

## TÜRKİYE’DE AR&GE, BÜYÜME VE DIŞ TİCARET ÜÇGENİ: YÖNLENDİRİLMİŞ DÖNGÜSÜZ GRAFLAR ANALİZİ<sup>1</sup>

Aykut Ekinci<sup>2</sup>, Muhammed Benli<sup>3</sup>, Aynur Dirik<sup>4</sup>

### Özet

*Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de AR&GE harcamaları, ekonomik büyüme dış ticaret arasındaki nedensellik ilişkilerini tespit etmektir. Bu amaçla 1996 – 2021 dönemini kapsayan veriler kullanılmış ve Yönlendirilmiş Döngüsüz Graflar (DAGs) analizi ile bu değişkenler arasındaki tümevarımsal nedensel çıkarım şablonları tespit edilmiştir. Elde edilen DAG şablonları, ekonomik büyümenin AR&GE harcamalarını doğrudan etkilediğini ve bu harcamaların da dış ticaret hacmi üzerinde doğrudan bir etkisi olduğunu göstermektedir. Çalışmadan elde edilen bulgular, ayrıca, yurtiçi sabit sermaye yatırımlarının AR&GE harcamalarının doğrudan bir nedeni olduğunu ortaya koymaktadır.*

**Anahtar Kelimeler:** AR&GE, Ekonomik Büyüme, Dış Ticaret, DAGs

**Jel Kodları:** O30, F10, C60

## R&D, GROWTH AND FOREIGN TRADE TRIANGLE IN TURKIYE: DIRECTED ACYCLIC GRAPHS ANALYSIS

### Abstract

*The aim of this study is to identify the causal relationships between R&D expenditures, economic growth and foreign trade in Turkey. For this purpose, we employ data covering the period 1996-2021 and identify inductive causal inference schemes between these variables through Directed Acyclic Graphs (DAGs) analysis. The obtained DAG patterns show that economic growth directly affects R&D expenditures and these expenditures have a direct impact on the volume of foreign trade. The findings of the study also reveal that domestic fixed capital investments are a direct cause of R&D expenditures.*

**Key Words:** R&D, Economic Growth, Foreign Trade, DAGs

**Jel Codes:** O30, F10, C60

<sup>1</sup> Bu çalışma, Prof. Dr. Aykut Ekinci danışmanlığında, Aynur DİRİK tarafından hazırlanan “Ar-Ge Harcamaları, Ekonomik Büyüme ve Dış Ticaret İlişkisinin Analizi: Türkiye Örneği” başlıklı tez çalışmasından türetilmiştir.

<sup>2</sup> Prof. Dr., Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, [aykut.ekinci@bilecik.edu.tr](mailto:aykut.ekinci@bilecik.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0002-5629-6168>

<sup>3</sup> Doç. Dr., Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, [muhammed.benli@bilecik.edu.tr](mailto:muhammed.benli@bilecik.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0001-6486-8739>

<sup>4</sup> Yüksek Lisans Öğrencisi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İktisat ABD, [aynurdirikk@gmail.com](mailto:aynurdirikk@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-2811-6975>

## 1. Giriş

Son birkaç on yılda dünya ekonomisini şekillendiren küreselleşme, uluslararası ticaret, ülkeler arasındaki sermaye akımları, teknoloji transferi ve bilgi akışını hızlandıran bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim bu süreç, ulusal ekonomilerin birbirleriyle daha entegre hale gelmelerini, uluslararası rekabetin artmasını ve dolayısıyla yenilikçi faaliyetlerin teşvik edilmesini kaçınılmaz kılmıştır. Gelişmekte olan ülkeler de küreselleşmenin getirdiği avantajları kullanarak iktisadi kalkınmalarını desteklemek amacıyla AR&GE (Araştırma ve Geliştirme) yatırımlarını artırmış ve dış ticarete daha liberal politikalarla ticaret hacmini artırmaya çalışmıştır.

İktisadi büyüme, bir ülkenin refah düzeyinin artırılması için kritik bir rol oynarken, dış ticaret, ülkenin üretim kapasitesinin artırılması ve uluslararası pazarlara erişim sağlanması açısından büyük bir önem taşımaktadır. Ar-Ge harcamaları ise yenilikçiliğin ve teknolojik gelişimin temel dinamiğini oluşturmakta ve ekonomik büyümenin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Başka bir ifadeyle bu unsurlar, ülkelerin rekabet gücünü, inovasyon kapasitelerini ve sürdürülebilir kalkınma potansiyellerini belirleyen kritik faktörlerdir.

AR&GE yatırımlarının, inovasyonun ve teknolojik ilerlemenin temel itici gücü olması sebebiyle ekonomik büyüme üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Nitekim teknolojik gelişmeler üretim süreçlerini daha verimli hale getirerek maliyetleri düşürmekte ve üretkenliği artırmaktadır (Güdek, 2023). İnovatif ürünler ise yeni pazarların yaratılmasına ve mevcut pazarların genişlemesine olanak sağlar (Paksoy, 2017). Dolayısıyla bu süreçler, ekonomik büyümenin hızlanmasına ve sürdürülebilir kılınmasına yardımcı olur. AR&GE faaliyetleri, üretim süreçlerinde firmaların verimliliği artırmalarına imkân verirken, yeni teknolojilerin geliştirilmesi, aynı maliyetlerle daha fazla üretim yapılmasını sağlar. Verimlilikteki bu artış, toplam faktör verimliliğini artırarak ekonomik büyümeyi destekler ve rekabet gücünü artırarak ihracatın artmasına ve dolayısıyla cari işlemler dengesinin iyileşmesine ve ekonomik büyümenin hızlanmasına katkıda bulunur ve ekonomik büyümenin sürdürülebilirliğini sağlar (Öz ve Kutbay, 2017; Bağcı, 2018; Turna ve Özcan, 2022). Nitekim ihracat gelirleri, yeni AR&GE projelerine yatırım yapılmasını teşvik ederek ekonomik büyümeyi daha da hızlandırır. Rekabet gücü yüksek firmalar, aynı zamanda, daha fazla yatırım ve istihdam yaratarak da ekonomik büyümeye destek verir (Blanchard, 2017). AR&GE'ye ilişkin faaliyetler çalışanların bilgi düzeylerini ve becerilerini geliştirerek ekonomik büyümenin sürdürülebilirliğine katkı sağladığı gibi faaliyetler sonucu ortaya çıkan bilgi birikimi, yeni nesil girişimcilerin yetişmesine ve yaratıcı fikirlerin ortaya çıkmasına katkıda bulunarak uzun dönemdeki ekonomik büyümeyi destekler. Bununla birlikte AR&GE yatırımları, bir ülkenin yatırımcılar nezdindeki çekiciliğini artıran bir faktördür. İnovatif ve gelişmiş teknolojiye sahip ekonomiler yerli ve yabancı yatırımcıların ilgisini çeker ve bunun bir sonucu olarak artan yatırımlar ekonomik büyümeyi doğrudan etkiler ve yeni iş

imkanlarının yaratılmasını sağlar. Yatırım ortamının iyileşmesi, ekonomik istikrarı ve sürdürülebilir büyümeyi destekler. AR&GE faaliyetleri, ekonomide yayılım etkisinin bir sonucu olarak pozitif dışsallıklar yaratır. Bilgi yayılımı ve teknoloji transferi, AR&GE yatırımlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini daha geniş kitlelere yayarak ekonominin genel verimliliğini ve rekabet gücünü artırır (Çelik, 2020).

Diğer taraftan, iktisadi büyümenin sadece mevcut üretim kapasitelerinin artırılmasıyla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda yenilikçilik ve teknolojik gelişmelerin desteklenmesiyle de sürdürülebilir kılınması, kalkınma hamleleri ve refah politikalarının temel odak noktasıdır. Ekonomik büyümenin bir sonucu olarak artan milli gelir, hem kamu sektörü hem de özel sektör için daha fazla kaynak yaratılmasına fırsat verir. Artan gelirlerle birlikte hükümetin bütçesi artar ve AR&GE faaliyetlerine ayrılacak fonlar genişler. Keza, büyüyen ekonomilerde işletmelerin artan kârlılıkları AR&GE yatırımlarına daha fazla kaynak ayırmalarını mümkün kılar. İktisadi büyüme, aynı zamanda, ülkedeki yatırım ikliminin iyileşmesine katkıda bulunur. Ekonominin büyümesi risk algısının azalmasını ve yatırımcı güveninin artmasını sağlayarak hem yerli hem de yabancı yatırımcıların AR&GE faaliyetlerine daha fazla yatırım yapmalarını teşvik eder. Ekonomik büyüme, tüketici taleplerinin çeşitlenmesine ve artmasına neden olarak firmaların rekabet avantajı elde edebilmek adına yenilikçi ürünler ve hizmetler geliştirmelerini teşvik eder. Ekonomik büyüme, daha fazla kaynak yaratımına imkân vererek eğitime ve beşeri sermayeye yapılan yatırımlarını da artırır. Eğitim düzeyinin yükselmesi ise AR&GE faaliyetlerinin kalitesini ve verimliliğini artırır. Bununla birlikte ekonomik büyüme, fiziksel ve dijital altyapı yatırımlarını teşvik ederek AR&GE faaliyetlerinin daha etkin ve verimli bir şekilde yürütülmesini sağlar. Ekonomik büyüme, hükümetlerin AR&GE'ye yönelik politika ve programları destekleme kapasitesini artırmak suretiyle AR&GE teşvikleri, vergi indirimleri, doğrudan destekler ve AR&GE merkezlerinin kurulması gibi çeşitli politika uygulamalarıyla firmaların AR&GE harcamalarını artırmaları için güçlü bir teşvik sağlar.

Dış ticaretin de AR&GE harcamaları üzerinde çok yönlü ve olumlu muhtemel etkileri bulunmaktadır. Gelir artışı ve kaynak yaratma, teknoloji ve bilgi transferi, rekabet baskısı ve yenilik ihtiyacı, ölçek ekonomileri ve verimlilik artışı, inovasyon kapasitesinin artması, yatırım teşvikleri ve politika destekleri, küresel ağlara erişim ve işbirlikleri gibi faktörler, dış ticaretin AR&GE harcamaları üzerindeki potansiyel etkilerini oluşturmaktadır. Bu nedenle, dış ticaretin teşvik edilmesi ve artırılması, AR&GE faaliyetlerinin ve yenilikçi projelerin geliştirilmesi için önemli bir stratejik araç olarak değerlendirilebilir.

Bu argümanlar çerçevesinde, ekonomik büyüme, AR&GE harcamaları ve dış ticaret arasındaki etkileşimlerin ve nedensellik ilişkilerinin tespiti hem politika yapımcıların hem de araştırmacıların ilgisini celbeden bir çalışma konusu olmuştur. Bu kapsamda, son yıllarda hızlı bir büyüme kaydeden ve bir dönüşüm süreci geçiren Türkiye ekonomisi ideal bir çalışma sahası olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu faktörler

arasındaki ilişkilerin doğru bir şekilde analizi ve tespiti, uygulanabilecek muhtemel büyüme ve dış ticaret stratejilerini şekillendireceği gibi Türkiye'nin sürdürülebilir büyüme ve kalkınma hedeflerine ulaşabilmesinde kritik bir rol oynayacaktır.

## 2. Veriler ve Metodoloji

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de AR&GE harcamaları, ekonomik büyüme ve dış ticaret arasındaki eşzamanlı ilişkilerin tespitidir. Bu amaçla, ilgili değişkenlere ilişkin 1996 – 2021 dönemini kapsayan veriler Yönlendirilmiş Döngüsüz Graflar (Directed Acyclic Graphs – DAGs) metodu kapsamında analiz edilerek tümevarımlı nedensel çıkarım şablonları oluşturulmuştur. Analiz edilen dönem, bahsi geçen değişkenlere ilişkin verilerin ulaşılabilirliği göz önünde bulundurularak belirlenmiş, analize dahil edilen değişkenler, benzer çalışmalarda yer alan modellerde sıkça tercih edilen değişkenler arasından seçilmiştir. Çalışmanın amacı kapsamında, AR&GE harcamalarını temsilen temel araştırma, uygulamalı araştırma ve deneysel geliştirmeyi kapsayan AR&GE'ye yönelik gayri safi yurtiçi harcamaların GSYİH içerisindeki payı (*R&D*) kullanılmıştır. Bu harcamalar; ticari işletmeler, devlet, yükseköğretim ve kâr amacı gütmeyen özel kuruluşlar olmak üzere dört ana sektördeki hem sermayeye yönelik hem de cari harcamaları içermektedir. Çalışmada, ekonomik büyümeyi temsilen Reel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (2015 fiyatlarıyla, US\$) (*GDP*), dış ticaret hacmini (ticari dışa açıklık) temsilen ise mal ve hizmet ihracat ve ithalat toplamının GSYİH içerisindeki payına (*TRADE*) ilişkin veriler kullanılmıştır. Bahsi geçen değişkenlere ek olarak yurtiçi yatırımları temsilen brüt sabit sermaye yatırımları (2015 fiyatlarıyla, US\$) (*INVESTMENT*) modele kontrol değişkeni olarak dahil edilmiştir. Bu yatırımlar, arazi iyileştirmelerini (çitler, hendekler, kanalizasyonlar vb.); tesis, makine ve ekipman alımlarını ve okullar, ofisler, hastaneler, özel konutlar ve ticari ve endüstriyel binalar dahil olmak üzere yol, demiryolu vb. inşasını içermektedir. İş gücü büyüklüğü değişkeni (*LABOR*) de neoklasik büyüme modeli kapsamında yurtiçi yatırımlara ek olarak analize dahil edilen bir diğer kontrol değişkenidir. İşgücü, belirli bir dönemde mal ve hizmet üretimi için işgücü arz eden 15 yaş ve üzeri kişilerden oluşmakta ve halihazırda istihdam edilmiş kişileri, işsiz olup iş arayanları ve ilk kez iş arayanları içermektedir. Değişkenlere ilişkin yıllık veriler, Dünya Bankasının “World Development Indicators” (WDI) veri tabanından elde edilmiş, tüm seriler daha düşük çarpıklığa sahip dağılımlar elde etmek adına logaritmik formda analize dahil edilmiştir.

AR-GE harcamaları, ekonomik büyüme ve dış ticaret arasındaki ilişkinin incelenmesi, modern iktisadi araştırmaların önemli bir parçası olmakla birlikte bu ilişkinin doğru bir şekilde tanımlanması ve anlaşılması, büyüme ve dış ticaret politikalarına ilişkin stratejilerin belirlenmesi ve etkinliğinin sağlanması için büyük bir önem arz etmektedir. Bahsi geçen konu başlığı özelinde yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak geleneksel ekonometrik yöntemlere dayanmaktadır. Ancak bu

yöntemler, teorik varsayımlara dayanmaları dolayısıyla nedensel ilişkileri belirlemede yetersiz kalabilmektedir. Örneğin, Kwon ve Bessler (2011), ekonomik modellerin teorik varsayımlara dayanarak tanımlanmasının doğru olmayan nedensel çıkarımlara yol açabileceğini ortaya koymaktadır. Bu noktada, teorik varsayımların ötesine geçerek gözlemsel verilere dayalı nedensel çıkarımlar yapmak, daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine katkıda bulunabilir. Bu kapsamda, gözlemsel verilere dayanan ve daha güvenilir ve doğru nedensel çıkarımlar yapılabilmesine imkân veren DAGs gibi yöntemler de ilgili konu özelinde alternatif analiz teknikleri olarak tercih edilebilir.

DAGs, teorik modelleme ve gözlemsel verilerden elde edilen bağımsızlık ilişkilerini birleştirerek, değişkenler arasındaki nedensel bağlantıları açıkça ortaya koymakta ve bu, ekonomik modeller, tıbbi araştırmalar, sosyal bilimler ve mühendislik gibi birçok alanda büyük önem taşımaktadır. DAGs, bir değişkenin başka bir değişken üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerinin ayırt edilmesine ve gözlemsel verilerden hareketle tümevarımsal nedensel çıkarımlar yapılmasına imkan vermektedir.

DAGs, yönlendirilmiş döngüler içermeyen graflar (digraf) olarak tanımlanmaktadır. Bu graflar, bir dizi düğüm (değişken) ve bu düğümleri birbirine bağlayan yönlü ayrıtlardan (bağlantılar) oluşur. Değişkenleri düğümler tarafından, ilgili değişkenler arasındaki ilişkiler ise düğümler arası yönlendirilmiş ayrıtlar tarafından temsil etmektedir. Her ayrıt, bir başlangıç ve bir bitiş düğümüne sahiptir; başka bir ifadeyle ilişkiler yönlüdür. Aynı düğümden başlanıp hiçbir şekilde yine aynı düğüme geri dönülemediği sebebiyle graflar döngü içermez.

Grafların belirlenmesi ve analizi için literatürde farklı algoritma ve metodolojiler geliştirilmiştir. Literatürde en yaygın kullanıma sahip algoritmalar, Kısmi Korelasyon (Partial Correlation – PC), Hızlı Nedensel Çıkarım (Fast Causal Inference – FCI) ve Açgözlü Eşdeğerlik Araması (Greedy Equivalence Search – GES) algoritmalarıdır (Soremekun ve Malgwi, 2012, Benli, 2021: 52; Benli ve Atıcı, 2023: 421).

PC Algoritması, değişkenler arasındaki koşullu bağımsızlıkları belirlemek için kısmi korelasyon hesaplamalarına dayanır. İki değişken arasındaki doğrudan ilişkiyi ölçerken diğer değişkenlerin etkilerini kontrol eder ve bağımlılık yapısını belirleyerek bir DAG oluşturur. FCI algoritması, hem gözlemsel verilerden hem de gizli değişkenlerden kaynaklanan ilişkileri belirlemek için kullanılır. Gizli değişkenlerin varlığını hesaba katarak nedensel yapıyı oluşturur. Bu nedenle daha doğru nedensel modeller oluşturmayı sağlar. GES ise belirli bir başlangıç grafindan başlayarak adım adım kenar ekleyip çıkararak optimal DAG'ı bulmaya çalışır ve bu süreçte, her adımda nedensel ilişkilere dayalı en iyi modeli seçer. GES, verimlilik ve hız açısından avantajlı olup özellikle büyük veri setlerinde etkin çalışır (Glymour vd., 2019).

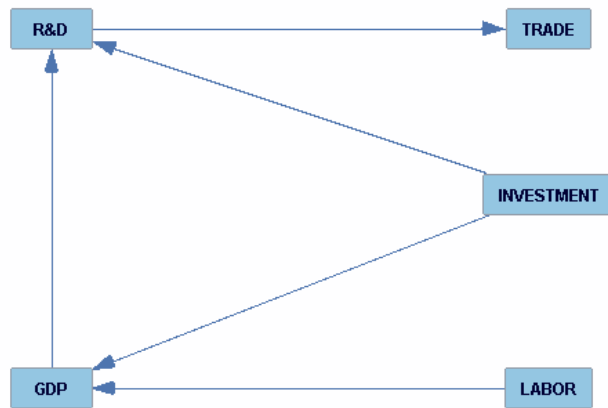
Çalışmamız özelinde DAG şablonlarının oluşturulmasında PC algoritması tercih edilmiştir. PC algoritması, sistemdeki her değişkenin yönlendirilmemiş bir ayrıtla diğer değişkenlere bağlandığı bir tam yönlendirilmemiş graf oluşturulması ile başlar.

Daha sonra algoritma, değişken çiftleri arasındaki koşulsuz korelasyonları göz önünde bulundurarak yönlendirilmemiş grafikten ayrıtları çıkarır. Başka bir deyişle, değişkenleri birbirine bağlayan ayrıtlar sıfır korelasyona sahiptir. Geriye kalan ayrıtlar için, birinci derece kısmi korelasyonun (iki değişken arasındaki üçüncü bir değişkene bağlı-koşullu korelasyon) sıfıra eşit olup olmadığı kontrol edilir. Bu, Fisher'ın z istatistiği aracılığıyla gerçekleştirilir ve koşullu korelasyonların sıfırdan farklı olup olmadığı belirlenir. Birinci derece kısmi korelasyon sıfır ise bu değişkenleri birbirine bağlayan ayrıtlar ortadan kalkar. Bütün bu aşamaları aşan ayrıtlar daha sonra sıfır ikinci derece koşullu korelasyona karşı test edilir. Bu, N sayıdaki değişken için (N-2)'nci derece koşullu korelasyona kadar sürer (Yang vd., 2006; Benli, 2020: 47).

Monte Carlo simülasyonlarına göre PC algoritması, ayrıtların yönlerini tayin etmede ve ayrıt çıkarma/ekleme aşamasında, özellikle örneklem büyüklüğü 100 gözlemde daha az olan örneklerde hatalar yapabilmektedir. Dolayısıyla örneklem büyüklüğü azaldıkça daha yüksek anlamlılık düzeyleri, örneklem büyüklüğü arttıkça daha düşük anlamlılık düzeyleri kullanılması önerilmektedir (Spirtes vd. 2000; Benli, 2020). Bundan dolayı, Spirtes vd. (2000) örneklem büyüklüğü azaldıkça daha yüksek anlamlılık düzeyleri, örneklem büyüklüğü arttıkça daha düşük anlamlılık düzeyleri kullanılmasını tavsiye etmektedir. Analizimde, mevcut çalışmanın kapsadığı dönem (1996-2021, 26 adet gözlem) göz önünde bulundurularak açık şekilde belirli bir yönlendirilmiş sıralamayı veren ve literatürde sıkça kullanılan %20 anlamlılık düzeyi kullanılmıştır. Analizlerde, PC algoritması ve uzantılarını da içeren TETRAD VII yazılım programı kullanılmıştır.

### 3. Ampirik Bulgular

PC algoritması kullanılarak oluşturulan graf, Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1: Yönlendirilmiş Graf (PC Algoritması)

Elde edilen tümevarımlı nedensel çıkarım şablonu, GSYİH'nin AR&GE harcamalarını, AR&GE harcamalarının da dış ticaret hacmini doğrudan etkilediğini göstermektedir. Bu itibarla GSYİH'in, dış ticaret hacmini AR&GE harcamaları üzerinden dolaylı olarak etkilediği ifade edilebilir. Dolayısıyla analiz sonuçları,

iktisadi büyümeden AR&GE harcamalarına, AR&GE harcamalarında dış ticarete ve ekonomik büyümeden dış ticaret hacmine doğru tek yönlü bir nedenselliği işaret etmektedir. Bu bulgular, literatürde genellikle, Türkiye özelinde, nedenselliğin AR&GE harcamalarından ekonomik büyümeye doğru olduğunu (Altın ve Kaya, 2009; Genç ve Atasoy, 2010; Korkmaz, 2010; Yaylalı vd., 2010; Taş vd., 2017; Duman, 2019; Sungur, Aydın ve Eren, 2016) ya da bu değişkenler arasında anlamlı bir nedensellik olmadığını öne süren çalışmaların (Durucan ve Ulukök, 2022; Akıncı ve Sevinç, 2013) ortaya koyduğu sonuçlarla örtüşmemekte; Özkan ve Yılmaz (2017) ve Bozkurt, (2010) çalışmasının sonuçları ile ise paralellik göstermektedir.

Analiz sonuçları ayrıca, beklendiği üzere, yurtiçi yatırımlar ve işgücünün GSYİH'yi doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır. Bu değişkenler ayrıca GSYİH değişkeni üzerinden AR&GE harcamalarını ve dış ticareti dolaylı olarak da etkilemektedir. Sonuçlar, aynı zamanda, yurtiçi yatırımlardan AR&GE harcamalarına doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla yurtiçi yatırımların AR&GE harcamaları üzerinden de dış ticaret değişkenini dolaylı olarak etkilediği ifade edilebilir.

Yeni büyüme teorilerinin (endojen büyüme teorileri) AR&GE harcamalarının büyümeyi tetiklediğini öne sürdüğü düşünüldüğünde, bu ilişkinin Türkiye özelinde ters yönde olduğunu gösteren bulgularımız, büyüme oranlarının yüksek olduğu dönemlerde firmaların ve devletin AR&GE yatırımlarına daha fazla kaynak ayırdığını ve bu harcamaların gelecekteki büyümeyi sürdürebilmek için kritik olduğunu göstermektedir. Yatırım ve sermaye birikimi teorileri özelinde ise ekonomik büyüme sonucu oluşan fazladan kaynakların AR&GE yatırımlarına yönlendirildiği ifade edilebilir. Bu durum, sermaye birikimi ve yatırımların AR&GE faaliyetlerini teşvik edici bir rol oynadığını göstermektedir. Diğer taraftan, Solow-Swan modeli, uzun dönemde büyümenin sermaye birikimi, iş gücü artışı ve teknolojik gelişmelerle ilişkili olduğunu öne sürmektedir. Dolayısıyla ekonomik büyümenin AR&GE harcamalarını etkilediği şeklindeki bulgu, büyümenin teknolojik gelişmeleri ve yenilikleri tetiklediğini işaret etmektedir. Bu da, büyüme sürecinin bir parçası olarak AR&GE yatırımlarının artması anlamına gelmektedir. Elde edilen bulgular, ekonomik büyüme sonucunda elde edilen kaynakların teknolojik gelişmeleri ve yenilikleri desteklemek için kullanıldığını ortaya koymaktadır. Bu, büyümenin yalnızca mevcut üretim kapasitesini artırmakla kalmayıp aynı zamanda gelecekteki büyüme potansiyelini de artıracak teknoloji ve inovasyon yatırımlarını teşvik ettiğini göstermektedir. Dış ticaret teorileri çerçevesinde ise, elde edilen sonuçlar, iktisadi büyümeyle birlikte uluslararası rekabet gücünü artırmak adına AR&GE yatırımlarına daha fazla kaynak ayrıldığı ve bu durumun ülkenin ihracat kapasitesini ve dış ticaret hacminin artırdığı şeklinde yorumlanabilir.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada Türkiye’de AR&GE harcamaları, ekonomik büyüme ve dış ticaret arasındaki eşzamanlı nedensellikler DAGs yöntemiyle incelenmiştir. 1996-2021 dönemini kapsayan veriler kullanılarak yapılan analizlerde, ekonomik büyümenin AR&GE harcamalarını doğrudan etkilediği ve bu harcamaların da dış ticaret hacmi üzerinde doğrudan bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, büyüme ve dış ticaret politikalarının belirlenmesi ve uygulanmasında önemli çıkarımlar sunmaktadır.

Ekonomik büyümenin AR&GE harcamalarını doğrudan etkilediği bulgusu, ekonomik büyüme oranlarının yüksek olduğu dönemlerde firmaların ve devletin AR&GE yatırımlarını artırdığını göstermektedir. AR&GE harcamalarının dış ticaret hacmini doğrudan etkilediği sonucu ise inovatif ve teknolojik ürünlerin ihracatı artırarak ülkenin dış ticaret dengesine olumlu katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte hem yurtiçi yatırımlar hem de işgücü büyüklüğü ekonomik büyümeyi doğrudan etkileyen önemli faktörler olarak belirlenmiştir. Bu değişkenler, dolaylı olarak AR&GE harcamaları ve dış ticareti de etkilemektedir.

Elde edilen bulgular, ekonomik büyümenin sürdürülebilirliği ve dış ticaretin artırılması için AR&GE yatırımları teşvik edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Hükümet, AR&GE harcamalarını artırmak için vergi teşvikleri, sübvansiyonlar ve AR&GE projeleri için özel fonlar oluşturmalı, eğitim sisteminin iyileştirilmesi, mesleki eğitim programlarının genişletilmesi ve bilimsel araştırmalara destek verilmesi için daha fazla kaynak ayırmalıdır.

Yurtiçi yatırımların artırılması, ekonomik büyümenin ve AR&GE harcamalarının desteklenmesi için kritik bir öneme sahiptir. Bu itibarla yabancı yatırımları çekmek için uygun yatırım ortamı sağlanmalı, bürokratik engeller azaltılmalı ve yatırımcı dostu politikalar geliştirilmelidir. Yerli firmaların uluslararası pazarlara açılmalarını teşvik etmek ve teknoloji transferini hızlandırmak için uluslararası işbirlikleri ve ortaklıklar desteklenmeli, üniversiteler ve sanayi arasındaki işbirliği artırılmalıdır. AR&GE harcamalarının dış ticaret hacmi üzerindeki olumlu etkisini artırmak için ihracat teşvik politikaları uygulanmalı, yenilikçi ve yüksek katma değerli ürünlerin ihracatını desteklemek için lojistik, finansman ve pazarlama desteği sağlanmalıdır.

Gelecek çalışmalarda, Türkiye özelinde, AR&GE harcamaları, ekonomik büyüme ve dış ticaret arasındaki ilişkilerin daha ayrıntılı analiz edilmesi yerinde olacaktır. İlk olarak, sektörel bazda yapılacak analizler, Türkiye'deki farklı sektörlerde AR&GE, büyüme ve dış ticaret arasındaki etkileşimlerin nasıl değiştiğinin tespiti bakımından oldukça önemlidir. Sanayi, tarım ve hizmetler gibi sektörlerin AR&GE harcamalarından nasıl etkilendiği incelenmelidir. İkinci olarak, Türkiye kapsamındaki AR&GE, büyüme ve dış ticaret ilişkileri, benzer gelişmekte olan ülkelerle karşılaştırılabilir. Bu tür karşılaştırmalı çalışmalar, Türkiye'nin rekabet gücünü artırmak için uygulanabilecek stratejilerin belirlenmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca, AR&GE harcamalarının özellikle yenilikçi ve yüksek teknoloji ürünlerinin ihracatı üzerindeki etkilerinin derinlemesine incelenmesi, dış ticaret hacminin artırılmasına yönelik stratejik planlamalarda faydalı olacaktır. Özellikle ihracat



teşviklerinin ve yenilikçi projelere yönelik destek mekanizmalarının değerlendirilmesi, Türkiye'nin küresel pazardaki konumunu güçlendirebilir. Son olarak, bu çalışmada elde edilen bulgular, AR&GE yatırımlarının artırılması için devlet politikalarının önemini bir kez daha vurgulamaktadır. Gelecekteki çalışmalarda, bu teşviklerin etkinliği üzerine daha kapsamlı analizler yapılmalı ve AR&GE yatırımlarını teşvik etmek için uygulanan politikaların etkililiği daha derinlemesine incelenmelidir. Nitekim bu bulgular, sürdürülebilir büyüme ve dış ticaretin artırılması için AR&GE yatırımlarının teşvik edilmesi gerektiğini ortaya koymakta, bu doğrultuda yapılacak yeni çalışmaların literatüre ve politika yapıcılara katkı sağlayacağını göstermektedir.

#### KAYNAKÇA

- AKINCI, M., & SEVİNÇ, H. (2013). Ar&Ge Harcamaları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990 – 2011 Türkiye Örneği. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6 (27), 7-17
- ALTIN, O., & KAYA, A. A. (2009). Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensel İlişkinin Analizi. *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 9(1).
- BAĞCI, E. (2018). Endüstri 4.0: Yeni Üretim Tarzını Anlamak. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(24), 122-146.
- BENLİ, M. (2020). Türkiye’de Doğrudan Yabancı Yatırımlar, Karbon Emisyonu ve İktisadi Büyüme: Veriye Dayalı Bir Analiz. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 6(1), 35-59.
- BENLİ, M. (2021). Financial Development, Economic Growth and Poverty, R. Yılmaz, G. Löschnigg (Eds.), *Studies on Balkan and Near Eastern Social Sciences* (ss. 49-62). Vol. 5, Berlin: Peter Lang.
- BLANCHARD, O. (2017). *Macroeconomics*. UK: Pearson.
- BOZKURT, C. (2015). R&D Expenditures and Economic Growth Relationship in Turkey. *International Journal of Economic and Financial Issues*, 5(1), 188-198.
- ÇELİK, A. (2020). Seçilmiş OECD Ülkelerinde Ar-Ge Harcamalarının Makroekonomik Göstergeler Üzerindeki Etkisi. *Verimlilik Dergisi*, (3), 59-90.
- DUMAN, E. (2019). Türkiye’de Reel GSYH, Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Çıktılar Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Journal of Academic Value Studies*, 3(14), 12-21.
- DURUCAN, A., & ULUKÖK, E. (2022). Ar-Ge Harcamaları, İşsizlik ve Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, 11(1), 1-27.
- GENÇ, A. G. M. C., & ATASOY, A. G. Y. (2010). Ar&Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 5(2).
- GLYMOUR, C., ZHANG, K., & SPİRTES, P. (2019). Review of Causal Discovery Methods Based on Graphical Models. *Frontiers in Genetics*, 10, 524.

- GÜDEK, B. (2023). Endüstriyel Dönüşüm ve Endüstri 5.0. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(4), 1129-1142.
- KORKMAZ, S. (2010). Türkiye’de AR-GE Yatırımları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Var Modeli İle Analizi. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 5(20), 3320-3330.
- KWON, D. H., ve BESSLER, D. A. (2011). Graphical Methods, Inductive Causal Inference, and Econometrics: A Literature Review. *Computational Economics*, 38(1), 85-106.
- ÖZ, E., & KUTBAY, H. (2017). Türkiye ve Seçilmiş Ülkelerde Ar-Ge Faaliyetlerine Yönelik Uygulanan Vergi Teşviklerinin Karşılaştırılması. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 24(3), 783-802.
- ÖZKAN, G., & YILMAZ, H. (2017). Ar-Ge Harcamalarının Yüksek Teknoloji Ürün İhracatı ve Kişi Başı Gelir Üzerindeki Etkileri: 12 AB Ülkesi ve Türkiye İçin Uygulama (1996-2015). *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 12(1), 1-12.
- PAKSOY, H. M. (2017). İşletmelerin Satışa Sunacağı Yeni Ürünlerin Pazarda Tutunmasını Etkileyen Faktörler. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 67-86.
- SOREMEKUM, O., ve MALGWI, C. A. (2012). Exploring the Relationship Between Foreign Direct Investment and Mobile Technology in Africa: An Application of Directed Acyclic Graphs. *Case Studies in Business, Industry And Government Statistics*, 5(1), 58-66.
- SPIRITES, P., GLYMOUR, C. ve SCHEINES, R. (2000). *Causation, Prediction, and Search*. Second Edition, Cambridge, MA: MIT Press.
- SUNGUR, O., AYDIN, H. İ. ve EREN, M. V. (2016). Türkiye’de Ar-Ge, İnovasyon, İhracat ve Ekonomik Büyüme Arasında İlişki: Asimetrik Nedensellik Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 173-192.
- TAŞ, Ş., TAŞAR, İ., & AÇCI, Y. (2017). Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 178-187.
- TURNA, Y., & ÖZCAN, A. (2022). Firmaların Ar-ge Harcamaları ile Etkinlik Düzeyleri ve Toplam Faktör Verimlilikleri Arasındaki Nedensellik İlişkisi (BİST’te Faaliyet Gösteren Firmalar Üzerinde Bir İnceleme). *Alanya Akademik Bakış*, 7(2), 1015-1027.
- YANG, J., GUO, H., & WANG, Z. (2006). International Transmission of Inflation among G-7 Countries: A Data-Determined VAR Analysis. *Journal of Banking & Finance*, 30(10), 2681-2700.
- YAYLALI, M., AKAN, Y., & IŞIK, C. (2010). Türkiye’de Ar&Ge Yatırım Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Eş-Bütünleşme ve Nedensellik İlişkisi: 1990–2009. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 5(2).