

**AR-GE ETKİNLİĞİNİN BELİRLEYİCİLERİ ÜZERİNE BİR TOBİT  
MODEL UYGULAMASI**

*A TOBIT MODEL APPLICATION ON THE DETERMINANTS OF R&D  
EFFICIENCY*

**Eda BOZKURT\***, **Özlem TOPÇUOĞLU\*\***

*Geliş Tarihi: 26.09.2018  
(Received)*

*Kabul Tarihi: 02.04.2019  
(Accepted)*

**ÖZ:** Kaynakların kıtlığı, ülkelerin istikrarlı büyümeyi yakalamalarında yeniliğe adapte olmalarını zorunlu kılmaktadır. Yeniliğin kaynağı ise araştırma geliştirme faaliyetleridir. Bu çalışmanın amacı araştırma geliştirmenin etkinliğinin belirleyicilerini ortaya koymaktır. Araştırmada 16 OECD ülkesine ait 1996-2014 dönemi verileri kullanılmıştır. İlk olarak araştırma geliştirmenin etkinlik değerleri Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile hesaplanmıştır. Daha sonra araştırma geliştirmenin etkinliğinin belirleyicisi olduğu düşünülen Toplam Faktör Verimliliği elde edilmiştir. Toplam Faktör Verimliliği hesaplamalarında Malmquist Endeks Yöntemine başvurulmuştur. Araştırmanın son aşamasında araştırma geliştirmenin etkinlik değerlerinin bağımlı değişken olarak kullanıldığı Tobit Model tahmin edilmiştir. Bağımsız değişken olarak hesaplanan toplam faktör verimliliği, enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırım verileri kullanılmıştır. Tobit model tahmin sonuçlarına göre toplam faktör verimliliği ve enerji tüketimi değişkenlerinin araştırma geliştirmenin etkinliği üzerinde doğru yönlü; buna karşılık doğrudan yabancı yatırımların ise ters yönlü etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Araştırma-Geliştirme, Etkinlik, Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi, Tobit Model.

**ABSTARCT:** The scarcity of resources obliges them to adapt to innovation to achieve steady growth of countries. The source of innovation is research and development activities. The aim of this study is to reveal the determinants of the effectiveness of research and development. 1996-2014 period data of 16 OECD countries were used in the study. Firstly, the efficiency values of research and development were calculated by Data Envelopment Analysis Method and then Total Factor Productivity, which is considered to be the determinant of the effectiveness of research and development, was obtained. Malmquist Index Method was used in Total Factor Productivity calculations. In the final stage of the study, Tobit Model in which the efficiency values of research and development are used as dependent variables was estimated. Total factor productivity calculated, energy consumption and foreign direct investment data were used as independent variable. According to Tobit model estimation results, it was determined that total factor productivity and energy consumption variables have a directed line effect on the efficiency of research

\*Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi, edabozkurt@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7158-8049.

\*\*Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, ozlemgunduz@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9821-5856.

and development, while foreign direct investment has a back line effect on the efficiency of research and development.

**Key Words:** Research-Development, Efficiency, Malmquist Total Factor Productivity Index, Tobit Model.

## 1. GİRİŞ

İktisat yazınında yenilik ile ilgili konulara en fazla katkı J. A. Schumpeter tarafından sağlanmıştır. Schumpeter'e göre yenilik; yeni hammadde kaynakları sağlayarak yeni üretim yöntemleriyle yeni ürünlerin üretilmesini, yeni sistemlerin ve piyasaların ortaya çıkmasını ifade etmektedir. Teknoloji ve yeniliklerle ilgili gelişmelerin ortaya çıkmasını sağlayan ise araştırma-geliştirme (AR-GE) faaliyetleridir.

AR-GE, insan, kültür ve toplum bilgisi dâhil olmak üzere bilgi birikimini artırmak ve yeni uygulamaların tasarlanması için bu bilgi birikiminin kullanılması amacıyla sistematik olarak üstlenilen yaratıcı çalışmaları içermektedir (OECD, 2002:30). AR-GE faaliyetleri yeni bilgi ve buluşlara gittikçe daha bağımlı olan günümüz ekonomilerinin rekabet gücünü artırarak uzun dönemde sürdürülebilir büyümenin ana belirleyicilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Birçok ülke teknoloji ve yenilikleri ortaya çıkaracak AR-GE faaliyetlerine özel bir önem vermektedir (Çetin ve Işık, 2014: 76).

Ülkelerin AR-GE performansı teorik ve ampirik düzeyde çalışmalara sıkça konu olmaktadır. Literatürde AR-GE ile ilgili araştırmaların ilki AR-GE ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye yönelik olup bunlardan bazıları Lichtenberg (1992), Park (1995), Lee ve Yu (1998), Sylwester (2001), Altın (2009), Yuen vd. (2009) şeklinde sıralanabilir. Bu çalışmaların büyük bir kısmında AR-GE harcamaları, AR-GE personeli, patent başvuruları ya da bilimsel araştırma sayısı yenilik ölçütü olarak değerlendirilmiş ve yenilikler ile ekonomik performans arasında pozitif bir ilişkinin varlığı ortaya koyulmuştur. Öte yandan AR-GE'nin belirleyicilerinin tespit edilmeye çalışıldığı çalışmalar ise ikinci tür çalışmaları oluşturmakta olup, Porter ve Stern (2000), Griffith vd. (2004), Yıldırım (2011), Tebaldi ve Elmslie (2013), Doğan ve Albeni (2015), Wafa (2015), Božić ve Mohnen (2016), Pabuçcu ve İmamoğlu (2017), ait çalışmalar örnek gösterilebilir. Son olarak AR-GE'nin etkinliğinin belirleyicilerinin ele alındığı çalışmalardan Li (2009), Vidal vd. (2009) bazılarıdır. Literatür taraması sonucunda AR-GE'nin etkinliğini artıran/azaltan faktörlerin belirlenmesi konusunda bir açık bulunduğu tespit edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda Türkiye'nin yer aldığı OECD ülkelerinden oluşan panel için AR-GE'nin etkinliğinin belirleyicileri tespit edilmiştir. Çalışmada ilk olarak 1996-2014 dönemi için bağımlı değişken olan AR-GE'nin etkinliği Veri Zarflama Analizi (VZA) yardımıyla hesaplanmıştır. Daha sonra AR-GE'nin etkinliğinin belirleyicilerinin tespiti Tobit Model ile sağlanmıştır.

Fakat Tobit Model analizine geçilmeden önce AR-GE'nin etkinliğine etki ettiği literatürde kabul edilen toplam faktör verimliliği değişkeni Malmquist Endeks yardımıyla hesaplanmıştır. Tobit Model analizinde bağımlı değişken AR-GE'nin etkinliği bağımsız değişkenler ise toplam faktör verimliliği (TFV), elektrik tüketimi ve doğrudan yabancı sermaye yatırımları olarak belirlenmiştir. Çalışma teorik düzeyde tanıtıcı bilgilerin verildiği giriş başlığının ardından yukarıda bahsedilen analizlerle devam ettirilmiştir. Ardından genel değerlendirme ve politika önerilerinin sunulduğu sonuç bölümüyle tamamlanmıştır.

## 2. YÖNTEM VE VERİ

Çalışmanın ampirik analiz kısmında 1996-2014 dönemine ait verilerle 16 OECD ülkesi için AR-GE etkinliğinin belirleyicileri araştırılmıştır. Araştırmada dengeli panel veri analizi yöntemine başvurulduğu için kesikli veriye sahip olan OECD ülkeleri dışlanmıştır.

Literatürde etkinliği belirleyen faktörlerin tespitine yönelik çalışmalarda genellikle, değişkenlerin etkisi hakkında önceden bir varsayım gerektirmeyen ve birden fazla sürekli veya kesikli değişkenin kullanılabilirdiği, iki aşamalı yaklaşımın (two stage approach) takip edildiği görülmektedir. Bu yaklaşımın birinci aşamasında, her bir karar verme birimi (KVB) için etkinlik katsayıları elde edilmekte, ikinci aşamada ise etkinliği belirleyen değişkenler ile etkinlik arasındaki ilişki uygun regresyon modeli yardımıyla tahmin edilmektedir (Stevens, 2005: 93). Bu bilgiler ışığında çalışma üç aşamalı bir analiz sürecini içermektedir.

- 1. Aşama:** Bağımlı değişken olarak ele alınan AR-GE etkinliğinin hesaplanmasında oluşmaktadır. Bu aşamadaki analiz bir Veri Zarflama Analizini kapsamaktadır.
- 2. Aşama:** AR-GE'nin etkinliğinin bir belirleyicisi olarak düşülen TFV'nin hesaplanması ikinci analizi oluşturmaktadır. Bağımsız değişken olarak modele dahil edilecek TFV Malmquist Endeks yardımıyla hesaplanmıştır.
- 3. Aşama:** Son aşamada bağımsız değişkeni AR-GE etkinliğinin temsil ettiği, bağımsız değişkenlerin ise TFV, enerji tüketimi ve doğrudan yabancı sermaye yatırımlarından oluştuğu bir panel Tobit tahmini yer almaktadır.

### 2.1. Veri Zarflama Analizi

Etkinlik ölçümünün en genel anlamda konusu, kaynakların belirli bir zamanda ve biçimde kullanımı ile gerçekleşen sonuçların, hedeflenen ya da istenen sonuçlara göre değerlendirilmesidir. Bir ekonomik birimin elde ettiği sonuçlar, istenilen sonuçlarla çakışmadığı zaman bu birimin etkin olmadığı söylenir. Böyle bir durum etkinlik boyutunun ölçülmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Etkinlik ölçümlerinde genellikle üç yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler; oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler şeklinde sınıflandırılmaktadırlar. Her bir yöntemin zayıf ve üstün yönleri bulunmaktadır.

Parametrik olmayan yöntemler, üretim fonksiyonunun arkasında analitik bir şekilde ihtiyaç duymadıkları için, parametrik yöntemlere göre daha esnek yapıya sahiptir. Parametrik olmayan yöntemlerdeki esnek yapı; çoklu girdi/çoklu çıktı verilerini kullanan birimler için, etkinlik ölçümü yapmaları açısından daha uygun olmaktadır. (Kıyıldı ve Karaşahin, 2006: 391).

Parametresiz yöntemlerden en çok tanınanı, Farrell (1957) tarafından yapılan bir çalışmaya dayanan VZA yöntemidir. Bu yaklaşım aynı girdiyi kullanarak aynı çıktıyı ortaya koyan homojen birimlerin etkinliklerini değerlendirmekte ve her birimi en etkin birim veya birimlerle karşılaştırmaktadır. Bu yönüyle diğer yöntemlere göre etkinlik ölçümünde homojen küme yapısı olan VZA'nın kullanılması daha uygun görülmektedir. Tıpkı diğer yöntemler gibi parametresiz yöntemlerin de zayıf yönü bulunmaktadır. Ölçümlerde kullanılan girdi ve çıktı verilerinde oluşabilecek rassal hatalardan kaynaklanan bu durum, verilerin güvenilir kaynaklardan sağlanması ile giderilebilmekte ve bu şekilde ortaya çıkabilecek hatalar önlenebilmektedir.

VZA'da pek çok model bulunmaktadır ve temelde zarflama şekline göre ve etkin olmayan birimlerin etkinlik sınırına olan uzaklıklarına göre sınıflandırılma yapılmaktadır (Paradi ve Schaffnit, 2004, 721).

Zarflama şekline göre: 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes – CCR (Charnes, Cooper and Rhodes, 1978, 429-444) tarafından Ölçeğe Göre Sabit Getiri (girdilerin bileşim oranı değiştirilmeden kullanılan girdiler artırıldığında, çıktılarında aynı oranda arttığı - Constant Return to Scale - CRS) varsayımı altında geliştirilen bir modeldir. İlk VZA modeli olan ve etkinliği oransal olarak ortaya koyan orijinal CCR modeliyle, modelin çarpanlarının ve zarflama yüzeyinin ayrıntılı olarak irdelenmesi mümkün olmuştur (Banker, Charnes and Cooper, 1984,1086). 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper – BCC (Banker vd.,1984, 1078-1092) tarafından Ölçeğe Göre Değişen Getiri (girdilerin bileşim oranı değiştirilmeden kullanılan girdiler artırıldığında, çıktılarının farklı oranda arttığı - Variable Return to Scale - VRS) varsayımı altında geliştirilen bir modeldir. BCC etkin sınırı her koşulda CCR sınırının altında yer aldığından CCR etkinlik değeri, BCC etkinlik değerinden küçük veya ona eşit olmaktadır.

Etkin olmayan birimlerin etkinlik sınırına olan uzaklıklarına göre ise: i) Girdiye yönelik (çıkıtı seviyesini değiştirmeden, bu çıktı düzeyini en etkin şekilde elde etmek için girdi bileşiminin ne kadar azaltılması gerektiğini araştıran model), sabit çıktı düzeyinde girdi kullanımını oransal olarak azaltarak teknik etkinlik değerini ölçmeye çalışmaktadır. ii) Çıktıya yönelik (girdi seviyesini değiştirmeden, bu girdi düzeyi ile işletmeyi etkin hale getirebilmek için çıktı miktarının ne kadar artırılması gerektiğini araştıran model), sabit girdi düzeyinde çıktı kullanımını oransal olarak artırarak teknik etkinlik ölçülmektedir.

Matematiksel olarak KVB'lerin etkinlik ölçümü, KVB'nin ağırlıklandırılmış çıktılar toplamının, ağırlıklandırılmış girdiler toplamına oranı şeklinde yapılmaktadır.  $j$  karar verme biriminin ürettiği çıktı faktörleri miktarı  $Y_{rj}$ ,  $r = 1, \dots, s$  ve kullandığı girdi faktörleri miktarı  $X_{ij}$ ,  $i = 1, \dots, m$  olduğunda, karar verme birimi  $j$ 'nin girdi ve çıktı faktörlerine yüklediği ağırlıklar sırasıyla,  $v_{ij}$  ve  $u_{rj}$  ise;  $j$  KVB'nin etkinliği ( $e_j$ ),

$$\text{Max } e_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rj} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ij} X_{ij}} \quad (1)$$

oranına eşit olmaktadır (Ramanathan, 2003:40).

Her doğrusal programlama probleminin ilişkili olduğu bir ikiz problemi bulunmaktadır. Doğrusal programlama problemi birincil (primal) olarak isimlendirilirken ikizi ikincil (dual) olarak isimlendirilmektedir. Birincil ve ikincil problemlerin optimal çözüm değerleri birbirinin aynısıdır (Öztürk, 2002:127). Çalışmada girdi odaklı model tercih edildiği için CCR ve BCC modelleri için girdi odaklı formülasyonlar verilmiştir.

**Tablo 1.** Girdi Odaklı CCR Formülasyonları.

Girdi Odaklı CCR Birincil (Primal) Formülasyon	Girdi Odaklı CCR İkincil (Dual) Formülasyon
$\text{max } e_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$ <p><b>Kısıtlar:</b></p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$ $-\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq 0$ <p><math>j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s</math></p>	$\text{min } \theta_0$ <p><b>Kısıtlar:</b></p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - \theta_0 x_{i0} \leq 0$ $y_{r0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \leq 0$ <p><math>j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s</math></p>

**Kaynak:** Milind Sathye, "Efficiency of Banks in a Developing Economy: The Case of India", *European Journal of Operational Research*, 148, 2003, 666.

**Tablo 2.** Girdi Odaklı BCC Formülasyonları.

Girdi Odaklı BCC Birincil (Primal) Formülasyon	Girdi Odaklı BCC İkincil (Dual) Formülasyon
$\max e_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - (u_0)$ <p><b>Kısıtlar:</b></p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$ $-\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - (u_0) \leq 0$ $v_i \geq 0 \quad u_r \geq 0 \quad u_0 \text{ sınırsız}$ $i = 1, \dots, m \quad r = 1, \dots, s$	$\min \theta_0$ <p><b>Kısıtlar:</b></p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - \theta_0 x_{i0} \leq 0$ $y_{r0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \leq 0$ $\left( \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \right)$ $i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s; j = 1, \dots, n$

**Kaynak:** Sathye, Milind, "Efficiency of Banks in a Developing Economy: The Case of India", European Journal of Operational Research, 148, 2003, 666.

Formüllerde yer alan, n (KVB sayısı), s (çıktı sayısı), m (girdi sayısı),  $u_r$  (gözlemlenmiş KVB tarafından r. çıktıya verilen ağırlık değeri),  $v_i$  (gözlemlenmiş KVB tarafından i. girdiye verilen ağırlık değeri),  $x_{i0}$  (gözlemlenmiş KVB'nin kullandığı i. girdi miktarı),  $y_{r0}$  (gözlemlenmiş KVB'nin elde ettiği r. çıktı miktarı),  $x_{ij}$  (j. KVB'nin kullandığı i. girdi miktarı),  $y_{rj}$  (j. KVB'nin elde ettiği r. çıktı miktarı),  $\theta_0$  (KVB'ye ait girdilerin büzülme katsayısı) ve  $\lambda_j$  (j. KVB'nin aldığı yoğunluk değeri)'ni ifade etmektedir.

Birincil modelde yer alan amaç fonksiyonunun ( $\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$ ) değerinin 1'e eşit olması KVB'nin etkin olduğu, diğer durumlarda KVB'nin etkin olmadığı anlamına gelmektedir. İkincil modelde ise  $\theta_0 = 1$  durumu KVB'nin etkin olduğunu, diğer durumlar etkin olmadığını ifade etmektedir (Yun, vd., 2004:89).

Çalışmada girdi olarak, AR-GE harcamaları/GSYİH (%) ve AR-GE için çalışan araştırmacı sayısı (milyon kişi başına); çıktı olarak ise yüksek teknolojlili ürün ihracatının imalat sanayi içindeki payı (%) ve yerleşik ve yerleşik olmayanların toplam patent başvuru sayısı değişkenleri kullanılmıştır. Etkinlik hesaplaması için VZA tekniği, girdileri değiştirerek mevcut çıktıyı meydana getirme amacına yönelik olması sebebiyle girdi odaklı olarak hesaplanmıştır.

## 2.2. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi

TFV endeksi, karar verme birimlerinin iki zaman aralığı arasındaki toplam faktör verimliliği değişimini ortaya koymaktadır. Endeks, birden fazla girdi/çıktı ile toplam faktör verimliliğindeki ilerleme/gerileme durumunu ve zaman içerisindeki değişimi açıklamaktadır. (Tone, 2004:203-227). Bu endeks Caves, Christensen ve Diewert (Caves vd., 1982:73-86) tarafından 1982 yılında geliştirilmiştir ve uzaklık fonksiyonları yardımıyla, birbirleriyle ilgili değişkenlerin oluşturduğu küme içerisindeki değişimi ölçen gerçek bir sayı belirleme fikrini ilk ortaya atan Sten Malmquist'in ardından Malmquist Endeksi olarak anılmıştır (Cingi ve Tarım, 2000:10).

Malmquist TFV endeksi, iki gözlemin toplam faktör verimliliğindeki değişimini, ortak bir teknolojiye olan uzaklıkların oranı olarak ölçmektedir (Kılıçkaplan vd., 2004:106). Fare vd. (1994)'nin, iki Malmquist verimlilik endeksinin ( $M_1$  ve  $M_2$ ) geometrik ortalaması şeklinde yapmış oldukları tanımlamaya göre endeks,

$$M = (M_1 * M_2)^{1/2} \quad (2)$$

şeklinde formüleleştirilmektedir.

Formülde yer alan ( $M_1$ ), t dönemi teknolojisine dayanılarak elde edilen Malmquist endeksinin temsil ederken ( $M_2$ ), t+1 dönemi teknolojisine dayanılarak elde edilen Malmquist TFV Endeksinin temsil etmektedir. M, i üretim biriminde iki dönem arasında verimlilik değişimlerine bağlı olarak 1'e eşit, 1'den büyük veya 1'den küçük değerler alabilmektedir (Öncü ve Aktaş, 2007:252).

Malmquist endeksi aynı zamanda toplam faktör verimliliğindeki değişimin kaynakları hakkında da bilgi vermektedir. Şöyle ki:

$$\underbrace{M_1^{t+1}(y^t, y^{t+1}, x^t, x^{t+1})}_{TFVD} = \underbrace{\frac{D_1^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_1^t(y^t, x^t)}}_{ED} * \underbrace{\left[ \frac{D_1^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_1^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} * \frac{D_1^t(y^t, x^t)}{D_1^{t+1}(y^t, x^t)} \right]^{1/2}}_{TD} \quad (3)$$

Denklem 3, TFV değişimi ile ifade edilen toplam faktör verimliliğindeki değişimin etkinlik değişimi (ED) ile teknik değişim (TD) çarpımından oluştuğunu ifade etmektedir (Mao, vd. 1997:157-174). Etkinlik değişimi üretim biriminin etkin olan sınıra ne kadar yaklaştığını gösterirken, teknik değişim de etkin sınır değişimini göstermektedir. Elde edilen değerler, t ve t+1 dönemleri arasında değerlendirildiğinde, sonucun 1'den büyük olması etkinlik ve teknik değişimin arttığını, 1'den küçük olması azaldığını ve 1'e eşit olması değişmediğini ifade etmektedir (Sturm and Williams, 2002:8).

Fiyatlara gerek olmadığı gibi, teknolojinin yapısına dair varsayımlara da ihtiyaç duyulmadan hesaplanabilmesi gibi bir üstünlüğü bulunan Malmquist endeksi, özellikle fiyatların net olarak belirlenemediği kamu sektöründeki verimliliği ölçmede uygun bir yöntem olarak kullanılabilir (Estache vd., 2004:223).

TFV endeksinde teknolojinin ölçüğe göre getiri özellikleri önemli bir yere sahip olduğu için Malmquist Endeksi ölçümünde uzaklık fonksiyonlarını tahmin etmede ölçüğe göre sabit getiriyi dikkate alan VZA modeli olan CCR modelinin varsayımının esas alınması gerekmektedir. Bu nedenle analizde CCR değerleri dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır.

### 2.3. Tobit Model

Ekonometrik analiz yapılırken bağımlı değişken değerinin alttan veya üstten sınırlandırılmak zorunda olunması veri kaybına neden olmaktadır. Böyle bir durumda bağımlı değişkene ait bilgi yalnızca bazı gözlemler için bulunur ki böyle bir sansürlü regresyon modeli Tobit Model olarak bilinmektedir. Probit Modelinin bir uzantısı olan Tobit Model, James Tobin tarafından geliştirilmiştir (Tobin, 1958:24).

Gözlenemeyen (latent) bir bağımlı değişkenin ( $y^*$ ), bağımsız değişken(ler)le doğrusal regresyonu,

$$\begin{aligned}
 y_i^* &= x_i' \beta + u_i \quad (i = 1, \dots, n) \\
 y_i &= \begin{cases} y_i^*, & y_i^* > 0 \text{ ise} \\ 0, & y_i^* \leq 0 \text{ ise} \end{cases} \\
 u_i &\sim IIN(0, \sigma^2)
 \end{aligned} \tag{4}$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada;  $y_i^*$  gözlenemeyen (latent) bağımlı değişkeni,  $X_i$  açıklayıcı değişken(ler) vektörünü,  $\beta$  katsayılar vektörünü,  $u_i$  özdeş ve bağımsız normal (Identically and Independently Normal, IIN) dağılım gösteren hata terimini ve  $Y_i$  gözlenen bağımlı değişkeni göstermektedir.

Çalışmanın ilk aşamasında VZA ile elde edilen etkinlik değerleri üstten (sağdan) 1 ile sınırlandırılmıştır. Bağımlı değişken olarak kullanılacak olan bu etkinlik değerlerinin sınırlandırılmış olması, çalışmanın ikinci aşamasında oluşturulacak olan model için en uygun seçimin Tobit Model olmasına yol açmıştır. Analizde kullanılan 16 ülkenin AR-GE etkinliğini ve onu etkileyebileceği düşünülen faktörler arasındaki ilişkiyi tespit etmek amacıyla oluşturulan tesadüfi etkiler panel Tobit (Random Effects Panel Tobit) model aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$y_{it}^* = x_{it}' \beta + u_i + \varepsilon_{it}$$



$$y_{it} = \begin{cases} y_{it}^*, & y_{it}^* < 1 \text{ ise} \\ 1, & y_{it}^* \geq 1 \text{ ise} \end{cases}$$
$$u_i \sim IIN(0, \sigma_u^2) \text{ ve } \varepsilon_{it} \sim IIN(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (5)$$

CCR skorlarının bağımlı değişken olarak yer aldığı modelde bağımsız değişken olarak ülkelerin toplam faktör verimliliği değerleri (TFP), doğrudan yabancı yatırım değerleri (FDI) ve enerji tüketimi (ENERGY) değişkenlerinin kullanıldığı model, STATA 11.2 Programı ile tahmin edilmiştir.

Çalışmanın amacına yönelik olarak gerek teorik gerekse uygulamalı çalışmaların incelenmesi sonucu oluşturulan model,

$$CCR_{it} = \beta_0 + \beta_1 TFV_{it} + \beta_2 FDI_{it} + \beta_3 ENERGY_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

şeklinde oluşturulmuştur.

Modelde,

**CCR<sub>it</sub>** : t yılında i ülkesine ait AR-GE CCR değeri

**TFV<sub>it</sub>** : t yılında i ülkesinin toplam faktör verimliliği değeri

**FDI<sub>it</sub>** : t yılında i ülkesinin doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının GSYİH içindeki payı

**ENERGY<sub>it</sub>** : t yılında i ülkesinin kişi başına düşen enerji tüketimi

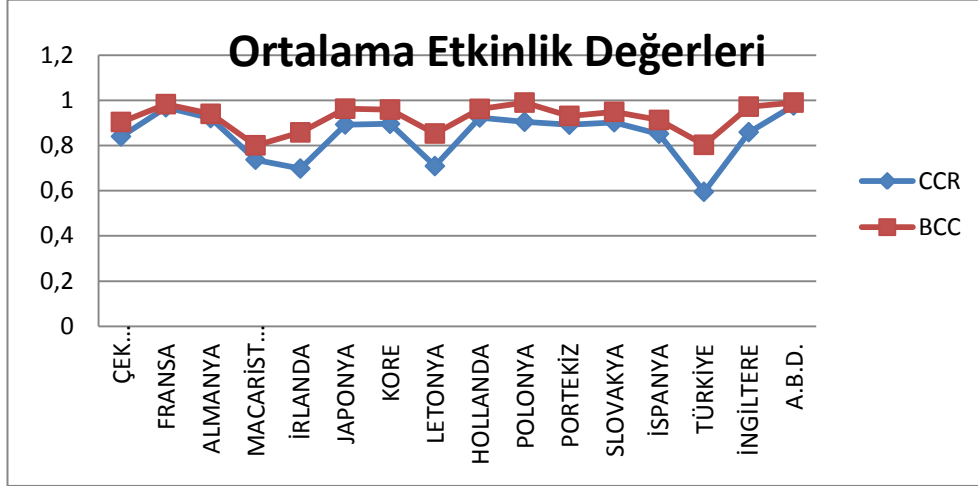
biçiminde tanımlanmıştır. Ayrıca,  $u_i$  ve  $\varepsilon_{it}$  modelin hata terimleri olup  $u_i$  tesadüfi etkiyi ifade etmektedir ve her dönemde aynıdır.

### 3. AMPİRİK BULGULAR

#### 3.1. VZA ile Etkinlik Tahmini

Temel olarak VZA analizi, aynı girdileri kullanarak benzer çıktıları sağlayan karşılaştırılabilir KVB'ler arasında yapılmaktadır. Analizde kullanılan girdi ve çıktıların aynı değişkenler olması gerekirken yoğunluk ve büyüklükleri farklı olabilmektedir. Bununla birlikte modele çok fazla girdi ve çıktı eklenmesi de analizde etkin ve etkinsiz birimlerin belirlenebilme yeteneğini düşürmektedir. Bu amaçla; 16 ülke için AR-GE harcamaları/GSYİH (%) ve AR-GE için çalışan araştırmacı sayısı (milyon kişi başına) girdi değişkenleri ve yüksek teknolojlü ürün ihracatının imalat sanayi içindeki payı (%) ve yerleşik ve yerleşik olmayanların toplam patent sayısı çıktı değişkenleri olarak ele alınıp etkinlik analizi yapılmıştır. Ayrıca VZA çalışmaları incelendiğinde genel olarak KVB'lerin sayısının çıktı ve girdi sayıları toplamından çok olması tavsiye edilmektedir (Kutlar ve Babacan, 2008, 156). Bu çalışmada da karar verme birimi 16 olup, girdi ve çıktı sayılarının toplamı ise 4'tür. Ayrıca ilgili verilere ulaşılabilen ülkeler üzerinde yapılan bu çalışmada, 1996 ve 2014 yılları arasında belirtilen girdi ve çıktı değişkenleri

kullanılarak ülkelerin AR-GE etkinlik analizi mevcut verinin tamamının kullanılması ile yıllar itibariyle incelenmiştir.



Şekil 1. Ortalama AR-GE Etkinlik Değerleri

Şekil 1, analizde kullanılan 16 ülkeye ait ortalama etkinlik değerlerini göstermektedir. Şekil 1. incelendiğinde, 1996-2014 dönemi için ilgili ülkelerin ortalama CCR değerlerine göre, en yüksek ortalamanın Amerika Birleşik Devletleri'ne (A.B.D.) en düşük ortalamasının ise Türkiye'ye ait olduğu görülmektedir. BCC değerleri de bu durumu A.B.D. açısından desteklemektedir. Ülkelerin ortalama BCC değerlerine göre, en yüksek ortalama A.B.D.'ye en düşük ortalama ise Macaristan'a aittir.

Tablo 3 ve 4'te 1996-2014 yılları itibariyle ülkelerin etkinlik değerleri verilmiştir.

**Tablo 3.** 1996-2014 Dönemi İtibariyle CCR ve BCC Modelinden Elde Edilen AR-GE Etkinlik Değerleri

YIL	ÇEK CUMHURİYETİ		FRANSA		ALMANYA		MACARİSTAN		İRLANDA		JAPONYA		KORE		LETONYA	
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
1996	0.856	<b>1.000</b>	0.967	0.996	0.934	<b>1.000</b>	0.421	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.984	<b>1.000</b>	0.939	0.998	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
1997	0.916	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.984	<b>1.000</b>	0.848	<b>1.000</b>	0.971	0.983	0.995	<b>1.000</b>	0.940	0.986	0.905	<b>1.000</b>
1998	0.949	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.931	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.959	0.965	0.892	<b>1.000</b>	0.753	<b>1.000</b>
1999	0.961	<b>1.000</b>	0.996	0.997	0.978	0.979	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.961	0.965	0.985	<b>1.000</b>	0.669	<b>1.000</b>
2000	0.964	0.989	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.528	0.807
2001	0.856	0.921	0.960	0.971	0.984	0.994	0.968	0.968	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.861	0.940	0.553	0.873
2002	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.931	0.950	0.927	0.963	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.854	0.997	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.920	0.973	0.589	0.873
2003	0.893	0.935	0.952	0.972	0.915	0.934	0.915	0.916	0.754	0.939	0.941	0.961	0.950	0.981	0.637	0.987
2004	0.875	0.930	0.982	0.983	0.943	0.968	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.645	0.892	0.964	0.974	0.990	0.991	0.639	0.893
2005	0.842	0.905	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.955	0.959	0.833	0.856	0.652	0.882	0.935	0.938	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.555	0.724
2006	0.884	0.892	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.947	0.947	0.730	0.736	0.703	0.878	0.888	0.916	0.958	<b>1.000</b>	0.544	0.628
2007	0.771	0.818	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.957	0.957	0.737	0.737	0.675	0.853	0.862	0.918	0.935	<b>1.000</b>	0.607	0.707
2008	0.831	0.868	0.948	0.989	0.923	0.933	0.705	0.705	0.654	0.760	0.887	0.957	0.888	0.940	0.626	0.678
2009	0.854	0.856	0.866	0.932	0.840	0.841	0.652	0.657	0.587	0.690	0.792	0.959	0.809	0.822	0.900	0.949
2010	0.868	0.972	0.968	0.971	0.839	0.840	0.625	0.625	0.490	0.697	0.783	0.958	0.804	0.849	0.621	0.683

2011	0.795	<b>1.000</b>	0.916	0.945	0.816	0.817	0.566	0.566	0.333	0.690	0.777	0.956	0.778	0.860	0.615	0.657
2012	0.686	0.872	0.962	0.971	0.822	0.823	0.424	0.517	0.322	0.678	0.789	0.971	0.767	0.886	0.723	0.749
2013	0.592	0.616	0.979	<b>1.000</b>	0.861	0.896	0.348	0.467	0.317	0.674	0.739	0.949	0.805	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
2014	0.575	0.609	0.984	<b>1.000</b>	0.876	<b>1.000</b>	0.299	0.475	0.311	0.695	0.708	0.916	0.802	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
Ortalama	0.840	0.904	0.969	0.983	0.921	0.940	0.737	0.801	0.698	0.858	0.893	0.963	0.896	0.959	0.709	0.853

**Tablo 4. (Devam)** 1996-2014 Dönemi İtibariyle CCR ve BCC Modelinden Elde Edilen AR-GE Etkinlik Değerleri

YIL	HOLLANDA		POLONYA		PORTEKİZ		SLOVAKYA		İSPANYA		TÜRKİYE		İNGİLTERE		A.B.D.	
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
1996	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.687	<b>1.000</b>	0.973	<b>1.000</b>	0.819	0.915	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.400	<b>1.000</b>	0.994	<b>1.000</b>	0.991	<b>1.000</b>
1997	0.988	<b>1.000</b>	0.865	0.985	0.931	0.994	0.874	0.918	0.986	<b>1.000</b>	0.520	0.984	0.995	<b>1.000</b>	0.990	0.998
1998	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.880	0.973	0.813	0.877	0.873	0.905	0.907	0.919	0.932	<b>1.000</b>	0.971	<b>1.000</b>	0.987	<b>1.000</b>
1999	0.985	<b>1.000</b>	0.932	0.974	0.938	0.955	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.984	<b>1.000</b>	0.997	<b>1.000</b>	0.983	0.984	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

2000	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.875	0.932	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
2001	0.909	0.979	0.911	0.986	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.998	<b>1.000</b>	0.940	0.941	0.966	0.967	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.995	0.996
2002	0.875	0.983	0.905	<b>1.000</b>	0.923	0.946	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.906	0.907	0.530	0.832	0.964	0.982	0.982	0.990
2003	0.944	0.980	0.892	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.990	0.990	0.862	0.862	0.396	0.768	0.987	<b>1.000</b>	0.960	0.975
2004	0.906	0.970	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.999	<b>1.000</b>	0.833	<b>1.000</b>	0.849	0.850	0.363	0.716	0.963	<b>1.000</b>	0.983	<b>1.000</b>
2005	0.947	0.982	0.988	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.849	0.898	0.270	0.628	0.895	0.996	0.988	<b>1.000</b>
2006	0.917	0.990	0.782	<b>1.000</b>	0.889	<b>1.000</b>	0.962	<b>1.000</b>	0.812	0.880	0.316	0.639	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
2007	0.853	0.998	0.650	0.961	0.840	0.840	0.867	<b>1.000</b>	0.792	0.886	0.390	0.513	0.767	0.953	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
2008	0.978	<b>1.000</b>	0.807	0.970	0.710	<b>1.000</b>	0.785	0.976	0.820	<b>1.000</b>	0.461	0.512	0.713	0.948	0.949	0.961
2009	0.997	<b>1.000</b>	0.991	<b>1.000</b>	0.829	0.838	0.821	0.962	0.781	<b>1.000</b>	0.448	0.470	0.661	0.915	0.871	0.927

2010	0.945	0.966	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.698	0.727	0.747	0.774	0.775	<b>1.000</b>	0.555	0.557	0.654	0.928	0.957	0.998
2011	0.895	0.897	0.910	0.960	0.772	0.802	0.717	0.733	0.759	0.908	0.668	0.808	0.664	0.927	0.926	0.972
2012	0.823	0.851	0.999	<b>1.000</b>	0.829	0.848	0.869	0.870	0.748	0.847	0.706	0.945	0.724	0.969	0.981	<b>1.000</b>
2013	0.833	0.849	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.930	0.932	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.712	0.735	0.688	0.920	0.692	0.939	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
2014	0.759	0.824	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.993	0.994	0.715	0.715	0.706	<b>1.000</b>	0.687	0.926	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
Ortalama	0.924	0.962	0.905	0.990	0.892	0.931	0.903	0.949	0.852	0.913	0.595	0.803	0.859	0.972	0.977	0.990

Tablo 3 ve 4'e göre 1996 yılında CCR modeline göre, 16 ülke içerisinde İrlanda, Letonya, Hollanda ve İspanya, 1997 yılında yalnızca Fransa, 1998 yılında Fransa, Almanya, İrlanda ve Hollanda, 1999 yılında Macaristan, İrlanda, Slovakya ve A.B.D., 2000 yılında Fransa, Almanya, Macaristan, İrlanda, Japonya, Kore, Hollanda, Polonya, Slovakya, İspanya, Türkiye, İngiltere ve A.B.D., 2001 yılında İrlanda, Japonya, Portekiz ve İngiltere, 2002 yılında Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Japonya ve Slovakya, 2003 yılında yalnızca Portekiz, 2004 yılında Macaristan ve Polonya, 2005 yılında Fransa, Kore, Portekiz ve Slovakya, 2006 yılında Fransa, İngiltere ve A.B.D., 2007 yılında Fransa ve A.B.D., 2010 yılında yalnızca Polonya, 2013 yılında Letonya, Polonya, Slovakya ve A.B.D., 2014 yılında Letonya, Polonya, Portekiz ve A.B.D. etkinlik sağlamışlardır. 2008, 2009, 2011 ve 2012 yıllarında ise analizde yer alan hiçbir ülke etkinlik sağlayamamıştır. 1996-2014 dönemi itibarıyla ortalama CCR değerlerine göre hiçbir ülke tam etkinliğe ulaşamamakla beraber tam etkinliğe en yakın ülke 0,977 ortalama etkinlik değeriyle A.B.D. olmuştur.

Tablo 3 ve 4'te aynı zamanda ilgili ülkelerin BCC modeline göre elde edilen etkinlik değerleri verilmektedir. 1996 yılında 16 ülke içerisinde BCC modeline göre 1996 yılında Çek Cumhuriyeti, Almanya, Macaristan, İrlanda, Japonya, Letonya, Hollanda, Polonya, Portekiz, İspanya, Türkiye, İngiltere ve A.B.D., 1997 yılında Çek Cumhuriyeti, Fransa, Almanya, Macaristan, Japonya, Kore, Letonya, Hollanda, İspanya ve İngiltere, 1998 yılında Çek Cumhuriyeti, Fransa, Almanya, Macaristan, İrlanda, Kore, Letonya, Hollanda, Türkiye, İngiltere ve A.B.D., 1999 yılında Çek Cumhuriyeti, İrlanda, Kore, Letonya, Hollanda, Slovakya, İspanya, Türkiye, ve A.B.D., 2000 yılında Fransa, Almanya, Macaristan, İrlanda, Japonya, Kore, Hollanda, Polonya, Slovakya, İspanya, Türkiye, İngiltere ve A.B.D., 2001 yılında İrlanda, Japonya, Portekiz, Slovakya ve İngiltere, 2002 yılında Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Japonya, Polonya ve Slovakya, 2003 yılında Polonya, Portekiz ve İngiltere, 2004 yılında Macaristan, Polonya, Portekiz, Slovakya, İngiltere ve A.B.D., 2005 yılında Fransa, Kore, Polonya, Portekiz, Slovakya ve A.B.D., 2006 yılında Fransa, Kore, Polonya, Portekiz, Slovakya, İngiltere ve A.B.D., 2007 yılında Fransa, Kore, Slovakya ve A.B.D., 2008 yılında Hollanda, Portekiz ve İspanya, 2009 yılında Hollanda, Polonya ve İspanya, 2010 yılında Polonya ve İspanya, 2011 yılında yalnızca Fransa, 2012 yılında Polonya ve A.B.D., 2013 yılında Fransa, Kore, Letonya, Polonya, Slovakya ve A.B.D., 2014 yılında ise Fransa, Almanya, Kore, Letonya, Polonya, Portekiz, Türkiye ve A.B.D.'nin etkinlik sağladığı görülecektir. Yine BCC modeline göre etkinlik değerleri incelendiğinde en yüksek ortalama etkinlik düzeyine A.B.D.'nin ulaştığı görülmektedir.

### 3.2. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi

Bu bölümde analize konu olan ülkelerin, ilgili dönem itibari ile TFV değerleri Tobit Model için bir bağımsız değişken olması amacıyla hesaplanmıştır. DEAP 2.1 programı kullanılarak, 1996-2013 dönemi itibariyle hesaplanmış olan TFV endeksleri Tablo 5'te rapor edilmiştir.

**Tablo 5.** Ortalama Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Değerleri

Dönemler	Ülkeler							
	Çek C.	Fransa	Almanya	Macaristan	İrlanda	Japonya	Kore	Letonya
1996-1997	0.829	0.826	<b>1.172</b>	<b>1.181</b>	<b>1.205</b>	<b>1.223</b>	<b>1.233</b>	1.255
1997-1998	0.396	0.391	0.869	0.877	<b>1.311</b>	<b>1.332</b>	<b>1.358</b>	1.371
1998-1999	<b>1.438</b>	<b>1.453</b>	<b>1.454</b>	<b>1.458</b>	0.992	0.992	<b>7.444</b>	7.326
1999-2000	<b>1.335</b>	<b>1.335</b>	<b>1.335</b>	<b>1.335</b>	<b>1.335</b>	<b>1.335</b>	0.895	<b>0.910</b>
2000-2001	<b>1.022</b>	<b>1.024</b>	<b>1.028</b>	0.993	0.997	<b>1.005</b>	0.997	1.007
2001-2002	0.646	0.664	0.683	0.696	0.680	0.664	0.671	<b>0.671</b>
2002-2003	<b>1.168</b>	<b>1.168</b>	<b>1.168</b>	<b>1.168</b>	<b>1.168</b>	<b>1.168</b>	<b>1.168</b>	1.168
2003-2004	<b>1.144</b>	<b>1.144</b>	<b>1.144</b>	<b>1.144</b>	<b>1.144</b>	<b>1.144</b>	<b>1.144</b>	1.144
2004-2005	0.177	0.179	0.184	0.189	0.196	0.204	0.212	<b>0.223</b>
2005-2006	0.992	0.992	<b>1.686</b>	<b>1.635</b>	<b>1.599</b>	<b>1.563</b>	<b>1.529</b>	1.520
2006-2007	<b>1.112</b>	<b>1.112</b>	0.992	0.992	<b>1.315</b>	<b>1.287</b>	<b>1.258</b>	1.234
2007-2008	<b>1.101</b>	<b>1.101</b>	<b>1.101</b>	<b>1.101</b>	0.992	0.992	<b>2.120</b>	2.059
2008-2009	<b>1.101</b>	<b>1.100</b>	<b>1.100</b>	<b>1.100</b>	<b>1.099</b>	<b>1.099</b>	0.799	<b>0.823</b>
2009-2010	0.424	0.447	0.459	0.446	0.457	0.464	0.467	<b>0.471</b>
2010-2011	<b>1.102</b>	<b>1.103</b>	<b>1.103</b>	<b>1.102</b>	<b>1.101</b>	<b>1.099</b>	<b>1.099</b>	1.099
2011-2012	0.518	0.533	0.558	0.584	0.605	0.620	0.622	<b>0.607</b>
2012-2013	0.435	0.441	0.447	0.454	0.460	0.467	0.473	<b>0.479</b>
1996-1997	<b>1.285</b>	<b>1.325</b>	<b>1.370</b>	<b>1.407</b>	<b>1.411</b>	<b>1.390</b>	<b>1.406</b>	1.411
1997-1998	<b>1.378</b>	<b>1.383</b>	<b>1.402</b>	<b>1.413</b>	<b>1.429</b>	<b>1.446</b>	<b>1.447</b>	1.425



	Hollanda	Polonya	Portekiz	Slovakya	İspanya	Türkiye	İngiltere	A.B.D.
1998-1999	<b>7.178</b>	<b>7.067</b>	<b>6.925</b>	<b>6.800</b>	<b>6.653</b>	<b>6.531</b>	<b>6.375</b>	6.241
1999-2000	<b>1.171</b>	<b>1.189</b>	<b>1.214</b>	<b>1.236</b>	<b>1.251</b>	<b>1.251</b>	<b>1.251</b>	1.251
2000-2001	0.739	0.777	0.892	0.939	0.984	<b>1.014</b>	<b>1.041</b>	1.060
2001-2002	0.667	0.670	0.992	0.992	<b>1.272</b>	<b>1.271</b>	<b>1.272</b>	1.270
2002-2003	<b>1.168</b>	<b>1.168</b>	<b>1.168</b>	<b>1.168</b>	0.992	0.992	<b>7.657</b>	7.337
2003-2004	<b>1.144</b>	<b>1.144</b>	<b>1.144</b>	<b>1.144</b>	<b>1.144</b>	<b>1.144</b>	0.921	<b>0.961</b>
2004-2005	0.236	0.248	0.243	0.225	0.220	0.227	0.232	<b>0.235</b>
2005-2006	<b>1.505</b>	<b>1.479</b>	<b>1.443</b>	<b>1.419</b>	<b>1.377</b>	<b>1.332</b>	<b>1.305</b>	1.287
2006-2007	<b>1.212</b>	<b>1.201</b>	<b>1.196</b>	<b>1.202</b>	<b>1.192</b>	<b>1.188</b>	<b>1.179</b>	1.165
2007-2008	<b>2.019</b>	<b>2.022</b>	<b>2.010</b>	<b>1.978</b>	<b>1.935</b>	<b>1.885</b>	<b>1.838</b>	1.779
2008-2009	0.880	0.879	0.884	0.898	0.918	0.942	0.966	<b>0.998</b>
2009-2010	0.992	0.992	<b>1.104</b>	<b>1.102</b>	<b>1.102</b>	<b>1.102</b>	<b>1.101</b>	1.102
2010-2011	<b>1.096</b>	<b>1.093</b>	0.923	0.955	<b>1.020</b>	<b>1.002</b>	<b>1.035</b>	1.003
2011-2012	0.633	0.669	0.685	0.715	0.928	0.942	0.998	1.014
2012-2013	0.477	0.466	0.471	0.474	0.477	0.482	0.950	<b>0.971</b>

Her ne kadar TFV bağımsız değişken olarak modele dahil edilmek amacıyla hesaplanmış olsa da incelenen 17 dönem boyunca TFV'nin analize dahil edilen hiçbir ülke için hiç artış göstermediği dönemler 2004-2005 ve 2012-2013 olduğu dikkat çekicidir. Bu dönemlerin kriz yılları olduğu düşünüldüğünde özellikle 2008-2012'de yaşanan küresel krizlerin TFV'yi etkilediği söylenebilir.

### 3.3. Tobit Model Tahmin Sonuçları

Çalışmada kısmi korelasyon analizi yapılarak bağımsız değişkenler olarak kabul edilen toplam faktör verimliliği (TFV), doğrudan yabancı yatırım (FDI) ve enerji tüketiminin (ENERGY), bağımlı değişken olarak kabul edilen AR-GE için tarafımızca hesaplanan etkinlik değerleri (CCR) üzerine olan etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen kısmi korelasyon katsayılarına göre, TFP ile CCR değişkeni arasında pozitif bir ilişki ( $\rho=0,1393$ ), FDI ile CCR arasında da

negatif ve zayıf düzeyde ( $\rho=-0,0817$ ) bir ilişki vardır. ENERGY ile CCR arasında hesaplanan ilişkinin ise pozitif yönde ( $\rho=0,4584$ ) olduğu belirlenmiştir.

Eşitlik (6)'da verilen modelin 1997-2013 dönemine ait dengeli panel veri seti kullanılarak maksimum olabilirlik yöntemi ile tahmininden elde edilen sonuçlar Tablo 6'da rapor edilmiştir.

STATA 11.2 paket programı ile gerçekleştirilen tahmin sonuçlarına göre 272 gözlem içerisinde 225 tanesinin sansürlü yani bağımlı değişken (CCR) değerinin 1'in altında ve 47 tanesinin ise üstten (sağdan) sansürlü yani bağımlı değişken değerinin 1'in üstünde olduğu görülmektedir. Modelin genelini anlamlılığını test etmek amacıyla kullanılan Wald istatistik değerine bakıldığında; 3 serbestlik dereceli  $\chi^2$  dağılımı sergileyen Wald değerine ait olasılık (Prob) değerinin (0.0000), belirlenen  $\alpha$  önem düzeyinden (0.01) küçük olması nedeniyle '*model genel olarak anlamsızdır (parametreler birlikte anlamsızdır)*' biçimindeki sıfır hipotezi ( $H_0$ ) reddedilir ve %1 önem düzeyinde modelin genel olarak anlamlı olduğu sonucuna varılır.

**Tablo 6.** Tesadüfi Etkiler Panel Tobit Model Tahmin Sonuçları

CCR	Katsayı	Standart hata	z	P> z	[% 95 Güven Aralığı]	
TFP	.0182637	.0073338	2.49	0.013	.0038898	.0326376
FDI	-.0008206	-.0011949	0.69	0.492	-.0031625	.0015213
ENERGY	.0000667	.0000142	4.68	0.000	.0000388	.0000946
SABİT	.6112583	.0556018	10.99	0.000	.5022807	.7202359
/sigma_u	.073612	.0168906	4.36	0.000	.0405071	.1067169
/sigma_e	.1466362	.0074132	19.78	0.000	.1321065	.1611658
rho	.2012832	.0764065			.0853582	.3804924
Gözlem özeti:				0	soldan sansürlü gözlem	
				225	sansürlü gözlem	
				47	sağdan sansürlü gözlem	

Log Olabilirlik = 54.777035  
Wald  $\chi^2$  (3) = 28.43  
Prob >  $\chi^2$  = 0.0000

Tesadüfi-etkiler tobit regresyon  
Grup değişkeni: id  
Gözlem sayısı = 272  
Grup sayısı = 16  
Grup başına gözlem:  
min=17  
ort. = 17.0  
mak = 17

Not:  $\rho = (\sigma_u)^2 / [(\sigma_u)^2 + (\sigma_e)^2]$

Tablo 6’da, diğer sonuçların yanısıra, katsayı tahminleri, onlara ilişkin standart hatalar, z istatistikleri, P değerleri ve %95 güven aralıkları yer almaktadır. FDI değişkeni dışındaki tüm bağımsız değişkenlere ait P değerlerinin belirlenen  $\alpha$  önem düzeyinden (0,01) küçük olması nedeniyle söz konusu değişkenlere ait katsayıların %1 önem düzeyinde istatistik bakımdan anlamlı oldukları ve işaretlerinin de beklentilere uygun olduğu tespit edilmiştir. TFP değişkeni ve ENERGY değişkenleri AR-GE’nin etkinliğini artırıcı etkiye sahiptir. TFP’deki artışlar AR-GE’nin etkinliğini artırıyorsa yeniliğe dayalı büyümeden söz edilebilir. Ülkedeki mevcut AR-GE yapısının üretimi, kapasite artışıyla değil verimlilik yoluyla etkilediği ifade edilebilir. Öte yandan enerji de AR-GE etkinliğini pozitif etkileyen bir değişken olarak tespit edilmiştir. Teknolojik yeniliklerin getirdiği yeni üretim sistemlerinin enerjiye ihtiyacı olduğu düşünüldüğünde AR-GE faaliyetlerinin enerji dayalı geliştirildiği düşünülebilir. FDI değişkeninin P değerinin belirlenen  $\alpha$  önem düzeyinden büyük olması nedeniyle istatistik bakımdan anlamsız olduğu belirlenmiştir. Doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının etkisi istatistiki bakımdan anlamsız olmakla beraber negatif etki herhangi bir ülkeye yatırım yapan yabancı şirketlerin yatırım yaparken kendi sektörlerine uygun alanlarda yatırım yapmaları ile ilgili olduğu söylenebilir. Doğrudan yabancı sermaye yatırımları ilgili ülkenin AR-GE yapısını uygun olarak yapılabilir. Ayrıca yabancı yatırımcı her zaman kendilerine ait inovatif süreçleri yatırım yaptığı ülkelere götürmeyebilir. Bu sebeple AR-GE etkinliğini artırıcı bir etki oluşturmayabilir.

### 3. SONUÇ

AR-GE’nin üretime, ihracata, ekonomik büyümeye etkisinin tartışılmaz olduğu artık bilinen bir gerçektir. Tüm dünyada ülkeler AR-GE faaliyetleri için gerek GSYİH’den ayrılan payı gerekse bu alanda istihdam ve yatırımı artırma çabası içindedirler. Gelişmiş ülkelerde GSYİH’den AR-GE harcamalarına ayrılan pay %3 civarında seyretmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde ise bu oran %1’in altına kadar inmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde AR-GE faaliyetlerine yönelik çabalar arttırılsa da bu faaliyetlerin ticarete konu olmadığı görülmektedir. Bu noktada AR-GE’nin etkinliği araştırılmalıdır. Çalışmada AR-GE’nin etkinliğinin belirleyicileri Türkiye’nin de içinde bulunduğu 16 OECD ülkesi için 1996-2014 dönemi boyunca incelenmiştir. Araştırmada ilk olarak AR-GE etkinliği VZA yöntemi ile hesaplanmıştır. Daha sonra etkinliğin bir belirleyicisi olan TFV Malmquist Endeks ile elde edilmiştir. Son aşamada etkinlik değerlerinin bağımlı; TFV, doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının GSYİH içindeki payı ile kişi başına düşen enerji tüketiminin bağımsız değişken olduğu Tobit Model tahmin edilmiştir. Analiz sonuçları TFV ve enerji tüketiminin AR-GE etkinliği üzerinde pozitif ve anlamlı etkili olduğunu göstermiştir. Doğrudan

yabancı sermaye yatırımlarının GSYİH içindeki payı ise anlamsız ve negatif etkilidir. TFV'deki iyileşme AR-GE çalışmalarının etkinliğinin bir sonucudur. Öte yandan AR-GE çalışmalarının etkinliğini ortaya koyan bir diğer gösterge enerji alanıyla ilgilidir.

Avrupa ülkelerinde AR-GE için yapılan harcamalar artırılrsa da bugün dünyada hala AR-GE konusunda A.B.D.'nin hakim olduğu görülmektedir. AR-GE için yapılan çalışmalar artırılırken bu faaliyetlerin ürüne dönüştürülüp, ticarete konu olmaması bir paradoks olarak kabul edilmektedir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin AR-GE faaliyetlerini artırırken etkinliği göz ardı etmemesi gerekmektedir. Bu sebeple ülkeler belli yenilik sektörleri seçmeleridirler. Belli sektörlerle yönelme ülke kaynaklarının etkin kullanılmasını sağlayacaktır. Odak AR-GE sektörlerinin belirlenmediği durumda yapılan harcamalar ürüne dönüşmeden ülke ekonomilerine mali külfet olacaktır. Bu noktada AR-GE yatırımları için uygulanacak teşvik uygulamaları da öncelikli sektörler esasına göre yapılmalıdır. Yalnızca devlet eliyle değil özel sektörün AR-GE piyasasına dahil edildiği sistem oluşturulmalıdır.

#### KAYNAKÇA

- Altın, Onur ve Kaya, Ayşen, "Türkiye'de AR-GE Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensel İlişkinin Analizi", *Ege Akademik Bakış*, 9(1), 2009, 251-259.
- Banker, Rajiv D., Charnes, Abraham, Cooper, W.W., "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30(9), 1984,1078-1092.
- Božić, Ljiljana ve Mohnen, Pierre, "Determinants of Innovation in Croatian SMEs - Comparison of Service and Manufacturing Firms", *Market-Tržište*, 28(1), 2016, 7-27.
- Caves, Douglas W., Christensen, Laurits R., Diewert, W. Erwin, "Multilateral Comparisons of Output, Input and Productivity Using Superlative Index Numbers", *Economic Journal*, 92, 1982, 73-86.
- Charnes, Abraham, Cooper, William W. ve Rhodes, Eduardo "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research* 2(6), 1978, 429-444.
- Cingi, Selçuk ve Tarım, Armağan, "Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü DEA-Malmquist TFP Endeksi Uygulaması", *Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliğleri Dizisi*, Sayı:1, 2000, 1-34.
- Çetin, Murat ve Işık, Hayriye, "Türkiye ve Avrupa Birliği Ekonomilerinde Yenilikler ve Ar-Ge'nin Teşviki: Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme", *Maliye Dergisi*, Sayı 16, Ocak-Haziran 2014, 75-94.

- Doğan, Buhari ve Albeni, Mesut, “Türk İmalat Sanayisinde Firma Düzeyinde Yeniliğin Belirleyicileri Üzerine Bir Araştırma”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20( 2), 2015, 287-298.
- Estache, Antonio, De La Fe Beatriz Tovar, Trujillo, Lourdes, “Sources of Efficiency Gains in Port Reform: A DEA Decomposition of a Malmquist TFP Index for Mexico”, *Utilities Policy*, 12(4), 2004, 221-230.
- Griffith, Rachel, Redding, Stephen ve Reenen, John Van, “Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Countries”, *The Review of Economics and Statistics*, November, 86(4), 2004, 883–89.
- Kılıçkaplan, Serdar, Atan, Murat ve Hayırsever Baştürk, Feride, “Avrupa Birliği’nin Genişleme Sürecinde Türkiye Sigortacılık Sektöründe Hayat Dışı Alanda Faaliyet Gösteren Şirketlerin Verimliliklerinin Değerlendirilmesi”, *Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü Finans Sempozyumu*, 27-28 Mayıs. İstanbul 2004, 105-113.
- Kıyıldı, Recep Koray ve Karaşahin, Mustafa, "Türkiye'deki Hava Alanlarının Veri Zarflama Analizi ile Altyapı Performansının Değerlendirilmesi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 2006, 391-397.
- Kutlar, Aziz ve Babacan, Adem, “Türkiye’deki Kamu Üniversitelerinde CCR Etkinliği-Ölçek Etkinliği Analizi: DEA Tekniği Uygulaması”, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 2008, 148-172.
- Lee, Jong Won ve Yu, Byoung Gyu, *An Endogenous Growth Model Approach to the Korean Economic Growth Factors*, 1998, [http://faculty.washington.edu/karyiu/confer/ sea05/papers/lee\\_yu.pdf](http://faculty.washington.edu/karyiu/confer/ sea05/papers/lee_yu.pdf) (Erişim Tarihi: 10.03.2014).
- Li, Xibao, “China’s Regional Innovation Capacity in Transition: An Empirical Approach,” *Research Policy*, 38, 2009, 338–357.
- Lichtenberg, Frank R., *R&D Investment and International Productivity Differences*, NBER Working Paper, No. 4161, 1992.
- Mao, Weining ve Koo, Won W., “Productivity Growth, Technological Progress and Efficiency Change in Chinese Agriculture After Rural Economic Reforms: A DEA Approach”, *China Economic Review*, 8, 1997, 157-174.
- OECD, Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development Frascati Manual, OECDi France 2002.
- Öncü, Semra ve Aktaş, Rabia, “Yeniden Yapılandırma Döneminde Türk Bankacılık Sektöründe Verimlilik Değişimi”, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 14(1), 2007, 248-266.
- Öztürk, Ahmet Yöneylem Araştırması, Ekin Kitapevi Yayınları, 8. Baskı, Bursa 2002.

- Pabuçcu, Hakan ve İmamoğlu, İlyas Kays, “Yeniliğin Belirleyicileri: Yatay Kesit Veri Analizi”, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), 2017, 110-129.
- Paradi, Joseph C. ve Schaffnit, Claire, “Commercial Branch Performance Evaluation and Results Communication in a Canadian Bank – A DEA Application”, *European Journal of Operational Research*, 156, 2004, 719-735.
- Park, Walter G., “International R&D Spillovers and OECD Economic Growth”, *Economic Inquiry*, 33, 1995, 571-91.
- Porter, Michael E. ve Stern, Scott, *Measuring the “Ideas” Production Function: Evidence from International Patent Output*, NBER Working Paper, No. 7891, Cambridge: Massachusetts: National Bureau of Economic Research, 2000.
- Ramanathan, Ramakrishnan, *An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement*, Sage Publications, New Delhi 2003.
- Sathye, Milind, “Efficiency of Banks in a Developing Economy: The Case of India”, *European Journal of Operational Research*, 148, 2003, 662-671.
- Sylwester, Kevin “R&D and Economic Growth”, *Journal of Knowledge, Technology & Policy*, 13(4), 2001, 71-84.
- Stevens, Philip Andrew, “Assessing the Performance of Local Government”, *National Institute Economic Review*, 193(1), 2005, 90-101.
- Sturm, Jan-Egbert ve Williams, Barry, *Deregulation, Entry of Foreign Banks and Bank Efficiency in Australia*, CESifo Working Paper, No: 816, 2002.
- Tebaldi, Edinaldo ve Elmslie, Bruce, “Does Institutional Quality Impact Innovation? Evidence from Cross-Country Patent Grant Data”, *Applied Economics*, 45(7), 2013, 887–900.
- Tobin, James, “Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables”, *Econometrica*, 26(1), 1958, 24-36.
- Tone, Kaoru, *"Malmquist Productivity Index" Handbook on Data Envelopment Analysis*, Springer US, 2004, 203-227.
- Wafa, Mallek, “Typological Analysis of Non-technological and Technological Innovation Determinants in Tunisia”, *Journal of Behavioural Economics, Finance, Entrepreneurship, Accounting and Transport*, 3(2), 2015, 71–75.
- Vidal, Joaquín Alegre, Chiva, Ricardo ve Lapedra, Rafael, “Measuring Innovation in Long Product Development Cycle Industries: An insight in Biotechnology,” *Technology Analysis & Strategic Management*, 21(4), 2009, 535–546.

Yıldırım, Selim, “İnovasyonun Makroekonomik Belirleyicileri”, *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(13), 2011, 53–68.

Yuen, Ping Ho, Poh, Kam Wong ve Mun, Heng Toh, “The Impact of R&D on the Singapore Economy: An Empirical Evaluation”, *The Singapore Economic Review*, 54(1), 2009, 1-20.

Yun, Yeboon B., Nakayama, Hirotaka ve Tanino, T., “Continuous Optimization A Generalized Model for Data Envelopment Analysis”, *European Journal of Operational Research*, 157, 2004, 87-105.

