

İSTATİSTİK ARAŞTIRMA DERGİSİ

**JOURNAL OF STATISTICAL
RESEARCH**

JSRTR

Cilt
Volume **15**

Sayı
Issue **1**

Yıl
Year **2025**

İSTATİSTİK ARAŞTIRMA DERGİSİ
ULUSLARARASI HAKEMLİ DERGİ

JOURNAL OF STATISTICAL RESEARCH
INTERNATIONAL PEER-REVIEWED JOURNAL

ISSN: 2791-7614
CİLT/VOL. 15 • SAYI / ISSUE 1 • 2025

Türkiye İstatistik Kurumu Adına Sahibi / Owner on Behalf of Turkish Statistical Institute
Erhan ÇETİNKAYA

Baş Editör / Editor - in - Chief
TÜİK Uzmanı Orçun AYDIN

Editör Yardımcısı / Assistant Editor
Prof. Dr. Nurcan METİN

Sorumlu Müdür / Responsible Manager
Stratejik Planlama, İzleme ve Değerlendirme Grup Başkanı Gönül KALENDER

Yabancı Dil Editörü / Foreign Language Editor
TÜİK Uzmanı Nilgün DORSAN

İletişim / Communication
Türkiye İstatistik Kurumu
Devlet Mah.
Necatibey Cad. No: 114
06420 Çankaya/Ankara/TÜRKİYE

Tel. / Phone: +90 312 454 83 72
Belgeç / Fax: +90 312 454 82 96
E-posta / E-mail: journal@tuik.gov.tr
İnternet Sayfası / Web Site:
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/jsstr>

Türkiye İstatistik Kurumu yayını olan İstatistik Araştırma Dergisi, yılda iki kez yayımlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Makalelerin bilimsel ve etik kurallara uygunluğu yazarların sorumluluğundadır; Türkiye İstatistik Kurumu sorumlu tutulamaz.

Journal of Statistical Research, the publication of the Turkish Statistical Institute, is an international peer-reviewed journal published twice a year. Compliance of the articles with scientific and ethical rules is the responsibility of the authors; Turkish Statistical Institute cannot be held responsible.

©Türkiye İstatistik Kurumu Yayını
©Turkish Statistical Institute Publication

Baş Editör'den

Değerli okuyucular,

İstatistik Araştırma Dergisi, Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2002 yılında yayınlanmaya başladığı uluslararası akademik bir dergisidir.

Yayın politikası yenilenen ve kısa bir aradan sonra Temmuz 2021'de yeniden yayınlanmaya başlayan İstatistik Araştırma Dergisi'nde istatistik yanında ekonometri, yöneylem araştırması ve istatistiğin araç olarak kullanıldığı diğer bilim dallarında teorik çalışmalara yer verdiğimiz gibi, uygulamalı orijinal çalışmalara yer verilmektedir.

İstatistik Araştırma Dergisi'nin hedefi söz ettiğimiz konularda yayınlayacağı makaleler ile literatüre katkı sağlamaktır. Bu doğrultuda, derginin farklı endekslerde taranmasına yönelik çalışmalara da yer verilmektedir.

Bu sayıda makaleleri ile destek veren yazarlarımıza, dergimizin bilimsel çizgisine yön veren hakemlerimize, dergimizin Editörler Kuruluna üye olmayı kabul ederek bizi onurlandıran değerli bilim insanlarına, desteklerinden ötürü TÜİK Başkanı Sayın Erhan ÇETİNKAYA'ya ve emeği geçen herkese teşekkürlerimizi sunarız.

Dergimizin Aralık 2025 (Cilt 15, Sayı 1) sayısının bilim dünyasına katkı sağlamasını diler, bundan sonraki sayılarımıza da ilgi ve desteğinizin devamını diler, saygılarımı sunarım.

Orçun AYDIN
Baş Editör

Editörler / Editors

Prof. Dr.	Ebru ÇAĞLAYAN AKAY, Marmara Üniversitesi, İstanbul Fikri AKDENİZ, Çag Üniversitesi, Mersin Cem CANEL, University of North Carolina Wilmington, Amerika Birleşik Devletleri Mehmet Ali CENGİZ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun Meral ÇETİN, Hacettepe Üniversitesi, Ankara Özlem İLK DAĞ, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara Burak GÜRİŞ, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Jamal HUSEİN, Angelo State University, Amerika Birleşik Devletleri Cem KADILAR, Hacettepe Üniversitesi, Ankara Safet KOZAREVIC, University of Tuzla, Bosnia and Herzegovina, Bosna-Hersek Sakkthivel Annamalai MANICKAM, Skyline University College, Birleşik Arap Emirlikleri Ünal Halit ÖZDEN, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul Ömer ÖZTÜRK, The Ohio State University, Amerika Birleşik Devletleri Muthucattu Thomas PAUL, Papua New Guinea University of Technology, Papua Yeni Gine Mustafa SEVÜKTEKİN, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa Ram SHANMUGAM, Texas State University, Amerika Birleşik Devletleri Kutluk Kağan SÜMER, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Semra ERPOLAT TAŞABAT, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul Mustafa TEKİN, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Münevver TURANLI, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul
Prof.	Emeritus Barry C. ARNOLD, University of California, Amerika Birleşik Devletleri Hanna DUDEK, Warsaw University of Life Sciences, Polonya Nikolai KOLEV, University of Sao Paulo, Brezilya Debasis KUNDU, Indian Institute of Technology, Hindistan W. Y. Wendy LOU, University of Toronto, Kanada
Doç. Dr.	İbrahim DEMİR, Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, Ankara
Dr.	Ojonugwa USMAN, Federal College of Education (Technical), Nijerya Subhash Kumar YADAV, Babasaheb Bhimrao Ambedkar University, Hindistan

Dergimize gönderilen makalelerin tümü intihal tespit aracıyla incelenmektedir.

All articles submitted to our journal are analyzed by plagiarism detection tools.

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA, DERLEME MAKALELERİ VE TEKNİK NOTLAR / ORIGINAL RESEARCH OR REVIEW ARTICLES AND TECHNICAL NOTES

- 1-8 Sibel BOLAT, Burak GÜRİŞ
Wagner Kanunu'nun Türkiye'de Geçerliliği: ADL Eşik Değerli Eşbütünleşme Analizi / The Validity of the Wagner Law in Türkiye: ADL Threshold Cointegration Analysis
- 9-16 Sibel YILMAZ, Seçil YALAZ, Sinan ÇALIK
Time Series Forecasting Transformer and Prophet Model / Zaman Serileri Tahmini: Transformer ve Prophet Modeli
- 17-40 Deniz Başoğlu ACET, Gül Canan YAVUZ, Kasırga YILDIRAK
Doğal Sermaye ve Ekosistem Hizmetleri: Kavramsal Temeller ve Mekânsal Modelleme Araçları ile Küresel ve Türkiye Uygulamaları / Natural Capital and Ecosystem Services: Theoretical Foundations and the Global and Turkish Implementations of Spatial Modeling Tools
- 41-51 Emre ÜRKMEZ
Döviz Kurunun Üretici Fiyatları Enflasyonu Oynaklığı Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği / The Effect of Exchange Rate on Producer Price Inflation Volatility: The Case of Turkey
- 52-64 Atilla AYDIN
Türkiye Ekonomisinde Enflasyon Yapışkanlığı: Güncel Birim Kök Testlerinden Kanıtlar / Inflation Inertia in the Turkish Economy: Evidence from Recent Unit Root Tests

Wagner Kanunu'nun Türkiye'de Geçerliliği: ADL Eşik Değerli Eşbütünleşme Analizi

Sibel BOLAT

İstanbul Üniversitesi / Doktora Öğrencisi

sibel.bolat@ogr.iu.edu.tr

Orcid No: 0000-0002-9326-0906

Burak GÜRİŞ

İstanbul Üniversitesi / Prof. Dr.

bguris@istanbul.edu.tr

Orcid No: 0000-0003-0562-4130

Özet

Wagner Kanunu, ekonomik büyüme arttıkça kamu harcamalarının da artma eğiliminde olduğunu belirtmektedir. Bu ilişki tarihsel süreçte sıklıkla incelenmiş olmakla birlikte, Wagner Kanunu'nun ampirik analizi ülkelerin gelişmişlik düzeylerine, analizde uygulanan yöntemin uygunluğu ve incelenen dönemlerdeki çeşitlilik gibi nedenlere bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada 1960-2022 yılları için Wagner Kanunu'nun Türkiye için geçerliliği test edilmektedir. Çalışmada, Li & Lee (2010) tarafından geliştirilen eşik değerli ADL eşbütünleşme testi kullanılmaktadır. Testin avantajı, doğrusal olmamayı dikkate alarak eşbütünleşmeyi analiz edebilmesidir. Analiz sonuçları, ekonomik büyüme ile kamu harcamaları arasında uzun vadeli bir ilişki olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, Wagner Kanunu'nun Türkiye için geçerli olduğuna dair güçlü kanıtlar bulunmaktadır.

Anahtar sözcükler: Wagner Kanunu, Eşik değerli ADL Eşbütünleşme Testi, Kamu Harcamaları, Ekonomik Büyüme

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Sibel BOLAT, İstanbul Üniversitesi, Ekonometri Bölümü.

Atıf / Citation: BOLAT S., GÜRİŞ B. (2025). Wagner Kanunu'nun Türkiye'de Geçerliliği: ADL Eşik Değerli Eşbütünleşme Analizi. *İstatistik Araştırma Dergisi*, 15 (1), 1-8.

The Validity of the Wagner Law in Türkiye: ADL Threshold Cointegration Analysis

Abstract

Wagner's Law states that as economic growth increases, public expenditures tend to increase. This relationship has often been examined throughout historical processes; however, the empirical analysis of Wagner's Law varies depending on factors such as the level of development of the countries, the appropriateness of the method applied in the analysis, and the diversity of the periods studied. This study tests the validity of Wagner's Law for Turkey for the period 1960-2022. In the study, the threshold-valued ADL cointegration test developed by Li & Lee (2010) is used. The advantage of the test is that it can analyze cointegration by taking notice nonlinearity. The analysis results indicate that there is a long-term relationship between economic growth and public spending. Therefore, there is strong evidence that the Wagner Law is valid for Turkey.

Keywords: *Wagner's Law, ADL Threshold Cointegration, Public Expenditures, Economic Growth*

1. Giriş

Kamu harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki iktisadi literatürde sıklıkla tartışılmaktadır. Ülkelerin gelişmişlik düzeylerine bağlı olarak devletin müdahalesi gerekli olabileceği gibi, kamu harcamalarının etkin kullanılmaması durumunda serbest piyasa ekonomisine zarar verebilmektedir. Devletin rolünün etkin olması gerektiğini savunan Keynesyen görüşün aksine, Adolph Wagner 1877 yılında ampirik gözlemlere dayandığı çalışmasında, ekonomik büyüme arttıkça kamu harcamalarının artacağını belirtmiştir¹ (Wagner & Weber, 1977). Wagner'a göre, kamusal faaliyetlerin artmasını gerektiren üç neden vardır. İlk olarak devletin yönetim ve koruyucu işlevlerinin genişletilmesi gerekliliğidir. Artan kentleşme, nüfus yoğunluğu gibi nedenlerle kamunun, hukuk ve düzen zeminini güçlendirmesi için sosyo-ekonomik düzenlemelere daha fazla harcama yapması gerekmektedir. İkincisi, kamu mal ve hizmet talebinin gelir elastikiyeti 1'den büyük olmalıdır. Son olarak, sanayileşen ülkelerde özel sektör teknolojik ihtiyaçları karşılamada yetersiz kalacağı için, devletin teknolojik ihtiyaçları finanse etmek için gerekli sermaye fonlarını sağlaması gerekliliğidir. Görüldüğü üzere, Wagner Kanunu esas itibarıyla Wagner'in devletin görevlerine yönelik görüşlerine dayanmaktadır. Bu nedenle hipotezin ampirik olarak test edilmesi zor olduğu gibi, nasıl uygulanacağı da kesin değildir (Mann, 1980).

Wagner Kanunu'nu ampirik olarak ilk inceleyen çalışmalar, regresyon yöntemi ve geleneksel eşbütünleşme testlerine dayanmaktadır. Regresyon yöntemini uygulayan çalışmalarda serilerin durağanlığı dikkate alınmadığı takdirde sonuçlar hatalı olabilmektedir. Dolayısıyla, serilerin aynı dereceden durağan olmasını gerektiren Engle&Granger (1987), Johansen (1988), Johansen & Juselius (1990, 1992) gibi eşbütünleşme testleri uygulanarak değişkenler arasındaki ilişki araştırılmaya devam edilmiştir. Ardından otoregresif gecikmesi dağıtılmış (ADL) testlerin geliştirilmesi ile ampirik çalışmalardaki çeşitlilik artmıştır. Ancak bu testlerde, yapısal kırılmanın dikkate alınmaması test gücünü azaltarak, eşbütünleşmenin olmadığını belirten boş hipotezin reddedilmesini engelleyebilmektedir (Ono, 2014). Aynı zamanda, bu çalışmalarda doğrusal olmama dikkate alınmamaktadır.

¹ Wagner'in bu alandaki önemi, böyle bir varsayımı ilk kez ampirik bir çalışmaya uyarlamasıdır. Bu nedenle ekonomik büyümedeki artışın kamu mal ve hizmet harcamalarını artırdığıyla ilgilenen hipotezler Wagner Kanunu olarak bilinmektedir.

Bu nedenle Li & Lee (2010) tarafından geliştirilen eşik değerli ADL eşbütünleşme testi, özellikle ekonomik değişkenlerdeki doğrusal olmama durumunu dikkate alarak analizler yapmayı sağlamaktadır.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, ekonomik büyüme ve kamu harcamaları arasında farklı regülasyonlar ve kırılmalar görülebileceğinden, bu ilişkinin incelenmesi konusunda önemli bir test imkanı sunmaktadır.

Testin en önemli avantajları küçük örneklemelerde güçlü sonuçlar verirken, doğrusal olmamayı dikkate alarak seriler arasındaki ilişkiyi analiz edebilmesidir.

Bu çalışmanın önemi ise, zaman serisi ekonometrisindeki güncel gelişmeler doğrultusunda Li & Lee (2010) tarafından geliştirilen eşik değerli ADL eşbütünleşme testinin Wagner Kanunu çerçevesinde Türkiye için ilk kez uygulanmış olmasıdır.

Çalışma, beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünden sonra ikinci bölümde literatür özetlenmiştir. Üçüncü bölümde uygulanan testin ekonometrik metodolojisi hakkında bilgi verilerek, dördüncü bölümde veri ve ampirik sonuçlar yorumlanmıştır. Son bölümde sonuç hakkında genel bilgi verilmiştir.

2. Literatür

Literatürde, kamu harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Wagner kanunu çerçevesinde inceleyen birçok çalışma mevcuttur. İlk çalışmalar çoğunlukla Engle & Granger (1987), Johansen (1988), Johansen & Juselius (1990, 1992) eşbütünleşme testleri ile en küçük kareler yöntemine dayanmaktadır. Geleneksel eşbütünleşme testleri, yapısal kırılmalı eşbütünleşme testleri ve doğrusal olmayan eşbütünleşme testleri olarak ilerleyen ekonometrik yöntemler doğrultusunda, çalışmalar uygulanan dönem ve veri yapısına bağlı olarak gelişmektedir. Bu doğrultuda Henrekson (1993), İsveç için 1861-1990 yıllarında ekonomik büyüme ile kamu harcamaları arasında ilişki olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Hondroyannis & Papapetrou (1995), Yunanistan için 1951-1992 yıllarını kapsayan çalışmasında Wagner Kanunu'nu desteklememişlerdir. Burney (2002), 1969/70-1994/95 yılları arasında Kuveyt için değişkenler arasında ilişki olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Courakis vd. (1993), Yunanistan ve Portekiz için 1958-1985 yıllarını kapsayan dönem için ekonomik büyüme ile kamu harcamaları arasında pozitif ilişki bulmuştur. Oxley (1994), Birleşik Krallık için 1870-1913 yılları için Wagner Kanunu'nu desteklemiştir. Thornton (1999), Danimarka, Almanya, İtalya, Norveç, İsveç ve Birleşik Krallık için uyguladığı ampirik çalışmasında yaklaşık 1850'den 1913'e kadar olan dönemde tüm ülkeler için Wagner Kanunu'nun geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Karagianni vd. (2002), Avrupa Birliği üyesi 15 ülke için 1949-1998 yıllarında ekonomik büyüme ile kamu harcamaları arasındaki pozitif ilişkiyi desteklemişlerdir. Kuckuck (2014), 1850-2010 yıllarında Birleşik Krallık, Danimarka, İsveç, Finlandiya ve İtalya için kamu harcamaları ile ekonomik büyüme arasında zayıf bir ilişki bulmuştur. Ono (2014), ADL eşik değerli eşbütünleşme testini uyguladığı çalışmasında 1960-2010 yıllarında Japonya için Wagner Kanunu'nun geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Cavicchioli & Pioresi (2016), İtalya için 1862-2009 yıllık verileri ile Wagner Kanunu'nun geçerliliğini inceledikleri çalışmalarında şokların geçici olduğunu, dolayısıyla değişkenler arasında doğrusal ve tutarlı bir ilişki olduğu sonucuna varmışlardır. Phiri (2017), M-TAR modele dayanan eşbütünleşme testi sonucunda Güney Afrika için Wagner Kanunu'nun geçerli olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Türkiye için yapılan çalışmalarda Halıcıoğlu (2003), Johansen eşbütünleşme testini 1960-2000 yılları için uygulayarak hükümet harcamaları ile ekonomik büyüme arasında bir ilişki bulamamıştır. Benzer olarak, Engle & Granger eşbütünleşme testini uygulayan Demirbas (1999) ve Bağdigen & Cetintas (2004), sırasıyla 1960-1990 ve 1965-2000 yılları için Wagner kanununun geçerli olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Mohamadi (2008), ARDL sınır testini kullanarak değişkenler arasındaki ilişkiyi 1951-2010 yılları için incelemiş ve Wagner Kanunu'nun geçerli olduğunu sonucuna ulaşmıştır. Taşseven (2011) çalışmasında, 1960-2006 yılları için Johansen eşbütünleşme testini kullanarak değişkenler arasındaki pozitif ilişkiyi desteklemiştir. Aynı ekonometrik yöntemle Uzuner (2017) tarafından 1975-2014 yılları için yapılan çalışmada Wagner Kanunu'nun geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Güncel çalışmalardan Bayrakdar vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, 1988-2014 yılları için yapısal kırılmalı Hatemi-J (2008) eşbütünleşme testi uygulanarak Wagner Kanunu'nun geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

2. Ekonometrik Metodoloji

Bu çalışmanın amacı, Türkiye için Wagner Kanunu'nun geçerliliğini test etmektir. Bu doğrultuda, Li & Lee (2010) tarafından geliştirilen eşik değerli otoregresif gecikmesi dağıtılmış ADL eşbütünleşme testi uygulanmıştır.

Engle & Granger (1987), Johansen (1988) ve Johansen & Juselius (1990, 1992) eşbütünleşme testleri, yapısal kırılmaları dikkate almamaktadır. Yapısal kırılmaların dikkate alınmaması boş hipotezin reddedilmesini engelleyebilmektedir. Ekonometrideki güncel çalışmalar doğrultusunda bu sorunun dikkate alınmamasının ciddi sonuçları olduğu gözlemlenmektedir. Benzer olarak bu sorunlar doğrusal olmama durumu dikkate alınmadığında da ortaya çıkmaktadır. (Gürüş & Yaşgöl, 2015). Bu nedenle, Li & Lee (2010) tarafından eşik değerli ADL eşbütünleşme testi geliştirilmiştir.

Eşik değerli ADL eşbütünleşme testinin en önemli avantajı, doğrusal olmamayı dikkate alarak eşbütünleşme ilişkisini analiz etmesidir. Test, değişkenlerin aynı dereceden durağan olmasına bakılmaksızın uygulanabilmektedir (Chang & Xu, 2012).

Wagner Kanunu için eşik değerli ADL modeli aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır;

$$\begin{aligned}\Delta KHO_t = & \beta_0 + \beta_1 KHO_{t-1} I_t + \beta_2 KHO_{t-1} (1 - I_t) + \beta_3 KBGSYH_{t-1} I_t \\ & + \beta_4 KSGSYH_{t-1} (1 - I_t) + \beta_5 \Delta KBGSYH_t + \beta_6 \Delta KHO_{t-1} \\ & + \beta_7 \Delta KBGSYH_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}\quad (1)$$

Modelde I_t , gösterge fonksiyonudur.

Testte, Li & Lee (2010) tarafından iki gösterge fonksiyonu önerilmektedir;

$$\text{Gösterge A: } I_{1t} = I(e_{t-d} < e_{t-d}^*(\tau)), \quad I_{2t} = 1 - I_{1t} \quad (2)$$

(3)

$$\text{Gösterge B: } \widetilde{I}_{1t} = I(\Delta e_{t-d} < \Delta e_{t-d}^*(\tau)), \quad \widetilde{I}_{2t} = 1 - \widetilde{I}_{1t}$$

Eşik değerli ADL eşbütünleşme analizi için Boswijk (1994) ve Banerjee vd. (1998) tarafından kullanılan BO ve BDM testleri uygulanmaktadır.

BO testi için,

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0 \quad (4)$$

BDM testinde ise

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0, \text{ hipotezleri test edilmektedir.} \quad (5)$$

BO ve BDM testindeki güç ve boyut özellikleri incelendiğinde Li & Lee (2010) tarafından BO testinin daha güçlü olduğu belirtilmiştir. Modelin yorumlanmasında Gösterge A ve Gösterge B seçeneklerinden hangisinin tercih edilmesi gerektiğine dair bir kural olmadığından Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ya da Schwartz Kriteri (SC)'nin seçilmesi önerilmektedir (Chang vd, 2012).

Kritik değerler Li & Lee (2010) tarafından BO ve BDM testleri için tablolandırılmıştır.

4. Veri ve Ampirik Sonuçlar

Bu çalışmadaki ampirik analiz, Türkiye için GSYİH’da kamu harcamaları oranı ve kişi başına GSYH verilerine dayanmaktadır. Çalışmada kullanılan veriler yıllık olarak 1960 – 2022 dönemini kapsamaktadır. Veriler Dünya Bankası’ndan alınmıştır.

Wagner Kanunu’nun analizi için uygulanan model aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$(KHO)_t = \alpha_0 + \alpha_1(KBGSYH)_t + \varepsilon_t \quad (6)$$

Denklemden KHO, GSYH’da kamu harcamaları oranını, KBGSYH ise kişi başına gayri safi yurtiçi hasılayı ifade etmektedir.

Uygulanan eşik değerli ADL eşbütünleşme testinden elde edilen sonuçlar Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1: Eşik Değerli ADL Eşbütünleşme Testi Sonuçları.

Gösterge A								
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7
I^a_τ	4.03981	-0.70008	-0.38658	0.001321	0.000133	-0.000355	0.317995	0.000169
	(3.4175)	(-3.81145)	(-3.4329)	(3.89161)	(2.80423)	(-2.5398)	(2.95149)	(1.09809)
BO = 23.8287**		$E^*_\tau(\tau) = -0.8432$		$\tau = 0.8571$		AIC= 2.214863		

Gösterge B								
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7
I^b_τ	2.664706	-0.272716	-0.24036	0.00007	0.000127	-0.000475	0.079943	0.000489
	(3.11679)	(-3.08684)	(-2.8424)	(1.34421)	(2.39271)	(-3.1751)	(0.54742)	(2.74876)
BO= 15.0746		$E^*_\tau(\tau) = 0.3606$		$\tau = 0.4286$		AIC= 2.335808		

BO istatistiği için kritik değerler Li & Lee (2010) tarafından tablolastırılmıştır. Gösterge A için kritik değerler %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerinde sırasıyla 16.90, 19.04 ve 24.00 şeklindedir. Gösterge B için kritik değerler %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyleri için sırasıyla 16.36, 18.66 ve 23.88 şeklindedir. Parantez içerisindeki değerler robust t-istatistikleridir. *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

Eşik değerli ADL eşbütünleşme testinde göstergenin belirlenmesi için Li & Lee (2010) tarafından Akaike bilgi kriteri (AIC) önerilmektedir.

Bu çalışmada Li & Lee (2010) tarafından önerildiği ve literatürde Chang vd. (2012), Güriş & Yaşgöl (2012), Liu vd. (2012), Lu vd (2012) ve Pan vd. (2012) tarafından uygulandığı üzere Akaike bilgi kriteri (AIC) uygun gösterge olarak belirlenmiştir.

Sonuçlara göre, göstergeler arasındaki seçim için AIC bilgi kriteri dikkate alınarak Gösterge A uygun bulunmuştur. BO istatistik değeri, Li & Lee (2010) tarafından tablolaştırılan kritik değer olan 19.04'ten büyük olduğundan H_0 hipotezi %5 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir. Dolayısıyla değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi istatistiksel olarak anlamlıdır.

5. Sonuç

Bu çalışmada Wagner Kanunu'nun Türkiye için geçerliliği incelenmiştir. Yöntemde, uzun dönemli ilişkinin incelenmesi için Li & Le (2010) tarafından önerilen eşik değerli ADL eşbütünleşme testi tercih edilmiştir. Test sonuçları, kamu harcamaları ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, Wagner Kanunu'nun Türkiye için geçerli olduğunu güçlü bir şekilde desteklemektedir. Testin önemli avantajları, küçük örneklemle dahi güçlü sonuçlar verebilmesi ve doğrusal olmayan yapıları dikkate alarak değişkenler arasındaki ilişkiyi analiz edebilmesidir. Bu nedenle, geleneksel doğrusal modellerin ve birim kök testlerinin yetersiz kaldığı durumlar ortadan kaldırılabilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma Türkiye'de ekonomik büyüme ve kamu harcamaları arasındaki ilişkiyi incelemek için eşik değerli ADL eşbütünleşme testinin önemini vurgulamaktadır. Doğrusal olmama gibi dinamiklerin dikkate alınması, politika analizleri ve ekonomik tahminler açısından daha sağlam temeller sunmaktadır. Bu çalışma, gelişmekte olan ülkelerdeki ekonomik ilişkilerin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesine yönelik metodolojik bir katkı sağlamaktadır. Gelecekteki araştırmalarda, farklı ülkeler için benzer metodolojilerin uygulanması, bu alandaki literatürün daha da zenginleşmesine yardımcı olacaktır.

Kaynaklar

- Bagdigen, M., & Cetintas, H. (2004). Causality between public expenditure and economic growth: The Turkish case. *Journal of Economic and Social research*, 6(1), 53-72.
- Banerjee, A., Dolado, J., & Mestre, R. (1998). Error-correction mechanism tests for cointegration in a single-equation framework. *Journal of time series analysis*, 19(3), 267-283.
- Bayrakdar, S., Demez, S., & Yapar, M. (2015). Testing the validity of Wagner's law: 1998-2004, the case of Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 493-500.
- Boswijk, H. P. (1994). Testing for an unstable root in conditional and structural error correction models. *Journal of econometrics*, 63(1), 37-60.
- Burney, N. A. (2002). Wagner's hypothesis: evidence from Kuwait using cointegration tests. *Applied economics*, 34(1), 49-57.
- Cavicchioli, M., & Pistoresi, B. (2016). Testing threshold cointegration in Wagner's Law: The role of military spending. *Economic Modelling*, 59, 23-31.
- Chang, T., Lee, C. H., & Hung, K. (2012). Can the PPP stand on the BRICS? The ADL test for threshold cointegration. *Applied Economics Letters*, 19(12), 1123-1127.
- Chang, T., & Xu, Y. Y. (2012). Rational bubbles in G-7 countries: an empirical note based on the ADL test for threshold cointegration. In *Asian Finance Association (Asian) and Taiwan Finance Association (TFA) Joint International Conference* (p. 6).
- Courakis, A. S., Moura-Roque, F., & Tridimas, G. (1993). Public expenditure growth in Greece and Portugal: Wagner's law and beyond. *Applied Economics*, 25(1), 125-134.
- Demirbas, S. (1999). *Cointegration Analysis-Causality Testing and Wagner's Law: The Case of Turkey*. Department of Economics, University of Leicester.
- Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.
- Gürış, B., & Yaşgöl, Y. S. (2015). Does the Fisher hypothesis hold for the G7 countries? Evidence from ADL threshold cointegration test. *Quality & Quantity*, 49, 2549-2557.
- Halicioğlu, F. (2003). Testing Wagner's law for Turkey, 1960-2000. *Review of Middle East Economics and Finance*, 1(2), 129-140.
- Hatemi-j, A. (2008). Tests for cointegration with two unknown regime shifts with an application to financial market integration. *Empirical economics*, 35(3), 497-505.
- Henrekson, M. (1993). Wagner's law-a spurious relationship?. *Public finance*, 46(3).
- Hondroyannis, G., & Papapetrou, E. (1995). An examination of Wagner's law for Greece: A cointegration analysis. *Public Finance= Finances publiques*, 50(1), 67-79.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of economic dynamics and control*, 12(2-3), 231-254.
- Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration—with appucations to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 52(2), 169-210.
- Johansen, S., & Juselius, K. (1992). Testing structural hypotheses in a multivariate cointegration analysis of the PPP and the UIP for UK. *Journal of econometrics*, 53(1-3), 211-244.

- Karagianni, S., Pempetzoglou, M., & Strikou, S. (2002). Testing Wagner's law for the European Union economies. *Journal of Applied Business Research (JABR)*, 18(4).
- Kuckuck, J. (2014). Testing Wagner's law at different stages of economic development. *Finanzarchiv/Public Finance Analysis*, 128-168.
- Li, J., & Lee, J. (2010). ADL tests for threshold cointegration. *Journal of Time Series Analysis*, 31(4), 241-254.
- Liu, S., Chang, T., Lee, C. H., & Chou, P. I. (2012). Nonlinear adjustment to purchasing power parity: the ADL test for threshold cointegration. *Applied Economics Letters*, 19(6), 569-573.
- Lu, Y. C. R., Chang, T., & Lee, C. H. (2012). Nonlinear adjustment to purchasing power parity in transition countries: the ADL test for threshold cointegration. *Applied Economics Letters*, 19(7), 629-633.
- Mann, A. J. (1980). Wagner's law: An econometric test for Mexico, 1925-1976. *National Tax Journal*, 33(2), 189-201.
- Mohammadi, H., Cak, M. & Cak, D. (2008). Wagner's hypothesis: new evidence from Turkey using the bounds testing approach. *Journal of Economic Studies*, 35(1), 94-106.
- Oxley, L. (1994). Cointegration, causality and Wagner's law. *Scottish Journal of Political Economy*, 41(3).
- Ono, H. (2014). The government expenditure-economic growth relation in Japan: An analysis by using the ADL test for threshold cointegration. *Applied economics*, 46(28), 3523-3531.
- Pan, G., Chang, T., Tang, D. P., & Lee, C. H. (2012). Nonlinear adjustment to purchasing power parity in Latin American countries: the ADL test for threshold cointegration. *Applied Economics Letters*, 19(9), 857-862.
- Phiri, A. (2017). Nonlinearities in Wagner's law: further evidence from South Africa. *International Journal of Sustainable Economy*, 9(3), 231-249.
- Taşseven, Ö. (2011). The Wagner's law: Time series evidence for Turkey, 1960-2006. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 12(2), 304-316.
- Thornton, J. (1999). Cointegration, causality and Wagner's Law in 19th century Europe. *Applied Economics Letters*, 6(7), 413-416.
- Uzuner, G., Bekun, F. V., & Saint Akadiri, S. (2017). Public expenditures and economic growth: was Wagner right? Evidence from Turkey. *Academic Journal of Economic Studies*, 3(2), 36-40.
- Wagner, A. (1877). *Finanzwissenschaft*, Part I, Leipzig: C. F. Winter.
- Wagner, R. E., & Weber, W. E. (1977). Wagner's law, fiscal institutions, and the growth of government. *National Tax Journal*, 30(1), 59-68.

Time Series Forecasting Transformer and Prophet Model

Sibel YILMAZ

Fırat University / M.Sc

sibelyilmaz021@gmail.com

Orcid No: 0000-0002-0599-7263

Seçil YALAZ

Dicle University / Assoc.Prof.

syalaz@dicle.edu.tr

Orcid No: 0000-0001-7283-9225

Sinan ÇALIK

Fırat University / Prof.

scalik@firat.edu.tr

Orcid No: 0000-0002-4258-1662

Abstract

A time series is a sequence of temporal data obtained at specific intervals. These intervals can represent equal time periods such as daily, weekly, monthly, or yearly, or irregular and unequal time periods. Time series forecasting involves predicting future values of the target variable using its past values. This process involves identifying temporal variations such as trend, seasonality, and noise to make predictions about future values. In time series analysis, machine learning involves data analysis, preprocessing, normalization, transformations, time based features, error optimization, and model accuracy optimization. Machine learning methods provide greater efficiency compared to traditional methods, especially when the volume and complexity of data and variables increase. Deep learning, in particular, offers advantages in time series forecasting by capturing long-term dependencies and handling large and complex datasets. Machine learning and deep learning models can achieve high accuracy, interpretability, and fast results for multivariate time series forecasting.

This study focuses on multivariate time series forecasting by leveraging advanced machine learning models. Specifically, it employs the Prophet model and the Transformer architecture, an emerging deep learning method known for its ability to model long-term dependencies. Unlike traditional approaches, the proposed framework integrates both endogenous and exogenous variables, applies error-weighted variable importance calculations, and evaluates model performance through variable augmentation. By comparing and combining the Prophet and Transformer models, the study aims to enhance forecasting accuracy and interpretability for complex temporal datasets.

Keywords: Time Series Forecasting, Machine Learning, Deep Learning, Prophet Model, Transformer Model

Corresponding Author / Sorumlu Yazar: Seçil YALAZ, Dicle University, Statistics Department.

Citation / Atıf: YILMAZ S., YALAZ S., ÇALIK S. (2025). Time Series Forecasting Transformer and Prophet Model. *İstatistik Araştırma Dergisi*, 15 (1), 9-16.

Zaman Serileri Tahmini: Transformer ve Prophet Modeli

Özet

Zaman serisi, belirli aralıklarla elde edilen zamansal veri dizisidir. Bu aralıklar, günlük, haftalık, aylık veya yıllık gibi eşit zaman periyotlarını temsil edebileceği gibi, düzensiz ve eşit olmayan zaman periyotlarını da ifade edebilir. Zaman serisi tahmini, hedef değişkenin geçmiş değerlerini kullanarak gelecekteki değerlerini tahmin etmeyi içerir. Bu süreçte, eğilim (trend), mevsimsellik (seasonality) ve gürültü (noise) gibi zamansal değişimlerin belirlenmesi, gelecekteki değerler hakkında öngörülerde bulunmak için önemlidir. Zaman serisi analizinde makine öğrenmesi, veri analizi, ön işleme, normalizasyon, dönüşümler, zamana dayalı özellikler, hata optimizasyonu ve model doğruluğu optimizasyonunu içerir. Makine öğrenmesi yöntemleri, özellikle veri ve değişkenlerin hacmi ile karmaşıklığı arttığında, geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek verimlilik sağlar. Özellikle derin öğrenme, uzun vadeli bağımlılıkları yakalayarak ve büyük, karmaşık veri kümelerini işleyerek zaman serisi tahmininde önemli avantajlar sunar. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme modelleri, çok değişkenli zaman serisi tahmininde yüksek doğruluk, yorumlanabilirlik ve hızlı sonuçlar elde etmeye olanak tanır.

Bu çalışma, çok değişkenli zaman serisi tahmini üzerine odaklanarak gelişmiş makine öğrenmesi modellerinden Prophet ile uzun dönemli bağımlılıkları modellemedeki başarısıyla öne çıkan Transformer mimarisini kullanmaktadır. Geleneksel yöntemlerden farklı olarak, modelleme sürecine içsel (endojen) ve dışsal (eksojen) değişkenler dahil edilmiştir. Her bir değişken için hata ağırlıklı önem dereceleri hesaplanmış, değişken artırımı uygulanmış ve iki modelin performansı karşılaştırılmıştır. Prophet ve Transformer modellerinin birlikte kullanılmasıyla, karmaşık zaman serilerinde yüksek doğruluk ve yorumlanabilirlik hedeflenmiştir.

Anahtar sözcükler: Zaman serisi tahmini, Makine öğrenmesi, Derin öğrenme, Prophet modeli, Transformer modeli

1. Introduction

Forecasting is the process of making inferences, identifying relationships, or predicting future states based on existing data or information. The forecasting process is analyzed and modeled according to the knowledge of the data and its structure (Huang et al., 2022). A time series is a sequence of temporal data obtained at regular intervals. These data intervals can represent equal time intervals such as daily, weekly, monthly, or yearly, or irregular and unequal time intervals. Time series forecasting is a field of research widely used in many common areas such as business, economics, and energy. The process of time series forecasting involves predicting future values using past values of the dependent variable. It provides foresight by identifying temporal variations such as trends and seasonality in the process of predicting future values (Liu et al., 2023). Time series forecasting models are widely implemented using traditional, machine learning, and deep learning algorithms. High-accuracy prediction models are preferred for univariate or multivariate datasets (Sun et al., 2022).

This study includes multivariate time series models. The impact and accuracy of many endogenous and exogenous variables such as seasonal effects, trends, periodic differences, weather conditions, and macroeconomic data on the time series forecasting model have been addressed (Jha and Pande, 2021). Among the many forecasting models with multiple variables, the Prophet model offers several advantages over many machine learning models in terms of interpretability, obtaining and controlling seasonal variables, considering change intervals, and including variables as regressors (Riyantoko et al., 2021). The Transformer model, a deep neural network, provides ease in

long-term dependencies and produces high-accuracy predictions in time series forecasting by focusing on variables through the attention mechanism (Vaswani et al., 2017).

Unlike the existing literature, this study proposes a method for model prediction by incorporating the regressor effect into the multivariate Prophet model and adding trend and seasonality variables to the Transformer model. This method aims to boost accuracy, learning efficiency, generalization, and interpretability, leading to highly precise and reliable time series forecasts.

2. Time Series Forecasting Models

Time series are divided into two groups according to the types of variables. These are univariate and multivariate time series. Univariate time series contain a single variable dependent on time, while multivariate time series include multiple variables dependent on time (Riyantoko et al., 2021). In this study, the Prophet model used in multivariate time series models and the deep learning method known as the Transformer model are examined.

2.1 Prophet Model

The Prophet model is a time series forecasting model developed by Facebook as an open-source software in 2017. It enables the modeling of nonlinear daily, weekly, monthly, and yearly data, incorporating seasonality and the holiday effects specific to different countries. Seasonality represents the variations occurring within a time unit. The Prophet model offers advantages over other models by addressing missing data in the dataset and automatically correcting outliers to a certain extent.

The Prophet model is given as,

$$y_t = g(t) + s(t) + h(t) + \varepsilon_t. \quad (1)$$

The time series model given in Eq. (1), $g(t)$ represents the trend function modeling nonperiodic changes, $s(t)$ represents the time-dependent seasonal periodic changes, $h(t)$ denotes the holiday and country-specific effects component and ε_t signifies the error or noise component in the time series model (Taylor and Letham, 2018).

The Prophet model provides forecasts by constructing time series models with flexible structures that capture trend and seasonal patterns. It supports modeling with a univariate numerical variable (y) and a time column (d_s). Advanced hyperparameters and the multivariate advanced prophet model are employed for datasets involving multiple variables (Taylor and Letham, 2018).

2.2 Advanced Multivariate Prophet Model

The Prophet model, developed by Facebook, provides more accurate forecasts by incorporating components such as seasonality and holiday effects, along with flexibility, uncertainty, and the inclusion of external factors. In this study, to reduce uncertainty and errors and enhance reliability, several hyperparameter tuning and model capability procedures have been included, which are novel and additional to the literature. Some of the techniques used in this study include forecasting growth types, trend and seasonality changepoint detection, dataset-specific multiple regression additions, Markov Chain Monte Carlo (MCMC) parameter distributions and uncertainty detection parameters, and interval width (Hasnain et al., 2022).

2.2.1 Forecasting Growth Types

To describe long-term or short-term changes (trends) in a time series, linear and logistic growth models are used. The logistic growth model represents models characterized by curves that rapidly decrease as the variable approaches a certain saturation point. Linear growth, on the other hand, represents a model where the variable in the time series typically shows increasing or decreasing trends (Setianingrum et al., 2022).

2.2.1.1 Nonlinear saturating growth

The logistic growth model is also known as the nonlinear saturating growth trend. Nonlinear saturating growth trends represent situations where the increase in the series reaches certain limits or saturation. This growth type is a modeling approach where the rate of increase changes over time. The mathematical representation of the logistic growth model (Setianingrum et al., 2022) is given in Eq. (2) as:

$$g(t) = \frac{C}{1 + \exp(-k(t-m))} \quad (2)$$

In the logistic growth model, C represents the carrying capacity, k denotes the growth rate, and m is the shift parameter. In the Prophet model, the classic logistic growth model is extended to include a time-dependent carrying capacity. Constant C , becomes $C(t)$ signifying that it is dependant upon time, rather than a constant. The vector $a(t)$ represents binary outputs that signify which growth rate adjustments are valid for that point in time. It is an ‘‘on/off’’ switch for growth rate (and offset parameter) adjustments. It is transposed to allow for valid vector multiplication with the aforementioned vectors. The vector δ represents vector of growth rate adjustments, if we have 5 different linear growth rates, this will simply contain the 5 different values for growth rate adjustments (k gets adjusted by the value in δ). Multiplying by (transposed) $a(t)$ vector simply yields the correct growth rate adjustment for that point in time. The vector γ represents adjustments to the offset parameter (m). In the same way as δ vector, when multiplied by (transposed) $a(t)$ vector yields the correct growth rate adjustment, this yields the correct offset parameter adjustment to connect the endpoints of the linear ‘‘pieces’’ that form piecewise function (URL 1, 2021). The logistic growth model in the Prophet model (Setianingrum et al., 2022) is given in Eq. (3) as:

$$g(t) = \frac{C(t)}{1 + \exp(k + a(t)^T \delta)(t - (m + a(t)^T \gamma))} \quad (3)$$

2.2.1.2 Linear trend with changepoints

The linear trend with changepoints is used to model linear slopes in a time series and changes where a certain saturation point is not present. The nonlinear trend model addresses situations where the trend in the time series exhibits nonlinear changes under specific conditions. These situations are referred to as changepoints or breakpoints. The equation for the linear trend with changepoints (Huang et al., 2022) is given as:

$$g(t) = (k + a(t)^T \delta)(t - (m + a(t)^T \gamma)). \quad (4)$$

In the Eq. (4), $g(t)$ represents the time-dependent trend changepoint, k denotes the growth rate, δ is the adjustment rate, m is the offset parameter that shifts a time point to a specific time, and γ represents the trend changepoint. The changepoint parameter has become advantageous with the Prophet model. With the Prophet model, automatic changepoint selection can be computed and adjusted based on the dataset. Changepoints can be adjusted according to annual, monthly, or seasonal periods. The Prophet model can detect numerous changepoints that might cause changes in the rate. The changepoints (δ_j) are modeled using a Laplace distribution $(0, \tau)$ (Van den Burg and Williams, 2020):

$$\delta_j \sim \text{Laplace}(0, \tau), \quad (5)$$

where j represents the changepoint at time j . The Laplace $(0, \tau)$ distribution indicates the flexibility of the model at changepoints, where the variable has a mean of 0 and a scale parameter τ . As τ approaches 0, the model becomes more flexible and converges to either logistic or linear behavior (Van den Burg and Williams, 2020).

2.3 Transformers

Recurrent Neural Networks (RNNs), including Long Short-Term Memory (LSTM) networks, are among the most commonly used methods for sequential modeling and transformation tasks, such as language models (Feng et al., 2022). With the growth of data structures and the need for improved performance, transformer architectures based on attention mechanisms have emerged. Attention mechanisms have provided higher performance and parallelizability compared to RNN and LSTM models. Machine learning models often result in poor outcomes in cases requiring long-term dependencies and efficiency. The Transformer model, however, addresses these limitations through its attention mechanisms, offering a novel approach (Wu et al., 2020).

2.3.1 Transformer model architecture

The Transformer model, which consists of encoder and decoder structures, transforms an input sequence of symbols $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ into a sequence of continuous symbols $z = (z_1, z_2, z_3, \dots, z_n)$. Using z , outputs $(y_1, y_2, y_3, \dots, y_m)$ are generated. The Transformer model uses the produced inputs as input to generate subsequent outputs, thus follows an autoregressive structure. The model architecture depicted in Figure (1) illustrates the Transformer's encoder-decoder structure. The encoder consists of a stack of layers, each containing a multi-head attention mechanism followed by a feed-forward network, both wrapped with residual connections and layer normalization (add and norm). The input embeddings are first passed into the encoder stack. The decoder mirrors the encoder's design but includes an additional masked multihead attention layer to ensure autoregressive property during training. The decoder receives the output embeddings and processes them through masked multihead attention, multihead attention with encoder outputs, and a feed-forward network, each with residual connections and normalization. Finally, the decoder's output is transformed through a linear layer followed by a softmax activation to generate the final predictions.

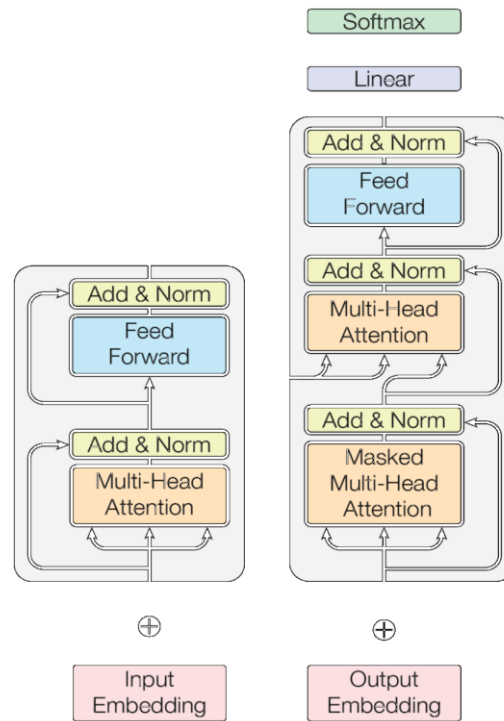


Figure 1. Transformer model architecture (Vaswani et al., 2017).

2.3.1.1 Encoder - Decoder stacks

Comparative neural networks, such as the Transformer model, have encoder and decoder structures. The encoder generates a hidden vector at each layer using the input sequence within the neural network structure. The encoder consists of $N = 6$ identical layers, each with two sub-layers. The first sub-layer is a multi-head self-attention mechanism, while the second sub-layer is a position-wise fully connected feedforward network. Residual connections are employed around the sub-layers, followed by layer normalization. This approach facilitates the training of deep networks and addresses the vanishing gradient problem. With residual connections, the input data is directly linked to the output data. Layer normalization ensures that activations are balanced across layers and reduces the risk of overfitting (Zhou et al., 2021).

The decoder stack receives the representation vectors from the encoder and generates the output sequence. It also consists of $N = 6$ identical layers. Unlike the encoder stack, the decoder includes a third sub-layer that implements multi-head attention on the encoder outputs. Additionally, the attention sub-layer in the decoder is designed to prevent and isolate attention to subsequent positions, ensuring that the model focuses only on previous positions. This mechanism is referred to as masking. Masking eliminates the influence of future positions, allowing the model to make predictions based solely on past data. This feature provides significant advantages in both time series and language models. Since the Transformer processes elements of the input sequence in parallel rather than sequentially, it uses positional encoding to represent each position and facilitate learning (Zhou et al., 2021).

2.3.1.2 Attention mechanisms

The attention function transforms a query vector and key-value pairs into an output vector. Each of these elements query, key, value, and output is a vector. The function calculates weights by determining the compatibility between the query and the key, aligning and weighting the query and key vectors accordingly.

Attention mechanisms are fundamental to the Transformer model. The attention function aligns a query with a key-value pair to generate an output. This output vector is computed as a weighted average of the value vectors, allowing the model to learn which value vectors are more significant and contribute more to the output, thereby facilitating information transfer (Mohammadi Farsani and Pazouki, 2020).

2.3.1.3 Positional encoding

In the Transformer model, since each token or input is processed in a nonsequential manner, its position within the sequence is represented using positional encoding, which allows the model to incorporate this positional information (Van den Burg and Williams, 2020).

3. Conclusion

Time series forecasting is a methodology used to predict future trends. Time series forecasting models, which are employed across various domains, often incorporate multiple external variables for prediction. In addition to traditional methods, performance evaluations are conducted using machine learning and deep learning models. Some of these methods, as discussed in this study, include the Prophet model and the Transformer model.

The Prophet model provides rapid, high-performance forecasts by capturing various effects such as seasonality, trends, holiday effects, weather conditions, and lag variables, and by incorporating external factors. The Transformer model leverages attention mechanisms to capture long-term temporal dependencies, facilitating learning. Integrating external variables into the Transformer model can yield highly accurate predictions. In conclusion, the Prophet and Transformer models offer advantages in speed and interpretability compared to traditional methods in time series forecasting. Transformer models provide detailed pattern recognition capabilities, which are beneficial for large datasets, compared to Prophet models.

This study aims to achieve high-accuracy performance, incorporating seasonal, trend, and tail variables obtained from the Prophet model into the Transformer model. This hybrid combination of the two models can significantly enhance time series forecasting performance. Here are the key benefits and outcomes of this integration:

1. The proposed integration helps to improve accuracy. The seasonal, trend, and holiday variables from the Prophet model provide rich contextual information that can help the Transformer model make more accurate predictions. This additional data allows the Transformer to better understand underlying patterns and anomalies in the time series data.
2. The Transformer model, known for its attention mechanisms, can effectively leverage the detailed patterns captured by the Prophet model. This synergy enables the Transformer to capture long-term dependencies and complex temporal relationships more efficiently. And this brings enhancement to the learning process.
3. By integrating the Prophet model's endogenous variables, the Transformer model can generalize better across different time series datasets, which means better generalization. This is because the Prophet model is excellent at capturing domain-specific effects like seasonality and holidays, which are crucial for making accurate predictions.

4. The additional variables from the Prophet model can help mitigate overfitting in the Transformer model. By providing more informative features, the model is less likely to rely on outlier in the data, leading to more robust predictions.

5. While the Transformer model is powerful, it can be computationally intensive. The Prophet model's ability to rapidly preprocess and capture essential time series components allows the Transformer model to focus on refining its predictions, thus improving both speed and interpretability.

6. The combination of the Prophet model's ability to handle various effects (seasonality, trends, holidays, lag variables, additional and multiplication variables) with the Transformer's capability to model complex temporal dependencies creates a comprehensive approach to time series forecasting. This holistic view can lead to superior performance compared to using either model independently.

In summary, a hybrid model will be achieved by combining the Prophet model and Transformer models. The Prophet model will be used to generate numerous endogenous and exogenous temporal, holiday, lagged, additive, and multiplicative variables for the dataset. The error associated with each variable will be assessed. Subsequently, these variables will be incorporated into Transformer models, which can effectively handle each variable using the attention mechanism and resolve complex dependencies. This approach aims to leverage the strengths of both models to enhance the overall forecasting performance.

Ethical Statement

The authors declare that this document does not require ethics committee approval or any special permission. Our study does not cause any harm to the environment and does not involve the use of animal or human subjects.

Acknowledgment

The authors thank Firat University for providing the necessary facilities and resources to conduct the research.

Conflict of Interest

The authors declare that this document has not conflict of interest.

Authors' Contributions

All authors contributed to the study conception and design. Material preparation, data collection and analysis were performed by Sibel Yılmaz (%40). The first draft of the manuscript was written by Seçil Yalaz (%40) and Sinan Çalık (%20), and all authors commented on previous versions of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

References

- Feng, T., Zheng, Z., Xu, J., Liu, M., Li, M., Jia, H., & Yu, X. (2022). The comparative analysis of SARIMA, Facebook Prophet, and LSTM for road traffic injury prediction in Northeast China. *Frontiers in Public Health*, 10, 946563. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.946563>
- Hasnain, A., Sheng, Y., Hashmi, M. Z., Bhatti, U. A., Hussain, A., Hameed, M., & Zha, Y. (2022). Time series analysis and forecasting of air pollutants based on prophet forecasting model in Jiangsu province, China. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 945628. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.945628>
- Huang, Y. T., Bai, Y. L., Yu, Q. H., Ding, L., & Ma, Y. J. (2022). Application of a hybrid model based on the Prophet model, ICEEMDAN and multi-model optimization error correction in metal price prediction. *Resources Policy*, 79, 102969. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102969>
- Jha, B. K., & Pande, S. (2021). Time series forecasting model for supermarket sales using FB-prophet. In *2021 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)* (pp. 547–554). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCMC51019.2021.9418205>
- Liu, W., Yu, X., Zhao, Q., Cheng, G., Hou, X., & He, S. (2023). Time series forecasting fusion network model based on prophet and improved LSTM. *Computational Materials Continuum*, 74(2), 3200–3219. <https://doi.org/10.32604/cmc.2023.030971>
- Mohammadi Farsani, R., & Pazouki, E. (2020). A transformer self-attention model for time series forecasting. *Journal of Electrical and Computer Engineering Innovations (JECEI)*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.22061/JECEI.2020.6672.348>
- Riyantoko, P. A., Fahrudin, T. M., Hindrayani, K. M., & Muhaimin, A. (2021). Water availability forecasting using univariate and multivariate Prophet time series model for ACEA (European Automobile Manufacturers Association). *International Journal of Data Science, Engineering, and Analytics*, 1(2), 43–54. <https://doi.org/10.53894/ijdsea.v1i2.19>
- Setianingrum, A. H., Anggraini, N., & Ikram, M. F. D. (2022). Prophet model performance analysis for Jakarta air quality forecasting. In *2022 10th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)* (pp. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CITSM55714.2022.9910907>
- Sun, S., Zhou, H., Ji, J., & Liu, S. (2022). Research on residual value prediction of new energy second-hand cars based on prophet multivariate time series model. In *International Conference on Computer, Artificial Intelligence, and Control Engineering (CAICE 2022)* (Vol. 12288, pp. 146–151). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2648570>
- Taylor, S. J., & Letham, B. (2018). Forecasting at scale. *The American Statistician*, 72(1), 37–45. <https://doi.org/10.1080/00031305.2017.1380080>
- URL1 (Advancing Analytics). (2021). *Facebook Prophet and the Stock Market (Part 2)*. <https://www.advancinganalytics.co.uk/blog/2021/7/26/facebook-prophet-and-the-stock-market-part-2>
- Van den Burg, G. J., & Williams, C. K. (2020). An evaluation of change point detection algorithms. *arXiv Preprint*, arXiv:2003.06222. <https://arxiv.org/abs/2003.06222>
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N. Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 5998–6008.
- Wu, S., Xiao, X., Ding, Q., Zhao, P., Wei, Y., & Huang, J. (2020). Adversarial sparse transformer for time series forecasting. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 17105–17115.
- Zhou, T., Pan, S., Wang, J., Vasilakos, A. V., & Liu, H. (2021). Edge intelligence: Paving the last mile of artificial intelligence with edge computing. *Proceedings of the IEEE*, 107(8), 1738–1762. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2958030>

Doğal Sermaye ve Ekosistem Hizmetleri: Kavramsal Temeller ve Mekânsal Modelleme Araçları ile Küresel ve Türkiye Uygulamaları

Deniz Başoğlu ACET

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Yer Sistem Bilimleri / Doktora Öğrencisi

denizbasoglu@gmail.com

Orcid No: 0000-0003-1918-1756

Gül Canan YAVUZ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Biyolojik Bilimler / Yüksek Lisans Öğrencisi

canan.yavuz@metu.edu.tr

Orcid No: 0009-0003-6521-3525

Kasırğa YILDIRAK

Hacettepe Üniversitesi, Aktüerya Bilimleri Bölümü / Prof. Dr.

kasirga@hacettepe.edu.tr

Orcid No: 0000-0002-0797-3505

Özet

Bu çalışma, doğal sermaye ve ekosistem hizmetlerinin kavramsal temelleri ile bu hizmetlerin mekânsal olarak modellenmesine olanak tanıyan araçları değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ekosistem hizmetlerinin hem fiziksel hem de parasal olarak değerlendirilmesi, sürdürülebilir kalkınma, çevresel planlama ve doğa temelli karar alma süreçleri açısından kritik önemdedir. Bu bağlamda, dünya genelinde yaygın olarak kullanılan ARIES, InVEST ve Co\$ting Nature araçları, teknik özellikleri, veri gereksinimleri, çıktıları ve kullanıcı profilleri açısından karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında, Türkiye’de bu araçların uygulanabilirliği, mevcut veri altyapısı ve politika belgeleriyle olan ilişkisi değerlendirilmiş; mevcut akademik çalışmalar, pilot projeler ve kurumsal girişimlere dair bir derleme sunulmuştur. Literatürdeki çalışmalar, ekosistem hizmetlerinin sayısallaştırılması, haritalandırılması ve doğal sermaye muhasebesine entegrasyonu açısından mekânsal modelleme araçlarının önemli bir potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır. Bu potansiyelin etkili şekilde kullanılabilmesi için veri altyapısının güçlendirilmesi, yasal çerçevelerin oluşturulması ve kurumsal kapasitenin artırılması gerektiği literatürde sıkça vurgulanmaktadır.

Anahtar sözcükler: Mekânsal Modelleme, InVEST, ARIES, Co\$ting Nature, Doğa Temelli Çözümler, Çevresel Muhasebe

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Deniz Başoğlu ACET, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Yer Sistem Bilimleri Bölümü.

Atıf / Citation: ACET D.B., YAVUZ G.C., YILDIRAK K. (2025). Doğal Sermaye ve Ekosistem Hizmetleri: Kavramsal Temeller ve Mekânsal Modelleme Araçları ile Küresel ve Türkiye Uygulamaları. *İstatistik Araştırma Dergisi*, 15 (1), 17-40.

Natural Capital and Ecosystem Services: Theoretical Foundations and the Global and Turkish Implementations of Spatial Modeling Tools

Abstract

This study aims to evaluate the conceptual foundations of natural capital and ecosystem services, as well as the tools that enable their spatial modeling. Valuing ecosystem services both physically and monetarily is critically important for sustainable development, environmental planning, and nature-based decision-making processes. In this context, three widely used global tools—ARIES, InVEST, and Co\$ting Nature—are comparatively analyzed in terms of their technical features, data requirements, outputs, and user profiles. Additionally, the implementation of these tools within the Turkish context is assessed by reviewing the current data infrastructure, policy documents, academic studies, pilot projects, and institutional initiatives. The findings reveal that spatial modeling tools offer strong potential for quantifying, mapping, and integrating ecosystem services into natural capital accounting. However, to fully realize this potential, it is essential to strengthen data infrastructure, establish legal frameworks, and enhance institutional capacity.

Keywords: Spatial Modeling, InVEST, ARIES, Co\$ting Nature, Nature-based Solutions, Environmental Accounting

1. Giriş

Doğa, insanların ekonomik ve sosyal gelişimi için vazgeçilmez bir kaynaktır. Bu gerçek doğayı bir sermaye olarak nitelendiren ana unsurdur. Doğal sermaye, ekosistemler ve doğal süreçler neticesinde kendini yenileyebilen değerler bütünü olarak nitelendirilebilir.

İnsan refahına doğrudan ya da dolaylı etkisi bulunan, iklim ve su döngüleri üzerindeki düzenleyici hizmetler, gıda üretimi ve kültürel değerlerin korunması gibi çok sayıda ekosistem hizmeti vardır. Bu hizmetleri tanımlamak ve bir değere dönüştürebilmek ‘ekosistem hizmetleri’ adı verilen bir kavramsal çerçeve oluşturulmuş, Binyıl Ekosistem Değerlendirmesi (Millenium Ecosystem Assessment) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) ile sistematik olarak küresel gündeme taşınmıştır. Ekosistem hizmetleri genel olarak dört temel sınıfa ayrılır: destekleyici, düzenleyici, tedarik edici ve kültürel hizmetler (TEEB, 2010). Ekosistem hizmetlerinin bu bağlamda değerlendirilmesi, insanın doğayla ilişkisini güçlendirme yolunda önemli bir adım olup, çevresel bozulmaların insan refahı üzerindeki ekonomik ve sosyal etkilerinin anlaşılmasına yardımcı olmuştur.

Bu çerçevede geliştirilen kavramlardan biri olan “doğal sermaye”, doğanın yalnızca insanlar tarafından korunması gereken bir varlık olmadığını, bununla birlikte ekonominin de işleyen bir parçası olduğunu ortaya koyan geniş kapsamlı bir yaklaşımdır (Guerry et al., 2015). Fakat veriye dayalı ölçümlerin eksikliği ve yeterli sayıda analitik aracın bulunmaması sebebiyle, doğal sermaye ile ekonomik sistemler arasında kurulması gereken bağlantı halen tam olarak kurulamamıştır (Obst, Hein & Edens, 2015).

Bu bağlantının kurulması adına 2021 yılında Birleşmiş Milletler, Çevre Ekonomi Muhasebesi Sistemi ve Ekosistem Hesaplarına (SEEA EA) dair belirli standartları yayınlamıştır. Bu kapsamda doğal varlıkların parasal ve fiziksel olarak standart bir şekilde muhasebeleştirilmesini sağlamıştır (United Nations, 2021). Bu yöntemle ülkeler, ekosistem durumlarını izleyebilir, çıktıları karar verme ve politika yapma süreçlerine entegre edebilir ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada izleyecekleri yollarda destek alabilir. Gayrisafi Yurtiçi Hasıla gibi

geleneksel ölçütlerin ötesine geçen SEEA EA çerçevesinin kullanımı, Doğanın İnsanlara Katkılarının (Nature's Contributions to People (NCPs) sistematik olarak izlenmesine olanak tanır. (IPBES, 2019).

Doğa Temelli Çözümler (Nature-based Solutions, NbS), IUCN (2020) tarafından, küresel toplumsal zorlukların doğaya dayalı ve iklim değişikliğiyle uyumlu araçlarla çözülmesi olarak tanımlanır. Kentlerde sel riskine karşı, betonarme su kanalları veya kanalizasyon sistemleri gibi geleneksel altyapılar yerine; ağaçlandırma, suyu doğal yollarla tutan gölcükler ve geçirgen yeşil alanlar gibi doğa temelli uygulamalar tercih edilebilir. UNEP'e (2021) göre, doğa temelli çözümler, iklim değişikliği, biyoçeşitlilik kaybı ve arazi kullanımı gibi birden fazla zorluğa eşzamanlı çözüm olabilmeye kapasiteleri sayesinde maliyet etkin stratejik yaklaşımlar olarak değerlendirilmektedir. Doğa temelli çözümlerin etkin bir biçimde planlanması, uygulanması ve takibinde, sağlam bir mekânsal ekosistem hizmetleri modelleme altyapısı, bu çözümlerin diğer ekosistem hizmetleriyle etkileşimlerinin doğru yorumlanmasını ve geleneksel yöntemlerle parasal ve ekolojik çıktılarının tutarlı biçimde karşılaştırılmasını mümkün kılar.

Ekosistem hizmetinin üretildiği alanlar -yani insanlara fayda sağlayan doğal süreçlerin gerçekleştiği yerler- ile bu hizmetlerden faydalanan nüfusun ve örneğin, iklim düzenleme ve karbon tutma gibi hizmetlerin ilişkisi mekânsal modelleme araçlarıyla haritalanabilir. Bu sayede, hem ekosistem hizmetlerinin mekânsal dağılımı görselleştirilebilir hem de parasal değerinin belirlenmesi ve farklı senaryolar altında hizmet miktarının değişiminin fiziksel ve ekonomik etkilerinin değerlendirilmesi mümkün olur. Böylece karar vericilere ve politika yapıcılara hem görsel hem de sayısal destek sağlanır (Villa et al., 2014). Bu makalede karşılaştırmalı olarak değerlendirilen ARIES, Co\$ting Nature ve InVEST araçları, literatürde en yaygın kullanılan araçlardır (Bagstad et al., 2013; Sharp et al., 2020; Villa et al., 2021). ARIES, semantik ağ yapısı ve yapay zekâ desteğini kullanarak karar destek sistemlerini otomatikleştirir, InVEST çok çeşitli ekosistem hizmetlerinin, tek tek ya da katmanlar halinde, detaylı olarak analiz edilmesini, senaryolar üzerinden gelecek projeksiyonları ile karar vericilere yol gösterilmesini sağlar. Diğer yandan Co\$ting Nature, hızlı işlem kapasitesi ve düşük veri gereksinimiyle, özellikle öncelikli koruma alanlarının planlanması ve doğal sermaye risk analizlerinde kullanılabilir.

Türkiye'de bahsi geçen araçların, değerlendirilmesi ve kullanımlarının yaygınlaştırılması hem ekosistem hizmetleri hem de doğal sermaye muhasebesi için büyük önem taşımaktadır. IPBES tarafından yayınlanan 2019 Küresel Değerlendirme Raporu'nun da sunulan, bir milyon türün yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğu belirtilmiştir. Bu yüzdendoğanın sosyal ve ekonomik sistemlere entegre edilmesi göz ardı edilemeyecek bir gereklilik haline gelmiştir. Türkiye, 12. Kalkınma Planı'nda (2024-2028) ekosistem hizmetlerinin ve biyolojik çeşitliliğin izlenmesini stratejik hedefler arasında tanımlamıştır. Ancak bu hedeflerin nasıl gerçekleştirileceğine dair teknik araçlar ve yöntemler henüz netleştirilmemiştir (SBB, 2023). Avrupa'nın en fazla biyolojik çeşitliliğe sahip ülkelerinden biri olan Türkiye'de, halen ulusal ölçekte geliştirilmiş, SEEA EA uyumlu bir ekosistem/doğal sermaye muhasebesi sistemi bulunmamaktadır. (Başak, et al., 2022). Bununla birlikte, 2022- 2024 yılları arasında Türkiye İstatistik Kurumu, Orman Genel Müdürlüğü ve Dünya Bankası iş birliğiyle yürütülen 'Doğal Sermaye Hesapları Projesi', sınıflandırılmış bir şekilde ekosistem/doğal sermaye muhasebesine dair çalışmalar Türkiye'de artmıştır. Bu çalışma, uygulanabilir, açık kaynaklı ve farklı kullanıcı profillerine uygun araçları karşılaştırmalı olarak inceleyerek hem politika yapıcılar hem de uygulayıcılar için önemli bir bilgi kaynağı sağlayacaktır.

Bu çalışmada, akademik yayınlar, ilgili proje dokümanları ve kılavuzlar incelenmiş, detaylı literatür taraması yöntemi kullanılarak, mekânsal ekosistem hizmetleri modelleme araçları (ARIES, InVEST, ve Co\$ting Nature) karşılaştırmaya dayalı olarak değerlendirilmiştir. İkinci kısımda, mekânsal modelleme, ekosistem hizmetleri ve doğal sermaye muhasebesi ve mekânsal modelleme araçlarının karar destek süreçlerinde ve planlamalarda sağlayabileceği destekler açıklanmıştır. Üçüncü kısımda, bahsedilen üç farklı aracın teknik olarak incelenmesi, veri gereksinimleri, bu araçları kullanarak alınabilecek çıktılar ve kullanıcı profillerine yönelik detaylı incelemeler bulunmaktadır. Dördüncü kısımda ise, Türkiye'de ekosistem hizmetleri, doğal sermaye hesabı ve mekânsal modelleme araçlarının kullanımına dair bir derleme ile, mekânsal ekosistem hizmetlerinin modellenmesi ve doğal sermaye muhasebesi yaklaşımlarının yaygınlaşması adına Türkiye için politika önerilerine yer almaktadır.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1 Ekosistem Hizmetleri Sınıflandırması ve Değerlemesi

Doğal varlıklardan türeyen ekosistem hizmetleri, insan hayatına ekolojik, toplumsal ve parasal olarak somut faydalar sağlar. Bu hizmet akışına dayanarak, IPBES literatüre "Doğanın insanlara katkıları" kavramını kazandırmış ve bu katkıların sürdürülebilirlik ile kalkınma açısından bütüncül bir bakışla ele alınmasının önemini vurgulamıştır. Millennium Ecosystem Assessment (2005) raporuna göre bu katkılar dört ana başlıkta toplanır: tedarik hizmetleri (gıda, su, odun vb.), düzenleyici hizmetler (iklim düzenleme, erozyon kontrolü vb.), destekleyici hizmetler (besin döngüsü, toprak oluşumu vb.) ve kültürel hizmetler (rekreasyon, estetik değerler vb.). Bu

sınıflandırmanın yapılması ekosistem hizmetlerinin görünürlüğünü bir nebze artırsa da bu hizmetler uzun süre piyasa sistemine dahil edilmemiş, bu nedenle karar verme süreçlerinde göz ardı edilmiştir. Costanza et al., (1997) tarafından yapılan bir çalışmada, ekosistem hizmetlerinin yıllık küresel değerinin 33 trilyon USD olduğu tahmin edilmiştir ve bu değer, ekosistem hizmetlerinin önemine dair ilginin artmasına yol açmıştır. Bu ilgi sayesinde ekosistem hizmetlerinin fiziksel ve parasal değerlemesine yönelik yöntemler geliştirilmiş, böylece karar vericiler için yeni karar-destek araçları ortaya çıkarılmıştır (Uluç, 2020). Ekosistem hizmetlerinin büyüklüğü hesaplanıp, mekânsal olarak haritalandırılırken faydalanıcılar da belirlenmeli, bu süreçleri de kapsayacak şekilde parasal değerlendirilmesi yapılmalıdır. Ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesinde "ekosistem hizmet döngüsü modeli" ya da "değer akışı modeli" gibi kuramsal yaklaşımlar kullanılır (Haines-Young & Potschin, 2010). Bu modeller, ekosistem bileşenleri ile insanlar arasındaki ilişkiyi kavramsal bir çerçeveye taşır. Değerleme süreci sadece parasal değil, aynı zamanda sosyal, kültürel ve fiziksel göstergeleri de içermelidir (Ruckelshaus et al., 2015). Ekonomik açıdan ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi sürdürülebilir kalkınma açısından kritik önemdedir (Costanza et al., 1997; TEEB, 2010). Fayda transferi (benzer bir alandan ekosistem değerinin aktarılması), maliyet bazlı yöntemler (harcama ya da yatırım-maliyet temelli değerlendirme) ve tercih beyanı (beyana dayalı değerlendirme) gibi teknikler, öne çıkan değerlendirme yöntemleri olarak listelenebilir.

Doğal sermaye ve ekosistem hizmetlerinin piyasa fiyatları üzerinden değerlendirilmesi, çoğu zaman bu hizmetlerin gerçek değerlerini yansıtmada yetersiz kalmaktadır. Piyasa fiyatları genellikle hizmetin arz-talep dengesiyle belirlenir; bu nedenle arzın yüksek, talebin ise düşük olduğu durumlarda ekosistem hizmetlerinin fiyatları düşük olabilir. Buna karşın, piyasa fiyatı düşük olan bir hizmetin ekolojik sürdürülebilirlik, biyoçeşitlilik koruma veya toplumsal fayda açısından değeri, gerçekte oldukça yüksek olabilir. Örneğin, temiz suyun ya da bazı bitki türlerinin bol olduğu bir bölgede, piyasa fiyatları düşük olabilir, ancak bu kaynakların uzun vadeli korunması veya ekolojik işlevlerin sürdürülmesi açısından önemi yüksektir. Bu durumda piyasa fiyatlandırması, hizmetin gerçek değerini sistematik olarak eksik ölçerek, doğal sermayenin aşırı tüketimine ya da sürdürülebilir olmayan kullanımlarına yol açabilir. Dolayısıyla, ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesinde piyasa fiyatı tek başına yeterli olmayıp, ekonomik değeri çevresel ve sosyal değerlerle bütünleştiren daha kapsamlı değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2 Doğal Sermaye ve Muhasebesi

Birleşik Krallık Doğal Sermaye Komitesi, doğal sermayeyi "ekosistem, türler, tatlı su, toprak, mineraller, hava ve okyanuslar ile bunların işleyen doğal süreç ve işlevlerinin, insanlara doğrudan veya dolaylı değer üreten unsurları" olarak tanımlar (Agarwala et al., 2014). Doğal sermaye, üretilmiş, beşerî, sosyal ve finansal sermaye ile toplumun refahına katkı sağlayan beş temel sermaye türünden biridir (Guerry et al., 2015). Doğal sermaye muhasebesi (natural capital accounting), ülkelerin sahip oldukları çevresel varlıkları ve ekosistem hizmetlerini fiziksel ve parasal göstergelerle izleyip bunları kalkınma planlarına entegre etmeyi amaçlar. Bu bağlamda, Birleşmiş Milletler İstatistik Komisyonu öncülüğünde geliştirilen SEEA EA (System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting), ekosistem muhasebesi için uluslararası standart haline getirilmiştir (United Nations, 2021). SEEA EA sistemi kapsamında, ekosistem varlıkları; arazi kapsamı, durum göstergeleri, hizmet akışları ve parasal değerleri ile raporlanır. Bu yaklaşım, ekosistemlerin ekonomik katkılarını ve olası tahribatlarının maliyetini görünür kılmak için güçlü bir araçtır. Parasal değerlemeler, piyasa değerleri veya piyasa temelli yöntemlerle yapılırken, biyolojik çeşitlilik gibi parasal olarak değerlendirilmeyen varlıklar için fiziksel göstergeler kullanılır. SEEA EA'nin pilot uygulamaları Dünya Bankası ve diğer kurumların desteğiyle farklı ülkelerde test edilmiş, 2021'de standart haline gelmiştir. ARIES aracı, SEEA EA'nin uygulanmasını kolaylaştırmak için geliştirilmiş yapay zekâ tabanlı bir teknolojidir. Kullanıcıların veri kısıtlarına rağmen ekosistem hesaplamaları yapmalarına olanak tanır ve kısa sürede SEEA EA çerçevesinde çıktı üretir (Villa et al., 2021).

2.3 Uluslararası Girişimler ve Uygulayıcı Kurumlar

TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity), doğal sermaye ve ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerinin görünür hale getirilmesini hedefleyen küresel bir girişimdir. "Doğanın ekonomisini ana akıma yerleştirmek" sloganıyla politika yapıcılar ve uygulayıcılar arasında köprü kurmayı amaçlar (TEEB, 2010). TEEB'in sentez raporları, ülkelerin sahip olduğu ekosistem hizmetlerinin korunması için bütçe ve politika planlamalarına katkı sağlamıştır.

IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), 2012 yılında Birleşmiş Milletlerin çeşitli organlarının desteğiyle kurulmuş, hükümetler arası bir bilim-politika platformudur. IPBES ayrıca "Doğanın İnsanlara Katkısı (NCP)" kavramını literatüre kazandırarak kültürel ve yerel değerlerin de dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir. Natural Capital Project, Stanford Üniversitesi, Minnesota Üniversitesi,

The Nature Conservancy ve WWF bir araya gelmesiyle kurulmuş uygulayıcı bir platformdur. Geliştirdikleri InVEST aracı ile karar destek mekanizmalarına bilimsel verilere dayanan çıktılar sağlamayı hedeflemektedir. (Ruckelshaus et al., 2015; Daily et al., 2009). Belize ve Çin gibi ülkelerde yapılan uygulamalar aracılığıyla, mekânsal modelleme çıktıları yerel ve ulusal politikaların geliştirilmesine katkı sağlamıştır. Tüm bu uluslararası girişimler, bilgi üretimi, karar desteği ve uygulayıcı araçların geliştirilmesi yönünde birbirini tamamlayan roller üstlenmektedir.

Özet olarak, muhasebe standartları geliştirici (SEEA EA), bilgi sağlayıcı (IPBES, TEEB) ve uygulayıcı kurumların (Natural Capital Project) birlikte çalışmasıyla, doğal sermayenin korunmasında ve sürdürülebilirliği konusunda uluslararası düzeyde girişimler gerçekleştirilebilir. Fakat bu hedeflere ulaşabilmek için çok sayıda bilimsel veri setine ve ileri düzey modelleme araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Mekânsal modelleme araçlarının kullanımı ise tam olarak bu noktada kritik bir önem taşır. Makalenin ilerleyen kısımlarında bu alanlara yönelik yaygın kullanım kazanan üç temel mekânsal modelleme aracı (ARIES, InVEST, Co\$ting Nature) tanıtılacak ve değerlendirilecektir.

3. Mekânsal Ekosistem Hizmet Modelleme Araçları

Mekânsal ekosistem hizmetleri modellemesi, ekosistem hizmetlerini uzamsal dağılımı ve miktarı bakımından belirlemeye yardımcı mekânsal modelleme araçları kullanılarak gerçekleştirilebilir. Mekânsal modelleme araçlarında, genellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı verilerin üzerine, çeşitli kaynaklardan elde edilen çevresel ve biyolojik veriler katman olarak işlenir. Bu araçlarda bulunan ekolojik süreç modelleri, istatistiki yaklaşımlar, yapay zekâ yöntemleri ve ekonomik değerlemeye dair modüller ile, ekosistem işleyişi simüle edilir. Bu sayede, ekosistem hizmetlerinin dağılımı ve büyüklüğü analiz edilebilir, haritalandırma yoluyla ekosistem hizmet akışının yönü ve miktarı belirlenebilir, hizmet sağlayan-hizmetten faydalanan alanlar tespit edilebilir ve bu akışa dair değerlendirilebilir. Bu araçlar doğa ile insan etkileşimini coğrafi olarak görünür hale getirdiği için, planlama ve karar verme süreçlerine de doğrudan bilgi sağlar, bilim ve politika arayüzünün güçlenmesi ve bilimsel olarak tespit edilenin, politikalara yansımaya yardımcı olur. Bu mekânsal modeller ile belirli bir bölge için mevcut durum analizi yapılabileceği gibi, çeşitli senaryo analizleri de gerçekleştirilebilir.

Bu çalışmada, **literatür taramasına dayalı karşılaştırmalı bir değerlendirme yöntemi** kullanılarak, dünya genelinde ekosistem hizmetlerini haritalamak ve senaryo analizleri yapmak için sıkça kullanılan üç mekânsal modelleme aracı (*ARIES*, *InVEST* ve *Co\$ting Nature*); araçların genel yaklaşımı, teknik özellikleri, veri gereksinimleri, çıktıları, kullanıcı profilleri ve avantaj ile dezavantajları bakımından detaylı olarak analiz edilmiştir.

Aşağıda yer alan tabloda (Tablo 1), mekânsal modelleme araçlarının ekosistem hizmetlerinin türüne yönelik sağladığı teknik destekler, modeller ve araçlarla ilişkilendirilmiştir. Tabloda, çeşitli ekosistem hizmetlerini değerlendirmede dört farklı mekânsal modelleme aracının (InVEST, ARIES, Co\$ting Nature ve WaterWorld) nitelikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir. InVEST ve ARIES, tedarik, düzenleme ve kültürel hizmetler açısından en geniş kapsamlı araçlar olarak öne çıkarken, Co\$ting Nature düzenleme ve kültürel hizmetlere yoğunlaşmaktadır. WaterWorld, tatlı su düzenlemesi ve iklim yönetimi gibi daha çok su ile ilişkili hizmetlere odaklanmaktadır. Mekansal modelleme araçlarının sunduğu hizmetlerin teknik analizleri makalenin devamında karşılaştırmalı olarak incelenecektir.

Tablo 1. Ekosistem Hizmetleri ve Mekânsal Modelleme Araçlarının İlişkilendirilmesi

Kategori	Ekosistem Hizmeti	InVEST (Modüler mekânsal analiz; Sharp et al., 2020)	ARIES (Yapay zekâ destekli hizmet modelleme; Villa et al., 2014)	Co\$ting Nature (Politika destek modeli; Mulligan & van Soesbergen, 2017)	WaterWorld (Hidrolojik modelleme ve su yönetimi; Mulligan, 2013)
Temin Edici	Gıda temini	✓	✓	✓	✗
	Su temini	✓	✓	✓	✓
	Odun ve yakıt temini	✓	✓	✓	✗
Düzenleyici	Tatlı su düzenlemesi	✓	✓	✓	✓
	İklim düzenleme	✓	✓	✓	✗
	Taşkın kontrolü	✓	✓	✓	✓
	Erozyon kontrolü	✓	✓	✓	✓
	Su arıtımı	✓	✓	✓	✓
	Tozlaşma	✓	✓	✓	✗
Kültürel	Kültürel miras ve rekreasyon	✓	✓	✓	✗
	Estetik değerler	✓	✓	✓	✗
	Spiritüel ve dini değerler	✗	✓	✗	✗
Destekleyici	Birincil üretim desteği	✓	✓	✓	✓
	Besin döngüsü	✓	✓	✓	✓
	Yaşam alanı ve biyolojik çeşitlilik	✓	✓	✓	✗

3.1 ARIES (Artificial Intelligence for Ecosystem Services)

ARIES (Artificial Intelligence for Ecosystem Services)- *Ekosistem Hizmetleri için Yapay Zekâ*, karmaşık ekosistem hizmetlerini, yapay zeka ve semantik ağ teknolojilerini entegre ederek coğrafi ve sosyo-ekonomik bağlamlarda modellemek için geliştirilmiş bir mekânsal modelleme aracıdır (Bagstad et al., 2011; Villa et al., 2014). Dünyadaki ekosistemlerin çeşitliliğini en iyi şekilde temsil etmek adına ARIES ile, seçilen bölgeye dair veriler, küresel veri tabanından ve modeller arasında temsil gücü en yüksek kombinasyon tespit edilerek analiz edilir (Villa et al., 2014). Araç, ekosistem hizmetlerini, kaynak – akış – kullanıcı şeklinde bileşenlere ayırır ve ontolojik olarak tanımlanmış pek çok ekosistem modeli ve veri setini Bayesçi ağlar ve olasılıksal yaklaşımlarla inceleyip, varsa modeldeki belirsizlikleri de bu sayede modele dahil eder (Bagstad et al., 2011; Villa et al., 2014). Bu sayede, hedef bölgeye dair verinin kısıtlı olduğu durumlarda, veri gereksinimi esnek bir şekilde karşılanabilir.

ARIES aracı ile, ekosistem hizmetlerinin kaynak-akış-maliyet ilişkileri de modellenebilir. Buna göre, ekosistem hizmeti kaynak, hizmetten fayda sağlayan faydalanıcı ve bu iki grubu birbirine bağlayan akışı modeller. Örneğin, taşkın kontrolü hizmetinde yıllık yağışı kaynak, aşağı havzada yaşayan insanları faydalanıcı ve su tutma kapasitesi olan gölcükleri de taşkın kontrolü ekosistem hizmetinin bir taşıyıcısı olarak tanımlar. Bunlar üzerinden haritalar üretip, hizmetin fiziksel büyüklüğünü hesaplar (akış). Eğer istenirse, bu akışın büyüklüğü para birimi cinsinden de hesaplanabilir.

ARIES platformu ilk yıllarında araştırma amaçlı kullanılsa da zaman içerisinde arayüzü güncellenmiş, kullanıcı dostu hale getirilmiştir. 2021 yılında Birleşmiş Milletler ile iş birliği içerisinde hazırlanan **ARIES for SEEA Explorer** arayüzü, mevcut altyapı kullanılarak, mekânsal ve zamansal ölçekte ekosistem hizmetlerine dair temel göstergeler aracılığıyla ekosistem hizmetlerinin hızlı değerlendirilmesine imkân tanıyan web tabanlı ve açık erişimli bir karar destek aracına dönüşmüştür. Bu platformda SEEA Ekosistem Muhasebesi standartlarına uygun çıktılar üretilmekte ve kullanıcının herhangi bir yazılım kurulumu yapmadan, ulusal ve bölgesel düzeyde hızlı analizler yapması sağlanmaktadır. Bununla birlikte, daha küçük ölçekli (ör., kentsel yeşil alanlar veya göl havzaları gibi) ve yüksek detaylı analizler için ARIES programı k.LAB platformu üzerinden k.Model editörü (ARIES'in gelişmiş bir modülü) bilgisayara indirilerek, kullanıcıların özel modelleri tanımlamasına ve yerel verilerin analizine olanak sağlar. Özet olarak, ARIES for SEEA Explorer arayüzü, ulusal ve bölgesel ölçekte doğal sermaye muhasebesi için temel verilere ve analizlere hızlıca erişilmesini sağlarken, ARIES'in gelişmiş modülleri aracılığıyla, kullanıcının analiz sürecine müdahil olduğu daha detaylı analizler gerçekleştirilebilir (Bagstad S.; Adamo G.; et al., 2025).

3.2 InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs)

InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) – *Entegre Ekosistem Hizmetleri Değerlemesi ve Takas Analizleri*, Stanford Üniversitesi tarafından, 2007 yılında Doğal Sermaye Projesi (Natural Capital Project) kapsamında geliştirilmiş açık kaynaklı bir modelleme yazılım paketidir. 18'den fazla bağımsız modelden oluşan InVEST, çeşitli ekosistemlerde (ör. kara, tatlısu ve deniz) ekosistem hizmetlerini modelleyecek modüller bir yapıya sahiptir (Nelson et al., 2009; Natural Capital Project, 2023; Ruckelshaus et al., 2015). Bu modeller, ekolojik üretim ve simülasyon modellerine dayalı karbon tutma kapasitesi, su verimliliği ve kalitesi gibi ekolojik sorulara cevap arayan modellerden, turizm ve rekreasyon gibi daha sosyolojik sorulara cevap arayan modellere kadar çeşitlidir. Modeller, tek başlarına çalıştırılabilecekleri gibi, üst üste çalıştırılarak, multi-fonksiyonel sorulara da cevap aranabilir.

Tüm modeller açısından en temel veri, güncel bir arazi kullanımı/razi örtüsü haritasıdır (Natural Capital Project, 2023). Bunun yanı sıra, araştırmanın konusu ve modelin temel veri ihtiyaçlarına bağlı olarak, çeşitli haritalar ya da bazı parametre tabloları modelin en iyi şekilde çalışması için araca yüklenmelidir. Sağlanan verilerin çözünürlüğüne bağlı olarak modeller, farklı ölçeklerde çalışabilir (küresel-bölgesel-yerel). Örneğin, sağlanan verinin 30 m veya daha yüksek çözünürlüklü olduğu bir çalışmada, çalışmanın hedefi yerel iken, 300 m veya daha düşük çözünürlüklü veri setleri ile, daha genel sonuçlar üretilebilir (Natural Capital Project, 2023).

InVEST ile ekolojik ve ekonomik hedefleri dengelemek adına, çok çeşitli senaryolar (ör. farklı arazi kullanımlarına dair yönetim senaryoları) derinlemesine karşılaştırılabilir. Senaryolara dair veriler, kullanıcı tarafından programa yüklenerek, araca gömülü modeller aracılığıyla değerlendirilir ve bu senaryolara dair ekosistem hizmetleri haritalandırılarak, karşılaştırılır. Örneğin, bir bölgede orman alanlarının yok edilmesi ve bu bölgede tarım faaliyetlerinin artırılması gibi senaryolarda; arazi kullanımı, karbon tutma kapasitesi ve su kalitesi üzerindeki etkilerin analizi haritalar üzerinden sayısal olarak gösterilebilir. Böylece, takas analizi (trade-off analysis) metodu ile, en uygun planlama ve yönetim senaryoları tespit edilebilir. Bunun yanı sıra, bazı modeller aracılığıyla kullanıcının talebi ve verilerin varlığı durumunda parasal değerlemeler de yapılabilir. Örneğin, InVEST aracının

karbon tutma modülüne ek bir veri olarak güncel karbon fiyatı eklendiğinde, hedef bölge için toplam karbon tutma değeri belirlenen para birimi cinsinden hesaplanabilir. Ancak unutulmamalıdır ki InVEST modelleri öncelikle ekosistem hizmetlerinin büyüklüklerine odaklanır ve bu bağlamıyla parasal olmayan bir değerlendirme hesabı sunar, parasal değerlendirme kullanıcının tercihi ve modele sunulan veri ile mümkündür.

Açık kaynak kodlu bir yazılım olması, kapsamlı bir kullanıcı kılavuzu bulunması, açık kaynaklardan erişilebilen eğitim programlarının bulunması ve modeller ve araştırma sorularının tartışıldığı bir çevrimiçi topluluk forumunun bulunması, InVEST yazılımının hem akademik literatürde hem de karar vericiler düzeyinde ekosistem hizmetleri değerlendirme ve haritalandırma çalışmalarında yaygın olarak kullanılmasını ve tanınmasını sağlamıştır. Nitekim, yalnızca 2023 yılında InVEST kullanılarak 350’den fazla küresel, bölgesel ve yerel ekosistem hizmetlerinin değerlendiren bilimsel makale yayınlanmıştır (Ruckelshaus et al., 2015); Willcock et al., 2020). InVEST aracının çıktıları araştırmacılar, karar vericiler ve diğer paydaşlar tarafından kolaylıkla anlaşılır olması dolayısıyla, araştırmalarda, uygulamada ve politika geliştirmede önemli bir kaynak olmuştur.

3.3 Co\$ting Nature

Co\$ting Nature, 2010 yılında King’s College tarafından doğal sermaye ve seçilen bölgeye dair ekosistem hizmetlerinin ön değerlendirmesi için geliştirilmiş, web tabanlı çalışan bir karar/politika destek aracıdır (Mulligan, 2010). Bu araç ile doğrudan bir parasal değerlemeden ziyade, ekosistemlerin insanlara sağladığı faydaların önemi ve büyüklüğüne göre önceliklendirilmesi sağlanır. Örneğin, bu araç ile, seçilen bir bölgenin karbon tutma, taşkın kontrolü, turizm ve biyoçeşitlilik değerleri gibi hizmetlerin mevcut durumu haritalandırılır ve faydalancılar vet ekosistemlerdeki tehdit unsurları modele entegre edilerek, analiz edilir. Bunun sonucunda, seçilen bölgeye dair yönetim planlarına temel bir veri oluşturulur (Mulligan ve van Soesbergen, 2017).

Bu aracın ayırt edici özelliği herhangi bir veri setine ihtiyaç duyulmadan, kullanıcının küresel ölçekte hazır veri setlerinden faydalanarak; dünya genelinde en yüksek 1 km çözünürlükte (bazı bölgelerde ise 1 hektara kadar çözünürlükte) veri setlerini kullanıp, ön tanımlı ekosistem hizmetleri modelleri aracılığıyla hızlı bir çalışma gerçekleştirebilir olmasıdır. Böylelikle, verinin olmadığı ve uzmanlığın kısıtlı olduğu durumlarda, kullanıcı adına kullanım kolaylığı sağlar.

Basitleştirilmiş ve kurala dayalı model yapısıyla Co\$ting Nature, çeşitli hizmetler için indeks ve sınıflandırma yöntemleri kullanır (ör., önceliklendirme indeksi). Bu sayede, istenilen ölçekte her bir pikselin, bir diğerine kıyasla barındırdığı ekosistem değerini ya da ekosistemin karşılaştığı tehditleri ortaya koyar (ör. bilimsel bir önceliklendirme haritası). Bu sonuçlar, kullanımı ve değerlendirmesi kolay olan sonuçlardır. Öte yandan, kullanıcı talebi doğrultusunda yerel verilerin de araca yüklenmesiyle, daha detaylı analizler gerçekleştirilebilir ve modeller yerelleştirilebilir.

Co\$ting Nature gibi King’s College tarafından, bu araca ek olarak geliştirilen WaterWorld, su kaynakları yönetimi ve iklim değişikliği gibi zorluklara bağlı etkilerin su kaynaklarının varlığı ve kalitesi üzerindeki etkisinin analizi için özelleştirilmiştir. WaterWorld, gerek küresel veri setlerine ulaşarak gerekse kullanıcıların kendi verilerine modele entegre etmesiyle çalışabilir. Yine, Eco-Actuary modeli de doğa temelli çözüm stratejilerinin yaratacağı risk azaltımını, sigorta ve yatırım karar süreçlerinin değerlendirilmesi için özelleştirilmiştir. Water World modeline benzer şekilde hem küresel veri setleriyle hem de kullanıcı veri setlerinin entegrasyonu ile işlem yapabilir.

Co\$ting Nature, küresel ölçekte, karar vericiler, kurumlar, sivil toplum kuruluşları ve akademi tarafından, özellikle ekosistem hizmetlerinin envanterinin çıkarılması (ör., Neugarten et al., 2016), öncelikli koruma alanlarının belirlenmesi (ör., Choi H.; Lee D. K., 2018), arazi kullanımı değişimi gibi senaryolarının karşılaştırılması ve biyolojik çeşitlilik sıcak noktalarının belirlenmesi (ör., Hemati M.; Khorasani N., 2020) ve ekosistem hizmetlerinin parasal olarak değerlendirilmesi (ör., Aziz & Van Cappellen, 2019) gibi alanlarda hızlı bir karar destek aracı/politika aracı olarak kullanılmaktadır.

3.4 Araçların Çalışma Akışları

ARIES Modelleme Süreci

1. **Hizmet ve Model Seçimi:** Kullanıcı, değerlendirmek istediği coğrafi bölgeyi belirler ve modellemek istediği ekosistem hizmetlerini seçer. Daha sonra, ARIES, yapay zekâ desteğiyle birlikte değerlendirilen alanın çevresel ve sosyoekonomik durumunu göz önünde bulundurarak, analiz için en uygun alt modelleri otomatik olarak seçer. Çeşitli mekânsal bağlamlarda uygulanabilen bu yaklaşım kullanıcılarına her bir

hizmet için kaynak, akış ve yararlanıcı bileşenlerini ayrı ayrı modelleme imkânı sunar. (Villa et al., 2014; ARIES Consortium, n.d.)

2. **Verilerin Hazırlanması:** Kullanıcının değerlendirmek istediği bölgeye dair yerel verilerin bulunması durumunda bu veriler araca yüklenir. Bu veriler, arazi örtüsü, dijital yükseklik modeli gibi ekosistemlerin fiziksel durumuna dair olabileceği gibi, sosyal ve ekonomik durumlara dair veriler de olabilir. Yerel verilerin bulunmadığı durumda ARIES aracı, küresel açık veri setlerinden, seçilen bölgeye en uygun verileri seçer. Dolayısıyla ARIES aracı, veri gereksinimi konusunda kullanıcıya esneklik sağlar (Martínez-López et al., 2019).
3. **Model Parametrelerinin Tanımlanması:** Anlamsal ağ yapısı sayesinde ARIES sürekli kendi modellerini yapılandırır. Örneğin karbon ile ilgili hizmetler hesaplanırken biyokütle yoğunluğunu veya su ile ilgili hizmetler hesaplanırken akış rotalarını otomatik olarak kendisi tanımlar. Tüm bu parametrelerin belirsizliği hesaplanırken ARIES, Bayesçi olasılıksal ağlar kullanır. Kullanıcının tercihi üzerine farklı senaryolar yürütüldüğünde kullanıcı alternatif veri setleri tanımlayıp analizi gerçekleştirebilir (Villa et al., 2014).
4. **Modelin Çalıştırılması:** Modelin çalıştırılması ile, ekosistem hizmetine dair kaynaklar, akış ve yararlanıcılar, iç ilişkileriyle beraber mekânsal olarak simüle edilir. Örneğin, havzanın altında bulunan yerleşim yerindeki insanlar hizmetin yararlanıcısı, yerleşim yerine yakın orman su tutma hizmeti nedeniyle kaynak, havza ise suyu filtreleme hizmeti nedeniyle akış bileşeni olarak tanımlanır. Hizmetin ortaya çıktığı yer ile yararlanıldığı yerin modellenmesi mekânsal bir bağlamda incelenmiş olur. Bununla birlikte, ekosistem olarak hizmet akışındaki mekânsal eşitsizlikler de ARIES ile modellenebilir (Martínez-López et al., 2019; ARIES Consortium, n.d.).
5. **Çıktıların Üretilmesi ve Karar Desteği:** Ekosistem hizmetlerinin kaynak ve akış yollarının haritaları, yararlanıcılara dair haritalar, fiziksel durumu ve değişimleri gösteren tablolar ile parasal değerlendirme tabloları, ARIES aracının çıktıları arasındadır. Ek olarak ulusal ekosistem muhasebesine dahil edilecek, SEEA EA standardına uygun tablolar da oluşturulabilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarının da yardımıyla, bölgelerin kritik ekosistem hizmetleri belirlenebilir ve böylelikle koruma önceliği haritaları üretilebilir. Bu yönüyle ARIES, bir mekânsal karar destek aracı olarak kullanılabilir (Martínez-López et al., 2019; ARIES Consortium, n.d.).

InVEST

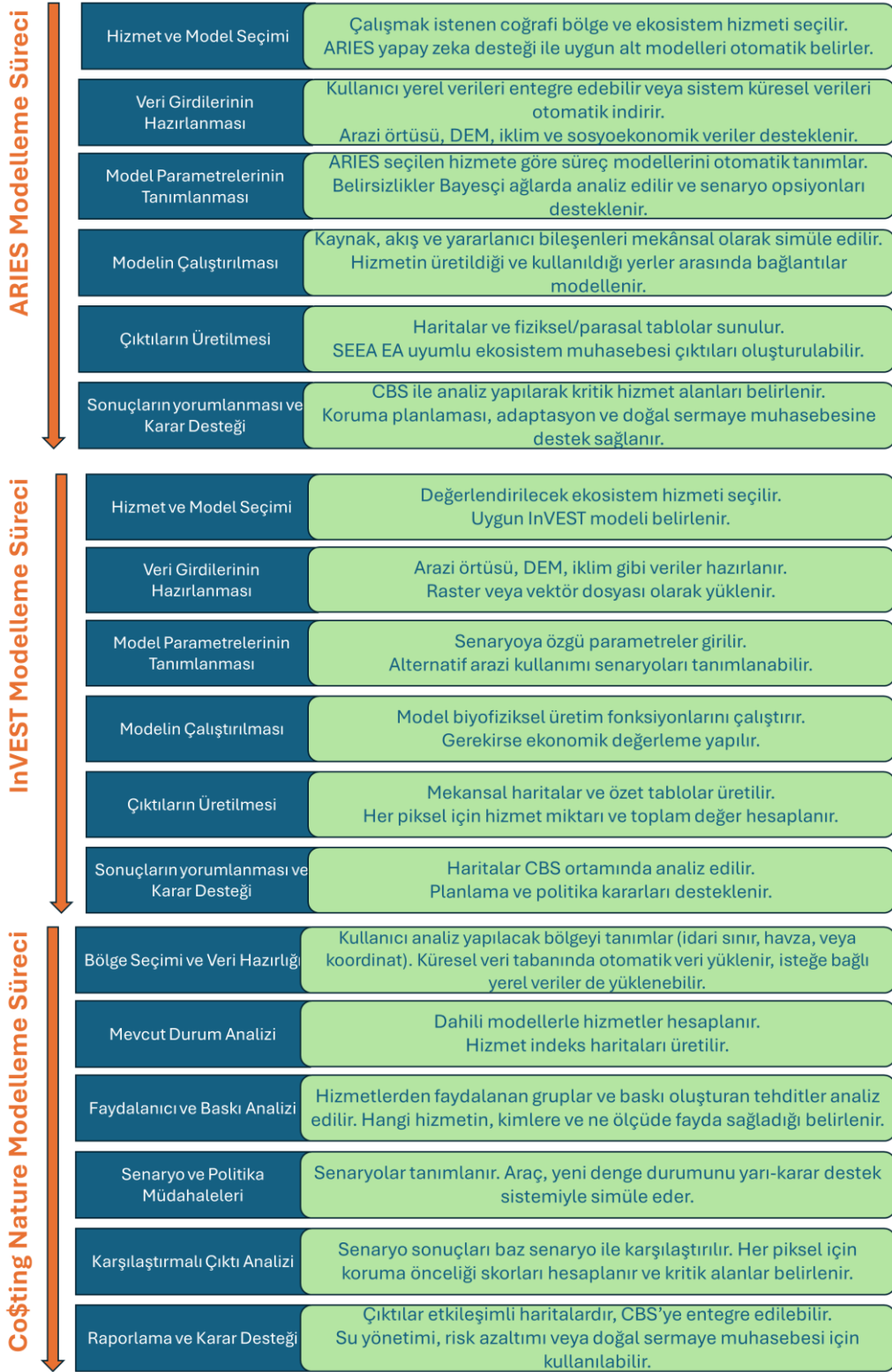
1. **Hizmet ve Model Seçimi:** InVEST her ekosistem hizmeti için ayrı ayrı modüller içerir dolayısıyla bağımsız çalışabilir. Hedef ekosistem hizmetine dair model kullanıcı tarafından seçilir (ör., karbon tutma, su verimi ve taşkın riski kontrolü gibi) (Sharp et al., 2020).
2. **Verilerin Hazırlanması:** Seçilen modelin gereksinimlerine uygun olacak şekilde hazırlanmış mekânsal veri setleri (arazi örtüsü ve arazi kullanımı, dijital yükseklik modeli ve iklim verileri), coğrafi bilgi sistemleri programları kullanılarak haritalandırılıp yazılıma yüklenir (Sharp et al., 2020).
3. **Model Parametrelerinin Tanımlanması:** Kullanıcı tarafından programın arayüzüne istenen senaryoya uygun parametreler işlenir. Bu işlem yapılırken farklı senaryolar da değerlendirmeye alınabilir (ör., alternatif arazi kullanımı senaryoları) (Sharp et al., 2020).
4. **Modelin Çalıştırılması (Verilerin İşlenmesi):** İstenen bölgeye dair veriler, seçilen modellerin üretim fonksiyonlarını çalıştırarak, ekosistem hizmetleri hesaplar. Bu çıktıların ulaşmak adına program ekosistemdeki değişikliklerin etkisini de içeren biyofiziksel fonksiyonlar ve kullanıcı tercihi üzerine ekonomik değerlemeler yapabilir.
5. **Çıktıların Üretilmesi:** InVEST tüm bu işlemler sonucunda çıktıların, haritalar ve özet tablolar formatında sunar. Ekosistem hizmetlerinin mekânsal dağılımı haritalar üzerinden gösterilebilir. Ekonomik değerlendirme ve toplam hizmet miktarı gibi çıktılar özet tabloda sunulur (Sharp et al., 2020).
6. **Sonuçların Yorumlanması ve Karar Desteği:** Kullanıcı, InVEST yazılımından elde edilen çıktıları Coğrafi Bilgi Sistemleri programlarını entegre ederek hizmet sağlayan bölgeleri kategorize edebilir, alternatif senaryolar üzerinden bu çıktıları karar vericilere sunabilir. Bu sayede InVEST, planlama ve politika geliştirme süreçlerinde yaygın olarak kullanılabilir (Natural Capital Project, 2023).

Co\$ting Nature Modelleme Süreci

1. **Bölge Seçimi ve Verilerin Hazırlanması:** Co\$ting Nature çevrimiçi olarak çalışır. Kullanıcı öncelikle analiz yapmak istediği bölgeyi (ör., idari sınırlar, kullanıcının seçtiği koordinatlar veya havza gibi) seçer. Co\$ting Nature, küresel veri tabanlarına erişerek seçilen bölge özelinde (1 hektardan 1 kilometre çözünürlüğe kadar) verilere otomatik erişim sağlayıp modele entegre eder. Ek olarak kullanıcı, kendi verilerini de sisteme entegre edebilir (Mulligan, 2018).
2. **Mevcut Durum Analizi (Baz Senaryo) ve Çıktıların Üretilmesi:** Co\$ting Nature, seçilen bölgenin

mevcut durumunu analiz etmek için baz hizmet değeri hesabı yapabilir. Araç dahili modellerini (ör., WaterWorld modülü aracılığıyla su döngüsü gibi modelleri) kullanarak seçilen ekosistem hizmetlerini hesaplayabilir. Bu işlemler sonucunda hizmet miktarlarının kıyaslanabildiği hizmet indeksi haritaları oluşturabilir. Böylelikle kritik alanlar belirlenebilir. (Mulligan, 2018)

3. **Faydalanıcı ve Baskı Analizi:** Analiz edilen hizmetlere ek olarak, bu hizmetlerden yararlanan nüfus veya sektörler ile bu hizmetler üzerinde baskı/tehdit oluşturan unsurlar da göz önünde bulundurularak, seçilen hizmetlerden kimlerin ne kadar faydalandığı tespit edilir, hizmetlere ve yararlanıcılara dair gelecek projeksiyonları gerçekleştirilebilir (Mulligan, 2018).
4. **Senaryo ve Politika Müdahaleleri:** Mevcut durumu gösteren baz senaryolara ek olarak, kullanıcı farklı yönetim ve politika senaryolarını da değerlendirebilir (ör., iklim değişikliği projeksiyonları, koruma alanlarının değişimleri). Hali hazırda Co\$ting Nature bu senaryolardan bazılarını (ör., nüfus artışı) içerir. Senaryolar aracılığıyla, ekosistem hizmetleri için yeni bir denge durumu hesaplanabilir (Mulligan, 2018).
5. **Karşılaştırmalı Çıktı Analizi:** Haritalar ve endeksler karşılaştırılarak senaryoların birbirlerine göre durumları tespit edilir. Böylelikle, örnek olarak orman kaybının su kalitesiyle ilişkisi ya da uygulanan bir yönetim kararının diğer hizmetler üzerindeki potansiyel etkisi incelenebilir. Co\$ting Nature, analiz dahilindeki her piksel için önceliklendirme skorları belirler. Bu sayede bölgede yüksek hizmet potansiyeli olan veya hizmetin tehdit altında olduğu alt bölgeler tespit edilebilir (Mulligan, 2015).
6. **Raporlama ve Karar Desteği:** Çıktılar web arayüzünde kullanıcının interaktif olarak inceleyebileceği haritalar olarak görünür. Bu haritalar indirilip bir Coğrafi Bilgi Sistemi programında işlenirse çok boyutlu bir değerlendirme yapılabilir. Bu bilgiler doğal sermaye muhasebesi ya da karar verme süreçlerinde kullanıldığında koruma ve yatırım programları için somut yol göstericiler olabilir (Mulligan, 2018).



Şekil 1. ARIES; InVEST ve Co\$ting Nature Araçları'na dair Çalışma Akışları

3.5 Karşılaştırmalı Analiz ve Özet Tablo

Karşılaştırma tablosuna göre, her bir aracın güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır ve bununla birlikte, ekosistem hizmetlerini değerlendirmek, haritalandırmak ve değerlemek için tek bir ‘en iyi araç’ yoktur. Uygun araç, yapılacak olan çalışmanın amacı, mevcut veriler, eğitim ve deneyim durumu (uzmanlık düzeyi) ile, çıktı olarak elde edilmek istenen sonuca göre farklılık gösterebilir. ARIES, verilerin yeterli olmadığı durumlarda, yapay zekâ destekli yapısıyla, seçilen bölgeye ve bağlama uygun modellemeyi otomatik olarak seçtiğinden, ekosistem hizmet akışlarının mekânsal analizi ve doğal sermaye muhasebesi için hızlı ve güçlü çözümler sunar. ARIES gibi Co\$ting Nature da verilerin yeterli olmadığı durumda, kullanıcıya hızlı ve bütüncül bir ekosistem hizmetleri taraması yapma imkânı sağlar, bir ön çalışma olarak stratejik planlama için genel ekosistem hizmetleri eğilimlerini haritalandırır. Öte yandan InVEST, kullanıcıya detaylı kontrol ve özelleştirme imkânı sunduğu için, seçilen bölgeye yönelik derinlemesine analizlere olanak sağlar, detaylı senaryo analizleri gerçekleştirilebilir.

Daha önce yapılan çalışmalarda, farklı ekosistem hizmetleri araçları, kapsamlı bir değerlendirme yapılarak belirli kriterlere göre puanlanmıştır. Bu çalışmalardan biri olan ve Bagstad ve arkadaşları tarafından 2013 yılında gerçekleştirilen karşılaştırma çalışmasında, ARIES ve InVEST araçlarının, akademik literatürde sıkça yer bulması ve pek çok kez uygulanarak sonuçlarının güvenilirliğinin test edilmiş olması bakımından genel kullanıma hazır araçlar oldukları beyan edilmiştir (Bagstad et al., 2013). Öte yandan Millennium Ecosystem Assessment, hızlı sonuç alınabilmesi ve veri ihtiyacının bulunmaması nedeniyle, önemli bir potansiyel olarak tanımlanmıştır. Bu makalenin yayın tarihinden bu yana, her 3 araçta da önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. InVEST aracının entegre modelleri, çeşitlendirilerek sayısı arttırılmış, ekolojik modelleri güncellenmiştir. ARIES, yapay zekâ entegrasyonu ve birlikte-işlerlik (inter-operability) nosyonu ile değerlendirme kapasitesini arttırmış, kullanıcı portföyünü genişletmiştir ((Bagstad S.; Adamo G.; et al., 2025). Co\$ting Nature ise, “**Co\$ting Nature for TNFD (CN4TNFD)**” arayüzü ile, “doğaya bağlı finansal risklerin analizi ve haritalandırılması” hedefiyle, TNFD (Taskforce on Nature-related Financial Disclosures) şartlarına uyum sağlaması beklenen şirketler ve kurumların kullanabileceği, TNFD standartlarına uyumlu yeni bir arayüz geliştirmiştir (*Co\$tingNature for TNFD*, n.d.).

Özetle, InVEST, ARIES ve Co\$ting Nature gibi araçların yardımıyla ekosistem hizmetleri sayısallaştırılır ve haritalandırılır. Mekânsal modellemede elde edilen fiziksel durumu gösteren veriler parasal değerlerle eşleştirilerek, ekosistem hizmetleri ve doğal sermaye modellemesi gerçekleştirilir. Bununla birlikte, tüm araçlar, yetkinliklerinin ve potansiyellerinin gerisinde kullanılmaktadır. Her ne kadar her üç aracın da akademik amaçlarla yaygın olarak kullanıldığı bilinse de araçlardan elde edilen sonuçların doğrudan karar verme süreçlerine veya politika değişikliklerine yol açmadığı bilinmektedir (Başak, et al., 2022). Ancak bu araçların etkin kullanımı için **veri altyapısının güçlendirilmesi, mekânsal modelleme araçlarına yönelik politika yapımcılarının desteği, modellerin yasalaştırılması ve kurumsal ve toplumsal kapasitenin geliştirilmesi** kritik faktörlerdir. Bu sayede, ekosistem hizmetleri için bilim ile politika arasında bir köprü kurulabilir.

Tablo 2. Mekânsal Ekosistem Modelleme Araçları: Karşılaştırmalı Analiz

	ARIES	InVEST	Co\$ting Nature
Amaç ve Kullanım Alanı	Entegre değerlendirme: SEEA EA uyumlu mekânsal modelleme, dahili belirsizlik analizi ve veri eksikliğinin olduğu durumlarda otomatik veri seçimi. Ulusal ekosistem muhasebesi çalışmaları ve sektörel politika analizi	Detaylı değerlendirme: Seçilen bölgeye ve değerlendirme yapılan ekosistem hizmetine uygun modül seçimi ile detali mekânsal ekosistem modellemesi, ekosistem hizmetleri değerlendirme (hizmet birim fiyatı üzerinden). Detaylı politika tasarımı, analizi ve denge (trade-off) analizi	Stratejik planlama: Hızlı yerel, bölgesel, ulusal ölçekte mekânsal ekosistem hizmeti modellemesi; WaterWorld modeli ile hidrolojik hizmetlerin, Eco-Actuary modeli ile doğaya dayalı risk azaltımı modellemesi. Ekosistem hizmetleri üzerinden öncelik analizleri (öncelikli alan, koruma alanı gibi haritalar)
Modelleme Yaklaşımı	Yapay zeka destekli, semantik ağ tabanlı, kaynak-faydalancı arası akışı, belirsizlikler ile modelleme	Deterministik ekolojik üretim fonksiyonları temelli, farklı ekosistem hizmetleri için farklı modüller aracılığıyla, kullanıcının hedeflerine uygun kontrollü modelleme	Hızlandırılmış ön çalışmalar için, basitleştirilmiş ekosistem hizmet modeli veya modelleri (çoklu hizmet değerlendirme) seçimi ile, ekosistem hizmetini (piksel ölçeğinde) endeksleme ve önceliklendirme
Ekosistem hizmetleri kapsamı	~ 10 ekosistem hizmeti (Karbon tutma, taşkın kontrolü, su verimliliği, rekreasyon, besin tuzu regülasyonu gibi)	~25 ekosistem hizmeti modülü (Su, karbon, tarım ürünleri, tozlaşma, habitat kalitesi ve risk değerlendirmesi, rekreasyon, taşkın risk yönetimi, yenilenebilir enerji üretimi, kentleşme ve rekreasyon gibi)	~ 18 ekosistem hizmeti (Suyun varlığı ve kalitesi, karbon, doğal afet kontrolü, kültür ve doğa-temelli turizm hizmetleri, rekreasyon, biyolojik çeşitlilik gibi)
Çıktılar	Fiziksel ekosistem hizmet akışlarını ve büyüklüklerini gösteren haritalar, tablolar, SEEA EA uyumlu doğal sermaye muhasebesi tabloları	Ekosistem hizmet büyüklüklerinin gösterildiği haritalar, senaryo analizi için tablo ve grafik özetleri, parasal değer hesaplamaları.	Göreceli endeks haritaları ve önceliklendirme haritaları: her piksel için 0-1 arasında bir önem/öncelik endeksinin haritalandırılması.
Parasal değerlendirme kapasitesi	Belirli ekosistem hizmetleri için, piyasa eşdeğeri yaklaşımıyla parasal değerlendirme	Belirli ekosistem modelleri için, hizmetin birim fiyatının parasal çarpan olduğu durumda, parasal ekosistem hizmet değerinin hesaplanması (ör. Karbon fiyatı ~ karbon tutma hizmeti)	Parasal çıktı üretmez.
Veri İhtiyacı	Araç, kullanıcıda yeterli veri bulunmadığı durumda küresel veri tabanından en uygun verileri seçerek çalışır. Daha detaylı bir analiz için verilerin kullanıcı tarafından yüklenmesi ve çalıştırılması önerilir.	Veriler (haritalar, parameter tabloları) kullanıcı tarafından, ilgili ekosistem modellerinin ihtiyaçlarına göre araca yüklenir.	Küresel veri tabanında bulunan veriler ile çalışır. Daha detaylı bir analiz için verilerin kullanıcı tarafından yüklenmesi ve çalıştırılması önerilir.
Çözünürlük ve Ölçek	~ 300 m çözünürlüğe kadar, bölgesel ve ulusal çalışmalar için uygundur	Kullanıcı tarafından araca yüklenen verilerin çözünürlüğüne bağlıdır. Analiz süresi ve zorluk düzeyi verinin ve hedef bölgenin boyutuna bağlı olarak değişir. Yerel ölçekten (ör. 10-30 m) ulusal ve küresel ölçeğe çalışmalar yapılabilir.	Küresel veri tabanı ~1 km ila ~1 hektar çözünürlükte veri setleri içerir. Ücretli versiyonlarda daha yüksek çözünürlüklü veri ile çalışılabilir. Bölgesel-ulusal ölçekli karşılaştırmalar için idealdir, küçük ölçekli analiz için uygun değildir.
Platform özellikleri	Web tabanlı arayüz ve masaüstü yazılım	Masaüstü yazılım	Web tabanlı arayüz
Kullanıcı profili	Web tabanlı arayüz: geniş bir kullanıcı portföyü, Masaüstü yazılım: uzman kullanıcılar için ileri modeller, veri entegrasyonu, model geliştirme. Kurumlar (istatistik kurumları, bakanlıklar), araştırmacılar	Kullanıcıların tamamı için Coğrafi Bilgi Sistemleri ve ekolojik modellemeye temel seviye aşinalık gerektirir. Çıktıların uzmanlarca yorumlanmasına ihtiyaç duyulabilir. Çevre ve ekoloji uzmanları, araştırmacılar ve sivil toplum kuruluşları	Geniş kullanıcı portföyü; Kurumlar ve politika yapımcılar, saha yöneticiler, sivil toplum kuruluşları, araştırmacılar
Kullanım Kolaylığı ve Teknik Gereksinimler	Web tabanlı arayüz: Kullanım: Kolay, Gereksinim: Yok Masaüstü yazılım: Kullanım: Orta-Zor, Gereksinim: Yazılımın kurulumu ve çalıştırılması gerekir. Kurulum için temel ihtiyaçlar kontrol edilmelidir.	Kullanım: Orta-Zor: Kullanıcı dostu bir arayüzü vardır ancak verilerin hazırlanması ve çıktıların yorumlanması için CBS tecrübesi gerektirir. Geniş bir kullanıcı topluluğu ve dokümantasyon desteği mevcuttur. Gereksinim: Yazılımın kurulumu ve çalıştırılması gerekir. Kurulum için temel ihtiyaçlar kontrol edilmelidir.	Kullanım: Kolay: Temel harita okuryazarlığına sahip herkes analiz yapabilir. Teknik destek sınırlıdır. Gereksinim: Web tabanlı arayüzü nedeniyle, herhangi bir yazılım kurulumu gerekmez.
Avantajlar	Verilerin yetersiz olduğu durumlarda küresel veri setinden en uygun temel veriler ve modellerin kullanımı, belirsizlik analizi, doğal sermaye muhasebesi standartları ile uyum	Bilimsel olarak kabul görmüş, farklı hizmetler için detaylandırılmış entegre modeller ve uygulamalar, yüksek model şeffaflığı, kullanıcı kontrolünde senaryo analizleri, eğitim ve uygulamada yardımcı kaynakların çokluğu	Hızlı değerlendirme ve sonuç oluşturma, verilerin yetersiz olduğu durumda küresel veri setinden model çalıştırabilme, kullanım kolaylığı, hidrolojik ve risk temelli modeller için ayrı modüllerin bulunması
Dezavantajlar	Düşük model şeffaflığı, detaylı analizlerin ve senaryo analizlerinin kullanıcı açısından uzmanlık gerektirmesi	Yüksek veri ve uzmanlık ihtiyacı, anlık karar desteği için yavaş kalması	Endeksleme/önceliklendirme yaklaşımı nedeniyle nicel kesinliği düşük çıktıların üretilmesi, ekosistem hizmetlerinin büyüklüğüne dair (ton, m³ gibi) nicel büyüklüklerin eksikliği, ekosistem hizmetlerinin bütünsel endekslenmesi nedeniyle özel hizmetlere dair kısıtlı bilgi

4. Türkiye'deki Uygulamalar ve Politika Bağlamı

4.1 Türkiye'deki Uygulama Örnekleri ve Mekânsal Modelleme Araçlarının Kullanımı

Makalenin bu bölümünde, mekânsal ekosistem hizmetleri modellemesine dair son yıllarda ülkemizde gerçekleştirilmiş akademik çalışmalar, pilot projeler ve mekânsal ekosistem hizmetlerine dair araçların kullanımı ele alınacaktır.

4.1.1 Akademik Çalışmalar

Türkiye'nin çeşitli ekosistemlere sahip ve biyoçeşitliliğin yüksek olduğu bir bölgede yer alması nedeniyle ekosistem hizmetlerinin potansiyel bir büyüklüğü vardır. Esra Başak ve arkadaşları tarafından yapılan derleme, son yıllarda Türkiye'de ekosistem hizmetlerine dair akademik çalışmaların arttığını ve makalenin yayınlandığı tarihe kadar bu konuda yaklaşık %80'i akademik olmak üzere 247 çalışmanın gerçekleştirildiğini tespit etmiştir (Başak, et al., 2022). Türkiye'de gerçekleştirilen çalışmalarda en çok odaklanılan hizmet kategorisi, düzenleyici ekosistem hizmetleri olmuştur (ör. iklim düzenleme, su kalitesi, erozyon kontrolü gibi). Bu çalışmaların çok azında mekânsal modelleme (%17,4), haritalandırma ve ekonomik değerlendirme (~ %4) çalışması gerçekleştirilmiştir.

Başak ve diğerleri (2022), ekonomik değerlendirme çalışmalarının az olmasını, 3 temel zorlukla yani, uzmanlık kapasitesinin yetersizliği, tutarlı bir ekolojik ve ekonomik veri altyapısının ve muhasebe yönteminin bulunmaması ve ekonomik büyüme odaklı politika yaklaşımlarının, doğal sermaye değerinin hesaplanmasını geri planda bırakması ile ilişkilendirmiştir (Başak, et al., 2022). Bununla birlikte, Türkiye'de özellikle sulak alan ve kırsal ekosistemler ile ilgili, büyük oranda seyahat maliyeti ve koşullu değerlendirme yöntemlerine dayalı parasal değerlendirme çalışmaları bulunmaktadır (Çiçekalan et al. (2023). Örneğin Kalfa (2025), İçneada Longozu için, bireysel seyahat maliyeti yöntemi ile toplam rekreasyonel kullanım değerini hesaplamıştır (yaklaşık 1,29 milyar ₺). Gürlük (2006) ise Bursa'daki Misi orman ve su ekosistemleri için, Misi Kırsal Kalkınma Projesi kapsamında orman ve su ekosistemlerinin korunmasına yönelik yıllık ortalama kişi başı ödeme isteğini ve toplam ödeme isteğini (2,3 milyon USD/yıl) olarak hesaplamıştır. Yine, Tonyaloğlu (2025), Aydın Adnan Menderes Üniversitesi kampüsünde bulunan ağaç örtüsünün karbon tutma ve hava kirliliğini giderme kapasitesini çalışmış ve bu hizmetlerin toplam ekonomik değerini 303.537 USD olarak tahmin edilmiştir. Küresel Çevre Fonu (GEF) desteğiyle 2009-2013 yılları arasında, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü yürütücülüğünde gerçekleştirilen "Türkiye'nin Deniz ve Kıyı Koruma Alanları Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi" kapsamında, Özel Çevre Koruması (ÖÇK) altında bulunan deniz ve kıyı koruma alanlarında, ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerlemesi, bölgelerin karbon tutma, erozyon kontrolü, balıkçılık ve turizm hizmetlerinin yıllık ekonomik değerleri üzerinden hesaplanmıştır. Fethiye-Göcek bölgesi için bu değer yaklaşık 210 milyon USD/yıl (Bann ve Başak, 2013a), Köyceğiz-Dalyan için 51 milyon USD/yıl (Bann ve Başak, 2013b) ve Datça-Bozburun için 38 milyon USD/yıl olarak belirlenmiştir (Bann ve Başak, 2013c).

4.1.2 Pilot Projeler ve Kurumsal Girişimler

Türkiye'de ekosistem hizmetleri yaklaşımı ve doğal sermaye hesapları uygulamada henüz geniş bir yer bulamamaktadır. Bununla birlikte, son yıllarda, kent ve doğa alanında bazı gelişmeler de yaşanmaktadır. Örneğin, Doğa Koruma Merkezi, Çankaya Belediyesi ve bein İZ TV iş birliğinde gerçekleştirilen "Doğa ve Şehirler Projesi" kapsamında, Çankaya İlçesi için ekosistem hizmetleri haritalandırılmış, değerlendirilmiş ve "Şehir Planlama Aracı Olarak Ekosistem Hizmetleri: Çankaya İlçesi Örneği" adı altında raporlandırılmıştır. Bu raporda, düzenleyici ve kültürel hizmetlerin mekânsal dağılımı, Çankaya ilçesindeki mahalleler düzeyinde değerlendirilmiş, karar vericilerin kentsel planlama süreçlerinde faydalanabileceği bir kaynak oluşturulmuştur. (Çağlayan et al., 2020). Proje, Avrupa Komisyonu'nun "Yeşil Altyapı – Avrupa'nın Doğal Sermayesini Geliştirmek" bildirimini doğrultusunda yürütülmüştür (European Commission (EC), 2013). Bu yönüyle de ekosistem hizmetlerinin mekânsal modellemesi ile doğal sermaye hesabı ve yönetimi arasında kurduğu ilişki bakımından örnek bir uygulama çalışması olmuştur.

4.1.3 Mekânsal Modelleme Araçlarının Kullanımı ve Fırsatlar

Türkiye'de InVEST aracı ile gerçekleştirilmiş örnek çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Uçar (2021), İstanbul'un Üsküdar ilçesinde bulunan Fethipaşa Korusu'nu, karbon depolama ve ısı adası etkileri bakımından; InVEST

aracının karbon modülünü kullanarak, karbon depolama ve tutma hizmetlerini mekânsal olarak analiz etmiştir ve kentsel yeşil alan planlamasına ekosistem hizmetlerinin entegrasyonuna yönelik karar destek çıktıları üretmiştir. (Uçar, 2021). Yine, Ersoy Mirici ve Berberoğlu (2020) tarafından, Doğu Akdeniz Havzası, **1990–2025** yılları arasındaki arazi örtüsü değişimleri esas alınarak, InVEST aracının karbon modülü yardımıyla karbon depolama kapasitesindeki değişimler haritalandırılmış, bölgenin karbon tutma hizmeti ekonomik değeri hesaplanmıştır (Ersoy Mirici ve Berberoğlu (2020). İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nde 2023 yılında yayınlanan “İstanbul Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı” kapsamında, InVEST aracının Habitat Kalitesi modülü aracılığıyla, İstanbul ili habitat kalitesi ve habitat bozulması haritalandırılmış ve değerlendirilmiştir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı, 2023).

Co\$ting Nature ve WaterWorld gibi araçlar, açık kaynaklı literatürde yapılan araştırmaya göre henüz Türkiye’de kullanılmamıştır. Bununla birlikte bu araçlar, özellikle veri eksikliği olan bölgelerde ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi, ulusal ekosistem hizmetleri envanterlerinin çıkarılması, havza bazında öncelikli koruma alanlarının belirlenmesi, su kaynaklarının değerlendirilmesi ve yönetimi ile doğa temelli risk azaltımı alanlarında önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bu doğrultuda, bu araçların Türkiye’de çeşitli çalışmalar ve pilot projeler aracılığıyla uygulanması, test edilmesi ve ulusal düzeyde veri altyapısı ile entegrasyonu, doğal sermaye muhasebesi ve yönetimi açısından önemli olabilir. Aynı şekilde, ARIES (Artificial Intelligence for Environment & Sustainability) aracının da açık kaynaklı literatürde yapılan araştırmaya göre, Türkiye’de henüz doğrudan uygulanmış örneğine rastlanmamaktadır. Bununla birlikte, ARIES, özellikle doğal sermaye muhasebesinin geliştirilmesi, havza yönetimi, korunan alan planlaması ve kentsel yeşil altyapının optimizasyonu gibi farklı çalışmalarda önemli bir potansiyele sahiptir. Bu ve benzeri çalışmalar için, ilk olarak küresel veriyle pilot uygulamalar, ardından ulusal veri setleri ile zenginleştirilmiş yerel senaryolar geliştirilebilir.

4.2 Politika Önerileri

Başak ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan çalışmada da ortaya koyulduğu gibi, Türkiye’de ekosistem hizmetleri alanındaki çalışmalar günden güne artmakla birlikte, daha çok akademik yayınlarla sınırlı kalmaktadır (Başak, et al., 2022). Özellikle doğal sermaye ve ekosistem hizmetlerinin mekânsal değerlemesinin yaygın bir uygulama haline gelmesi ve karar alma süreçlerine entegre olması adına, bu bölümde iki başlık altında politika önerileri sunulacaktır.

4.2.1 Ekosistem Hizmetleri ve Doğal Sermaye Verilerinin Güçlendirilmesi

Türkiye’de ekosistem hizmetleri değerlendirmesi ve doğal sermaye muhasebesi için, veri altyapısının güçlendirilmesine ihtiyaç vardır. Bu doğrultuda hem veri üretim süreçlerinin iyileştirilmesi ve standardize edilmesi, hem de ulusal ölçekte ekosistem değerlendirme çerçevelerinin oluşturulması kritik önemdedir.

1. **Ulusal Veri Altyapısının Geliştirilmesi ve NEA Yaklaşımı:** Türkiye’de veri altyapısının ekosistem hizmetleri değerlendirmesi için iyileştirilmesi ve ekosistem modelleme araçları ile uyumlu hale getirilmesi, mekânsal ekosistem hizmet araçlarının kullanımının yaygınlaşması açısından önemlidir. Ekosistem hizmetleri ve Türkiye’de seçilen bölgeye göre değişmekle birlikte, uzaktan algılama sistemlerinden gelen bazı verilere (uydu görüntüleri, iklim ve arazi örtüsü/kullanımı haritaları gibi), değişen çözünürlüklerde açık kaynaklı olarak erişilebilmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı üzerinden CORINE arazi örtüsü haritalarına (<https://corinecbs.tarimorman.gov.tr/corine>), Ulusal Biyoçeşitlilik Veritabanı’na (<https://nuhungemisi.tarimorman.gov.tr/public/istatistik>), Meteoroloji Genel Müdürlüğü üzerinden Türkiye Resmi İklim İstatistikleri’ne ulaşılabilir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx>) ve mekânsal ekosistem hizmetleri değerlendirme araçlarında kullanılabilir. Bununla birlikte, özellikle biyoçeşitlilik ve habitat kalitesi veri setlerinde hem içerik hem de süreklilik bakımından eksiklikler bulunmaktadır. Bu alandaki eksikliklerin giderilmesi adına, ulusal ölçekte bir ekosistem değerlendirmesi çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. (Schröter et al., 2016). Birleşmiş Milletler de bu konuda ülkelere hem yol gösterici hem de değerlendireci olacak bir girişim kurmuştur. Ulusal Ekosistem Değerlendirmesi (National Ecosystem Assessment Initiative (NEA) Girişimi, ekosistem hizmetlerinin ulusal ölçekte, ulusal ihtiyaçlara ve koşullara uygun biçimde ve yaygın bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak adına, Biyoçeşitlilik ve Ekosistem Hizmetleri Üzerine Hükümetlerarası Bilim ve Politika Platformu (IPBES) tarafından geliştirilen süreci uyarlamak için ülkelere destek sağlamaktadır (*Home - NEA Initiative*, n.d.). Bu bağlamda, ilk olarak Birleşik Krallık tarafından 2011 yılında yayınlanan Ulusal Ekosistem Değerlendirmesi (UK NEA) örneği dikkat çekicidir. UK NEA, doğal varlıkların ve ekosistem hizmetlerinin kapsamlı bir envanterini çıkararak, ülkenin çevre politikalarına doğrudan yön vermiş ve

doğa-temelli ekonomik kalkınma stratejilerinin geliştirilmesini sağlamıştır (UK National Ecosystem Assessment, 2011). Bu rapor, Birleşik Krallık'ın doğal sermaye muhasebesi çerçevesinin şekillendirilmesinde, politikalara entegrasyonunda ve ekosistemlerin değeri hakkında kamuoyu bilincini artırmada önemli bir rol oynamıştır (Wilson et al., 2014). Bu sayede Birleşik Krallık, ekosistem değerlendirmesini pratik muhasebe ve politika araçlarıyla ilişkilendirmede lider konumdadır. (Maes et al., 2015). Benzer bir süreç Türkiye’de de uygulanırsa, doğal sermayenin görünür hale getirilmesi, mekânsal planlamaya bilimsel veri desteği sağlanması, iklim değişikliğine uyum ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılması gibi önemli kazanımlar elde edilebilir. Bu nedenle, ulusal düzeyde bir ekosistem değerlendirmesinin başlatılması, yalnızca veri eksiklerinin kapatılması açısından değil, aynı zamanda doğa temelli karar alma mekanizmalarının güçlendirilmesi ve doğal sermaye muhasebesine geçiş açısından kritik önemdedir (Maes et al., 2012, 2015; Wilson et al., 2014).

- Ulusal Ekosistem Envanteri ve Doğal Sermaye Muhasebesine Geçiş:** Ulusal ekosistem envanterlerinin oluşturulması, doğal sermaye muhasebesine geçiş için ilk ve öncelikli adımdır. Dünyada ve Avrupa’da pek çok ülke, gayri safi yurtiçi hasıla gibi makroekonomik göstergelerin yanı sıra, doğal sermaye hesaplarını da kayıt altına almaya başlamıştır. Türkiye de Birleşmiş Milletler tarafından 2021 yılında çerçevesi çizilen Ekosistem Muhasebesi yoluyla, belirlenen standartlara uygun olarak ekosistem muhasebesi/doğal sermaye muhasebesi kaydı geliştirme sürecine aktif olarak katılmalıdır. Bu sayede, ülkenin ekosistem hizmetlerine dair varlıklar, küresel standartlara uyumlu aralıklarla, fiziksel ve parasal olarak raporlanabilir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK); Orman Genel Müdürlüğü (OGM) ve Dünya Bankası iş birliği ile, 2022- 2024 yılları arasında, bu hususa önderlik edecek “Doğal Sermaye Hesapları Projesi” yürüttüklerini duyurmuştur (@tuikbilgi, <https://x.com/tuikbilgi/status/1869326581325234436>) 2022 yılında Orman Genel Müdürlüğü bünyesinde Ekosistem Hizmetleri Daire Başkanlığı kurulmuştur. 2024-2028 yıllarını kapsayan 12. Kalkınma Planında da biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetlerinin iklim değişikliği ile bağlantılı olarak araştırılması, izlenmesi ve değerlendirilmesi faaliyetlerinin sürdürüleceğine dair hedefler konulmuştur (SBB, 2023). TÜİK ve Ekosistem Hizmetleri Daire Başkanlığı koordinasyonunda, ulusal bir ekosistem envanteri oluşturulması, doğal sermaye muhasebesine geçişte temel bir adım olarak kabul edilmektedir. Ulusal ekosistem envanterleri, ülke genelindeki ekosistemlerin mevcut durumlarının sistematik şekilde haritalandırılması yani, ekosistemlerin fiziksel ve mekânsal durumlarına dair temel ve kapsamlı bilgilerin derlenmesi ile oluşturulur (Capriolo et al., 2020; Hein et al., 2016; Hein, Remme, et al., 2020; Sumarga et al., 2015; Vallecillo et al., 2019) Bu envanterler, ekosistem hizmetlerinin fiziksel ve parasal değerlerinin hesaplanması için temel veri kaynağını oluşturur ve Birleşmiş Milletler’in Sistematik Çevre-Ekonomi Muhasebesi (SEEA) ve Deneysel Ekosistem Muhasebesi (EEA) kapsamında tanımlanmış, uluslararası standartlara uyumlu tabloların ve mekânsal haritaların oluşturulması için standart bir veri sağlar (Capriolo et al., 2020; Hein, Remme, et al., 2020; Vallecillo et al., 2019) Doğal sermaye hesapları da bu envanterin üzerine inşa edildiğinde, ekosistem hizmetlerinin ve varlığının günümüzden geleceğe değişimini takip etmek mümkün olur. (Capriolo et al., 2020; Hein et al., 2016; Hein, Remme, et al., 2020; Sumarga et al., 2015) Doğal sermaye muhasebesi ile, geleneksel GSYİH göstergelerine ek olarak, ülkenin ekosistemlerinin ve doğal kaynaklarının insanlara katkıları (Doğanın İnsanlara Katkıları, NCPs) ve ekosistem kayıplarının ülkeye gerçek maliyeti de ekonomik ve politik karar alma süreçlerine entegre edilebilir (Brandon et al., 2021; Hein, Bagstad, et al., 2020; Obst, Hein & Edens, 2015. İtalya ve Hollanda’da son yıllarda gerçekleştirilen uygulama örnekleri, ulusal ekosistem envanterinin doğal sermaye muhasebesine geçişte önemli bir adım olduğunu ve yıllara sâri sistematik olarak tekrarlanabilir hesaplamaları mümkün kıldığını göstermektedir (Capriolo et al., 2020; Hein, Remme, et al., 2020; Vallecillo et al., 2019). Bu noktada, ARIES for SEEA aracı kullanılarak, sistemde halihazırda bulunan küresel veriler üzerinden Türkiye için hızlı bir ön değerlendirme yapılabilir (Villa et al., 2021). Araca herhangi bir yerel veri yüklenmeden gerçekleştirilecek bir ön değerlendirme, Türkiye’nin ormanları, sulak alanları ve tarım alanlarının ekosistem hizmetlerinin büyüklüğü ve değerine dair kabaca bir hesabın ortaya konulmasını sağlar. Bu ön çalışmaya ek olarak, Türkiye’ye özgü verilerin de sisteme entegre edilmesiyle, hesaplama genişletilebilir. Bu çalışmalar, ARIES aracı ile gerçekleştirilebileceği gibi, InVEST ve CoSting Nature gibi diğer modellerden de elde edilen verilerle beslenebilir.

4.2.2 Mekânsal Planlama Süreçlerinin Yasalara Entegrasyonu

- Planlama Belgelerindeki Boşluklar:** Türkiye’nin **Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Eylem Planı (2018–2028)** (Türkiye Cumhuriyeti, 2018), Türkiye’deki biyoçeşitliliğin korunması ve sürdürülebilirliği açısından kapsamlı bir strateji sunar. Ancak, biyolojik çeşitlilik-ekosistem hizmetleri ilişkisi ve buna bağlı olarak **ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi ve entegre yönetimi** konularında bazı önemli boşluklar içermektedir. Ekosistem hizmetleri kavramı, Eylem Planında genel hatlarıyla tanımlamakta, ancak

hizmetlerin **mekânsal olarak modellenmesi, hizmet akışları ve değişimlerin izlenmesi, ekosistem hizmetlerinin karar alma süreçlerine entegre edilmesi** gibi uygulamalardan söz edilmemektedir. Ekosistem hizmetleri ile biyolojik çeşitlilik arasındaki fonksiyonel ilişki göz önünde bulundurularak (Harrison et al., 2014), Eylem Planında ekosistem hizmetlerinin izlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik somut eylemlere yer verilmesi, bu kapsamda çeşitli mekânsal modelleme araçlarından elde edilecek çıktı ve göstergelerin, Eylem Planı performans göstergeleri arasına alınması, hedeflerin bilimsel verilere dayalı takibini mümkün kılacaktır.

İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024–2030) ile İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024–2030), iklim değişikliğinin etkilerini azaltma ve uyum sağlama konusunda kapsamlı hedefler sunmakla birlikte, ekosistem hizmetleri yönetimi ve doğal sermaye muhasebesi konularında önemli boşluklar barındırmaktadır. Özellikle ekosistem hizmetlerinin mekânsal olarak modellenmesi, hizmet akışının izlenmesi, bu hizmetlerin sektörel planlamalara entegre edilmesi ve doğal sermaye muhasebesinin geliştirilmesi gibi kritik uygulamalar ile iklim değişikliği etkisi arasındaki ilişkiye bu belgelerde yer verilmemiştir. Yine, iklim değişikliğine uyum ve afet riskinin azaltılması konularında son yıllarda önemli bir araştırma alanı olan Doğa Temelli Çözümler (DTÇ) kavramına bu belgede sınırlı biçimde yer verilmiş olsa da, bu çözümlerin mekânsal önceliklendirilmesi, modelleme ve ekonomik analizler yoluyla karar destek mekanizmalarına entegre edilmesi yönünde somut bir çerçeve sunulmamıştır. Bununla birlikte, DTÇ uygulamalarına dair potansiyel ekosistem hizmeti faydaları (karbon tutma kapasitesi, taşkın yönetimi gibi), mekânsal modelleme araçları ile analiz edilerek, iklim değişikliğini azaltma ve uyum ile ilgili karar alma süreçlerine entegre edilebilir. İklim Eylem Planları, iklim değişikliğinin etkisinin azaltılması ve uyum konularında gerçekleştirilebilecek eylemlerin planlanması ve uygulanması aşamalarında, InVEST, ARIES ya da Coting Nature gibi mekânsal modelleme araçlarının kullanımı, ekosistem hizmetlerinin iklim değişikliği etkisi altında değişiklik gösterebilecek su yönetimi, tarımsal üretim, kentsel planlama ve afet riskini azaltma yönündeki stratejilere doğrudan entegre edilmesini, doğa temelli çözümler için mekânsal önceliklendirme çalışmalarını ve bu çözümlere dair ekosistem etkilerinin modellenmesi ile, bu yaklaşımlar ışığında doğal sermaye muhasebesi altyapısının oluşturulmasını ve iklim değişikliği etkisi altında değeri değişebilecek ekosistem varlıklarının ekonomik değerinin ulusal muhasebe sistemine entegre edilmesini teşvik edecek şekilde güncellendiği takdirde, Türkiye'nin iklim değişikliğine karşı daha dirençli, doğa temelli ve sürdürülebilir bir politika yapısı oluşturmaya katkı sağlanacaktır.

2. **Yasal altyapının oluşturulması ve güçlendirilmesi:** Ekosistem hizmetleri genel çerçevesi Türkiye'de, ulusal düzeyde iklim değişikliği etkilerinin azaltılması önceliğinde, çeşitli uluslararası doğa koruma politikalarına paralel olarak (Convention on Biological Diversity, Ramsar Koruma Alanları, Avrupa Birliği Natura 2000, Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi gibi); kamusal projelere, sektörel planlara (Ulusal Biyoçeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı – 2018 – 2028, Ulusal İklim Değişikliği Eylem planı gibi) ve bir takım diğer planlama süreçlerine entegre edilmiştir (Başak, et al., 2022). Yukarıda bahsi geçen uluslararası politikalar ve yerel eylem planları, Türkiye'de ekosistem hizmetleri ve doğal sermaye muhasebesi için kavramsal düzeyde bir çerçeve sunmaktadır. Bununla birlikte, uygulama sürecinin güçlenmesi için yasal altyapının geliştirilmesi ve ekosistem hizmetleri modelleme araçlarının planlama süreçlerine sistematik bir şekilde entegrasyonuna ihtiyaç vardır. Özellikle ilgili bakanlıklar ve kurumların, bu çerçeve içerisinde belirli araçların kullanımını önceliklendirmesi ve yasal altyapının oluşturulması, bu araçların uygulamada kullanımını teşvik edecektir. Bu sayede kentsel ve kırsal alanların planlanmasında, yüksek ekosistem hizmeti değerine sahip su kaynakları havzaları, karbon yutak alanları, biyolojik çeşitlilik merkezleri gibi alanlar, mekânsal planlama araçlarının yardımıyla “korunacak alanlar” olarak belirlenebilir. Yasal altyapının oluşturulmasıyla, ilgili araçların çıktıları da standardize edilmiş analizler olarak, daha geniş ölçekli planlama için önemli ve güvenilir kaynaklar olacaktır.

4.2.3 Kurumsal ve Toplumsal Kapasitenin İş birliği ve Koordinasyonun Artırılması Yoluyla Geliştirilmesi:

Ekosistem hizmetleri yaklaşımının ve değerlendirmesinin Türkiye'de yaygınlaşması ve karar alma süreçlerine entegrasyonu, kurumsal ve toplumsal kapasite ve farkındalık çalışmaları ile kurumlar arası iş birliğinin artırılması ile doğrudan ilişkilidir (Başak, et al., 2022). Özellikle, çevre, orman, tarım, su ve kentleşme alanlarında çalışan kamu kurumları, ekosistem hizmetleri ve değerlendirilmesi alanında çalışanlarının farkındalığını ve teknik kapasitesini artırmaya yönelik çalışmalar yürütülebilir, coğrafi bilgi sistemleri, ekosistem hizmetleri modellemesi alanında eğitimler düzenleyebilir ve ilgili uluslararası kuruluşlarla teknik rehberlik hizmetleri için iş birlikleri yapılabilir. Örneğin Küresel Çevre Fonu (GEF) tarafından finanse edilen, Orman Genel Müdürlüğü, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı ve Doğa Koruma Merkezi işbirliğinde yürütülen “Akdeniz Entegre Orman Yönetimi Projesi” kapsamında, seçilen pilot bölgelerde ekosistem hizmetleri haritalama ve planlama çalışmaları gerçekleştirilmiş, bu çalışmalara da pilot bölgelerdeki orman işletme müdürlüklerinin

kurumsal kapasitesinin artırılması hedefiyle ilgili kurum personeli dahil edilmiştir (Pamukçu Albers et al., 2018). Bu tür proje deneyimleri ile gerçekleştirilen başarı hikayeleri, diğer projelere de örnek teşkil edebilir. Kurum ölçeğinde kapasite geliştirilmesi ile, her kurum kendi ilgi alanındaki ekosistem hizmetlerini değerlendirebilir hale gelecek ve bu değerlendirmeler de ulusal değerlendirmeler için kaynak oluşturabilecektir.

Bununla birlikte, ekosistem hizmetlerinin disiplinler arası ve çok sektörlü bir konu olduğu göz önünde bulundurularak, ülkenin farklı kurumları (ilgili bakanlıklar, belediyeler, TÜİK, üniversiteler ve sivil toplum örgütleri) çeşitli iş birliği mekanizmaları geliştirmelidir. Bu kapsamda, kentsel planlama süreçlerinde, yerel yönetimler ile üniversite işbirlikleri, tarım politikalarının geliştirilmesinde ilgili bakanlıkların yereldeki sivil toplum kuruluşları ile işbirlikleri, doğal sermaye çalışmalarında ilgili bakanlıkların, üniversiteler, ulusal ve uluslararası sivil toplum kuruluşları ve kar amacı güden şirketler ile iş birlikleri; ekosistem hizmetleri yaklaşımı ve uygulamaları konusunda olumlu bir farkındalığa ve uygulama süreçlerinde de tüm sektörler bakımından uyumun kolaylaşmasına hizmet edebilir. İşbirliklerinin artırılmasında çok ortaklı projeler önemli bir araçtır ve pilot projelerin geliştirilmesi için Türkiye'nin kalkınma planları ile uyumlu olacak şekilde, su yönetimi, tarım, kentleşme ve iklim değişikliğine uyum ile turizm gibi temalar tercih edilebilir. Bu çalışmalar için InVEST, CoSting Nature ve ARIES gibi araçlar birlikte ya da ayrı ayrı olarak kullanılabilir, sonuçlar karşılaştırılarak güncel durum daha iyi anlaşılabilir ve gelecek projeksiyonları gerçekleştirilebilir. Yine, tarım-yoğun bölgelerde gerçekleştirilecek iş birlikleri (Tarım ve Orman Bakanlığı, İl ve İlçe Tarım ve Orman Müdürlükleri, yerel kooperatifler, sivil toplum kuruluşları gibi) ve projeler, tarımın ekosistem hizmetleri ve biyolojik çeşitlilikle doğrudan bağının anlaşılmasına, yereldeki üreticinin “Doğanın İnsanlara Katkıları” farkındalığının ve “Doğa Temelli Çözümler” konularındaki farkındalığın ve dolayısıyla tercihlerin artmasına neden olacaktır. Kentlerde ise, iklim değişikliğine bağlı etkilerin, kırsala oranla daha şiddetli hissedilmesi nedeniyle (Su, Chang ve Pai, 2022), merkezi ve yerel yönetimlerin, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşları ile işbirliği halinde gerçekleştireceği, iklim değişikliği projeksiyonları ile desteklenmiş ekosistem hizmetleri haritalandırma ve değerlendirme çalışmaları, kentin iklim değişikliğine uyumda öncelikli alanlarının tespitine ve iklim değişikliğine uygun yatırımların, merkezi ve yerel yöneticiler tarafından bilimsel gerekçeler doğrultusunda desteklenmesine yol açacaktır. Turizm potansiyeli yüksek bölgelerde, merkezi yönetime bağlı kurumlar ve yerel yönetimler, bölgesel ve yerel turizm kuruluşları, üniversiteler ve işletmelerin iş birliğinde gerçekleştirilecek, örneğin “koruma-kullanma dengesi”ni gözetken ekosistem hizmetleri değerlendirme projeleri, kısa, orta ve uzun vadede bu dengenin hangi faktörlerden etkilendiğini ve ekosistem üzerindeki baskılar altında turizm değerinin ne şekilde ve ne kadar değişkenlik göstereceğini ortaya koyabilir. Bu gibi projelerin ve iş birliklerinin sonuçları, bugünden ekosistem değerinin korunması adına atılacak adımları motive edecek bir bilgi altyapısı oluşturur.

Bu politika önerileri, Türkiye’de mevcut olan ekosistem hizmetlerinin ve doğal sermayenin korunması ve sürdürülebilir şekilde devamlılığı için, mekânsal ekosistem hizmeti değerlendirmesinin daha etkin ve entegre biçimde kullanılması ihtiyacına odaklanmıştır. Kurumlar arası iş birliği ile teknik ve toplumsal kapasitenin artırılması, bu alandaki iyi uygulamaların artmasını ve ekosistem hizmetleri ve doğal sermaye kavramlarının ulusal ve yerel düzeyde daha fazla dikkate alınmasını sağlayacaktır. Veri altyapısının güçlendirilmesi ile mekânsal modelleme araçlarının kullanımı yaygınlaşacak, bu sayede karar destek sistemleri olarak kabul görmeleri de artacaktır. Doğal sermaye muhasebesine geçiş ile, Türkiye’nin doğal varlıklarının gerçek değeri anlaşılacak, bu sayede bu sermayenin çevresel, ekonomik ve toplumsal faydası da artacaktır. Yine, mekânsal modelleme araçları ile Doğa Temelli Çözümler ve benzeri stratejilerin iklim değişikliği ve diğer çeşitli toplumsal zorluklara dair faydaları valide edilecek. bu sayede geleneksel yöntemlere kıyasla tercih edilmeleri sağlanacaktır. Tüm bunlarla birlikte, politika zemininde atılacak adımlar ile kurumsal uyum ve uygulama kapasitesi de artacak, ulusal ve uluslararası iklim ve biyoçeşitlilik taahhütlerine uyum artırılmış olacaktır. Bu öneriler, Türkiye’de ekosistem temelli yaklaşımın artması ve yaygınlaşması açısından bir yol haritası olarak değerlendirilebilir.

Doğal sermaye hesaplarının finansal sistemdeki sürdürülebilirlik etki ve risk metriklerine entegre edilmesi, şirketlerin iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı ve su stresi gibi çevresel riskleri net bir şekilde değerlendirmesini sağlar. Bu hesapların yalnızca kamu otoriteleriyle sınırlı kalmayıp özel sektörün yatırım kararlarını yönlendiren objektif bir gösterge setine dönüşmesi, sermayenin doğa dostu projelere akışını hızlandırır ve piyasalarda şeffaflığı artırır. Böylece doğal sermaye muhasebesinin finansal metriklere dahil edilmesi, çevresel finansmanın etkinliğini ve toplumsal refahı yükseltecek bütüncül bir dönüşümü tetikler (Yıldırak ve Seyhun, 2025).

5. Tartışma ve Sonuç

Mekânsal modelleme araçları kullanılarak ekosistem hizmetlerinin incelenmesi ve doğal sermaye hesaplamaları, 21. yüzyıl sürdürülebilir kalkınma planlamalarında büyük bir role sahiptir. Ülkemizin sahip olduğu doğal sermayenin korunup geliştirilebilmesi için bu değerlerin görünür kılınması ayrıca ekonomik ve politik karar alma

süreçlerine dahil edilmesi gerekmektedir. Bu hedeflere ulaşabilmek adına bilim insanları ve politika yapımcılar arasında köprü oluşturulması etkileşimlerinin pekiştirilmesi açısından önemlidir. Bu etkileşimi sağlayacak faktörler arasında mekânsal modelleme araçlarıyla üretilecek somut çıktılar gösterilebilir. Anlaşılması güç ve uzmanlık gerektiren kompleks ekolojik süreçler, haritalar ile ifade edildiğinde, karar vericiler ve bilim insanları arasındaki iletişim güçlenecek ve konuların politik gündeme entegrasyonu kolaylaşacaktır. Örnek olarak, yerel yönetimlerde karar verme süreçlerine destek olarak sunulan, görsel olarak açıklayıcı ve anlaşılır haritalar, yeşil alanların bölgenin hava kalitesi veya serinletici etkisi üzerinde olan rolünü göstermek için doğru seçimler olacaktır. Bir başka örnek olarak, ormanlık alanların su tutma kapasiteleri sayesinde bölgede gerçekleşebilecek taşkın riskini azaltması bölgede yaşayan bir çiftçiye anlatıldığında, ormanı korumaya yönelik desteğin artacağı öngörülebilir. Sonuç olarak, teknik analizler, veri setleri veya modellerin kadar, iletişim ve etkileşim, ekosistem hizmetlerinin anlaşılması, korunması ve değerlendirilmesi için gereklidir.

Bu çalışmada ekosistem hizmetlerin mekânsal olarak değerlendirmesi ve doğal sermaye hesaplamalarında kullanılan temel araçlardan ARIES, InVEST ve Co\$ting Nature (WaterWorld modülü de dahil olmak üzere) detaylı şekilde incelenip çeşitli açılardan karşılaştırmaları yapılmıştır. Kullandıkların metodların ve karar destek süreçlerine katkılarının çeşitliliği vurgulanmıştır. Karşılaştırmalı olarak değerlendirilmeleri, doğal sermaye ve ekosistem hizmetleri yönetimi alanlarında kullanılabilir, ölçekleri ve amaçları farklı birden fazla aracın halihazırda mevcut olduğunu göstermektedir. Yapay zekâ tabanlı esnek bir yapıya sahip olması nedeniyle ARIES, ekosistem hizmet akışlarının ve belirsizleri modellenmesinde kullanıldığında, ekosistem muhasebelerine doğrudan katkıda bulunabilir. Diğer taraftan SEEA EA çerçevesinde doğal sermaye muhasebesi yapabilmesi ve mekânsal hizmet akışlarını belirsizlikleri dahil ederek hesap edebilmesi ile ileri düzey bir platformdur. InVEST, çeşitli kullanıcı kitlelerine hitap etmesi ve modüler yapısıyla yaygın kullanım kazanmış, çok sayıda ekosistem hizmetini modelleyip nicel sonuçlar üretebilen ve kullanıcılara senaryolar dahilinde analiz yapma hizmeti sunan bir platformdur. Co\$ting Nature ise veriye ulaşımın kısıtlı olduğu hallerde, kullanıcıların hızlı bir şekilde değerlendirme yapmalarını sağlar. Çıktıları, politik zeminde farkındalık yaratma ve önceliklendirme çalışmaları süreçlerinde kullanılabilir. Senaryo analizlerinin ve proje bazlı değerlendirmelerin yeterli veriler ve uzmanlıkla desteklenmesi halinde, InVEST derinlemesine analizler yapılmasına ve çıkarımlar yapılmasına olanak sağlar. Co\$ting Nature ve WaterWorld gibi araçlar ise hızlı politika analizi, öncelikli doğal kaynakların belirlenmesi veya doğal afet riski azaltımı gibi konularda veri ve zaman kısıtlamalarına takılmadan çözümler sunabilir.

Türkiye için değerlendirmeler yapılırken, bahsi geçen araçların kademeli olarak entegre edilmesi önerilmektedir. İlk aşama olarak Co\$ting Nature ile ekosistem hizmetlerinin ulusal ölçekte haritalandırılıp öncelikli alanların belirlenmesi, akabinde InVEST kullanılarak bu alanlara dair senaryolar yürütülmesi ve maliyet etkinlik analizlerinin yapılması, elde edilecek olan çıktılarından ARIES platformunu kullanarak SEEA EA ile uyumlu doğal sermaye muhasebe tablolarının oluşturulması örnek bir yol olarak izlenebilir. Bu şekilde izlenecek bütüncül bir yaklaşımla Türkiye, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma sürecinde bilim temelli bir politika geliştirme kapasitesine ulaşabilir. Araçların etkin kullanımı ile doğal sermaye korunup sürdürülebilir kalkınmaya ulaşılabilir. Nihai hedef, ekosistem hizmetlerinin değerinin anlaşılabilir, somut ve nicel bir şekilde ortaya konması, karar vericiler tarafından göz ardı edilemeyecek bir şekilde altının çizilmesidir. Tüm bu potansiyel uygulamalar, Türkiye'nin ulusal çevre hedeflerine ulaşabilmesi ve uluslararası sürdürülebilirlik taahhütlerinin de yerine getirilmesini sağlayacaktır.

Özet olarak, her ne kadar Türkiye'de ekosistem hizmetleri hakkında sahip olunan akademik bilgi birikimi genişliyor olsa da bu bilgi birikimini uygulamaya ve politikaya entegre etmek için bu çabadan daha fazlası gerekiyor. Halihazırda literatür Türkiye'de ekosistemlerin çok sayıda hizmet sağladığını gösteriyor (Başak, et al., 2022). Bu faydaların korunabilmesi ve sürdürülebilmesi için düzenli olarak izlenip, yönetsel planlamalara dahil edilmeleri gereklidir. Bu takibi gerçekleştirebilmek için ARIES, InVEST, Co\$ting Nature gibi araçlar kullanılabilir. Türkiye bu araçların yardımıyla doğal sermaye hesabı yapabilir, doğal sermayesini haritalayabilir, değerleyip stratejiler oluşturabilir. Ekosistem hizmetlerinin mekânsal modellemesi, hesabı ve doğal sermaye muhasebesinin yaygınlaştırılması Türkiye'de hem iklim değişikliğine ile mücadele hem de sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada vazgeçilmez araçlardır. Bunları gerçekleştirebilmek için ulusal veri tabanlarının ve altyapının güçlendirilmesi, karar destek süreçlerine mekânsal modelleme araçları çıktılarının entegre edilmesi, kamu kuruluşları, özel sektör, akademi, yerel yönetimler ve sivil toplum kuruluşları arasındaki işbirliğinin kuvvetlendirilmesi, doğa temelli çözümlerin uygulanması için kapsayıcı planlamalar ve önceliklendirme kılavuzlarının oluşturulması, sektörel planlamada yerel ve ulusal ölçekte ekosistem hizmetlerinin sistematik olarak dahil edilmesi ulaşılabilir ancak kritik hedeflerdendir. Bu sayede, Türkiye'de iklim değişikliğine uyum kapasitesi artırılıp, biyoçeşitlilik ve doğal sermayenin korunumu ve küresel taahhütlere uyum sağlanacaktır. Politik zeminde de iklim değişikliği ile mücadele güçlenmiş, doğa temelli çözümler ve mekânsal analizlerle desteklenmiş hale gelecektir.

Bu çalışmada, ekosistem hizmetleri ve doğal sermayenin mekânsal modelleme araçları üzerinden değerlendirilmesi üzerine odaklanılmış, ancak piyasa fiyatı (market price), hasar maliyeti temelli (damage-based

valuation) ve toplam göreceli hizmet paketi (total relative bundled services) gibi ekonomik değerlendirme yöntemleri kapsam dışı bırakılmıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalar kapsamında, ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerlerinin daha geniş bir perspektifle ele alınması, bu yöntemlerin teorik ve uygulamalı olarak incelenmesi hedeflenmektedir.

Doğal sermayenin korunumu ve yönetimi için bilimsel verilere dayalı karar alma süreçleri uygulamaları günümüzde çevre politikalarının ana odağı haline gelmiştir. Makalede incelenen araçlar bu bilgi birikiminin oluşturulmasında kullanılan yenilikçi çözümler arasındadır. Türkiye’de, kültürel, biyolojik ve fiziksel varlığın korunumu ve yönetimi için bu araçların kullanımı ekosistem hizmet planlamalarında vazgeçilmez bir yere sahip olmalıdır; böylelikle kalkınma ile doğa arasındaki bağ güçlendirilir. Daha dengeli, bilimsel kanıtlara dayanan, uzun vadede takip edilebilir ve fayda görülebilir politikaların geliştirilebilmesi buna bağlıdır.

Kaynaklar

- Agarwala, M., Atkinson, G., Palmer, C., Fry, B., Homewood, K., Mourato, S., & Milner-Gulland, E. J. (2014). Natural capital: Using ecosystem service framework to inform policy. *Oxford Review of Economic Policy*, 30(1), 126–144.
- Aziz, T., & Van Cappellen, P. (2019). Comparative valuation of potential and realized ecosystem services in Southern Ontario, Canada. *Environmental Science & Policy*, 100, 105–112. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.06.011>
- Bagstad, K. J., Semmens, D. J., Waage, S., & Winthrop, R. (2013). A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation. *Ecosystem Services*, 5, 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.07.004>
- Bagstad, K. J., Villa, F., Johnson, G. W., & Voigt, B. (2011). *ARIES – Artificial Intelligence for Ecosystem Services: A guide to models and data* (Version 1.0). ARIES Report Series No.1. ARIES Consortium.
- Bagstad, K. J., Balbi, S., Adamo, G., et al. (2025). Interoperability for ecosystem service assessments: Why, how, who, and for whom? *Ecosystem Services*, 72, 101705.
- Başak, E., Çetin, N. İ., Vatandaşlar, C., Pamukcu-Albers, P., Karabulut, A. A., Demirbaş Çağlayan, S., ... & Atkin, G. (2022). Ecosystem services studies in Turkey: A national-scale review. *Science of The Total Environment*, 844, 157068. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157068>
- Choi, C. Y., Kim, H., & Lee, D. K. (2018). Identifying priority areas for ecosystem services using ecosystem service bundles: A case study in South Korea. *Ecological Indicators*, 89, 745–754. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.02.008>
- Costanza, R., d’Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Belt, M. (1997). The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Daily, G. C., Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Mooney, H. A., Pejchar, L., ... & Shallenberger, R. (2009). Ecosystem services in decision making: Time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), 21–28. <https://doi.org/10.1890/080025>
- Guerry, A. D., Polasky, S., Lubchenco, J., Chaplin-Kramer, R., Daily, G. C., Griffin, R., ... & Vira, B. (2015). Natural capital and ecosystem services informing decisions: From promise to practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(24), 7348–7355. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503751112>
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In D. Raffaelli & C. Frid (Eds.), *Ecosystem ecology: A new synthesis* (pp. 110–139). Cambridge University Press.
- Hemati, A., Karami, M., & Khorasani, N. (2020). Identifying hotspots of ecosystem services and ecological conservation under land-use change scenarios using Co\$ting Nature model. *Environmental Earth Sciences*, 79, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09182-w>
- IPBES. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, & H. T. Ngo, Eds.). IPBES Secretariat.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press.
- Mulligan, M., & van Soesbergen, A. (2017). Mapping ecosystem services in the Volta Basin using the Co\$ting Nature ecosystem service assessment model. *CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE)*. Colombo, Sri Lanka.
- Mulligan, M., et al. (2010). *Co\$ting Nature: A policy support system for ecosystem services and conservation*. King’s College London & AmbioTEK.

- Natural Capital Project. (2023). *InVEST user guide: Integrated valuation of ecosystem services and tradeoffs*. Stanford University. <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>
- Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D. R., ... & Shaw, M. R. (2009). Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and trade-offs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), 4–11. <https://doi.org/10.1890/080023>
- Ruckelshaus, M., McKenzie, E., Tallis, H., Guerry, A., Daily, G., Kareiva, P., ... & Bernhardt, J. (2015). Notes from the field: Lessons learned from using ecosystem service approaches to inform real-world decisions. *Ecological Economics*, 115, 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.07.009>
- TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity. (2010). *Mainstreaming the economics of nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. Malta: Progress Press.
- Tonyaloğlu, E. E. (2025). Future land use/land cover and its impacts on ecosystem services: Case of Aydın, Turkey. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 22, 4601–4617. <https://doi.org/10.1007/s13762-024-05907-y>
- Türkiye Cumhuriyeti. (2018). *Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı 2018–2028*. Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Millî Parklar Genel Müdürlüğü. <https://faolex.fao.org>
- United Nations. (2021). *System of environmental-economic accounting – Ecosystem accounting (SEEA EA)*. United Nations.
- Villa, F., Bagstad, K. J., Voigt, B., Johnson, G. W., Portela, R., Honzák, M., & Batker, D. (2014). A methodology for adaptable and robust ecosystem services assessment. *PLOS ONE*, 9(3), e91001. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091001>
- Villa, F., Balbi, S., Bulckaen, A., & Ochoa, A. (2021). Artificial intelligence technology for rapid natural capital accounting: The ARIES for SEEA Explorer. *BC3 Policy Briefing*. Basque Centre for Climate Change (BC3).
- Willcock, S., Hooftman, D., Blanchard, R., Dawson, T. P., Hickler, T., Lindeskog, M., ... & Bullock, J. M. (2020). Ensembles of ecosystem service models can improve accuracy and indicate uncertainty. *Science of the Total Environment*, 747, 141006. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141006>
- Uluç, S. M. (2022). Doğal sermaye muhasebesi ile ilgili çalışmaların betimsel bir içerik analizi ile değerlendirilmesi. *Academic Social Resources Journal*, 7(40), 883–890. <https://doi.org/10.29228/ASRJ.63471>
- IUCN. (2020). *Global Standard for Nature-based Solutions*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.08.en>
- UNEP. (2021). *State of finance for nature 2021*. <https://www.unep.org/resources/state-finance-nature>
- Sharp, R., Chaplin-Kramer, R., Wood, S. A., et al. (2020). *InVEST 3.9.1 User's Guide. The Natural Capital Project*. <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>
- Mulligan, M. (2018). *Documentation for the Co\$tingNature Model V3*. King's College London. <http://www.policysupport.org/costingnature>
- Mulligan, M. (2015). *WaterWorld and Co\$ting Nature: Web-Based Policy Support Systems*. Paper presented at the 2015 AAAS Annual Meeting, San Jose, CA, USA. <https://aaas.confex.com/aaas/2015/webprogram/Paper14868.html>
- Neugarten, R. A., Honzak, M., Carret, P., Koenig, K., Andriamaro, L., Cano, C. A., Grantham, H. S., Hole, D., Juhn, D., McKinnon, M., Rasolohery, A., Steininger, M., Wright, T. M., & Turner, W. R. (2016). Rapid Assessment of Ecosystem Service Co-Benefits of Biodiversity Priority Areas in Madagascar. *PLOS ONE*, 11(12), e0168575. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0168575>
- Obst, C., Hein, L., & Edens, B. (2015). National accounting and the valuation of ecosystem assets and their services. *Environmental and Resource Economics*, 64(1), 1–23. <https://doi.org/10.1007/s10640-015-9921-1>

- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). *On İkinci Kalkınma Planı (2024 - 2028)*. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_11122023.pdf
- Martínez-López, J., Bagstad, K. J., Balbi, S., Magrath, A., Voigt, B., Athanasiadis, I. N., Pascual, M., Willcock, S., & Villa, F. (2019). Towards globally customizable ecosystem service models. *Science of the Total Environment*, 650(2), 2325–2336. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.371>
- ARIES Consortium. (n.d.). *ARIES: Artificial Intelligence for Ecosystem Services*. <https://aries.integratedmodelling.org>
- Pamukçu Albers, P., Lise, Y., Balkız, Ö., Demirbaş Çağlayan, S., & Zeydanlı, U. (2018). *Akdeniz Entegre Orman Yönetimi Projesi: Bir Planlama Aracı Olarak Orman Ekosistemi Ürün ve Hizmetleri*. www.dkm.org.tr
- Co\$tingNature for TNFD*. (n.d.). Retrieved April 26, 2025, from <https://www.policysupport.org/costingnature/CN4TNFD>
- Çiçekalan, B., Özgün, H., & Öztürk, İ. (2023). Ekosistem Hizmetlerinin Sağladığı Doğal Sermaye. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 24(1), 7-16.
- Kalfa, V. R. (2025). Sulak Alanlarda Ekonomik Değerleme. *The Journal of Social Science*, 9(17), 105-119
- Gürlük, S. (2006). Manyas Gölü ve Kuş Cenneti'Nin Cevresel Değerlemesi Uzerine Bir Araştırma (Doctoral dissertation, Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye).
- Bann, C., & Başak, E. (2013a). *Economic Analysis of Fethiye-Göcek Special Environmental Protection Area*. Project PIMS 3697: The Strengthening the System of Marine and Coastal Protected Areas of Turkey.
- Bann, C., & Başak, E. (2013b). *Economic Analysis of Köyceğiz-Dalyan Special Environmental Protection Area*. Project PIMS 3697: The Strengthening the System of Marine and Coastal Protected Areas of Turkey.
- Bann, C., & Başak, E. (2013c). *Economic Analysis of Datça-Bozburun Special Environmental Protection Area*. Project PIMS 3697: The Strengthening the System of Marine and Coastal Protected Areas of Turkey.
- Çağlayan, S.D., Balkız, Ö., Arslantaş, F., Sanalan, K.C., Lise, Y., Zeydanlı, U. 2020. *Şehir Planlama Aracı Olarak Ekosistem Hizmetleri: Çankaya İlçesi Örneği* (236 sayfa). Ankara: Doğa Koruma Merkezi,
- European Commission (EC) (2013): *Commission Staff Working Document. Technical information on Green Infrastructure (GI)*. Brussels, 6.5.2013. SWD (2013) 155 final. Çeviri: DKM, 2019. <https://www.dogavesehirler.org/yayinlar>
- Uçar, E. S. (2021). Kentsel yeşil alanların ekosistem hizmetleri kapsamında değerlendirilmesi: Üsküdar Fethipaşa Korusu örneği (Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Türkiye).
- Ersoy Mirici M., ve Berberoğlu S. (2020). Küresel İklim Değişikliği Çerçevesinde Doğu Akdeniz Bölgesi Ekosistem Hizmetlerinin Karbon Temelli Modellenmesi, *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 39(10).
- Harrison, P. A., Berry, P. M., Simpson, G., Haslett, J. R., Blicharska, M., Bucur, M., ... & Turkelboom, F. (2014). Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. *Ecosystem services*, 9, 191-203.
- Su, Q., Chang, H., & Pai, S. (2022). A Comparative Study of the Resilience of Urban and Rural Areas under Climate Change. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph19158911>.
- Brandon, C., Brandon, K., Fairbrass, A., & Neugarten, R. (2021). Integrating natural capital into national accounts: Three decades of promise and challenge. *Review of Environmental Economics and Policy*, 15(1), 134–153. <https://doi.org/10.1086/713075>

- Capriolo, A., Boschetto, R., Mascolo, R., Balbi, S., & Villa, F. (2020). Biophysical and economic assessment of four ecosystem services for natural capital accounting in Italy. *Ecosystem Services*, 46, 101207. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101207>
- Hein, L., Bagstad, K., Edens, B., Obst, C., De Jong, R., & Lesschen, J. (2016). Defining ecosystem assets for natural capital accounting. *PLOS ONE*, 11(10), e0164460. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164460>
- Hein, L., Bagstad, K., Obst, C., Edens, B., Schenau, S., Castillo, G., Soulard, F., Brown, C., Driver, A., Bordt, M., Steurer, A., Harris, R., & Caparrós, A. (2020). Progress in natural capital accounting for ecosystems. *Science*, 367(6477), 514–515. <https://doi.org/10.1126/science.aaz8901>
- Hein, L., Remme, R., Schenau, S., Bogaart, P., Lof, M., & Horlings, E. (2020). Ecosystem accounting in the Netherlands. *Ecosystem Services*, 44, 101118. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101118>
- NEA Initiative. (n.d.). *Home - NEA Initiative*. Erişim 27 Nisan, 2025, <https://www.ecosystemassessments.net/>
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı. (2023). *İstanbul Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı (SECAP)*. <https://cevre.ibb.istanbul/wp-content/uploads/2024/03/SECAP-TR-1.pdf>
- Maes, J., Egoh, B., Willemsen, L., Liqueste, C., Vihervaara, P., Schägner, J. P., Grizzetti, B., Drakou, E. G., Notte, A. La, Zulian, G., Bouraoui, F., Luisa Paracchini, M., Braat, L., & Bidoglio, G. (2012). Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1(1), 31–39. <https://doi.org/10.1016/J.ECOSER.2012.06.004>
- Maes, Joachim., Fabrega, Nina., Zulian, Grazia., Barbosa, Ana., Vizcaino, Pilar., Ivits, Eva., Polce, Chiara., Vandecasteele, Ine., Rivero, I. M. ., Guerra, Carlos., Perpiña Castillo, Carolina., Vallecillo, Sara., Baranzelli, Claudia., Barranco, Ricardo., Batista e Silva, Philippe., Jacobs-Crisoni, Chris., Trombetti, Marco., & Lavalley, Carlo. (2015). *Mapping and assessment of ecosystems and their services: trends in ecosystems and ecosystem services in the European Union between 2000 and 2010*. Publications Office of the European Union.
- Schröter, M., Albert, C., Marques, A., Tobon, W., Lavorel, S., Maes, J., Brown, C., Klotz, S., & Bonn, A. (2016). National Ecosystem Assessments in Europe: A review. *BioScience*, 66(10). <https://doi.org/10.1093/biosci/biw101>
- Sumarga, E., Hein, L., Edens, B., & Suwarno, A. (2015). Mapping monetary values of ecosystem services in support of developing ecosystem accounts. *Ecosystem Services*, 12, 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.02.009>
- UK National Ecosystem Assessment. (2011). *UK National Ecosystem Assessment Technical Report*. <http://uknea.unep-wcmc.org/>
- Vallecillo, S., La Notte, A., Zulian, G., Ferrini, S., & Maes, J. (2019). Ecosystem services accounts: Valuing the actual flow of nature-based recreation from ecosystems to people. *Ecological Modelling*, 392, 196–211. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.09.023>
- Wilson, L., Mapendembe, A., Booth, H., Brown, C., & Tierney, M. (2014). *The Role of National Ecosystem Assessments in Influencing Policy Making* (OECD Environment Working Papers, Vol. 60). <https://doi.org/10.1787/5jxvl3zsbhkk-en>
- Yıldırak, K., & Seyhun, Ö. K. (2025). Refining ESG models: embedding natural capital valuation beyond box-ticking compliance towards confronting planetary boundaries. IFC Bulletins chapters, 63.

Döviz Kurunun Üretici Fiyatları Enflasyonu Oynaklığı Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği

Emre ÜRKMEZ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi / Dr. Öğr. Üyesi

emre.urkmez@erdogan.edu.tr

Orcid No: 0000-0002-2171-5027

Özet

Gelişmekte olan ülkelerde enflasyon ile döviz kurları arasında güçlü bir ilişki vardır. Türkiye gibi enflasyon hedeflemesi uygulayan ülkeler için döviz kurunun yurt içi üretici fiyatları üzerindeki etkisini analiz etmek önemli hale gelmiştir. Türkiye'nin ihracat yapmak için enerji ve ara mallarda ithalata bağımlılığı yüksektir. Bundan dolayı döviz kurunda meydana gelen artışlar yurt içi üretici fiyatları enflasyonuna doğru geçiş etkisini artırır. Bu çalışmada Türkiye'de dolar kurundaki (DK) artışın üretici fiyat enflasyonu (UFE) oynaklığı üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Çalışmada üretici fiyatlarının oynaklığı 2013 Ocak ile 2024 Ekim yılları arasında aylık verilerle GARCH-X (1,1) modeli tahmin edilmiştir. Dolar kuru değişkeni tahmin edilen GARCH-X (1,1) modelinin varyans denkleminde eksojen bir değişken olarak ilave edilmiştir. Çalışmadaki ampirik bulgular dolar kurundaki artışın üretici fiyat enflasyonunun oynaklığını çok güçlü artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar sözcükler: Döviz Kuru, Enflasyon, Oynaklık, GARCH

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Emre ÜRKMEZ, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi.

Atıf / Citation: ÜRKMEZ E., (2025). Döviz Kurunun Üretici Fiyatları Enflasyonu Oynaklığı Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği. *İstatistik Araştırma Dergisi*, 15 (1), 41-51.

The Effect of Exchange Rate on Producer Price Inflation Volatility: The Case of Turkey

Abstract

There is a strong relationship between inflation and exchange rates in developing countries. For countries such as Turkey that implement inflation targeting, analyzing the effect of exchange rates on domestic producer prices has become important. Turkey has a high dependency on imports of energy and intermediate goods for exports. Therefore, increases in exchange rates increase the pass-through effect towards domestic producer price inflation. In this study, the effect of the increase in the dollar exchange rate (DK) on the volatility of producer price inflation (PPI) in Turkey has been analyzed. In the study, the volatility of producer prices has been estimated with the GARCH-X (1,1) model with monthly data between January 2013 and October 2024. The dollar exchange rate variable has been added to the variance equation of the estimated GARCH-X (1,1) model as an exogenous variable. The empirical findings in the study have reached the conclusion that the increase in the dollar exchange rate has increased the volatility of producer price inflation very strongly.

Keywords: *Exchange Rate, Inflation, Volatility, GARCH*

1. Giriş

Küreselleşen ekonomi ve giderek artan dış ticaret hacimleri, döviz kuru fiyatlarını makro ekonomik göstergeler üzerindeki etkilerini belirgin hale getirmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde döviz kurunda meydana gelen dalgalanmaların üretici fiyatları enflasyonu üzerindeki etkisi yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Dornbusch, 1987; Ito ve Sato, 2008). Türkiye gibi dışa açık ve döviz kuru oynaklıklarına duyarlı ekonomilerde döviz kurundaki dalgalanmaların üretici fiyatlarına doğrudan bir geçiş etkisi vardır (Altunöz, 2020; Baş ve Kara, 2020). Bu geçiş etkisinin anlaşılması hem politika yapıcıları hem de dış ticaret yapan firmalar için kritik öneme sahiptir.

Döviz kuru bir ülkenin yerel para biriminin yabancı para birimleri karşısındaki değerini ifade eder. Döviz kurunda meydana gelen fiyat hareketleri ekonomik aktörlerin dış ticaret, yatırım ve borçlanma gibi kararlarında belirleyici bir rol oynar (Taylor, 1995; Frieden, 2009). Döviz kuru dalgalanmaları, ithalat ve ihracat maliyetleri aracılığıyla yurt içi üretici fiyatları seviyesini doğrudan etkileyebilir. Bu durum ithalata dayalı üretim yapan ülkelerde, üretici fiyat enflasyonunun döviz kuru hareketlerinden etkilenebilmesine yol açar. Türkiye ithal girdilere yüksek oranda bağımlı bir üretim yapısına sahip olması nedeniyle bu tür etkilerden yoğun bir şekilde etkilenmektedir (Atiyas ve Bakis, 2015). Bu çerçevede, döviz kuru ile üretici fiyatları arasındaki ilişkiyi anlamak makroekonomik istikrarı sağlamak adına oldukça önemlidir.

Döviz kurunun yurt içi üretici fiyat seviyeleri üzerindeki etkisini inceleyen teorik çerçeve "geçiş etkisi" olarak adlandırılmaktadır. Geçiş etkisi teorisi döviz kurunda meydana gelen bir birimlik değişimin yurt içi fiyatlara ne ölçüde ve ne hızda yansıdığını açıklamaktadır (Choudhri ve Hakura, 2006). Döviz kuru geçiş etkisinin büyüklüğü ve hızı ülkelerin ekonomik yapısına, piyasa koşullarına ve para politikalarına bağlı olarak farklılık gösterebilir. Gelişmiş ülkelerde genellikle daha düşük olan bu geçiş etkisi, gelişmekte olan ülkelerde daha belirgin ve güçlü bir şekilde gözlemlenmektedir. Türkiye yüksek enflasyon geçmişi ve döviz kuru oynaklığı nedeniyle bu bağlamda dikkat çekici bir örnek oluşturmaktadır.

Türkiye’de döviz kurlarından yurt içi üretici fiyatları enflasyonu üzerindeki geçiş etkisi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Leigh ve Rossi, 2002). İlk olarak, Türkiye’nin dış ticaret yapısı, ithal malların üretim sürecindeki payı ve nihai tüketim mallarının ithalata bağımlılığı bu ilişkinin temel belirleyicilerinden biridir. İkinci

olarak, para politikalarının döviz kuru dalgalanmalarına verdiği tepkiler, fiyatların nasıl şekillendiği üzerinde doğrudan etkili olabilmektedir. Türkiye'de özellikle serbest kur rejimine geçiş sonrasında döviz kuru oynaklıkları artmış ve bu durum üretici fiyatlarında belirgin dalgalanmalara neden olmuştur.

Döviz kurundaki değişimlerin yurt içi üretici fiyatlarına etkisi yalnızca iktisadi açıdan değildir. Aynı zamanda politik ve sosyal açılardan da önem arz etmektedir (Guzman vd., 2018). Döviz kurundaki ani dalgalanmalar işletmelerin maliyet yapılarını ve kârlılık oranlarını doğrudan etkileyerek ekonomik belirsizliklere yol açabilir. Bu durum yatırım kararlarını erteleyen ve iş gücü piyasalarında olumsuz etkiler yaratan bir döngünün oluşmasına neden olabilir. Aynı zamanda üretici fiyatlarının tüketici fiyatlarına yansımaları, halkın satın alma gücünü ve refah düzeyini etkileyerek toplumsal huzursuzluklara neden olabilir. Dolayısıyla, döviz kuru ve üretici fiyatları arasındaki ilişkiyi anlamak, yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda toplumsal istikrar açısından da kritik bir öneme sahiptir.

Bu çalışma, Türkiye'de döviz kurlarındaki dalgalanmaların üretici fiyat enflasyonu üzerindeki oynaklığını analiz etmek amaçlanmıştır. Bu amaçla üretici fiyatları enflasyonunun oynaklığı 2013 Ocak ile 2024 Ekim dönemleri arasında aylık veriler kullanılarak GARCH-X modeli ile incelenmiştir. Literatürde döviz kuru geçiş etkisini inceleyen birçok çalışma bulunmasına rağmen bu etkilerin yurt içi üretici fiyatları enflasyon oranlarının oynaklığı boyutuna odaklanan araştırmalar sınırlıdır. Üretici fiyatları enflasyonunun oynaklığı ekonomik aktörlerin belirsizlik algısını artırarak fiyatlama davranışlarını ve enflasyon beklentilerini şekillendiren önemli bir faktördür (Coibion vd., 2020). Türkiye gibi yüksek oynaklık düzeyine sahip ekonomilerde bu etkiyi anlamak ve ölçmek, daha etkin para politikaları geliştirilmesi için önemli bir bilgi kaynağı sunabilir. Çalışmanın literatüre katkısı Türkiye ekonomisinde döviz kurunda meydana gelen artışların üretici fiyatları enflasyonu üzerindeki etkilerini incelemek ve bu ilişkinin büyüklüğünü ortaya koymaktır.

Çalışmanın geri kalan kısımlarında, ikinci bölümde döviz kuru değişimlerinin enflasyon üzerindeki etkisini analiz eden literatür çalışmaları özetlenmiştir. Üçüncü bölümde analizlerde kullanılan veri seti ve ekonometrik metodoloji anlatılmıştır. Dördüncü bölümde tahmin edilen ekonometrik modelin bulguları yorumlanmıştır. Beşinci bölümde ampirik bulgular değerlendirilmiş ve tartışılmıştır.

2. Literatür

Bu çalışmada, döviz kuru değişimlerinin üretici fiyat enflasyonu üzerindeki etkileri ithalat bağımlılığı ve geçiş etkisi teorisi gibi faktörlere dayalı olarak ele alınmıştır. Literatürde döviz kuru değişimlerinin yurtiçi üretim fiyatları enflasyonu arasındaki ilişkiyi anlamak için farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu çalışmada sadece Türkiye için yapılmış çalışmalar özetlenmiştir.

Rittenberg (1992) çalışmasında 1980'li yıllarda Türkiye'deki döviz kuru değişimleri ile fiyat seviyesi değişimleri arasındaki ilişkiyi Granger nedensellik testlerini kullanarak analiz etmiştir. Granger nedensellik test sonuçlarına göre fiyat seviyesi değişimlerinden döviz kuru değişimlerine doğru tek yönlü bir Granger nedensellik ilişkisi olduğunu elde etmiştir. Analiz edilen dönemde Türkiye'de döviz kuru ayarlamasının enflasyona yol açmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Volkan vd., (2007), 1994-2002 dönemleri boyunca döviz kurunda meydana gelen değişimin yurtiçi üretici fiyatları enflasyonu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Özellikle, döviz kurlarının dalgalanmasına izin verilen 2003 öncesi dönemden 2003 sonrası döneme kadar bu etkinin büyüklüğünde bir değişiklik olup olmadığını analiz etmişlerdir. Çalışmanın bulguları üretici fiyat endeksinin genel enflasyon oranlarını belirlemede, 2003 sonrası dönemde etki büyüklüğünün 2003 öncesi döneme kıyasla neredeyse yarı yarıya azaldığını göstermişlerdir. Ayrıca, döviz kuru geçiş etkisinin yurt içi fiyatlarını azalttığı, 2003 sonrası tüketici fiyat enflasyonunda %25'lik bir düşüşle desteklediği göstermişlerdir. Sonuç olarak döviz kuru değişikliklerinin yurt içi enflasyonist sürece olan etkisinin dikkate alınması, Türk ekonomisi için para politikaları oluşturulurken önemli olduğunu belirlemişlerdir. Kara ve Ögünç (2008) çalışmasında enflasyon hedeflemesi rejimi uygulandıktan sonra Türkiye ekonomisinde döviz kuru geçişinin azaldığını göstermişlerdir. Enflasyon hedeflemesi öncesi ve sonrası dönemler için VAR modelinden elde edilen etki-tepki grafiklerini karşılaştırmışlardır. İncelenen dönemde döviz kuru geçişinin hızlı ve yüksek olduğunu ancak 2001'de enflasyon hedeflemesinin benimsenmesinden bu yana zayıfladığını ortaya koymuşlardır. Kara ve Ögünç (2012) çalışmasında 2002-2011 dönemleri arası dolar kurunun tüketici fiyatları üzerindeki geçiş etkisini VAR modeli ile analiz etmişlerdir. Çalışmanın bulguları tüketici fiyatları üzerindeki geçişkenliğin dolar kuru kadar büyük olduğunu bulmuşlardır. Ergin (2015) çalışmasında 2005-2014 yılları arası döviz kurları ile enflasyon oranları arasındaki ilişkiyi VAR modeli ile analiz etmişlerdir. Analiz edilen dönemde döviz kuru değişimlerinin TÜFE üzerindeki geçişkenliğinin başlarda büyük olduğu sonrasında zayıfladığını tespit etmiştir. Alptekin vd., (2016) çalışmasında 2005-2015 dönemleri arası dolar kurunun ÜFE ve TÜFE fiyatlarına geçiş etkisini VAR modeli ile incelemiştir. Çalışmanın sonucuna göre döviz kurundan fiyatlara geçiş etkisinin ÜFE ve TÜFE için farklı büyüklükte olduğunu tespit etmişlerdir. Döviz kurundan meydana gelen değişimin tüketici fiyatlarının verdiği tepkinin üretici fiyatlarına göre verdiği tepkiye göre daha düşük olduğunu

elde etmişlerdir. Tümtürk (2017) çalışmasında, 1994 ile 2016 dönemleri arası döviz kurunda ani değişimlerin enflasyon hedeflemesi öncesi ve sonra dönemde yurtiçi fiyatları üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Çalışmanın sonucuna göre enflasyon hedeflemesi ile birlikte döviz kurundaki dalgalanmaların yurtiçi fiyatlara geçiş etkisinin azalma eğiliminde olduğunu tespit etmiştir. Benk ve Köseahyaoglu (2019) çalışmasında 2005-2018 yılları arası aylık veriler kullanılarak döviz kurundan enflasyona doğru geçiş etkisini Granger nedensellik ve VAR modelleri ile incelemişlerdir. Çalışmanın bulgularına göre tüketici fiyatları ile döviz kuru değişkenleri arasında çift yönlü ancak döviz kurlarından üretici fiyatları enflasyonuna doğru ise tek yönlü Granger nedensellik ilişkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre Türkiye için döviz kurundan fiyatlara doğru geçişkenlik etkisi olduğunu ortaya koymuşlardır. Turgut ve Uçan (2021) çalışmasında 2006-2020 dönemleri arası aylık verilerden yararlanarak döviz kuru fiyatlarının yurtiçi üretim fiyatlarına geçiş etkisini VAR modeli ile analiz etmişlerdir. Ampirik sonuçlar döviz kurunda yaşanan değişimlerin yurt içi üretim fiyatları üzerindeki etkisinin anlamlı ancak analiz edilen dönemde döviz kurunun en çok TÜFE üzerinde etkili olduğunu elde etmişlerdir.

Şanlı (2022) çalışmasında, 2005-2021 yılları arası aylık veriler kullanarak döviz kurunun toptan eşya fiyat endeksi üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmanın sonucuna göre döviz kuru oynaklıklarının ithalat maliyetleri üzerinden ÜFE'yi etkilediğini tespit etmiştir. Ayrıca bu etkinin özellikle enerji ve ara mal fiyatlarındaki artışlardan kaynaklandığını göstermiştir. Şeker (2022) çalışmasında, 2024-2021 dönemleri arası TÜFE, ÜFE ve reel döviz kuru serileri arasındaki ilişkiyi VAR modeli ile incelemiştir. Çalışmanın sonucunda döviz kuru değişimlerinin hem ÜFE hem de TÜFE üzerinde etkili olduğunu bulmuştur. Analiz edilen dönemde döviz kuru değişiminin ÜFE üzerindeki geçiş etkisinin TÜFE'ye kıyasla daha güçlü olduğunu tespit etmiştir. Karabacak (2023) çalışmasında Türkiye'de 2003-2022 yılları arası çeyreklik veriler kullanılarak döviz kurunun geçiş etkisini analiz etmeyi amaçlamıştır. Çalışmanın bulguları enflasyon hedeflemesinden sonraki dönemde döviz kurlarından fiyatlara doğru geçiş etkisinin azaldığını tespit etmiştir.

Geçiş etkisi teorisi döviz kurlarındaki değişimlerin üretici ve tüketici fiyatlarına olan etkisini açıklar. Türkiye'de yapılan çalışmalarda ÜFE üzerindeki geçiş etkisinin TÜFE'ye kıyasla daha hızlı ve daha büyük olduğu ampirik çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bunun temel nedeni, Türkiye'nin üretim sürecinde ithal girdilere olan yüksek bağımlılığıdır. Bu çalışma Türkiye'de döviz kurundaki dalgalanmaların yurt içi üretici fiyatları enflasyonu oynaklığı üzerindeki etkisi GARCH-X modeli ile incelenmiştir. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak GARCH-X modelinin varyans denklemine döviz kuru değişkenini eksojen bir değişken olarak eklenmiş ve oynaklığın büyüklüğü ve dönemleri belirlenerek literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

3. Veri Seti ve Ekonometrik Metodoloji

3.1. Veri Seti

Bu çalışma 2013 Ocak-2024 Ekim yılları arası Türkiye için aylık veriler kullanılarak USD/TRY döviz kurundaki (DK) artışın üretici fiyat endeksi (UFE) oynaklığı üzerindeki etkisi incelenmiştir. ABD merkez bankası (FED) para politikası kurulunun 2013 yılı Mayıs ayındaki toplantısında parasal genişlemenin sınırlanacağı ve faiz artışına yönelik sinyaller verdiğinden dolayı 2013 yılı başlangıç tarihi olarak alınmıştır. Çalışmada kullanılan üretici fiyatları enflasyonu yıllık değişim oranı verisi Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'den ve USD/TRY döviz kuru satış fiyatı verisi Türkiye Cumhuriyet Merkez bankası elektronik veri tabanından elde edilmiştir. Analizlerde kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Özet Tanımlayıcı İstatistikler

	UFE	DK
Ortalama	30.30	9.06
Standart Sapma	35.29	9.18
Minimum	1.69	1.77
Maksimum	157.68	34.23
Çarpıklık	1.98	1.51
Basıklık	6.53	4.04
Jarque-Bera	167.26	60.54
[p-değeri]	0.0000	0.0000

Analiz edilen dönemde üretici fiyat enflasyonu ortalaması 30.30 ve USD/TRY döviz kuru ortalaması ise 9.06'dır. Standart sapma değerlerine göre oynaklığı en yüksek olan seri üretici fiyat enflasyonudur. Çarpıklık ve basıklık değerleri referans değerler olan 0 ve 3 değerlerinden büyüktür. UFE ve DK serilerinin çarpıklık değerleri pozitif olduğundan dağılımlarının sağa çarpık olduğunu gösterir. Basıklık değerleri ise 3 referans değerinden büyük olduğundan dolayı bu serilerin normal dağılıma göre daha sivri bir dağılıma sahip olduğuna işaret eder.

3.2. Ekonometrik Metodoloji

Bu çalışmada, USD/TRY döviz kurundaki artışların üretici fiyat enflasyonunun oynaklığı üzerindeki etkisini analiz etmek amacıyla geleneksel genelleştirilmiş otoregresif koşullu varyans (GARCH) modelini temel alan GARCH-X modeli tahmin edilmiştir. Engle (1982) tarafından geliştirilen GARCH modeli, otoregresif koşullu varyans (ARCH) modelinin genelleştirilmiş bir versiyonudur. ARCH ailesi modellerinden biri olan GARCH modeli, Bollerslev (1986) tarafından geliştirilmiştir. GARCH-X modeli, iki temel denklemden oluşur: koşullu ortalama ve koşullu varyans denklemleri. Bu model geleneksel GARCH modelindeki koşullu varyans denklemine ekzojen değişkenlerin dahil edilmesine olanak tanır. Bu yaklaşım Engle, Ng ve Rotchild (1990) ve Apergis ve Apergis (2020) çalışmalarında da ele alınmıştır. Bu çalışmada tahmin edilen GARCH-X modelinin varyans denklemine USD/TRY döviz kuru serisi, ekzojen bir değişken olarak eklenmiştir. Bir zaman serisinin oynaklığını modellemek için yapılması gereken ilk adım bu serinin otoregresif (AR) ve hareketli ortalama (MA) bileşenlerini içeren bir otoregresif hareketli ortalama (ARMA) modelinin tahmin edilmesidir. Üretici fiyat enflasyonu (ÜFE) serisinin bağımlı değişken olarak kullanıldığı ARMA (p, q) modeli aşağıdaki gibi yazılır:

$$\Delta UFE_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta UFE_{t-i} + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i} + u_{t1} \quad (1)$$

Denklem (1)'de β_0 katsayısı serinin uzun dönem ortalamasını, β_i katsayıları otoregresif katsayıları serinin geçmiş değerleri cari değerini nasıl etkilediğini, α_i katsayıları hareketli ortalama katsayıları serinin geçmiş şoklarının cari değeri üzerindeki etkisini ve u_{t1} hata terimini gösterir (Brooks, 2019). GARCH-X modelinde ortalama denklemi Denklem (1)'deki gibi yazılabilir. Bu modelin birinci adımında ortalama denklemi CLS tabanlı tahmin edici kullanılarak tahmin edilir. Koşullu ortalama denklemindeki AR ve MA değişkenlerinin optimal gecikme uzunlukları Akaike ve Schwarz bilgi kriterleri yardımıyla belirlenir. Ayrıca koşullu ortalama denkleminde gecikme uzunlukları belirlenirken AR ve/veya MA katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olması gerekir. İkinci adımda GARCH-X modelinde varyans denklemi Denklem (2)'deki gibi yazılır:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (2)$$

Burada σ_t^2 t dönemindeki koşullu varyansı, α_0 katsayısı uzun dönemli varyansı, α_i katsayıları önceki dönemdeki hata teriminin karesinin cari dönemdeki varyansa etkisini ve β_j katsayıları ise geçmiş dönemdeki koşullu varyansın mevcut varyansa etkisini gösterir. Çalışmada koşullu varyans denklemine USD/TRY döviz kuru (DK) değişkeni ekzojen değişken olarak eklenerek Denklem (3)'deki gibi yeniden yazılır:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 + \gamma DK_t \quad (3)$$

Denklem (3) yer alan katsayılar için $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$, $\beta_j \geq 0$ ve $(\alpha_i + \beta_i) < 1$ kısıtlamalarını sağlaması gerekir. Koşullu varyans denklemindeki α_i katsayıları serideki kısa vadeli şokların etkisini ölçer (Enders, 2014). Büyük bir α değeri piyasanın kısa dönemli haberlere duyarlı olduğuna işaret eder. Koşullu varyans denklemindeki β_j katsayıları uzun dönemli oynaklığın kalıcılığını gösterir ve β değerinin büyük olması şokların etkisinin uzun dönem boyunca devam edeceğini ifade eder. $(\alpha + \beta)$ toplamının 1 değerine yakın olması oynaklığın uzun süre kalıcı olacağına, 1 değerinden küçük olması ise oynaklığın zamanla azalarak uzun dönemde kararlı bir değere ulaşacağını gösterir.

4. Ampirik Bulgular

Çalışmada üretici fiyat endeksinden elde edilen yıllık yüzde değişim oranları kullanılmıştır. USD/TRY döviz kurunun ise doğal logaritması alınmıştır. Analizlere geçmeden önce değişkenler arasındaki doğrusal Pearson korelasyon değerlerine bakılmış ve sonuçlar Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Değişkenler arasındaki korelasyon matrisi

	UFE	LDK
UFE	1.00	
LDK	0.68	1.00

Üretici fiyatları enflasyonu ile USD/TRY döviz kuru arasında doğru yönlü ve güçlü bir ilişki vardır. Türkiye’de Dolar kuru yükseldikçe yurt içinde üretilen mal ve hizmetlerin girdi maliyetleri yükseleceğinden bu durum üreticilerin mal ve hizmetlerini daha pahalı hale getirir ve üretici enflasyonun artmasına yol açar.

Sonrasında ARMA (p,q) modelinin tahmininden önce serilerin durağanlık analizleri genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF, 1979) ve Phillips-Perron (PP, 1988) testleri kullanılarak yapılmış ve bulgular Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3. Durağanlık testi sonuçları

Seriler	ADF		PP	
	Düzey	Birinci Fark	Düzey	Birinci Fark
UFE	-3.07 (3) [0.1165]	-4.11 (2) [0.0013]***	-2.24 (7) [0.4634]	-5.41 (2) [0.0000]***
LDK	-1.45 (2) [0.8403]	-8.53 (1) [0.0000]***	-1.45 (5) [0.8391]	-7.36 (11) [0.0000]***

Not: Parantez içerisindeki değerler ADF birim kök testi için Akaike bilgi kriteri (AIC) tarafından seçilen optimal gecikme uzunluğunu ve PP birim kök testi için ise Newey-West bant genişliğini gösterir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. ***: $p < 0.01$.

Birim kök testi sonuçlarına göre üretici fiyatları enflasyonu ile USD/TRY döviz kuru fiyat serilerinin birinci farklarında durağan olduğu tespit edilmiştir.

Analizin üçüncü aşamasında üretici fiyatları enflasyonu için en başarılı ARMA (p,q) modeli tahmin edilmiştir. ARMA (p,q) modelinin AR ve MA değişkenlerinin gecikme uzunlukları Akaike bilgi kriteri tarafından belirlenmiştir. Alternatif ARMA (p,q) modelleri tahmininde AR ve MA değişkenlerinin katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu model tercih edilmiştir. Ayrıca uygun olarak seçilen ARMA (p,q) modelinin kalıntılarında

otokorelasyon sorunu olmamasına dikkat edilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre en iyi model ARMA (3,3) modelidir ve sonuçlar Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. ARMA (3,3) Modeli tahmin sonuçları

Bağımlı Değişken: DUFE	Katsayı	t-istatistiği	Olasılık değeri
C	0.3163	0.3017	0.7633
AR(1)	1.2082	11.1675***	0.0000
AR(2)	-1.1754	-10.6200***	0.0000
AR(3)	0.4047	3.9144***	0.0000
MA(1)	-0.4176	-3.9454***	0.0000
MA(2)	0.5325	5.5911***	0.0000
MA(3)	0.4881	4.7293***	0.0000
Diagnostik testler		Test istatistiği	Olasılık değeri
ARCH (1) testi		19.4762***	0.0000
Ljung-Box Q(10) istatistiği		2.5007	0.6450

Not: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

ARMA (3,3) modeli tahmin sonuçlarına göre AR ve MA değişkenlerinin katsayıları %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Ljung-Box istatistiğine göre ARMA (3,3) modelinin kalıntılarında otokorelasyon sorunu yoktur. Ancak ARMA (3,3) modelinin kalıntılarında ARCH (1) etkisi tespit edilmiştir. Bu modelin kalıntılarında ARCH etkisinin olması üretici fiyatları serisinin oynaklığının ARCH ailesi modelleri ile modellenebileceğini gösterir.

Analizin dördüncü aşamasında dolar kurunun üretici fiyatları enflasyonunun oynaklığı üzerinde etkisini olup olmadığı analiz etmek amacıyla GARCH-X (1,1) modeli tahmin edilmiştir. Tahmin edilen modelin bulguları Tablo 5'te özetlenmiştir.

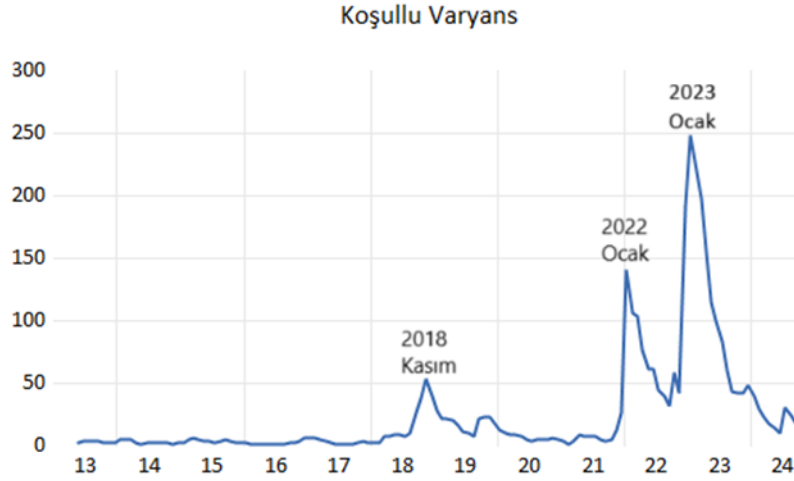
Tablo 5. GARCH-X (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: DUFE	Katsayı	z-İstatistiği	Olasılık değeri
Ortalama Denklemi			
C	0.0169	0.0451	0.9640
AR(1)	0.3570	1.3572	0.1747
AR(2)	0.7933	4.2589***	0.0000
AR(3)	-0.3670	-2.6070***	0.0091
MA(1)	0.4576	1.4282	0.1532
MA(2)	-0.7956	-2.7089***	0.0067
MA(3)	-0.2887	-1.5323	0.1254
Varyans Denklemi			
C	0.0117	0.0951	0.9242
ε_{t-1}^2	0.3111	2.8722***	0.0041
σ_{t-1}^2	0.7151	13.8741***	0.0000
DLDK	23.1773	2.6685***	0.0076
Diagnostik Testler			
ARCH LM (1) testi		0.2568	0.6123
Q (10)		4.04	0.2060
Q (20)		7.85	0.3552
Jarque-Bera testi		31.5829***	0.0000

Not: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

GARCH-X (1,1) modelini yorumlamadan öncelikle tahmin edilen modelin diagnostik testlerini değerlendirilmesi önemlidir. Başlangıçta tahmin edilen GARCH-X (1,1) modelinin kalıntılarında ARCH etkisinin var olup olmadığı ARCH LM testi ile incelenmiştir. Tahmin edilen modelde ARCH etkisinin varlığı 12'nci gecikmeye kadar test edilmiş ve ARCH etkisinin olmadığı sıfır hipotezi reddedilememiştir. GARCH-X (1,1) modelinin kalıntılarında ARCH etkisinin olmaması üretici fiyatları enflasyonu serisinde bulunan koşullu değişen varyansı ortadan kaldırdığını göstermektedir. Daha sonrasında tahmin edilen GARCH-X (1,1) modelinin standartlaştırılmış artıklarında Ljung-Box Q testi kullanılarak 10'nci ve 20'nci gecikmelerde otokorelasyonun varlığı test edilmiştir. Test sonucuna göre bu gecikmelerde otokorelasyon sorun yoktur. Son olarak Jarque-Bera testi kullanılarak tahmin edilen modelin hata terimlerinin normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Jarque-Bera test sonucuna göre hata terimlerinin normal dağılıma uymadığı tespit edilmiştir.

GARCH-X (1,1) modelinin varyans denklemindeki tüm katsayılar %1 anlamlılık düzeyine göre istatistiksel olarak anlamlıdır. Koşullu varyans denklemindeki ε_{t-1}^2 katsayısı önceki dönemde meydana gelen şokların mevcut dönemdeki oynaklık üzerindeki etkisini ölçmektedir. $\beta_1 = 0.3111$ olması şokların mevcut oynaklığı artırma etkisinin orta düzeyde olduğunu göstermektedir. $\alpha_1 = 0.7151$ olması ise oynaklığın oldukça kalıcı olduğunu ancak zamanla azaldığını ifade etmektedir. $\beta_1 + \alpha_1$ katsayı toplamının birden büyük olması şokların etkisinin çok uzun süre devam edeceğini hatta varyansın kararlı bir seviyeye ulaşmakta zorlanabileceğini işaret etmektedir. γ katsayısı ise dolar kuru değişiminin oynaklık üzerindeki etkisini ifade eder. $\gamma = 23.1773$ olması dolar kurundaki değişimlerin oynaklığı çok güçlü bir şekilde artırdığını göstermektedir. Son olarak tahmin edilen GARCH-X (1,1) modelinden hareketle koşullu varyans serisi oluşturulmuştur. Grafik 1 döviz kurunda meydana gelen değişimin üretici fiyatları enflasyonu üzerindeki oynaklık serisini göstermektedir.



Grafik 1. Üretici Fiyatları Enflasyonunun Koşullu Varyansı

Analiz edilen dönemde üretici fiyatları enflasyonunun koşullu varyans grafiği incelendiğinde en yüksek oynaklığın 2023 yılı Ocak ayında görülmüştür. Türkiye’de bu tarihte oynaklığın yüksek olmasının temel nedenleri içsel ve dışsal şokların bir araya gelmesi olabilir. Döviz kurunda meydana gelen fiyat hareketleri, Rusya-Ukrayna savaşının enerji fiyatlarında meydana getirdiği artışlar, tedarik zinciri sorunları gibi faktörler üretici maliyetlerini arttırarak üretici fiyatları enflasyonunu etkiler. Ayrıca, Türkiye'nin ihracat yapısının ithalata bağımlı olması bu tür oynaklıkların daha güçlü bir şekilde hissedilmesine yol açar. Etkili bir para politikası ve arz yönlü reformlar, bu tür oynaklıkların azaltılmasında önemli rol oynayabilir.

5. Sonuç

Bu çalışma, 2013 Ocak ve 2024 Ekim dönemleri arasında Türkiye'deki USD/TRY dolar kurundaki değişimlerin yurt içi üretici fiyatları enflasyonunun oynaklığı üzerindeki etkisini analiz etmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda, döviz kurundaki değişimin üretici fiyatları üzerindeki etkisini analiz etmek için GARCH-X (1,1) modeli kullanılmıştır. Bu modelin koşullu varyans denkleminde dolar kuru değişkeni eksojen bir değişken olarak dahil edilmiş ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre dolar kurundaki değişimlerin, yurt içi üretici fiyatları enflasyonunda güçlü bir oynaklık artışına yol açtığı tespit edilmiştir. Bu durum döviz kuru değişimlerinin ithalat maliyetleri, üretim girdileri ve dolaylı olarak tüketici fiyatları üzerindeki etkisini gösterir.

Döviz kurlarındaki dalgalanmalar ithalat ağırlıklı bir üretim yapısına sahip olan Türkiye gibi gelişmekte olan ekonomilerde, maliyet enflasyonunun temel belirleyicisi olabilmektedir. Sonuç olarak dolar kurundaki ani değişimlerin özellikle enerji ve hammadde maliyetlerini artırarak yurt içi üretici fiyatları enflasyonunda güçlü bir oynaklığa neden olduğunu göstermiştir. Bu oynaklık, üretim maliyetlerinin önceden tahmin edilmesini güçleştirmekte ve iş dünyasında belirsizliklere yol açmaktadır. Bu belirsizlik durumu Türkiye ekonomisinin dış şoklara karşı savunmasızlığını artıran önemli bir yapısal sorunu işaret etmektedir. Bu çalışmadaki bulgular Kara ve Ögünç (2012), Benk ve Kösekaşyaoğlu (2019), Şanlı (2022) ve Şeker (2022) gibi daha önce yapılmış ampirik çalışmalarla da desteklenmektedir. Türkiye için yapılan çalışmalarda dolar kurundaki değişimin yurt içi üretici fiyatları enflasyonu üzerinde geçiş etkisinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, ithalata dayalı üretim süreçlerinin maliyet enflasyonuna doğrudan katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Son olarak gelecekte yapılacak çalışmalar için bu alanda daha derinlemesine analizlerin gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Örneğin, döviz kurlarındaki değişim ile yurt içi üretici fiyatları enflasyonu arasındaki asimetrik ilişki üssel GARCH (EGARCH) modelleri kullanılarak incelenebilir. Ayrıca, üretici fiyatları enflasyonu ile döviz kurları arasındaki doğrusal ve doğrusal olmayan Granger nedensellik ilişkisi test edilebilir. Bu çalışmaların sadece Türkiye’ye değil, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri kapsayacak şekilde genişletilmesi literatüre önemli katkılar sağlayacaktır. Özellikle panel GARCH modellerinin kullanımı, döviz kuru oynaklığının farklı ülke gruplarındaki etkilerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine olanak tanıyacaktır.

Kaynaklar

- Alptekin, V., Yılmaz, K. Ç., ve Taş, T. (2016). Döviz kurundan fiyatlara geçiş etkisi: Türkiye örneği, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 35, 1-9.
- Altunöz, U. (2020). Pass-through effects of exchange rate on inflation: The case of Turkey. *Journal of Ekonomi*, 2(2), 71-75.
- Apergis, N. ve Apergis, E. (2020). The Role of Covid-19 for Chinese Stock Returns: Evidence from A GARCHX Model. *Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics*, 1-9.
- Atiyas, İ., ve Bakis, O. (2015). Structural change and industrial policy in Turkey. *Emerging Markets Finance and Trade*, 51(6), 1209-1229.
- Baş, G. ve Kara, M. (2020). Exchange rate pass-through on the domestic prices: Evidence from the Turkish economy. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 8(2), 115-125.
- Benk, Havva ve Kösekaşyaoğlu, L. (2019). Türkiye’de döviz kurundan enflasyona geçişkenlik etkisi: 2005-2018 dönemi üzerine bir inceleme. *Uygulamalı Sosyal Bilimler ve Güzel Sanatlar Dergisi*, 1(2), 110-126.
- Box, G. E. P. & Jenkins, G. M. (1976). Time Series Analysis: Forecasting and Control. Revised Edition. CA: Holden-Day.
- Brooks, C. (2019). Introductory Econometrics for Finance. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Choudhri, E. U. ve Hakura, D. S. (2006). Exchange rate pass-through to domestic prices: Does the inflationary environment matter?. *Journal of International Money and Finance*, 25(4), 614-639.
- Coibion, O., Gorodnichenko, Y., Kumar, S., ve Pedemonte, M. (2020). Inflation expectations as a policy tool?. *Journal of International Economics*, 124, 1-27.
- Dickey, D. A. & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431.
- Dornbusch, R. (1987). Exchange Rates and Prices. *American Economic Review, American Economic Association*, 77(1), 93-106.
- Enders, W. (2014). Applied Econometric Time Series. New York: John Wiley & Sons.
- Engle, R. F., Ng, V. K., ve Rothschild, M. (1990). Asset Pricing with a Factor-ARCH Covariance Structure: Empirical Estimates for Treasury Bills. *Journal of Econometrics*, 45 (2), 213-237.
- Ergin, A. (2015). Döviz kuru ve enflasyon arasındaki geçiş etkisi: Türkiye örneği. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(3), 13-29.
- Frieden, J. A. (2009). Invested interests: the politics of national economic policies in a world of global finance. *International Organization*, 45(4), 425-451.
- Guzman, M., Ocampo, J. A., ve Stiglitz, J. E. (2018). Real exchange rate policies for economic development. *World Development*, 110, 51-62.
- Ito, T., ve Sato, K. (2008). Exchange Rate Changes and Inflation in Post-Crisis Asian Economies: Vector Autoregression Analysis of the Exchange Rate Pass-Through. *Journal of Money, Credit and Banking*, 40(7), 1407-1438.
- Kara, H ve Ögünç, F. (2008). Inflation targeting and exchange rate pass-through: The Turkish experience. *Emerging Markets Finance and Trade*, 44(6), 52-66.
- Kara, H., ve Ögünç, F. (2012). Döviz kuru ve ithalat fiyatlarının yurt içi fiyatlara etkisi. *İktisat İşletme ve Finans Dergisi*, 27(317), 09-28.

- Karabacak, M. (2023). Türkiye’de enflasyonun dinamikleri ve döviz kurunun yurtiçi fiyatlara geçiş etkisi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(1), 252-270.
- Leigh, D. ve Rossi, M. Exchange Rate Pass-Through in Turkey (November 2002). IMF Working Paper No. 02/204, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=880852>
- Phillips, P. C. B. & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335–346.
- Rittenberg, R. (1992), Exchange rate policy and price level changes: Casualty tests for Turkey in the post-liberalisation period, *The Journal of Development Studies*, 29(2), 245-259.
- Şanlı, O. (2022). Döviz kuru dalgalanmalarının enflasyona etkisi: Türkiye örneği. *ODÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 12(3), 2487-2514.
- Şeker, H. (2022). Türkiye’de kur-enflasyon geçişkenliği üzerine ekonometrik bir analiz. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(1), 131-142.
- Taylor, M. P. (1995). The economics of exchange rates. *Journal of Economic Literature*, 33(1), 13-47.
- Turgut, E., ve Uçan, O. (2021). Döviz kurunun yurtiçi fiyatlara geçişi: Türkiye örneği. *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(1), 124-143.
- Tümtürk, O. (2017). Türkiye’de döviz kurlarının yurtiçi fiyatlara geçiş etkisi ve enflasyon hedeflemesi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 24(3), 837-855.

Türkiye Ekonomisinde Enflasyon Yapışkanlığı: Güncel Birim Kök Testlerinden Kanıtlar

Atilla AYDIN

İstanbul Gelişim Üniversitesi / Dr. Öğr. Üyesi

ataydin@gelisim.edu.tr

Orcid No: 0000 0002 9265 5930

Özet

Türkiye ekonomisinde enflasyon meselesi, 1970’li yıllardan günümüze en önemli makroekonomik sorunlardan biri olarak değerlendirilmektedir. 1980 yılından itibaren yaşanan küreselleşme ve liberalleşme süreci, enflasyon konusunu ön plana çıkarmıştır. Yüksek enflasyonla mücadele sürecinde enflasyon yapışkanlığı olgusu, uygulanacak iktisat politikalarının maliyeti açısından önem arz etmektedir. Enflasyon yapışkanlığının mevcut olması, enflasyonla mücadele politikalarının maliyetini yükseltmekte ve politikaların etkinliğini azaltmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye ekonomisinde enflasyon yapışkanlığının bulunup bulunmadığının araştırılmasıdır. Çalışmanın veri aralığı, 2005 Ocak ayı ile 2025 Ocak ayı arasındaki dönem olarak belirlenmiştir. Çalışmada yöntem olarak; yapısal kırılmalı, RALS, Fourier fonksiyonlarına dayalı birim kök ve durağanlık testleri uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre enflasyon serisi doğrusal olmayan bir yapı sergilemektedir. Bu bağlamda doğrusal olmama durumunu dikkate alan birim kök testlerinden elde edilen bulgular esas alınmıştır. Söz konusu bulgulara göre Türkiye ekonomisi için enflasyon yapışkanlığının bulunduğu tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Enflasyon yapışkanlığı, Birim kök testleri, Yapısal kırılma, Doğrusallık

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Atilla AYDIN, İstanbul Gelişim Üniversitesi.

Atıf / Citation: AYDIN A., (2025). Türkiye Ekonomisinde Enflasyon Yapışkanlığı: Güncel Birim Kök Testlerinden Kanıtlar. *İstatistik Araştırma Dergisi*, 15 (1), 52-64.

Inflation Inertia in the Turkish Economy: Evidence from Recent Unit Root Tests

Abstract

Inflation has been one of the most important macroeconomic problems in the Turkish economy since the 1970s. Since 1980, the globalization and liberalization process has brought the issue of inflation to the forefront. In the process of combating high inflation, the phenomenon of inflation inertia is important in terms of the cost of economic policies to be implemented. The existence of inflation stickiness increases the cost of anti-inflation policies and reduces the effectiveness of the policies. The aim of this study is to investigate whether there is inflation inertia in the Turkish economy. The data range of the study is set as the period between January 2005 and January 2025. In the study, unit root and stationarity tests based on structural break, RALS, Fourier functions were applied. According to the results of the study, the inflation series exhibits a nonlinear structure. In this context, the findings obtained from unit root tests that take into account the nonlinearity are taken as basis. According to these findings, inflation inertia is found to exist for the Turkish economy.

Keywords: Inflation inertia, Unit root tests, Structural break, Linearity

1. Giriş

Türkiye ekonomisinde enflasyon meselesi, cumhuriyet tarihi boyunca gündemde olmuştur. İkinci Dünya Savaşı sırasında yükselen enflasyon, Türkiye ekonomisi için ilk şok olarak değerlendirilebilir. 1939-1949 yılları arasında ortalama yıllık enflasyon oranı %14,3 düzeyindedir. 1950-1959 arası yıllık enflasyon ise %8,8'e gerilemiştir. 1960'lı yıllarda uygulanan planlı ekonomi döneminde enflasyon daha da düşmüş ve 1960-1969 döneminde yıllık ortalama %4,4 seviyesinde gerçekleşmiştir (Kılıçbay, 1984: 4-8). Ancak 1970'li yıllarda Türkiye ekonomisi, yüksek enflasyon olgusu ile tekrar karşılaşmıştır. İkinci Dünya Savaşı yıllarındaki enflasyonun savaş koşullarından kaynaklandığı ve savaşın etkileri geçince tekrar fiyat istikrarının sağlandığı söylenebilir. 1970'li yıllarda başlayan enflasyon ise iktisadi bir mesele olup, iç ve dış şoklardan kaynaklanmıştır. 1973-1974 yıllarındaki petrol krizi, 1974 Kıbrıs Barış Harekâtı nedeniyle Türkiye'ye uygulanan ambargo, döviz darboğazı gibi sorunlar çerçevesinde makroekonomik istikrar bozulmuş ve enflasyon sorunu Türkiye'nin önemli bir gündemi hâline gelmiştir (Aydoğan, 2004: 93). 1970-1979 arası yıllık ortalama enflasyon oranı %22 olarak gerçekleşmiştir (WB, 2025).

1980 yılına gelindiğinde dünyadaki iktisadi konjonktüre bağlı olarak Türkiye'de de liberalleşme ve küreselleşme eğilimi başlamıştır. Bu bağlamda 24 Ocak 1980 kararları uygulamaya konmuştur. 24 Ocak Kararlarının temelinde devletin ekonomiye müdahalesinin minimuma indirilmesi düşüncesi yatmaktadır. Ayrıca mal ve hizmet fiyatlarının serbest piyasada oluşması, faiz oranlarının yükseltilmesi, reel ücret gelirlerinin düşürülmesi gibi tedbirler alınmıştır (Çavdar, 2004: 258). Ayrıca ithal ikameci büyüme modeli terk edilerek ihracata dayalı büyüme modeli benimsenmiştir. Kararların en büyük başarısı da ihracat alanında görülmüş ve ihracat 10 yılda 5 katına çıkmıştır. Ancak ekonomik büyüme ihracatla paralel bir seyir izlememiş ve aynı süre içinde iki katına çıkabilmiştir (Boratav, 2015: 211). 24 Ocak Kararları doğrultusunda öncelikle uluslararası mal hareketleri serbest hâle getirilmiş, 1989 yılından itibaren ise uluslararası sermaye hareketleri serbestleştirilmiştir. Sermaye hareketlerinin serbestleşmesiyle birlikte Türkiye ekonomisinin finansal kırılganlığı artmış ve finansal krizlere açık bir iktisadi yapı ortaya çıkmıştır. 1989 yılından itibaren Türkiye'ye akmaya başlayan sıcak para süreci 1994 yılında tersine dönünce ciddi bir finansal kriz yaşanmıştır. 1994 krizini aşmak amacıyla uygulamaya konan 5 Nisan 1994 kararlarıyla Türkiye ekonomisi hızlı bir toparlanma sürecine girmiş, ancak 2000 ve 2001 yıllarında tekrar finansal krizler ortaya çıkmıştır. Makroekonomik istikrarın sağlanmasında güçlük çekilen bu yıllarda; 1980-1989 arası

yıllık ortalama enflasyon %46, 1990-1999 arasında ise %76 seviyesine yükselmiştir. 2001 krizi sonrasında uygulamaya konan Güçlü Ekonomiye Geçiş Programı ile kriz koşullarından hızlıca çıkılmış ve 2007 yılında enflasyon oranı %8,7 düzeyine kadar düşmüştür. Türkiye ekonomisindeki olumlu yapı 2014 yılına kadar sürdürülebilmiş, 2014 yılından itibaren ABD'nin sıkı para politikaları uygulamasıyla sermaye çıkışları hızlanınca tekrar makroekonomik istikrarsızlık süreci başlamıştır. Bu bağlamda 2018 yılında bir döviz krizi yaşanmış ve enflasyon oranı son 15 yılın en yüksek düzeyine çıkarak %20,3 olarak gerçekleşmiştir (Mazlum, 2020: 57). 2000-2009 yıllarında ortalama yıllık enflasyon oranı %16 iken 2010-2019 yıllık ortalaması %9,4 düzeyindedir. 2020 yılında yaşanan pandemi koşulları ekonomik istikrarsızlıkla birleşince enflasyon oranı da yükselmeye başlamıştır. Son iki yılda enflasyon oranı 2023 yılında %64, 2024 yılında %44 olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2025).

1970'li yıllardan günümüze Türkiye ekonomisi önemli bir sorun teşkil eden enflasyon olgusuyla mücadele etmek amacıyla farklı dönemlerde farklı iktisat politikaları uygulanmıştır. Ancak günümüzde enflasyon meselesi çözülebilmemiş değildir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de bir enflasyon yapışkanlığının bulunup bulunmadığının belirlenmesidir. Bu bağlamda enflasyonla mücadele politikalarına ışık tutulması hedeflenmektedir. Enflasyon yapışkanlığının bulunması, iktisat politikalarının maliyetini arttırdığı için önem arz etmektedir. Çalışmanın girişten sonraki ikinci bölümünde enflasyon yapışkanlığına ilişkin teorik çerçeve açıklanmıştır. Üçüncü bölümde literatürde konu hakkında yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Dördüncü bölümde çalışmanın veri seti tanıtilmiş ve uygulanan yöntemler hakkında bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde çalışmanın bulguları sunulmuş, son bölüm ise sonuç kısmına ayrılmıştır.

2. Teorik Çerçeve

Enflasyon, genel fiyat düzeyindeki sürekli artış olarak tanımlanmaktadır (Karluk, 2005: 379). Bir ülkede enflasyon olgusu ortaya çıktığında yerel paranın değeri düşmekte ve alım gücü zayıflamaktadır (Parasız, 1997: 373). Enflasyonun ortaya çıkardığı olumsuzluk tüm toplumu etkilemekte ve enflasyon olgusunu iktisadi bir meselenin ötesine taşıyarak sosyal bir sorun hâline getirmektedir (Orhan, 1995: 1). Ayrıca enflasyonun negatif etkileri, gelişmekte olan ülkeleri gelişmiş ülkelere göre daha fazla etkilemektedir (Gedik, 2021: 617). Gelir dağılımı yapısının daha eşitsiz olduğu gelişmekte olan ülkelerde enflasyonla birlikte düşük gelir gruplarının alım gücü daha fazla düşebilmektedir. Ayrıca yüksek gelir grubundakilerin enflasyondan etkilenmemek için kullanabilecekleri araçlar bulunurken düşük gelir gruplarındakiler bu araçlardan yoksundur. Bu bağlamda yüksek gelirli, tasarruflarını finansal yatırımlara yönlendirerek enflasyondan korunmaya çalışırken genel yatırım düzeyi düşmekte ve ülke ekonomisi bu durumdan negatif olarak etkilenmektedir (Bocutoğlu, 2011: 90). Ayrıca enflasyon koşullarında genel olarak daraltıcı iktisat politikaları uygulandığı için faiz oranları arttırılmakta ve yatırım-tasarruf dengesi daha da bozulmaktadır.

Enflasyonun yol açtığı iktisadi ve sosyal sorunlar göz önüne alındığında ülkelerin uygulayacağı enflasyonla mücadele politikaları önem arz etmektedir. Ancak enflasyonla mücadele politikaları etkin bir biçimde uygulandığı hâlde enflasyon oranının hedeflenen düzeye düşürülmesi mümkün olmamaktadır. Bu durum enflasyon yapışkanlığı ile açıklanmaktadır. Enflasyon yapışkanlığı, fiyatlar genel düzeyinde ortaya çıkan şokların enflasyon oranını bir süre boyunca istikrarlı yapıdan uzaklaştırması olarak ifade edilmektedir (Özcan, 2022: 108). Enflasyon yapışkanlığı olgusu, beklentilerle de ilişkilidir. Olumsuz beklentiler ile birlikte enflasyon yapışkanlığı yüksek olan ülkelerde enflasyonla mücadele çerçevesinde uygulanan makroekonomik politikalar, fiyat şoklarının etkisini azaltmada etkin olamamaktadır. Enflasyon yapışkanlığı çeşitli biçimlerde ortaya çıkabilmektedir. Yapışkanlık beklentilerle ilişkili olduğu için cari dönemdeki enflasyon, geçmiş dönem enflasyonunun bir fonksiyonu olarak değerlendirilebilir. Bir başka ifadeyle otoregresif bir süreç söz konusudur. Geçmiş dönem enflasyonu yüksek olarak gerçekleşmişse cari döneme yönelik beklenti de yüksek olmakta ve durum uygulanan makroekonomik politikaların enflasyonun düşmesine yönelik etkilerini azaltmaktadır. Yapışkanlığa neden olan bir başka mekanizma ise döviz kurlarındaki dalgalanmalar üzerinden gerçekleşmektedir. Türkiye ekonomisinde ithal girdi bağımlılığının söz konusu olması nedeniyle döviz kurları arttığında ithal girdi fiyatları yükselmekte ve enflasyonist bir etki ortaya çıkmaktadır. Ancak diğer yandan kur fiyatlarındaki artışlar, ihracat kaynaklı döviz gelirlerini arttırmakta ve bu çerçevede kur oynaklıklarında düşüş gözlemlenmektedir. Bir başka ifadeyle ihracat artışları enflasyonu düşürücü etki yapmaktadır. İhracatın enflasyonu düşürücü etkisi ile ithalatın enflasyonu arttırıcı etkisi bir arada değerlendirildiğinde ise Türkiye'nin sürekli dış ticaret açığı vermesi nedeniyle enflasyonist bir süreç ortaya çıkmaktadır. Böyle bir mekanizma da enflasyon yapışkanlığının önemli bir kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Turna vd., 2022: 524).

Enflasyonun düşürülmesi amacıyla uygulanan iktisat politikaları açısından değerlendirildiğinde enflasyon yapışkanlığı, uygulanan politikalar ile enflasyonun düştüğü düzey arasındaki denge olarak değerlendirilebilir. Bir başka ifadeyle iktisat politikaları uygulanırken katlanılan maliyetle elde edilen sonuç arasındaki uyum önem arz etmektedir. Bu bağlamda enflasyon yapışkanlığının yüksek olması; uygulanan politika çıktılarının düşük, katlanma oranının yüksek olmasına yol açmakta ve politikaların etkinliğini azaltmaktadır. Yapışkanlığın düşük olması durumunda ise enflasyonla mücadele politikalarının maliyeti daha düşük olmakta ve başarı düzeyi

yükselmektedir (Koç ve Abasız, 2012: 103). Enflasyon yapışkanlığı düzeyinin politika yapıcılar tarafından önceden bilinmesi, enflasyonla mücadele sonuçlarının tahmini açısından önem taşımaktadır (Paya vd., 2007: 1521). Enflasyon yapışkanlığı sayısal değeri düşük olduğunda fiyatlar genel düzeyine gelen bir şokun etkilerinin kısa sürede ortadan kalkacağı ve enflasyon oranının ortalamaya hızlı biçimde döneceği söylenebilir. Enflasyon yapışkanlığının düzeyi ise iktisadi aktörlerin beklentileriyle ilişkili olmaktadır. İktisadi aktörlerin beklentileri ileriye dönük olarak oluşturulduğunda şoklar karşısında enflasyonun tepkisi, gerçekleşen enflasyonla beklenen enflasyon arasındaki farka göre gerçekleşmektedir. Bu bağlamda enflasyon yapışkanlığı yüksekse enflasyon, şoklara karşı daha yavaş cevap vermektedir (Khan, 2001: 247). İktisadi aktörlerin beklentileri geriye dönük oluşturulduğunda ise fiyat ayarlamaları geçmiş enflasyon oranına göre uygulanmaktadır (Dixon ve Kara, 2010: 152). Bir başka ifadeyle fiyat ayarlamalarının geçmiş dönem enflasyon oranlarına göre yapılması, enflasyonu dirençli hâle getirmekte ve enflasyon oranının ortalamaya dönme eğilimi karşısında engel teşkil etmektedir. Gerçekleşen enflasyonla beklenen enflasyon arasındaki fark ise beklentilere dayalı enflasyon kavramı ile açıklanmaktadır. Piyasalarda tam bilgiye ulaşmak mümkün olmadığı için yaşanan şokların geçici olup olmadığı önceden bilinmemektedir. Bu çerçevede bir şok geçici olsa dahi, şokun etkisi geçtikten sonra fiyatlar eski düzeyine dönmekte ve enflasyon yapışkanlığı ortaya çıkmaktadır. Tüm bu açıklamalar doğrultusunda yüksek enflasyonla mücadelenin beklentileri olumluya çevirmekle mümkün olabileceği ifade edilebilir.

3. Literatür

Literatürde direkt olarak enflasyon yapışkanlığını inceleyen az sayıda çalışma bulunmaktadır. Temel çalışmalar genel olarak enflasyonun beklentilere göre yapışkanlığını ele almaktadır. Yeni Keynesçi fiyat yapışkanlığı modellerine göre kademeli fiyat ayarlamaları önem arz etmektedir. Fiyat ve ücret sözleşmeleri genellikle dönemseller olarak yapılmaktadır. Bu çerçevede sözleşme dönemi sona erdiğinde nominal bozulmalara göre fiyat ayarlamaları gerçekleştirilmektedir. Bir başka ifadeyle talep bozulmalarının reel etkileri bulunmakta ve doğru biçimde uygulanan iktisat politikaları, fiyat istikrarını tekrar sağlayabilmektedir (Fischer, 1977, Phelps ve Taylor, 1977, Taylor, 1979, Taylor, 1980, Calvo, 1983). Bu yaklaşıma göre enflasyon, çıktıyı ve istihdamı azaltmadan düşürülebilir. Ancak bu yaklaşımın aksi iktisadi düşünceler de yaygındır. Blinder (1987) çalışmasına göre enflasyon oranındaki %1'lik artış, istihdamı %2 azaltmaktadır. Yeni klasik iktisat yaklaşımına göre enflasyonun düşürülmesinin maliyeti, çıktı kaybı olmaktadır. Yeni Keynesçiler çıktı kaybını rasyonel beklentiler varsayımını gevşeterek açıklamaktadır (Ball, 1991, Roberts, 1995). Beklentiler rasyonel olmayınca fiyatlar gerçekçi bir şekilde ayarlanamayabilir. Bu bağlamda beklentiler geriye doğru olarak gerçekleşmekte ve cari dönem enflasyonu geçmiş dönem enflasyonuna eşit olmaktadır (Rudebusch ve Svensson, 1999).

Türkiye ekonomisi için enflasyon yapışkanlığına ilişkin yapılmış çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Kibritçioğlu ve Diboğlu (2001), yaptıkları çalışmada Türkiye ekonomisi için 1980-2000 yılları arasındaki dönemi çeyreklik verilerle incelemişlerdir. Vektör otoregresif model yönteminin kullanıldığı çalışma sonucunda parasal şokların enflasyonda kalıcı artış meydana getirdiği ve yukarı doğru bir enflasyon yapışkanlığı meydana getirdiği tespit edilmiştir.

Us (2004), çalışmasında Türkiye ekonomisi için 1990-2002 yılları arasındaki dönemi aylık verilerle analiz etmiştir. Çalışmada yöntem olarak vektör otoregresif model, varyans ayrıştırma ve etki-tepki fonksiyonları kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre öncelikle enflasyonun kaynağının kamu sektörü fiyat artışları ve Türk Lirasının değer kayıpları olduğu belirlenmiştir. Ayrıca varyans ayrıştırma ve etki-tepki fonksiyonlarından elde edilen bulgulara göre fiyatlar genel düzeyindeki artışların kaynağının genişleyici politikalar olmadığı saptanmıştır. Bu bağlamda Türkiye'de enflasyon yapışkanlığının parasal bir olgu olmadığı, siyasal bir sonuç olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Balcılar (2004), çalışmasında 75 farklı sektörün fiyat düzeylerini ARFIMA yöntemiyle incelemiştir. Çalışma sonucunda 75 sektörden sadece 11'inde güçlü bir enflasyon yapışkanlığı bulunmuştur. Söz konusu 11 sektörden ise 2'sinde şokların etkilerinin %99'unun dağılması için gereken süre 10 yıldan fazladır. Bir başka ifadeyle uzun bellek modelinin sadece 2 sektörde geçerli olduğu tespit edilmiştir.

Tunay (2009), çalışmasında Türkiye ekonomisi için 1994-2007 yılları arasındaki dönemi ABKBHO yöntemiyle analiz etmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre Türkiye için enflasyon yapışkanlığının zayıf olduğu bulunmuştur. Çalışmada enflasyon yapışkanlığının düşük olmasının nedeni olarak, açık enflasyon hedeflemesi sürecinin başarılı olması gösterilmiştir.

Çiçek ve Akar (2013), çalışmalarında 1994-2012 yılları arasındaki dönemi Türkiye ekonomisi için araştırmışlardır. Çalışmada yöntem olarak kantil regresyon analizi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda enflasyon hedeflemesi politikasının benimsenmesinden sonra enflasyon yapışkanlığının azaldığı tespit edilmiştir.

Korap ve Dikilitaş (2019), yaptıkları çalışmada 2005-2018 yılları arasındaki dönemi Türkiye ekonomisi için incelemişlerdir. Çalışmada yöntem olarak ARDL modeli, etki-tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırma yöntemleri uygulanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre cari dönem enflasyon üzerinde geçmiş döneme dayalı enflasyon beklentilerinin ve pozitif döviz kuru şoklarının etkili olduğu görülmüştür. Bu bağlamda analiz edilen dönem itibarıyla Türkiye ekonomisinde enflasyon yapışkanlığının geçerli olduğu sonucu elde edilmiştir.

Bilici ve Çekin (2020), yaptıkları çalışmada Türkiye ekonomisi için 1990-2018 yılları arasındaki dönemi analiz etmişlerdir. Çalışmada yöntem olarak Kalman filtresine dayalı bir parametre tahmin yöntemi uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda 2003 yılı sonrasında enflasyon oranındaki düşmeyle birlikte enflasyon yapışkanlığında da düşüş olduğu bulunmuştur. Ayrıca 2016 yılına kadar para politikasının fiyat istikrarını sağlamada başarılı olduğu, 2016 yılından sonra ise enflasyon yapışkanlığının artış gösterdiği ve bu duruma yüksek enflasyon sürecinin eşlik ettiği bulguları elde edilmiştir.

Özcan (2022), çalışmasında 2022-2022 yılları arasındaki dönemi aylık verilerle Türkiye ekonomisi için analiz etmiştir. Çalışmada yöntem olarak doğrusal olmayan birim kök testleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda Türkiye’de enflasyon yapışkanlığının yaşandığı dönemler tespit edilmiştir. 2008 küresel krizi, 2013 Avrupa borç krizi, 2013 Gezi Parkı olayları gibi iç ve dış şokların enflasyon yapışkanlığı oluşturduğu belirlenmiştir. 2017 yılı sonrası ise enflasyon yapışkanlığının kalıcı hâle geldiği saptanmıştır. Ayrıca çalışmada tek bir yapısal kırılmayı dikkate alan birim kök testlerinin enflasyon yapışkanlığını belirlemede yetersiz kaldığı görülmüştür.

Turna vd. (2022), yaptıkları çalışmada Türkiye ekonomisi için 2013-2021 yılları arasındaki dönemi araştırmışlardır. NARDL yönteminin uygulandığı çalışma sonucunda döviz kuru, ithalat ve ihracatın enflasyon üzerinde asimetrik etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çerçevede söz konusu sürecin Türkiye’de enflasyon yapışkanlığına neden olduğu sonucu elde edilmiştir.

4. Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışmada veri seti olarak 2005 yılı Ocak ayı ile 2025 yılı Ocak ayı arasındaki dönem için aylık tüketici fiyatları enflasyon verisi kullanılmıştır. Söz konusu veri seti TÜİK (2025) veri tabanından elde edilmiştir.

Çalışmada yöntem olarak birim kök testleri uygulanmıştır. Enflasyon serisinin birim köklü olması, ortalamaya dönme eğiliminde olmadığını ve yapışkanlığı göstermektedir. Durağanlık sonucu ise seriye gelen şokların geçici olduğunu ve enflasyon yapışkanlığının olmadığına işaret etmektedir. Literatürdeki ilk birim kök testi Dickey ve Fuller (1979) tarafından geliştirilmiştir. Bu testin ardından Genişletilmiş Dickey-Fuller (1981), Phillips-Perron (1988), Kwiatkowski vd., (1992) gibi birim kök ve durağanlık testleri literatüre kazandırılmıştır. Ancak söz konusu testler, zaman serilerindeki yapısal kırılmaları ele almamakta ve seriye gelen şokların geçici olduğu varsayımı ile çalışmaktadır. Nelson ve Plosser (1982) ise şokların kalıcı olabileceğini göstermişlerdir. Ayrıca Perron (1989), zaman serilerindeki yapısal kırılmanın dikkate alınmaması durumunda birim kök temel hipotezinin kabulüne doğru sapmalı sonuçlar elde edilebileceğini ortaya koymuştur. Yapısal kırılmanın dikkate alındığı ilk birim kök testi de Perron (1989) tarafından geliştirilmiştir. Perron testinin sonra Zivot-Andrews (1992), Lumsdaine-Papell (1997), Perron (1997), Lee-Strazicich (2003, 2004), Kapetanios (2005), Carrion-i Silvestre vd. (2009), Narayan-Popp (2010) gibi çeşitli yapısal kırılmalı birim kök testleri geliştirilmiştir. Birim kök testleriyle ilgili önemli bir varsayım, modele ilişkin hata terimlerinin normal dağılıma uygun olmasıdır. Hata terimleri serisinin normal dağılıma uymaması durumunda birim kök testlerine ilişkin sonuçların güvenilirliği zayıflamaktadır. Kalıntıların normal dağılıma uygunluk göstermemesi hâlinde Im vd. (2014), Meng vd. (2014) ve Meng vd. (2017) tarafından geliştirilen RALS tipi birim kök testleri ile daha güçlü sonuçlara ulaşılabilmektedir.

Bu çalışmada düzeyde ve eğimde iki yapısal kırılmayı dikkate alan Lee-Strazicich (LM) ve RALS-LM birim kök testleri kullanılmıştır. LM testinin temeli, Schmidt ve Phillips (1992) tarafından ortaya konan Lagrange çarpanına dayanmaktadır. Schmidt-Phillips (1992) testi, aşağıdaki modeli esas almaktadır.

$$y_t = \delta' z_t + x_t \text{ ve } x_t = \beta x_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Yukarıdaki (1) numaralı eşitlikte z_t , sabit terim ve trend değişkenini ifade etmektedir. Teste ilişkin yardımcı regresyon denklemi ise aşağıdaki gibi kurgulanmaktadır.

$$\Delta y_t = \delta' z_t + \phi \tilde{y}_{t-l} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Yukarıdaki (2) numaralı eşitlikte $\tilde{y}_t$ değişkeni, y_t ’nin trendden arındırılmış hâlini göstermektedir. Testin temel ve alternatif hipotezleri aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$H_0: \phi = 0 \quad (3)$$

$$H_1: \phi < 0 \quad (4)$$

Lee ve Strazicich (2003, 2004) ise z_t değişkenini aşağıdaki gibi tanımlayarak yapısal kırılmaları dikkate alan yeni bir birim kök testi önermişlerdir.

$$z_t = [1, t, D_{1,t}, D_{2,t}, DT_{1,t}, DT_{2,t}] \quad (5)$$

Yukarıdaki (5) numaralı eşitlikte $D_{i,t}$ sabitteki, $DT_{i,t}$ ise sabitte ve trenddeki yapısal kırılmaları ifade eden kukla değişkenler olarak modele ilave edilmiştir.

Meng vd. (2014) ve Meng vd. (2017) tarafından ortaya konan RALS-LM birim kök testleri ise LM testlerinin kalıntıları genişletilmiş biçimi olarak ifade edilmektedir. LM testlerinde modele ilişkin hata terimlerinin normal dağılmaması durumunda test sonuçları güvenilirliğini kaybetmekte, RALS-LM testlerinden daha kuvvetli sonuçlar elde edilebilmektedir. RALS-LM testlerinin ilk aşamasında test regresyonları en küçük kareler yöntemiyle tahmin edilmekte ve hata terimleri serisi elde edilmektedir. İkinci aşamada ise aşağıdaki (6) ve (7) numaralı denklemlerle kurgulanan genişletilmiş değişkenler elde edilmektedir.

$$\widehat{w}_{2t} = \widehat{\varepsilon}_t^2 - m_2 \quad (6)$$

$$\widehat{w}_{3t} = \widehat{\varepsilon}_t^2 - m_3 - 3m_2\widehat{\varepsilon}_t \quad (7)$$

Yukarıdaki (6) ve (7) numaralı eşitliklerde yer alan moment değeri m_j ise aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$m_j = \frac{\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^j}{T} \quad (8)$$

Üçüncü aşamada bu değişkenler test regresyon denkleminde eklenerek aşağıdaki regresyon denkleminde ulaşılmaktadır.

$$\Delta y_t = \delta' z_t + \phi \widehat{S}_{t-1} + \theta_2 \widehat{w}_{2t} + \theta_3 \widehat{w}_{3t} + v_t \quad (9)$$

Yukarıdaki (9) numaralı eşitlikte z_t 'nin dört farklı durumu için model spesifikasyonları oluşturulmaktadır. Bu çalışmada uygulanan sabitte ve trendde iki kırılma için z_t , aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$z_t = [1, t, D_{1,t}, D_{2,t}, DT_{1,t}, DT_{2,t}] \quad (10)$$

RALS-LM birim kök testinin temel ve alternatif hipotezleri ise aşağıdaki gibi kurgulanmaktadır.

$$H_0: \phi = 0 \quad (11)$$

$$H_1: \phi < 0 \quad (12)$$

Test istatistiği ise aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$\tau_{RALS-LM} = \rho \tau_{LM} + \sqrt{1 - \rho^2} Z \quad (13)$$

Yukarıdaki eşitlikte Z , sıfır ortalamalı ve varyansı sabit olan herhangi bir değişken olarak tanımlanmaktadır. ρ değeri ise geleneksel LM modeli kalıntıları ile RALS-LM kalıntıları arasındaki korelasyon katsayısı olarak ifade edilmektedir. Hesaplanan test istatistiği, Meng (2017) tarafından üretilen kritik değerlerle karşılaştırılarak test süreci tamamlanmaktadır. Hesaplanan test istatistiğinin mutlak değeri olarak kritik değerden büyük olması durumunda temel hipotez reddedilmekte ve serinin yapısal kırılmalarla durağan bir süreç izlediği sonucuna ulaşılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında ayrıca Fourier fonksiyonlarına dayalı birim kök testlerinden faydalanılmıştır. Fourier tipi birim kök testlerinde yumuşak kırılmalar dikkate alınabilmekte ve kırılma sayısı önem arz etmemektedir. Literatürdeki ilk Fourier tipi birim kök testi Becker vd. (2006) tarafından ortaya konmuştur. Bu test, Kwiatkowski vd. (1992) durağanlık testinin Fourier fonksiyonu ile geliştirilmiş biçimi olarak kurgulanmıştır. Testin ilk aşamasında aşağıdaki modeller en küçük kareler yöntemiyle tahmin edilmekte ve modellere ait hata terimleri serisi elde edilmektedir.

$$y_t = \alpha + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \varepsilon_t \quad (14)$$

$$y_t = \alpha + \beta t + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \varepsilon_t \quad (15)$$

Yukarıdaki denklemlerde t deterministik trend, T gözlem sayısı, k ise frekans sayısını ifade etmektedir. Modellerden ilki sabit terimli, ikincisi sabit terim ve trendli model olarak kurgulanmaktadır. Yukarıdaki modeller tahmin edilirken uygun frekans sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Uygun frekans sayısı, yukarıda gösterilen modellerin kalıntı kareler toplamını minimum kılan frekans sayısı olarak tespit edilmektedir. Testin ikinci aşamasında hata terimleri serisine KPSS testi uygulanmakta ve aşağıdaki test istatistikleri elde edilmektedir.

$$\tau_{\mu}(k) \text{ veya } \tau_{\tau}(k) = \frac{1}{T^2} \frac{\sum_{t=1}^T S_t(k)^2}{\hat{\sigma}^2} \quad (16)$$

Hesaplanan test istatistiğinin Becker vd. (2006) tarafından üretilen kritik değerden küçük olması hâlinde durağanlığı öne süren temel hipotez reddedilememekte ve serinin yumuşak kırılmalar altında durağan bir süreç izlediğine karar verilmektedir. Ancak durağanlık sonucunun raporlanabilmesi için trigonometrik terimlere ilişkin parametrelerden en az birinin istatistiksel olarak anlamlı olması gerekmektedir. Anlamlılık sınaması F testiyle gerçekleştirilmektedir. F testinin temel hipotezi parametrelerin istatistiksel olarak anlamsız olduğunu öne sürerken, alternatif hipotez en az bir parametrenin anlamlı olması durumu olarak kurgulanmaktadır. Bu bağlamda temel hipotez reddedilebilirse durağanlık sonucu geçerli olmaktadır. Trigonometrik terimlere ilişkin parametreler anlamsız bulunursa test, klasik KPSS testine dönüşmektedir. Becker vd. durağanlık testinden birim kök sonucu elde edilirse trigonometrik terimlerin anlamlılığı önem arz etmemekte ve birim kök sonucu direkt olarak raporlanabilmektedir.

Çalışma kapsamında ayrıca Christopoulos ve Leon-Ledesma (2010) tarafından geliştirilen Fourier ADF ve Fourier KSS testleri uygulanmıştır. Söz konusu testlerde öncelikle (14) numaralı regresyon denklemi tahmin edilmekte ve modele ilişkin hata terimleri elde edilmektedir. İkinci aşamada Fourier ADF testi için hata terimleri serisine ADF birim kök testi, Fourier KSS testi için ise Kapetanios vd. (2003) tarafından geliştirilen KSS testi uygulanmaktadır. Hesaplanan Fourier ADF veya Fourier KSS test istatistiğinin mutlak değer olarak kritik değerden küçük olması hâlinde serinin birim köklü olduğunu öne süren temel hipotez reddedilememektedir. Bu sonuç doğrudan raporlanabilmektedir. Temel hipotezin reddedilerek durağanlık sonucunun elde edildiği durumda ise trigonometrik terimlere ilişkin parametrelerin anlamlılığının F testi ile test edilmesi gerekmektedir. F testi için Becker vd. (2006) tarafından üretilen kritik değerler kullanılmaktadır. Trigonometrik terimlere ilişkin parametrelerin anlamsız çıkması durumunda test Fourier ADF testinde klasik ADF testine, Fourier KSS testinde ise klasik KSS testine dönüşmektedir. Fourier KSS testinin Fourier ADF testinden en önemli farkı ise doğrusal dışılığın dikkate alınmasıdır. Fourier ADF ve Fourier KSS testlerinde sadece sabit terimli model kullanılmıştır. Ancak bu çalışmada sabitli ve trendli model de dikkate alınmış ve Hepsağ (2021) tarafından üretilen kritik değerler kullanılmıştır.

Son olarak uygulanan birim kök testi Güriş (2019) tarafından geliştirilen Fourier Kruse birim kök testi olup, bu testte de doğrusal dışılık ve yumuşak kırılmalar dikkate alınmaktadır. Bu testte de (14) ve (15) numaralı test regresyonları en küçük kareler yöntemiyle tahmin edilerek modellere ilişkin hata terimleri elde edilmektedir. İkinci aşamada ise elde edilen kalıntılara klasik Kruse (2011) birim kök testi uygulanmaktadır. Hesaplanan test istatistiğinin Güriş (2019) tarafından üretilen kritik değerden küçük olması durumunda birim kök temel hipotezi reddedilememektedir. Durağanlık sonucu elde edilirse trigonometrik terimlere ilişkin parametrelerin anlamlılığı sınanmakta, parametrelerin anlamsız çıkması halinde test, klasik Kruse (2011) testine dönüşmektedir.

Çalışma kapsamında ayrıca Brock vd. (1987) tarafından geliştirilen ve korelasyon integralini temel alan BDS doğrusallık testinden faydalanılmıştır. BDS testinin temel hipotezi, hata terimlerinin bağımsız ve benzer dağılıma sahip olduğunu öne sürmektedir. BDS testi çerçevesinde öncelikle veriye ilişkin ARMA modeli kurulmakta ve tüm doğrusal yapılar temizlenmektedir. ARMA sürecinden elde edilen hata terimleri, temel hipotez çerçevesinde test sınanmaktadır. Temel hipotezin reddedilmesi, hata terimleri arasında bir bağlantı olduğunu ve bu bağlantının doğrusal olmadığını ortaya koymaktadır.

5. Bulgular

Öncelikle enflasyon zaman serisinde doğrusallık varsayımı altında birim kök testleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, enflasyon serisine gelen şokların kalıcılığını incelemek olduğu için yapısal kırılmaları dikkate almak önem arz etmektedir. Bu bağlamda düzeyde ve eğimde iki yapısal kırılmayı dikkate alan LM birim kök testi uygulanmış ve test sonuçları Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. LM Birim Kök Testi Sonuçları

Optimal Gecikme Uzunluğu	15
Kırılma Tarihleri	04/2020-03/2022
Test İstatistiği	-8,1188
Kritik Değer (%1)	-6,5695
Kritik Değer (%5)	-5,9528
JB Test İstatistiği	894,246183
Olasılık (JB)	0,000000

Tablo 1’de görüldüğü gibi hesaplanan test istatistiği mutlak değer olarak kritik değerlerden daha büyüktür. Serinin düzeyde ve eğimde iki yapısal kırılma ile birim köklü olduğunu öne süren temel hipotez reddedilerek düzeyde ve eğimde iki yapısal kırılma altında trend durağan süreç sonucuna ulaşılmıştır. Bir başka ifadeyle enflasyon yapışkanlığı söz konusu değildir. Tablo 1’in son iki satırında ise modelden elde edilen kalıntı serisine yönelik olarak gerçekleştirilen Jarque-Bera (JB) normallik testi sonuçları verilmiştir. Olasılık değeri 0,05’ten küçük olduğu için kalıntı serisinin normal dağılım sergilediğini öne süren temel hipotez reddedilmiştir. Bu çerçevede LM testinin normallik varsayımı sağlanamamış ve birim kök testinden elde edilen sonuçlar güvenilirliğini yitirmiştir. Bu aşamada kalıntı serisinin normal dağılmama durumunu dikkate alan düzeyde ve eğimde iki kırılmalı RALS-LM birim kök testi uygulanmış ve test sonuçları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. RALS-LM Birim Kök Testi Sonuçları

Optimal Gecikme Uzunluğu	14
Kırılma Tarihleri	10/2021-01/2022
p^2	0,7
Test İstatistiği	-6,43943
Kritik Değer (%1)	-4,405
Kritik Değer (%5)	-3,861

Tablo 2’de görüldüğü gibi hesaplanan test istatistiği mutlak değer olarak kritik değerlerden daha büyüktür. Serinin düzeyde ve eğimde iki yapısal kırılma ile birim köklü olduğunu öne süren temel hipotez reddedilerek düzeyde ve eğimde iki yapısal kırılma altında trend durağan süreç sonucuna ulaşılmıştır. Bir başka ifadeyle enflasyon yapışkanlığı söz konusu değildir.

Gerek LM gerekse RALS-LM birim kök testleri, ani yapısal kırılmaları dikkate almaktadır. Ancak yapısal kırılmalar, her zaman ani olarak gerçekleşmeyebilir. Ayrıca yapısal kırılma sayısı ikiden fazla olabilir. Bu sakıncaları gidermek üzere kurgulanmış, yumuşak kırılmaları modelleyebilen ve yapısal kırılma sayısının önem arz etmediği Fourier birim kök testlerinin uygulanması daha tutarlı sonuçlar vermektedir. Bu aşamada doğrusallık varsayımı terk edilmeden enflasyon serisine yönelik olarak Fourier birim kök testleri gerçekleştirilmiş ve sabitli-trendli modeller için test sonuçları Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3. Fourier Birim Kök ve Durağanlık Test Sonuçları (Doğrusallık Varsayımı Altında)

	Becker vd.	Fourier ADF
Minimum SSR	524,98133	524,98133
K	1	1
Test İstatistiği	0,03893	-9,35720
Kritik Değer (%1)	0,0716	-4,93
Kritik Değer (%5)	0,0546	-4,34

Tablo 3’te öncelikle Becker vd. durağanlık test sonuçları verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi hesaplanan test istatistiği kritik değerlerden küçüktür. Bu bağlamda yumuşak kırılmalar altında durağanlık temel hipotezi reddedilememiştir. Bir başka ifadeyle enflasyon yapışkanlığı söz konusu değildir. Fourier ADF test istatistiği ise mutlak değer olarak kritik değerlerden daha büyüktür. Yumuşak kırılmalar altında birim kök temel hipotezi reddedilerek serinin yumuşak kırılmalar altında durağan süreç izlediği görülmektedir. Fourier ADF testi de enflasyon yapışkanlığının olmadığını göstermektedir. Ancak durağanlık sonucunun geçerli olabilmesi için trigonometrik terimlere ilişkin parametrelerden en az birinin istatistiksel olarak anlamlı olması gerekmektedir. Bu kapsamda F testi gerçekleştirilmiş ve test sonuçları Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4. F Testi Sonuçları

Test İstatistiği	Kritik Değer (%1)	Kritik Değer (%5)
22,64567	6,730	4,929

Tablo 4’te görüldüğü gibi hesaplanan test istatistiği kritik değerlerden daha büyüktür. Trigonometrik terimlere ilişkin parametrelerin ikisinin de istatistiksel olarak anlamsız olduğunu öne süren temel hipotez reddedilmiştir. Bir başka ifadeyle Fourier birim kök testlerinden elde edilen yumuşak kırılmalar altında durağanlık sonucu geçerli bulunmuştur.

Bu aşamaya kadar olan tüm birim kök testlerinde enflasyon serisinin doğrusal olduğu varsayılmıştır. Ancak iç ve dış çok sayıda şoka maruz kalan enflasyon serisi doğrusal olmayan bir yapıya sahip olabilir. Bu doğrultuda doğrusal olmama durumunu ve yumuşak yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier birim kök testleri uygulanmış ve test sonuçları Tablo 5’te sunulmuştur.

Tablo 5. Fourier Birim Kök Test Sonuçları (Doğrusal Olmama Durumunu Dikkate Alan)

	Fourier KSS	Fourier Kruse
Minimum SSR	524,98133	524,98133
K	1	1
Test İstatistiği	-3,50381	14,06418
Kritik Değer (%1)	-4,64	23,56
Kritik Değer (%5)	-4,10	18,14

Tablo 5’te görüldüğü gibi gerek Fourier KSS testi gerekse Fourier Kruse testi için hesaplanan test istatistikleri kritik değerlerden daha küçük bulunmuştur. Yumuşak kırılmalar altında birim kök temel hipotezi reddedilememiştir. Bir başka ifadeyle Türkiye için enflasyon yapışkanlığı geçerli bulunmuştur.

Birim kök testlerinden elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde doğrusal olmama durumunu dikkate almayan birim kök testleri incelenen dönem itibariyle Türkiye’de enflasyon yapışkanlığı bulunmadığını göstermektedir. Doğrusal olmama durumunu ve yumuşak kırılmaları dikkate alan birim kök testlerinden ise incelenen dönemde enflasyon yapışkanlığının bulunduğuna yönelik sonuçlar elde edilmiştir. Ulaşılan sonuçlar doğrultusunda enflasyon serisine yönelik olarak BDS doğrusallık teti uygulanmış ve test sonuçları Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6. BDS Test Sonuçları

Boyut	BDS İstatistiği	Standart Hata	z İstatistiği	Olasılık
2	0,081248	0,006814	11,92380	0,0000
3	0,149618	0,010878	13,75380	0,0000
4	0,191656	0,013017	14,72294	0,0000
5	0,213604	0,013637	15,66388	0,0000
6	0,220109	0,013219	16,65079	0,0000

Tablo 6’da görüldüğü gibi tüm olasılık değerleri 0,05’ten küçüktür. Doğrusallık temel hipotezi reddedilerek enflasyon serisinin doğrusal olmayan bir yapı sergilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda doğrusal olmama durumunu dikkate alan birim kök testlerine ilişkin sonuçların daha güvenilir olduğu değerlendirilmektedir. Bir başka ifadeyle Türkiye ekonomisi için incelenen dönemde enflasyon yapışkanlığının geçerli olduğuna yönelik olarak güçlü kanıtların elde edildiği söylenebilir.

6. Sonuç

Türkiye’de enflasyon meselesi 1970’li yıllardan günümüze kadar gelen önemli bir sorun olarak değerlendirilmektedir. Yüksek enflasyonla mücadele konusunda farklı dönemlerde farklı iktisat politikaları uygulanmıştır. Ancak yüksek enflasyon, günümüzün en önemli makroekonomik sorunlarından biri olmaya devam etmektedir. Enflasyon yapışkanlığı, iktisat politikalarının maliyetini etkilemesi açısından önem arz etmektedir. Bir başka ifadeyle enflasyon yapışkanlığının bulunması, enflasyonla mücadele amacıyla uygulanan politikaların etkinliğini azaltmaktadır. Bu çalışmada Türkiye ekonomisinde enflasyon yapışkanlığının bulunup bulunmadığı araştırılmıştır. Enflasyon yapışkanlığını belirlemede kullanılan yöntemlere göre farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Doğrusallık varsayımı altında enflasyon yapışkanlığı bulunmazken, doğrusal olmama durumunu dikkate alan yöntemlerden enflasyon yapışkanlığının bulunduğuna yönelik kanıtlar elde edilmiştir. Ancak yapılan doğrusallık sınamasında enflasyon serisinin doğrusal olmadığı görülmüştür. Bu bağlamda doğrusal olmama durumunu dikkate alan testlerin daha güçlü sonuçlar verdiği değerlendirilmektedir. Uygulanan tüm testler birlikte

değerlendirildiğinde incelenen dönem için enflasyon yapışkanlığına yönelik kanıtların daha kuvvetli olduğu ifade edilebilir. Bu yönüyle çalışmadan elde edilen bulgular; Özcan (2022), Turna vd. (2022) çalışmalarıyla uyumlu, Bilici ve Çekin (2020) çalışmasıyla uyumsuzdur.

Çalışma sonucunda enflasyon yapışkanlığının tespit edilmiş olması çerçevesinde uygulanacak iktisat politikalarına bu bilginin dâhil edilmesi önem arz etmektedir. Enflasyon yapışkanlığına büyük ölçüde iktisadi aktörlerin negatif beklentileri neden olmaktadır. Bu bağlamda beklentilerin olumluya çevrilmesi gerekmektedir. Beklentilerin olumluya çevrilmesi için risklerin düşürülmesi önem taşımaktadır. Risklerin düşmesiyle birlikte ortaya çıkan olumlu beklentiler, kur istikrarını da sağlayacaktır. Kur istikrarının sağlanması sonucunda ithal girdi maliyetlerindeki oynaklık azalacak ve üretim maliyetleri azalacaktır. Bu çerçevede fiyat istikrarı sağlanabilecektir. Ayrıca piyasa faiz oranları da düşeceği için yatırımlar artacak ve bollaşan üretim nedeniyle enflasyon oranının düşmesi mümkün hâle gelecektir. Ayrıca makroekonomik istikrarın sağlanmasıyla olumlu beklentilerin sürdürülebilirliği sağlanmış olacaktır.

Bu çalışma temel alınarak Türkiye ekonomisinde enflasyon yapışkanlığına neden olan iktisadi ve sosyal faktörler daha ayrıntılı biçimde belirlenebilir. Bu bağlamda enflasyonla mücadele politikaları daha etkin bir biçimde oluşturulabilir. Ayrıca uygulanan politikaların maliyeti azaltılarak fedakarlık oranı aşağıya çekilebilir.

Kaynaklar

- Aydoğan, E. (2004). *1980'den Günümüze Türkiye'de Enflasyon Serüveni*. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 11(1), 91-110.
- Balcılar, M. (2004). Persistence in Inflation: Does Aggregation Cause Long Memory?. *Emerging markets finance and trade*, 40(5), 25-56.
- Ball, L.M. (1991). *The Genesis of Inflation and the Costs of Disinflation*.
- Becker, R., Enders, W. ve Lee, J. (2006). A Stationarity Test in the Presence of an Unknown Number of Smooth Breaks, *Journal of Time Series Analysis*, 3(5): 381-409.
- Bilici, B. ve Çekin, S. E. (2020). Inflation Persistence in Turkey: A TVP-Estimation Approach. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 78, 64-69.
- Blinder, A. S. (1987). Keynes, Lucas, and Scientific Progress. *The American Economic Review*, 77(2), 130-136.
- Bocutoğlu, E. (2011). *Makro İktisat*, 8. Baskı, Murathan Yayınevi, Trabzon.
- Boratav, K. (2015). *Türkiye İktisat Tarihi*, İmge Kitabevi, Ankara.
- Brock, W. A., Dechert, W. ve Scheinkman, J. (1987). A test for Independence Based on the Correlation Dimension. *Working paper*, University of Wisconsin at Madison, University of Houston, and University of Chicago.
- Calvo, G. A. (1983). Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework. *Journal of Monetary Economics*, 12(3), 383-398.
- Carrion-i Silvestre, J.L., Kim, D. ve Perron, P. (2009), GLS-Based Unit Root Tests with Multiple Structural Breaks Under Both the Null and the Alternative Hypothesis, *Econometric Theory*, 25/6, 1754-1792.
- Christopoulos, D. K. ve León-Ledesma, M. A. (2010). Smooth Breaks and Non-Linear Mean Reversion: Post-Bretton Woods Real Exchange Rates, *Journal of International Money and Finance*, 29(6), 1076-1093
- Çavdar, T. (2004). *Türkiye'nin Demokrasi Tarihi (1950'den Günümüze)*, Ankara, İmge Kitabevi Yayınları.
- Çiçek, S. ve Akar, C. (2013). The Asymmetry of Inflation Adjustment in Turkey. *Economic Modelling*, 31, 104-118.
- Dickey, D. A. ve Fuller, W. A. (1979), Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431.
- Dickey, D.A. ve Fuller, W.A.(1981), Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica*, 49(4), ss.1057 1072.
- Dixon, H. ve Kara, E. (2010). Can We Explain Inflation Persistence in a Way that is Consistent with the Microevidence on nominal Rigidity?. *Journal of Money, Credit and Banking*, 42 (1), 151-170. ss.
- Fischer, S. (1977). Long-Term Contracts, Rational Expectations, and the Optimal Money Supply Rule. *Journal of political economy*, 85(1), 191-205.
- Gedik, A. (2021). Enflasyon ve Faiz Oranı İlişkisi: Fisher Hipotezinin Türkiye İçin Geçerliliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 615-624.
- Güriş, B. (2019). A New Nonlinear Unit Root Test with Fourier Function. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 48(10), 3056-3062.

- Hepsağ, A. (2021), Critical Values for FADF and FKSS Unit Root Tests (Model with a constant and a linear trend), Researchgate, https://www.researchgate.net/publication/352750116_Critical_Values_for_FADF_and_FKSS_Unit_Root_Tests_Model_with_a_constant_and_a_linear_trend
- Im KS, Lee J, Tieslau MA (2014). *More Powerful Unit Root Tests with Non-Normal Errors*. In: Sickles RC, Horrace WC (eds) Festschrift in honor of Peter Schmidt. Springer, New York, 315–342.
- Kapetanios, G. (2005). Unit-Root Testing Against the Alternative Hypothesis of up to m Structural Breaks. *Journal of Time Series Analysis*, 26(1), 123-133.
- Kapetanios, G., Shin, Y. ve Snell, A. (2003). Testing for a Unit Root in the Nonlinear STAR Framework, *Journal of Econometrics*, 112, pp. 359-79.
- Karluk R. (2005), *Cumhuriyet'in İlanından Günümüze Türkiye Ekonomisinde Yapısal Dönüşüm*, Beta Yayın, İstanbul, 10. Baskı, Eylül
- Khan, H.U. (2001). Price Stickiness, Inflation, and Persistence in Real Exchange Rate Fluctuations: Cross-Country Results. *Economics Letters*, 71 (2), 247–253. ss.
- Kılıçbay, A. (1984). *Türk Ekonomisinde Enflasyonun Anatomisi*, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Yayını, No: 507, İstanbul.
- Kibritçiöğlu, A. ve Dibooğlu, S. (2001). Inflation, Output, and Stabilization in a High Inflation Economy: Turkey, 1980-2000. *University of Illinois at Urbana-Champaign, College of Commerce and Business Administration, Office of Research Working Papers*, (01-0112).
- Koç, S. ve Abasız, T. (2012). Türkiye ve Seçili AB Ülkeleri Açısından Enflasyon Sürekliliğinin Analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 13(1), 102-113.
- Korap, L. ve Dikilitaş, S. (2019). Türkiye Ekonomisindeki Enflasyonist Yapının Değerlendirilmesine Yönelik Ekonometrik Bir Uygulama. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 19(37), 62-79.
- Kruse, R. (2011). A New Unit Root Test Against ESTAR Based on a Class of Modified Statistics. *Statistical Papers*, 52, 71-85.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P. ve Shin, Y. (1992). Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root, *Journal of Econometrics*, 54, 159-178.
- Lee, J. ve Strazicich, M.C. (2003), Minimum Lagrange Multiplier Unit Root Test with Two Structural Breaks. *The Review of Economics and Statistics* 85(4), 1082-1089.
- Lee, J. ve Strazicich, M.C. (2004), Minimum Lagrange Multiplier Unit Root Tests with One Structural Break, *Appalachian State University Working Papers*, 4/17, 1-15.
- Lumsdaine, R. L. ve Papell, D. H. (1997), Multiple Trend Breaks and the Unit Root Hypothesis. *The Review of Economics and Statistics*. 79: 212-218.
- Mazlum, N. (2020). 1980-2018 Dönemi Türkiye Ekonomisi ve Dış Ticaretinin Gelişim Seyri, *Gümrük ve Ticaret Dergisi*, 7(22).
- Meng, M., Im, K. S., Lee, J. ve Tieslau, M. A. (2014). *More Powerful LM Unit Root Tests with Non-Normal Errors*. In Festschrift In Honor Of Peter Schmidt (pp. 343-357). Springer, New York, NY.
- Meng, M., Lee, J. ve Payne, J. E. (2017). RALS-LM Unit Root Test with Trend Breaks and Non-Normal Errors: Application to the Prebisch-Singer Hypothesis. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 21(1), 31-45.
- Narayan, P.K. ve Popp, S. (2010), A New Unit Root Test with Two Structural Breaks in Level and Slope at Unknown Time. *Journal of Applied Statistics*, 37(9), 1425-1438.

- Nelson, C. ve Plosser, C. (1982), Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series: Some Evidence and Implications. *Journal of Monetary Economics*, (10), 139-169.
- Orhan O. (1995). *Başlıca Enflasyon Teorileri ve İstikrar Politikaları*, Filiz Kitabevi, İstanbul.
- Özcan, M. (2022). Türkiye’de Enflasyon Yapışkanlığının Asimetrik Yöntemler ile İncelenmesi. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 7(Özel Sayı), 106-122.
- Parasız İ. (1997). *Banka ve Para Finansal Piyasalar*, Ezgi Kitabevi, Ekim, Bursa.
- Paya, I., Duarte, A. ve Holden, K. (2007). On the Relationship between Inflation Persistence and Temporal Aggregation, *Journal of Money, Credit and Banking*, 39 (6), 1521-1531. ss.
- Phelps, E. S. ve Taylor, J. B. (1977). Stabilizing Powers of Monetary Policy Under Rational Expectations. *Journal of Political Economy*, 85(1), 163-190.
- Perron, P. (1989). The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. *Econometrica* 57:1361-1401.
- Perron, P. (1997). Further Evidence on Breaking Trend Functions in Macroeconomic Variables, *Journal of Econometrics*, 80(2), pp.355-385.
- Phillips, P.C.B ve Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75(2), ss.335-346.
- Roberts, J. M. (1995). New Keynesian Economics and the Phillips Curve. *Journal of money, credit and banking*, 27(4), 975-984.
- Rudebusch, G. D. (1999). *Policy Rules and Inflation Targeting*.
- Schmidt, P. ve Phillips, P.C.B. (1992). LM Tests for a Unit Root in the Presence of Deterministic Trends. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 54(3), 257-287.
- Taylor, J. B. (1979). Staggered Contracts in a Macro Model. *American Economic Review*, 69(2), 108-113.
- Taylor, J. B. (1980). Aggregate Dynamics and Staggered Contracts. *Journal of political economy*, 88(1), 1-23.
- Tunay, K. B. (2009). Türkiye’de enflasyon sürekliliğinin ABKBHO modelleriyle analizi. *Öneri Dergisi*, 8(31), 249-257.
- Turna, Y., Eşmen, S. ve Turna, B. (2022). Türkiye’de döviz kurunun enflasyon etkisi ve fiyat yapışkanlıkları: NARDL yaklaşımı. *İzmir İktisat Dergisi*, 37(2), 522-535.
- TÜİK (2025). *Tüketici Fiyat Endeksi ve Değişim Oranları*, Erişim Tarihi: 06 Şubat 2025, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=enflasyon-ve-fiyat-106&dil=1>
- Us, V. (2004). Inflation Dynamics and Monetary Policy Strategy: Some Prospects for the Turkish Economy. *Journal of Policy Modelling*, 26(8-9), 1003-1013. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2004.07.001>
- WB (2025). Inflation, Consumer Prices (Annual %), Erişim Tarihi: 6 Şubat 2025. <https://data.worldbank.org/indicator/FP.CPI.TOTL.ZG?locations=TR>
- Zivot, E. ve Andrews, D. (1992), Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business Economic Statistics*. 10(3): 251- 270.