

Türkiye ve AB Ülkelerinin AR-GE Verimliliklerinin Entropi-EATWOS Yöntemleri ile Karşılaştırılması

Hatice DOĞAN*

Öz

Ekonomik büyümenin ve sosyal refahın sağlanmasında, yeni bilgi, ürün ve teknolojik süreçlerin oluşturulmasında Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge)'nin payı oldukça büyüktür. Ar-Ge faaliyetleri, bilimsel ve teknolojik faaliyetlerin temelini oluşturulmasında, ülkeler ve işletmeler için hızlı ve sürdürülebilir büyümenin sağlanabilmesinde önemli rol oynamaktadır. Son yıllarda ülkelerin Ar-Ge faaliyetlerine yapmış oldukları yatırımlar ciddi bir artış göstermiştir. Ülkelerin rekabet edebilmesi, üretebilmesi ve ihracat miktarlarını arttırabilmesi, bilimsel ve teknolojik olarak ilerleyebilmesi Ar-Ge alanlarında yapmış oldukları yatırımla doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla ülkelerin Ar-Ge yatırımlarına önem vermesi gerekmektedir. Bu öneme binaen çalışmanın amacı Avrupa Birliği üyesi 26 ülkenin ve Türkiye'nin Ar-Ge verimliliklerinin 2014, 2015 ve 2016 yılları arasındaki değişimlerini incelemektir. Ar-Ge verimliliğinin ölçülmesinde bütünleşik Entropi- EATWOS yöntemleri kullanılmıştır. Analizde ülkelere ait iki girdi (Ar-Ge yoğunluğu, araştırmacı sayısı) ve üç çıktı (Yayın sayısı, ileri teknoloji ihracatı ve toplam patent başvuru sayısı) değişkenleri kullanılmıştır. Ülkelere ait veriler Dünya Bankası'nın web sitesinden yararlanılarak oluşturulmuştur. 2014, 2015 ve 2016 yılları için yapılmış olan analiz sonucunda en yüksek verimlilik skoruna sahip ülkenin Almanya olduğu görülmüştür. Almanya'yı sırasıyla Birleşik Krallık, Fransa, İtalya ve Hollanda izlemektedir. Türkiye ise sekizinci sırada yer almıştır. Söz konusu bu ülkelerin 2014, 2015 ve 2016 yılları içerisindeki sıralamalarında bir değişme olmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge, Verimlilik, Entropi, EATWOS

Comparison of R&D Efficiency of Turkey and EU Countries by Entropy and EATWOS Methods

Abstract

Research and Development (R&D) plays an important role in ensuring economic development and social welfare and in creating new information, products, and technological processes. R&D activities form the basis of scientific and technological activities. It fosters the fast and sustainable growth of countries and businesses. In recent years, countries have dramatically increased their R&D investments. The investments in the R&D activities inevitably affect the ability of countries to compete, to produce, to increase their exports, and to progress scientifically and technologically. Therefore, countries should regard their R&D investments. By the importance of the topic, the aim of this study was to investigate the changes to R&D efficiency of 26 European Union countries and Turkey in 2014, 2015, and 2016. An integrated approach, Entropy-EATWOS, was used to measure R&D efficiency of the countries. The analyses were performed using two inputs (R&D intensity, number of researchers) and three outputs (Number of publications, high technology exports, and the total number of patent applications). Country data were retrieved from the World Bank's website. The results revealed that the country with the highest efficiency scores for 2014, 2015, and 2016 was Germany. Germany was followed by the United Kingdom, France, Italy, and the Netherlands, respectively. Turkey was ranked in eighth place. It was found that there was no change in the rankings of these countries in 2014, 2015, and 2016.

Keywords: R&D, Efficiency, Entropy, EATWOS

Geliş/Received: 09. 09. 2020

Kabul/Accepted: 21. 12. 2020

* Bu çalışma, insanlardan veri ve örnek toplamayı gerektiren, anket, inceleme, alan çalışması ve deney içeren araştırmalar 'kapsamına girmediğinden etik kurul onay belgesi gerektirmemektedir.

*Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Pazarlama ve Reklamcılık Bölümü, hatice.dogan@giresun.edu.tr, orcid.org/0000 – 0002 – 5952 – 5229
(Makale türü: Araştırma makalesi)

Giriş

Günümüzde teknolojik gelişme ve küreselleşme, ülkeler ve işletmeler arasındaki rekabetin artmasına neden olmuştur. Hem ulusal hem de uluslararası rekabette ülkelerin ve işletmelerin başarıyı yakalayabilmesi, ortaya çıkan yeniliklere, değişen piyasa koşullarına ve teknolojik gelişmelere uyum sağlaması ile mümkün olmakla birlikte, bilgiye ve yeniliklere yatırım yapmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle ülkelerin küresel çapta rekabet edebilmesi ve ekonomik büyümeyi sağlayabilmesi Araştırma- Geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerine yapmış oldukları yatırımlarla doğrudan ilişkilendirilmektedir.

Ar-Ge, bilgi stokunu arttırabilmek için belirli bir düzen içerisinde devam ettirilen yenilikçi çalışmaları kapsamaktadır. Ar-Ge; uygulamalı araştırma, temel araştırma ve deneysel araştırma olmak üzere üç temel faaliyetten oluşmaktadır. Uygulamalı araştırma, mevcut bilgiler kullanılarak yapılan araştırmalar sonucunda yeni bilgiler edinmek amacıyla yapılan orijinal araştırmalardır ve öncelikle belirli bir pratik amaca yöneliktir. Temel araştırma; özel bir uygulama veya kullanım göz önünde bulundurulmadan, öncelikle gözlemlenebilir gerçeklerin altında yatan temel hakkında yeni bilgi edinmek amacıyla yapılan deneysel veya teorik temelli bir çalışmadır. Deneysel araştırma ise, yeni materyaller ve/veya ürünler üretmeye, yeni süreçler ve/veya sistemler oluşturmaya ya da daha önceden var olan çalışmaları geliştirmeye yönelik yapılan araştırmalar ile elde edilen bilgileri de temel alan sistematik bir çalışmadır (OECD, 2013).

Ar-Ge faaliyetlerinin temel amacı, değişen çevre koşullarında faaliyetlerini sürdüren işletmelerin, yaşanan değişimlere uyum sağlamalarına, gelişmelere ayak uydurmalarına ve bununla birlikte varlıklarını sürdürebilmelerine imkân sağlamaktır. Bunun yanı sıra; yeni ürünler geliştirmek, mevcut ürünlerde, süreçlerde ve üretim tekniklerinde yenilikler ve iyileştirmeler yapmak, işletmelerde verimliliğin artmasını ve maliyetlerin düşmesini sağlamak, çalışanlar ile yönetim arasındaki ilişkileri iyileştirmek gibi amaçları da bulunmaktadır. Teknolojik ve ekonomik açıdan sürekli değişim gösteren bir çevre içerisinde faaliyette bulunmak ve bu faaliyetlerin devamlılığını sağlamak ancak bu değişimlere ayak uydurmak ile mümkün olabilmektedir. Ülkelerin veya işletmelerin karşılaştıkları sorunlara çözüm yolu aramanın yanı sıra yeni ürünler bulabilmek ve yeni üretim yöntemleri sunabilmek, var olan ürün ve üretim yöntemlerini geliştirebilmek son derece önemli olduğu düşünüldüğünde Ar-Ge faaliyetlerinin ne kadar önemli olduğu görülmektedir (Zerenler ve diğer., 2007). Ülkelerin sürdürülebilir bir ekonomik büyüme sağlayabilmelerinde Ar-Ge faaliyetlerinin önemli bir unsur olduğu ve ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. Son yıllarda Ar-Ge faaliyetlerinin ekonomik büyümedeki öneminin anlaşılması, ülkeleri Ar-Ge faaliyetlerine ciddi yatırımlar yapmaya zorlamıştır (Doruk ve Söylemezoğlu, 2014).

AB üyesi ülkelerin GSYİH içerisindeki Ar-Ge harcamalarının payına bakıldığında 2001 yılında oran % 1,78 iken 2017 yılında bu oran % 2,07'ye yükselmiştir (Eurostat, 23.02.2020). Türkiye'de ise GSYİH içerisindeki Ar-Ge harcamalarının payı 2001 yılında % 0,53, 2017 yılında % 0,96, 2018 yılında ise % 1,03 çıkmıştır (TÜİK, 23.02.2020). Genel olarak Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarına yaptığı yatırımlar yıllar içerisinde artış göstermiş olsa da AB üyesi ülkelerin çok gerisinde olduğu görülmektedir.

Ar-Ge yatırımları, bilimsel ve teknolojik ilerlemeyi teşvik etmede en önemli unsurlardan biri olduğundan, kaynakların yetersiz kullanılması ülkelerin gelişmişlik düzeyini azaltacak ve verimliliği düşürecektir. Ülkelerin bu olumsuzlukları ortadan kaldıracabilmeleri için ek kaynaklar ayırmalarını gerekli kılacaktır (Wang ve Huang, 2007). Bu nedenle ülkelerin Ar-Ge yatırımlarında verimliliklerinin ölçülmesi oldukça önem arz etmektedir.

Bu çalışma, ülkelerin ekonomik, bilgi ve teknoloji alanlarda gelişme göstermesinde Ar-Ge faaliyetlerin öneminden dolayı ortaya çıkmıştır. Buradan yola çıkarak çalışmanın amacı, AB üyesi ülkeler ile Türkiye'nin Ar-Ge verimliliğini 2014, 2015 ve 2016 yılı için ayrı ayrı inceleyerek yıllar içerisindeki değişimlerini tespit etmektir. Bu amaç doğrultusunda, belirlenmiş olan Ar-Ge göstergelerinin ağırlıkları Entropi yöntemi ile belirlenmiş ve belirlenen bu ağırlıklar EATWOS yöntemine aktararak 2014, 2015 ve 2016 yılları için verimlilik ölçümü yapılmıştır. EATWOS yöntemi diğer verimlilik analizi yöntemlerinden farklı olarak, karar vericilerin tatmin edici yani yeterli çözümlere ulaşmasına ve kriterlerin ağırlıklandırılmasına imkân sunmaktadır. EATWOS, diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre yeni bir yöntem olması nedeniyle literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu açıdan çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmanın devam eden kısmında Ar-Ge faaliyetlerine ve kullanılan yöntemlere yönelik yapılmış olan literatür çalışmalarına yer verilmiştir.

Literatür Araştırması

Literatür taraması ile ilgili ilk olarak, Ar-Ge verimlilik ölçümlerine yönelik çalışmalar incelenmiş, ardından Entropi yönteminin kullanıldığı çalışmalar araştırılmış, daha sonra EATWOS yönteminin kullanıldığı çalışmalar incelenmiş ve son olarak ise Entropi ve EATWOS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalara yer verilmiştir.

Ceo ve Helpman (1995), 24 ülkenin 1971-1990 döneminde yurtiçi ve yurtdışı Ar-Ge faaliyetleri arasındaki ilişkiyi toplam faktör verimliliğini ile incelemişlerdir. Bu değişkenlerin birbirleri ile tutarlı ilişkileri olduğunu belirtmişlerdir. Lee ve Park (2005), 1994-1999 yılları arasında Avrupa ve Asya kıtalarında bulunan 27 ülkenin Ar-Ge verimliliğini VZA ile ölçmüşlerdir. Asya kıtasında bulunan ülkelerin verimlilik skorlarının düşük çıkması nedeniyle Ar-Ge politikalarında düzenlemeler yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Wang (2007), Ar-Ge faaliyetlerinin görece verimliliğini değerlendirmek için bir üretim modeli oluşturmuş ve Stokastik Sınır Yaklaşımı

yöntemini kullanmıştır. Wang ve Huang (2007), 30 ülkenin Ar-Ge faaliyetlerinin görece verimliliğini değerlendirmek amacıyla VZA yöntemini kullanmışlardır. Hashimoto ve Haneda (2008), Japonya'daki ilaç firmalarının 1983-1992 yılları arasındaki Ar-Ge verimliliklerini VZA ve Malmquist Endeksi ile ölçmüşlerdir. Thomas ve diğer. (2009), 22 ülkenin Ar-Ge verimliliklerini 2002-2004 ve 2004-2006 dönemleri için Malmquist Verimlilik Endeksi yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Cai (2011), yapmış olduğu çalışmada VZA yöntemini kullanarak 22 ülkenin 2000-2008 döneminde her yıl için ülkelerin verimlilik skorlarını hesaplamıştır. Zhong ve diğer. (2011), 2004 yılında Çin'in ilk resmi ekonomik sayım verilerini kullanarak 30 ilde yer alan sanayi işletmelerinde Ar-Ge yatırım performanslarını VZA yöntemi ile hesaplamışlar ve Çin'deki sanayi işletmelerinin Ar-Ge yatırımlarında verimliliğin artırılması gerektiğini vurgulamışlardır. Saljoughian ve diğer. (2013), OECD ülkelerinin performanslarını değerlendirmek ve bu ülkelerdeki en önemli bilim ve teknoloji faktörlerini belirlemek amacıyla VZA yöntemini kullanmışlardır. Lee ve Lee (2015), Kore'de finansal olarak devlet tarafından desteklenen 10 araştırma enstitüsünün performanslarını değerlendirmek için yapmış oldukları Ar-Ge projelerinin verimliliğini VZA yöntemi ile ölçmüşlerdir. Aybarç ve Selim (2017) çalışmalarında 23 OECD ülkesinin kamu harcamalarının Ar-Ge verimliliğini Stokastik Sınır Etkinsizliği Modeli ile incelemişlerdir. Chen ve diğer. (2018), Çin'in 2006-2010 yılları arasındaki bölgesel Ar-Ge verimliliğini VZA yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Xiong ve diğer. (2018), Çin'deki 17 araştırma enstitüsünün görece Ar-Ge verimliliğini 2012-2015 dönemleri içerisinde VZA yöntemi ile incelemişlerdir. Belgin (2019), 2012-2016 dönemlerinde Türkiye'deki bölgelerin Ar-Ge verimliliğini VZA yöntemi ile araştırmıştır. Gavurova ve diğer. (2019), VZA ile AB ülkelerinin 2010 ve 2015 yılları arasında Ar-Ge göstergelerinin verimliliğini ölçmüşlerdir. Literatür araştırmaları sonucunda elde edilen Ar-Ge verimlilik ölçümüne yönelik çalışmalarda genellikle VZA yönteminin kullanıldığı görülmektedir.

Entropi yönteminin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde yapılan çalışmaların büyük bir kısmında diğer çok kriterli karar verme yöntemleri ile bütünleşik olarak kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmalardan bazıları: Özdağoğlu ve diğer. (2017), makine seçim probleminde Entropi ve SAW yöntemlerini kullanmışlar; Dang ve Dang (2019), Entropi ve VIKOR yöntemlerini kullanarak OCED ülkelerinin çevresel kalitelerini değerlendirmişler; Liu ve diğer. (2019), Qingdao şehrinde deniz ekonomik kalkınma kalitesini değerlendirmek amacıyla bütünleşik Entropi ve Gri İlişkisel Analiz yöntemi kullanmışlar, Ulutaş (2019) Entropi ve MABAC yöntemlerini kullanarak kalifiye personel seçimi için birçok kriterli karar verme modeli önermiş; Ece (2019), Entropi ve TOPSİS yöntemleri ile holding şirketlerinin finansal performanslarını ölçmüş, Tian ve diğer.(2020), Çin'deki 11 kıyı bölgesinin deniz taşıma kapasitelerini Entropi yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir.

EATWOS yönteminin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde: Bansal ve diğer. (2014), tedarik zinciri performansını arttırmak için mevcut satıcıların verimliliğinin artırılması gerektiğini vurgulamışlar ve satıcıların verimliliklerini EATWOS yöntemi ile ölçmüşler; Özbek (2018), sosyal alanlarda hizmet veren bir sivil toplum kuruluşunun verimliliğini VZA ve EATWOS yöntemleri ile değerlendirmiş; Kundakçı (2019), tedarikçilerin verimliliğini EATWOS ve OCRA yöntemlerini kullanarak ölçmüş; Acar ve Arslan (2019), entegre kurutma sisteminin optimizasyonu için EATWOS yöntemini kullanmışlardır.

Literatürde Entropi ve EATWOS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Özdağoğlu (2018) tarafından BİST Sınai kategorisinde yer alan işletmelerin performanslarını incelemiştir. Görçün (2019a, 2019b, 2019c) üç farklı çalışmada Entropi ve EATWOS yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Bu çalışmalar: Avrupa’da bulunan tramvay ve hafif raylı sistemlerin verimlilik ve performans düzeylerin karşılaştırıldığı; Karadeniz limanlarının etkinlik ve verimlilik analizinin yapıldığı; Orta Asya Türk Cumhuriyetlerinin lojistik ve taşımacılık alanındaki performanslarının değerlendirildiği çalışmalardır. Çanakçıoğlu (2019) tarafından Borsa İstanbul Taş Toprak Endeksinde yer alan çimento işletmelerinin finansal performanslarını ölçmüştür. Uludağ (2020), Türkiye’de seçilen havalimanlarının verimliliklerini ölçmüştür. Yapılan literatür araştırması sonucunda Ar-Ge verimliliğinin ölçümünde bütünleşik Entropi- EATWOS yönteminin birlikte kullanıldığı çalışmaya rastlanılmamıştır.

Uygulama

Uygulama, Türkiye ile AB üyesi ülkelerin Ar-Ge verimliliğinin ölçülmesi ve karşılaştırılması ile başlamaktadır. Ar-Ge konusu ile ilgili literatür araştırmasının sonucunda analizde kullanılacak girdi ve çıktı değişkenleri araştırılmış ve ardından verimlilik ölçümünde kullanılacak uygun yöntem seçilmiştir. Verilerine ulaşılabilen AB üyesi 26 ülke ve Türkiye’nin içerisinde yer aldığı toplam 27 ülkenin Ar-Ge verimlilik ölçümü bütünleşik Entropi – EATWOS yöntemleri ile ölçülmesi amaçlanmaktadır. Bazı AB üyesi ülkelerin verilerine ulaşamadığından analize dâhil edilememiştir. İki adımda oluşan uygulamada Entropi yöntemi ile girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıkları hesaplanacaktır. Daha sonra ise değişkenlerin belirlenmiş olan ağırlıkları EATWOS yöntemine aktararak 27 ülkenin verimlilikleri tespit edilecektir.

Verilerin Toplanması

Verimlilik analizinde güvenilir sonuçların elde edilebilmesi için kritik girdi ve çıktı değişkenlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Literatürde Ar-Ge verimlilik ve performans ölçümleri ile ilgili çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalar göz önünde bulundurularak girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmiştir. Çalışmalarda girdi olarak genellikle; Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayısı, GSYİH, nüfus ve Ar-Ge yoğunluğu kullanılmıştır. Çıktı olarak ise genellikle;

yayın sayıları, patent sayıları, yüksek teknoloji ihracatı, üretim ihracatı, marka başvuru sayısı kullanılmıştır. Yapılmış olan çalışmalardan yola çıkarak kullanılmış olan girdi ve çıktı değişkenlerine yönelik tanımlar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan Girdi ve Çıktılar

Türü	Değişkenler	Tanım
Girdiler	Ar-Ge Yoğunluğu(%)	“Ülkenin 2013-2015 yılları arasında ortalaması olarak Ar-Ge harcamalarının GSYİH içindeki payı”
	Araştırmacı sayısı(her milyon kişide)	“Ülkenin 2013-2015 yılları arasında ortalaması olarak tam zamanlı araştırmacı sayısı”
Çıktılar	Yayın Sayısı (adet)	“Ülkede matematik, mühendislik, fizik, kimya, biyoloji, klinik tıp, biyomedikal araştırmaları, yer ve uzay bilimleri alanlarında yayınlanmış olan makale sayısı”
	Yüksek teknoloji ihracatı(\$)	“Ülkenin yüksek teknoloji ürünleri ihracatında elde edilen gelirin miktarı”
	Toplam patent başvuru sayısı (adet)	“Ülkenin Avrupa Patent Ofisi’ne yapmış olduğu toplam patent başvuru sayısı”

Ar-Ge faaliyetlerinin verimlilik ölçümünde diğer önemli bir husus ise belirlenen girdilerin çıktılara dönüşebilmesi için belirli bir zamanın geçmesi gerektiğidir. Bu zamanın ne kadar olduğu hakkında literatürde henüz ortak bir karara varılamamış olunmakla birlikte uygulamada iki yılın (Guan ve Chen, 2010), üç yılın (Wang ve Huang, 2007), beş yılın (Gravs ve Langowitz, 1996; Lee ve Park, 2005) ya da sekiz yılın (Hashimoto ve Haneda, 2008) kabul edildiği çalışmalar görülmektedir. Bu çalışmada, girdilerin çıktılara dönüşmesi üç yıl olarak kabul edilmiş ve üç yılın ortalaması alınarak girdi değişkenlerinin değerleri oluşturulmuştur. Diğer bir ifadeyle 2016 yılı verimlilik ölçümünde çıktı değişkenlerine ait veriler 2016 yılından, girdi değişkenlerine ait verileri ise 2013-2015 yılları arasındaki verilerin ortalaması alınarak oluşturulmuştur. 2014 ve 2015 yılı verimlilik ölçümü için aynı işlemler gerçekleştirilmiştir. Değişkenlere ilişkin veriler Dünya Bankası’nın internet sitesinde (www.worldbank.org) yayınlanan veri tabanından derlenmiştir.

Uygulamada Kullanılan Yöntemler

Çalışmanın bu kısmında değişkenlerin ağırlıklarını belirlemek için kullanılan Entropi ve verimlilik ölçümünde kullanılan EATWOS yöntemlerine yer verilmiştir.

Entropi Yöntemi

Belirlenmiş olan kriterlerin eşit önem derecelerine sahip olmadığı durumlarda bu kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Literatürde farklı kriter ağırlıklandırma yöntemleri (analitik hiyerarşi süreci, analitik ağ süreci, ağırlıklı en küçük kareler yöntemi, DEMATEL vb.) kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bir olan Entropi, 1948 yılında Shannon tarafından belirsizlik ölçüsü olarak tanımlanmıştır (Wu ve diğer., 2011). Entropi yöntemi, karar vericilerin subjektif değerlendirmelerine gerek duymadan, mevcut verileri dikkate alarak hesaplamalar yapan, objektif bir ağırlıklandırma yöntemidir (Çakır ve Perçin, 201).

Entropi yöntemi dört temel adımdan oluşmakta olup, bu adımlar aşağıda verilmiştir (Shannon, 1948; Cover ve Thomas, 1991; Wu ve diğer., 2011; Liu ve diğer., 2019):

1. Adım: *Karar matrisinin oluşturulması*. m alternatifli ($A=\{A_i | i = 1, 2, \dots, m\}$) ve n kriterli ($C=\{C_j | j = 1, 2, \dots, n\}$) karar matrisi eşitlik (1)'deki gibi ifade edilir.

$$D = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mj} & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

2. Adım: *Karar matrisinin normalizasyonu*. Her bir kriter C_j için normalize edilmiş r_{ij} değerleri eşitlik (2)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

3. Adım: *Entropi değerinin hesaplanması*. Eşitlik (3) yardımıyla her bir kriter için Entropi değeri hesaplanmaktadır.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^n r_{ij} \ln r_{ij} \quad , \quad k = \frac{1}{\ln(m)} \quad \text{ve} \quad 0 \leq E_j \leq 1 \quad (3)$$

4. Adım: *Entropi ağırlıklarının hesaplanması*. Eşitlik (4) kullanılarak Entropi ağırlıklarının hesaplanmaktadır.

$$d_{ij} = 1 - E_j \quad \text{ve} \quad w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n (d_j)} \quad , \quad \forall_j \quad (4)$$

Hesaplanmış kriter ağırlıkları toplamalarının 1 olması gerekmektedir.

EATWOS Yöntemi

Araştırmacılar, karar verme birimlerinin verimliliğini ölçülebilmek için belirli girdi ve çıktı değişkenlerine ihtiyaç duymaktadır. Verimlilik ölçümünde kullanılan VZA ve OCRA gibi yöntemlerde girdi ile çıktı değişkenleri arasında maksimum bir oran elde edilmesi amaçlanmaktadır. Ancak bu gibi teknikler Simon'un da belirttiği gibi tatmin etme fikirlerini içermemektedir. Bu nedenle de optimal çözümlerden ziyade tatmin edici çözümlerin aranması gerektiğini vurgulayan Peters ve Zelewski (2006) verimlilik ölçümü için yeni olan EATWOS yöntemini geliştirmişlerdir. EATWOS yöntemine ilişkin uygulama adımları aşağıda verilmiştir (Peters ve Zelewski, 2006; Peters ve diğer., 2012; Bansal ve diğer., 2014; Özbek, 2018):

1. Adım: *Karar matrislerinin oluşturulması*. Belirlenen girdi ve çıktı değişkenleri için karar matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Girdi değişkenleri için X matrisi ve çıktı değişkenleri için ise Y matrisi eşitlik (5) ve (6)'daki gibi oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} & \dots & x_{1K} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} & \dots & x_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ik} & \dots & x_{iK} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{I1} & x_{I2} & \dots & x_{Ik} & \dots & x_{IK} \end{bmatrix} x_{ik} \in \mathbb{R} \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, I \text{ ve } \forall k = 1, \dots, K \quad (5)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1j} & \dots & y_{1J} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2j} & \dots & y_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{i1} & y_{i2} & \dots & y_{ij} & \dots & y_{iJ} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{I1} & y_{I2} & \dots & y_{Ij} & \dots & y_{IJ} \end{bmatrix} y_{ij} \in \mathbb{R} \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, I \text{ ve } \forall j = 1, \dots, J \quad (6)$$

2. Adım: *Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması*. İlk olarak x_{ik} girdi değişkenleri için eşitlik (7) ve (8) ile gösterilen normalizasyon işlemi gerçekleştirilir.

$$\exists i \exists k \quad x_{ik} \neq 0: \quad s_{ik} = \frac{x_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^I x_{ik}^2}} \quad \forall i = 1, \dots, I \text{ ve } \forall k = 1, \dots, K \quad (7)$$

$$\forall i = 1, \dots, I \text{ ve } \forall k = 1, \dots, K \quad x_{ik} = 0: \quad s_{ik} = 0 \quad (8)$$

Eşitlik (9)'daki gibi normalize edilmiş matris oluşturulur.

$$\underline{S} = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1k} & \dots & s_{1K} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2k} & \dots & s_{2K} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ s_{i1} & s_{i2} & \dots & s_{ik} & \dots & s_{iK} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ s_{I1} & s_{I2} & \dots & s_{Ik} & \dots & s_{IK} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Girdi değişkenleri için yapılan normalizasyon işlemi aynı şekilde y_{ij} çıktı değişkenleri içinde tekrarlanmaktadır. Bu işlemler eşitlik (10) ve (11)'de gösterilmiştir.

$$\exists i \exists j \ y_{ij} \neq 0: \quad r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^I y_{ij}^2}} \quad \forall i = 1, \dots, I \text{ ve } \forall j = 1, \dots, J \quad (10)$$

$$\forall i = 1, \dots, I \text{ ve } \forall j = 1, \dots, J \ y_{ij} = 0: \quad r_{ij} = 0 \quad (11)$$

Eşitlik (12)'deki gibi normalize edilmiş matris oluşturulur.

$$\underline{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1J} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2j} & \dots & r_{2J} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{iJ} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{I1} & r_{I2} & \dots & r_{Ij} & \dots & r_{IJ} \end{bmatrix} \quad (12)$$

3. Adım: *Değişkenlerin mesafe boyutlarının belirlenmesi.* Mesafe boyutları her bir değişkenin ideale ne kadar yakın olduklarını göstermektedir. Normalize edilmiş girdi değişkenleri için mesafe boyutları eşitlik (13) ve (14) ile oluşturulur.

$$s_k^* = \min \{ \vec{s}_k \} \quad \forall k = 1, \dots, K \quad (13)$$

$$ip_{ik} = 1 + s_{ik} - s_k^* \quad \forall i = 1, \dots, I \text{ ve } \forall k = 1, \dots, K \quad (14)$$

Normalize edilmiş çıktı değişkenleri için ise mesafe boyutları eşitlik (15) ve (16) ile oluşturulur.

$$r_j^* = \max \{ \vec{r}_j \} \quad \forall j = 1, \dots, J \quad (15)$$

$$op_{ij} = 1 - (r_j^* - r_{ij}) \quad \forall i = 1, \dots, I \text{ ve } \forall j = 1, \dots, J \quad (16)$$

4. Adım: *Eşitlik (17) ile verimlilik skorunun hesaplanması.*

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^J v_j * op_{ij}}{\sum_{k=1}^K w_k * ip_{ik}} \quad (17)$$

Burada v_j çıktı değişkenlerinin, w_k ise girdi değişkenlerinin ağırlıklarını göstermektedir.

Verilerin Analizi

Çalışmanın bu kısmında, verimlilik analizi için karar probleminin çözümüne yer verilmiştir. İlk olarak Türkiye ve AB üyesi ülkelerinin oluşturduğu 27 ülkenin Ar-Ge verimliliklerini ölçmek amacıyla değişkenlerin ağırlıkları, Entropi yöntemi kullanılarak belirlenmiş, daha sonra ise EATWOS yöntemi ile verimlilik ölçümü yapılmıştır. Verimlilik analizi için yapılan hesaplamaların tamamı için Excel programı kullanılmıştır.

Entropi Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Çalışmanın bu aşamasında kullanılan değişkenlere ilişkin veriler Dünya Bankası'nın veri tabanından temin edilmiştir. Verimlilik ölçümünde kullanılan karar birimleri ve bu karar birimlerinin 2014, 2015 ve 2016 yılı için karar matrisleri sırasıyla Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 2'de verilen 2014 yılı için karar matrisindeki çıktı değişkenlerine ilişkin veriler 2014 yılından, girdi değişkenlerine ait verileri ise 2011-2013 yılları arasındaki verilerin ortalaması alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 2. 2014 Yılı İçin Karar Matrisi

	GİRDİLER		ÇIKTILAR		
	Ar-Ge yoğunluğu	Araştırmacı sayısı	Yayın sayısı	Yüksek teknoloji ihracatı	Toplam patent başvuru sayısı
Almanya	2,8283	4297,9548	109262	216162647850	65965
Avusturya	2,8461	4586,9731	12901	21648681499	2363
Belçika	2,2542	4048,8950	17499	45574603464	1026
Birleşik Krallık	1,6416	4022,3981	102971	76895178085	23040
Bulgaristan	0,5905	1617,6804	2744	1154761729	234
Çek Cumhuriyeti	1,7459	3091,8268	15675	26920796119	486,00
Danimarka	2,9655	7077,7395	14022	10641145823	1583
Estonya	2,0505	3396,2234	1675	2708974360	50
Finlandiya	3,4485	7369,5082	11220	5102703824	1545
Fransa	2,2186	4052,1149	75017	121375781336	16533
Hırvatistan	0,7706	1556,7485	4474	915592300	200
Hollanda	1,9317	4193,2164	32355	91097047679	2582
İspanya	1,2939	2706,9025	57076	16348267049	3178
İsveç	3,2789	5662,1325	21130	21452938137	2425
İtalya	1,2628	1858,7524	70781	33222989923	9382
Kıbrıs	0,4585	1039,1288	868	68739416	4
Letonya	0,6577	1850,6149	1162	1329488674	107
Litvanya	0,9165	2740,1798	2472	2093093373	165

Lüksemburg	1,3460	4793,4297	866	679502822	218
Macaristan	1,2805	2428,2735	6859	15686910823	619
Malta	0,7575	1891,4083	297	858230375	13
Polonya	0,8324	1762,6003	31779	17075505272	4096
Portekiz	1,3870	3918,0933	14666	2315726875	740
Romanya	0,4550	870,3961	10801	4473329971	1036
Slovak Cumhuriyeti	0,7639	2788,8866	5136	8404611518	234
Türkiye	0,8168	1086,2959	31674	2825810286	5097
Yunanistan	0,7276	2307,1280	11753	1337152824	670

Tablo 3’de verilen 2015 yılı için karar matrisindeki çıktı değişkenlerine ilişkin veriler 2015 yılından, girdi değişkenlerine ait verileri ise 2012-2014 yılları arasındaki verilerin ortalaması alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 3. 2015 Yılı İçin Karar Matrisi

	GİRDİLER		ÇIKTILAR		
	Ar-Ge yoğunluğu	Araştırmacı sayısı	Yayın sayısı	Yüksek teknoloji ihracatı	Toplam patent başvuru sayısı
Almanya	2,8540	4342,5775	105755	199797306303	66893
Avusturya	2,9849	4770,4766	12937	18086949416	2441
Belçika	2,3316	4266,8402	16852	40736618905	1097
Birleşik Krallık	1,6386	4127,4208	101407	75619201291	22801
Bulgaristan	0,6782	1687,6465	2605	1185997086	291
Çek Cumhuriyeti	1,8850	3257,6225	16873	24815446357	952
Danimarka	2,9553	7175,3898	14053	10096888703	1732
Estonya	1,7651	3357,3524	1604	2053273080	36
Finlandiya	3,2920	7232,4362	10753	4250977309	1416
Fransa	2,2467	4151,7796	72224	110206317007	16300
Hırvatistan	0,7815	1506,5345	4398	915710065	186
Hollanda	1,9644	4476,1558	31069	69866168731	2494
İspanya	1,2639	2657,2899	54794	15107967025	3020
İsveç	3,2444	6239,7815	20669	19016796301	1214
İtalya	1,3072	1927,7916	70814	30511569124	7153
Kıbrıs	0,4761	1039,5066	892	57425206	7
Letonya	0,6552	1841,5299	1476	1291458329	137
Litvanya	0,9587	2853,4586	2461	1920341226	119
Lüksemburg	1,2784	4553,7688	798	702202236	247
Macaristan	1,3353	2543,4694	6566	14668166894	633
Malta	0,7714	1914,2452	302	635089986	11

Polonya	0,8972	1889,1313	32767	16877959173	4815
Portekiz	1,3313	3750,6058	14582	2096407037	945
Romanya	0,4172	908,4939	11527	4437963902	1053
Slovak Cumhuriyeti	0,8362	2749,0768	5206	7461224278	256
Türkiye	0,8371	1146,8418	33113	2773458779	5841
Yunanistan	0,7814	2471,1889	11196	1330536725	573

Tablo 4’de verilen 2016 yılı için karar matrisindeki çıktı değişkenlerine ilişkin veriler 2016 yılından, girdi değişkenlerine ait verileri ise 2013-2015 yılları arasındaki verilerin ortalaması alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 4. 2016 Yılı İçin Karar Matrisi

	GİRDİLER		ÇIKTILAR		
	Ar-Ge yoğunluğu	Araştırmacı sayısı	Yayın sayısı	Yüksek teknoloji ihracatı	Toplam patent başvuru sayısı
Almanya	2,8703	4476,2814	103122	204384737925	151602
Avusturya	3,0292	4889,9407	12366	17339815988	2315
Belçika	2,3958	4465,8772	16394	39902361729	1173
Birleşik Krallık	1,6626	4248,5001	97527	75001628651	22059
Bulgaristan	0,7967	1833,5473	2559	1366736133	241
Çek Cumhuriyeti	1,9339	3408,8414	15963	24842643045	839
Danimarka	2,9845	7303,6119	13471	10056851237	1850
Estonya	1,5536	3265,6751	1482	2106427460	30
Finlandiya	3,1176	7021,5416	10545	3966656486	1368
Fransa	2,2600	4231,3843	69431	109316534720	16218
Hırvatistan	0,8121	1488,6868	4056	1336108842	188
Hollanda	1,9859	4579,8286	29949	71436737099	2604
İspanya	1,2412	2635,0428	52821	15160598549	2922
İsveç	3,2391	6796,4068	19937	19144559630	2384
İtalya	1,3305	2015,2124	69125	31317931725	9821
Kıbrıs	0,4905	1036,7033	973	56436100	4
Letonya	0,6426	1816,1471	1257	1203458453	113
Litvanya	1,0075	2901,4596	2181	1963431129	153
Lüksemburg	1,2779	4600,5481	818	811594546	444
Macaristan	1,3690	2600,9148	6208	15711598927	665
Malta	0,7459	1889,6157	320	592218559	4
Polonya	0,9381	2025,7604	32978	17382613883	4396
Portekiz	1,2863	3649,1779	13773	2457329643	751

Romanya	0,4190	903,5660	10194	5254485304	1063
Slovak Cumhuriyeti	0,9597	2692,1997	5359	7485086924	235
Türkiye	0,8535	1185,0073	33902	2703152465	6848
Yunanistan	0,8703	2775,9948	10725	1415256394	646

2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait karar matrisleri oluşturulduktan sonra, çalışmanın yöntemler kısmında verilmiş olan Entropi yönteminin aşamaları uygulanarak değişkenlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan matrislerin çok uzun olmasından ve çok yer kaplamasından dolayı sadece analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Analiz sonucunda kriterlerin 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ilişkin Entropi (e_j) ve Entropi Ağırlık (w_j) değerleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Değişkenlerin Entropi Skorları ve Entropi Ağırlıkları

Yıllar	Değişkenler	GİRDİLER		ÇIKTILAR		
		Ar-Ge yoğunluğu	Araştırmacı sayısı	Yayın sayısı	Yüksek teknoloji ihracatı	Toplam patent başvuru sayısı
2014	w_j	0,55081	0,44919	0,21212	0,32307	0,46481
2015	w_j	0,54224	0,45776	0,20877	0,32281	0,46842
2016	w_j	0,52828	0,47172	0,18172	0,27834	0,53994

Tabloda verilen değerler incelendiğinde 2014, 2015 ve 2016 yılı için en yüksek Entropi ağırlık değerine bakarak girdiler için en önemli verimlilik değişkeninin Ar-Ge yoğunluğunun olduğu, çıktı değişkenleri için ise, toplam patent başvuru sayısının olduğu söylenebilir.

EATWOS Yöntemine göre Türkiye ile AB Üyesi Ülkelerin AR-GE Verimliliklerinin Karşılaştırılması

Kriter ağırlıklarının belirlendikten sonra ülkelerin Ar-Ge verimliliklerini ölçmek amacıyla EATWOS yöntemi kullanılmıştır. Analizde Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiş olan karar matrisi ve Entropi yöntemi kullanılarak hesaplanan ve Tablo 5’te verilen ağırlıklar kullanılmış olup bu tablolara tekrardan yer verilmemiştir. Ülkelerin verimlilik skorları 2014, 2015 ve 2016 yılları için ayrı ayrı çözülmüş, ancak matris boyutlarının büyük olması nedeniyle sadece analiz sonuçlarına yer verilmiştir. EATWOS yönteminin aşamaları uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlar Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Ülkelerin AR-GE Verimlilik Skorları

	2014 Yılı				2015 Yılı				2016 yılı			
	Girdi	Çıktı	Verimlilik skoru	Sıra	Girdi	Çıktı	Verimlilik skoru	Sıra	Girdi	Çıktı	Verimlilik skoru	Sıra
Almanya	1,2228	1,0000	0,8178	1	1,2244	1,0000	0,8167	1	1,2255	1,0000	0,8160	1
Avusturya	1,2307	0,2745	0,2231	15	1,2422	0,2664	0,2145	16	1,2445	0,1961	0,1576	19
Belçika	1,1827	0,2979	0,2519	9	1,1920	0,2901	0,2434	9	1,1982	0,2197	0,1834	9
Birleşik Krallık	1,1456	0,5625	0,4910	2	1,1480	0,5602	0,4879	2	1,1511	0,4058	0,3526	2
Bulgaristan	1,0258	0,2272	0,2215	17	1,0338	0,2209	0,2137	18	1,0438	0,1628	0,1559	20
Çek Cumhuriyeti	1,1297	0,2714	0,2403	11	1,1418	0,2694	0,2360	11	1,1465	0,2022	0,1764	11
Danimarka	1,2970	0,2583	0,1991	24	1,2976	0,2532	0,1951	24	1,2998	0,1878	0,1445	24
Estonya	1,1550	0,2267	0,1963	25	1,1372	0,2193	0,1929	25	1,1214	0,1618	0,1443	25
Finlandiya	1,3327	0,2489	0,1867	27	1,3187	0,2404	0,1823	27	1,3006	0,1769	0,1360	27
Fransa	1,1806	0,5422	0,4593	3	1,1843	0,5312	0,4485	3	1,1848	0,3954	0,3337	3
Hırvatistan	1,0351	0,2285	0,2208	19	1,0356	0,2218	0,2142	17	1,0365	0,1640	0,1582	15
Hollanda	1,1669	0,3747	0,3211	5	1,1754	0,3501	0,2978	5	1,1775	0,2708	0,2300	5
İspanya	1,0936	0,3197	0,2923	6	1,0912	0,3102	0,2843	7	1,0884	0,2339	0,2149	6
İsveç	1,2820	0,2833	0,2210	18	1,2923	0,2679	0,2073	21	1,3022	0,2053	0,1577	18
İtalya	1,0716	0,3926	0,3663	4	1,0764	0,3724	0,3460	4	1,0787	0,2903	0,2691	4
Kıbrıs	1,0042	0,2226	0,2216	16	1,0066	0,2159	0,2145	15	1,0073	0,1591	0,1579	17
Letonya	1,0354	0,2250	0,2173	20	1,0361	0,2189	0,2113	20	1,0346	0,1609	0,1555	21
Litvanya	1,0719	0,2276	0,2123	23	1,0779	0,2206	0,2047	23	1,0815	0,1627	0,1505	23
Lüksemburg	1,1463	0,2246	0,1960	26	1,1370	0,2182	0,1919	26	1,1376	0,1613	0,1418	26
Macaristan	1,0862	0,2504	0,2305	12	1,0926	0,2440	0,2233	12	1,0949	0,1828	0,1670	12
Malta	1,0423	0,2229	0,2139	22	1,0446	0,2161	0,2068	22	1,0423	0,1590	0,1526	22
Polonya	1,0437	0,3000	0,2875	7	1,0514	0,3008	0,2861	6	1,0565	0,2227	0,2108	7
Portekiz	1,1279	0,2442	0,2165	21	1,1211	0,2388	0,2130	19	1,1153	0,1762	0,1580	16
Romanya	1,0000	0,2445	0,2445	10	1,0000	0,2392	0,2392	10	1,0000	0,1769	0,1769	10
Slovak Cumhuriyeti	1,0640	0,2379	0,2236	14	1,0683	0,2312	0,2165	14	1,0737	0,1718	0,1600	14
Türkiye	1,0267	0,2902	0,2826	8	1,0303	0,2902	0,2816	8	1,0315	0,2166	0,2100	8
Yunanistan	1,0504	0,2396	0,2281	13	1,0585	0,2319	0,2191	13	1,0706	0,1719	0,1606	13

2014, 2015 ve 2016 yıllarına ilişkin verimlilik skorlarına bakıldığında sırasıyla Almanya, Birleşik Krallık, Fransa ve Hollanda'nın en iyi Ar-Ge verimliliği gösteren ülkeler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu yıllar içerisinde bu ülkelerin sıralamalarında bir değişiklik olmadı görülmüştür.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Türkiye'nin Ar-Ge verimliliği 2014, 2015 ve 2016 yıllar için Avrupa ülkeleri ile karşılaştırılmıştır. Kullanılan değişkenlerin ağırlıklarının Entropi yöntemiyle, verimlilik ölçümünün ise EATWOS yöntemi ile yapılmış olan çalışmada, yirmi yedi ülke içerisinde Almanya'nın belirtilen yıllar içerisinde ilk sırada yer aldı görülmüştür. Almanya'yı sırasıyla Birleşik Krallık, Fransa, İtalya ve Hollanda takip etmiştir. Söz konusu bu ülkelerin belirtilen yıllar (2014, 2015 ve 2016) içerisindeki sıralamalarında herhangi bir değişiklik olmamıştır. Bu ülkelere ait değişkenler incelendiğinde patent sayısının sıralamada önemli bir etken olduğu görülmektedir. Aynı şekilde Belçika, Romanya, Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Yunanistan, Slovak Cumhuriyeti, Malta, Litvanya, Danimarka, Estonya, Lüksemburg ve Finlandiya'da belirtilen dönemler içerisinde verimlilik skoru sıralamasında herhangi bir değişiklik olmamıştır. Avusturya, Bulgaristan ve Letonya'da verimlilik skorları belirtilen dönemler içerisinde gerileyerek devam etmiştir. Tam tersi Portekiz ve Hırvatistan'ın ise verimlilik skorları yıllar içerisinde düzenli olarak bir artış göstermiştir. İspanya ve İsveç ise 2015 yılında 2014'e göre bir düşüş yaşamışlar ancak 2016 yılında tekrar 2014 yılındaki sıralamalarına ulaşmışlardır. Kıbrıs ve Polonya için ise 2015 yılı en yüksek verimlilik skoruna sahip oldukları dönem olmuştur.

Analiz sonucuna göre Türkiye değerlendirildiğinde 2014, 2015 ve 2016 yılları içerisinde sıralamada bir değişikliğin olmadığı ve belirtilen yıllar içerisinde 8. sırada olduğu görülmektedir. Türkiye birçok AB üyesi ülkelere göre iyi bir durumda olmasına rağmen istenilen seviyeye ulaşamadığı görülmektedir. Yıllar içerisinde Ar-Ge yoğunluğunda artış olmakla birlikte hedeflenen değerlerin altında kalmıştır.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki Ar-Ge faaliyetleri ülkelerin ekonomik gelişmelerini arttırmada son derece önemli bir yere sahiptir. Diğer bir ifade ile Ar-Ge faaliyetleri sonucunda üretilmiş olan ürünler ülkelerin ekonomilerine büyük katkı sağlamaktadır. Son yıllarda ülkelerin GSYİH içerisinde Ar-Ge harcamalarına ayırmış oldukları paylar artış göstermekle birlikte bu artışlar yeteri düzeye ulaşmamaktadır. Bu nedenle ülkelerin Ar-Ge harcamalarına ayırdıkları payları daha da arttırmaları gerekmektedir. Ar-Ge harcamalarının arttırılması beraberinde araştırmacı sayısını, yayın sayısını ve patent sayısını da arttıracaktır. Kamu sektörünün, özel sektörün, araştırma kuruluşlarının ve üniversitelerin Ar-Ge faaliyetleri kapsamında ortak çalışmalar yürütmeleri gerekmektedir. Özellikle üniversiteler Ar-Ge faaliyetlerinde önemli rol üstlenmektedir. Bu nedenle üniversitelerin bilgili ve yetenekli insan gücünü geliştirebilmesi için gerek duydukları ihtiyaçlarının karşılanması gerekmektedir.

Çalışmada kullanılmış olan Ar-Ge verimlilik değişkenleri bütün değişkenleri kapsamamaktadır. Bu nedenle de gelecekte Ar-Ge verimliliğini ölçmeye yönelik yapılacak

çalışmalarda farklı değişkenler kullanılarak yapılan analiz sonuçları karşılaştırılarak bir değerlendirilmede bulunula bilinir. Bu çalışmada kullanılan Entropi-EATWOS yöntemleri dışında diğer çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak da verimlilik ölçümleri yapılabilir.

Kaynakça

- Acar, M. Ş. ve Arslan, O. (2019). Ranque-Hilsch Vorteks Tüpü Entegre Kurutma Sisteminin EATWOS Modeli Kullanılarak Optimizasyonu, *International Congress on Afro-Eurasian Research V*, 19-22 April, Lefkoşa.
- Aybarç, S. ve Selim, S. (2017). Seçilmiş OECD Ülkelerinde Ar-Ge Faaliyetlerine Yönelik Kamu Harcamalarının Karşılaştırmalı Etkinlik Analizi. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 12(2), 1-15.
- Bansal, A., Singh, R. K., Issar, S. ve Varkey, J. (2014). Evaluation of Vendors Ranking by EATWOS Approach, *Journal of Advances in Management*, 11(3), 290-31.
- Belgin, O. (2019). Analysing R&D Efficiency of Turkish Regions Using Data Envelopment Analysis. *Technology Analysis & Strategic Management*, 31 (11), 1341-1352.
- Cai, Y. (2011). Factors Affecting the Efficiency of the BRICs' National Innovation Systems: A Comparative Study Based on DEA and Panel Data Analysis. *Economics Discussion Papers*, No 2011-52 Kiel Institute for the World Economy, 1-24.
- Chen, K., Kou, M. ve Fu, X. (2018). Evaluation of Multi-Period Regional R&D Efficiency: An Application of Dynamic DEA to China's Regional R&D Systems. *Omega*, 74, 103-114.
- Coe, D. T. ve Helpman, E. (1995). International R&D Spillovers. *European Economic Review*, 39(5), 859-887.
- Cover, T. M. ve Thomas, J. A. (1991). Elements of Information Theory, Elements of Information Theory: John Wiley&Sons, Inc.
- Çakır, S. ve Perçin, S. (2013). AB Ülkeleri'nde Bütünleşik Entropi Ağırlık-TOPSIS Yöntemiyle Ar-Ge Performansının Ölçülmesi. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32(1), 77-95.
- Çanakçıoğlu, M. (2019). Borsa İstanbul'da İşlem Gören Çimento Firmalarının Entropi-Eatwos Bütünleşik Yaklaşımı ile Finansal Performanslarının Değerlendirmesi. *Journal of Yasar University*, 14(56), 407-421.
- Dang, V. T. ve Dang, W. V. T. (2019). Multi-Criteria Decision-MAking in the Evaluation of Environmental Quality of OECD Countries, The Entropy Weight and VIKOR methods. *International Journal of Ethics and Systems*, 36(1), 119-130.
- Doruk, Ö. T. ve Söylemezoğlu, E. (2014). Gelişmekte Olan Ülkelerde Ar-Ge'ye Dayalı Büyümenin Varlığının Sınanması. *1. Ulusal Üretim Ekonomisi Kongresi*, 1-12.

- Ece, N. (2019). Holding Şirketlerinin Finansal Performans Sıralamasının Entropi Tabanlı TOPSİS Yöntemleri ile İncelenmesi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 63-73.
- Eurostat, Avrupa İstatistik Ofisi <https://ec.europa.eu/eurostat/web/science-technology-innovation/visualisations>, (Erişim tarihi: 23.02.2020).
- Gavurova, B., Halaskova, M. ve Korony, S. (2019). Research and Development Indicators of EU 28 Countries From Viewpoint of Super-Efficiency DEA Analysis. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendellianae Brunensis*, 67(1), 225-242.
- Görçün, Ö. F. (2019a). Kentsel Lojistikte Kullanılan Hafif Raylı Sistem Hatlarının Entegre Entropi ve EATWOS Yöntemleri Kullanılarak Analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 10(1), 254-267.
- Görçün, Ö. F. (2019b). Entegre Entropi ve EATWOS Yöntemleri Kullanılarak Karadeniz Konteyner Limanlarının Verimlilik Analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 14(3), 811-830.
- Görçün, Ö. F. (2019c). Orta Asya Türk Cumhuriyetlerinin Lojistik ve Taşımacılık Performansları ve Verimliliklerinin Analizi İçin Hibrid Birçok Kriterli Karar Verme Modeli. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(3), 2775-2798.
- Gravs, S. B. ve Langowitz, N. S. (1996). R&D Productivity: A Global Multi-Industry Comparison, *Technological Forecasting and Social Change*, 53(2), 125-137.
- Guan, J. ve Chen, K. (2010). Modeling Macro-R&D Production Frontier Performance: An Application to Chinese Province-Level R&D. *Scientometrics*, 82(1), 165-173.
- Hashimoto, A. ve Haneda, S. (2008). Measuring the Change in R&D Efficiency of the Japanese Pharmaceutical Industry. *Research Policy*, 37(10), 1829-1836.
- Kundakçı, N. (2019), A Comparative Analyze Based on EATWOS and OCRA Methods for Supplier Evaluation. *Alphanumeric Journal*, 7(1), 103-112.
- Lee, H. Y. ve Park, Y. T. (2005). An International Comparison of R&D Efficiency: DEA Approach. *Asian Journal of Technology Innovation*, 13(1), 207-222.
- Lee, S. ve Lee, H. (2015). Measuring and Comparing the R&D Performance of Government Research Institutes: A Bottom-up Data Envelopment Analysis Approach. *Journal of Informetrics*, 9(4), 942-953.
- Liu, P., Liu, X. ve Yang, H. (2019). Evaluation of the Marine Economic Development Quality in Qingdao Based on Entropy and Grey Relational Analysis. *Marine Economics and Management*, 2(1), 29-38.
- OECD (2013), OECD Factbook, Economic, Environmental and Social Statistics, <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/factbook-2013>

- en.pdf?expires=1581588361&id=id&accname=oid060785&checksum=AC28AA064893DB7F807E46C507440A2A, (Erişim tarihi: 13.02.2020).
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2013_factbook-2013-en, (Erişim tarihi: 21.02.2020).
- Özbek, A. (2018). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleriyle Hayırsever Kuruluşlarında Verimlilik Analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(2), 99-114.
- Özdağoğlu, A., Yakut, E. ve Bahar, S. (2017). Machine Selection in a Dairy Product Company with Entropy and SAW Methods Integration. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32(1), 341-359.
- Özdağoğlu, A. (2018). BİST Sınai İşletmelerinin Gri Entropi-Eatwois Bütünleşik Yaklaşımı ile Performans Değerlendirmesi. *İşletme Fakültesi Dergisi*, 19(2), 271-299.
- Peters, M. L. ve Zelewski, S. (2006), Efficiency Analysis Under Consideration of Satisficing Levels for Output Quantities. *In Proceedings of the 17th Annual Conference of the Production and Operations Management Society*, 28.
- Peters, M. L., Zelewski, S. ve Bruns, A. S. (2012). Extended Version of EATWOS Concerning Satisficing Levels for Input Quantities. *Pioneering Supply Chain Design: A Comprehensive Insight Into Emerging Trends. Technologies and Applications*, 10, 303.
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.
- Saljoughian, M. Ghandehari, M., Shirouyehzad, H., Dabestani, R. ve Balouei, H. (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.
- Thomas, V. J., Jain, S. K. ve Sharma, S. (2009). Analyzing R&D Efficiency in Asia and the OECD: An Application of the Malmquist Productivity Index. *Atlanta Conference on Science and Innovation Policy*, Atlanta, GA, USA, 1-10.
- Tian, R., Shao, Q. ve Wu, F. (2020). Four-dimensional Evaluation and Forecasting of Marine Carrying Capacity in China: Empirical Analysis Based on the Entropy Method and Grey Verhulst Model, *Marine Pollution Bulletin*, 160, 1-11.
- TUİK, Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr/>, (Erişim tarihi: 23.02.2020).
- Uludağ, A. S. (2020). Measuring the Productivity of Selected Airport in Turkey. *Transportation Research Part E*, 141, 1-28.
- Ulutaş, A. (2019). Entropi ve MABAC Yöntemleri ile Personel Seçimi. *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 13(19), 1552-1573.

- Wang, E. C., (2007). R&D Efficiency and Economic Performance: A Cross-Country Analysis Using the Stochastic Frontier Approach. *Journal of Policy Modeling*, 29(2), 345-360.
- Wang, E. C. ve Huang, W. (2007). Relative Efficiency of R&D Activities: A Cross- Country Study Accounting for Enviromental Factors in the DEA Approach. *Research Policy*, 36(2), 260-273.
- Worldbank, www.worldbank.org,_ (Erişim tarihi: 05.01.2020).
- Wu, J., Sun, J., Liang, L. AndZha, Y., (2011), Determination of Weights for Ultimate Cross Efficiency Using Shannon Entropy. *Expert Systemswith Applications*, 38(5), 5162-5165.
- Xiong, X., Yang, G. L. ve Guan, Z. C. (2018). Assessing R&D efficiency using a two-stage dynamic DEA model: A case study of research institutes in the Chinese Academy of Sciences. *Journal of Informetrics*, 12(3), 784-805.
- Zerenler, M., Türker, N. ve şahin, E. (2007). Küresel Teknoloji, Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) ve Yenilik İlişkisi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17, 653-667.
- Zhong, W., Yuan, W., Li, S. X. ve Huang, Z. (2011). The Performance Evaluation of Regional R&D Investments in China: An Application of DEA Based on the First Official China Economicensus Data. *Omega*, 39(4), 447-455.