



İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi
Journal of the Human and Social Science Researches
[2147-1185]



[itobiad], 2021, 10 (1): 231-246.

**Türkiye ve Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerin Görelî Araştırma
ve Geliştirme (Ar-Ge) Etkinliğinin Analizi**

Relative Research and Development (R&D) Efficiency Analysis
of Turkey and the European Union Member Countries

Vildan Saba AKTOP

**Arş. Gör. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler
Fakültesi**

**Research Assistant Dr., Afyon Kocatepe University, Faculty of Economics
and Administrative Sciences, Department of Economics**

e-mail: saktop@aku.edu.tr

Orcid ID:0000-0002-5636-5290

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Type : Araştırma Makalesi / Research Article
Geliş Tarihi / Received : 15.06.2020
Kabul Tarihi / Accepted : 21.01.2021
Yayın Tarihi / Published : 31.03.2021
Yayın Sezonu : Ocak-Şubat-Mart
Pub Date Season : January-February-March

Atıf/Cite as: Cenikli, V . (2021). Türkiye ve Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerin Görelî Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Etkinliğinin Analizi . İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi , 10 (1) , 231-246 . Retrieved from <http://www.itobiad.com/tr/pub/issue/60435/752953>

İntihal /Plagiarism: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and confirmed to include no plagiarism. <http://www.itobiad.com/>

Copyright © Published by Mustafa YİĞİTOĞLU Since 2012 – İstanbul / Eyup, Turkey. All rights reserved.

Türkiye ve Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerin Görelî Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Etkinliğinin Analizi

Öz

Uluslararası rekabet koşullarında ülkeler bilim ve teknoloji altyapılarını güçlendirmek için çaba sarf etmekte, Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerini desteklemekte ve nitelikli işgücü istihdamına önem vermektedir. Ar-Ge faaliyetleri ile yeni ürünlerin piyasaya sürülmesi, mevcut ürünlerin geliştirilmesi, üretim süreçlerinde yenilik yapılması, verimliliği artıran yeni teknolojilerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Yeni ürünlerin piyasaya sürülmesi veya mevcut ürünlerin geliştirilmesini sağlayan yenilikler sonucunda ülkelerin uluslararası piyasalarda rekabet gücü artarak ekonomik büyümenin sürekliliği sağlanacaktır. Ar-Ge faaliyetleri için ayrılan bütçeler, yapılan harcamalar ve tahsis edilen kıt kaynakların verimli bir şekilde kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Ar-Ge etkinliğinin ölçülmesi, Ar-Ge faaliyetine tahsis edilen kaynakların verimli bir şekilde kullanılıp kullanılmadığını gösteren önemli bir gösterge olmaktadır. Ülkelerin Ar-Ge etkinliğinin tespit edilmesi ve Ar-Ge etkinliğine sahip olmayan ülkeler için hedef belirlenmesi ülkelerin kaynaklarını etkin bir biçimde değerlendirmeleri açısından stratejik bir öneme sahiptir. Ar-Ge faaliyetleri desteklenirken ve Ar-Ge personeli istihdam edilirken yüksek katma değere sahip, ticarileşebilecek ürünler yaratılan alanlar tespit edilmelidir. Bunun yanında ülkenin ihracatını artırma, ithalatını azaltma ve işgücü istihdamını olumlu anlamda etkileme potansiyeli göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmanın amacı Türkiye'nin ve Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkelerin Ar-Ge etkinliğini 2015-2017 yılları için veri zarflama analiz yöntemi ile araştırmaktır. AB üyesi ülkeler ve Türkiye'ye ait veri seti ile görelî Ar-Ge etkinlikleri CCR ve BBC modelleri kapsamında ölçülmüştür. Çalışmada etkin olmayan ülkelerin etkin olabilmeleri için girdi ve çıktı miktarında yapmaları gereken değişiklikler de yer almaktadır. 2015-2017 yılları arasında Almanya, İrlanda, Letonya Hollanda, Polonya ve Romanya ülkelerinin CCR ve BBC modellerinde Ar-Ge etkinliğinin olduğu tespit edilmiştir. Türkiye 2015 yılında sadece CCR modeline göre etkin iken 2016 ve 2017 yıllarında CCR ve BBC modeline göre Ar-Ge etkinliğine sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge), Ar-Ge Etkinliği, Veri Zarflama Analizi, Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı, Patent.



Relative Research and Development (R&D) Efficiency Analysis of Turkey and the European Union Member Countries

Abstract

Countries strive to strengthen under international competitive conditions their science and technology infrastructures, support Research and Development (R&D) activities and give importance to the employment of qualified workforce. As a result of R&D activities, it is aimed to place on the market new products, improve existing products, innovate in production processes, and develop new technologies that increase productivity. As a result of the development of new products or innovations that enable the development of existing products, the competitiveness of the countries in international markets will increase and the continuity of economic growth will be ensured. The budgets allocated for R&D activities, expenditures made and efficient use of scarce resources are becoming increasingly important. The measurement of R&D efficiency is an important indicator showing whether the resources allocated to R&D activities are used efficiently. Determining the R&D efficiency of the countries and setting targets for the countries that do not have R&D efficiency have a strategic importance in terms of the effective utilization of the resources of the countries. While supporting R&D activities and employing R&D personnel, areas that create high value-added commercializable products should be identified. In addition, the potential of the country to increase its exports, decrease its imports and positively affect labor force employment should be taken into consideration. The purpose of this study, Turkey and the European Union (EU) member states is to investigate the effectiveness of R & D with data envelopment analysis method for the years 2015-2017. Relative R & D effectiveness with EU countries and Turkey were measured within the scope of CCR data set and the BBC models. The study also includes the changes that ineffective countries should make in the amount of input and output in order to be effective. In the study, it was determined that Germany, Ireland, Latvia, Netherlands, Poland and Romania countries had R&D effectiveness according to CCR and BBC models between 2015-2017. Turkey in 2015, while has the R&D effectiveness only according the CCR model and has the R&D effectiveness in 2016 and 2017 according to the CCR and the BBC models.

Keywords: Research and Development (R&D), R&D Effectiveness, Data Envelopment Analysis, High-Tech Product Export, Patent



Giriş

Günümüzde uluslararası rekabet avantajı ve sürdürülebilir bir büyümeyi sağlamak için bilim ve teknoloji altyapıları geliştirilmektedir. Ülkeler teknoloji altyapılarını geliştirmek için Ar-Ge faaliyetlerinde bulunmakta, teknoloji açığı olan ülkeler ise teknoloji transferi yoluyla bu açığı kapama yoluna gitmektedir. Teknolojik gelişmeler ile birlikte daha az girdi kullanılarak daha fazla çıktı üretmek mümkün olmaktadır. Bu anlamda teknolojinin geliştirilmesi verimliliği arttırmakta ve kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlamaktadır. Ar-Ge faaliyetleri sonunda ortaya çıkan ürün ve süreç yenilikleri katma değeri yüksek ürünlerin piyasaya çıkmasını sağlamaktadır.

Firmalar, araştırma kurum ve kuruluşları, üniversiteler nitelikli Ar-Ge personeli istihdam etmekte ve Ar-Ge harcamalarında bulunmaktadır. Ar-Ge faaliyetlerinin hedefi yeni ürün, süreç, organizasyon yapısı oluşturmak veya mevcut olanı geliştirmektir. İstihdam edilen personel ve Ar-Ge harcamaları sonucunda ortaya çıkan yeni fikirler, yöntemler, tasarım ve ürünler patentle koruma altına alınmaktadır. Bu anlamda patent Ar-Ge faaliyetlerinin bir çıktısı olarak kabul edilmektedir. Bunun yanı sıra teknoloji yoğun ürünler üretmek ve bunları ihraç edebilmek için yoğun Ar-Ge faaliyetinde bulunmaktadır. Bu faaliyetler sonucunda ne kadar özgün fikir, tasarım, ürün yaratılırsa ve bunlar ticarileşirse o ölçüde yüksek teknoloji ürün ihracatı artmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada Ar-Ge etkinliği ölçülürken Ar-Ge personel sayısı ve Ar-Ge harcaması girdi değişken, patent sayısı ve yüksek teknoloji ürün ihracatı çıktı değişkeni olarak kullanılmıştır.

Avrupa Birliği ve Türkiye'nin bilim teknoloji alanında önemli çalışmaları vardır. Vizyon 2023 Projesinde yer alan "Teknoloji Öngörü Çalışması" ile Türkiye'nin stratejik öneme sahip alanları belirlenerek bu teknoloji alanlarını destekleyecek bilimsel çalışmalara odaklanılması, bu alanda bir işbirliği ağı oluşturulması ve bunu sistematik bir şekilde yönetilmesi amaçlanmaktadır (Göker, 2006, s.17). Avrupa Birliği, Türkiye'nin de üye olduğu "Araştırma için yedinci çerçeve programı (2007-2013)" devamı niteliğindeki Ufuk2020 programı ile Avrupa'nın bilim ve teknoloji kapasitesinin güçlendirilmesine odaklanmaktadır.

Türkiye dış ticaretinin büyük çoğunluğunu AB ülkeleri ile gerçekleştirmekte olup Türkiye ve AB arasında güçlü ekonomik bağlar vardır. Bu nedenle Türkiye ve AB ülkelerinin göreceli etkinlikleri veri zarflama yöntemiyle analiz edilmiştir. Veri zarflama analiz yöntemi tercih edilmesinin nedeni ülkelerin Ar-Ge etkinliğini etkileyen birden fazla girdi ve çıktının olmasıdır. Veri zarflama yöntemi çok sayıda girdi ve çıktı olması durumunda değerlendirme yapılmasını sağlamaktadır. Bu yöntem ile ülkelerin Ar-Ge etkinlikleri tespit edilebilmekte ve etkin olmayan ülkelerin hangi girdi ve çıktı noktalarında etkinliklerini arttırabilecekleri tespit edilebilmektedir. Bu çalışmada girdi ve çıktı yönelimli CCR ve BBC modeli ile Ar-Ge etkinliği



olan ülkeler tespit edilmiş ve etkin olmayan ülkelerin hedeflerine nasıl ulaşabileceklerine ilişkin bilgiler verilmiştir.

Bu çalışma ülkelerinin Ar-Ge ile ilgili etkinliğinin ortaya konulabilmesi açısından önemlidir. Çünkü Ar-Ge faaliyetleri oldukça uzun ve yoğun bir çalışma süreci gerektirmektedir. Kamu ve özel sektör tarafından büyük miktarda Ar-Ge bütçeleri ayrılmakta ve Ar-Ge harcamaları yapılmaktadır. Ar-Ge harcamalarının aşırı şekilde artırılması daha fazla yenilik, yeni ürün ve süreçler anlamına gelmemektedir. Çünkü Ar-Ge faaliyetlerinin optimal olarak belirlenmesi gerekmektedir. Etkin olmayan ülkelerin etkin olabilmeleri için girdi ve çıktılarda yapmaları gereken değişiklik miktarını göstermektedir. Bu çalışmada AB ve Türkiye'ye ait veriler kullanılarak Ar-Ge etkinliği ortaya konulmasının yanında ölçek etkinliği ve potansiyel iyileşme oranları ortaya konularak literatüre bu anlamda bir katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

Ar-Ge Kavramı ve Ar-Ge Etkinliği

Araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) firmaların, kurum ve kuruluşların yeni veya daha gelişmiş ürünler ve süreçler yaratmak için gerçekleştirdiği faaliyetleri tanımlamak için yaygın şekilde kullanılan bir terimdir. Terim geniş anlamda üniversitelerde ve laboratuvarlarda gerçekleştirilen temel bilimsel araştırmalar, ticari satış öncesi testler ve ürün geliştirme faaliyetlerini kapsamaktadır. Ar-Ge faaliyetleri, teşvikleri ve ekonomiye katkıları farklı bilim disiplinlerinde geniş çapta incelenen bir konudur. Ar-Ge faaliyetleri için yapılan toplam harcama; firmaların, endüstrilerin ve ülkelerin yenilikçilik performansının en yaygın şekilde kullanılan göstergelerinden birisidir (Hall, 2006, s.1). Günümüzde ülkeler için bilgi ve iletişim teknolojilerinin yaygın ve etkin kullanımı, nitelikli işgücü, teknolojik altyapı ve Ar-Ge faaliyetlerindeki başarı önem kazanmakta, bilgi üretimi üzerine odaklanmakta, bilgiye dayalı ürünleri ticarileştirmek için çabalamakta, Ar-Ge harcamalarını artırmakta ve iş gücünün kalitesini artırmaya yönelik faaliyetlere önem vermektedir (Göçer, 2013, s.118).

Araştırma ve geliştirme, kültürel ve toplumsal bilgiler ve insanlık bilgileri de dahil olmak üzere tüm bilgi stokunu artırmak ve mevcut olan bilginin yeni uygulama alanlarına uyarlanması için yapılan sistematik çalışmalardır. Piyasalara serbestçe aktarılacak, ticareti yapılabilecek sonuçların üretilmesi amaçlanmaktadır. Ar-Ge üç tür etkinliği kapsamaktadır. Bunlar temel araştırma, uygulamalı araştırma ve deneysel geliştirmedir. Temel araştırma, herhangi bir özel amaç ya da kullanım hedefi olmaksızın gerçeklerin altında yatan sebepler hakkında bilgi edinmek için yapılan araştırmalardır. Uygulamalı araştırma belirli pratik bir amaç ve hedefe yönelik yeni bilgiler elde etmek için yapılan orijinal çalışmalardır. Deneysel geliştirme ise pratik deneyimlerden ve araştırmalardan elde edilen bilgilerden yararlanan, yeni ürünler veya süreçler yaratmaya ya da mevcut



ürün ve süreçleri geliştirmeye yönelik bilgiler üretmeyi amaçlayan sistematik çalışmalardır (OECD, 2015, s. 44-45).

Firmalar yenilik üretmek için Ar-Ge dışı faaliyetlerde bulunabilmektedir. Patentli icatları satın alarak, danışmanlık, mühendislik hizmetleri yoluyla bilgi, beceri ve uzmanlık kazanabilmektedir. İnsan becerilerinin gelişmesi sonucunda “yaparak öğrenme” gerçekleşebilmektedir. İçerisinde yenilikçi çalışmaları barındıran yazılım, teçhizat veya ara girdilere yatırım yapılması, yönetim sistemleri, pazarlama yöntemlerinin geliştirilmesi veya firmaların kendi tasarım ve geliştirme kapasitelerini kullanması ya da rakipleri izlemesi yoluyla yenilikler ortaya çıkabilmektedir (OECD ve Eurostat, 2005, s. 40).

Günlük hayatta verimlilik ve etkinlik birbirlerinin yerine kullanılsalar da her iki kavram birbirlerinden farklıdır. Verimlilik, girdilerin ne kadar çıktıya dönüştüğünü gösterirken çıktının girdiye bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Etkinlik ise hedeflenen sonuçlara ne ölçüde ulaşıldığını göstermektedir ve gerçekleşen sonucun hedeflenen sonuca bölünmesiyle elde edilmektedir. Etkinlik, karar verme birimlerinin verimliliklerinin birbirleriyle karşılaştırıldığında en iyi olanın seçilmesidir (Derici, Uygur, 2019, s.1108-1109).

Ülkelerin görece Ar-Ge etkinliğine ve ölçek etkinliğine sahip olması Ar-Ge için ayırmış oldukları kaynakları etkin bir şekilde kullandığını göstermektedir. Bunun sağlanmış olması ekonomik büyüme açısından oldukça önemlidir. Ar-Ge tabanlı büyüme modellerinde büyümenin kaynağı firmaların kârlılıklarını artırmak için gerekli olan yeniliklerin ortaya çıkmasını sağlayacak olan Ar-Ge faaliyetleridir. Ar-Ge tabanlı büyüme modellerinin kurucusu kabul edilen Paul M. Romer ‘ın 1990 yılında yayınlanan “İçsel Teknolojik Değişim (Endogeneous Technological Change)” çalışmasına göre Ar-Ge büyümenin itici gücüdür. Ar-Ge, verimlilik oranını doğrudan etkilemekte ve yenilik sürecini önemli ölçüde etkilemektedir (Erdogan ve Canbay, 2016, s.38). Grossman ve Helpman (1991)’ne göre Ar-Ge faaliyetleri rekabet gücünü artırarak ekonomik büyümeyi sağlamaktadır. Teknolojik yenilikler verimlilik ve büyüme artışlarına yol açmaktadır. Aghion-Howitt’ın 1992 yılında yayınlanan “Yaratıcı Yıkım Yoluyla Bir Büyüme Modeli (A Model of Growth Through Creative Destruction)” adlı çalışmasında yer alan modelde Ar-Ge faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan teknolojik yenilikler ekonomik büyümeye katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle Ar-Ge, içsel büyüme modellerinde büyüme sürecinde önemli bir konumdadır.

Literatür Taraması

Ar-Ge faaliyetleri, yenilik yaratma sürecinde ön plana çıkmakta, yeni ürünlerin piyasaya çıkmasını ve ürün kalitesinin gelişmesini sağlamaktadır. İçsel büyüme modellerinde büyümenin kaynaklarından birisinin Ar-Ge olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle literatürde Ar-Ge ile ilgili



çalışmaların sayısı artmaktadır. Bu anlamda literatürde Ar-Ge etkinliğini ölçen çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Rousseau ve Rousseau (1998), 1993 yılındaki Avrupa ülkelerin Ar-Ge etkinliğini incelemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada Veri Zarflama Analizi (VZA) uygulamış ve Ar-Ge etkinliğinin en yüksek olduğu ülkeyi İsveç olarak tespit etmişlerdir. İsveç'i Hollanda takip etmektedir.

Lee ve Park (2005), 2005 ve 2006 yıllarında 27 OECD ülkesi için Ar-Ge etkinliğini Veri Zarflama Analiz yöntemiyle hesaplamıştır. Uygulamanın sonuçlarına göre Almanya, Lüksemburg ve Belçika etkinlik liderleridir. Girdi yönelimli veri zarflama modeli sonuçlarına göre Belçika bilgi yaratmada, Almanya ve Lüksemburg yenilikçilik ve girişimcilik alanında başarılıdır. Avusturya ve Hollanda dışında diğer tüm ülkelerin verimlilik seviyeleri yüzde 50'nin altında kalmıştır.

Cincera, Czarnitzki ve Thorwath (2009) yapmış oldukları çalışmada 1980-2004 döneminde AB üyesi ülkelerin Ar-Ge kamu harcamalarının etkinliğini Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Yaklaşımı ile karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre Avusturya, İsveç ve Finlandiya AB ülkeleri arasında en yüksek etkinliğe sahip ülkelerdir.

Cullmann ve diğerleri (2009), 1995-2004 dönemi için OECD'deki kamu ve özel araştırma harcamalarının görece etkinliğini Veri Zarflama Analizi yöntemi kullanılarak değerlendirmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre ülkelerin çoğu araştırma faaliyeti sürecinde girdi tahsisi açısından optimal düzeyde değildir. Yalnızca Almanya, Fransa ve İngiltere sürekli olarak ölçüğe göre artan getiriye sahipken İsveç, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'da ölçüğe göre azalan getiriler söz konusudur.

Seki ve Barbaros (2011), 1995-2006 yılları arasında 14 ülke için yapmış oldukları çalışmada Veri Zarflama ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksi yöntemleri uygulanarak teknolojik değişme, teknik etkinlikteki değişme, teknik etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliğindeki değişme endeksi hesaplanmıştır. İncelenen yıllarda tüm ülkelerin etkinlik katsayılarının 1'in altında çıkmıştır.

Saljoughian, Ghandehari, Shirouyehzad ve Reza (2013) tarafından 28 OECD üyesi ülke için Ar-Ge etkinliğinin araştırıldığı çalışmada Andersen-Petersen modeli kullanılmıştır. Çalışmada 28 ülkeden 19'unun etkin olduğu saptanmıştır. Amerika Birleşmiş Milletleri, Güney Kore ve Japonya en etkin ülkelerdir.

Aybarç ve Selim (2017) yapmış oldukları çalışmada 23 OECD ülkesinin kamu harcamalarının Ar-Ge etkinliğini, Stokastik Sınır Etkinsizlik modeli ile incelemiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre İsveç, Hollanda, Kore, İspanya, Almanya, İtalya ülkeleri tam Ar-Ge etkinliğine sahiptir. Türkiye ise en düşük Ar-Ge etkinliğine sahip ülke olduğu tespit edilmiştir.



Lin ve diğeri (2018), 2011-2017 yıllarında Çin'deki turizm ekipmanları sektöründeki 12 imalat sanayi şirketinin teknolojik yenilik etkinliğini analiz etmek için Veri Zarflama Analizi ve Malmquist yöntemlerini kullanmıştır. Bu yıllar arasında şirketlerin Ar-Ge etkinliği 1'in altında olduğu tespit edilmiştir. Etkinliğin düşük olmasının nedeni yeterli Ar-Ge yatırımının yapılmamış olmasıdır. Bu anlamda şirketler için bir farkındalık oluşturulması amaçlanmıştır.

Bozkurt ve Topçuoğlu (2019), 1996-2014 yılları arasında 16 OECD ülkesine ait Ar-Ge etkinliğini Veri Zarflama yöntemiyle hesaplanmıştır. Toplam faktör verimlilikleri ise Malmquist endeks yöntemiyle incelenmiştir. Ar-Ge etkinlik değerinin bağımlı değişken olduğu ve enerji tüketimi, toplam faktör verimliliği ve doğrudan yabancı yatırım verilerinin bağımsız değişken olduğu tobit modeli tahminlenmiştir. Enerji tüketimi ve toplam faktör verimliliğinin Ar-Ge etkinliğini pozitif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca çalışmada ABD'nin Ar-Ge konusunda hâkim olduğu ortaya konulmuştur.

Literatür genel olarak özetlenecek olursa çalışmalarda farklı yöntemlerle Ar-Ge etkinliğinin ölçülmesi ve ülkeler arası karşılaştırmalar yapılması söz konusudur. Bu çalışmada Veri Zarflama Analiz yöntemi kullanılmıştır. Ar-Ge etkinliğiyle ilgili ülkeler arası karşılaştırma yapılarak ölçek etkinliği ve potansiyel iyileşme oranları ortaya konulmuştur.

Veri Zarflama Analizi

Veri Zarflama Analizi yöntemi, benzer yapıdaki karar verme birimlerinin (KVB) göreceli etkinliklerini tespit etmeye yönelik parametrik olmayan bir yöntemdir. Farrell'in 1957 yılında yayınlanan "The Measurement of Productivite Efficiency" adlı çalışmasında performans etkinliğini açıklamaya yönelik teorik yaklaşımına dayanmaktadır. Doğrusal programlama tabanlı bir yaklaşım olan CCR veri zarflama analizi Charnes ve diğeri (1978) tarafından geliştirilmiştir. Charnes ve diğeri Farrell (1957)'in çalışmasını geliştirerek ABD'deki devlet okullarının etkinliklerini ölçmek için kullanmıştır. Banker ve diğeri (1984) tarafından BBC veri zarflama modeli geliştirilmiştir.

CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes) ve BCC (Banker, Charnes ve Cooper) olmak üzere iki tür Veri Zarflama Modeli vardır. CCR ve BCC girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri, BCC modeli ise ölçeğe göre değişken getiri durumunu göstermektedir. Girdiye yönelik veri zarflama modelinde elde edilen çıktının minimum girdiyle üretilmesi, çıktıya yönelik Veri Zarflama Modelinde elde edilen girdilerle maksimum çıktı üretilmesi amaçlanmaktadır (Dinç ve Haynes,1999; Derici ve Uygur, 2019, s.1112). (1) ve (2) nolu denklemlerde CCR ve BBC modellerinin amaç fonksiyonları yer almaktadır.

x_{ij} : karar biriminin i girdi miktarı,



y_{rj} : karar biriminin r çıktı miktarı,

λ_j : karar biriminin yoğunluk değeri,

S_r^+ : eksik üretilen çıktılara ilişkin değişken,

S_r^- : fazla kullanılan girdilere ilişkin değişken olmak üzere

- girdi yönelimli dual CCR modeli ve kısıtları aşağıda yer almıştır;

$$\theta^* = \min \theta \quad (1)$$

-Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + S_i^- = \theta x_{ik} \quad i=1,2,3,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - S_r^+ \quad r=1,2,3,\dots,s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j=1,2,3,\dots,n$$

- çıktı yönelimli dual CCR model aşağıda yer almaktadır;

$$\emptyset^* = \max \emptyset \quad (2)$$

-Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^- = x_{ik} \quad i=1,2,3,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S_r^+ = \emptyset y_{rk} \quad r=1,2,3,\dots,s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j=1,2,3,\dots,n$$

(1) ve (2) nolu eşitlikte girdi yönelimli modelde θ^* ve çıktı yönelimli modelde \emptyset^* değerinin 1 olması gerekmektedir. Ayrıca $S_i^- = S_i^+ = 0$ olması gerekmektedir (Zhu ve Cook, 2007, s. 5; Özkan ve Özcan, 2018, s.493).

BBC modelinde CCR modeline konvekslik kısıtı olarak adlandırılan $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ kısıtlaması dahil edilmiştir. Bir karar biriminin ağırlıklarının toplamı 1'den büyük ise artan getiriye ve 1'e eşitse sabit getiriye sahiptir (Özden, 2008, s.173-174).

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Girdi ve Çıktılar

Girdiler	Kodu	Çıktılar	Kodu
Cari Ar-Ge harcaması (Dolar)	X ₁	Cari Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı (Dolar)	Y ₁
Ar-Ge araştırmacı sayısı (Milyon Kişi Başına Düşen)	X ₂	Patent Sayısı (toplam)	Y ₂



Bilim ve teknolojiyi ölçmek için kullanılan veriler kısıtlı olup Ar-Ge harcamaları, Ar-Ge faaliyetlerinde istihdam edilen çalışan sayısı, patent verileri literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışmada girdi değişkeni olarak cari Ar-Ge harcaması ve Ar-Ge araştırmacı sayısı; çıktı değişkeni olarak cari yüksek teknoloji ürün ihracatı ve patent sayısı değişkeni kullanılmıştır. Girdi ve çıktı değişkenleri Dünya Bankası veri tabanından elde edilmiştir. Veri Zarflama Analizi Excel Solver ile yapılmıştır.

Tablo 2. Girdi Yönelimli BBC ve CCR Modeline Göre 2015-2017 Dönemi Etkinlik Değerleri ve Ölçek Etkinlikleri

	BBC			CCR			Ölçek Etkinliği (CCR/BBC)		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Avusturya	0,365	0,325	-	0,364	0,316	-	0,997	0,973	-
Belçika	0,725	0,656	0,533	0,713	0,635	0,517	0,984	0,968	0,971
Bulgaristan	0,651	0,640	0,674	0,498	0,511	0,566	0,764	0,799	0,839
Kıbrıs	1	1	1	0,084	0,050	0,087	0,084	0,050	0,087
Çek Cumhuriyeti	0,995	0,825	0,945	0,995	0,825	0,945	1	1	1
Almanya	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Danimarka	0,215	0,199	0,202	0,215	0,199	0,202	1	1	1
İspanya	0,418	0,379	0,430	0,351	0,337	0,343	0,838	0,890	0,797
Estonya	0,713	0,684	0,561	0,695	0,656	0,507	0,974	0,959	0,904

Tablo 2 Devam. Girdi Yönelimli BBC ve CCR Modeline Göre 2015-2017 Dönemi Etkinlik Değerleri ve Ölçek Etkinlikleri

	BBC			CCR			Ölçek Etkinliği		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Finlandiya	0,204	0,211	0,205	0,184	0,188	0,200	0,900	0,889	0,978
Fransa	0,866	1	0,906	0,855	1	0,895	0,987	1	0,987
Yunanistan	0,356	0,392	0,339	0,250	0,284	0,233	0,701	0,723	0,687
Hırvatistan	0,654	0,603	0,605	0,394	0,410	0,326	0,602	0,680	0,539
Macaristan	1	1	0,976	1	1	0,976	1	1	1
İrlanda	1	1	1	1	1	1	1	1	1
İtalya	0,820	0,604	0,759	0,517	0,555	0,600	0,630	0,920	0,790
Litvanya	0,597	0,556	0,601	0,536	0,556	0,586	0,898	1	0,975



**Türkiye ve Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerin Görelî Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge)
Etkinliğinin Analizi**

Lüksemburg	0,438	0,721	0,904	0,275	0,481	0,752	0,626	0,667	0,832
Letonya	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Malta	1	1	-	0,915	0,844	-	0,915	0,844	-
Hollanda	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Polonya	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Portekiz	0,430	0,298	0,241	0,315	0,242	0,212	0,732	0,813	0,879
Romanya	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Slovak Cumhuriyeti	0,837	1	1	0,829	1	1	0,991	1	1
Slovenya	0,296	0,298	0,307	0,187	0,172	0,185	0,631	0,578	0,601
İsveç	0,273	0,255	0,231	0,271	0,249	0,231	0,994	0,975	1
Ortalama Etkinlik	0,709	0,702	0,708	0,623	0,625	0,629	0,878	0,891	0,883

Çalışmada girdi yönelimli BBC ve CCR modelleri kullanılmıştır. Girdi yönelimli modelde amaç fonksiyonu mevcut çıktıyı en az girdiyle üretmeye yöneliktir. Tablo 2'ye göre 2015-2017 yılları arasında Almanya, İrlanda, Letonya, Hollanda, Polonya ve Romanya ülkelerinin hem CCR hem de BBC modellerinde Ar-Ge etkinliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu ülkelerin etkinlik değerleri bire eşittir. Bu yıllar arasında Kıbrıs'ın BBC modeline göre Ar-Ge etkinliği varken CCR modeline göre Ar-Ge etkinliği yoktur. Türkiye'nin CCR modelinde 2015 yılında Ar-Ge etkinliği yokken 2016 ve 2017 yıllarında vardır. BBC modelinde ise 2015-2017 yılları arasında Ar-Ge etkinliği vardır. CCR ve BBC modellerine göre Fransa'nın 2016 yılında; Slovak Cumhuriyeti'nin 2016 ve 2017 yıllarında Ar-Ge etkinliği vardır. Görelî Ar-Ge etkinliğine bakıldığında Danimarka, Finlandiya, Portekiz, İsveç gibi ülkelerin Ar-Ge etkinliği ortalama etkinlik değerinin oldukça altında kalmıştır.

Ölçek etkinliği, CCR modelinden elde edilen etkinlik değerinin BBC modelinden elde edilen etkinlik değerine bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Ölçek etkinliği değerlerine bakıldığında Çek Cumhuriyeti, Almanya, Danimarka, Macaristan, İrlanda, Letonya, Hollanda, Polonya ve Romanya'nın 2015-2017 yılları arasında uygun ölçekte olduğu söylenebilir. Türkiye 2015 yılında uygun ölçeğe oldukça yakın olup 2016 ve 2017 yıllarında uygun ölçektedir. İtalya, Lüksemburg, Slovenya düşük ölçek etkinliği değerine sahip ülkelerdir. Kıbrıs ise ölçek etkinlik değeri ile en düşük performansa sahiptir.



Tablo 3. 2015-2017 Yıllarına Ait CCR Modellerinden Elde Edilen Potansiyel İyileşme Oranı Tablosu (Yüzde)

		2015	2016	2017		2015	2016	2017
Avusturya	x1	-63,57	-68,4	-	y1	145,61	190,13	-
	x2	-63,57	-68,4	-	y2	145,61	190,13	-
Belçika	x1	-28,65	-36,54	-48,26	y1	40,14	54,66	89,29
	x2	-28,65	-36,54	-48,26	y2	53,31	61,16	89,29
Bulgaristan	x1	-87,75	-72,53	-43,45	y1	107,8	95,57	74,91
	x2	-50,23	-48,87	-43,45	y2	100,94	95,57	74,91
Kıbrıs	x1	-92,86	-94,99	-99,06	y1	1089,99	1894,69	1044,6
	x2	-91,6	-94,99	-91,26	y2	1089,99	1894,69	1044,63
Çek Cumhuriyeti	x1	-0,51	-17,48	-5,53	y1	0,51	19,29	5,51
	x2	-0,51	-17,48	-5,53	y2	0,51	19,29	5,51
Danimarka	x1	-78,53	-80,19	-83,62	y1	235,28	253,87	251,03
	x2	-78,53	-80,14	-79,76	y2	235,28	253,87	251,03
İspanya	x1	-64,94	-66,27	-65,73	y1	185,25	196,51	191,77
	x2	-64,94	-66,27	-65,73	y2	185,25	196,51	191,77

Tablo 3 Devamı. 2015-2017 Yıllarına Ait CCR Modellerinden Elde Edilen Potansiyel İyileşme Oranı Tablosu (Yüzde)

		2015	2016	2017		2015	2016	2017
Estonya	x1	-89,39	-87,23	-83,56	y1	43,93	52,36	97,15
	x2	-30,52	-34,36	-49,28	y2	43,93	52,36	106,36
Finlandiya	x1	-85,37	-84,07	-86,39	y1	389,13	320,99	275,54
	x2	-81,62	-81,22	-79,96	y2	333,87	320,99	275,54
Fransa	x1	-14,52	0	-10,54	y1	16,98	0	11,79
	x2	-14,52	0	-10,54	y2	111,79	0	92,59
Yunanistan	x1	-85,36	-80	-86,61	y1	477,02	514,58	307,02
	x2	-75	-71,64	-76,72	y2	254,74	211,04	307,02
Hırvatistan	x1	-68,92	-58,97	-76,97	y1	154,1	139,91	206,61
	x2	-60,65	-58,97	-67,38	y2	154,1	139,91	206,61
İtalya	x1	-48,28	-44,46	-40,04	y1	93,36	80,04	66,48
	x2	-48,28	-44,46	-40,04	y2	0	80,04	66,48



**Türkiye ve Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerin Görelî Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge)
Etkinliğinin Analizi**

Litvanya	x1	-62,61	-44,48	-41,4	y1	86,42	70,19	66,87
	x2	-46,36	-44,4	-41,4	y2	86,42	70,19	66,87
Lüksemburg	x1	-95,41	-91,84	-89,05	y1	439,88	462,12	432,71
	x2	-72,54	-51,89	-24,78	y2	264,17	107,87	32,94
Malta	x1	-94,48	-96,1	-	y1	9,33	18,42	-
	x2	-8,54	-15,55	-	y2	9,33	18,42	-
Portekiz	x1	-78,92	-83,92	-88,06	y1	355,01	348,96	266,65
	x2	-68,55	-75,79	-78,82	y2	174,67	252,98	266,65
Slovak Cumhuriyeti	x1	-51,48	0	0	y1	20,57	0	0
	x2	-17,06	0	0	y2	20,57	0	0
Slovenya	x1	-93,63	-95,26	-87,61	y1	435,75	480,43	438,64
	x2	-81,33	-82,77	-81,52	y2	0	0	0
İsveç	x1	-72,89	-75,15	-76,93	y1	210,51	233,6	253,37
	x2	-72,89	-75,15	-76,93	y2	210,51	233,6	253,37
Türkiye	x1	-0,18	0	0	y1	569,33	0	0
	x2	-0,18	0	0	y2	0,18	0	0

Tablo 3'te etkin olmayan ülkelerin etkin olabilmeleri için girdi ve çıktılarda yapmaları gereken değişiklik miktarını göstermektedir. Türkiye'nin 2015 yılında etkin olması için cari Ar-Ge harcaması ve Ar-Ge araştırmacı sayısını %18 azaltma ve patent sayısını %18 artırma, yüksek teknoloji ürün ihracatını 5 kat artırma yönünde iyileştirme yapması gerekmektedir. Diğer ülkelerin de etkinliği sağlayabilmeleri için yapmaları gereken iyileştirmeler söz konusudur. Örneğin etkinlikleri düşük olan Danimarka, Finlandiya, Portekiz, İsveç gibi ülkelerin farklı düzeylerde girdilerinin azaltma ve çıktıları artırma yönünde iyileştirme yapmaları gerekmektedir.

Sonuç

Günümüzde uluslararası rekabetin ve ekonomik büyümenin en önemli unsurlarından birisi Ar-Ge faaliyetleri olmuştur. Ar-Ge faaliyetleri katma değerli ürünlerin üretilmesini, teknolojik gelişmenin sağlanmasına yönelik yenilik kapasitesini güçlendiren faaliyetlerdir. Dolayısıyla büyümek isteyen tüm ülkeler bu alana özel bir önem vermektedir. Avrupa Birliği ve Türkiye de Ar-Ge girdilerinin ve çıktıların artırılmasına yönelik önemli çabalarda bulunmaktadır. Çünkü bilim ve teknolojiye ileriye bilimsel faaliyetler sonucunda oluşmaktadır. Ar-Ge çıktıların artması için araştırma kapasitesinin ve insan kaynağının geliştirilmesi gerekmektedir. Ar-Ge çıktısı durumundaki patent ve yüksek teknoloji ürün ihracatının artırılması, insan kaynağı olan araştırmacılarının niteliklerinin artmasına ve Ar-Ge harcamalarının uygun bir şekilde kullanılmasına bağlıdır. Kuşkusuz tüm



yapılan Ar-Ge harcamaları ve istihdam edilen Ar-Ge personeli ülkelerin bilim ve teknoloji kapasitelerinin artırılması yönünde önemli kazanımlara yol açmaktadır. Ancak kıt olan Ar-Ge kaynağının ticarileşerek üretim ve ihracatı artırıcı ürünlere dönüşmesi, verimliliği tüm sektörlerde sistematik olarak artırıcı üretim süreci yeniliklerine odaklanması son derece önemlidir. Bu anlamda Ar-Ge etkinliği değerleri yol gösterici unsurlardan birisi olabilmektedir.

Ar-Ge etkinliği hedeflenen sonuçlara ne ölçüde ulaşıldığını göstermektedir. 2015-2017 yılları arasında Almanya, İrlanda, Letonya Hollanda, Polonya ve Romanya ülkelerinin CCR ve BBC modellerinde Ar-Ge etkinliğinin olduğu tespit edilmiştir. Bu ülkelerin Ar-Ge etkinlik değeri bire eşittir. Kıbrıs'ın BBC modeline göre ar-ge etkinliği varken CCR modeline göre yoktur. Türkiye 2015 yılında CCR modeline göre Ar-Ge etkinliğine sahip iken 2016 ve 2017 yıllarında CCR ve BBC modelinin her ikisine göre de Ar-Ge etkinliğine sahiptir. Göreli Ar-Ge verimliliğine bakıldığında Danimarka, Finlandiya, Portekiz ve İsveç gibi ülkelerin Ar-Ge etkinliği ortalama verimlilik değerinin oldukça altında kalmıştır. Ölçek etkinliği değeri göz önüne alındığında Çek Cumhuriyeti, Almanya, Danimarka, Macaristan, İrlanda, Letonya, Hollanda, Polonya ve Romanya'nın 2015-2017 yılları arasında uygun ölçekte olduğu söylenebilir. İtalya, Lüksemburg, Slovenya düşük ölçek değerine sahip ülkelerdir. Türkiye ise 2016 ve 2017 yıllarında uygun ölçektedir. Çalışmada etkin olmayan ülkelerin etkin olabilmeleri için girdi ve çıktı miktarında yapmaları gereken değişiklikler de yer almaktadır.

Etkin olmayan ülkeler için Ar-Ge girdisi olarak ele alınan Ar-Ge araştırmacı sayısı ve Ar-Ge harcamasının daha detaylı olarak incelenmesi yararlı olacaktır. Ticarileşmesi ve ihracat potansiyeli yüksek olan yeni ürünlerin yaratılması için Ar-Ge harcamalarının da bu alanlara ağırlık verilmelidir. Ar-Ge araştırmacılarının bu anlamda eğitimler alarak gelişmeleri sağlanmalıdır. Bilim ve teknoloji politikaları ile kaynaklar yenilik kapasitesi yüksek stratejik alanlarda gelişmesi kullanılması için yönlendirilmelidir.

Kaynakça

- Aghion, P. ve Howitt, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Aybarç, S. ve Seim, S. (2017). Seçilmiş OECD Ülkelerinde Ar-Ge Faaliyetlerine Yönelik Kamu Harcamalarının Karşılaştırmalı Etkinlik Analizi. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 12(2), 1-15.
- Banker, R. D., Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.



- Bowlin, F. W. (1998). Measuring Performance; An Introduction to Data Envelopment Analysis. *Journal of Cost Analysis*, 15(2), 3-27.
- Bozkurt, E. ve Topçuoğlu, Ö. (2019). Ar-Ge Etkinliğinin Belirleyicileri Üzerine Tobit Model Uygulaması. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21, 141-63.
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E. (1978). Measuring The Efficiency Of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6),429-444.
- Cincera, M., Czarnitzki, D. ve Thorwarth, S. (2009). Efficiency of Public Spending in Support of R&D Activities. *OECD Working Party on Technology and Innovation Policy (TIP)*, Economic Papers 376.
- Cullmann, A., Schmidt- Ehmcke, J. ve Zloczynski, P. (2009). Innovation, R&D Efficiency and the Impact of the Regulatory Environment – A Two Stage Semi-Parametric DEA Approach. *Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung*, 883, 1-30.
- Derici, S. ve Uygur, K. (2019). Türkiye’de Faaliyet Gösteren İki Havayolu Şirketinin Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü. *DEU Sbe Dergisi*, 21(4).
- Erdoğan, S. ve Canbay, Ş. (2016). İktisadi Büyüme ve Araştırma & Geliştirme (Ar-Ge) Harcamaları İlişkisi Üzerine Teorik Bir İnceleme. *Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(2).
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productivity Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120, 253-90.
- Göçer, İ. (2013). Teknolojik İlerlemenin Belirleyicileri: NIC Ülkeleri İçin Panel Eşbütünleşme ve Panel Nedensellik Analizleri. *Maliye Finans Yazıları*, 27(100), 116-41.
- Göker, A. (2006). Avrupa Birliği’nin Bilim ve Teknoloji Politikası: Aramızdaki Açık Erişim adresi: https://www.inovasyon.org/images/makaleler/ayk/%20Dersleri_2006.pdf (12.01.2020) AYK.AB
- Grossman, G. M. ve Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth: In The Global Economy*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Hall, H. B. (2006). Contribution to the International Encyclopedia of the Social Sciences, Erişim adresi: https://eml.berkeley.edu/~bhhall/papers/BHH06_IESS_R&D.pdf (01.04.2020).
- Hollanders, H. ve Celikel Esser, F. (2007). *Measuring Innovation Efficiency*. European Commission, European Innovation Scoreboard.
- Lin, Y., Deng, N. ve Gao, H. (2018). Research on Technological Innovation Efficiency of Tourist Equipment Manufacturing Enterprises. *Journal of Sustainability*, 10, 4826, 1-17.



OECD (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. Paris: OECD Publishing.

OECD ve Eurostat (2005). *Oslo Kılavuzu: Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması İçin İlkeler*. 3. Baskı, Erişim adresi: https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/BTYPD/kilavuzlar/Oslo_3_TR.pdf (10.05.2020).

Özden, Ü. H. (2008). Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Türkiye'deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37(2), 167-185.

Özkan M. ve Özcan A., (2018). Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Seçilmiş Çevresel Göstergeler Üzerinden Bir Değerlendirme: OECD Performans İncelemesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(32), ss.485-508.

Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*, 98(5), 75-102.

Rousseau, S. ve Rousseau, R. (1998). The Scientific Wealth of European Nations: Taking Effectiveness into Account. *Scientometrics*, 42(1), 75-87.

Saljoughian, M., Ghandehari, M., Shirouyehzad, H. ve Reza, D. (2013). Performance Evaluation of OECD Countries by Data Envelopment Analysis Based on Science And Technology Factors. *Journal of Applied Science and Engineering Management*, 1(1), 24-35.

Seki, İ. ve Barbaros, R. (2011). Rekabet Gücünün Ölçülmesinde Ulusal Yenilik Sistemleri ve Üniversite Ekonomisi Yaklaşımı. *Ege Akademik Bakış*, 11(3), 407-24.

Zhu, J. ve Cook, W. D. (2007). *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*, New York:Springer.

