

- ARAŞTIRMA MAKALESİ -

Türkiye’de Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Etkisi^a

Mustafa TORUN^b
Meral ÇABAŞ^c

Özet

Endüstri 4.0 ya da Sanayi 4.0 devrimi küreselleşen dünyada rekabet artışına neden olmaktadır. Ülkelerin bu rekabet ortamında yarışabilmesi iktisadi büyümeyi sürekli hale getirebilmesi ancak verimliliği artırmakla yakalanabilmektedir. Bu durum Türkiye ve onun gibi gelişmekte olan ülkeler açısından Endüstri 4.0 ve lokomotif Ar-Ge harcamalarını çok önemli kılmaktadır. Bu bağlamda çalışma Türkiye’de 1990-2018 arası yıllarda Ar-Ge harcamaları ile büyüme arasındaki ilişkiyi analiz etmeyi amaçlamaktadır. GSYİH (Gayri Safi Yurtiçi Hasıla) bağımlı değişken, Ar-Ge harcamaları ise açıklayıcı değişken olarak belirlenmiştir. FMOLS ve DOLS yöntemleriyle tahmin edilen uzun dönem katsayılarına göre Ar-Ge harcamalarındaki %1’lik bir artış sırasıyla GSYİH’da % 1,16 ve %1,006’lık bir artışa neden olmaktadır. Son olarak uygulanan Granger nedensellik testine göre uzun dönemde Ar-Ge harcamalarından ekonomik büyüme doğru tek yönlü ilişki tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge Harcamaları, Ekonomik Büyüme, Eşbütünleşme, Granger Nedensellik

Jel Kodları: O11, O40, C4

Başvuru: 24.10.2020

Kabul: 02.11.2020

The Effect of R&D Expenditures on Economic Growth in Turkey

Abstract

Industry 4.0 or Industry 4.0 revolution leads to an increase in globalized competition. Countries can compete in this competitive environment, sustaining economic growth can only be achieved by increasing productivity. In this case, developing countries such as Turkey and in terms of its industrial R & D spending by 4.0 and locomotive makes it very important. In this context, working with R & D expenditure in the years between 1990-2018 in Turkey aims to analyze the relationship between growth. GDP (Gross Domestic Product) is determined as the dependent variable and R&D expenditures as the explanatory variable. According to the coefficients estimated with FMOLS and DOLS methods, an increase of 1% in R&D expenditures in the long term causes an increase of 1.16% and 1.006% in GDP. Finally, according to the Granger causality test, a one-way causality relationship from R&D expenditures to economic growth in the longrun was found to be significant.

Key Words: R & D Expenditures, Economic Growth, Cointegration, Granger Causality

Jel Kodes: O11, O40, C4

^a Bu çalışma 1-3 Kasım 2019 Bandırma Üniversitesi 10. Uluslararası Sivil Toplum Kuruluşları Kongresinde sunulmuş bildirinin genişletilmiş halidir.

^b Dr. Öğr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Biga İİBF İktisat Bölümü, torun1970@gmail.com

^c Doktora Öğrencisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat A.B.D., dogacabas@hotmail.com

Giriş

Endüstri 4.0 terimi ilk olarak 2011 yılında Almanya’da gerçekleştirilen Hannover Fuarında kullanılmıştır. Sanayi 4.0 olarak da bahsedilen Endüstri 4.0; yüksek teknolojili üretim ile küresel rekabetin artırılabilceği bir stratejinin ifadesidir (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017: 468). Günümüzde tüm sektörler entegre olmuş bu kavram endüstriler ve akademisyenler tarafından merak konusu olan oldukça popüler bir kavramdır (Jian vd. 2016). Üretimde makine ve bilgisayarların artırılarak işgücünü ikame ettiği, sürekli hızlı bir bilgi akışının bilgisayarlarla sağlandığı yüksek kapasiteli ve teknoloji ağırlıklı üretim Endüstri 4.0 olarak adlandırılmaktadır (Ege, 2014: 27). Endüstri 4.0’ın üretime getirdiği yenilikler ve kolaylıklar üretim verimliliğini artırarak maliyetleri düşürmektedir (Schulze, 2014).

Günümüzde insan gücü yüksek oranda makine gücü ile ikame edilmekte ve makineler sayesinde üretim süreçlerinin yönetimi kolaylaşmaktadır. Makineler teknolojik ilerlemeler ve bilgisayarlar aracılığı ile eşgüdümленir, düzenli ve uyumlu hale gelmiştir ki bu durum uluslararası rekabeti arttırmıştır. Ülkelerin bu gelişmeyi ve yenilikleri yakından takip ederek kendi ekonomilerine kazandırmaları kaçınılmaz olmuştur. Globalleşen dünya düzenine ayak uydurabilmek rekabet edebilirliği korumak ve artırmak aynı zamanda büyümeyi hızlandırmak ve sürekliliğini sağlayabilmek için yenilik ve yenilik adına yapılan çalışmaların önemi günden güne artmaktadır. Ar-Ge ekonomik büyümenin temel faktörü haline gelmektedir. Yenilikler ve teknolojik ilerlemenin takibi ancak araştırma ve geliştirme faaliyetleri ile sağlanabilmektedir. Gelişmiş ülkelerin teknolojik ilerlemeyi yakından takip ettiği bunun için de Ar-Ge’ye çok önem verdiği bilinmektedir. Ayrıca yenilikçi politikalarla beraber her geçen gün Ar-Ge çalışmalarında faaliyet gösterecek nitelikli işgücü sayısını artırarak daha yüksek rekabet gücünü hedeflemektedirler. Bu doğrultuda gerek kamu gerek özel sektör olarak önemli derecede Ar-Ge harcaması yapmaktalar. Gelişmekte olan ülkeler bu rekabete ayak uydurabilmek ve ekonomik büyümeyi sürdürebilir kılmak için eğitime ve Ar-Ge faaliyetlerine ayırdıkları kaynak miktarını arttırmaktadır.

Bu bağlamda çalışmanın amacı, Türkiye’de Ar-Ge harcamaları ile büyüme arasındaki ilişkinin ekonometrik yöntemlerle analiz etmektir. Çalışmanın birinci bölümünde Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki teorik olarak ortaya konulurken literatür incelemesine de yer verilmiştir. İkinci bölüm veri seti tanımı, analize dair oluşturulan model, ekonometrik yöntem ve analizden elde edilen bulgulardan oluşmaktadır. En son kısımda analizden elde edilen sonuçlar yorumlanarak önerilere yer verilmiştir.

1. AR-GE HARCAMALARI İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİ

Araştırma ve geliştirme, insan, kültür ve toplum bilgisinden oluşan bilgi birikiminin artırılması ve bilgi birikiminin yeni uygulamalar tasarlamak için kullanılması için sistematik olarak yapılan çalışmalardır (Frascati, 2002: 30). Ar- Ge yeni bilgi kazanımı ya da mevcut bilgi ile yeni malzemeler, yeni ürünler, yeni süreçler, ve yazılım üretimini amaçlamaktadır. Ar-Ge ile artan bilimsel birikim düzenli, sistemli ve sürekli çaba ile bilim ve teknolojiye ivme kazandırmaktadır. Ülkelerin global boyutta varolan bilimsel bilgi ve teknolojik ilerlemeye bakışı, algılama kapasitesi ile birlikte Ar-Ge çalışmalarına verdiği önem, sahip oldukları bilim ve teknoloji düzeyinin göstergesidir (Yıldız, 2005: 214). Ülke yeniliğe, gelişime, diğer ülkelerle rekabete ve çağı yakalamaya önem vermiyorsa araştırma ve geliştirmeye yaptığı yatırım da düşük kalmaktadır. Ar-Ge yatırımları düşük olan ülkeler gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkeler olmakla birlikte bu ülkelerin teknolojik anlamda dışa bağımlılığı da yüksektir. Gelişmiş ülke gruplarını incelediğimizde GSYİH içinde Ar-Ge harcamalarına ayrılan payın % 2’den büyük olduğu görülmektedir (Yaylalı vd., 2010: 19).Araştırma ve Geliştirme faaliyetleri, ülkenin ekonomik büyüme ve kalkınmasında ve küresel rekabette kaldıraç görevi görmektedir.

Kişi başına reel hasıla da meydana gelen sürekli artışa ekonomik büyüme denir. O halde bir ülkede yaşayan fertlerin yaşam kalitesini sürekli olarak artırmak ekonomik büyümeyle bağlıdır. Dolayısıyla hızlı ve sürekli ekonomik büyümeyi sağlamak bir ekonominin temel hedeflerinden bir tanesidir (Ünsal, 2001: 11-12).

Neo klasik ekole göre Robert Solow 1956 yılında yayınlanan “İktisadi Büyüme Teorisine Bir Katkı” başlıklı çalışmasında geliştirmiş olduğu Solow büyüme modelinde ilk defa teknoloji ve iktisadi büyüme ilişkisini ele almasına karşın teknolojik ilerlemenin olmadığını varsayarak sabit kabul etmiştir. Teknolojik ilerlemeyi sabit varsaymayarak içsel olarak modele dahil edilmesi 1980’lerin ortalarında Paul M. Pomer’in öncülüğünde geliştirilen içsel büyüme modelleridir. İlk defa Lucas ve Romer çalışmalarında teknolojik ilerlemeleri iktisadi büyümenin belirleyeni olarak analiz etmişlerdir. Romer (1986, 1990, 1994) modelinde teknolojik ilerlemeyi Ar-Ge vasıtasıyla, içsel faktör olarak kullanmıştır. Romer modeli, Grossman Helpman (1991) ve Aghion-

Howitt (1992)'in tarafından geliştirilerek ekonomik büyüme oranını artıran Ar-Ge'deki kaynak artışının, ölçek etkileri ele alınmaktadır (Jones, 1995: 761). Lucas (1988) ise modelinde Romer in modeline beşeri sermayeyi eklemiştir. Lucas modelinde beşeri sermaye içsel faktör olarak ele alınmaktadır. Bu modellerin önemi, teknolojik gelişmenin nedeni olan Ar-Ge'yi büyümenin asıl itici gücü olarak görmeleri ve Ar-Ge'ye ayrılan kaynakların ekonomik büyüme hızında temel belirleyici olmalarıdır.

J Schumpeter'in iktisadi büyümeyle yönelik geliştirmiş olduğu analizi etkileyen ilk unsur üretim faktörlerindeki artış iken diğeri de yeniliklerdir. Schumpeter'e göre nüfus artışı ya da sermaye mallarının artışı ekonomik büyüme sağlamaz, büyümeyle dağlayan yeniliklerdir. İktisadi büyüme analizinde teknolojik ilerlemeyi ve yenilikleri büyümenin lokomotifleri olarak görmektedir (Ünsal, 2007: 74-75). Yeniliğin temel faktörleri olan girişimcilik ve yeni firmaların ortaya çıkmasını yaratıcı yıkıma dayandırmaktadır. Etkili bir yaratıcı yıkım ancak farklı ürünler ve yeni teknolojiyle sağlanmaktadır (Duran ve Saraçoğlu, 2009).

Yenilik (inovasyon) sürecinde gerçekleştirilen Ar-Ge çalışmaları ekonomiye sürdürülebilir ekonomik büyüme, istihdam yaratma, yeni bilgi ve teknoloji üretimi, verimliliğin artması ve ücretlerin iyileşmesi gibi çıktılarla katkı sağlayacaktır (Sylwester, 2001; Kutlu, 2005). Ar-Ge yatırımları, getirisi yüksek ileri teknoloji ürün ihracatını artırarak dış ticaret yoluyla ekonomik büyümeyle pozitif etki etmektedir (Kılıç vd., 2014). Ekonomik büyüme ile Ar-Ge harcamaları ve inovasyon yakından ilişkilidir. Gelişmiş ülkelerde üretim sürecindeki yeniliklerin ve bu yeni üretim sürecinde yaratılan yeni ürünlerin ekonomik büyümeyle olumlu katkı sağlamaktadır (Stokey, 1995; Jones & Williams, 2000). Literatüre bakıldığında bu ilişkinin varlığının yanında yönünün de önemli olduğu ve araştırma konusu olarak belirlendiği görülmektedir.

Ampirik literatür incelendiğinde araştırma geliştirme harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki hem çok ülkeli modellerde hem de tek ülkeli modellerde incelenmektedir. Çalışmanın amacı doğrultusunda tek ülkeli modellere bakıldığında;

Griliches (1998), A.B.D.'de Ar-Ge harcamalarının verimliliğe etkisini hem kamu hem özel sektör bazında incelemiştir ve özel sektör Ar-Ge harcamalarının daha etkili olduğu ve AR-GE için yapılan yatırımlardaki %10'luk artışın çıktıya pozitif ve %7 etkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Avcı (2007), Türkiye'de 1992-2001 döneminde ait veri seti ile Ar-Ge yatırımlarının büyüme etkisi sektörel bazda panel veri analizi ile incelemiştir. Çalışmanın bulguları aradaki ilişkinin pozitif ve anlamlı olduğunu göstermektedir.

Goel vd. (2008), A.B.D.'de 1953-2000 dönemine ait veri setini kullanarak yaptıkları analizlerinde federal araştırma-geliştirme harcamaları ile büyüme ilişkisinin federal olaylar harcamalarından daha güçlü olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca savunma amaçlı yapılan araştırma geliştirme için harcamalarının büyüme ile diğerlerinden daha güçlü ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Altın ve Kaya (2009), çalışmalarında Türkiye'de 1990-2005 dönemi veri setine ait ekonomik büyüme ve Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkiyi VEC modeli yardımıyla analiz etmişler ve uzun dönemde Ar-Ge harcamalarının büyümenin nedeni olduğu sonucunu bulmuşlardır. Kısa dönemli bir ilişkinin varlığına ulaşamamıştır.

Korkmaz (2010), çalışmalarında Türkiye'de araştırma-geliştirme harcamaları ile büyümeyle yönelik ilişkiyi 1990-2008 dönemine ait veri setine uyguladıkları eşbütünleşme analizi ile test etmişler ve uzun dönemde değişkenlerin eşbütünleşik olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca kurulan hata düzeltme modeli ile uyguladıkları Granger nedensellik analizinin neticesinde kısa dönemde Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyle etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Yaylalı vd. (2010), Türkiye'de 1990-2009 dönemine ait veri setine uyguladıkları Granger nedensellik testi sonucunda uzun dönemde Ar-Ge harcamalarından ekonomik büyümeyle doğru tek yönlü nedenselliğin varlığını tespit etmişlerdir.

Akıncı & Sevinç (2013), Türkiye'de 1990-2011 dönemini baz alan çalışmalarında Ar-Ge harcamalarından ekonomik büyümeyle doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Taban ve Şengür (2014), çalışmalarında Türkiye'de 1990-2012 dönemine ait veri setine uyguladıkları analiz sonucunda Ar-Ge harcamaları ve Ar-Ge 'de tam zamanlı eşdeğer (TZE) çalışan sayısının uzun dönemde ekonomik büyümeyle pozitif etkilediklerini kısa dönemde ise Ar-Ge'de TZE çalışanlarının ekonomik büyüme üzerinde pozitif katkı sağlarken Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyle etkisinin olmadığı sonucuna varmışlardır.

Bozkurt (2015), 1998-2013 döneminde ülkemizde araştırma-geliştirme yatırımları ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedenselliğin varlığını saptamışlardır.

Çok ülkeli modeller incelendiğinde;

Goel& Ram (1994), çalışmalarında 18 gelişmiş ve 34 az gelişmiş olmak üzere 52 ülkeyi 1960-1980 dönemi için analiz etmişler ve ekonomik büyüme ile Ar-Ge harcamaları arasında uzun dönemli anlamlı bir ilişkinin varlığını saptamışlardır.

Park (1995), çalışmalarında 1970-1987 dönemi ve 10 OECD ülkesine yönelik uyguladıkları Panel Veri Analizi sonucunda Ar-Ge ile toplam faktör verimliliği arasında pozitif bir ilişkinin varlığını saptamışlardır.

Coe & Helpman (1995), 1971-1990 dönemi veri seti ve 24 ülke için Toplam Faktör Verimliliği ile yurt içi ve yurt dışı Ar-Ge faaliyetlerine yönelik uyguladıkları analizlerinde her üç değişkenin birbiri ile eşbütünleşik olduğu sonucuna varmışlardır.

Freire-Serén (1999), 21 OECD ülkesi ve 1965-1990 kapsayan çalışmalarında Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında çok güçlü ve pozitif bir ilişki olduğu sonucuna varmışlardır.

Sylwester (2001), 20 OECD ülkesine yönelik çalışmaların da Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki bir ilişkinin olmadığına fakat G7 ülkeleri araştırıldığında endüstriyel Ar-Ge yatırımları ile ekonomik büyümenin pozitif ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Ülkü (2004), 1981-1997 dönemi ve 30 ülkeyi (20’si OECD, 10’u değil)kapsayan veri setini Panel Veri Analizi ile test ettikleri çalışmalarında, Ar-Ge, inovasyon ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki sınanmıştır. Her iki ülke grubu için de Ar-Ge vasıtasıyla yaratılan inovasyon (patent sayısı) ile KBGSYH (Kişibaşı GSYH) arasında pozitif bir ilişki olduğu sonucuna varmışlardır.

Falk (2007), 15 OECD ülkesi ve 1970-2004 dönemini kapsayan analizlerinde, Ar-Ge harcamalarının ve yüksek teknolojiye (high-tech) yönelik Ar-Ge yatırımlarındaki artışın kişi başı ve işçi başına düşen GSYH olmak üzere her ikisi üzerinde de güçlü ve pozitif bir etkisi olduğu sonucuna varmışlardır.

Samimi & Alerasoul (2009), çalışmalarında gelişmekte olan 30 ülke ve 2000-2006 dönemine ait veri setine uyguladıkları Panel veri analizinin sonucunda panel genelinde Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında negatif ve anlamsız bir ilişki bulmuşlar fakat Türkiye’nin de dahil olduğu gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyüme oranını yükseltebilmeleri için Ar-Ge çalışmalarını artırmaları gerekliliğini vurgulamaktalar.

Genç & Atasoy (2010),1997-2008 dönemi ve 34 ülkeyi kapsayan çalışmalarında Panel Nedensellik Analizi uygulamışlar ve araştırma-geliştirme harcamalarının büyümenin nedeni olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Eid (2012), 17 OECD ülkesi (yüksek gelirli) ve 1981-2006dönemini kapsayan çalışmalarında, yüksek öğretim aracılığı ile yapılan Ar-Ge harcamalarının yapıldığı yıldan itibaren gecikmeli olarak verimlilik artışı üzerinde anlamlı ve pozitif etkinin varlığı sonucuna ulaşmışlardır.

Güloğlu & Tekin (2012), çalışmalarında 1991-2007 dönemi ve 13 OECD ülkesine ait veri setini analiz etmişler sonuçta araştırma-geliştirme harcamaları ve yenilik arasında karşılıklı bir nedensellik ile teknolojik yenilik ve büyüme arasında da karşılıklı nedensellik olduğu sonucuna varmışlardır.

Kirankabeş & Erçakar (2012), 31 AB ülkesi ve 1997-2007 dönemine ait veri setine uyguladıkları analizlerinde kişi başı araştırma-geliştirme yatırımları, patent başvuru sayıları ve büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişler ve araştırma-geliştirme yatırımları ile patent başvuruları arasında anlamlı ve pozitif bir ilişkinin varlığını saptamışlardır.

Gülmez & Yardımcıoğlu (2012), Türkiye dahil 21 OECD ülkesi ve 1990-2010 dönemi kapsayan veri setine uyguladıkları Panel veri analizi test sonuçlarına göre uzun dönemde Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı anlamlı bir ilişkinin varlığını tespit etmişlerdir.

Ülger & Durgun (2017), çalışmalarında seçilmiş OECD ülkeleri ve 1996-2015 dönemini kapsayan veri setini Panel veri analizi yardımıyla test etmişler ve Ar-Ge’nin ekonomik büyüme üzerinde etkisi olmadığı ancak GSYH’nın Ar-Ge üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu sonucuna varmışlardır.

2. VERİ SETİ VE EKONOMETRİK YÖNTEM

2.1. Veri Seti

Türkiye’de Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerine etkilerinin ampirik olarak incelendiği bu çalışmada; ekonomik büyümeyi temsilen reel gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) değişkeni ve açıklayıcı değişken olarak Ar-Ge harcamaları (AR_GE) değişkeni belirlenmiştir. Analiz periyodu 1990-2018 arası yıllık verilerden oluşmuştur ve veriler TÜİK veri tabanı, TCMB Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS) istatistiklerinden derlenmiştir. Seriler Eviwes 7 ekonometri programı yardımıyla analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm değişkenler logaritmik formdadır.

2.2. Model

Çalışmada araştırma geliştirmeye yönelik harcamaların ekonomik büyümeye etkisini analiz edebilmek için oluşturulan model:

$$\text{LogGSYIH}_t = \alpha_0 + \alpha_1 \text{LogAR_GE}_t + e_t \quad (1)$$

şeklinde dir. Bu model tahmini sonucuna ait beklenti literatür referans alındığında Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişkinin varlığı yönündedir.

2.3. Ekonometrik Yöntem

Çalışmada uygulanacak yönteme karar vermek adına ilk olarak serilerin birim köklü olup olmadığı sınanmalıdır. Birim kök içeren zaman serileri ile yapılan analizlerde sahte regresyon problemi ile karşılaşmaktadır. Bu problem zaman serilerinin trend taşımamasından kaynaklanmaktadır. Bir zaman serisi zaman içerisinde belirli bir değere yaklaşıyorsa (beklenen değeri etrafında dalgalanıyorsa) ya da ortalaması, varyansı ve gecikme düzeyine bağlı kovaryansı sabitse durağandır.

$$\text{Ortalama: } E(Y_t) = \mu$$

$$\text{Varyans: } \text{var}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2$$

$$\text{Ortak varyans: } \gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]$$

Birim kök testleri serinin cari (t) dönemine ait değerinin, bir önceki (t-1) dönem değerinden ne kadar etkilendiğini sınamaya yardımcı olur (Tari, 2012: 390). Bu durumun matematiksel ifadesi ve sınanıldığı hipotezler aşağıda gösterilmektedir.

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \quad (2)$$

H_0 : $|\rho|=1$ seri birim köklüdür ya da durağan değildir. H_0 boş hipotezi bize seriye ait geçmişteki şokların bir sonraki döneme aynı şekilde aktarılacak kalıcı hale geldiğini göstermektedir.

H_1 : $|\rho|<1$ seri birim kök içermemektedir ya da durağandır. H_1 alternatif hipotezi de geçmiş dönem şokların azalarak aktarıldığını ve geçici hale geldiğini göstermektedir.

Dickey ve Fuller (1979), denklem (2)’de eşitliğin her iki tarafından Y_{t-1} çıkararak denklem (3)’teki eşitliği elde etmiştir:

$$\Delta Y_t = (\rho - 1)Y_{t-1} + u_t \quad (\Delta: 1. \text{ Fark işlemcisi}) \quad (3)$$

Eşitliğinde $\rho - 1 = \delta$ dönüşümü yapılırsa denklem:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (4)$$

şekline gelmektedir. Elde edilen eşitlik (4)’te sınanan hipotezler:

H_0 : $|\delta|=0$, seri birim köklüdür (durağan değildir).

H_1 : $|\delta|<0$, seri birim köklü değildir (durağandır) şeklindedir.

Düzeyde birim kök içermeyen (durağan) serilere I(0), düzeyde birim köklü olup birincil farkında durağanlaşan serilere ise I(1) seri denilmektedir.

Denklem (2)’deki modelde genellikle karşılaşılan otokorelasyon sorunu neticesinde Dickey ve Fuller modele ΔY_t ’nin gecikmeli değerlerini açıklayıcı değişken olarak eklemesi ile denklem (5) elde edilmiştir (Gujarati, 1999):

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum \alpha_i \Delta Y_{t-i} + ut \quad (5)$$

Bu şekilde elde edilen birim kök testine de genişletilmiş Dickey Fuller (Augmented Dickey Fuller: ADF) testi adı verilmiştir. ADF birim kök testine ait hipotezler aşağıdaki gibidir.

H_0 : $|\delta|=0$, seri birim köklüdür.

H_1 : $|\delta|<0$, seri birim köklü değildir.

ADF birim kök testi trendli serilerde zayıf kalmakta olup Phillips ve Perron (1988)’nun geliştirdiği hata terimlerini düzeltmeyi öngören parametrik olmayan bir ekleme ile genişletilmiştir.

$$Y_t = a_0 + y_{t-1} + \mu_t \quad (6)$$

$$Y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 (t-T/2) + \mu_t \quad (7)$$

T: gözlem sayısını μ_t : hata terimlerinin dağılımını göstermekte olup hata teriminin beklenen ortalaması sıfıra eşittir. Fakat bu eşitlikte Dickey-Fuller (DF) testinin bağımsızlık ve homojenlik varsayımı terk edilerek hata terimleri arasında içsel bağlantının olmadığı ya da homojenlik varsayımına ihtiyaç kalmamıştır. Phillips-Perron testinde hata terimlerinin zayıf bağımlılığı ve heterojenliği kabul edilmiştir. Böylece Phillips-Perron testinde DF testinin hata terimleri ile ilgili kısıtı ortadan kalkmıştır. PP testi hata terimlerini ya da hata terimlerinin geçmiş değerlerini hareketli ortalama (MA) olarak kullandığı için DF testinin sınırlayıcı varsayımlarını terk edebilmiştir. Dolayısıyla DF testinin AR (Oto regresif süreç) süreci PP testinde ARMA sürecine dönüşmüştür. Hareketli ortalamalar (MA) sürecinin teste dahil edilmesi ile PP testi özellikle trend içeren serilerde DF testine göre daha güçlü olmuştur. MA sürecinin artan (pozitif) olması PP testini güçlü kılarken MA sürecinin azalan (negatif) olması hata terimlerinin beklenen ortalamasını sıfıra yaklaştırdığı için DF testini daha güçlü kılmaktadır (Enders, 1995). PP test hipotezleri de ADF ile aynıdır.

H_0 : Seri durağan değildir.

H_1 : Seri durağandır.

Johansen Eşbütünleşme testi düzeyde(seviyede) durağan olmayan(birim kök içeren) iki veya daha fazla değişkene ait serinin durağan bir bileşimi olduğunu belirtmektedir. 1. dereceden durağan (I(1)) değişkenlere uygulanan ve uzun dönem analizde yararlanılan Johansen Eşbütünleşme Testi (1988,1990) aşağıdaki eşitlikte yer alan VAR modelini baz almaktadır:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + \dots + A_k Y_{t-k} + u_t, t=1, \dots, T \quad (8)$$

Y_t : I(1) değişkenlerini içeren n vektörü olup denklem (8) denklem (10) şeklinde yazılabilmektedir.

$$\Delta Y_t = \Pi_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \Pi_k \Delta Y_{t-k+1} + \Pi Y_{t-1} + ut, \quad t = 1, \dots, T \quad (9)$$

$$\Pi = -I + \sum_{i=1}^k A_i \text{ ve } \Pi_j = -(I - A_1 - A_2 - \dots - A_j), \quad j=1, \dots, k \quad (10)$$

$\Delta Y_t, \dots, \Delta Y_{t-k+1}$ in tümü I(0) olduğu ve Y_{t-1} de I(1) olması nedeniyle, denklemlerin tutarlılığı açısından Π tam ranklı olmamalıdır. Π ’nin rankının r olduğu durumda, $\Pi = \alpha \beta'$ eşitliği geçerlidir, burada α , nxr matrisi ve β' rxn matrisi olmak üzere $\beta' Y_{t-1}$: r eşbütünleşik değişkenin olduğu vektör, β' : eşbütünleşik vektörlerin katsayı matrisi ve α : hata düzeltme terimlerinin matrisidir (Maddala&In-Moo Kim, 1999).

Denklem (9) vektör hata düzeltme modeli olarak tekrar denklem (11) şeklinde yazılabilir:

$$\Delta Y_t = \Pi_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \Pi_k \Delta Y_{t-k+1} + \alpha(\beta' Y_{t-1}) + ut \quad (11)$$

$\beta' Y_{t-1}$:vektör hata düzeltme terimi. Denklem (11)’deki eşbütünleşik vektör sayısını (Y_{t-1} ’in katsayılarının oluşturduğu matrisin rankı) belirlemek için en büyük özdeğer ve iz istatistiği denilen iki farklı test istatistiğinden yararlanılmaktadır. $r(\pi) = 0$ eşbütünleşik değildir, $r(\pi) = 1$ değişkenler arasında bir eşbütünleşmenin olduğu $r(\pi) = 2$ değişkenler arasında iki eşbütünleşmenin olduğu... $r(\pi) = r$ değişkenler arasında r tane eşbütünleşmenin olduğu şeklindeki hipotezlerle ilk olarak sınanan maksimum özdeğer testidir. Bu testte aşağıdaki eşitlikle hesaplanan testistatiği kritik değerlerle karşılaştırılarak hipotez kabul yada reddedilir.

$$\lambda \max(r_0, r_{0+1}) = -T \ln(1 - \lambda_{r_{0+1}}) \quad (12)$$

Johansen eşbütünleşme testine ait ikinci test olan iz testinde matrisin izi kullanılarak elde edilen istatistiğe (LR) bakılarak eşbütünleşik vektör sayısına karar verilmektedir. LR istatistiği denklem (13)'deki eşitlik ile hesaplanmaktadır ve Johansen (1988, 1990)'deki kritik değerlerle karşılaştırılmaktadır.

$$LR(r_0, n) = -T \sum_{i=r_0+1}^n \ln(1 - \lambda_i) \quad (13)$$

Değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığının tespiti bu ilişkinin yönünü, diğer bir ifade ile hangi değişkenin diğerinin nedeni olduğunu merak ettirmiştir. İlk olarak Granger (1969) tarafından başlatılan nedensellik testinde dikkate alınan denklemler denklem (14) ve denklem (15)'te verilmiştir.

$$Y_t = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m b_i X_{t-i} + u_i \quad (14)$$

$$X_t = b_0 + \sum_{i=1}^m b_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m b_i I_{t-i} + u_i \quad (15)$$

İlk olarak denklem (14), $\sum_{i=1}^m b_i = 0$ hipotezi ile test edilir. Daha sonra denklem (16) ile verilen kısıtlanmalı denkleme ait hata terimleri kareleri bulunarak RSS_R şeklinde gösterilir (Granger, 1969).

$$Y_t = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i Y_{t-i} + e_i \quad (16)$$

Sonraki aşamada ise denklem (17) ile verilen kısıtsız denklemin hata kareleri toplamı bulunarak RSS_{UR} şeklinde gösterilir.

$$Y_t = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m b_i X_{t-i} + u_i \quad (17)$$

Dördüncü ve son aşamada F test istatistiği hesaplanır.

$$F = \frac{(RSS_R - RSS_{UR})/m}{(RSS_{UR})/(n-k)} \quad (18)$$

Eşitlik (18)'de m: dışarıda bırakılan gecikmeli değişken sayısı, n: örnek hacmi ve k: kısıtsız regresyonda tahmin edilen parametre sayısını göstermektedir. Hesapladığımız F test istatistiği tablo değerinden büyükse X'den Y'ye doğru nedenselliğin varlığı, küçük ise nedenselliğin yokluğu kabul edilir (Granger 1969). Granger nedensellik testinde sınanan hipotezler:

H_0 : $X \rightarrow Y$ Nedensellik ilişki yoktur.

H_1 : $X \rightarrow Y$ Nedensellik ilişkisi vardır.

2.4. Ampirik Bulguların Değerlendirilmesi

Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme ilişkisini belirlemek adına çalışmada ilk olarak serilerin durağanlığı Dickey ve Fuller (1981)'in geliştirdiği "Genişletilmiş Dickey-Fuller" (ADF) ve Phillips ve Perron (1988)'un geliştirdiği birim kök testleriyle ayrı ayrı test edilmiş olup bulgular ve Tablo 1 ve Tablo 2'deki gibidir.

Tablo 1. ADF Birim Kök Test Bulguları

Değişkenler	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
LOGGSYIH	0.449515	0.9985
1. Fark	6.045714	0.0002*
LOGAR_GE	-1.763976	0.6949
1. Fark	-2.416836	0.0177**

*% 1 ve **%5 anlam düzeylerinde istatistiki açıdan anlamlıdır.

ADF birim kök test bulguları neticesinde tüm değişkenlerin düzey değerlerinde "Seri birim kök içermektedir" boş hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla tüm seriler düzey değerinde birim kök içermektedir (durağan değildir). Serileri durağanlaştırmak adına farkları alınmıştır ve 1. Farklarında durağanlaştıkları görülmüştür.

Tablo 2. PP Birim Kök Test Bulguları

Değişkenler	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
LOGGSYIH	4,155577	1.0000
1. Fark	-6,693965	0.0000*
LOGAR_GE	1,791907	0.9818
1. Fark	-15,44623	0.0001*

*% 1 anlam düzeyinde istatistiki açıdan anlamlıdır.

Tablo 2’de elde edilen sonuçlar ADF birim kök testi sonuçları ile benzerdir. Değişkenlerimiz I(1) dereceden durağan oldukları için aralarındaki uzun dönem ilişki Johansen Eşbütünlük Testi ile sınanacak olup öncesinde VAR modeli yardımıyla hata terimlerinin varsayımları irdelenerek gecikme uzunluğu belirlenmiştir ve bulgular Tablo 3’teki gibidir.

Tablo 3.Gecikme Uzunluğu Bulguları

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-81.56546	NA	1.672547	6.190034	6.286022	6.218576
1	16.18204	173.7733*	0.001615*	-0.754225*	-0.466261*	-0.668599*
2	19.17023	4.869648	0.001753	-0.679277	-0.199337	-0.536565

Tablo 3’e baktığımızda LR (Logaritmik Olasılık Oranı), FPE (Son Tahmin Hatası), AIC (Akaike Bilgi Kriteri), SC (Schwartz Kriteri) ve HQ (Hannan-Quinn Kriteri) kriterlerinin referansıyla gecikme uzunluğu 1 şeklinde belirlenmektedir. Elde edilen gecikme uzunluğu Johansen Eşbütünlük ve Granger Nedensellik Testlerinde kullanılacaktır.

Tablo 4. Johansen Eşbütünlük Testi Bulguları

Hipotez Numaraları	Özdeğer	İz İstatistiği	0.05 Kritik Değer	Olasılık Değeri
None *	0.354678	18.36120	15.49471	0.0180**
At most 1 *	0.235241	6.973063	3.841466	0.0083*
Hipotez Numaraları	Özdeğer	Max-Özdeğer	0.05	Olasılık Değeri
None *	0.411056	14.29445	14.26460	0.0495**
At most 1 *	0.235241	6.973063	3.841466	0.0083*

*% 1 ve **% 5 anlam düzeylerinde istatistiki açıdan anlamlıdır.

Tablo 4’teki bulgular bize Johansen Eşbütünlük Testi’nde kullanılan her iki test istatistiği (max-özdeğer ve iz istatistiği) için de “değişkenler arasında eşbütünlük yoktur” şeklindeki yokluk hipotezinin reddedildiğini göstermektedir. Ayrıca her iki değişkende de “en çok bir eşbütünlük vardır” şeklindeki alternatif hipotez reddedilmektedir. Bulgulara göre GSYİH ile AR_GE değişkeni uzun dönemde birden fazla eşbütünlük ilişkisine sahiptir. Sonrasında uzun dönem katsayıları, Pedroni (2000)’nin geliştirdiği FMOLS ve Pedroni (2001)’nin geliştirdiği DOLS (Dynamic Ordinary Least Squares: Dinamik En Küçük Kareler) yöntemleri ile tahmin edilmiş olup bulgular Tablo 5’teki gibidir.

Tablo 5. Uzun Dönem Katsayı Tahmincisi FMOLS Bulguları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistiği	Olasılık
LOGAR_GE	1.162738	0.052626	22.09438	0.0000*
C	-0.042767	0.754181	-0.056706	0.9552

*% 1 anlam düzeyinde istatistiki açıdan anlamlıdır.

FMOLS test sonuçlarına göre modelin açıklayıcı değişkeni olan AR_GE değişkeni elde edilen olasılık değerine göre istatistiksel olarak anlamlıdır. FMOLS yöntemiyle tahmin ettiğimiz katsayı pozitif işaretlidir ve uzun dönemde Ar-Ge harcamalarındaki %1’lik bir artış GSYİH’da % 1,16 ‘lık bir artışa neden olmaktadır.

Tablo 6. Uzun Dönem Katsayı Tahmincisi DOLS Bulguları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistiği	Olasılık
LOGAR_GE	1.006344	0.078380	12.83924	0.0000*
C	3.079589	1.404252	2.193045	0.0397**

*% 1 ve **% 5 anlam düzeylerinde istatistiki açıdan anlamlıdır.

DOLS test sonuçları tablosuna göre modelin açıklayıcı değişkeni ile sabit terimi istatistiksel olarak anlamlıdır. DOLS yöntemi ile hesaplanan uzun dönem katsayısı FMOLS yöntemi ile benzerlik göstermekte ve pozitif işaretlidir. Uzun dönemde Ar-Ge harcamalarındaki %1’lik artışın GSYİH’ı % 1,006 artıracığına işaret edilmektedir. Sonuca göre Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli pozitif bir ilişkiden söz edilebilir. Bir sonraki aşamada I(1) dereceden durağan ve uzun dönemde eşbütünlük olan değişkenlere Granger (1998) nedensellik testi uygulanmaktadır ve bulgular Tablo 7’de gösterilmektedir.

Tablo 7. Granger Nedensellik Test Bulguları

Yokluk Hipotezi:	Gözlem	F-İstatistiği	Olasılık Değeri
LOGAR_GE → LOGGSYIH	28	6.33246	0.0186*
LOGGSYIH → LOGAR_GE	28	2.71899	0.1117

*% 5 ve **% 1 anlam düzeyinde istatistiki açıdan anlamlıdır.

Tablo 7'ye baktığımızda “Ar-Ge harcamalarından GSYİH’ ya doğru nedensellik ilişkisi yoktur” boş hipotezini test eden F istatistiğinin %1 anlam düzeyine göre istatistiksel olarak anlamlı olması neticesinde boş hipotez reddedilmektedir. Dolayısıyla Ar-Ge’den GSYİH’ya doğru nedensellik ilişkisi söz konusudur. GSYİH’dan Ar-Ge harcamalarına doğru bir nedensellik ilişkisi yoktur hipotezini sıyanan F istatistiği ise istatistiksel olarak anlamsız olduğu için hipotez reddedilememektedir. GSYİH’dan Ar-Ge’ye doğru bir nedensellik ilişkisi sözkonusu değildir. Bulgulara göre Ar-Ge harcamaları uzun dönemde ekonomik büyümenin nedenidir diyebiliriz. Çalışmada elde edilen sonuçlar genel olarak literatürle uyumlu olmakla beraber, Altın & Kaya (2009), Yaylalı vd. (2010) ve Akıncı & Sevinç (2013)’in çalışmaları ile benzer bulgular ortaya koymuştur.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de araştırma geliştirmeye yönelik harcamaların ekonomik büyümeye etkilerinin nedensellik analizi yardımıyla incelendiği çalışmada reel GSYİH ile Ar-Ge harcamaları değişkenlerine ait 1990-2018 arası yıllık veriler kullanılmıştır. Analizde kullanılacak yöntem ADF ve Philips-Peron birim kök testlerinden elde edilen bulgular neticesinde karar verilmiştir. Birim kök sınamaları bize her iki değişkenin de seviyede birim kök içerdiğini göstermektedir. Serilerin ilk fark alma işleminden sonra durağanlaşması analizin seyrini belirlemiştir. I(1) derecesinde durağan oldukları anlaşılan serilere uygulanan eşbütünleşme test bulguları uzun dönemde değişkenlerin eşbütünleşik olduğunu göstermektedir. Bu ilişkiye ait katsayılar uzun dönem katsayı tahmincileri FMOLS ve DOLS yöntemleri ile sınanmıştır. Neticede değişkenler arasındaki ilişkinin pozitif olduğu sonucuna ulaşılmıştır. FMOLS testinden elde edilen katsayı bize uzun dönemde Ar-Ge harcamalarında %1’lik bir artış olduğunda GSYİH’nın % 1,16 oranında artacağını, DOLS testinden elde edilen katsayı da benzer şekilde Ar-Ge harcamalarındaki % 1’lik artışın GSYİH’ı % 1.006 oranında artıracığını göstermiştir ki bu oran ilişkinin çok güçlü olduğu anlamına gelir. Uzun dönem ilişkiye sahip değişkenlere dair hangi değişkenin diğerinin nedeni olduğu sorusu akla gelmektedir. Bunu anlamak için çalışmada Granger nedensellik testinden faydalanılmaktadır. Test sonuçları bize uzun dönemde Ar-Ge harcamalarının GSYİH’nın nedeni olduğunu göstermektedir. Uzun dönemli ilişkinin yönü Ar-Ge harcamalarından ekonomik büyümeye doğrudur.

Çalışma sonucu bize Türkiye’de ekonomik büyüme oranını artırmada Ar-Ge harcamalarının çok büyük rolü olduğunu göstermiştir. Araştırma geliştirmeye yönelik milli gelirden ne kadar büyük pay ayrılırsa teknoloji yoğun ürün üretimi de o derece artarak ülkemizin küresel rekabete ayak uydurması ve gelişmiş ülkelerin kalkınma seviyelerine erişebilmesi kolaylaşacaktır. Devlet özel sektördeki firmaları da Ar-Ge faaliyetlerinde desteklemeli ve teşvik etmelidir. Bu noktada Keesing ve Kenen’in nitelikli işgücü teoremi akla gelmektedir. Teoreme göre belli türde meslek ya da nitelikli işgücü bakımından zengin ülkeler üretiminde yoğun olarak bu faktörler kullanılan mallarda uzmanlaşırlar. Ar-Ge faaliyetleri ile ilişkili olarak teknoloji yoğun ürün üretiminin nitelikli işgücü ile gerçekleştirileceği düşünüldüğünde eğitimin önemi ortaya çıkmaktadır. Karar alıcılar tarafından Ar-Ge sektöründe istihdam edilecek nitelikli işgücüne yönelik eğitim politikalarına daha fazla önem verilmeli ve uygulanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Aghion, P. & Howitt, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Akıncı, M. & Sevinç, H. (2013). Ar-Ge Harcamaları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2011 Türkiye Örneği. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(27), 7-17.
- Altın, O. & Kaya, A.A. (2009). Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisinin Analizi. *Ege Akademik Bakış*, 9(1), 251-259.
- Bozkurt, C. (2015). R&D Expenditures and Economic Growth Relationship in Turkey. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 5 (1), 188-198.
- Coe, D.T., Helpman, E. ve Hoffmaister, A.W. (1995). International R&D Spillovers and Institutions. *IMF Working Paper*, WP/08/104.
- Duran, C. & Metin S. (2009). Yeniliğin Yaratıcılıkla Olan İlişkisi ve Yeniliği Geliştirme Süreci, Yönetim ve Ekonomi. 16(1), 57-71.
- Dickey, D. & Fuller, W. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 49(4), 57-72.
- Ege, B. (2014). 4. Endüstri Devrimi Kapıda mı? *Bilim Teknik Dergisi*, (Mayıs), 26-29.

- Eid, A. (2012). Higher Education R&D and Productivity Growth: An Empirical Study on High-Income OECD Countries. *Education Economics*, 20(1), 53-68.
- Enders, W. (1995). *Applied Econometric Time Series*, Iowa State University, John Wiley & Sons Inc., 239-240.
- Falk, M. (2007). R&D Spending in the High-Tech Sector and Economic Growth. *Research in Economics*, 61, 140-147.
- Frascati Kılavuzu (OECD), (2002). Araştırma ve Geliştirme Taramaları İçin Önerilen Standart Uygulamaları. https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/BTYPD/kilavuzlar/frascati_tr.pdf (E.T. 20.11.2020).
- Freire-Serén, M.J. (1999). Aggregate R&D Expenditure and Endogenous Economic Growth. *UFAE and IAE Working Papers*, No:WP 436.99.
- Genç, M.C. & Atasoy, Y. (2010). AR&GE Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, V(II), 27-34.
- Goel, R.K. ve Ram, R. (1994). Research and Development Expenditures and Economic Growth: A Cross-Country Study. *Economic Development and Cultural Change*, 42(2), 403-11.
- Goel, R.K., Payne, J.E. & Ram, R. (2008). R&D Expenditures and US Economic Growth: A Disaggregated Approach. *Journal of Policy Modeling*, 30(2), 237-250.,
- Granger, C.(1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross- spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.
- Granger, C.W.J. (1988). Some Recent Developments in a Concept of Causality. *Journal of Econometrics*, 39, 199-211.
- Griliches, Z. (1998). Introduction to "R&D and Productivity: The Econometric Evidence. NBER Chapters, in: R&D and Productivity: The Econometric Evidence, 1-14, National Bureau of Economic Research, Inc
- Grossman, G. & Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Gujarati, D.N. (1999). *Temel Ekonometri*. (Çev. Ü. Şenese ve G.G. Şenese). İstanbul: Literatür Yayınları. <http://www.atateknokent.com.tr>, (E.T. 20.11.2020).
- Gülmez, A. & Yardımcıoğlu, F. (2012). OECD Ülkelerinde Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Eşbütünleşme ve Panel Nedensellik Analizi (1990-2010). *Maliye Dergisi*, 163, 335-353.
- Güloğlu, B. & Tekin, R.B. (2012). A Panel Causality Analysis of the Relationship Among Research and Development, Innovation, and Economic Growth In High-Income OECD Countries. *Eurasian Economic Review*, 2(1), 32-47.
- Jian, Q.; L. Ying & R. Grosvenor. A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia CIRP*, vol. 52, 2016, pp. 173-178
- Jones, C. I. (1995). R&D-Based Models of Economic Growth. *Journal of Political Economy*, 103(4), 759-784.
- Jones, C. I. & Williams, J. C. (2000). Too Much of a Good Thing? The Economics of Investment in R&D. *Journal of Economic Growth*, 5 (1), 65-85.
- Johansen, S. (1988). Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 293-300.
- Kılıç, C., Bayar, Y., & Özekicioğlu, H. (2014). Araştırma Geliştirme Harcamalarının İleri teknoloji Ürün İhracatı Üzerindeki Etkisi: G-8 Ülkeleri İçin Bir Panel Veri Analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (44), 115-130.
- Kirankabeş, M.C. & Erçakar, M.E. (2012). Importance of Relationship between R&D Personnel and Patent Applications on Economics Growth: A Panel Data Analysis. *International Research Journal of Finance and Economics*, ISSN 1450-2887, 92, 72-81.
- Korkmaz, S. (2010). Türkiye’de Ar-Ge Yatırımları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin VAR Modeli ile Analizi. *Journal of Yaşar University*, 20(5), 3320-3330.

- Kutlu, E. (2005). *İktisadi Kalkınmada Sosyal, Kültürel ve Siyasal Faktörlerin Rolü*. Bursa: Ekin Kitabevi.
- Lucas, R. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 342.
- Maddala G. S. & In-Moo Kim.(1999). Unit Roots, Cointegration and Structural Change. *Cambridge University Press*, 75-76, 165-166.
- Park, W.G. (1995). International R&D Spillovers and OECD Economic Growth. *Economic Inquir*, 33(4), 571-591.
- Pedroni, P. (2000). *Fully-Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels*. *Advances in Econometrics* 15, 93-130.
- Pedroni, P. (2001). Purchasing Power Parity Tests in Cointegrated Panels. *Review of Economics and Statistics*, 83, 727-731.
- Phillips, P. & Perron, P. (1988). Testing For A Unit Root in Time Series Regressions. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Romer, P.M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(S5), 71-102.
- Romer, P.M. (1994). The Origins of Endogenous Growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8, 3-22.
- Samimi, A.J. & Alerasoul, S.M. (2009). R&D and Economic Growth: New Evidence from Some Developing Countries. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 3464-3469.
- Schulze, A. "Potenziale, Chancen und Möglichkeiten durch Industrie 4.0", <http://www.flyacts.com/blog/potenziale-chancen-und-moeglichkeiten-durch-industrie-4-0/>, 2014, (Erişim Tarihi:13.10.2020).
- Schumpeter, J.A. (1943). *Capitalism, Socialism and Democracy*, London: Allen and Unwin (originally published in the USA in 1942; reprinted by Routledge, London in 1994).
- Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320.
- Solow, R. (1988). Growth Theory and After. *The American Economic Review*, 78(3), 307-317.
- Stokey, N. L. (1995). R&D and Economic Growth. *Review of Economic Studies*, 62 (3), 469-489.
- Sylwester, K. (2001). R&D and Economic Growth. *Knowledge, Technology & Policy*,13(4), 71-84.
- Taban, S., Şengür, M. (2014). Türkiye’de Ar-Ge ve Ekonomik Büyüme. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 355-376.
- Tarı, R. (2012). *Ekonometri*. (8. Basım), Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- TCMB,[https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/serieMarket/collapse_21/6000/DataGroup/turkish/bie_gsyhgycf/\(E.T.20.11.2020\)](https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/serieMarket/collapse_21/6000/DataGroup/turkish/bie_gsyhgycf/(E.T.20.11.2020)).
- TÜİK, Gayrisafi Yurtiçi Hasıla İstatistikleri, 2018. www.tuik.gov.tr
- Ülger, Ö. & Durgun, Ö. (2017). Seçilmiş OECD Ülkelerinde AR-GE Harcamalarının Büyüme Üzerine Etkileri. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 10(4), 105-130.
- Ülkü, H. (2004). R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis. *IMF Working Paper*, No:04/185.
- Ünsal, E. M. (2001). *Makro İktisat*. Ankara: İmaj Yayıncılık.
- Ünsal, E. M. (2007). *İktisadi Büyüme*. Ankara: İmaj Yayıncılık.

- Yaylalı M., Akan, Y. & Işık, C. (2010). Türkiye’de AR&GE Yatırım Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Eş-Bütünleşme ve Nedensellik İlişkisi: 1990–2009, *The Journal of Knowledge Economy & Knowledge Management / Volume: V FALL*
- Yıldız, H. (2005). Türkiye’de Üniversite-Sanayi İlişkileri ve Kobi’ler (Küçük Sanayi) Açısından Önemi, *İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Konferansları Dergisi*, 31, 207-229.