



Ar-Ge Harcamaları ve Toplam Faktör Verimliliği İlişkisi: Türkiye İçin Ampirik Bir Analiz

The Relationship Between R&D Expenditures and Total Factor Productivity: An Empirical Analysis for Türkiye

ÖZET

Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) harcamaları ülkelerin teknoloji kapasitelerinin artmasında etkili faktörlerden birisidir. Küresel rekabet koşullarında ekonomik verimliliğin artırılması ülkelerin öncelikli hedeflerindendir. Ülkeler üretim süreçlerine yeni teknolojileri transfer etmek için doğrudan yabancı yatırımları ülkeye çekmek ve ticari açıklık kapasitesini artırmak gibi yöntemlere başvurabilmektedir. Ancak, ülkelerin üretimi belirleyen iç dinamikleri dikkate alarak özgün ihtiyaçlar doğrultusunda yenilikler geliştirmesi verimliliği artırmada daha etkili bir yöntemdir. Yenilik geliştirme süreci ülkelerin sermaye birikimi ile doğrudan ilişkilidir. Yüksek sermaye birikimine sahip gelişmiş ülkelerde Ar-Ge harcamalarının GSYH'daki payı yüksek olurken gelişmekte olan ve görece daha düşük sermaye birikimine sahip ülkelerde bu pay daha düşük gerçekleşmektedir. Bu çalışma, Türkiye'de Ar-Ge harcamalarının Toplam Faktör Verimliliği (TFV) ile ilişkisini 1996-2022 dönemi için ampirik olarak incelemektedir. Çalışmanın temel amacı, ülke ekonomisinde yenilik yatırımları ile büyüme dinamikleri arasındaki uzun dönemli ilişkiyi ortaya koymaktır. Bu çerçevede TFV'nin bağımlı değişken olarak ele alındığı çalışmada Ar-Ge harcamaları açıklayıcı değişken olarak modele dahil edilmiş ve değişkenler arasındaki ilişki ARDL (Autoregressive Distributed Lag) sınır testi yaklaşımı kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliği arasında uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Uygulanan Granger nedensellik testi sonucunda ise, Ar-Ge harcamalarından toplam faktör verimliliğine doğru tek yönlü zayıf bir nedensellik bulunmuştur. Toplam faktör verimliliğinden Ar-Ge harcamalarına doğru ise nedensellik bulunamamıştır.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge Harcamaları, TFV, ARDL, Granger Nedensellik, Türkiye.

ABSTRACT

Research and Development (R&D) expenditures are one of the key factors contributing to the enhancement of countries' technological capacities. Under conditions of global competition, increasing economic productivity is among the primary objectives of countries. To transfer new technologies into their production processes, countries may resort to strategies such as attracting foreign direct investment and increasing trade openness. However, developing innovations in line with a country's specific needs by taking into account its internal production dynamics is a more effective method for improving productivity. The innovation development process is directly related to countries' capital accumulation. While the share of R&D expenditures in GDP is relatively high in developed countries with high levels of capital accumulation, this share tends to be lower in developing countries with comparatively lower capital accumulation. This study empirically examines the relationship between R&D expenditures and Total Factor Productivity (TFP) in Türkiye for the period 1996–2022. The main objective of the study is to reveal the long-run relationship between innovation investments and growth dynamics in the national economy. Within this framework, TFP is treated as the dependent variable, while R&D expenditures are included in the model as the explanatory variable, and the relationship between the variables is analyzed using the ARDL (Autoregressive Distributed Lag) bounds testing approach. The findings indicate that there is a statistically significant long-run relationship between R&D expenditures and total factor productivity. The Granger causality test revealed a weak, unidirectional causality from R&D expenditures to total factor productivity. The results indicate that there is no evidence of causality running from total factor productivity to R&D expenditures.

Keywords: R&D Expenditure, TFP, ARDL, Granger Causality, Türkiye.

GİRİŞ

1980'li yıllardan günümüze hız kazanan küreselleşme süreci, malların ve bilginin uluslararası düzeyde serbestleşmesini sağlamış ve ülkeler arasındaki rekabeti önemli ölçüde artırmıştır. Küresel ekonomide rekabet üstünlüğünün belirleyenleri değişmiş, düşük maliyetli üretim veya doğal kaynak zenginliği gibi faktörler önemini yitirmiştir. Bilgi üretme, yenilik geliştirme ve teknoloji geliştirme kapasitesi gibi faktörler ülkelerin rekabet üstünlüğünü belirlemede merkezi bir konuma gelmiştir. Bu durum aynı zamanda ekonomik büyümenin kaynaklarının yeniden değerlendirilmesini de gündeme getirmiştir. Bilgi ekonomisinin küresel rekabetin yapısını dönüştürdüğü bir

Hatice Aztimur ¹

How to Cite This Article

Aztimur, H. (2026). Ar-Ge Harcamaları ve Toplam Faktör Verimliliği İlişkisi: Türkiye İçin Ampirik Bir Analiz. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 12(5), 494-501. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.23089395>

Arrival: 23 July 2026

Published: 30 September 2026

International Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

This journal is an open access, peer-reviewed international journal.

* Bu çalışma, 16-17 Şubat, 2026 tarihlerinde düzenlenen *International Management, Economics and Business Congress* bünyesinde sunulan özet bildirinin genişletilmiş ve gözden geçirilmiş halidir.

¹ Doç. Dr., Harran Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. ORCID: 0000-0003-2039-5065

ortamda yüksek teknoloji üretiminin hızlanması, dijitalleşme ve yapay zekanın yaygınlaşması gibi gelişmeler ülkelerin büyüme performanslarını da belirler hale gelmiştir. Bu çerçevede araştırma geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri teknoloji geliştirmenin temel bileşenlerinden birisi olarak kabul edilmektedir. Edquist ve Henrekson'a (2017) göre Ar-Ge, mevcut bilgi birikiminin artırılması için çalışanlar tarafından harcanan zamandan oluşmaktadır. Ar-Ge faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan yeniliklerin ve ülkelerin teknoloji transferi yapmasına olanak sağlayan, ticari açıklık, doğrudan yabancı yatırımlar gibi kanallar aracılığı ile teknolojiye yaşanan gelişmelerin üretim süreçlerine ne ölçüde yansıtıldığı ise toplam faktör verimliliği (TFV) olarak ifade edilmektedir. Toplam faktör verimliliği, üretim sürecinde emek ve sermaye gibi üretim faktörlerinin ne kadar etkin kullanıldığını gösteren önemli bir göstergedir.

Teknolojideki gelişmenin üretime katkısının izleri klasik iktisatçı Ricardo (2008)'dan günümüze kadar takip edilebilse de Neoklasik büyüme teorisi toplam faktör verimliliğinin ampirik olarak ölçülebilmesi için bir başlangıcı temsil eder (Yeldan, 2010; 136). Solow (1956) modelinde, teknolojideki gelişmeler uzun dönemde büyümenin belirleyeni olarak ifade edilmiştir. Modelde, teknolojinin büyümeye katkısı, emek ve sermaye paylarının hasıladaki artıştan çıkarılmasıyla geriye kalan büyüklük olarak hesaplanır ve Solow modelinde "Solow artışı" olarak ifade edilir. Solow modelinde teknoloji ve nüfus dışsal değişkenler olarak kabul edilirken azalan verimler yasasının işlediği varsayılmıştır. 1980'lerden itibaren ise içsel büyüme kuramcıları, teknoloji ve büyüme arasındaki ilişkiye odaklanırken teknolojiyi ve beşeri sermayeyi içsel değişken olarak kabul etmişlerdir. İçsel büyüme kuramcılarına göre; Ar-Ge faaliyetleri yeni bilgi üretimini hızlandırarak yenilik kapasitesini artırmakta ve teknolojik ilerlemeyi desteklemektedir. Ar-Ge faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan gelişmeler, daha düşük maliyetle daha yüksek üretim gerçekleştirilmesinin yolunu açacaktır (Romer, 1990; Grossman & Helpman, 1991; Aghion & Howitt, 1992).

Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliğini pozitif etkilemesi ve etkinin büyüklüğü, ülkelerin gelişmişlik düzeyi, kurumsal kapasitesi, dışa açıklık derecesi ve doğrudan yabancı yatırım çekme kapasitesi gibi yapısal faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Gelişmiş ülkelerde Ar-Ge harcamaları verimliliği daha yüksek oranlarda artırırken gelişmekte olan ülkelerde bu etki daha sınırlı gerçekleşmektedir (Yalçınkaya, 2018). Lederman ve Maloney'e (2003) göre, teknoloji konusunda lider ülkelerde, Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyi açıklama gücü yüksektir. Gelişmekte olan ülkelere Ar-Ge harcamalarının sosyal getirisi yüksek olduğu halde gelişmiş ülkeler daha fazla Ar-Ge yatırımı yaparlar. Gelişmiş ülkelerin Ar-Ge faaliyetleri konusunda daha fazla çaba içinde olmalarında, bu ülkelere finansal derinlik, fikri mülkiyet haklarının korunması, kamu kaynaklarını harekete geçirme yeteneği ve araştırma kurumlarının kalitesi belirleyici olmaktadır (Lederman & Maloney, 2003). Gelişmekte olan ülkelere, Ar-Ge harcamalarının yetersizliği, teknoloji ithalatına bağımlı üretim yapısı ve sınırlı bilgi üretimi gibi etkenlere bağlı olarak toplam faktör verimliliği göreceli olarak düşük gerçekleşmektedir.

Türkiye, gelişmekte olan ülkeler kategorisinde yer almaktadır. Gelişmiş ülkelere göre yüksek teknoloji üretimi yetersiz ve bilgi yoğun sektörlerde sınırlı kapasitesi olan Türkiye, teknoloji üreten bir ülkeden ziyade teknolojiyi transfer edip uyarlayarak kullanan ülke görünümündedir. Teknoloji geliştirme ve destekleme amacıyla oluşturulmuş TÜBİTAK, Teknoparklar, Organize Sanayi Bölgeleri ve Ar-Ge merkezleri gibi kurumsal yapıların mevcudiyetiyle beraber, hukukun üstünlüğü, öngörülebilirlik ve kurumsal kalite gibi göstergelerde gelişmiş ülkelerin gerisinde yer almaktadır. Aynı zamanda yüksek teknoloji üreten ve bilgi yoğun sektörlerde açık ara önde olan gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında Ar-Ge harcamaları, patent sayısı, Ar-Ge personel sayısı ve bilimsel yayın sayısı bakımından Türkiye'nin oldukça geride olduğu görülmektedir. Dünya Bankası'nın 2023 verilerine göre; Japonya, Kore ve Birleşik Devletler gibi 'gelişmiş' ülkeler sırasıyla GSYH'nın %3,4, 4,94, 3,45'ini Ar-Ge harcamaları için ayırırken Türkiye 2023 yılında GSYH'nın %1,32'sini Ar-Ge harcamaları için ayırmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliği üzerindeki kısa ve uzun dönem etkilerini ampirik olarak incelemektir. Bu amaçla, Türkiye'de 1996-2022 yılları arasında Ar-Ge harcamaları ve TFV arasındaki ilişki ARDL sınır testi (eşbütünleşme) ve Granger (nedensellik) yöntemleri kullanılarak analiz edilmektedir. Çalışmanın, Ar-Ge harcamalarının verimlilik üzerindeki rolüne ilişkin literatüre katkı sağlaması ve politika yapıcılara teknoloji politikalarının oluşturulması konusunda yol gösterici bulgular sunması beklenmektedir. Çalışmanın sonraki bölümünde Ar-Ge ile toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkiyi analiz eden çalışmalar değerlendirilmiştir. Üçüncü bölümde veri ve model açıklanırken dördüncü bölümde araştırma bulguları yorumlanmıştır. Sonuç ve öneriler bölümünde ise Ar-Ge harcamaları TFV ilişkileri değerlendirilmiş ve birtakım öneriler sunulmuştur.

LİTERATÜR

Toplam faktör verimliliği bir ekonomide teknolojiye yaşanan gelişmelerin üretim sürecine ne ölçüde aktarıldığını yansıtan önemli bir göstergedir. TFV'nin büyümeyi hızlandırarak bir faktör olduğu dikkate alındığında ülkelerin büyüme hedeflerinin gerçekleştirilmesi ile toplam faktör verimliliğinin artırılması hedefi örtüşmektedir. Literatürde toplam faktör verimliliğini etkileyen unsurları belirlemek amacıyla çok sayıda çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda Ar-Ge yatırımları, patent başvuruları, araştırmacı sayısı gibi, ülkelerin, bilgi ve yenilik

birikimlerini temsil eden faktörlerin toplam faktör verimliliği üzerinde ağırlıklı olarak pozitif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Literatürde yer alan çalışmaların önemli bir bölümü panel veri analizi yöntemlerine odaklanırken tek ülke analizlerinin sayısı sınırlı kalmıştır. Aşağıda Tablo 1’de ülke grupları, tek ülke örnekleri ve sektör bazında örnekleri içeren çalışmalardan bir kısmı özetlenmiştir.

Tablo 1: Literatür Özeti

	Ülke-Dönem	Yöntem	Sonuç
Çitil (2025)	Türkiye (1990-2019)	Johansen Eşbütünleşme	Özel sektör Ar-Ge harcamalarının TFV üzerinde pozitif, kamu Ar-Ge harcamalarının TFV üzerindeki etkisi ise istatistiki olarak anlamsız.
Çeştepe & Şıklı (2024)	Türkiye (1990-2019)	Granger Nedensellik	Ar-Ge harcamalarından TFV ve Büyümeye doğru tek yönlü nedensellik bulunmuştur.
Turna & Özcan (2023)	BİST/Türkiye (2009-2020)	Granger nedensellik ve panel ARDL	Ar-Ge harcamalarından TFV’ye doğru tek yönlü nedensellik, Ar-Ge harcamaları ile TFV arasında uzun dönemli ilişki tespit edilmiştir.
Fendoğlu & Polat (2021)	Seçilmiş Yeni Sanayileşen Ülkeler (1996-2019)	Panel Veri Analizi	Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme ve toplam faktör verimliliği arasında pozitif korelasyon bulunmuştur.
Akkoç vd. (2018)	BRICS-T (2001-2015)	Panel Veri Analizi	İthalat yapılan ülkedeki Ar-Ge harcamalarının ev sahibi ülkenin TFV’ni artırdığı tespit edilmiştir.
Yalçınkaya (2018)	G-7 ve Seçilmiş Yükselen Piyasa Ekonomileri (YPE) (1992-2013)	Panel Eşbütünleşme	Aktif nüfusun eğitim seviyesi, ülkelerin dışa açıklık derecesi, sabit sermaye yatırımları, Ar-Ge yatırımları, yüksek teknoloji ihracatı ve patent başvuru sayıları TFV’nin belirleyicileridir. Bu faktörlerin TFV üzerinde pozitif etki gösterdiği saptanmış, bu etkinin G-7 ülkelerinde YPE ülkelerinden birkaç kat fazla olduğu tespitine de yer verilmiştir.
Gömlüksiz vd. (2017)	OECD (1993-2014)	Panel Eşbütünleşme	Ar-Ge faaliyetleri, ticari dışa açıklık ve ileri teknoloji ithalatının uzun dönemde TFV’nde artışlara yol açtığı tespit edilmiştir.
Aydın & Yalçınkaya (2017)	OECD (1994-2014)	Panel Veri Analizi	Ar-Ge yatırımlarının TFV üzerinde pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir.
Edquist & Henrekson (2017)	İsveç (47 Sektör /1993-2013)	Panel Veri Analizi	Ar-Ge TFV’yi eşzamanlı olarak pozitif etkilerken BİT’in (bilgi iletişim teknolojileri) TFV’yi gecikmeli olarak etkilediği tespiti yapılmıştır.
Fikirli & Çetin (2015)	Türkiye (1990-2013)	ARDL	Ar-Ge sermaye birikimi bileşenlerinin (kamu, özel sektör ve yükseköğretim) TFV üzerinde istatistiki olarak anlamlı etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.
Coe & Helpman (1995)	OECD ve İsrail	Havuzlanmış En Küçük Kareler Yöntemi	Yurt içi ve yabancı Ar-Ge sermaye stokunun TFV üzerinde pozitif etki ettiği saptanmıştır.
Park (1995)	OECD (10 ülke/ 1970-1987)	Panel Veri Analizi	Yerel özel sektör araştırmalarının hem yerli hem yabancı verimlilik artışını desteklediği, yabancı kamu araştırmalarının ise yerli özel sektör araştırmalarını harekete geçirdiği tespit edilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM

Veri

Bu çalışmada Ar-Ge harcamaları (Ar-Ge) ile Toplam Faktör Verimliliği (TFV) arasındaki eşbütünleşme ilişkisi Türkiye için incelenmiştir. Çalışmada 1996-2022 dönemine ait yıllık veriler kullanılmıştır. Ar-Ge harcamaları verisi Dünya Bankası’ndan, Toplam Faktör verimliliği verisi ise Penn World Table (PWT)’den elde edilmiştir. Veri setleri ile ilgili tanımlayıcı bilgiler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2: Veri Seti

Değişken	Sembol	Gösterge	Kaynak
Toplam Faktör Verimliliği	TFV	GSYH’dan emek ve sermaye payları çıktıktan sonra kalan büyüklüğü temsil eder.	Penn World Table (PWT)
Ar-Ge Harcamaları	Ar-Ge	Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payı (%)	World Bank (WB)

Ar-Ge harcamaları verisinin GSYH içindeki %pay olarak seçilmesi çalışmanın yürütüldüğü dönemle ilgilidir. İlgili dönemde Türkiye’de, 2001 krizi, 2008 küresel finans krizi ve 2021 sonrasında (pandeminin ardıl etkileri) önemli kur şokları yaşanmıştır. Verinin dolar cinsinden harcama büyüklüğü biçiminde seçilmesi durumunda bu şoklardan etkilene olasılığı yüksek olacaktır.

Yöntem

Çalışmada Peseran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen ARDL (Autoregressive Distributed Lag) sınır testi kullanılmıştır. Yöntem seçiminde ARDL sınır testinin göreceli olarak daha küçük veri setlerini analiz etmede avantaj sağlaması belirleyici olmuştur. Sınır testi analizinde, değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı analiz edilir. Hesaplanan test istatistiği üst kritik sınırı geçtiğinde kısa ve uzun dönem katsayıları tahmin edilir. ARDL sınır testi için kısıtsız hata düzeltme modeli aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$\Delta TFV_t = a_0 + \sum_{i=1}^m a_{1i} \Delta TFV_{t-i} + \sum_{i=0}^m a_{2i} \Delta Ar-Ge_{t-i} + a_3 TFV_{t-1} + a_4 Ar-Ge_{t-1} + u_t \quad (1)$$

Model (1)’de TFV bağımlı değişken, Ar-Ge bağımsız değişken, a_0 sabit terim, u_t ise hata terimini ifade etmektedir. Modeldeki optimal gecikme uzunlukları Akaike (AIC) veya Schwarz (SIC) bilgi kriterlerine göre belirlenir. Modelde heteroskedastisite, seri korelasyon, normallik dağılımı ve spesifikasyon sorunları olmamalıdır. ARDL sınır testi için hipotezler aşağıdaki gibi kurulmuştur.

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0 \quad (\text{Eşbütünleşme yoktur})$$

$$H_1: \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3 \neq \alpha_4 \neq 0 \quad (\text{Eşbütünleşme vardır})$$

H_0 , sıfır hipotezidir. Seriler arasında eşbütünleşme yoksa H_0 reddedilemez. Hesaplanan F istatistiği üst sınır kritik değerlerinden büyük ise, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı kabul edilir ve uzun ve kısa dönemli katsayı tahminleri yapılır.

$$\Delta TFV_t = a_0 + \sum_{i=1}^m a_{1i} \Delta TFV_{t-i} + \sum_{i=0}^m a_{2i} \Delta Ar-Ge_{t-i} + u_t \quad (2)$$

ARDL uzun dönem katsayıları model (2)’de ifade edilmiştir.

$$\Delta TFV_t = a_0 + \sum_{i=1}^m a_{2i} \Delta TFV_{t-i} + \sum_{i=0}^m a_{3i} \Delta Ar-Ge_{t-i} + a_1 EC_{t-1} + u_t \quad (3)$$

Model (3)’te, EC_{t-1} hata düzeltme terimidir. EC_{t-1} katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olmalıdır.

AMPİRİK SONUÇLAR

Birim Kök Testi

ARDL sınır testinin uygulanabilmesi için serilerin seviyede veya birinci farkta durağan olması gerekmektedir. Bu nedenle analiz öncesinde değişkenlerin durağanlık testleri Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ADF ve PP testlerinin sonuçları Tablo 3’te raporlanmıştır.

Tablo 3: ADF ve PP Birim Kök Test Sonuçları

ADF					
Değişkenler	Model	Düzy		Fark	
		t-istatistiği	p	t-istatistiği	p-Değeri
TFV	Sabit	3,0955	0,039	5,3784	0,0002***
	Sabit ve Trend	2,9674	0,1603	5,4710	0,0009***
Ar-Ge	Sabit	0,2551	0,9709	5,0080	0,0005***
	Sabit ve Trend	1,9159	0,6152	3,9214	0,0318**
Phillips-Perron					
Değişkenler	Model	Düzy		Fark	
		t-istatistiği	p	t-istatistiği	p-Değeri
TFV	Sabit	2,5582	0,1142	5,3728	0,0002***
	Sabit ve Trend	2,6248	0,2731	5,4657	0,0009***
Ar-Ge	Sabit	0,2701	0,9719	5,0506	0,0004***
	Sabit ve Trend	2,3120	0,4134	5,2233	0,0015***

AIC bilgi kriteri kullanılmıştır. *** 1%, ** 5%, istatistiki olarak anlam düzeyini gösterir.

Serilere uygulanan ADF birim kök testi sonuçlarına göre, TFV değişkeni sabitli modelde düzey değerinde durağan görünmekle birlikte, sabit ve trend içeren modelde birim kök içermektedir. Ar-Ge değişkeni ise her iki modelde de durağan değildir. Birinci farkları alındığında hem TFV hem de Ar-Ge değişkenlerinin sabitli ve sabit-trendli modellerde %5 ve %1 anlamlılık düzeylerinde durağan hale geldikleri belirlenmiştir.

Phillips-Perron birim kök testi sonuçları da ADF testini doğrulamaktadır. PP testine göre TFV ve Ar-Ge değişkenleri düzey değerlerinde durağan değildir. Değişkenlerin birinci farkları alındığında tüm modellerde istatistiksel olarak

anlamlı hale gelmiş ve %1 düzeyinde durağanlaştıkları tespit edilmiştir. Bu tespit, ARDL sınır testinin uygulanması için gerekli ön koşulun sağlandığını göstermektedir.

ARDL Sınır Testi

1996–2022 döneminde Türkiye için TFV ile Ar-Ge harcamaları arasındaki uzun dönem ilişki ARDL (4,0) modeli kullanılarak incelenmiştir. Sınır testi sonuçları, modelde uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığına işaret etmektedir. Sınır testi kapsamında hesaplanan F-istatistiği 6.62 olup, bu değer %5 anlamlılık düzeyinde üst sınır kritik değerinin ($I(1)$) üzerindedir. Bu bulgu, “düzeyler arasında eşbütünleşme yoktur” şeklindeki H_0 hipotezinin reddedildiğini ve değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğunu göstermektedir.

Benzer şekilde, t-sınır testi sonucu elde edilen t-istatistiği (-3.63) %5 anlamlılık düzeyinde $I(1)$ kritik değerinden daha küçük olduğundan, uzun dönem eşbütünleşme ilişkisi teyit edilmektedir. Sınır testi sonuçları Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4: ARDL Sınır Testi Sonuçları

H_0 : Eşbütünleşme yoktur			
F = 6,62 k = 1	α	$I(0)^*$	$I(1)^*$
	%10	4,29	5,08
	%5	5,39	6,35**
	%1	8,17	9,28
t = -3,63	α	$I(0)$	$I(1)$
	%10	-2,57	-2,91
	%5	-2,86	-3,22**
	%1	-3,43	-3,82

*Kritik değerler Narayan (2005)’dan alınmıştır. **F istatistiği %5 düzeyinde üst kritik değerden daha büyüktür.

Tanımlayıcı test sonuçları, kurulan modelin istatistiksel olarak tutarlı ve güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır. Bütün tanımlayıcı testlerde p değeri %5’ten büyüktür. Bu sonuca bağlı olarak model kurma hatası ve otokorelasyon yoktur. Dağılım normal gerçekleşmiştir ve değişen varyans problemi yoktur. Tanımlayıcı test sonuçları Tablo 5’te raporlanmıştır.

Tablo 5: Tanımlayıcı Test Sonuçları

Tanımlayıcı Test	Sonuç
Serial Correlation (Breush-Godfrey)	F = 1,766 (p= 0,204)
Model specification (Ramsey-Reset)	F = 2,316 (p = 0,147)
Normality (Jargue-Bera)	JB = 0,598 (p = 0,741)
Heteroscedasticity (Breush-Pagan-Godfrey)	F= 0,438 (p = 0,815)

Uzun ve Kısa Dönem Sonuçları

Uzun dönem tahmin sonuçları Tablo 6’da sunulmuştur. Uzun dönem katsayılarına göre Ar-Ge harcamalarının TFV üzerindeki etkisi negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Buna göre, uzun dönemde Ar-Ge harcamalarındaki %1’lik bir artış, TFV’yi yaklaşık %0.05 oranında azaltmaktadır.

Bu sonuç, Türkiye’de Ar-Ge harcamalarının etkin olmadığı, Ar-Ge harcamalarının niteliği ve sektörlere dağılımı konularında yapısal sorunlar bulunabileceğini, yeniliklerin teknolojiye dönüşemediği ve verimliliği artıracak şekilde üretim süreçlerine transfer edilemediğini düşündürmektedir.

Tablo 6: Uzun dönem Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken TFV	Katsayı	Std. hata	T istatistiği	p-Değeri
Ar-Ge	-0,051	0,018	-2,824	0,0117***

*** 1%, istatistiki olarak anlam düzeyini gösterir.

1996–2022 dönemine ait veriler kullanılarak tahmin edilen ARDL (4,0) modelinden elde edilen hata düzeltme modeli sonuçları, kısa dönem dinamikleri ve uzun dönem dengeye dönüş mekanizması hakkında önemli bulgular sunmaktadır. Hata düzeltme teriminin katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuç, kısa dönemde TFV’de meydana gelen dengesizliklerin yaklaşık %93’ünün bir dönem içerisinde giderildiğini ve sistemin uzun dönem dengesine oldukça hızlı bir şekilde yakınsadığını göstermektedir. Dolayısıyla modelin dinamik yapısı iktisadi olarak tutarlı ve istikrarlıdır. Kısa dönem katsayılarına bakıldığında, TFV’nin ikinci gecikmeli farkı istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu bulgu, TFV’deki geçmiş dönem hareketlerinin kısa dönemde bugünkü TFV artışını pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Diğer kısa dönem katsayıları ise istatistiksel olarak zayıf anlamlılığa sahiptir.

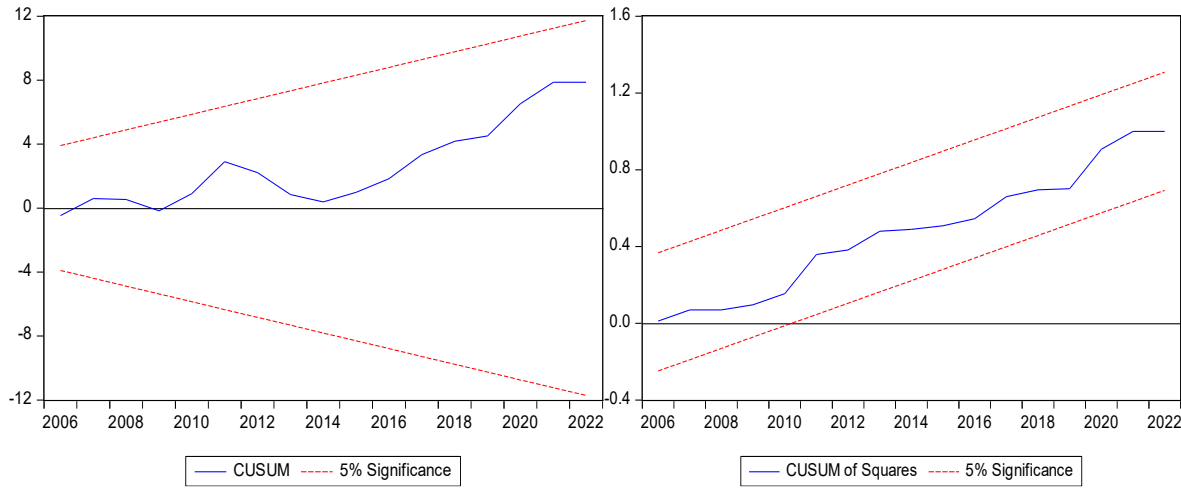
Tablo 7: Kısa Dönem Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken TFV	Katsayı	Std. hata	t-istatistiği	p-Değeri
C	0,9650	0,2578	3,7431	0,0016***
Δ TFV(-1)	0,2841	0,1941	1,4643	0,1614
Δ TFV(-2)	0,4706	0,1838	2,5606	0,0203
Δ TFV(-3)	0,3407	0,1899	1,7941	0,0906*
EC_{t-1}	-0,9273	0,2476	-3,7448	0,0016***

$R^2 = 0,46$, $AR^2 = 0,34$, $F = 3,90$ ($P = 0,0187$), $DW = 1,61$

*** 1%, *10% istatistiki olarak anlam düzeyini gösterir.

Şekil 1’de kesikli çizgiler %95 güven aralığını düz çizgiler ise parametre tahminlerini göstermektedir. ARDL (4,0) modeli için tahminler her iki grafikte de güven aralığı içindedir ve parametre tahminlerinin kararlılık koşulunu sağladığı söylenebilir.

**Şekil 1: %5 Seviyesinde Cusum ve Cusum Squares Test Sonuçları**

Nedensellik Test Sonuçları

Türkiye’de 1996-2022 yılları için Ar-Ge harcamaları (Ar-Ge) ve toplam faktör verimliliği (TFV) veri setlerine Granger (1969) testi uygulanmıştır. Tablo 8’de raporlanan test sonuçlarına göre; Ar-Ge’den TFV’ye doğru istatistiki olarak anlamlı zayıf bir nedensellik bulunmuştur (%10 – $p=0,061$). TFV’den Ar-Ge’ye doğru ise herhangi bir nedensellik bulunamamıştır ($p=0,684$).

Tablo 8: Nedensellik Test Sonuçları

H_0	Test İstatistiği	p-Değeri
$RD \neq TFV$	7.374	0,069
$TFV \neq RD$	1.493	0,683

Bu sonuç, Türkiye’de Ar-Ge harcamalarının verimlilik üzerinde gecikmeli ve zayıf bir kanal üzerinden etkili olduğu tespitini yapmaya olanak sağlarken verimlilik artışlarının Ar-Ge yatırımlarını doğrudan etkilemediğini göstermesi bakımından önemlidir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, 1996–2022 dönemi için Türkiye’de Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliği (TFV) arasındaki ilişkiyi ARDL sınır testi yaklaşımıyla incelemiştir. Elde edilen bulgular, değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığına işaret etmektedir. Uzun dönem katsayıları incelendiğinde Ar-Ge harcamalarının TFV üzerindeki etkisinin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu sonuç, Çitil (2025) ve Fikirli ve Çetin (2015)’in çalışmalarında ulaştıkları bulgularla uyumludur.

Söz konusu bulgular, Türkiye’de Ar-Ge harcamalarının niceliksel olarak artmasına rağmen, bu artışın verimliliğe yeterince yansımadağına işaret etmektedir. Bu durum; Ar-Ge harcamalarının etkinliği, sektörel dağılımı ve teknolojiye dönüşme kapasitesi açısından bazı yapısal sorunların varlığını düşündürmektedir. Öte yandan hata düzeltme modeli sonuçları, kısa dönemde meydana gelen dengesizliklerin büyük ölçüde bir sonraki dönem içerisinde giderildiğini ve sistemin uzun dönem dengesine hızla yakınsadığını ortaya koymaktadır. Yapılan tanı testleri de kurulan modelin istatistiksel olarak tutarlı ve güvenilir olduğunu doğrulamaktadır.

İlgili dönem verilerine uygulanan Granger nedensellik testi sonuçlarına göre; kısa dönemde Ar-Ge harcamalarından toplam faktör verimliliğine doğru zayıf bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiş, toplam faktör verimliliğinden Ar-Ge harcamalarına doğru ise herhangi bir nedensellik bulunamamıştır. Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde,

Türkiye’de Ar-Ge harcamalarının verimlilik üzerindeki etkisinin sınırlı, gecikmeli ve kurumsal yapıdan etkilenen bir nitelik taşıdığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Türkiye’de 1996-2022 dönemini kapsayan bu analizden elde edilen ampirik sonuçlar doğrultusunda, karar alıcı ve politika uygulayıcılar için birtakım öneriler geliştirilmiştir.

Ar-Ge harcamalarının niteliği artırılmalı, harcamalar, stratejik sektörlere verimlilik artışı sağlayacak şekilde yeniden yapılandırılmalıdır.

Kurumsal yapı güçlendirilerek üniversite-sanayi arasında verimliliği destekleyecek iş birliklerinin kurulması ve mevcut iş birliklerine desteğin artırılması sağlanmalıdır. Üniversiteler proje sayısından ziyade patent, lisanslama ve verimliliğe odaklanmalıdır.

Özel sektör Ar-Ge yatırımları teşvik edilmeli, uluslararası rekabet gücünün artırılması için ihracatçı firmalar ve KOBİ’ler desteklenmeli, yüksek teknoloji içeren üretim ve ihracat kanalları teşvik edilmelidir.

Geliştirilen teknolojilerin üretime hızla entegrasyonunu sağlayacak mekanizmalar işlevsel hale getirilmelidir. Ar-Ge harcamalarının verimliliğini ve etkinliğini izleyebilmek için, Ar-Ge harcamaları içinde patent sayısı ve Ar-Ge harcamaları içinde yüksek teknoloji ihracatı gibi somut ve çıktı odaklı performans göstergeleri yakından takip edilmelidir.

KAYNAKÇA:

- Aghion, P. & Howitt, P. (1992). A Model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Akkoç, G. K., Akkoç, U., & Yücel, Ö. F. (2018). BRICS-T ülkelerinde toplam faktör verimliliği ve teknoloji transferi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (21), 101-118.
- Aydın, H. İ., & Yalçınkaya, Ö. (2017). Ar-Ge yatırımlarının toplam faktör verimliliği üzerindeki etkileri: OECD ülkeleri üzerinde panel veri analizi (1994-2014). *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute/Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (26).178-196.
- Coe, D. T., & Helpman, E. (1995). International r&d spillovers. *European Economic Review*, 39(5), 859-887.
- Çeştepe, H., & Şıklı, S. (2024). Ar-Ge harcamaları, toplam faktör verimliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye üzerine bir ampirik analiz. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, (40), 121-133.
- Çitil, M. (2025). Economic reflections of technological transformation: sectoral structure of r&d expenditures in türkiye and their relationship with productivity. *Journal of Economics, Finance and Sustainability*, 3(2), 157-176.
- Edquist, H., & Henrekson, M. (2017). Do R&D and ıct affect total factor productivity growth differently?. *Telecommunications Policy*, 41(2), 106-119.
- Feenstra, Robert C., Robert Inklaar and Marcel P. Timmer (2015), "The next generation of the penn world table" *American Economic Review*, 105(10), 3150-3182.
- Fendoğlu, E. & Polat M. A. (2021). Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki: seçilmiş yeni sanayileşen ülkelerde panel veri analizi, *Kent Akademisi*, Volume, 14 (3), 728-747.
- Fikirli, Ö., & Çetin, A. K. (2015). Ar-Ge sermaye birikiminin toplam faktör verimliliğine etkisi: Türkiye örneği. *Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, 4(2), 147-166.
- Gömlüksiz, M., Şahbaz, A., & Mercan, B. (2017). Toplam faktör verimliliğinin belirleyicileri üzerine ampirik bir inceleme: seçilmiş OECD ülkeleri örneği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(2), 65-82.
- Granger, C. W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 424-438.
- Grossman, G.M. & Helpman, E. (1991). Quality ladders in the theory of growth. *The Review of Economic Studies*, 58(1), 43-61.
- Lederman, D., & Maloney, W. F. (2003). R&D and development. Available at SSRN 402480.
- Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for China: Evidence from cointegration test. *Applied Economics*, 37, 1979-1990.
- OurWorld in Data <https://ourworldindata.org/grapher/total-factor-productivity?country=~TUR>

- Park, W. G. (1995). International R&D spillovers and OECD economic growth. *Economic Inquiry*, 33(4), 571-591.
- Pesaran, M., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Ricardo, D. (2008). Siyasal iktisadın ve vergilendirmenin ilkeleri, Çev. Barış Zeren. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, 98(5), 71-101.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Turna, Y., & Özcan, A. (2022). Firmaların Ar-Ge harcamaları ile etkinlik düzeyleri ve toplam faktör verimlilikleri arasındaki nedensellik ilişkisi (BİST’te faaliyet gösteren firmalar üzerinde bir inceleme). *Alanya Akademik Bakış*, 7(2), 1015-1027.
- Worldbank <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=TR>
- Yalçınkaya, Ö. (2018). Toplam faktör verimliliğinin belirleyicileri: G-7 ve seçilmiş yükselen piyasa ekonomileri üzerine bir uygulama (1992-2013). *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(3), 41-60.
- Yeldan, E. (2010). İktisadi büyüme ve bölüşüm teorileri. Efil Yayınevi, Ankara.