

Türkiye’de Ar-Ge Göstergelerinin İktisadi Büyüme Üzerindeki Etkilerinin Analizi (1990-2023 Dönemi)

Aziz KUTLAR (<https://orcid.org/0000-0001-9080-3672>), *Sakarya University, Türkiye; akutlar@sakarya.edu.tr*
Muzaffer ÇABUKOĞLU (<https://orcid.org/0000-0002-9196-6649>), *Düzce University, Türkiye; muzaffercabukoglu@duzce.edu.tr*

Analysis of the Effects of R&D Indicators on Economic Growth in Türkiye (1990-2023 Period)

Abstract

This study aims to analyse the effects of selected R&D indicators on economic growth and to examine what needs to be done for Türkiye to enter the top ten global economic powers. The relationship between R&D indicators and economic growth was analysed using the Vector Autoregression (VAR) Model based on data from Türkiye between 1990 and 2023. The study is expected to contribute to the literature on this subject with its selected R&D indicators dataset, sample structure, and methodology. Our results indicate that R&D expenditures, the number of university faculty members, and the number of patents positively affect long-term economic growth. Furthermore, according to the Vector Error Correction (VECM) analysis, R&D expenditures and the number of university staff also have positive and significant short-term impacts on economic growth. For Türkiye to increase its competitiveness in the global world and enter the top ten economic powers, the total R&D expenditures/GDP ratio should be increased to at least 3.2%, full-time researcher staff in universities should be increased, and commercialisation mechanisms for R&D products should be developed at both financial and institutional levels to systematise the contribution of R&D outputs to economic growth.

Keywords : Türkiye, R&D Expenditures, Academic Staff, Patents, Economic Growth.

JEL Classification Codes : O3, O32, O4.

Öz

Bu çalışmanın amacı seçili Ar-Ge göstergelerinin iktisadi büyüme üzerindeki etkilerini analiz ederek Türkiye’nin on büyük küresel ekonomik güç arasına girebilmesi için neler yapılması gerektiğini incelemektir. Ar-Ge göstergeleri ve ekonomik büyüme ilişkisi Türkiye’nin 1990-2023 yılları arasında esas alınarak Vektör Otoregresyon (VAR) Modeli ile incelenmiştir. Çalışmanın seçili Ar-Ge göstergeleri veri seti, örneklem yapısı ve sunduğu metodoloji ile bu konuda literatüre katkı sağlaması beklenmektedir. Sonuçlarımız, Ar-Ge harcamaları, üniversitelerdeki öğretim elemanı ve patent sayılarının uzun vadede iktisadi büyümeyi pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca yapılan Vektör Hata Düzeltme (VECM) analizine göre, Ar-Ge harcamaları ve üniversite eleman sayısının iktisadi büyüme üzerinde kısa dönemde de pozitif anlamlı tesiri olduğu saptanmıştır. Türkiye’nin küresel dünyada rekabet gücünü artırması ve on büyük ekonomik güç arasına girebilmesi için, toplam Ar-Ge harcamaları/GSYİH oranı en az %3,2 düzeyine yükseltilmeli, üniversitelerde tam zamanlı araştırmacı kadroları artırılmalı, Ar-Ge çıktılarının ekonomik büyümeye katkısını sistemli hale getirmek amacıyla Ar-Ge ürünlerinin ticarileştirme mekanizmaları hem finansal hem de kurumsal düzeyde geliştirilmelidir.

Anahtar Sözcükler : Türkiye, Ar-Ge Harcamaları, Akademik Personel, Patentler, Ekonomik Büyüme.

1. Giriş

Ekonomik büyüme ve araştırma-geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri ekonomi literatüründe en çok tercih edilen araştırma konularından biridir. Özellikle 1980 sonrası dönemde iletişim teknolojilerinin hızla gelişmesi, serbest piyasa modelinin dünya çapında yaygınlaşması, dış ticaretin öneminin ve hacminin artması ülkeler arasında rekabet artışına neden olmuştur. Rekabet artışı da teknoloji üretimine ve Ar-Ge faaliyetlerine ilginin ve yatırımların artmasına yol açmıştır. Ar-Ge faaliyetleri ile elde edilen inovasyonlar (ticari amaçlı yenilikler) ve patentler ülke ekonomilerine önemli ve etkili bir rekabet gücü kazandırmaktadır. Rekabet gücü elde eden bir ülke, daha fazla katma değeri yüksek mal ve hizmetler üretme fırsatı yakalamakta, bunun sonucunda da ekonomi dışındaki olumlu koşulların sağlanması durumunda ekonomik büyümede sıradışı başarılar elde edebilmektedir. Genel olarak, Ar-Ge yatırımı GSYİH ile pozitif ilişkilidir. Teknolojik olarak gelişmiş ülkeler için, Ar-Ge inovasyonundan elde edilen katma değer, özellikle artan yüksek teknoloji endüstrilerine reel üretim olarak yansıtıldığında, GSYİH büyümesinin temel itici gücüdür. Buna karşılık, gelişmekte olan ülkeler için Ar-Ge yatırımı önemlidir, ancak koşullu ekonomik etkileri vardır (Kim, 2025: 1). Patent başvuruları diğer ülkelere göre fazla olduğu bilinen ABD, Almanya, Çin, Japonya gibi ülkelerin patent başvurularının yüksek teknoloji ürünlerin üretimi ve ihracatına pozitif etkisi olduğu görülmüştür (Guzmán et al., 2025: 1).

Ar-Ge faaliyetlerinin neticesinde elde edilen çıktıların ticarileştirilmesi, ileri ve sürdürülebilir iktisadi büyümenin en ana öğelerinden biridir. Ar-Ge faaliyetlerinin ve yatırımlarının büyüme üzerindeki tesirinin artmasının nedeni 1980'lerden itibaren ekonomik yapının dünya çapında bilgi ekonomisine dönüşmesidir. Bilgi ekonomisinde kazanılan üretim bilgisi ve tecrübesi geriye dönülemez nitelikte rekabet gücü ve entelektüel sermaye oluşmasını sağlamakta, bunun neticesinde serbest ticarete korumacılığı işlevsiz hale getirmektedir (Drucker, 1993: 258). Yani, yüksek nitelikli üretim-uygulama tecrübesi, işletmeler ve tüm ülkeler için rekabet üstünlüğü sağlamakta, söz konusu ürünler başka firmalara ve/veya ülkelere patent hakları satıldığında diğer klasik mallar gibi tükenmemektedir.

Büyüme teorilerinde ekseriyetle iktisadi büyümenin temel belirleyicileri, tasarruf ve yatırımlarda artış sağlayarak sermaye stokunu büyütme, beşerî sermaye kalitesini ve Ar-Ge çalışmalarını artırarak yüksek ve süper teknoloji mal, hizmet ve bilgi-teknoloji üretmek olarak sıralanabilir. Bir ülke iktisadi büyümede hızlı ilerleyerek önündeki ülkeleri yakalayacaksa, bu ancak sermaye stokunda, beşerî sermaye kalitesinde ve Ar-Ge çalışmalarında sıradışı başarılar ile mümkündür (İnal, 2012: 85). Küresel düzeyde reel üretim sahasında rekabet sürekli artmakta olup, rekabette avantaj sağlanmasında Ar-Ge faaliyetleri ile elde edilen çıktılar oldukça önemli bir etkidir. Çünkü Ar-Ge çıktılarının ekonomik büyümeyi doğrudan etkileme yönü vardır (Börü & Çelik, 2019: 197). Global

ticaretin içeriğinde malların bilgi-teknoloji kullanım oranı veya istihsal süreçlerinde teknolojinin niceliği artmaktadır. Küresel rekabetin ana unsuru faktör stokundan çok, teknolojidir ve ileri teknoloji ürünleri ve istihsal süreçleriyle oluşan tekelleri kazanımlar ve yüksek katma değer küresel rekabetin en mühim unsurudur (Bayraktutan vd., 2018: 44). Yukarıda sınırları tespit edilmeye çalışılan çerçevede Türkiye’de seçili Ar-Ge göstergelerinin iktisadi büyüme etkisi olup olmadığı, Ar-Ge çıktıları ile ekonomik büyüme arasında ticarileştirme mekanizmalarının yeterlilik durumu, Ar-Ge göstergeleri ve ekonomik büyüme bağlamında Türkiye’nin küresel düzeyde on büyük ekonomi arasında girebilmesi için neler yapılması gerektiği bu çalışmanın temel araştırma soruları olarak sıralanabilir.

Çalışmada örneklem olarak Türkiye seçilmiştir. Çünkü Türkiye’nin kişi başına gelir seviyesi ve gelir dağılımı bakımından ciddi sorunları bulunmaktadır. Heritage Foundation 2025 yılı verilerine göre Ekonomik Özgürlük Endeksi’nde Türkiye 100 üzerinden 56,1 puan ile 184 ülke arasında 111. sırada yer almakta olup, ‘ekonomik yönden özgür olmayan ülke’ grubunda yer almaktadır. Ayrıca Türkiye, 2025 yılı itibarıyla Avrupa bölgesinde değerlendirilen 44 ülke arasında 42. sırada bulunmaktadır (Dinçer, 2025: 133). Türkiye’nin gelir ve refah seviyesi yüksek, gelişmiş ülkeler arasında yer alması için Ar-Ge çalışmalarına daha fazla önem vermeli, katma değeri daha yüksek ürünler üretmeli, küresel pazarlarda rekabet gücünü artırmalıdır. Düşük gelir seviyesi sorununun çözülmesi için geçimlik ekonomiden zenginlik ve refah üreten bir ekonomik sisteme geçilmesi gereklidir. Öz olarak açıklanan bu sorunların çözümüne katkı sunmak amacıyla çalışmada örneklem olarak Türkiye seçilmiştir.

Bu çalışma Türkiye’de Ar-Ge harcamaları, üniversitelerdeki öğretim elemanı sayıları, tam zamanlı Ar-Ge personel sayıları ve patent başvuru sayılarından oluşan Ar-Ge göstergelerinin iktisadi büyüme üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, konuya derinlik kazandırmak amacıyla Ar-Ge faaliyetleri ve iktisadi büyüme ilişkisi teorik çerçevede incelenecek, ardından dünyada Ar-Ge harcamaları, üniversitelerde akademik personel ve Ar-Ge ürünlerinin ticarileştirilmesi konusunda önde gelen ülkeler ve Türkiye hakkında öz olarak bilgi verilecek, daha sonra araştırma konusuyla ilgili ampirik literatür örneklerine yer verilecek; tercih edilen yöntem ve modellemeyle alakalı bilgilerden sonra uygulama ve yorumlar gerçekleştirilecek; neticede değerlendirme ve sonuç kısmında çalışmada elde edilen bulgular özetlenerek politika tavsiyeleri sunulacaktır.

2. Kuramsal Çerçeve

2.1. Kuramsal Bakış

Ar-Ge faaliyetleri ile ekonomik büyüme ilişkisi özellikle 1980’li yıllardan itibaren bilgisayar yazılım ve donanımında, gelişmiş elektronik cihaz ve iletişim araçlarında yaşanan yapısal değişimlerle birlikte çok sayıda araştırmacının ilgisini çekmiştir. Ar-Ge sanayi sektöründe yeni ürün üretmek, var olan ürünleri daha iyi hale getirmek veya üretim prosesi geliştirmek amacıyla yapılan bilimsel araştırmalardır (Crowther et al., 1995: 996). Diğer bir

tanımlamayla, Ar-Ge, yeni ve var olan problemlere çözümler üretmek, yüksek katma değerli mal ve bilgi-teknoloji üretmek amacıyla temel araştırmaları ve uygulamalı bilimsel çalışmaları sentezleyen sistematik aktivitelerdir (Frankenfield, 2020). Ar-Ge göstergeleri içinde Ar-Ge harcamaları ülkelerin araştırmaya ve geliştirmeye verdikleri önemi gösteren en somut unsurlardan biridir. Ar-Ge'nin ekonomi büyümeye katkı yapması için, Ar-Ge çalışmaları bir takım avantajlar elde etmelidir. Bu avantajlar ilgili firmaya ve ülkeye rekabet gücü ve üstünlüğü kazandırması, doğrudan yabancı sermayenin çekilmesi, verimlilik artışı, ilgili firmanın/ülkenin teknolojik bağımlılıktan kurtulması olarak sıralanabilir (Ülger, 2017: 167).

İktisadi büyüme ise, ekonomide belli bir periyotta toplam üretim düzeyindeki sürekli artışlardır (Köse, 1992: 2). Bu bağlamda iktisadi büyüme, uzun dönemde reel GSYİH'de meydana gelen senelik ortalama artışı izah eden ortalama büyüme hızıyla ölçülür (Ünsal, 2017: 14).

Ar-Ge ve iktisadi büyüme ilişkisi bakımından yaklaşım ve teoriler özet olarak incelendiğinde, Klasik dönemde büyümenin temelinde fiziki sermaye, emeğin yeteneğinin yönlendirilmesi, makine kullanımı ve işbölümü yer almaktadır (Smith, 2007: 14). Schumpeter'e göre, piyasaların küçülüp yok olması 'yaratıcı yıkım', piyasanın gelişmesi ise 'yaratıcı birikim'dir ve büyümenin asıl motoru mucit değil, girişimcidir. Mucidin yaptığı ticari icadın ölçülebilir ekonomik değer ve ticari yenilik haline getiren fertler müteşebbislerdir (Schumpeter, 1947: 152-153). Neoklasik büyüme teorisinin öncüsü Solow büyüme modeli, fiziksel sermaye, emek, bilgi-işgücü etkinliği ve t zamanındaki üretim fonksiyonundan oluşur (Solow, 1957: 312). Uzun vadede büyümeyi verimlilik, sermaye birikimi, nüfus artışı ve teknolojik gelişme belirler (Petraakis, 2020: 319). Solow'da temel üretim fonksiyonu $Y=F(K, LxE)$ olup, burada K sermaye, L emek, E işgücü etkinliği katsayısıdır. İşgücü etkinliği (LxE) artışı ve kapital (K) artışı dışında meydana gelen büyüme "Solow Artışı" olarak tanımlanır (Solow, 1956: 85). Romer modeli, Ar-Ge'yi temel alan büyüme kuramının öncüsü sayılır ve büyümenin kaynağı firmaların bilinçli ve planlı yatırımları ile üretilen yeni tasarımlar ve yeni teknolojilerdir. Romer'e göre, yeni dizayn ve teknolojiler beşerî kapitalin bir ürünüdür. Söz konusu yeni tasarımlar/teknik yenilikler üretimde yer aldığı anda, bütün faktörlerde artan verimler yasası geçerlidir. Yeni teknolojilerin kullanımı sınırsız, rakibi olmayan maldır, yani yeni teknolojiler birden fazla firma tarafından kullanılabilir (Gürak, 2016:109). Örneğin, %100 bitkisel hammaddelerle geliştirilen ve meyve ağaçlarında kullanılan aşı macununun kimyasal formülü patenti çok sayıda şirkete satılsa bile, bir şirketin üretimi diğerlerini engellemez ve söz konusu formül bilgisi çok sayıda firmaya satılsa bile miktarı azalmaz. Oysa klasik malların (çimento, kömür, fındık vb.) satışı yapıldıkça miktarı kesin ve mutlak olarak azalır. Robert E. Lucas'ın modeli nitelikli üretim bilgi-tecrübesine sahip insan unsuru ile iktisadi büyüme ilişkisini izah eden ilk içsel büyüme kuramıdır. Modelde üretimin ve iktisadi büyümenin ana temeli beşerî sermayedir. Lucas makineler, binalar, ekipman, altyapı gibi maddi sermaye birikimini ve teknik ilerlemeyi Neoklasik üretim modeliyle sentezleyerek iktisadi sahada fiziki ve beşerî sermaye vasıtasıyla bilimsel ve teknik gelişmeye odaklanmıştır (Lucas, 1988: 5-7). Bir ülkenin Ar-Ge ve teknoloji potansiyeli ile beşerî sermayesi know-how veya yaparak

öğrenme (learning by doing) becerileri yoluyla gelişmekte, Ar-Ge potansiyeli ve beşeri sermayedeki gelişmeler ekonomik büyümeye doğrudan büyük etki oluşturmaya bile dolaylı pozitif tesirler meydana getirebilmektedir (Esener & Yereli, 2024: 468).

Ekonomik büyümenin ana belirleyicileri arasında yetişmiş insan gücü, fiziki sermaye, doğal kaynaklar, teknoloji yer almaktadır (Woodruff, 2019). Ayrıca başarılı kurumsal yapılar ve girişimcilik kültürü de büyümenin temel belirleyicileri arasındadır. İşgücü verimliliği bir ülkedeki nüfusun mesleki-teknik niteliğiyle yakından ilişkilidir ve iktisadi büyümede başarı ve yükselişi belirleyen önemli etkenlerden biridir (Alam et al., 2013: 134). Girişimcilik, 'ölçülebilir ekonomik değer' üretmenin ana unsurlarından biridir ve büyümenin ana motor gücü durumundadır (Prasetyo, 2019: 237). Girişimcilik, Ar-Ge çıktılarının bir proje veya prototip olmaktan çıkararak seri üretim, pazarlama, satış, servis ağı, müşteri memnuniyeti vb. alanlarda koordinasyonu sağlayan ve ekonomik büyümeye somut katkı sunan başat unsurdur.

2.2. Dünyada ve Türkiye'de Ar-Ge Harcamaları, Akademik Personel ve Ticarileştirme

Ar-Ge harcamaları birçok ülkede hem tutar hem de Ar-Ge/GSYİH oranı bakımından artış eğilimindedir. OECD üyesi ve ortağı seçili ülkelerin 2023 yılı Ar-Ge harcama tutarları ve Ar-Ge/GSYİH oranları ve 2020 yılı 10 bin kişiye düşen akademik personel sayıları aşağıda Tablo 1'de ortaya konulmuştur. Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarının GSYİH'ye oranı %1,40 düzeyindedir. Bu oran Türkiye'nin küresel ekonomide ilk on ülke arasında girmesi için yeterli olmadığı açıktır. Söz konusu Ar-Ge/GSYİH oranı Türkiye'den daha yüksek orana sahip ilk yedi ülkenin ortalaması dikkate alınarak en az %3,2'nin üzerine çıkarılmalıdır.

Tablo 1
OECD Üyesi / Ortağı Seçili Ülkelerin Ar-Ge Harcamaları ve Ar-Ge / GSYİH Oranları

Ülkeler	Ar-Ge (milyar \$)	Ar-Ge / GSYİH %	Öğretim Elemanı (10 bin kişiye)
ABD	823.405	3,40	48,27
Çin	780.678	2,60	18,45
Japonya	193.911	3,40	31,67
Almanya	160.177	3,10	54,73
Kore	134.128	5,00	34,21
Birleşik Krallık	98.450	2,70	29,00
Fransa	81.030	2,20	14,42
Türkiye	42.045	1,40	21,55
İtalya	41.785	1,40	16,25
Kanada	38.703	1,80	21,22
İspanya	32.356	1,50	28,61

Kaynak: Ar-Ge harcamaları ve Ar-Ge/GSYİH oranı OECD 2023; on bin kişiye düşen öğretim elemanı sayısı OECD 2020 verileriyle oluşturulmuştur.

Ar-Ge harcamaları ve Ar-Ge ürünlerinin ticarileştirilmesi için gerekli finans kaynağı konusunda farklı modeller araştırılmalıdır. Örneğin, Ar-Ge Destek Fonu kurulmalı ve bu fona kaynak sağlamak amacıyla yıllık ortalama enflasyon oranının üzerinde en az %5 kâr garantili devlet tahvilleri piyasaya sürülmelidir. Katılım tamamen gönüllük esasıyla olmalıdır. Ar-Ge çalışmalarıyla bilgi-teknoloji üretiminde ve katma değeri yüksek ürün ve

hizmetlerde başarı ülkenin yakın gelecekte refahını ve zenginliğini doğrudan olumlu etkileyebilecektir.

Türkiye'nin ekonomik büyüklükte global ekonomide ilk on ülke arasında girmesi için diğer önemli saha, bu çalışmanın değişkenlerinden biri olan akademik personel sayısıdır. Yukarıda Tablo 1'de 10 bin kişiye düşen akademik personel sayıları ortaya konulmuştur. Bu konuda sırasıyla Almanya, ABD, Kore, Japonya ve Birleşik Krallık ilk beş ülke olarak dikkat çekmektedir. Söz konusu beş ülkenin ortalaması yaklaşık 39,58 akademik personel olup, Türkiye bu ortalamayı en kısa sürede yakalayacak yatırımları yapmalı; özellikle Ar-Ge projelerinin hazırlanması, Ar-Ge ürünlerinin ticarileştirilmesi konuları hem akademik personel işe alımlarında hem de akademik terfilerde öncelikli olarak puanlanmalıdır. Doktoralı akademik personel sayısının objektif kriterlere dayalı bir liyakat esası ile artırılması Türkiye'nin Ar-Ge çalışmalarına ve Ar-Ge tabanlı ekonomik büyümesine önemli katkılar yapabileceği ampirik çalışmalarda da ortaya konmuştur.

GSYİH içindeki Ar-Ge harcamalarının artırılması kadar önemli bir unsur, Ar-Ge faaliyetleri sonucu ortaya çıkan ürün, hizmet ve süreçlerin ticarileştirilmesidir. Türkiye 2024 yılı Küresel İnovasyon Endeksi'nde Ar-Ge çalışmalarının ticarileştirilmesine ilişkin altı parametredeki gelişme süreci tetkik edildiğinde, Fikri Mülkiyet Gelirlerinin Payı'nda 2019 yılında 96. sırada iken 2024 55. sıraya; Yüksek Teknoloji İhracatı Payı'nda 2019'da 122. sırada iken 2024'te 65. sıraya yükselmiştir. Küresel Marka Değeri (ilk 5.000) sahasında 2020'de 44 iken 2024'te 57 olarak tespit edilmiştir (TİM İnovasyon ve İhracat Raporu, 2024). Ticarileştirme çalışmaları zaman gerektirdiğinden ekonomik büyümeye gecikmeli olarak katkı sunmakta ve kriz dönemlerinde Ar-Ge ile büyüme etkileşimi zayıflamaktadır (Bayraktutan & Kethudaoğlu, 2019). Bu nedenle Ar-Ge çalışmaları uzun soluklu stratejik planlama gerektiren bir süreçtir. Kısa vadede ekonomik büyümeye katkı beklemek yanıltıcı olabilir.

Ar-Ge ürünlerinin ticarileştirilmesinde başarı birçok farklı unsurun birlikte koordine edilmesine bağlıdır. Bunlar doğru araştırma stratejisi, sürecin tümünde müşteri odaklı yaklaşım, sektöre göre pazar ve rekabet analizi, ticari yenilik (inovasyon) kültürünü geliştirmek, etkin ve verimli ürün geliştirme-üretim-lojistik sistemleri, etkin pazarlama-satış, müşteri memnuniyeti amaçlı geri bildirim/iş takibi olarak özetlenebilir (Alankuş, 2013). Ar-Ge ürünlerinin ticarileştirilmesinde, geliştirilen Ar-Ge çıktısının pazara sunulması için, ticari yeniliğin niteliğine, endüstri eğilimlerine, finansman durumuna ve diğer işletmelerin ilgisine bağlı olarak iki ticarileştirme yolu vardır. Bunlardan biri teknoloji lisans anlaşması ile bir şirketle işbirliği yapmak, diğeri ise yan şirket kurmaktır. Lisans patentli bir buluşu kullanma yetkisine dayalı bir kiralama düzenlenmesidir. Ar-Ge çıktılarının ticarileştirilmesinde mühim bir kavram da 'Kavram Kanıtı (PoC)' olup, aynı zamanda prensip kanıtı olarak da bilinmektedir. Kavram Kanıtı (PoC) belirli bir yaklaşım veya fikir kullanarak teknik bir buluşun uygulanıp uygulanamayacağını tespit etme yöntemidir. ABD üniversitelerinde sıklıkla kullanılan bu model, proje planlama ve finansman fonksiyonunu aynı yapı içinde oluşturur. Üniversitelerin PoC birimi mucitlerin yenilikçi Ar-Ge ürünlerini NASA'nın geliştirdiği Teknoloji Hazırlık Seviyeleri (TRL) temelinde değerlendirir. TRL

değerlendirmesi, bir Ar-Ge ürününün kritik teknoloji unsurlarının teknik olgunluğunu tespit etmenin yoludur. TRL, birden dokuza kadar bir ölçek olup, dokuz en gelişmiş teknolojiyi temsil eder (Fasi, 2022).

Türkiye'de üniversitelerde ve Teknoloji Geliştirme Bölgelerinde (TGB) üretilen bilgi ve teknolojilerin ticarileştirilmesinde 2013 yılında hayata geçirilen TÜBİTAK 1513 programı önemli bir gelişme olarak sayılabilir. Bu program ile 2018-2023 döneminde 30 projeye 275,5 milyon TL destek sağlanmış, üniversitelerde ve teknokentlerdeki başlangıç firmalarının patentlerinin ticarileştirilmesi için TÜBİTAK 1702 Patent Tabanlı Teknoloji Transferi Destekleme Programı başlatılmış, 2022 yılında toplam 50 milyon TL değerinde 58 ulusal ve 26 uluslararası patentle korunan 58 teknolojinin sanayiye aktarımı gerçekleştirilmiştir.

Bu olumlu gelişmelere karşın ticarileştirmede önemli bazı sorunlar da vardır ve pratik, uygulanabilir çözümlerin en kısa sürede hayata geçirilmesi gereklidir. Türkiye'de üretilen bilgi ve teknolojilerin ticarileştirilmesinde temel sorunlar öz olarak şunlardır:

- Üniversitelerde geliştirilen know-how ve patentlerin ticarileştirilmesi ve araştırma sonuçlarının ticarileştirilmesi için kurulan başlangıç firmalarına özel sektörün girişimci desteği ve finansman katkısı son derece sınırlıdır.
- Finans kuruluşları Ar-Ge ve ticari yeniliğin finansmanında yeterli katkı yapmamakta ve Ar-Ge çıktılarını ticarileştiren başlangıç firmalarına fon sağlama ve yatırımcı olmada etkin hareket etmemektedir.
- Ülke çapında etkin çalışan bir melek yatırım ağına ihtiyaç vardır.
- Ar-Ge ürünlerinin ticarileştirilmesinde piyasa şartlarını bilen bilgili, tecrübeli, arayüzlerde çalışabilecek personel sayısı sınırlıdır (Onikinci Kalkınma Planı, Ar-Ge ve Yenilik Ekosisteminin Güçlendirilmesi, 2023).

3. Ampirik Literatür

Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeye etkileriyle ilgili ampirik çalışmaların ulaştıkları sonuçlarda görüş birliği bulunmamakta, farklı görüş ve neticeler literatürde yer almaktadır. Küresel ölçekte yapılan çalışmalar açısından Pessoa (2010), Hammar ve Belarbi (2018), Nair vd. (2020), Kalinovic (2022), Boing vd. (2022), Anakpo ve Oyenubi (2022), Minviel ve Bouhemi (2022), Çiftçi ve Akperov (2023), Tung ve Hoang (2024) çalışmalarında Ar-Ge çalışmalarının ekonomik büyümeye pozitif ve anlamlı etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Abdulkadir vd. (2020), Kalra vd. (2022) çalışmalarında Ar-Ge faaliyetlerinin ekonomik büyümeyi olumsuz etkilediği; Sylwester (2001), Samimi ve Alerasoul (2009), Beaudreau ve Lightfoot (2015) ise çalışmalarında Ar-Ge ile büyüme arasında anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeye etkileri konusunda pozitif anlamlı, olumsuz ve anlamlı olmayan üç farklı ilişki neticesi başlı başına ayrı bir araştırma konusudur. Bu çalışmanın amacı ve araştırma soruları dikkate alındığında, Ar-Ge

harcamalarının ve çıktılarının artması sonucu rekabet gücünün yükselmesi, rekabet avantajı ile ekonomik büyümenin sıradışı başarılarla ulaşması, özünde bilgi ekonomisi olarak literatürde yer almaktadır. Rekabet gücünü temin eden bilgi, verimlilik tesiriyle ekonomiler arasında farklılıklara sebep olmaktadır. Bilgi temelli ekonomiler pazara hakimiyet ve liderlik açısından rekabette kendine özgü unsurlar içermekte, rekabet avantajı isteyen ülkeler bu faktörlere verdikleri öneme göre refah ve zenginlik düzeylerini yukarı çekebilmektedir. Bilgi teknolojilerinin Türkiye'nin ekonomik büyümesine kısa dönemde pozitif/olumlu, uzun dönemde ise olumsuz tesir ettiği görülmektedir (Işık, 2013: 387).

Ar-Ge faaliyetleri-çalışmaları ile iktisadi büyüme arasında ilişkiyi Türkiye verilerini kullanarak araştıran çalışmalardan Kutbay ve Öz (2017) Ar-Ge yatırımlarında %1 artışın milli geliri %1,08 yükselttiği sonucuna ulaşmışlardır. Torun ve Çabaş (2020) Türkiye verileriyle Ar-Ge harcamalarıyla iktisadi büyüme arasındaki ilişkiyi FMOLS ve DOLS yöntemleriyle 1990-2018 dönemini kapsayan çalışmalarında Ar-Ge masraflarında %1 artışın FMOLS yöntemi sonucu %1, DOLS metodu sonucu %1,16 GSYİH'yi artırdığı neticesine ulaşmışlardır. Sanayi 4.0 ve küreselleşen dünyada rekabetin artması, artan rekabet ortamında ülkelerin ekonomik büyümeyi ve verimlilik artışını sürekli hale getirmek için Ar-Ge çalışmalarına daha fazla önem vermek zorunda olduğu Torun ve Çabaş'ın çalışmasında vurgulanmıştır.

Öztürk ve Çınar (2021) içsel büyüme modeli temelinde ekonomik büyüme, Ar-Ge harcamaları, beşerî sermaye ve dışa açıklık serileri FMOLS tahmin yöntemiyle Türkiye'nin 1990-2020 periyodunu içeren verileri yaptıkları çalışmada Ar-Ge'nin GSYİH içindeki payının ve Ar-Ge personelinin artmasının ekonomik büyümeyi artırdığını tespit etmişlerdir. Benzer sonuca Tanrıverdi ve Öztürk (2023) 1980-2020 yılları arasında Türkiye'de Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayıları ve patentlerin milli gelire etkilerini inceledikleri çalışmada da ulaşmışlardır. ARDL bulguları sonucuna göre Ar-Ge harcamalarında %1'lik bir artış ekonomik büyümeyi %2,5 oranında artırmaktadır.

Akıncı ve Sevinç (2013), Tuna vd. (2015), Yıldırım ve Kantarcı (2018) ve Kuzu ve Arslan (2023) çalışmalarında Ar-Ge ile ekonomik büyüme arasında anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Üniversitelerdeki öğretim elemanı sayıları da mühim bir Ar-Ge göstergesi olarak değerlendirilebilir. Özellikle bilim ve mühendislik alanındaki araştırma çıktılarının ekonomik büyümeye pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu saptanmıştır (Jin & Jin, 2012). Tam zamanlı Ar-Ge çalışan sayısı Ar-Ge göstergeleri içinde yer almaktadır. Bilgiye, bilime, teknolojiye destek veren ülkelerde Ar-Ge birimlerinde çalışan sayısının mevcut istihdam içindeki payı diğer ülkelere göre yüksektir ve bu oran Ar-Ge'ye ne kadar önem verildiğinin bir göstergesidir (Adaçay, 2007: 190). Tam zamanlı araştırmacı sayısının artışı ülkelerin çoğunda Ar-Ge çıktılarını artırmakta, söz konusu çıktılar da yüksek katma değerli malların üretilmesine olanak vermektedir. Yüksek teknoloji içeren katma değeri yüksek ürünler hem rekabet üstünlüğünü hem de istihdam-ihracat artışı yoluyla ülkenin ekonomik büyümesini olumlu yönde etkilemektedir (Canbay, 2016: 9).

Patent ticari amaçlı yapılan icatların belli bir zaman döneminde ayrıntılarının gizli tutulması olup (Betz, 2010: 402), ilaç veya cihaz vb. yeni buluşların üretim sürecine girmesi halinde, rakiplerin üretimini belli süre yasaklayan, buluşu yapana monopol hakkı veren hukuki imtiyazdır (Dinler, 2017: 364). Patentler çeşitli şekillerde olabilir. Yeni bir makinenin icadında mekanik patent, üretim yöntemi patenti, tasarım patenti örnek olarak sıralanabilir (Seyidoğlu, 2002: 496). Patent sayıları da Ar-Ge göstergeleri içinde mühim bir yer tutmaktadır ve yeniliği ifade eden patentler %1 arttığında iktisadi büyüme %0,25 oranında artmakta, patent sayısının artması büyümeye olumlu tesir etmektedir (Erçakar ve Çolakoğlu, 2019: 263). Türkiye ile ilgili Ar-Ge ve büyüme ilişkisi üzerine yapılan çalışmada, Ar-Ge harcamalarında %1 artışın kişi başına GSYİH'yi %0,33 artırdığı, patentlerde ise %1 artışın GSYİH'yi %0,08 artırdığı saptanmıştır (Gülmez & Akpolat, 2014).

Ekonomik büyüme perspektifinde Ar-Ge ürünlerinin ticarileştirilmesi en az Ar-Ge çalışmaları ve çıktıları kadar önemlidir. Bu nedenle ticarileştirme ve Ar-Ge ekibinin beraber çalışması, bu sahada sistemli mekanizmaların kurulması başarının anahtarıdır. Ar-Ge çıktılarının ticarileştirme süreci detaylı ve stratejik olarak planlanmalı, uzun vadeli ve uygun maliyetli finansman imkânlarıyla teşvik edilmelidir. Çünkü küresel çapta yapılan araştırmalara göre, geliştirilen 100 Ar-Ge çıktısından sadece 10'u sanayi sektörlerine aktarılarak istihdama ve iktisadi refah artışına ölçülebilir ekonomik değer katmaktadır (Gemici & Öztürk, 2020: 88). Ar-Ge çıktılarının endüstriye aktarımında yaklaşık %10 başarı oranı, Ar-Ge faaliyetlerini olumsuz etkileyen bir faktör olarak görülmemelidir. Çünkü Ar-Ge ürünleri içinde bir başarılı projenin ekonomik getirisi yüzlerce başarısız proje için katlanılan maliyetleri fazlasıyla karşılayabilir. Örneğin, 1980'lerde geliştirilmeye başlanan nanoteknoloji çok sayıda sanayi dalında ürünlerin üretilmesinin önünü açmıştır. Enerjiden otomotive, havacılık-uzay-savunma endüstrisinden gıda sektörüne, sağlık sektöründen imalat ve tarıma birçok sektörde nanoteknoloji ürünleri üretilmekte olup, 2024 yılı itibarıyla nanoteknoloji pazarı 91,18 milyar ABD dolarına ulaşmış, 2032 yılı tahminleri ise 332,73 milyar dolar olarak hesaplanmaktadır (Fortune Business Insights, 2026). Ar-Ge faaliyetlerinde stratejik planlama ve uzmanlaşma önemlidir. Ar-Ge yatırımlarında savunma sanayi, havacılık ve uzay teknolojileri, yazılım, yüksek teknoloji içeren elektronik aletler, yapay zekâ sistemleri, organik ve doğal tarım-gıda üretimi vb. sektörler öncelik verilmelidir (Bozkurt & Topçuoğlu, 2019: 160). Süper teknoloji endüstrileri sahasında yapılan Ar-Ge yatırımları ve çalışmaları, diğer endüstrilerden daha fazla iktisadi tesir, daha fazla gelir ve satış başarısının elde edilmesini sağlamaktadır (Medcof, 1999: 31). Çünkü bu endüstrileri kurabilen ve üretebilen firma/ülke sayısı çok azdır. Diğer bir deyişle, süper teknoloji endüstrilerini küresel düzeyde en fazla iki üç firma veya ülke üretebilmektedir. Bu durum ilgili firmaya/ülkeye yasal olmasa da fiilî monopol gücü vermektedir. Zira yüzlerce ülke bu tür süper teknolojileri isteseler de üretecek bilim ve teknoloji kültürüne, nitelikli Ar-Ge personeline, sermaye ve pazarlama gücüne sahip değildir. Guelllec ve La Potterie (2001) seçili OECD 16 ülkeyle ilgili 18 yıllık süreçte (1980-1998) yaptıkları araştırmaya göre, Ar-Ge faaliyetlerinde %1'lik artışın %0,13 verimlilik artışına, yabancı firmaların Ar-Ge'deki %1'lik artışının ise %0,44 artışa sebep olduğunu saptamışlardır. Guelllec ve La Potterie'nin

çalışması Ar-Ge ile ekonomik büyüme ilişkisinin anlaşılmasında dikkate değer bir çalışmadır. Çünkü yabancı firmaların üretkenlik artışının ilgili ülkelerin genel artışından yaklaşık üç kat fazla olması, Ar-Ge çalışmalarında başarının sadece Ar-Ge harcamalarına ve faaliyetlerine bağlı olmadığını göstermektedir. Ar-Ge'nin üretkenlik ve büyümeyle pozitif ilişkisi konusunda benzer sonuçlara Sarıdoğan (2019) da ulaşmıştır. Avrupa Birliği (AB) ülkeleriyle ilgili 1995-2016 dönemini kapsayan araştırmaya göre, fert başına %1 Ar-Ge harcaması artışı GSYİH'yi %0,18 artırmaktadır. Oğuz (2019) yedi büyük sanayileşmiş ülke grubu (G7) ile ilgili 1997-2017 dönemine ilişkin yaptığı araştırma sonucunda, Ar-Ge faaliyetleri için yapılan harcamalarda %1 artışın büyümeye %0,36 katkı yaptığını tespit etmiştir. Benzer bir sonuca Yağış (2024) da ulaşmış olup, Yağış'ın G7 ülkeleri ile ilgili 1996-2021 dönemiyle ilgili panel veri analiziyle yaptığı çalışmaya göre, G7 ülkelerinden Ar-Ge'de gerçekleşen %1'lik yükseliş ekonomik büyümenin %0,455 oranında artmasına sebep olmakta, G7 olarak bilinen ABD, Birleşik Krallık, Kanada, Almanya, Fransa, İtalya ve Japonya'da Ar-Ge'de meydana gelen artışlar büyüme üzerinde pozitif bir tesir oluşturmaktadır (Yağış, 2024: 25). Bu çalışmalar büyük ölçüde 18. yüzyıl sonlarına kadar uzanan bilim-teknoloji-sanayi kültürüne, bilimsel-teknik gelişme sürecinde uzun yıllara sâir tarihsel derinliğe sahip, sermaye problemi olmayan gelişmiş ülkelerle ilgilidir ve Ar-Ge harcamaları ve çalışmalarının sermaye gücü, ticarileştirme, örgütlenme, pazarlama, satış vb. olanaklarla desteklendiğinde, Ar-Ge'nin ölçülebilir bir şekilde GSYİH'yi reel olarak artırdığı görülmektedir.

Ar-Ge'de başarı kültürel yapı ile yakından ilişkilidir. Milli kültür, Ar-Ge niteliği ve niceliğinin düzeyini doğrudan belirleyen bir unsurdur (Varsakelis, 2000: 1067). Ar-Ge çıktılarının üretime aktarılacak iktisadi büyüme ölçülebilir katkı sağlamasında bilimsel araştırma, keşfetme ve girişimcilik kültürü çok mühim etkenlerdir. Ticari icatlara, ekip çalışmasına önem veren Çinli üreticilerin Ar-Ge sürecinde mali kaynakları daha etkili kullandıkları, istikrarı önceleyen kültürün daha düşük ticari icat ve yenilik düzeyine ulaştıkları saptanmıştır (Wang et al., 2010: 767). Başarılı bir Ar-Ge kültürü liderliğe dayanan içsel güçlü özellikler üzerinde inşa edilmeli, riski tolere etmeli, işbirliğini teşvik etmeli, Ar-Ge kültürünün önündeki engelleri kaldırmalı, teknoloji ve iş uyumu ile mal ve hizmetlerde ticari yeniliği gerçekleştirmelidir (Newman, 2015: 21). Choi (2020) kültürel farklılıkların Ar-Ge yatırımlarıyla mühim ölçüde ilişkili olduğu, daha ferdietçi ve daha hoşgörülü kültürde işletmelerin daha fazla Ar-Ge yatırımı eğiliminde olduğunu gözlemlemiştir.

Ar-Ge ve ticari yenilikte başarı için güçlü bir iktisat politikası mühim ve gerekli bir unsurdur. Bu iktisat politikası evvela GSYİH'yi artırma hedefi olmalıdır. Dursun'a (2012) göre iktisat politikası, üretimde ve istihdamda reel artışı amaç edinmelidir. Diğer taraftan, iyi bir iktisat politikası, döviz ve para piyasalarından reel sektörlerde üretime, enerji ve ara malı ithalatına bağımlılık içeren sektörlerde bağımlılığı ortadan kaldıran yöntem ve uygulamalara kadar çok sayıda alanda hedefleri olmalıdır.

Görüldüğü üzere, çalışmamıza konu beş değişkenin çeşitli varyasyonlarının alındığı farklı analizlerde birbirinden farklı neticelere ulaşılmıştır. Zaman-mekân farklılıkları, ülkeler arasında konjonktürel ve yapısal farklılıklar gibi başka faktörler de mevcuttur. Ancak

Türkiye ile ilgili beş değişkenin bir arada ve çift yönlü analiz edildiği bir çalışmaya mali yazında rastlanmamıştır. Çalışma aşağıdaki analizlerle bahsi geçen bu boşluğu kısmen de olsa doldurma çabasında olacaktır.

4. Değişkenlerin Tanımlanması, Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışmada beş adet değişken kullanılacak ve söz konusu değişkenlerin karşılıklı etkileşimleri olup olmadığı sınanacak şekilde analizler yapılacaktır. Çalışmada hazırlanan veri setine tatbik edilmesi planlanan yöntemle ilgili teorik ve ampirik süreç aşağıda yer almaktadır.

4.1. Değişkenlerin Tanımlanması ve Veri Seti

Veriler OECD, TÜİK ve Türk Patent Enstitüsü web sitesinden alınarak derlenmiş olup, 1990-1995 seneleri arasındaki patent başvuru sayıları, Cem Işık’ın ‘Patent Harcamaları ve İktisadi Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği’ isimli çalışmasından alınmıştır (Işık, 2014: 75). Tüm değişkenlerin kendi aralarında iktisat teorisi bakımından anlamlı olmalı, diğer bir deyişle araştırmada yapılan analiz ve tahminler iktisat teorilerine dayanmalıdır (Kutlar, 2017a: 55). Bir ülkenin teknoloji geliştirme yeteneklerinin ölçülmesinde, Ar-Ge harcamaları, üniversitelerdeki öğretim elemanı sayısı, tam zamanlı Ar-Ge personeli ve patent başvuru sayısı sıkça kullanılan değişkenlerdir.

Araştırmada kullanılacak standart VAR Modeli $z_t = A_0 + A_1z_{t-1} + u_t$ olup, modelin VAR olarak açıklanması için gecikme değerleri eşit olmalı ve içsel parametreler gecikme değerleriyle her denklemde bulunmalıdır (Kutlar, 2017a: 23). Çalışmada kullanılan veriler aşağıda Tablo 2’de tanımlanmıştır.

Tablo: 2
Değişkenlerin Tanımlanması

Değişkenin Adı	Notasyon	Açıklama (Verinin Para Birimi, Dönemi)
Gayrisafi Yurtiçi Hasıla	LGDP	Türkiye’nin GSYİH logaritması (1000 US \$ / 1990-2023)
Ar-Ge Harcamaları	LRDE	Ar-Ge harcamaları logaritması (1000US\$/ 1990-2023)
Öğretim Elemanı Sayısı	LUL	Üniversiteler öğretim elemanı sayısı logaritması (1990-2023)
Ar-Ge Personel Sayısı	LPER	Milyon kişiye düşen tam zamanlı Ar-Ge personeli sayısının logaritması (1990-2023)
Patent Başvuru Sayısı	LP	Milyon kişi başına düşen patent başvuru sayısının logaritması (1990-2023)

Kaynak: <www.oecd.org>, <www.tuik.gov.tr> ve <www.turkpatent.gov.tr>’den derlenerek oluşturulmuştur.

Kullanılacak denklem sisteminde beş tane içsel değişken (GDP, RDE, UL, PER, P) ve bu içsel değişkenlere ilişkin bir (1) gecikme değeri bulunmaktadır. Ayrıca her denkleme sabit ve trend değerleri ilave edilmiştir. Tüm serilerin doğal logaritması alınmıştır. Denklem sisteminin ekonometrik yapısı aşağıdaki görüldüğü gibidir:

$$GDP_t = \alpha_{1t} + \alpha_{10} + \alpha_{11}GDP_{t-1} + \alpha_{12}RDE_{t-1} + \alpha_{13}UL_{t-1} + \alpha_{14}PER_{t-1} + \alpha_{15}P_{t-1} + u_{1t} \quad (1)$$

$$RDE_t = \alpha_{2t} + \alpha_{20} + \alpha_{21}GDP_{t-1} + \alpha_{22}RDE_{t-1} + \alpha_{23}UL_{t-1} + \alpha_{24}PER_{t-1} + \alpha_{25}P_{t-1} + u_{2t} \quad (2)$$

$$UL_t = \alpha_{3t} + \alpha_{30} + \alpha_{31}GDP_{t-1} + \alpha_{32}RDE_{t-1} + \alpha_{33}UL_{t-1} + \alpha_{34}PER_{t-1} + \alpha_{35}P_{t-1} + u_{3t} \quad (3)$$

$$PER_t = \alpha_{4t} + \alpha_{40} + \alpha_{41}GDP_{t-1} + \alpha_{42}RDE_{t-1} + \alpha_{43}UL_{t-1} + \alpha_{44}PER_{t-1} + \alpha_{45}P_{t-1} + u_{4t} \quad (4)$$

$$P_t = \alpha_{5t} + \alpha_{50} + \alpha_{51}GDP_{t-1} + \alpha_{52}RDE_{t-1} + \alpha_{53}UL_{t-1} + \alpha_{54}PER_{t-1} + \alpha_{55}P_{t-1} + u_{5t} \quad (5)$$

$GDP_t, RDE_t, UL_t, PER_t, P_t$; değişkenler vektörünü, $\alpha_{1t}, \alpha_{2t}, \alpha_{3t}, \alpha_{4t}, \alpha_{5t}$; trend değerleri, $\alpha_{10}, \alpha_{20}, \alpha_{30}, \alpha_{40}, \alpha_{50}$; kat sayılar (sabit terimler) vektörünü, $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{13}, \dots, \alpha_{54}, \alpha_{55}$; katsayılar matrisini (tahmini hedeflenen parametreleri), $u_{1t}, u_{2t}, u_{3t}, u_{4t}, u_{5t}$; hata terimlerini, t alt imi ise t zamanını yani serilerin zaman boyutunu izah etmektedir (Ceyhan & Gündüz, 2021).

4.2. Yöntem

C.A. Sims tarafından geliştirilen VAR modeli, çok değişkenli regresyon modelidir. Sims'e göre zaman serilerinin ampirik çalışma ile temellendirilmeden, yalnız akıl yürütmeye açıklanan bilgilerle sınırlanması doğru bir yaklaşım değildir. Bu nedenle bütün değişkenler/parametreler içsel-dışsal farkı gözetilmeksizin içsel olarak değerlendirilmelidir (Sims, 1980: 15).

Ar-Ge harcamaları, ihracat, büyüme vb. değişkenlerden meydana gelen zaman serilerinin araştırılmasında VAR modeli sıklıkla kullanılmaktadır. VAR modeli, uygulamalı ekonometride makroekonomiyle ilgili analizlerde tercih edilmektedir (Tarı & Bakkal, 2017: 7). Bu doğrultuda, önceki çalışmaların yöntemleri de dikkate alınarak yapılan planlamada VAR modelinin araştırmada kullanılmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır. Vektör Otoregresyon terimi iki unsura bağlıdır. Birincisi, bağımlı değişkenin/parametrenin gecikmeli değerinin denklemin sağında yer alması, ikincisi ise vektör teriminin iki (veya daha fazla) parametreden oluşan bir vektörü konu edinmesidir (Gujarati & Porter, 2022: 784). VAR modelinin ana hedefi, modeldeki parametre tahminlerinden çok parametreler arasındaki etkileşimin açıklamasıdır (Enders, 2004: 270). VAR analizlerinde, etki-tepki tahlili vektör otoregresyon sapmalarından birinin sonraki periyotlarda sıfıra dönüşeceğini, bugünkü değerindeki bir birimlik artış için her bir parametrenin şu anki ve gelecekteki değerlerinin tepkisini açıklamaktadır (Stock & Watson, 2001: 106).

VAR analizi yapabilmek için değişkenler durağan olmalıdır. Söz konusu verilerde birim kök olabilir. Birim kök bulunan serilerde VAR yerine, gerekli koşulların olması durumunda (seriler arasında koentegrasyon varsa) Vektör Hata Düzeltme Modelini (vector error correction model / VECM) serilere uygulamak daha anlamlı sonuçlar vermektedir (Kutlar, 2017b: 153-156). Durağanlığın incelenmesi için ADF (Augmented Dickey-Fuller) ve PP (Phillips-Perron) testleri uygulanmış, tüm değişkenlere sabit ve trend ilave edilerek, Schwarz kriteri eşliğinde ADF testi yapılmıştır.

5. Ampirik Bulgular

Literatürde yer alan ekonometrik tahlilleri de içeren çalışmalara göre, ekseriyetle bir ülkede/bölgede Ar-Ge harcamaları, üniversitelerde görevli öğretim elemanı, tam zamanlı Ar-Ge personeli, ticari icat ve yenilikler için yapılan patent başvuru sayıları arttığında ilgili ülkede/bölgede iktisadi büyümenin artması beklenmektedir. Ancak her araştırmanın yöntemi, kapsadığı dönemi, parametreleri farklı olduğundan ve/veya bazı ülkelerin kendine

özgü şartlarından dolayı farklı neticelere de ulaşılabilir. Çalışmada kullanılan beş değişkenle ilgili durağanlık testi sonuçları Tablo 3'te ortaya konulmaktadır.

Tablo: 3
Durağanlık Test Sonuçları

Değişkenler	ADF Düzey Değerleri		ADF Fark Değerleri	
	t-istatistik	Olasılık	t-istatistik	Olasılık
LGDP	-3.552973	0.8021	-3.552759	0.0001
LRDE	-3.552973	0.6750	-3.557759	0.0004
LUL	-3.552973	0.9860	-3.557759	0.0006
LPER	-3.552973	0.5763	-3.557759	0.0043
LP	-3.557759	0.1050	-3.557759	0.0041

Değişkenler hata payı %5'in altında olup olmadığına göre değerlendirildiğinde, tüm değişkenlerin birinci farkları alındığında I(1) düzeyinde durağan hale gelmektedir. PP testi de benzer neticeleri vermektedir. İlave olarak Q istatistikleri incelendiğinde, değişkenlerin durağan oldukları derecede otokorelasyon sorununun olmadığı saptanmıştır (Tarı & Bozkurt, 2006: 7). Bu neticeler dikkate alındığında, değişkenler ortak bütünlenen yapıda olduklarından koentegrasyon (eşbütünleşme) araştırması yapılması mümkündür. VAR modeline geçilmeden evvel, VAR analizi için en uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi gereklidir. Aşağıdaki tabloda analiz sonuçları görülmektedir:

Tablo: 4
VAR Modeli İçin Gecikme Uzunluğu Tespiti

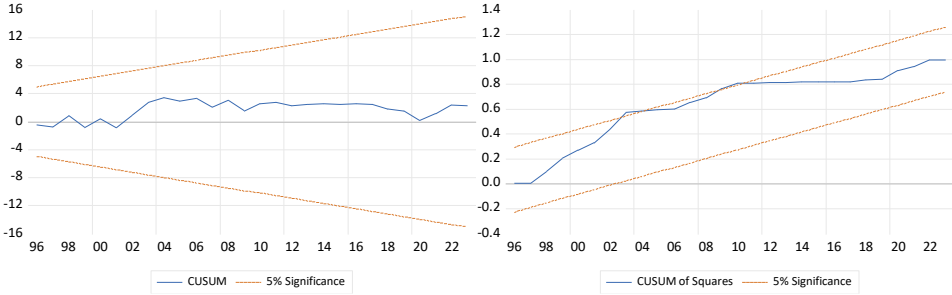
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	21.80915	NA	2.24e-07	-1.120610	-0.887077	-1.045901
1	170.9243	238.5843*	5.88e-11*	-9.394955	-7.993758*	-8.946700*
2	194.5542	29.93120	7.50e-11	-9.303615	-6.734753	-8.481814
3	221.1795	24.85030	1.04e-10	-9.411970	-5.675443	-8.216623
4	260.6207	23.66467	1.14e-10	-10.37471*	-5.470519	-8.805817

* Kriter tarafından uygun görülen gecikme uzunluğunu belirlemektedir.

** LR: ardışık modifiye LR test istatistiği (her test için %5 seviyesinde), FPE: son tahmin hatası, AIC: Akaike, SC: Schwarz, HQ: Hannan-Quinn kriterini göstermektedir.

Zaman boyutunun kısa olması sebebiyle daha uzun gecikme seviyeleri hesaplanamamıştır. Tablo 4 incelendiğinde, AIC hariç diğer kriter değerlerinin aynı yönde olduğu ve bir (1) gecikme için minimum değer verdiği görülmektedir. Değişkenlere ilişkin yapısal kırılmaların olup olmadığını araştırmak üzere, geri dönüşümlü artıkların karelerini kullanan ve bu şekilde sistemdeki serilere ilişkin yapısal kırılmayı araştıran CUSUM ve CUSUMQ grafiklerinden faydalanılmıştır. Analiz sonucu sırasıyla GDP, RDE, UL, PER, P değişkenlerine ait CUSUM ve CUSUMQ grafikleri aşağıda Şekil 1'de görülmektedir.

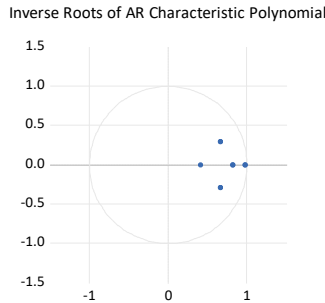
Şekil: 1
Değişkenlerin CUSUM ve CUSUMQ Testleri Neticeleri



Değişkenlerden GDP'nin bağımlı, Ar-Ge göstergelerinin bağımsız değişken olarak seçilmesi ve kurulan regresyon (Least Squares) modeli sonucu CUSUMQ grafiğinde 2003, 2004, 2009 ve 2010 yıllarında CUSUMQ görünümünde bir kırılma gözlenmekle birlikte, CUSUM grafiğinde böyle bir kırılma olmaması nedeniyle söz konusu kırılma göz ardı edilmiştir. CUSUM testine göre, değişkenlerde bir kırılma gözlenmediği için, kırılmayı ifade etmek üzere herhangi bir yapay değişken kullanılmadan model tahmin edilecektir.

Araştırma konusu beş değişkenin de farkı alınmıştır. VAR analizinde, serilerin otoregresyon (AR) polinomlarının ters köklerinin çember içinde bulunması modelin tutarlılığı için gereklidir. Çember içinde bulunması (± 1 aralığında olması) sistemin kararlı/istikrarlı olduğunu kanıtlamak için yeterlidir (Lütkepohl, 2005: 13). Şekil 2'de birim köklerinin tümü çemberin içinde olduğu için, modelin analize uygun ve tutarlı olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca karakteristik polinomların modulus değerlerinin 0.41 ile 0.98 arasında olduğu, yani 1'in altında kaldığı tespit edilmiştir.

Şekil: 2
AR Karakteristik Polinomlarının Ters Köklerini Gösterir Çember



Değişkenler aynı mertebede 1.fark alınarak durağan hale geldiği için, konetegrasyon testi yapılabilir. Gecikme uzunluğu bir (1) esas alınarak kurulan VAR modeli Johansen

eşbütünleşme test spesifikasyonu özetine göre tetkik edilmiş, en uygun modelin 1 no'lu model (sabitli ve trendli model) olduğu tespit edilmiştir. Eşbütünleşme testi sonuçları aşağıdaki tabloda görüldüğü gibidir.

Tablo 5
Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları

İz Testi				Maksimum Özdeğer Testi			
Bos(H0) Hipotez	Alternatif Hipotez	Test İstatistiği	%5 Kritik Değeri	Bos(H0) Hipotez	Alternatif Hipotez	Test İstatistiği	%5 Kritik Değeri
r=0	r=1	96.78	60.06	r=0	r>0	44.73	30.44
r=1	r=2	52.06	40.17	r≤1	r>1	31.42	24.16
r=2	r=3	20.64	24.28	r≤2	r>2	12.93	17.80

Yukarıda Tablo 5'teki iz testi ve maksimum öz değer testi değerleri incelendiğinde, seriler arasında uzun dönemli ilişki vardır. Elde edilen sonuçlar her iki testte %5 anlamlılık seviyesinde GSYİH, Ar-Ge harcamaları, üniversitelerdeki öğretim elemanı sayısı, Ar-Ge personeli ve patent başvuru sayısı arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını göstermektedir. Diğer bir deyişle, araştırma konusu seriler arasında en az iki tane bütünleşik vektör bulunmaktadır. Elde edilen bütünleşik vektör, GSYİH (GDP) değişkeni dikkate alınarak normalize edildiğinde aşağıdaki görülen sonuçlar elde edilmektedir.

Tablo 6
Normalize Edilmiş Eşbütünleşme Vektörü

LGDP(-1)	LRDE(-1)	LUL(-1)	LPER(-)	LP(-)
1.000000	-0.800737	-0.965560	-0.194614	-0.917402
	(0.11978) ²	(0.12841)	(0.14006)	(0.11382)
	[-6.68506]*	[-7.51935]*	[-1.38950]	[-8.06011] ²

(1) Parantez içindekiler standart sapmalar; (2) Köşeli parantez içerisindedikiler t istatistikleridir.

* işareti %5 düzeyinde istatistik olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 6'da normalize edilmiş eşbütünleşme vektörlerine bakıldığında, gayri safi yurt içi hasılayı (GDP) en çok etkileyen değişkenin üniversitelerde öğretim elemanı sayıları, ikinci en çok etkileyen değişkenin patent başvuruları olduğu görülmekte, Ar-Ge harcamalarının da GDP'ye tesir ettiği gözlemlenmektedir. Üniversite öğretim elemanlarında bir birimlik artış olduğunda GSYİH serisinde %0,96'lık bir artış, patent başvuru sayılarında bir birimlik artış olduğunda GSYİH'de yaklaşık %0,92'lik artış, Ar-Ge harcamalarında bir birimlik artış olduğunda GSYİH serisinde %0,80'lik bir artış meydana gelmektedir. Ar-Ge personeli sayısı %5 anlamlılık seviyesinde istatistik anlamlılığa sahip değildir. Öz olarak ifade edilirse, Ar-Ge harcamaları, üniversitelerdeki öğretim elemanı sayısı ve patent başvuruları ile GSYİH arasında pozitif anlamlı ilişki tespit edilmiştir. Bu durum ekseriyetle literatürde yer alan "Ar-Ge harcamaları, üniversite öğretim elemanları (özellikle doktoralı kişi sayısı) ve patentler arttıkça, teknoloji üretimi artar, gelişen teknoloji üretimi ekonomik büyümeye olumlu/pozitif tesir eder" tezini destekler niteliktedir.

Koentegrasyon analizi sonucunda elde edilen sınırsız ayarlama katsayılarının veya alfa katsayılarının en az birinin sıfırdan farklı olduğu durumda Granger nedensellik ortaya çıkmaktadır. Aşağıdaki tabloda sınırsız ayarlama katsayıları (alfa) ve standart hatalarıyla birlikte sınırsız ayarlama katsayıları gösterilmektedir.

Tablo: 7

Sınırsız Ayarlama Katsayıları (Alfa) ve Ayarlama Katsayıları (Standart Hataları)

Sınırsız Ayarlama Katsayıları (Alfa)					
D(LGDP)	-0.079520	0.068942	-0.030195	0.006623	-0.011473
D(LRDE)	-0.066848	0.061990	-0.079417	-0.002444	-0.005771
D(LUL)	0.018316	0.018372	-0.003782	-0.001905	-0.002261
D(LPER)	0.007044	0.006870	-0.024864	0.024577	0.000397
D(LP)	-0.041430	0.134238	0.028917	-0.029164	0.026542
Ayarlama Katsayıları (Paratez İçindekiler Standart Hata)					
D(LGDP)	D(RDE)	D(UL)	D(PER)	D(P)	
-0.362120	-0.304414	0.834410	0.032079	-0.188663	
(0.11588)	(0.14859)	(0.056580)	(0.12931)	(0.46730)	
[-3.11701]*	[-2.04868]*	[14.74743]	[2.48078]*	[0.40372]	

Yukarıdaki tablonun ilk kısmında görüldüğü gibi alfa katsayıları sıfırdan farklıdır, yani bu durum Granger nedenselliğine işaret etmektedir (Kutlar, 2017a). Ayrıca tablonun ikinci kısmında ayarlama katsayılarının standart hatalarıyla değerleri incelendiğinde, GSYİH, Ar-Ge harcamaları (RDE), üniversite öğretim elemanı sayısı (UL) ve Ar-Ge personel sayısının (PER) %5 seviyesinde istatistiki anlamlılığa sahiptir; patent başvuru sayısı (P) istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Seriler arasında uzun dönemli bir ilişkinin mevcut olduğu görüldükten sonra, kısa dönemli ilişkinin varlığı tahsil edilebilir. Ampirik analizde kullandığımız GDP, RDE, UL, PER ve P değişkenlerinin VECM uygulaması sonuçları, GSYİH'ı bağımlı değişken olarak, Vektör VECM neticeleri aşağıda Tablo 8'de görülmektedir.

Tablo: 8

Hata Düzeltme Modeli Neticeleri

Bağımlı Değişken: D(LOGGDP)					
Hata Terimi (-1)	D(LOGRDE)	D(LOGUL)	D(LOGPER)	D(LOGP)	C
-0.862081	0.629951	0.885767	0.339944	0.121333	-0.095750
(0.187418)	(0.082183)	(0.426939)	(0.238627)	(0.057831)	(0.033751)
[-4.59977]	[7.665257]	[2.074695]	[-0.381529]	[0.141864]	[-2.83700]

R² = 0.77

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi, hata giderme mekanizması neticesinde GSYİH (GDP) değişkeninin bağımlı değişken kabul edildiği modeldeki uyarlama katsayısının -0.86 olduğu, beklendiği gibi hata düzeltme katsayısının negatif işaretli, -1 ile 0 arasında ortaya çıktığı görülmektedir. Ayrıca bu değer istatistiksel olarak anlamlıdır. Diğer bir deyişle, dengede oluşan bir birimlik sapmanın yaklaşık %86'sı bir sonraki dönemde düzeltilmektedir. Kısa dönemdeki sapmalar bu şekilde kapanmaktadır. Değişkenler arasındaki kısa dönem ilişkiler açısından incelendiğinde, Ar-Ge göstergelerinden Ar-Ge harcamaları (RDE) ve üniversite öğretim elemanı sayısının (UL) kısa dönemde GSYİH üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ar-Ge personel sayıları (PER) ve patent sayılarının (P) standart sapması sırasıyla -0.3815291 ve 0.141864 olup, bu rakamlar 2'nin altında olduğu dikkate alındığında, Ar-Ge personel sayıları (PER) ve patent sayıları (P) GSYİH üzerinde kısa dönemde tesirli olmadığı tespit edilmiştir.

Koentegrasyon analizi sonucunda alfa katsayılarının Granger nedenselliğe işaret etmesi sebebiyle, Granger nedensellik testi yapılarak aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

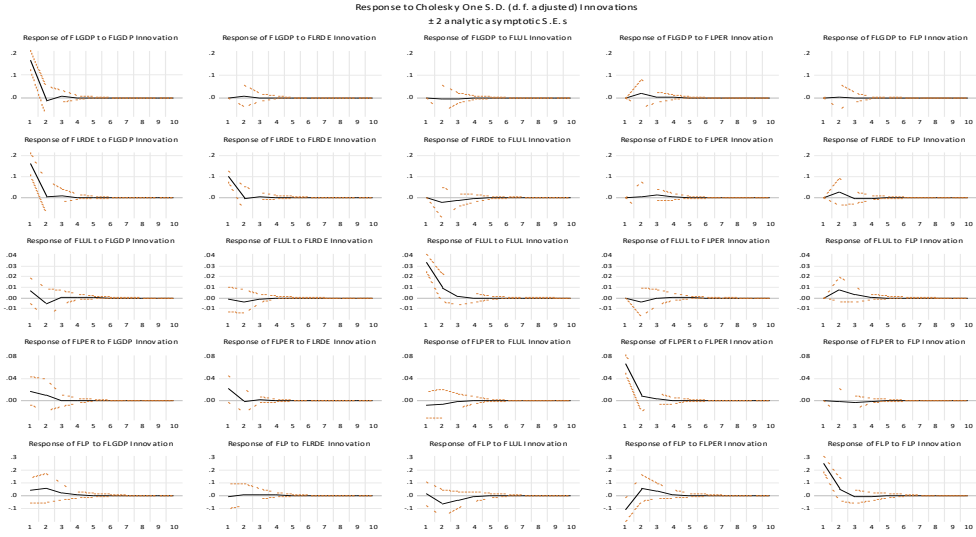
Tablo: 9
Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Değişkenler	F istatistiği	p-olaslığı
LOGP, LOGGDP'nin Granger nedenidir.	6.543351	0.0105
LOGRDE, LOGGDP'nin Granger nedeni değildir.	0.036980	0.8475
LOGUL, LOGGDP'nin Granger nedeni değildir.	0.263225	0.6079
LOGPER, LOGGDP'nin Granger nedeni değildir.	1.212558	0.2708
LOGPER, LOGRDE'nin Granger nedenidir.	4.972133	0.0258
LOGGDP, LOGRDE'nin Granger nedeni değildir.	2.534583	0.1114
LOGUL, LOGRDE'nin Granger nedeni değildir.	0.387641	0.5335
LOGP, LOGRDE'nin Granger nedeni değildir.	1.351456	0.2450
LOGGDP, LOGUL'nin Granger nedeni değildir.	0.666346	0.4143
LOGRDE, LOGUL'nin Granger nedeni değildir.	0.307286	0.5794
LOGPER, LOGUL'nin Granger nedeni değildir.	0.055342	0.8140
LOGP, LOGUL'nin Granger nedeni değildir.	1.765643	0.1839
LOGGDP, LOGPER'in Granger nedeni değildir.	0.002000	0.9643
LOGRDE, LOGPER'in Granger nedeni değildir.	0.007393	0.9315
LOGUL, LOGPER'in Granger nedeni değildir.	3.104911	0.0781
LOGP, LOGPER'in Granger nedeni değildir.	0.825102	0.3637
LOGGDP, LOGP'nin Granger nedenidir.	4.648281	0.0311
LOGRDE, LOGP'nin Granger nedeni değildir.	4.648281	0.0311
LOGUL, LOGP'nin Granger nedeni değildir.	0.051571	0.8204
LOGPER, LOGP'nin Granger nedeni değildir.	1.320387	0.2505

Granger analizi bakımından araştırma konusu beş değişkenle ilgili sadece GSYİH ile patent sayıları (P) arasında çift yönlü, Ar-Ge personel sayısı (PER) ile Ar-Ge harcamaları (RDE) arasında tek yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Diğer değişkenler arasında %5 anlamlılık düzeyinde Granger nedensellik ilişkisi olmadığı görülmüştür.

Etki-tepki analizi, araştırma konusu parametrelerde oluşan farklı şoklara cevap olarak zaman serisinin nasıl hareket ettiğini görselleştiren uygulamada pratik bir metodudur (Enders, 1995: 306). Etki-tepki tahlilinde yatay ekseninde tepkinin zaman olarak ne kadar sürdüğü, dikey ekseninde tepkinin büyüklüğü/boyutu gösterilmektedir. Grafikteki çizgiler ise analizin hata terimindeki bir standart sapmalı şoka, bağımlı değişkenin nasıl tepki gösterdiği izah edilmektedir (Şahin & Doğanlı, 2014: 64). Aşağıdaki şekilde etki-tepki grafikleri gösterilmektedir.

Sekil: 3 Etki-Tepki Fonksiyonları



Yukarıdaki grafikler göz önünde bulundurulduğunda, GSYİH serisinde bir standart sapmalılık şok meydana geldiğinde değişkenin kendisinin ilk dönemdeki tepkisi 0,167546 birimdir. Aynı yöntemle RDE (Ar-Ge Harcamaları) değişkeninde bir standart sapma şoku meydana geldiğinde, GSYİH serisi ikinci dönemde 0.007619 birim pozitif yönlü tepki vermekte, daha sonraki dönemlerde bu tepki sönümlenmekte ve şokun etkisi azalmaktadır. Benzer durum üniversite öğretim elemanı sayısı (UL) sayısı, Ar-Ge personel (PER) ve patent sayısı (P) içinde geçerli olup, UL'de oluşan bir şoka karşılık GSYİH ikinci dönemde negatif yönlü 0.004812 birim, PER'de oluşan bir şoka karşılık GSYİH'de pozitif yönlü 0.017990 birim, P'deki bir şoka karşılık GSYİH'de pozitif yönlü 0.003199 birim tepki meydana gelmekte, sonraki dönemlerde tepkiler sönümlenerek ortadan kalkmaktadır.

GSYİH'de meydana gelen bir birimlik şoka karşılık diğer değişkenlerin birinci dönemde verdiği tepkiler incelendiğinde, RDE'nin 0.163331 birim pozitif, UL'nin 0.006456 pozitif, PER'in 0.017697 birim pozitif, P'nin ise 0.039553 pozitif yönlü tepki verdiği gözlemlenmiştir. İkinci dönemden itibaren verilen tepkiler ise oldukça düşük düzeyde olup sönümlenmekte ve şokun etkileri ortadan kalkmaktadır.

Varyans ayrıştırması analizinde bir değişkendeki değişimin yüzde kaçının kendi, yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığı araştırılır. Eğer varyanstaki değişimin %100'e yakın bir değerini kendi başına açıklıyorsa, bu değişken dışsal değişken olarak nitelendirilir. Varyans ayrıştırmasında değişkenlerin sıralaması önemlidir ve sıralama dışsaldan içsele doğru yapılıır (Tarı, 2011: 469). Araştırma konusu beş değişkenin varyans ayrıştırması sonucu tetkik edildiğinde, birinci dönemde GSYİH değişkeninin varyansının

tamamı (%100'ü) değişkenin kendisi tarafından ifade edilmektedir. Bunun anlamı GSYİH değişkeninin en dışsal değişken olmasıdır. Bu oran ilk dönem %100 iken, 10.dönemde %98'e düşmüştür. Son dönemde GSYİH değişkeni varyansının %0.21'i Ar-Ge harcamaları (RDE) tarafından açıklanırken, %0.12'si üniversite öğretim elemanı sayısı (UL) tarafından, %1.14'ü Ar-Ge personeli (PER), %0.042'si patent sayıları (P) tarafından açıklanmaktadır. Varyans ayrıştırması analizinde değişkenler arasındaki ilişkiler de belirlenmektedir. Örneğin, GSYİH değişkenindeki değişimleri en fazla patent sayıları (P), sonra sırasıyla Ar-Ge harcamaları (RDE) ve üniversite öğretim elemanı sayıları (UL) tarafından açıklandığı saptanmıştır.

6. Sonuç ve Değerlendirme

Ar-Ge çalışmaları neticesinde elde edilen bilgi, sistem, araç, gereç, yazılım vb. ürünler geriye dönülemez niteliktedir. Diğer bir ifadeyle, nitelikli, uygulama tecrübesi içeren üretim bilgisini üretebilen şirketler ve ülkeler küresel piyasalarında rekabet üstünlüğü elde etmekte ve geliştirilen bilgi-teknoloji ürünleri diğer şirketlere ve/veya ülkelere satılsa bile klasik mallar gibi mutlak düzeyde tükenmemektedir.

Ar-Ge ile iktisadi büyüme etkileşiminde, Ar-Ge faaliyetlerinde başarıda en önemli unsurlardan biri ülkenin planlı, stratejik, uzun vadeli ve gerekli fizibilite çalışmalarını temel alan iktisat politikasıyla Ar-Ge çalışmalarını desteklemesidir. Ticari icatları, ticari yeniliği, Ar-Ge çalışmalarını teşvik eden bir iktisat politikası bir yandan reel sektörlerde katma değeri yüksek üretim ve istihdam artışını, diğer yandan döviz piyasaları öncelikli olmak üzere ara malı ve enerji ithalatından organik tarım-gıda üretimine, havacılık-uzay sanayisinden diğer savunma sanayi dallarına dışa bağımlılığı ortadan kaldıracak hedefleri kapsamalıdır.

İktisadi büyüme üzerinde Ar-Ge göstergelerinin etkileri 1990-2023 dönemine ait senelik veriler kullanılarak bu çalışma gerçekleştirilmiştir. VAR analizinin temelinde ulaşılan bulgular Türkiye'de Ar-Ge harcamalarının, üniversitelerdeki öğretim elemanlarının ve patent başvuru sayısının iktisadi büyüme üzerinde uzun vadede olumlu yönde tesirli olduğu göstermektedir. Üniversite öğretim elemanlarında bir birimlik artış GSYİH'yi %0.96 artırmakta, patent başvuru sayılarında bir birimlik artış GSYİH'yi yaklaşık %0.92 artırmakta, Ar-Ge harcamalarında bir birimlik artış ise GSYİH'yi %0.80 artırmaktadır. Ar-Ge personeli sayısı %5 düzeyinde istatistiki anlamlılığa sahip değildir. Yapılan hata düzeltme analizine (VECM) göre ise, Ar-Ge harcamaları ve öğretim elemanı sayısının iktisadi büyüme üzerinde kısa dönemde de pozitif anlamlı tesiri olduğu belirlenmiştir. Ar-Ge harcamaları, üniversitelerdeki öğretim elemanı sayısı ve patent başvuruları ile GSYİH arasında pozitif yönde anlamlı ilişki gözlemlenmiştir ve bu durum ekseriyetle literatürde yer alan "Ar-Ge harcamaları, üniversite öğretim elemanları (özellikle doktoralı kişi sayısı) ve patentler arttıkça, teknoloji üretimi artar, gelişen teknoloji üretimi ekonomik büyümeye olumlu/pozitif tesir eder" tezini destekler niteliktedir.

Yapılan Granger nedensellik analizine göre ise, GSYİH ile patent başvuru sayısı arasında çift yönlü, Ar-Ge personel sayısı ile GSYİH arasında tek yönlü nedensellik olduğu,

diğer değişkenler arasında %5 düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bir nedensellik olmadığı tespit edilmiştir. Etki tepki analizine göre ise, GSYİH'de meydana gelen bir birimlik şoka karşılık diğer değişkenlerin birinci dönemde verdiği tepkiler incelendiğinde, RDE'nin 0.163331 birim pozitif, UL'nin 0.006456 pozitif, PER'in 0.017697 birim pozitif, P'nin ise 0.039553 pozitif yönlü tepki verdiği gözlemlenmiştir. İkinci dönemden itibaren verilen tepkiler ise oldukça düşük düzeyde olup sönmülmekte ve şokun etkileri ortadan kalkmaktadır.

Araştırma konusu beş değişkenin varyans ayrıştırması sonucu tetkik edildiğinde, birinci dönemde GSYİH değişkeninin varyansının tümü değişkenin kendisi tarafından izah edilmektedir. Söz konusu bu oran, GSYİH'nin en dışsal değişken olduğunu ispatlamaktadır. Varyans ayrıştırması analizinde değişkenler arasındaki ilişkiler de belirlenmektedir. Araştırma konusu değişkenlerle ilgili olarak, GSYİH değişkenindeki değişimleri en fazla P, sonra sırasıyla RDE ve UL tarafından açıklandığı saptanmıştır.

Ar-Ge çıktılarının ve ürünlerinin ticarileştirilmesi ve reel seri üretimi olmadan, Ar-Ge çalışmalarının ekonomik büyümeye katkısı ya hiç olmayacak ya da son derece kısıtlı düzeyde kalacaktır. Bu sebeple Ar-Ge faaliyetlerinin iktisadi büyümeye yüksek düzeyde katkısı için bir taraftan Ar-Ge çıktılarının ticarileştirilmesinde mevcut finansman yapısı güçlendirilmeli, tahsis edilen kamu kaynakları gelişmiş ülke örneklerinde olduğu gibi oran ve tutar olarak artırılmalıdır. Çünkü özel sektör finans kurumlarının Ar-Ge ürünlerinin ticarileştirilmesine fon sağlama ve yatırımcı olarak katılma konusunda zayıf olması, kısa dönemde çözülebilecek bir mesele değildir. Zira bu sorun tarihsel olarak sermaye kaynaklarının sınırlı olmasından yatırımda risk alma kültürünün zayıflığına kadar birçok unsuru içermektedir. Ayrıca araştırma sonuçlarının ticarileştirilmesinde saha araştırmalarında sıkça karşılaşılan paydaşlar arasında 'güvensizlik' sorunun çözülmesi için gerekli mevzuat değişikliği ve kamu sektörünün garantörlüğü mekanizmaları hızla hayata geçirilmelidir. Öz olarak bahsedilen politika önerileri hayata geçirilebilirse, Türkiye yakın gelecekte küresel ekonomide ilk on ülke arasına girebilecek potansiyele sahiptir.

Kaynaklar

- Abdulkadir, A. et al. (2020), "The effect of R&D expenditures on economic growth in OECD countries", *Airlangga Journal of Innovation Management*, 1(2), 175-183.
- Adaçay, F.R. (2007), "Bilgi ekonomisine ilişkin temel göstergeler açısından Avrupa Birliği ve Türkiye'nin karşılaştırılması", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19, 185-204.
- Akıncı, M. & H. Sevinç (2013), "Ar&Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki: 1990-2011 Türkiye örneği", *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(27), 7-17.
- Alam, A. et al. (2013), "Relationship of labor productivity, foreign direct investment and economic growth: Evidence from OECD countries", *Journal of Business and Management Sciences*, 1(6), 133-138.

- Alankuş, O. (2013), "ARGE Sonuçlarının Ticarileştirilmesi; Neden Gerekir? Ne Gerekir?", *TÜBİTAK-TEYDEB Eğitimi*, <https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/orhan_alankus_tubitak_sunum.pdf>, 28.10.2025.
- Anakpo, G. & A. Oyenubi (2022), "Technological innovation and economic growth in Southern Africa: Application of panel dynamic OLS regression", *Development Southern Africa*, 39, 543-557.
- Bayraktutan, Y. & F. Kethudaoğlu (2019), "Kamu ve özel sektör Ar-Ge faaliyetleri ve iktisadi büyüme: OECD örneği", *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 14(20), 1593-1625.
- Bayraktutan, Y. et al. (2018), "Research and Development and High Technology Exports in Selected Countries at Different Development Stages: a Panel Co-integration and Causality Analysis", in: F. Bakırcı et al. (eds.), *German-Turkish Perspectives on IT and Innovation Management Challenges and Approaches* (43-71), Springer Fachmedien Wiesbaden, Germany.
- Beaudreau, B.C. & H.D. Lightfoot (2015), "The physical limits to economic growth by R&D funded innovation", *Energy*, 84, 45-52.
- Betz, F. (2010), *Teknolojik Yenilik Yönetimi-Değişimle Gelen Rekabet Avantajı* (1. Basım), (Çev. P. Güran), Ankara: Tübitak Popüler Bilim Kitapları.
- Boeing, P. et al. (2022), "The impact of China's R&D subsidies on R&D investment, technological upgrading and economic growth", *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121212.
- Bozkurt, E. & Ö. Topçuoğlu (2019), "Ar-Ge etkinliğinin belirleyicileri üzerine bir Tobit model uygulaması", *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21, 141-163.
- Börü, M.K. & D. Çelik (2019), "Türkiye'de Ar-Ge harcamaları, inovasyon ve ekonomik büyüme ilişkisi", *R&S - Research Studies Anatolia Journal*, 2(5), 196-206.
- Canbay, Ş. (2016), "Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Etkileri: Seçilmiş Ülke Örnekleri", *Doktora Tezi*, İstanbul Medeniyet Üniversitesi.
- Ceyhan, V. & O. Gündüz (2021), *Vektör Otoregresyon Modelleri*, <<file:///C:/Users/yonetim/Downloads/VAR.pdf>>, 5.10.2021.
- Choi, K-S. (2020), "National culture and R&D investments", *The European Journal of Finance*, 26(6), 500-531.
- Crowther, J. et al. (1995), "Research Development (R&D)", in: *Oxford Advanced Learner's Dictionary* (5th ed.) (614-615), Oxford: Oxford University Press.
- Çiftçi, G. & I. Akperov (2023), "Economic development of the Czech Republic in terms of innovation and R&D within the scope of software development", *International Journal of Humanities*, 7(1), 62-89.
- Dinçer, S. (2025), "Ekonomik Özgürlük Endeksine göre ülkelerin ve Türkiye'nin mali refah düzeyi", *HAK-İŞ Emek ve Toplum Dergisi*, 14(39), 117-144.
- Dinler, Z. (2017), *Mikro Ekonomi* (Genişletilmiş 28. basım), Bursa: Ekin Kitapevi.
- Drucker, F.P. (1993), *Kapitalist Ötesi Toplum*, İstanbul: İnkılâp Kitapevi.
- Dursun, S. (2012), *İşsizliğin sosyo-psikolojik yönü: İşsizlik psikolojisi*, <www.academia.edu/1481162/İşsizliğin_Sosyo_Psikolojik_Yönü_İşsizlik_Psikolojisi>, 27.05.2023.

- Enders, W. (1995), *Applied Econometric Time Series*, New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Enders, W. (2004), *Applied Econometric Time Series* (2nd ed.), New York: John Wiley and Sons.
- Erçakar, M.E. & H. Çolakoğlu (2019), "Bilgi ekonomisinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri: BRİCS ülkeleri ve Türkiye için bir analiz", *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 17(4), 248-268.
- Esener, S.Ç. & A.B. Yereli (2025), "OECD üyesi ülkeler ve Türkiye'de dolaylı vergiler, doğrudan yabancı yatırımlar ve ekonomik büyüme arası nedensellik ilişkisi mevcut mu?", *Sosyoekonomi*, 33(65), 449-480.
- Fasi, M.A. (2022), "An Overview on patenting trends and technology commercialization practices in the university Technology Transfer Offices in USA and China", *World Patent Information*, 68, 102097.
- Fortune Business Insights (2026), *Nanotechnology Market Size, Share & Industry Analysis, By Type (Nanodevices and Nanosensors), By Industry (Electronics, Healthcare, Manufacturing, Energy & Power, Automotive, Aerospace & Defense, Food & Beverages, and Others), and Regional Forecast, 2026-2034*, <<https://www.fortunebusinessinsights.com/infographics/nanotechnology-market-108466>>, 15.01.2026.
- Frankenfield, J. (2020), *What Are Research and Development (R&D) Expenses?*, <<https://www.investopedia.com/terms/r/research-and-development-expenses.asp>>, 25.12.2021.
- Gemici, Z. & F. Öztürk (2020), "Ar-Ge'yi doğru yorumlamak: Bütüncül Ar-Ge, inovasyon ve teknoloji yönetimi", *Makine Tasarım ve İmalat Dergisi*, 18(2), 82-91.
- Guellec, D. & B.V.P. de la Potterie (2001), "The Internationalisation of Technology Analysed with Patent Data", *Research Policy*, 30, 1253-1266.
- Gujaranti, D.N. & D.C. Porter (2022), *Temel Ekonometri* (Çev. Ü. Şenesen & G.G. Şenesen), İstanbul: Literatür Yayınevi.
- Guzmán, A. et al. (2025), "Dynamics of R&D Efforts, Patents, Exports and Economic Growth by World Trade Region, 1990-2021", *Revista Mexicana de Economía y Finanzas, Nueva Época*, 20(1), e1196.
- Gülmez, A. & A.G. Akpolat (2014), "Ar-Ge ve inovasyon ve ekonomik büyüme: Türkiye ve AB örneği için dinamik panel veri analizi", *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 1-18.
- Gürak, H. (2016), *Ekonomik Büyüme ve Kalkınma, Kuramlar, Eleştiriler ve Alternatif Bir Büyüme Modeli* (1. Basım), Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Hammar, N. & Y. Belarbi (2018), "What determine the effect of innovation on economic growth? A descriptive investigation for high and middle income countries", *Revue Des Sciences Commerciales*, 17(1), 82-110.
- Işık, C. (2013), "The Importance of Creating a Competitive Advantage and Investing in Information Technology for Modern Economies: an ARDL Test Approach from Turkey", *Journal of the Knowledge Economy*, 4, 387-405.
- Işık, C. (2014), "Patent harcamaları ve iktisadi büyüme arasındaki ilişki: Türkiye örneği", *Sosyoekonomi*, 21(21), 69-86.

- İnal, V. (2012), "Türkiye 2023 yılında dünyanın on büyük ekonomisinden biri olabilir mi?", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 13(1), 69-87.
- Jin, J.C. & L. Jin (2012), "On the relationship between university education and economic growth: the role of professors' publication", *Education Economics*, 22(6), 635-651.
- Kalinović, M. (2022), "The contribution of development factors to economic growth on various GDP levels-the middle-income trap", *Teme - Časopis za Društvene Nauke*, 4, 1029-1049.
- Kalra, A. et al (2022), "Volatility integration of gold and copper with foreign exchange rates", in: *2022 IEEE International Humanitarian Technology Conference (IHTC)* (114-117), 02-04 December, Ottawa, ON, Canada.
- Kim, R. (2025), "Investigating techonomy: the multilevel effect of R&D investment on economic performance", *The Journal of Technology Transfer*, <https://doi.org/10.1007/s10961-025-10265-z>
- Köse, A.H. (1992), *Büyüme ve Verimlilik*, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 471.
- Kutbay, H. & E. Öz (2017), "Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerine etkisi: Türkiye ve seçilmiş ülkelerde vergi teşvikleri boyutuyla ekonometrik analiz", *Maliye Dergisi*, 173, 331-361.
- Kutlar, A. (2017a), *Adım Adım EViews ile Uygulamalı Çok Denklemlili Zaman Serileri* (1. Basım), Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Kutlar, A. (2017b), *Ekonometrik Zaman Serileri - Teori ve Uygulama Eviews ve GiveWin2 (PcGive)*, (2. Baskı), Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Kuzu, S. & M. Arslan (2023), "Effect of high-tech exports and R&D expenditures on sustainable economic growth-case study of BRICS countries and Turkey", *Opportunities and Challenges in Sustainability*, 2(1), 18-22.
- Lucas, R.E. (1988), "On The Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Lütkepohl, H. (2005), *New Introduction To Multiple Time Series Analysis*, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Medcof, J.W. (1999), "Identifying 'Super-Technology' Industries", *Research Technology Management*, 42(4), 31-36.
- Minviel, J.-J. & F.B. Bouhenni (2022), "The impact of research and development (R&D) on economic growth: new evidence from kernel-based regularized least squares", *Journal of Risk Finance*, 23(5), 583-604.
- Nair, M. et al. (2020), "Endogenous dynamics between R&D, ICT and economic growth: Empirical evidence from the OECD countries", *Technology in Society*, 62, 101315.
- Newman, J.L. (2009), "Building a creative high-performance R&D culture", *Research-Technology Management*, 52(5), 21-31.
- OECD (2025), *Gross domestic spending on R&D*, <<https://www.oecd.org/en/data/indicators/gross-domestic-spending-on-r-d.html>>, 27.10.2025.
- OECD (2025), *The state of academic careers in OECD countries - an evidence review*, OECD Education Policy Perspectives, No. 91.
- Oğuz, S. (2019), "Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: G8 Ülkeleri İçin Bir Panel Veri Analizi", *Business and Organization Research (International Conference)*, 4-6 September, Türkiye: İzmir.

- Öztürk, S. & U. Çınar (2021), “İçsel büyüme teorileri kapsamında Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: Türkiye için zaman serisi analizi”, *Al Farabi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 54-71.
- Pessoa, A. (2010), “R&D and economic growth: How strong is the link?”, *Economics Letters*, 107(2), 152-154.
- Petrakis, P.E. (2020), *Theoretical Approaches to Economic Growth and Development An Interdisciplinary Perspective*, London: Palgrave Millan.
- Prasetyo, P.K (2019), “Role of entrepreneurial culture as the driver of economic growth”, *International Journal of Economics and Financial Issues*, 9(3), 237-243.
- Sarıdoğan, H.Ö. (2019), “Araştırma geliştirme harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkileri üzerine bir inceleme: AB28 örneği”, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 17(4), 17-34.
- Schumpeter, J.A. (1947), “The Creative response in economic history”, *The Journal of Economic History*, 7(2), 149-159.
- Seyidoğlu, H. (2002), “Döviz (Foreign exchange)”, *Ekonomik Terimler Ansiklopedik Sözlük*, 144. İstanbul: Güzel Can Yayınları, No: 18.
- Sims, C.A. (1980), “Macroeconomics and Reality”, *Econometrica*, 48(1), 1-48,
- Smith, A. (2007), *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, Books I, II, III, IV, V, Adobe Digital Editions.
- Solow, R.M. (1956), “A contribution to the theory of economic growth”, *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Solow, R.M. (1957), “Technical change and the aggregate production function”, *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320.
- Stock, J.H. & M.W. Watson (2001), “Vector Autoregressions”, *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 101-115.
- Sylwester, K. (2001), “R&D and economic growth”, *Knowledge, Technology & Policy*, 13, 71-84.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2023), *Onikinci Kalkınma Planı (2024-2028) Ar-Ge ve Yenilik Ekosisteminin Güçlendirilmesi Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara.
- Tanrıverdi, H. vd. (2023), “ARDL analysis for the effects of R&D expenditures on economic growth: The case of Türkiye between 1980-2020”, *Fiscaoeconomia*, 7(1), 550-567.
- Tarı, R. & H. Bakkal (2017), “Türkiye’de İşsizliğin Belirleyicileri”, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 33, 1-18.
- Tarı, R. & H. Bozkurt (2006), “Türkiye’de istikrarsız büyümenin VAR modelleri ile analizi”, *Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 4, 12-28.
- Tarı, R. (2011), *Ekonometri*, Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- TİM (2024), *İnovasyon ve İhracat Raporu*, <https://www.tim.org.tr/files/downloads/Raporlar/Inovasyon_ve_Ihracat_Raporu_2024.pdf>, 28.10.2025.
- Tolunay, A. & A. Akyol (2006), “Kalkınma ve kırsal kalkınma: Temel kavramlar ve tanımlar”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 116-127.

- Tuna, K. et al. (2015), "The relationship between research & development expenditures and economic growth: The case of Turkey", *Procedia -Social and Behavioral Sciences*, 195, 501-507.
- Tung, L.T. & L.N. Hoang (2024), "Impact of R&D expenditure on economic growth: evidence from emerging economies", *Journal of Science and Technology Policy Management*, 15(3), 636-654.
- Ülger, Ö. (2017), "OECD ülkelerinde Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerine etkileri: Panel veri analizi (1996-2015)", *SOBİDER Sosyal Bilimler Dergisi*, 15, 165-177.
- Ünsal, E.M. (2017), *Mikro İktisat* (Gözden Geçirilmiş 11. Baskı), Ankara: Murat Yayınları.
- Varsakelis, N.C. (2000), "The impact of patent protection, economy openness and national culture on R&D investment: A cross-country empirical investigation", *Research Policy*, 30, 1059-1068.
- Wang, S. et al. (2010), "When R&D spending is not enough: The critical role of culture when you really want to innovate", *Human Resource Management*, 49(4), 767-792.
- Woodruff, J. (2019), *Factors affecting economic development and growth*, <<https://smallbusiness.chron.com/five-positive-results-keynesian-economics-3901.html>>, 15.12.2022.
- Yağış, O. (2024), "Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi", *Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 18-29.
- Yıldırım, D.Ç. & T. Kantarcı (2018), "Araştırma geliştirme harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi üzerine bir panel veri analizi", *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(5), 661-670.

Kutlar, A. & M. Çabukoğlu (2026), "Türkiye'de Ar-Ge Göstergelerinin İktisadi Büyüme Üzerindeki Etkilerinin Analizi (1990-2023 Dönemi)", *Sosyoekonomi*, 34(68), 559-583.