



Ar-Ge harcama gruplarının ekonomik büyüme üzerindeki etkileri: Türkiye örneğinde yapay sinir ağları ile ARDL analizi

Effects of research and development spending groups on economic growth: ARDL analysis with artificial neural networks within Turkey case

Fatih Volkan AYYILDIZ^{ID}
Onur DEMİRCİ^{ID}

Ardahan Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Ardahan, Türkiye



ÖZ

Ekonomik kalkınma ve büyüme sürecinde teknolojik ilerlemelerin önemi içsel büyüme teorileri ile ön plana çıkmıştır. Teknolojik ilerlemelerin nedenlerini irdeleyen bu teoriler bilgi üretim sürecini ve dolayısıyla araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerinin önemine değinmektedir. Ar-Ge faaliyetlerine yapılan harcamaların dünyada 1980 sonrası artış eğiliminde olması Türkiye'nin de bu alana gösterdiği ilgiyi artırmıştır. Bu ilginin en açık göstergesi 2001 yılında Ar-Ge'ye GSYH'den ayrılan payın %0,53'den 2020 yılında %1,09'a kadar yükselmesi olmuştur. Bu aşamada kamunun Ar-Ge destekleri de bu alandaki faaliyetleri teşvik eden önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'de sosyo-ekonomik hedeflere göre merkezi yönetim bütçesinden Ar-Ge faaliyetleri için ayrılan ödenek ve harcamalar ile büyüme arasındaki ilişki 2008–2035 zaman aralığı için yapay sinir ağları ile gelecek model tahminlemesi yapılarak ARDL (Autoregressive Distributed Lag Bound Test) analizi ile sınanmıştır. Ekonometrik çözümleme sonucunda ekonomik büyümeye pozitif anlamda en çok etki eden Ar-Ge harcama grubu enerji sektörü olurken en az etki eden sağlık sektörüne yönelik harcamalar olmuştur.

Anahtar Kelimeler: ARDL analizi, yapay sinir ağı, ekonomik büyüme, araştırma ve geliştirme (ar-ge), Türkiye

JEL Kodları: C39, C32, O40, E01, E00

ABSTRACT

The importance of technological advances in the process of economic development and growth has come into prominence with endogenous growth theories. These theories, which examine the causes of technological advances, touch on the knowledge production process and therefore the importance of research and development activities. The increase in the expenditures on research and development activities all over the world after 1980 has increased the interest of Turkey in this field. The clearest indicator of this interest was the increase in the share of research and development in GDP from 0.53% in 2001 to 1.09% in 2020. At this stage, public research and development supports have become an important factor that encourages activities in this field. In this study, the relationship between the appropriations and expenditures allocated from the central government budget for research and development activities and growth according to socio-economic targets in Turkey was tested with ARDL (Autoregressive Distributed Lag Bound Test) analysis by making future model estimations with artificial neural networks for the 2008–2035 time period. As a result of the econometric analysis, the research and development expenditure group that had the most positive effect on economic growth was the energy sector, while the least effect was the expenditures for the health sector.

Keywords: ARDL analysis, artificial neural network, economic growth, research and development, Turkey

JEL Codes: C39, C32, O40, E01, E00

Geliş Tarihi/Received: 07.12.2021

Kabul Tarihi/Accepted: 11.08.2022

Yayın Tarihi/Publication Date: 28.09.2022

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Fatih Volkan AYYILDIZ

E-mail: fatihvolkanayyildiz@ardahan.edu.tr

Cite this article as: Ayyıldız F. V., & Demirci O. (2022). Effects of research and development spending groups on economic growth: ARDL analysis with artificial neural networks within Turkey case. *Trends in Business and Economics*, 36(4), 346–358.



Giriş

Makro ekonominin temel göstergelerinden olan büyüme kavramı ekonomi tarihinin en popüler araştırma konularından biri olarak literatürde yer edinmiştir. Ekonomik büyüme kavramına yüklenen anlam ve bileşenler her dönem değişse de emek ve sermayenin büyüme üzerindeki etkileri kalıcı birer değişken olarak varlığını sürdürmüştür. Zamanla dünya nüfusunda meydana gelen artışlar, üretim metotlarındaki değişiklikler ve verimlilik ihtiyacı, teknolojinin üretimde kullanımını artırmış ve bu kavramı büyüme bileşenleri içinde ön plana çıkartmıştır. 1980 sonrası dünya ekonomilerinde serbest piyasaya modeline geçişin hızlanması, küresel ticaret ağlarının yaygınlaşmasına bağlı olarak ticaret hacimlerinin yükselmesi ve dış ticaretin artan önemi, ekonomiler arasında rekabet ortamını daha da artırmış ve paralelinde maliyet, verimlilik ve rekabet gibi avantajlar sunan teknoloji üretimine gösterilen ilgiyi büyümüştür. 1980 öncesinde geniş bir uygulama alanına sahip olan geleneksel büyüme teorilerinde teknoloji dışsal bir kavram olarak ele alınmakta ve teknolojik ilerlemeyi sağlayan unsurlar daha çok göz ardı edilmekteydi. Ancak teknolojik gelişimin gittikçe önem kazanması bu kavramı dışsallaştıran geleneksel büyüme teorilerinin yerini içsel büyüme teorilerine bırakmasına sebep olmuştur.

İlk olarak Romer (1986)'in öncüllük ettiği içsel (endogenous) büyüme teorileri ile teknoloji kavramı içsel bir değişken olarak ele alınmaya başlanmış ve genel bilgi üretiminin teknolojik gelişimi sağladığı ve böylece ekonomik büyümenin gerçekleştiği üzerinde durulmuştur. Bilgi üretiminin teknolojik gelişimi sağlaması daha çok araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri olarak adlandırılan bilgi ve teknolojik gelişme gibi içsel büyüme kaynaklarının içselleştirilme süreci ile mümkün olmaktadır. Ar-Ge faaliyetleri, bilginin üretilmesi ve dizayn edilmesi amacıyla planlı bir şekilde yürütülen çalışmalar bütünüdür (OECD, 2015). Bu faaliyetler ürün, fiziki sermaye ve üretim sisteminde inovasyon yapma şeklinde karşımıza çıkmakta ve bu yolla elde edilen teknolojik ilerlemeler üretim maliyetlerini azaltarak ürün kalitesini artırmaktadır. Ayrıca Ar-Ge faaliyetlerinin önemli sonuçlarından olan patentler, elde edilen çıktılarının korunmasını sağlayarak ekonomilere önemli bir rekabet avantajı kazandırmaktadır (Üzümcü, 2015). Teknolojik ilerlemenin temel kaynağı olan bilgi üretim süreci ve özelinde Ar-Ge faaliyetleri, büyüme üzerinde olumlu etkiler doğurmakta ve üretimin katma değerini artırmaktadır. Bu noktada ülkelerin Ar-Ge faaliyetleri için yapmış oldukları harcamalar da ekonomik büyümeye dolaylı olarak tesir etmektedir. Dünya Bankası'nın verilerine göre Ar-Ge faaliyetlerine yapılan ortalama harcamalar 1960–1980 dönemleri arasında milli gelirin yaklaşık %0,70'ine denk gelirken 1980 sonrası bu oran %0,94 (akt. Gittleman & Wolff, 1995) ve 2018 yılında %2,2'e yükselmiştir.

Günümüzde Ar-Ge'nin artan önemine paralel olarak Türkiye ekonomisinde de bu faaliyetlere olan ilgi önemli oranda artmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'in verilerine göre 2001 yılında Ar-Ge'ye GSYH'den ayrılan pay %0,53 iken 2020'de %1,09'a yükselmiştir. 2020 rakamları da dünya ortalamasının altında kalsa da 20 yılda yaşanan iki kata yakın artış Ar-Ge'ye verilen önemin açık bir göstergesi olmuştur. 2020 yılı için yapılan harcamaların bileşenleri incelendiğinde ise büyük oranda özel kesimin etkin olduğu göze çarpmakta ancak merkezi yönetim bütçesinden yapılan harcamalarında GSYH'nin yaklaşık %0,28'ine denk geldiği görülmektedir. Bu bağlamda kamu Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerinde nasıl bir etki yarattığı bu çalışmanın konusunu oluşturmuştur. Bu çalışmada ilk olarak Ar-Ge ve

büyüme arasındaki ilişkiye dair yazın incelemesi yapılarak teorik bir çerçeve çizilmiş ve ardından ekonometrik çözümleme gerçekleştirilmiştir.

Ar-Ge'nin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri ve Türkiye'de Ar-Ge Harcamaları

Serbest piyasa ekonomisi ile birlikte hızlanan ülkeler arası rekabet ortamı, ekonomileri büyümenin arkasında yatan itici güçleri daha da fazla sorgulamaya itmiştir. Bu sorgulamalar son yarım yüzyıllık dönemde içsel büyüme teorilerini gündeme getirerek teknoloji üretimini ve sağladığı faydaları ön plana çıkartmaktadır. Teknolojinin artan önemi, endüstriyel ekonomileri hızla Sanayi 4.0 olarak da adlandırılan bilişimi ve endüstriyi bir araya getiren yeni bir üretim metoduna kadar getirmiştir. Teknolojinin bir üretim faktörü gibi çalışması ya da faktör verimliliği üzerindeki etkileri bizleri bilgi üretim sürecine ve dolaylı olarak Ar-Ge faaliyetlerine götürmektedir. Yeni bir bilginin üretilmesi, yayılması ve bunun endüstrilerde kullanılabilir hale gelerek ekonomilere rekabet avantajı sağlamasında Ar-Ge faaliyetleri bir başlangıç noktası mahiyetindedir. Ar-Ge harcamalarının 1980 sonrası dönemde dünya ekonomileri için artan önemi ülkelerin milli gelirlerinden Ar-Ge'ye yapmış oldukları harcamalardan da izlenebilmektedir. Tablo 1'de dünya ekonomilerinin 1960–1988 yılları arasında milli gelirlerinin Ar-Ge harcamalarına oranları gösterilmektedir. 1960–70 arasını gösteren 10 yıllık dönemde dünyada Ar-Ge harcamalarının milli gelire oranı ortalama %0,73 iken bu oran sonraki on yılda düşerek %0,70'e gerilemiştir. Geleneksel büyüme teorilerinin hâkim olduğu ilgili dönemlerin ardından serbest piyasa ekonomilerinin yaygınlaşmaya başladığı ve küreselleşme sürecinin de hızlanmasıyla artan rekabete paralel olarak ülkeler yeni teknolojiler üretebilmek ve bilgiyi yaymak adına Ar-Ge harcamalarını da artırmaya başlamıştır. 1979–1988 dönemine ait ortalamalar izlendiğinde bir önceki dönem ortalamasına göre yaklaşık %35 artış göstererek Ar-Ge harcamalarının milli gelirdeki oranı %0,94 seviyesinde gerçekleşmiştir. Bu durum 1980 sonrası dönemdeki artışının açık bir göstergesidir. İçsel büyüme teorilerinin dayanak noktası olan teknoloji üretimi bu dönemlerde hız kazanmış ve araştırma-geliştirme faaliyetlerinin artan önemi dikkat çekmiştir.

Tablo 1'de sanayi ekonomilerinin Ar-Ge'ye verdikleri önemin uzun yıllardır yüksek seviyede seyrettiği görülmektedir. Dünya Bankası'nın gelir gruplarındaki sınıflamalara dair yaptığı değişikliklerle birlikte ilgili bankanın verilerine göre 2018 yılında üst gelir grubundaki ülkelerin ortalama Ar-Ge harcamalarının milli gelire oranı %2,6; üst-orta gelir grubundaki ülkelerde %1,6 ve orta gelir grubundaki ülkelerde %1,5 seviyesine yükselmiştir. Aynı yılda Avrupa Birliği ülkelerinin ortalaması %2,2 iken en yüksek harcama oranına sahip ülke %4,94 ile İsrail ve en düşük harcama oranına sahip olan ülke %0,01 ile Moritanya'dır.

Tablo 1.
Dünyada Ortalama Ar-Ge Harcamaları (%GSMH):1960-1988

	1960–1970	1970–1979	1979–1988
Ülke Ortalamaları	0,73	0,70	0,94
Sanayi Ekonomileri	1,30	1,43	1,70
Üst-Orta Gelir Grubu	0,61	0,54	0,90
Alt-Orta Gelir Grubu	0,41	0,35	0,30
Düşük Gelir Grubu	0,34	0,49	0,51

Kaynak: The World Bank (1986)'dan akt. Gittleman ve Wolff, 1995

Ar-Ge harcamalarında yaşanan dikkat çekici artışlar bu sektörde istihdam edilen personel sayısı ve/veya bu faaliyetlerin bir sonucu olan patent sayılarında da benzer şekildedir. Nitekim özellikle patent sayıları araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin önemli bir göstergesi olup Ar-Ge harcamaları yüksek olan ülkelerdeki patent sayılarının da yüksek olduğu gözlenmektedir. Avrupa Patent Ofisi (European Patent Office-EPO) verileri incelendiğinde 1992 yılında Dünya genelinde 60,207 olan Avrupa patent başvuruları sayısı yaklaşık iki kat artış göstererek 2003 yılında 112,650'e yükselmiş ve 1992 yılına göre yaklaşık 3 kat artış göstererek 2020 yılında 180 bin rakamını aşmıştır. Patent sayıları, Ar-Ge faaliyetlerinin bir çıktısı olduğundan büyümeye doğrudan etki eden bir faktör konumundadır. Bu aşamada patent sayıları Ar-Ge faaliyetlerinin verimlilik derecesini de gösterebilmektedir. Ar-Ge harcamalarının inovasyona, inovasyonun ise üretimde katma değere dönüşmesi yüksek verimlilik anlamına gelir (Kalça & Atasoy, 2008).

Patent sayıları ile birlikte Ar-Ge faaliyetleri açısından önem arz eden bir diğer konu ise bu sektörde çalışan araştırmacı sayılarıdır. Bir araştırmacı yazılım, enstrümantasyon, teori ve operasyonel yöntemler gibi kavramları iyileştirme ve geliştirme faaliyetinde bulunmaktadır. Araştırma-geliştirme faaliyetlerinin sağlıklı bir biçimde yürütülebilmesi adına bu faaliyetleri devam ettirenlerin önündeki yasal engellerin hafifletilmesi, mobilitelelerinin artırılması önem arz etmektedir. Nitekim 2000 yılında Avrupa Komisyon'unun kurduğu Avrupa Araştırma Alanı'nın (ERA) da amaçları arasında bu konuların önemine vurgu yapılmaktadır (Yıldırım & Kaya, 2019).

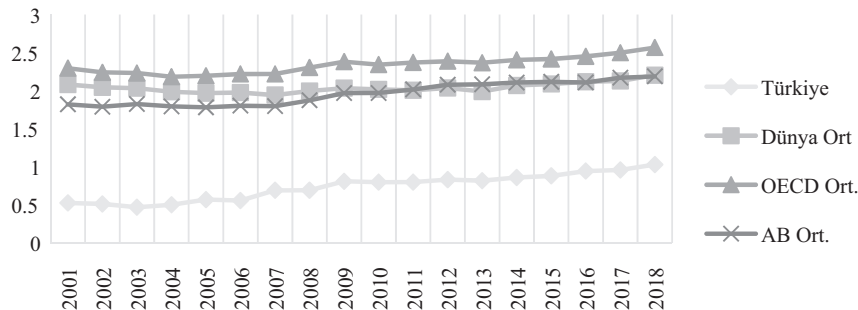
Türkiye'de yapılan toplam Ar-Ge harcamalarına bakıldığında (Figure 1) dünya ortalamasının oldukça altında bir seyir ile karşılaşılmaktadır. Dünya Bankası verilerine göre 2001 yılında milli gelirin %0,57'sini Ar-Ge'ye yatıran Türkiye aynı yıl Dünya, AB ve OECD üye ülkelerinin ortalamasının altında kalmıştır. İlgili oran 2017 yılında %1 seviyelerine yükselerek %100'e yakın bir artış kaydetmiş ancak yine de belirtilen ülke gruplarının ve dünya ortalamasının altında kalmıştır. Dünyanın ve diğer ülke grupları ile Türkiye'nin 2001–2018 yılları arasında yapmış oldukları harcamalar Ar-Ge'de yükselen bir harcama trendini göstermektedir. Bu trend ekonomik konjonktürden ve krizlerden çok fazla etkilenmeden-istisnai yıllar hariç- yükselişine devam etmiştir. Nitekim 2008 finans krizi ve etkilerinin hissedildiği 2009 yılında bile Ar-Ge harcamaları artmıştır. İlgili grafiğe Türkiye perspektifinden bakıldığında ise diğer üç grup ortalamasının oldukça altında seyreden bir görüntü ile karşılaşılmakta olup 2001 yılından bu yana diğer üç ortalamaya giderek yaklaşan bir trende sahiptir.

Dünyada genellikle Ar-Ge harcamaları özel sektör tarafından gerçekleştirilmekte olup kamunun yapmış olduğu harcamalar

da yadsınamaz bir oranda seyretmektedir. Özellikle üniversite bünyelerinde çalışan araştırmacı sayıları ve bu kurumların sağlamış oldukları fonlar Ar-Ge faaliyetlerine önemli katkılar sunmaktadır. Son yıllarda üniversitelerin bünyesinde faaliyetleri yaygınlaşan Ar-Ge merkezleri üniversite-sanayi iş birliğini artırmakta, bilgi üretiminin daha hızlı ve etkin biçimde üretimde kullanımını sağlayabilmekte bilgi üretimi ve kullanımında maliyeti düşürmektedir. Kamunun yapmış olduğu Ar-Ge harcamalarını üç kategoride toplamak mümkündür: İlk olarak vergi, kredi, teşvik ve sübvansiyonlar, ardından yükseköğretim sisteminin yapmış olduğu harcamalar ile beşerî sermaye gelmektedir. Son olarak ise çeşitli kurumlar arasındaki iş birliklerinin desteklenmesi kamu kesimi tarafından Ar-Ge faaliyetlerine yönelimi göstermektedir (Becker, 2015). Kamu tarafından yapılan harcamalar Ar-Ge faaliyetlerinde bütüncül olarak bir fayda sağlayabilmektedir. Uygulanan vergisel metotlar, teşvikler ve sübvansiyonlar özel sektörün Ar-Ge faaliyetlerine destek olmakta ve böylece dolaylı olarak bilgi üretimi desteklenmektedir. Bununla birlikte kamu sektörü doğrudan Ar-Ge faaliyetleri de yürüterek (Üniversite vb. alanlarda) yeni bilgiler ve metotlar geliştirerek üretim süreçlerine etki edebilmektedir.

Türkiye'de kamu tarafından Ar-Ge faaliyetleri ayrılan destekler önemli boyutlarda olup doğrudan üretim süreçlerine etki edebilmektedir. Destek ve teşviklere yönelik 2008 yılında çıkartılan 5746 sayılı "Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun" ile indirim, vergi, teşvik ve istisna gibi hususlar da düzenlemeye gidilmiştir. Ar-Ge faaliyetlerini destekleyen çok sayı da kurum ve kuruluş bu yasal düzenlemeler ile gerek personel ve hizmet gerekse parasal olarak firmalara ve girişimcilere destekler sunmaktadır. Örneğin büyük oranda dışa bağımlı olunan enerji sektöründeki ithal girdilerin azaltılması için yapılan Ar-Ge harcamaları, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) bünyesindeki çeşitli programlar ile desteklenmektedir. Bu kapsamda "Milli Rüzgâr Enerji Sistemleri Geliştirilmesi ve Prototip Türbin Üretimi," "Hidroelektrik Santral Bileşenlerinin Yerli Olarak Tasarımı ve Üretimi" ve "Milli Güneş Enerjisi Santrali" gibi Ar-Ge'ye dayalı projeler yürütülmektedir (Aydoğdu, 2021). Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB)'de Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerini destekleyen diğer bir kurum olup bu kapsamda şartları sağlayanlar için 750,000 TL'ye kadar ödeme gerçekleştirmektedir (KOSGEB, 2021).

Türkiye'de Ar-Ge faaliyetlerine sağlanan dolaylı destekler çeşitli kanunlarla düzenlenmiş olup indirim, istisna ve muafiyetleri kapsamaktadır. TÜİK'in verilerine göre bu vergi indirimi ve istisnaların toplamı 2008 yılında 200 milyon TL iken 2019 yılında 6,35 milyar TL'ye ve 2020 yılında 8,33 milyar TL'ye yükselmiştir.



Şekil 1.

Ar-Ge Harcamaları (% GSYH):2001–2018. Kaynak: The World Bank, a.g.e; Türkiye hariç ülke ortalamaları verilmiştir

Merkezi yönetim bütçesinden yapılan Ar-Ge harcamalarına bakıldığında ise 2008 yılında 2,67 milyar TL olan rakam 2020 yılında yaklaşık iki kat artışla 14,33 milyar TL'ye yükselmiştir; bu süreçte dolaylı destek tutarı ise yaklaşık 41 kat artış göstermiştir. Merkezi yönetim bütçesinden Ar-Ge için yapılan harcamaların milli gelirdeki payı 2009 yılında %0,27 iken 2020 yılında %0,28'dir. 2008–2020 döneminde ilgili değişken yatay bir seyir izlemiştir. Buna karşılık toplam Ar-Ge harcamaları aynı dönemde yükselen bir trende sahiptir. 2009 yılında Ar-Ge harcamalarının milli gelir içindeki payı %0,80 iken 2020 yılında %1,09'a kadar yükselmiştir. Bu durum kamu dışındaki Ar-Ge harcamalarının daha yüksek oranda arttığını göstermektedir. Ancak kamu Ar-Ge harcamalarındaki yatay trende bağlı olarak büyüme oranlarındaki değişikliklerin izlenmesi ve Kamu Ar-Ge harcaması ile büyüme arasındaki ilişkinin doğru yorumlanması gerekmektedir. Bu çalışmanın ekonometrik analiz kısmında ilgili değişkenler çözümlenmeye tabi tutulmaktadır.

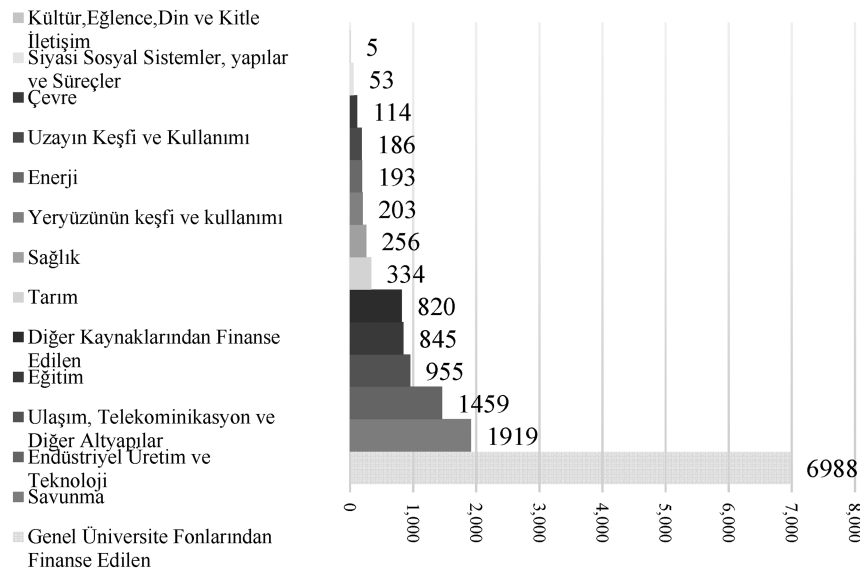
TÜİK'in 2020 raporuna göre Türkiye'de gayrisafi yurtiçi Ar-Ge harcaması 55 milyar TL civarında gerçekleşmiş olup kişi başına düşen harcama tutarı ise 659 TL olmuştur. Toplam harcama tutarlarının %52,8'ini personel giderleri meydana getirirken %39,1'i cari harcamalara ve %8,1'i yatırım harcamalara aktarılmıştır. İlgili verilere göre bu toplam harcamanın %64,8'ini mali ve mali olmayan şirketler yaparken 28,4'ünü yükseköğretim ve %6,8'i ise genel devlet harcaması olarak yapılmıştır. Sektörlere göre finans kaynaklarına bakıldığında ise Ar-Ge harcamalarının yarısından fazlasının mali ve mali olmayan şirketler tarafından finanse edildiği görülmektedir. Bu harcama skalası içinde genel devlet Ar-Ge harcamalarının %28,4'ünü, yükseköğretim ise %12,3'ünü finanse etmiştir. Kamunun Ar-Ge faaliyetleri için yapmış olduğu harcamaların bu alanda devlet desteğini ölçme açısından da büyük önemi vardır. AB'de Ar-Ge faaliyetlerinin önemli bir oranı özel sektörde yürütülmektedir. 2017 yılı rakamlarına göre AB ülkelerinde de benzer bir tablo ile karşılaşılmaktadır. AB'de Ar-Ge faaliyetlerini gerçekleştiren sektöre göre %63,60'ı ve finansman kaynağına göre %55'i işletmeler tarafından gerçekleştirilmiş olup ilgili tarihte Türkiye, Polonya ve Yunanistan gibi ülkelerde özel sektörün payı daha düşük seviyelerde seyretmiştir (Yıldırım & Kaya, 2019).

Türkiye'de merkezi yönetim bütçesinden Ar-Ge faaliyetleri için ayrılan payların sosyo-ekonomik hedeflere göre 2020 yılı için gerçekleşen dağılımlarına bakıldığında (Figure 2) ise toplam 14,33 milyar TL tutarında bir harcama yapıldığı görülmektedir. Bu harcama tablosundaki en büyük payı 6 milyar 988 milyon TL tutarındaki genel üniversite fonlarından finanse edilen harcamalar oluşturmaktadır. Bu grup toplam kamu Ar-Ge harcamalarının yaklaşık %48'ini oluşturmaktadır. Ardından en büyük pay ise Türkiye'de son yıllarda artan savunma harcamalarına paralel olarak bu alandaki harcamalardan oluşmaktadır. Savunma alanında 1 milyar 919 milyon TL tutarındaki Ar-Ge harcamalarını 1 milyar 459 milyon ile Endüstriyel üretim ve teknoloji yatırımları izlemektedir. Kamu harcamalarındaki en düşük pay ise 5 milyon TL civarındaki Ar-Ge harcaması ile kültür, eğlence, din ve kitle iletişim alanı oluşturmaktadır.

Ar-Ge Harcamaları ve Büyüme İlişkisi: Teori ve Literatür

Ekonomi teorilerinde büyümenin kaynakları konusundaki tartışmalar oldukça geriye gitmektedir. Ancak modern büyüme kuramları daha yakın dönemde gelişmeye başlamış ve Solow (1994)'un da ele aldığı gibi üçlü dalga halinde yayılım göstermiştir. İlk dalga, yatırımların ekonomideki itici gücüne vurgu yapan Harrod (1948) ve Domar (1947)'in çalışmalarıyla şekillenen Harrod-Domar modelidir. İkinci dalga ise büyümenin önemli bir payını eksojen olarak kabul edilen teknolojik ilerleme ile açıklayan neoklasik modellerdir. Son dalga ise günümüzde de devam eden Romer (1983–1986) ve Lucas (1985–1988)'in öncüllük ettiği içsel büyüme teorileridir. Bu noktada neoklasik modelin ekonomik büyümenin dinamiklerinden biri olarak teknolojiyi görmesi ancak teknolojiyi dışsal bir değişken olarak kabul ederek buradaki gelişime neden olan faktörleri ele almaması, içsel büyüme modellerinin çıkışına zemin hazırlamıştır.

İçsel modellerinin öncüsü olarak kabul edilebilecek olan Romer (1986) teknolojinin büyüme üzerindeki etkilerini dışsal olarak ele alan modelleri eleştirerek bu modellerin refah etkilerini ve büyüme oranlarının yavaşlaması gibi olumsuz durumları açıklamayacağını ileri sürmüştür. Romer (1986) tarafından kurulan



Şekil 2.

Sosyo-Ekonomik Hedeflere Göre Merkezi Yönetim Bütçesinden Yapılan Ar-Ge Harcamaları, 2020 (Milyon TL). Kaynak: TÜİK, Merkezi Yönetim Bütçesinden AR-GE Faaliyetleri İçin Yapılan Ödenek ve Harcamalar, 2021

model, uzun vadeli büyümenin esas olarak geleceğe dönük bilgi birikimi ile yönlendirilen içsel teknolojik değişimin bir dengesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda geleceğe dönük bilgi birikimi için Ar-Ge faaliyetlerinin önemi de ortaya konulmaktadır. Romer (1990) tarafından yapılan bir diğer çalışmada da Ar-Ge faaliyetlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur. Geliştirilen modelde büyümenin teknolojik gelişmelerle sağlandığı ve bu gelişmelerinde kar maksimizasyonuna yönelen ekonomik birimler tarafından yapılan planlı yatırım kararları ile olduğu belirtilmiştir. Romer (1990) modelini üç öncül üzerine kurmuştur. Bunlardan birincisi teknolojik ilerlemelerin sermaye birikimini sağlaması ve büyümenin temelinde bu iki argümanın yatmasıdır. İkinci öncül, teknolojik ilerlemenin büyük oranda piyasa teşviklerine yanıt veren ekonomik birimlerin kasıtlı/planlı eylemleriyle gerçekleşmesidir. Son olarak ise bilgi üretme maliyetinin tek bir kez üstlenilmesi ve üretilen bilgilerin tıpkı üretim faktörü gibi tekrar kullanılabilmesidir. Yeni bilgi üretimi ise sabit bir maliyete katlanmakla eşdeğer olduğundan bu özellik teknolojinin tanımlayıcı özelliği olarak kabul edilir.

Romer'in ardından Grossman-Helpman (1991) ve Aghion-Howitt (1992-1998) tarafından geliştirilen içsel büyüme modelleri Ar-Ge tabanlı büyüme modelleri olarak da adlandırılmaktadır. Ar-Ge tabanlı modellerin en büyük özelliği ekonomik büyümede temel kaynak olarak teknolojik gelişmelerin olduğunun varsayılmasıdır (Özer & Çiftçi, 2009). Bu modeller ekonomik büyümenin dinamiklerini sistem içinde arayarak fiziki ve beşerî sermaye, Ar-Ge ve teknolojik ilerleme gibi kavramları içselleştirmiş ve bu öğelerin belirleyicileri üzerinde durmuşlardır. Bu bağlamda teknolojik ilerlemenin de yine ekonominin iç dinamikleri yoluyla anlaşılabilirliğini ileri sürmüşlerdir. Grossman ve Helpman (1991)'a göre teknoloji, firmaların sanayideki Ar-Ge yatırımlarının bir çıktısıdır. Yazarlar ekonomilerin büyüme sürecinde teknolojinin diğer ekonomik metalarla benzer özellikte ayrıca rakipsiz ve 'kısmen' dışlanamazdır. Bilginin bu özelliği endüstriyel Ar-Ge'nin teknolojik yayılmalar doğuracağı gerçeğini ortaya çıkartmıştır. Aghion ve Howitt (1992)'in kurduğu modelde ise Romer (1986) ve Lucas (1988) tarafından öncülük edilen içsel büyüme modelinin bilgi birikimini içselleştirmek olduğunun üzerinde durularak ürünlerin kalitesini artıran endüstriyel yenilikler analiz edilmiştir. Bu analizdeki çıkış noktalarından biri ise Schumpeter (1942) tarafından ortaya atılan "yaratıcı yıkım" süreci olmuştur. Schumpeter, yaratıcı yıkım ile aralıksız olarak eskiyi yok eden ve yeniyi yaratan bir endüstriyel mutasyondan bahsetmektedir. Schumpeter bu süreci kapitalizmin temel gerçeği olarak ifade etmektedir. Schumpeter'i izleyen Aghion ve Howitt (1992) modeli büyümenin sadece teknolojik ilerlemeden kaynaklandığını ve bunun da Ar-Ge sektöründeki rekabetten kaynaklandığını ileri sürmüştür. Yazarlar ayrıca Ar-Ge firmalarının patent yoluyla elde edecekleri tekellerle rantlar ile motive olduklarını ancak bu rantların yeni bilgilerin üretilmesiyle ortadan kalacağı ve mevcut ara malların geçersiz olacağını belirtmektedir.

Ekonomik büyümenin kaynakları konusundaki tartışmalarda son dönemde içsel büyüme modellerinin ön plana çıkması yazında da bu ilişki ağı üzerine yapılan çalışmalarda bir artış sağlamıştır. İçsel büyüme modelleri kapsamında yazında, Ar-Ge harcamalarının, ekonomik dinamikler ve özelinde büyüme kavramı üzerindeki etkilerine yönelik çok sayıda çalışma yer almaktadır. Bu çalışmaların önemli bir kısmı toplam Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme değişkenleri arasında pozitif ilişki bulgularına ulaşmakla birlikte toplam Ar-Ge harcamalarının artırılması yoluyla büyümenin destekleneceğini ileri sürmektedir. Benzer biçimde

Ar-Ge harcamaları kamu ve özel sektör olarak sınıflandırılarak ayrı ayrı büyüme üzerindeki etkileri de araştırmalara konu edilmiştir. Yapay sinir ağlarını kullanarak Türkiye'de toplam Ar-Ge harcamaları ve büyüme ilişkisini analiz eden ve bir büyüme tahmini yapan ilk çalışma Cinel ve Yolcu (2021) tarafından gerçekleştirilen "Ar-Ge harcamaları ile Ekonomik Büyüme İlişkisi: Yapay Sinir Ağları ile Türkiye GSYH Öngörüsü" isimli çalışmadır. Bu çalışmada 1998-2019 dönemi için GSYH öngörüsünde bulunabilmek adına zaman serilerinden yararlanılarak 4 farklı yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. İleri beslemeli yapay sinir ağı (IB-YSA) ve geri beslemeli Elman yapay sinir ağı (E-YSA) ile kurulan modeller GSYH'nin gelecek değerlerinin tahmini için ve doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilen bir tahmin aracı olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen çıktılara göre toplam Ar-Ge harcamaları ile GSYH arasında güçlü bir ilişkinin varlığı ortaya konularak Türkiye'nin rekabet gücünün yükseltilmesi ve büyüme konusunda yakınsamanın sağlanması adına Ar-Ge harcamalarının artırılması gerekliliği vurgulanmıştır.

YSA'nın farklı tekniklerle karşılaştırıldığı ve/veya birlikte kullanıldığı çalışmalarda yazında yer almaktadır. Türkiye ekonomisi üzerine yapılan bir başka çalışmada Bağcı ve Demirer (2021) yapay sinir ağı modelinin de yer aldığı tahminleme tekniklerini kullanarak yaptıkları analizde elde ettikleri sonuçları bulanık esnek küme üzerinde birleştirmişlerdir. Analizde Borsa İstanbul (BIST) 100 endeksi düzey değerlerinin bağımlı değişken olduğu enflasyon, döviz kuru, para arzı, kredi hacmi ve sanayi üretim endeksinin de yer aldığı 11 bağımsız değişken yordamıyla yapılan analizde YSA modellemesinin de kullanıldığı kombin modelin başarısı ortaya konulmuştur. Bir diğer çalışmada ise Ataseven (2013) öngörümleme tekniklerinden zaman serisi yöntemlerine giren "Box-Jenkins (ARIMA) Metodolojisi" ve "Yapay Sinir Ağları" yöntemlerinin öngörü performanslarını karşılaştırarak en yüksek başarıyı sağlayan yöntemin belirlenmeye çalışmıştır. Çalışmanın sonucunda Petkim'de üretilmekte olan dört ürüne ilişkin öngörümlemede kullanılan YSA modelinin daha düşük hatalar vermesinden dolayı daha başarılı olduğu görülmüştür. Polat ve Temurlenk (2011) yapmış oldukları "Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Makroekonomik Zaman Serilerinde Öngörü Modellemesi" isimli çalışmada İmalat Sanayi Üretim Endeksi verilerinin 1999:1-2006:12 dönemi aylık veriler kullanılarak, 2007 yılı 12 aylık öngörü değerlerini YSA metodolojisi ile hesaplamıştır. Elde edilen sonuçlara göre öngörü hesaplamasında YSA'nın İmalat Sanayi Eğilimi öngörüsü ile elde edilen değerlerden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Jakonovic ve ark. (2017) farklı bilim ve teknoloji faktörlerine dayalı bir ekonomik kalkınma tahmini için yapay sinir ağları metodolojisini kullandığı "Economic Development Evaluation Based On Science And Patents" isimli çalışmada patentlerin GSYH üzerindeki etkileri AB ülkeleri kapsamında incelenmiştir. Çalışma sonucunda elektrik mühendisliği alanında alınan patentlerin GSYH üzerinde en yüksek etkiye sahip alan olduğu tespit edilmiştir. Bu noktada Ar-Ge harcamalarının önemli bir çıktısı olarak değerlendirilebilecek patent sayılarındaki artışın GSYH üzerindeki etkisi aynı zamanda Ar-Ge harcamalarının da büyüme üzerindeki etkisini ortaya koyabilmektedir. Yapay sinir ağlarının büyüme modellemesine uyarlandığı bir diğer çalışmada ise He ve ark. (2012) bilim ve teknolojiye yaşanan ilerlemenin ekonomik büyümeye olan katkısını incelemiştir. Bu incelemede yapay sinir ağlarından oluşan "yumuşak hesaplama tekniği" seçilmiş ve sermaye varlığı, işgücü, beşerî sermaye ve Ar-Ge'den oluşan bağımsız değişkenler ile GSYH arasında bir model kurulmuştur. Model çerçevesinde Çin'in Guangdong eyaletinde beşerî sermaye ve

Ar-Ge harcamaları ile ölçülen bilim ve teknolojiadaki ilerlemenin, 2000–2008 döneminde eyaletin ekonomik büyümesine ortalama %44,02 katkı sağladığı tespit edilmiştir.

Özer ve Çiftçi (2009) yaptıkları çalışmada Ar-Ge tabanlı içsel büyüme modelleri çerçevesinde OECD ülkeleri özelinde Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. “Ar-Ge Tabanlı İçsel Büyüme Modelleri ve Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi” isimli çalışmada üç farklı modelleme ile panel veri çözümlemesi gerçekleştirilmiş ve Ar-Ge harcamaları, patent ve araştırmacı sayıları ile büyüme oranları arasında pozitif ve yüksek oranlı bir ilişki tespit edilmiştir. Türkiye ve diğer ülke grupları özelinde yapılan, farklı analiz teknikleri ve seçilmiş örneklemelerin kullanıldığı pek çok çalışmada da Ar-Ge ve büyüme arasında anlamlı ve pozitif ilişkiler tespit edilmiştir: Genç ve Atasoy (2010); Günay ve ark. (2018); Gülmez ve Yardımcıoğlu (2012); Taban ve Şengür (2014); Tari ve Alabaş (2017).

Ar-Ge harcamaları özel ve kamu şeklinde bir sınıflamaya tabi tutularak firmaların ve kamunun gerçekleştirdiği harcama ve desteklerin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalarda yazında yer almaktadır. Griliches (1985) ABD ekonomisi için yapmış olduğu çalışmada 1957–1977 dönemini incelemiş ve her iki alanda yapılan Ar-Ge harcamalarının büyüme ve verimlilik üzerinde olumlu etkileri olduğu sonucuna varmıştır. Ancak çalışma bulgularına göre özel olarak finanse edilen Ar-Ge harcamaları kamu harcamalarına kıyasla önemli ölçüde büyük bir pozitif etkiye sahiptir. Başka bir çalışmada Park (1995) Ar-Ge yatırımları ve OECD ülkelerindeki ekonomik büyümeyi kamu ve özel sektör temelli olarak analiz etmiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen ekonometrik sonuçlar özel sektör Ar-Ge harcamalarının kamuya kıyasla büyüme üzerinde daha belirgin olduğu yönündedir. Bununla birlikte kamunun Ar-Ge faaliyetleri uluslararası yayımlar yaratarak özel Ar-Ge sermaye birikimini teşvik eder ve dolaylı olarak verimlilik artışlarına katkı sunar. Diğer bir çalışmada Goel ve ark. (2008) Ar-Ge Harcamalarının ABD ekonomisi üzerindeki etkilerini 1953–2000 dönemi için analiz etmişlerdir. Çalışmada genel kanının aksine kamuya ait Ar-Ge harcamalarının özel sektöre göre büyüme üzerinde daha büyük etkiye sahip olduğu belirtilmektedir. Ayrıca çalışmada kamu harcamalarının yarattığı bu etkide savunma alanında yapılan Ar-Ge ‘nin büyük bir etkisi olduğu belirtilmektedir. Guellec ve Potterie (2003) tarafından yapılan çalışmada ise kamu Ar-Ge harcamalarının özel sektör tarafından yapılan harcamalara etkisi incelenmiştir. 17 OECD ülkesini kapsayan çalışmanın sonuçlarına göre kamu tarafından Ar-Ge’ye yönelik yapılan vergi teşviki ve destekler -savunma faaliyetlerine yönelik harcamalar dışında- olumlu ve hızlı bir etkiye sahiptir. Çalışma sonucunda ayrıca kamunun mali teşvikler ve doğrudan finansman ile özel sektör Ar-Ge’sini teşvik ettiği ve bu harcamaların dışlama etkisine sahip olduğu belirtilmektedir. Bu noktadaki istisna ise yükseköğretim sektörü tarafından gerçekleştirilen harcamaların herhangi bir etkiye sahip olmamasıdır. Bir diğer çalışmada ise Nadiri ve Mamuneas (1994) kamu tarafından gerçekleştirilen finansmanların ABD imalat sanayinin maliyet yapısı ve verimlilik performanslarına nasıl etki ettiğini araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda kamu tarafından finanse edilen altyapı ve Ar-Ge harcamalarının üretkenlik artışına katkıda bulunduğu ancak bu katkıların sektörler arasında önemli derecede farklılık gösterdiği belirtilmiştir.

Yazında yer alan çalışmalarda büyük oranda ampirik analizlerin yapıldığı ve çeşitli ekonometrik modellerin kurulduğu

görülmüştür. Bu çalışmada ise yapay sinir ağı ile kurulan model öngörülerini ARDL sınır testi ile desteklenmiş ve çözümlemeye kullanılan Ar-Ge değişkeni toplam harcamalar olarak ele alınmamış; merkezi yönetim bütçesinden Ar-Ge faaliyetleri için yapılan harcamalar dikkate alınmıştır. Ekonometrik çözümlemeye kullanılan yapay sinir ağıları modellemesi ve analizde kamu Ar-Ge harcamalarının ele alınması yönüyle bu çalışma literatürde yer alan boşluğu gidermeyi ve kamu harcamalarının bu yönüyle etkinliğini tartışmayı amaçlamaktadır.

Yöntemler

Ekonometrik Analiz

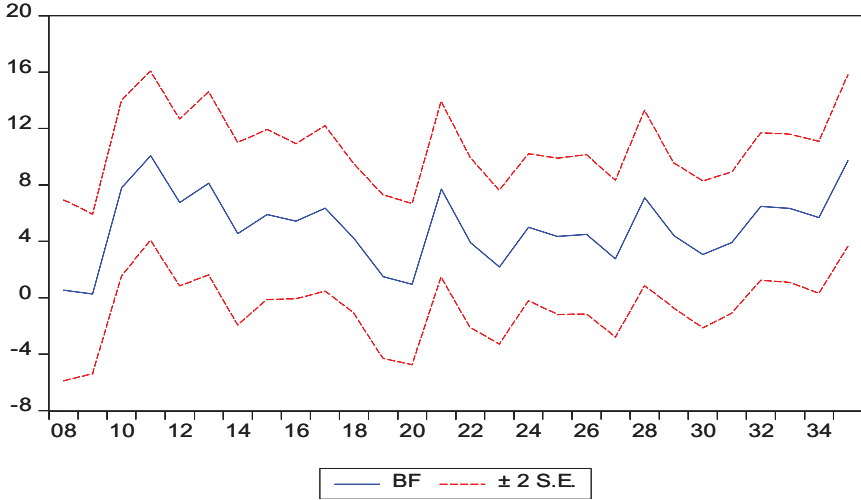
Yapılan çalış Yöntemler manın amacı, sosyo-ekonomik bileşenlerin ekonomik büyüme üzerindeki kısa ve uzun dönemli dinamiklerinin 2008–2035 zaman aralığında Türkiye ölçeğinde incelenmesidir. Amaç kapsamında çözümleme işlemleri için öncelikle Yapay Sinir Ağları (YSA), Ardılı Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) modellerine ilişkin metodolojiler izlenmiştir.

Veri Seti ve Özellikleri

Çalışmaya temel oluşturan 2008–2021 dönem aralığı içerisindeki sosyo-ekonomik parametrelere göre merkezi yönetim bütçesinden yapılan Ar-Ge harcama ve ödeneklerinde zaman serisi analizleri için yeterli bir aralık olmaması sebebiyle öncelikle Yapay Sinir Ağları modeli kurulmuştur. 2021 yılı verilerinde bütçe başlangıçları esas alınırken diğer yıllarda harcamalar dikkate alınmıştır. İlgili veri seti hem kamu kurum/kuruluşlarını hem de mali ve mali olmayan şirketler, kar amacı olmayan kuruluşlar, yükseköğretim sektörü ve yurt dışında devlet tarafından finanse edilen Ar-Ge harcamalarını kapsamaktadır. Bu kapsamda yapay sinir ağına modeline ilişkin çoklu regresyon lineer tahmin denklemi aşağıdaki gibi kurulmuştur:

$$B_t = +\delta_0 + \delta_1 \ln Y_t + \delta_2 \ln C_t + \delta_3 \ln U_t + \delta_4 \ln A_t + \delta_5 \ln E_t + \delta_6 \ln EUT_t + \delta_7 \ln S_t + \delta_8 \ln T_t + \delta_9 \ln E_t + \delta_{10} \ln I_t + \delta_{11} \ln SSS_t + \delta_{12} \ln Arge1_t + \delta_{13} \ln Arge2_t + \delta_{14} \ln SA_t + \epsilon_t \quad (1)$$

Tahmin denklemi içerisinde yer alan notasyonlardan *B*, büyüme oranını (%); *Y*, yeryüzünün keşfi ve kullanımını (Merkezi yönetim bütçesinden yeryüzünün keşfi ve kullanımı için ayrılan ödenek ve harcamalar); *C*, çevreyi (Merkezi yönetim bütçesinden çevre için ayrılan ödenek ve harcamalar); *U*, uzayın keşfi ve kullanımını (Merkezi yönetim bütçesinden uzayın keşfi ve kullanımı için ayrılan ödenek ve harcamalar); *A*, ulaşım, telekomünikasyon ve diğer altyapıları (Merkezi yönetim bütçesinden ulaşım, telekomünikasyon ve diğer altyapılar için ayrılan ödenek ve harcamalar); *En*, enerjiyi (Merkezi yönetim bütçesinden enerji için ayrılan ödenek ve harcamalar); *EUT*, endüstriyel üretim ve teknolojiyi (Merkezi yönetim bütçesinden endüstriyel üretim ve teknoloji için ayrılan ödenek ve harcamalar); *S*, sağlığı (Merkezi yönetim bütçesinden sağlık için ayrılan ödenek ve harcamalar); *T*, tarımı (Merkezi yönetim bütçesinden tarım için ayrılan ödenek ve harcamalar); *E*, eğitimi (Merkezi yönetim bütçesinden eğitim için ayrılan ödenek ve harcamalar); *I*, kültür, eğlence, din ve kitle iletişimi (Merkezi yönetim bütçesinden kültür, eğlence, din ve kitle iletişimi için ayrılan ödenek ve harcamalar); *SSS*, siyasi ve sosyal sistemler, yapılar ve süreçleri (Merkezi yönetim bütçesinden siyasi ve sosyal sistemler yapılar ve süreçler için ayrılan ödenek ve harcamalar); *Arge1*, üniversite fonlarından finanse edilen genel bilgi gelişimini (Merkezi yönetim bütçesinden üniversite fonlarından finanse edilen genel bilgi gelişimini için ayrılan ödenek ve harcamalar); *Arge2*, diğer kaynaklardan finanse edilen genel bilgi gelişimini (Merkezi yönetim bütçesinden diğer kaynaklardan finanse edilen genel



Şekil 3.
Modelin Tahmin Hata Değerleri

bilgi gelişimini için ayrılan ödenek ve harcamalar); SA ise savunmayı (Merkezi yönetim bütçesinden savunma için ayrılan ödenek ve harcamalar) açıklamaktadır. Oransal değerler taşıyan büyüme değişkeni dışındaki tüm değişkenler için logaritmik (\ln) dönüşüm işlemi uygulanmıştır. Alt notasyon t , 2008–2021 zaman aralığına; δ_0 , sabit terime; $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6, \delta_7, \delta_8, \delta_9, \delta_{10}, \delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{13}, \text{ve } \delta_{14}$, uzun dönem parametre katsayılarına; ε_t ise, hata terimine işaret etmektedir.

Söz konusu değişkenlere TÜİK Ar-Ge ve büyüme istatistikleri ile IMF (Uluslararası Para Fonu) Dünya Ekonomik Görünümü Ekim 2021 raporundan ulaşılmıştır. Analiz işlemleri SPSS ve EViews ekonometrik paket programları içerisindeki işlevler kullanılarak yapılmıştır.

Metodoloji

Yapay Sinir Ağları, insan beyninin öğrenme yolu ile yeni bilgileri üretebilme ve bu bilgileri harmanlama yeteneklerini otomatik olarak adaptif bilgi işleme yöntemiyle gerçekleştirmeye yarayan bilgisayar sistemleridir. Bu yöntem ilişkilendirme, genelleme, optimizasyon ve sınıflandırma gibi konularda başarılı biçimde uygulanmaktadır. YSA modelleri doğrusal olmayan, kesin olmayan, eksik, hata olasılığı yüksek sensör verilerinin olmaması ve problem çözümü için matematiksel bir modelin olmaması durumlarında bile yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla YSA modelleri zaman serisi analiz fonksiyonunu da yerine getirebilmektedir (Öztemel, 2006).

Zaman serileri analizlerinde tutarlı ve doğru sonuçlara ulaşabilmek için öncelikle, altta yatan stokastik süreç hakkında çıkarım yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, bir zaman serisi analizinden çıkarım yapmak için ilk aşamada durağanlık testlerinin yapılması çok önemli bir adımdır. Ayrıca YSA'nın pek çok zaman serisi tahmin uygulamasında durağan olmayan serilerle işleme alınması tahmin performansını düşürebilmektedir. Bu sebeple YSA uygulamasından önce zaman serilerinin durağanlaştırılması tavsiye edilmektedir (Virili & Freisleben, 2000). Bu çalışmada birim kök tahmini için Augmented Dickey-Fuller (ADF) (Dickey & Fuller, 1979) ve Philips-Perron (PP) (Perron, 1989) testleri uygulanmıştır. Literatürde yaygın kullanıma sahip olması nedeniyle birim kök

Forecast: BF	
Actual: B	
Forecast sample: 2008 2035	
Included observations: 28	
Root Mean Squared Error	1.582377
Mean Absolute Error	1.136816
Mean Abs. Percent Error	27.57320
Theil Inequality Coefficient	0.138754
Bias Proportion	0.000000
Variance Proportion	0.082108
Covariance Proportion	0.917892
Theil U2 Coefficient	0.735964
Symmetric MAPE	30.94885

testlerine ilişkin matematiksel gösterim yapılmamıştır. Oto-regresif Dağıtılmış Gecikme modelleri hem bağımlı değişkenin hem de bağımsız değişkenlerin gecikmelerini regresör olarak içeren standart en küçük kareler regresyonlarıdır. Çalışmada, kısa vadeli etkileri Denklem 1'e ilave etmek için Pesaran ve Shin'in (1995) önerisi takip edilmiştir. Bu doğrultuda, Denklem 1 detaylandırılmış ve ARDL (p, q) yöntemi olarak aşağıdaki şekilde kurulmuştur:

$$\begin{aligned}
 \Delta B_t = & \beta_0 + \beta_1 \ln B_{t-2} + \beta_2 \ln Y_{t-2} + \beta_3 \ln C_{t-2} + \beta_4 \ln U_{t-2} + \beta_5 \ln A_{t-2} \\
 & + \beta_6 \ln En_{t-2} + \beta_7 \ln EUT_{t-2} + \beta_8 \ln S_{t-2} + \beta_9 \ln T_{t-2} + \beta_{10} \ln E_{t-2} + \beta_{11} \ln I_{t-2} \\
 & + \beta_{12} \ln SSS_{t-2} + \beta_{13} \ln Arge1_{t-2} + \beta_{14} \ln Arge2_{t-2} + \beta_{15} \ln SA_{t-2} + \sum_{j=1}^{p-1} \gamma_{1j} \Delta B_{t-j} \\
 & + \sum_{j=0}^q \gamma_{1j} \Delta B_{t-j} + \sum_{j=0}^q \gamma_{2j} \Delta Y_{t-j} + \sum_{j=0}^q \gamma_{3j} \Delta C_{t-j} + \sum_{j=0}^q \gamma_{4j} \Delta U_{t-j} + \sum_{j=0}^q \gamma_{5j} \Delta A_{t-j} \\
 & + \sum_{j=0}^q \gamma_{6j} \Delta En_{t-j} + \sum_{j=0}^q \gamma_{7j} \Delta EUT_{t-j} + \sum_{j=0}^q \gamma_{8j} \Delta S_{t-j} + \sum_{j=0}^q \gamma_{9j} \Delta T_{t-j} \\
 & + \sum_{j=0}^q \gamma_{10j} \Delta E_{t-j} + \sum_{j=0}^q \gamma_{11j} \Delta I_{t-j} + \sum_{j=0}^q \gamma_{12j} \Delta SSS_{t-j} + \sum_{j=0}^q \gamma_{13j} \Delta Arge1_{t-j} \\
 & + \sum_{j=0}^q \gamma_{14j} \Delta Arge2_{t-j} + \sum_{j=0}^q \gamma_{15j} \Delta SA_{t-j} + e_t
 \end{aligned} \quad (2)$$

Denklem 2 içerisinde yer alan Δ , değişkenlerin birinci farkını; e_t , hata terimini; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8, \beta_9, \beta_{10}, \beta_{11}, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{14}$ ve β_{15} , uzun dönem katsayılarını; $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5, \gamma_6, \gamma_7, \gamma_8, \gamma_9, \gamma_{10}, \gamma_{11}, \gamma_{12}, \gamma_{13}, \gamma_{14}$ ve γ_{15} ise kısa dönem katsayılarını ifade etmektedir.

Bulgular

Denklem 1 içerisinde yer alan tüm değişkenlerin 2008–2021 dönem aralığı içerisindeki gerçek değerleri kullanılarak, söz konusu değişkenlerin 2022–2035 zaman aralığına ait tahmini değerleri bulunmuştur. Tahmin işlemleri için YSA metodolojisi izlenerek, model içerisindeki 14 verinin %30'u test verisi, %70'si ise eğitim serisi olarak belirlenmiştir. Kurulan modele ilişkin tahmin hataları ve modelin trend bilgisi Figure 3'de verilmiştir. Grafikte kök ortalama kare hata (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değerleri sırasıyla 1,58, 1,13 ve 27,57'dir. Modele ait RMSE ve MAE tahmin hata değerleri düşük olmakla birlikte, MAPE¹ değerinin de kabul edilebilir sınırlar

¹ MAPE değeri %10'un altındaki modeller 'çok iyi', %10-%20 arasındaki modeller 'iyi', %20-%50 arasındaki modeller 'kabul edilebilir', %50'nin üzerindeki modeller ise 'hatalı ve yanlış' modeller olarak sınıflandırılmaktadır (Karahana, 2015).

Tablo 2.
Birim Kök Testleri

Değişkenler	ADF_C	$ADF_{C\&T}$	PP_C	$PP_{C\&T}$	Sonuç
B	-4,51 (0,0014)*	-4,47 (0,0073)*	-4,61 (0,0011)*	-4,46 (0,0075)*	I (0)
ΔB	-6,50 (0,0000)*	-6,44 (0,0001)*	-8,05 (0,0000)*	-7,94 (0,0000)*	
$\ln Y$	-3,68 (0,0104)*	-3,60 (0,0480)*	-3,66 (0,0108)*	-3,59 (0,0495)*	I (0)
$\Delta \ln Y$	-6,92 (0,0000)*	-6,83 (0,0000)*	-8,57 (0,0000)*	-8,76 (0,0000)*	
$\ln C$	-4,78 (0,0011)*	-4,70 (0,0062)*	-2,64 (0,0971)*	-2,37 (0,3838)	I (0)
$\Delta \ln C$	-4,41 (0,0019)*	-4,41 (0,0087)*	-4,26 (0,0027)*	-4,28 (0,0117)*	
$\ln U$	-1,80 (0,3695)	-1,87 (0,6391)	-2,01 (0,2783)	-2,09 (0,5268)	I (1)
$\Delta \ln U$	-4,06 (0,0043)*	-3,99 (0,0219)*	-4,06 (0,0043)*	-3,99 (0,0220)*	
$\ln A$	-7,13 (0,0000)*	-6,88 (0,0001)*	-1,56 (0,4842)	-1,78 (0,6817)	I (1)
$\Delta \ln A$	-4,59 (0,0012)*	-4,49 (0,0073)*	-4,59 (0,0012)*	-4,49 (0,0073)*	
$\ln En$	-6,81 (0,0000)*	-6,57 (0,0001)*	-2,60 (0,1043)	-2,65 (0,2597)	I (1)
$\Delta \ln En$	-4,55 (0,0020)*	-4,37 (0,0127)*	-6,09 (0,0000)*	-5,96 (0,0003)*	
$\ln EnT$	-2,46 (0,1340)	-2,38 (0,3768)	-2,53 (0,1193)	-2,50 (0,3238)	I (1)
$\Delta \ln EnT$	-5,23 (0,0002)*	-5,10 (0,0018)*	-5,23 (0,0002)*	-5,10 (0,0018)*	
$\ln S$	-8,59 (0,0000)*	-8,19 (0,0000)*	-2,52 (0,1219)	-2,73 (0,2308)	I (1)
$\Delta \ln S$	-5,56 (0,0001)*	-5,45 (0,0008)*	-5,56 (0,0001)*	-5,45 (0,0008)*	
$\ln T$	-3,04 (0,0436)*	-2,64 (0,2643)	-3,04 (0,0436)*	-2,64 (0,2643)	I (0)
$\Delta \ln T$	-5,03 (0,0004)*	-5,06 (0,0020)*	-5,01 (0,0004)*	-5,04 (0,0021)*	
$\ln E$	-1,65 (0,4398)	-1,84 (0,6562)	-1,73 (0,4042)	-1,95 (0,6008)	I (1)
$\Delta \ln E$	-5,43 (0,0002)*	-5,31 (0,0011)*	-5,43 (0,0002)*	-5,31 (0,0011)*	
$\ln I$	-3,77 (0,0083)*	-3,68 (0,0413)*	-3,77 (0,0083)*	-3,68 (0,0413)*	I (0)
$\Delta \ln I$	-7,33 (0,0000)*	-7,17 (0,0000)*	-8,53 (0,0000)*	-8,35 (0,0000)*	
$\ln SSS$	-3,63 (0,0117)*	-3,42 (0,0695)*	-3,57 (0,0135)*	-3,30 (0,0865)*	I (0)
$\Delta \ln SSS$	-5,73 (0,0001)*	-5,70 (0,0005)*	-8,26 (0,0000)*	-9,17 (0,0005)*	
$\ln Arge$	-2,08 (0,2500)	-2,15 (0,4962)	-2,14 (0,2301)	-2,23 (0,4523)	I (1)
$\Delta \ln Arge$	-4,73 (0,0008)*	-4,61 (0,0056)*	-4,73 (0,0008)*	-4,61 (0,0056)*	
$\ln Arge$	-2,74 (0,0803)*	-3,04 (0,1389)	-2,70 (0,0855)*	-3,05 (0,1373)	I (0)
$\Delta \ln Arge$	-6,39 (0,0000)*	-6,27 (0,0001)*	-6,47 (0,0000)*	-6,3 (0,0001)*	
$\ln SA$	-2,53 (0,1191)	-2,93 (0,1676)	-2,45 (0,1363)	-2,96 (0,1602)	I (1)
$\Delta \ln SA$	-7,97 (0,0000)*	-7,83 (0,0000)*	-8,09 (0,0000)*	-7,96 (0,0000)*	

Not: Δ , *, C ve C&T notasyonları sırasıyla fark işlemcisini; %1, %5 ve %10 kritik değerlerini; sabit terimi; sabit terimi ve trendi açıklamaktadır. Parantez içerisindeki rakamlar ise, olasılık değerlerine işaret etmektedir.

içerisinde olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, zaman serisi analizi 2008–2035 dönem aralığındaki değişkenler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

ARDL eşbütünleşme metodolojisine ilişkin ilk aşama değişkenlerin durağan hale getirilmesidir. Bu bağlamda serilerin birim kök içerip içermediğini belirleyerek, eşbütünleşme derecelerinin bulunması amacıyla ADF ve PP birim kök testleri yapılmıştır. ADF ve PP birim kök analizleri, sabit terim (C) ve sabit terim&trend (C&T)

içeren modellere göre tahmin edilmiş ve bulgular Tablo 2 içerisine aktarılmıştır. Birim kök testlerine ilişkin bulgular, B , $\ln Y$, $\ln C$, $\ln T$, $\ln I$, $\ln SSS$ ve $\ln Arge2$ değişkenlerinin düzey I(0) değerlerinde; $\ln U$, $\ln A$, $\ln En$, $\ln EUT$, $\ln S$, $\ln E$, $\ln Arge1$ ve $\ln SA$ değişkenlerinin ise birinci fark I(1) değerlerinde birim kök içermediğini göstermektedir.

Analizde kullanılan değişkenlerin farklı derecelerde durağanlık içermeleri nedeniyle ARDL eşbütünleşme yaklaşımının kullanılması, eşbütünleşme literatürü tarafından da doğrulanmaktadır.

Tablo 3.
Uygun Gecikme Uzunluğunun Seçimi

Gecikme	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-15,76862	NA	2,30e-07	1,741490	2,034020	1,822625
1	50,13769	94,90508	2,30e-08	-0,651015*	1,396696*	-0,083067*
2	116,5241	63,73094	3,63e-09	-3,081927	0,720965	-2,027166
3	268,5314	72,96351*	2,93e-12*	-12,36251	-6,804438	-10,82094

Tablo 4. <i>ARDL Sınır Testi Bulguları</i>			
Kurulan model: [1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]			
F-istatistiği: 11,67763 (0,0000)	Kritik Değer	Alt Sınır I(0)	Üst Sınır I(1)
k=14	10%	1,92	2,89
	5%	2,17	3,21
	2,5%	2,43	3,51
	1%	2,73	3,9
Tanılayıcı Testler	İstatistik Değeri (Olasılık Değeri)		
R ²	0,63		
Düzeltilmiş R ²	0,58		
F-istatistiği	14,0869 (0,0251)		
Jarque-Bera	2,3530 (0,3083)		
Breusch-Godfrey LM	10,0546 (0,1867)		
Glejser	0,8844 (0,6406)		
Ramsey Reset	0,0884 (0,7942)		
Not: k simgesi, (1) numaralı denklemdaki bağımsız değişken sayısıdır. Jarque-Bera normallik, Breusch-Godfrey otokorelasyon, Glejser değişen varyans ve Ramsey Reset ise model kurma hatası testleridir.			

ARDL Sınır Testi'nin ikinci aşaması olan gecikme uzunluğunun bulunması için Akaike, Schwarz ve Hannan-Quinn kritik değerleri dikkate alınmış ve en küçük kritik değeri veren bilgi ölçütü

Tablo 5. <i>ARDL Modeli Uzun Dönem Tahmin Bulguları</i>			
Değişkenler	Katsayı	T-istatistiği	Olasılık Değeri
lnY	-2,453518	-0,744635	0,4721
lnC	8,941477	0,621699	0,5468
ΔlnU	-2,376342	-0,850840	0,4130
ΔlnA	1,850571	-0,402898	0,0694
ΔlnEn	2,836617	0,715420	0,0489
ΔlnEUT	0,844442	-0,117437	0,0090
ΔlnS	0,103220	-0,019700	0,0846
lnT	1,880237	-0,229803	0,0225
ΔlnE	0,246076	-0,378552	0,0122
lnI	0,736011	0,276948	0,7870
lnSSS	-8,881023	-1,262294	0,2329
ΔlnArge1	7,220051	0,626892	0,5435
lnArge2	0,130851	0,049511	0,9614
ΔlnSA	-0,938513	1,090178	0,0089
C	37,60584	1,141838	0,2778
Tanılayıcı Testler	İstatistik Değeri (Olasılık Değeri)		
R ²	0,57		
Düzeltilmiş R ²	0,48		
F-istatistiği	1,2258 (0,0372)		
Jarque-Bera	0,3722 (0,8301)		
Breusch-Godfrey LM	0,2940 (0,5984)		
Glejser	1,1397 (0,4146)		
Ramsey Reset	0,0205 (0,8886)		
Not: Parantez içerisindeki değerler, istatistik değerlerine ilişkin olasılık değerleridir.			

doğrultusunda modelin uygun gecikme uzunluğu belirlenmiştir. Tablo 3'e göre modele ilişkin uygun gecikme sayısı, minimum AIC ölçütünde 1 olarak bulunmuştur.

Üçüncü aşamada ARDL sınır değerine ilişkin F-istatistik değerinin belirlenmesi ve yorumlanması gerekmektedir. Tablo 4 değerlendirildiğinde *F-ist* değerinin (11,68), alt ve üst kritik değerlerden büyük olduğuna ulaşılmaktadır. Ulaşılan bulgu ışığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını açıklayan H_0 hipotezi reddedilmiş ve parametreler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığı kabul edilmiştir. Aynı zamanda tanılayıcı (diagnostik) testlere ilişkin bulgular, kurulan modelde [1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0] normallik (Jarque-Bera), otokorelasyon (Breusch-Godfrey) ve değişen varyans (Glejser) varsayımlarının yerine getirildiğini göstermektedir. Ayrıca Ramsey Reset test istatistiği bulgusu, hataların normal dağılım sergilediğinin bilgisini vermektedir.

ARDL Sınır Testi sayesinde parametreler arasında uzun dönem ilişkisinin varlığı belirlendikten sonra, En Küçük Kareler Yöntemi (Least Squares-LS) tahmincisi ile değişkenlerin uzun dönemli parametrelerinin tahmin süreci başlatılmıştır. ARDL [1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0] modelinin uzun dönemli katsayı değerleri ve modelin diagnostik testlerine ilişkin bulgular Tablo 5 içerisinde yer almaktadır. Elde edilen bulgular, -istatistiksel anlamlılık altındaki enerji, endüstriyel üretim ve teknoloji, sağlık, tarım, eğitim ve savunma değişkenlerinin ekonomik büyüme ile uzun dönemli etkileşim sergilediğini açıklamaktadır. Bununla birlikte

Tablo 6. <i>ECM Kısa Dönem Tahmin Bulguları</i>			
Değişkenler	Katsayı	T-istatistiği	Olasılık Değeri
ECM (-1)	-0,149468	-0,651342	0,0428
lnY	-4,039110	-0,355255	0,7827
lnC	3,950200	0,196909	0,8762
ΔlnU	-0,046213	-0,557812	0,6761
ΔlnA	0,590630	-1,026557	0,0491
ΔlnEn	1,677164	1,255840	0,0328
ΔlnEUT	-3,264205	-0,341025	0,7908
ΔlnS	-5,814357	-1,338179	0,4086
lnT	5,410192	0,196251	0,8766
ΔlnE	0,996958	1,353985	0,0010
lnI	4,107398	0,963688	0,5118
lnSSS	2,440894	0,476021	0,7172
ΔlnArge1	-6,953051	-1,317934	0,4132
lnArge2	-1,075162	-1,180894	0,4473
ΔlnSA	4,967207	0,846819	0,4217
C	-5,584669	-0,105804	0,9176
Tanılayıcı Testler	İstatistik Değeri (Olasılık Değeri)		
R ²	0,31		
Düzeltilmiş R ²	0,28		
F-istatistiği	1,1296 (0,4207)		
Jarque-Bera	0,2171 (0,8081)		
Breusch-Godfrey LM	4,2141 (0,6642)		
Glejser	6,0178 (0,7537)		
Ramsey Reset	4,4934 (0,0379)		

yeryüzünün kullanımı, çevre, uzayın kullanımı, kültür, eğlence, din ve kitle iletişim, siyasi ve sosyal sistemler, yapılar ve süreçler ile Ar-Ge değişkenlerinin ise istatistiki olarak anlamsız olduğu dolaşısıyla ekonomik büyüme değişkenini açıklayamadığı görülmektedir. Ekonomik büyümede meydana gelecek 1 br lik bir değişim altyapı, enerji, endüstriyel üretim ve teknoloji, sağlık, tarım ve eğitim değişkenleri ile aynı yönlü; savunma değişkeni ile ters yönlü olarak hareket etmektedir. Ayrıca ekonomik büyümeyi en fazla etkileyen değişkenin enerji (2,84), en az etkileyen değişkenin ise sağlık (0,10) olduğu dikkati çekmektedir. Aynı zamanda modele ilişkin diagnostik test sonuçlarının uygunluğunu doğrulamaktadır. Bu bağlamda, modelin normal dağılım sergilediği, varyansın sabit olduğu, modelde otokorelasyon sorunu olmadığı ve model kurma hatası bulunmadığı görülmektedir.

ARDL [1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0] modeline ilişkin kısa dönem dinamiklerin belirlenmesi için Hata Düzeltme Modeli (ECM) tahmin edilmiştir. Tablo 6 içerisinde belirtilen ECM tahmin parametreleri incelendiğinde, hata düzeltme katsayısının 0 ila -1 bant aralığında olması iktisadi anlamlılığı, olasılık değerinin %1 %5 ve %10 kritik değerlerinde anlamlı bulunması ise istatistiki anlamlılığı ifade etmektedir. Hata düzeltme katsayısına ait değerler istatistiksel olarak anlamlı olması, uzun dönemli dengede meydana gelebilecek bir sapmanın yaklaşık %15'inin her dönemde düzeltildiği anlamına gelmektedir. Katsayılarla ilişkin kısa dönemli dinamikler -istatistiksel anlamlılık altında- ekonomik büyümenin altyapı, enerji ve eğitim parametreleri tarafından etkilendiğini belirtmektedir. Ekonomik büyümede meydana gelen 1 birimlik bir değişim, altyapıyı 0,59, enerjiyi 1,68, eğitim değişkenini ise 1 birim kendisiyle aynı yönde etkilemektedir. Model içerisinde yer alan diğer değişkenlerin olasılık değerleri ise istatistiki olarak anlamsızlığa işaret etmektedir.

Tartışma

Ülkelerin dış ticaret ve üretim konularında yakın tarihte yaşadığı yoğun rekabet ortamı, beraberinde yeni arayışları gündeme getirerek ekonomik büyümeyi sağlayan dinamiklerin sorgulanması sağlamıştır. Bu durum Romer(1986) öncülünde içsel büyüme teorilerini gündeme getirerek Ar-Ge faaliyetlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini ortaya çıkartmıştır. Teknolojik gelişmelere odaklanan içsel büyüme teorileri, bu gelişmelerin kar maksimizasyonu güden birimler tarafından yapılan planlı yatırım kararları ile büyümeyi sağladığı olgusu üzerinde durmaktadır. Bu durum her şeyden önce GSYH içindeki Ar-Ge harcama oranlarının artırılmasını gerekli kıldığı gibi kar amacı güden işletmelerin Ar-Ge harcamalarının ön planda olması gerekliliğine de işaret edebilmektedir. Nitekim AB(28) ülke ortalamalarına bakıldığında Ar-Ge faaliyetlerini gerçekleştiren sektörün ağırlıklı olarak işletmeler olduğu göze çarpmaktadır.

Türkiye'deki Ar-Ge harcamalarının finansman kaynağında kamu, özel sektörün önünde yer almaktadır. Kamunun yaptığı bu harcamalarda birinci sırayı genel üniversite fonlarından finanse edilen harcamalar oluştururken ikinci sırayı ağırlıklı olarak savunma sanayideki dışa bağımlılığı azaltabilmek adına yürütülen faaliyetler meydana getirmektedir. Endüstriyel üretim ve teknoloji alanındaki yatırımlar ise üçüncü sırada yer almaktadır. Bu bağlamda Türkiye'nin, sanayileşmiş ülkelerde olduğu gibi özel sektör Ar-Ge harcamalarını yüksek tutabilmek için işletmelerin Ar-Ge faaliyetlerine yönelik teşvik ve sübvansiyon gibi ekonomi politikası araçlarını aktif olarak kullanması ve böylece kamu harcamalarının da etkinliğini sağlaması gerekmektedir. Ancak bu alandaki özel sektör faaliyetlerinin oranı artırılrsa bile çoğunlukla monopol

ya da monopson bir yapıya sahip olan savunma sanayinde teknolojik gelişimin sağlanabilmesi merkezi bütçeden yapılan harcamalarla doğrudan ilişkilidir. Türkiye'de öncelikli politikardan biri olduğu düşünülen savunma sanayide dışa bağımlılığın azaltılması hususu, kamu Ar-Ge harcamalarının da önemli bir kısmının bu alana kaymasına neden olmaktadır. Bu husus savunma sanayindeki Ar-Ge harcamalarının yüksek maliyet gerektirmesiyle de oldukça yakın ilişkilidir.

Yazında yer alan çalışmaların önemli bir kısmında Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki etkileri, finansman kaynağı ayrımı gözetilmeden bu iki değişken arasında pozitif yönde bir ilişki olduğuna dair kanıtlar sunmaktadır. Nitekim bu çalışmadan elde edilen sonuçlar da merkezi bütçeden yapılan Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerinde olumlu etkiler yarattığına işaret etmektedir. Ancak bu noktada yapılan harcamaların daha etkin olması üretimi yüksek teknolojiyle donatarak daha fazla çıktı sağlanmasını ve böylece ekonomik büyümeyi yüksek oranda desteklemesini sağlayacaktır. Bu noktada sunulabilecek önerme ise yapılan bu harcamaların doğrudan üretim maliyetlerine etkilen enerji sektörü üzerinde yoğunlaşmasının daha pozitif sonuçlar doğurabileceğidir. Ekonometrik çözümlemeden elde edilen sonuçlar Ar-Ge harcama grupları içinden ekonomik büyümeye en çok katkı sunan sektörün enerji olduğunu göstermektedir. Türkiye'nin önemli bir enerji ithalatçısı konumunda yer alması ve sanayinin ihtiyaç duyduğu en önemli girdinin de enerji olması, özellikle yenilenebilir enerji noktasında gerek kamu gerek özel sektörün bu alandaki Ar-Ge harcamalarını artırmalarını gerekli kılmaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Ekonometrik analiz sonuçları içsel büyüme teorileri ve yazında yer alan çalışmalarla benzerlik taşımakta olup istatistiksel olarak anlamlı bulunan Ar-Ge harcama grupları ile ekonomik büyüme arasında -savunma Ar-Ge harcamaları hariç- pozitif bir uzun dönem ilişkisi tespit edilmiştir. Bu ilişki çerçevesinde enerji sektörüne yapılan kamu Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyi en çok etkileyen harcama grubu olduğu tespit edilmiştir. Bu durum dünyada artan enerji ihtiyacı ve yenilenebilir enerjiye olan eğilimle birlikte düşünüldüğünde Türkiye'nin bu alana yapmış olduğu yatırımların verimli olduğu kanaatini uyandırmaktadır. Enerji alanında yapılan yatırımlar ve çıktıları Türkiye'nin enerjideki dışa bağımlılığını azaltarak üretim maliyetlerinde bir düşüş sağlayacak ve iktisadi büyümeye ivme kazandıracaktır. Nitekim Türkiye'nin kendi enerji kaynaklarını etkin kullanmaya yönelik adımları son dönemlerde hız kazanmıştır. Bu noktada merkezi yönetim bütçesinden yapılan enerji Ar-Ge harcama ve ödenekleri yenilenebilir enerji ve yeni enerji kaynakları yaratma konusunda katkı sunmaktadır. Örneğin Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) bünyesinde Hidrokarbon arama-cılığında icra edilen servis faaliyetleri kapsamında yapılan Ar-Ge'ye dayalı servis hizmetleri için ilgili kurum ve kuruluşlar arasında çeşitli iş birlikleri yapılmakta ve Ar-Ge destekleri sağlanmaktadır. Benzer şekilde yenilenebilir enerji altyapısının güçlendirilmesi kapsamında çeşitli vergi indirimleri, teşvikler, muafiyet ve sübvansiyonlar sağlanarak Ar-Ge kapsamında destekler sunulmaktadır. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) bünyesinde enerji sektörü için ayrılan proje ödenekleri Türkiye'nin rüzgâr ve güneş enerjisi santral ekipmanları üretiminde destek sağlayarak bu konudaki dışa bağımlılığı azaltmaktadır.

Ekonometrik analizin sonucunda elde edilen bulgulardan biri de savunma alanında yapılan Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ters yönlü ilişkidir. Bu ilişkinin ters yönlü olmasında savunma sanayinin geliştirilmesi için yüksek teknoloji ve

üretim yapım bilgisi (Know-how) gereksiniminin yüksek düzeyde olması, sektörün genellikle monopol ya da monopson bir piyasa yapısına sahip olması ve sektörde ülkeler arası enformasyon düzeyinin sınırlı olması gibi sebeplerle Ar-Ge faaliyetlerinin yüksek maliyetle gerçekleştirilebilmesi gerekçe gösterilebilir. Bu durum Türkiye'nin merkezi yönetim bütçesinden 2020 yılında ayrılan ödenek ve harcamalarda savunma sektörünün ikinci en büyük harcama grubu olmasıyla örtüşmektedir. Türkiye'nin savunma sanayindeki atakları son dönemde hız kazanmakta olup dönemsel olarak maliyetlerin yüksek olması da beklenen bir durumdur. Nitekim bu alandaki Ar-Ge'den elde edilecek çıktılarının ticarileşmeye başlamasıyla savunma Ar-Ge harcamalarının verimi de zamanla yükselecek ve ilerleyen dönemlerde ise ekonomik büyümeyi destekleyeceği tahmin edilmektedir.

Türkiye'de 2020 yılı için merkezi yönetim bütçesinden Ar-Ge'ye yapılan ödenek ve harcamalar incelendiğinde, enerji sektöründe harcama payının 14 sosyo-ekonomik hedef arasında 10. sırada yer aldığı görülmektedir. Oysaki çalışmadan elde edilen bulgulara göre enerji sektörüne yapılan Ar-Ge harcama ve ödenekleri, ekonomik büyümeye en çok katkı sağlayan harcama grubudur. Bu itibarla bu alanın payının artırılması ekonomik büyümeye daha fazla katkı sağlayacaktır. Genel itibarıyla bu çalışmadan elde edilen sonuçlar içsel büyüme teorileri ile uyumludur. Ar-Ge harcamalarının artırılması, destek ve teşvikler ile vergi indirimleri gibi unsurlarla özel sektör Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarında dünya ortalamalarına yaklaşmasını sağlayacaktır. Özellikle Sanayi 4.0 ile birlikte teknolojik yeniliklerin ve bilgi iletişim çağının daha da önemli hale geldiği günümüzde Türkiye'nin de Ar-Ge/GSYH oranını artırması gerekmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir - F.V.A., O.D.; Tasarım - F.V.A., O.D.; Denetleme - F.V.A., O.D.; Kaynak - F.V.A., O.D.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi - F.V.A., O.D.; Analiz ve/veya Yorum - F.V.A., O.D.; Literatür Taraması - F.V.A., O.D.; Yazıyı Yazan - F.V.A., O.D.; Eleştirel İnceleme - F.V.A., O.D.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept - F.V.A., O.D.; Design - F.V.A., O.D.; Supervi - F.V.A., O.D.; Materials - F.V.A., O.D.; Data Collection and/or Processing - F.V.A., O.D.; Analysis and/or Interpretation - F.V.A., O.D.; Literature Review - F.V.A., O.D.; Writing - F.V.A., O.D.; Critical Review - F.V.A., O.D.

Declaration of Interests: The authors declare that they have no competing interest.

Funding: The authors declare that this study had received no financial support.

Kaynaklar

- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 323–351. [CrossRef]
- Ataseven, B. (2013). Yapay sinir ağları ile öngörü modellemesi. *Öneri Dergisi*, 10(39), 101–115.
- Aydoğdu, Ç. (2021). Yenilenebilir enerji sektöründe ve enerji verimliliğinde kamusal destekler ve türkiye'de yansımaları. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 6(1), 52–74.
- Bağcı, B., & Demirel, Ö. (2021). Tahminleme tekniklerinin bulanık esnek kümeler üzerinde birleştirilmesi: BIST 100 uygulaması. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(1), 21–43. [CrossRef]

- Becker, B. (2015). Public R&D policies investment: A survey of the empirical evidence. *Journal of Economic Surveys*, 29(5), 917–942. [CrossRef]
- Cinel, E. A., & Yolcu, U. (2021). Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme ilişkisi: Yapay sinir ağları ile Türkiye GSYH öngörüsü. *Premium E-Journal of Social Sciences*, 13(5), 170–181.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distributions of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427–431. [CrossRef]
- European Patent Office (EPO). (2020). *Patent Statistic, EPO*. <https://www.epo.org/about-us/annual-reports-statistics/statistics.html> (Erişim Tarihi: 05.11.2021).
- Genç, M. C., & Atasoy, Y. (2010). Ar-ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: panel veri analizi. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 5(2), 27–34.
- Gittleman, M., & Wolff, E. N. (1995). R&D activity and cross-country growth comparisons. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 189–207. [CrossRef]
- Goel, R. K., Payne, J. E., & Ram, R. (2008). R&D expenditures and U.S. Economic growth: A disaggregated approach. *Journal of Policy Modeling*, 30(2), 237–250. [CrossRef]
- Griliches, Z. (1986). Productivity, R&D and Basic Research at the firm level in the 1970's. *American Economic Review*, 76(1), 141–115. [CrossRef]
- Guellec, D., & Potterie, B. V. P. (2003). The impact of public R&D expenditure on business R&D. *Economics of Innovation and New Technology*, 3(12), 225–243. [CrossRef]
- Gülez, A., & Yardımcıoğlu, F. (2012). OECD ülkelerinde ar-ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Panel eşbütünleşme ve panel nedensellik analizi (1990–2010). *Maliye Dergisi*, 163, 335–353.
- Günay, E., Ağır, H., & Türkmen, S. (2018). *Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyümeye Etkisinin Ampirik Analizi*. 5th International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS) (pp. 90–102).
- He, Y., Liao, N., Liu, H., & Zhong, Y. (2012). A new method of soft computing to estimate the contribution rate of S&T progress on economic growth. *Applied Soft Computing*, 12(6), 1801–1809. [CrossRef]
- International Monetary Fund (IMF). (2021). *World Economic Outlook*. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/10/12/world-economic-outlook-october-2021> (Erişim Tarihi: 05.11.2021).
- Jokanović, B., Lalic, B., Milovančević, M., Simeunović, N., & Marković, D. (2017). Economic development evaluation based on science and patents. *Physica. Part A*, 481, 141–145. [CrossRef]
- Kalça, A., & Atasoy, Y. (2008). Ekonomik büyüme aracı olarak bilgi yatırımları ve inovasyon. *Bilgi, Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 3(2), 95–110.
- Karahan, M. (2015). Yapay sinir ağları metodu ile ihracat miktarlarının tahmini: Arima ve YSA metodunun karşılaştırmalı analizi. *Ege Akademik Bakış*, 15(2), 165–172.
- Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB). (2021). Ar-Ge ve İnovasyon Destek Programı, <https://www.kosgeb.gov.tr> (Erişim Tarihi: 01.12.2021).
- Nadiri, M. I., & Mamuneas, T. P. (1994). *Infrastructure and public R&D investments and the growth of factor productivity in US manufacturing industries*. National Bureau for Economic Research (Working Paper no. 4845). [CrossRef]
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2015). Glossary of terms. <https://www.oecd.org/sti/inno/Frascati-2015-Glossary.pdf> (Erişim Tarihi: 27.10.2021).
- Özer, M., & Çiftçi, N. (2009). Ar-Ge tabanlı içsel büyüme modelleri ve ar-ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerine etkisi: OECD ülkeleri panel veri analizi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8(16), 219–240.
- Öztemel, E. (2006). *Yapay Sinir Ağları*. Papatya Yayıncılık.
- Park, W. G. (1995). International R&D spillovers and OECD economic growth. *Economic Inquiry*, 33(4), 571–591. [CrossRef]
- Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica*, 57(6), 1361–1401. [CrossRef]
- Pesaran, M. H., & Shin, Y. (1995). An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis. In S. Strom, A. Holly & A. Diamond (Eds.), *Centennial volume of Ragnar Frisch*. Cambridge University Press.

- Polat, Ö., & Temurlenk, S. (2011). Yapay sinir ağları metodolojisi ile makroekonomik zaman serilerinde öngörü modellemesi. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2), 98–106.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037. [CrossRef]
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S71–S102. [CrossRef]
- Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, socialism and democracy*. Harper & Brothers.
- Solow, R. M. (1994). Perspectives on growth theory. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 45–54. [CrossRef]
- Taban, S., & Şengür, M. (2014). Türkiye’de Ar-Ge ve ekonomik büyüme. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 355–376.
- Tarı, R., & Alabaş, M. M. (2017). The relationship between R&D expenditures and economic growth: The case of Turkey (1990–2014). *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(17), 1–17.
- The World Bank. (2021). *World Development Indicators*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (Erişim Tarihi: 05.11.2021).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2020). *Araştırma-Geliştirme Faaliyetleri Araştırması 2020*. <https://data.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 01.11.2021).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2021). Veri Portalı. <https://data.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 01.11.2021).
- Üzümcü, A. (2015). *İktisadi Büyüme*. Beta Basım Yayım.
- Virili, F. & Freisleben, B. (2000). Nonstationarity and data preprocessing for neural network predictions of an economic time series. *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2000)* (pp. 129–136). [CrossRef]
- Yıldırım, C., & Kaya, D. G. (2019). Ar-Ge harcamalarının gelişimi: TR-AB üzerine bir değerlendirme. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(3), 791–812.

Extended Summary

Research Problem

The purpose of this study was to determine the relationship between appropriations with expenditures from the central government budget for R&D activities and growth and also reveal a future projection. So, R&D expenditures were analyzed with classified socio-economic targets and thus it was investigated whether the expenditure groups affected economic growth.

Research Questions

Do R&D expenditures affect economic growth in Turkey?

Which R&D spending group affects economic growth more in Turkey?

Literature Review

Many studies examining the relationship between R&D and growth for Turkey were similar in terms of their results. According to a review of the literature, it has been seen that the relationship between R&D and growth is in the same direction in most studies, and it is insignificant or in the opposite direction in a few studies.

Methodology

ARDL analysis was performed within the framework of future modeling during the econometric analysis phase. Economic growth rate was used as the dependent variable; R&D expenditure and appropriation data made from the central government budget according to the socio-economic parameters were used as independent variables. Variables are obtained from Turkstat and International Monetary Fund. In the analysis, the estimated values for the 2022–2035 time period were found by using the actual values within the 2008–2021 period range. Artificial neural networks methodology was followed and 30% of the data was determined as a test while 70% of the data was specified as training series.

Results and Conclusions

Econometric analysis results are similar to endogenous growth theories and studies in the literature. Again, according to the same results, a positive long-term relationship was found between the statistically significant R&D expenditure groups and economic growth—except for defense R&D expenditures. It is determined within the framework of this relationship that public R&D expenditures in the energy sector are the expenditure group that affects economic growth at most. Another finding of the econometric analysis is the inverse relationship between R&D expenditures in the defense field and economic growth. Much as the technological progress in the defense industry provides gains in other areas of the economy, it may take time for these gains to be reflected in the real economy. It is seen when the appropriations and expenditures made to R&D from the central government budget for 2020 in Turkey are examined that the share of expenditure in the energy sector ranks 10th among 14 socio-economic targets. However, for the findings of this study, R&D expenditures and appropriations made to the energy sector are the expenditure groups that contribute the most to economic growth. In this respect, increasing the share of this area will contribute more to economic growth. In general, the results obtained from this study are compatible with endogenous growth theories.