

ARAŞTIRMA MAKALESİ

ARAŞTIRMA GELİŞTİRME HARCAMALARININ G-7 ÜLKELERİNİN GELİŞMİŞLİK DÜZEYİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: YENİ BİR KARAR MODELİ¹

EXAMINING THE IMPACTS OF PUBLIC EXPENDITURES ON INNOVATIVE DEVELOPMENT LEVEL OF EUROPEAN COUNTRIES: A NOVEL DECISION MODEL

Doç. Dr. Ömer Faruk GÖRÇÜN*
Dr. Öğr. Üyesi Hande KÜÇÜKÖNDER**
Doç. Dr. Mustafa ÇANAKÇIOĞLU***

ÖZ

Günümüzde ülkelerin gelişmişlik düzeyinin önde gelen göstergelerinden biri de inovasyon yeteneği yani yeni ürün geliştirme yeteneğidir. Böylece ülkeler küresel rekabet ortamında katma değeri ve toplumsal refahlarını artırmak için ürün ve teknoloji geliştirme yeteneklerini hızla geliştirmeye yönelmişlerdir. Ancak araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) için yapılan harcamalar her zaman katma değer yaratan yeni ürünlerin üretilmesiyle sonuçlanamamaktadır. Maliyetin yüksek olmasına neden olduğu için özel sektör yatırım ve Ar-Ge harcamalarında çekingen davranabilmekte ve doğrudan görece düşük katma değere sahip kısa vadeli yatırımlar ve Ar-Ge harcamaları yapmaktadır. Bu koşullar altında ülkelerin yeni ve teknolojik ürünler üretebilmeleri, Ar-Ge maliyetlerini büyük ölçüde kamu otoritelerinin üstlenmesine bağlıdır. Ancak Ar-Ge harcamaları kamu bütçesine ağır bir yük getirmekte ve çok büyük miktarda kamu kaynağının harcanmasına neden olabilmektedir. Bu açıdan Ar-Ge harcamalarının ülkelerin bu konudaki hedeflerine olan etkilerinin gerçekçi bir bakış açısıyla ölçülmesi, analiz edilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, ülkelerin yeni ve teknolojik ürün üretme kabiliyetine ilişkin performanslarını kamu kaynak kullanımını dikkate alarak ölçmek için pratik, uygulanabilir ve iyi sonuçlar verebilecek

¹ Bu çalışmanın sunumu, Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Maliye Bölümü'nün düzenlediği "35.Uluslararası Maliye Sempozyumu, 14-17 Ekim, Antalya" da yapılmıştır

* Kadir Has Üniversitesi, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3850-6755>, omer.gorcun@khas.edu.tr

** Bartın Üniversitesi, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0853-8185>, hkucukonder@bartin.edu.tr

***İstanbul Gelişim Üniversitesi, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7462-9934>, mcanakcioglu@gelisim.edu.tr

bir metodolojik çerçeveye ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca yazarlar tarafından yapılan kapsamlı bir ön araştırma sonucunda mevcut literatürde ciddi ve önemli boşluklar tespit edilmiştir. İlk olarak, yazarların bilgisine göre, ülkelerin Ar-Ge performanslarını ele alan çalışmaların sayısı dışında karşılaştırmalı analiz sağlayan bir çalışma yok denecek kadar azdır. Yakın çalışmaların çoğu bazı sınırlamaları ve yapısal sorunları olmasına rağmen Veri Zarflama yöntemi (VZA) yaklaşımını uygulamayı tercih etti ve sağlam bir metodolojik çerçeve önermediler. Ayrıca daha önce yapılan bu çalışmalarda kriterlerin nasıl belirlendiği hakkında bir bilgi bulunmamaktadır. Uygulanan model ve kriterlerin güvenilirliği konusunda şüphe uyandırmakta ve güvenilir bir değerlendirme ortamı sağlamamaktadır. Çalışmanın temel motivasyonu, bu boşlukları ve gereksinimleri göz önünde bulundurarak objektif ve sağlam bir entegre karar verme modeli önermektir. Ayrıca kamu otoritelerinde, kurumlarda ve bireylerde güçlü bir motivasyon vardır. Mevcut makale, kamu otoriteleri tarafından Ar-Ge harcamaları için elde edilen çıktıları analiz etmek için matematiksel bir operatör yardımıyla Entropi ve CRITIC teknikleri ile birleştirilmiş ağırlıklandırma sistemine dayalı EATWOS tekniğinin kullanılmasını önermektedir. Önerilen çerçeve, ülkelerin Ar-Ge harcamalarının ülkelerin yenilikçilik yeteneği üzerindeki etkilerine ilişkin performanslarını değerlendirmek için uygulandı ve önerilen modelin ve sonuçlarının geçerliliğini ve uygulanabilirliğini test etmek için kapsamlı bir duyarlılık analizi yapıldı. Duyarlılık analizinin sonuçları, önerilen Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) çerçevesinin geçerliliğini ve uygulanabilirliğini onaylar.

Anahtar Sözcükler: Kamu harcamaları, Teknolojik gelişmişlik düzeyi, Karar verme, ÇKKV, ENTROPY, CRITIC, EATWOS

ABSTRACT

Nowadays, one of the leading indicators of the countries' development level is the ability of innovation, i.e. the ability to develop new products. Thus, countries have quickly tended to develop their product and technology development capabilities to increase added value and their social welfare in the global competitive environment. However, expenditures made for Research & Development (R&D) can not be resulted in producing new products creating added value at all times. Because it causes the high cost, the private sector may behave timidly to make investments and R&D expenditures, and they directly make short-term investments and R&D expenditures, which have

relatively low added value. Under these circumstances, countries' ability to produce new and technological products depends on bearing the R&D costs by public authorities on a vast scale. However, R&D expenditures are caused to be a heavy burden on the public budget and can cause the spending of a vast amount of public sources. In this respect, it is required to measure and analyze the impacts of R&D expenditures on countries' targets on this issue from a realistic perspective and evaluate it. Hence, it is required a methodological frame practical, applicable, and able to give good results to measure the performance of the countries concerning the new and technological product producing ability by considering the public source usage. In addition, as a result of a comprehensive preliminary investigation performed by the authors, some severe and significant gaps in the existing literature have been noticed. First, according to the authors' information, no study providing a comparative analysis besides the number of studies dealing with the countries' R&D performances is scarce. Most of the closer works preferred to apply the DEA approach; though this technique has some limitations and structural problems, they did not propose a robust methodological frame. In addition, there is no information about how the criteria were determined in these previous studies. It causes to raise doubts about the reliability of the applied models and criteria, and it does not provide a reliable evaluation environment. The primary motivation of the work is to propose an objective and robust integrated decision-making model by keeping these gaps and requirements in mind. Also, there is a strong motivation in public authorities, institutions, and individuals. The current paper proposes using the EATWOS technique based on the weighting system combined with the Entropy and CRITIC techniques with the help of a mathematical operator to analyze the obtained outputs for R&D expenditures by public authorities. The proposed framework was applied to evaluate the countries' performances regarding the impacts of R&D expenditures on countries' innovation ability, and a comprehensive sensitivity analysis was performed to test the validation and applicability of the proposed model and its results. The results of the sensitivity analysis approve the validity and applicability of the proposed Multi-Criteria Decision Making (MCDM) framework.

Keywords: Public expenses, Technological advancement level, Decision making, MCDM, ENTROPY, CRITIC, EATWOS

1. GİRİŞ

Endüstri 4.0 sürecinde ülkelerin ve endüstrilerin gelişimi teknolojik gelişmişlik düzeyi ile ölçülebilmektedir. Ülkelerin genel olarak teknolojik gelişmiş düzeyinin artırılabilmesi için Ar-Ge maliyetlerinin Kamu kurumları tarafından kısmen ya da tamamen karşılanması zorunlu olabilmektedir. Bu kapsamda Ar-Ge maliyetleri için katlanılan doğrudan destekleme ya da harcamalar aynı zamanda kamu harcaması olarak değerlendirilmektedir. Bu açıdan kamu harcamaları aynı zamanda kamu kaynaklarının kullanılması anlamına da geldiği için rasyonel perspektifte değerlendirilmesi ve buna göre uygun kararların verilmesi verimlilik ve etkinlik açısından son derece önemlidir.

Buna karşılık, genel olarak literatür incelendiğinde Ar-Ge faaliyetlerine yönelik kamu harcamalarının ülkelerin gelişmişlik düzeyine etkisinin incelenmesi açısından literatürde ciddi bir boşluğun olduğu görülmektedir. Gerçekte kamu harcamaları ya da Ar-Ge destekleri konusunda literatürde çok sayıda çalışma olsa da bunların çok azında ÇKKV yaklaşımı kullanılarak bir değerlendirme yapılmıştır. Son derece az sayıda olan bu çalışmalardan birisi Mınarčíková (2015) tarafından yapılan çalışmadır. Bu çalışmada inovasyon kabiliyetini ve yaratıcılığı artırabilmek için bölgesel farklılıklar perspektifinde kamu harcamalarının etkisini incelemiştir. Benzer bir şekilde Zimonjić vd. (2018) VIKOR yöntemini kullanarak Ar-Ge yatırımlarını incelemiştir. Ancak bu çalışma yapısal bir takım problemler ve sınırlılıklar açısından önemli kısıtlara sahiptir.

Geniş bir perspektiften literatür incelendiğinde, Türkiye ile Avrupa Birliği (AB) veya Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) ve Avrupa ülkelerinin inovasyon göstergelerine göre karşılaştırıldığı ve performanslarının ölçüldüğü çalışmalardan bazılarının grafiksel, bazılarının istatistiksel bazılarının da ÇKKV çerçevesinde olduğu gözlemlenmiştir. Karşılaştırmaya dayalı (grafiksel karşılaştırmaya dayalı) çalışmalara örnek olarak; 2013'de Ünal ve Seçilmiş'in Türkiye'nin Ar-Ge faaliyetleri açısından dünyadaki gelişmiş ekonomilere göre yerinin belirlenmesine dair yapılan çalışma ile, Şahinli ve Kılınç'ın 2013'de yaptıkları Avrupa Birliği ile Türkiye'nin inovasyon performansının ölçülmesinde kullandıkları çeşitli göstergelerle ortaya koydukları çalışmayı ve son olarakta Uğur vd., 2020'de seçilmiş inovasyon göstergeleri ile OECD ve AB üyesi ülkelerinin

inovasyon politikalarını karşılaştırdıkları çalışmalarını verebiliriz. Bu tip yapılan çalışmalarda sadece grafiksel yaklaşımla bir karşılaştırma yapılmış olmasından dolayı metodolojik ve yönetsel çıkarımların ortaya konulması oldukça zayıftır.

Ülkelerinin inovasyon göstergelerinin istatistiksel yaklaşımlarla karşılaştırıldığı araştırmalar incelendiğinde ise örnek olarak; Ersöz'ün 2009 yılında Hiyerarşik Kümeleme, Ayırma ve Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi kullanarak yaptığı incelemeyi, Paas ve Poltinae'nin 2010 yılında, 2004-2006 dönemlerinde Baltık ülkelerinin inovasyon performanslarını faktör analizi yöntemini kullanarak yaptıkları incelemeyi, 2015'de Özbek ve Atik'in 2010 yılı inovasyon göstergelerini kullanarak kümeleme analizi ile yaptıkları araştırmayı, Saatçioğlu ve Bildirici'nin 2017'deki çok değişkenli ölçekleme ve kümeleme analizini kullanarak 2012-2015 yıllarını kapsayan çalışmayı, Gezer, vd., 2015 kümeleme analizinde Ward's tekniği kullanarak yaptıkları araştırmayı, Aybarç ve Selim'in 2017'de Stokastik Sınır Etkinsizlik Modelini kullanarak yaptıkları incelemeyi ve son olarak 2018 yılında Güler ve Veysikarani'nin faktör ve kümeleme analizini kullanarak yaptıkları araştırmayı verebiliriz.

Yapılan bu tip istatistiksel yaklaşımların kullanıldığı çalışmaların literatüre kesin katkıları olmasına rağmen, bir takım yapısal sorunları vardır. Bu sorunları şu şekilde sıralayabiliriz. Birinci olarak; çalışmaların hemen hepsinde belirli dönemlerin ele alınmasıyla araştırılma yapıldığından, bu dönemlere ilişkin belirleyici birtakım faktörler araştırmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. İkinci olarak; seçilen kriterlerin nasıl belirlendiği yeterince açık olmamakla birlikte, uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenen kriterleri dikkate alarak yapılan çalışmalarda ise, kriterler dışında değerlendirmeye etki eden faktörleri (ülkelerin yerel ve öznel konuları vs.), çalışma kapsamının dışında bırakmışlardır. Üçüncü olarak yönetsel çıkarımların yeterli olmayışı beklenen gereksinimleri karşılayamamaktadır. Son olarak bu tür çalışmalar, geleceğe ilişkin yeterli düzeyde projeksiyon sunamamaktadır.

Çalışmanın giriş kısmı dışında kalan diğer kısımları şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde çalışmanın amacı ve kapsamını ele alınmış, üçüncü kısımda yöntemlerle ilgili literatür çalışması yapılmış, dördüncü kısımda önerilen karar modeli tanıtılmış, beşinci kısımda bu modelin uygulaması gösterilmiştir. Uygulama kısmında önerilen karar modeli çerçevesinde,

7 girdi ve 8 çıktıdan oluşan değerlendirme kriterleri temelinde 8 farklı ülkenin değerlendirilmesi yapıldıktan sonra çalışmaya ek olarakta model ve sonuçların geçerliliği kapsamlı bir duyarlılık analizi ile incelenmiştir. Altıncı ve son kısımda ise elde edilen sonuçlar tartışılarak gelecek çalışmalar için bazı tavsiyelerde bulunulmuştur.

2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE KAPSAMI

Konu ile ilgili yapılan bu tip istatistiksel çalışmalardan başka, ülkelerin Ar-Ge performanslarının ölçümünde ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı araştırmalarda mevcuttur. Bu çalışmalardan bazıları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 1. Literatürde Yer Alan Çalışmalar

Yazarlar	Yöntem	Çalışmanın odak noktası
Pan vd., (2010)	Veri zarflama Analizi	Asya Ülkesi ve Avrupa Ülkelerinin ulusal inovasyon sistemlerinin performansları
Lai vd., (2010)	Bulanık AHP	Tayvan'ın kamu sektörlerindeki Ar-Ge projelerinin performansı
Çakır ve Perçin (2013)	Entropi ve TOPSIS	Avrupa Birliği (AB) üyesi ve aday statüsündeki 33 ülkenin Ar-Ge performansları
İnel ve Türker (2016)	AHP ile TOPSIS	28 Avrupa ülkesinin üç temel kriterlere göre 2013-2014 yıllarındaki inovasyon performansı
Ekinci ve Karadayı (2017)	Veri Zarflama Analizi	28 AB üyesi ülkelerin Ar-Ge verimliliği
Oralhan ve Büyüktürk (2019)	TOPSIS ve MOORA	36 Avrupa ülkesinin inovasyon performansları
Ayçin ve Çakın (2019)	Entropi ve MA-BAC	Avrupa'daki 36 ülkenin inovasyon performanslarının analizi
Doğan (2020)	Entropi-E-ATWOS	Avrupa Birliği üyesi 26 ülkenin ve Türkiye'nin Ar-Ge verimlilikleri
Orhan ve Aytekin (2020)	CRİTIC, MAUT ve SAW	Türkiye ile Avrupa Birliği'ne son katılan 13 üye ülkenin AR-GE performanslarının ölçülmesi
Aktop (2021)	Veri Zarflama Yöntemi	27 ülkenin Ar-Ge Etkinliğinin Analizi

Ülkelerin Ar-Ge performanslarının ölçümünde ve sıralanmasında ÇKKV ile yapılan çalışmaların literatüre katkıları olmasına rağmen bazılarında, seçilen yöntemlerden dolayı ortaya çıkan sonuçların doğru olarak değerlendirilmesinde bazı sakıncalar mevcuttur. Örneğin bulanık yöntemlerle ilgili yapılan

çalışmalardaki (Lai vd., 2010) inovasyon ilgili kriterler açısından net sayısal veriler ulusal ve uluslararası veri tabanlarından kolaylıkla elde edilebildiği için inovasyona ilişkin değerlendirme süreçlerinde bulanıklık son derece sınırlıdır. Diğer yöntemlerden örneğin AHP (İnel ve Türker, 2016), TOPSIS (Çakır ve Perçin, 2013), MAUT (Orhan ve Aytakin, 2020) ve MOORA (Oralhan ve Büyüktürk, 2019) ile ilgili yapılan çalışmalarda sıra çevirme probleminden dolayı literatürde eleştirilen yöntemlerdir (Dyer,1990; Barzilai ve Golany, 1994; Socorro García-Cascales ve Teresa Lamata, 2012; Mufazzal ve Muzakkir, 2018). Ayrıca, AHP tekniğinde tutarlılığı hesaplamak için ek hesaplamalara ihtiyaç duyulmasının yanı sıra oldukça karmaşık bir algoritmaya sahiptir (Ecer, 2020). Son olarak bu yöntemlerin sıralama yöntemi olmalarından dolayı girdi ve çıktı faktörlerini ayrı ayrı değerlendirmezler. Bu nedenle de girdi ve çıktı faktörlerinin birbirlerine olan etkilerini gözlemleyemeyiz. SAW yöntemi ile yapılan çalışmalarda ise, yöntemin subjektif olmasından ötürü değerlendirmeler tümüyle karar vericilerin görüşlerine bağlıdır. Dolayısıyla karar vericilerin kişisel özelliklerine bağlı olarak sonuçların güvenilirliği tartışmalıdır (Mufazzal ve Muzakkir, 2018).

Etkinliği ölçen (VZA) ile yapılan çalışmalarda ise ortak olarak etkin ya da etkin değil sonucuna yer verilmiştir. Bu açıdan karşılaştırma yapabilmeye olanağının sınırlı olmasının yanı sıra sadece belirli bir dönem veya dönemleri incelediğinden geleceğe ilişkin bir projeksiyon yapılmasında yeterli olamamaktadır.

Bunun dışında çalışmalardaki seçilen konular açısından bakıldığında ise, mevcut çalışmamızla ilgili olarak bazı farklılıklarda bulunmaktadır. Doğan'ın 2020 yılında yaptığı çalışma ile Ayçin ve Çakın'ın 2019 yılında yaptıkları çalışmaları metodolojik olarak çalışmamıza yakın olmakla birlikte; Ekinci ve Karadayı (2017), Doğan (2020), Çakır ve Perçin (2013)'nin çalışmalarında kamu yatırımlarını kapsamamış olmasından dolayı genel bir değerlendirme çerçevesinde bulgulara ulaşmaları, çalışmaların tamamında Avrupa Birliği veya Avrupa ülkelerinin kullanılması ve son olarakta araştırma için seçilen dönemlerin geçmiş yıllara ait olmasından dolayı 2020 yılından başlayan Covid-19 salgının etkilerini kapsamamış olmalarından dolayı da çalışmamızla ayrılmaktadırlar.

Bu çerçevede araştırma süreci ile ilgili bir takım araştırma problemleri ve soruları belirlenmiş ve analiz sürecinde bu sorulara cevap aranmıştır. Bu

kapsamda, (a) ülkelerin kamu harcamalarının Ar-Ge yeteneklerini üzerindeki etkilerini analiz etmek üzere karar vericilerin matematiksel bir model ya da karar destek sistemine ihtiyaçları var mı? (b) karar vericiler bu konuda karar alırken nasıl karar veriyorlar? (c) kamu yatırımlarının ülkelerin Ar-Ge yetenekleri üzerindeki etkisini değerlendirmek üzere bir performans analizi tekniği kullanılabilir mi? (d) ülkelerin Ar-Ge performanslarını değerlendirmek için dikkate alınması gereken etkili girdi ve çıktı faktörleri nelerdir?

Bu araştırma soruları dikkate alınarak öncelikle literatür taraması ve saha araştırmaları sonucu belirlenen araştırma boşlukları ve çalışmanın motivasyonları belirlenmiş ve bu perspektifte ülkelerin Ar-Ge performansları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

2.1. Araştırma Boşlukları

Genel olarak değerlendirildiğinde literatürde önemli boşluklar olduğu görülmektedir. Öncelikle literatürde Ar-Ge harcamalarına ilişkin çalışmaların sayısı son derece sınırlıdır. Aynı zamanda, yazarların bilgilerine göre ülkelerin kamu harcamalarının Ar-Ge performansları üzerindeki etkilerini ÇKKV yöntemleri kullanarak analiz eden çalışmalar da benzer şekilde azdır. Buna ek olarak, yakın çalışmaların önemli bir bölümünde VZA yaklaşımı tercih edilmiştir. Bu yöntem yapısal birtakım problemlere ve sınırlılıklara sahiptir. En başta karşılaştırmalı bir analiz olanağı sağlamamakla birlikte, yöntem kriterlerin seçimine son derece duyarlıdır. Dolayısıyla kriterler ya da kriterlerin ağırlıkları değiştirildiğinde sonuçlar büyük ölçüde değişebilmektedir. Ek olarak, VZA yaklaşımı genellikle etkinlik analizi için kullanılır ve alternatifler tek tek etkin ya da etkin değil şeklinde değerlendirilir. Bu nedenle söz konusu yöntem alternatifler arasında karşılaştırma yapma yeteneği oldukça zayıftır. Bunun dışında yöntem karmaşık bir temel algoritmaya sahiptir ve karar vericiler için zaman alıcı ve oldukça zor bir değerlendirme çevresi ortaya koymaktadır (Färe et al. 2015; Alirezæe ve Afsharian 2007; Johns vd.,. 1997). Literatürde kamu harcamalarının ülkelerin Ar-Ge verimlilikleri üzerindeki etkilerini analiz eden çalışmalarda kullanılmamış olmamakla birlikte bir diğer performans ve etkinlik analiz yöntemi olan OCRA tekniği de önemli yapısal problemlere ve sınırlılıklara sahiptir. Operasyonel rekabet gücü derecelendirme analizi (OCRA) yöntemi skaler ölçüm yeteneğine sahip olmadığı için uygun çözümler üretemeyebilir ve son derece ciddi

karşılıklıklara sahiptir (Wang & Wang, 2005). Bunun yanı sıra, alternatiflerin girdi ve çıktı faktörleri çerçevesinde verimliklerini değerlendirmek için TOPSIS, MARCOS, MAIRCA vb. gibi popüler sıralama teknikleri performans analizi için uygun sonuçlar veremeyebilir. Metodolojik çerçevelerle ilgili boşlukların yanı sıra literatürde kriterlerin uygunluğu ve belirlenmesi ile de ilgili boşluklar bulunmaktadır. Oldukça az sayıda olan çalışmalarda kriterlerin nasıl ve ne şekilde belirlendiği yeterli ölçüde açık bir şekilde belirtilmemiştir. Bu durum karar verme ve değerlendirme problemlerinin uygun bir biçimde yapılandırılması ve kullanılan kriterlerin güvenilirliği konusunda şüpheler yaratabilir. Bu kapsamda genel olarak değerlendirildiğinde ülkelerin Ar-Ge stratejilerini oluşturmak ve yönetmek açısından uygulayıcılar ve karar vericiler yeterli düzeyde literatür desteğine sahip değildir. Araştırmacıların değerlendirmelerine göre kamu otoriteleri Ar-Ge kabiliyetlerini geliştirmek için çoğunlukla kamu harcamalarını karar vericilerin kişisel değerlendirme ve tecrübelerini dikkate alarak gerçekleştirmektedir. Bu durum alınan kararların optimal ve uygun sonuçlar verebileceği konusunda son derece şüphelidir. Sonuç olarak, kamu harcamalarının ülkelerin Ar-Ge yeteneklerini geliştirmek için rasyonel bir şekilde gerçekleştirilmesi için literatürün yeni araştırma ve çalışmalarla geliştirilmesi ve büyütülmesi gerekmektedir.

2.2. Çalışmanın Motivasyonları

Bu çalışma literatürde görülen boşlukları büyük ölçüde gidermeyi amaçlamaktadır. Öncelikli olarak kamu otoritelerinin ülkelerinin kamu harcamaları sonucu elde ettikleri Ar-Ge performanslarını başka ülkelerle karşılaştırmalı analiz edebilmeleri için matematiksel bir model önermektedir. Önerilen model ülkelerin Ar-Ge performanslarını gerçekçi ve mantıklı bir çerçevede değerlendirebilmeleri için esnek bir değerlendirme ortamı sağlar. Bunun yanı sıra kriter ağırlıklarının hesaplanması için iki güçlü objektif değerlendirme yöntemi olan Entropi ve CRITIC yöntemlerinin avantajlarını birleştirir. Bununla birlikte kriterler uzmanlarla birlikte yürütülen bir değerlendirme sürecinde metodolojik bir çerçeve izlenerek belirlenmiştir. Öte yandan karar vericiler bu konuda gerçekçi bir performans analizine ihtiyaç duyduğundan son derece güçlü ve etkin bir değerlendirme aracı olan EATWOS yaklaşımı önerilmektedir. Bu yöntem OCRA ve DEA gibi etkinlik ve performans analizi yöntemlerine kıyasla son derece rasyonel sonuçlar

ortaya koyar (Görçün, 2019a, 2019b, 2019c, 2021; Görçün vd., 2022). Önerilen model kamu otoritelerine Ar-Ge yatırımlarına yönelik kamu harcamalarını daha rasyonel bir temelde yapabilmelerine olanak sağlayabilir.

Özet olarak gereksinimler ve literatürdeki boşluklar göz önünde tutularak, mevcut çalışmada ülkelerin teknolojik gelişmişlik düzeyinin ölçülmesi ve kamu harcamalarının inovasyon kabiliyeti üzerindeki etkilerinin belirlenebilmesi için Entropi ve CRITIC yöntemlerinin bütünleştirilmesini içeren bir ağırlıklandırma sistemi temelinde EATWOS tekniğinin kullanılması önerilmektedir. Bu çalışmada entropi & CRITIC ve EATWOS kombinasyonunun tercih edilmesinin en temel nedeni; önerilen modelin söz konusu yöntemlerin avantajlarını bir araya getirmesidir. Entropi ve CRITIC kendi başlarına güçlü ağırlıklandırma teknikleri iken bu çalışma her iki yöntemi kombine ederek, elde edilen entegre model olası sapma ve hataları elimine edilmesine olanak sağlayabilir. Öte yandan alternatiflerin performanslarını analiz etmek için tercih edilen EATWOS yaklaşımı alternatif performans ve etkinlik analizi tekniklerine göre benzersiz ve etkili bir değerlendirme yaklaşımıdır. Öncelikle girdi ve çıktı faktörlerinin aralarındaki etkileşimi ortaya koyacak biçimde birlikte değerlendirilmesine olanak sağlar (Bansal vd., 2014). Ek olarak daha az hesaplama ile girdi ve çıktı faktörlerini değerlendirme olanağı sağlar (Görçün vd., 2022) aynı zamanda yazılım ve program gerektirmediği (Görçün, 2021) karar vericiler tarafından kolaylıkla uygulanabilir. Bununla birlikte diğer yöntemlerden farklı olarak, her bir girdi ya da çıktı faktörünün sonuçlar üzerinde etkilerini ayrı ayrı gösterebildiği için karar vericiler öncelikli olarak bu faktörlere odaklanarak ülkelerinin Ar-Ge performanslarını geliştirmek için daha rasyonel kararlar alabilirler.

3. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Ar-Ge performanslarının ölçümünde ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı araştırmalar ilgili bilgi çalışmamızın amaç ve kapsamı kısmında ele alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan ÇKKV yöntemlerinden Entropi, CRITIC ve EATWOS ile ilgili bazı çalışmalar ise, aşağıdaki tablolarda yer almaktadır. Tablo 2’de Entropi ve CRITIC yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalara yer verilirken, Tablo 3’de Entropi ve EATWOS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalara değinilmiştir. Son olarak Tablo 4’de de sadece EATWOS yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar ele alınmıştır.

Tablo 2. Entropi ve CRITIC Yöntemleri İle İlgili Literatürde Yer Alan Çalışmalar

Yazar(lar)	Konu
Yılmaz ve Harmancıoğlu (2010)	Gediz nehri havzasında çevresel, sosyal ve ekonomik kriterler çerçevesinde su kaynakları yönetimi
Jahan vd. (2012)	Malzeme seçimi
Orakçı ve Özdemir (2017)	Türkiye ve AB ülkelerin insani gelişmişlik düzeylerinin belirlenmesi
Vujičić vd., (2017)	Klima seçimi
Akın (2019)	Uyku türüleri ve yatak üreten bir işletmenin yatak kenarı yapımı için bordür dikim makinesi seçimi
Yürük ve Orhan (2020)	T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Girişimci Bilgi Sisteminde yer alan 12 imalat sanayi alt sektörün 2006-2017 yıllarına ait sektörlerin finansal performansları analizi
Altın (2020)	Ekonomik özgürlük indeksini analizi
Lamas vd., (2020)	Dizel bir deniz motorunun performans ve emisyonlarını analizi
Çetin ve Kuvat (2022)	Düzye 2 bölgelerinin 2017-2019 yılları ekonomik performanslarının sıralanması
Stevi'c vd., (2022)	Nakliye şirketlerinin verimliliğinin ölçülmesi

Tablo 3. Entropi ve EATWOS Yöntemleri İle İlgili Literatürde Yer Alan Çalışmalar

Yazar(lar)	Konu
Özdağoğlu (2018)	BIST sınıai kategorisinde yer alan 152 işletmenin finansal performanslarının incelenmesi
Çanakçıoğlu (2019)	Borsa İstanbul'da Borsa İstanbul Taş Toprak Endeksinde yer çimento firmalarının finansal performanslarının değerlendirmesi
Görçün (2019a)	Karadeniz limanlarının etkinlik ve verimlilik analizi
Görçün (2019b)	Avrupa'da kullanılan 13 tramvay ve hafif raylı hattın etkinlik ve verimlilik analizi
Görçün (2019c)	Orta Asya Türk Cumhuriyetlerinin lojistik ve taşımacılık alanındaki performanslarının değerlendirilmesi
Doğan, H. (2020)	Avrupa Birliği üyesi 26 ülkenin ve Türkiye'nin Ar-Ge verimliliklerinin 2014, 2015 ve 2016 yılları arasındaki değişimlerinin incelenmesi
Küçükönder ve Şişmanoğlu (2020)	2018 dönemine ait Borsa İstanbul'da işlem gören 21 tekstil işletmesinin finansal performanslarının incelenmesi
Uludağ (2020)	2014-2018 yılları arasında Türkiye'de Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü tarafından işletilen havalimanlarının verimliliklerinin analizi
Özdemir (2021)	Dizüstü bilgisayarlar için etkinlik analizi
Yüksek yıldız (2021)	Türkiye'de faaliyet gösteren konteyner limanlarının verimliliklerinin irdelenmesi
Altuntaş (2022)	G7 ülkelerine göre Lojistik Performans Endeksi'ni belirleyen bileşenlerin önemlilik dereceleri ile ülkelerin lojistik etkinlik ve verimlilik performanslarının tespiti

Tablo 4. EATWOS Yöntemleri İle İlgili Literatürde Yer Alan Çalışmalar

Yazarlar	Konu
Bansal vd. (2014)	Hindistan'da paketlenmiş içme suyu alanında faaliyet gösteren bir distribütörünün gelişme potansiyelinin değerlendirilmesi
Özbek (2015a)	Türkiye'de 2010-2014 yılları arasında faaliyet gösteren 19 bireysel emeklilik ürünleri satan şirketin verimlilik değerlerini analizi
Özbek (2015b)	Türk Kızılay teşkilatının 2012, 2013 ve 2014 yıllarına ilişkin performansını incelenmesi
Kumar vd. (2016)	Hindistan Premier Ligi 2013 istatistiklerine göre sezonundaki oyuncuların performanslarının değerlendirilmesi
Özbek (2016)	Altın üretimi sektöründe ve BİST kapsamında faaliyet gösteren altı şirketin 2008-2015 hesap dönemlerinin verimlilik analizi
Peters ve Zelewski, (2016)	Verimlilik analizlerindeki tatmin seviyesinin değerlendirilmesinden doğan fayda ve risklerin kurumsal sosyal sorumluluk perspektifinden tartışılması
Özbek (2017)	Kırıkkale'de sosyal alanlarda hizmet veren bir derneğin 2005-2014 yılları arasındaki verimliliğini analizi
Acar ve Arslan (2019)	Entegre kurutma sisteminin optimizasyonu
Arslan vd., (2019)	Güç santralının tasarımlarında enerji kaynağı olarak Simav jeotermal sahasına ait potansiyelin değerlendirilmesi
Kundakcı (2019)	Tedarik zincirindeki tedarikçilerin verimliliklerinin değerlendirilmesi
Aytekin, A. (2020)	Fortune dergisine göre her yıl sıralanan Türkiye'deki şirket performanslarının ilk on sırasında yer alan yirmi yedi şirketin 2019 yılı itibarıyla değerlendirilmesi
Koc vd., (2021)	Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan konteyner limanlarının etkinlik durumlarının incelenmesi

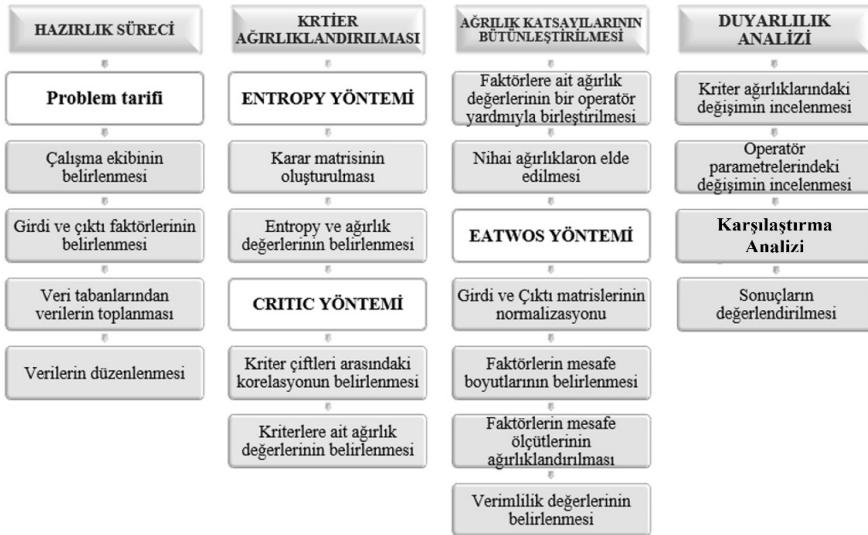
4. ÖNERİLEN KARAR MODELİ

Bu kısımda önerilen karar modeli ve uygulama adımlarının açıklanmasına yer verilmektedir. Buna göre dört aşamadan oluşan karar modelinin temel algoritması Şekil 1'de sunulmaktadır. Şekil 1'den de görüldüğü üzere, önerilen karar modeline göre birinci aşamada problemin tanımlanması, kriter ve karar alternatiflerinin belirlenmesi ile dataların toplanmasından oluşan bir hazırlık süreci tanımlanmaktadır. İkinci aşamada Entropi ve CRITIC yöntemleri kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplanmakta, ardından bu ağırlık değerleri Torkayesh vd., (2021) tarafından tavsiye edilen matematiksel operatör kullanılarak girdi ve çıktı faktörlerine ait nihai ağırlık değerleri elde edilmektedir. İzleyen bir sonraki adımda ise bu ağırlıklar temelinde G-7 ülkeleri ve Türkiye'nin inovasyon ve teknolojik gelişmişlik düzeyi kapsamında kamu harcamalarının etkileri incelenmekte ve ülkeler bu yeteneklerine göre

EATWOS tekniği kullanılarak sıralandırılmaktadır. Dördüncü ve son aşamada kapsamlı bir duyarlılık analizi yapılarak model ve sonuçların doğruluğu ve geçerliliği test edilmektedir.

4.1. Entropi Yöntemi

Entropi kavramı, Rudolph (1865) tarafından ilk defa termodinamik sistemlerinin bir özelliği olarak ifade edilmiş olmakla birlikte sonrasında 1948’de Claude E. Shannon tarafından bilgi (enformasyon) Entropi’sine adapte edilmiştir (Alp vd., 2015; Kokoç ve Ersöz, 2021). ÇKVV problemlerinde kriter ağırlıklandırılması için oldukça yaygın kullanılan Entropi yöntemi objektif bir ağırlıklandırma tekniğidir (Perçin ve Sönmez, 2018; Torkayesh vd., 2021) Bu teknikte, kriterlerin önem düzeyleri, karar vericilerin subjektif yargılarına ihtiyaç duyulmadan doğrudan verilerin dikkate alınmasıyla belirlenmektedir (Ecer, 2020). Entropi yöntemi, çalışma kapsamında kullanılacak olan karar matrisi girdi ve çıktı faktörlerinden oluştuğundan dolayı girdi ve çıktı karar matrisleri için ayrı ayrı uygulanmış olup yöntemin genel uygulama adımları aşağıda sunulmaktadır: (Karami ve Johansson, 2014; Karaatlı, 2016; Torkayesh vd., 2021):



Şekil 1. Önerilen Karar Modelinin Uygulama Şeması

Adım-1 Normalizasyon: Entropi yönteminin ilk işlem adımında karar matrisinde yer alan girdi ve çıktı değişkenlerine ait birimsel farklılıkları ortadan kaldırmak amacıyla normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Bunun için eşitlik 1'de verilen denklem kullanılmaktadır (Karaatlı 2016).

$$s^*_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sum_{p=1}^m S_{pj}}, (i = 1,2, \dots, m); (j = 1,2, \dots, n) \quad (1)$$

*Adım-2 Entropi (φ^*_{ij}) ve farklılaşma derecesinin (d^*_{ij}) değerlerinin belirlenmesi:* Kriterlere ait entropi değerleri eşitlik 2 yardımı ile hesaplanırken farklılaşma derecesinin değeri (d_j) eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\varphi^*_{ij} = \left(\frac{-1}{\ln(m)} \right) \sum_{i=1}^m [s^*_{ij} \cdot \ln(s^*_{ij})]; \forall j; (i = 1,2, \dots, m); (j = 1,2, \dots, n) \quad (2)$$

$$d^*_j = 1 - \varphi^*_j; \forall j \quad (3)$$

Adım-3 Kriterlere ait ağırlık katsayılarının belirlenmesi: Yöntemin son adımında her bir kritere ait ağırlık katsayılarının değeri eşitlik 4 yardımıyla belirlenmektedir.

$$\varpi_j = \frac{d^*_j}{\sum_{p=1}^n d^*_p}; (j = 1,2, \dots, n) \quad (4)$$

4.2. CRITIC (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation) Tekniği

Çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesi için kullanılan bir diğer yöntem CRITIC (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation)'dir. Literatüre Diakoulaki, vd., (1995) tarafından tanıtılmış (Aydın, 2020) olan bu yöntem, Entropi yönteminde olduğu gibi girdi ve çıktı faktörlerinin ağırlık katsayılarının belirlenmesi için karar matrislerine (girdi ve çıktı karar matrislerine) ayrı ayrı uygulanmıştır. Yöntem temel olarak 4 uygulama adımdan oluşmaktadır ve bu adımlar sırasıyla aşağıda açıklanmaktadır (Diakoulaki vd., 1995; Deng vd., 2000; Wang ve Luo, 2010; Mamak Ekinci ve Can, 2018; Torkayesh vd., 2021):

Adım-1: Başlangıç Karar Matrisinin oluşturulması: Bu yöntemin ilk adımında, başlangıç karar matrisi oluşturulmaktadır. Bu çalışmada karar matrisi girdi ve çıktı faktörlerinden oluştuğu için iki ayrı karar matrisi oluşturulmuştur.

Adım-2: Karar matrisinin min-max normalizasyon tekniğine göre normalize edilmesi: Karar matrislerinin oluşturulmasından sonra bu adımda kriterlerin yönüne göre normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Çıktı faktörleri fayda yönlü kriterler olduğu için eşitlik 5a, girdi faktörleri de maliyet yönlü minimize edilecek kriterler olduğu içinde eşitlik 5b kullanılarak normalizasyon işlemi (Ecer, 2020) gerçekleştirilmiştir.

$$y_{ij}^N = \frac{y_{ij} - y_j^{\min}}{y_j^{\max} - y_j^{\min}} \quad (5a)$$

$$x_{ij}^N = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (5b)$$

Eşitliklerde yer alan y_{ij}^N : çıktı faktörlerinin normalize değerini, x_{ij}^N : girdi faktörlerinin normalize değerini, y_j^{\min}, x_j^{\min} : sırasıyla çıktı ve girdi matrislerinde j -inci kriterin alternatiflere göre almış olduğu en küçük değerini, y_j^{\max}, x_j^{\max} : sırasıyla çıktı ve girdi matrislerinde j -inci kriterin alternatiflere göre almış olduğu en büyük değeri ifade etmektedir.

Adım-3: Seçim Kriterleri arasındaki korelasyonun ve kritere ait toplam bilginin belirlenmesi: Gridi ve çıktı normalize karar matrisleri üzerinden kriter çiftleri arasındaki korelasyon hesaplanması için eşitlik 6' da verilen Spearman korelasyon katsayısından yararlanılmıştır (Mamak Ekinci ve Can, 2018). Ardından her bir kriterlerdeki toplam bilgi (I_j) değerinin hesaplanması için eşitlik 7 verilen denklem kullanılmaktadır (Ayçin, 2020). Bu işlem girdi ve çıktı matrisleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

$$\rho_{jk} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m d_i^2}{n(n^2 - 1)}; j, k = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$I_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - \rho_{jk}); j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Eşitlikte yer alan σ_j : j -inci kritere ait standart sapma değerini ifade eder.

Adım-4: Seçim Kriterlerinin ağırlık değerlerinin belirlenmesi: Girdi ve çıktı faktörlerinin her biri için ağırlık değeri eşitlik 8 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\psi_j = \frac{I_j}{\sum_{k=1}^n I_k} \quad (8)$$

Girdi ve çıktı faktörlerine ilişkin Entropi ve CRITIC tekniklerinden elde edilen kriter ağırlıkları bu aşamada eşitlik 9'da verilen denklem (Torkayesh vd., 2021) yardımıyla bütünleştirilmiş ve nihai ağırlık değerleri elde edilmiştir.

$$w_j^* = \beta \sigma_j + (1 - \beta) \psi_j; j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

Eşitlik 9'da verilen denklemde yer alan w_j^* : değerlendirme kriterlerine ait entegre edilmiş nihai ağırlık değerlerini, ϖ : Entropi yöntemine göre elde edilen ağırlık değerlerini, ψ : CRITIC yöntemine göre elde edilen ağırlık değerlerini, $\beta \in [0,1]$ arasında tanımlı ve kriterin her iki yönetime göre elde edilen ağırlıkların paylaşım yüzdesini ifade edilmesini sağlayan katsayı değerini ifade etmektedir. Araştırmacılar bu katsayı değerinin başlangıçta $\beta = 0.5$ olarak alınmasını tavsiye etmişlerdir (Torkayesh vd., 2021).

4.3. EATWOS Tekniği İle Karar Alternatiflerinin Değerlendirilmesi

Karar alternatiflerinin değerlendirilmesi için EATWOS tekniğinden yararlanılmıştır. Bu yöntemin uygulama adımları aşağıda açıklanmaktadır (Peters ve Zelewski, 2006; Özbek, 2015a; Görçün, 2019a; Kundakçı, 2019):

Adım-1 Girdi ve Çıktı Faktörlerine ait Karar Matrislerinin Oluşturulması: EATWOS tekniğinin ilk aşamasında girdi ve çıktı faktörlerine ait karar matrisleri eşitlik 10 ve 11'de gösterildiği üzere oluşturulmaktadır.

$$X^{girdi} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} & \dots & x_{1K} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} & \dots & x_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ik} & \dots & x_{iK} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{l1} & x_{l2} & \dots & x_{lk} & \dots & x_{lK} \end{bmatrix} \quad \forall i = 1, 2, \dots, l; \quad \forall k = 1, 2, \dots, K \quad (10)$$

$$Y^{çikti} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1j} & \dots & y_{1J} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2j} & \dots & y_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \dots & \vdots \\ y_{i1} & y_{i2} & \dots & y_{ij} & \dots & y_{iJ} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{l1} & y_{l2} & \dots & y_{lj} & \dots & y_{lJ} \end{bmatrix} \quad \forall i = 1, 2, \dots, l; \quad \forall j = 1, 2, \dots, J \quad (11)$$

Adım-2 Normalizasyon: Girdi ve çıktı faktörlerine ait karar matrisleri bu aşamada sırasıyla eşitlik 12 ve 13 yardımıyla normalize edilmektedir.

$$\eta_{ik} = \frac{x_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^l (x_{ik})^2}}; \quad \forall i = 1, 2, \dots, l; \quad \forall k = 1, 2, \dots, K \quad (12)$$

$$\xi_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^l (y_{ij})^2}}; \quad \forall i = 1, 2, \dots, l; \quad \forall j = 1, 2, \dots, J$$

(13)

η_{ik} : Girdi faktörlerinin, ξ_{ij} : çıktı faktörlerinin normalize değerlerini göstermektedir.

Adım-3 Girdi ve çıktı değişkenlerinin mesafe ölçütlerinin belirlenmesi: Bu aşamada mesafe ölçütlerinin belirlenmesi için eşitlik 14a ve eşitlik 14b kullanılmaktadır.

η_{ik} : Girdi faktörlerinin, ζ_{ij} : çıktı faktörlerinin normalize değerlerini göstermektedir.

Adım-3 Girdi ve çıktı değişkenlerinin mesafe ölçütlerinin belirlenmesi: Bu aşamada mesafe ölçülerinin belirlenmesi için eşitlik 14a ve eşitlik 14b kullanılmaktadır.

$$\eta_{ik}^* = \min\{\vec{\eta}_k\}; \forall k = 1, \dots, K \quad (14a)$$

$$ip_{ik} = 1 + (\eta_{ik} - \eta_{ik}^*); \forall i = 1, \dots, I \quad \forall k = 1, \dots, K \quad (14b)$$

$\vec{\eta}_k$: normalize edilmiş girdi matrisinin sütunlarını, η_{ik}^* : girdi faktörlerinin minimum değerlerini, ip_{ik} : girdi faktörleri için mesafe boyutlarını ifade etmektedir.

Çıktılar için eşitlik 15a ve eşitlik 15b kullanılarak çıktı mesafe boyutları hesaplanmaktadır.

$$\xi_j^* = \max\{\vec{\xi}_j\}; \forall j = 1, \dots, J \quad (15a)$$

$$op_{ij} = 1 - (\xi_j^* - \xi_{ij}); \forall i = 1, \dots, I \quad \forall j = 1, \dots, J \quad (15b)$$

$\vec{\xi}_j$: normalize edilmiş çıktı matrisinin sütunlarını, ξ_j^* : çıktı faktörlerinin maksimum değerlerini, op_{ij} : çıktı faktörleri için mesafe boyutlarını ifade etmektedir.

Adım-4 Mesafe Ölçütlerinin Ağırlıklandırılması: Bu adımda girdi ve çıktı faktörlerinin mesafe boyut değerleri daha önce ağırlıklandırma kısmında belirlenen bütünselik nihai ağırlık değerleri ile eşitlik 16a ve eşitlik 16b 'de gösterildiği üzere çarpılarak mesafe boyutları ağırlıklandırılmaktadır.

$$\zeta = ip_{ik} \cdot w^{girdi}_{ij} \quad (16a)$$

$$\theta = op_{ij} \cdot w^{çikti}_{ij} \quad (16b)$$

ζ : girdi faktörleri için ağırlıklandırılmış mesafe boyutlarını, θ : çıktı faktörleri için ağırlıklandırılmış mesafe boyutlarını göstermektedir.

Adım-5 Verimlilik Değerlerinin Hesaplanması: Yöntemin son adımında, çıktı ve girdi ağırlıklı mesafe ölçütleri eşitlik 17'de gösterildiği üzere birbirine oranlanarak her bir karar alternatifine ait verimlilik değeri (Ω_i) hesaplanmaktadır.

$$\Omega_i = \frac{\sum_{j=1}^J op_j \cdot w^{çikti}_j}{\sum_{k=1}^K ip_k \cdot w^{girdi}_k} \quad (17)$$

5. ÖNERİLEN KARAR MODELİNİN UYGULAMASI

5.1. Uygulama

Bu kısımda önerilen karar modelinin uygulaması sunulmuştur. Bu amaçla 8 farklı ülkenin AR-GE verimlilikleri ve performanslarını analiz etmek üzere girdi ve çıktı değişkenleri aşağıdaki Tablo 5’deki gibi belirlenmiştir. Kriterler doğrudan OECD tarafından yayınlanan Ar-Ge gelişmişlik düzeyi indeksinde yer alan anahtar göstergeler dikkate alınarak belirlenmiştir. Karar alternatifleri Ar-Ge dahil olmak üzere teknoloji geliştirme konusunda ileri düzeyde olduğu kabul edilen ve bu perspektifte OECD sıralamasına göre gelişmiş 7 ülke olarak gösterilen ülkeler tercih edilmiştir. Bunun yanı sıra Türkiye’nin bu konudaki performansını karşılaştırmalı olarak analiz etmek üzere Türkiye de araştırma kapsamına dâhil edilmiştir.

Tablo 5. Değerlendirme Kriterleri ve Karar Alternatifleri

Değerlendirme Kriterleri			
Girdi Faktörleri		Çıktı Faktörleri	
I1	Genel Hükümet Harcamaları	O8	Patent
I2	Ar-Ge’ye Yapılan Gayri Safi Yurtiçi Harcamalar	O9	Toplam Sabit Geniş Bant Aboneliği
I3	Araştırmacılar	O10	Geniş Bant DSL Abonelikleri
I4	Devlet Araştırmacıları	O11	BİT Hizmetlerinin Toplam İhracatı,
I5	Ar-Ge İçin Devlet Bütçesi Tahsisleri	O12	Hizmetlerdeki Toplam Ticaretin Yüzdesi
I6	Ticari Ar-Ge ve İnovasyona Kamu Desteği	O13	Dijital Hizmetlerin Toplam İhracatı,
I7	Ar-Ge ve İnovasyonun Doğrudan Finansmanı	O14	Dijital Hizmetlerin İhracatı
		O15	UNCTAD B2C E-Ticaret Endeksi
Karar Alternatifler			
A1	Canada	A5	Japan
A2	France	A6	Turkey
A3	Germany	A7	United Kingdom
A4	Italy	A8	United States

Girdi ve çıktı değişkenleri belirlendikten sonra bunlara ait ilgili veriler OECD veri tabanından (<https://data.oecd.org/>) alınmış ve başlangıç karar matrisi Tablo 6’deki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 6. Başlangıç Karar Matrisi

Girdi Faktörleri								
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	
A1	25792	1,538097	8,452	4,991	8073,33	23,59962	12,24077	
A2	28406	2,191456	11,048	9,331	18322,83	33,75234	34,27345	
A3	27494	3,176075	9,932	13,176	43424,93	10,1423	100	
A4	23551	1,447666	6,305	14,317	18322,83	15,82	38	
A5	17039	3,240734	9,846	4,478	41702,56	10,22992	35,42154	
A6	9784	1,063696	4,882	4,246	6731,59	19,11568	53,26362	
A7	22637	1,75594	9,681	2,169	14962,03	24,56659	53,45492	
A8	24885	3,067476	9,846	4,558	151518,3	33,47116	83,85354	
Çıktı Faktörleri								
	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15
A1	625,41	41,24	10,215	7831,962	7,805	55248,94	55,06	91,8
A2	2073	44,583	24,985	18205,56	6,33	146681,9	50,999	90,4
A3	4772	42,717	30,386	40145,03	11,782	200114	58,731	92,9
A4	883,56	29,514	10,484	8894,447	7,29	48919,76	40,095	81,6
A5	18644,76	32,955	1,035	6405,833	3,124	116065,3	56,602	87,6
A6	74,21	18,495	12,417	1445	2,227	7123	10,976	71,8
A7	1713,68	40,48	31,155	23880,42	5,736	307265,9	73,807	94,4
A8	12752,98	36,017	5,648	44653	5,098	534180	60,992	91,3

Başlangıç karar matrisinde yer alan girdi ve çıktı faktörlerinin ağırlıklandırılması için ilk olarak Entropi yöntemi kullanılmıştır. Bunun için Tablo 6’de verilen karar matrisi Eşitlik 1 yardımıyla normalize edilmiş ve sonuçlar Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Entropi Yöntemine Göre Elde Edilen Normalize Karar Matrisi

Girdi Faktörleri								
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	
A1	0,1436	0,0880	0,1208	0,0872	0,0266	0,1383	0,0298	
A2	0,1582	0,1254	0,1578	0,1629	0,0605	0,1977	0,0835	
A3	0,1531	0,1817	0,1419	0,2301	0,1433	0,0594	0,2436	
A4	0,1311	0,0828	0,0901	0,2500	0,0605	0,0927	0,0926	
A5	0,0949	0,1854	0,1407	0,0782	0,1376	0,0599	0,0863	
A6	0,0545	0,0608	0,0698	0,0741	0,0222	0,1120	0,1298	
A7	0,1260	0,1004	0,1383	0,0379	0,0494	0,1439	0,1302	
A8	0,1386	0,1755	0,1407	0,0796	0,5000	0,1961	0,2043	
Çıktı Faktörleri								
	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15
A1	0,0151	0,1442	0,0809	0,0517	0,1580	0,0390	0,1352	0,1308
A2	0,0499	0,1559	0,1978	0,1202	0,1282	0,1036	0,1252	0,1288
A3	0,1149	0,1494	0,2405	0,2651	0,2385	0,1414	0,1442	0,1324
A4	0,0213	0,1032	0,0830	0,0587	0,1476	0,0346	0,0985	0,1163
A5	0,4488	0,1152	0,0082	0,0423	0,0632	0,0820	0,1390	0,1248
A6	0,0018	0,0647	0,0983	0,0095	0,0451	0,0050	0,0270	0,1023
A7	0,0413	0,1415	0,2466	0,1577	0,1161	0,2171	0,1812	0,1345
A8	0,3070	0,1259	0,0447	0,2948	0,1032	0,3774	0,1498	0,1301

Normalize karar matrisinin elde edilmesinden sonra girdi ve çıktı faktörlerine ait Entropi değerleri için eşitlik 2, d_j değerleri için eşitlik 3 uygulanmış son olarak da eşitlik 4 yardımıyla kriterlere ait ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Bu işlemlere ilişkin sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Entropi yöntemine göre elde edilen ağırlık değerleri

Girdi Faktörleri								
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	
φ_j^*	0,9815	0,9663	0,9867	0,9188	0,7535	0,9592	0,9342	
d_j^*	0,0185	0,0337	0,0133	0,0812	0,2465	0,0408	0,0658	
ϖ_j	0,037	0,067	0,027	0,162	0,493	0,082	0,132	
Çıktı Faktörleri								
	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15
φ_j^*	0,6772	0,9864	0,8775	0,8443	0,9512	0,8105	0,9636	0,9984
d_j^*	0,3228	0,0136	0,1225	0,1557	0,0488	0,1895	0,0364	0,0016
ϖ_j	0,362	0,015	0,137	0,175	0,055	0,213	0,041	0,002

Entropi yönteminin ardından CRITIC yöntemi ile girdi ve çıktı faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Bunun için Tablo 6’daki başlangıç karar matrisine daha önce yöntem kısmında uygulama adımları verilen CRITIC yöntemi uygulanmıştır. Girdi ve çıktı faktörleri bu yöntemde sırasıyla eşitlik 5b ve 5a aracılığıyla normalize edilmiş ve sonuçlar Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. CRITIC Yöntemine Göre Elde Edilen Normalize Karar Matrisi

	Girdi Faktörleri							
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	
A1	0,1404	0,7821	0,4210	0,7677	0,9907	0,4300	1,0000	
A2	0,0000	0,4820	0,0000	0,4104	0,9199	0,0000	0,7489	
A3	0,0490	0,0297	0,1810	0,0939	0,7466	1,0000	0,0000	
A4	0,2607	0,8236	0,7692	0,0000	0,9199	0,7595	0,7065	
A5	0,6104	0,0000	0,1949	0,8099	0,7585	0,9963	0,7359	
A6	1,0000	1,0000	1,0000	0,8290	1,0000	0,6199	0,5326	
A7	0,3098	0,6820	0,2217	1,0000	0,9432	0,3891	0,5304	
A8	0,1891	0,0796	0,1949	0,8033	0,0000	0,0119	0,1840	
σ_j	0,3329	0,3989	0,3412	0,3736	0,3313	0,3925	0,3247	
	Çıktı faktörleri							
	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15
A1	0,0297	0,8719	0,2947	0,1478	0,5838	0,0913	0,7016	0,8850
A2	0,1076	1,0000	0,7687	0,3879	0,4294	0,2648	0,6370	0,8230
A3	0,2530	0,9285	0,9421	0,8957	1,0000	0,3662	0,7601	0,9336
A4	0,0436	0,4224	0,3033	0,1724	0,5299	0,0793	0,4634	0,4336
A5	1,0000	0,5543	0,0000	0,1148	0,0939	0,2067	0,7262	0,6991
A6	0,0000	0,0000	0,3653	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
A7	0,0883	0,8427	0,9668	0,5192	0,3672	0,5695	1,0000	1,0000
A8	0,6827	0,6716	0,1481	1,0000	0,3005	1,0000	0,7960	0,8628
σ_j	0,3673	0,3315	0,3689	0,3735	0,3105	0,3285	0,2977	0,3341

Ardından girdi ve çıktı faktörlerine ait ayrı ayrı korelasyon matrisleri oluşturulmuş bunun için eşitlik 6'da verilen Spearman korelasyon katsayısı formülünden yararlanılmıştır. Eşitlik 7 yardımıyla da girdi ve çıktı faktörleri için bilgi değerleri (I_j) hesaplanarak elde sonuçlar Tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 10. Girdi ve Çıktı Faktörlerine Ait (I_j) Değerleri

	Girdi Faktörleri							
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	
I1	0	0,714	0,317	0,333	0,641	0,714	1,095	
I2	0,714	0	0,186	0,952	0,198	1,19	0,762	
I3	0,317	0,186	0	0,748	0,325	0,82	0,88	
I4	0,333	0,952	0,748	0	0,641	1,238	1,095	
I5	0,641	0,198	0,325	0,641	0	1,132	0,521	
I6	0,714	1,19	0,82	1,238	1,132	0	1,238	
I7	1,095	0,762	0,88	1,095	0,521	1,238	0	
	Çıktı faktörleri							
	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15
O1	0	0,738	1,31	0,524	1,071	0,333	0,405	0,762
O2	0,738	0	0,595	0,476	0,357	0,476	0,619	0,31
O3	1,31	0,595	0	0,69	0,667	0,81	0,857	0,548
O4	0,524	0,476	0,69	0	0,595	0,119	0,286	0,333
O5	1,071	0,357	0,667	0,595	0	0,881	0,881	0,476
O6	0,333	0,476	0,81	0,119	0,881	0	0,095	0,262
O7	0,405	0,619	0,857	0,286	0,881	0,095	0	0,167
O8	0,762	0,31	0,548	0,333	0,476	0,262	0,167	0

Yöntemin son işlem adımında Eşitlik 8 kullanılarak girdi ve çıktı faktörleri için ağırlık değerleri hesaplanmış ve Tablo 11’de bu değerler gösterilmiştir.

Tablo 11. CRITIC yöntemine göre elde edilen ağırlık değerleri

Girdi faktörleri ağırlık değerleri								
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	
Ψ_j	0,112	0,141	0,099	0,166	0,101	0,220	0,161	
Çıktı faktörleri ağırlık değerleri								
	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15
Ψ_j	0,177	0,111	0,189	0,106	0,143	0,092	0,092	0,089

Her iki ağırlıklandırma yöntemine göre elde edilen kriter ağırlıkları eşitlik 9’da verilen denklem yardımıyla bütünleşik hale getirilmiş ve nihai ağırlık değerleri Tablo 12’deki gibi elde edilmiştir.

Tablo 12. Girdi ve Çıktı Faktörlerinin Nihai Ağırlık Değerleri

Girdi faktörleri				
	ϖ	ψ	w_j^*	Rank
I1	0,037	0,112	0,075	6
I2	0,067	0,141	0,104	5
I3	0,027	0,099	0,063	7
I4	0,162	0,166	0,164	2
I5	0,493	0,101	0,297	1
I6	0,082	0,220	0,151	3
I7	0,132	0,161	0,146	4
Çıktı Faktörleri				
	ϖ	ψ	w_j^*	Rank
O8	0,362	0,177	0,270	1
O9	0,015	0,111	0,063	7
O10	0,137	0,189	0,163	2
O11	0,175	0,106	0,140	4
O12	0,055	0,143	0,099	5
O13	0,213	0,092	0,152	3
O14	0,041	0,092	0,067	6
O15	0,002	0,089	0,046	8

Girdi faktörleri için hesaplanan nihai ağırlık değerlerine bakıldığında ilk sırada 0,297 değeri ile I5 Kodlu Ar-Ge için devlet bütçesi tahsisleri yer alırken çıktı faktörleri içinde ilk sırada O8 kodlu patent kriteri yer almıştır. Dolayısıyla girdi faktörlerinin I5>I4>I6>I7>I2>I1>I3 çıktı faktörlerinin ise O8>O10>O13>O11>O12>O14>O9>O15 şeklinde sıralandıkları gözlemlenmiştir. Kriterler için elde edilen bu nihai ağırlıklar karar

alternatiflerinin değerlendirilmesi için uygulanan EATWOS yöntemine aktarılmış ve önerilen karar modelinin bir sonraki aşamasına geçilmiştir. EATWOS yönteminin ilk aşamasında Tablo 3’de verilen başlangıç karar matrisinin girdi ve çıktı faktörleri sırasıyla eşitlik 12 ve 13 kullanılarak normalize edilmiş ve bu matris Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Normalize Edilmiş Girdi Ve Çıktı Faktörleri

Girdi Faktörleri								
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	
A1	0,3933	0,2333	0,3332	0,2120	0,0486	0,3623	0,0748	
A2	0,4332	0,3324	0,4356	0,3964	0,1103	0,5182	0,2096	
A3	0,4193	0,4817	0,3916	0,5597	0,2614	0,1557	0,6114	
A4	0,3591	0,2196	0,2486	0,6082	0,1103	0,2429	0,2323	
A5	0,2598	0,4915	0,3882	0,1902	0,2511	0,1570	0,2166	
A6	0,1492	0,1613	0,1925	0,1804	0,0405	0,2935	0,3257	
A7	0,3452	0,2663	0,3817	0,0921	0,0901	0,3771	0,3268	
A8	0,3795	0,4652	0,3882	0,1936	0,9122	0,5138	0,5127	
Çıktı Faktörleri								
	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15
A1	0,0269	0,3978	0,1890	0,1144	0,4077	0,0814	0,3616	0,3688
A2	0,0891	0,4300	0,4624	0,2658	0,3306	0,2162	0,3350	0,3632
A3	0,2051	0,4120	0,5624	0,5861	0,6154	0,2950	0,3857	0,3732
A4	0,0380	0,2847	0,1940	0,1299	0,3808	0,0721	0,2633	0,3278
A5	0,8013	0,3179	0,0192	0,0935	0,1632	0,1711	0,3718	0,3519
A6	0,0032	0,1784	0,2298	0,0211	0,1163	0,0105	0,0721	0,2884
A7	0,0736	0,3905	0,5766	0,3487	0,2996	0,4529	0,4848	0,3792
A8	0,5481	0,3474	0,1045	0,6520	0,2663	0,7874	0,4006	0,3668

Normalize matrisin elde edilmesinin ardından girdi ve çıktı faktörlerine ait mesafe ölçütleri sırasıyla 14a, 14b ve 15a ve 15b eşitlikleri kullanılarak hesaplanmış ardından eşitlik 16a ve 16b yardımıyla Tablo12’de verilen nihai ağırlık değerleri ile çarpılarak ağırlıklandırılmıştır. Buna göre elde edilen Ağırlıklı Mesafe Ölçütleri Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 14. Ağırlıklı Mesafe Ölçütleri

Girdi Faktörleri								
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	
A1	0,0929	0,1119	0,0716	0,1837	0,2997	0,1819	0,1461	
A2	0,0959	0,1222	0,0780	0,2139	0,3180	0,2054	0,1658	
A3	0,0948	0,1378	0,0753	0,2407	0,3629	0,1508	0,2245	
A4	0,0903	0,1104	0,0663	0,2487	0,3180	0,1639	0,1692	
A5	0,0829	0,1388	0,0751	0,1801	0,3599	0,1510	0,1668	
A6	0,0747	0,1044	0,0628	0,1785	0,2973	0,1716	0,1828	
A7	0,0893	0,1153	0,0746	0,1640	0,3120	0,1842	0,1830	
A8	0,0918	0,1361	0,0751	0,1807	0,5564	0,2048	0,2101	
Çıktı Faktörleri								
	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15
A1	0,0608	0,0611	0,1001	0,0649	0,0785	0,0447	0,0584	0,0452
A2	0,0776	0,0631	0,1448	0,0861	0,0709	0,0653	0,0566	0,0449
A3	0,1089	0,0620	0,1611	0,1310	0,0991	0,0772	0,0600	0,0454
A4	0,0638	0,0539	0,1009	0,0670	0,0759	0,0433	0,0519	0,0433
A5	0,2697	0,0560	0,0723	0,0619	0,0543	0,0584	0,0591	0,0444
A6	0,0545	0,0472	0,1067	0,0518	0,0496	0,0340	0,0391	0,0415
A7	0,0735	0,0606	0,1634	0,0977	0,0678	0,1013	0,0666	0,0456
A8	0,2014	0,0579	0,0863	0,1403	0,0645	0,1522	0,0610	0,0451

Son olarak, her karar alternatifi için Tablo 14’de verilen girdi ve çıktı faktörlerinin ağırlıklandırılmış mesafe ölçüleri toplanmış ve eşitlik 17 yardımıyla birbirine oranlanarak alternatiflere ait verimlilik değeri elde edilmiştir. Buna göre karar alternatiflerinin verimlilik puanları ve buna göre elde edilen sıralama sonuçları Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Karar Alternatiflerinin Verimlilik Puanları ve Sıralamaları

	Girdi	Çıktı	Verimlilik	Sıralama
A1	1,088	0,5137	0,4723	6
A2	1,199	0,6093	0,5080	5
A3	1,287	0,7447	0,5787	3
A4	1,167	0,5000	0,4286	7
A5	1,155	0,6761	0,5856	2
A6	1,072	0,4244	0,3960	8
A7	1,122	0,6765	0,6028	1
A8	1,455	0,8086	0,5557	4

Tablo 15’den de görüleceği üzere ilk sırada A7 kodlu United Kingdom yer almıştır. Bunun dışında geri kalan karar alternatifleri ise $A5 > A3 > A8 > A2 > A1 > A4 > A6$ olarak sıralandırılmıştır.

5.2 Duyarlılık Analizi

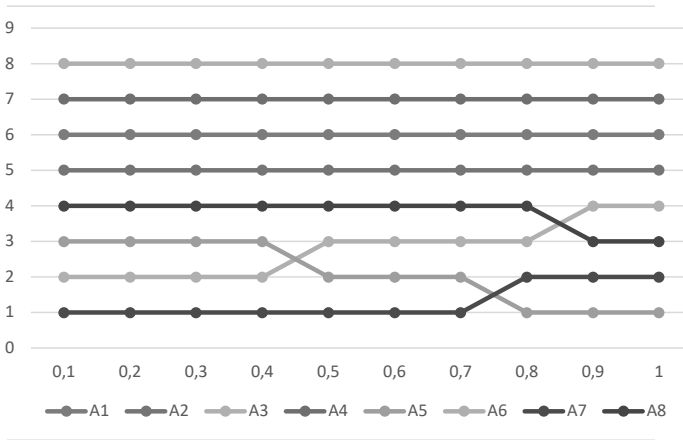
Duyarlılık analizinin ilk kısmında kriter ağırlıklarındaki değişimin karar alternatiflerinin sıralamaları üzerindeki etkisinin incelenmesi amacıyla 150 farklı senaryo oluşturulmuştur. Oluşturulan bu senaryolara göre her bir değerlendirme kriteri %10 oranında azaltılmıştır. Bu işlem girdi ve çıktı faktörleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve azaltılan oransal miktar değeri diğer kriter ağırlıklarına dağıtılarak ağırlık değerlerinin toplamının 1 olması sağlanmıştır. Buna göre oluşturulan senaryolar için karar alternatiflerinin sıralama sonuçları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Senaryolara Göre Karar Alternatiflerinin Sıralama Sonuçları

Şekil 2’de verilen sonuçlar değerlendirildiğinde, en iyi alternatif olan A7 girdi faktörlerinde yapılan değişikliklerden büyük ölçüde etkilenmemiş, tüm senaryolar için %95.8 oranında benzerlik sağlanmıştır. Ancak çıktı faktörlerinin bu değişikliklere bir miktar daha duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, tüm senaryolar için A6 % 98,7, A4 % 98, A2, % 96, A1, % 97 oranında aynı sıralama da kalmıştır. Genel olarak bakıldığında hem girdi hem de çıktı faktörlerinde değişiklik yapıldığında %66,5 oranında elde edilen sonuçların önerilen model kullanılarak elde edilen sonuçlarla uyumlu ve tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

Duyarlılık analizinin ikinci kısmında, ağırlık değerlerinin bütünleştirilmesi için kullanılan denklem eşitliğindeki (Eşitlik 9) β katsayısının farklı değerleri için yeni nihai ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Buna göre farklı senaryolar oluşturulmuş ve senaryoların her birinde Entropi ve CRITIC yöntemlerinden elde edilen kriter ağırlıkları β katsayısının farklı değerlerine göre bütünleştirilmiştir. Ardından elde edilen bu nihai ağırlıklar temelinde başlangıç karar matrisine EATWOS tekniği uygulanmış ve karar alternatiflerinin sıralama sonuçları Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. β Katsayısındaki Değişime Göre Karar Alternatiflerinin Sıralandırılması

Şekil 3’e göre karar alternatiflerinin sıralamaları incelendiğinde $\beta \in [0,8, 1]$ için ilk sırada yer alan A7 alternatifinin konumunun ikinci sıraya gerilediği ve ilk sırayı A5 alternatifinin aldığı gözlemlenmiştir. Senaryo5 çalışmada verilen

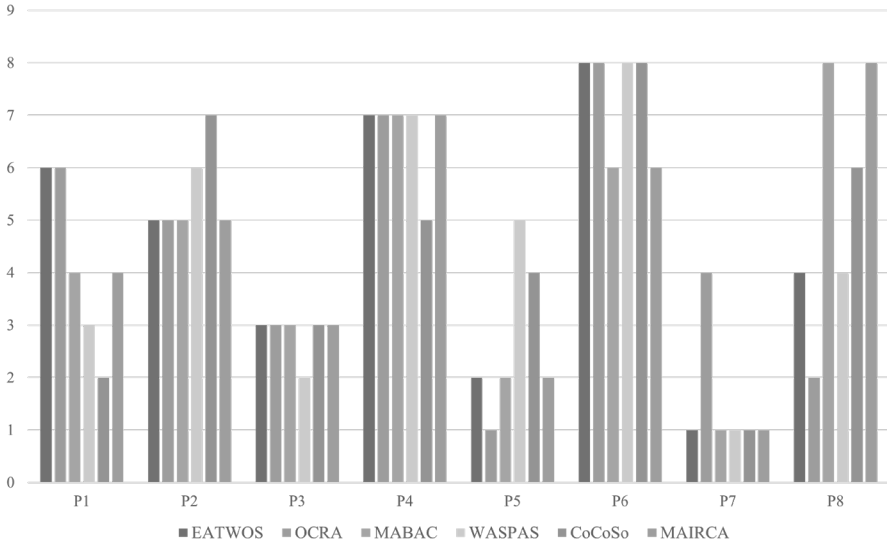
sıralamaları ifade etmekte olup senaryolara göre elde edilen sıralamalar arasındaki ilişkinin hesaplanması için Spearman korelasyon katsayısı (Mamak Ekinci ve Can, 2018) kullanılmış ve sonuçlar Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Sıralamalar Arasındaki Korelasyon Değerleri

	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6	Senaryo 7	Senaryo 8	Senaryo 9	Senaryo 10
Senaryo1	1	1,000	1,000	1,000	,976	,976	,976	,929	,881	,881
Senaryo2		1	1,000	1,000	,976	,976	,976	,929	,881	,881
Senaryo3			1	1,000	,976	,976	,976	,929	,881	,881
Senaryo 4				1	,976	,976	,976	,929	,881	,881
Senaryo5					1	1,000	1,000	,976	,952	,952
Senaryo 6						1	1,000	,976	,952	,952
Senaryo 7							1	,976	,952	,952
Senaryo 8								1	,976	,976
Senaryo 9									1	1,000
Senaryo 10										1

Tablo 13’den de anlaşılacağı üzere senaryolara göre elde edilen karar alternatiflerinin sıralamaları arasında ortalama 0.957 değeri ile oldukça yüksek sayılabilecek bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

Duyarlılık analizinin bir sonraki adımında önerilen yaklaşım uygulanarak elde edilen sonuçlar Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC) (Pamučar ve Čirović, 2015), Combined compromise solution (CoCoSo) technique (Yazdani vd., 2019), Multiattribute Ideal-Real Comparative Analysis (MAIRCA) (Gigović vd., 2016), Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) (Zavadskas vd., 2012) gibi popüler bazı sıralama yaklaşımlarının yanı sıra, bir diğer performans analizi yaklaşımı olan OCRA yönteminin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4 de gösterilmektedir.



Şekil 4. Popüler ÇKKV yaklaşımlarının sonuçları ile önerilen modelin karşılaştırılması

Elde edilen sonuçlara göre, en iyi alternatif olarak belirlenen A7 OCRA yöntemi dışında tüm yaklaşımlar için sıralamadaki yerini korumuş, bunun dışında diğer alternatiflerin sıralamalarında genel sonucu değiştirmeyecek küçük değişiklikler kaydedilmiştir. Buna bağlı olarak Spearman korelasyon tekniği ile sıralama sonuçları arasındaki korelasyon değerlendirildiğinde ortalama korelasyon değeri 0,774 olarak hesaplanmıştır. Ek olarak, performans analizi tekniği olarak OCRA yaklaşımı önerilen model ile aynı şekilde en iyi alternatifi göstermemiş olmakla birlikte, iki yöntem arasında benzerlik değeri 0,833 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak bakıldığında karşılaştırma sonuçları önerilen yaklaşımın kararlılığını ve tutarlılığını doğrulamaktadır.

6. SONUÇ

Elde edilen sonuçlara bakıldığında, I5 “Ar-Ge için Devlet Bütçesi Tahsisleri” kriteri en önemli girdi faktörü olarak belirlenmiştir. Bunu I4 Devlet Araştırmacıları faktörü izlemektedir. Diğer girdi kriterler ise bunları takip etmektedir. Elde edilen sonuçlar bu kapsamda son derece tutarlı ve gerçekçi olarak kabul edilebilir. Daha öncede bahsedildiği gibi kamu harcamaları olmadan son derece yüksek maliyete sahip Ar-Ge maliyetlerinin karşılanması mümkün olamamaktadır. Aynı zamanda

teknik bilgi birikimi açısından kamu otoriteleri daha geniş mali olanaklara ve teknik avantajlara sahiptir. Bu açıdan araştırmanın elde edilen sonuçları oldukça gerçekçidir. Bu bağlamda bir ülkenin inovatif kabiliyetinin ve teknolojik birikiminin gelişebilmesi kamu otoritelerinin Ar-Ge çalışmalarını doğrudan ya da kısmen desteklemesine bağlıdır. Aynı zamanda kamu otoritesinin istihdam ettiği uzman ve teknik personelin bu konuda girdi faktörü olarak etkin ve verimli kullanılmasına bağlıdır.

Öte yandan çıktı faktörleri incelendiğinde O8 sahip olunan patent sayısı en önemli çıktı faktörü olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlarda son derece anlamdır. Çıktılar açısından patent sayısı kamu destekli Ar-Ge projelerinin başarıyla sonuçlandığını kanıtlamaktadır. Ek olarak, A7 İngiltere bu konuda en yüksek performansa sahip ülkeyken, Türkiye G-7 ülkelerine kıyasla son sırada yer almıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, uygulanan karar modeli kullanılabilir güçlü bir karar verme çerçevesi sunabilir. Gerçekleştirilen duyarlılık analizinin sonuçları dikkate alındığında, elde edilen sıralama sonuçlarında genel sonuçları değiştirebilecek bir farklılığa ya da sapmaya rastlanılmamıştır. Bu durum elde edilen sonuçların ve önerilen modelin geçerliliğini onaylamaktadır. Gelecek çalışmalar için kriter ağırlıklandırması için farklı tekniklerden yararlanılabileceği gibi karar alternatiflerini sıralamak için de farklı bir ÇKKV tekniğine başvurulabilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar çerçevesinde karar vericiler Ar-Ge yatırımları ile ilgili gerçek hayat problemleri ile karşılaştıklarında önerilen modeli kullanarak daha optimal sonuçlar elde edebilir. Aynı zamanda ülkelerin Ar-Ge gelişmişlik düzeyleri arasında karşılaştırma yaparak, kendi ülkelerinin gelişmişlik düzeyini artırabilmek için bu çalışmada dikkat çekilen kriterlere öncelikli olarak odaklanabilir bu sayede kaynak kullanımını optimize ederken, yatırımlara ilişkin daha rasyonel kararlar alabilirler. Bu çerçevede söz konusu çalışma ve önerilen model karar vericiler için bir yol haritası olarak kullanılabilir. Buna bağlı olarak, önerilen model yapısal olarak bir takım avantajlara ve olanaklara sahiptir. Öncelikli olarak mevcut etkinlik ve performans analizi tekniklerine göre daha makul ve gerçekçi sonuçlar sağladığı gibi, her bir girdi ve çıktı faktörünün sonuçlar üzerindeki etkisini net bir biçimde gösterir. Ek olarak önerilen model son derece kolay uygulanabilir bir algoritmaya sahiptir. Bu yönüyle karar vericiler ileri bir matematik bilgisi ve birikimine sahip olmaksızın önerilen modelin algoritmasını takip ederek

sonuca ulaşabilirler. Sonuç olarak önerilen yaklaşım güvenilir bir karar verme çevresi sağlamaktadır.

Buna ek olarak, çalışmanın literatüre önemli katkı ve yönetsel çıkarımları olmasına rağmen bir takım kısıtları ve sınırlılıkları da bulunmaktadır. Öncelikli olarak, G7 ülkeleri dikkate alınmış, buna karşılık değerlendirilen ülke sayısı artırılabilir ya da farklı bölgeler için çalışma tekrarlanarak sonuçları karşılaştırılabilir. İkinci olarak OECD tarafından önerilen kriterler dikkate alınmıştır. Buna karşılık, bu kriterler saha çalışmaları ile zamanın gerekliliklerine ve bölgesel koşullara göre güncellenebilir. Ek olarak, zaman içinde ülkelerin Ar-Ge stratejilerine ilişkin belirsizlikler söz konusu olabilir. Bu çerçevede önerilen model bulanık yaklaşımlar yardımı ile belirsizlikleri yakalayacak ve işleyecek şekilde genişletilebilir.

KAYNAKÇA

Acar, M. Ş. ve Arslan, O. (2019). Ranque-Hilsch Vorteks Tüpü Entegre Kurutma Sisteminin EATWOS Modeli Kullanılarak Optimizasyonu, *International Congress on AfroEurasian Research V*, 19-22 April, Lefkoşa.

Akın, N. G. (2019). Makine Seçimi Probleminde Entropi-Rov ve Critic-Rov Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 62, 20-39.

Aktop, V. S. (2021). Türkiye ve Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerin Görelî Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Etkinliğinin Analizi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 231-246.

Alirezadee, M.R. ve Afsharian, M. (2007). Model Improvement for Computational Difficulties of DEA Technique in the Presence of Special DMUs. *Applied Mathematics and Computation*, 186 (2), 1600-1611.

Alp, İ., Öztel, A. ve Köse, M. S. (2015). Entropi Tabanlı MAUT Yöntemi ile Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansı Ölçümü: Bir Vaka Çalışması. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(2), 65-81.

Altın, H. (2020). Ekonomik Özgürlük Endeksinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Analizi. *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 4(2), 441-460.

Altıntaş, F. F. (2022). G7 Ülkelerinin Lojistik Etkinlik Ve Verimlilik Performanslarının Değerlendirilmesi. *Verimlilik Dergisi*, 1, 78-93.

Arslan, O., Arslan, A. E. ve Acar, M. Ş. (2019), O-Tipi ORC-Binary Jeotermal Güç Santralı Optimizasyonu: EATWOS Analizi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Prof. Dr. Fuat Sezgin Bilim Yılı Özel Sayısı, 6, 222-236.

Aybarç, S. ve Selim, S. (2017). Seçilmiş OECD Ülkelerinde Ar-Ge Faaliyetlerine Yönelik Kamu Harcamalarının Karşılaştırmalı Etkinlik Analizi. *Girişimcilik ve Kalkınma*, 12(2), 1-15.

Ayçin, E. (2020). Personel Seçim Sürecinde CRITIC ve MAIRCA Yöntemlerinin Kullanılması. *İşletme*, 1(1), 1-12

Ayçin, E. ve Çakın, E. (2019). Ülkelerin İnovasyon Performanslarının Ölçümünde Entropi ve MABAC Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Bütünleşik Olarak Kullanılması. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 19(2), 326-351.

Aydın, Y. (2020). Bütünleşik CRITIC Ve MAIRCA Yöntemleri ile Kamu Sermayeli Bankalarının Performans Analizi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(4), 829-841.

Aytekin, A. (2020). Türkiye’de Önde Gelen Şirketlerin Etkinlik, Farklılık ve Performans Ölçümü. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(4), 19-35.

Bansal, A., Singh, R. K. Issar, S. ve Varkey, J. (2014). Evaluation of Vendors Ranking by EATWOS Approach. *Journal of Advances in Management Research*, 11(3), 290-311.

Barzilai, J. and Golany, B.(1994). Ahp Rank Reversal, Normalization And Aggregation Rules. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 32(2), 57-64.

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-Eatwios Bütünleşik Yaklaşımı ile Finansal Performanslarının Değerlendirmesi. *Journal of Yasar University*, 14(56), 407-421.

Çetin, B. ve Kuvat, Ö. (2022). Türkiye’de Ekonomik Göstergeler Açısından Düzey 2 Bölgelerinin Geliştirilmiş ENTROPİ ve CRITIC Temelli COPRAS Yöntemi ile Sıralanması. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 11-36.

Deng, H., Yeh, C.H. and Willis, R.J. (2000). Inter-Company Comparison Using Modified TOPSIS With Objective Weights. *Computers ve Operations Research*, 27(10), 963-973.

Diakoulaki, D., Mavrotas, G. and Papayannakis, L. (1995). Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method. *Computers and Operations Research*, 22, 763-770.

Doğan, H. (2020). Türkiye ve AB Ülkelerinin AR-GE Verimliliklerinin Entropi-EATWOS Yöntemleri ile Karşılaştırılması. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(23), 515-533.

Dyer, J.S. (1990). A Clarification of Remarks on The Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 36, 274-275.

Ecer F. (2020). Çok Kriterli Karar Verme, Geçmişten Günümüze Kapsamlı Bir Yaklaşım. Ankara, Seçkin Yayınevi.

Ekinci, Y. ve Karadayı, M. L. (2017). Analysis of the Research and Development Efficiencies of European Union Countries. *Business ve Management Studies: An International Journal*, 5(1), 1-19.

Ersöz, F. (2009). Avrupa İnovasyon Göstergeleri (EIS) Işığında Türkiye'nin Konumu. *İTÜ Dergisi*, 6(1), 3-16.

Färe, R., Grosskopf, S. ve Margaritis D (2015). *Some limitations of two DEA Models, in: Advances in Data Envelopment Analysis*. chapter 6, pages 87-91, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Gezer, M. A., Uzgören, E. and Elevli, B. (2015). Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlerle Türkiye ve AB Ülkelerinin Ar-Ge ve İnovasyon Göstergeleri Yönünden Sınıflandırılması. *ISITES Valencia*, 03-05 Haziran, İspanya.

Gigović, L., Pamučar, D., Bajić, Z. ve Milićević, M. (2016). The Combination of Expert Judgment and GIS-MAIRCA Analysis for The Selection of Sites for Ammunition Depots. *Sustainability (Switzerland)*, 8(4), 1-30.

Görçün, Ö. F. (2019a). Entegre Entropi ve EATWOS Yöntemleri Kullanılarak Karadeniz Konteyner Limanlarının Verimlilik Analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14(3), 811-830.

Görçün, Ö. F. (2019b). Kentsel Lojistikte Kullanılan Hafif Raylı Sistem Hatlarının Entegre Entropi ve EATWOS Yöntemleri Kullanılarak Analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 254-267.

Görçün, Ö. F. (2019c). Orta Asya Türk Cumhuriyetlerinin Lojistik ve Taşımacılık Performansları ve Verimliliklerinin Analizi için Hibrid bir Çok Kriterli Karar Verme Modeli. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(3), 2775–2798.

Görçün, Ö. F. (2021). Efficiency Analysis of Black Sea Container Seaports: Application of an Integrated MCDM Approach. *Maritime Policy and Management*, 48(5), 672-699.

Görçün, Ö. F., Zolfani, S. H. ve Çanakçıoğlu, M. (2022). Analysis of Efficiency and Performance of Global Retail Supply Chains Using Integrated Fuzzy SWARA and Fuzzy EATWOS Methods. *Operations Management Research*, 1-25.

Güler, E. Ö. ve Veysikarani, D. (2018). OECD Ülkelerinin İnovasyon Göstergeleri Açısından Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerle Karşılaştırılması. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(2), 157-168.

İnel, M. N. ve Türker, M. V. (2016). Ulusal İnovasyon Performansının Ölçümü İçin Çok Nitelikli Karar Verme Teknikleri ile Bir Model Denemesi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(2), 147-166.

Jahan, A., Mustapha, F., Sapuan, S. M., Ismail, M. Y., ve Bahraminasab, M. (2012). A Framework for Weighting of Criteria in Ranking Stage of Material Selection Process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 58(1), 411-420.

Johns, N., Howcroft, B. ve Drake, L. (1997). The Use of Data Envelopment Analysis to Monitor Hotel Productivity. *Progress in Tourism and Hospitality Research*, 3(2), 119-127.

Karaathı, M. (2016). Entropi-Gri İlişkisel Analiz Yöntemleri ile Bütünleşik Bir Yaklaşım: Turizm Sektöründe Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 63-77.

Karami, A. ve Johansson, R. (2014). Choosing DBSCAN Parameters Automatically Using Differential Evolution. *International Journal of Computer Applications*, 91(7), 1-11.

Koc, E., Desticioğlu, B. ve Şimşek, A. İ. (2021). ABD Konteyner Limanlarının Toplam Faktör Verimliliklerinin Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 823-831.

Kokoç M. ve Ersöz S. (2021). Aralık Değerli Sezgisel Bulanık Ortamda Entropinin Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Kullanılmasına İlişkin Eleştirel Analiz. *Politeknik Dergisi*, 1(1), 31.12.2021.

Kumar, N., Singh, A. Verma, A. ve Sonal, T. (2016). Measuring Efficiency of IPL Players Using EATWOS. *International Journal of Advanced Production and Industrial Engineering*, 1(2), 13-16.

Kundakçı, N. (2019). A Comparative Analyze Based On EATWOS and OCRA Methods For Supplier Evaluation. *Alphanumeric Journal*, 7(1), 103-112.

Küçükönder, H. ve Şişmanoğlu, E. (2020) BIST Tekstil, Deri Endeksindeki İşletmelerin Finansal Performansları İçin ÇKKV Yöntemlerine Dayalı Alternatif Bir Değerlendirme Çerçevesi. *Mali Çözüm*, 30(159), 91-127.

Lai W.-H., Chang P.-L. and Chou Y.-C. (2010). Fuzzy MCDM Approach to Rve D Project Evaluation in Taiwan's Public Sectors. *Journal of Technology Management in China*, 5(1), 84-101.

Lamas, M.I., Castro-Santos, L. and Rodriguez, C.G. (2020). Optimization of a Multiple Injection System in a Marine Diesel Engine Through a Multiple-criteria Decision-making Approach. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(11), 946.

Liu P. D. and Qin X. Y. (2017). An Extended VIKOR Method for Decision Making Problem with Interval-Valued Linguistic Intuitionistic Fuzzy Numbers Based on Entropy. *Informatica*, 28, 665-685.

Mamak Ekinci, E. B. ve Can, G. F. (2018). Algılanan İş Yükü ve Çalışma Duruşları Dikkate Alınarak Operatörlerin Ergonomik Risk Düzeylerinin Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi. *Ergonomi*, 1(2), 77-91.

Minarčíková, E. (2015). *Evaluation of Regional Disparities in Visegrad Four Based on Selected MCDM Methods*. The 9 th International Days of Statistics and Economics, September 10-12, Prague.

Mufazzal, S. and Muzakkir, S. M. (2018). A New Multi-Criterion Decision Making (MCDM) Method Based on Proximity Indexed Value for Minimizing Rank Reversals. *Computers ve Industrial Engineering*, 19, 427-438.

Orakçı, E. ve Özdemir, A. (2017). Telafi Edici Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Türkiye ve AB Ülkelerinin İnsani Gelişmişlik Düzeylerinin Belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 19(1), 61-74.

Oralhan, B. ve Büyüktürk, M. A. (2019). Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye'nin İnovasyon Performansının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Kıyaslanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 471-484.

Orhan M. ve AYTEKİN M. (2020). Türkiye ile AB'ye Son Katılan Ülkelerin Ar-Ge Performanslarının CRITIC Ağırlıklı MAUT ve SAW Yöntemiyle Kıyaslanması. *Business and Management Studies: An International Journal*, 8(1), 754-778.

Özbek, A. (2015a). Analysis of Private Pension Companies in Turkey by EATWOS. *European Journal of Business and Management*, 7 (26), 31-44.

Özbek, A. (2015b). Efficiency Analysis of the Turkish Red Crescent between 2012 and 2014. *International Journal of Economics and Finance*, 7(9), 322-334.

Özbek, A. (2016). Efficiency Analysis of Gold Mining Companies through Financial Statements. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 6(10), 273-290.

Özbek, A. (2017). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleriyle Hayırsever Kuruluşlarında Verimlilik Analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(2), 99-114.

Özbek, H. ve Atik, H. (2015). İnovasyon Göstergeleri Bakımından Türkiye'nin Avrupa Birliği Ülkeleri Arasındaki Yeri: İstatistiksel Bir Analiz. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 42, 193-210.

Özdağoğlu, A. (2018). BİST Sınai İşletmelerinin Gri Entropi-EATWOİS Bütünleşik Yaklaşımı ile Performans Değerlendirmesi. *İşletme Fakültesi Dergisi*, 19(2), 271-299.

Özdemir, M. H. (2021). Effizienzanalyse Für Laptops Mit Der Integrierten Entropie-Eatwios-Methode. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 11(2), 717-736.

Paas, T. and Poltimäe, H. (2010). *A Comparative Analysis of National Innovation Performance: The Baltic States in The EU Context*. University of Tartu Faculty of Economics and Business Administration, Working Paper, Vol. 78.

Pamučar, D. and Ćirović, G. (2015). The Selection of Transport and Handling Resources in Logistics Centers Using Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC). *Expert Systems with Applications*, 42(6), 3016-3028.

Pan, T. W., Hung, S. W. and Lu, W. M. (2010). DEA Performance Measurement of the National Innovation System in Asia and Europe. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 27, 369-392.

Perçin, S. ve Sönmez, Ö. (2018). Bütünleşik ENTROPİ Ağırlık ve TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Türk Sigorta Şirketlerinin Performansının Ölçülmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 18. EYİ Özel Sayısı, 565-582.

Peters, M. L. and Zelewski, S. (2016). Benefits and Risks of Satisficing Levels for Input and Output Quantities in Efficiency Analyses from a Corporate Social Responsibility Perspective. *International Journal of Management and Sustainability*, 5(12), 94-101.

Peters, M. L. and Zelewski, S. (2006). *Efficiency Analysis Under Consideration of Satisficing Levels for Output Quantities*. Proceedings of the 17th Annual Conference of the Production and Operations Management Society (POMS)-Operations Management in the New World Uncertainties, MA, April 28th-May 1st. Boston.

Saatçioğlu, C. ve Bildirici, Ü. (2017). İnovasyon Göstergeleri Bakımından Türkiye'nin OECD Ülkeleri Arasındaki Yeri: Ekonometrik Bir Uygulama. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 5(4), 44-56.

Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication, The Bell System. *Technical Journal*, 27(3), 379-423.

Socorro García-Cascales, M., and Teresa Lamata, M. (2012). On Rank Reversal and TOPSIS Method. *Mathematical and Computer Modelling*, 56(5-6), 123-132.

Stevi'c, Ž., Miški'c, S., Vojinovi'c, D., Huskanovi'c, E., Stankovi'c, M. ve Pamučar, D. (2022). Development of a Model for Evaluating the Efficiency of Transport Companies: PCA-DEA-MCDM Model. *Axioms*, 11(140), 1-33.

Şahinli, M. A. ve Kılınç, E. (2013). İnovasyon ve İnovasyon Göstergeleri: AB Ülkeleri ve Türkiye Karşılaştırması. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 13(25), 329-356.

Torkayesh, A. E., Ecer, F., Pamucar, D. and Karamaşa, Ç. (2021). Comparative Assessment of Social Sustainability Performance: Integrated Data-driven Weighting System and CoCoSo Model. *Sustainable Cities and Society*, 71, 102975,

Uğur, A., Künc, S. ve Çelik, S. (2020). AB Ortak Politikaları Bağlamında Türkiye'nin İnovasyon Politikalarının Değerlendirilmesi: Seçilmiş Ülke Grupları ile Karşılaştırmalı Bir Analiz. *Journal of International Management Educational and Economics Perspectives*, 8(2), 96-109.

Uludağ, A. S. (2020). Measuring the Productivity of Selected Airport in Turkey. *Transportation Research Part E*, 141, 1-28.

Ünal, T. ve Seçilmiş, N. (2013). Ar-Ge Göstergeleri Açısından Türkiye ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslaması. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 1(1), 12-25.

Vujičić, M. D., Papić, M. Z. and Blagojević, M. D. (2017). Comparative Analysis of Objective Techniques for Criteria Weighing in two MCDM Methods on Example of an Air Conditioner Selection. *Tehnika*, 72(3), 422-429.

Wang, S. and Wang, H. (2005). The Mystification of Operational Competitiveness Rating Analysis. *Managerial and Decision Economics*, 26(8), 535-538.

Wang, Y. M. and Luo, Y. (2010). Integration of Correlations With Standard Deviations for Determining Attribute Weights in Multiple Attribute Decision Making. *Mathematical and Computer Modelling*, 51, 1-12.

Yazdani, M., Zarate, P., Kazimieras Zavadskas, E., and Turskis, Z. (2019). A Combined Compromise Solution (Cocoso) Method for Multi-Criteria Decision-Making Problems. *Management Decision*, 57(9), 2501-2519.

Yılmaz, B. and Harmancioglu, N. (2010). Multi-Criteria Decision Making For Water Resource Management: A Case Study of The Gediz River Basin, Turkey. *Water SA*, 36(5), 563-576.

Yüksekyıldız, E. (2021). ENTROPİ ve EATWOS Yöntemleri ile Türkiye Konteyner Limanlarının Verimlilik Analizi. *Verimlilik Dergisi*, 2, 3-24.

Yürük, M. F. ve Orhan, M. (2020). CRITIC ve Entropi Temelli MAUT Yöntemi ile İmalat Sanayi Alt Sektörlerinin Finansal Performanslarının Analizi. *Munzur Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 150-172.

Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J. and Zakarevicius, A. (2012). Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment. *Elektronika Ir Elektrotechnika*, 122(6), 3-6.

Zimonjić, S., Đekić, M. and Kastratović, E. (2018). Application of Vikor Method in Ranking the Investment Projects. *International Journal of Economics ve Law*, 22(8), 125-134.