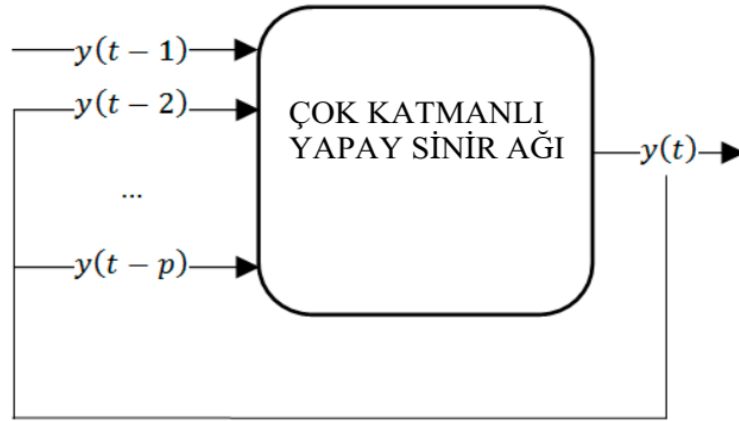
2.3.6. NAR Modeli

Yapay sinir ağı yönteminde geçmiş gözlem verilerinden hareketle gelecek dönemlerin tahmin edilmesine dayanan modeller Şekil 12’deki gibi NAR (Nonlinear Autoregressive Doğrusal Olmayan Otoregresif) ağı olarak ifade edilmektedir. NAR modelinde geçmiş gözlem verileri giriş verileri ($y_{(t-1)}, y_{(t-2)}, \dots, y_{(t-p)}$) olarak serinin gelecek değeri (y_t) çıktı olarak alınmakta ve geçmiş gözlem verilerinden hareketle serinin gelecek değeri tahmin edilmektedir. Model matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Zhang, 2003: 163).

$$y_t = f(y_{(t-1)}, y_{(t-2)}, \dots, y_{(t-p)}, w) + \varepsilon_t \quad (2.44)$$

Burada d; geri besleme gecikme sayısıdır. (p=4 için 1: 4 olarak gösterilir). w; tüm parametrelerin bir vektörüdür ve f, ağ yapısı ve bağlantı ağırlıkları tarafından belirlenen bir fonksiyondur. Bu nedenle sinir ağı, doğrusal olmayan bir otoregresif modele eşdeğerdir (Zhang, 2003: 163).

Şekil 12. Doğrusal Olmayan Otoregresif Yapay Sinir Ağı (NAR)



Kaynak: Ruiz vd., 2016.

NAR ağı YSA'lar arasında birkaç katmandan oluşan ve geri bildirim bağlantılarına sahip dinamik bir tekrarlayan ağ yapıları sayesinde doğrusal olmayan zaman serilerinin tahmininde güçlü bir model sınıfı olarak ifade edilmektedir. NAR modelinde gelecekteki değerler yalnızca çıkış sinyalinin önceki değerlerine (p) bağlıdır. Çok adımlı bir tahmin gerçekleştirmek için kapalı döngü NAR ağı kullanılır. d gelecekteki tahmin adımlarını göstermek üzere kapalı döngü NAR ağının çıkışı aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Wang vd., 2017: 1120; Benmouiza & Cheknane, 2016: 950).

$$y_{(t+d)} = f(y_{(t-1)} + y_{(t-2)} + \dots + y_{(t-p)}, w) + \varepsilon_t \quad (2.45)$$

Geleceğe yönelik tahmin için kullanılacak NAR ağının oluşturulmasında en önemli nokta ağdaki gizli katman sayısının ve nöron sayısının belirlenmesidir. Ağdaki nöron sayısının belirlenmesinde farklı algoritmalar önerilmiş olsa da yaygın olarak deneme yanılma yöntemi kullanılmaktadır (Wei vd., 2012: 977).

NAR ağında çıkış sinyalinin bir sonraki değeri, çıkış sinyalinin önceki değerlerine geri döndürülmektedir. Ağın bu dinamik yapısı sayesinde ileri besleme ağına giriş daha doğru bir şekilde sağlanmaktadır. Bu özelliği nedeniyle NAR ağının çok adımlı öngörü için diğer yöntemlere kıyasla daha kesin sonuç verdiği ifade edilmektedir (Benmouiza & Ali Cheknane, 2016: 950).

2.3.7. NARX Modeli

NARX (Nonlinear Autoregressive Network with Exogenous Inputs- Doğrusal Olmayan Otoregresif Dış Değişkenli Ağ) geliştirilmiş bir NAR modeli olarak ifade edilmektedir. Bu ağlar dış (exogen) girdilere sahip doğrusal olmayan otoregresif

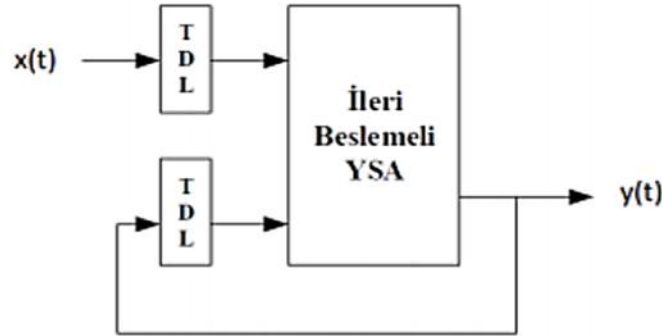
modellerdir. Diğer otoregresif ağların aksine NARX ağları gizli nöronlardan ziyade yalnızca çıkış nöronundan gelen sınırlı bir geri bildirime sahiptir (Siegelmann vd., 1997: 208). Model matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Lin vd., 1996: 1330):

$$y(t) = f(x(t-1), \dots, x(t-d), y(t-1), \dots, y(t-d)) \quad (2.46)$$

Burada $x(t)$; t zamanında dışsal girdinin gözlemini, $y(t)$; t zamanında ağın çıktısını göstermektedir. d ise geri besleme uygulanacak geçmiş girdi ve geçmiş çıktı sayılarını göstermektedir.

Şekil 13'te görüldüğü gibi NARX modelinde, bir $y(t)$ zaman serisinin gelecek değerleri, $y(t)$ 'nin geçmiş gözlem değerleri ve bağımsız (dış) $x(t)$ serisinden tahmin edilmektedir. Bu bakımdan Doğrusal Olmayan Otoregresif (NAR) modelle karşılaştırıldığında, NARX, $y(t)$ zaman serisini tahmin etmek ve model parametrelerindeki dış koşullara bağlı değişiklikleri tespit etmek için harici (dışsal) girdileri dikkate almaktadır (Raptodimos & Lazakis, 2020: 445).

Şekil 13. Doğrusal Olmayan Otoregresif Dış Değişkenli Yapay Sinir Ağı (NARX)



Kaynak: Boussaada vd., 2018: 4.

NARX ağı zaman serilerinde tahmin amacıyla kullanıldığında ileri beslemeli ve zaman gecikmeli sinir ağı şeklinde tasarlanmaktadır. Çıktıların gecikmeli değerlerinin geri besleme döngüsü sayesinde tahmin performansı büyük ölçüde artmaktadır (Menezes & Barreto, 2008: 3336; Xie vd., 2009: 1275).

NARX modeli ileri beslemeli geri yayılım ağları olarak tasarlanmıştır. Eğitim sırasında, tüm girdiler ve hedef değerler ağı sunulduktan sonra ağı ağırlıkları güncellenmektedir. NARX modelinde girdiler sadece gecikmeli hedef değerler ve gecikmeli harici girdi değerleri olduğundan, ağlar otoregresif bir yapıya sahiptir. Bu ağların eğitiminde genellikle Bayezyan geri yayılım algoritması birincil olarak kullanılmaktadır. Bu algoritma ağırlık değerlerini Levenberg-Marquard optimizasyonuna

göre güncellemektedir Bu algotirma aşıı eğitimden kaçınan daha iyi bir genellme yapabilen bir ağ oluşturmak için karesel hataların minimum olduğu bir kombinasyon belirlemektedir (Raptodimos & Lazakis, 2020: 445).

Genellikle kısa vadeli tahminler için kullanılan NARX ağı, gelecekteki dışsal girdilerin değerlerinin bilinmesi durumunda uzun vadeli tahminler için de kullanılabilir. Bu durumda bir adım ilerideki tahmininin çıktısı tekrarlı bir süreçte takip eden tahmin için girdi olarak kullanılmaktadır (Raptodimos & Lazakis, 2020: 445).



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

1. LİTERATÜR

Literatürde Türkiye’de büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamalarının zaman serilerinde kullanılan geleneksel modellerle ya da yapay sinir ağı (YSA) yöntemiyle gelecek dönemlere ilişkin tahminini konu alan herhangi bir çalışmanın bulunmaması bu çalışmanın yapılmasındaki temel motivasyonlardan biridir. Literatürde yer alan çalışmalar genel olarak kamu harcamaları, kamu gelirleri, bütçe açıkları ve bütçe dengesinin tahmin edilmesine ilişkindir. Söz konusu çalışmaların da büyük bir kısmı nicel tahmin modelleri içinde yer alan ilişkisel modellere dayanmakta ve geleceğe yönelik tahmin içermemektedir. Bu çalışmalar aşağıda özet olarak verilmiştir.

Başaran vd., (2010) çalışmalarında Türkiye’de Devlet Planlama Teşkilatı ve Sayıştay olmak üzere iki kamu kurumunun 1973-2008 dönemindeki kamu harcamalarını YSA kullanarak tahmin etmişlerdir. Veri seti olarak Devlet Planlama Teşkilatı ve Sayıştay’ın 1973-2008 dönemindeki yıllık kamu harcamaları kullanılmıştır. En iyi mimari yapının seçiminde tahmin performans ölçütü olarak minimum karekök ortalama karesel hata (RMSE) kullanılmıştır. Algoritmanın yüksek yakınsama hızı nedeniyle eğitim algoritması olarak Levenberg Marquardt algoritması kullanılmıştır. Ağların tüm nöronlarında lojistik aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Devlet Planlama Teşkilatı harcamalarının tahmininde giriş katmanında 3 ve gizli katmanda 7 nöron bulunan YSA’nın Sayıştay’ın harcama tahmininde giriş katmanında 1 ve gizli katmanda 4 nöron bulunan YSA’nın başarılı sonuçlar verdiğini ve bu yöntemin kamu kurumlarının orta vadeli harcamalarını doğru bir şekilde tahmin etmek için kullanılabilecek bir yöntem olduğu ifade edilmiştir.

Hotunoğlu ve arkadaşları (2013) çalışmalarında Türkiye’nin bütçe dengesinin tahmin edilmesinde YSA’nın kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bütçe açıklarının; işsizliğin, enflasyonun, kamu borçlarının, genel seçimlerin, yerel seçimlerin ve ekonomik krizlerin bir fonksiyonu olarak modellendiği çalışmada 1980-2010 dönemini kapsayan yıllık veriler kullanılmıştır. Bütçe açıkları ve bütçe açıklarının belirleyicilerinden olan kamu borçları çalışmada GSYİH’nın oranı olarak kullanılmıştır. Veriler 0 ve 1 aralığında normalize edilmiştir. Bütçe dengesi tahmininde hata geriye yayılma yöntemli ileri

sürümlü YSA kullanılmıştır. Ağın eğitim performansının ölçülmesinde ortalama karesel hata (MSE) performans ölçütü olarak kullanılmıştır. Model performansının ölçülmesinde Hata Kareleri Ortalaması (HKO), Hatanın Mutlak Ortalaması ve Korelasyon Katsayısı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların karşılaştırılabilmesi için bütçe açıkları En Küçük Kareler (EKK) yöntemi ile de tahmin edilmiştir. 8 nörondan oluşan bir girdi katmanı, tek nörondan oluşturan iki gizli katman ve tek nörondan oluşan çıktı katmanından oluşan bir ağ yapısı kullanılarak Türkiye'nin 2004-2010 dönemi bütçe dengesi tahmini gerçekleştirilmiştir. Tahmin sonuçları ile gerçekleşen bütçe dengesine çok yakın olduğundan YSA yönteminin Türk bütçe dengesinin tahmininde kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Aydemir (2020) çalışmasında; YSA yöntemi ile bütçe gelirleri üzerinde etkili olan değişkenlerin önemini değerlendirmek amacıyla yönelik bir tahmin gerçekleştirilmiştir. Bütçe gelirleri üzerinde etkili olan değişkenler olarak kamu harcamaları, para arzı, işsizlik oranı, mevduat faiz oranı, tüketici güven endeksi, tüketici fiyat endeksi, açılan şirket sayısı, sanayi üretim endeksi ve dolar kuru alınmıştır. 2016: 1 – 2019: 5 dönemine ait girdi verilerinin tamamı aylık olarak ele alınmıştır. Uygun modelin belirlenmesinde hata kareleri toplamı (SSE) kriteri, aktivasyon fonksiyonu olarak gizli katmanda hiperbolik tanjant (tansig) çıktı katmanında sigmoid kullanılmıştır. En iyi performansa sahip giriş katmanında 9 nöron ve gizli katmanda 7 nöron bulunan YSA ile bağımsız değişkenlerin bütçe geliri üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur. Bütçe gelirleri üzerinde birinci sırada etkili olan değişkenin TÜFE, ikinci sırada etkili olan değişkenin dolar kuru ve üçüncü sırada etkili olan değişkenin de şirket sayısı olduğu sonucuna varılmıştır.

Konu ve Ata (2022), çalışmalarında geleneksel tahmin yöntemlerinden farklı olarak Bulanık Sinir Ağı (BSA) yöntemiyle Türkiye'nin 2014-2019 dönemi bütçe açığı tahminini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada bağımlı değişken olarak bütçe açığı, bağımsız değişkenler olarak enflasyon, büyüme, kamu borçları ve dış açık alınmıştır. Çalışmada kullanılan veriler 1980-2019 dönemini kapsayan veriler kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak ele alınan bütçe açıkları Bütçe Açığı/GSYİH oranları şeklinde ele alınmıştır. Birinci derece 4 giriş ve 1 çıktıdan oluşan Sugeno BSA modelinde Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması kullanılmıştır. Model performansının ölçülmesinde Hata Kareleri Ortalaması (HKO), Hatanın Mutlak Ortalaması ve Korelasyon Katsayısı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların karşılaştırılabilmesi için bütçe açıkları En Küçük Kareler (EKK)

yöntemiyle de tahmin edilmiş ve önerilen BSA modelinin EKK modeliyle kıyaslandığında daha anlamlı sonuçlar verdiği ifade edilmiştir

Hansen ve Nelson (1997) çalışmalarında Amerika’da Utah eyaletinin tüketim vergilerine bağlı olan gelirlerini ve tarım dışı istihdamdaki büyümeyi YSA ve zaman serilerinde kullanılan üstel düzleştirme ve ARIMA yöntemleri ile tahmin etmişlerdir. Ayrıca YSA yöntemi ile diğer ekonometrik yöntemleri karşılaştırmışlardır. Çalışmada tüketim vergilerine bağlı olan gelirlerinin tahmini için 1978-1996 dönemine ilişkin üçer aylık tüketim vergi gelirleri verileri, tarım dışı istihdamdaki büyümenin tahmini içinse 1988-1993 dönemine ilişkin tarım dışı istihdamdaki büyüme aylık verileri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda tüketim vergi gelirlerine ilişkin olarak yapılan tahminlerde üç tahmin yönteminin de bu gelirlerin artacağı yönünde sonuç ürettiği ve 1997 yılı için açıklanan verilerle kıyaslandığında YSA ve ARIMA modellerinin son derece başarılı sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Tarım dışı istihdamdaki büyümenin tahmininde ARIMA modelinin bir dönem sonraki tahminlerde başarılı sonuçlar verse de daha uzun dönemli tahminlerde YSA yönteminin daha başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda geleneksel yöntemlerin kısa dönemli tahminlerde daha iyi sonuç verdiğini, uzun dönem tahminlerinde ise YSA yönteminin daha iyi sonuç verdiğini ifade etmişlerdir.

Baker (1997) tarafından yapılan çalışmada Kaliforniya ‘da ulusal eğitim harcamalarını tahmin edilmesinde çoklu doğrusal regresyon modeli ile geri yayılım ve genelleştirilmiş regresyon sinir ağları mukayeseli olarak kullanılmıştır. Çalışmada tüm sinir ağı modelleri için girdi değişkenleri olarak William Hussar ve Deborah Gerald tarafından NCES (National Center for Education Statistics) 'in "Eğitim İstatistiklerinin 2005'e Yönelik Projeksiyonları" raporunda kullanılan veriler kullanılmıştır. Modellerin tahmin performanslarının kıyaslanmasında hata kriteri olarak MAPE (Mutlak Yüzde Hatanın Ortalaması) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda logaritma dönüşümü uygulanan genelleştirilmiş regresyon sinir ağının, Ulusal Eğitim İstatistikleri Merkezi tarafından eğitim harcamalarını tahmin etmek için kullanılan çoklu doğrusal regresyon modeline göre beş tahmin periyodunun dördü için en iyi sonuçları verdiği ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmanın sonuçlarının eğitim harcamaları gibi doğrusal olmayan bir yapı sergileyen verilerin doğrusal modellerle iyi bir şekilde modellenemeyeceğini göstermiş olduğu ifade edilmiştir.

Yusof (2005) Malezya Gümrük İdaresi gelirlerinin tahminini gerçekleştirdiği çalışmada YSA tahmin modelinin tasarımında nöron sayısının, kullanılan aktivasyon fonksiyonlarının ve veri ön işleme tekniklerinin zaman serisi gelir tahmininde geri yayılım (BP) ağıının performansı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışmada Ocak 1990'dan Aralık 2004'e kadar elde edilen aylık gelir verileri girdi olarak kullanılmıştır. Ampirik bulgulara, az sayıda nöron ve daha küçük ağ yapısından oluşan bir YSA modelinin daha doğru tahmin sonucu ürettiğini ve uygun bir ön işleme tekniği seçilerek YSA modelinin tahmin performansının önemli ölçüde iyileştirilebileceği ifade edilmiştir. Ayrıca sigmoid aktivasyon fonksiyonunun yapılan çalışmada YSA'nın karmaşıklığını azalttığı ve çoğu durumda en hızlı yakınsama ve iyi tahmin yeteneğine sahip olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada ekonomik ve diğer dış faktörler dikkate alınmamıştır.

Mao ve arkadaşları (2010) çalışmalarında Çin'in bölgesel genel bütçe gelirlerini tahmin etmek için açıklayıcı BP (geri yayımlı) sinir ağını ve zaman serisi BP sinir ağını dinamik olarak birleştiren bir model geliştirmişlerdir. Çalışmada açıklayıcı BP sinir ağını kullanarak, bölgesel finansal gelire etkisi olan faktörler (Katma değer vergisi, işletme vergisi, kişisel gelir vergisi, kentsel bakım ve inşaat vergisi, emlak vergisi, damga vergisi, para cezaları, idari ücretler, ücret geliri, açıklar için sağlanan sübvansiyonlar ve devlete ait işletme gelirleri); zaman serisi BP sinir ağı kullanılarak da gelirin zaman korelasyonu incelenmiştir. Çalışmada açıklayıcı YSA modeli için bölgesel finansal gelire etkisi olan faktörlere ilişkin 2001- 2006 dönemine ait veriler; bölgesel finansal gelir için ise 1994-2007 dönemine ait veriler yıllık olarak kullanılmıştır. Oluşturulan YSA modellerinde aktivasyon fonksiyonu olarak gizli katmanda tansig (tanjant sigmoid), çıkış katmanında purelin (doğrusal) kullanılmıştır. Öğrenme algoritması olarak Levenberg-Marquardt, eğitim performans kriteri olarak da ortalama karesel hata (MSE) kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre açıklayıcı sinir ağı ve zaman serisi sinir ağıının geliri iyi tahmin etse de her ikisini içeren dinamik kombinasyon modelinin daha kesin olduğu ifade edilmiştir.

Tchorzewski ve Wrobel (2011) çalışmalarında Polonya'nın bütçe dengesinin tahminini, MATLAB yazılım programı aracılığı ile yapay sinir ağı yöntemi kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada 1998-2008 dönemine ilişkin için üçer aylık veriler kullanılmıştır. Bütçe dengesi üzerinde etkili olan yirmi dört adet makroekonomik endeks giriş verileri olarak; bütçe gelirleri, bütçe giderleri ve bütçe açığı da çıkış verisi olarak kullanılmıştır. Oluşturulan ileri beslemeli geri yayımlı YSA modelinde iki adet gizli katman ve gizli katmanda 10 adet nöron kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak

gizli katmanda tansig kullanılmıştır. Öğrenme algoritması olarak Levenberg-Marquardt, eğitim performans kriteri olarak da ortalama karesel hata (MSE) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, oluşturulan modelin bilgisayar destekli devlet bütçesi hazırlamak için ve planlamaya dayalı araştırmalarda kullanılabilir bir yöntem olduğu ifade edilmiştir.

Samimi (2011) tarafından yapılan çalışmada İran'da devlet büyüklüğünü tahmin etmek için yapay sinir ağı (YSA) uygulanmıştır. Çalışmada farklı mimarilerin, aktivasyon fonksiyonlarının ve eğitim algoritmalarının ağın işleyişi üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. İran devlet büyüklüğünün tahmin edilmesinde 1971-2007 dönemine ait yıllık vergi geliri, petrol geliri, nüfus, açıklık, devlet harcamaları, GSYİH ve kişi başına GSYİH verileri kullanılmıştır. Test verisi olarak rastgele seçilen beş yıllık veriler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda farklı mimari yapı, aktivasyon fonksiyonu ve eğitim algoritmalarına sahip ağların farklı sonuçlar verdiği bu nedenle YSA kullanımında bu kriterlerin seçiminde dikkatli olunması gerektiği ifade edilmiştir. Yapılan denemeler sonucunda aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjantın kullanıldığı iki gizli katmana sahip, gizli katmanlarda on iki nöronun kullanıldığı ve eğitim algoritması olarak Quasi –Newton'un kullanıldığı ileri beslemeli YSA modelinin İran devlet büyüklüğünün tahmin edilmesinde en uygun model olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca YSA'ların doğrusal olmayan zaman serisi verileri için kullanışlı olduğu belirtilmiştir.

Magdalena ve arkadaşları (2015) çalışmalarında ileri beslemeli YSA kullanarak seçilmiş Orta ve Doğu Avrupa (Macaristan, Polonya, Çek Cumhuriyeti, Bulgaristan ve Romanya) ülkelerinde 2015-2016 döneminde temel kamu harcamalarının reel GSYİH büyümesi ile olan ilişkisini analiz etmek için bir tahmin modeli geliştirmişlerdir. Temel kamu harcamaları olarak çalışmada; sosyal koruma, sağlık, eğitim, genel kamu hizmetleri ele alınmış ve her biri için ayrı modeller oluşturulmuştur. Veri seti olarak 2000-2013 dönemine ilişkin yıllık veriler GSYİH'nin oranı şeklinde kullanılmıştır. Her bir kamu harcaması için harcama türünü etkileyen faktörler modele dâhil edilmiştir. Yapılan çalışmada analiz edilen ülkelerde önümüzdeki birkaç yıl içinde kamu harcama politikasının özellikleri vurgulanmıştır. Ve böylelikle yakın gelecekte hangi ülkelerin hangi konulara odaklanacağı sonucuna varılabileceği belirtilmiştir.

Yılmaz (2018) tarafından yapılan çalışmada Türkiye'deki vergi gelirlerin tahmin edilmesinde ekonometrik bir model olarak ARIMA modeli kullanılmış ve Orta Vadeli Program ve Orta Vadeli Mali Plan kapsamında yapılan vergi geliri tahminleri ile ARIMA modeli tarafından yapılan tahminlerin performansları mukayese edilmiştir. Çalışmada

2006-2017 dönemleri için Muhasebat Genel Müdürlüğü İstatistiklerinden sağlanan aylık vergi gelirleri ve Kalkınma Bakanlığı tarafından yayınlanan Orta Vadeli Program ve Orta Vadeli Mali Planda yer alan yıllık vergi gelirleri tahminleri veri olarak kullanılmıştır. Çalışmada Türkiye'deki vergi gelirlerinin tahmin edilmesinde milli gelir gibi yapısal kırılma özelliği gösteren serilerin kullanılmasının uygun olmadığı bu nedenle vergi gelirleri serisine ait geçmiş değerlerin serinin açıklanmasında daha uygun olacağı ifade edilmiştir. Vergi gelirleri serisinin mevsimsellik özelliği göstermesi nedeni ile vergi gelirlerinin tahminine ilişkin mevsimsel ARIMA modeli oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucuna göre 2015-2017 dönemlerine ilişkin üç yıllık vergi geliri tahminlerinde oluşturulan ARIMA modelinin devlet kurumlarının tahminlerine göre daha başarılı sonuçlar verdiği bu nedenle ileriye yönelik yapılacak vergi geliri tahminlerinde ARIMA modellerinin kullanılmasının uygun olacağı ifade edilmiştir.

Alam (2020) tarafından yapılan çalışmada YSA ve ARIMA yöntemleri kullanılarak Suudi Arabistan Krallığı'nın toplam gelir ve harcamaları tahmin edilmiştir. Çalışmada 1969-2018 döneminde Suudi Arabistan Krallığı'nın 1969-2018 dönemlerine ait yıllık toplam gelir ve harcama verileri Suudi Arabistan Riyali (SAR) cinsinden kullanılmıştır. Modellerin tahmin performanslarının kıyaslanmasında hata kriteri olarak RMSE kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda YSA ve ARIMA yöntemleri kullanılarak oluşturulan modellerin başarılı sonuçlar verdiği ve Suudi Arabistan Krallığı'nın yıllık gelir ve harcamalarını tahmin etmek için uygun modeller olduğu ifade edilmiştir. 2019 yılı için Suudi Arabistan Krallığı'nın yıllık gelirleri YSA ile oluşturulan modelle 1269640,3 (milyon SAR cinsinden) ve yıllık harcamaları 1135619,3 (milyon SAR cinsinden) olarak tahmin edilmiş ve 2019 yılı gelir ve harcamalarının 2014-2015 yıllarına göre dalgalı bir seyir izleyeceği belirtilmiştir.

Morales ve Huanca (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, bölgesel hükümet bütçesi üzerinde diğer sektörler (madencilik, imalat ve hizmet sektörü) tarafından gerçekleştirilen harcamaların etkisini belirlemek için çoklu regresyon ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanılmıştır. Performans kriteri olarak her iki yöntemde de R-kare değeri belirlenmiştir. Çoğu regresyon analizinde parametrelerin anlamlılık düzeyini olarak $p=0.05$ değeri kullanılmıştır. Basit doğrusal regresyon durumu için R-kare değeri %87,5 YSA için %96,8 olarak hesaplanmıştır. Bölgesel hükümet bütçesindeki değişkenliğin %95' inin üç sektör tarafından açıklandığını ve %5'inin bütçe dışındaki diğer faktörler tarafından belirlendiği ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan her iki

yöntemin de çok benzer sonuçlara sahip olduğu ve bu alanda kullanılabilecek uygun yöntemler olduğu ifade edilmiştir.

2. AMAÇ VE ÖNEM

Bu araştırmada amaç; zaman serileri analizlerinde tahmin yöntemleri olarak kullanılan üstel düzleştirme ve Box-Jenkins (ARIMA) yöntemleri içinde verilerin yapısına uygun modeller ile farklı mimarilere sahip yapay sinir ağı modellerinin seçilen örneklem için geçmiş tahmin doğruluklarının karşılaştırılıp en yüksek doğruluğa sahip modelin belirlenmesi ve söz konusu model yardımı ile 2022: 4- 2024: 3 dönemleri için büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamalarının tahmin edilmesidir.

Araştırma sonucunda yapılacak tahminlerle çevre koruma faaliyetlerine ilişkin yapılacak olan ulusal ve yerel planlamalarda karar vericilere kolaylık sağlanması, çalışmada ekonometrik model olarak kullanılan yöntemlerin kamu harcamaları alanında daha geniş perspektifte uygulanabilmesi için diğer çalışmalara referans olunması ve Türkiye’de çevre koruma harcamalarının zaman serilerinde kullanılan geleneksel modellerle ya da yapay sinir ağı (YSA) yöntemiyle gelecek dönemlere ilişkin tahminini konu alan herhangi bir çalışmanın bulunmaması nedeni ile kamu harcamaları literatürüne katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Kurumların önceliklerinin belirlenmesinde ve stratejik planlarının hazırlanmasında önemli bir doküman olan kalkınma planları; ulusal anlamda çevre koruma politikası hakkında önemli ipuçları vermektedir. Kalkınma planlarında uygulanacak tüm politikaların bütçe boyutu plan-bütçe bağlantısının güçlendirilmesi için özellikle dikkate alınmaktadır (SBB, 2019: 3). Kalkınma Bakanlığı tarafından yayınlanan Çevre ve Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi Çalışma Grubu Raporu’nda yerel yönetimler tarafından oluşturulacak eylem planlarının ulusal planlamada öncelikle dikkate alınması gerektiği ve 5018 sayılı KMYKK kapsamında hazırlanan stratejik planlara eklenmesi gerektiği vurgulanmıştır (KB, 2018: 68).

Çevre korumaya yönelik gerçekleştirecek politikalarda ihtiyaç duyulan finansman kaynağı hakkında karar alıcılara planlamada yol göstermesi açısından çevre koruma kapsamında yapılan harcamaların tespiti önem arz etmektedir. Türkiye’nin çevre koruma ile ilgili olarak taraf olduğu uluslararası antlaşmalardaki hedeflerin ve yükümlülüklerin yerine getirilmesinde büyükşehir belediyelerince hazırlanacak olan eylem planları kapsamında gerçekleştirilecek faaliyet ve projeler son derece önemli bir yere sahiptir. Bu

faaliyet ve projeler, özellikle de çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesine yönelik faaliyet ve projeler olduğundan ciddi anlamda yatırım harcaması gerektirmektedir. Bu anlamda çevre koruma faaliyetlerinin kamusal anlamda ne kadar harcamayı gerektireceğinin doğru bir şekilde saptanması; çevre koruma alanında gerçekleştirilecek olan uzun vadeli planlamalarda kaynakların doğru bir şekilde planlanması ve çevresel harcamaların finansmanı konusunda alternatif politikaların geliştirilmesi açısından önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

3. KAPSAM VE SINIRLILIKLAR

Çevre sorunlarının ilk olarak yerel düzeyde ortaya çıkması ve daha sonra yerel sınırları aşıp küresel ölçekte geniş bir alana yayılma olasılığı, çevre koruma konusunda atılacak adımlarda yerel idarelerin önemini ön plana çıkarmıştır (Çiftçiöğlu ve Aydın, 2019: 118). Özellikle 1992 yılında Rio’da yapılan zirvede kabul edilen Gündem 21 adlı belge sürdürülebilir kalkınma adına tüm ülkeler için bir dönüm noktası olmuştur. Gündem 21’in ulusal düzeydeki karşılığı olarak görülen ve birçok alanda devrim olarak nitelendirilen dönüşümlerin yer aldığı Yerel Gündem 21, BM Kalkınma Programı ile birlikte ortaklaşa olarak Türkiye’de 1997 yılından itibaren uygulanmaya başlanmıştır (Arar, 2022). Bu gelişme ile birlikte yerel idarelerin çevre koruma konusundaki yetki ve sorumluluk alanı genişlemiştir.

Türkiye’de çevre koruma konusunda görev ve sorumlulukları artan yerel idarelerin başında büyükşehir belediyeleri gelmektedir. Özellikle 6360 sayılı kanunla birlikte büyükşehir belediyelerinin sınırlarının il mülki sınırlarına genişletilmesi (6360 s. Kanun, 2012) ve nüfusun çok büyük bir kısmının büyükşehirlerde ikamet etmesi (TÜİK, 2022) nedeni ile büyükşehir belediyelerinin çevre koruma konusunda gerçekleştireceği faaliyet ve projelerdeki beklentiler diğer yerel idarelere kıyasla daha yüksektir. Bu nedenle uygulamada Türkiye’deki büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamaları ele alınmıştır.

Uygulamada bağımlı değişken olarak büyükşehir belediyelerinin 2007: 1-2022: 3 dönemlerine ilişkin çevre koruma harcama verileri esas alınmıştır. Bu durumun temel nedeni; kamu harcamalarının hizmet türlerine göre sınıflandırıldığı fonksiyonel sınıflandırma türüne 2006 yılında performans esaslı bütçeleme sistemi ile geçilmiş olmasıdır. Bu nedenle sadece 2006 yılı ve sonrasındaki yıllarda büyükşehir bütçe giderlerinde gider türlerine göre harcamayı görebilmek mümkün olmaktadır. Ayrıca

çalışmada 2006 yılına ilişkin büyükşehir belediye bütçe giderlerinin fonksiyonel sınıflandırmasına ilişkin veriler olmasına rağmen, bahsi geçen veriler yıllık olarak yayınlanmış olması nedeniyle 2006 yılına ait veri hesaplamalara dâhil edilmemiştir.

Çevre koruma hizmetlerinin kamu harcamaları içerisinde yer alan bir harcama türü olması nedeni ile kamu harcamalarını etkileyen değişkenlerle de ilişkili olduğu söylenebilir. Literatürde yapılan çalışmaların çoğunda kamu harcamaları ile ilişkili önemli bir değişken olarak enflasyon oranı kullanılmıştır (Bedir, 2001; Magazzino, 2011; Arısoy ve Ünlükaplan, 2011; Mehrara vd., 2016; Bölükbaş ve Alp, 2018). Bu nedenle bağımsız değişken olarak enflasyon verisinin kullanıldığı bağımsız değişkenli modellerle gerçekleştirilen uygulamaya modelleme sürecinde farklı modellerin tahmin performanslarının mukayese edilebilmesi için yer verilmiştir.

Ancak bağımsız değişken kullanılarak yapılan uygulamalarda bağımlı değişkenin gelecek değerlerine ilişkin tahmin yapılabilmesi için tahmini yapılacak dönem için bağımsız değişken verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bağımsız değişkene ilişkin söz konusu veriler olmadığından çevre koruma harcamalarının 2022: 4- 2024: 3 dönemine ilişkin sekiz dönemlik tahmini tek değişkenli modeller içerisinde en yüksek öngörü performansına sahip model belirlenerek yapılmıştır. Bağımsız değişkenin kullanıldığı modeller kendi içinde değerlendirilmiştir.

4. VERİLER

Bağımlı değişken olarak ele alınan çevre koruma harcamaları için Türkiye'deki büyükşehir belediyelerinin 2007: 1-2022: 3 dönemlerinde gerçekleştirdikleri çevre koruma harcama verilerinden yararlanılmıştır. Söz konusu veriler, T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı Muhasebat Genel Müdürlüğü'nün resmi web sayfasında yer alan genel yönetim mali istatistiklerinden elde edilmiştir. Bu veriler her yıl sıfırlanan çeyrek dönemlik kümülatif toplamlar şeklinde verilmiştir. Literatürde yer alan ilgili çalışmalarda (Başaran vd., 2010; Hotunoğlu vd., 2013) harcama verileri için nominal değerler dikkate alınmış verilerin enflasyondan arındırılması şeklinde herhangi bir ön işlem yapılmamıştır. Ayrıca gerçekleşen çevre koruma harcama verilerinin de nominal olarak açıklanması nedeniyle tahmin sonuçlarını gerçekleşen verilerle mukayese edebilmek için çalışmada çevre korumaya ilişkin harcama verilerinin nominal değerleri dikkate alınmıştır.

Bağımsız değişken olarak ele alınan enflasyon için Türkiye'deki 2007-2022 dönemine ilişkin aylık TÜFE (Tüketici Fiyat Endeksi) verilerinden yararlanılmıştır. Söz

konusu veriler Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası veri tabanlarından elde edilmiş ve uygulamada kullanılmak üzere çeyrek dönemlik kümülatif toplamalar şeklinde düzenlenmiştir. Araştırmada kullanılan veriler Ek 1’de verilmiştir.

5. YÖNTEM

Bu araştırmada amaç zamana dayalı bir değişken için geleceğe yönelik tahmin (future forecast) yapmaktır. Bu nedenle araştırmada nicel tahmin yöntemlerinden zaman serileri yöntemi kullanılmıştır. Zaman serilerinde çok değişkenli yöntemler kullanılarak da geleceğe yönelik tahmin yapmak mümkündür fakat burada bağımlı değişkenin geleceğe yönelik tahminin yapılabilmesi için bağımsız değişkene ilişkin verilerin bilinmesi gerekmekte ya da bu verilerin tahmin edilmesi gerekmektedir.

Tahmin edilecek dönemlere ilişkin bağımsız değişkene ilişkin verilerin olmaması durumunda söz konusu verilerin tahmin edilmesi gerekmektedir. Ancak burada bağımsız değişkene ilişkin ileriye yönelik tahmin değerlerinin belirli bir doğrulukta olması gerekmektedir. Aksi durumda modelin güvenilirliği azalacaktır. Ayrıca bağımsız değişkenlere ilişkin yapılacak olan tahminlerde her bir değişkenin ayrı ayrı modellenmesi gerekmekte ve her tahmin modelinin kendisine ilişkin hata payı bulundurması farklı bir sorunu ortaya çıkarmaktadır (Çuhadar, 2006: 138). Bu nedenle çalışmada geleceğe yönelik tahminlerin elde edilmesinde tek değişkenli zaman serileri yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca modelleme sürecinde farklı modellerin tahmin performanslarının mukayese edilebilmesi için bağımsız (dış) değişkenli tahmin modellerine de çalışmada yer verilmiştir. Uygulama sonuçları tek değişkenli modeller ve çok değişkenli modeller olarak kendi içinde değerlendirilmiştir.

Araştırmada kullanılan verilerin yapısına uygun olan yöntemlerin belirlenmesi adına verilerin zaman serisi bileşenleri incelenmiştir Sonrasında 2007: 1- 2022: 3 dönemleri için büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamaları zaman serilerinde tahminde kullanılan geleneksel yöntemlerden verilerin yapısına uygun modellerle ve farklı mimari yapılara sahip yapay sinir ağı modelleriyle tahmin edilmiştir. Farklı yöntemler için oluşturulan modellerin ürettiği tahmin sonuçları çevre koruma harcamalarının gerçek değerleriyle karşılaştırıldıktan sonra gerçeğe en yakın sonuçların hangi yöntem tarafından verildiği seçilen hata tahmin kriterine göre belirlenmiştir.

Herhangi bir tahmin tekniği için, tahminlerinin doğruluğunu ölçmek önemlidir. Uygun tahmin modellerini seçerek tahmin hataları en aza indirilmeye çalışılır, ancak tüm

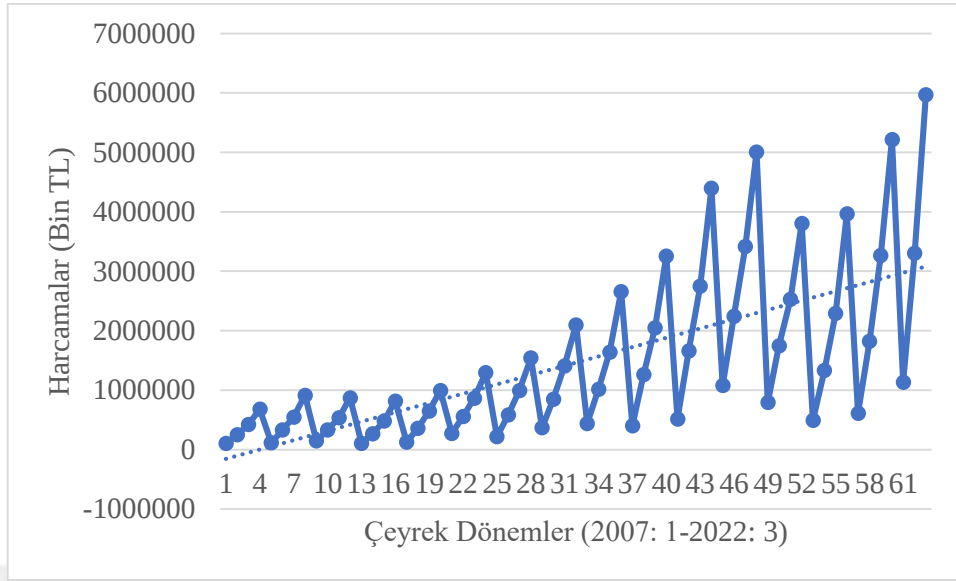
hata biçimlerini ortadan kaldırmak imkânsızdır. Literatürde tahmin hatalarının ölçülmesinde sıklıkla kullanılan beş temel ölçüt vardır. Bunlar; “Ortalama Karesel Hata” (MSE), “Ortalama Mutlak Hata” (MAD), “Tahmin Hatalarının Kümülatif Toplamı” (CFE), “Hataların Standart Sapması” ve “Ortalama Mutlak Yüzde Hata” (MAPE)’dir (Krajewski vd., 2016: 301-302).

Oransal sonuç vermesi nedeni ile tahmin hatalarının daha kolay anlaşılması ve karşılaştırılmasına imkân sağlayan MAPE, literatürde sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında gelmekte (Sarı ve Gül, 2022: 602) ve tahmin hata kriteri olarak tek başına kullanılabilir (Özkan vd., 2022: 201). %10’un altında MAPE değerine sahip modellerin yüksek doğruluk derecesine sahip çok iyi modeller olduğu, %10-%20 arasındaki MAPE değerlerine sahip modellerin doğruluk derecesine sahip iyi modeller olduğu, %20-%50 arasındaki MAPE değerlerine sahip modellerin kabul edilebilir olduğu, %50 ve üzerinde değere sahip modellerin ise hatalı modeller olarak kabul edildiği ifade edilmektedir (Witt &Witt, 1992: 137; Levis, 1982: 40; Aktaran: Çuhadar, 2006: 112). Bu nedenle araştırmada yöntemlerin tahmin performanslarının karşılaştırılmasında hata kriteri olarak “Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)” kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda yöntemler içerisinde en yüksek tahmin performansına sahip yöntem ve model kullanılarak 2022: 4-2024: 3 dönemleri için büyükşehir belediyeleri çevre koruma harcamaları tahminleri yapılmıştır.

5.1. VERİLERİN ZAMAN SERİSİ BİLEŞENLERİNİN İNCELENMESİ

Araştırmada kullanılan, 2007– 2022: 2 döneminde büyükşehir belediyeleri çevre koruma harcamaları serisine ilişkin grafik Şekil 14’te gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde seriyi etkileyen temel bileşenler görsel anlamda betimlenebilmektedir. Şekil 14’teki grafikte serinin bazı dönemlerde düzensiz dalgalanmalarla birlikte artan bir trende ve mevsimsel bileşene sahip olduğu gözlemlenebilmektedir. Grafikteki dalgalanmaların takip eden yılların 2. çeyrekte itibaren artmaya başlayarak 4. çeyrekte en yüksek değere ulaştığı, 1. çeyrekte en düşük değere ulaştığı gözlemlenmektedir.

Şekil 14. Büyükşehir Belediyeleri Çevre Koruma Harcamaları Serisi Grafiği



İncelenen seriye ilişkin olarak verilerin yapısına uygun tahmin modellerinin belirlenmesi amacı ile doğrusal ve doğrusal olmayan trend analizleri gerçekleştirilmiştir.

2007: 1- 2022: 3 dönemine ilişkin büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamaları serisinin doğrusal denklemi aşağıdaki şekilde belirlenmiştir

$$y = 52246x - 209008$$

Yapılan trend analizi sonucu verilerin artan bir trende sahip olduğunu göstermiştir. Trend analizinin istatistiksel anlamlılığı için yapılan F testinin sonucu 0,05 düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Trend analizine ilişkin özet bilgiler Tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 13. Trend Analizi Model Özeti

Denklem	Model Özeti				Parametre Tahminleri		
	R Square	F	Df	Sig.	Constant	b1	b2
Linear	.466	53.257	1	.000	-209007.923	52246.133	
Logarithmic	.320	28.770	1	.000	-1340734.142	878700.351	
Quadratic	.484	28.180	2	.000	231714.569	11564.057	635.657
Exponential	.545	73.133	1	.000	238054.785	0.42	
Compound	.545	73.133	1	.000	238054.785	1.043	
S	.219	17.077	1	.000	13.979	-3.400	

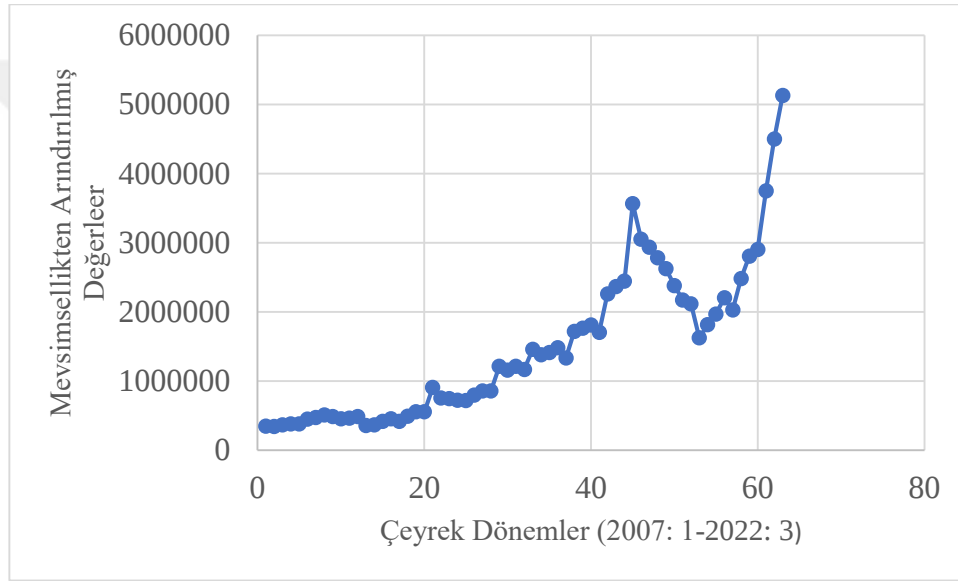
Söz konusu veriye ilişkin mevsim indeks değerlerinin belirlenmesi ve mevsimsel etkilerden arındırılması için literatürde çarpımsal ve toplamsal gibi farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bu çalışma için çarpımsal yöntem kullanılmıştır. Mevsim etkilerin giderilmesi işleminde SPSS 23.0 istatistik paket programından yararlanılmıştır. Hareketleri ortalama ağırlıklarının hesaplanmasında serinin üçer aylık periyodik özellik

göstermesinden dolayı Periyot+4 (Enpoints Weighted by 0.5) aralığında hesaplanmış ve analiz sonucunda ulaşılan mevsim indeks değerlerine Tablo 14’te mevsim etkilerinden arındırılmış seriye ilişkin grafik de Şekil 15’te gösterilmiştir.

Tablo 14. Büyükşehir Belediyeleri Çevre Koruma Harcamaları Serisi Mevsim İndeks Değerleri

Çeyrek Dönemler	Mevsim İndeks Değerleri (%)
Ocak-Şubat-Mart	30.3
Nisan-Mayıs-Haziran	73.5
Temmuz-Ağustos-Eylül	116.4
Ekim-Kasım-Aralık	179.9

Şekil 15. Mevsimsel Etkilerden Arındırılmış Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Harcamaları Serisi Grafiği



5.2. MEVSİMSEL ÜSTEL DÜZLEŞTİRME (HOLT- WINTERS) YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Çalışma kapsamında incelenen zaman serisinde trend ve mevsim bileşen olması nedeni ile üstel düzleştirme yöntemleri içinde serinin özelliklerini en iyi biçimde ortaya koyabilecek yöntemin yönteminin Mevsimsel Üstel Düzleştirme (Holt- Winters) yöntemi olduğu ifade edilebilir.

Model belirleme aşamasında Basit Mevsimsel, Çarpımsal Mevsimsel ve Toplamsal mevsimsel modellerin parametre tahminlerinin t- testlerinin istatistiksel açıdan anlamlılığı ve MAPE değerleri incelenmiştir. İncelenen seriye karekök ve doğal logaritma gibi dönüşümler uygulanarak çeşitli modeller denenmiştir. Denenen modeller içerisinde en uygun üstel düzleştirme modelinin karekök dönüşümü uygulanmış seri için

“Toplamsal (Winter’s Additive) Mevsimsel” model olduğu görülmüştür. Model özeti Tablo 15’te gösterilmiştir.

Tablo 15. Üstel Düzleştirme Model Parametreleri

Paremetreler	Tahmin (Estimate)	SE	t	Sig.
Alfa (Seviye)	.356	.075	4.726	.000
Gama (Trend)	1.000	.355	2.816	.007
Delta (Mevsim)	1.000	.217	4.617	.000

Mevsimsel üstel düzleştirme yöntemi ile yapılan uygulama sonucunda 2007: 1-2022: 3 dönemine ilişkin öngörü değerleriyle aynı dönem için gerçekleşmiş değerlerin karşılaştırılması ile yapılan öngörü doğruluğu ölçümüne ilişkin sonuç aşağıda yer almaktadır.

$$MAPE = 13,45$$

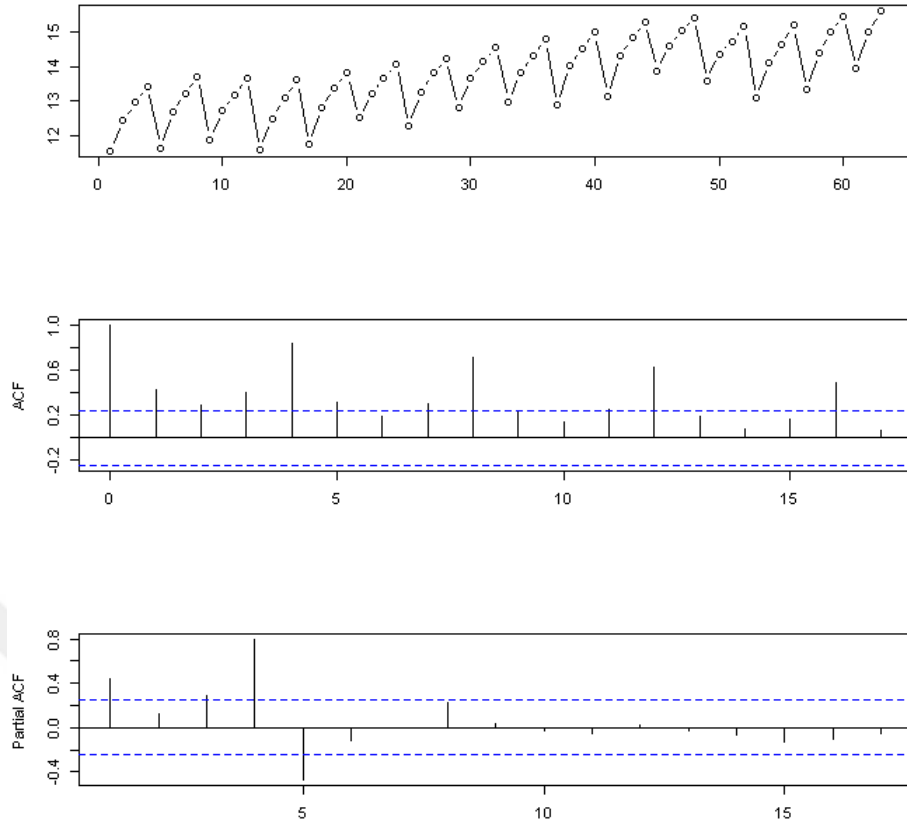
5.3. BOX-JENKINS YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

İncelenen zaman serisine ilişkin bileşenler incelendiğinde serinin artan trendle birlikte mevsimsel etkilere sahip olduğu belirlenmişti. 2007: 1- 2022: 3 dönemindeki büyükşehir belediyeleri çevre koruma harcama serisinin (HTS) zaman seyrini gösteren Şekil 14 incelendiğinde serinin ortalama ve varyansta durağan özellik göstermediği bununla birlikte mevsim bileşeninin de zaman içinde sabit olmadığı görülmektedir.

Seride yer alan mevsimsel bileşenin zaman içinde değişim göstermesi yani sabit olmaması durumunda öncelikle orijinal serinin karekök ya da doğal logaritması alınarak mevsimsel bileşen sabit hale getirilmektedir. Serideki mevsimsel bileşenin sabit olmadığı görüldüğünden seriye doğal logaritma dönüşümü uygulanmıştır. Doğal logaritma dönüşümü uygulanan LnHTS serisine ilişkin zaman grafiği ve otokorelasyon grafikleri Şekil 16’da gösterilmiştir³

³ Durağanlık ile ilgili hesaplamalarda ve grafiklerde R istatistik hesaplama ve grafik yazılım ortamı (versiyon 4.2.2) kullanılmıştır. ADF testi için tseries (versiyon 0.10-53) kütüphanesi, HEGY testi için uroot (versiyon 2.1-2) kütüphanesi kullanılmıştır (<https://www.r-project.org/>) Erişim: 27.02.2023.

Şekil 16. LnHTS Serisi Zaman Grafiği ve ACF/PACF Grafiği



Doğal logaritması alınmış serinin yukarıdaki zaman grafiği ve ACF grafiği incelendiğinde trend ve mevsimsel bileşenin durağan olmadığı görülmektedir. LnHTS serisinde mevsimsel olmayan durağanlığın test edilmesi için seriye ADF (Genişletilmiş Dickey Fuller) testi, mevsimsel durağanlığın test edilmesi için HEGY (Hylleberg Engle Granger ve Yoo) testi uygulanmıştır. ADF test sonuçlarına ilişkin bilgi

Tablo 16’da ve HEGY test sonuçlarına ilişkin bilgi Tablo 17’de gösterilmiştir.

Tablo 16. LnHTS Serisinin ADF Test Sonucu

Gecikme	istatistik	p değeri
3	-1.1792	0.9028

Tablo 16’daki ADF test istatistiğine ilişkin p değeri=0.9028> 0.05 olduğu için birim kök vardır şeklinde oluşturulan sıfır hipotezi (H_0) reddedilememektedir. Bunun anlamı serinin 0.95 güven seviyesinde durağan olmadığıdır. Bu durumda LnHTS serisinin regular farkının alınması gerekmektedir.

Tablo 17. LnHTS Serisinin HEGY Test Sonucu

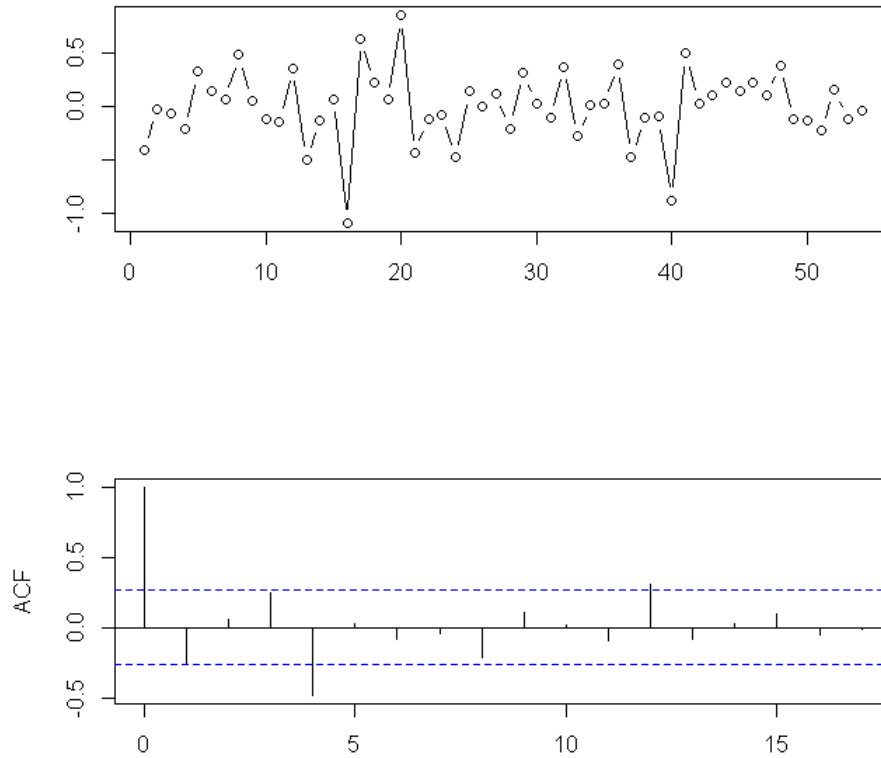
	istatistik	p değeri
$t(\pi_1)$	-2.6539	1
$t(\pi_2)$	-4.658	1
$F(\pi_3 \cap \pi_4)$	36.4775	0.7289

Not 1: Gecikme seçim kriteri AIC'ye göre 0 olarak seçilmiştir.

Not 2: Deterministik terimler sabit + trend + sezonsal kukla değişkenleridir.

Tablo 17'deki HEGY test sonuçlarında π_1 , π_2 ve $\pi_3 \cap \pi_4$ katsayılarına ilişkin t-istatistiklerinin p değerleri göz önüne alındığında; π_1 için $p=1 > 0.05$, π_2 için $p=1 > 0.05$, ve $\pi_3 \cap \pi_4$ için $F=0.7289 > 0.05$ olduğu için birim kök vardır şeklinde oluşturulan sıfır hipotezi (H_0) reddedilememektedir. Yani seride 0 frekansta, 1/2 frekansta 1/3 ve 1/4 frekanslarda birim kök mevcuttur. LnHTS serisinin mevsimsel bileşeninin durağan olmaması nedeniyle serinin mevsimsel farkının alınması gerekmektedir.

ADF ve HEGY test sonuçlarından elde edilen bulgular LnHTS serisinde durağanlığın sağlanamadığını göstermiştir. LnHTS serisinde durağanlığın sağlanabilmesi için serinin mevsimsel olmayan (regular) bir farkı ve mevsimsel olan iki farkı alınarak elde edilen serisine $\Delta\Delta_4^2$ LnHTS serisine ilişkin zaman grafiği ve otokorelasyon grafikleri Şekil 17'de gösterilmiştir.

Şekil 17. $\Delta\Delta_4^2$ LnHTS Serisi Zaman Grafiği ve ACF/PACF Grafiği

$\Delta\Delta_4^2\text{LnHTS}$ serisine ilişkin zaman grafiği ve otokorelasyon grafiği incelendiğinde trend ve mevsimsel etkilerin büyük ölçüde yok olduğu gözlemlenmektedir. Otokorelasyon fonksiyonunda güven aralığı dışında kalan birkaç otokorelasyon katsayısı olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin ilgili dönemlerdeki aşırı değişkenlik ve serideki aykırı gözlemlerden kaynaklandığı kabul edilmiştir.

$\Delta\Delta_4^2\text{LnATS}$ serisinde mevsimsel olmayan durağanlığın test edilmesi için seriye ADF (Genişletilmiş Dickey Fuller) testi, mevsimsel durağanlığın test edilmesi için HEGY (Hylleberg Engle Granger ve Yoo) testi uygulanmıştır. ADF test sonuçlarına ilişkin bilgi Tablo 18’de ve HEGY test sonuçlarına ilişkin bilgi Tablo 19’da gösterilmiştir.

Tablo 18. $\Delta\Delta_4^2\text{LnHTS}$ Serisinin ADF Test Sonucu

Gecikme	istatistik	p değeri
3	-4.5113	0.01

Tablo 18’deki ADF test istatistiğine ilişkin p değeri= $0.01 < 0.05$ olduğu için birim kök vardır şeklinde oluşturulan sıfır hipotezi (H_0) reddedilmiştir. Bunun anlamı serinin 0.95 güven seviyesinde durağan olduğudur. $\Delta\Delta_4^2\text{LnHTS}$ serisinin mevsimsel anlamda durağanlığın sınanması için seriye HEGY testi uygulanmıştır. HEGY testine ilişkin sonuçlar Tablo 19’da gösterilmiştir.

Tablo 19. $\Delta\Delta_4^2\text{LnHTS}$ Serisinin HEGY Test Sonucu

	istatistik	p değeri
$t(\pi_1)$	-3.5399	0 ***
$t(\pi_2)$	-4.6643	0 ***
$F(\pi_3 \cap \pi_4)$	16.8209	0 ***

*** $p=0.00$ seviyesinde anlamlıdır.

Not 2: Gecikme seçim kriteri AIC’ye göre 8 olarak seçilmiştir.

Not 3: Deterministik terimler sabit + trend + sezonsal kukla değişkenleridir.

Tablo 19’deki HEGY test sonuçlarında π_1 , π_2 ve $\pi_3 \cap \pi_4$ katsayılarına ilişkin t-istatistiklerinin p değerleri göz önüne alındığında; π_1 için $p=0 < 0.05$, π_2 için $p=0 < 0.05$, ve $\pi_3 \cap \pi_4$ için $F=0 < 0.05$ olduğu için birim kök vardır şeklinde oluşturulan sıfır hipotezi (H_0) reddedilmektedir. Yani seride 0 frekansta, 1/2 frekansta 1/3 ve 1/4 frekanslarda birim kök yoktur.

Yapılan dönüşümler sonrasında durağanlığın sağlandığı $\Delta\Delta_4^2\text{LnHTS}$ serisi için Box-Jenkins yönteminde model kurma sürecinde ilk basamak olan deneme niteliğindeki modellerin belirlenmesi aşamasına geçilmiştir. Belirleme aşamasında seriye uygulanan

dönüşümlerden ve seriye ilişkin ACF ve PACF'lerden yararlanılmaktadır. Durağanlık ile ilgili olarak yapılan analizlerin sonucunda serinin birinci derece mevsimsel olmayan farkı ve ikinci derece mevsimsel farkı alınarak durağan hale geldiği görüldüğünden

Mevsimsel olmayan fark olarak $d=1$

Mevsimsel fark olarak $D=2$ ($s=4$)

uygun fark dereceleri olarak belirlenmiştir. ACF ve PACF grafikleri, model katsayıların anlamlılığı, BIC değeri ve MAPE kriterleri göz önünde bulundurularak farklı ARIMA (p,1,q) (P,2,Q)₄ modelleri SPSS 23.0 paket programı aracılığı ile denenmiştir. Model katsayılarının anlamı olduğu aday modellere ilişkin bilgiler aşağıda Tablo 20'de gösterilmiştir.

Tablo 20. Model Katsayılarının Anlamlı Olduğu Aday Modeller

	Model	MAPE	BIC
1	(0,1,0)(1,2,0) ₄	24.822	26.264
2	(0,1,0)(2,2,0) ₄	17.904	25.739
3	(0,1,0)(3,2,0) ₄	16.484	25.389

$\Delta\Delta_4^2\text{LnATS}$ serisi için denenilen modeller içerisinde en düşük MAPE değerine sahip Çarpımsal- Mevsimsel ARIMA (0,1,0) (3,2,0)₄ modeli uygun model olarak belirlenmiştir. Belirlenen modele ilişkin parametreler Tablo 21'de ve modele ilişkin istatistikler

Tablo 22'de gösterilmiştir.

Tablo 21. SARIMA(0,1,0) (3,2,0)₄ Model Parametreleri

Değişken	Tahmin	Standart Hata	t-İstatistiği	p-değeri
Regular Fark	1			
SAR (1)	-1.122	.137	-8.221	.000
SAR (2)	-1.041	.151	-6.901	.000
SAR (3)	-.494	.135	-3.650	0.01
Mevsimsel Fark	2			
Constant	.002	.008	.287	.775
Gözlem Sayısı		63		
Farkı Alındıktan Sonraki Gözlem Sayısı		54		
Dönüşüm		Doğal Logaritma		

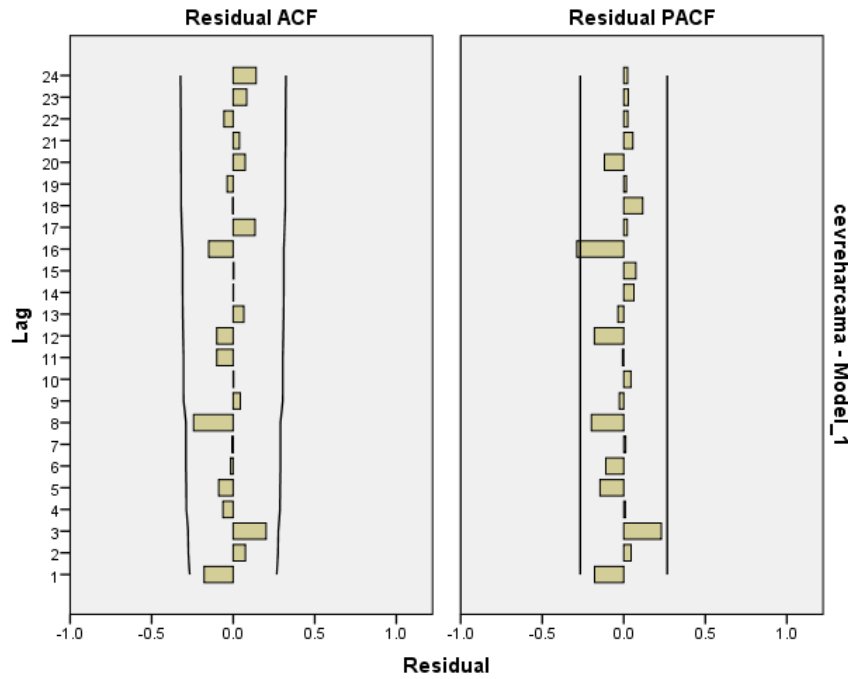
Tablo 22. SARIMA(0,1,0) (3,2,0)₄ Model İstatistikleri

R ²	RMSE	MAPE	MAE	BIC
.597	281122.826	16.484	185239.919	25.389

ARIMA modelleme sürecinde belirleme ve parametre tahmin aşamalarından sonra belirlenen aday model için modelin artıklarının (residuals) kontrol edildiği aşamaya geçilmiştir. Ayırt edici kontrol (Diagnostic Checking) olarak da adlandırılan bu aşamada model artıklarının beyaz gürültü olup olmadığına yani modele ilişkin hata terimleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığına bakılmaktadır. Model artıklarına ilişkin bilgi sağlamak için hata otokorelasyon fonksiyonlarına bakılmakta ve çeşitli testler aracılığı ile model artıklarının beyaz gürültü olup olmadığı kontrol edilmektedir. Modelin uygun bir model olduğuna karar verilebilmesi için modele ilişkin hata terimleri arasında anlamlı bir ilişki olmaması gerekmektedir.

Elde edilen Mevsimsel ARIMA (0,1,0) (3,2,0)₄ modeli için artıklar serisine ilişkin ACF ve PACF grafikleri Şekil 18’de gösterilmiştir.

Şekil 18. Mevsimsel ARIMA (0,1,0) (3,2,0)₄ Modeli için Artıklar Serisine İlişkin ACF ve PACF Grafikleri



Mevsimsel ARIMA (0,1,0) (3,2,0)₄ modeli için artıklar serisine ilişkin oto korelasyon ve kısmi oto korelasyon grafikleri incelendiğinde oto korelasyonlarının güven aralığı sınırları içinde olduğu görülmektedir. Bu durum seçilen modelin yeterli olduğunu gösteren önemli bir kriterdir.

Model artıklarının beyaz gürültü (rassal) olup olmadığını yani aralarında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını test etmek amacı ile Ljung ve Box (Q*) test istatistiği uygulanmış ve sonuçlar Tablo 23’te verilmiştir.

Tablo 23. Modelin Artıklar Serisinin Ljung-Box İstatistikleri

Q*İstatistiği	Serbestlik Derecesi	p-değeri
14.371	15	.498

Modele ilişkin Ljung ve Box test istatistiğinde $Q^* < X^2$ olduğundan H_0 hipotezi kabul edilmektedir. Bu durum hatalar arasında anlamlı ilişki olmadığı hataların rassal olarak dağıldığını yani beyaz gürültü olduğunu göstermektedir. Bu sonuçtan hareketle belirlenen SARIMA(0,1,0) (3,2,0)₄ modelinin uygun bir model olduğunu test edilmiştir.

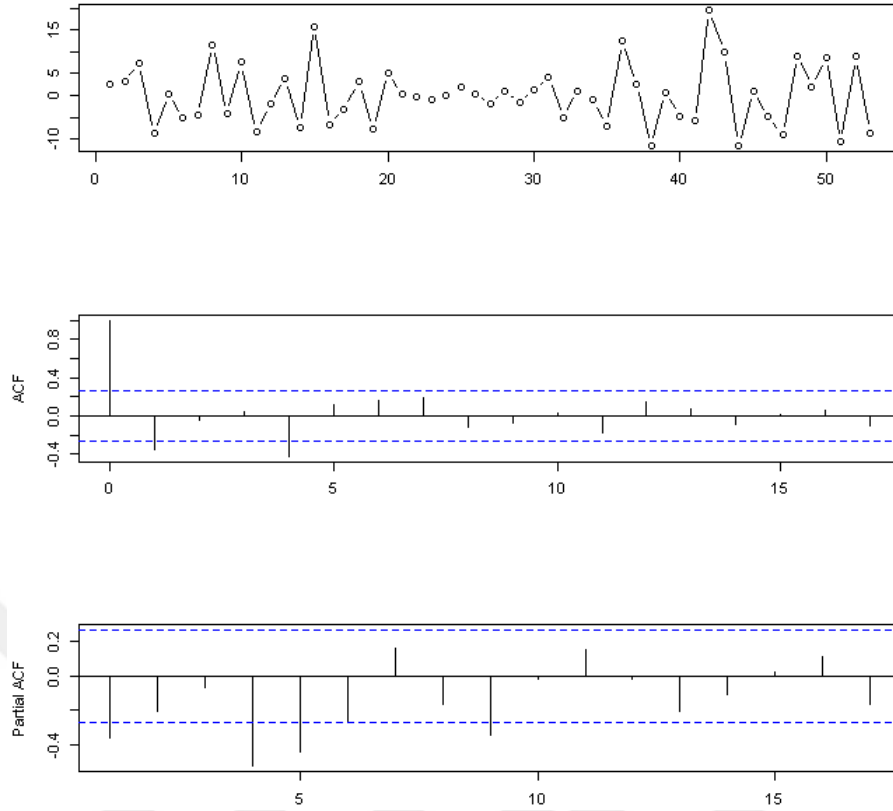
Öngörüde kullanılmak için uygun olduğu belirlenen ARIMA(0,1,0) (3,2,0)₄ modelinde logaritmik dönüşüm uygulanmış serinin değerleri kullanıldığı için öngörü sonuçlarını orijinal verilerin cinsinden ifade etmek için sonuçların anti-logaritmaları alınmıştır. Belirlenen modele ilişkin sonuçlar gerçekleşen değerler ile karşılaştırılmıştır. Model öngörü performansının ölçülmesinde kriter olarak seçilen MAPE değerine ilişkin sonuç aşağıda verilmiştir.

$$\text{MAPE} = 16.484$$

5.3.1. ARIMAX Modelinin Uygulanması

ARIMA modelinin dış değişken (eXogenous) eklenerek genişletilmiş bir versiyonu olan ARIMAX modelinde modelleme aşamaları Box-Jenkins yaklaşımında benimsenen basamaklardan oluşmaktadır. Bu nedenle ARIMAX modelleme sürecinde ARIMA yöntemi ile aynı aşamalar izlenmiştir. Modelde bağımlı değişken olarak ele alınan çevre koruma harcamaları bağımsız değişken olarak enflasyon oranları kullanılmıştır. Bağımlı değişkene ilişkin durağanlık analizlerine ilişkin sonuçlara bir önceki başlıkta yer alan ARIMA modelinin uygulanması kısmında yer verildiğinden bu kısımda bağımsız değişkene ilişkin durağanlık analizi sonuçlarına yer verilecektir. Şekil 19'da enflasyon (ETS) serisi zaman grafiği ve ACF/PACF grafiği yer almaktadır.

Şekil 19. ETS Serisi Zaman Grafiği ve ACF/PACF Grafiği



Enflasyon serisinin (ETS) zaman seyrini gösteren Şekil 19 incelendiğinde serinin ortalama ve varyansta durağan özellik göstermediği bununla birlikte mevsim bileşeninin de zaman içinde sabit olmadığı görülmektedir. ETS serisinde mevsimsel olmayan durağanlığın test edilmesi için seriye ADF (Genişletilmiş Dickey Fuller) testi, mevsimsel durağanlığın test edilmesi için HEGY (Hylleberg Engle Granger ve Yoo) testi uygulanmıştır. ADF test sonuçlarına ilişkin bilgi Tablo 24’te ve HEGY test sonuçlarına ilişkin bilgi Tablo 25’te gösterilmiştir.

Tablo 24. ETS Serisinin ADF Test Sonucu

Gecikme	istatistik	p değeri
3	3.9963	0.99

Tablo 24’teki ADF test istatistiğine ilişkin p değeri=0.99> 0.05 olduğu için birim kök vardır şeklinde oluşturulan sıfır hipotezi (H_0) reddedilememektedir. Bunun anlamı serinin 0.95 güven seviyesinde durağan olmadığıdır.

Tablo 25. EHTS Serisinin HEGY Test Sonucu

	istatistik	p değeri
$t(\pi_1)$	1.6828	1
$t(\pi_2)$	2.1475	0.6691
$F(\pi_3 \cap \pi_4)$	1.2855	0 ***

*** p=0.00 seviyesinde anlamlıdır.

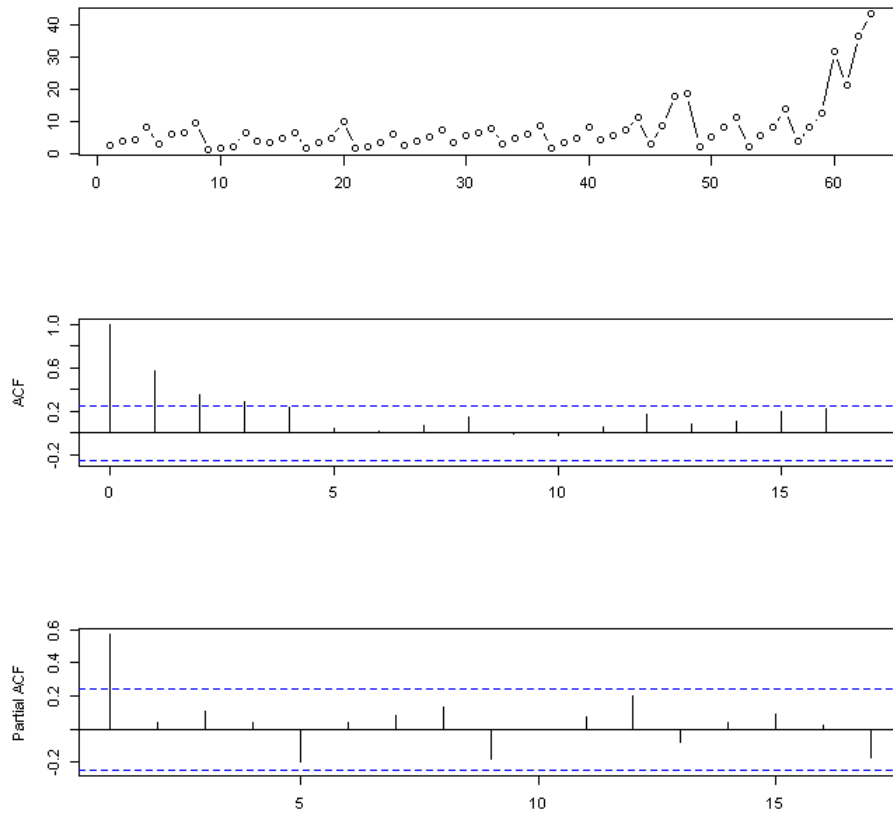
Not 1: Gecikme seçim kriteri AIC'ye göre 12 olarak seçilmiştir.

Not 2: Deterministik terimler sabit + trend + sezonsal kukla değişkenleridir.

Tablo 25'teki HEGY test sonuçlarında π_1 , π_2 ve $\pi_3 \cap \pi_4$ katsayılarına ilişkin t-istatistiklerinin p değerleri göz önüne alındığında; π_1 için $p=1 > 0.05$, π_2 için $p=0.6691 > 0.05$ ve $\pi_3 \cap \pi_4$ için $p=0 < 0.05$ olduğu için seride 0 frekansta, 1/2 frekansta birim kök mevcuttur. 1/3 ve 1/4 frekanslarda birim kök mevcut değildir.

ADF ve HEGY test sonuçlarından elde edilen bulgular ETS serisinin durağan olmadığını göstermektedir. ETS serisinde durağanlığın sağlanabilmesi için serinin mevsimsel olmayan (regular) ikinci dereceden farkı ve mevsimsel olan ikinci dereceden farkı alınarak elde edilen serisine $\Delta^2 \Delta_4^2$ ETS serisine ilişkin zaman grafiği ve otokorelasyon grafikleri Şekil 20'de gösterilmiştir.

Şekil 20. $\Delta^2 \Delta_4^2$ ETS Serisi Zaman Grafiği ve ACF/PACF Grafiği



$\Delta^2 \Delta_4^2$ ETS serisine ilişkin zaman grafiği ve otokorelasyon grafiği incelendiğinde trend ve mevsimsel etkilerin büyük ölçüde yok olduğu gözlemlenmektedir. Otokorelasyon fonksiyonunda güven aralığı dışında kalan birkaç otokorelasyon katsayısı olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin ilgili dönemlerdeki aşırı değişkenlik ve serideki aykırı gözlemlerden kaynaklandığı kabul edilmiştir.

$\Delta\Delta_4^2\text{LnHTS}$ serisinde mevsimsel olmayan durağanlığın test edilmesi için seriye ADF (Genişletilmiş Dickey Fuller) testi, mevsimsel durağanlığın test edilmesi için HEGY (Hylleberg Engle Granger ve Yoo) testi uygulanmıştır. ADF test sonuçlarına ilişkin bilgi Tablo 26’da ve HEGY test sonuçlarına ilişkin bilgi Tablo 27’de gösterilmiştir.

Tablo 26. $\Delta^2 \Delta_4^2$ ETS Serisinin ADF Test Sonucu

Gecikme	istatistik	p değeri
3	-7.6202	0.01

Tablo 26’daki ADF test istatistiğine ilişkin p değeri= $0.01 < 0.05$ olduğu için birim kök vardır şeklinde oluşturulan sıfır hipotezi (H_0) reddedilmiştir. Bunun anlamı serinin 0.95 güven seviyesinde durağan olduğudur. $\Delta^2\Delta_4^2$ ETS serisinin mevsimsel anlamda durağanlığın sınanması için seriye HEGY testi uygulanmıştır. HEGY testine ilişkin sonuçlar Tablo 27’de gösterilmiştir.

Tablo 27. $\Delta^2 \Delta_4^2$ ETS Serisinin HEGY Test Sonucu

	istatistik	p değeri
$t(\pi_1)$	-2.9209	0 ***
$t(\pi_2)$	-1.4678	0 ***
$F(\pi_3 \cap \pi_4)$	8.0051	0 ***

*** $p=0.00$ seviyesinde anlamlıdır.

Not 1: Gecikme seçim kriteri AIC’ye göre 9 olarak seçilmiştir.

Not 2: Deterministik terimler sabit + trend + sezonsal kukla değişkenleridir.

Tablo 27’deki HEGY test sonuçlarında π_1 , π_2 ve $\pi_3 \cap \pi_4$ katsayılarına ilişkin t -istatistiklerinin p değerleri göz önüne alındığında; π_1 için $p=0 < 0.05$, π_2 için $p=0 < 0.05$, ve $\pi_3 \cap \pi_4$ için $F=0 < 0.05$ olduğu için birim kök vardır şeklinde oluşturulan sıfır hipotezi (H_0) reddedilmektedir. Yani seride 0 frekansta, 1/2 frekansta 1/3 ve 1/4 frekanslarda birim kök yoktur.

Yapılan dönüşümler sonrasında durağanlığın sağlandığı $\Delta^2\Delta_4^2$ ETS serisinin bağımsız değişken olarak yer aldığı, $\Delta\Delta_4^2\text{LnHTS}$ serisinin bağımlı değişken olarak yer aldığı farklı modeller SPSS 23.0 paket programı aracılığı ile denenmiştir. En düşük MAPE değerine sahip Çarpımsal- Mevsimsel ARIMAX (0,1,0,) (3,2,0)₄ modeli uygun model olarak belirlenmiştir. Belirlenen modele ilişkin parametreler Tablo 28’de ve modele ilişkin istatistikler Tablo 29’da gösterilmiştir.

Tablo 28. SARIMAX (0,1,0) (3,2,0)₄ Model Parametreleri

	Değişken	Tahmin	Standart Hata	t-İstatistiği	p-değeri
Harcama	Constant	.005	.009	.553	.583
	Regular Fark	1			
	SAR(1)	-1.061	.146	-7.282	.000
	SAR(2)	-.953	.169	-5.643	.000
	SAR (3)	-.424	.161	-2.631	.011
Enflasyon	Numaretör	-016	.006	-2.489	.016
	Regular Fark	2			
	Mevsimsel Fark	2			
	Gözlem Sayısı		63		
	Farkı Alındıktan Sonraki Gözlem Sayısı		53		
	Dönüşüm (Harcama)		Doğal Logaritma		
	Dönüşüm (Enflasyon)		-		

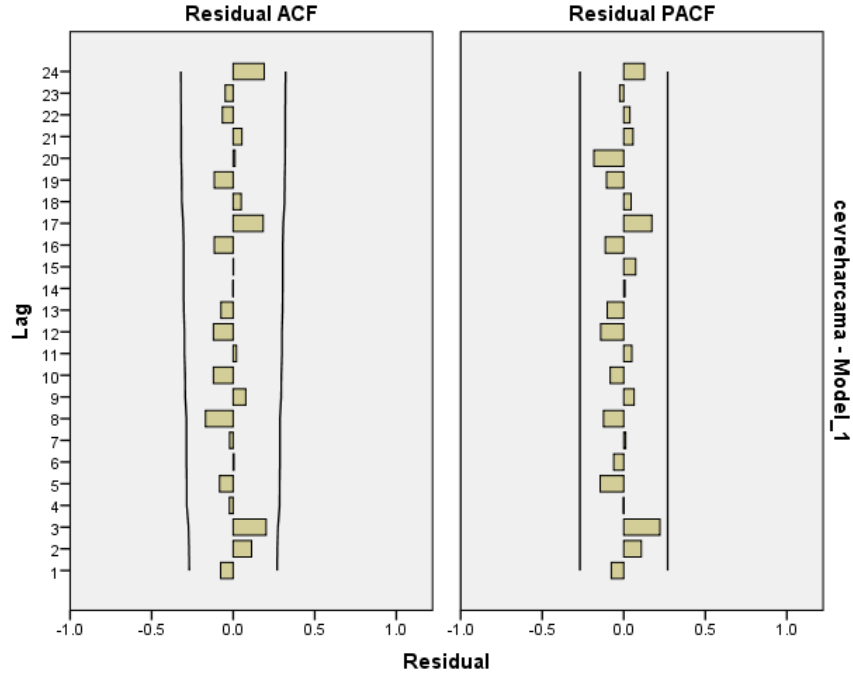
Tablo 29. SARIMAX (0,1,0,) (3,2,0)₄ Model İstatistikleri

R ²	RMSE	MAPE	MAE	BIC
.930	395618.290	15.335	214511.690	26.151

ARIMAX modelleme sürecinde belirleme ve parametre tahmin aşamalarından sonra belirlenen aday model için modelin artıklarının (residuals) kontrol edildiği aşamaya geçilmiştir. Modelin uygun bir model olduğuna karar verilebilmesi için modele ilişkin hata terimleri arasında anlamlı bir ilişki olmaması gerekmektedir.

Elde edilen Mevsimsel ARIMAX (0,1,0,) (3,2,0)₄ modeli için artıklar serisine ilişkin ACF ve PACF grafikleri Şekil 21’de gösterilmiştir.

Şekil 21. Mevsimsel ARIMAX (0,1,0,) (3,2,0)₄ Modeli için Artıklar Serisine İlişkin ACF ve PACF Grafikleri



Mevsimsel ARIMAX (0,1,0,) (3,2,0)₄ modeli için artıklar serisine ilişkin oto korelasyon ve kısmi oto korelasyon grafikleri incelendiğinde oto korelasyonlarının güven aralığı sınırları içinde olduğu görülmektedir. Bu durum seçilen modelin yeterli olduğunu gösteren önemli bir kriterdir.

Model artıklarının beyaz gürültü (rassal) olup olmadığını yani aralarında anlamlı bir ilişki olup olmadığını test etmek amacıyla Ljung ve Box (Q*) test istatistiği uygulanmış ve sonuçlar Tablo 30’da verilmiştir.

Tablo 30. Modelin Artıklar Serisinin Ljung-Box İstatistikleri

Q*İstatistiği	Serbestlik Derecesi	p-değeri
12.630	15	.631

Modele ilişkin Ljung ve Box test istatistiğinde $Q^* < X^2$ olduğundan H_0 hipotezi kabul edilmektedir. Bu durum hatalar arasında anlamlı ilişki olmadığı hataların rassal olarak dağıldığını yani beyaz gürültü olduğunu göstermektedir. Bu durumda belirlenen SARIMAX(0,1,0,) (3,2,0)₄ modelinin uygun bir model olduğunu test edilmiştir.

Öngöründe kullanılmak için uygun olduğu belirlenen ARIMAX(0,1,0,) (3,2,0)₄ modelinde logaritmik dönüşüm uygulanmış serinin değerleri kullanıldığı için öngörü sonuçlarını orijinal veri cinsinden ifade etmek için sonuçların anti-logaritmaları alınmıştır. Belirlenen modele ilişkin sonuçlar gerçekleşen değerler ile karşılaştırılmıştır.

Model öngörü performansının ölçülmesinde kriter olarak seçilen MAPE değerine ilişkin sonuç aşağıda verilmiştir.

$$\text{MAPE} = 15.3$$

5.4. YAPAY SİNİR AĞI YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Yapay sinir ağı yönteminin uygulanmasında ilk olarak geçmiş gözlem verilerinden hareketle gelecek dönemlerin tahmin edilmesine dayanan NAR (Nonlinear Autoregressive) ağı uygulamasına; sonrasında NAR ağının dış değişken (exogen) eklenerek geliştirilmiş bir versiyonu olan NARX (Nonlinear Autoregressive with EXogenous) ağı ile yapılan uygulamaya yer verilmiştir.

5.4.1. NAR Modelinin Uygulanması

Yapılan çalışmada Büyükşehir Belediyelerinin 2007: 1-2022: 3 döneminde gerçekleştirdikleri çevre koruma harcama verileri kullanılarak, gelecek sekiz döneme ilişkin tahmini harcama değerlerini tahmin edecek bir NAR ağı modeli oluşturulmuştur. Model oluşturma sürecinin ilk aşamasında uygulamada kullanılan veriler $[-1 \ +1]$ aralığında normalize edilmiştir.

Normalizasyon işlemi için derin öğrenme araç kutusu (MATLAB. Deep Learning Toolbox™. Reference. R2019b) içerisinde de bulunan aşağıdaki denklem uygulanmıştır.

$$y = (y_{\max} - y_{\min}) * \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} + y_{\min} \quad (6.1)$$

Burada y: normalize; $y_{\max} = +1$; $y_{\min} = -1$; $x_{\max}$ = veri setindeki en büyük değeri; $x_{\min}$ = veri setindeki en küçük değeri ve x ise normalize edilecek veri değerini göstermektedir.

Ağın eğitim performansının ölçülmesinde MSE (ortalama karesel hata), model performansının ölçülmesinde MAPE (mutlak yüzde hatanın ortalaması) kriteri kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak gizli katmanda tansig (tanjant-sigmoid) kullanılmıştır. Eğitim algoritması olarak “Bayesian Regularization” ve Levenberg–Marquardt seçilmiştir. Eğitim algoritması olarak “Bayesian Regularization” kullanılan modeller için veri setinin %70’i eğitim için % 30’u ise ağı test etmek için kullanılmıştır. Eğitim algoritması olarak Levenberg–Marquardt kullanılan modeller için veri setinin % 70’i eğitim için %15’i doğrulama için % 15 ’i ise ağı test etmek için kullanılmıştır. Bir

adet gizli katman ve bir adet çıkış katmanından oluşan gecikme vektörü 1: 1'den 1: 13'e kadar ve gizli katmandaki hücre sayısı 1'den 15'e kadar değişen farklı mimarilere sahip ağ yapıları MATLAB R2019b derin öğrenme araç kutusundan yararlanılarak denenmiştir. Denenen çok sayıda NAR modelleri içerisinde görece daha yüksek tahmin performansına sahip modellere ilişkin bilgiler Tablo 31'de gösterilmiştir.

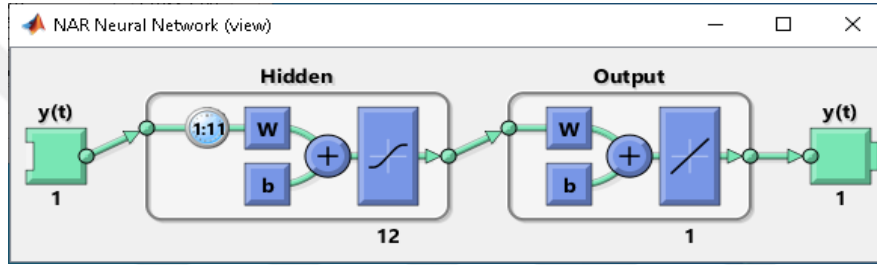
Tablo 31. Farklı Mimari Yapılar Kullanılarak Denenen NAR Modelleri

Aday Modeller	MAPE	RMSE	Eğitim Algoritması	Gecikme	Gizli Katmandaki Nöron Sayısı
1	6.458583614	159379.7249	Bayesian Regularization	11	12
2	8.134439004	75131.27081	Levenberg–Marquardt	7	15
3	8.341933652	107954.9417	Levenberg–Marquardt	5	14
4	8.431228235	173047.8237	Levenberg–Marquardt	12	14
5	8.794299198	97875.05553	Levenberg–Marquardt	7	13
6	9.120918122	300247.7958	Levenberg–Marquardt	11	10
7	9.562803765	82247.9216	Bayesian Regularization	7	9
8	9.887561823	126120.9398	Bayesian Regularization	8	7
9	9.975666358	133563.6654	Bayesian Regularization	4	11
10	10.14473264	133887.5632	Levenberg–Marquardt	6	12
11	10.61979795	129529.9828	Bayesian Regularization	5	10
12	10.98366825	136725.6467	Bayesian Regularization	5	15
13	11.06389227	337855.1989	Levenberg–Marquardt	12	15
14	11.16739716	153635.7407	Bayesian Regularization	11	7
15	11.2431508	145319.6162	Levenberg–Marquardt	9	7
16	11.50274363	181871.6864	Bayesian Regularization	9	8
17	11.57520525	125189.1826	Bayesian Regularization	6	13
18	11.58789538	211549.5781	Bayesian Regularization	4	5
19	11.68882206	131805.4565	Bayesian Regularization	5	3
20	11.74567487	152293.6405	Levenberg–Marquardt	5	12

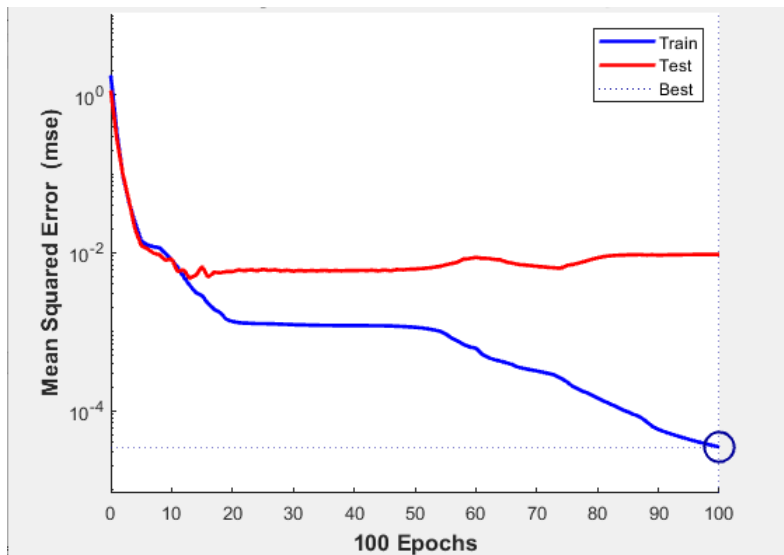
Model tahmin performansının ölçülmesinde seçilen MAPE kriterine göre oluşturulan modeller içerisinde en düşük MAPE değerine sahip model uygulamada kullanılmak üzere seçilmiştir. Uygulamada kullanılmak üzere seçilen NAR modelinin mimari yapısına ilişkin bilgiler Tablo 32'de ve Şekil 22'de gösterilmiştir.

Tablo 32. Seçilen NAR Modelinin Mimari Yapısına İlişkin Bilgiler

Girdi Katmanı Sayısı	1
Gizli Katman Sayısı	1
Çıktı Katmanı Sayısı	1
Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	12
Gizli Katmandaki Aktivasyon Fonksiyonu	Tanjant sigmoid (tansig)
Çıktı Katmanındaki Aktivasyon Fonksiyonu	Purelin
Gecikme Sayısı	11
Eğitim Algoritması	Bayesian Regularization
Toplam Veri Sayısı	63
Eğitim İçin Kullanılan Veri Oranı	%70
Test İçin Kullanılan Veri Oranı	%30
Eğitim Performans Kriteri	MSE
Model Performans Kriteri	MAPE

Şekil 22. Uygulamada kullanılacak NAR Ağı Modeli (Açık Döngü)

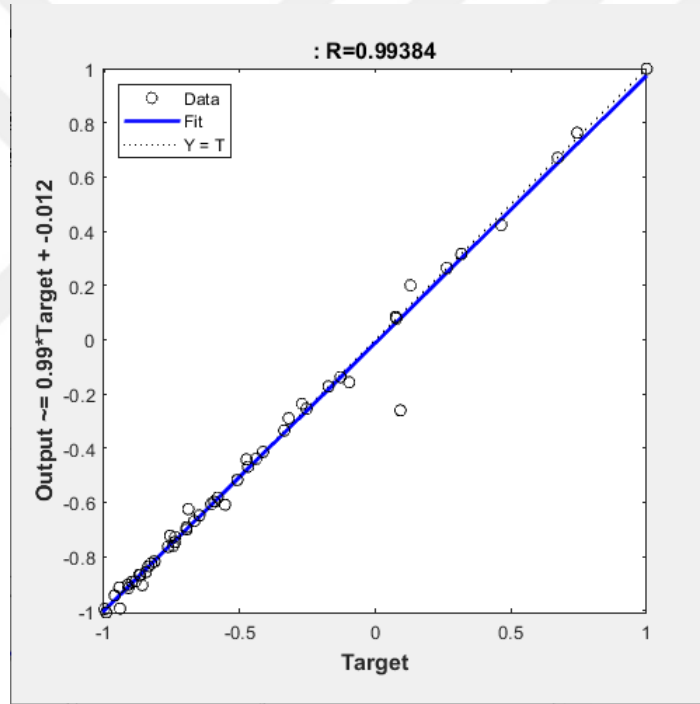
Uygulamada kullanılacak olan NAR ağı'nın mimari yapısı belirlendikten sonra ağı'nın eğitim aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada ağı'nın çıktıları ve gerçek değerler arasındaki fark MSE kriterine göre minimum seviyeye inene kadar nöronlar arasındaki bağlantı ağırlıklarının güncellenmesi işlemine devam edilir. Eğitim aşamasında hem eğitim hem de test performansı canlı olarak gözlemlenebilmektedir. Şekil 23'te 100. iterasyon sonunda eğitim ve test performanslarının grafiği elde edilmiştir.

Şekil 23. NAR Ağı'nın Eğitim ve Test Performansı

Şekil 21 'de. 100. İterasyon sonunda bu ağın eğitim performansı $3.4599e-05$ olarak bulunmuştur. Şekil 23 'te görüldüğü üzere ağın eğitim performansı test performansına göre daha iyi sonuç vermiştir. Yani bu ağ, eğitim verilerini kullanarak ortalama karesel hatayı $3.4599e-05$ değerine indirebilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda ağdaki nöron arttıkça eğitim başarısı artmakta ama test başarısının azalmakta olduğu görülmüştür. Yani ağ, daha önceden gördüğü verileri kullanarak başarılı sonuç üretmekte ama daha önceden görmediği verileri kullanarak başarılı sonuçlar üretememektedir.

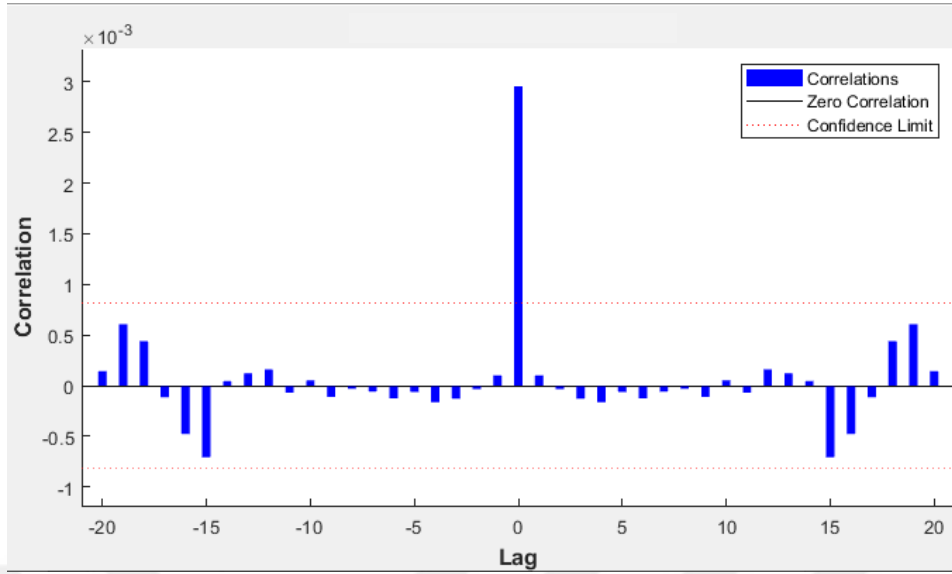
Ağın Şekil 24'te eğitim ve test verilerinin tamamına ilişkin regresyon analizi incelendiğinde verilerin doğru ile uygunluğu görülmektedir. R değeri ise 0.99384 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 24. NAR Ağının Regresyonu



Ağın eğitim ve test verilerinin toplamda 52 adet olduğu görülmektedir. 2007: 1-2020: 3 dönemindeki harcama verilerinin tamamına bakıldığında 63 adet veri görülmektedir. Bu aradaki 11 fark ise ağın gecikmesinin 1: 11 olarak seçilmesi nedeniyledir.

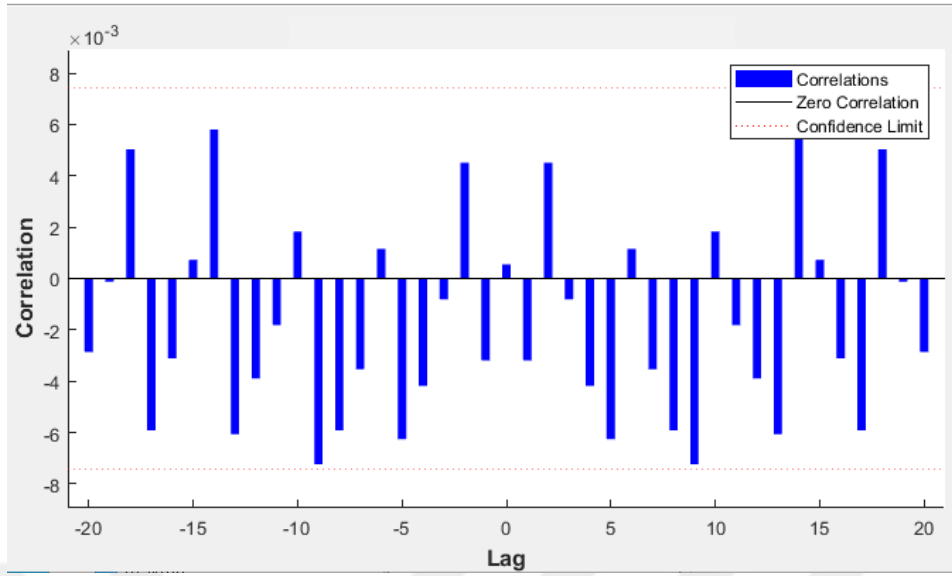
Şekil 25. NAR Ağının Hata Otokorelasyonu



Şekil 25’te eğitim aşamasındaki bu ağ hatasının otokorelasyon grafiği görülmektedir. Derin öğrenme araç kutusunun kılavuzunda belirtildiği üzere, hata otokorelasyon fonksiyonu, tahmin hatalarının zamanla ilişkisini açıklamaktadır. Mükemmel bir tahmin modelinde otokorelasyon fonksiyonunda sıfır olmayan sadece bir değer olmakta ve bu değerde sıfırıncı gecikmede meydana gelmektedir. Bu değer, ortalama karesel hatayı göstermektedir. Bunun anlamı ise tahmin hatalarının birbirleri arasında hiçbir korelasyon bulunmadığının göstergesidir. Eğer tahmin hataları arasında önemli bir korelasyon var ise gecikme sayısı artırılabilir. Sıfır gecikmedeki değer dışındaki diğer değerler %95 güven aralığı içerisinde ve sıfır değerine yakın ise oluşturulan ağ modelinin yeterli olduğu sonucuna varılabilir (Beale vd.,2019b: 117).

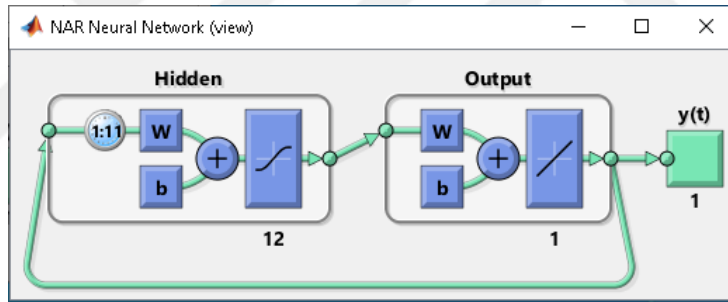
Şekil 26’da giriş-hata çapraz korelasyonu görülmektedir. Bu değerler de güven aralığı içerisinde kalmıştır.

Şekil 26. Giriş ve Hata Arasındaki Korelasyon



Oluşturulan NAR ağının eğitim ve test süreçleri tamamlandıktan sonra Şekil 27’de görüldüğü üzere ağ, kapalı döngü haline getirilmiştir.

Şekil 27. Uygulamada Kullanılacak NAR Ağı Modeli (Kapalı Döngü)



Bu ağın kapalı döngü durumuna geçirilmesiyle birlikte geleceğe yönelik tahminlere hazır hale getirilmiş olmaktadır. Derin öğrenme araç kutusundaki “netc” fonksiyonu kullanılarak gelecek 8 dönemin harcama tahmin verilerinin normalize değerlerine ulaşılmaktadır.

5.4.2.NARX Modelinin Uygulanması

NAR modelinin dış değişken eklenerek geliştirilmiş versiyonu olan NARX modelinin oluşturulmasında NAR modelinin oluşturulmasındaki aşamalar takip edilmektedir. NARX modelinde bağımlı değişken olarak ele alınan çevre koruma harcamaları bağımsız değişken olarak enflasyon oranları kullanılmıştır. Model oluşturma sürecinin ilk aşamasında uygulamada kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkene ilişkin veriler $[-1 +1]$ aralığında normalize edilmiştir.

Ağın eğitim performansının ölçülmesinde MSE (ortalama karesel hata), model performansının ölçülmesinde MAPE (mutlak yüzde hatanın ortalaması) kriteri kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak gizli katmanda tansig (tanjant sigmoid) kullanılmıştır. Eğitim algoritması olarak “Bayesian Regularization” ve Levenberg–Marquardt seçilmiştir. Eğitim algoritması olarak “Bayesian Regularization” kullanılan modeller için veri setinin % 70’i eğitim için % 30’u ise ağı test etmek için kullanılmıştır. Eğitim algoritması olarak Levenberg–Marquardt kullanılan modeller için veri setinin % 70’i eğitim için %15’i doğrulama için % 15 ’i ise ağı test etmek için kullanılmıştır. Bir adet gizli katman ve bir adet çıkış katmanından oluşan gecikme vektörü 1: 1’den 1: 13’e kadar ve gizli katmandaki hücre sayısı 1’den 15’e kadar değişen farklı mimarilere sahip ağ yapıları MATLAB R2019b derin öğrenme araç kutusundan yararlanılarak denenmiştir. Denenen çok sayıda NARX modelleri içerisinde görece daha yüksek tahmin performansına sahip modellere ilişkin bilgiler Tablo 33’te gösterilmiştir.

Tablo 33. Farklı Mimari Yapılar Kullanılarak Denenen NARX Modelleri

Aday Modeller	MAPE	RMSE	Eğitim Algoritması	Gecikme	Gizli Katmandaki Nöron Sayısı
1	5.532799185	176974.2417	Levenberg–Marquardt	10	13
2	6.093409699	141351.6715	Bayesian Regularization	12	9
3	6.967948166	124743.613	Bayesian Regularization	9	13
4	7.14279603	108281.5342	Bayesian Regularization	8	9
5	8.112898912	188219.077	Bayesian Regularization	12	14
6	8.623354992	155130.6805	Bayesian Regularization	9	4
7	9.401601987	198658.142	Bayesian Regularization	12	3
8	9.645382005	168845.5753	Bayesian Regularization	7	5
9	10.41186153	130982.717	Bayesian Regularization	13	8
10	10.47403582	149988.2013	Bayesian Regularization	8	7
11	10.68993252	115833.8284	Bayesian Regularization	6	10
12	11.67270553	163101.6441	Levenberg–Marquardt	9	14
13	11.81128445	101410.838	Bayesian Regularization	4	12
14	11.96230462	130085.7994	Bayesian Regularization	4	5
15	12.77672671	294900.6351	Bayesian Regularization	13	9
16	13.35869065	173505.639	Bayesian Regularization	6	5
17	13.67913325	262312.2814	Bayesian Regularization	13	9
18	13.78914121	152245.2349	Bayesian Regularization	7	10
19	14.36435055	158026.6178	Levenberg–Marquardt	4	12
20	15.17064346	317343.2807	Bayesian Regularization	13	4

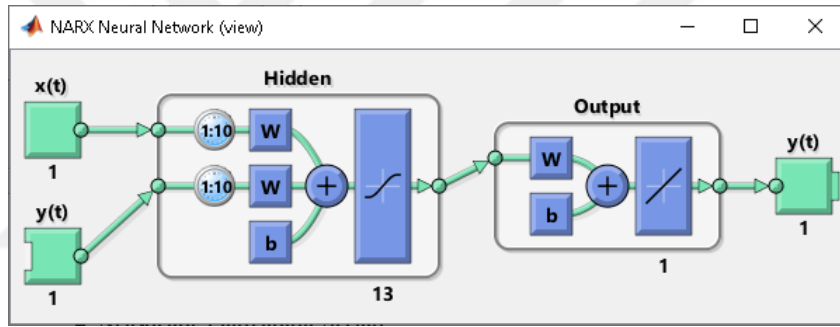
Model tahmin performansının ölçülmesinde seçilen MAPE kriterine göre oluşturulan modeller içerisinde en düşük MAPE değerine sahip model uygulamada kullanılmak üzere

seçilmiştir. Uygulamada kullanılmak üzere seçilen NARX modelinin mimari yapısına ilişkin bilgiler Tablo 34’te ve Şekil 28’de gösterilmiştir.

Tablo 34. Seçilen NARX Modelinin Mimari Yapısına İlişkin Bilgiler

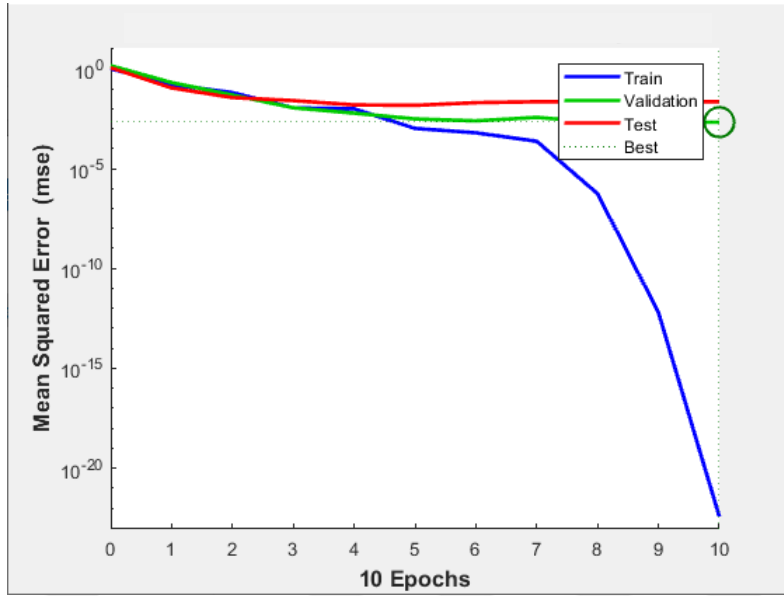
Girdi Katmanı Sayısı	1
Gizli Katman Sayısı	1
Çıktı Katmanı Sayısı	1
Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	13
Gizli Katmandaki Aktivasyon Fonksiyonu	Tanjant sigmoid (tansig)
Çıktı Katmanındaki Aktivasyon Fonksiyonu	Purelin
Gecikme Sayısı	10
Eğitim Algoritması	Levenberg–Marquardt
Toplam Veri Sayısı	63
Eğitim İçin Kullanılan Veri Oranı	%70
Doğrulama İçin Kullanılan Veri Oranı	%15
Test İçin Kullanılan Veri Oranı	%15
Eğitim Performans Kriteri	MSE
Model Performans Kriteri	MAPE

Şekil 28. Uygulamada kullanılacak NARX Ağı Modeli (Açık Döngü)



Uygulamada kullanılacak olan NARX ağının mimari yapısı belirlendikten sonra ağın eğitim aşamasına geçilmiştir. Şekil 29’da 10. iterasyon sonunda eğitim, test ve doğrulama performanslarının grafiği elde edilmiştir.

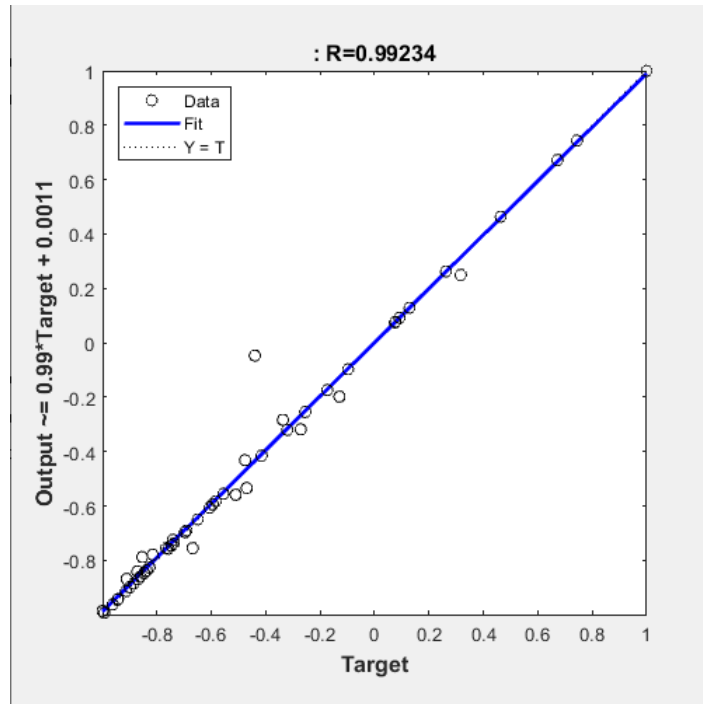
Şekil 29. NARX Ağının Eğitim, Test ve Doğrulama Performansı



Şekil 29’da 10. İterasyon sonunda bu ağın eğitim performansı 0.0021003 olarak bulunmuştur. Yani bu ağ, eğitim verilerini kullanarak ortalama karesel hatayı 0.0021003 değerine indirebilmiştir.

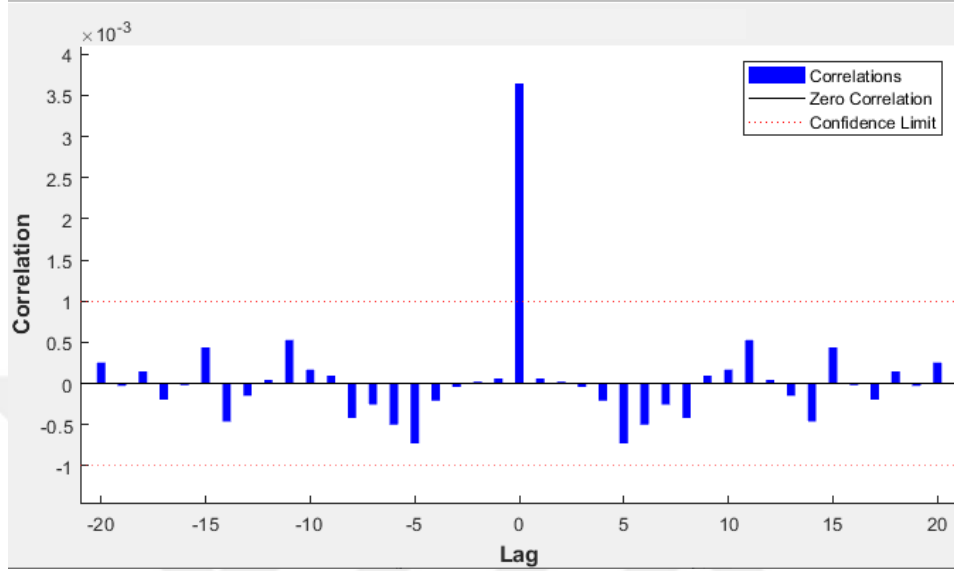
Ağın Şekil 30’ da görülen tüm verilere ilişkin regresyon analizi incelendiğinde eğitim verisinin doğru ile uygunluğu görülmektedir. R değeri ise 0.99234 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 30. NARX Ağının Regresyonu



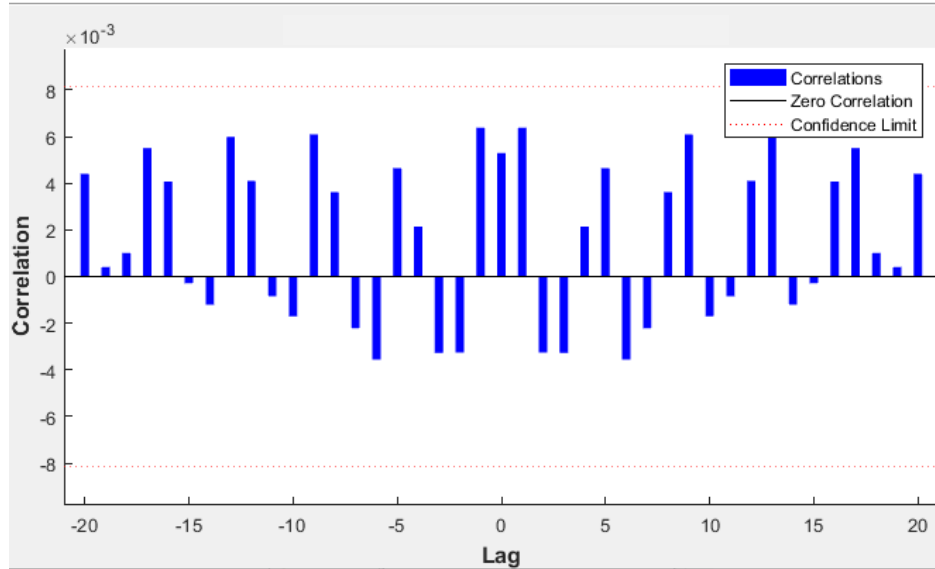
Şekil 31’de eğitim aşamasındaki bu ağ hatasının otokorelasyon grafiği görülmektedir. Sıfır gecikmedeki değer dışındaki diğer değerlerin %95 güven aralığı içerisinde olduğu görülmektedir.

Şekil 31. NARX Ağının Hata Otokorelasyonu



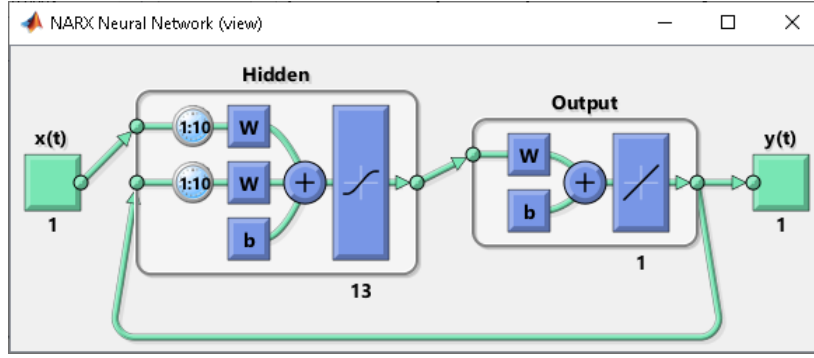
Şekil 32’de giriş-hata çapraz korelasyonu görülmektedir. Bu değerlerin de güven aralığı içerisinde kaldığı görülmektedir.

Şekil 32. Giriş ve Hata Arasındaki Korelasyon



Oluşturulan NARX ağının eğitim ve test süreçleri tamamlandıktan sonra Şekil 33’te görüldüğü üzere ağ, kapalı döngü haline getirilmiştir.

Şekil 33. Uygulamada Kullanılacak NARX Ağı Modeli (Kapalı Döngü)



Bu ağın kapalı döngü durumuna geçirilmesiyle birlikte geleceğe yönelik tahminlere hazır hale getirilmiş olmaktadır.

5.5. YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE BÜYÜKŞEHİR BELEDİYELERİNİN ÇEVRE KORUMA HARCAMA TAHMİNLERİNİN YAPILMASI

Büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamalarının tahmininde kullanılmak üzere farklı yöntemler kullanılarak oluşturulan tek değişkenli modellerin öngörü performanslarına ilişkin sonuçlar Tablo 35'te gösterilmiştir.

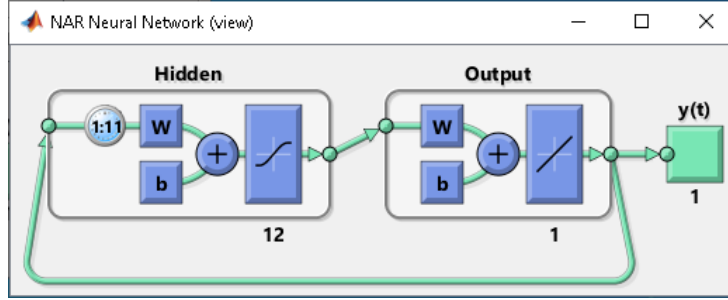
Tablo 35. Farklı Yöntemler Kullanılarak Oluşturulan Tek Değişkenli Modellerin Öngörü Performanslarının Karşılaştırılması

Yöntem	Model	MAPE
Mevsimsel Üstel Düzleştirme Yöntemi	Holt-Winters Toplamsal Mevsimsel	13,45
Box-Jenkins Yöntemi	SARIMA(0,1,0,) (3,2,0) ₄	16,48
Yapay Sinir Ağları Yöntemi	NAR	6,45

Önceki başlıklarda da açıklandığı üzere MAPE değeri 10'un altında olan modeller yüksek doğruluk derecesine sahip çok iyi modeller; 10-20 arasındaki modeller doğruluk derecesine sahip iyi modeller; 20-50 arasındaki değere sahip modeller kabul edilebilir modeller ve 50 ve üzerinde değere sahip modeller hatalı modeller olarak kabul edilmektedir (Witt &Witt, 1992: 137; Levis, 1982: 40; Aktaran: Çuhadar, 2006: 112). Tablo 35 incelendiğinde büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamalarının 2022: 4- 2024: 3 dönemlerinin tahmin edilmesinde kullanılmak üzere oluşturulan modellerin tahmin performanslarını gösteren MAPE sonuçlarına bakıldığında mevsimsel üstel düzleştirme yöntemi, Box-Jenkins yöntemi ve yapay sinir ağları yöntemiyle yapılan öngörülerin iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Fakat yapay sinir ağı kullanılarak elde edilen NAR modelin mevsimsel üstel düzleştirme ve Box-Jenkins yöntemleri kullanılarak oluşturulan modellere kıyasla daha yüksek öngörü doğruluğuna sahip olduğu

görülmüştür. Bu nedenle 2022: 4- 2024: 3 dönemleri için büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamalarının tahmininde yapay sinir ağı kullanılarak elde edilen NAR modelinin kullanılmasına karar verilmiştir. Uygulamada kullanılacak NAR modeli Şekil 34'te gösterilmiştir.

Şekil 34. Uygulamada Kullanılacak NAR Ağı Modeli (Kapalı Döngü)



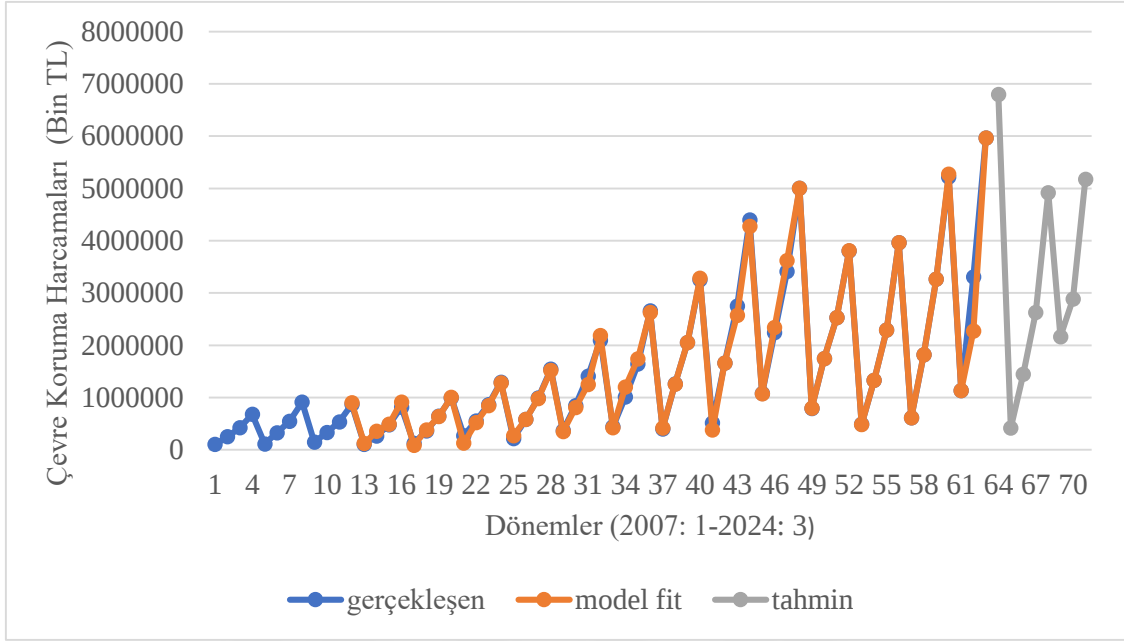
Şekil 34'te bir adet gizli katman ve gizli katmanda 12 adet nöron bulunan 11 gecikmeye sahip kapalı döngü NAR modeli gösterilmiştir. Kapalı döngü ifadesi modelin eğitim ve test aşamalarının tamamlandığı ve tahminde kullanılmak için hazır hale geldiğini göstermektedir.

Aktivasyon fonksiyonu olarak gizli katmanda tansig, çıkış katmanında purlin fonksiyonlarının kullanıldığı, öğrenme algoritması olarak Bayesian Regularization, eğitim performans kriteri olarak ortalama karesel hata (MSE) ve performans kriteri olarak MAPE nin kullanıldığı NAR modelinin üretmiş olduğu tahmin sonuçları Tablo 36'da ve tahmin sonuçlarına ilişkin grafik Şekil 33'te gösterilmiştir.

Tablo 36. 2022: 4- 2024: 3 Dönemleri İçin Büyükşehir Belediyelerinin Çevre Koruma Harcama Tahminleri

Dönemler	Çevre Koruma Harcamaları (Bin TL)
2022: 4	6.801.435
2023: 1	419.575
2023: 2	1.447.508
2023: 3	2.629.100
2023: 4	4.921.504
2024: 1	2.165.309
2024: 2	2.884.292
2024: 3	5.176.678

Şekil 35. Gerçekleşen Çevre Koruma Harcamaları ile NAR Model Fit ve Tahminleri Zaman Grafiği



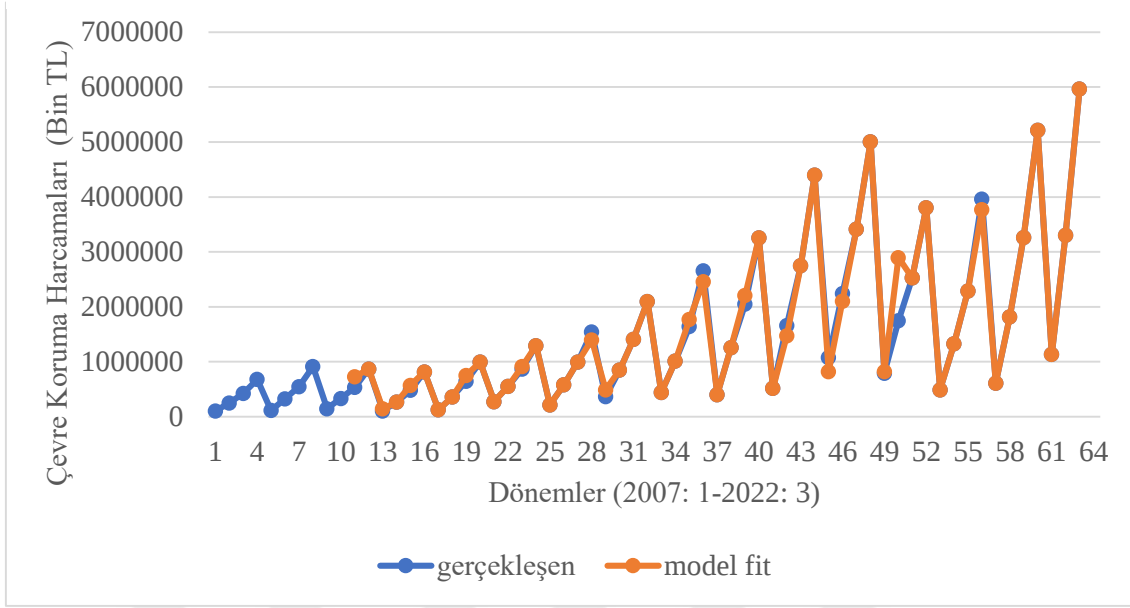
Şekil 35'te yer alan grafikte çevre koruma harcamalarının gerçek değerleri NAR modeline ilişkin model fit sonuçları ve NAR modelinin üretmiş olduğu tahmin sonuçları birlikte gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde gerçekleşen değerler ve NAR modelinin üretmiş olduğu sonuçların birbiri ile uyum içinde olduğu ve sapmaların çok küçük olduğu görülmektedir. Bu bakımdan oluşturulan NAR modelinin Türkiye'deki büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamalarının tahmin etmede kullanılabilecek başarılı bir model olduğu ifade edilebilir.

Tablo 37. Farklı Yöntemler Kullanılarak Oluşturulan Çok Değişkenli Modellerin Öngörü Performanslarının Karşılaştırılması

Yöntem	Model	MAPE
Box-Jenkins Yöntemi	SARIMAX (0,1,0,) (3,2,0) ₄	15,3
Yapay Sinir Ağları Yöntemi	NARX	5,53

Tablo 37 incelendiğinde Box-Jenkins yönteminde ve yapay sinir ağları yönteminde bağımsız değişken kullanılarak oluşturulan her iki modelin MAPE sonuçlarına bakıldığında iki modelin de doğruluk derecesine sahip iyi modeller olduğu ifade edilebilir. Ancak yapay sinir ağı kullanılarak elde edilen NARX modelinin Box-Jenkins yöntemleri kullanılarak elde edilen SARIMAX modeline kıyasla daha yüksek öngörü doğruluğuna sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 36. Gerçekleşen Çevre Koruma Harcamaları ve NARX Model Fit Zaman Grafiği



Şekil 36'daki grafik incelendiğinde çevre koruma harcamalarının gerçek değerleri ve NARX modelinin üretmiş olduğu model fit sonuçlarının birbiri ile uyum içinde olduğu ve sapmaların çok küçük olduğu görülmektedir. Şekil 35'te yer alan NAR modeline ilişkin grafikte çevre koruma harcamalarına ilişkin gerçekleşen değerler, (mavi) model fit değerleri (turuncu) ve geleceğe yönelik tahmin değerleri (gri) bir arada gösterilirken Şekil 36'da yer alan NARX modeline ilişkin grafikte sadece çevre koruma harcamalarına ilişkin gerçekleşen değerler (mavi) model fit değerleri (turuncu) yer almakta geleceğe yönelik tahmin değerleri (gri) yer almamaktadır. Bunun nedeni çalışmanın yöntem kısmında da açıklandığı üzere bağımsız (dış) değişkenli modellerle yapılacak tahmin çalışmalarında bağımlı değişkenin gelecek dönemlerinin tahmin edilebilmesi için tahmin edilecek dönemlere ilişkin bağımsız değişkene ilişkin verilerin olması gerekmektedir. Söz konusu verilerin olmaması durumunda ise bu verilerin tahmin edilmesi gerekmektedir. Ancak bağımsız değişkene ilişkin verilerin tahmini için yapılacak olan modellemede her tahmin modelinin kendisine ilişkin hata payı bulundurması nedeniyle farklı sorunlar ortaya çıkabilmektedir (Çuhadar, 2006: 138). Bu nedenle çevre koruma harcamalarının geleceğe yönelik tahmini tek değişkenli model kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Farklı modellerle yapılan tahmin çalışmalarına da modellerin tahmin performanslarının mukayese edilebilmesi için çalışmada yer verilmiştir. Bu açıdan bağımlı değişkenin gelecek dönemlerine yönelik yapılacak tahmin çalışmalarında bağımsız değişkene ait değerlerin bilinmesi ya da hedeflenmesi durumlarında NARX modelinin başarılı tahmin sonuçları üretebileceği ifade edilebilir.

SONUÇ TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Türkiye’deki büyükşehir belediyelerinin 2022: 4 – 2024: 3 dönemleri için çevre koruma harcamalarının tahminini amaçlayan bu çalışmada zaman serileri analizlerinde kullanılan “Üstel Düzleştirme”, “Box-Jenkins (ARIMA- Auto Regressive Integrated Moving Average)” ve “Yapay Sinir Ağları” yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan yöntemlerin öngörü doğrulukları karşılaştırılarak en yüksek doğruluğu sağlayan yöntemle gelecek sekiz döneme ilişkin tahminler gerçekleştirilmiştir.

Uygulama aşamasında veri yapısına uygun olan yöntemlerin tespiti için ilk olarak verilere ilişkin zaman serisi bileşenleri incelenmiş ve çevre koruma harcama verilerinin artan bir trendle birlikte mevsimsel bileşen içerdiği görülmüştür. Bu nedenle bu tip verilerin yapısına uygun olduğu ifade edilen Mevsimsel Üstel Düzleştirme (Holt-Winters) ve Çarpımsal- Mevsimsel Box-Jenkins (ARIMA) yöntemleri kullanılarak tahminler yapılmış ve her iki yöntemden de seçilen tahmin performans kriterine göre başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak yapay sinir ağı kullanılarak elde edilen NAR (Nonlinear Autoregressive) modelinin mevsimsel üstel düzleştirme ve Box-Jenkins yöntemleri kullanılarak elde edilen modellere kıyasla daha yüksek öngörü doğruluğuna sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamalarının tahmini yapay sinir ağı kullanılarak elde edilen NAR modeli ile gerçekleştirilmiş ve 2022: 4 – 2024: 3 dönemleri için çevre koruma harcamaları (Bin TL) sırasıyla 6.801.435 419.575 1.447.508 2.629.100 4.921.504 2.165.309 2.884.292 5.176.678 olarak bulunmuştur.

Çevre koruma harcamalarının tahmininde enflasyonun bağımsız değişken olarak kullanıldığı uygulamadan elde edilen sonuçlara bakıldığında ise Box-Jenkins ve yapay sinir ağları yönteminde bağımsız değişken kullanılarak oluşturulan her iki modelin de tahmin doğruluğu açısından iyi sonuçlar verdiği ancak yapay sinir ağı kullanılarak elde edilen NARX (Nonlinear Autoregressive Network with Exogenous Inputs) modelinin Box-Jenkins yöntemleri kullanılarak elde edilen SARIMAX (Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average with Intervention X Variables) modeline kıyasla daha yüksek öngörü doğruluğuna sahip olduğu görülmüştür.

Çalışmanın sonuçlarını ortaya koymadan önce çevre kirliliğini azaltmaya ve önlemeye yönelik olan çevre koruma harcamalarının miktarındaki artışın her zaman çevre korumaya verilen önemi göstermemekle birlikte genel anlamda çevre kirliliğini azaltılabileceğini ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlayabileceğini ifade etmek gerekir (Değirmenci, 2020: 63-65). Özellikle uluslararası karşılaştırmalarda ülkelerin çevre koruma ve sürdürülebilir kalkınmaya verdikleri önemin bir göstergesi olarak çevre koruma harcamalarının Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla (GSYİH) içindeki payına bakılmaktadır (Çiçekalan vd. 2019: 730; Briassoulis, 2001: 414). Türkiye’deki büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamalarını tahmin etmenin amacı ise bütçe hazırlık aşamasında harcama miktarının doğru bir şekilde tahmin edilmesini sağlayarak yerel ve merkezi yönetimdeki karar alıcılara çevre koruma ile ilgili planlama faaliyetlerinde özellikle de bütçede çevre koruma hizmetleri için ayrılacak paylarda kolaylık sağlamaktır. Nitekim yeni kamu mali yönetim anlayışında kamu kaynaklarında verimliliğin, tutumlunun ve etkinliğin sağlanması için bütçeler çok yıllık olarak hazırlanmakta ve ödenekler kamu idarelerine stratejik planlamalarında yer alan amaç ve hedefler doğrultusunda tahsis edilmektedir. Bu anlamda bütçe hazırlık aşamasında harcamaların doğru bir şekilde tahmin edilmesi ilerde yaşanabilecek mali dengesizliklerin önlenmesi açısından önemlidir (Tchórzewski & Wróbel, 2011: 118; Pıçak, 2022: 149).

Çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde Türkiye’deki büyükşehir belediyelerinin gelecek sekiz döneme ilişkin çevre koruma harcamalarının genel anlamda artış eğilimi içerisinde olacağı ve 2024 yılının üçüncü çeyreği itibari ile 5,17 Milyar TL olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Bütçe hazırlık aşamasında bu tutarın yerel yönetim ve merkezi yönetimdeki karar alıcılar tarafından bütçe plan ilişkisinin güçlendirilmesi açısından dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle merkezi idare tarafından genel bütçe vergi gelirlerinden büyükşehir belediyelerine aktarılacak paylarda çevre koruma hizmetleri için büyükşehir belediyeleri tarafından gelecek dönemlere ilişkin olarak gerçekleştirilecek harcama miktarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Nitekim büyükşehir belediyelerinin gelirleri büyük ölçüde merkezi idare tarafından yapılan transferlere bağlıdır.⁴ Bu anlamda büyükşehir belediyelerinin çevre

⁴ Büyükşehir Belediyelerinin 2017-2021 yıllarını kapsayan dönemde toplam gelirler içerisinde transfer gelirlerinin payı ortalama %77,5 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca ilgili yıllarda toplam gelirler içerisinde transfer gelirlerinin payı yıllar itibariyle artış göstermiştir. 2017’de bu oran ortalama %72,4 iken 2021’de ortalama %77,5 olarak gerçekleşmiştir. <https://muhasabat.hmb.gov.tr/mahalli-idareler-butce-istatistikleri>, 09.05.2023.

koruma hizmetleri için bütçede ayrılacak paylara ilişkin planlamanın yapılması sadece yerel yönetim kademesindeki politika yapıcılarını ilgilendiren bir durum olmadığından bu konuyla ilgili yapılacak planlama faaliyetlerinin merkezi idare ve yerel idarelerdeki karar alıcılar arasında eşgüdümlü olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Çalışmada ele alınan büyükşehir belediyelerinin toplam çevre koruma harcamalarının genel itibarıyla artış eğilimi içinde olduğu ve gelecek dönemlerde de bu artışın devam edeceği görülmektedir. Fakat büyükşehir belediyelerinin toplam harcamaları içerisinde çevre koruma harcamalarının payında yıllar itibarıyla bir azalış söz konusudur. 2012 yılında büyükşehir belediyelerinin toplam harcamaları içinde çevre koruma harcamalarının payı %25,3 iken 2021’de bu oran %17,3’e gerilemiştir. Büyükşehir belediyelerinin çevre koruma harcamalarında yıllar itibarıyla artış yaşanırken bu harcamaların toplam içerisindeki payının azalması büyükşehir belediyelerinde artan nüfusla birlikte diğer hizmet türlerindeki artışla açıklanabilir. Büyükşehir belediyelerinin çevre koruma konusunda mevzuatla kendilerine verilen görev ve sorumlulukları yerine getirebilmeleri için bu hizmetler için gerekli mali kaynaklara sahip olmaları gerekmektedir. Özellikle 9. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel Çevre İhtisas Raporunda (DPT, 2007: 89-90) çevre politikalarının başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için ayrı bir çevre finansman stratejisi oluşturulması gerektiği ve yerel idareler tarafından gerçekleştirilecek çevre koruma faaliyetlerinin çevresel gelirlerle karşılanması gerektiği ifade edilmiştir. Bu anlamda büyükşehir belediyelerinin çevre koruma hizmetleri için ihtiyaç duyulan finansman miktarının karşılanmasında alternatif finansman kaynağı olarak çevresel vergi gelirlerinden büyükşehir belediyelerine “çevre koruma payı” verilmesi büyükşehir belediyelerinin çevre koruma hizmetlerini öncelikli bir hizmet türü olarak görmelerini ve çevre koruma konusundaki sorumluluk anlayışının güçlenmesini sağlayabilecektir.

Büyükşehir belediyelerinin eylem planları kapsamında gerçekleştirdiği çevre korumaya ilişkin faaliyet ve projeler Türkiye’nin çevre koruma ile ilgili olarak taraf olduğu uluslararası antlaşmalardaki hedeflerin ve yükümlülüklerin yerine getirilmesinde özellikle dikkate alınmaktadır. Bu açıdan uzun vadeli bir bakış açısıyla hazırlanan ulusal kalkınma planlarında çevre korumaya ilişkin planların bütçe bağlantısının kurulabilmesi adına büyükşehir belediyeleri tarafından gerçekleştirilecek çevre koruma hizmetlerine ilişkin harcama tutarının dikkate alınması gerekir.

Çalışmada bağımsız değişken olarak enflasyon oranının alındığı uygulama sonuçları ele alındığında enflasyona ilişkin değerlerin bilinmesi ya da hedeflenmesi durumlarında NARX modelinin çok başarılı tahmin sonuçları üretebileceği ifade edilebilir. Özellikle hükümetlerin uzun vadeli makroekonomik planlamalarında ekonomik verilere ilişkin olarak hedefleme yapmaları (enflasyon hedeflemesi gibi) durumunda bu verilerin bağımsız değişken olarak kullanılacağı modellerle başarılı sonuçlar elde edilebilecektir.

Kamu maliyesi literatüründe çevre koruma harcamalarının tahminine ilişkin çalışmalar oldukça sınırlıdır. Çevre koruma harcamaları tahminine ilişkin bu eksiklik bütçe yapımında bir risk olarak görülmektedir (Williams & Calabrese, 2016: 132). Bu bakımdan bilimsel temele dayanan güvenilir harcama tahminlerinin her zaman en iyisi olmasa da mali politika yapımında sağlam bir temel oluşturduğu ve mali dengesizliklerin önlenmesinde önemli bir tedbir aracı olduğu ifade edilmektedir (Leal vd. 2008: 330).

Çalışmanın sonuçları doğrusal olmayan verilerin tahmininde yapay sinir ağlarının geleneksel yöntemlere göre daha iyi sonuç verdiği şeklinde ifade edilen literatürdeki görüşleri destekler niteliktedir. Birçok alanda uygulama alanı bulan yapay zekânın kamu maliyesi alanında harcama ve bütçe tahminlerinde kullanılması karar alma sürecinde politika yapıcılara önemli katkılar sağlayabilecektir. Çalışmanın sonuçlarından hareketle kamu maliyesi alanında yapılacak gelecekteki çalışmalar için araştırmacılara;

- Çalışmada ekonometrik model olarak kullanılan yapay sinir ağı yönteminde farklı mimari yapılar denenerek kamu maliyesi alanında harcama ve bütçe tahminlerinde kullanılması,

- Yapay sinir ağı yöntemiyle yapılan uygulamaların yerel yönetim birimlerinin diğer harcama kalemlerine uyarlanması ve elde edilen sonuçların stratejik planlama ve bütçe hazırlık süreçlerinde kullanılması,

- Hükümetlerin uzun vadeli makroekonomik planlamalarında ekonomik verilere ilişkin olarak hedefleme yapmaları (enflasyon hedeflemesi gibi) durumunda bu verilerin bağımsız değişken olarak kullanılacağı NARX modelleri ile yapılacak tahmin uygulamaları,

- İleriye dönük yapılacak olan tahmin çalışmalarında yapay sinir ağları ve yapay zekâ alanındaki farklı tahmin yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak kullanılması,

- Çevre koruma harcamalarının etkinliğinin araştırılmasına yönelik olarak büyükşehir belediyelerinin öncelikli çevre sorunları ile büyükşehir belediyeleri tarafından gerçekleştirilen çevre koruma harcamalarının türleri arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmanın yapılması önerilebilir.



KAYNAKÇA

- Agerskov, A. H. (2005). Global Public Goods and Development – A Guide for Policy Makers. In *World Bank Seminar Series at Kobe and Hiroshima Universities*, (No: 6), 12 May.
- Ağacan, A. G. İ., Şahpaz, A. G. K. İ., ve Saruç, N. T. (2017). Çevre Sorunları ile Mücadelelerde Türkiye’de Uygulanan Çevre Vergilerinin Etkinliği: Alan Çalışması. http://www.maliyesempozyumu.org/wp-content/uploads/2017/10/Maliye_Sempozyumu_30_683_699.pdf (Erişim Tarihi: 15.08.2022).
- Akdemir, A., ve Şahin, M. (2006). Küresel Kamusal Malların Üretim ve Yönetim Dinamikleri Bağlamında Sınıflandırılması. *Maliye Dergisi*, (150), 1-24.
- Akdi, Y. (2003). *Zaman Serileri Analizi (Birim Kökler ve Kointegrasyon)*. Ankara: Bıçaklar Kitabevi.
- Akgül, I. (1994). Zaman Serisi Analizi ve Öngörü Modelleri. *Öneri Dergisi*, 1(1), 52-69.
- Akgül, I. (2003). *Zaman Serilerinin Analizi ve ARIMA Modelleri*, İstanbul: Der Yayınları.
- Akmut, Ö., Aktaş, R. ve Binay, H. S. (1999). *Öngörü Teknikleri ve Finans Uygulamaları*, Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Aktan, C. C.(2022) “Yararlı” ve “Zararlı” Global Kamusal Mallar ve Uluslararası Politik İktisadın İki Kör Bıçağı: Global Regülasyon ve Global Vergileme Kamu Tercih Perspektifinden Uluslararası Organizasyonların Başarısızlığı. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 14(2), 132-157.
- Aktan, C. C. ve Dileyici, D. (Ed.). (2012). *Piyasa Başarısızlığının Anatomisi ve Kamu Ekonomisi Rasyoneli*, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Yayını, No: 1669, s: 11.
- Aktaş, M. C. (2016). *Küresel Kamu Mallarının Uluslararası İşbirliklerinde Kullanımı ve Türkiye için Öneriler*. Uzmanlık Tezi, T.C. Kalkınma Bakanlığı Dış Ekonomik İlişkiler Genel Müdürlüğü, ISBN 978-605-9041-74-4, Ankara.
- Alam, T. (2020). Predicting Revenues and Expenditures Using Artificial Neural Network and Autoregressive Integrated Moving Average. In *2020 International Conference on Computing and Information Technology (ICCIT-1441)*, 09-10 September 2020, Tabuk, Saudi Arabia, pp. 1-4.
- Albrow, M., & King, E. (Eds.). (1990). *Globalization, Knowledge and Society: Readings From International Sociology*. London: Sage Publications.
- Alıca, S. S. G. (2018). Yerel Yönetimler ve Çevre. *Emek Araştırma Dergisi*, 9(14), 9-22.
- Alon, I., Qi, M., & Sadowski, R. J. (2001). Forecasting Aggregate Retail Sales: A Comparison of Artificial Neural Networks and Traditional Methods. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 8(3), 147-156.
- Altınöz, B. (2015). Sürdürülebilir Kalkınma Sürecinde Kamu Bütçesinin Önemi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30(1), 223-256.
- Altun, H., Eminoglu, U., ve Tezekici, B. S. (2002). MLP Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Sürecinin Aktivasyon Fonksiyonu ve İstatiksel Değişim Gösteren Giriş Verilerine Bağımlılığı. *Eleco2002 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, 18-22 Aralık 2002, Bursa, Türkiye , ss. 18-22.
- Anand, P. B. (2004). Financing The Provision of Global Public Goods. *World Economy*, 27(2), 215-237.
- Arar, A. A. (2022). *Yerel Gündem 21*. <https://www.mfa.gov.tr/yerel-gundem-21.tr.mfa>, (Erişim Tarihi:15.08.2022).
- Archer, B. H. (1980). Forecasting Demand: Quantitative And Intuitive Techniques. *International Journal of Tourism Management*, 1(1), 5-12.

- Arısoy, İ. ve Ünlükaplan, İ. (2011). Katma Değer Vergisi, Enflasyon Oranı ve Kamu Harcamaları Arasındaki İlişkilerin Dinamik Analizi. *Sosyoekonomi*, 16(16), 93-112.
- Armutlulu, İ. H. (2008). *İşletmelerde Uygulamalı İstatistik*, (2. Baskı). İstanbul: Alfa Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- Aydemir, M. (2020). *Yapay Sinir Ağları ile Bütçe Gelirlerinin Tahmini*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
- Aydın, S. (2020). Analysis of Time Series for Estimation and Some Methods. *Journal of Current Researches on Health Sector*, 10(1), 43-52
- Aydoğan, S. (2019). Türkiye’de Küresel İklim Değişikliği ile Mücadelede Mali Araç Olarak Kamu Harcamalarının Rolü ve Önemi. *Vergi Raporu*, (243), 209-220.
- Ayrançöl, Z. (2012). *Küresel Kamusal Mallar ve Su Hakkı*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Ayres, R. U., & Kneese, A. V. (1969). Production, Consumption, and Externalities. *The American Economic Review*, 59(3), 282-297.
- Baker, B.D. (1997). A Comparison of Statistical and Neural Network Models for Forecasting Educational Spending. (PhD Thesis). UMI Number: 9734045, Columbia University, New York: ProQuest Dissertations Publishing .
- Bal, H. Ç. (2012). Çevre Sorunları ve Bu Sorunların Çözümü Çerçevesinde Küresel Kamusal Mallar, Dışsallıklar ve Küresel Kamusal Malların Arzına İlişkin Sorunlar. *Global Journal of Economics and Business Studies*, 1(2), 1-11.
- Başaran, A. A., Aladağ, C. H., Bağdadioğlu, N., Günay, S. (2010). Public Expenditure Forecast with Artificial Neural Networks. *5Th International Conference on Applied Statistics*, 19 – 20 November 2010, Bucharest, Romania, pp.1-5.
- Başaran, F. (2007). Küresel Bir Kamu Mali Olarak Çevrenin Artan Önemi ve Sayıştay Denetimi. *Sayıştay Dergisi*, (65), 89-110.
- Bator, F. (1995). The Anatomy of Market Failure. In: Estrin, S., Marin, A. (eds), pp. 129-158). *Essential Readings in Economics*. London: Macmillan Education Limited.
- Baumol, W. J.(1964). External Economies and Second-Order Optimality Conditions. *The American Economic Review*, 54(4), 358–372.
- Bayar, F. (2008). Küreselleşme Kavramı ve Küreselleşme Sürecinde Türkiye. *Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*, 32(4), 25-34.
- Bayraç, H. N. (2010). Enerji Kullanımının Küresel Isınmaya Etkisi ve Önleyici Politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 229-259.
- Beale, M. H., Hagan, M.T. & Demuth, H.B. (2019a). MATLAB. Deep Learning Toolbox™. Mathworks, R2019b.
- Beale, M. H., Hagan, M.T. & Demuth, H.B. (2019b) .MATLAB Deep Learning Toolbox™. Getting Started Guide. Mathworks, R2019b.
- Beckenkamp, F. G. (2002). *A Component Architecture for Artificial Neural Network Systems*. (Unpublished PhD Thesis). Department of Computer and Information Science. University of Constance, Germany.
- Beder, S. (2013). *Environmental Principles And Policies: An Interdisciplinary Introduction*. Routledge.
- Bedir, S. (2001). Transfer Harcamaları ve Enflasyon İlişkisi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 15(1-2), s. 21-29.
- Belediye Gelirleri Kanunu (1981), <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.2464.pdf> (Erişim Tarihi: 15.08.2022).
- Belediye Kanunu (2005). <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5393.pdf> (Erişim Tarihi: 15.08.2022).

- Benmouiza, K., & Cheknane, A. (2016). Small-Scale Solar Radiation Forecasting Using ARMA and Nonlinear Autoregressive Neural Network Models. *Theoretical and Applied Climatology*, 124, 945-958.
- Bilgili, F. (2002). VAR, ARIMA, Üstsel Düzleme, Karma ve İlave-Faktör Yöntemlerinin Özel Tüketim Harcamalarına Ait Ex Post Öngörü Başarılarının Karşılaştırılması. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(1), 185-211.
- Bilici, N. (2018). *Türk Vergi Sistemi*. Ankara: Savaş Yayınları.
- Biyan, Ö. ve Gök, M. (2014). Çevre Politikaları Kapsamında Avrupa Birliği ve Türkiye’de Çevre Vergilerinin Uygulanışı: Karşılaştırmalı Bir Analiz. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 281-310.
- Blanchard, T., & Samanta, B. (2020). Wind Speed Forecasting Using Neural Networks. *Wind Engineering*, 44(1), 33-48.
- Boswijk, H. P., & Franses, P. H. (1995). Periodic Cointegration: Representation and Inference. *The Review of Economics and Statistics*, 77(3) 436-454.
- Boussaada, Z., Curea, O., Remaci, A., Camblong, H., & Mrabet Bellaaj, N. (2018). A Nonlinear Autoregressive Exogenous (NARX) Neural Network Model for the Prediction of the Daily Direct Solar Radiation. *Energies*, 11(3), 620.
- Bozkurt, H. (2007). *Zaman Serileri Analizi*. Bursa: Ekin Kitabevi
- Böhringer, C. (2003). The Kyoto protocol: A Review and Perspectives. *Oxford Review of Economic Policy*, 19(3), 451-466.
- Bölükbaş, M. ve Alp, M. (2018). Türkiye’de Enflasyon ve Kamu Harcamaları Arasındaki İlişki: 1960-2017 Dönemi için Bir Analiz. *IV. Uluslararası Kafkasya-Orta Asya Dış Ticaret ve Lojistik Kongresi*, 7-8 Eylül 2018, Didim-Aydın Türkiye, ss. 1121- 1132.
- Briassoulis, H. (2001). Sustainable Development and Its Indicators: Through A (Planner's) Glass Darkly. *Journal of Environmental Planning and Management*, 44(3), 409-427.
- Broniewicz, E. (2011). Environmental Protection Expenditure in European Union. In E. Broniewicz (Eds.), pp. 2-28. *Environmental Management in Practice*, Books on Demand.
- Bruce, N. & Ellis, G. M. (1993). *Environmental Taxes and Policies for Developing Countries* (Vol. 1177). World Bank Publications.
- Buchanan, J. M. (1968). The Collected Works of James M. Buchanan. *The Demand and Supply of Public Goods*, Chicago: RandMcNally& Company.
- Bulkeley, H., & Betsill, M. M. (2003). *Cities and Climate Change: Urban Sustainability and Global Environmental Governance*. (Vol. 4). London: Routledge.
- Burden, F., & Winkler, D. (2008). Bayesian Regularization of Neural Networks. *Artificial Neural Networks: Methods and Applications*, 23-42. <https://europepmc.org/article/med/19065804> (Erişim Tarihi: 11.05.2023).
- Büyükşehir Belediyesi Kanunu (2004). <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5216.pdf> (Erişim Tarihi: 15.08.2022).
- Caose, R. H. (1960). The Problem Of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 3, 1-44.
- Chatfield, C. (1975). *The Analysis of Time Series: Theory and Practice*. London: Chapman and Hall.
- Chiras, D. D. (2010). *Environmental Science*. (8th ed.), United States: Jones & Bartlett Publishers.
- Chen, P., Yuan, H., & Shu, X. (2008). Forecasting Crime Using The Arima Model. In 2008 Fifth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 8-20 October 2008, Jinan, China, pp. 627-630.

- Christmann, P. & Taylor, G. (2001). Globalization And The Environment: Determinants of Firm Self-Regulation in China. *Journal Of International Business Studies*, 32, 439-458.
- Climate Change Performance Index (CCPI), (2022a). <https://www.climate-change-performance-index.org/about> (Erişim Tarihi: 23.09.2020).
- Climate Change Performance Index (CCPI), (2022b). <https://www.climate-change-performance-index.org/> (Erişim Tarihi: 23.09.2020).
- Climate Change Performance Index (CCPI), (2022c). <https://www.climate-change-performance-index.org/country/turkey> (Erişim Tarihi: 23.09.2020).
- Climate Change Performance Index (CCPI), (2022d). <https://www.climate-change-performance-index.org/> (Erişim Tarihi: 23.09.2020).
- Cools, M., Moons, E., & Wets, G. (2009). Investigating The Variability in Daily Traffic Counts Through Use of ARIMAX and SARIMAX Models: Assessing The Effect of Holidays on Two Site Locations. *Transportation Research Record*, 2136(1), 57-66.
- Cropper, M. L., & Oates, W. E. (1992). Environmental Economics: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 30(2), 675-740.
- Cunningham, S. (2011). Understanding Market Failures in An Economic Development Context. *Mesopartner Monograph*, 4(11), 1-62.
- Çelebi, A. K. ve Yalçın, A. Z. (2008). Kamusal Mallar Teorisinin Değişimi: Bölgesel Kamusal Mallar. *Yönetim ve Ekonomi*, 15(2), 1-18.
- Çelikkaya, A. (2011). Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerde Çevre Vergisi Reformları ve Türkiye'deki Durumun Değerlendirilmesi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 97-120.
- Çevre Kanunu (1983), <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.2872.pdf> (Erişim Tarihi: 01.09.2022).
- Çiçekalan, B., Özgün, H., ve Öztürk, İ. (2019). Türkiye'de ve Dünyada Çevre Koruma Harcamalarının Mukayeseli Değerlendirmesi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(4), 729-741.
- Çiftçiöğlu, H. ve Aydın, A. H. (2019). Türkiye'de Yerel Yönetimler ve Çevre Sorunlarının Çözümündeki Sorumlulukları, Roller ve Önemi. *Al Farabi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, (3)1, 119-126.
- Çuhadar, M. (2006). *Turizm Sektöründe Talep Tahmini için Yapay Sinir Ağları Kullanımı ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırma Analizi (Antalya İlinin Dış Turizm Talebinde Uygulama)*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Çuhadar, M. (2013). Türkiye'ye Yönelik Dış Turizm Talebinin MLP, RBF ve TDNN Yapay Sinir Ağı Mimarileri ile Modellenmesi ve Tahmini: Karşılaştırma Bir Analiz. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 8(31), 5274-5295.
- D'Amato, G., Cecchi, L., D'amato, M., & Liccardi, G. (2010). Urban Air Pollution and Climate Change as Environmental Risk Factors of Respiratory Allergy: An Update. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 20(2), 95-102.
- Dauvergne, P. (2005). Globalization and The Environment. *Global Political Economy*, 2(2), 448-478.
- Değirmenci, T. ve İnal V. (2019). Çevre Koruma Harcamalarının Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Seçilmiş OECD Ülkeleri Analizi. *Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(2), 232-250.
- Değirmenci, T. (2020). Türkiye'de Çevre Koruma Harcamalarının Sürdürülebilir Kalkınma Boyutu. İçinde; *Çevre Ekonomisi ve Mali İlişkiler Üzerine Seçme Yazılar*. (Ed. H. Yavuz, T. Değirmenci), ss. 41-68. Sakarya Üniversitesi Yayını.

- Dunlap, R. E., & Jorgenson, A. K. (2012). Environmental Problems. *The Wiley-Blackwell Encyclopedia of Globalization*. New Jersey: Wiley & Sons, Ltd.
- Dutta, J., & Roy, S. (2021). Indoorsense: Context Based Indoor Pollutant Prediction Using SARIMAX Model. *Multimedia Tools and Applications*, 80, 19989-20018.
- Elmas, Ç. (2011). *Yapay Zeka Uygulamaları Yapay Sinir Ağları – Bulanık Mantık–Genetik Algoritma*. (2. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Enuka, C. (2018). Challenges of International Environmental Cooperation. *Global Journal of Human-Social Science (B) Geography, Geo-Sciences, Environmental Science & Disaster Management*, 18(3), 7-15.
- Environmental Performance Index (EPI), (2022a). <https://epi.yale.edu/about-epi> (Erişim: 22.09.2020).
- Environmental Performance Index (EPI), (2022b). <https://epi.yale.edu/epi-results/2020/country/tur> (Erişim Tarihi 22.09.2020).
- Ercolano, S., & Romano, O. (2017). Spending for the Environment: General Government Expenditure Trends in Europe. *Social Indicators Research*, 138(3), 1145-1169.
- Erdoğan, S. (2018). İklim Değişikliğine Karşı Verilen Küresel Mücadele ve Avrupa Birliği. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(4), 703-718.
- European Statistics (EUROSTAT), (2013). *Environmental Taxes A Statical Guide*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/ks-gq-13-005> (Erişim Tarihi.15.08.2022).
- European Statistics (EUROSTAT), (2015). *Environmental Protection Expenditure - Euro per İnhabitant and % of GDP*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AC_EXP2/default/table?lang=en (Erişim Tarihi: 01.06.2023).
- European Statistics (EUROSTAT), (2021). *Environmental Tax Statistics* https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Environmental_tax_statistics (Erişim Tarihi.15.08.2022).
- European Statistics (EUROSTAT), (2023). *Government Expenditure on Environmental Protection*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Government_expenditure_on_environmental_protection#Expenditure_on_.27environmental_protection_.27_ranged_between_0.2_.25_of_GDP_and_1.5_.25_of_GDP_in_2021. (Erişim Tarihi: 01.06.2023).
- Facchinelli, A., Sacchi, E., & Mallen, L. (2001). Multivariate Statistical and GIS-Based Approach to Identify Heavy Metal Sources in Soils. *Environmental Pollution*, 114(3), 313-324.
- Fang, Y. (2018). *Predictive Models for Air Show Ticket Sales* (PhD Thesis). (ProQuest Number: 10787772). Middle Tennessee State University, ABD.
- Ferroni, M. & Mody, A. (2002). Global Incentives for International Public Goods: Introduction and Overview. In M. Ferroni, A. Mody (Eds), pp. 1-30. *International Public Goods: Incentives, Measurement and Financing*, Boston, MA: Springer US.
- Franses, P. H., & Draisma, G. (1997). Recognizing Changing Seasonal Patterns Using Artificial Neural Networks. *Journal of Econometrics*, 81(1), 273-280.
- Frankel, J. A. (2003). The Environment and Globalization. *National Bureau of Economic Research, NBER Working Paper No. 10090*. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w10090/w10090.pdf (Erişim Tarihi: 01.03.2023).
- Gardner Jr, E. S. (1985). Exponential Smoothing: The State of. *Journal of Forecasting*, 4, 1-28.

- Gelir İdaresi Başkanlığı (GİB), (2009). *33 Seri No'lu Motorlu Taşıtlar Vergisi Genel Tebliği*, <https://www.gib.gov.tr/gibmevzuat> (Erişim Tarihi.15.08.2022).
- Gelir İdaresi Başkanlığı (GİB), (2023). *197 Sayılı Motorlu Taşıtlar Vergisi Kanunu*, <https://www.gib.gov.tr/gibmevzuat>. (Erişim Tarihi.14.05.2023).
- Göker, Z. (2008). Kamusal Mallar Tanımında Farklı Görüşler. *Maliye Dergisi*, 155(2), 108-118.
- Göker, Z. (2014). Küresel Kamusal Bir Kötü Olarak İşsizlik ve Maliye Politikasının Rolü. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), 81-90.
- Graupe, D. (2013). *Principles of Artificial Neural Networks* (3rd ed.). Singapore: World Scientific.
- Geuss, R. (2007). *Kamusal Şeyler, Özel Şeyler* (Çev: G. Koçak) İstanbul: YKY.
- Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research. Working Papers Series*, No: 3914, November. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w3914/w3914.pdf (Erişim Tarihi: (Erişim Tarihi: 01.03.2023).
- Hamzaçebi, C. (2011). *Yapay Sinir Ağları: Tahmin Amaçlı Kullanımı MATLAB ve Neurosolutions Uygulamalı*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Handl, G. (2012). Declaration of The United Nations Conference on The Human Environment (Stockholm Declaration), 1972 and the Rio Declaration on Environment and Development, 1992. *United Nations Audiovisual Library of International Law*, 11(6), 1-11.
- Hanley, N., Mourato, S., & Wright, R. E. (2001). Choice Modelling Approaches: A Superior Alternative For Environmental Valuation?. *Journal of Economic Surveys*, 15(3), 435-462.
- Hansen, J.V. & R.D. Nelson R.D. (1997). Neural Networks and Traditional Time Series Methods: A Synergistic combination in State Economic Forecasts. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 8 (4), 863-873.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy Of The Commons: The Population Problem Has No Technical Solution; It Requires A Fundamental Extension in Morality. *Science*, 162(3859), 1243-1248.
- Harvey, L. D. (2018). *Global Warming*. United Kingdom: Routledge.
- He, L., Wu, M., Wang, D., & Zhong, Z. (2018). A Study of the Influence of Regional Environmental Expenditure on Air Quality in China: The Effectiveness of Environmental Policy. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(8), 7454-7468.
- Held, D., & McGrew, A. (2007). *Globalization/AntiGlobalization: Beyond The Great Divide*. Cambridge: Polity Press.
- Holcombe, R. G. (1997). A Theory of the Theory of Public Goods. *The Review of Austrian Economics*, 10(1), 1-22.
- Holt, C. C. (2004). Forecasting Seasonals and Trends By Exponentially Weighted Moving Averages. *International Journal of Forecasting*, 20(1), 5-10.
- Hotunoğlu, H.; Göçer, İ. ve Mercan, M. (2013).Türk Bütçe Dengesinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Tahmini. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar Dergisi*, 50(582), 91-99.
- Huang, J. T. (2018). Sulfur Dioxide (SO₂) Emissions and Government Spending on Environmental Protection in China-Evidence from Spatial Econometric Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 175, 431-441.
- Hussen, A. M. (2004). *Principles of Environmental Economics*. London: Psychology Press.

- Hyndman, R. J. & Khandakar, Y. (2008). Automatic Time Series Forecasting: The Forecast Package for R. *Journal of Statistical Software*, 27, 1-22.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (1995). *IPCC Second Assessment: Climate Change 1995*. <https://archive.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-en.pdf> (Erişim Tarihi: 20.04.2023).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on The Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-Industrial Levels And Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways*, In The Context of Strengthening The Global Response To The Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts To Eradicate Poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 616 pp. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SR15_Full_Report_HR.pdf (Erişim Tarihi: 20.04.2023).
- Intergovernmental Panel on Climate (IPCC), (2021). *What is the IPCC?*, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/07/AR6_FS_What_is_IPCC.pdf (Erişim Tarihi: 20.08.2022).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2023). *Synthesis Report of The Ipcc Sixth Assessment Report (Ar6) Longer*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf (Erişim Tarihi: 20.04.2023).
- International Monetary Fund (IMF), (2023). *Functional Expenditures (COFOG)*. <https://data.imf.org/regular.aspx?key=61037799> (Erişim Tarihi: 02.06.2023).
- İğci, T. ve Çobanoğlu, N. (2019). İklim Değişikliğinin ve İklim Değişikliğiyle ilgili Küresel Anlaşmaların Çevre Etiğı Bakımından Değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 7(2), 130-146.
- İl Özel İdaresi Kanunu, (2005). <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5302.pdf> (Erişim Tarihi: 15.08.2022).
- İraz, N. (2018). *Çevre Kirliliğı ve Motorlu Taşıtlar Vergisi'nin Çevre Kirliliğı Üzerindeki Etkisi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tekirdağ.
- Jaffe, A. B., Newell, R. G., & Stavins, R. N. (2005). A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy. *Ecological Economics*, 54(2-3), 164-174.
- Jalalkamali, A., Moradi, M., & Moradi, N. (2015). Application of Several Artificial Intelligence Models and ARIMAX Model for Forecasting Drought Using The Standardized Precipitation Index. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12, 1201-1210.
- Jariwala, H. J., Syed, H. S., Pandya, M. J., & Gajera, Y. M. (2017). Noise Pollution & Human Health: A Review. *Indoor Built Environ*, 1(1), 1-4.
- Kalekar, P. S. (2004). Time Series Forecasting Using Holt-Winters Exponential Smoothing. *Kanwal Rekhi School of Information Technology*, 4329008(13), 1-13.
- Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu (2003). <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5018.pdf> (Erişim Tarihi: 15.08.2022).
- Kanbur R., Sandler T. & Morrison K. (1999). *The Future of Development Assistance: Common Pools and International Goods*. Washington: D.C, Overseas Development Council.
- Karaca, A. ve Turgay, O. C. (2012). Toprak Kirliliğı. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1(1), 13-19.

- Karahan, M. (2015). Turizm Talebinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Tahmin Edilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(2), 195-209.
- Kaul, I. & R. U. Mendoza (2003). Advancing the Concept of Public Goods. In I. Kaul, P. Conceição, K. Goulven ve R. U. Mendoza, (Eds.), pp. 78-112. *Providing Global Public Goods: Managing Globalization*, United Kingdom: Oxford University Press.
- Kaul, I., Grunberg I. & Stern A. (1999a). Defining Global Public Goods, In I. Kaul, I. Grunberg and A. Stern (Eds.), pp.2-19, *Global Public Goods: International Cooperation in the 21 st Century*, Oxford: Oxford University Press.
- Kaul, I., Grunberg I. & Stern A. (Eds.). (1999b). *Global Public Goods: International Cooperation in The 21st Century Questions and Answers*. Oxford: Oxford University Press.
- Kaya, H. E. (2020). Kyoto'dan Paris'e Küresel İklim Politikaları. *Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 4(10), 165-191.
- Kaynar, O. ve Taştan, S. (2009). Zaman Serisi Analizinde MLP Yapay Sinir Ağları ve ARIMA Modelinin Karşılaştırılması. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33, 161-172.
- Kesbiç, C. Y., Baldemir, E., ve İnci, M. (2010). Dışsallıkların Ekonomi Üzerindeki Etkileri ve İçselleştirilmesine İlişkin Teorik Yaklaşımlar-Çözüm Önerileri: Yatağan Termik Santrali Analizi. *Journal of Management and Economics Research*, 8(14), 123-138.
- Khan, F. M., & Gupta, R. (2020). ARIMA and NAR based Prediction Model for Time Series Analysis of COVID-19 Cases in India. *Journal of Safety Science and Resilience*, 1(1), 12-18.
- Kırbaç, İ. (2018). İstatistiksel Metotlar ve Yapay Sinir Ağları Kullanarak Kısa Dönem Çok Adımlı Rüzgâr Hızı Tahmini. *Sakarya University Journal of Science*, 22(1), 24-38.
- Kızıltan, M. ve A.B. Yereli (2023). Belediyelerin Çevre Koruma Harcamaları Üzerinde Sanayileşmenin Etkilerinin Mekânsal Analizi: Türkiye Örneği. *Sosyoekonomi*, 31(55), 397-416.
- Kim, O., & Walker, M. (1984). The Free Rider Problem: Experimental Evidence. *Public Choice*, 43(1), 3-24.
- Kindleberger, C. P. (1986). International Public Goods without International Government. *American Economic Association*, 76(1), 1-13.
- Kirmanoğlu, H. (2001). *Kamu Ekonomisi Analizi*, (Gözden Geçirilmiş ve Genişletilmiş 4. Baskı). İstanbul: Beta Yayınları.
- Kirmanoğlu, H. (2007). *Kamu Ekonomisi Analizi*. İstanbul: Beta Basım Yayın Dağıtım.
- Kirmanoğlu, H., Elif Yılmaz, B. ve Susam, N. (2006). Maliye Teorisi'nin Çıkmazı: Küresel Kamusal Mallar (Kalkınma Yardımları İçinde Küresel Kamusal Malların Finansmanı). *Maliye Dergisi*, (150), 25-52.
- Kohzadi, N., Boyd, M. S., Kermanshahi, B., & Kaastra, I. (1996). A Comparison of Artificial Neural Network and Time Series Models for Forecasting Commodity Prices. *Neurocomputing*, 10(2), 169-181.
- Konu, A. ve Ata, A. Y.(2022). Kamu Yönetimi Açısından Yapay Zekânın Türkiye'deki Bütçe Açıklarının Tahmini Üzerine Etkisi. *Fiscaoeconomia*, 6(2), 636-655.
- Köse, Ö. (2003). Küreselleşme Sürecinde Devletin Yapısal ve İşlevsel Dönüşümü. *Sayıştay Dergisi*, (49), 3-46.
- Krajewski, L. J., Malhotra, M. K., & Ritzman, L. P. (2016). *Operations Management Processes and Supply Chains* (8th ed.). New Jersey: Pearson.

- Kuzu, T. ve Hopoğlu, S. (2019). Küreselleşme ve Karbon Dioksit Salınımı İlişkisi: Türkiye için Bir Analiz (1970-2017). *In International Congress on Social Sciences*, 20 Aralık 2019, Ankara Türkiye, ss. 71-89.
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1-28.
- Leal, T., Pérez, J. J., Tujula, M., & Vidal, J. P. (2008). Fiscal Forecasting: Lessons From The Literature And Challenges. *Fiscal Studies*, 29(3), 347-386.
- Law, R. (2000). Back-Propagation Learning in Improving the Accuracy of Neural Network-Based Tourism Demand Forecasting. *Tourism Management*, 21(4), 331-340.
- Li, B., Zhang, J., He, Y., & Wang, Y. (2017). Short-Term Load-Forecasting Method Based On Wavelet Decomposition with Second-Order Gray Neural Network Model Combined with ADF Test. *IEEE Access*, 21 August 2017, *IEEE*, (5), pp. 16324-16331.
- Lin, T., Horne, B. G., Tino, P., & Giles, C. L. (1996). Learning Long-Term Dependencies in NARX Recurrent Neural Networks. November 1996, *IEEE Transactions on Neural Networks*, 7(6), pp. 1329-1338.
- Liu, T. & Khan, T. (2017). Regional Public Goods Cooperation. In A. Estevadeordal, L. W. Goodman, (Eds.), pp. 14-37, *21st Century Cooperation: Regional Public Goods, Global Governance and Sustainable Development*, London: Routledge.
- Magazzino, C. (2011). The Nexus Between Public Expenditure and Inflation in the Mediterranean Countries. *Theoretical and Practical Research in Economic Fields (TPREF)*, 2(03), 94-107.
- Magdalena, R., Logica, B., & Zamfiroiu, T. (2015). Forecasting Public Expenditure by Using Feed-Forward Neural Networks. *Ekonomika Istrazivanja/Economic Research*, 28(1), 668-686.
- Mahalli İdare Birlikleri Kanunu (2005). <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5355.pdf> (Erişim Tarihi: 15.08.2022).
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C. & Hyndman, R. J. (1997). *Forecasting: Methods and Applications*. USA: Editorial Wiley.
- Mao H., Liu D., Jin Y. & Lin J. (2010). Forecasting Model on General Budget Revenue of Regional Finance Based on Dynamic Combination of BP Neural Network. *International Conference of Information Science and Management Engineering*. 07-08 August 2010, Shaanxi, China, pp. 282-286.
- Marshall, A. (2013). *Principles of Economics* (8th ed.). New York: Palgrave Macmillan.
- McNutt, P. (1999). Public Goods and Club Goods. *Encyclopedia of Law and Economics*, 1, 927-951.
- Mehrara, M., Soufiani, M. B., & Rezaei, S. (2016). The Impact of Government Spending on Inflation through the Inflationary Environment, STR Approach. *World Scientific News*, (37), 153-167.
- Menezes Jr, J. M. P., & Barreto, G. A. (2008). Long-Term Time Series Prediction with the NARX Network: An Empirical Evaluation. *Neurocomputing*, 71(16-18), 3335-3343.
- Menteşe, S. (2017). Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Toprak, Su ve Hava Kirliliği: Teorik Bir İnceleme. *Journal of International Social Research*, 10(53), 381-389.
- Meyler, A., Kenny, G., & Quinn, T. (1998). Forecasting Irish Inflation using ARIMA Models. Central Bank of Ireland, Research and Publications Department, Paper No. 3/RT/98. *Central Bank and Financial Services Authority of Ireland Technical Paper Series*, pp. 1-48. <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/11359/> (Erişim Tarihi: 04.05.2023).

- Morales, J., & Huanca, J. (2020). Regression Model and Neural Network Applied to the Public Spending Execution. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(4), 195-200.
- Morrissey O. Te Velde, D. & Hewitt, A. (2002). Defining International Public Goods. Conceptual Issues. In M. Ferroni and A. Mody (Eds.), pp.31-46, *International Public Goods: Incentives, Measurements, and Financing*. Boston: Springer.
- Moshiri, S. & Daneshmand, A. (2020). How Effective is Government Spending on Environmental Protection in a Developing Country? An Empirical Evidence from Iran. *Journal of Economic Studies*, 47(4), 789-803.
- Mozsár, F. (2003). On the Notion of Public Goods. In I Lengyel, (Eds.). *Knowledge transfer, Small and Medium-Sized Enterprises, and Regional Development in Hungary*, pp. 60-78. Szeged: JATEPress.
- Mutlu, A. (2006). Küresel Kamusal Mallar Bağlamında Sağlık Hizmetleri ve Çevre Kirlenmesi: Üretim, Finansman ve Yönetim Sorunları. *Maliye Dergisi*, (150), 53-78.
- Nath, S. K. (1973). A Perspective of Welfare Economics, In D. C. Rowan and G. R. Fisher, (Eds.), pp. 11-17. *Macmillan Studies In Economics*, London: The Macmillan Press Ltd.
- Nordhaus, W. (2005). *Paul Samuelson and Global Public Goods: A Commemorative Essay for Paul Samuelson*, Yale University, May 5.
- On Dört İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Yedi İlçe Kurulması ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (2012). <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6360.pdf> (Erişim Tarihi.15.08.2022).
- Orhunbilge, N.(1999). *Zaman Serileri Analizi Tahmin ve Fiyat Endeksleri*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları.
- Öncel, T. (1993). Çevre Koruma Önlemlerine Genel Bir Bakış. *Maliye Araştırma Merkezi Konferansları Dergisi*, (34), 170-177.
- Özkan, E., Güler, E., ve Aladağ, Z. (2020). Elektrik Enerjisi Tüketim Verileri için Uygun Tahmin Yöntemi Seçimi. *Endüstri Mühendisliği*, 31(2), 198-214.
- Özmen, A. (1986). *Zaman Serisi Analizinde Box-Jenkins Yöntemi ve Banka Mevduat Tahmininde Uygulama Denemesi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını.
- Özsoy, C. E., ve Dinç, A. (2016). Sürdürülebilir Kalkınma ve Ekolojik Ayak İzi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (619), 35-55.
- Öztemel, E. (2006). *Yapay Sinir Ağları*. (2. Basım). İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim.
- Öztemel, E. (2012). *Yapay Sinir Ağları*. (3. Basım). İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim.
- Öztürk, K. ve Şahin, M. E. (2018). Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zekâ'ya Genel Bir Bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25-36.
- Panayotou, T. (1993). Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. *World Employment Programme Research*, Geneva: International Labour Office.
- Parlakay, O. ve Yavuz, A. (2016). Negatif Dışsallıkların Çevreye Olumsuz Etkilerinin Önlenmesinde Kullanılan Çözüm Yolları. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, (57), 210-220.
- Paterson, M. (1996). *Global Warming and Global Politics*.e London and New York: Routledge.
- Pearce, D., Barbier, E., & Markandya, A. (1990). *Sustainable Development Economics and Environment in the Third World*. USA: Edward Elgar Publishing.
- Pearce, D. & C. Palmer (2001). Public and Private Spending for Environmental Protection: A Cross-country Policy Analysis. *Fiscal Studies*. 22(4): 403-456.
- Pehlivan, O. (2020). *Kamu Maliyesi*. Bursa: Ekin Yayınevi.

- Pıçak, Ş. (2022). Türkiye’de Bütçe Gider ve Gelir Tahminlerinin Objektif Doğruluk Açısından Değerlendirilmesi. *Ekonomi İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 146-158.
- Plott, C. R. (1966). Externalities And Corrective Taxes. *Economica*, (33), 84-87.
- Raptodimos, Y., & Lazakis, I. (2020). Application of NARX Neural Network for Predicting Marine Engine Performance Parameters. *Ships and Offshore Structures*, 15(4), 443-452.
- Recepoglu, M. (2021). Türkiye’de Gelir, Enerji Tüketimi, Ticari Açıklık ve Çevre Koruma Harcamaları: ÇKE Hipotezinin Bölgesel Analizi. *International Journal of Public Finance*, 6(2), 353-372.
- Resmi Gazete (2018). *Motorlu Taşıtlar Vergisi Genel Tebliği (Seri No: 51)*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/12/20181231M3-7.htm> (Erişim Tarihi: 15.08.2022).
- Resmi Gazete (2020). *Cumhurbaşkanı Kararı*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/08/20200830-1.pdf> (Erişim Tarihi: 15.08.2022).
- Resmi Gazete (2021). *Milletlerarası Andlaşma*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/10/20211007M1-1.pdf> (Erişim Tarihi: 30.04.2023).
- Resmi Gazete (2022). *Belediye Gelirleri Kanunu Genel Tebliği (Seri No: 56)*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/12/20221230M2-7.htm> (Erişim Tarihi: 04.05.2023).
- Robinson, W. I. (2001). Social Theory and Globalization: The Rise of A Transnational State. *Theory and Society*, 30(2), 157-200.
- Ruhan, A., & Cheng, G. (2018). The Application of NAR Dynamical Neural Network on Quantitative Investment. In *2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)*, 25-27 May 2018, Xi'an, China, pp. 2671-2674.
- Ruiz, L. G. B., Cuéllar, M. P., Calvo-Flores, M. D., & Jiménez, M. D. C. P. (2016). An Application of Non-Linear Autoregressive Neural Networks to Predict Energy Consumption in Public Buildings. *Energies*, 9(9), 684.
- Samimi, A. J. (2011). Forecasting Government Size in İran Using Artificial Neural Network. *Journal of Economics and Behavioral Studies*, 3(5), 274-278.
- Samuelson, P. A. (1954). The Pure Theory of Public Expenditure. *The Review of Economics and Statistics*, 36(4), 387-389.
- Sandler, T. (1999). Intergenerational Public Goods. In I. Kaul, I. Grunberg & A. Stern (Eds.), pp.20-51, *Global Public Goods: International Cooperation in The 21 St Century*, Newyork: Oxford University Press.
- Sandler, T. (2001). On Financing Global And International Public Goods. *Policy Research Working Paper 2638*, World Bank Economic Policy and Prospects Group, Washington.
- Sandler, T. (2002). Financing International Public Goods. In M. Ferroni & A. Mody (Eds.), pp.195-222, *International Public Goods: Incentives, Measurement and Financing*, Washington: D.C.
- Sandler T. (2003). Assessing the Optimal Provision of Public Goods: In Search of the Holy Grail. In I. Kaul, P. Conceição, K. L. Goulven & R. U. Mendoza, (Eds.), pp. 131-151, *Providing Global Public Goods: Managing Globalization*, New York: Oxford University Press.
- Sarı, T. ve Gül, B. S. (2022). Bütünleşik Zaman Serisi Analizi ile Talep Tahmini: İlaç Tedarik Zincirinde Bir Uygulama. *Verimlilik Dergisi*, (4), 597-610.

- Savaşan, F. (2012). İki Başarısızlık Arasında Kamu Ekonomisi, Trabzon: Celepler Matbaacılık.
- Schleussner, C. F., Rogelj, J., Schaeffer, M., Lissner, T., Licker, R., Fischer, E. M., ... & Hare, W. (2016). Science and policy characteristics of the Paris Agreement Temperature Goal. *Nature Climate Change*, 6(9), 827-835.
- Scitovszky, T. (1941). A Note On Welfare Propositions in Economics. *The Review of Economic Studies*, 9(1), 77-88.
- Selden, T. M. & 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.
- Sevüktekin, M. ve Nargeleçekenler, M. (2010). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi EVIEWS Uygulamalı*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Shmueli, G. ve Lichtendahl Jr, K. C. (2016). *Practical Time Series Forecasting with R: A Hands-On Guide* (2nd ed.). Axelrod Schnall Publishers. https://books.google.com.tr/books?id=-xWXDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=tr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (Erişim Tarihi: 04.05.2023).
- Siegelmann, H. T., Horne, B. G. & Giles, C. L. (1997). Computational Capabilities of Recurrent NARX Neural Networks. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 27(2), 208-215.
- Sönmez, S. (1987). *Kamu Ekonomisi Teorisi: Kamu Harcamalarında Etkinlik Arayışı*. Ankara: Teori Yayınları.
- Stiglitz, J. E. (1994), *Kamu Kesimi Ekonomisi*. (Çev: Ö. F. Batırel). İstanbul: Marmara Üniversitesi Yayınları.
- Stringham, E. P. (2001). Kaldor-Hicks Efficiency and The Problem of Central Planning. *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 4(2), 41-50.
- Sugözü, İ. H. ; Yıldırım, H. ve Aydın, H. İ. (2014), Vergi Adaleti Açısından Motorlu Taşıtlar Vergisinin Analizi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 32, s.115-128.
- Susam, N. (2008). Kamu Maliyesinde Sınır Ötesi Bir Kavram: Küresel Kamusal Mallar. *Erzincan Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 12(1-2), 277-278.
- Svozil D., Kvasnieka, V. & Pospisil, J. (1997). Introduction to Multi-layer Feed-Forward Neural Networks. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 39(1), 43-62.
- Şahinöz, A. (2019). Türkiye’de Çevre Politikalarının İtici Gücü: AB’ye Tam Üyelik Süreci. *Uluslararası Akademik Araştırma Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Asos Yayınevi, 5 Nisan 2019, İzmir, Türkiye, ss. 91-103.
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİB), (2018a). <https://csb.gov.tr/tarihcemiz-i-7012> (Erişim Tarihi: 02.09.2022).
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİB), (2018b). <https://csb.gov.tr/cevre-kanunu-ve-bazi-kanunlarda-degisiklik-yapilmasina-dair-kanun-yururluge-girdi-bakanlik-faaliyetleri-25381> (Erişim Tarihi: 02.09.2022).
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİB), (2021a). *Toprak Kirliliği*. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/bolu/editedosya /TOPRAK.pdf>. (Erişim Tarihi: 05.05.2021).
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİB), (2021b). <https://www.csb.gov.tr/bakan-kurum-napoli-de-duzenlenen-g20-cevre-bakanlari-toplantisi-na-katildi-bakanlik-faaliyetleri-31957> (Erişim Tarihi: 30.04.2023).
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİB), (2022a). <https://iklim.gov.tr/paris-anlasmasi-i-34> (Erişim Tarihi: 02.09.2022).

- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİB) (2022b). <https://karaman.csb.gov.tr/cevresel-etki-degerlendirmesi-ced-nedir-haber-282859>, (Erişim Tarihi: 14.05.2023).
- T.C. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), (2000). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Öncesinde İktisadi Sektörlerde Gelişmeler 1996 – 2000. Haziran*. <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Sekizinci-Bes-Yillik-Kalkinma-Plani-Oncesinde-Iktisadi-Sektorlerde-Gelismeler-1996-2000.pdf> (Erişim Tarihi: 01.9.2022).
- T.C. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), (2007). *Çevre Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara. <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Dokuzuncu-Kalkinma-Plani-Cevre-OIK.pdf> (Erişim Tarihi: 01.9.2022).
- T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı Muhasebat Genel Müdürlüğü (HVMB), (2021). *Mali İstatistik Analiz Raporu*. <https://muhasebat.hmb.gov.tr/mali-istatistik-analiz-raporu> (Erişim Tarihi: 1.05.2023).
- T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı Muhasebat Genel Müdürlüğü (HVMB), (2023). *Genel Yönetim Mali İstatistikleri, Mahalli İdareler Bütçe İstatistikleri*, <https://muhasebat.hmb.gov.tr/mahalli-idareler-butce-istatistikleri> (Erişim Tarihi: 03.06 2023).
- T.C. Kalkınma Bakanlığı (KB), (2018). *On Birinci Kalkınma Planı. Çevre ve Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi Çalışma Grubu Raporu*, https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/Cevre_ve_DogalKaynaklarinSurdurulebilirYonetimiCalismaGrubuRaporu.pdf (Erişim Tarihi: 1.05.2023).
- T.C. Kalkınma Bakanlığı (KB), (2013). *Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018)*, https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Onuncu_Kalkinma_Plani-2014-2018.pdf (Erişim Tarihi: 1.05.2023).
- T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB), (2018- 2023). <https://www.sbb.gov.tr> (Erişim Tarihi: 1.05.2023).
- T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB), (2019). *On Birinci Kalkınma Planı*. Ankara, https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/On_Birinci_Kalkinma_Plani-2019-2023.pdf (Erişim Tarihi: 01.9.2022).
- T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB), (2019-2021). https://sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/04/AnalitikEkorehber_2019-2021.pdf (Erişim Tarihi: 01.9.2022).
- T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB), (2020-2022). <https://www.sbb.gov.tr/2020-2022-donemi-butce-hazirlama-rehberi/> (Erişim Tarihi: 2.9.2022).
- Tchórzewski, J., & Wróbel, Ł. (2011). Using The Matlab and Neural Network Toolbox for The Purpose of State Budget Identification. *Informaion Systems In Management*, (9), 116-127.
- Talas, M., ve Kaya, Y. (2007). Küreselleşmenin Kültürel Sonuçları. *Türklük Bilimi Araştırmaları*, (22), 149-162.
- Tıraşoğlu, M. (2012). HEGY Mevsimsel Birim Kök Testi: Türkiye'de TÜFE ve TÜFE Harcama Grupları için Bir Uygulama. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 49-65.
- Tiebout, C. (1956), A Pure Theory of Local Expenditures, *Journal of Political Economy*, 64(5), 416–424.
- Tisdell, C. (2001) .Globalisation and Sustainability: Environmental Kuznets Curve and The WTO. *Ecological Economics*, (39), 185-196.
- Turan, D. (2008). *Küresel Kamusal Mallar ve Finansmanı*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Uludağ Üniversitesi, Bursa.

- Turan, H. T. (2015). 5355 Sayılı Yasaya Göre Türkiye’de Birlikler: Hizmet Sunumunda Âdem-İ Merkeziyetçi ve Katılımcı Yaklaşım. *Strategic Public Management Journal*, 1(2), 72-87.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. (2000). *Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri*. https://mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/1_iklimetkileri.pdf (Erişim Tarihi: 20.03.2023).
- Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (2023). *Tüketici Fiyat Endeksi*, <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Enflasyon+Verileri/> (Erişim Tarihi: 20.03.2023).
- Türkiye İstatistik Kurumu, (TÜİK) (2021). Çevre Koruma Harcama İstatistikleri, 2021. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Cevre-Koruma-Harcama-Istatistikleri-2021-45520> (Erişim Tarihi: 20.04.2022).
- Türkiye İstatistik Kurumu, (TÜİK) (2022). *Adrese Kayıtlı Nüfus Kayıt Sistemi*, <https://biruni.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 28.10.2022).
- Türkiye İstatistik Kurumu, (TÜİK) (2023). *Trafiğe Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Cinsine Göre Dağılımı, 2004 – 2023*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Mart-2023-49425> (Erişim Tarihi: 04.05.2023).
- Türküm, A. S. (1998). Çağdaş Toplumda Çevre Sorunları ve Çevre Bilinci. İçinde; *Çağdaş Yaşam Çağdaş İnsan* (Ed: G. Can), ss.165-181. *Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Yayınları*.
- Uitto, J. I. (2016). Evaluating The Environment as A Global Public Good. *Evaluation*, 22(1), 108-115.
- United Nations (UN), (1992). *Report of the United Nations Conference on Environment and Development*, <https://globalforestcoalition.org/wp-content/uploads/2010/12/Rio-Declaration-on-Environment-and-Development-principles1.pdf> (Erişim Tarihi: 05.02.2023).
- United Nations Environment Programme (UNEP), (1972). Environmental Law Guidelines and Principles. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29567/ELGP1StockD.pdf> (Erişim Tarihi: 21.04.2023).
- United Nations Environment Programme (UNEP), (2000). *Climate Change Information Sheet 17*. <https://unfccc.int/cop3/fccc/climate/fact17.htm> (Erişim Tarihi: 1.9.2022).
- United Nations Environment Programme (UNEP), (2022) <https://www.unep.org/interactive/air-pollution-note/> (Erişim Tarihi: 20.04.2022).
- United Nations Environment Programme (UNEP), (2023) <https://www.unep.org/about-un-environment> (Erişim Tarihi: 21.04.2023).
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (1997). *The Kyoto Protocol*. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-10/ENG5%20REPERES%202010%20ENG-Partie%205.pdf> (Erişim Tarihi: 30.04.2023).
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), (2015). <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (Erişim Tarihi: 30.04.2023).
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), (2023). https://unfccc.int/kyoto_protocol (Erişim Tarihi: 14.05.2023).
- Vagropoulos, S. I. Chouliaras, G. I. Kardakos, E. G. Simoglou, C. K. & Bakirtzis, A. G. (2016). Comparison of SARIMAX, SARIMA, Modified SARIMA and ANN-Based Models for Short-Term PV Generation Forecasting. *International Energy Conference (ENERGYCON)*, 04-08 April 2016, Leuven, Belgium, pp. 1-6.
- Van den Berg, R. D. (2014). *A Global Public Goods Perspective on Environment and Poverty*. <https://www.researchgate.net/publication/309910564> (Erişim Tarihi: 02.02.2023).

- Victor-Edema, U. A. & Essi, I. D. (2016). Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable (ARIMAX) Model for Nigerian Non-Oil Export. *European Journal of Business and Management*, 8(36), 29-34.
- Vlahogianni, E. I. & Karlaftis, M. G. (2013). Testing and Comparing Neural Network and Statistical Approaches for Predicting Transportation Time Series. *Transportation Research Record*, 2399(1), 9-22.
- Wang, X. & Meng, M. (2012). A Hybrid Neural Network and ARIMA Model for Energy Consumption Forecasting. *Journal of Computers*, 7(5), 1184-1190.
- Wang, J. & Wang, J. (2015). Forecasting Stock Market Indexes Using Principle Component Analysis and Stochastic Time Effective Neural Networks. *Neurocomputing*, 156, 68-78.
- Wang, K. W. Deng, C. Li, J. P. Zhang, Y. Y. Li, X. Y. & Wu, M. C. (2017). Hybrid Methodology for Tuberculosis Incidence Time-Series Forecasting Based on ARIMA and A NAR Neural Network. *Epidemiology & Infection*, 145(6), 1118-1129.
- Wei, S. Zuo, D. & Song, J. (2012). Improving Prediction Accuracy of River Discharge Time Series Using A Wavelet-NAR Artificial Neural Network. *Journal of Hydroinformatics*, 14(4), 974-991.
- Williams, D. W. & Calabrese, T. D. (2016). The Status Of Budget Forecasting. *Journal of Public and Nonprofit Affairs*, 2(2), 127-160.
- World Bank (WB), (2012). Turn Down The Heat: Why A 4° C Warmer World Must Be Avoided, <https://documents.worldbank.org/curated/en/865571468149107611/Turn-down-the-heat-why-a-4-C-warmer-world-must-be-avoided>, (Erişim Tarihi: 01.09.2022).
- World Bank, (WB), (2013). *Financing for Development Post-2015*. Washington: DC
- World Commission on Environment and Development (WCED), (1987). World Commission On Environment And Development. *Our Common Future*, 17(1), 1-91.
- World Health Organization (WHO), (2010). <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/noise#:~:text=The%20WHO%20guidelines%20for%20night,health%20effects%20from%20night%20noise> (Erişim Tarihi: 21.04.2023).
- World Health Organization (WHO), (2022). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (Erişim Tarihi: 21.04.2023).
- Wu, H., Li, Y., Hao, Y., Ren, S., & Zhang, P. (2020). Environmental Decentralization, Local Government Competition, And Regional Green Development: Evidence from China. *Science Of The Total Environment*. 708, 135085.
- Xie, H. Tang, H. & Liao, Y. H. (2009). Time Series Prediction Based on NARX Neural Networks: An Advanced Approach. In *2009 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*. 12-15 July 2009, Hebei, pp. 1275-1279.
- Yakıt, O. ve Özkan, Y. (2017). Kurumsal Kaynak Planlama Sistemlerinde Yapay Sinir Ağlarının Değerlendirilmesi Yaklaşımı. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 287-296.
- Yalçın, A. Z. (2009). Küresel Çevre Politikalarının Küresel Kamusal Mallar Perspektifinden Değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(21), 288-309.
- Yalçın, A. Z. ve Gök, Musa. (2015). Avrupa Birliği ve Türkiye’de Kamu Çevre Koruma Harcamalarının Analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 11(25), 65-89.
- Yang, Q. C. Feng, G. F. Chang, C. P. & Wang, Q. J. (2021). Environmental Protection And Performance: A Bi-Directional Assessment. *Science of The Total Environment*, 774, 145747.

- Yavan, S. ve Hotunoğlu, H. (2018). “Yerel Yönetimlerin Çevre Harcamaları ile Hava Kalitesi İlişkisi: İl Bazlı Bir Analiz. *Aydın İktisat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 36-47.
- Yavuz, N. Ç. (2006). Türkiye’de Turizm Gelirlerinin Ekonomik Büyümeye Etkisinin Testi: Yapısal Kırılma ve Nedensellik Analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 7(2), 162-171.
- Yavuz, S. ve Deveci, M. (2012). İstatistiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağı Performansına Etkisi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (40), 167-187.
- Yentürk, N. (2020). *İklim Pahası Çevre Koruma ve İklim Değişikliği ile Mücadelede Kamu Harcamaları*. İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları.
- Yıldırım, U. (2014). *Ankara’da Şehir İçinde Meydana Gelen Trafik Kazalarının Analizi, Kritik Noktaların Belirlenmesi ve Bir Yapay Sinir Ağı İle Modellenmesi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, B. (2015). *Akçay Havzasında Çözünmüş Oksijen Değerlerinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi*. (Yayımlanmamış Uzmanlık Tezi). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Yılmaz, E. (2018). *Econometric Model for Forecasting Tax Revenues*. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/91192/contents> (Erişim Tarihi: 19.06.2023).
- Yumuşak, İ. G. ve Aydın, M. (2005). Bilgi Kamusal Bir Mal mıdır?. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (10), 104-122.
- Yurtoğlu, H. (2005). *Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler için Türkiye Örneği*. (Yayımlanmamış Uzmanlık Tezi). Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Yusof, N.B.M. (2005). *Time Series Modeling and Designing and Artificial Neural Network (ANN) for Revenue Forecasting*. (Unpublished PhD Thesis). Universiti Teknologi Malaysia, Skudai.
- Zhang, G. Patuwo, B. E. & Hu, M. Y. (1998). Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of the Art. *International journal of Forecasting*, 14(1), 35-62.
- Zhang, G. P. (2003). Time Series Forecasting Using A Hybrid ARIMA and Neural Network Model. *Neurocomputing*, 50, 159-175.

EKLER

Ek 1. Araştırmada Kullanılan eriler

Veri No	Harcama	Enflasyon	Veri No	Harcama	Enflasyon
1	104549	2,35	33	440536	3
2	250964	3,82	34	1013025	4,68
3	423518	4,14	35	1642481	6,06
4	680486	8,12	36	2659723	8,49
5	114627	3,05	37	402745	1,76
6	328583	5,86	38	1260410	3,59
7	547064	6,65	39	2050370	4,64
8	913068	9,67	40	3256261	8,24
9	146469	1,05	41	515446	4,29
10	332482	1,82	42	1659541	5,78
11	534953	2,16	43	2751062	7,1
12	870403	6,37	44	4396827	11,36
13	107456	3,88	45	1078266	2,74
14	266869	3,56	46	2241644	8,84
15	481727	4,71	47	3414326	17,99
16	816437	6,27	48	5006737	18,82
17	125631	1,56	49	793547	2,25
18	360377	3,42	50	1747865	4,92
19	646718	4,49	51	2527768	8,13
20	994642	10,07	52	3806500	11,25
21	274007	1,53	53	490920	2,27
22	554724	1,94	54	1330369	5,61
23	866850	3,3	55	2290836	8,02
24	1294898	6,02	56	3965290	13,7
25	216323	2,61	57	612974	3,67
26	582315	3,94	58	1820484	8,18
27	994598	4,92	59	3264062	12,35
28	1541935	7,19	60	5217400	31,83
29	366387	3,54	61	1134245	21,37
30	849631	5,59	62	3306093	36,55
31	1408487	6,27	63	5968175	43,46
32	2097600	7,91			

Ek 2. Uygulamada Kullanılan Yöntemlerden Elde Edilen Öngörü Değerleri (Bin TL)

Dönemler	Yapay Sinir Ağları	Mevsimsel Üstel Düzleştirme (Holt- Winters)	Box-Jenkins (ARIMA)
2022: 4	6.801.435	8270403	9760739
2023: 1	419.575	3219768	1532347
2023: 2	1.447.508	6937079	5355382
2023: 3	2.629.100	10628051	10707218
2023: 4	4.921.504	13666220	20230061
2024: 1	2.165.309	6885443	3613635
2024: 2	2.884.292	12001273	15318749
2024: 3	5.176.678	16750203	35964995