

## Ar-Ge Harcamaları, Toplam Faktör Verimliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Üzerine Bir Ampirik Analiz\*

### An Empirical Analysis of the Relationship between Research and Development Expenditures, Total Factor Productivity, and Economic Growth in Turkey

Hamza Çeştepe<sup>1</sup> , Sezin Şıklı<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>(Prof. Dr.), Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Zonguldak, Türkiye

<sup>2</sup>(Doktora Öğrencisi), Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Zonguldak, Türkiye

\* Birinci yazarın danışmanlığında ikinci yazar tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinden üretilen bu çalışma, 14. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresinde özet bildiri olarak sunulmuştur.

**ÖZ**  
İktisadi büyümenin kaynakları ve etkileriyle birlikte, çeşitli makroekonomik büyüklüklerle ilişkisi de geçmişten günümüze birçok çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışmada Ar-Ge harcamaları, toplam faktör verimliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, Türkiye örneğinde ampirik olarak araştırılmıştır. Bu amaçla, Türkiye'nin 1990-2019 dönemi verileri ve Granger nedensellik analizi yöntemi kullanılmıştır. Yapılan analiz neticesinde, Ar-Ge harcamaları ile büyüme ve Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliği arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu ilişkilerin yönünün ise Ar-Ge harcamalarından büyümeye ve Ar-Ge harcamalarından toplam faktör verimliliğine doğru olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda, Türkiye'nin Ar-Ge'ye önem veren ve Ar-Ge harcamalarını arttırıcı yönde politikalara ağırlık vermesi gerekmektedir. Bunun yanında, toplam faktör verimliliğindeki artışların da büyümeyi olumlu yönde etkilediği göz önüne alındığında, politika yapıcılar Ar-Ge yatırımlarıyla birlikte kaynak verimliliğini arttırıcı politikaları da bizzat uygulamaya geçirmeli ve vergi kolaylıkları, finansal ve teknik desteklerle özel sektörü bu konularda teşvik etmelidir.

#### ABSTRACT

Many studies have been conducted on the sources and effects of economic growth and its relationship with various macroeconomic variables. In this study, the relationship between research and development (R&D) expenditures, total factor productivity, and economic growth has been empirically investigated in the case of Turkey. Turkey's 1990–2019 period data and the Granger causality analysis method were used for this purpose. The analysis discovered a one-way causality relationship between R&D expenditures and growth as well as between R&D expenditures and total factor productivity. In this context, Turkey should focus on policies that prioritize R&D and increase R&D expenditures. Furthermore, given that increases in total factor productivity boost growth, policymakers should implement policies that increase resource efficiency and R&D, and encourage the private sector to invest in these areas through tax breaks, financial incentives, and technical assistance.

**Anahtar Kelimeler:** Ar-Ge Harcamaları, Toplam Faktör Verimliliği, Ekonomik Büyüme, Granger Nedensellik Analizi

**Keywords:** Research and Development Expenditures, Total Factor Productivity, Economic Growth, Granger Causality Analysis

#### EXTENDED SUMMARY

When economic growth is sustained, it improves the welfare of the country's citizens by increasing per capita income. As a result, the sources of growth or factors that increase growth have been a topic of interest from the past to the present. Along with an increase in production factors, technological development is one of the most important sources of growth. Some indicators influence technological development. These indicators also include total factor productivity and R&D expenditures.

Total factor productivity, defined as the increase in productivity across all production factors, is the primary source of long-term growth. In order to achieve development by ensuring stable growth, firms must increase resource efficiency by investing in

**Corresponding Author:** Hamza Çeştepe E-mail: cestepe@gmail.com

Submitted: 06.10.2023 • Revision Requested: 13.11.2023 • Last Revision Received: 14.11.2023 • Accepted: 14.11.2023



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

technology, particularly in developing countries. Technology is discovered and developed in the economy due to R&D activities. R&D activities are regarded as the foundation for the production and dissemination of new information; technological advances obtained in this manner also positively impact economic growth by increasing the efficiency of production factors and lowering production costs. Indeed, because R&D activities incur costs, spending is required to cover these costs. The ratio to gross national product of this size, technically expressed as “R&D expenditures,” is regarded as one of the most important indicators of countries’ importance on science and technology today.

In the literature, the number of studies on Turkey, particularly in recent years, on the relationship between total factor productivity, R&D investments, and growth has been increasing. However, studies on the relationship of these two factors with growth have been conducted separately. The effect of R&D expenditures and total factor productivity, which are two interrelated concepts on economic growth, has never been studied. In this context, this study aims to fill this gap in the literature by empirically revealing the relationship between these three variables in the Turkish example.

The Granger causality method is used in the study to test the effect of R&D expenditures and total factor productivity on growth using annual data from 1990 to 2019. The improved Augmented Dickey–Fuller (ADF) unit root test assesses its stationarity. The vector autoregressive model is established after performing other necessary tests, such as autocorrelation, stability, and heteroskedasticity tests. Moreover, the existence and direction of the causality relationship between the variables are investigated using the Granger causality test.

According to the Granger causality test, the prediction results for the three models are examined separately. The relationship between R&D expenditures, growth, and total factor productivity with other variables as dependent variables is analyzed, respectively. The following analysis results were obtained regarding the direction of the relationship between R&D expenditures, growth, and total factor productivity: R&D expenditures and growth have a unidirectional causality relationship. The direction of this causality relationship is from R&D expenditures to growth. In this context, the study findings are comparable to those of Altın and Kaya (2009), Korkmaz (2010), Genç and Atasoy (2010), as well as Duman and Aydın (2018). Meanwhile, R&D expenditures and total factor productivity have a unidirectional causality relationship. The direction of this relationship is from R&D expenditures to total factor productivity. This result is consistent with the results of Guellec and van Pottelsberghe de la Potterie (2001), Voutsinas and Tsamadias (2014), as well as Aydın and Yalçınkaya (2016). There is no evidence of a causal relationship between total factor productivity and growth. This result is consistent with the studies by Aksu (2017) as well as Bozkurt and Toktaş (2018).

This study’s results reveal that R&D expenditures increased growth in Turkey during the period examined. Similarly, R&D expenditures positively affected the total factor productivity. In this context, it can be inferred that Turkey’s increase in R&D expenditures during the specified period had a positive impact on growth and total factor productivity.

Today, R&D studies are one of the most important tools for countries to gain a competitive advantage. The primary requirement for conducting R&D studies is the availability of the necessary financial resources. Another critical issue is the training of qualified personnel in this field. Therefore, social awareness about the importance of producing and developing technology should be raised and well-equipped personnel in the field of R&D should be trained. Subsequently, the necessary resources should be allocated for R&D, with increasing the amount of this resource from year to year becoming one of the primary goals. In this context, although it is encouraging that Turkey’s R&D expenditures as a percentage of gross domestic product have recently increased above 1%, it is still quite low compared to developed countries. To increase this share even further, the government should try to provide the necessary resources and incentives and regulations so that the private sector can participate in R&D activities more effectively.

## Giriş

18. yy’da İngiltere’de ortaya çıkan ve daha sonra tüm dünyaya yayılan Birinci Sanayi Devrimi, birçok değişimi beraberinde getirmiştir. Devrim, ilk olarak ekonomilerde üretim düzeyini ve biçimlerini değiştirmiş, ardından toplumların sosyoekonomik ve kültürel yapılarına etki etmiştir. Söz konusu süreçle birlikte, üretim eskisine göre çok daha hızlı ve verimli bir hale gelmiştir. Bu durumu sağlayan faktör ise teknolojik gelişmelerdir. Bu bağlamda “herhangi bir şey üretebilmek için gerekli olan bilgi” şeklinde tanımlanabilen teknoloji, zamanla ülkelerin ekonomik gücünü ortaya koyan temel göstergelerden biri haline dönüşmüştür.

Emek, sermaye, doğal kaynaklar ve girişimci şeklinde sıralanan ve büyümenin kaynakları olarak kabul edilen klasik üretim faktörlerine, daha sonra teknoloji de eklenmiştir. 1980’li yıllarda geliştirilen içsel büyüme teorilerine kadar ekonomik büyüme için dışsal bir faktör olarak kabul edilen teknoloji, adı geçen teorilerle birlikte büyümeye etki eden içsel bir faktör olarak görülmeye başlanmıştır. Diğer üretim faktörlerinde olduğu gibi, somut göstergelerle ölçümü her zaman mümkün olmayan teknolojinin üretim anlamında temel göstergesi verimliliktir. Belli bir ürünü aynı kaynaklarla yada aynı kaynaklarla daha fazla ürün elde edilmesi de verimliliğin arttığının göstergesidir. Tüm üretim faktörlerindeki verimlilik artışını ifade eden toplam faktör verimliliği refahın ve uzun vadeli büyümenin kaynağıdır (Kamacı, Ceyhan ve Peçe, 2019, s. 23)

Ekonomide teknolojinin ortaya çıkarılması ve geliştirilmesi, araştırma-geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri sonucunda olmaktadır. Ar-Ge faaliyetleri yeni bilgilerin üretilmesi ve yayılmasına temel oluşturmakta, bu şekilde elde edilen teknolojik gelişmeler de üretim

faktörlerinin verimliliğini artırıp üretim maliyetlerini düşürerek ekonomilerin büyümesini olumlu yönde etkilemektedir. Dolayısıyla Ar-Ge faaliyetleri, sürdürülebilir ekonomik büyümenin temel kaynaklarından biri olarak ekonomilerin rekabet güçlerini artırmakta ve ülkelerin sosyoekonomik gelişimine katkı sağlamaktadır. Tabii, Ar-Ge faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi birtakım maliyetlere yol açtığı için, bu maliyetlerin karşılanması harcama yapmayı gerektirmektedir. Teknik olarak “Ar-Ge harcamaları” olarak ifade edilen bu büyüklüğün GSMH’ya oranı, günümüzde ülkelerin bilim ve teknolojiye verdiği önemin de en önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Literatürde ekonomik büyümeyle etki eden faktörlerden ikisi olarak toplam faktör verimliliği ve Ar-Ge harcamalarının büyümeyle ilişkisi konusunda, Türkiye üzerine özellikle son dönemlerde yapılan çalışmaların sayısında artış görülmektedir. Ancak, yapılan çalışmalar söz konusu iki büyüklüğün ayrı ayrı büyümeyle ilişkisi üzerinedir. Birbiriyle ilişkili kavramlar olarak Ar-Ge harcamaları ve toplam faktör verimliliğinin ekonomik büyüme üzerine etkisi konusunda bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı bu üç değişken arasındaki ilişkiyi Türkiye örneğinde ampirik olarak ortaya koyarak literatürdeki bu eksikliği gidermektir.

Çalışmada, Ar-Ge harcamaları ve toplam faktör verimliliğinin büyüme üzerindeki etkisi, Türkiye’nin 1990-2019 dönemi yıllık verileri kullanılarak ampirik olarak araştırılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişki, Granger nedensellik yöntemiyle test edilmiştir. Ampirik analizde durağanlığın sınanması için, Geliştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi kullanılmıştır. Gerekli bazı testler yapıldıktan sonra VAR modeli kurularak, Granger nedensellik testiyle değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin varlığı ve yönü araştırılmıştır.

Çalışma giriş ve sonuç dışında üç bölüme ayrılmıştır. İlk bölümde Ar-Ge harcamaları, toplam faktör verimliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi teorik olarak ortaya konulmuştur. Sonraki bölümde konuyla ilgili ampirik literatür hakkında bilgi verilmiştir. Son bölüm ise ampirik testlerin yapıldığı ve sonuçlarının değerlendirildiği ampirik analiz bölümüdür.

### **Kavramsal Çerçeve**

Ekonomilerin temel makroekonomik amaçlarının başında gelen ekonomik büyüme iki yolla ortaya çıkmaktadır. Birinci yolda büyüme, mevcut kaynaklara başka kaynakların ilavesi sayesinde üretimin artırılması şeklinde gerçekleşirken, ikinci yol ise tam istihdam koşullarında üretim faktörlerinin verimliliğini artırmaktır (Taban, 2018, s. 3). Birinci yol ülkeleri kısa vadede kaynak tedarikini zorunlu kılarken, ikinci yol uzun vadede bilgi ve teknoloji üretimini ve/veya kullanımını gerektirmektedir. Bilgi ve teknoloji üretimi ise Ar-Ge faaliyetlerine, Ar-Ge faaliyetleri ise Ar-Ge harcamalarına dayanmaktadır.

Ar-Ge harcamaları büyüme üzerinde olumlu ve kalıcı etkiye sahiptir (Freimane ve Balina, 2016, s. 5). Bir ekonomide büyüme ve Ar-Ge yatırımları arasındaki ilişki uzun dönemi vurgulamaktadır (Blanco ve Prieger, 2016, s. 931). Araştırma ve geliştirme uzun dönemde hem kamu çıktısı, hem de toplam faktör verimliliği üzerinde büyük etkiye sahiptir (Blanco ve Prieger, 2016, s. 913). Uzun vadede yenilik girişimine yönelik çalışmalar ve Ar-Ge çabalarıyla desteklenen teknolojik ilerlemeler ülkelerin refah seviyelerini ve verimlilik düzeylerini yükseltmektedir. Böylelikle ülkelerin büyümeleri gerçekleşmektedir (Güneş, 2019, s. 160). Dolayısıyla, iktisadi büyümede kişi başına GSYİH ya da verimlilik artış oranındaki uzun vadeli eğilimler göz önünde bulundurulmaktadır. Yüksek verimlilik düzeyine sahip olmayan bir ülke için büyüme taklit sürecini ve var olan bilginin aktarımını yansıtacaktır. Yüksek verimlilik düzeyine sahip lider ülkenin büyüme oranı ise, bilginin sınırındaki büyümenin bazı göstergelerini vermektedir (Romer, 1986, s. 1008).

Ar-Ge faaliyetleri sonucunda oluşan teknolojik gelişme verimlilikle ilişkili olduğu gibi, aynı zamanda teknolojik ilerlemeler verimliliği yükseltmektedir. Dolayısıyla, verimlilikteki iyileşmelerin belirleyicisi teknolojik gelişmelerdir (Taban, 2018, s. 38). Belirli bir ürünü daha az kaynakla ya da belirli kaynakla daha fazla ürün elde edilmesine imkan sağlayan yeni bir alet, makine yada üretim tekniği olarak ifade edilebilen teknolojik gelişmenin önemli göstergelerinden biri verimlilik artışıdır. Teknolojik gelişmeler de büyük ölçüde Ar-Ge faaliyetlerine dayanmaktadır.

Ekonomik büyüme süreci, eğitim ve teknoloji alanındaki gelişmelerden etkilenmektedir. Ekonomiler belli alanlara yatırım yaparak, o alanlarda öğrenme düzeyini arttırarak üretim maliyetlerini azaltmakta, verimliliklerini yükseltmektedirler. Yatırım yapılan eğitim ve teknoloji alanları sayesinde beşeri sermaye oluşmakta, yani öğrenme ile merak anlayışının hakim olduğu beşeri sermaye ağırlıklı alanların meydana gelmesiyle Ar-Ge faaliyetleri önem kazanmaktadır. Ülkeler ekonomik büyümeyi gerçekleştirebilmek için birtakım aktif politikalar izlemektedir. Ar-Ge çalışmalarına önem vermek ve bu çalışmalara yönelik girişimler bu politikalar arasında yer almaktadır. Ar-Ge faaliyetleri etkin ürünler ve yeni üretim metotlarını ekonomiye sunmakta, geliştirmekte ve verimliliği yükseltmekte; dolayısıyla büyümeyi sağlamaktadır (Berber, 2019, s. 196-197).

### **Ampirik Literatür İncelemesi**

Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisini ortaya koyan, hem Türkçe kaynaklı hem de yabancı kaynaklı çalışmalara literatürde sıkça yer verilmektedir. Benzer şekilde, toplam faktör verimliliği ve büyüme ilişkisini açıklayan çalışmalara da literatürde

sıklıkla rastlanmaktadır. Buna karşılık, literatürde Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkiyi analiz eden ve Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliğinin büyüme üzerindeki etkisini inceleyen fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu bölümde, öncelikle Ar-Ge harcamaları ile büyüme ve toplam faktör verimliliği ile büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir. Ardından, Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar ele alınmaktadır. Son olarak ise Ar-Ge harcamaları, toplam faktör verimliliği ve büyüme ilişkisini ortaya koyan çalışmalar ortaya konulmaktadır.

Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen en eski ve önemli çalışmalardan biri olan Sylwester (2001)'in çalışmasında, iki büyüklük arasındaki ilişki 20 OECD ülkesi için çok değişkenli regresyon modeliyle analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, test edilen bu iki değişken arasında güçlü bir ilişki tespit edilememiştir. Bununla birlikte, sadece G-7 ülkeleri dikkate alındığında sanayi Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişki tespit edilmiştir.

Yabancı literatürdeki önemli çalışmalardan bir diğeri Falk (2007)'in çalışmasında, 1970-2004 yılları arasında OECD ülkeleri için panel verileriyle dinamik bir ampirik büyüme analizi tahmin edilmektedir. Çalışmada içselliği kontrol etmek amacıyla GMM tahmin yöntemiyle çalışılmıştır. Ampirik sonuçlar, uzun vadede ticari işletmelerin Ar-Ge harcamalarının ve yüksek teknoloji için yapılan Ar-Ge yatırımlarındaki artışın, gerek kişi başına GSYH gerekse işçi başına GSYH üzerinde güçlü bir pozitif etkiye sahip olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bunun yanında, Peng (2010)'in Çin üzerine, Szarowská (2017)'nin seçilmiş 20 AB üyesi ülke üzerine ve Soete, Verspagen ve Ziesemer (2019)'in Hollanda üzerine yaptığı çalışmalarda da, Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyi olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen yerli literatürdeki çalışmalar incelendiğinde ise, bu bağlamda ilk çalışmalardan biri olan Korkmaz (2010)'in çalışmasında, 1990-2008 döneminde Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi Johansen eşbütünlük yöntemiyle analiz edilmiştir. Araştırma sonuçları, her iki değişken arasında eşbütünlük ilişkisinin var olduğunu ve bu iki değişkenin uzun dönemde karşılıklı birbirlerini etkilediklerini ortaya koymuştur.

Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi, 1990-2014 yılları arasında Türkiye ekonomisi için inceleyen Tari ve Alabaş (2017) ise, ARDL modelini kullanarak analizini gerçekleştirmiştir. Ulaşılan analiz sonuçları, hem kısa hem de uzun dönemde Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği yönündedir. Bu doğrultuda Türkiye ekonomisi için Ar-Ge harcamalarını sistematik olarak arttırmak, uzun vadede sürdürülebilirliği sağlamak için önemlidir. Duman ve Aydın (2018), Dereli ve Salgar (2019) ile Konat (2021)'in çalışmalarında da, söz konusu iki büyüklük arasında ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, çalışmaların çoğunluğunda Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasında ilişki olduğu ve Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşıldığı görülmektedir.

Toplam faktör verimliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Türkiye örneğinde inceleyen ampirik çalışmaların başlangıcı ise, 2000'li yılların ortalarına rastlanmaktadır. Bu çalışmalardan biri Adak (2009)'un çalışmasıdır. Çalışmada en küçük kareler yöntemi regresyon modeliyle iki değişken arasındaki nedensellik ilişkisini araştıran Adak (2009), 1987-2007 dönemi için değişkenler arasında doğrusal ilişki olduğunu tespit etmiştir. Açıkgöz ve Karpat Çatalbaş (2010) tarafından yapılan çalışmada ise, Türkiye'nin 1986-2006 arasındaki verileri kullanılarak parametrik olmayan regresyon analiziyle büyümenin kaynakları ve büyüme-toplam faktör verimliliği ilişkisi incelenmiştir. Yapılan araştırmaya göre, sermaye birikimi 1980 öncesi dönemde büyümenin kaynağıyken, 1980 sonrası dönemde ise 1991-1995 yılları hariç TFV büyümenin kaynağı olarak görülmektedir. Işık (2016), Alakbarov, Gündüz ve Erkan (2018) ile Hark ve Gökdemir (2023)'in çalışmalarında da Türkiye'de toplam faktör verimliliği ile ekonomik büyüme arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.

Söz konusu iki değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda olduğu gibi, çalışmaların çoğunluğunda Türkiye'de toplam faktör verimliliği ile ekonomik büyüme arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. Hatta bu bağlamda, Türkiye'de toplam faktör verimliliği ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda oran çok daha fazladır.

Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkiyi ve Ar-Ge harcamaları, toplam faktör verimliliği ve büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalar ise daha önce belirtildiği gibi az sayıdadır. Bu çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

Lichtenberg (1991), Ar-Ge ve verimlilik arasındaki ilişkiyi ABD örneğinde 1972-1985 dönemi için incelemiştir. Verimlilik analizi için, en kapsamlı ve sağlam uzun vadeli mikro verileri kullanmıştır. Elde edilen araştırma sonuçlarına göre, büyük firmaların kendi araştırmalarını finanse etmek için koşullarının daha elverişli olduğu bulunmuştur. Aynı zamanda, özel şirketler tarafından finanse edilen Ar-Ge (ancak toplam Ar-Ge hariç) getirisinin firma büyüklüğünün artan bir fonksiyonu olduğu tespit edilmiştir.

Ar-Ge ve verimlilik artışları üzerine yapılan bazı çalışmalar Ar-Ge yatırımlarının çıktı büyümesi üzerinde olumlu etkisi olduğu üzerinedir. Bunlardan Verspagen (1995), çalışmasında Ar-Ge'nin verimlilik artışlarındaki rolünü 1973-1988 dönemi için araştırmıştır. Yaptığı çalışmayla Ar-Ge ve çıktı büyümesi arasındaki ilişkide ülkeler ve sektörler arası farklılıklara ilişkin geniş bir genel

bakış sağlamayı amaçlamıştır. 11 ülke ve üç farklı sektörün alındığı çalışmada sektörler yüksek, orta ve düşük teknoloji sektörleri olarak üçe ayrılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, Ar-Ge'nin çıktı üzerindeki etkisinin yalnızca yüksek teknoloji sektörlerinde önemli olduğu bulunmuştur.

Sing ve Trieu (1996), Japonya, Güney Kore ve Tayvan'da Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliği büyümesindeki rolünü, her bir ülke için ayrı ayrı temel, uygulamalı ve deneysel araştırma harcamalarına göre araştırmıştır. Regresyon analizi kullanılarak yapılan araştırmaya göre, bu üç ülke için Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliği büyümesi üzerinde olumlu etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çeşitli Ar-Ge türlerinin çok faktörlü verimlilik büyümesi üzerindeki uzun dönem etkisini araştıran Guellac ve Potterie (2001), ekonometrik tahminlerini 1980-1998 döneminde 16 OECD üyesinden oluşan bir panel kullanarak yapmıştır. Elde edilen başlıca sonuçlara göre, özel sektör Ar-Ge'sindeki %1'lik bir artışın, verimlilikte %0,13'lük bir artışa yol açtığı bulunmuştur. Ayrıca, bu etkinin özel sektör Ar-Ge'sinin yoğun olduğu ülkelerde ve savunmayla ilgili devlet finansmanının payının daha düşük olduğu ülkelere daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada 1996-2006 dönemi verileriyle Romanya'daki Ar-Ge yatırımlarının toplam faktör verimliliği üzerindeki etkisine odaklanan Sandu ve Modoran (2008) da, değişkenler arasındaki etkiyi belirlemek için basit bir Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanmıştır. Tahmin sonuçları, özel sektördeki Ar-Ge yatırımının verimliliğe etkisinin kamu sektöründen daha büyük olduğunu göstermiştir.

Voutsinas ve Tsamadias (2014), Ar-Ge sermayesi ve toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkiyi Yunanistan ekonomisi için 1981-2007 dönemi verileriyle incelemek amacıyla, Johansen eş bütünleşme, nedensellik ve vektör hata düzeltme modelini kullanmıştır. Sonuçlar, toplam Ar-Ge sermayesi ile toplam faktör verimliliği arasında uzun dönemli ilişki olduğunu göstermektedir. Ayrıca, kamu Ar-Ge sermayesi ve toplam faktör verimliliği arasında uzun dönemli ilişki tespit edilmiştir. Öte yandan, özel Ar-Ge sermayesi ile toplam faktör verimliliği önemli ölçüde ilişkili değildir. Toplam Ar-Ge sermayesindeki %1 artış toplam faktör verimliliğini %0,038 arttırmaktadır. Kamu Ar-Ge sermayesindeki %1 artış ise toplam faktör verimliliğini %0,075 oranında arttırmaktadır.

Konuyla ilgili Türkiye üzerine yapılan çalışmada Fikri ve Çetin (2015), Ar-Ge sermaye birikimi ile toplam faktör verimliliği arasında eş bütünleşme ilişkisini ARDL sınır testi yöntemini kullanarak incelemiştir. İki değişken arasındaki ilişki, 1990-2013 yılları arasında Ar-Ge sermaye stokunun bileşenleri ayrı ayrı incelenerek araştırılmıştır. İki değişken arasındaki ilişki, yapılan çalışmada doğrudan Ar-Ge etkisi kullanılarak analiz edilmiştir. Bulgulara göre, Ar-Ge sermaye birikimi bileşenlerinin toplam faktör verimliliği üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur. Dolayısıyla, iki değişken arasında istatistiksel açıdan bir ilişki tespit edilememiştir.

Aydın ve Yalçınkaya (2016), 29 OECD üyesi ülkede Ar-Ge yatırımlarının toplam faktör verimliliği üzerindeki etkilerini 1994-2014 dönemi için araştırmıştır. Yeni nesil panel veri yöntemiyle ve ülkeleri iki gruba ayırarak yaptıkları analiz sonucunda, farklı nitelikteki bütün Ar-Ge yatırımlarının TFV üzerindeki etkilerinin her iki ülke grubunda da pozitif olduğunu, bunun yanında, belirtilen pozitif etkilerin büyüklüğünün beklentiye uygun şekilde OECD-1 grubunda daha fazla olduğunu belirlemiştir.

Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliği ve teknik verimlilik üzerindeki etkisini 1990-2011 dönemi için araştıran Apokin ve Ipatova (2016), iki benzer ülke grubu aracılığıyla çalışmasını sürdürmüştür. Çalışmada Stokastik Sınır Analizi (SFA) ve Değiştirilmiş Veri Zarflama Analizi (DEA) yöntemleri kullanılarak TFP ayrıştırma tahminleri elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, toplam Ar-Ge harcamalarının beş yılda GSYİH'nin %1'i kadar artmasının, örneklem bazında ortalama TFV büyüme oranını 5,0 ila 7,7 puan artırdığı bulunmuştur. Ayrıca, araştırmacı başına toplam Ar-Ge harcamalarını 1.000 \$ artırmanın, örneğe bağlı olarak beş yıl sonra TFV büyümesini %0,013 ila %0,025 puan artırdığı tespit edilmiştir.

1981-2013 döneminde seçilmiş beş Latin Amerika ülkesi için tarımsal Ar-Ge harcamalarının tarımsal toplam faktör verimliliği üzerindeki etkisini panel birim kök ve panel koentegrasyon testleriyle inceleyen Işık (2018), analiz sonucunda seçilmiş ülkeler için tarım sektöründe Ar-Ge ve toplam faktör verimliliği arasında koentegrasyon ilişkisi tespit etmiştir. Tarımsal Ar-Ge harcamalarının esneklik katsayısı ise 0,58 olarak bulunmuştur.

1972-2016 yıllık verileriyle Pakistan'da toplam faktör verimliliği ve ekonomik büyümenin arkasındaki itici faktörleri inceleyen Saleem, Shahzad, Khan ve Khilji (2019), Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan yararlanmışlardır. Çalışmada yapılan analizler sonucunda, genel olarak tüm değişkenler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bunun yanında, Pakistan'da ekonomik büyüme ve üretim düzeyine inovasyonun önemli ölçüde katkıda bulunmakta olduğu sonucuna varılmıştır.

Konuyla ilgili yakın geçmişte yapılan bir çalışma Aydoğan (2022)'in çalışmasıdır. Çalışmada, verimlilik, Ar-Ge harcamaları ve gelir dağılımı eşitsizliğinin ekonomik büyüme üzerine etkisi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için araştırılmıştır. 29 ülkenin 1998-2018 dönemi verileri kullanılarak panel veri analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda, verimlilik ve Ar-Ge harcamaları değişkenlerinin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir.

## Ekonometrik Analiz

Bu bölümde, Türkiye’de Ar-Ge harcamaları ve toplam faktör verimliliğinin büyüme üzerindeki etkisi ekonometrik olarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda önce analizde kullanılacak değişkenler hakkında bilgi verilmiş, daha sonra gerekli testler yapılarak istatistiksel ve ekonomik yorumları yapılmıştır

## Veri Seti ve Yöntem

Çalışmada, 1990-2019 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak Türkiye’de Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliğinin büyüme üzerindeki etkisi incelenmektedir. GSYH’ye oranı olarak alınan Ar-Ge harcamaları verisine OECD’den, büyüme verisine World Bank Data’dan ve toplam faktör verimliliği verisine Penn World Table (PWT)’dan ulaşılmıştır.

Ekonometrik analizde zaman serisi tekniği kullanılmıştır. Durağanlığının sınanması için önce, Geliştirilmiş (Augmented) Dickey-Fuller Testi (ADF) birim kök testi uygulanmıştır. Belirtilen değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için, VAR modeli kurularak Granger nedensellik analizi yapılmıştır.

## Durağanlık Analizi

VAR modelleri kullanılarak analizler yapabilmek için öncelikle serilerin durağan olmaları gerekmektedir. Durağanlık, zaman içinde serilerin ortalamasının ve varyansının sabit olmasını ifade etmektedir (Tari ve Bozkurt, 2011, s. 5). Durağan olmayan zaman serilerinin kullanıldığı modellerde, gerçekte değişkenler arasında bir ilişki olmadığı halde yüksek ilişki varmış gibi görünmekte, başka bir ifadeyle sahte regresyon problemi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, bu tür serilerde geçici şokların etkileri sürekli hale gelecektir. Bu gerekçelerle zaman serileriyle yapılan analizlerde öncelik, serilerin durağan olup olmadığının belirlenmesidir (Demirbaş, Türkay ve Türkoğlu, 2009, s. 294). Zaman serilerinin durağanlığının belirlenmesinde birim kök testi kullanılmaktadır. Burada ekonometrik analizlerde yaygın olarak kullanılan Geliştirilmiş Dickey-Fuller (ADF) Testi kullanılmıştır. ADF testi sabitli, trendli-sabitli ve trendsiz-sabitsiz olmak üzere üç farklı modele göre durağanlığı test etmektedir. Test sonuçları aşağıdaki Tablo 3.1’de yer almaktadır.

**Tablo 1. ADF Birim Kök Testi**

Değişken	Sabitli	Trendli Sabitli	Trendsiz Sabitsiz
Büyüme	-5.6493 *** (0.0001)	-5.6198 *** (0.0004)	-3.3694 *** (0.0015)
Ar-Ge Harcamaları	1.1478 (0.9969)	-3.5140 * (0.0587)	3.2421 (0.9993)
Toplam Faktör Verimliliği	-2.8848 * (0.0603)	-2.8762 (0.1851)	-0.6990 (0.4052)

Not. \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla % 10, %5 ve % 1 düzeyde serilerin durağan olduklarını göstermektedir. Hücrelerdeki ilk rakamlar test istatistikleri, parantez içindeki rakamlar olasılık değerleridir.

Seri düzeyde; sabitli, trendli-sabitli ve trendsiz-sabitsiz olarak bakılarak yorumlandığında büyüme değerlerinin test istatistikleri ise sabitli, trendli-sabitli ve trendsiz-sabitsiz kısımda %1 düzeyde serilerin kendi seviyesinde durağan oldukları görülmektedir. Ancak, Ar-Ge harcamaları için test istatistik değerlerine baktığımızda sabitli ve trendsiz-sabitsiz kısımda 0.10’dan büyük değerler aldığı görülmektedir ve bu yüzden kendi seviyesinde durağan olmadıkları sonucuna ulaşılmaktadır. Trendli sabitli kısımda ise %10 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu görülmektedir. Toplam faktör verimliliği için test istatistik değerleri ise sabitli kısımda %10 düzeyde serilerin durağan oldukları görülmektedir. Toplam faktör verimliliği test istatistik değerleri trendli-sabitli ve trendsiz-sabitsiz kısımda ise 0.10’dan büyük değerler aldığı görülmektedir ve bu yüzden serilerin durağan olmadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Durağan olmayan serilerin 1. derece farkı alınarak durağan hale gelmeleri sağlanmaktadır.

1. Derece fark işlemi uygulandığında ise;

**Tablo 2. 1. Derece Fark İşlemi Uygulandıktan Sonra Yapılan ADF Birim Kök Testi**

Değişken	Sabitli	Trendli-Sabitli	Trendsiz-Sabitsiz
$\Delta$ Ar-Ge Harcamaları	-6.9057 *** (0.0000)	-7.3728 *** (0.0000)	-2.2736 ** (0.0247)
$\Delta$ Toplam Faktör Verimliliği	-6.5195 *** (0.0000)	-6.4011 *** (0.0001)	-6.6065 *** (0.0000)

Not. \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla % 10, % 5 ve % 1 düzeyde serilerin durağan olduklarını göstermektedir. Hücrelerdeki ilk rakamlar test istatistikleri, parantez içindeki rakamlar olasılık değerleridir.

Ar-Ge harcamaları ve toplam faktör verimliliğinin durağan olmadığı sonucu tespit edildikten sonra, serileri durağan hale getirmek için birinci farkında tekrar test edilmiştir. Tablo 2’deki gibi, birinci farkı alındıktan sonra serilerin durağan hale geldiği

görülmüştür. Yani 1. derece fark işlemi uygulanan toplam faktör verimliliği serisinin üç durumda sabitli, trendli-sabitli ve trendsiz-sabitsiz kısımda %1 anlamlılık düzeyinde durağan halde olduğu görülmektedir. 1. derece farkı alınan Ar-Ge harcamalarının sabitli ve trendli-sabitli kısımda %1 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu görülürken, trendsiz-sabitsiz kısımda ise %5 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu görülmektedir.

### Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

Çalışmada durağanlık analizinden sonra değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirlemek amacıyla Toda-Yamamoto nedensellik testi yapılmıştır. Seriler 1. derece farkı alınarak durağan hale getirilmiştir. Bu nedenle, Toda-Yamamoto prosedürü izlenerek modele maksimum durağanlık düzeyi kadar ilave gecikme eklenmektedir. Bu işlem Granger nedensellik testinden önce uygulanmıştır.

### VAR Modeli İçin Uygun Gecikme Uzunluğu

VAR modeli için uygun gecikme uzunluğunu belirlemek amacıyla, bu kapsamda en çok kullanılan kriterler olan Akaike (AIC), Schwarz (SC) ve Hannan-Quinn (HQ) bilgi kriterlerinden yararlanılmıştır. Ar-Ge harcamaları, büyüme ve toplam faktör verimliliği değişkenleri ile üç değişkenli VAR modelinde bu bilgi kriterlerinin yer aldığı değerler, Tablo 3'de gösterilmektedir.

**Tablo 3.** VAR Modeli İçin Uygun Gecikme Uzunlukları

Gecikme	AIC	SC	HQ
0	1.567993	1.713158	1.609795
1	-3.451727	-2.871067*	-3.284518*
2	-3.444766	-2.428611	-3.152150
3	-3.487701*	-2.036052	-3.069679
4	-3.377834	-1.490689	-2.834405

Not. Akaike (AIC), Schwarz (SC) ve Hannan-Quinn (HQ) kriterleri gecikme uzunluklarını ifade etmektedir.

Adı geçen kriterlerin seçmiş olduğu gecikme uzunluğunun yanında yıldız işareti (\*) bulunmaktadır. Tablo 3'de görüldüğü gibi AIC kriteri gecikme uzunluğunu 3, SC ve HQ kriterleri gecikme uzunluğunu 1 olarak göstermektedir. Bu gecikme uzunluklarından AIC, SC ve HQ kriterlerinin seçilmesiyle gecikme uzunluklarının hata terimlerinin bilinen varsayımlarını sağlaması gerekir. Gecikme uzunluğu AIC'de 3, SC'de ve HQ'da 1 olarak bulunmaktadır. AIC küçük örneklerde tercih edildiği için yapılan çalışmada da gözlem sayısının az olması sebebiyle gecikme uzunluğu 3 olarak belirlenmiştir. Farklı kriterler farklı gecikme uzunluğunu gösterdiğinde, gecikme uzunluğunun hangi kriterle göre belirleneceğine geçmeden önce, bilgi kriterlerinin seçmiş olduğu gecikme uzunluğunda otokorelasyon sorununun olup olmadığı incelenmektedir (Çeştepe ve Gençel 2019, s. 143).

### Otokorelasyon LM Testi

Bir sonraki adım olan gecikme uzunluğunun belirlenmesinin ardından, bilgi kriterlerinin seçmiş olduğu gecikme uzunluklarında otokorelasyon sorununun olup olmadığı test edilmiştir. Bu analizin yapılmasının nedeni ise, otokorelasyon sorununun olduğu gecikme uzunluğunun tercih edilmemesidir. Seçilen uzunluğun ardından analizde otokorelasyon sorununun olup olmadığını tespit edebilmek için LM testi uygulanmıştır. LM testi sonuçları da Tablo 4'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Otokorelasyon LM Testi

Gecikme	LM İstatistik	Olasılık
1	5.496362	0.7891
2	8.062309	0.5279
3	4.951542	0.8385

Not. %10 anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir.

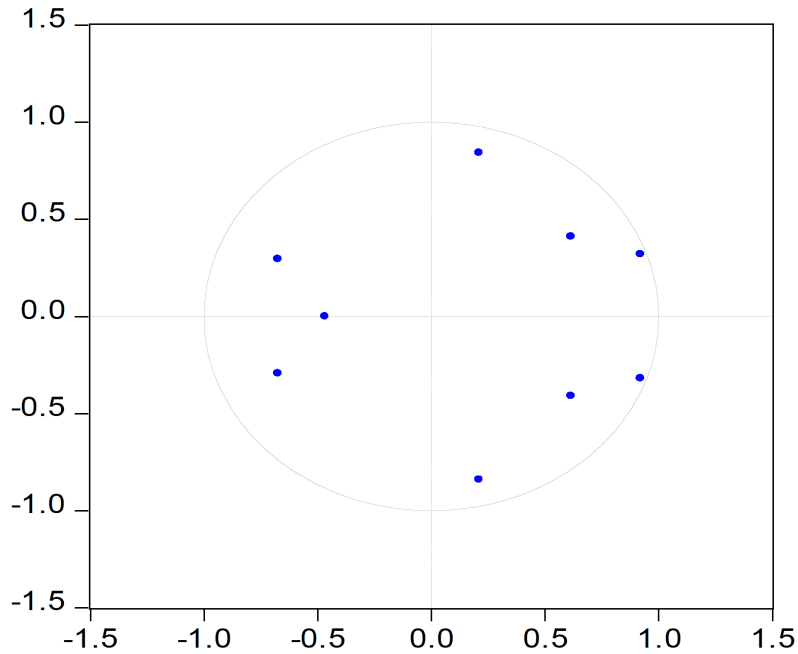
- $H_0 = P_1 = P_2 = \dots = P_4 = 0 \rightarrow$  Otokorelasyon Yok
- $H_a \neq P_1 \neq P_2 \neq \dots = P_4 \neq 0 \rightarrow$  Otokorelasyon Var

Otokorelasyon LM testi otokorelasyon yoktur” biçiminde boş hipotezi sınamaktadır. Bu nedenle her bir gecikme uzunluğu için bakılacak değerlerin olasılık değerleri dikkate alınmaktadır. Değerler 0.10’dan büyük olduğunda ilgili gecikme uzunluğunda otokorelasyon sorunu olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır (Yıldız ve Yıldırım, 2018, s. 284). LM olasılık değerleri incelendiğinde, her bir gecikme uzunluğunda olasılık değerleri 0.10’dan büyüktür. Bu nedenle, her bir gecikme uzunluğunda otokorelasyon sorunu olmadığı tespit edilmiş ve  $H_0$  hipotezi reddedilememektedir.

Durağanlık testleri değişkenlerin maksimum entegrasyon seviyesinin 1 olduğunu belirtmekte olduğundan, modele ilave 1 gecikme daha eklenmelidir. Ancak, bu gecikme modele doğrudan ilave edilmemelidir. VAR modeli tahmin edildikten sonra, eğer modele ilave bir gecikme eklendiğinde, değişkenlerin seviyelerinde durağan olmamalarından kaynaklanan problem ortadan kalkıyorsa, modelin hata terimlerinin ters kökleri 1’den küçük olmalıdır. Başka bir ifadeyle, hata teriminin ters kökü birim çember içerisinde yer almalı, yani çemberin dışına taşmamalıdır. Birim çember testi sonuçları, modele ilave gecikme eklendikten sonra hata terimlerinin ters köklerini göstermektedir (Bayar, 2013, s. 131).

### Kararlılık Testi

Kararlılık testi, modelin dinamik olarak kararlı olup olmadığı hakkında bilgi vermektedir. Modelin kararlılığını ölçen bir testtir. Bu test sayesinde birim çember üzerindeki noktalar hakkında yorum yapılmaktadır.



Şekil 1. Birim Çember

Şekil 1’de modelin dinamik olarak kararlı olup olmadığı test edilmektedir. Değişkenlerin hepsi durağan olduğunda noktaların çemberin içinde görünmesi gerekmektedir. Çemberin etrafı tamamen 1’lerden oluşmaktadır. Bu nedenle, noktaların hepsinin 1’den küçük olması gerekmektedir. Noktalar 1’den küçük olduğunda modelde dinamik olarak kararlılık olduğu sonucu elde edilmektedir. İstatistiklerin geçerliliğini kaybetmemesi için noktaların çember dışına çıkmaması gerekir. Şekil 1’de ters AR köklerinden hiçbiri çember dışına taşmamış olduğu için modelin dinamik olarak kararlı olduğu sonucuna varılmaktadır (Yıldız ve Yıldırım, 2018, s. 286).

### Normallik Testi

Bu kısımda Doornik-Hansen tarafından geliştirilen normallik testi uygulanmıştır. Yapılan bu testle hata terimlerinin normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmektedir. Normallik testi “hata terimleri normal dağılmaktadır” şeklindeki boş hipotezi test etmektedir. Bu nedenle boş hipotez reddedilemediğinde hata terimlerinin normal dağıldığı sonucuna ulaşılmaktadır. Normallik testi sonuçlarından, Jarque-Bera istatistiğine dayanan test sonuçlarına göre karar verilmektedir (Yıldız ve Yıldırım, 2018, s. 287).

Sonuçlarda Jarque-Bera joint testin olasılık değeri 0.3925 bulunmaktadır. 0.10 olasılık değerinden daha büyük olduğundan %10 anlamlılık düzeyinde  $H_0$  hipotezi reddedilememektedir. Bu nedenle hata teriminin normal dağıldığı sonucuna ulaşılmaktadır.



**Tablo 5. Normallik Testi**

Dilim	Jarque-Bera	Serbestlik Derecesi	Olasılık Değeri
1	4.751820	2	0.0929
2	1.451575	2	0.4839
3	0.076891	2	0.9623
Joint	6.280286	6	0.3925

### White Değişen Varyans Testi

Normallik testinin ardından hata teriminin değişen varyans sorunu taşıyıp taşımadığının test edilmesi gerektiği için burada değişen varyans testi uygulanmıştır. White testi “değişen varyans sorunu yoktur” şeklindeki boş hipotezi sınamaktadır. Bağlı (joint) testin verdiği ki-kare (Chi-sq) istatistiğinin olasılık değeri %10 anlamlılık düzeyine göre değerlendirilerek karar verilebilmektedir. Ki-kare istatistiğinin olasılık değeri 0.3728’dir. %10 anlamlılık düzeyinde H0 hipotezi reddedilmediğinden, değişen varyans sorunu olmadığına karar verilmektedir. Böylece, modelde istatistiksel bir sorun olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

**Tablo 6. White Değişen Varyans Testi**

Ki-kare	Serbestlik derecesi	Olasılık Değeri
148.8952	144	0,3728

### Granger Nedensellik (Wald) Testi

Granger nedensellik testinden önce çalışmada kullanılan Ar-Ge harcamaları, toplam faktör verimliliği ve büyüme serisi 1. derece fark işlemi uygulanarak durağan hale getirildiği için Toda Yamamoto prosedürü devreye girmiş, modele gecikmeler eklenmiştir.

Sonuç tablosunda üç modele ilişkin tahmin sonuçları ayrı ayrı verilmiştir. Boş hipotez “Granger nedeni değildir” şeklinde hipotezi içermektedir. Yorum Ki-kare istatistiğinin olasılık değeri kullanılarak yapılabilir. Olasılık değerinin 0.10’dan büyük olması durumunda boş hipotez reddedilemez, Granger nedeni olmadığı sonucuna ulaşılır.

**Tablo 7. Büyüme ve Toplam Faktör Verimliliğinin Ar-Ge Harcamaları Üzerindeki Etkisi (Bağımlı Değişken: Ar-Ge Harcamaları)**

	Ki-kare	Serbestlik Derecesi	Olasılık Değeri	Sonuç
<b>Büyüme</b>	4.269451	3	0.2338	Büyüme, Ar-Ge harcamalarının Granger nedeni değildir.
<b>Toplam Faktör Verimliliği</b>	3.861150	3	0.2769	Toplam faktör verimliliği, Ar-Ge harcamalarının Granger nedeni değildir.

Büyüme oranlarının Ar-Ge harcamaları üzerindeki etkisinde olasılık değeri 0.2338 olarak bulunur. Bu değer 0.10’dan büyük olduğundan H0 hipotezi reddedilemez. Başka bir ifadeyle, “büyüme Ar-Ge harcamalarının Granger nedeni değildir” sonucu elde edilir.

Toplam faktör verimliliğinin Ar-Ge harcamaları üzerindeki etkisine baktığımızda olasılık değeri 0.2769 olarak bulunur ve 0.10’dan büyük olduğundan H0 hipotezi reddedilemez. Toplam faktör verimliliğinin Ar-Ge harcamalarının Granger nedeni olmadığı sonucu elde edilir.

**Tablo 8. Ar-Ge Harcamaları ve Toplam Faktör Verimliliğinin Büyüme Üzerindeki Etkisi (Bağımlı Değişken: Büyüme)**

	Ki-kare	Serbestlik Derecesi	Olasılık Değeri	Sonuç
<b>Ar-Ge Harcamaları</b>	7.122717	3	0.0681	Ar-Ge harcamaları, büyümenin Granger nedenidir.
<b>Toplam Faktör Verimliliği</b>	3.703859	3	0.2953	Toplam faktör verimliliği, büyümenin Granger nedeni değildir.

Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki etkisinde olasılık değeri 0.0681 olarak bulunur, 0.10'dan küçük olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilir. Yani Ar-Ge harcamalarının, büyümenin Granger nedeni olduğu sonucu elde edilir.

Toplam faktör verimliliğinin büyüme üzerindeki etkisinde olasılık değeri 0.2953 olarak bulunur, 0.10'dan büyük olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilemez. Toplam faktör verimliliği, büyümenin Granger nedeni değildir sonucuna ulaşılır.

**Tablo 9.** Ar-Ge Harcamaları ve Büyümenin Toplam Faktör Verimliliği Üzerindeki Etkisi (Bağımlı Değişken: Toplam Faktör Verimliliği)

	Ki-kare	Serbestlik Derecesi	Olasılık Değeri	Sonuç
Ar-Ge Harcamaları	7.122717	3	0.0681	Ar-Ge harcamaları, büyümenin Granger nedenidir.
Toplam Faktör Verimliliği	3.703859	3	0.2953	Toplam faktör verimliliği, büyümenin Granger nedeni değildir.

Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliği üzerindeki etkisinde 0.0588 olarak bulunan olasılık değeri, 0.10'dan küçük olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilir. Yani, Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliğinin Granger nedeni olduğu sonucu elde edilir.

Büyümenin toplam faktör verimliliği üzerindeki etkisinde olasılık değeri 0.5736 olarak bulunur. Bu değer 0.10'dan büyük olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilemez. Büyüme toplam faktör verimliliğinin Granger nedeni değildir, sonucuna ulaşılır.

### Bulgular

Yapılan Granger nedensellik testine göre üç modele ilişkin tahmin sonuçları ayrı ayrı incelenmiştir. Sırasıyla Ar-Ge harcamaları, büyüme ve toplam faktör verimliliğinin bağımlı değişken olarak diğer değişkenlerle ilişkisi analiz edilmiştir. Analiz sonucunda Ar-Ge harcamaları, büyüme ve toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkinin yönü ile ilgili şu sonuçlar elde edilmiştir:

Ar-Ge harcamaları ile büyüme arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu nedensellik ilişkisinin yönü Ar-Ge harcamalarından büyümeye doğrudur. Bu bağlamda çalışmanın sonuçları Altın ve Kaya (2009), Korkmaz (2010), Genç ve Atasoy (2010) ile Duman ve Aydın (2018)'in sonuçlarıyla paralellik arz etmektedir. Ar-Ge harcamaları ile toplam faktör verimliliği arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu nedensellik ilişkisinin yönü ise Ar-Ge harcamalarından toplam faktör verimliliğine doğrudur. Bu sonuç da, Guellec ve van Pottelsberghe de la Potterie (2001), Voutsinas ve Tsamadias (2014) ile Aydın ve Yalçınkaya (2016)'nın sonuçlarıyla örtüşmektedir. “Büyüme toplam faktör verimliliğinin Granger nedeni değildir” ve “Toplam faktör verimliliği büyümenin Granger nedeni değildir” şeklindeki analiz sonucuna göre, toplam faktör verimliliği ve büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi tespit edilmemektedir. Ortaya çıkan bu sonuç ise, Aksu (2017) ile Bozkurt ve Toktaş (2018)'in çalışmalarında ulaşılan sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

### Sonuç ve Tartışma

Kısaca, bir ülkenin üretim kapasitesindeki artış şeklinde tanımlanabilen iktisadi büyüme, süreklilik arz ettiğinde kişi başına gelir artışı yoluyla ülke vatandaşlarının refahını artırmaktadır. Bu nedenle büyümenin kaynakları ya da büyümeyi arttıran unsurların neler olduğu, geçmişten günümüze dikkat çeken bir konu olmuştur. Üretim faktörlerindeki artışla birlikte büyümenin en önemli kaynaklarından biri teknolojik gelişmedir. Teknolojik gelişme ise bazı göstergelere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu göstergeler arasında yer alan toplam faktör verimliliği ve Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyle ilişkisi, Türkiye örneğinde ampirik olarak incelenmiştir.

Çalışmada, Ar-Ge harcamaları ve toplam faktör verimliliğinin büyüme üzerindeki etkisi 1990-2019 dönemi yıllık verileri kullanılarak Granger nedensellik yöntemiyle test edilmiştir. Durağanlığının sınanması için, geliştirilmiş Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi yapılmıştır. Gerekli diğer testler yapıldıktan sonra VAR modeli kurularak, Granger nedensellik testiyle değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin varlığı ve yönü araştırılmıştır.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, Türkiye’de incelenen dönem itibarıyla Ar-Ge harcamalarının büyümeyi arttırdığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Ar-Ge harcamalarının toplam faktör verimliliğini olumlu etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda, Türkiye’nin belirtilen dönemde Ar-Ge harcamalarını arttırmış olmasının büyümeye olumlu yansiyarak, toplam faktör verimliliğini de olumlu olarak etkilediği çıkarımında bulunulabilir. Buna karşılık, teorik beklentinin aksine toplam faktör verimliliği ile büyüme arasında bir ilişki bulunamamıştır. Bu durum, Türkiye’de büyümenin faktörlerin verimliliğinden değil, başka unsurlardan kaynaklandığını göstermektedir. Bu bağlamda, örneğin faktörlerin miktar artışları büyümede etkin rol üstlenmiş olabilir. Nitekim, konuyla ilgili daha önce yapılmış bazı çalışmalarda -Saygılı, Cihan ve Yurtoğlu (2001), Taymaz ve Suiçmez (2005) gibi- benzer

şekilde, Türkiye'nin büyümesinde verimlilik artışlarının payının oldukça düşük olduğu, sermaye birikimi ve istihdam artışının etkin rol üstlendiği tespit edilmiştir.

Günümüzde ülkelerin rekabet üstünlüğünü sağlama araçlarının başında Ar-Ge çalışmaları gelmektedir. Ar-Ge çalışmalarını yürütebilmenin en başta gelen koşulu ise, bu tür çalışmalar için ihtiyaç duyulan maddi kaynağa sahip olabilmektir. Bu alanda nitelikli personelin yetiştirilmesi bir diğer önemli husustur. Dolayısıyla, teknoloji üretme ve geliştirmenin önemi konusunda toplumsal bilinç oluşturulmalı, bu doğrultuda Ar-Ge alanında donanımlı personeller yetiştirilmelidir. Sonrasında ise, Ar-Ge için gerekli kaynak ayrılmalı ve bu kaynağın miktarının yıldan yıla artırılması temel hedeflerden biri haline gelmelidir. Bu bağlamda, son dönemlerde ülkemiz Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payının %1'in üzerine çıkması olumlu olmakla birlikte, gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında oldukça düşük düzeydedir. Bu payın daha fazla artması için hükümet tarafından gerekli kaynakların sağlanmasına çalışılmalı, bunun yanında özellikle özel sektörün Ar-Ge çalışmalarında daha etkin bir şekilde yer alması için gerekli teşvik ve düzenlemeler yapılmalıdır. Türkiye'nin bilimsel alanda teorik çalışmalar açısından dünyada kaydeder bir konuma sahip olmasına karşılık, bunların patent ve faydalı model gibi somut çıktılara dönüşmesinde sıkıntısı olduğu düşünüldüğünde, teknopark, silikon vadileri gibi teknoloji üretme, geliştirme mekanları kurulmalı ve buralara gerekli mali ve insan kaynağı desteği verilmelidir. Özetle, toplam faktör verimliliğini artırmaya dayalı bir büyüme modeli benimsenerek, uzun vadeli yapısal reformlarla bu modelin sürdürülebilir hale getirilmesi sağlanmalıdır.

---

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkısı:** Çalışma Konsepti/Tasarımı: H.Ç.; Veri Toplama: S.S.; Veri Analizi /Yorumlama: H.Ç., S.S.; Yazı Taslağı: H.Ç., S.S.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: H.Ç.; Son Onay ve Sorumluluk: H.Ç., S.S

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer Review:** Externally peer-reviewed

**Author Contributions:** Conception/Design of study: H.Ç.; Data Acquisition: S.S.; Data Analysis/Interpretation: H.Ç., S.S.; Drafting Manuscript: H.Ç., S.S.; Critical Revision of Manuscript: H.Ç.; Final Approval and Accountability: H.Ç., S.S

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

---

#### ORCID:

Hamza Çeştepe 0000-0003-1541-5703

Sezin Şıklı 0000-0003-2714-5667

#### KAYNAKLAR / REFERENCES

- Açıkgöz, Ş. ve Karpat Çatalbaş, G. (2010). Türkiye ekonomisinde büyümenin kaynakları: Parametrik olmayan bir yaklaşım. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(2), 1-22.
- Adak, M. (2009). Total factor productivity and economic growth. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(15), 49-56.
- Aksu, L. (2017). Türkiye'de istihdam, verimlilik ve iktisadi büyüme ilişkilerinin analizi. *İktisat Politikası Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 39-94.
- Alakbarov, N., Gündüz, M. ve Erkan, B. (2018). Türkiye'de ekonomik büyümenin belirleyicisi olarak toplam faktör verimliliği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 57, 253-270.
- Alancıoğlu, E. ve Şit, M. (2019). "BRICS ekonomilerinde toplam faktör verimliliği ile ekonomik büyüme ilişkisinin panel veri analizi: 2000-2016 dönemi", *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 11(20), 29-40.
- Altın, O. ve Kaya A. A. (2009). Türkiye'de Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkinin analizi. *Ege Akademik Bakış*, 9(1) 251-259.
- Apokin, A. Y. & Ipatova I. B. (2016). How R&D expenditures influence total factor productivity and technical efficiency?. *Higher School of Economics Research Paper No. 128/EC/2016*, 1-52. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2747993>.
- Aydın, H. İ. ve Yalçınkaya Ö. (2017). Ar-Ge yatırımlarının toplam faktör verimliliği üzerindeki etkileri: OECD ülkeleri üzerinde panel veri analizi (1994-2014). *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26, 179-196.
- Aydoğan, H. (2022). *Türkiye ekonomisinde verimlilik ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ARDL sınır testi yaklaşımıyla incelenmesi*. (Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Bayar, M. (2013). *Doğrudan yabancı yatırımlar, ekonomik büyüme ve dış ticaret ilişkisi: Türkiye Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Zonguldak: Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak.
- Berber, M. (2019). *İktisadi Büyüme ve Kalkınma* (7. bs). Trabzon: Ekin Yayınları.
- Blanco, L. R. ve Prieger J. E. (2016). The impact of research and development on economic growth and productivity in the U.S. States. *Southern Economic Journal*, 82(3), 914-934. <https://doi.org/10.1002/soej.12107>.
- Bozkurt, E. ve Toktaş Y. (2018). Büyümenin kaynakları üzerine bir panel veri analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 14(4), 883-896.
- Çeştepe, H. ve Gençel, H. (2019). Beşeri sermaye ve ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye için nedensellik analizi. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(16), 139-146.
- Dar, A. & Amirkhalkhali, S. (2017). Fiscal policy, total factor productivity and economic growth in advanced economies. *Applied Econometrics and International Development*, 17(2), 5-18.
- Demirbaş, M., Türkay, H. ve Türkoğlu, M. (2009). Petrol fiyatlarındaki gelişmelerin Türkiye'nin cari açığı üzerine etkisinin analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 289-299.
- Dereli, D. D. ve Salgar U. (2019). Ar-Ge harcamaları ve büyüme arasındaki ilişki: Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Journal of Life Economics*, 6(3), 345-360.
- Doğan, E. (2022). Toplam faktör verimliliği, finansal gelişme ve inovasyon ekonomik büyümeyi artırıyor mu?. *Anasay*, 6(19), 137-153.
- Duman, K. ve Aydın, K. (2018). Türkiye'de Ar-Ge harcamaları ve GSYİH ilişkisi. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 4(1), 49-66.
- Falk, M. (2007). R&D Spending in the high-tech sector and economic growth. *Research in Economics*, 61(3), 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.rie.2007.05.002>.
- Fikirlı, Ö. ve Çetin, A. K. (2015). Ar-Ge sermaye birikiminin toplam faktör verimliliğine etkisi: Türkiye örneği. *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 4(2), 147-166.
- Freimane, R. & Balina S., (2016). Research and development expenditures and economic growth in the EU: A panel data analysis. *Economics and Business*, 29, 5-11. <https://doi.org/10.1515/eb-2016-0016>.
- Genç, M. C. ve Atasoy Y. (2010). AR&GE harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Panel veri analizi. *The Journal of Knowledge Economy & Knowledge Management*, 5(2), 27-34.
- Guellec, D. & Van Pottelsberghe De La Potterie, B. (2001). R&D and Productivity Growth: Panel Data Analysis of 16 OECD Countries. *OECD Economic Studies*, 33, 103-126. [https://doi.org/10.1787/eco\\_studies-v2001-art12-en](https://doi.org/10.1787/eco_studies-v2001-art12-en).
- Güneş, H. (2019). Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme ilişkisi: OECD ülkeleri için panel veri analizi. *Sakarya İktisat Dergisi*, 8(2), 160-176.
- Hark, R. ve Gökdemir, L. (2023). Türkiye ekonomisinde verimlilik ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ARDL sınır testi yaklaşımıyla incelenmesi. *Verimlilik Dergisi*, 57(1), 239 - 252.
- İşık, C. (2016). Türkiye'de toplam faktör verimliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Verimlilik Dergisi*, 2, 45-56.
- İşık, S. (2018). The impacts of agricultural research and development expenditures on agricultural total factor productivity: Evidence from selected Latin American countries. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 19(2), 17-26.
- Kamacı, A., Ceyhan M. S. ve Peçe M. A. (2019). Toplam faktör verimliliğinin ekonomik büyümeye etkisi: 15 OECD ülkesi için panel veri analizi. *AÇÜ Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(1), 22-36.
- Konat, G. (2021). Türkiye'de Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Fourier ADL eşbütünlük analizi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 17(1), 133-145.
- Korkmaz, S. (2010). Türkiye'de Ar-Ge yatırımları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin VAR modeli ile analizi. *Journal of Yaşar University*, 20(5), 3320-3330.
- Lichtenberg, F. R. & Siegel, D. (1991). The impact of R&D investment on productivity: New Evidence using linked R&D-LRD data. *NBER Working Paper No. 2901*. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1991.tb01267.x>.
- Peng, L. (2010). Study on relationship between RD expenditure and economic growth of China. *Proceedings of the 7th International Conference on Innovation & Management*, Wuhan: Wuhan University of Technology Press, 1725-1728.
- Romer P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037. <https://doi.org/10.1086/261420>.
- Saleem, H., Shahzad, M., Khan, M. B., & Khilji, B. A. (2019). Innovation, total factor productivity and economic growth in Pakistan: A policy perspective. *Journal of Economic Structures*, 8(7), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40008-019-0134-6>.
- Sandu, S. & Modoran, C. (2008). The impact of R&D investment on productivity. *Annales Universitatis Apulensis Series Oeconomica*, 2(10), 1-18.
- Saygılı, Ş., Cihan, C. ve Yurtoğlu, H. (2001). Verimlilik ve büyüme: Türkiye ekonomisi için ülke karşılaştırmalı bir analiz. *Sayıştay Dergisi*, (43), 23-56.
- Singh, N. & Trieu, H. (1996). The role of R&D in explaining total factor productivity growth in Japan, Korea and Taiwan. UCSC, CA *Working Paper No. 95064*.
- Soete, L. L. G., Verspagen, B. & Ziesemer, T. H. W. (2019). The productivity effect of public R&D in the Netherlands. *Economics of Innovation and New Technology*, 29(1), 31-47. <https://doi.org/10.1080/10438599.2019.1580813>.
- Sylwester, K. (2001). RD and economic growth. *Knowledge, Technology & Policy*, 13(4), 71-84. <https://doi.org/10.1007/BF02693991>.
- Szarowská, I. (2017). Does public R&D expenditure matter for economic growth? GMM approach. *Journal of International Studies*, 10(2), 90-103. [10.14254/2071-8330.2017/10-2/6](https://doi.org/10.14254/2071-8330.2017/10-2/6).

Taban, S. (2018). *İktisadi büyüme* (5. bs). Bursa: Ekin Yayınları.

Tarı, R. ve Bozkurt, H. (2006). Türkiye’de istikrarsız büyümenin VAR modelleri ile analizi (1991.1-2004.3) . *Istanbul University Econometrics and Statistics e-Journal*, 0(4), 1-16.

Tarı, R. ve Alabaş M. M. (2017). The relationship between RD expenditures and economic growth: The case of Turkey. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 1-17.

Taymaz, E. ve Suiçmez, H. (2005), *Türkiye’de verimlilik, büyüme ve kriz*. Ankara: MPM Yayını.

Verspagen, B. (1995). R&D and productivity: A broad cross-section cross-country look. *The Journal of Productivity Analysis*, 6, 117-135. <https://doi.org/10.1007/BF01073407>.

Voutsinas, I. & Tsamadias, C. (2014). Does research and development capital affect total factor productivity? Evidence from Greece. *Economics of Innovation and New Technology*, 23(7), 631-651. <https://doi.org/10.1080/10438599.2013.871169>.

Yıldız R. ve Yıldırım E. (2018). *Tez yazma makale hazırlama ve yayınlama kılavuzu* (7. bs). Ankara: Detay Yayıncılık.

### How cite this article / Atf Biçimi

Çeştepe, H., & Şıklı, S. (2024). An empirical analysis of the relationship between research and development expenditures, total factor productivity, and economic growth in Turkey. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 40, 121–133. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.40.1386773>