



## TEKNOLOJİK DEĞİŞİM VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: TÜRKİYE ÜZERİNE BİR UYGULAMA<sup>1</sup>

M. Akif KARA<sup>2</sup>  
Tuba AKSU<sup>3</sup>

### Öz

Bilginin üretimde kullanımı olarak ifade edilebilecek olan teknoloji, ekonomik verimlilik ve rekabetin en önemli unsuru olarak kabul edilmektedir. Teknolojik gelişimin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini açıklayan teoriler genel olarak Solow tarafından gündeme getirilen neo-klasik geleneğe dayanmakta ve bu teorilerde teknolojik gelişimin kaynağı dışsal varsayılmaktadır. 1980'li yılların sonlarından itibaren gündeme gelmeye başlayan içsel büyüme modellerinde ise büyümenin, ekonomik aktörlerin kâr maksimizasyonu kararlarının sonuçlandığı teknolojik değişimle içsel bir şekilde belirlendiği ifade edilmektedir. Türkiye ekonomisinde teknolojik gelişimin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini inceleyen bu çalışmada Dünya Bankası ve Türkiye İstatistik Kurumundan temin edilen ve 1990-2019 yıllarını kapsayan; Kişi Başına GSYH, Gayri Safi Sermaye Oluşumu, İşgücüne Katılım Oranı ve Ar-Ge Harcaması/GSYH verileri VAR ve Johansen Eşbütünleşme Analizi yöntemiyle test edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre teknolojik gelişme ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Teknoloji, Teknolojik Gelişim, Ekonomik Büyüme

**Jel Sınıflandırması:** O4, F43, Q55

### THE RELATIONSHIP BETWEEN TECHNOLOGICAL CHANGE AND ECONOMIC GROWTH: AN APPLICATION ON TURKEY

#### Abstract

Technology, which is defined as the use of knowledge in production, is accepted as the most important element of economic productivity and competition. The theories that explain the effect of technological development on economic growth is generally based on the neo-classical tradition brought forward by Solow, and according to these theories, the source of technological development is assumed to be external. In the endogenous growth models that have come to the fore since the late 1980s, it is stated that the growth is determined internally by the technological change that results from the profit maximization decisions of the economic actors. This study analyzes the effect of technological development on the economic growth in the Turkish economy for the period of 1990-2019 with GDP per Capita, Gross Capital Formation, Labor Force Participation Rate and R&D/GDP variables that were obtained from the websites of the World Bank and the Turkish Statistical Institute. According to the results of this study conducted with the VAR and Johansen Cointegration Analysis methods, it can be stated that technological development affects economic growth positively.

**Keywords:** Technology, Technological Development, Economic Growth

**Jel Classification:** O4, F43, Q55

<sup>1</sup>Bu çalışma "Teknolojik Değişimin Büyümeye Katkısı: Türkiye Örneği" isimli yüksek lisans tezinden oluşturulmuştur.

<sup>2</sup>Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İ.İ.B.F., İktisat Bölümü, [akifkara@ksu.edu.tr](mailto:akifkara@ksu.edu.tr), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6664-4755>

<sup>3</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İ.İ.B.F., İktisat Bölümü, [tubaksu94@gmail.com](mailto:tubaksu94@gmail.com), ORCID ID: <https://0000-0001-5365-5076>

**Atıf/To Cite:** Kara, M.A. & Aksu, T. (2022). Teknolojik Değişim ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama. *Journal of Economics and Research*, 3(2), 17-35.

## GİRİŞ

Ülkelerin zenginlik ve güç göstergesine tarihsel açıdan bakıldığında, öncelikle karşımıza nüfus, sonra değerli madenler, daha sonra tarım, son olarak ise teknoloji çıkmaktadır. Teknoloji insanoğlunun hayatında hep var olmuş, fakat insanoğlunun bunu fark edip kullanması 1800'lü yıllarda gerçekleşmiştir. 1760 yılında icat edilen buharlı makineler insanlığın hayatını birçok alanda etkilemiştir. Etkilediği alanlardan biri ise ekonomidir. Özellikle yeni ürünler ve üretim teknikleri birtakım kolaylıklar sağlarken, birçok değişikliğe de yol açmıştır. II. Dünya Savaşı sırasında kullanılan teknolojik silahlar, teknolojinin sadece askeri amaçlı olmayıp, ekonomi alanında da kullanılabileceği düşüncesini oluşturmuştur. Bu dönemde günümüzün gelişmiş ülkeleri teknoloji politikalarını uygulamaya sokmuşlardır. Ülkelerin uygulamış olduğu teknoloji politikalarına baktığımızda karşımıza; teknoloji transferleri, Ar-Ge yatırımları, vergi teşvikleri, sübvansiyonlar, teknopark (teknokent) uygulamaları, patent ve lisanslama anlaşmaları, ulusal ve bölgesel yenilik sistemleri çıkmaktadır.

Yeni ürün ve üretim tekniği (teknoloji) ekonomiyi sadece ürün ve üretim konusunda değil, işgücünden maliyetlere, verimlilikten dış ticarete, pazar yapısından üretici ve tüketici faydalarına kadar geniş bir yelpazede etkilemektedir. Uygulanan teknoloji politikaları ve ekonomik büyüme için teknolojinin önemli olduğu düşüncesi 1980'li yıllarda ekonomi literatürüne içsel büyüme modelleriyle girmiştir. Bu modellerin temelinde teknoloji, ekonomik büyümeyi oluşturan emek, doğal kaynak, sermaye gibi içsel bir faktör olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada ise, içsel büyüme modellerinin ortaya koyduğu “teknolojik gelişim ekonomik büyümeyi pozitif olarak artırmaktadır” hipotezinden yola çıkılarak bu hipotezin doğruluğu Türkiye için test edilmiştir.

## 1. TEKNOLOJİK GELİŞİMİN EKONOMİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Teknoloji ve insanoğlu yüzyıllar boyunca etkileşim içinde olmuştur. Bu etkileşim tarım devriminden başlayıp günümüze kadar uzanarak eğitimden sosyal hayata, ekonomiden sağlığa kadar pek çok alanı etkisi altına almış ve bilim alanında birçok değişim meydana getirmiştir (Algan vd., 2017: 332, Yeşilorman ve Koç, 2014: 117). Teknolojiyi her bilim dalı kendi bakış açısı ile değerlendirdiğinden evrensel bir tanımı bulunmamaktadır (Çiftçi, 2014: 58). İktisatçılar teknolojiye; üretimde girdi olarak kullanılan bilgi, organizasyon ve tekniklerin bütünü olarak bakarken, mühendisler ise, bir malın üretimini kolaylaştıran araçlar bütünü olarak görmektedirler (Algan vd., 2017: 333; Taban ve Kar, 2008: 275). En yalın haliyle teknoloji, bilginin üretimde kullanılmasıdır. Genel bir ifade ile teknoloji; mal ve hizmet üretiminde fizibilite aşamasından başlayarak tüketicinin eline ulaşana kadarki süreçte elde edilen katma değer artışı ve üretim aşamasında kullanılan bilginin bütünüdür (Ünsal, 2007: 191).

Teknolojik değişim, mal ve hizmet üretiminde kullanılan teknik, araç-gereç ve bilginin yerini yeni üretim tekniğine, araç-gerece ve yeni bilgiye bırakmasıdır. Teknolojik değişim üç saç ayağı üstüne kurulmuştur. Bu saç ayakları; buluş, yenilik ve yayılmadır (Ağır, 2010: 45). Buluş; yeni bir fikrin, üretim tekniğinin veya ürünün ortaya çıkarılmasıdır. Yenilik ise, ortaya çıkartılan buluşun piyasaya sürülmesi, ticarete konu edilmesidir. Yayıma ise, piyasaya sürülen buluşun tüketiciler tarafından benimsenip kullanılmaya başlanmasıdır (Taban ve Kar, 2008: 272).

Günümüzde teknoloji, bir taraftan firmalar için pazarda var olma gücüyken, diğer yönden ülkeler için gelişmişlik göstergesidir. Ülkelerin refah seviyesi, zenginliği ve gelişimi sahip oldukları teknoloji düzeyi ile bağlantılıdır (Ağır, 2010: 45). Gelişmiş ülkelerde

ekonomik büyümenin ve refahın kaynağı üç temele dayanmaktadır. Bunlar; yeni ürün veya teknolojik araçları icat etmek, yeni üretim tekniklerini kullanmak ve uygulamak, ulusal ve uluslararası piyasaya büyük ölçekli üretim yapmak ve yeni ürünleri piyasaya sürmektir (Aksu, 2018: 2638). Teknolojik gelişim ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki son yüzyılda önem kazanmıştır. İktisadi görüşlerin teknolojiye bakış açısını incelediğimizde, bu konunun öncülerinden olan Karl Marx, üretimde kullanılan emeğin azalmasına ve istihdam kaybına yol açması nedeniyle teknolojiye olumlu bakmamıştır. Marx'a göre teknoloji, işçileri makinelere karşı bir rekabete zorlayacaktır. Bu durum ise toplumsal rahatsızlığı beraberinde getirecektir. Bu sebeple, teknoloji sanıldığı gibi muazzam bir şey değildir (Marx, 2016: 68-92). Neo-klasik iktisadın ünlü temsilcilerinden Arrow teknolojik gelişimi, yaparak öğrenme kavramı ile ele almıştır. Arrow'a göre, yaparak öğrenme sonucunda kazanılan tecrübe ve teknoloji bilgi artışına yol açmaktadır. Arrow çalışmasında bilginin öneminden bahsederek, bilginin çıktısının ürünün çıktısından daha değerli olduğunu vurgulamıştır (Erdoğan ve Canbay, 2016: 34). Y yaparak öğrenme ile kazanılan tecrübe işgücüne beceri ve üretkenlik kazandırmaktadır. Y yaparak öğrenme teknolojik gelişmeyi, teknolojik gelişim ise verimliliği beraberinde getirecektir (Demir vd., 2006: 33). Solow teknolojiyi ekonomik büyümeyi etkileyen dışsal bir faktör olarak kabul etmiştir. Bunun nedeni ise, modelinde kullandığı üretim fonksiyonunun sabit getirili olmasıdır. Solow'a göre, üretim sürecine dâhil edilen girdide meydana gelen değişim kadar çıktıda aynı oranda değişim gerçekleşmelidir (Parasız, 2008: 144). Yani, ekonomi kararlı bir durum sergilemelidir. Solow modelinde, ekonomi kararlı durumdayken karşılaşılabileceği şoklar üzerinde de durmuştur. Bu şoklar; tasarruf, nüfus artışı ve teknolojik gelişimdir.

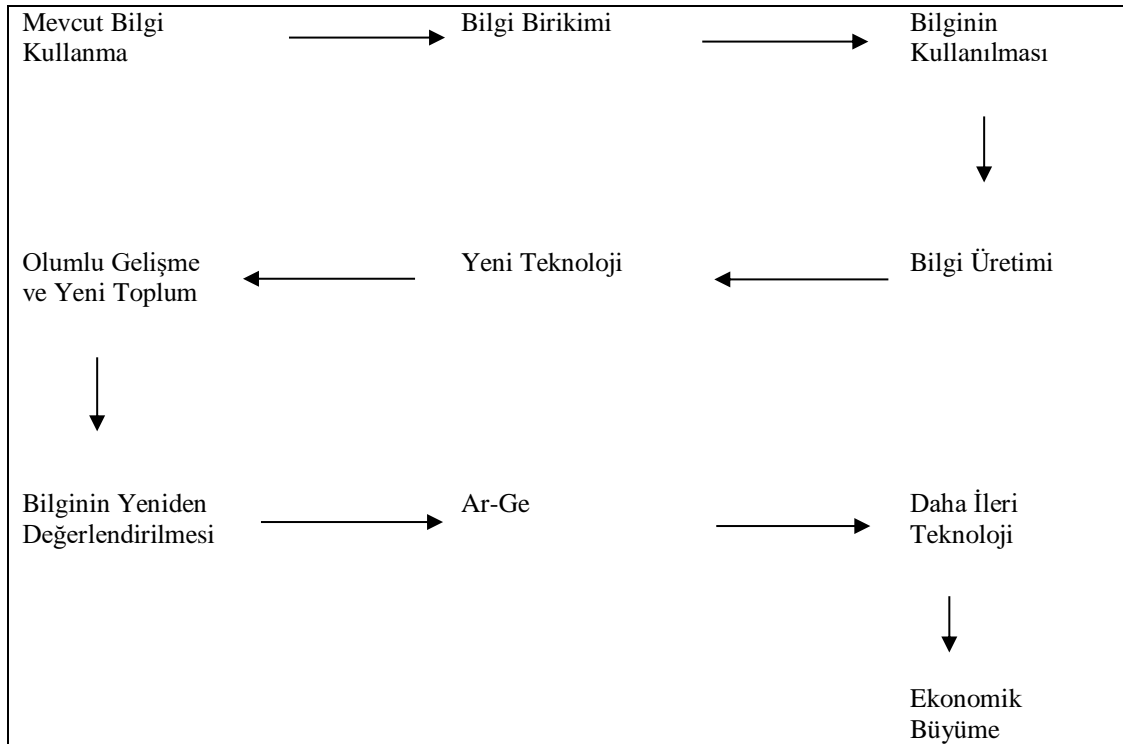
Teknolojik gelişime bir başka bakış açısı ise Schumpeter ile gerçekleşmiştir. Schumpeter ekonomik büyümenin temelinde yeniliğin ve araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) çalışmalarının olduğunu savunmuştur. Schumpeter'e göre, yenilik faaliyetlerini yapanlar küçük girişimciler değil, büyük Ar-Ge merkezleridir. Schumpeter'e göre yenilik kavramının temelinde taklit bulunmaktadır. Yeni bir ürün taklit edilerek üretildiğinde, ürüne yeni unsurlar katılabilmektedir (Lundvall, 2007: 10). Yenilik ise, piyasalara yaratıcı yıkımı veya yaratıcı birikimi getirmektedir. Eğer firma yenilik talebine cevap vermeyip, aynı ürünü üretmeye devam ederse, yeni ürünler karşısında pazar payını kaybeder, yani yaratıcı yıkıma maruz kalarak piyasadaki çekilmek durumunda kalır. Eğer firma yenilik talebine cevap vererek ürününü geliştirme ve değiştirme yoluna giderse piyasada var olmaya devam edecektir (Fikirli ve Çetin, 2017: 34).

Diğer yandan, içsel büyüme teorisyenleri tarafından teknoloji, ekonomik büyümeyi etkileyen önemli bir faktörler olarak görülmüştür. Romer, büyüme modelinin timeline Ar-Ge faaliyetlerini koymuştur. Romer'e göre Ar-Ge faaliyetleri sermaye birikimi sağlamaktadır. Bu durum çıktı miktarında artışa yol açmaktadır. Romer, Ar-Ge faaliyetlerini ortaya çıkartan faktörün kamunun vermiş olduğu teşvikler ve destekler olduğunu belirtmektedir. Teşvikler ve desteklerden yararlanmak isteyenler bilinçli Ar-Ge çalışmaları yapmaktadırlar (Romer, 1989: 1). Bu nedenle teknoloji, ekonomik büyümenin içsel bir değişkeni olarak görülmüştür. Lucas ise, teknolojik gelişim ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi beşerî sermaye kavramına dayandırarak açıklamıştır. Lucas, teknolojiyi kullanan işgücünün üretimde üretkenliği artırdığını iddia etmiştir. Lucas'a göre kamu, teknolojiye ve teknolojiyi kullanabilip, üretebilecek insan kaynağına önem vermelidir (Lucas, 1988: 17-18). Barro, ekonomik büyüme ve teknoloji arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu ileri sürmüş, teknolojik gelişimi sağlamanın yolunun kamu harcamalarını artırmaktan geçtiğini savunmuştur. Barro'ya göre araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin maliyetli olması sebebiyle özel sektör Ar-Ge çalışmalarına ve yeniliğe pek ilgilenmemektedir. Barro devlete Ar-Ge faaliyetlerini teşvik edecek, destekleyecek ve özendirilecek politikalar yapma görevi düştüğünü belirtmiştir (Barro, 1990: 104-106). Grossman ve Helpman ise, teknoloji ve

ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi dış ticaretle birlikte ele almışlardır. Üretilen her yeni ürün veya yenilik ticarete konu edilmiştir. Ar-Ge faaliyetlerine önem vermeyen veya yenilik üretemeyen ülkeler teknolojiye ulaşmak için teknoloji transfer etmektedirler (Erdoğan ve Canbay, 2016: 39).

Günümüz toplumları sosyal ve ekonomik gelişmeyi sağlayarak refah seviyesini yükseltmeyi amaçlamaktadırlar. Bu amaca ulaşmanın yolunun ise, üretilen mal ve hizmet miktarındaki sayısal artıştan geçtiği düşünülmektedir. Bu nedenle, üretim kapasitesindeki artışa önem verilmektedir. Teknolojik gelişimle birlikte değişen üretim yapısı; verimlilik, maliyet, girdi-çıkıtı gibi birçok alanı etkilemektedir. Teknolojik gelişimin sonucu olan yeni üretim yapısı, yeni üretim tekniklerini meydana getirerek bazı maliyet kalemlerini ortadan kaldırmakta, bu durum üretimde sayısal artışı sağlamaktadır (Gelgeç ve Hatırlı, 2018: 104).

Teknolojik gelişimin sonucu olan teknik bilgi üretime katıldığında girdi ve çıktı olarak çift yönlü kullanılmaktadır. Örneğin, bilişim teknolojilerinin gelişmesiyle bilişim ürünlerinde artış yaşanmıştır. Bilişim ürünlerinin sayısının artması ve kullanımının yaygınlaşması, üreticiyi daha kaliteli ve kullanışlı ürünler üretmeye itmiştir (Erdoğan, 2002: 18).



**Şekil 1: Teknolojiyle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki**

**Kaynak:** (İşevi vd., 2004: 41).

Şekil 1’de teknoloji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki anlatılmaya çalışılmıştır. Buna göre; bilginin kümülatif olması, kullanılabilir olması ve yeni bir mal ve hizmet ortaya çıkartması olumlu gelişmeler ortaya çıkartmıştır. Teknolojik gelişimin toplum tarafından benimsenmesi araştırma ve geliştirme faaliyetlerini ortaya çıkararak daha ileri teknolojiler yaratmıştır. Bütün bunlar ise ülkeye ekonomik büyüme olarak katkı sağlamıştır.

## 2. TÜRKİYE EKONOMİSİNDE TEKNOLOJİK GELİŞİM VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ

Türkiye’de teknolojiye 1960’lı yıllarda önem verilmeye başlanmıştır. Bu dönemde beşer yıllık kalkınma planları oluşturulmuştur. Birinci beş yıllık kalkınma planı bu dönemde hazırlanmıştır. Bu plan kapsamında Türkiye’de bilimsel araştırma ve geliştirme faaliyetlerini geliştirmek, yenilikleri ve bilim insanlarını desteklemek, bilimsel araştırma ve geliştirme faaliyetleri ve festivalleri düzenlemek, araştırma ve geliştirme çalışmalarını özendirmek ve bilimsel ve teknolojik çalışmaları koordine etmek amacıyla Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) kurulmuştur (TÜBİTAK, 1963). 1980’li yıllara gelindiğinde ilk kez teknoloji politikası oluşturma kararı alınmıştır. TÜBİTAK, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) iş birliği ve 300 bilim insanının katılımıyla Türk Bilim ve Teknoloji Politikası:1983-2003 isimli rapor hazırlanmıştır (Göker, 2001: 193). Bu rapor kapsamında ilk kez Türkiye’de Ar-Ge faaliyetlerinde görev yapan personel sayısı ve Ar-Ge harcamaları tespit edilmiş, uzun dönemli teknoloji hedefleri belirlenmiştir. 1993 yılında, Türk Bilim ve Teknoloji Politikası:1983-2003 raporundan çıkarılan dersler ile Türk Bilim ve Teknoloji Politikası: 1993-2003 isimli rapor oluşturulmuştur. Bu rapor kapsamında Ar-Ge/GSYH oranının %1 olması, özel sektörün Ar-Ge/GSYH oranının %30’a çıkartılması, Ar-Ge faaliyetlerinde tam zamanlı eşdeğer istihdam edilen personel sayısının %7’den %15’e çıkartılması hedeflenmiştir (Saatçioğlu, 2005: 194). Bu dönemde, araştırmacı ve vasıflı işgücüne iş imkânı yaratmak, ürün ve üretim yöntemi geliştirmek ve teknolojik bilginin ticarileştirilmesinin yanı sıra, ayrıca teknoloji yatırımlarını geliştirmek amacıyla teknoparkların kurulmasına başlanmıştır. 1995 yılına gelindiğinde ise, Türkiye yedi atılım alanı belirlemiş ve bu alanlarda çalışmalar sürdürmeyi hedeflemiştir (TÜBİTAK, 1997: 17).

- Enformatik toplum yapısını inşasını sağlayacak olan Ulusal Enformasyon Şebekesi ve Telematik Hizmetler Ağının kurulması,
- Sanayi sektörüne esnek üretim yapısının ve esnek otomasyon teknolojilerinin entegre edilmesi,
- Ulaşım alanında önemli bir yeri olan hızlı tren teknolojisinin benimsenmesi ve raylı sistemlerin kullanımının yaygınlaştırılması,
- Uzay ve havacılık teknolojilerinin savunma sanayinde kullanılması,
- Geleceğin konularından olan gen mühendisliği, biyoteknoloji alanlarında araştırma ve geliştirme faaliyetleri üzerinde durulması,
- Küresel iklim kriziyle mücadele etmek amacıyla çevre dostu teknolojiler üretilmeli,
- İleri malzeme teknolojilerinde diğer atılım alanlarını destekleyici yönde Ar-Ge ve uzantısındaki sınıî yatırımlar.

2000’li yıllara kadar uygulanan teknoloji politikasında amaç, ulusal yenilik sistemini oluşturmak ve bu sistemin etkin bir şekilde çalışmasını sağlamak olmuştur. 2000’li yıllara gelindiğinde ise, Bilim ve Teknoloji Uygulama Planı: 2005-2010, Vizyon 2023, Ulusal Bilim, Teknoloji ve Yenilik Sistemleri (UBTYS): 2011-2016, Bilim, Teknoloji ve İhtisas Komisyon Raporu gibi bilim ve teknolojiyi geliştirmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bilim, Teknoloji ve İhtisas Komisyon Raporu’nda; doku mühendisliği, gen mühendisliği ve nanoteknoloji gibi konulara ağırlık verilmiştir (Çağan vd., 2017: 710-715). 2004 yılı Kasım ayında TÜBİTAK tarafından hazırlanan Vizyon 2023 raporunda Ulusal Bilim ve Teknoloji Stratejisi’ne yer verilmiştir. Söz konusu stratejide izlenilecek yollar şu şekilde belirlenmiştir (TÜBİTAK, 2004: 32):

- Stratejik önem taşıyan teknoloji alanların desteklenmesi,

- Ar-Ge faaliyetlerine daha fazla kaynak ayrılması,
- Beşerî sermayeye önem verilmesi ve gerekli kaynağın ayrılması,
- Siyasi sahiplenmenin sağlanması,
- Yapılan yeniliklerin kamu farkındalığı yaratılması,
- Vizyon 2023 raporunun başarılı olup olmadığını tespit etmek ve değerlendirmek için bir sistem kurulması.

Vizyon 2023 raporunun amaçlarına ve hedeflerine ulaşabilmek için beşer yıllık uygulama planları hazırlanmıştır. 2005 yılında Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu (BTYK), Bilim ve Teknoloji Politikaları Uygulama Planı (2005-2010) isimli eylem planını oluşturulmuştur. Bu eylem planının bir amacı ise, Türkiye Araştırma Alanı (TARAL) kurulmasıdır. TARAL, araştırma ve geliştirme faaliyetlerini sürdüren tüm sektörlerdeki aktörlerin bir araya toplanmasını ve etkileşim içerisinde olmalarını sağlamaktadır. Bilim ve Teknoloji Politikaları Uygulama Planı (2005-2010) kapsamında bilim ve teknoloji farkındalığının oluşturulması amacıyla bilim parklarının kurulması, halka açık bilim ve teknoloji kamplarının yapılması, okullarda bilim ve teknoloji günlerinin düzenlenmesi gibi faaliyetler yapılmıştır. Bilim insanı sayısının ve niteliğinin artırılması ve geliştirilmesi nedeniyle KOBİ'lerdeki araştırmacılar desteklenmiş ve teşvik edilmiş, teknoloji odaklı firmaların ortaya çıkmaları desteklenmiş, lisansüstü eğitim kapasitesi artırılmış, Ar-Ge altyapısındaki araçları kullanabilecek teknik eleman yetiştirilmesine odaklanılmıştır (TÜBİTAK, 2004: 9-27).

2019 yılında yayınlanan on birinci beş yıllık kalkınma planı kapsamında bilim, teknoloji ve yenilik alanında önemli adımlar atılmıştır. Üniversitelerin Ar-Ge ekosistemindeki rollerinin güçlendirilmesi, Ar-Ge personel sayısının ve niteliğinin artırılması, dene-yap teknoloji atölyelerinin yaygınlaştırılması ve 50.000 gencin teknoloji eğitimi alması, Ar-Ge faaliyetlerinin sürdürülebilirliği, araştırma ve geliştirme altyapısının oluşturulması, araştırmacı insan gücü açısından ulusal ve uluslararası bazda iş birliğine gidilmesi gibi konular başta olmak üzere birçok alanda önemli adımlar atılmıştır. Bu kalkınma planı kapsamında milli uzay programı hazırlanmış ve kutup araştırmalarına için Antarktika'da üst kurulmasına yönelik hazırlıklar yapılmıştır (T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2020).

### 3. LİTERATÜR TARAMASI

Teknolojik gelişim ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki ulusal ve uluslararası birçok çalışmaya konu olmuştur. Tablo 1'de literatürde yer alan hem ulusal hem de uluslararası çalışmalara yer verilmiştir.

**Tablo 1: Literatür Taraması**

Zaman Serisi İle Yapılan Çalışmalar			
Türkiye Örnekleri			
Çalışmanın Yazarı	Çalışmanın Dönemi	Kullanılan Modeller	Elde Edilen Bulgular
Öztürk ve Çınar (2021)	1990-200	Johansen eşbütünleşme,	Yapılan nedensellik analizi sonucunda ekonomik büyümenin nedeninin Ar-Ge harcamaları olduğu sonucuna varılmıştır.

		Granger nedensellik	Çalışmada kullanılan değişkenler arasında tek yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.
Uçak vd., (2018)	1990-2016 Türkiye	ARDL sınır testi	Yapılan ARDL sınır testi sonuçlarına göre Ar-Ge ile Reel GSYH arasında uzun dönemli pozitif yönlü ilişki olduğu ortaya çıkmıştır.
Algan vd., (2017)	1996-2015 Türkiye	Johansen eşbütünleşme, Granger nedensellik testi	Yapılan nedensellik analizi sonucunda uzun dönemde Ar-Ge harcamalarından GSYH doğru ve patent başvuru sayısından GSYH doğru pozitif yönlü nedensellik tespit edilmiştir
Köse ve Şentürk (2017)	1989-2012 Türkiye	Basit regresyon analizi, ADF birim kök testi ve nedensellik testi	Çalışmada, patent harcamaları ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki bulunamamış, Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında ise güçlü bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır.
Taban ve Şengür (2014)	1990-2012 Türkiye	Johansen eşbütünleşme, Vektör hata düzeltme modeli	Yapılan analizin sonuçlarına göre Ar-Ge alanında istihdam edilen tam zamanlı eşdeğer çalışan sayısı ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etki yaratırken Ar-Ge harcamaları ekonomik büyüme üzerinde etki yaratmamaktadır.
Korkmaz (2010)	1990-2008 Türkiye	Birim kök testleri, VAR analizi, Johansen eşbütünleşme analizi	Ar-Ge yatırımlarının kısa ve uzun dönemde büyümeyle ilişkisinin olduğu ortaya konulmuştur.
<b>Çin Örnekleri</b>			
Peng (2010)	Çin 1987-2007	VAR Analizi, Johansen eşbütünleşme, Granger nedensellik testi	Çin’de teknolojik gelişim göstergesi olarak kabul edilen Ar-Ge faaliyetleriyle ekonomik büyüme arasında uzun dönemde pozitif yönlü ilişki bulunmaktadır
Yu-ming ve Jian-xia (2007)	1953-2004 Çin	VAR analizi, Johansen eşbütünleşme, Granger nedensellik testi	Ar-Ge yatırımları ile ekonomik büyüme dönemli ve sürdürülebilir bir büyüme ilişkisi belirlenmiştir.
<b>Panel Veri Analizi İle Yapılan Çalışmalar</b>			
<b>Çalışmanın Yazarı</b>	<b>Çalışmanın Dönemi</b>	<b>Kullanılan Modeller</b>	<b>Elde Edilen Bulgular</b>
Mladenovic vd., (2016)	2002-2012 28 AB ülkesi	Panel veri analizi	Ar-Ge yatırımlarının reel ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkisi bulunmaktadır. Ar-Ge harcamalarındaki %1’lik bir artış GSYH’de %2,2 oranında artışa neden olmaktadır.

Gülmez ve Akpolat (2014)	2000-2010 Türkiye ve 15 AB ülkesi	Dinamik panel veri analizi	Çalışma sonunda Ar-Ge harcamalarındaki %10'luk artışın GSYH'yi %3,27 artırdığı belirlenmiştir.
Eid (2012)	1981-2006 17 OECD ülkesi	Panel veri analizi	17 OECD ülkesinde Ar-Ge faaliyetleriyle reel GSYH arasında pozitif ilişki olduğu ortaya çıkmıştır.
Sadraoui ve Zina (2009)	1992-2004 23 ülke	Panel veri analizi	Analiz yapılan tüm ülkelerde Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü ilişki bulunmuştur.
Goel vd., (2008)	1953-2000 ABD (federal ve federal olmayan bölgeler)	Eşbütünleşme analizi	Federal ve federal olmayan kesimlerde teknolojik gelişim ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir.
Falk (2007)	1970-2004 15 OECD ülkesi	Dinamik panel veri analizi	Ar-Ge faaliyetlerinin ve yüksek teknolojiye yönelik yatırımların kişi başına GSYH'yi pozitif yönde etkilediği bulgusuna ulaşılmıştır.
Wang (2007)	2003-2004 27 OECD ülkesi, 3 OECD olmayan ülke	Skolastik sınır testi	Ar-Ge harcamalarının etkin bir şekilde kullanılması ekonomik büyüme performansını artırmaktadır.
Sylwester (2001)	1980-2000 20 OECD ülkesi	Çok değişkenli regresyon analizi	20 ülke üzerinde yapılan çalışmada gelişmiş ülkelerde(G7) Ar-Ge harcamalarıyla GSYH arasında pozitif ilişki bulunurken diğer ülkelerde söz konusu değişkenler arasında bir ilişki olmadığı sonucuna varılmıştır
Lichtenberg (1993)	1964-1989 7 ülke	Panel veri analizi	Özel sektör tarafında yapılan Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyi artırdığı, kamu sektörü tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarının ise ekonomik büyümeye katkısı bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

İktisadi büyümenin içsel bir değişkeni olarak kabul edilen teknolojik gelişimiyle ilgili literatür çalışmalarına bakıldığında hem ulusal bazda yapılan çalışmalar hem de uluslararası bazda yapılan çalışmalar karşımıza çıkmaktadır. Türkiye bazlı yapılan zaman serisi analizlerinde Öztürk ve Çınar (2021), Köse ve Şentürk (2017), teknolojik gelişimle ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki tespit edilmektedir. Yapılan nedensellik analizlerinde Algan vd., (2017) ise Ar-Ge harcamalarının kişi başına GSYH'nin artmasına neden olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışma ise literatürde yapılmış olan çalışmaların sonuçlarını desteklemektedir.

#### 4. EKONOMETRİK YÖNTEM VE VERİ SETİ

1980'li yıllarda geleneksel üretim faktörlerine (emek, doğal kaynak, sermaye) teknolojiyi de ekleyen içsel büyüme modellerinin savunucuları teknolojiyi ekonomik



büyümenin içsel bir değişkeni olarak kabul etmişlerdir. 1980’li yıllardan sonra ülkeler teknolojiye önem verip teknoloji politikaları uygulamıştır.

Çalışmanın amacı ise, Türkiye’nin 1987 yılından beri uyguladığı teknoloji politikalarının tarihsel bazda ele almak ve teknoloji politikalarının ana omurgasını oluşturan Ar-Ge faaliyetlerinin Türkiye’deki ekonomik büyümeye olan katkısını tespit etmektir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu çerçevesinde ekonomik büyüme ile teknolojik gelişim arasındaki ilişki Türkiye bazında ampirik olarak incelemektir. Literatür çalışmasında da görüldüğü gibi teknolojik gelişim konusunda yeterli düzeyde veri olmamasında sebebiyle panel veri analizi yapılmıştır. Yapılan zaman serisi analizleri incelendiğinde ise eksik veri dönemleri bulunmuştur. Bu nedenle çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Cobb-Douglas üretim fonksiyonu temelinde; çıktı düzeyi (Y), sermaye (K), emek (L) ve teknoloji ise (A) harfi ile gösterilip, teknolojik gelişimin ihmal edilmesi durumunda aşağıdaki fonksiyonel ilişki yazılabilir:

$$Y=F(K, L)$$

Çıktıda meydana gelen artışın asıl nedeni emek ve sermayedir. Emek ve sermayenin marjinal verimlilikleri pozitif yönlüdür. Neo-klasik büyüme modelinde üretim fonksiyonuna büyümenin belirleyicisi olarak teknoloji dahil edilmiştir. Neo- Klasik üretim fonksiyonu şöyle ifade edilmektedir.

$$Y=F(K, L, A)$$

Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan farklı olarak Neo-Klasik üretim fonksiyonunda A değişkeni bulunmaktadır. Fonksiyondaki A değişkeni teknolojik gelişim değişkenini ifade etmektedir. Neo-Klasik iktisatta teknolojik gelişim değişkenini ekonomik büyümenin belirleyici olarak gündeme getiren Solow olmuştur. Coe ve Mongham (1993) Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonunu Denklem (1)’deki gibi tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada da Coe ve Mongham tarafından kullanılan eşitlik referans alınmıştır.

$$Y_t = \alpha_1 + \beta_1 K + \beta_2 L + \beta_3 A + \varepsilon_t \quad (1)$$

Çalışmada kullanılan değişkenler Tablo 2’de verilmiştir. Y, kişi başına GSYH’yi, K, gayrisafi sermaye oluşumunu, L, işgücüne katılım oranını, A, Ar-Ge harcamaları/GSYH değişkenini;  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  parametre katsayılarını,  $\alpha_1$  sabit terimi,  $\varepsilon_t$  ise hata terimini temsil etmektedir. Analiz de kullanılan değişkenleri doğrusal bir şekle dönüştürmek için analiz değişkenler logaritmik yapıda kullanılmıştır. Bu nedenle analizde kullanılan denklem logaritmik formda Denklem (2)’de gösterilmektedir:

$$\ln Y_t = \alpha_1 + \ln \beta_1 K + \ln \beta_2 L + \ln \beta_3 A + \varepsilon_t \quad (2)$$

**Tablo 2: Analizde Kullanılan Değişkenler**

Değişkenler	Değişken Açıklaması	Kaynak	Yıl Aralığı
Y	Kişi Başına GSYH	Dünya Bankası	1990-2019
K	Gayri Safi Sermaye Oluşumu	Dünya Bankası	1990-2019
L	İşgücüne Katılım Oranı	Dünya Bankası	1990-2019
A	Ar-Ge Harcaması/GSYH	TÜİK	1990-2019

Literatürde teknoloji değişkeni olarak; Ar-Ge/GSYH, Ar-Ge’de tam zamanlı çalışan işgücü, Ar-Ge harcamalarının toplamı, toplam patent sayısı, yerli ve yabancı patent başvuru sayısı ve bilimsel makale sayısı kullanılmaktadır. Bu çalışmada teknoloji değişkeni olarak Ar-Ge/GSYH oranı kullanılmıştır.

Ekonometrik çalışmalarda kullanılan değişkenlerin zaman serisi özelliklerinin incelenmesi önemlilik arz etmektedir. Değişkenlerin zaman serisi özellikleri incelenmeden yapılan testlerde gerçekte var olmayan ilişkiler karşımıza çıkabilmektedir. Bu nedenle, zaman serisi içeren ekonometrik çalışmalara birim kök analizleri ile başlanmalıdır. Birim kök analizlerinde değişkenlerin durağan olup olmadıkları incelenmekte ve durağanlık seviyeleri belirlenmektedir. Eğer değişkenler durağan değil ise durağan hale getirilmektedir. Serilerin durağan olup olmadığı yani birim kök içerip içermediği Dickey-Fuller tarafından geliştirilen ADF birim kök testi ile incelenebilir (Köse ve Şentürk, 2017: 217). ADF birim kök testleri aslında DF birim kök testlerinin genişletilmiş halidir. DF birim kök testi, Denklem (3), (4), (5) ve (6)’da gösterilmektedir:

$$Y_t = Y_{t-1} + u \quad (3)$$

$$Y_t = PY_{t-1} + u \quad (4)$$

$$Y_t = (P - 1)Y_{t-1} + u \quad (5)$$

$$= \delta Y_{t-1} + u \quad (6)$$

$P = 1$   $H_0$  hipotezi altında geleneksel yöntemle hesaplanan t istatistiği  $\tau$  (tau) olarak bilinmektedir. Dickey-Fuller sınavında üç test denklemi kullanılmaktadır. Bunlar; sabit ve trend içermeyen denklem, sabit terim içeren denklem, sabit ve trend değişkeni içeren denklemdir. Denklem (7), (8) ve (9)’da sırasıyla verilmiştir:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (7)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \lambda Y_{t-1} + u_t \quad (8)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + Y_{t-1} + u_t \quad (9)$$

Dickey-Fuller testine güvenilebilmesi için  $u_t$ ’lar otokorelasyonsuz ve sabit terimli olmalıdır. DF denkleminde meydana gelen bir otokorelasyon sorununa çözüm için Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi geliştirilmiştir. ADF testinde otokorelasyonu ortadan kaldıracak minimum sayıda gecikmeli bağımlı değişken bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır. Hata terimleri ( $u_t$ ) otokorelasyonlu ise ADF testi Denklem (10)’daki gibidir (Yıldıztan, 2010: 245-246);

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \delta Y_{t-1} + \alpha_i \sum_{i=1}^m \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

$H_0$  = Seri durağan değildir (seri birim kök içermektedir)

$H_1$  = Seri durağandır (seri birim kök içermemektedir)

ADF birim kök test istatistik değerinin mutlak değeri MacKinnon kritik değerleri (%1, %5, %10) mutlak değerinden küçükse  $H_0$  hipotezi reddedilememekte alternatif hipotez olan  $H_1$  ise reddedilmektedir. Yani, serinin birim kök içerdiği ve durağan olmadığı kabul edilmektedir. Aksi durumda ADF birim kök istatistik değerinin mutlak değeri MacKinnon kritik değerleri (%1, %5, %10) mutlak değerinden büyükse,  $H_0$  reddedilmekte, alternatif hipotez olan  $H_1$  ise kabul edilmektedir (Kutlar, 2017: 164). Bu da serinin birim kök içermediği ve durağan olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Bir başka yorumlama ise, serinin olasılık değeri 0.05 ( $\alpha$ )’den büyük olduğu durumda, serinin birim kök içerdiği, yani  $H_0$  hipotezinin kabul edildiği şeklindedir. Ters durumda serinin olasılık değeri 0.05( $\alpha$ )’ten küçükse serinin birim kök içermediği, yani durağan olduğu kabul edilmektedir.

Serilerin durağan olduğu durumda, seriler arasındaki uzun dönemli ilişki test edilmektedir. Bunun için ise Johansen eşbütünleşme testi kullanılmaktadır. İki veya daha fazla durağan olmayan serinin arasındaki doğrusal ilişki durağansa bu değişim eşbütünleşme olarak adlandırılmaktadır. Eş bütünleşme testlerinden önce VAR analizi ile serinin uygun gecikme sayısının bulunması gerekmektedir (Yıldıztan, 2010:247).

Y ve X gibi iki değişken için basit bir VAR modeli:

$$Y_t = \alpha_{10} + \sum_{i=1}^p \alpha_{11i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \alpha_{12i} X_{t-i} + u_{1t} \quad (11)$$

$$X_t = \alpha_{20} + \sum_{i=1}^p \alpha_{21i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \alpha_{22i} X_{t-i} + u_{2t} \quad (12)$$

Denklem (11)'deki  $\alpha_{i0}$  sabit terimi,  $\alpha_{ijk}$  i'nci denklemdeki j'nci değişkenin k gecikmesine ait parametreyi,  $u_{it}$  hata terimi ve p gecikme sayısını ifade etmektedir. Model, matris şeklinde:

$$\begin{bmatrix} Y_t \\ X_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{10} \\ \alpha_{20} \end{bmatrix} + \sum_{i=1}^p \begin{bmatrix} \alpha_{11i} & \alpha_{12i} \\ \alpha_{21i} & \alpha_{22i} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y_{t-i} \\ X_{t-i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \end{bmatrix}$$

biçiminde veya kısaca Denklem (13)'teki gibidir:

$$y_t = c + \sum_{i=1}^p A_i y_{t-i} + u_t \quad (13)$$

Daha genel bir VAR modeli k sayıda değişken için Denklem (14)'te gösterilmiştir:

$$y_t = c + A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + u_t \quad (14)$$

Denklem (14)'te yer alan  $y_t$  (K\*1) değişken vektörünü, c (K\*1) sabit terimler vektörünü,  $A_i$  (K\*K) parametre matrisini ve  $u_t$  ise (K\*1) hata terimi vektörünü ifade etmektedir. VAR modeli gecikme sayısı p dikkate alınarak p'inci dereceden VAR modeli olarak adlandırılmakta ve VAR(p) olarak gösterilmektedir. Modelde değişkenler için içsel dışsal ayrımı yapılmaksızın bütün değişkenler içsel kabul edilmektedir. Çalışmada kullanılan VAR modellerinin analiz sonuçları doğrultusunda diagnostik testlerin değerlendirilmesi gerekmektedir (Tarı, 2011: 455-456).

Modelde otokorelasyon olup olmadığının test edilmesi için LM testi kullanılmaktadır. LM testinin hipotez kurulumu ise şöyledir;

$$H_0 = P_1 = P_2 = P_3 = \dots = P_{12} = 0 \text{ (Otokorelasyon yoktur)}$$

$$H_1 = P_1 \neq P_2 \neq P_3 \neq \dots P_{12} \neq 0 \text{ (Otokorelasyon vardır)}$$

Yapılan test sonucunda LM olasılık değerinin hepsinin 0.05'ten büyük olması durumunda  $H_0$  reddedilememektedir. Bu durum seride otokorelasyonun olmadığını göstermektedir. VAR analizi kapsamında incelenen bir diğer durum ise serilerin değişen varyans olup olmadığıdır. Bu inceleme White testi ile sınırlanmaktadır. White testinin hipotezleri ise aşağıda gösterildiği gibi kurulmaktadır:

$$H_0 = \text{Hata terimleri değişen varyanslı değildir}$$

$$H_1 = \text{Hata terimleri değişen varyanslıdır}$$

White testi yapılırken ortak olasılık değerine bakılmaktadır. Eğer hesaplanan  $\chi^2$  değeri tablo değerinden büyükse  $H_0$  reddedilir. Yani VAR modeli değişen varyans sorunu var demektir. Eğer büyük değilse değişen varyans sorunu yoktur (Sümer, 2013:183).

VAR analizi yapıp modelin gecikme uzunluğu belirlenip diagnostik testler yapıldıktan sonra değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki test edilebilmektedir. Bunun için Johansen eş bütünleşme testi kullanılmaktadır. Johansen (1988) ve Juselius (1990) yaptıkları çalışmalarda değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi maximum eigen value

(en büyük öz değer) ve trace value (iz değer) istatistikleri ile incelemiştir. Eş bütünleşme analizlerinde VAR modelinde tespit edilen gecikme sayıları önem arz etmektedir (Kar ve Ağır, 2006: 62).

$$\text{Trace Test: } \lambda_{trace} = -T \cdot \sum_{i=1}^n \ln(1 - \lambda'_i)$$

$$\text{Maksimum Test: } \lambda_{max} = -T \cdot \ln(1 - \lambda'_{r+t})$$

Ho:  $r = 0$  red ise > kritik değer

Ho:  $r = 1$  red ise > kritik değer

Ho:  $r = 2$  kabul ise  $r = 2$  gibidir.

Trace Testinde Hipotez; Maximum Eigen Testinde Hipotez

$$H_0 = r \leq r_0 \quad H_0 = r = r_0$$

$$H_1 = r \geq r_0 + 1 \quad H_1 = r = r_0 + 1$$

şeklinde yazılmakta ve test istatistiğinin kritik değerden büyük olması durumunda sıfır hipotezi reddedilememektedir (Tarı, 2011: 428-429).

## 5. EKONOMETRİK TEST SONUÇLARI

Türkiye'deki teknolojik gelişim ve değişimin ekonomik büyümeye katkısını inceleyen bu araştırma 1990-2019 yıllarını kapsayan 30 yıllık bir veri seti kullanılarak yapılmıştır. Analizde Eviews 9 ekonometrik paket programı kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle birim kök analizi yapılmıştır. Tablo 3'te ADF birim kök sonuçları paylaşılmıştır.

**Tablo 3: Augmented Dickey Fuller (ADF) Birim Kök Test Sonuçları**

	Seviye			Birinci Fark		
	Sabitli	Sabitli ve Trendli	Sabitsiz ve Trendsiz	Sabitli	Sabitli ve Trendli	Sabitsiz ve Trendsiz
<b>LY</b>	-1.114894 (0.6961)	-1.345014 (0.8556)	1.267060 (0.9441)	-5.592313 (0.0001)	-5.624184 (0.0005)	-5.302517 (0.0000)
<b>LK</b>	-2.019332 (0.2774)	-2.418686 (0.3630)	0.173486 (0.7292)	-5.459470 (0.0001)	-5.341353 (0.0009)	-5.562150 (0.0000)
<b>LL</b>	-2,493537 (0.1289)	-0,755763 (0.9585)	-0,541932 (0.4735)	-4,946908 (0.0004)	-6,047227 (0.0002)	-4,983899 (0.0000)
<b>LA</b>	-0.141975 (0.9351)	-2.235504 (0.4511)	-1.235276 (0.1937)	-3.882012 (0.0072)	-3.767093 (0.0368)	-7.571174 (0.0000)
<b>Kritik Değerler</b>						
<b>%1</b>	-3.679322	-4.309824	-2.647120	-3.689194	-4.323979	-2.650145
<b>%5</b>	-2.967767	-3.574244	-1.952910	-2.971853	-3.580623	-1.953381
<b>%10</b>	-2.622989	-3.221728	-1.610011	-2.25121	-3.225334	-1.609798

Not: Parantez içindeki değerler olasılık değerleridir.

$H_0$  = Seri durağan değildir (seri birim kök içermektedir) şeklinde kurulan ADF birim kök testi hipotezinin sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Birim kök testinin, seviyede ve birinci farkında sabitli, sabitli ve trendli, sabitsiz ve trendsiz modelleri incelenmiştir. Serilerin tümü I(1) seviyesinde durağan hale gelmektedir. Bir başka ifadeyle değişkenler birinci farkları alındıktan sonra durağanlaşmıştır.

Johansen eşbütünleşme yöntemi VAR analizine dayanmaktadır. Modelde kullanılan değişkenler bağımlı, bağımsız değişken ayrımı yapılmaksızın incelenmektedir. VAR analizinde seçilen gecikme uzunluğu önem teşkil etmektedir. Tablo 4'te altı farklı kritere göre dört gecikme için sonuçlar yer almaktadır. Gecikme uzunluğunun seçiminde otokorelasyon olmaması da önem taşımaktadır. Tablo 5'te otokorelasyon ve değişen varyans sonuçları verilmiştir.

**Tablo 4: VAR Modeli Uygun Gecikme Uzunluğu Seçimi**

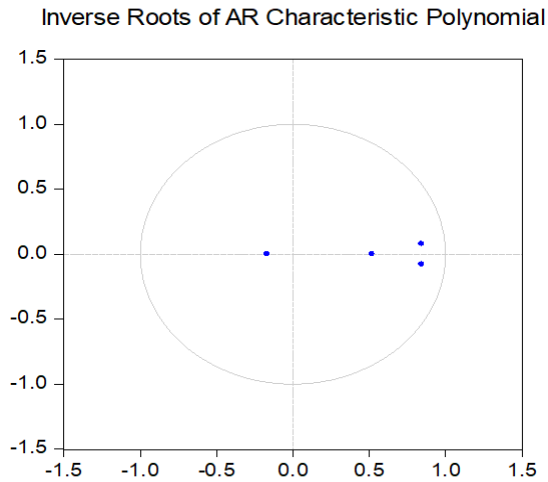
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	102.8238	NA	8.00e-09	-7.294138	-6.907031	-7.182665
1	151.8993	75.50082*	6.49e-10	-9.838410	-8.677090*	-9.503991
2	172.7537	25.66693	5.10e-10	-10.21182	-8.276290	-9.654460
3	197.2064	22.57175	3.75e-10	-10.86203	-8.152287	-10.08172
4	225.2985	17.28742	3.20e-10*	-11.79219*	-8.308232	-10.78894*

Not: \*Kriter tarafından seçilen uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir. FPE: Final prediction error, AIC: Akaike information criterion, SC: Schwarz information criterion, HQ: Hannan-Quinn information criterion.

Yıllık verilerle yapılan zaman serisi analizinde genel uygulamalarda bir gecikme uzunluğu en uygun gecikme uzunluğudur. Diğer yandan yıllık verileri yapılan zaman serisi analizlerinde bilgi kriteri olarak SC bilgi kriteri kullanılmaktadır.

**Tablo 5: Diagnostik Testler**

Var Modeli Otokorelasyon Testi		
Gecikme	Lm İst.	Olasılık
1	15.83599	0.4645
2	12.15687	0.7331
Var Modeli Değişen Varyans Testi		
Ki-Kare İst.		273.9158
Olasılık		0.0343



**Şekil 2: Karakteristik Polinomların Ters Kökleri**

Şekil 2 çalışmada kullanılan değişkenlerin karakteristik polinom ters kökleri birim çemberin içinde bulunduğunu göstermektedir. Bu durum ise kurulan VAR modelinin birim kök içermediğini yani modelin durağan olduğunu, birim kök içermediğini desteklemektedir.

**Tablo 6: Johansen Eşbütünleşme Testleri**

	Trace (İz) İstatistiği	%5 kritik değeri	Olasılık	Max. Eigen (Maksimum Özdeğer) İstatistiği	%5 kritik değeri	Olasılık
None*	54.72500	47.85613	0.0099	21.74621	27.58434	0.2337
At most 1*	32.97880	29.79707	0.0208	20.31265	21.13162	0.0648
At most 2	12.66614	15.49471	0.1276	9.417595	14.26460	0.2530
At most 3	3.248547	3.841466	0.0715	3.248547	3.841466	0.0715

Çalışmada takip edilen bir sonraki adım ise serilerin uzun dönemli ilişkilerinin tespitidir. Bu nedenle, Johansen eş bütünleşme testi yapılmıştır. Testin sonucuna göre, “Ho: Eş bütünleşme yoktur” boş hipotez kabul edilmemiş ve değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Johansen eş bütünleşme sonucuna göre trace istatistiği eşbütünleşme vektörünün varlığı tespit edilmiştir.

**Tablo 7: Normalize Edilmiş Vektör**

LY	LK	LL	LA
1.000000	-0.959880	3.424334	-1.164419
	(0.17642)	(0.34525)	(0.16489)
	(5.58)*	(10.15)*	(7.25)*

Not: (), değerlerin standart hataları (\*), değerlerin t istatistiği

Kurulan modellerdeki değişkenler arasında tahmin edilen normalize edilmiş vektör Denklem (15)'te gösterilmiştir.

$$LY = 0,95LK - 3,42LL + 1,16LA \quad (15)$$

Çalışmada tahmin edilen ekonometrik modele göre, Türkiye'de ekonomik büyüme değişkeni olarak kullanılan kişi başına gelir (LY); sabit sermaye oluşumu (LK) ve Ar-Ge harcama / GSYH oranı (LA) değişkenleri pozitif olarak, işgücü değişkeni (LL) ise negatif olarak etkilemektedir. Çalışmada kullanılan değişkenler istatistiksel olarak anlamlıdır. Ar-Ge harcamalarındaki yüzde birlik bir artışın ekonomik büyümeyi %1,16 oranında artırdığı görülmektedir.

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Teknolojik gelişim günümüzde ekonomik büyümenin temel belirleyicilerinden biri olarak kabul edilmekte ve teknolojik gelişimin ekonomik büyümeye katkısı farklı şekillerde gündeme gelmektedir. Teknolojinin bir üretim faktörü olarak kullanılması üretimde

verimlilik artışından ürün çeşitliliğine, maliyetlerin azalmasından yeni üretim tekniklerinin bulunmasına kadar geniş bir alanı etkilemektedir.

Çalışmada Türkiye'nin 1990-2019 yılları arasındaki teknolojik gelişimle ekonomik büyüme ilişkisi VAR analizi ve Johansen Eşbütünleşme testiyle incelenmiştir. Çalışmada Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılmış ve teknolojik gelişim göstergesi olarak ise Ar-Ge/GSYH değişkeni kullanılmıştır. Johansen eş bütünleşme testi sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar Romer'in çalışmalarında bahsettiği Ar-Ge (teknoloji) ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi destekler niteliktedir. Ar-Ge/GSYH'deki %1'lik bir artış ekonomik büyümeyi %1,16 oranında artırmaktadır. Yapılan analizde elde edilen sonuçlar Köse ve Şentürk (2017); Algan vd., (2017); Korkmaz (2010) çalışmalarında elde edilen teknolojik gelişimle büyüme arasındaki ilişkisinin pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulgusunu desteklemektedir. Bu sonuç, Türkiye için kurulan "Teknolojik gelişim ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkiler" hipotezini kanıtlar niteliktedir.

Ar-Ge faaliyetlerinin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemesinde Türkiye'nin 1980'li yıllardan bu yana uyguladığı teknoloji politikalarının önemli bir payı bulunmaktadır. Türkiye'de Ar-Ge faaliyetlerine özen gösterilmiş ve Ar-Ge/GSYH oranını %2 üstünde tutma hedefi konmuştur. Fakat bu hedef hala tutturulamamıştır. Ar-Ge faaliyetleri kapsamında araştırma personel sayısını artırmak hedeflenmiş ve araştırmacı yetiştirmek amacıyla yurtdışı eğitime önem verilmiştir. Ar-Ge alanındaki personel sayısı 2019 yılında 182.847 olmuştur. Söz konusu personelin %62,9'u özel sektörde, %32,3'ü Yüksek Öğretim Kurumunda ve %4,8'i ise kamu sektöründe bulunmaktadır. 1990'lı yılların başında ise, ulusal ve bölgesel yenilik sistemlerini kullanarak kamu sektörü-özel sektör- üniversite-sivil toplum iş birliği ile yenilikçi bir yapı oluşturmak amaçlanmıştır (T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2020).

Türkiye'nin teknolojik gelişiminin devamlılığı için gerekli politikalar ve öneriler şu şekilde sıralanabilir:

- Uluslararası arenada ülkeler söz sahibi olmak, rekabette önde olmak ve katma değerli üretim yapabilmek için Ar-Ge harcamalarına büyük önem vermektedirler.2020 yılında AR-Ge /GSYH oranı 1,09dur. Söz konusu rakamın hedef konulan %2'ye ulaşması gerekmektedir.
- 2020 yılı Ar-Ge harcamaları verilerine bakıldığında Ar-Ge harcamalarının %52,8'i personel giderleri, %39,1'i diğer cari giderler ve %8,1'i ise yatırımlardır (TÜİK, 2020). Ar-Ge harcamaları içerisinde Ar-Ge yatırımları çok düşük bir pay almaktadır. Ar-Ge harcamaları içerisinde yatırım oranı artırılmalıdır.
- 2020 yılı Ar-Ge alanında tam zaman eşdeğeri (TZE) cinsinden çalışan personel sayısı 199 bin 371 kişidir. Ar-Ge alanında tam zamanlı eşdeğeri cinsinden çalışan personel sayısı artırılmalıdır.
- İnsan kaynağına, yani beşerî sermayeye gerekli önem verilmelidir. Beşerî sermayenin oluşmasında ülkelerin uyguladıkları eğitim politikaları önem arz etmektedir. Doktoralı insan kaynağı nitel ve nicel açıdan geliştirilmeli, fen ve mühendislik alanındaki öğrencilerin bilgilerinin yanında beceri yetenekleri geliştirilmelidir.
- Türkiye üretim odaklı bir sanayileşme politikası izlemelidir. Sanayileşme politikası oluştururken ise teknolojiyi; arama, bulma, benimseme, uygulama ve değiştirmeyi (yenilemeyi) hedeflemelidir. Teknoloji ithal edip sadece kullanır, benimsemez ve

kendi üretim yapısına göre değiştirmezse teknoloji sadece ithal edilmiş bir mal ve hizmet olarak kalacaktır.

- Üniversite-Özel sektör- Kamu sektörü arasındaki ilişki geliştirilmelidir. Sektörler arasında ortak araştırma grupları oluşturulmalı ve bilgi paylaşımları yapılmalıdır. Üniversite ve sanayinin ortak araştırma yapmasına imkân sağlayan TEKNOPARK (TEKNOKENT) sayısı artırılmalıdır. Akademisyenlerin firmalarda, firma çalışanlarının üniversitelerde proje bazlı/egitim amaçlı olarak çalışmalarına yönelik kalıcı mekanizmalar oluşturulmalıdır.
- On birinci kalkınma planında da değinildiği gibi, milli teknoloji hamlesini gerçekleştirmeye yönelik olarak belirlenen; yapay zekâ, kuantum, robotik ve nano teknoloji gibi alanlara önem verilmelidir (T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2020).

Sonuç olarak, Türkiye’de ekonomik büyümenin sürdürülebilirliği açısından teknolojik gelişimin önemli bir faktör olduğu ortaya çıkmıştır.

### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

### **Yazarların Makaleye Katkı Oranları**

Yazar 1’in makaleye katkısı %50, yazar 2’nin makaleye katkısı %50’dir.

### **Çıkar Beyanı**

Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **KAYNAKÇA**

- Ağır, H. (2010). Türkiye ve Güney Kore’de Bilim ve Teknoloji Politikalarının Karşılaştırılması. *The Journal of Knowledge Economy & Knowledge Management*, V Fall, 43-55.
- Aksu, B. (2018). Türkiye’de Bilim ve Teknoloji ile İktisadi Büyüme İlişkisinin; Sosyal, Ekonomik ve Stratejik Analizi. *Social Sciences Studies Journal*, 4(20), 2635-2670.
- Algan, N., Manga, M. & Tekeoğlu, M. (2017). Teknolojik Gelişme Göstergeleri ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *International Conference on Euroasian Economies 2017*, 332-338.
- Barro, R. J. (1990). Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. *NBER Working Paper Series*, 98(55), 103-125.
- Çağan, S., Aydemir, V. & Gökdeniz, K. (2017). Türkiye’de 1980 Sonrası Dönemde Uygulanan Bilim ve Teknoloji Politikaların Bölgesel Etkinliği Üzerine Bir İnceleme. *Uluslararası Sosyal Çalışmalar Dergisi*, 10(33), 708-717.
- Çiftçi, H. (2014). Türkiye’nin Bilim ve Teknoloji Stratejisi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(1), 57-74.
- Coe, D. & Moghadam, R. (1993). Capital and Trade as An Engine of Growth in France. *IMF Staff Papers*, 40(3), 542-566.
- Demir, O., Üzümcü, A. & Duran, S. (2006). İçsel Büyümede İçselleştirme Süreçleri: Türkiye Örneği. *D.Ü.İ.İ.B.F Dergisi*, 21(1), 27-46.



- Erdoğan, S. & Canbay, Ş. (2016). İktisadi Büyüme ve Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Harcamaları İlişkisi Üzerine Teorik Bir İnceleme. *Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(2), 29-44.
- Erdoğan, S. (2002). Makroekonomik Etkileri Açısından Yeni Ekonomi. *I. Ulusal Bilgi, Ekonomi ve Yönetim Kongresi Bildiriler Kitabı*, 10-11 Mayıs 2002, Kocaeli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat ve İşletme Bölümleri, 13-22.
- Fikirli, Ö. & Çetin, A. K. (2017). İktisadi Doktrinde Schumpeteryan Yaratıcı Yıkımdan Yaratıcı Birikime. *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 6(1), 27-64.
- Gelgeç, G. & Hatırlı, S. A. (2018). Bilgi Ekonomisi ve Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(1), 97-122.
- 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.
- Göker, A. (2001). İnovasyonda Yetkinleşmek: Rekabet Üstünlüğüne Giden Yol. *Ekonomik Yaklaşım Kongresi Dizisi II*, 7-8 Kasım 2001.
- Gülmez, A. & Akpolat, A. G. (2014). AR-GE, İnovasyon ve Ekonomik Büyüme: Türkiye ve AB Örneği İçin Dinamik Panel Veri Analizi. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 1-17.
- İşevi, A., Güner, Ü. & Sarısoy, S. (2006). Şirketlerde e- Dönüşüm: Bilginin Öne Çıkışı, In ÜNAK'04 "Bilgide Kaybolmamak İçin Bilgiyi Yönetmek" ve III. Tıbbi Bilgi Yönetim ve Teknolojileri Sempozyumu, İstanbul (Turkey), 23-24 Eylül 2004.
- Johansen, S. & Juselius, K. (1990). Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Application to The Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52, 169-210.
- Johansen, S. (1988). Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254.
- Jones, C. (2003). Growth, Capital Shares, and a New Perspective on Production Functions. *Proceedings* 12 June, 1-45.
- Kar, M. & Ağır, H. (2016). Türkiye'de Beşerî Sermaye ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Eşbütünlük Yaklaşımı ile Nedensellik Testi, 1926-1944. *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 6(11), 50-68.
- Korkmaz, S. (2010). Türkiye'de ARGE Yatırımları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin VAR Modeli Analizi. *Journal of Yasar University*, 20(5), 3320-3330.
- Köse, Z. & Şentürk, M. (2017). AR&GE-Patent Harcamaları ve Teknolojik İlerlemenin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Ampirik Bir Uygulama. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 9(17), 215-221.
- Kutlar, A. (2017). *Ekonometrik Zaman Serileri*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Lichtenberg, F. R. (1993). R&D Investment and International Productivity Differences. *NBER Working Paper Series*, Vol.W4161.
- Lucas, R. E. (1988). On The Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1988), 3-42.
- Lundvall, B. A. (2007). Innovation System Research and Policy: Where it Come from and Where it Might Go. *Paper to be Presented at CAS Seminar*, Oslo.
- Malatyali, Ö. (2016). Teknoloji Transferlerinin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği 1989-2014. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2016(13), 62-73.
- Marx, K. (2016). *Das Kapital*. Ankara: Gece Kitabevi.

- Michl, T. R. (1999). Biased Technical Change and the Aggregate Production Function. *International Review of Applied Economics*, 13(2), 193-206.
- Mladenovic, S. S., Cvetanovic S. & Mladenovic, I. (2016). R&D Expenditure and Economic Growth: EU28 Evidence for the Period 2002-2012. *Economic Research*, 29(1), 1005-1020.
- Öztürk, S. & Çınar, U. (2021). İçsel Büyüme Teorileri Kapsamında Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye İçin Zaman Serisi Analizi. *Al-Farabi Dergisi*, 6(2), 57-75.
- Parasız, İ. (2008). *Ekonomik Büyüme Teorileri*. Bursa: Ezgi Kitapevi.
- Peng, L. (2010). Study on Relationship between R&D Expenditure and Economic Growth of China. *Proceeding of the 7th International Conference on Innovation & Management: 1725-1728*.
- Romer, P. M. (1989). Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*, 95(5), 1-45.
- Saatçioğlu, C. (2005). Ulusal Yenilik Sistemi Çerçevesinde Uygulanan Bilim ve Teknoloji Politikaları: İsrail, AB ve Türkiye Örneği. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2005),179-198.
- Sadraoui, T. & Zina, N. B. (2009.) A Dynamic Panel Data Analysis for R&D Cooperation and Economic Growth. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 5(4), 218-233.
- Sümer, K. (2013). *Ekonometriye Giriş*. İstanbul: Beşir Kitabevi.
- T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı, <https://www.sbb.gov.tr/2000-1998-yayinlari/> (Erişim Tarihi: 11.06.2020).
- T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı on Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf> (Erişim Tarihi: 11.06.2020)
- Taban, S. & Şengür, M. (2014). Türkiye’de AR-GE ve Ekonomik Büyüme. *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 355-376.
- Taban, S. & Kar, M. (2008). *Kalkınma Ekonomisi*. Bursa: Ekin Yayınevi.
- Tarı, R. (2011). *Ekonometri*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu), (1963). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Başkanlığına Bağlı Merkezlerin Kuruluş ve İşletmesine İlişkin Çerçeve Yönetmelik [https://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/mevzuat/yonetmelik/yvnetmeII\\_1.pdf](https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/mevzuat/yonetmelik/yvnetmeII_1.pdf) (Erişim Tarihi: 01.06.2020).
- TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu), (1997). Türkiye’nin Bilim ve Teknoloji Politikası ve TÜBİTAK’ın Misyonu, [https://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/BTYPD/arsiv/misyon.pdf](https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/BTYPD/arsiv/misyon.pdf) (Erişim Tarihi: 01.06.2020).
- TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu), (2004). Bilim ve Teknoloji Politikaları Uygulama Planı (BTP-UP): 2005-2010. [https://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/BTYPD/strateji\\_belgeler/BTP\\_UP\\_2005\\_2010.pdf](https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/BTYPD/strateji_belgeler/BTP_UP_2005_2010.pdf) (Erişim Tarihi: 01.06.2020).
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=bilgi-teknolojileri-ve-bilgi-toplumu-102&dil=1> (Erişim Tarihi: 01.06.2020).
- Uçak, S., Kuvat, Ö. & AYTEKİN, A. G. (2018). Türkiye’de AR-GE Harcamaları- Büyüme İlişkisi. R&D Spending in The High- Tech Sector and Economic Growth. *Research in Economics*, 61(3),140-147.
- Ünsal, E. M. (2007). *İktisadi Büyüme*. Ankara: İmaj Yayınları.
- Wang, E. C. (2007). R&D Efficiency and Economic Performance: A Cross-Country Analysis Using the Stochastic Frontier Approach. *Journal of Policy Modeling*, 29(2), 345-360.

- WDI (Dünya Bankası) <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (Erişim Tarihi: 01.06.2020).
- Yeşilorman, M. & Koç, F. (2014). Bilgi Toplumunun Teknolojik Temelleri Üzerine Eleştirel Bir Bakış. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 117-133.
- Yıldırta, D. (2010). *E-Views Uygulamalı Temel Ekonometri*. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Yu-Ming, W. & Jian-Xia, L. (2007). Co- Integration and Causality between R&D Expenditure and Economic Growth in Chain: 1953-2004. *International Conference on Public Administration*, ICPA 3rd.