



TEKNOLOJİK GELİŞME İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ NEDENSELLİK
İLİŞKİSİ: G7 ÜLKELERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME*
THE CAUSAL NEXUS BETWEEN TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT AND ECONOMIC
GROWTH: AN EVIDENCE FROM G7 COUNTRIES

Ebru TOPCU¹, Pakize YEŞİLTAŞ²



1. Dr. Öğr. Üyesi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, ebruerdogan@nevsehir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-3572-7552>
2. Yüksek Lisans Öğrencisi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat, pakizeyesiltas@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7052-1106>

Makale Türü Article Type
Araştırma Makalesi Research Article

Başvuru Tarihi Application Date
14.01.2021 01.14.2021

Yayına Kabul Tarihi Admission Date
20.05.2021 05.20.2021

DOI

<https://doi.org/10.30798/makuiibf.860862>

* Bu çalışma, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim dalı bünyesinde Dr. Öğr. Üyesi Ebru Topcu danışmanlığında Pakize Yeşiltas tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Öz

Çalışmanın amacı, G7 ülkelerinde teknolojik gelişme ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkinin 1996-2018 dönemini içeren verilerle panel nedensellik yöntemiyle incelenmesidir. Çalışmada teknolojik gelişme, ARGE harcamaları ve patent başvuruları olmak üzere iki farklı göstere ile ölçülmüştür. Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) panel nedensellik testi sonuçlarına göre, teknolojik gelişme ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin kullanılan göstereye göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Teknolojik gelişme ARGE harcamaları ile ölçüldüğünde, ARGE harcamaları ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığı kanıtlanmıştır. Teknolojik gelişme patent başvuruları ile ölçüldüğünde ise ekonomik büyümeden teknolojik gelişmeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Teknolojik Gelişme, Panel Nedensellik, Ekonomik Büyüme, G7 Ülkeleri.

Abstract

The aim of this study is to examine the causal relationship between technological development and economic growth in G7 countries over the period of 1996-2018 using panel causality method. Technological development is measured by R&D expenditures and patent applications. Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) panel causality test results show that the causal relationship between technological development and economic growth differs by technology proxy. When the technological development is measured by R&D expenditures, the results provide support of a bi-directional causality. When the technological development is measured by patent applications, on the other hand, a uni-directional causality from economic growth to technological development is detected.

Keywords: Technological Development, Panel Causality, Economic Growth, G7 Countries.

EXTENDED SUMMARY

Research Problem

The aim of the study is to examine the causal relationship between technological development and economic growth in G7 countries over the period 1996-2018.

Research Questions

The research problem is to examine whether the causality between technological development and economic growth changes according to the technology variable.

Literature Review

Studies using the causality approach in the growth literature are shaped around four hypotheses. Growth hypothesis: There is a uni-directional relationship from technological development to economic growth (Genç and Atasoy, 2010; Josheski and Koteski, 2011; Türedi, 2016; Algan et al, 2017; Pradhan et al, 2017; Algan et al, 2017; Maradana et al, 2019). Conservation hypothesis: According to this hypothesis, there is a uni-directional causality from economic growth to technological growth (Pradhan et al, 2017; Algan et al, 2017; Çütçü and Bozan, 2019; Maradana et al, 2019). Feedback hypothesis: There is a bilateral relationship between technological development and economic growth (Wu and Zhou, 2007; Gülmez and Yardımcıoğlu, 2012; Türedi, 2016; Hong, 2017; Zaman et al, 2018; Maradana et al, 2019). In other words, technological development affects economic growth, which, in turn, affects technological development. Neutrality hypothesis: There is no causal relationship between technological development and economic growth (Tuna et al, 2015; Maradana et al, 2019).

Methodology

Emirmahmutoğlu and Köse (2011) causality test which yield effective results in heterogeneous panels with cross-section dependence is employed.

Results and Conclusions

The findings obtained from the causality analysis reveal that the nexus between technological development and economic growth differs according to technology proxy. The findings obtained from the model in which technology is measured by R&D expenditures indicate a bi-directional causality between technological development and economic growth. This finding is quite consistent with Wu and Zhou (2007); Gülmez and Yardımcıoğlu (2012); Türedi (2016); Pradhan et al. (2017); Hong (2017); Time et al. (2018); Maradana et al. (2019). When technological development is measured by patent applications, a uni-directional causality from economic growth to patent applications has been detected. This evidence is consistent with Algan (2017); Maradana et al. (2019), Çütçü and Bozan (2019). This finding, which proves the validity of the conservation hypothesis, shows that a change in economic growth leads to a change in patent applications. The R&D process of an invention until it reaches the patent application stage is quite costly. Generally, this process takes a long time. Therefore, the evidence that an increase in economic growth increases patent applications is an expected situation given the need for financing. The patenting of an invention and its impact on the real economy, although it varies from

country to country, takes a long time. In both models, a bi-directional causality has been determined between human capital and economic growth. This finding proves that the feedback hypothesis is valid.

1. GİRİŞ

Ekonomik büyümeyi etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden biri de teknolojik gelişmedir. Büyüme literatüründe teknolojik gelişmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi büyük ölçüde 1950’li yıllarda özellikle de Solow’un Neo-Klasik büyüme modeliyle (1956) birlikte dikkat çekmeye başlamıştır (Pradhan vd., 2020). Neo-Klasik teoriye göre; teknolojik dönüşüm kişi başına gelirden artışa yol açmakta, tasarruf ve yatırımları teşvik etmektedir. Buna bağlı olarak da reel Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) artmaktadır. Diğer bir deyişle ekonomik büyümeye neden olmaktadır. Dolayısıyla teknolojik gelişmenin durması halinde ekonomik büyüme de durmaktadır (Kesici Çalışkan, 2015).

Neo-Klasik iktisatçılar teknolojik yeniliğin ekonomik büyüme üzerindeki rolünü kabul etmekle birlikte, teknolojik gelişmeyi dışsal değişken olarak ele almaktadır. Dolayısıyla teknolojik gelişmenin kaynağını belirlemede başarısız olmaktadır (Zhou ve Luo, 2018). Neo-Klasik modelin bu eksikliğini gidermek amacıyla teknolojik gelişmeyi içsel olarak ele alan modeller ortaya atılmıştır (bkz Lucas, 1986; Romer, 1988). Bu bağlamda ortaya atılan ilk sistematik modellerden biri de Romer (1990)’nın içsel büyüme modelidir (Pradhan vd., 2020). Modelin üç temel varsayımı bulunmaktadır: (i) ekonomik büyüme sermaye birikiminin yanı sıra teknolojik ilerlemeden kaynaklanmaktadır; (ii) teknolojik gelişme, piyasa teşviklerine cevap veren özel firmaların bilinçli faaliyetlerinin bir sonucudur; (iii) teknolojik bilgi rakibi olmayan bir girdidir. (Grossman ve Steger, 2007). Bu modele göre, beşeri sermayeye yapılan yatırımların bilginin yayılma etkisi ve teknolojik ikame aracılığıyla ekonomik büyümeyi etkileyeceği ileri sürülmektedir. Diğer bir ifadeyle, yeni fikirlere yönelik araştırmaların ekonomik büyümenin temel belirleyicilerinden biri olan teknolojik gelişmeyi etkileyeceği kabul edilmektedir. Bu bağlamda, modelde kâr maksimizasyonu amacıyla hareket eden firmaların gerekli araştırma yatırımlarını yaptıkları varsayılmaktadır. Dolayısıyla, araştırma şirketlerinin yürüttüğü ARGE faaliyetlerinin bir sonucu olarak firmalar tarafından kullanılan girdi çeşitliliği zamanla artmaktadır. Özetle, içsel teknolojik gelişmenin temel anahtarı, kâr amacıyla yapılan ARGE faaliyetleri ve mevcut girdilerin verimliliğini artıran makina, patent veya yeni teknolojilere yönelik bilgi düzeyidir (Donou-Adonsou, 2019; Acemoğlu, 2007; Pradhan vd., 2020).

Yeni buluşların kârlılığını belirleyen temel faktör, ortaya çıkan ürün ya da teknolojiye yönelik piyasa büyüklüğüdür. Daha büyük bir piyasa hacmi kârı arttırmakta, inovasyonları ve buluşları daha cazip hale getirmektedir (Acemoğlu, 2007). Bu bağlamda çalışmanın temel amacı dünyanın en büyük on ekonomisi arasında yer alan G7 ülkelerinde teknolojik gelişme ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin 1996-2018 dönemine ilişkin verilerle incelenmesidir. Literatürde G7 ülkelerinde söz konusu ilişkiyi inceleyen çalışmaların sayısı göreceli olarak sınırlıdır (Josheski ve Koteski, 2011; Çütçü and Bozan, 2019). Kurulan modelde, bu çalışmalardan farklı olarak teknolojik gelişme ARGE harcamaları ve patent başvuruları olmak üzere iki ayrı gösterge ile ölçülmektedir. Söz konusu ilişkinin

kullanılan göstergeye göre değişiklik gösterip göstermediğinin test edilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca G7 ülkelerinde teknolojik gelişme ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini inceleyen çalışmalarda teknolojik gelişme değişkeni ile genişletilmiş Solow büyüme modeli kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada, teknolojik gelişmenin yanı sıra beşeri sermaye değişkeni de kurulan modele eklenerek içsel büyüme modeli çerçevesinde teknolojik gelişme-ekonomik büyüme ilişkisi ele alınıp literatürdeki eksiğin tamamlanması planlanmaktadır.

Çalışmanın beş bölümden oluşması planlanmaktadır. Giriş bölümünü takiben ikinci bölümde ilgili literatür incelenecek; üçüncü bölümde model ve veri seti ele alınacak; dördüncü bölümde ise metodoloji ve bulgular değerlendirilecektir. Son olarak da sonuç bölümü ile çalışma sonlandırılacaktır.

2.LİTERATÜR TARAMASI: NEDENSELLİK YAKLAŞIMI

Literatürde büyüme ile teknolojik gelişme arasındaki ilişkiyi ele alan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar birbirinden kullanılan yöntem, incelenen ülke/ülke grubu açısından ayrılmaktadır. Bu başlık altında sadece teknolojik gelişme ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini ele alan çalışmalara yer verilecektir. Büyüme literatüründe nedensellik yaklaşımını kullanan çalışmalar dört hipotez etrafında şekillenmektedir:

- Büyüme hipotezi: Teknolojik gelişme ile ekonomik büyüme arasında tek yönlü bir ilişki bulunmaktadır. İlişkinin yönü teknolojik gelişmeden ekonomik büyümeye doğrudur.
- Koruma hipotezi: Bu hipoteze göre ekonomik büyümeden teknolojik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusudur.
- Geri besleme hipotezi: Teknolojik gelişme ve ekonomik büyüme arasında karşılıklı bir ilişki bulunmaktadır. Diğer bir deyişle, teknolojik gelişme ekonomik büyümeyi; ekonomik büyüme de teknolojik gelişmeyi etkilemektedir.
- Yansızlık hipotezi: Teknolojik gelişme ve ekonomik büyüme arasında nedensel bir ilişki bulunmamaktadır.

Tablo 1’de teknolojik gelişme ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi nedensellik yöntemi ile yukarıdaki dört hipotez çerçevesinde inceleyen çalışmalar özetlenmektedir. Tabloda teknolojik gelişmeyi ARGE harcamaları ve patent başvuruları ile ölçen çalışmalara yer verilmiştir.

Tablo 1. Literatür Özeti

ÇALIŞMA	DÖNEM	ÜLKE(LER)	BULGULAR
Wu ve Zhou (2007)	1953-2004	Çin	ARGE harcamaları ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensel bir ilişki tespit edilmiştir.
Genç ve Atasoy (2010)	1997-2008	34 Ülke	*ARGE harcamalarından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
Josheski ve Koteski (2011)	1963Q1-1993Q4	G7 Ülkeleri	*Patent başvurularından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
Gülmez ve Yardımcıoğlu (2012)	1990-2010	21 OECD Ülkesi	*ARGE harcamaları ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Tuna vd. (2015)	1990-2013	Türkiye	*ARGE harcamaları ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi yoktur.
Pradhan vd. (2016)	1961-2013	18 Euro Bölgesi Ülkeleri	*Kullanılan teknolojik gelişme göstergesine göre farklı sonuçlar elde edilmiştir.
Türedi (2016)	1996-2011	23 OECD Ülkeleri	*ARGE harcamaları ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. *Patent başvurularından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Pradhan vd. (2017)	1970-2016	32 Yüksek Gelirli OECD Ülkeleri	*Patent başvuruları ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. *Ekonomik büyümeden ARGE harcamalarına doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir.
Hong (2017)	1988-2013	Kore	*ARGE harcamaları ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir ilişkinin varlığı kanıtlanmıştır.
Algan vd. (2017)	1996-2015	Türkiye	*ARGE harcamalarından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. *Ekonomik büyümeden patent başvurularına doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Zaman vd. (2018)	1980-2011	Fen ve Sosyal Bilim Alanlarında En Fazla Araştırma Çıktısına Sahip 20 Ülke	*ABD, Çin, Birleşik Krallık, Japonya, Hindistan, İsviçre, Tayvan, İsveç ve Türkiye’de ARGE harcamaları ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
Maradana vd. (2019)	1989-2014	19 Avrupa Ekonomik Alanı Ülkeleri (EEA countries)	*Ülkeden ülkeye ve kullanılan teknoloji değişkenine bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte dört hipotezi de destekleyen bulgulara ulaşılmıştır.
Çütçü ve Bozan (2019)	1981-2016	G7 Ülkeleri (İtalya hariç)	*Ekonomik büyümeden patent başvurularına doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3. MODEL VE VERİ SETİ

Çalışmanın temel amacı, G7 ülkelerinde 1996-2018 periyoduna ait yıllık veriler aracılığıyla teknolojik gelişme ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin incelenmesidir. Bu çalışmada, bağımlı değişken olan reel GDP (y), teknolojik gelişmenin (td), fiziki sermayenin (k) ve beşeri sermayenin (h) bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır.

$$y=f(td, k, h) \quad (1)$$

Denklem (1)’deki fonksiyon cebirsel olarak panel veri formatında

$$\ln y_{it} = \beta_1 \ln td_{it} + \beta_2 \ln k_{it} + \beta_3 \ln h_{it} + v_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. 2 numaralı denklemde i ve t indisleri sırasıyla ülkeleri (i=1,.....7) ve zaman periyodunu (t= 1996,.....2018) simgelemektedir. Ülke-zaman spesifik etkiler ve rassal hata terimi sırasıyla v ve ε terimleri ile temsil edilmektedir. β₁, β₂ ve β₃ sırasıyla teknolojik gelişme, fiziki sermaye ve beşeri sermaye değişkenlerine ait eğim katsayısıdır. β₁ teknolojik değişimdeki %1’lik bir değişimin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini; β₂ fiziki sermayedeki %1’lik bir değişimin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini; β₃ ise beşeri sermayedeki %1’lik bir değişimin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini ölçmektedir. Modeldeki tüm değişkenler logaritmik formda kullanılmıştır.

Çalışmada teknolojik gelişme ARGE harcamaları ve patent başvuruları olmak üzere iki farklı gösterge kullanılarak ölçülmüştür. Kullanılan tüm değişkenler Dünya Bankası (Dünya Gelişim Göstergeleri- WDI) veri tabanından elde edilmiştir. Söz konusu değişkenlere ilişkin açıklamalar Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Değişkenler

Değişken	Gösterge
y	Reel GSYH (2010 sabit Amerikan doları fiyatlarıyla)
k	Gayri Safi Sabit Sermaye Oluşumu (2010 sabit Amerikan doları fiyatlarıyla)
h	Yükseköğrenim gören yetişkin sayısı (25-64 yaş aralığının yüzdesi olarak)
r&d	ARGE Harcamaları (GDP'nin yüzdesi olarak)
p	Patent Başvuruları

4.METODOLOJİ VE BULGULAR

4.1. Yatay Kesit Bağımlılık Testi

Panel veri, belirli bir periyotta ülkelerin, sektörlerin, firmaların vb. davranışlarını ele aldığı için söz konusu birimlerde korelasyon ilişkisi ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle uygulanacak nedensellik analizi yöntemi belirlenmeden önce seriler arasında yatay kesit bağımlılığının olup olmadığının test edilmesi gerekmektedir (Bai ve Kao, 2006; Topcu ve Coban, 2017). Bu amaçla çalışmada panel veri yönteminde kullanılan yatay kesit bağımlılık testlerinden Peseran (2004) CD testi tercih edilmiştir. Denklem 3’de, CD testinin matematiksel gösterimi yer almaktadır.

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (\hat{\rho}_{ij}) \right) \quad (3)$$

Denklemden T zaman periyodunu, N ülke sayısını, $\hat{\rho}_{ij}$ ise hata terimlerinin ikili korelasyonunun örneklem tahminini ifade etmektedir. Tablo 3’de CD testi sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 3. CD Testi Sonuçları

H ₀ : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.		
lny	lnk	lnh
16.38***	4.66***	4.32***

Not: *** %1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 3’e göre “yatay kesit bağımlılığı yoktur” şeklinde kurulan boş hipotez tüm değişkenler için %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir. Dolayısıyla değişkenler arasında yatay kesit bağımlılığı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

4.2. Birim Kök Testi

Yatay kesit bağımlılığının olduğu bir durumda, bu bağımlılığı dikkate alan ikinci nesil birim kök testlerinin kullanılması daha tutarlı sonuçlar vermektedir. Dolayısıyla çalışmada panel veri ekonometrisinde sıklıkla kullanılan ikinci nesil (yatay kesit bağımlılığını dikkate alan) birim kök testlerinden Peseran (2007) CIPS testi kullanılmıştır. Denklem 4’de CIPS testinin matematiksel ifadesine yer verilmektedir.

$$CIPS(N, T) = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (4)$$

Denklem 4’de yer alan CIPS (N, T) ve ti (N, T) terimleri sırasıyla Im, Pesaran ve Shin (2003) tarafından geliştirilen IPS testinin yatay kesitle geliştirilmiş şeklini ve yatay kesitle geliştirilmiş Dickey Fuller (CADF) istatistiğini temsil etmektedir. Tablo 4’de CIPS testinin sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 4. CIPS Birim Kök Testi Sonuçları

Ho: Seriler birim kök içermektedir (durağan değildir)		
Düzy	1. Fark	Düzy
-1.747	-2.332**	-1.747
-1.556	-2.562**	-1.556
-0.127	-2.212**	-0.127
-1.636	-2.650***	-1.636
-0.502	-2.465**	-0.502

Not: *** ve ** sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir. Tahminler sabit terim içermektedir. Gecikme uzunluğu 3 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4’e göre, değişkenlerin seviye değerlerinde “seriler birim kök içermektedir” boş hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla serilerin düzeylerinde durağan olmadığı tespit edilmiştir. Değişkenlerin birinci farkları alındığında ise boş hipotez fiziki sermaye değişkeninde %1 anlamlılık düzeyinde, diğer değişkenlerde ise %5 anlamlılık düzeyinde reddedilebilmektedir. Bu bulgu serilerin birinci farkları alındığında birim kök içermediğini (durağan olduğunu) göstermektedir.

4.3. Panel Nedensellik Testi

Çalışmada, yatay kesit bağımlılığının olduğu durumlarda daha etkin ve tutarlı sonuçlar veren Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) Granger panel nedensellik testi uygulanmıştır. Ayrıca bu yaklaşımda değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisinin olup olmadığının test edilmesi gerekli değildir. Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) heterojen panellerde aşağıdaki VAR modelini tahmin etmektedir:

$$x_{i,t} = \mu_i^x + \sum_{j=1}^{k_i+dmax_i} A_{11,i,j} x_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{k_i+dmax_i} A_{12,i,j} y_{i,t-j} + u_{i,t}^x \quad (5)$$

$$y_{i,t} = \mu_i^y + \sum_{j=1}^{k_i+dmax_i} A_{21,i,j} x_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{k_i+dmax_i} A_{22,i,j} y_{i,t-j} + u_{i,t}^y \quad (6)$$

Denklemlerde dmaxi maksimum bütünlüşme derecesini göstermektedir.

Tablo 5. Panel Nedensellik Testi Sonuçları (Model 1)

Boş Hipotez	Test İstatistiği	Karar
Ho: lnr&d, lny'nin Granger nedeni değildir	12.044**	Ho: Ret
Ho: lny, lnr&d'nin Granger nedeni değildir	14.381**	Ho: Ret
Ho: lnk, lny'nin Granger nedeni değildir	37.457***	Ho: Ret
Ho: lny, lnk'nin Granger nedeni değildir	6.198	Ho: Kabul
Ho: lnk, lny'nin Granger nedeni değildir	18.382***	Ho: Ret
Ho: lny, lnk'nin Granger nedeni değildir	9.130*	Ho: Ret
Ho: lnr&d, lnk'nin Granger nedeni değildir	6.270	Ho: Kabul
Ho: lnk, lnr&d'nin Granger nedeni değildir	3.214	Ho: Kabul
Ho: ln r&d, lnk'nin Granger nedeni değildir	9.766*	Ho: Ret
Ho: lnk, lnr&d'nin Granger nedeni değildir	4.081	Ho: Kabul

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini simgelemektedir. Gecikme uzunluğu Schwarz Bayesyen bilgi kriteri (SBC) göz önüne alınarak belirlenmiştir. VAR sistemindeki maksimum bütünlüşme derecesi (dmax) ADF birim kök testi kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 5 teknolojik gelişmenin ARGE harcamaları ile ölçüldüğü Model 1'e ilişkin nedensellik analizi sonuçlarını göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre, Model 1'de teknolojik gelişme ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusudur. Beşeri sermaye ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir ilişki tespit edilirken; sermaye birikiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi gözlemlenmiştir. Modelde ARGE harcamaları ile sermaye birikimi arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. ARGE harcamalarından beşeri sermaye birikimine doğru ise tek yönlü nedensel bir ilişki elde edilmiştir.

Tablo 6. Panel Nedensellik Testi Sonuçları (Model 2)

Boş Hipotez	Test İstatistiği	Karar
H ₀ : lnp, lny'nin Granger nedeni değildir	7.724	H ₀ : Kabul
H ₀ : lny, lnp'nin Granger nedeni değildir	18.276***	H ₀ : Ret
H ₀ : lnk, lny'nin Granger nedeni değildir	12.450**	H ₀ : Ret
H ₀ : lny, lnk'nin Granger nedeni değildir	9.519**	H ₀ : Ret
H ₀ : lnh, lny'nin Granger nedeni değildir	10.224**	H ₀ : Ret
H ₀ : lny, lnh'nin Granger nedeni değildir	17.013***	H ₀ : Ret
H ₀ : lnp, lnk'nin Granger nedeni değildir	5.797	H ₀ : Kabul
H ₀ : lnk, lnp'nin Granger nedeni değildir	18.97***	H ₀ : Ret
H ₀ : lnp, lnh'nin Granger nedeni değildir	4.508	H ₀ : Kabul
H ₀ : lnh, lnp'nin Granger nedeni değildir	3.320	H ₀ : Kabul

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini simgelemektedir. Gecikme uzunluğu Schwarz Bayesyen bilgi kriteri (SBC) göz önüne alınarak belirlenmiştir. VAR sistemindeki maksimum bütünleşme derecesi (dMAX) ADF birim kök testi kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 6'ya göre, Model 2'de teknolojik gelişme patent başvuruları ile ölçüldüğünde; ekonomik büyümeden patent başvurularına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Hem “sermaye birikimi ile ekonomik büyüme” arasında hem de “beşeri sermaye ve ekonomik büyüme” arasında çift yönlü nedensel bir ilişki gözlemlenmiştir. Ayrıca sermaye birikiminden patent başvurularına doğru tek yönlü bir nedensellik söz konusu iken; beşeri sermaye birikimi ile patent başvuruları arasında nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir.

5. SONUÇ

Teknolojik gelişmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi Neo-Klasik (Solow) büyüme modelinden günümüze dikkat çeken bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. 2018 yılında ekonomi alanındaki Nobel ödülünü “teknolojik değişimin ekonomik büyüme üzerindeki” etkisini incelediği çalışmasıyla David Romer'in alması konunun güncelliğini gözler önüne sermektedir. Bu bağlamda, çalışmanın temel amacı G7 ülkelerinde teknolojik gelişme ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin tespit edilmesidir. 1996-2018 döneminin incelendiği çalışmada panel nedensellik metodolojisinden faydalanılmıştır.

Nedensellik analizinden elde edilen bulgular, teknolojik gelişme ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin kullanılan göstergeye göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Teknolojinin ARGE harcamaları ile ölçüldüğü Model 1'den elde edilen bulgular, teknolojik gelişme ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensel bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur. Diğer bir ifadeyle, geri

besleme hipotezinin geçerliliği ispatlanmıştır. Bu bağlamda, teknolojik gelişme ekonomik büyüme neden olmakta; ekonomik büyüme teknolojik gelişmeye yol açmaktadır. Teknolojik gelişmenin verimliliği artıran ve maliyetleri düşüren bir süreç olduğu dikkate alınırsa ekonomik büyümeyi artırması kaçınılmazdır. Diğer taraftan teknolojiye yapılan yatırımlar ve ARGE harcamaları yüksek maliyet içerdiği için teknolojik verimliliğin sürekliliğinin sağlanmasında ekonomik büyümedeki artışın tekrar teknolojiye yönlendirilmesi beklenen bir durumdur. Bu bulgu literatürdeki Wu ve Zhou (2007); Gülmez ve Yardımcıoğlu (2012); Türedi (2016); Pradhan vd. (2017); Hong (2017); Zaman vd. (2018); Maradana vd. (2019) çalışmalarıyla paralellik göstermektedir.

Teknolojik gelişme patent başvuruları ile ölçüldüğünde, ekonomik büyümeden patent başvurularına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Koruma hipotezinin geçerliliğini ispatlayan bu bulgu, ekonomik büyümenin patent başvurularının nedeni olduğunu göstermektedir. Bir buluşun patent başvurusu aşamasına gelinceye kadar geçirdiği ARGE süreci oldukça maliyetlidir. Genellikle bu süreç uzun bir zaman dilimine yayılmaktadır. Bu nedenle ekonomik büyümedeki artışın patent başvurularını artırması finansman ihtiyacı göz önüne alındığında olası bir durumdur. Bir buluşun patentinin alınması ve ülkeden ülkeye farklılık göstermekle birlikte reel ekonomide etkisinin görülmesi uzun bir zaman dilimine yayılmaktadır. Bu bulgu literatürdeki Algan (2017); Maradana vd. (2019); Cütücü ve Bozan (2019) çalışmalarıyla paralellik göstermektedir.

Her iki modelde de beşeri sermaye ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu bulgu geri besleme hipotezinin geçerli olduğunu ispatlamaktadır. “Yüksek öğrenim görme, mesleki ve teknik eğitim” gibi beşeri sermayeye yapılan yatırımlar uzun süren maliyetli bir süreci kapsamaktadır. ARGE ve patent faaliyetleri kalifiye emek istihdamını gerekli kılmaktadır. Özellikle yeni teknolojilere adaptasyonda beşeri sermaye kilit bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda beşeri sermayedeki artışların ekonomik büyüme yol açması, ekonomik büyümedeki artışın da beşeri sermayeyi artırması beklenen bir durum olarak değerlendirilebilir.

Model 1’de sermaye birikiminden ekonomik büyüme doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilirken; Model 2’de sermaye birikimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığı kanıtlanmıştır.

Çalışmadan elde edilen bulgular ışığında, ülkelerin teknolojik gelişmeye öncelik veren büyüme politikaları uygulamaları önem arz etmektedir. Bu bağlamda özellikle özel sektörün ARGE harcamalarını ve patent başvurularını destekleyen teşvik ve vergi indirimi gibi devlet politikalarının uygulanması önerilebilir. Ayrıca teknolojik gelişmedeki rolü de dikkate alındığında beşeri sermayeye yapılan yatırımlar büyüme politikalarının vazgeçilmez bir unsuru olmalıdır.

Gelecekte bu konu üzerinde çalışmayı planlayan araştırmacılar teknolojik gelişmeyi sektörel olarak ölçen farklı değişkenlerle yeni modeller kurabilirler. Böylece teknolojik gelişmenin sektörel büyüme üzerindeki etkisinin ölçüm yöntemine göre değişiklik gösterip göstermediğini tespit edebilirler.

Ayrıca ülkeler gelir gruplarına göre sınıflandırılarak söz konusu ilişkinin farklı gelir gruplarındaki etki düzeyi araştırılabilir.

KAYNAKÇA

- Acemoğlu, D. (2007). Introduction to Modern Economic Growth, <https://www.theigc.org/wp-content/uploads/2016/06/acemoglu-2007.pdf>.
- Algan N. Manga, M. ve Tekeoğlu, M. (2017). Teknolojik Gelişme Göstergeleri ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *International Conference on Eurasian Economies*, 332-338.
- Bai, J. ve Kao, C. (2006). *On the estimation and inference of a panel cointegration model with cross-sectional dependence*. In B. Baltagi (Ed.), *Contributions to economic analysis* (pp. 3–30). Amsterdam: Elsevier.
- Çalışkan Kesici, H. (2015). Technological change and economic growth. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 649 – 654.
- Çütçü, İ. ve Bozan, T. (2019). İnovasyon ve ekonomik büyüme ilişkisi: G7 ülkeleri üzerine panel veri analizi. *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 3(2), 289-310.
- Donou-Adonsou, F. (2019). Technology, education, and economic growth in sub-saharan Africa. *Telecommunications Policy*, 43(4), 353-360.
- Genç, M. C. ve Atasoy, Y. (2010). Ar&Ge Harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Panel veri analizi. *The Journal of Knowledge Economy & Knowledge Management*, 5, 27-34.
- Emirmahmutoğlu, F. ve Köse, N. (2011). Testing for granger causality in heterogeneous mixed panels. *Economic Modelling*, 28, 870-876.
- Grossmann, V. ve Steger, T. M. (2007). Growth, Development, and Technological Change. IZA Discussion Papers 2558, Institute of Labor Economics (IZA).
- Gülmez, A. ve Yardımcıoğlu, F. (2012). OECD Ülkelerinde Ar-Ge harcaması ve ekonomik büyüme ilişkisi: Panel eşbütünleşme ve panel nedensellik analizi (1990-2010). *Maliye Dergisi*, 163, 335-353.
- Hong, J-P. (2017). Causal Relationship Between ICT R&D Investment and economic growth in Korea. *Technological Forecasting and Social Change*, 116, 70-75.
- Im, K. S., Pesaran, M. H. ve Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in Heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74.
- Josheski, D. ve Koteski, C. (2011). The causal relationship between patent growth and growth of GDP with quarterly data in the G7 countries: Cointegration, *ARDL and Error Correction Models*. MPRA Paper No. 33153.
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of the economic developments. *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Maradana, R. P., Pradhan R. P., Dash, S., Zaki, D. B., Gaurav, K., Jayakumar, M. ve Sarangi, A. K. (2019). Innovation and Economic Growth in European Economic Area Countries: The Granger Causality Approach. *IIMB Management Review*, 31(3), 268-282.
- Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests For Cross Section Dependence in Panels. Cambridge Working Papers in Economics No. 0435, University of Cambridge.
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312.

- Pradhan, R. P., Arvin, M. B., Hall, J. H. ve Nair, M. (2016). Innovation, financial development and economic growth in eurozone countries. *Applied Economics Letters*, 23(16), 1141-1144.
- Pradhan, R. P., Arvin, M. B., Bahmani, S. ve Bennett, S. E. (2017). The innovation-growth link in OECD countries: Could other macroeconomic variables matter?. *Technology in Society*, 51, 113-123.
- Pradhan, R. P., Arvin, M. B., Nair, M. ve Bennett, S. E. (2020). The dynamics among entrepreneurship, innovation, and economic growth in the Eurozone countries. *Journal of Policy Modeling*, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2020.01.004>.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *The Journal of Political Economy* 94(5), 1002-1037.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Topcu, M. ve Çoban, S. (2017). Financial Development and firm growth in Turkish manufacturing industry: Evidence from heterogeneous panel based non-causality test. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 30(1), 1758-1769.
- Tuna, K., Kayacan, E. ve Bektaş, H. (2015). The relationship between research & development expenditures and economic growth: The case of Turkey. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 501-507.
- Türedi, S. (2016). The relationship between R&D expenditures, patent applications and growth: A dynamic panel causality analysis for OECD countries. *Anadolu University Journal of Social Sciences*, 16(1), 39-48.
- Wu, Y. ve Zhou, L. (2007). Cointegration and Causality Between R&D Expenditure and Economic Growth in China: 1953-2004. *In International Conference on Public Administration*, 76, 869-876.
- Zhou, G. and Luo, Z. (2018). Higher education input, technological innovation, and economic growth in China. *Sustainability*, 10, 2615; doi:10.3390/su10082615.
- Zaman, K., Khan, H. U. R., Ahmad, M. ve Aamir, A. (2018). Research productivity and economic growth: A policy lesson learnt from across the globe. *Iranian Economic Review*, 22(3), 627-641.