



2687-5640

PREMIUM E-JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES

Yıl / Year : 2021
Cilt / Volume : 5
Sayı / Issue : 13
ss / pp : 170-181

<http://dx.doi.org/10.37242/pejoss.2102>
Araştırma Makalesi / Research Article
Makale Geliş / Received : 06.04.2021
Yayınlama / Published : 28.05.2021

Dr. Öğr. Üyesi Emek Aslı CİNEL

Giresun Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Giresun/Türkiye
<https://orcid.org/0000-0002-4201-2427>

Prof. Dr. Ufuk YOLCU

Giresun Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Giresun/Türkiye
<https://orcid.org/0000-0002-5188-3136>

AR-GE HARCAMALARI İLE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: YAPAY SINIR AĞLARI İLE TÜRKİYE GSYH ÖNGÖRÜSÜ

ÖZET

Ekonomide yenilik yaratmak için gerçekleştirilen araştırma ve geliştirme faaliyetleri, sürdürülebilir ekonomik büyüme ve rekabet edebilirlik üzerinde oldukça etkili olmaktadır. Araştırma ve geliştirme (AR-GE) harcamalarının ekonomik büyüme ve ülkelerarası rekabet üzerindeki etkileri araştırma ve geliştirmeye verilen önemi her geçen gün artırmaktadır. Gelişmiş ülke dinamikleri incelendiğinde bu ülkelerin teknoloji ağırlıklı üretim gerçekleştirdikleri gözlenmektedir. Bu bağlamda AR-GE ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki önem kazanmaktadır.

Çalışmanın amacını Türkiye’de 1998-2019 dönemi için araştırma ve geliştirme harcamalarıyla ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi belirlemek oluşturmaktadır. Bu amaçla detaylı bir literatür taramasının yanı sıra, Türkiye’de araştırma ve geliştirme harcamalarına ilişkin istatistikî verilere değinilmiş ve Türkiye’de araştırma ve geliştirme harcamalarıyla ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ortaya koymak ve GSYH öngörüsü amacıyla farklı yapay sinir ağı modellerinden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, doğrusal ilişkileri modelleyebilen zaman serisi regresyonu sonuçları ile birlikte değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda araştırma ve geliştirme harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki olumlu etkilerini destekleyen bulgular elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: AR-GE Harcamaları, Ekonomik Büyüme, Türkiye, Öngörü.

RELATIONSHIP BETWEEN R&D EXPENDITURES AND ECONOMIC GROWTH: PREDICTING GDP IN TURKEY WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

ABSTRACT

Research and development activities that have been conducted to generate innovation in the economy have significant impacts on sustainable economic growth and competitiveness. The impacts of research and development (R&D) expenditures on economic growth and international competition are enhancing the importance attributed to research and development day by day. Upon examining the dynamics of developed countries, it is observed that these countries maintain technology-based production. In this context, the relationship between R&D and economic growth becomes crucial.

The study aims to investigate the relationship between economic growth and research and development expenditures in Turkey over the period 1998-2019. To this end, besides a detailed literature review, the statistical data pertaining to the research and development expenditures in Turkey are mentioned and different artificial neural network models are utilized to highlight the relationship between economic growth and research and development expenditures as well as predicting the GDP. The obtained results are evaluated concurrently with the results of time-series regression, which can model linear relationships. As a result of the study, findings in compliance with the positive impacts of research and development expenditures on economic growth are obtained.

Keywords: R&D Expenditures, Economic Growth, Turkey, Prediction

1. GİRİŞ

Araştırma geliştirme harcamaları ve buna bağlı olarak oluşan teknolojik gelişme sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınmada aktif bir rol üstlenmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülke ayırımına bakıldığında araştırma geliştirme yatırımlarının öneminin daha net bir biçimde ortaya çıktığı gözlenmektedir. Bilgiyi ve teknolojik yenilikleri en hızlı şekilde takip eden, üreten ve yeniliklere kolay uyum gösteren ülkelerin dünya piyasasında en ön sıralarda yer aldıkları görülmektedir. Bilgiye yapılan yatırım araştırma ve geliştirme faaliyetlerini oluşturmaktadır. Araştırma ve geliştirme faaliyetleri üretim ve büyüme artışı sağlayan teknik değişime yol açmaktadır (Özcan ve Arı, 2014: 140).

Dünya genelindeki tüm ülkelerin yüksek büyüme gerçekleştirebilmek için bilgi ve bilgi teknolojilerini etkili bir biçimde kullanması ve geliştirmesi gerekmektedir. Ürün tanıtımı ve ürün geliştirme teknikleri gibi ekonomik büyümeyi destekleyen faaliyetler araştırma ve geliştirme olmadan başarılı olamamaktadır. Makroekonomik göstergeleri oldukça iyi düzeyde olan gelişmiş ülkeler araştırma ve geliştirme harcamalarına daha fazla kaynak ayırarak yeni teknolojiler üretmekte ve diğer ülkelere karşı rekabet avantajı ve üstünlük sağlamaktadırlar (Bozkurt, 2015: 188). Araştırma ve geliştirme harcamalarının artması teknolojik gelişmeyi tetiklemekte, daha kaliteli, verimli ve yenilikçi üretim sağlamakta hem ülke hem de firma düzeyinde avantaj sağlayarak dünya pazarlarından daha fazla pay alınmasına ve yüksek karlılığa yol açmaktadır. Firmaların araştırma ve geliştirme faaliyetlerini artırdıkça daha fazla kar elde etmeleri durumu araştırma ve geliştirme döngüsü şeklinde tanımlanmaktadır (Uzay, 2007: 319-320).

Araştırma ve geliştirme, bilgi seviyesini yükseltmek için oluşan düzenli ve yaratıcı araştırmaların bütünüdür. Firma bakımından araştırma ve geliştirme; yeni bir ürünün oluşturulması amacıyla gerçekleştirilen yaratıcı faaliyetleri belirtmektedir (Şahin, 2005). Araştırma ve geliştirme faaliyetlerindeki verimliliğin firma ya da ülkeler üzerindeki en önemli göstergesi patenttir. Günümüzde, araştırma ve geliştirmeye fazla yatırımda bulunan ülkelerin patent başvurularının da fazla oluşu dikkat çekmektedir (Kalça ve Atasoy, 2008). Araştırma ve geliştirme faaliyetleri ülkelerin gelişmişlik düzeyleriyle ilişkilidir. Gelişmiş ülkeler araştırma ve geliştirme araştırmalarında öncü olurken gelişmekte olan ülkeler ağırlıklı olarak üretim faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Teknoloji ve bilime verilen önemin bir ölçüsü olarak araştırma ve geliştirme amacıyla kullanılan kaynağın GSYH içindeki oranı %2'den yüksek olan ülkeler, gelişmiş ülke sınıfında bulunmaktadır (Kayseri Ticaret Odası [KTO], 2007).

Bir ülkenin rekabet gücünün artması teknolojik yeniliklerle sağlanmakta olup teknolojik yeniliğin üretimde etkinlik sağlaması o ülkede mevcut olan hayat standartlarının artmasına yol açmaktadır (Korkmaz, 2010: 3321). Araştırma ve geliştirme faaliyetleri günümüzde ciddi bir rekabet ortamında yer alan sektörlerin güç savaşı halini almaktadır (Zerenler, Türker ve Şahin, 2007: 657). Dolayısıyla ülkeler dünya genelindeki bu acımasız rekabette arka planda kalmamak için dengeli bir biçimde büyüme gerçekleştirerek ekonomik olarak güç kazanmalı, araştırma ve geliştirme harcamalarına gereken önemi vermelidir. Türkiye'nin sürdürülebilir büyüme ve uluslararası rekabet gücü bakımından gelişmiş ülkeler içinde bulunabilmesinin temeli yeni teknolojilerin yaratılması ve katma değeri yüksek olan ürünlerin sunulmasına bağlıdır. Bu bağlamda, Türkiye'de araştırma ve geliştirme harcamalarının artırılması ve birçok gelişmiş ülkede olduğu gibi araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin farklı politikalarla desteklenmesine yönelik yasal düzenleme ve uygulamalar 2000 yılı itibarıyla başlamıştır. Ancak bu uygulamalar için geç kalınmış olması nedeniyle Türkiye araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yönelik teşvik ve destekler açısından dünya ülkeleri arasında geride kalmıştır (Kiracı ve Çelikay, 2014: 124).

İnovasyon ve araştırma ve geliştirmeye verilen öneme bağlı biçimde ileri teknoloji üreten firmalar bilgiyi teknolojik ürünlere dönüştürmekte ve sektörler arasındaki teknoloji akışını kolaylaştırmaktadır. Araştırma ve geliştirme harcamalarının yükselmesi, teknoloji ihracat düzeyinde pozitif etki yaratmakta, dışa bağımlılık düzeyi azalmakta ve ekonomik büyüme gerçekleşmektedir. Çalışmanın amacını Türkiye’de 1998-2019 döneminde araştırma ve geliştirme harcamalarıyla ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi tespit etmek oluşturmaktadır. Bu amaçla çalışmanın birinci bölümünde konuya ilişkin literatür taramasına yer verilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde Türk İstatistik Kurumu (TÜİK) veri tabanında yer alan Araştırma Geliştirme (AR-GE) ve Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) istatistikleri değerlendirilerek, Türkiye’deki araştırma ve geliştirme harcamaları ile GSYH düzeyinin gelişimi incelenmiştir. Dördüncü bölümde, araştırma ve geliştirme harcamalarıyla ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi kullanan farklı yapay sinir ağı öngörü modellerinden yararlanarak 1998-2019 yılları arasında gerçekleşen Türkiye GSYH zaman serisi öngörüsüne ilişkin bulgular özetlenmiş ve zaman serisi regresyonu ile üretilmiş sonuçlarla birlikte değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre araştırma ve geliştirme harcamaları zaman serilerinin de model girdileri olarak kullanıldığı ve GSYH zaman serisini öngörmeyi amaçlayan farklı yapay sinir ağı modelleri oldukça başarılı öngörü sonuçları üretmiştir. Böylece araştırma ve geliştirme harcamaları ile GSYH arasında doğrusal olmayan güçlü bir ilişkinin varlığı ortaya konmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde araştırma geliştirme harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkilerine ilişkin oldukça fazla sayıda araştırma mevcut olup çalışmada bu araştırmaların bir kısmına tarihsel olarak gruplandırılarak yer verilmiştir. Çalışmaların genelinde araştırma ve geliştirme harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki pozitif etkilerine değinildiği görülmektedir. Araştırma ve geliştirme harcamaları arttıkça ekonomik büyümenin de arttığı kabul edilmektedir. Türkiye’de AR-GE harcamaları değerleriyle ekonomik büyüme verilerinin öngörüsünün yapay sinir ağları ile gerçekleştirildiği çalışma bulunmamaktadır. Çalışmanın literatürde yer alan bu boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

Romer (1986) ve Lucas (1988), teknolojinin büyüme üzerinde etkili olduğunu ileri sürerek teknolojiyi içsel bir faktör olarak kabul etmişlerdir. İçsel büyüme modellerinde teknolojik gelişime bağlı olarak yatırımların artan getirisi söz konusu olacaktır. Gelişmiş ülkelerde yatırımlar daha başarılı sonuçlar doğuracak ve ıraksama görülecektir (Bilbao-Osorio ve Rodriguez-Peso, 2004: 435). İçsel büyüme modellerinde karı artırmayı amaçlayan birimlerin araştırma ve geliştirme yatırımları kanalıyla meydana getirdikleri teknolojik yenilikler büyümenin nedeni olarak ortaya çıkacaktır. AR-GE faaliyetlerinin desteklenmesi yoluyla uzun dönem ekonomik büyüme hızlanacaktır (Jones, 1995: 759). Grossman ve Helpman (1988), geleneksel ürün, sanayi ürünü ve AR-GE faaliyetleri şeklinde tanımladıkları üretim faaliyetlerinden AR-GE çalışmalarının büyümenin itici gücü olduğunu belirtmişlerdir. Çünkü uluslararası sermaye akımları AR-GE sektöründe bulunmaktadır. Aghion ve Howitt (1992), yenilik gerçekleştiren ülkelerde teknolojinin arttığını, yenilik gerçekleştirilmeyen ülkelerdeyse teknoloji sınırının gerisinde kaldığını ifade etmişlerdir. Buna göre, ekonomik büyüme yeniliklere ve teknolojik gelişmeye bağlı biçimde artmaktadır.

Lichtenberg (1993), 1964-1989 döneminde 74 farklı ülke ekonomisi için özel ve kamu sektörü araştırma geliştirme faaliyetleriyle ekonomik büyüme ilişkisini analiz etmiştir. Elde edilen bulgulara göre, özel sektör araştırma geliştirme harcamaları ile ekonomik büyüme arasında bir ilişki mevcut iken; kamu sektörü araştırma geliştirme harcamaları arttıkça ekonomik büyüme yavaşlayabilmektedir. Goel ve Ram (1994) çalışmalarında, 1960-1985 döneminde 18 gelişmekte olan ve 34 az gelişmiş ülkeden meydana gelen 54 ülke üzerine yaptıkları çalışmalarında yalnızca yüksek gelirli ülkelerde AR-GE harcamalarıyla ekonomik büyümenin ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Gittleman ve Wolff (1995) çalışmalarında, 1960-1988

döneminde kişi başına gelir, araştırma geliştirme harcamaları ve araştırma geliştirme başına düşen bilim adamı ile mühendis sayısından yararlanarak araştırma geliştirme faaliyetleriyle büyüme arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. AR-GE faaliyetlerinin sadece gelişmiş ülkelerde büyüme üzerinde etkili olduğunu, düşük gelirli ve az gelişmiş ülkelerde ise büyüme üzerinde etkili olmadığını belirtmişlerdir. Griliches (1998), Amerika Birleşik Devletleri'nde özel ve kamu kesimleri tarafından gerçekleştirilen AR-GE harcamalarının reel gelir üzerinde yaratacağı etkileri regresyon analizi yönteminden yararlanarak incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre, araştırma geliştirme harcamalarında oluşacak olan %10'luk bir artış reel geliri %7 oranında yükseltecektir. Özel kesimce gerçekleştirilen AR-GE harcamaları kamu sektöründe gerçekleştirilen harcamalara oranla büyüme üzerinde daha fazla etkili olacaktır. Sadraoui ve Zina (2009), 23 farklı ülke ekonomisi için araştırma geliştirme ile büyüme arasındaki ilişkiyi genelleştirilmiş momentler ve nedensellik testleri yöntemlerinden yararlanarak incelemiştir. Çalışma sonucunda 23 farklı ülkenin hepsi için araştırma geliştirme harcamalarıyla büyüme arasında pozitif ve anlamlı bir ilişkinin bulunduğunu belirtmişlerdir.

Guellec ve Potterie (2001), 1980-1998 döneminde 16 OECD ülkesinde araştırma geliştirme harcamalarıyla büyüme arasındaki ilişkiyi panel data analizinden yararlanarak araştırmışlardır. Çalışma sonucunda araştırma geliştirme harcamaları yükseldikçe büyümenin de hızlanacağı belirtilmiştir. Sylwester (2001) çalışmasında, 20 OECD ülkesinde araştırma ve geliştirme harcamalarıyla büyümenin ilişkili olmadığını belirtmiştir. Araştırma ve geliştirme teknolojide önde gelen ülkeler açısından ekonomik büyümeyi belirleyen temel değişken olarak kabul edilmiştir. Zachariadis (2004), AR-GE harcamalarıyla ekonomik büyüme ilişkisini 1971-1995 döneminde 10 OECD ülkesi üzerinde regresyon analizi yönteminden yararlanarak incelemiştir. Çalışma sonucunda, toplam AR-GE düzeyinin verimlilik ile üretim seviyeleri üstünde pozitif etkisinin olduğunu belirtmiştir. Özer ve Çiftçi (2009) çalışmalarında, 17 OECD ülkesi için 1995-2004 döneminde araştırma geliştirme harcamaları, araştırmacı sayıları ve patent sayılarının büyüme üzerindeki etkilerini panel veri tekniği kullanarak incelemiştir. Çalışma sonucunda, araştırma geliştirme harcamaları, araştırmacı sayıları ve patent sayılarının GSYH'yi olumlu yönde etkiledikleri belirtilmiştir. Gülmez ve Yardımcıoğlu (2012) çalışmalarında, 1990-2010 dönemi için 21 OECD ülkesinin tamamında araştırma geliştirme faaliyetlerindeki %1'lik yükselişin büyümede uzun dönemde ortalama %0,77'lik yükselme oluşturduğunu belirtmişlerdir. Özcan ve Arı (2014), 15 OECD ülkesinde 1990-2011 döneminde araştırma geliştirme harcamalarının büyümeyi olumlu yönde etkilediğini panel veri modelinden yararlanarak belirtmişlerdir. Altıntaş ve Mercan (2015), 1996-2011 döneminde araştırma geliştirme harcamalarıyla büyüme arasındaki ilişkiyi 21 OECD ülkesi için panel veri yöntemlerinden faydalanarak incelemiştir. Araştırma geliştirme harcamalarındaki yükselme büyümeyi artırmakta ve araştırma geliştirme harcamalarındaki 1 birimlik yükseliş büyümeyi 3,4 birim artırmaktadır. Suzan (2020), 1997-2017 döneminde G8 ülkeleri için araştırma geliştirme harcamalarıyla büyüme ilişkisini, panel veri analizi yöntemiyle incelemiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular G8 ülkelerinde AR-GE harcamaları arttıkça büyümenin de arttığını göstermiştir. Dağlı ve Ezanoğlu (2021) çalışmalarında, 2007-2017 döneminde 36 OECD ülkesinde araştırma geliştirme harcamaları ve patent sayıları yükseldikçe büyümenin de hızlandığını Arellano ve Bond Genelleştirilmiş Momentler tahmincisinden yararlanarak analiz etmişlerdir.

Korkmaz (2010), Türkiye'de 1990-2008 döneminde araştırma geliştirme harcamalarıyla büyüme arasındaki ilişkiyi analiz ettiği çalışmasında Johansen eş bütünleşme modelini kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda araştırma geliştirme harcamaları arttıkça büyümenin de arttığı ifade edilmiştir. Akıncı ve Sevinç (2013), Türkiye'de 1990-2011 döneminde toplam araştırma geliştirme harcamalarıyla büyüme arasındaki ilişkiyi nedensellik testlerinden yararlanarak inceledikleri çalışmalarında toplam araştırma geliştirme harcamalarından

büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin bulunduğunu ifade etmişlerdir. Sungur, Aydın ve Eren (2016), Türkiye’de 1990-2013 döneminde araştırma geliştirme, inovasyon, ihracat ve büyüme ilişkisini Granger ve Hatemi-J asimetrik nedensellik testlerini kullanarak incelemişlerdir. Patent sayısından büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi ve araştırma geliştirmeden büyümeye doğru negatif bileşenler arasında tek yönlü ilişki vardır. İğdeli (2019), Türkiye’de 1990-2016 döneminde araştırma geliştirme harcamalarının büyüme üzerindeki etkisini incelediği çalışmasında ARDL sınır testi ile Granger nedensellik testlerinden yararlanmışır. Çalışmada araştırma geliştirme harcamalarının uzun dönemde büyümeyi artırdığını belirtmiştir. Kaya ve Abay (2020) çalışmalarında, Avrupa Birliği üyesi 10 ülke ve Türkiye ekonomisi için 1996-2018 döneminde araştırma geliştirme harcamaları ile büyüme ilişkisini analiz etmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre kamu bütçesinde AR-GE harcamaları için ayrılan kısmın artması büyüme üzerinde daha fazla etkili olmaktadır. Demiray Erol ve Salman (2020), Türkiye’de 2000-2018 döneminde AR-GE harcamalarıyla büyüme ilişkisini inceledikleri çalışmalarında reel GSYH’deki değişimin ortalama olarak %12’sinin toplam AR-GE harcamalarındaki değişken ile açıklanabileceğini ifade etmişlerdir.

3. TÜRKİYE’DE AR-GE HARCAMALARI VE GSYH GELİŞİMİ

Küreselleşme sonrası süreçte dünya ticaretinde serbestleşme meydana gelirken firmalar da fiyat ve kalite bakımından bir rekabete girmiştir. Türkiye bu sürece 1980’lerde dâhil olurken 1996’da başlayan gümrük birliği süreci rekabet ortamının artmasına yol açarak Avrupa pazarına mal satmayı arzulayan yabancı yatırımcıları özendirmiştir. Türkiye’de yatırımlar hızla artarak bir dönüşüm süreci başlamıştır (Sak, 2004). Rekabet sürecinde anahtar rol üstlenen ileri teknolojiyi içeren üretim, sanayi sektörüyle ilişkili hizmetler ve iletişim sektörü önem kazanmıştır (Çiftçi, 2004). Yaşanan bu gelişmeler sonrasında Türkiye’de AR-GE faaliyetleri önem kazanmaya başlamıştır.

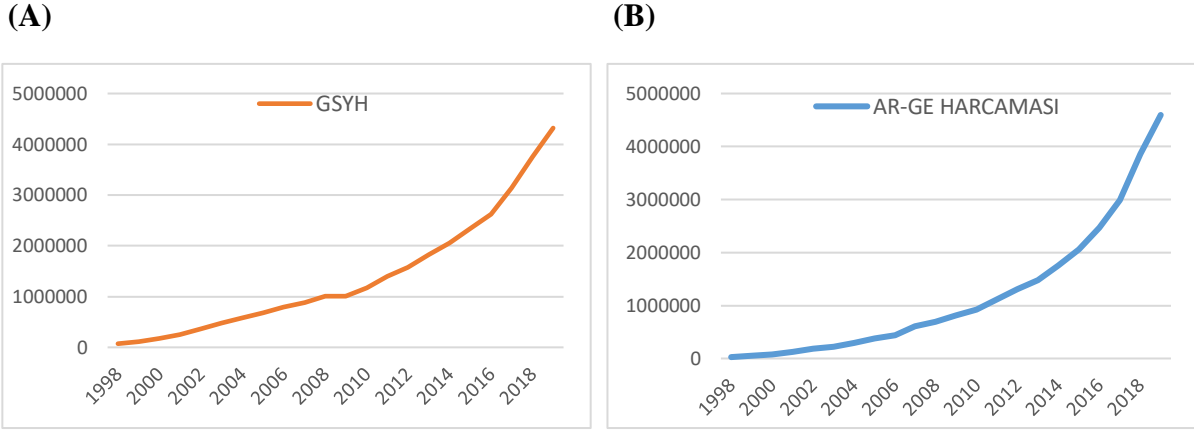
Tablo 1. Türkiye’de Toplam AR-GE Harcamaları ve GSYH

Yıllar	Toplam AR-GE Harcaması (TL)	Toplam GSYH (Bin TL)
1998	260.422.137	71.944.700
1999	489.162.882	107.374.258
2000	798.437.970	171.494.210
2001	1.291.891.387	247.266.207
2002	1.843.288.038	362.109.648
2003	2.197.090.032	472.171.775
2004	2.897.516.250	582.852.799
2005	3.835.441.076	680.275.847
2006	4.399.880.662	795.757.109
2007	6.091.178.492	887.714.414
2008	6.893.048.199	1.002.756.496
2009	8.087.452.600	1.006.372.482
2010	9.267.589.617	1.167.664.479
2011	11.154.149.797	1.404.927.615
2012	13.062.263.394	1.581.479.251
2013	14.807.321.926	1.823.427.315
2014	17.598.117.442	2.054.897.828
2015	20.615.247.954	2.350.941.343
2016	24.641.251.935	2.626.559.710
2017	29.855.477.805	3.133.704.267
2018	38.533.672.884	3.758.315.621
2019	45.953.691.096	4.320.191.227

Kaynak: TÜİK (2020)

Tablo 1’de Türkiye’de toplam AR-GE harcamalarıyla toplam GSYH verileri 1998-2019 dönemi için yer almaktadır. Söz konusu dönem içerisinde toplam AR-GE harcamalarının sürekli olarak arttığı gözlenmektedir. Türkiye’de 1998 yılında 260 milyon 422 bin 137 TL olan

AR-GE harcamalarının 2019 yılında 45 milyar 953 milyon 691 bin 96 TL'ye yükseldiği görülmektedir. Diğer taraftan 1998 yılında 71 milyar 944 milyon 700 bin TL olan toplam GSYH tutarının 2019 yılına gelindiğinde bir önceki yıla oranla %15 oranında artarak 4 trilyon 320 milyar 191 milyon 227 bin TL'ye ulaştığı dikkat çekmektedir. Her iki zaman serisine ilişkin grafikler Şekil 1 ile verilmiştir.



Şekil 1. GSYH (A) ve AR-GE Harcamaları (B) Zaman Serileri

4. EKONOMİK BÜYÜMENİN AR-GE HARCAMALARINA BAĞLI OLARAK ÖNGÖRÜSÜ

GSYH ekonomik büyümenin temel unsurlarından biridir. GSYH birçok farklı makroekonomik değişken ile ilişkilidir. Bunlardan biri AR-GE harcamalarıdır. Bu noktadan hareketle, AR-GE harcamalarına ilişkin gözlenmiş değerlerin GSYH'ye ilişkin oluşturulabilecek bir öngörü modelinde, GSYH'nin geçmiş dönemde gözlenmiş değerlerine (gecikmeli değişken) ek olarak yer alması, hem daha gerçekçi bir öngörü modeli ortaya koymakta hem de ekonomik ve politik karar vericiler açısından tatmin edici öngörü performansı ortaya koyması açısından önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, 1998-2019 döneminde gözlenmiş yıllık GSYH zaman serisi ($\times 1000 TL$), ilgili dönemde yine yıllık olarak gözlemlenmiş AR-GE harcamaları zaman serisi ($\times 1000 TL$) yardımı ile hem "zaman serisi regresyonu" hem de ileri ve geri beslemeli yapay sinir ağıları kullanılarak analiz edilmiştir.

Oluşturulan zaman serisi regresyon modeli eşitlik (1) ile verilebilir.

$$GSYH_t = \beta_0 + \beta_1 ARGE_{t-1} + \beta_2 GSYH_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$t - 1$: Aktif dönemden 1 dönem öncesi

olarak ifade edilebilir. Eşitlik (1) ile verilen model GSYH ve AR-GE harcamalarının bir dönem önceki değerlerinin (gecikmeli değişkenlerinin) doğrusal bir fonksiyonu olarak GSYH öngörüsünü ortaya koyan bir modeldir. Bu eşitlikte;

GSYH : Gayri Safi Yurtiçi Hasıla

ARGE : AR-GE harcamaları

t : Aktif dönem

Ancak bu ilişki, doğrusal olabileceği gibi doğrusal olmayan bir yapıda da olabilir. Bu çalışmada, GSYH öngörüsü amacıyla doğrusal olmayan modeller içeren ve bu ilişkiler doğrultusunda öngörüler üreten iki farklı yapay sinir ağı türü de kullanılmıştır. Sinir ağlarına ilişkin oluşturulan prototip bir model eşitlik (2) ile verilebilir.

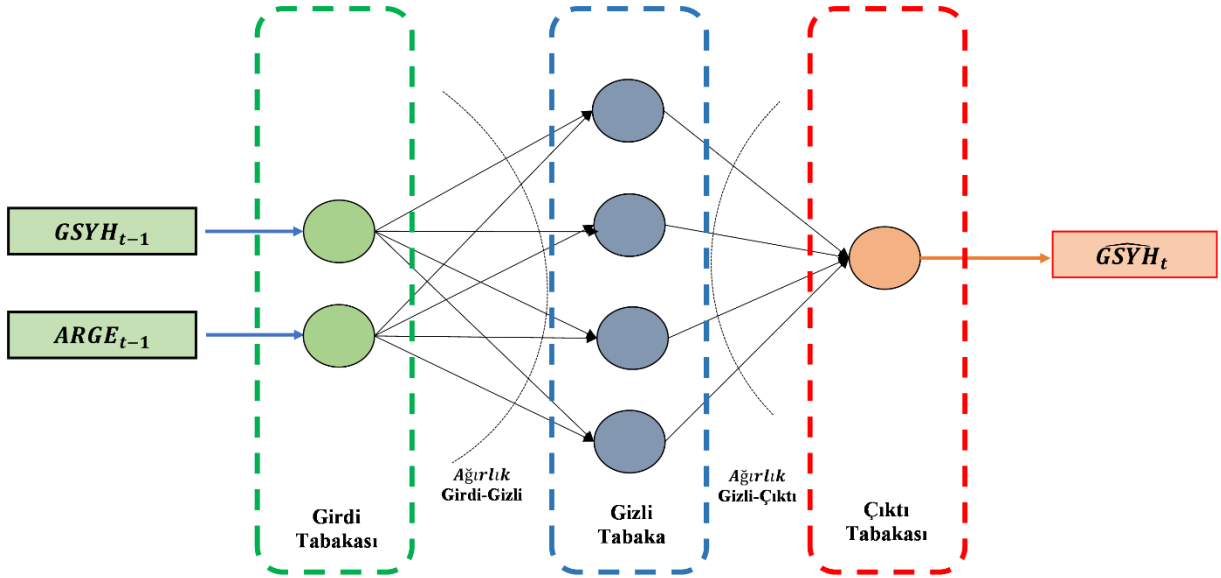
$$GSYH_t = f(ARGE_{t-1}, \beta_2 GSYH_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (2)$$

Burada f model girdilerini oluşturan GSYH ve AR-GE harcamalarına ilişkin 1 dönem gecikmeli değişkenlerin işlendiği herhangi bir fonksiyonu göstermektedir ve bu çalışma kapsamında, bu fonksiyon, yapay sinir ağları tarafından temsil edilmektedir.

Bu çalışmada ileri beslemeli yapay sinir ağı (IB-YSA) ve geri beslemeli ELMAN yapay sinir ağı (E-YSA) GSYH zaman serisinin öngörülmesi amacıyla oluşturulan ve doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilen birer öngörü aracı olarak kullanılmıştır. Her iki yapay sinir ağı da doğrusal olmayan problemlerin çözülmesi amacıyla Werbos (1974) tarafından ortaya atılan ve daha sonra Rumelhart, Hinton ve Williams (1986) tarafından geliştirilen çok katmanlı algılayıcıdır.

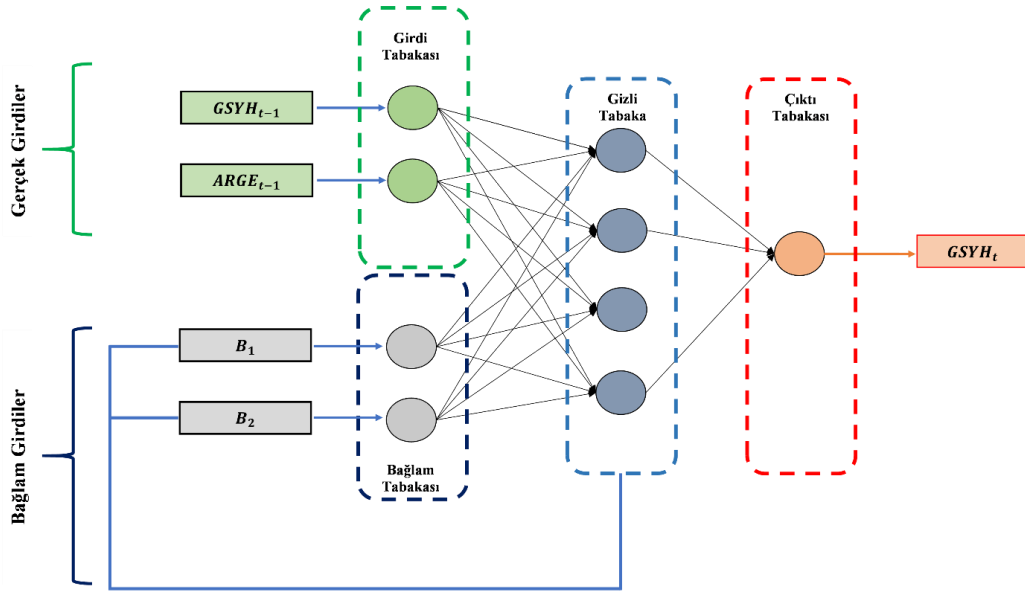
Her iki yapay sinir ağı mimari yapısında, GSYH zaman serisinin bir dönem önce (bir önceki yıl) gözlenmiş değeri ile AR-GE harcamalarına ilişkin zaman serisinin öngörülmesi amaçlanan yıldan bir önceki gözlenmiş değerleri girdiler olarak kullanılmaktadır.

IB-YSA, girdi, gizli ve çıktı olmak üzere olarak üç tabakadan oluşmaktadır. Bu tabakaların her biri bir ya da daha fazla sinir hücresi (nöron) tarafından oluşturulur. Sinir hücrelerinin birbirlerine bağlantıları ileri yönlü ağırlıklar ile sağlanır ve aynı tabakada bulunan sinir hücreleri arasında bağlantı söz konusu değildir. Bu çalışmada kullanılan IB-YSA mimarisi Şekil 2 ile verilmiştir.



Şekil 2. IB-YSA Mimari Yapısı

GSYH öngörüsü amacıyla kullanılan diğer yapay sinir ağı türü, Elman (1990) tarafından ortaya atılan ve geri besleme mekanizmasına sahip, GBe-YSA'dır. GBe-YSA, girdi gizli ve çıktı tabakalarının yanı sıra gizli tabaka çıktılarını ağa girdi olarak gösteren context (bağlam) tabakası ile geri besleme mekanizmasını da içermektedir. Bu çalışma kapsamında kullanılan GBe-YSA mimarisi Şekil 3 ile verilmiştir.



Şekil 3. GBeSA Mimari Yapısı

GSYH öngörüsü amacıyla kullanılan her iki yapay sinir ağının gizli tabakasında da Eşitlik (3) ile verilen sigmoid (lojistik) aktivasyon fonksiyonu kullanılır. Ağların çıktı tabakalarında ise sigmoid aktivasyon fonksiyonunun yanı sıra Eşitlik (4) ile verilen doğrusal aktivasyon fonksiyonu da kullanılarak her iki yapay sinir ağı için iki farklı yapı oluşturulmuştur. Böylece, GSYH öngörüsü amacıyla, 4 yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır.

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (3)$$

$$f(x) = x \quad (4)$$

Her bir sinir ağında, bir dönem gecikmeli GSYH ve AR-GE değişkenlerinden oluşan 2 girdi söz konusudur. Yapay sinir ağlarında, birim sayısı 4 olan tek gizli tabaka kullanılmıştır. Her sinir ağı için çıktı tabakası birim sayısı ise 1 olmaktadır. Öğrenme algoritması olarak Levenberg-Marquardt (LM) (Levenberg, 1944) öğrenme algoritması kullanılmıştır. Performans Ölçütü olarak ise, eşitlik (5) ile verilen, öngörülen zaman serisinin biriminden bağımsız olarak yüzdelik bir hata ölçüsü olan “ortalama mutlak yüzdelik hata” (OMYH) kullanılmıştır.

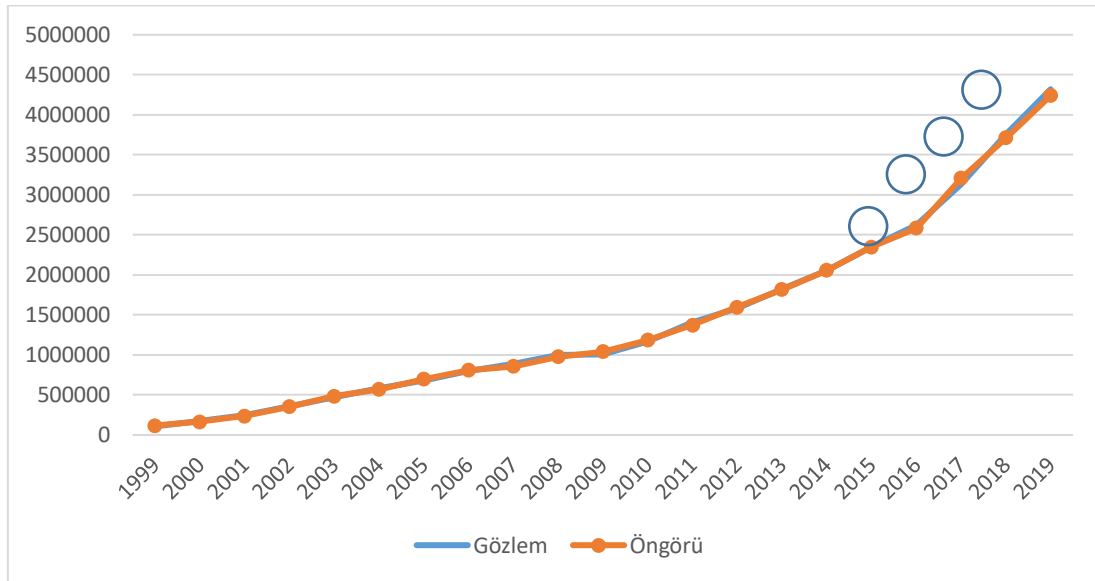
$$OMYH = ortalama \left| \frac{Hedef_t - Çıktı_t}{Hedef_t} \right| \quad (5)$$

Yıllık GSYH öngörüsünde, zaman serisi regresyonu (ZSR) ve 4 farklı sinir ağı tarafından üretilen öngörü sonuçlarına ilişkin bulgular Tablo 2 ile özetlenmiştir. Çözümlemeler sırasında, yapay sinir ağları için zaman serileri eğitim ve test kümeleri olmak üzere iki parçaya ayrılırken bu işlem ZSR çözümlemesi için yapılmamıştır. Bu nedenle ZSR için değerlendirmeler veri setinin bütünü üzerinden ilgili yapay sinir ağları sonuçları ile birlikte karşılaştırmalı gerçekleştirilmelidir.

Tablo 2. Yıllık GSYH Öngörü Sonuçları / OMYH

Veri Seti	ZSR	IB-YSA		GBe-YSA	
		Çıktı Tabaka	Aktivasyon Fonksiyonu	Doğrusal	Sigmoid
Eğitim	---	% 2.53	% 4.38	% 2.19	% 4.67
Test	---	% 1.73	% 2.32	% 1.36	% 1.28
Genel	% 4.81	% 2.38	% .99	% 2.03	% 4.02

Tablo 2 ile verilen sonuçlar ele alındığında; Türkiye’de 1998-2019 dönemine ilişkin GSYH için, eğitim kümesi veri seti için en iyi öngörü sonuçlarının %2.19 OMYH değeri ile çıktı tabaka birimlerinde doğrusal aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı GBe-YSA tarafından üretildiği görülmektedir. Bunun yanında yıllık GSYH değerlerine ilişkin son 4 gerçekleşmeden oluşan test kümesi veri seti için ise en üstün öngörü performansı, %1.28 OMYH ile çıktı tabaka birimlerinde sigmoid aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı yine GBe-YSA tarafından sergilenmiştir. Klasik bir zaman serisi yöntemi olarak ZSR tarafından ortaya konmuş öngörü performansını da karşılaştırmalı olarak değerlendirebilmek adına, ilgilenilen GSYH zaman serisinin bütünü düşünüldüğünde ise, en üstün öngörü performansının %2.03 OMYH değeri ile yine çıktı tabaka birimlerinde doğrusal aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı GBe-YSA tarafından üretildiği gözlemlenmiştir. ZSR tarafından üretilen öngörülerin %4.81 OMYH değeri ile ele alınan 5 öngörü modeli içinde en yüksek yüzdelik hataya sahip olması, ilgili gecikmeli değişkenler ile GSYH aktif dönemi arasındaki ilişkinin doğrusal bir ilişkiden ziyade doğrusal olmayan bir ilişki olduğu ve bu durumda yapay sinir ağları gibi doğrusal olmayan ilişkileri de modelleyebilen öngörü araçlarının kullanımının performansı yukarı taşıyacağı söylenebilir. Zaman serisinin bütünü ele alındığında, en üstün öngörü performansına sahip çıktı tabaka birimlerinde doğrusal aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı GBe-YSA (GBeSA/D) tarafından üretilen öngörüler ile gözlenen zaman serisi değerlerinin birlikte grafiği Şekil 4 ile verilmiştir. Şekil 4’ten de açıkça görülebileceği gibi elde edilen öngörüler GSYH zaman serisine ilişkin gözlemler ile oldukça uyumlu bir görüntü sergilemektedirler. Bu durum, ilgili öngörülerin oldukça küçük ve kabul edilebilir hatalar ile elde edildiğinin ve üstün öngörü performansının bir kanıtı olarak görülebilir. Bu değerlendirmelerin yanı sıra, test kümesini oluşturan son 4 gözleme ilişkin öngörülerin de bu ilgili gözlemlerle yüksek uyumu, öngörü modelinin tutarlılığının bir göstergesi olarak kabul edilebilir.



Şekil 4. Öngörü ve Gözlemlerin Birlikte Grafiği / GBeSA/

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Teknolojik gelişme ve yenilik, makro düzeyde ekonomik büyümeye yol açarken mikro düzeyde firmaların karları ve pazar paylarını artırmaktadır. AR-GE ağırlıklı faaliyetler bölgesel ve yerel ekonominin canlanmasına yol açarak ekonomik büyümenin artmasına neden olmaktadır. Araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin ekonomik değer kazanarak yenilikçi firmaların üretime katılması, girişimci sayısının artmasına ve istihdamın yükselmesine imkân vermektedir. İstihdam olanaklarının artması beyin göçünü engellemekte ve böylece kıt olan kaynaklar daha verimli kullanılmakta, refah düzeyi yükselmektedir. Bu süreçte ülkenin rekabet düzeyi

artmakta, sürdürülebilir büyüme gerçekleşmektedir. Hali hazırda AR-GE harcamalarıyla hedeflenen de budur. Bu çalışmada, AR-GE harcamaları ile ekonomik büyümenin temel göstergesi olan GSYH arasında güçlü bir ilişki olduğu varsayımı ile GSYH öngörüsü amacıyla oluşturulan farklı yapay sinir ağı modellerinde GSYH zaman serisine ilişkin gecikmeli değişkenlerin yanı sıra AR-GE zaman serisi gecikmeli değişkenleri de girdi olarak kullanılmıştır. 4 farklı yapay sinir ağı modeli tarafından üretilen sonuçlar dikkate alındığında hem eğitim hem de test kümesi için oldukça düşük bir yüzdelik öngörü hataları söz konusudur. Bu durum, araştırma ve geliştirme harcamaları ile GSYH arasındaki güçlü ilişkinin bir göstergesi niteliğindedir ve böylece GSYH zaman serisine ilişkin bir modelleme ve öngörü probleminde AR-GE harcamaları zaman serisi bir yardımcı değişken vasfı ile model girdisi olarak kullanılabilir.

Türkiye'nin rekabet gücünü artırabilmesi ve gelişmiş ülkelerin büyüme performansını yakalayabilmesi için uzun dönemli AR-GE harcamalarını artırması ve büyümeyi sürdürülebilir kılması gerekmektedir. Bu bağlamda Türkiye'de devletin, özel sektörün ve üniversitelerin AR-GE yatırımlarına destek vermeleri, teknoloji ve yenilik politikaları üretmeleri, bu politikaların hayata geçirilmesi sürecinde aktif rol oynamaları gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- AGHION, P. & HOWITT, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- AKINCI, M. ve SEVİNÇ, H. (2013). Ar-Ge Harcamaları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2011 Türkiye Örneği. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(27), 7-17.
- ALTINTAŞ, H. ve MERCAN, M. (2015). AR-GE Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: OECD Ülkeleri Üzerine Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Panel Eşbütünleşme Analizi. *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 70(2), 345-376.
- BILBAO-OSORIO, B. & RODRIQUEZ-PESO, A. (2004). From R&D to Innovation and Economic Growth in the EU. *Growth and Change*, 35 (4), 434-455.
- BOZKURT, C. (2015). R&D Expenditures and Economic Growth Relationship in Turkey. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 5(1), 188-198.
- ÇİFTÇİ, H. (2004). *İktisadi Gelişmede Uluslararası Rekabet ve Ulusal Kurumlar Dinamiği*, Seçkin Yayınevi, Ankara.
- DAĞLI, İ. ve EZANOĞLU, Z. (2021). AR-GE, Patent ve İleri Teknoloji İhracatının Ekonomik Büyüme Etkileri: OECD Ülkeleri İçin Dinamik Panel Veri Analizi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 438-460.
- DEMİRAY EROL, E. ve SALMAN, G. (2020). Beşeri Sermaye Göstergesi Olarak Sağlık ve AR-GE Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkilerinin Araştırılması: 2000-2018 Dönemi Türkiye Ekonomisi Ampirik Analizi. *Uluslararası Ekonomi ve Siyaset Bilimleri Akademik Araştırmalar Dergisi*, 4(11), 12-31.
- ELMAN, J. (1990). Finding Structure in Time, *Cognitive Science*, 14, 179-211.
- GITTLEMAN, M. & WOLFF E. N. (1995). R&D Activity and Cross Country Growth Comparisons. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 189-207.
- GOEL, R. K. & RAM, R. (1994). Research and Development Expenditures and Economic Growth: A Cross-Country Study. *Economic Development and Cultural Change*, 42(2), 403-11.

- GRILICHES, Z. (1998). R&D and Productivity: The Econometric Evidence, National Bureau of Economic Research. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:nbr:nberbk:gril98-1> (Erişim Tarihi: 05.04. 2021).
- GROSSMAN, G. M. & HELPMAN, E. (1988). Product Development and International Trade. *NBER Working Paper Series*, 2540, Cambridge.
- GUELLEC, D. & POTTERIE, B.P. (2001). R&D and Productivity Growth: Panel Data Analysis of 16 OECD Countries. *OECD Economic Studies*, 33(2), 103-126.
- GÜLMEZ, A. ve YARDIMCIOĞLU, F. (2012), OECD Ülkelerinde Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi Panel Eşbütünlük ve Panel Nedensellik Analizi (1990-2010). *Maliye Dergisi*, 163, 335-353.
- İĞDELİ, A. (2019). AR-GE ve Eğitim Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(3), 2517-2538.
- JONES, C.I. (1995). R&D-Based Models of Economic Growth. *Journal of Political Economy*, 103(4), 759-784.
- KAYA, İ. T. ve ABAY, M. Ç. (2020). Türkiye ile Avrupa Birliği Üyesi 10 Ekonominin AR-GE Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(2), 81-95.
- KİRACI, M. ve ÇELİKAY, D.Ş. (2014). Vergi Teşviklerinin Ar-Ge Harcamaları Üzerindeki Etkisi: BİST İmalat Sektörü İşletmelerinde Bir Araştırma. *Maliye Dergisi*, 166, 115-126.
- KALÇA, A. ve ATASOY, Y. (2008). Ekonomik Büyüme Aracı Olarak Bilgi Yatırımları ve İnovasyon. *Bilgi, Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 3(2), 95-110.
- KORKMAZ, S. (2010). Türkiye’de Ar-Ge Yatırımları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin VAR Modeli ile Analizi. *Journal of Yaşar University*, 20(5), 3320-3330.
- KAYSERİ TİCARET ODASI [KTO] (2007). Türkiye’nin Teknoloji ve Ar-Ge’de Dünyadaki Yeri. Araştırma, Planlama, Koordinasyon Birimi.
- LEVENBERG, K. (1944). A Method for the Solution of Certain Non-linear Problems in Least Squares. *The Quarterly of Applied Mathematics*, 2(2), 164-168.
- LICHTENBERG, F. R. (1993). R&D Investment and International Productivity Differences. *NBER Working Paper Series*, 4161, 1-37.
- LUCAS, R.E. (1988). On Mechanism of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
- ÖZCAN, B. ve ARI, A. (2014). Araştırma-Geliştirme Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi. *Maliye Dergisi*, 166, 39-55.
- ÖZER, M. ve ÇİFTÇİ, N. (2009). Ar-Ge Tabanlı İçsel Büyüme Modelleri ve Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 16, 219-240.
- ROMER, P.M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- RUMELHART, E., HINTON, G. & WILLIAMS, R. (1986). *Learning Internal Representations by Error Propagation*, in: The M.I.T. Press, Cambridge, 318–362.

- 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.
- SAK, G. (2004). Gümrük Birliği Son Derece Yararlı Oldu, Referans Gazetesi, 30-07-2004 Sayısı.
- SUNGUR, O., AYDIN, H. İ. ve EREN, M. V. (2016). Türkiye’de Ar-Ge, İnovasyon, İhracat ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Asimetrik Nedensellik Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21 (1), 173-192.
- SUZAN, O. (2020). G-8 Ülkelerinde AR-GE Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(4), 127-138.
- SYLWESTER, K. (2001). R&D and Economic Growth. *Knowledge, Technology, & Policy*, 13(4), 71-84.
- ŞAHİN, K. (2005). Küreselleşmeye İlişkin Farklı Yaklaşımlar ve Teorik Temelleri. *Akademi Günü Toplumsal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 98.
- TÜİK (2020). İstatistik Veri Portalı. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=ulusal-hesaplar-113&dil=1> (Erişim Tarihi: 15.04.2021).
- UZAY, Ş. (2007). *Türk Vergi Sisteminde Teknoloji Geliştirme Teşvikleri, Üniversitelerdeki Araştırma ve Uygulama Merkezlerinin İşlevselliği: Üniversite- Sanayi İşbirliğinin Yeniden Yapılandırılmasının Gereklilikleri*. Detay Yayınevi, 319-355.
- WERBOS, P.J. (1974). *The Roots of Backpropagation*, John Wiley and Sons, New York.
- ZACHARIADIS, M. (2004). R&D Induced Growth in the OECD? *Review of Development Economics*, 8(3), 423-439.
- ZERENLER, M., TÜRKER, N. ve ŞAHİN, E. (2007). Küresel Teknoloji, Araştırma-Geliştirme ve Yenilik İlişkisi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17, 653-668.