

Ar-Ge Harcamaları İle Ekonomik Büyüme İlişkisinin İncelenmesi: G-8 Ülkeleri Örneği

Ayşe Eryer¹

Özet

İktisadi büyüme dünyadaki bütün ülkeler için ekonomik, sosyal, kültürel anlamda önem taşımaktadır. Küreselleşme sürecinin yaşanması ile beraber uluslararası sınırların ortadan kalkması, iktisadi dönüşümlerin yaşanması ekonomik büyümenin belirleyicilerinin de değişimini gündeme getirmiştir. Özellikle ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin temel belirleyicilerinden biri olan ekonomik büyümenin sağlanmasında teknolojik gelişmeler etkin bir rol oynamaktadır. Teknolojik gelişmeleri ortaya çıkaran etmenlerden biri de Ar-Ge faaliyetleri olduğu için ekonomik büyümenin sağlanmasında, sürdürülebilir olmasında Ar-Ge harcamaları önem teşkil etmektedir. Bu kapsamda bu çalışmada G-8 ülkelerinde Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi 1996-2021 dönemi veri seti kullanılarak panel veri analizi yöntemiyle incelenmiştir. Elde edilen bulgularda değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca söz konusu dönemde ekonomik büyümeden Ar-Ge harcamalarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu belirlenmiştir.

1. GİRİŞ VE TEORİK ÇERÇEVE

Ülkeler arasındaki rekabet ve üstünlük mücadelesi, tarihsel perspektiften bakıldığında önceleri savaşlarla şekillenirken, günümüz şartlarında iktisadi, sosyal, teknoloji ve yenilik alanlarında meydana gelen gelişmeler sayesinde şekillenmektedir. Sürdürülebilir bir ekonomik büyüme için ülkelerin teknolojik gelişmeleri, yenilikleri dikkate almaları gerekmektedir.

Teknoloji, dünyadaki bütün ülkelerin ekonomik olarak gelişmesinde tek başına önemli bir rolü olsa da artık ülkeler için teknoloji ile beraber yeniliğin de

1 Dr., Bağımsız Araştırmacı, ayse_zabun46@hotmail.com , <https://orcid.org/0000-0002-6556-1605>

ihtiyaç haline geldiği belirtilmektedir (Aydoğan, 2015). Zira, rekabet ortamında öne çıkmamanın en etkili yollarından biri de yenilik olarak görülmektedir. Teknoloji ve yeniliğin, ekonomide katma değer oluşturarak ekonomik büyümeye katkıda bulunacağı ifade edilmektedir. (Kantarıcı, 2017).

Ar-Ge çalışmaları, teknolojik gelişmeler, yenilik, bilgi birikimi, beşeri sermaye, iktisadi gelişme üzerinde önemli bir etkiye sahip parametreler olarak görülmektedir. Günümüz koşullarında, az gelişmişliğin nedenlerini reel sermaye eksikliği ve finansal yetersizlikte arayan görüşler geçerliliğini artık kaybetmiştir. Artık az gelişmişliğin nedenleri olarak, güncel bilgilere ulaşamama, mevcut teknolojiyi etkin bir şekilde kullanamama ve beşeri sermaye eksikliği gibi faktörler gösterilmektedir (Berber, 2017). Bu bağlamda, inovasyon, teknolojik gelişim, Ar-Ge faaliyetlerine yönelik harcamalar ve ekonomik büyüme kavramları birbirinden ayrılmaz bir bütün olarak değerlendirilmektedir.

Kavramsal olarak Ar-Ge'ye bakıldığında, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD), Ar-Ge'yi "insanın toplumsal bir varlık olarak geliştirdiği bilgi birikimini artırmak ve bu bilgileri tasarlayarak uygulamaya koymak amacıyla yürütülen sistematik çalışmalar" şeklinde tanımlamıştır (OECD, 2002). Başka bir tanımda, yeni bir bilgi veya gelişmiş ürün biçiminde ortaya çıkan Ar-Ge, sistemli bir şekilde bilgi stokunun artırılması ve yeni üretim aşamalarının elde edilmesi için yaratıcı faaliyetler gerçekleştirilmesi biçiminde ifade edilmektedir (Guellec ve Potteire, 2001). Ülkeler genel olarak Ar-Ge faaliyetlerine yönelik bilgi sahibi olmak, ülkeler arası kıyaslama yapabilmek için bazı temel göstergelerden yararlanmaktadır. Bunlar Ar-Ge harcamaları, bilimsel yayın, patent başvuru sayısı, Ar-Ge personel sayısıdır. Bu çalışmada ekonomik büyüme ve Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişki tespit edileceğinden dolayı Ar-Ge harcamaları göstergesi ele alınmıştır.

İktisat literatüründe Ar-Ge ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki sıklıkla tartışılan konular arasında yer almaktadır. Bu ilişkiyi ele alan teorilerden ilki Neoklasik büyüme teorisidir. Solow'un geliştirmiş olduğu Neoklasik büyüme teorisinde teknolojiye meydana gelen değişim ve nüfus artışının, tasarruf, yatırım ve iktisadi büyüme üzerindeki etkisi ele alınmaktadır. Solow modeline göre nüfus artışı ile iktisadi büyüme arasındaki ilişkinin negatif yönlü olduğu belirtilmiştir. Ayrıca iktisadi büyümenin teknolojik gelişmeyi etkilemediği ancak teknolojik gelişmenin iktisadi büyüme etkilediği ele alınmıştır. Bu modelde teknoloji dışsal olarak kabul edilmektedir (Ertürkmen, 2023).

1980'li yıllardan sonra Romer ile başlamış olan, Aghion ve Howitt, Grossman ve Helpman, Barro, Arrow, Lucas, gibi iktisatçıları olduğu içsel büyüme iktisatçıları Ar-Ge ve yeniliğe dayanarak büyüme modeli önermişlerdir (Çetin ve Işık, 2014). Teknolojinin büyüme modellerinde dışsal kabul edilmesi, yakınsama olgusunun gerçekleşmemesi Neoklasik ekonomik büyüme modeline tepki oluşturmuştur. Dolayısıyla içsel büyüme modelleri gündeme gelmiştir (Gülmez ve Yardımcıoğlu, 2012). Bu büyüme modellerinde, teknoloji içsel

olarak kabul edilmiş, Ar-Ge ve beşeri sermaye yoluyla teknoloji içselleştirilmiştir (Genç ve Atasoy, 2010).

İşsel büyüme modelinin öncü teorisyenlerinden Romer(1986), teknolojik gelişmelerin iktisadi büyümenin merkezinde bulunduğunu ve teknolojideki yeniliklerin Ar-Ge faaliyetleri neticesinde meydana geldiğini ve sadece sermaye birikimi ile iktisadi büyümenin gerçekleşmeyeceğini savunmaktadır. Romer teknolojik gelişimi, ülkeler arasında oluşan gelişmişlik farkını minimize edecek etmen olarak ifade etmektedir (Romer, 1990).

Lucas ise, çalışmasında daha önce Solow tarafından hazırlanan modeli kapsamlı bir biçimde değerlendirmiş ve ekonomik büyüme üzerinde beşeri sermayenin etkisini incelemiştir. Beşeri sermaye Lucas modelinde iktisadi büyümenin temel kaynağı olarak görülmektedir (Lucas, 1988).

Arrow'un 1962 yılında ele aldığı "The Economic Implications of Learning by Doing" çalışmasında, yaparak öğrenme modeli ile iktisadi büyümeye katkı sağladığı savunulmaktadır (Kantarci, 2017). Arrow, teknolojik gelişmelerin genelinin firma içerisinde oluştuğunu savunmaktadır. İşçilerin zaman içerisinde yaptıkları işi daha iyi öğrendikleri belirtilmiş ve zamanla maliyetlerde azalma yaşanacağı ifade edilmiştir (Oğuztürk, 2003). Arrow'a göre, fiziksel sermaye yatırımlarının desteklenmesi sonucunda ulaşılan bilgi ve deneyim, iktisadi büyümeye etki edecek, uzun vadede sürdürülebilir iktisadi büyümenin elde edileceği savunulmaktadır (Çiftçi, 2008).

Bir diğer büyüme modeli olan Barro'nun 1990 yılında ele aldığı "Kamu Harcamaları Modelinde" ise, kamu harcamalarının iktisadi büyüme üzerindeki etkisine yönelik görüşlerin olduğu belirtilmektedir. Barro işsel büyüme modeline kamu harcamalarını eklemiştir. Ayrıca verimli alanlara yapılacak kamu harcamaları ve yatırımların iktisadi büyümeye olumlu katkısının olacağı savunulmuştur (Erdoğan ve Canbay, 2016).

Ar-Ge' faaliyetlerine odaklı işsel büyüme modellerinde, iktisadi büyümenin sürdürülebilirliği için temel olan unsurun Ar-Ge sektörüne bağlı olduğu belirtilmektedir. Ar-Ge ile gelişme ve büyüme gösteren eğitim, teknoloji, finans, sağlık gibi alanların desteklenmesinin gerekli olduğu ifade edilmektedir. (Bozkurt, 2007). Romer(1989), Grosman ve Helpman(1991) ve Aghion ve Howitt(1992) tarafından geliştirilen bu modellerde de Ar-Ge harcamalarının süreklilik arz etmesi halinde iktisadi büyümede de artışların olacağı ifade edilmektedir.(Göçer, 2013).

Sonuç olarak genel bir değerlendirme yapılacak olursa, teknolojik gelişmelerin, Ar-ge faaliyetlerinin iktisadi büyüme üzerinde olumlu etkilerinin olduğu görülmektedir. Endüstri 4.0 ile yeni teknolojik gelişmelerin yaşandığı ve yaşanmaya devam ettiği bu çağımızda Ar-Ge faaliyetlerinin öneminin daha da arttığı görülmektedir. Bu bağlamda Ar-Ge harcamaları ile iktisadi büyüme arasındaki ilişkinin ortaya koyulması önem teşkil etmektedir.

Bu kapsamda bu çalışmada G-8 ülkelerinde Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki 1996-2021 dönemi veri seti kullanılarak panel veri analizi yöntemiyle belirlenmeye çalışılmıştır. Literatürde Ar-ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ele çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde G-8 ülkelerini ele alan çalışmaların sayısının kısıtlı olduğu görülmektedir. Çalışmanın bu yönüyle literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmada öncelikle ilk bölümde giriş ve kısaca bir teorik çerçeve ele alınmıştır. İkinci bölümde konuya yönelik güncel literatür araştırmasına yer verilmiştir. Daha sonraki bölümde, veri seti ve model tanıtılarak ampirik metodoloji verilmekte ve analiz bulguları değerlendirilmektedir. Çalışma sonuç ve değerlendirme bölümü ile sonlandırılmaktadır.

2. KONUYLA İLGİLİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Romer (1986)'in içsel büyüme modelleriyle beraber, ekonomik büyüme ve Ar-Ge harcamaları ilişkisi alan yazında hem teorik hem de ampirik olarak yoğun bir şekilde tartışılan konular arasında yer almaktadır. Bu çalışmalar farklı zaman aralıklarında ve farklı yöntemlerle Ar-Ge ve Ekonomik büyüme ilişkisini ortaya koymaktadır. Genel olarak literatürde AB ülkelerinin, OECD ülkelerinin, gelişmekte olan ülke ve ülke gruplarının çalışıldığı görülmektedir. G-8 ülkelerinde yönelik çalışmaların sayısı oldukça kısıtlıdır. Çalışmanın bu yönüyle literatüre katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Çalışmanın bu bölümünde konuyla ilgili güncel çalışmalar Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Literatür İncelemesi

Yazar(lar)	Dönem/Ülke(ler)	Yöntem	Sonuç
Ynayun ve Mingqian(2004)	1994-2003/8 Asya Ülkesi	GMM analizi	Ar-Ge ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki var.
Yu-ming vd.(2007)	1953-2004/Çin	Eş bütünleşme ve Nedensellik analizi	Ar-Ge↔ EB
Yaylalı vd.(2010)	1990-2009/Türkiye	Nedensellik Analizi	Ar-Ge → EB
Gülmez ve Yardımcıoğlu(2012)	1990-2010/21 OECD ülkesi	Panel eş bütünleşme ve nedensellik analizi	Eş bütünleşme Var.
Ar-Ge↔ EB			
Güloğlu ve Tekin(2012)	1991-2007/13 OECD ülkesi	Panel Granger Nedensellik Analizi	Ar-Ge → EB
Doruk ve Söylenmez(2014)	2000-2007/22 Ülke	GMM metodu	Ar-Ge ve büyüme arasında pozitif bir ilişki söz konusudur.
Sadraoui vd.(2014)	1970-2012/ 32 endüstriyel ve gelişmekte olan ülke	Panel Nedensellik Analizi	EB→Ar-Ge
Bozkurt (2015)	1998-2013/Türkiye	VAR Analizi	EB→Ar-Ge
Gümüş ve Çelikay(2015)	1996-2010/52 Ülke	Panel Veri Analizi	Ar-Ge → EB

Göçer vd.(2016)	1990-2011/11 AB ülkesi	Panel veri analizi	Çalışmada Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki elde edilmiştir.
İnal vd.(2016)	Türkiye/1990-2013	Toda Yamamoto Nedensellik Analizi	EB→Ar-Ge
Taş vd.(2017)	Türkiye/2005-2015	Granger Nedensellik Analizi	EB→Ar-Ge
Szarowska(2017)	1995-2013/20 AB ülkesi	Panel Veri Analizi	
Ar-Ge → EB			
Kılıç ve İspiroğlu (2018)	1996-2015/15 Yükselen Piyasa Ekonomileri	Panel Veri Analizi	
Ar-Ge ↔ EB			
Börü ve Çelik(2019)	2004-2016/Türkiye	Granger Nedensellik Analizi	Ar-Ge → EB
Güneş (2019)	2000-2014/32 OECD ülkesi	Panel Veri Analizi	EB→Ar-Ge
Çütü ve Bozan(2019)	1981-2016/G-7	Panel Veri Analizi	EB→Patent
Das ve Mukherjee(2020)	1996-2017/10 Ülke	Panel Granger Nedensellik Analizi	Ar-Ge → EB
Canbay(2020)	1990-2016/Türkiye	ARDL Analizi	Kamu sektöründeki Ar-Ge harcamaları özel sektör Ar-Ge harcamalarına göre iktisadi büyümeyi daha fazla artırdığı sonucu elde edilmiştir.
Köse ve Gültekin (2020)	1996-2017/Seçilmiş OECD ülkeleri	Panel veri yöntemi	Ar-Ge → EB.
Dayanır vd.(2021)	1985-2018 /Japonya -ABD	Toda Yamamoto Nedensellik Analizi ARDL Sınır Testi	Bulgularda ABD'de değişkenler arasında uzun dönemli tek yönlü bir nedensellik ilişkisi elde edilirken, Japonya'da uzun dönemli ilişki elde edilememiştir. Ancak Japonya'da da tek yönlü bir nedensellik bulusunun varlığı tespit edilmiştir.
Ekinci vd.(2023)	2000-2020/35 OECD ülkesi	Panel veri analizi	Ekonomik büyüme ve Ar-Ge arasında pozitif bir ilişki var.

Çetin (2023)	1990-2021/Türkiye	ARDL Analizi	Elde edilen bulgularda kamu ve firmaların Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi pozitif olarak bulunurken, yükseköğretim kurumlarının Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi anlamsız olarak tespit edilmiştir.
Cinel ve Yamak(2021)	1990-2019/Türkiye	ARDL Sınır Testi	Çalışmada harcama ve sektör bazında uzun denemede Ar-Ge ekonomik büyümeyi etkilemektedir.

Not: Ar-Ge : Ar-Ge Harcamaları, EB: Ekonomik Büyüme

Tabloda da görüldüğü gibi ele alınan çalışmaların ortak sonucunda ekonomik büyüme ile Ar-Ge harcamaları arasında bir ilişkinin olduğudur.

3. METODOLOJİ VE AMPİRİK BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1 Veri seti ve Model

Bu çalışmada G-8 (Kanada, Almanya, Fransa, İtalya, Japonya, Rusya, ABD, İngiltere) ülkeleri için Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki panel veri analizi yöntemiyle test edilmesi amaçlanmaktadır.1996-2021 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışmada veri setine ait açıklayıcı bilgiler Tablo 2'de sunulmaktadır

Tablo 2. Değişkenlerin Açıklamaları

Değişkenler	Açıklamaları	Kaynak
LARGE	Logaritmik Ar-Ge harcamaları(%GSYH)	Dünya Bankası
LGSYH	Logaritmik kişi başı GSYH(2015 Sabit Fiyatlarla)	Dünya Bankası

Tablo 2'de açıklanan ve logaritmik dönüşümleri yapılan değişkenler ile oluşturulan çalışmanın modeli Denklem 1'de gösterilmiştir:

$$LGSYH_{it} = \alpha_{it} + \beta_{it}LARGE_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$i=(1....8)$ ve $t=(1996....2021)$ temsil etmektedir.

3.2 Metodoloji ve Ampirik Sonuçların Değerlendirilmesi

• Yatay Kesit Bağımlılık Testi ve Sonuçları

Çalışmada G-8 ülkelerinde Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla farklı ekonometrik testlerin kullanıldığı

aşamalı bir yöntem kullanılmıştır. Öncelikle birinci aşamada yatay kesit bağımlılık durumunun belirlenmesi gerekmektedir. Panel veri modellerinde yatay kesit bağımlılık durumunun belirlenmesi durumuna göre, kullanılacak tahminçiler belirlenmektedir. Yatay kesit bağımlılığı testi panel veri analizlerinde birim kök ve eş bütünleşme ilişkisi durumunda 1. kuşak ve 2. kuşak testler ile devam edileceğine karar verme konusunda öncü bir testtir (Ünal ve Atasel, 2021).

Yatay kesit bağımlılığının test edilmesinde bu çalışmada da $T > N$ olduğundan dolayı etkin sonuçlar veren Breusch –Pagan(1980)’nin geliştirdiği LM testinden yararlanılmıştır. Temel hipotezi “yatay kesit bağımlılığı yoktur” şeklinde kurulan Breusch Pagan LM testinin alternatif hipotezi ise “yatay kesit bağımlılık vardır” şeklinde kurulmaktadır. Testin fonksiyonel biçimde gösterimi ise şu şekildedir:

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_i^2 j \quad (2)$$

Şeklinde (Breusch-Pagan 1980). Bir diğer yatay kesit bağımlılık testi Pesaran(2004) CDLM testidir. Hem T hem de N boyutunun büyük olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Testin denklemi ise şu şekildedir.(Pesaran, 2004).

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (T \hat{\rho}_i^2 j - 1) \sim N(0,1) \quad (3)$$

Yatay kesit bağımlılığı panel veri analizlerinde önem teşkil etmektedir. Aksi halde analizler ve seçilecek yöntemler hatalı sonuçlar çıkarabilmektedir (Chudik ve Pesaran, 2013).

• Homojenlik Testi ve Sonuçları

Panel veri analizlerinde bir diğer önemli aşama ise homojenlik testidir. Birim kök, eş bütünleşme tahminlerinde ön koşul olarak değerlendirilmektedir. Heterojenlik testinin belirlenebilmesi için Swamy(1970) tarafından geliştirilen S testinin, geliştirilmiş halini Pesaran ve Yamagata(2008) önermiş olduğu Delta testi kullanılmaktadır. Temel hipotezi “Eğim katsayıları homojendir” şeklinde kurulmaktayken, alternatif hipotezi “eğim katsayıları heterojendir” şeklinde kurulmaktadır. Delta testi denklemleri ise aşağıda gösterilmektedir (Pesaran ve Yamagata, 2008).

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{n^{-1} \tilde{S} - k}{\sqrt{2K}} \right) \quad (4)$$

$$\hat{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \frac{N^{-1} \tilde{S} - k}{\sqrt{var(t, k)}} \quad (5)$$

Çalışmada kullanılan değişkenler için yapılan yatay kesit bağımlılık ve homojenite test sonuçları Tablo 3’te açıklanmaktadır.

Tablo 3 Yatay Kesit Bağımlılık Test Sonuçları

	LGDP	LARGE
	İst. Olasılık Değerleri	İst. Olasılık Değerleri
Breusch- Pagan(1980)	480.36 (0.000)*	234.65 (0.000)*
Pesaran CDLM (2004)	60.44 (0.000)*	27.61 (0.000)*
	Model için Yatay kesit Bağımlılık Testi	
Breusch-Pagan LM	234.1	0.000
Pesaran CDLM	12.89	0.000

Not : parantez içi değerler olasılık değerleridir. *, %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tabloda verilen Breusch Pagan LM testi ve Pesaran CDLM test sonuçları incelendiğinde G-8 ülkelerinde ilgili dönemde bütün değişkenlerde ve model bazında yatay kesit bağımlılığının olduğu görülmektedir. Çünkü olasılık değerleri %1 anlamlılık düzeyinden küçük çıkmıştır. Yatay kesit bağımlılığı yoktur şeklinde kurulan temel hipotez reddedilmiş ve alternatif hipotez kabul edilmiştir.

Tablo 4. Homojenlik Test Sonuçları

	LGDP=f(LARGE)	
	t-ist. Değeri	Prob. değeri
Delta Tilde	12.423	0.000*
Delta	13.208	0.000*

Not: *, %1 anlamlılık düzeyi

Tablo 4'te ise homojenlik test sonuçları gösterilmektedir. Bu tabloya göre de kurulan modelin heterojen olduğu ve analize dâhil edilmiş olan değişkenlerin etkisinin her ülkede aynı etki meydana getirmediği bulgusuna ulaşılmaktadır (Karaş, 2020). Tabloda da görüldüğü gibi delta testinin olasılık değerleri %1 anlamlılık düzeyinden küçük çıktığı için temel hipotez reddedilmekte ve alternatif hipotez kabul edilmektedir.

- **Yatay Kesit Genişletilmiş Im, Pesaran ve Shin (CIPS) Panel Birim Kök Testi**

Panel veri analizlerinde T boyutunun büyük olduğu durumlarda durağanlık analizleri önem teşkil etmektedir. Literatürde yatay kesit bağımlılık durumlarına göre panel birim kök testleri iki kategoride ele alınmaktadır. Yatay kesit bağımlılığının var olmadığı durumlarda 1. kuşak panel birim kök testleri kullanılırken, yatay kesit bağımlılığının var olduğu durumlarda da 2. Kuşak

panel birim kök testinin kullanıldığı belirtilmektedir (Ünal ve Atasel, 2021). Çalışmada yatay kesit bağımlılığı söz konusu olduğu için 2.kuşak birim kök testleri ile analize devam edilmiştir.

Bu çalışmada değişkenlerin durağanlık seviyelerini belirlemek için Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CADF testi kullanılmıştır. Bireysel değişkenlerin gecikmeli düzey ve 1. Fark değerlerinin yatay kesit ortalamalarını DF veya ADF regresyonuna faktörler ilave ederek yeniden genişletmiştir. Yatay kesit genişletilmiş Dickey Fuller (CADF) testi şeklinde nitelendirilmektedir. Bu testin hem $T > N$ hem de $T < N$ durumlarında kullanıldığı belirtilmektedir (Güloğlu ve İvrendi, 2010; Yerdelen Tatoğlu, 2020). CADF Birim kök testi, birim düzeyde durağanlık durumunu incelerken, CIPS testi panelin durağanlık durumunu analiz eder (Gençoğlu vd., 2020).

Çalışmada değişkenlere ait birim kök test sonuçları Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 6. CIPS Birim Kök Test Sonuçları

CIPS İstatistiği		
Değişkenler	Düzyey Değerler	1.fark Değerleri
LGDP	-2.080	-3.455
LARGE	-1.145	-4.205
Kritik Değerler		
%1	-2.57	
%5	-2.33	
%10	-2.21	

Tablo 6'ya göre çalışmada sabitli modelde ele alınan değişkenlerin düzeyde durağan olmadıkları görülmektedir. Çünkü hem LARGE değişkenin hem de LGDP değişkenin kritik değerleri CIPS istatistik değerlerinden mutlak değerce büyük çıkmıştır. Ancak değişkenlerin birinci farkı alındığında CIPS istatistik değerleri %1, %5 ve %10 güven düzeylerinde verilen değerlerden mutlak değerce büyük çıktığı için değişkenler durağan hale gelmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin $I(1)$ yani aynı birinci farkında durağan olduğu belirlenmiştir. Bundan sonra analize eş bütünleşme ilişkisi incelenerek devam edilecektir.

• Eş Bütünleşme Testi

Değişkenler arasındaki ilişki Westerlund (2007) tarafından geliştirilmiş olan hata düzeltme modeli grup eş bütünleşme testi ile araştırılmıştır. Westerlund (2007), hata düzeltme modeline dayalı dört adet eşbütünleşme testi önermektedir. Bu testlerin her biri için, temel hipotez olarak panel veride eşbütünleşmenin mevcut olmadığı varsayımı kabul edilmektedir. Westerlund'un önerdiği hata düzeltme çeşitliği ise aşağıdaki gibidir (Westerlund, 2007)

$$\Delta y_{it} = \delta'_i d_i + \alpha_i (Y_{it-1} - \beta'_i X_{it-1}) + \sum_{j=1}^{p_i} \phi_{ij} \Delta Y_{it-j} + \sum_{j=0}^{p_i} \gamma_{ij} \Delta X_{it-j} + e_{it} \quad (6)$$

6 numaralı denklem aşağıda yer alan dört temel test istatistiğinin test edilmesini sağlayacak etmenler içermektedir. α_i hata düzeltme katsayısı, Δ deterministik bileşenleri temsil etmekte, Y_{it} modelde bağımlı değişkeni, X_{it} bağımsız değişkeni, Δ ise birinci fark bileşenini temsil etmektedir (Westerlund, 2007; Tatoğlu, 2020).

6 numaralı denklemden hareketle önerilmiş olan grup ortalama istatistikleri şu şekildedir:

$$G_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\hat{\alpha}_i}{SE(\hat{\alpha}_i)} \quad (7)$$

$$G_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{T\hat{\alpha}_i}{\hat{\alpha}_i(1)} \quad (8)$$

(7) ve (8) numaralı denklemde yer alan grup istatistikleri için hipotezler; $H_0: \alpha_i = 0$ (bütün i'ler için), $H_0 = \alpha_i = \alpha < 0$ (en az bir i için) şeklinde kurulmaktadır. Test sonuçlarında H_0 temel hipotezin reddedilmesi yatay kesit birimlerinin en az birinde Eşbütünleşme ilişkisinin olduğunu göstermektedir (Nwani ve Adams, 2021). Pa ve Pt test istatistikleri ise şu şekilde gösterilmektedir:

$$P_t = \frac{\hat{\alpha}}{SE(\hat{\alpha})} \quad (9)$$

$$P_a = T\hat{\alpha} \quad (10)$$

(9) ve (10) numaralı denklemlerde yer alan bu iki test istatistiği grup istatistiklerinden farklı olarak bütün kesit birimlere ait bilgileri sunmaktadır. Başka bir ifade ile tamamı için eş bütünleşme ilişkisinin varlığı hesaplanmaktadır. Bu denklemlere ait hipotez testleri $H_0: \alpha_i = 0$ (tüm i'ler için), $H_0 = \alpha_i = \alpha < 0$ (tüm i'ler için) şeklinde kurulmaktadır (Nwani ve Adams, 2021). Westerlund (2007) eş bütünleşme test sonuçları Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7. Westerlund (2007) Eş Bütünleşme Testi Sonuçları

İstatistik	Değer	Z-Değeri	Olasılık Değeri
Gt	-3.627	-5.836	0.000*
Ga	-24.843	-9.207	0.000*
Pt	-12.270	-7.896	0.000*
Pa	-22.368	-11.103	0.000*

Not: *, %1 anlamlılık düzeyi

Tablo 7 Westerlund (2007) eş bütünleşme sonuçlarını göstermektedir. Westerlund (2007) eş bütünleşme test sonuçları hem heterojenlik hem de homojenlik varsayımına göre iki kategoride ele alınmaktadır. Homojenlik varsayımı ele alındığında bütün yatay kesit birimlere ait Pa ve Pt test istatistikleri yorumlanmakta, heterojenlik varsayımı altında da Ga ve Gt değerleri yorumlanmaktadır (Aytun ve Akın, 2014). Bu kapsamda Tablo 7'ye

bakıldığında hem heterojenlik hem de homojenlik varsayımı altında bütün test istatistiklerinin olasılık değerleri %1 anlamlılık düzeyinden küçük çıktığı için temel hipotez reddedilmiş, Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasında eş bütünleşme ilişkisinin olduğu sonucu elde edilmiştir.

• Nedensellik Analizi

Bu çalışma kapsamında, seriler arası nedensellik ilişkisini tespit etmek için Dumitrescu ve Hurlin (2012)'nin geliştirmiş olduğu yöntemden yararlanılmıştır. Bu nedensellik yönteminin avantajları arasında, yatay kesit bağımlılığını ve heterojenliği dikkate alabilmesi, $T > N$ veya $T < N$ olması durumunda uygulanabilmesi ile dengeli olmayan panel veri setlerinde de etkili sonuçlar üretebilmesi yer almaktadır. Ayrıca, bu testin bir başka özelliği, eşbütünleşik ilişkinin varlığı veya yokluğunda analiz yapabilmeye yeteneğidir (Alper ve Oransoy, 2015). Testin fonksiyonel gösterimi aşağıda gösterilmektedir (Dumitrescu ve Hurlin, 2012).

$$Y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k Y_i^{(k)} Y_{it-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^{(k)} X_{it-k} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Testin temel hipotezi nedensellik yoktur şeklinde kurulmakta, alternatif hipotezi ise en az bir nedensellik ilişkisi vardır biçiminde kurulmaktadır:

Bu çalışmada da yatay kesit bağımlılığı ve heterojenlik olduğu ve değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisi tespit edildiği için Dumitrescu & Hurlin (2012) panel nedensellik testi kullanılmıştır. Nedensellik analizi sonuçları Tablo 8'de gösterilmektedir.

Tablo 8. Dumitrescu Hurlin (2012) Nedensellik Analizi Sonuçları

Model	W istatistiği	Z istatistiği	p- değeri	
LAr-Ge→LGDP	1.0789	0.1578	0.8746	Nedensellik yok
LGDP→LAr-Ge	6.078	4.784	0.0000*	Nedensellik var

Not :*, %1 anlamlılık düzeyi

Tablo 8'de gösterilen nedensellik sonuçlarına göre, Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin elde edildiği görülmektedir. Bu ilişkinin yönü ekonomik büyümeden Ar-Ge'ye doğrudur. Bu sonuç Sadroouri vd .(2014), Bozkurt(2015), Taş vd.(2017), İnal vd.(2016), Güneş (2019), çalışmaları ile uyumluluk göstermektedir.

SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bilimsel araştırmalar ve teknolojiye meydana gelen gelişmeler son dönemlerde iktisadi büyüme performansının önem teşkil eden dinamikleri arasında yer almaktadır. Çünkü iktisadi büyüme kavramı bütün ülkeler için önem arz etmektedir. Bilim ve teknolojiye görülen gelişmeler, küresel

dünyada köklü değişimler meydana getirmiş ve ekonomik büyüme olgusunun farklılaşmasına imkan sağlamıştır. Emek yoğun teknolojiler yerine artık bilgiye dayalı teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum ise küresel ekonomide bilgi odaklı teknolojinin gelişimini hızlandırarak yenilik, Ar-Ge gibi kavramların daha popüler hale gelmesine neden olmuştur.

Ar-Ge faaliyetleri, teknolojik ilerlemenin temel kaynağını oluşturmaktadır. Yeni bir bilim veya gelişmiş ürün biçiminde meydana gelen Ar-Ge, sistemli bir şekilde bilgi stokunu yükseltmek ve yeni üretim aşamaları elde etmek amacı ile yaratıcı faaliyetler gerçekleştirmek biçiminde ifade edilebilmektedir. Teknolojinin verimli kullanılması durumunda oluşabilecek Ar-Ge faaliyetleri ile daha yüksek bir verimlilik elde edilmekte, ülke gelir seviyesi olumlu etkilenmekte ve ülke rekabet gücü artış göstermektedir. (Guellec ve Potterie, 2001).

Bu kapsamda bu çalışmada G-8 ülkelerinde ekonomik büyüme ve Ar-Ge arasındaki ilişki panel veri analizi yöntemiyle 1996-2021 dönemi için ele alınmıştır. Yapılan ampirik uygulamada değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Dumitrescu Hurlin(2012) nedensellik analizine göre de ekonomik büyümeden Ar-Ge harcamalarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi elde edilmiştir. Elde edilen bulgular literatür ile uyumluluk göstermektedir.

Sonuçta ister gelişmiş ister gelişmekte olan ülkeler olsun, ülkelerin gelişmişlik seviyelerinin artırılmasında Ar-Ge harcamalarının etkin bir rolünün olduğu görülmektedir. Ülkelerin ekonomik büyüme hızında gelişme gösterebilmeleri, ülkeler arası rekabet edebilmeleri için AR-Ge faaliyetlerini desteklemeleri gerekmekte, Ar-Ge harcamalarına gereken önemi vermeleri gerekmektedir.

Gelecek çalışmalarda teknolojik gelişmeyi sektörel bazda ölçerek farklı değişkenler kullanılarak, ülke-ülke grupları arasında kıyaslama yapılarak söz konusu ilişkinin etkinlik düzeyi incelenebilir ve politika yapıcılar için etkin politikalar önerilebilir.

KAYNAKÇA

- Alper, A. & Oransay, G. (2015). Cari Açık ve Finansal Gelişmişlik İlişkisinin Panel Nedensellik Analizi Ekseninde Değerlendirilmesi, *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 1(2), 73-85
- Aydoğan, E. (2015). Avrupa Birliği'ndeki Bölgelerde Ar-Ge Yatırımlarının İstihdam Üzerindeki Etkisi, T.C. Beykent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yönetimi Anabilim Dalı, Finans Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Aytun, C. & Akın, C. S. (2014), OECD Ülkelerinde Telekomünikasyon Altyapısı ve Ekonomik Büyüme: Yatay Kesit Bağımlı Heterojen Panel Nedensellik Analizi. *İktisat, İşletme ve Finans*, 29(340), 69-94.
- Berber, M. (2017). İktisadi Büyüme ve Kalkınma, Ekin Yayınevi, Bursa.

- Bozkurt, K. (2007), "İçsel Büyüme Modelleri Bağlamında Türk İmalat Sanayinde Teknolojik Gelişme ve Ekonomik Büyüme", *Finans, Politik-Ekonomik Yorumlar*, 44(513), 71-81.
- Bozkurt, C. (2015). R&D Expenditures and Economic Growth Relationship In Turkey, *International Journal Of Economics and Financial Issues*, 5(1), 188-198.
- Börü, M. K. & Çelik, D. (2019). Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları, İnovasyon ve Ekonomik Büyüme İlişkisi, *R&S - Research Studies Anatolia Journal*, 2(5), 196-206. <https://doi.org/10.33723/Rs.537587>
- Breusch, T. S. & Pagan, A. R. (1980). The Langrange Multiplier Test And Its Applications To Model Specification in Econometrics, *The Review Of Economic Studies*, 47(1), 239–253.
- Canbay, Ş. (2020). Türkiye’de Özel Sektör İle Kamu Sektörüne Ait Araştırma Ve Geliştirme (Ar-Ge) Harcamalarının Kişi Başına Düşen Gelir Üzerine Katkısı Bulunuyor Mu?, *Uluslararası Afro-Avryasya Araştırmaları Dergisi*, 5(10), 38-52.
- Chudik, A. & Pesaran, M. H. (2013). Common Correlated Effects Estimation of Heterogeneous Dynamic Panel Data Models With Weakly Exogenous Regressors. *Cesifo Working Paper* No. 4232. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2316329>
- Çetin, M., & Işık, H. (2014). Türkiye Ve Avrupa Birliği Ekonomilerinde Yenilikler Ve Ar-Ge’nin Teşviki: Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme, *Maliye Dergisi*, Sayı: 66, 75-94.
- Çetin, M.(2023). Sektörel Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Karşılaştırmalı Etkisi: Kısa Ve Uzun Dönemde Türkiye Örneği, *Akademik Hassasiyetler*, 10(21), 517-548.
- Cinel, E.A. & Yamak, R. (2021). Türkiye’de AR-GE Harcamaları İle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2019 *International Social Sciences Studies Journal*, 7(83), 2424-2439.
- Çütçü, İ. & Bozan, T.(2019). İnovasyon ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki:G-7 Ülkeleri Üzerine Panel Veri Analizi, *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 3(2), 289-310.
- Das, R. C., & Mukherjee, S. (2020). "Do Spending on R&D Influence Income? An Enquiry on the World’s Leading Economies and Groups", *Journal of the Knowledge Economy*, 11(4), 1295-1315.
- Dayanır, A., Durgun, B. & Durgun, F. (2021). Ar-Ge Harcaması, Patent ve Ekonomik Büyüme Bağlantısı: ABD ve Japonya Üzerine Karşılaştırmalı Bir Çalışma, *Journal of Emerging Economies And Policy*, 6(2), 72-80
- Dumitrescu, E. I. & Hurlin, C. (2012). Testing For Granger Non-Causality In Heterogeneous Panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460.

- Doruk, Ö. T. & Soylemezoglu, E. (2014). Gelişmekte Olan Ülkelerde Ar-Ge'ye Dayalı Büyümenin Varlığının Sınanması (Testing Of The Existence Of R&D Based Growth İn Developing Countries) (March 21, 2014). 1.Ulusal Üretim Ekonomisi Kongresi / 1st National Congress Of Production Economics.
- Ekinci, A., Koçak, Z. Ve Benli, M.(2023). OECD Ülkeleri Örneğinde Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi, *Sakarya İktisat Dergisi*, 12(2), 241-252.
- Erdoğan, S. & Canbay, Ş. (2016). İktisadi Büyüme Ve Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) Harcamaları İlişkisi Üzerine Teorik Bir İnceleme, *Muş Alparslan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(2),29-44.
- Erdoğan, M. (2020), Ar-Ge Yatırım Teşvikleri ve Teknoloji Geliştirme Merkezlerinin Ekonomik Kalkınmaya Etkisi, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi – Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ertürkmen, G.(2023). Cumhuriyet'ten Günümüze Türkiye'de İşsizlik ve Ekonomik Büyümenin Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik Yaklaşımı İle İncelenmesi, *Gaziantep Üniversitesi Journal of Social Sciences*, 339-354
- Gençoğlu, P., Kuşkaya, S. & Büyüknalbant, T. (2020). Seçilmiş OECD ülkelerinde sağlık harcamalarının sürdürülebilirliğinin panel birim kök testleri ile değerlendirilmesi, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*. DOI: 10.33630/ausbf.498440
- Göçer, İ. (2013), "Ar-Ge Harcamalarının Yüksek Teknolojülü Ürün İhracatı, Dış Ticaret Dengesi ve Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri", *Maliye Dergisi*, Sayı: 165, 215-240
- Göçer, İ., Alataş, S. & PEKER, O. (2016). Effects of R&D and Innovation on Income in EU Countries: New Generation Panel Cointegration and Causality Analysis, *Theoretical and Applied Economics*, 4(609),153-164
- Guellec, D. & Pottelsberghe, B. V. Potteire (2001). R&D and Productivity Growth: Panel Data Analysis of 16 OECD Countries. *OECD Economic Studies*, 2001(2), 103-126. Doi:10.1787/Eco_Studies-V2001-Art12-En
- Güloğlu, B. & İvrendi, M. (2008). Output fluctuations: transitory or permanent? the case of Latin America. *Applied Economics Letters*, 17(4), 1–6.
- Güloğlu, B. & Tekin, R. B. (2012). A Panel Causality Analysis of Relationship Among Research And Development, Innovation And Economic Growth in High-Income OECD Countries. *Eurasian Economic Review*, 2(1), 32-27.
- 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.

- Gümüş, E. & Celikay, F. (2015). R&D Expenditure and Economic Growth: New Empirical Evidence, *Margin: The Journal of Applied Economic Research*, 9(3), 205-217.
- Güneş, H.(2019). Ar-Ge Harcamaları İle Ekonomik Büyüme İlişkisi: OECD Ülkeleri İçin Panel Veri Analizi, *Sakarya İktisat Dergisi*, 8(2), 160-176.
- İnal, V., Altıntaş, N., & Çalışkan M. (2016). AR-GE Harcamalarının Ekonomik Büyüme Etkisi: Türkiye Özelinde Nedensellik Analizi, *Sakarya İktisat Dergisi*, 5(1), 34-47
- İspiroğlu, F. ve Kılıç, M.(2018). Araştırma-Geliştirme Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Yükselen Piyasalar Ekonomileri İçin Bir Uygulama, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 255-263.
- Kantarci, T. (2017). Ar-Ge ve Yeniliğin Gelişmekte Olan Ülkeler Bağlamında Makroekonomik Performans Üzerine Etkisi, Namık Kemal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Karaş, E.(2020). Wagner Kanunu'nun BRICS Ülkeleri Ve Türkiye Bazında Geçerliliğinin Sınanması, *Maliye Dergisi*, Ocak-Haziran, 178, 199-223.
- Köse, Z. & Gültekin, H. (2020). AR-GE Yatırımları Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı Ekonomik Büyüme İlişkisi Üzerine Bir İnceleme: Seçilmiş OECD Ülkeleri. *Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(2), 93-115.
- Lucas, R. E. (1988). On The Mechanics Of Economic Development, *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Nwani, C. & Adams, S. (2021). Environmental Cost of Natural Resource Rents Based on Production and Consumption Inventories Of Carbon Emissions: Assessing The Role Of Institutional Quality. *Resources Policy*. 74. 102282.
- OECD (2002). Araştırma ve deneysel geliştirme taramalar için önerilen standart uygulama, https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/2023-10/frascati_tr.pdf
- Oğuztürk, B.S. (2003). Yenilik Kavramı ve Teorik Temelleri, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, 8(2), 253-273.
- Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests For Cross Section Dependence in Panels. IZA Discussion Paper, (1240), 1-39
- Pesaran, M.H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in The Presence of Cross Sectional Dependence, *Journal Of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312
- Pesaran, H. M. ve Yamagata, T. (2008). Testing Slope Homogeneity in Large Panels, *Journal Of Econometrics*, 142, 50-93.
- Romer, P. M. (1986). "Increasing Returns and Long Run Growth", *Journal of Political Economy*, 94 (5), pp.1002-1037

- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*, (98), 71-102.
- Sadraoui, T., Ali, T. B. & Deguachi, B. (2014). Economic Growth and International R&D Cooperation: A Panel Granger Causality Analysis. *International Journal of Econometrics and Financial Management*, 2(1), 7-21
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to The Theory Of Economic Growth. *Quarterly Journal Of Economics*, (70), 65-94. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Swamy, P. (1970). Efficient Inference in a Random Coefficient Regression Model, *Econometrica*, 38(2), 311-323
- Szarowská, I. (2017). Does Public R&D Expenditure Matter for Economic Growth?, *Journal of International Studies*, 10(2), 90-103.
- Taş, Ş., Taşar, İ., & Açı, Y. (2017). AR-GE Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği. Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10(2), 178-187.
- Ünal, H. & Atasel, Y.(2021). Koordineli Piyasa Ekonomilerinde Tarım, Orman Alanları ve Enerji Tüketiminin Çevresel Kalite Üzerindeki Etkisi: Ampirik Bir Analiz, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, İİBF Dergisi*, 9(1), 319-337.
- Westerlund, J. (2007). Testing For Error Correction in Panel Data. *Oxford Bulletin Of Economics and Statistics*, 69, 709-748. <https://doi.org/10.1111/J.1468-0084.2007.00477.X>
- Yanyun, Z. & Mingqian, Z. (2004). R& D and Economic Growth: Panel Data Analysis İn ASEAN+3 Countries. In: *A Joint Conference Of AKES, RCIE, And KDI: Korea And The World Economy*, III, July 3-4, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea. (Accessed On 15.03.2018), <https://Faculty.Washington.Edu/Karyiu/Confer/Seoul04/Papers/Zhao.Pdf>
- Yaylalı, M., Akan, Y. ve Işık, C. (2010). Türkiye'de Ar&Ge Yatırım Harcamaları Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Eş-Bütünleşme ve Nedensellik İlişkisi: 1990-2009. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 5(2), 13-26
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2020). Panel Zaman Serileri Analizi: Stata Uygulamalı. Beta Yayıncılık
- Yu-Ming, W., Li, Z. & Jian-Xia, L. (2007). Co-integration and Causality Between R&D Expenditure And Economic Growth in China: 1953-2004. *International Conference On Public Administration*, 76, 869-876.