



Avrupa Ülkelerinin Enerji İnovasyonu Performanslarının Analizi: Mabac ve Marcos Yöntemleri İle Bir Uygulama

Dr. Furkan Fahri ALTINTAŞ

Jandarma Genel Komutanlığı,

furkanfahrialtintas@yahoo.com, www.orcid.org/0000-0002-0161-5862

Öz

Araştırmada, 2021 yılı için Küresel Enerji İnovasyon Endeksi raporunda küresel anlamda enerji inovasyona en fazla katkı sağlayan ülke grubu olan Avrupa ülkelerinin söz konusu endeksin bileşenlerine ait değerler üzerinden inovasyon performansları MABAC ve MARCOS yöntemleri ile ölçülmüştür. Bulgulara göre, küresel enerji inovasyon performansı en fazla olan ilk üç ülkenin Finlandiya, Danimarka ve İsveç, en az olan ilk üç ülkenin ise Polonya, Yunanistan ve Estonya olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca her iki yönteme göre ortalama enerji inovasyon performans değerleri hesaplanmış ve söz konusu ortalama değerden az enerji inovasyon performans değerine sahip olan ülkelerin küresel anlamda enerji inovasyonuna katkı sağlamak için enerji inovasyonlarını artırmaları gerektiği değerlendirilmiştir. Yöntem açısından ise duyarlılık, ayırım uzaklıkları ve ilişki analizi sonuçlarına göre ülkelerin enerji inovasyon performanslarının GEII kapsamında ölçülebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Avrupa Ülkeleri, Enerji İnovasyonu Performansı, MABAC, MARCOS

Makale Gönderme Tarihi: 12. 05. 2022

Makale Kabul Tarihi: 07. 06. 2022

Önerilen Atf:

Altıntaş, F.F.. (2022). Avrupa Ülkelerinin Enerji İnovasyonu Performanslarının Analizi: Mabac ve Marcos Yöntemleri İle Bir Uygulama, *İşletme Akademisi Dergisi*, 3 (2):188-216.



Analysis of Energy Innovation Performances of European Countries: An Application with Mabac and Marcos Methods

Dr. Furkan Fahri ALTINTAŞ

Jandarma Genel Komutanlığı,

furkanfahrialtintas@yahoo.com, www.orcid.org/0000-0002-0161-5862

Abstract

In research, innovation performance of European countries, which are country group that contributes the most to energy innovation in Global Energy Innovation Index (GEII) report for 2021, were measured by MABAC and MARCOS methods over values of components of said index. According to findings, it has been determined that top three countries with the highest global energy innovation performance are Finland, Denmark and Sweden, while first three countries with the least are Poland, Greece and Estonia. In addition, average energy innovation performance values were calculated according to both methods, and it was evaluated that countries with an energy innovation performance value less than said average value should increase their energy innovations in order to contribute to global energy innovation. In terms of method, it has been concluded that energy innovation performance of countries can be measured within scope of GEII according to results of sensitivity, separation distances and relationship analysis.

Keywords: European Countries, Energy Innovation Performance, MABAC, MARCOS

Received: 15. 05. 2022

Accepted: 13. 06. 2022

Suggested Citation:

Altıntaş, F.F.. (2022). Analysis of Energy Innovation Performances of European Countries: An Application with Mabac and Marcos Methods, *Journal of Business Academy*, 3 (2):188-216.

1. GİRİŞ

Sanayileşme ile beraber teknolojik gelişmelerin, dünya nüfusunun ve insan ihtiyaçlarının çoğalması günümüzde enerji talebinin artmasına neden olmuştur (Lüdeke-Freund ve Opel, 2014; Zahoransky, 2019; Stieglitz ve Heinzl, 2020). Buna bağlı olarak söz konusu enerji talebinin karşılanması için dünyada fosil kaynaklardan azami derecede faydalanılmıştır (Alvarez-Herranz vd., 2017: 387). Fakat fosil yakıtların tüketilmesi sonucunda karbon salınımı artmıştır. Bu durum çevrenin kirlenmesine ve biyolojik türlerin yaşam alanlarının kalitesinin düşmesine neden olmuş ve küresel ısınmayı tetiklemiştir. Buna göre dünya üzerinde enerji ihtiyaçlarının karşılanmasının sürdürülebilir gelişme açısından yenilik çalışmaları çerçevesinde temiz veya yeşil enerji ile sağlanması gerektiği değerlendirilmiştir (Jaeger, 2021).

Sürdürülebilir gelişmenin en önemli girdilerinden bir tanesi enerjidir. Enerji, beslenme, barınma, güvenlik, eğitim, istihdam ve eğitim gibi insanların temel gereksinimlerinden biri olmamasına rağmen enerjinin sürdürülebilirliği sosyal, ekonomik ve çevresel boyutların merkezinde yer almaktadır (Ediger, 2009: 18). Bu anlamda sürdürülebilir enerji, günümüzdeki enerji gereksinimlerinin gelecek nesillerin kendi gereksinimlerini karşılama yeteneklerini zarar vermeden sağlanması olarak açıklanmaktadır (Schweizer-Ries, 2008: 4126). Ayrıca enerji üretim ve tüketim etkinliğinin artırılması için yeni nesil enerji teknolojilerinin geliştirilmesi sürdürülebilir enerjinin sağlanmasında önemlidir (İşeri ve Özen, 2012: 163-164). Bilindiği üzere teknolojilerin oluşumu ve onların gelişiminin devamlılığının sağlanması inovasyon faaliyetleriyle gerçekleşmektedir (Walsh vd., 2020).

İnovasyon kelimesi köken olarak "innovatus" kelimesinden türetilmiştir (Kılıç, 2018). "Innovatus" kelimesi ise yenilik sağlamak, yenilemek ve yeni kelimeleri ilişkilidir. Bu kapsamda inovasyon, farklılaşma ve çeşitlenme açısından mevcut yapıların niteliğinin öncekinden daha fazla katma değer sağlayacak farklı şekilde oluşturulmasını sağlamaktadır (Giunchiglia, 2013: 2). İnovasyon kelimesi ilk defa Schumpeter (1934) tarafından "gelişimin itici gücü" olarak nitelendirilmiştir. Bu bağlamda Schumpeter (1934), değişimler ve gelişimler sonucu oluşan yaratıcı yıkım açısından inovasyonu eski teknolojilerin yerini yeni teknolojilerin kullanılması olarak açıklamıştır.

İnovasyon kapsamında enerjinin sürdürülebilirliği ve buna göre oluşan yenilenebilir enerji üretimi faaliyetleri için ülkeler sürekli olarak çaba göstermektedir. Çünkü karbon salınımının dünya üzerinde çoğalması sonucunda çevresel alanların zarar görmesi, enerji fiyatlarının esnekliği ve nükleer enerji atıklarının depolanması gibi sorunlar ülkelerin enerji inovasyonu faaliyetlerini etkileyebilmektedir (Bayramoğlu, 2018: 35). Buna göre ülkelerin özellikle enerji konusunda AR-GE çalışmaları sonucu inovatif teknolojiler yardımıyla enerjinin kullanım etkinliği, etkililiği ve verimliliği artabilecek, üretim maliyetleri düşebilecek, enerji güvenliği sağlanabilecek, enerji üretimi ile ilgili olarak hammadde gereksinimi azalacak ve bütün bunlara bağlı olarak sürdürülebilir enerji için teknolojik bilgi gelişim ivmesi artabilecektir (Grubler, 2012; Kılınc ve Kılınc, 2021: 1089). Aynı zamanda enerji alanında inovasyon faaliyetleri, enerji alanında üretim çeşitliliğini zenginleştirecek ve tüketici ile üretici faydası ile katma değeri yükseltebilecektir (Ertürk, 2014). Bütün bunlara bağlı olarak enerji inovasyonu ile yenilenebilir enerji kaynakları, yenilenemeyen enerji kaynaklarına karşı iyi bir alternatif olabilecektir (Çoban vd., 2021: 3).

Ülkeler enerji inovasyonunun önemi çerçevesinde sürekli olarak kendilerinin enerji inovasyon potansiyellerini değerlendirmektedir. Bu bağlamda ülkeler, enerji inovasyonu potansiyelleri hakkında kendilerinde farkındalık oluşturarak enerji inovasyonu gelişimi için stratejiler ve faaliyetler sağlayabilmektedir. Bunun yanında ülkeler, enerji inovasyonu konusunda gelişmiş ülkeler ile işbirlikleri oluşturabilmektedir. Dolayısıyla ülkelerin enerji inovasyonu

performanslarının ölçümü önem kazanmakta, ülkeler enerji inovasyonu performanslarını ölçen metriklere ihtiyaç duymaktadır (Smith ve Hart, 2021).

Ülkelerin uluslararası anlamda enerji inovasyonu performanslarını ölçen tek metrik merkezi Washington'da bulunan Enformasyon Teknolojisi ve İnovasyon Kurumu (Information Technology and Innovation Foundation) tarafından geliştirilen Küresel Enerji İnovasyon Endeksi (Global Energy Innovation Index-GEII)'dir. Söz konusu endeks ile enerji inovasyon faaliyetleri açısından küresel anlamda en fazla katkı sağlayan 34 ülkenin enerji inovasyonu performansları ölçülmüştür (Smith ve Hart, 2021). GEII toplamda üç bileşen, üç bileşene bağlı 10 alt bileşen ve 10 alt bileşene bağlı 22 değişkenden oluşmaktadır. Söz konusu bileşenlerin, alt bileşenlerin ve değişkenlerin ağırlık katsayıları birbirlerinden farklıdır. (Smith ve Hart, 2021). Buna ilişkin olarak GEII bileşen, alt bileşen, değişkenler ve ağırlıklar Tablo 1'de açıklanmıştır.

Tablo 1. GEII Bileşen, Alt bileşen ve Değişkenler ile Ağırlıklar

Bileşenler	Bil. Ağır.	Alt bileşenler	Alt. Bil. Ağır.	Değişkenler	Değ. Ağır.
Bilgi Geliştirme Yayılımı	%40	Düşük Karbon, AR-GE Çalışmalarındaki Kamu Yatırımları	%20	-----	-----
		Bilgi Üretimi	%10	Yayın Sayısı	%3
				Yüksek Atıf Alan Yayınların Payı	%7
		İcat	%10	Gelişme ve Yayılım	%7,5
Çekicilik ve Emilim	%2,5				
Girişimci Deney ve Pazar Oluşumu	%40	Gösteri	%4	Kamu Yatırımı	%2
				Proje Sayısı	%2
		Girişimci Ekosistemi	%12	Erken Aşama Girişim Sermayesi Yatırımları	%4
				Yüksek Etkili Başlangıç Sayısı	%4
				Başarılı Şirket Çıktı Sayısı	%4
		Sanayi ve Uluslararası Ticaret (İhracat)	%12	-----	-----
Pazara Hazırlık ve Teknoloji Kabulü	%12	Enerji Etkinliği	%6		
		Yeşil Enerji Tüketimi	%6		
Sosyal Meşruiyet ve Uluslararası İşbirliği	%20	Ulusal Taahhütler	%8	Küresel İklim Faaliyet Gündemi	%4
				Yerli Temiz Enerji İnovasyon Gündemi	%4
		Ulusal Kamu Politikaları	%8	Standartlar ve Yönetmelikler	%4
				Efektif Karbon Oranı	%4

				Kamu Ar-Ge Finansmanı	%1,6
		Uluslararası İşbirliği	%4	Bilgi Geliştirme (Ortak Yayınlar)	%1,2
				Teknoloji Geliştirme (Buluşlar)	%1,2
Açıklama: Bil. Ağr.: Bileşen Ağırlığı. Alt. Bil. Ağr.: Alt bileşen Ağırlığı. Değ. Ağr.: Değişken Ağırlığı.					

Kaynak: Smith ve Hart, 2021: 9-10

Ülkelerin GEII skorları; bileşenlerin, alt bileşenlerin ve değişkenlerin z ile z skala skor değerleri üzerinden hesaplanmaktadır. Buna göre GEII'nın metodolojisi aşağıda açıklanmıştır (Smith ve Hart, 2021: 27)

Ülkelerin GEII değerinin hesaplanması öncesinde kolaylık sağlaması açısından notasyon tablosu Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Notasyon Tablosu

Notasyon	Göstergeler	Notasyon	Göstergeler
z	z değeri	\bar{x}	Aritmetik Ortalama
z skala	z skala değeri	B	Bileşenler
SG	Seviye göstergeleri	AB	Alt bileşenler
DG	Değişim göstergeleri	D	Değişkenler
RV	Ham değer	w	Ağırlıklar
σ	Standart Sapma		

1. Adım: Değişkenlerin z Değerlerinin Hesaplanması

$$z_{SG-DG} = \frac{RV_{SG-DG} - \bar{x}_{SG-DG}}{\sigma_{SG-DG}} \quad (1)$$

2. Adım: Değişkenlerin z skala Değerinin Hesaplanması

z skala değerleri 0 ile 20 değeri arasındadır. Bu değerler; aritmetik ortalamadan 2,5, standart sapma ile sınırlandırılmıştır. z skala değerlerinin hesaplanması, değişkenlerin SG ve DG değerlerine ait z değeri ortalama 10, standart sapma 4 skoruna ayarlı z değerine dönüştürülmesiyle sağlanmaktadır. Buna göre değişkenlerin z skala değerleri z_{SG-DG} negatif ise eşitlik 2, eğer pozitif ise eşitlik 3 ile ölçülür.

$$\max[z_{SG-DG}, (-2,5)].4+10 \quad (2)$$

$$\min[z_{SG-DG}, (2,5)].4+10 \quad (3)$$

3. Adım: Değişkenlere Ait Ağırlıklandırılmış SG-DG Toplamalarının (Alt Bileşen Performanslarının) Hesaplanması:

$$W_{SG-DG} = \sum_{n=SG}^{m=DG} z_{SG-DG} \text{ skala} \quad (4)$$

4. Adım: Bileşen Performanslarının Hesaplanması:

Bileşenlerin performanslarının hesaplanması SG ve DG yerine ilgili AB değerleri 1.adım (eşitlik 1) ve 2. Adım (eşitlik 2 ve eşitlik 3) kapsamında yerleştirilerek hesaplanır. Sonrasında ilgili AB değerleri eşitlik 5'de belirtilen formüle yerleştirilerek bileşen performansları hesaplanır.

$$W_{AB} = \sum_{n=\text{Birinci AB}}^{m=\text{Sonuncu AB}} z_{AB} \text{ skala.} \quad (5)$$

5. Adım: Ülkelerin GEII Değerlerinin Hesaplanması:

Ülkelerin GEII değerinin hesaplanmasında ilk olarak SG ve DG yerine ilgili B değerleri 1.adım (eşitlik 1), 2. adım (eşitlik 2 ve eşitlik 3) kapsamında yerleştirilerek ölçülür. Devamında ilgili B değerleri eşitlik 6'da belirtilen formüle yerleştirilerek ülkelerin GEII değerleri tespit edilir.

$$W_B = \sum_{n=\text{Birinci B}}^{m=\text{Sonuncu B}} z_B \text{ skala.} \quad (6)$$

2021 yılı GEII raporunda küresel anlamda enerji inovasyonuna katkı sağlayan 34 ülkenin 22'sini (%65) ve GEII sıralamasında ilk 10 ülkenin 9'unu Avrupa ülkeleri oluşturmaktadır. Bunun yanında, söz konusu 34 ülkenin GEII ortalaması 10,17, Avrupa ülkelerinin 11,81 ve Avrupa hariç diğer ülkelerin ise 8,9'dur. Bu kapsamda Avrupa ülkelerinin ortalama GEII değeri toplam ortalama GEII değerinden %16, Avrupa hariç diğer ülkelerin GEII ortalama değerinden ise %32,10 daha fazladır. Söz konusu nicel değerlere istinaden Avrupa ülkelerinin küresel açıdan enerji inovasyonuna olan katkısı dikkat çekicidir (Smith ve Hart, 2021). Dolayısıyla Avrupa ülkelerinin genel anlamda enerji inovasyonu faaliyetleri küresel ekonomiyi, küresel inovasyon enerji yapısını, diğer ülkelerin enerji inovasyon politikalarını, dünyadaki çevre kirlenmesini, karbon salınımını ve buna bağlı olarak küresel iklim değişikliği stratejilerini etkileyebilmektedir. Bu bağlamda Avrupa ülkelerinin enerji inovasyonu performanslarının ölçümü ve analizi büyük önem arz etmektedir. Buna göre araştırmada, en son ve güncel olan GEII'nın 2021 yılı raporu kapsamında raporda bulunan 22 Avrupa ülkesinin enerji inovasyonu performansları MABAC ve MARCOS çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile ölçülmüştür. Araştırmada ikinci olarak söz konusu yöntemlerin duyarlılık analizi ENTROPİ, CRITIC, SD (Standart Sapma) ve İVP (İstatistiksel Varyans Prosedürü) tabanlı MABAC ve MARCOS ÇKKV yöntemleri ile belirlenmiştir. Üçüncü olarak ise ülkelerin GEII, MABAC ve MARCOS yöntemleri kapsamında tespit edilen ülkelerin enerji inovasyon değerlerinin ayırım uzaklıkları değerlendirilmiş ve yöntemlere göre söz konusu ülkelere göre tespit edilen enerji inovasyonu performans değerleri arasında Pearson ilişki katsayıları hesaplanmıştır. Buna göre araştırmanın literatür kısmında araştırmanın konusu açısından enerji inovasyonu, araştırmanın yöntemi açısından ise MABAC ve MARCOS yöntemleri ile kriter (bileşen) ağırlık katsayısı hesaplama tekniklerinden olan ENTROPİ, CRITIC, SD (Standart Sapma) ve İVP (İstatistiksel Varyans Prosedürü) teknikleri ilgili araştırmalar açıklanmıştır. Yöntem kısmında ise araştırmanın veri seti, analizi, MABAC ve MARCOS yöntemleri belirtilmiştir. Sonuç ve tartışma kısmında ise bulgular kapsamında tespit edilen nicel değerlere istinaden çıkarımlar sağlanıp tartışılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Araştırmanın literatürü iki kısımdan oluşmuştur. Bunlardan birincisinde enerji inovasyonu ile ilgili araştırmalar açıklanmıştır. İkincisinde ise MABAC ve MARCOS yöntemleri ile ilgili olan çalışmalar belirtilmiştir. Bu bağlamda, Hu vd., (2010), ülkelerin enerji inovasyon performanslarını ölçmek için 3 bileşen ve 3 bileşene bağlı 19 alt bileşenden oluşan bir ölçek geliştirmişlerdir. Araştırmacılar söz konusu ölçekle Çin, Danimarka, Almanya ve ABD'nin inovasyon performanslarını incelemişlerdir. Bulgulara göre, yöntem açısından söz konusu ölçeğin ülkeler arasında enerji inovasyonu gösterge performans farklılıklarını yansıttığını ve buna bağlı olarak söz konusu ölçekle vaka çalışmaların yapılabileceği değerlendirilmiştir. İkinci olarak Çin'in enerji inovasyonu konusunda Ar-Ge harcamalarının diğer ülkelere göre yüksek

olduğu, buna karşın enerji inovasyonuna yönelik patentlerin ve enerji inovasyonu ihracatının diğer ülkelerden az olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Dinda (2011), 1963-2007 yıl aralığında ABD’de ilgili çevresel veriler ile çevre kirliliği ile üretim teknolojisi arasındaki ilişkiyi panel veri analizi ile incelemişlerdir. Araştırmada, enerji inovasyonu kapsamında Ar-Ge harcamaları ve çevre kirliliği arasında anlamlı ve negatif yönlü ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Bointner (2014), 1977-2013 yıl aralığında Uluslararası Enerji Ajandası’na üye devletlerin gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) ve enerji inovasyon için Ar-Ge boyutları arasındaki ilişkiyi doğrusal regresyon analizi ile ölçmüştür. Araştırmada, söz konusu boyutlar arasında anlamlı bir ilişki olduğu ve ülkelerin GSYİH kapsamındaki ekonomik iyileşmelerin enerji inovasyonu oluşumuna daha fazla olanak sağladığı bulgusuna ulaşılmıştır. Ganda (2014), OECD ülkelerinin 2000-2014 yıl aralığındaki veriler ile inovasyon ve teknolojik enerji yatırımlarının karbon salınmasına olan etkisini panel veri analizi ile incelemişlerdir. Analizde, inovasyon ve teknolojik enerji yatırımlarının karbon salınımı arasında negatif yönlü ve anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Aydın ve Değirmenci (2015), 1980-2018 yıl aralığında ekonomik büyüme, inovasyon, verimlilik ve yenilenebilir enerji tüketimi ile çevre kirliliği boyutları arasındaki ilişkileri Çevresel Kuznets Eğrisi çerçevesinde ARDL sınır testi ile araştırmışlardır. Çalışmada, Çevresel Kuznets Eğrisi’nin araştırmada geçerli olmadığı ve ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliğine doğru, çevre kirliliğinin ise inovasyona doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Lorente ve Alveranz-Herranz (2016), 25 OECD ülkesinin 1992-2010 yıl aralığında çevresel veriler ile Çevresel Kuznets Eğrisi kapsamında enerji inovasyonunun sera gazı emisyonu üzerindeki etkisini panel veri analizi ile incelemişlerdir. Araştırma bulgularına göre, enerji inovasyonunun sera gazı emisyonu üzerinde anlamlı ve negatif etkisi olduğu ve buna göre dünya üzerinde sera gazı emisyonunun azalmasında enerji inovasyonun önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Miramadi vd., (2018), sektörel ve teknolojik seviyelerde ülkelerin enerji inovasyonu performanslarını ölçen 4 bileşen (politik, yapısal ve sistematik, girdi, çıktı) ve 4 bileşene bağlı 120 alt bileşenden oluşan bir metrik geliştirmişlerdir. Araştırmada, söz konusu metriğin geçerliliğini göstermek amacıyla bazı Kuzey Avrupa ülkelerinin (Danimarka, Finlandiya, İsviçre, İsveç) bileşen ve alt bileşen verileri seçilmiştir. Araştırma sonucuna göre, dört Kuzey Avrupa ülkesinin enerji inovasyonu ile ilgili 90 verisinin söz konusu metrikle eşleştiği gözlenmiştir. Balsalobre-Lorente (2019), 1995-2016 yılı için 16 OECD ülkesinin çevresel verileri üzerinden Çevresel Kuznets Eğrisi çerçevesinde enerji inovasyonunun karbon emisyonu üzerindeki etkisini panel veri analizi ile incelemişlerdir. Bulgulara göre, enerji inovasyonunun karbon emisyonu üzerinde anlamlı ve negatif etkisi olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Doğan ve Özarslan Doğan (2019), 1965-2015 yıl aralığında Türkiye’de finansal gelişim ve inovasyonun yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini ARDL sınır testi yaklaşımı ile tespit etmişlerdir. Araştırmada; finansal gelişim, inovasyon ve GSYİH’nun yenilenebilir enerji üretimi pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca araştırmada, karbon salınımının yenilenebilir enerji üzerindeki etkisinin anlamlı ve negatif yönlü olduğu gözlenmiştir. Gao ve Rai (2019), Çin’de 2005-2014 yıl aralığındaki ilgili veriler ile güneş fotovoltaik pazarının enerji inovasyonu üzerindeki etkisini Poisson Regresyon ve Negatif Binominal Regresyon yöntemleri ile incelemişlerdir. Araştırmada, güneş fotovoltaik-BOS pazarının enerji inovasyonu anlamlı olarak etkilediği bulgusuna ulaşılmıştır. Bu sonuca göre, Çin’de enerji inovasyon politikalarının oluşturulmasında güneş fotovoltaik pazarının önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Anser vd., (2020), Latin Amerika, Sahra Altı Afrika, Karayip ve Asya ülkelerinin 2010-2013 yıl aralığında çevresel değerlere ilişkin olarak karbon salınımının azalmasında enerji inovasyonunun etkinliğini radyal ve radyal olmayan Veri Zarflama Analizi (VZA) ile belirlemişlerdir. Araştırmada, karbon salınımının azalmasında enerji inovasyonu faaliyetlerinin etkinliğinin Latin Amerika ülkeleri için yüksek, Karayip, Sahra Altı Afrika ve Asya ülkeleri için nispeten istikrarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer bir bulguya göre, inovasyon etkinliğinin karbon salınımının azalmasında etkinlik kapsamında radyal olmayan VZA

modelinin radyal VZA modeline göre ülkelerin enerji inovasyon etkinliklerinin ayırt edici özelliklerinin daha fazla olduğu gözlenmiştir. Chakraborty ve Mazzati (2020), 2005-2014 yıl aralığında 20 OECD ülkesinin çevresel verileri ile enerji yoğunluğu ve yeşil enerji inovasyon faaliyetleri boyutları arasındaki ilişkiyi panel veri analizi ile değerlendirmişlerdir. Bulgulara göre, söz konusu boyutlar arasında hem kısa, hem de uzun dönemli anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Balsalobre-Lorente (2021), Fransa, Almanya, İtalya, İspanya ve İngiltere'nin 2020 yılı için ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji, doğrudan yabancı yatırım, enerji inovasyonu ve hava taşımacılığı bağımsız değişken boyutlarına ait veriler ile söz konusu boyutlar arasındaki ilişkiyi panel veri analizi ile tespit etmiştir. Araştırmada, yenilenebilir enerjinin karbon emisyonunu anlamlı ve negatif yönde, diğer boyutları ise anlamlı ve pozitif yönde etkilediği gözlenmiştir. Baloch vd., (2021), 1990-2017 yıl aralığındaki OECD ülkelerinin ekonomik ve çevresel boyutlarına ilişkin veriler ile finansal gelişimin enerji inovasyonu ve çevresel kirlilik üzerindeki etkisini panel veri analizi ile araştırmışlardır. Araştırmada, finansal gelişimin enerji inovasyonunu anlamlı ve pozitif yönde, çevresel kirlilik boyutu üzerinde ise anlamlı ve negatif etkisinin olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre araştırmada, finansal gelişimin enerji inovasyonunu ve çevresel kaliteyi geliştirdiği ve finansal gelişimin karbonun azalmasında anlamlı bir rolü olduğu değerlendirilmiştir. Yılmaz Yalçın ve Özcan (2021), Türkiye'nin 2017-2019 yıl aralığında Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) ve yenilenebilir enerji üretimine ilişkin veriler YEKDEM'in enerji inovasyon kapsamında yenilenebilir enerji üretimine olan etkisini çok değişkenli doğrusal regresyon analizi ile belirlemişlerdir. Araştırmada YEKDEM'in enerji inovasyonu açısından yenilenebilir enerji üretimin anlamlı ve pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir.

ÇKKV literatüründe, MABAC ve MARCOS yönteminden birlikte faydalandığına yönelik araştırmaların kısıtlı olduğu gözlenmiştir. Buna göre Biswas (2020), Hindistan'da bir sağlık kuruluşunun tedarik zinciri performanslarını PIPRECIA tabanlı MABAC, MARCOS ve COCOSO yöntemleri ile analiz etmiştir. Araştırma sonucuna göre, PIPRECIA tabanlı COCOSO yöntemi ile tespit edilen performans değerleri ile PIPRECIA tabanlı MABAC yöntemi ile hesaplanan performans değerleri arasında sıralamaların pozitif yönlü, anlamlı ve çok yüksek seviyede, PIPRECIA tabanlı MARCOS yöntemi ile hesaplanan performans değerleri arasında sıralama ilişkisinin pozitif yönlü, anlamlı ve orta seviyede olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Stević ve Brković (2020), bir taşımacılık şirketinin insan kaynakları performanslarını FUCOM tabanlı MARCOS yöntemi ile ölçmüşlerdir. Araştırmada ayrıca söz konusu ulaşım şirketlerinin insan kaynakları performanslarını FUCOM tabanlı SAW, ARAS, WASPAS, EDAS, COCOSO, MABAC ve TOPSIS yöntemleri ile belirlemişlerdir. Araştırma bulgularına göre, FUCOM tabanlı MARCOS yöntemi ile tespit edilen değerler ile FUCOM tabanlı diğer ÇKKV yöntemleri ile tespit edilen performans değerleri arasında anlamlı, pozitif yönde ve çok yüksek ilişkiler olduğu gözlenmiştir. Arsu ve Ayçin (2021), OECD ülkelerinin ekonomik, sosyal ve çevresel performanslarını CRITIC tabanlı MARCOS yöntemi ile ölçmüşlerdir. Bunun yanında araştırmada, söz konusu ülkelerin ekonomik, sosyal ve çevresel performansları MAIRCA, WASPAS, MABAC ve COCOSO yöntemleri ile hesaplanmış ve hesaplar sonucunda performans sıralama değerleri arasındaki ilişkiler tespit edilmiştir. Araştırma sonucuna göre, CRITIC tabanlı MARCOS yöntemine göre ekonomik, sosyal ve çevresel performansı en fazla olan ilk üç ülkenin İsviçre, Danimarka ve İrlanda, son üç ülkenin ise Avustralya, Kanada ve ABD olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmada ayrıca söz konusu ülkelerin ekonomik, sosyal ve çevresel performansları CRITIC tabanlı COCOSO, MABAC ve WASPAS ÇKKV yöntemleri ile ölçülmüş ve CRITIC tabanlı MARCOS ile CRITIC tabanlı diğer ÇKKV yöntemleri kapsamında ölçülen performans değerler sıralamaları arasındaki ilişki değerleri belirlenmiştir. Bulgulara göre, CRITIC tabanlı MARCOS yöntemi ile performans sıralamasının CRITIC tabanlı COCOSO yöntemi kapsamında tespit edilen performans sıralaması arasında anlamlı, pozitif yönde ve yükseğe yakın, CRITIC tabanlı

MABAC ve WASPAS yöntemleri ile kapsamında tespit edilen performans sıralamaları arasında anlamlı, pozitif yönde ve yüksek seviyede ilişkiler olduğu gözlenmiştir.

MABAC ve MARCOS yöntemlerinin farklı alanlarda kullanımına ilişkin olarak literatür Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. MABAC ve MARCOS Literatürü

Araştırmacı/Araştırmacılar	Yöntem/Yöntemler	Konu
Badi ve Pamučar (2020)	Gri MARCOS	Çelik firması için tedarikçi seçimi
Stević ve Brković (2020)	FUCOM tabanlı MARCOS	Taşımacılık şirketinde insan kaynaklarının değerlendirilmesi
Chattopadhyay vd., (2020)	D numara tabanlı MARCOS	Demir-çelik sektörü için tedarikçi seçimi
Bouraima vd., (2021)	ENTROPİ tabanlı MARCOS	Sahra Altı Afrika demiryollarının performanslarının analizi
Çınaroğlu (2021)	CRITIC tabanlı MARCOS	Yenilikçi ve girişimci üniversite analizi
Jokić (2021)	LWBA tabanlı bulanık MABAC	Harç ünitelerinin yangın konumu seçimi
Lukic (2021)	MABAC	Sırbistan'da sektör etkinliğinin değerlendirilmesi
Özdağoğlu vd., (2021)	Bulanık DEMATEL tabanlı MABAC	Havalimanlarının performanslarının analizi
Pamućar vd., (2021)	Bulanık FUCOM tabanlı bulanık MARCOS	ABD'de sürdürülebilir karayolu taşımacılığı için alternatif yakıtlı araçların performanslarının analizi
Puška vd., (2021)	Bulanık MARCOS	Sürdürülebilir tedarikçi seçimi
Sonar ve Kulkarni (2021)	Analitik Hiyerarşi Süreci tabanlı MABAC	Elektrikli araç seçimi
Torkayesh vd., (2021)	Coğrafi bilgi sitemine dayalı BWM tabanlı Gri MARCOS	Kentsel alanların sağlık atıkları için depolama yeri seçimi
Wu vd., (2021)	BWM ve CRITIC tabanlı MABAC	Fotovoltaik hidrojen üretim projesi için yer seçimi
Chattopadhyay vd., (2022)	MABAC ve DOE temelli META MODEL	Demir-çelik sektöründe tedarikçi seçimi
Demir (2022)	PSI-SD tabanlı MABAC	Anadolu Sigorta şirketinin 2013-2020 dönemi performans ölçümü
Ghosh (2022)	IRN ve SWARA tabanlı MABAC	Hindistan eyaletlerinin turizm web sitelerinin değerlendirilmesi
Keleş (2022)	CRITIC temelli MABAC	Türk Hava Yolları'nın yıllara göre performansının değerlendirilmesi
Salimian vd., (2022)	Bulanık RPR, MABAC ve WASPAS	Altyapı projelerinin değerlendirilmesi
Simic vd., (2022)	CRITIC ve MABAC tabanlı tip-2 nütrozofik model	Toplu taşıma fiyatlandırma sistemi seçimi

Varghese ve Karande (2022)	Analitik Hiyerarşi Süreci tabanlı MARCOS	Dişli ve kesme sıvılarının seçimi
Yorulmaz ve Can (2022)	Tercih seçimi endeksi ve ENTROPİ tabanlı MARCOS	Moodle öğrenim yönetim sistemi için öğrencilerin performans düzeylerinin kullanılabilirlik kriterleri açısından değerlendirilmesi

Literatür değerlendirildiğinde, karar alternatiflerinin performanslarının ölçülmesinde ve karar veya seçim problemlerinde MABAC ve MARCOS yönteminden sıklıkla yararlanıldığı tespit edilmiştir.

Duyarlılık analizi uygulamasında ENTROPİ, CRITIC, SD ve İVP bileşen ağırlık katsayısı hesaplama yöntemleri kullanıldığından dolayı söz konusu yöntemler ile ilgili araştırmaların literatürde yer alması gerektiği değerlendirilmiştir. Buna ilişkin olarak söz konusu yöntemler ile ilgili araştırmalar Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. ENTROPİ, CRITIC, SD ve İVP Literatürü

Araştırmacı/Araştırmacılar	Yöntem/Yöntemler	Konu
Tayalı ve Timor (2017)	İVP tabanlı AHP	İVP’nin AHP için uygulanabilirliği
Gülençer ve Türkoğlu (2020)	İVP tabanlı OCRA	Avrupa ülkelerinin finansal gelişmişliklerinin değerlendirilmesi
Işık ve Koşaroğlu (2020)	SD tabanlı MAUT	Borsa İstanbul’da işlem gören Türk petrol şirketlerinin finansal performanslarının analizi
Koşaroğlu (2020)	SD tabanlı EDAS	BİST’de işlem gören bankaların performanslarının analizi
Çetin ve Kuvat (2022)	ENTROPİ ve CRITIC temelli COPRAS	Türkiye’de ekonomik göstergeler açısından Düzey 2 bölgelerinin sıralanması
Çilek ve Karavardar (2022)	ENTROPİ tabanlı OCRA	Özel sermayeli ticaret bankalarının verimlilik analizi
Duran (2022)	CRITIC tabanlı Gri İlişkisel Analiz	Yeni sanayileşen ülkelerin inovasyon performanslarının analizi
Elmas Atay ve Kuzu Yıldırım (2022)	CRITIC tabanlı Gri İlişkisel Analiz	İş sağlığı ve güvenliği açısından sektörlerin risk düzeylerinin sıralanması

3. YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Veri Seti ve Analizi

Araştırmanın veri seti, en son ve güncel olan 2021 yılı için 22 Avrupa ülkesinin GEII bileşenlerine ait değerler oluşturmaktadır. Bu kapsamda araştırmada söz konusu ülkelerin enerji inovasyonu performansları MABAC ve MARCOS yöntemleri ile ölçülmüş olup, ölçüm işlemleri için Microsoft 2020 Excel programından yararlanılmıştır.

MABAC yöntemi, geleneksel olarak veya farklı modifikasyonlarla çok sayıda karar problemlerinde, karar alternatiflerinin seçiminde ve performanslarının ölçülmesinde kullanılmıştır. Söz konusu yöntemin ayrıca birçok duyarlılık analizine göre tutarlı sonuçlar

sağladığı için geçerli olduğu tespit edilmiştir (Bakır, 2019). MARCOS tekniği ise en güncel olan ÇKKV yöntemlerinden birisidir (Stević vd., 2020). Söz konusu teknik yeni olmasına rağmen pek çok ÇKKV problemlerinde uygulanmıştır. Dolayısıyla araştırma kapsamında ülkelerin enerji inovasyonu performanslarının ölçümünde MABAC ve MARCOS ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır. Araştırmada kolaylık sağlama açısından GEII bileşenlerinin kısaltmaları Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. GEII Bileşenlerinin Kısaltmaları

GEII Bileşenleri	Kısaltmalar
Bilgi Geliştirme Yayılımı	GEII1
Girişimci Deney ve Pazar Oluşumu	GEII2
Sosyal Meşruiyet ve Uluslararası İşbirliği	GEII3

3.2. MABAC

MABAC (Multi Attribute Border Approximation Area Comparasion) yöntemi Pamučar ve Ćirović (2015) tarafından geliştirilen bir ÇKKV yöntemidir. MABAC yönteminde karar alternatiflerinin performanslarının belirlenmesi veya seçim problemi kriter fonksiyonlarının sınır yakınlık alanına olan uzaklıklarına dayanmaktadır. Bunun yanında yöntemde nihai sonucun geniş içeriklerinin oluşturulabilmesi için kayıp ve potansiyel kazanç değerleri önem arz etmektedir. Başka bir ifade ile yöntemde kayıp değerler ve potansiyel getiriler ölçülerek performans değerleri sonuçlar mümkün oluncaya kadar esas değere getirilmektedir (Ecer, 2020: 282). Buna göre MABAC yönteminin uygulama adımları aşağıda açıklanmıştır (Pamućar ve Ćirović, 3019-3020; Ecer, 2020: 283-286).

1. Aşama: Karar Matrisinin Oluşturulması

$$X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

2. Aşama: Karar Matrisinin Standartlaştırılma İşlemi

Fayda temelli kriterlerin standartlaştırılma işlemi:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij} - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} \quad (8)$$

Maliyet temelli kriterlerin standartlaştırılma işlemi:

$$n_{ij} = \frac{x_i^+ - x_{ij}}{x_i^+ - x_i^-} \quad (9)$$

x_i^+ karar matrisindeki maksimum, x_i^- ise minimum değeri belirtmektedir.

Bu anlamda N standartlaştırılmış matris sağlanır.

$$N = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1n} \\ n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ n_{m1} & n_{m2} & \dots & n_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (10)$$

3. Aşama: Standartlaştırılmış Matrisin Ağırlıklandırılma İşlemi:

$$v_{ij} = w_i \cdot n_{ij} + w_{ij} \quad (11)$$

v_{ij} standartlaştırılmış değerleri ağırlıklandırılmasını, w_i i. kriterlerin ağırlığını açıklamaktadır. Böylelikle ağırlıklı matris (V) Eşitlik 12 ile sağlanır.

$$V = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (12)$$

4. Aşama: Sınır Yaklaşım Alanı Matrisinin Oluşturulması

Bu matrisin elemanları, ağırlıklı matrisin sütun elemanlarının geometrik ortalaması ile belirlenir.

$$g_i = \left(\prod_{j=1}^m v_{ij} \right)^{1/m} \quad (13)$$

Eşitlik 13'de gösterilen sınır yaklaşım alanı matrisi (G Matrisi) sağlanır. G matrisinin her bir elemanı, ilgili kriterlere göre bir sınır yaklaşım alanını gösterir.

$$G = \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ g_1 & g_2 & \dots & g_n \end{bmatrix} \quad (14)$$

5. Aşama: Karar Alternatiflerinin Sınır Yaklaşım Alanı Matrisine Uzaklıklarının Tespiti

Karar alternatiflerinin sınır yaklaşım alanı matrisi (Q matrisi), ağırlıklı matris değerlerinden, sınır yaklaşım alanı matris değerlerinin farkıyla ölçülür. Buna istinaden bu durum eşitlik 15'de açıklanmıştır.

$$Q = \begin{bmatrix} v_{11}-g_1 & v_{12}-g_2 & \dots & v_{1n}-g_n \\ v_{21}-g_1 & v_{22}-g_2 & \dots & v_{2n}-g_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1}-g_1 & v_{m2}-g_2 & \dots & v_{mn}-g_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{m1} & q_{m2} & \dots & q_{mn} \end{bmatrix} \quad (15)$$

A_i karar alternatifini açıklamak üzere, $A_i \in \{G VG^+VG^-\}$ koşulunda üst sınır yaklaşım alanı en iyi alternatif olan A^+ 'yi, alt sınır yaklaşım alanı ise en kötü alternatif olan A^- 'yi bünyesinde barındırmaktadır. Bu bağlamda eşitlik 16'dan faydalanılarak A_i alternatifi için ait olduğu alan belirlenir.

$$A_i \in \begin{cases} G^+ & \text{eğer } q_{ij} > 0 \text{ ise} \\ G & \text{eğer } q_{ij} = 0 \text{ ise} \\ G^- & \text{eğer } q_{ij} < 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (16)$$

A_i karar alternatifinin mevcut karar alternatifler arasında en iyi alternatif olması, bu alternatifin birçok kriterle göre üst yaklaşım alanında yer almasına bağlıdır. Böylelikle $q_{ij} > 0$ olması karar alternatifin en iyi olmasını, $q_{ij} < 0$ olması durumunda ise karar alternatifinin en kötü alternatif olmasını sağlamaktır.

6. Aşama: Karar Alternatiflerinin Performanslarının Ölçümü

Her bir karar alternatifi için sınır yaklaşım oranlarına olan uzaklıkların toplamları hesaplanır ve hesaplanan değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n q_{ij}, \quad j=1,2,\dots,n, \quad i=1,2,\dots,m \quad (17)$$

3.3. MARCOS

MARCOS (Measurement Alternatives and Ranking According to Compromise Solution) yöntemi Stević vd., (2020) tarafından geliştirilmiş bir tekniktir. MARCOS yönteminin temeli karar alternatifler ve referans değerleri, başka bir ifade ile ideal ve anti-ideal karar alternatifleri arasındaki ilişkiyi tanımlamaya dayanmaktadır. Tanımlanan ilişkilerin temelinde karar alternatiflerinin fayda fonksiyonu belirlenir ve idea ile ideal olmayan çözümlere göre uzlaşık sıralama yapılarak karar tercihleri ve fayda fonksiyonlar tanımlanır. Fayda fonksiyonları, ideal ve ideal olmayan bir çözüme göre bir karar alternatifinin konumunu temsil eder. Bu anlamda en iyi karar alternatifi ideale en yakın olan ve aynı zamanda referans noktasına en uzak olandır (Stević ve Brković, 2020: 3). Fayda yönlü ideal çözüm, en büyük değere sahip karar alternatifidir. Maliyet kriterleri için ideal çözüm ise en küçük değeri alan karar alternatifidir. Aynı zamanda anti-ideal çözüm açısından ise maliyet kriterleri için en büyük, fayda kriterleri için ise en küçük değeri alan en iyi karar alternatifidir (Ecer, 2020: 338). Buna ilişkin olarak MARCOS yönteminin uygulama adımları aşağıda gösterilmiştir (Ecer, 2020: 339-342; Chattopadhyay vd., 2020: 56-58; Stević ve Brković, 2020: 4-5).

1. Aşama: Karar Matrisinin Oluşturulması

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (18)$$

2. Aşama: Genişletilmiş Karar Matrisinin Sağlanması

Genişletilmiş karar matrisi, karar matrisine ideal çözüm (AI) ve anti-ideal çözümün (AAI) eklenmesiyle oluşturulur. Söz konusu bu durum eşitlik 19’da gösterilmiştir.

$$\begin{matrix} C_1, C_2, \dots, \\ C_n \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \\ AAI \\ AI \end{matrix} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \\ x_{aa1} & x_{aa2} \dots & x_{aan} \\ x_{ai1} & x_{ai2} & x_{ain} \end{bmatrix} \quad (19)$$

AI ve AAI değerlerinin ölçülmesi için fayda temelli kriterler için eşitlik 20, maliyet temelli kriterler için ise eşitlik 21’den yararlanılır.

$$\begin{cases} AI = \max_i x_{ij}, \text{ fayda temelli kriter ise } (j \in B) \\ AAI = \min_i x_{ij}, \text{ fayda temelli kriter ise } (j \in B) \end{cases} \quad (20)$$

$$\begin{cases} AI = \min_i x_{ij}, \text{ maliyet temelli kriter ise } (j \in C) \\ AAI = \max_i x_{ij}, \text{ maliyet temelli kriter ise } (j \in C) \end{cases} \quad (21)$$

3. Aşama: Genişletilmiş Karar Matrisinin Standartlaştırılması

Eşitlik 22 ile fayda yönlü, eşitlik 23 ile maliyet yönlü kriterler için eşitlik 24 ile genelleştirilmiş karar matrisinin standartlaştırılması sağlanır.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ai}}, j \in B \quad (22)$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ai}}{x_{ij}}, j \in C \quad (23)$$

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} \dots & n_{1n} \\ n_{21} & n_{22} \dots & n_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ n_{m1} & n_{m2} & n_{mn} \\ n_{aa1} & n_{aa2} \dots & n_{aan} \\ n_{ai1} & n_{ai2} & n_{ain} \end{bmatrix} \quad (24)$$

4. Aşama: Ağırlıklı Matrisin Sağlanması

$$v_{ij} = n_{ij} \cdot w_j \quad (25)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & v_{mn} \\ v_{aa1} & v_{aa2} \dots & v_{aan} \\ v_{ai1} & v_{ai2} & v_{ain} \end{bmatrix} \quad (26)$$

5. Aşama: Karar Alternatiflerinin Fayda Derecelerinin Ölçülmesi

Ağırlıklı matrisin elemanlarının toplamı:

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (27)$$

İdeal çözüme göre fayda derecesi:

$$K_1^+ = \frac{S_i}{S_{ai}} \quad (28)$$

Anti-ideal çözüme göre fayda derecesi:

$$K_1^- = \frac{S_i}{S_{aai}} \quad (29)$$

6. Aşama: Karar Alternatiflerinin Fayda Fonksiyonlarının Tespiti

İdeal çözüme göre fayda fonksiyonu

$$f(K_1^+) = \frac{K_i^-}{K_1^+ + K_i^-} \quad (30)$$

Anti-ideal çözüme göre fayda fonksiyonu

$$f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_1^+ + K_i^-} \quad (31)$$

7. Aşama: Alternatiflerin Fayda Fonksiyonların Belirlenmesi

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1-f(K_1^+)}{f(K_1^+)} + \frac{1-f(K_i^-)}{f(K_i^-)}} \quad (32)$$

3. BULGULAR

MABAC yönteminin birinci adımında eşitlik 7 ile karar matrisi oluşturulmuştur. Söz konusu karar matrisi Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Karar Matrisi

Ülkeler	GEII Skorları	GEII1	GEII2	GEII3
Kriter Yönü		Fayda	Fayda	Fayda
Almanya	13,19	12,84	11,4	11,5
Avusturya	11,63	10,47	10,52	11,99
Belçika	13,62	13,8	11,07	12,06

Çekya	11,02	10,13	10,46	10,47
Danimarka	14,56	14,67	11,31	13,49
Estonya	6,74	7,83	6,39	7,45
Finlandiya	15,59	13,71	14,68	11,73
Fransa	12,70	11,63	11,14	12,51
Hollanda	13,59	10,67	13,16	13,24
İngiltere	14,01	12,49	11,98	14,03
İrlanda	8,13	6,85	7,19	12,91
İspanya	8,42	6,89	8,03	12,09
İsveç	14,23	12,29	14,01	10,7
İsviçre	13,74	10,16	13,98	12,94
İtalya	9,51	9,65	7,96	11,13
Litvanya	7,83	6,54	8,7	8,94
Macaristan	8,90	6,83	8,63	12,7
Norveç	12,18	12,95	9,62	11,41
Polonya	7,32	6,39	8,48	7,79
Portekiz	10,44	9,37	9,47	11,9
Slovakya	9,41	7,11	9,63	11,95
Yunanistan	7,04	5,51	9,3	6,53
Maksimum	-----	14,67	14,68	14,03
Minimum	-----	5,51	6,39	6,53

Yöntemin ikinci adımında eşitlik 8 ile standartlaştırılır ve eşitlik 10 ile standart karar matrisi sağlanmıştır. Standartlaştırılmış karar matrisi Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Standartlaştırılmış Karar Matrisi

Ülkeler	GEI1	GEI2	GEI3
Almanya	0,80021834	0,60434258	0,66266667
Avusturya	0,54148472	0,49819059	0,728
Belçika	0,90502183	0,56453559	0,73733333
Çekya	0,50436681	0,49095296	0,52533333
Danimarka	1	0,59348613	0,928
Estonya	0,25327511	0	0,12266667
Finlandiya	0,89519651	1	0,69333333
Fransa	0,66812227	0,57297949	0,79733333
Hollanda	0,56331878	0,81664656	0,89466667
İngiltere	0,76200873	0,67430639	1
İrlanda	0,14628821	0,09650181	0,85066667
İspanya	0,15065502	0,19782871	0,74133333
İsveç	0,74017467	0,91917973	0,556
İsviçre	0,50764192	0,91556092	0,85466667
İtalya	0,45196507	0,1893848	0,61333333
Litvanya	0,11244541	0,27864897	0,32133333
Macaristan	0,1441048	0,27020507	0,82266667
Norveç	0,81222707	0,38962606	0,65066667
Polonya	0,09606987	0,25211098	0,168

Portekiz	0,42139738	0,37153197	0,716
Slovakya	0,17467249	0,39083233	0,72266667
Yunanistan	0	0,35102533	0

Üçüncü adımda standartlaştırılmış karar matrisi değerleri eşitlik 11 ile ağırlıklandırılarak eşitlik 12 ile karar matrisi oluşturulmuştur. Buna ilişkin olarak ağırlıklandırılmış standart karar matrisi değerleri Tablo 8’de açıklanmıştır.

Tablo 8. Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisi

Ülkeler	GEI1	GEI2	GEI3
w	0,4	0,4	0,2
Almanya	0,720087336	0,641737033	0,332533333
Avusturya	0,616593886	0,599276236	0,3456
Belçika	0,762008734	0,625814234	0,347466667
Çekya	0,601746725	0,596381182	0,305066667
Danimarka	0,8	0,637394451	0,3856
Estonya	0,501310044	0,4	0,224533333
Finlandiya	0,758078603	0,8	0,338666667
Fransa	0,667248908	0,629191797	0,359466667
Hollanda	0,625327511	0,726658625	0,378933333
İngiltere	0,704803493	0,669722557	0,4
İrlanda	0,458515284	0,438600724	0,370133333
İspanya	0,460262009	0,479131484	0,348266667
İsveç	0,696069869	0,767671894	0,3112
İsviçre	0,603056769	0,766224367	0,370933333
İtalya	0,580786026	0,47575392	0,322666667
Litvanya	0,444978166	0,51145959	0,264266667
Macaristan	0,457641921	0,508082027	0,364533333
Norveç	0,72489083	0,555850422	0,330133333
Polonya	0,438427948	0,500844391	0,2336
Portekiz	0,568558952	0,548612786	0,3432
Slovakya	0,469868996	0,556332931	0,344533333
Yunanistan	0,4	0,540410133	0,2

MABAC yönteminin dördüncü adımında eşitlik 13 ile sınır yaklaşım alan değerleri hesaplanmış ve eşitlik 14 yardımıyla sınır yaklaşımı alan matrisi sağlanmıştır. Bu bağlamda sınır yaklaşım alan matrisi Tablo 9’de gösterilmiştir.

Tablo 9. Sınır Yaklaşımı Alan Matrisi (G Matrisi)

Bileşenler	GEI1	GEI2	GEI3
g_i	0,58096905	0,58019869	0,32343447

5’inci adımda, eşitlik 15 ve eşitlik 16 ile karar alternatiflerinin (ülkelerin) sınır yaklaşım alanı matrisine olan uzaklıkları (Q Matrisi) ölçülmüştür. Yöntemin son adımında ise eşitlik 17 ile ülkelerin enerji inovasyonu performansları (S_i) hesaplanmıştır. Bu kapsamda ülkelerin sınır yaklaşım alanı matrisine olan uzaklıkları ile enerji inovasyonu performans değerleri Tablo 10’da sunulmuştur.

Tablo 10. Q Matrisi ve Ülkelerin Enerji İnovasyonu Performans Değerleri

Q Matrisi				Sı	Sıralama
Ülkeler	GEI1	GEI2	GEI3		
Almanya	0,139118287	0,061538346	0,009098866	0,2098	8
Avusturya	0,035624837	0,01907755	0,022165533	0,0769	11
Belçika	0,181039685	0,045615547	0,024032199	0,2507	6
Çekya	0,020777676	0,016182495	-0,018367801	0,0186	12
Danimarka	0,219030951	0,057195764	0,062165533	0,3384	2
Estonya	-0,079659005	-0,180198687	-0,098901134	-0,359	22
Finlandiya	0,177109554	0,219801313	0,015232199	0,4121	1
Fransa	0,086279859	0,048993111	0,036032199	0,1713	9
Hollanda	0,044358462	0,146459938	0,055498866	0,2463	7
İngiltere	0,123834444	0,089523871	0,076565533	0,2899	4
İrlanda	-0,122453765	-0,141597963	0,046698866	-0,217	18
İspanya	-0,12070704	-0,101067203	0,024832199	-0,197	17
İsveç	0,11510082	0,187473207	-0,012234467	0,2903	3
İsviçre	0,02208772	0,18602568	0,047498866	0,2556	5
İtalya	-0,000183023	-0,104444766	-0,000767801	-0,105	14
Litvanya	-0,135990883	-0,068739097	-0,059167801	-0,264	19
Macaristan	-0,123327128	-0,07211666	0,041098866	-0,154	16
Norveç	0,143921781	-0,024348265	0,006698866	0,1263	10
Polonya	-0,142541101	-0,079354296	-0,089834467	-0,312	20
Portekiz	-0,012410097	-0,0315859	0,019765533	-0,024	13
Slovakya	-0,111100053	-0,023865756	0,021098866	-0,114	15
Yunanistan	-0,180969049	-0,039788554	-0,123434467	-0,344	21
Ortalama				0,0271	

Tablo 10 incelendiğinde, enerji inovasyonu performans değeri en fazla olan ilk üç ülkenin Finlandiya, Danimarka ve İsveç, en az olan ilk üç ülkenin ise Polonya, Yunanistan ve Estonya olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Tablo 10 değerlendirildiğinde, ortalama enerji inovasyon performans değerinden fazla olan ülkelerin Finlandiya, Danimarka, İsveç, İngiltere, İsviçre, Belçika, Hollanda, Almanya, Fransa, Norveç ve Avusturya olduğu belirlenmiştir.

MARCOS yöntemi kapsamında ilk olarak eşitlik 18 ile karar matrisi sağlanmıştır. Söz konusu karar matrisi daha öncesinde Tablo 6'da gösterilmiştir. MARCOS yönteminin ikinci adımında eşitlik 19 ve eşitlik 20 ile genişletilmiş karar matrisi oluşturulmuştur. Bu anlamda oluşturulan genişletilmiş karar matrisi Tablo 11'de sunulmuştur.

Tablo 11. Genişletilmiş Karar Matrisi

Ülkeler	GEI1	GEI2	GEI3
Almanya	12,84	11,40	11,5
Avusturya	10,47	10,52	11,99
Belçika	13,80	11,07	12,06
Çekya	10,13	10,46	10,47
Danimarka	14,67	11,31	13,49
Estonya	7,83	6,39	7,45

Finlandiya	13,71	14,68	11,73
Fransa	11,63	11,14	12,51
Hollanda	10,67	13,16	13,24
İngiltere	12,49	11,98	14,03
İrlanda	6,85	7,19	12,91
İspanya	6,89	8,03	12,09
İsveç	12,29	14,01	10,7
İsviçre	10,16	13,98	12,94
İtalya	9,65	7,96	11,13
Litvanya	6,54	8,70	8,94
Macaristan	6,83	8,63	12,70
Norveç	12,95	9,62	11,41
Polonya	6,39	8,48	7,79
Portekiz	9,37	9,47	11,90
Slovakya	7,11	9,63	11,95
Yunanistan	5,51	9,3	6,53
İÇ	14,67	14,68	14,03
AİÇ	5,51	6,39	6,53

İÇ: İdeal çözüm. AİÇ: Anti-ideal çözüm

Yöntemin üçüncü adımında, genişletilmiş karar matrisi değerleri eşitlik 22 ve eşitlik 24 ile standartlaştırılmıştır. Standartlaştırılan genişletilmiş karar matrisi değerleri Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12. Standartlaştırılan Genişletilmiş Karar Matrisi Değerleri

Ülkeler	GEI1	GEI2	GEI3
Almanya	0,875256	0,776567	0,819672
Avusturya	0,713701	0,716621	0,854597
Belçika	0,940695	0,754087	0,859587
Çekya	0,690525	0,712534	0,746258
Danimarka	1	0,770436	0,961511
Estonya	0,533742	0,435286	0,531005
Finlandiya	0,93456	1	0,836066
Fransa	0,792774	0,758856	0,891661
Hollanda	0,727335	0,896458	0,943692
İngiltere	0,851397	0,816076	1
İrlanda	0,466939	0,489782	0,920171
İspanya	0,469666	0,547003	0,861725
İsveç	0,837764	0,95436	0,762651
İsviçre	0,69257	0,952316	0,922309
İtalya	0,657805	0,542234	0,7933
Litvanya	0,445808	0,592643	0,637206
Macaristan	0,465576	0,587875	0,905203
Norveç	0,882754	0,655313	0,813257
Polonya	0,435583	0,577657	0,555239

Portekiz	0,638718	0,645095	0,848182
Slovakya	0,484663	0,655995	0,851746
Yunanistan	0,375596	0,633515	0,465431
İÇ	1	1	1
AİÇ	0,375596	0,435286	0,465431

MARCOS yönteminin dördüncü adımında ağırlıklı karar matrisi eşitlik 25 ve eşitlik 26 ile sağlanmıştır. Bu bağlamda sağlanan ağırlıklı karar matrisi Tablo 13'de açıklanmıştır.

Tablo 13. Ağırlıklı Karar Matrisi

Ülkeler	GEI1	GEI2	GEI3
w	0,4	0,4	0,2
Almanya	0,350102	0,310627	0,163934
Avusturya	0,285481	0,286649	0,170919
Belçika	0,376278	0,301635	0,171917
Çekya	0,27621	0,285014	0,149252
Danimarka	0,4	0,308174	0,192302
Estonya	0,213497	0,174114	0,106201
Finlandiya	0,373824	0,4	0,167213
Fransa	0,31711	0,303542	0,178332
Hollanda	0,290934	0,358583	0,188738
İngiltere	0,340559	0,326431	0,2
İrlanda	0,186776	0,195913	0,184034
İspanya	0,187866	0,218801	0,172345
İsveç	0,335106	0,381744	0,15253
İsviçre	0,277028	0,380926	0,184462
İtalya	0,263122	0,216894	0,15866
Litvanya	0,178323	0,237057	0,127441
Macaristan	0,18623	0,23515	0,181041
Norveç	0,353102	0,262125	0,162651
Polonya	0,174233	0,231063	0,111048
Portekiz	0,255487	0,258038	0,169636
Slovakya	0,193865	0,262398	0,170349
Yunanistan	0,150239	0,253406	0,093086
İÇ	0,4	0,4	0,2
AİÇ	0,150239	0,174114	0,093086

Yöntemin 5. adımında karar alternatiflerinin fayda dereceleri hesaplanmıştır. Bunun için ilk olarak eşitlik 27 ile ağırlıklı matrisin elemanlarının toplamı ölçülmüştür (S_i). Sonrasında eşitlik 28 ile ideal çözümün fayda dereceleri (K_{+i}), eşitlik 29 sayesinde ise anti ideal çözüm fayda dereceleri (K_{-i}) tespit edilmiştir. Bu kapsamda karar alternatiflerinin fayda dereceleri Tablo 14'de belirtilmiştir.

Tablo 14. Karar Alternatiflerinin Fayda Dereceleri

Ülkeler	S_i	$K_{.i}$	K_i
Almanya	0,8246634	0,8246634	1,975529
Avusturya	0,7430485	0,7430485	1,7800159
Belçika	0,8498303	0,8498303	2,0358179
Çekya	0,7104752	0,7104752	1,7019845
Danimarka	0,9004766	0,9004766	2,157144
Estonya	0,4938124	0,4938124	1,1829562
Finlandiya	0,9410372	0,9410372	2,2543094
Fransa	0,7989841	0,7989841	1,9140129
Hollanda	0,8382554	0,8382554	2,0080895
İngiltere	0,8669895	0,8669895	2,0769236
İrlanda	0,5667228	0,5667228	1,3576173
İspanya	0,5790125	0,5790125	1,387058
İsveç	0,8693798	0,8693798	2,0826498
İsviçre	0,8424162	0,8424162	2,018057
İtalya	0,6386758	0,6386758	1,5299849
Litvanya	0,5428215	0,5428215	1,3003605
Macaristan	0,6024209	0,6024209	1,4431342
Norveç	0,7778784	0,7778784	1,8634528
Polonya	0,5163436	0,5163436	1,236931
Portekiz	0,683162	0,683162	1,6365543
Slovakya	0,6266121	0,6266121	1,5010857
Yunanistan	0,4967308	0,4967308	1,1899475
İÇ	1	1	2,3955581
AİÇ	0,4174393	0,4174393	1

MARCOS yönteminin 6. adımında ideal çözüme göre karar alternatiflerinin fayda fonksiyon değerleri eşitlik 30 $f(K_i^+)$, anti ideal çözüme göre karar alternatiflerinin fayda fonksiyon değerleri ise eşitlik 31 $f(K_i^-)$ ile ölçülmüştür. Son adımda ise eşitlik 32 ile ülkelerin enerji inovasyon performans değerleri (karar alternatiflerinin fayda fonksiyon değerlerinin tespiti= $f(K)$) hesaplanmış ve söz konusu performans değerlerinin sıralamaları sağlanmıştır. Buna istinaden hesaplanan değerler ve değerlerinin sıralamaları Tablo 15’de gösterilmiştir.

Tablo 15. $f(K_i^+)$, $f(K_i^-)$ ve $f(K)$ Değerleri

Ülkeler	$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$	$f(K)$	Sıralama
Almanya	0,705498	0,294502	0,734381	8
Avusturya	0,705498	0,294502	0,661701	11
Belçika	0,705498	0,294502	0,756793	5
Çekya	0,705498	0,294502	0,632694	12
Danimarka	0,705498	0,294502	0,801894	2
Estonya	0,705498	0,294502	0,439751	22
Finlandiya	0,705498	0,294502	0,838014	1
Fransa	0,705498	0,294502	0,711513	9
Hollanda	0,705498	0,294502	0,746485	7

İngiltere	0,705498	0,294502	0,772073	4
İrlanda	0,705498	0,294502	0,504679	18
İspanya	0,705498	0,294502	0,515623	17
İsveç	0,705498	0,294502	0,774202	3
İsviçre	0,705498	0,294502	0,750190	6
İtalya	0,705498	0,294502	0,568755	14
Litvanya	0,705498	0,294502	0,483395	19
Macaristan	0,705498	0,294502	0,536469	16
Norveç	0,705498	0,294502	0,692718	10
Polonya	0,705498	0,294502	0,459815	20
Portekiz	0,705498	0,294502	0,608371	13
Slovakya	0,705498	0,294502	0,558012	15
Yunanistan	0,705498	0,294502	0,442350	21
Ortalama			0,635904	-----

Tablo 15 incelendiğinde, ülkelerin enerji inovasyon performans değeri en fazla olan ilk üç ülkenin Finlandiya, Danimarka ve İsveç son üç ülkenin ise Polonya, Yunanistan ve Estonya olduğu gözlenmiştir. Bunun yanında Tablo 15 değerlendirildiğinde, ortalama enerji inovasyon performans değerlerinden fazla olan ülkelerin Finlandiya, Danimarka, İsveç, İngiltere, Belçika, İsviçre, Hollanda, Almanya, Fransa, Norveç ve Avusturya olduğu tespit edilmiştir.

ÇKKV literatüründe duyarlılık analizi, bileşen ağırlıklarının veya önemlilik derecelerinin farklı değerler ile senaryolar oluşturulması ve oluşan sıralamalar arasındaki farklılıklara göre sağlanabilmektedir (Gigovic, 2016: 24). Buna göre araştırmada, yöntem açısından MABAC ve MARCOS yöntemlerinin duyarlılık analizi sağlanmıştır. Duyarlılık analizi kapsamında ENTROPİ, CRITIC, SD ve İVP yöntemleri tercih edilmiştir. Çünkü bu yöntemler, literatüre göre araştırmacılar tarafından en çok yararlanılan objektif ağırlıklandırma tekniklerindedir. Bunun için belirtilen yöntemlerine göre GEII bileşenlerinin önemlilik dereceleri (ağırlık değerleri) tespit edilmiştir. Tespit edilen ilgili değerler Tablo 16'da gösterilmiştir.

Tablo 16. GEII Bileşenlerinin Yöntemlere Göre Ağırlık Katsayı Değerleri

Bileşenler	ENTROPİ	CRITIC	SD	İVP	GEII
GEII1	0,32250	0,32838	0,41491	0,46967	0,4
GEII2	0,33416	0,30385	0,32341	0,29834	0,4
GEII3	0,34332	0,36775	0,26168	0,23198	0,2

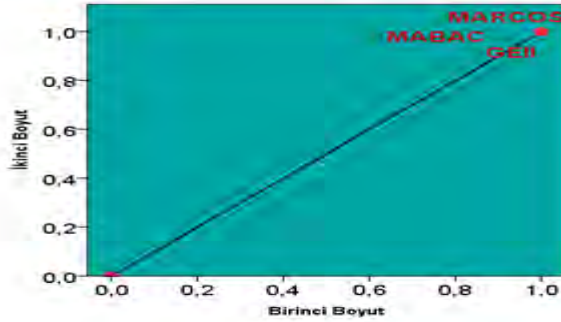
Sonrasında tespit edilen ağırlık değerleri üzerinden ülkelerin performansları MABAC ve MARCOS yöntemleri ile ölçülmüş ve ölçülen değerler sıralanarak karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda hesaplanan değerler Tablo 17'de açıklanmıştır.

Tablo 17. Ağırlık Yöntemleri Tabanlı MABAC ve MARCOS Kapsamında Ülkelerin Enerji İnovasyon Performans Değerleri ve Değerleri Sıralaması

İlgili Katsayılar-MABAC		ENTROPİ-MABAC		CRITIC-MABAC		SD-MABAC		İVP-MABAC	
Değer	Sıra	Değer	Sıra	Değer	Sıra	Değer	Sıra	Değer	Sıra
0,20976	8	0,1792	8	0,17769	8	0,20596	8	0,2198	7
0,07687	11	0,08271	11	0,0845	11	0,08138	11	0,08177	11
0,25069	6	0,22533	7	0,22747	6	0,25611	4	0,27447	4

0,01859	12	-0,0013	12	-0,00442	13	0,0106	12	0,01516	12
0,33839	2	0,3311	2	0,33757	2	0,35478	2	0,37195	2
-0,3588	22	-0,3845	21	-0,38414	21	-0,3577	21	-0,3427	21
0,41214	1	0,35257	1	0,34038	1	0,38135	1	0,38957	1
0,17131	9	0,17235	9	0,17431	9	0,17625	9	0,17964	9
0,24632	7	0,25339	5	0,24972	4	0,23704	6	0,2257	6
0,28992	4	0,30607	3	0,31046	3	0,30101	3	0,30099	3
-0,2174	18	-0,1369	17	-0,12223	17	-0,1804	18	-0,1952	18
-0,1969	17	-0,1391	18	-0,13021	18	-0,1744	17	-0,1883	17
0,29034	3	0,22842	6	0,21441	7	0,25496	5	0,26079	5
0,25561	5	0,25475	4	0,24679	5	0,23546	7	0,21978	8
-0,1054	14	-0,0887	15	-0,0809	16	-0,0856	14	-0,079	14
-0,2639	19	-0,2686	19	-0,27266	19	-0,2741	19	-0,2796	19
-0,1543	16	-0,0891	16	-0,08046	15	-0,1325	16	-0,1509	16
0,12627	10	0,1072	10	0,11198	10	0,13837	10	0,1586	10
-0,3117	20	-0,3354	20	-0,34249	20	-0,3296	20	-0,3308	20
-0,0242	13	-0,0025	13	0,00216	12	-0,0125	13	-0,0152	13
-0,1139	15	-0,0733	14	-0,07054	14	-0,1069	15	-0,1238	15
-0,3442	21	-0,391	22	-0,40576	22	-0,3814	22	-0,3853	22
Katsayılar- MARCOS		ENTROPİ- MARCOS		CRITIC- MARCOS		SD- MARCOS		İVP- MARCOS	
Değer	Sıra	Değer	Sıra	Değer	Sıra	Değer	Sıra	Değer	Sıra
0,73438	8	0,73013	8	0,73145	8	0,73774	8	0,74279	6
0,6617	11	0,67679	11	0,67964	11	0,66895	11	0,6664	11
0,75679	5	0,75434	7	0,75747	6	0,76473	4	0,77248	4
0,63269	12	0,63596	12	0,63646	12	0,63398	12	0,63319	12
0,80189	2	0,80719	2	0,81239	2	0,81508	2	0,82275	2
0,43975	22	0,44339	21	0,4459	21	0,44612	21	0,44923	21
0,83801	1	0,81831	1	0,81428	1	0,82778	1	0,83047	1
0,71151	9	0,72321	9	0,72614	9	0,71895	9	0,71842	9
0,74648	7	0,76112	5	0,76113	4	0,74651	6	0,73839	7
0,77207	4	0,78993	3	0,79396	3	0,78231	3	0,78062	3
0,50468	18	0,55894	17	0,56804	17	0,52779	18	0,51626	18
0,51562	17	0,55888	18	0,5652	18	0,53165	17	0,52053	17
0,7742	3	0,75474	6	0,74985	7	0,76179	5	0,7626	5
0,75019	6	0,76122	4	0,75908	5	0,74477	7	0,73427	8
0,56875	14	0,59045	15	0,59639	14	0,58383	14	0,58391	14
0,48339	19	0,49721	19	0,49733	19	0,48368	19	0,47623	19
0,53647	16	0,58306	16	0,5892	16	0,55204	16	0,53869	16
0,69272	10	0,69439	10	0,69887	10	0,70411	10	0,71234	10
0,45982	20	0,46489	20	0,46358	20	0,4565	20	0,45101	20
0,60837	13	0,63219	13	0,63644	13	0,61917	13	0,61464	13
0,55801	15	0,59243	14	0,59568	15	0,56624	15	0,55375	15
0,44235	21	0,43693	22	0,43187	22	0,42951	22	0,42216	22

Tablo 17 değerlendirildiğinde, literatürde belirtilen ülkelerin GEII bileşen katsayı ile hesaplanan ülkelerin enerji inovasyonu performans değerleri sıralamasının, farklı ağırlık (ENTROPİ, CRITIC, SD, İVP) tabanlı MABAC ve MARCOS yöntemleri ile hesaplanan ülkelerin enerji inovasyonu performans değerleri sıralamaları arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu sonuçlara göre, MABAC ve MARCOS yöntemlerinin ülkelerin enerji inovasyonu performanslarının hesaplanmasında duyarlı olduğu gözlenmiştir.



Şekil 1. Yöntemler Arasındaki Ayırım Uzaklık Grafiği

Yöntem kapsamında ayrıca ülkelerin GEII, MABAC ve MARCOS teknikleri kapsamında tespit edilen performans değerleri arasındaki benzerlikler için ayırım uzaklıkları Şekil 1’de değerlendirilmiştir. Şekil 1’e göre, yöntemler kapsamında tespit edilen değerlerin ayırım uzaklıkları tek bir noktada toplandığı için söz konusu yöntemler kapsamında tespit edilen değerlerin birbirlerine benzediği ve ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca GEII, MABAC ve MARCOS tekniklerine ait değerler normal dağılım göstermiştir. Buna ilişkin olarak yöntemler arasındaki Pearson ilişki değerleri Tablo 18’de açıklanmıştır.

Tablo 18. Yöntemler Arasındaki Pearson İlişki Değerleri

Performans Değerleri Açısından			
Yöntemler	GII	MABAC	MARCOS
GII	1		
MABAC	0,999**	1	
MARCOS	0,998**	0,998**	1
Performans Sıralamaları Açısından			
Yöntemler	GII	MABAC	MARCOS
GII	1		
MABAC	0,999**	1	
MARCOS	0,998**	0,998**	1

$p^{**}<0,01$

Tablo 18’e göre, tüm yöntemler kapsamında tespit edilen ülkelerin enerji inovasyon performans değerleri ve değerler arasındaki sıralama arasındaki ilişki değerlerinin anlamlı ($p^{**}<0,01$), pozitif yönde ve çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tüm bu sonuçlar incelendiğinde; yöntemler için duyarlılık analizi, ayırım uzaklığı ve Pearson ilişki katsayıları sonuçlarına göre ülkelerin GEII bileşen performansları kapsamında ülkelerin enerji inovasyonu performanslarının MABAC ve MARCOS yöntemleri ile analiz edilebileceği değerlendirilmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Sanayileşme ile beraber özellikle fosil yakıt tüketimi karbon salınımının artmasına ve buna bağlı olarak küresel ısınmayı ve çevre kalitesinin bozulmasına neden olmuştur. Özellikle fosil yakıtların sınırlı olması ve çevre farkındalığı bilincinin toplumda yer edinmesi dünya ülkelerinin yenilenebilir ve temiz enerjiye yönelmelerini sağlamıştır. Bunun yanında, yenilenebilir ve temiz enerjinin daha az maliyetli ve yaygın olarak kullanımının sağlanmasına yönelik araştırmalar ve geliştirmeler devam etmektedir. Dolayısıyla ülkeler enerjinin sürdürülebilirliği kapsamında gelecek kuşaklara enerji alanında bir sistem bırakmak, çevrenin daha temiz olmasını sağlamak ve dünyanın daha iyi yaşanılabilir bir alan olması için ülkelerin enerji inovasyon performanslarını geliştirmesi gerekmekte olup, buna göre ülkelerin enerji inovasyon performanslarının analizi büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda araştırmada, GEII raporuna göre küresel anlamda enerji inovasyonun gelişmesine en fazla katkı sağlayanlardan olan Avrupa ülkelerinin enerji inovasyon performansları MABAC ve MARCOS ÇKKV yöntemleri ile ölçülmüştür.

Bulgular incelendiğinde, MABAC ve MARCOS yöntemlerine göre enerji inovasyonu performans değeri en fazla olan ilk üç ülkenin Finlandiya, Danimarka ve İsveç, en az olan ilk üç ülkenin ise Polonya, Yunanistan ve Estonya olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında yine her iki yöntemle göre ortalama enerji inovasyon performans değerinden fazla olan ülkelerin Finlandiya, Danimarka, İsveç, İngiltere, İsviçre, Belçika, Hollanda, Almanya, Fransa, Norveç ve Avusturya olduğu gözlenmiştir. Yöntem açısından ise MABAC ve MARCOS yöntemlerinin duyarlılık analizi yapılmıştır. Buna göre ülkelerin enerji inovasyon performans değerleri ENTROPİ, CRITIC, SD ve İVP tabanlı MABAC ve MARCOS yöntemleri ile ölçülmüştür. Mevcut araştırmadaki ülkelerin enerji inovasyon performans sıralaması ile ENTROPİ, CRITIC, SD ve İVP tabanlı MABAC ve MARCOS yöntemleri ile tespit edilen ülkelerin enerji inovasyon performans sıralamalarının birbirleriyle farklı olduğu gözlenmiştir. Bu sonuca göre, MABAC ve MARCOS yönteminin ülkelerin enerji inovasyon performanslarının ölçümünde duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Devamında GEII, MABAC ve MARCOS yöntemleri ile elde edilen ülkelerin enerji inovasyon performans değerlerinin uzayda birbirlerine olan ayırım uzaklıkları incelenmiş ve yöntemlerin tek bir noktada toplanmış olarak gözlendiği için yöntemler arasında anlamlı ilişkilerin olduğu değerlendirilmiştir. Bu kapsamda GEII, MABAC ve MARCOS yöntemleri ile elde edilen ülkelerin enerji inovasyon performans değerleri ile değerlerin sıralama arasındaki ilişkileri Pearson korelasyon katsayısı ile ölçülmüştür. Bulgulara göre, GEII, MABAC ve MARCOS yöntemleri ile tespit edilen performans değerleri ve değerleri sıralamaları arasında anlamlı, pozitif yönlü ve çok yüksek seviyede ilişki olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla MABAC ve MARCOS yöntemlerinin duyarlılık analizi, GEII, MABAC ve MARCOS yöntemlerinin ayırım uzaklıkları ve ilişki değerleri sonuçlarına göre MABAC ve MARCOS yöntemlerinin GEII verileri ile ülkelerin enerji inovasyon performanslarının ölçülebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Literatür incelendiğinde, ülkelerin enerji inovasyon performanslarının herhangi bir ÇKKV yöntemi ile ölçülmesine yönelik bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Dolayısıyla bu araştırma hem konu hem kullanılan yöntem açısından literatürü zenginleştirdiği ve katkı sağladığı değerlendirilmiştir. Literatürde Smith ve Hart (2021), GEII raporu kapsamında 34 ülkenin enerji inovasyon performanslarını sıralamıştır. Araştırmada 22 Avrupa ülkesinin enerji inovasyon performans sıralamaları ile (GEII) mevcut araştırmadaki söz konusu ülkelerin enerji inovasyon performans sıralamalarının MABAC yöntemiyle tamamen, MARCOS yöntemi ile 20 ülke için uyumluluk göstermiştir.

Yöntem açısından ise MABAC ve MARCOS yöntemlerinin birlikte kullanılmasına yönelik olarak karar alternatiflerinin performanslarının sıralamaları arasında Stevic ve Brkovic (2020) anlamlı ($p < 0,05$), pozitif yönlü ve çok yüksek, Biswas (2020) anlamlı ($p < 0,05$), pozitif yönlü ve orta, Arsu

ve Ayçin (2021) ise anlamlı ($p<0,05$), pozitif yönlü ve yüksek seviyede ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, MABAC ve MARCOS yöntemleri ile belirlenen ülkelerin enerji inovasyon performans değerlerinin sıralamaları arasında anlamlı ($p<0,05$), pozitif yönlü ve çok yüksek ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla MABAC ve MARCOS yöntemleri ile belirlenen karar alternatiflerinin performans sıralamasına yönelik olarak çalışmadaki bulgular Biswas (2020) ile Arsu ve Ayçin (2021) çalışmalarına kıyasla Stevic ve Brkovic (2020) çalışmasındaki bulgularla daha tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

Öneriler kapsamında ilk olarak MABAC ve MARCOS yöntemlerine göre ortalama enerji inovasyon performans değerinin altında yer alan ülkelerin karbon salınımının ve küresel ısınmanın azalmasına, çevrenin iyileşmesine ve küresel ekonomiye olan katkılarını artırması için enerji inovasyon performanslarını artırmaları gerektiği değerlendirilmiştir. Sonraki çalışmalarda sadece Avrupa ülkelerin değil, birbirleriyle daha fazla ilişki içinde bulunan diğer kıtalardaki ve bölgesel ekonomik işbirliği içinde olan ülkelerin enerji inovasyon performansları ölçülebilir. Yöntem açısından ise farklı ÇKKV yöntemleri (TOPSIS, WASPAS, EDAS, ARAS, ROV, MAIRCA, MOORA, TODIM, MAUT, COPRAS, CODAS, ELECTRE, VIKOR vb.) ile ülkelerin enerji inovasyon performansları sıralanabilir ve yöntemlere göre sıralama tutarlılıkları ve tutarsızlıkları tartışılabilir. Ayrıca ülkelerin enerji inovasyon performanslarının daha kapsamlı ve gerçekçi olarak ölçülmesine ilişkin olarak GEII bileşen sayısı artırılabilir veya her ülkeye özgü GEII bileşenleri oluşturulabilir.

KAYNAKÇA

- Alvarez-Herranza, A., Balsalobre-Lorente, D., & Shahbaz, M. (2017). Energy Innovation and Renewable Energy Consumption in the Correction of Air Pollution Levels. *Energy Policy*, 105, 386–397.
- Anser, M. K., Iqbal, W., Ahmad, U. S., Fatima, A., & Chaudhry, I. S. (2020). Environmental Efficiency and The Role of Energy Innovation in Emissions Reduction. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 29451–29463.
- Arso, T., & Ayçin, E. (2021). Evaluation of OECD Countries with Multi-Criteria Decision-Making Methods in Terms of Economic, Social and Environmental Aspects. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 4 (2), 55-78.
- Aydın, M., & Değirmenci, T. (2021). Ekonomik Büyüme, İnovasyon, Verimlilik ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Çevre Kirliliği Üzerine Etkisi: Türkiye için Çevresel Kuznets Hipotezinin Analizi. *Düzce İktisat Dergisi*, 2 (2), 138-151.
- Badi, I., & Pamucar, D. (2020). Supplier Selection for Steelmaking Company by Using Combined Grey-MARCOS Methods. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 3 (2), 37-47.
- Bakır, M. (2019). SWARA ve MABAC Yöntemleri İle Havayolu İşletmelerinde eWOM'a Dayalı Memnuniyet Düzeyinin Analizi. *İzmir İktisat Dergisi*, 34 (1), 51-66.
- Baloch, M. A., Öztürk, İ., & Beku, F. V. (2021). Modeling The Dynamic Linkage between Financial Development, Energy Inovation, and Environmental Quality: Does Globalization Matter? *Business Strategy and the Environment*, 30 (1), 176-184.
- Balsalobre-Lorente, D., Driha, O. M., Leitao, N. C., & Murshed, M. (2021). The Carbon Dioxide Neutralizing Effect of Energy Innovation on International Tourism in EU-5 Countries under The Prism of The EKC Hypothesis. *Journal of Environmental Management*, 298, 1-9.

- Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., Jabbour, C. J., & Driha, O. M. (2019). The Role of Energy Innovation and Corruption in Carbon Emissions: Evidence Based on the EKC Hypothesis. M. Shahbaz, & D. Balsalobre-Lorente (Ed.). *Energy and Environmental Strategies in the Era of Globalization* içinde (ss. 271–304). Berlin-Heilderberg: Springer Verlag.
- Bayramoğlu, T. (2018). Enerji ve İnovasyon. E. E. Başar, & A. Durmaz (Ed.). *İnovasyon: Ekonomik ve Sosyal Eğilimler* içinde (ss. 27-60). Ankara: İmaj Yayınevi.
- Biswas, S. (2020). Measuring Performance of Healthcare Supply Chains in India: A Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 3 (2), 162-189.
- Bointner, R. (2014). Innovation in The Energysector:Lessons Learnt from R&D Expenditures and Patents in Selected IEA Countries. *Energy Policy*, 73, 733–747.
- Bouraima, M. B., Stević, Ž., Tanackov, I., & Qiu, Y. (2021). Assessing The Performance of Sub-Saharan African (SSA) Railways Based on An Integrated ENTROPY-MARCOS Approach. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 4(2), 13-35.
- Chakraborty, S. K., & Mazzanti, M. (2020). Energy Intensity and Green Energy Innovation: Checking Heterogeneous Country Effects in the OECD. *Structural Change and Economic Dynamics*, 52, 328–343.
- Chattopadhyay, R., Chakraborty, S., & Chakraborty, S. (2020). An Integrated D-MARCOS Method for Supplier Selection in An Iron and Steel Industry. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 3 (2), 49-69.
- Chattopadhyay, R., Das, P. P., & Chakraborty, S. (2022). Development of A Rough Metamodel for Supplier Selection in An Iron and Steel Industry. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1-21. DOI: <https://doi.org/10.31181/oresta190222046c>
- Çetin, B., & 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.
- Çınaroğlu, E. (2021). CRITIC Temelli MARCOS Yöntemi ile Yenilikçi ve Girişimci Üniversite Analizi. *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 10 (1), 111-133.
- Çilek, A., & Karavardar, A. (2022). Bütünleşik ENTROPİ ve OCRA teknikleri ile Özel Sermayeli Ticaret Bankalarının Verimlilik Analizi. *Mali Çözüm*, 32 (170), 83-109.
- Çoban, M. N., Kangal, N., Yeter, F., & Eroğlu, İ. (2021). İnovasyonun Yenilenebilir Enerji Üretimine Etkisi: IEA Üyesi Ülkeler Üzerine Panel Veri Analizi. *Aydin Faculty of Economics Journal* (2), 21-31.
- Demir, G. (2022). Hayat Dışı Sigorta Sektöründe Kurumsal Performansın PSI-SD tabanlı MABAC Metodu ile Ölçülmesi: Anadolu Sigorta örneği. *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, 7 (1), 112-136.
- Dinda, S. (2011). Carbon Emission and Production Technology: Evidence from the US. *SRRN*. DOI: <https://ssrn.com/abstract=1876550>
- Doğan, E., & Özarslan Doğan, B. (2021). Finansal Gelişme ve İnovasyon, Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Üretimini Artırıyor mu? *Turkish Studies-Economy*, 16 (2), 783-797.
- Duran, Z. (2022). Yeni Sanayileşen Ülkelerde İnovasyon Performansının CRITIC Tabanlı GİA Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 5 (1), 150-162.

- Ecer, F. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Ediger, V. Ş. (2009). Türkiye'nin Sürdürülebilir Enerji Gelişimi. *TÜBA Günce* (39), 18-25.
- Elmas Atay, S., & Kuzu Yıldırım, S. (2022). İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Sektörlerin Risk Düzeylerinin CRITIC Tabanlı Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Sıralanması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* (47), 181-193.
- Ertürk, M. (2014). İnovasyon Geliştirme Stratejileri. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13 (25), 25-34.
- Ganda, F. (2019). The Impact of Innovation and Technology Investments on Carbon Emissions in Selected Organisation for Economic Co-operation and Development Countries. *Journal of Cleaner Production*, 217, 469-483.
- Gao, X., & Raia, V. (2019). Local Demand-pull Policy and Energy Innovation: Evidence from The Solar Photovoltaic Market in China. *Energy Policy*, 128, 364-376.
- Ghosh, S., Chakraborty, S., & Chakraborty, S. (2022). An integrated IRN-SWARA-MABAC-based Approach for Evaluation of Tourism Websites of The Indian States . *OPSEARCH*, 1-44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12597-022-00583-3>
- Giunchiglia, F. (2013). *Innovazione Sociale La Fuora Frontiora*. Department Information Engineering and Computer Science, DISI - Via Sommarive 5 - 38123 Povo. Trento: University of Trento.
- Gülençer, İ., & Türkoğlu, S. P. (2020). Gelişmekte Olan Asya ve Avrupa Ülkelerinin Finansal Gelişmişlik Performansının İstatistiksel Varyans Prosedürü Temelli OCRA Yöntemiyle Analizi. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55 (2), 1330-1344.
- A. Grubler, F. Aguayo, K. Gallagher, M. Hekkert, K. Jiang, L. Mytelka, et al. (2012). Policies for the Energy Technology Innovation System (ETIS). Global Energy Assessment Writing Team (Ed.). *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future* içinde (ss. 1665-1743). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hu, R., Skea, J., & Hannon, M. (2018). Measuring The Energy Innovation Process: An Indicator Framework and Acase study of wind energy in China. *Technological Forecasting & Social Change*, 127, 227-244.
- Işık, Ö., & Koşaroğlu, Ş. M. (2020). Pay Senetleri Borsa İstanbul'da İşlem Gören Türk Petrol Şirketlerinin Finansal Performanslarının SD ve MAUT Yöntemleri Kullanılarak Analizi. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55 (3), 1395-1411.
- İşeri, E., & Özen, C. (2012). Türkiye'de sürdürülebilir enerji politikaları kapsamında nükleer enerjinin konumu. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilimler Fakültesi Dergisi* (47), 161-180.
- Jaeger, L. (2021). Das Comeback der nachhaltigen Energie. L. Jaeger (Ed.). *Wege aus der Klimakatastrophe* içinde (ss. 31-45). Berlin-Heidelberg: Springer.
- Jokić, Ž., Božanić, D., & Pamučar, D. (2021). Selection of Fire Position of Mortar Units Using LBWA and Fuzzy MABAC Model. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 4 (1), 115-135.
- Keleş, M. K. (2022). CRITIC Temelli MABAC Yöntemi İle Türk Hava Yollarının Yıllara Göre Performansının Değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 6 (1), 53-67.

- Kılıç, F. (2018). *Açık İnovasyon Kavramı ve Etkileri Üzerine Bir Uygulama*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Kılınç, E. C., & Şahbaz Kılınç, N. (2021). Ar-Ge ve İnovasyonun Yenilenebilir Enerji Üretimi Üzerindeki Etkisi: Panel Veri Analizi. *Alanya Akademik Bakış Dergisi*, 5 (2), 1087-1105.
- Koşaroğlu, Ş. M. (2020). BİST'TE İşlem Gören Bankaların Performanslarının SD ve EDAS Yöntemleriyle Değerlendirilmesi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5 (3), 406-417.
- Lorente, D. B., & Alvarez-Herranz, A. (2016). An Approach to the Effect of Energy Innovation on Environmental Kuznets Curve: An Introduction to Inflection Point. *Bulletin of Energy Economics*, 225-233.
- Lukic, R. (2021). Application of MABAC Method in Evaluation of Sector Efficiency in Serbia. *Review of International Comparative Management*, 22 (3), 400-418.
- Lüdeke-Freund, F., & Opel, O. (2014). Energie. H. Heinrichs, & G. Michelsen (Ed.). *Nachhaltigkeitswissenschaften* içinde (ss. 429-453). Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.
- Miremadia, I., Saboohia, Y., & Jacobsson, S. (2018). Assessing the Performance of Energy Innovation Systems: Towards An Established Set of Indicators. *Energy Research & Social Science*, 40, 159-176.
- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K., & Işıldak, B. (2021). Havalimanlarının Bulanık DEMATEL ve MABAC Yöntemleri ile Sıralanması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14 (1), 46-67.
- Pamućar, D., & Ćirović, G. (2015). The Selection of Transport and Handling Resources in Logistics Centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison. *Expert Systems with Applications*, 42, 3016-3028.
- Pamucar, D., Ecer, F., & Deveci, M. (2021). Assessment of Alternative Fuel Vehicles for Sustainable Road Transportation of United States Using Integrated Fuzzy FUCOM And Neutrosophic Fuzzy MARCOS Methodology. *Science of the Total Environment* 788, 1-21.
- Puška, A., Stević, Ž., & Stojanović, I. (2021). Selection of Sustainable Suppliers Using the Fuzzy MARCOS Method. *Current Chinese Science*, 1 (1), 1-12.
- Salimian, S., Mousavi, S. M., & Antuchevičienė, J. (2022). Evaluation of Infrastructure Projects by A Decision Model based on RPR, MABAC, and WASPAS Methods with Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets. *International Journal of Strategic Property Management*, 26(2), 106-118.
- Schweizer-Ries, P. (2008). Energy Sustainable Communities: Environmental Psychological Investigations. *Energy Policy*, 36, 4126-4135.
- Simic, V., Gokasar, I., Deveci, M., & Karakurt, A. (2022). An Integrated CRITIC and MABAC Based Type-2 Neutrosophic Model for Public Transportation Pricing System Selection. *Socio-Economic Planning Sciences*, 80, 1-22.
- Smith, C., & Hart, D. (2021). *The 2021 Global Energy Innovation Index: National Contributions to the Global Clean Energy Innovation System*. Washington: Information Technology & Innovation Foundation.
- Sonar, H. C., & Kulkarni, S. D. (2021). An Integrated AHP-MABAC Approach for Electric Vehicle Selection. *Research in Transportation Business & Management*, 41, 1-8.

- Stević, Ž., & Brkovic, N. (2020). A Novel Integrated FUCOM-MARCOS Model for Evaluation of Human Resources in a Transport Company. *logistics*, 4 (4), 1-14.
- Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., & Chatterjee, P. (2020). Sustainable Supplier Selection in Healthcare Industries Using A New MCDM Method: Measurement of Alternatives and Ranking According to Compromise Solution (MARCOS). *Computers & Industrial Engineering*, 140, 1-20.
- Stieglitz, R., & Heinzl, V. (2012). Energiebedarf. R. Stieglitz, & V. Heinzl (Ed.). *Thermische Solarenergie* içinde (ss. 1-21). Berlin-Heidelberg: Springer.
- Tayalı, H. A., & Timor, M. (2017). Ranking with Statistical Variance Procedure Based Analytic Hierarchy Process. *Acta Infologica*, 1 (1), 31-38.
- Torkayesh, A. E., Zolfani, S. H., & Kahvand, M. (2021). Landfill Location Selection for Healthcare Waste of Urban Areas Using Hybrid BWM-grey MARCOS Model Based on GIS. *Sustainable Cities and Society*, 67, 1-16.
- Varghese, B., & Karande, P. (2022). AHP-MARCOS, A Hybrid Model for Selecting Gears and Cutting Fluids. *Materials Today: Proceedings*, 52, 1397-1405.
- Walsh, P. P., Murphy, E., & Horand, D. (2020). The Role of Science, Technology and Innovation in the UN 2030 Agenda. *Technological Forecasting & Social Change*, 154, 1-7.
- Wu, Y., Deng, Z., Tao, Y., Wang, L., & Liu, F. (2021). Site Selection Decision Framework for Photovoltaic Hydrogen Production Project Using BWM-CRITIC-MABAC: A Case Study in Zhangjiakou. *Journal of Cleaner Production* (324), 1-19.
- Yılmaz Yalçın, A., & Özcan, O. (tarih yok). Yenilenebilir Enerji Üretimi ve Destekleri Üzerine Bir Tahmin Model Önerisi. *Journal of Life Economics*, 8(2), 263-272.
- Yorulmaz, M., & Can, G. F. (2022). PSI-Entropi-Marcos Entegrasyonu ile Moodle Öğrenim Yönetim Sistemi İçin Öğrencilerin Performans Düzeylerinin Kullanılabilirlik Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1-16. DOI: 10.5505/pajes.2022.96166.
- Zahoransky, R. (2019). Überblick, Energiequellen und Energiebedarf. R. Zahoransky (Ed.). *Energietechnik* içinde (ss. 23-40). Wiesbaden: Springer.