



Avrupa Birliği Ülkelerinin İklim Değişikliğine Uyum Performanslarının Bütünleşik MEREC-MOORA Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi

Hasan Emin GÜRLER*

ÖZ

1980'li yılların sonlarından itibaren en önemli küresel sorunlardan birisi iklim değişikliği olmuştur. İklim değişikliğinin neden olduğu zorlukların üstesinden gelebilmek için iklim değişikliğine uyum stratejilerinin su-enerji-gıda-çevre bağlantısına entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle Paris Anlaşması'ndan (2015) sonra iklim riskleri konusunda küresel farkındalık artmış ve giderek artan sayıda ülke karbon veya iklim nötr olma hedefleri yayınlamıştır. Bu bağlamda bu çalışmada, entegre MEREC-MOORA modeliyle Avrupa Birliği ülkelerini iklim değişikliğine uyum performanslarına göre değerlendirmek amaçlanmıştır. Avrupa Çevre Ajansı tarafından yayımlanan beş kriter, MEREC yöntemiyle ağırlıklandırılmış ve AB ülkeleri MOORA tekniği ile performanslarına göre sıralanmıştır. MEREC tekniği sonuçlarına göre en önemli kriter "kuraklığın ekosistemler üzerindeki etkisi"dir. MOORA yöntemi sonuçlarına göre, iklim değişikliğine uyum performansı en yüksek olan ülke Güney Kıbrıs'tır. Ayrıca çalışmada önerilen MEREC-MOORA entegre modelin sonuçlarının tutarlılığı iki aşamalı duyarlılık analiziyle test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Merc, Moora, AB Ülkeleri, Duyarlılık Analizi

JEL Sınıflandırması: C30, C60

Assessment of Climate Change Adaptation Performance of European Union Countries with Integrated Merc-Moora Approach

ABSTRACT

Since the late 1980s, climate change has been one of the most important global challenges. To overcome the challenges caused by climate change, it is crucial to integrate climate change adaptation strategies into the water-energy-food-environment nexus. Especially after the Paris Agreement (2015), global awareness of climate risks has increased, and an increasing number of countries have published carbon or climate neutrality targets. In this context, this study aims to evaluate the European Union countries by their climate change adaptation performance with the integrated MEREC-MOORA model. Five criteria published by the European Environment Agency are weighted by the MEREC method, and EU countries are ranked based on their performance using the MOORA technique. According to the MEREC results, the most important criterion is "drought impact on ecosystems". According to the MOORA results, Cyprus is the country with the highest climate change adaptation performance. Also, the consistency of the results of the MEREC-MOORA integrated model proposed in the study was tested with a two-stage sensitivity analysis.

Keywords: Climate Change, Merc, Moora, EU Countries, Sensitivity Analysis

JEL Classification: C30, C60

Geliş Tarihi / Received: 18.03.2024 Kabul Tarihi / Accepted: 30.04.2024

Bu eser Creative Commons Atıf-Gayriticari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.



* Arş. Gör. Dr., Kilis 7 Aralık Üniversitesi, İİBF, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, hasan.gurler@kilis.edu.tr, ORCID:0000-0002-5813-1631

1. GİRİŞ

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, 1980'li yılların sonlarından bu yana en önemli küresel sorunlardan ikisi haline gelmiştir (Ivanaj, 2024). Günümüzde iklim değişikliği gıda, barınma, su ve çevre sağlığı gibi temel insan ihtiyaçlarını etkilemiştir. Ayrıca iklim değişikliği, küresel yüzey sıcaklıklarını 19. yüzyılın sonlarından ve son on yıldan bu yana yaklaşık 0,865 °C artırmıştır ve sıcaklıkların 21. yüzyıl boyunca artmaya devam edeceği tahmin edilmektedir (İkhlâs ve Ramadan, 2024). Bununla birlikte, küresel sıcaklık artışının 2021-2040 döneminde 1,5 °C'ye ulaşması öngörülmektedir (Li vd., 2024). Bu sıcaklık değişimi aynı zamanda yağış düzenini değiştirebilir ve deniz seviyesini yükseltebilir (İkhlâs ve Ramadan, 2024). Ayrıca, iklim değişikliğine bağlı olumsuz etkiler su mevcudiyeti, enerji üretimi, çevre ve gıda üretimi için önemli riskler oluşturmaktadır (Mperejekumana vd., 2024). Dolayısıyla, küresel ısınmayı 1,5 °C'ye yakın bir seviyede sınırlandırmak için acil önlemler alınması, iklim değişikliğinin insanlar ve ekosistemlerde yol açacağı öngörülen kayıpları büyük ölçüde azaltacaktır (Li vd., 2024). Ancak, küresel ısınmayı 1,5 °C ile sınırlandırmak için sera gazı emisyonlarının 2030 yılına kadar mevcut politikalar altında beklenenlere kıyasla %45 oranında azaltılması ve bundan sonra da hızla düşmeye devam etmesi gerekmektedir (Gillingham vd., 2024).

İklim değişikliğiyle mücadele uzun zamandır kamu politikası gündeminin en üst sıralarında yer almaktadır. Birleşmiş Milletler Paris Anlaşması (2015), "iklim değişikliği ve etkileriyle mücadele etmek için acilen harekete geçmenin elzem olduğu, azaltım, uyum ve uygulama ve destek araçlarını göz önünde bulundurmak için belirli eylemler önerdiği" konusunda mutabakat sağlamıştır (Ivanaj, 2024). Paris Anlaşması'ndan sonra ve iklim riskleri konusunda küresel farkındalığın arttığı bir ortamda, giderek artan sayıda ülke karbon veya iklim nötr olma hedefleri yayınlamıştır. Özellikle İskandinav ülkeleri, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve karbon nötrlüğüne ulaşmak gibi iddialı hedefler belirlemiştir (Rahko ve Alola, 2024). Bireylerin iklim değişikliği ile mücadele sürecine dahil olması; belirlenen bu hedeflere ulaşılması, emisyonların etkin bir şekilde azaltılması, düşük karbonlu enerji teknolojilerinin benimsenmesinin teşvik edilmesi ve uyum tedbirlerinin uygulanması açısından önemlidir. Ayrıca bireyler, diğer eylemlerinin yanı sıra toplu taşıma kullanımı gibi kişisel davranış değişiklikleri yoluyla iklim değişikliğinin azaltılması üzerinde doğrudan bir etki yaratma kapasitesine sahiptir (Zafar ve Ammara, 2024). Bununla birlikte, ülkelerin belirledikleri hedeflere ulaşabilmesi ve sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanması, yeni iklim değişikliği azaltım teknolojilerinin geliştirilmesine ve bu teknolojilerin küresel olarak etkin bir şekilde transferine bağlıdır (Rahko ve Alola, 2024).

İklim değişikliğinin neden olduğu zorlukların üstesinden gelebilmek için iklim değişikliğine uyum stratejilerinin su-enerji-gıda-çevre bağlantısına entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır (Mperejekumana vd., 2024). 1990'ların başından bu yana iklim değişikliğine uyum, kalkınma pratiğinde baskın bir tema olarak ortaya çıkmıştır. Hükümetler, yardım kuruluşları ve sivil toplum kuruluşları (STK'lar) önemli sayıda kaynağı harekete geçirmiş ve iklim değişikliğine uyum konusuna odaklanan çeşitli programlar başlatmıştır (See vd., 2024). İklim değişikliğine uyum, "zararı hafifletmek veya faydalı fırsatlardan yararlanmak için gerçek veya beklenen iklim ve etkilerine uyum sağlama sürecidir" (O'Brien vd., 2024). Ayrıca iklim değişikliğine uyum, "iklim değişikliğinin insan altyapısı ve doğal çevrenin hassas yönleri üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmeyi amaçlayan insan faaliyetleri" olarak tanımlanmaktadır (Gillingham vd., 2024). Özünde iklim değişikliğine uyum, değişimi yönetme çabasıdır ve bu nedenle önceden belirlenmiş bir son noktaya doğru hareket etmekten ziyade devam eden evrimsel bir süreç olarak kabul edilebilir (O'Brien vd., 2024). Bu bağlamda, iklim değişikliğine uyumu hangi faktörlerin etkilediğini anlamak için araştırmacıların, kuruluşların ve politika yapıcılarının iklim değişkenliğinin özellikleri ile insanların geçmişte ve günümüzde başarıyla kullandıkları iklim değişikliği uyum çabaları arasındaki etkileşimi incelemeleri önemlidir (Pisor vd., 2023).

Önceki araştırmalarda, iklim değişikliğinin farklı yönlerine odaklanan çalışmalar bulunmakla birlikte Avrupa Birliği (AB) ülkelerinin iklim değişikliğine uyum performanslarını değerlendiren araştırma sayısı kısıtlıdır. Bu doğrultuda, bu çalışmada çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerinden MEREC (Method based on the Removal Effects of Criteria) -MOORA (Multi-Objective Optimization Ratio Analysis) entegre modeliyle AB ülkelerinin iklim değişikliğine uyum performanslarını değerlendirmek amaçlanmıştır. Bununla birlikte, ülkelerin iklim değişikliğine uyum performanslarını etkin bir biçimde değerlendiren entegre bir yaklaşım önermek hedeflenmiştir. Üye ülkelerin iklim değişikliğine uyum performansları beş kriter ile incelenmiş ve kriter ağırlıkları MEREC yöntemiyle belirlenmiştir. MOORA tekniği yardımıyla da ülkeler performanslarına göre sıralanmıştır. Ayrıca, çalışmada sıralama sonuçlarının güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla iki aşamalı duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, kriter ağırlıkları CRITIC ve Entropy yöntemlerine göre tekrar hesaplanmış ve ülkeler MOORA yöntemiyle yeniden sıralanmıştır. İkinci aşamada ise MEREC yöntemi kriter ağırlıkları temel alınarak ülkeler combined compromise solution (CoCoSo), grey relational analysis (GRA), evaluation based on distance from average solution (EDAS) ve technique for order priority of similarity by information system (TOPSIS) yöntemlerine göre sıralanmıştır.

Çalışma literatüre önemli katkılarda bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, iklim değişikliği, kolektif eylem gerektiren küresel bir sorun olduğundan bölgesel bir bloğun parçası olan AB ülkelerinin uyum çabalarının analiz edilmesi, her ülkenin ortak sorumluluğa adil ve etkili bir şekilde katkıda bulunmasını sağlamasıdır. İkinci olarak, AB üye ülkeleri farklı coğrafi, iklimsel ve sosyo-ekonomik koşullara sahiptir. Uyum performansının analiz edilmesi, her ülkenin karşılaştığı benzersiz zorlukların belirlenmesine ve stratejilerin bu kırılganlıkları ele alacak şekilde uyarlanmasına yardımcı olur. Üçüncü olarak, ülkelerin iklim değişikliğine nasıl uyum sağladıklarını anlamak, politika yapıcıların ulusal stratejilerini AB genelindeki iklim hedefleri ve politikalarıyla uyumlu hale getirmelerine yardımcı olur. Dördüncü olarak, AB ülkelerinin iklim değişikliğine uyum performansının değerlendirilmesi kamu bilincinin artırılmasına katkıda bulunabilir. Vatandaşların riskler, alınan tedbirler ve kolektif eylemin önemi hakkında bilgilendirilmesini sağlayarak iklim politikalarına yönelik kamuoyu desteği teşvik edilebilir. Son olarak, duyarlılık analizi ile sonuçlarının tutarlılığı kanıtlanan MEREC-MOORA entegre yaklaşımı, periyodik olarak ülkelerin iklim değişikliğine uyum performansını değerlendirmede önemli bir araç olarak önerilebilir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı iklim değişikliği konulu araştırmaları içeren literatür taraması sunulmuştur. Üçüncü bölümde, MEREC ve MOORA yöntemleri ve bu yöntemlerin değerlendirme aşamaları anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, öncelikle kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş ve daha sonra AB ülkeleri uyum performanslarına göre sıralanmıştır. Bu bölümde ayrıca, iki aşamalı duyarlılık analizinin sonuçlarına da yer verilmiştir. Beşinci bölümde, araştırma sonuçları literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları ile tartışılarak verilmiştir. Son bölümde ise çalışma sonuçları özetlenmiş ve sonraki araştırmalara yönelik olarak öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

İklim değişikliği sıcaklık, yağış gibi iklimsel parametrelerin uzun vadeli değişim eğilimi (artış ya da azalış) ile ilgilidir. İklim değişikliği sıcaklığı artırmakta (küresel ısınmaya neden olmakta), yağış düzenini etkilemekte ve su kaynaklarının gelişimini olumsuz etkileyen aşırı kuraklık ve sel olaylarını artırmaktadır. Bu nedenle iklim değişikliği, havzanın akış veriminde değişiklikler olarak algılanmakta ve akıştaki azalma eğilimi nedeniyle su kıtlığı sorununa neden olmaktadır (Arshed vd., 2023). İklim değişikliğinin azaltılmasında önemli bir rol üstlenen AB, 2050 yılına kadar iklim nötr bir toplum olma hedefini belirlemiştir. Bu hedefe ulaşmak için Avrupa

Komisyonu, 2030 yılına kadar %55 net sera gazı emisyon azaltımı ara hedefini de içeren, 2050 yılına kadar iklim nötrlüğüne ulaşmaya yönelik bir dizi yasa teklifini uygulamaya koymuştur. Çaba paylaşımı yönetmeliği, Avrupa Yeşil Anlaşması kapsamında ulaşım ve arazi kullanımı mevzuatı bunlara örnek olarak verilebilir (Siksnelyte-Butkiene vd., 2022). İklim değişikliği politikaları için genel olarak paydaş katılımı ve etkileşimi oldukça önemlidir. Ayrıca, uzmanlar ve halk arasındaki bilgi ve iletişimin eksiksiz olması da önemli olabilir (Baláz vd., 2021). Bununla birlikte, iklim değişikliği politika hedeflerinin önceliklendirilmesi, sistematik ve başarılı bir şekilde uygulanması açısından büyük önem taşımaktadır (Ahmed vd., 2020).

Literatürde, ÇKKV teknikleri kullanılarak iklim değişikliği ile ilgili yürütülen birçok araştırma bulunmaktadır. Örneğin; Arshed vd. (2023) Soan Nehir Havzası'nda iklim değişikliği etkileriyle mücadele için uygulanabilir stratejiler sağlayabilecek uygun alternatifleri AHP tekniği ile belirlemiştir. Ghouschi vd. (2023) SWARA-MARCOS entegre modelini kullanarak iklim değişikliği ile mücadelede sürdürülebilir yolcu taşımacılığı sistemlerini değerlendirmişlerdir. Brodny ve Tutak (2023) Avrupa Birliği üye ülkelerinin enerji ve iklim sürdürülebilirliğini CODAS, EDAS, TOPSIS, VIKOR ve WASPAS yöntemleriyle değerlendirmişlerdir. Fedajev vd. (2020) AB ülkeleri arasında enerji-iklim hedefleri de dahil olmak üzere Avrupa 2020 Stratejisi hedeflerinin uygulanma derecesini MULTIMOORA tekniği ve Shannon entropy yöntemiyle ölçmüşlerdir. Nagababu vd. (2023) Açık deniz rüzgâr enerjisinin iklim değişikliğiyle bağlantılı karbon nötrlüğüne etkisini CBS-CRITIC entegre yaklaşımıyla incelemiştir. Siksnelyte-Butkiene vd. (2022) AB ülkelerinin Avrupa 2020 Stratejisi iklim değişikliği ve enerji hedeflerine ulaşmadaki başarılarını KerCA tekniği ile değerlendirmişlerdir. Ali ve Khan (2022) Bulanık VIKOR tekniğini kullanarak iklim değişikliğinin Pakistan tarım sektörü üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Ayrıca, Altıntaş (2021) G20 ülkelerinin iklim değişikliği koruma performanslarını ROV ve MAUT tekniklerini kullanarak değerlendirmiştir.

Hottenroth vd. (2022) iklim değişikliği perspektifinden enerji sistemi dönüşüm yollarının sürdürülebilirliğini WSM, PROMETHEE II ve TOPSIS yöntemleriyle değerlendirmişlerdir. Zolghadr-Asli vd. (2021) iklim değişikliği perspektifinden su sistemi tasarımı ve planlama performansını Entropy-TOPSIS entegre modeliyle değerlendirmişlerdir. Baláz vd. (2021) iklim değişikliğine uyum açısından Slovak Cumhuriyeti'nde üst düzey iklim değişikliği politikalarını Delphi-AHP entegre yaklaşımıyla incelemiştir. Zamani vd. (2020) bulanık PROMETHEE II ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak iklim değişikliğinin tarımsal su tahsisine etkilerine yönelik uyum senaryolarını değerlendirmişlerdir. de Azevedo Reis vd. (2020) iSECA yöntemini kullanarak São Paulo ve Ceará şehirlerindeki örnek uygulamalar ile kuraklık hassasiyet indeksi geliştirmeyi hedeflemiştir. Ahmed vd. (2020) bulanık AHP-VIKOR birleştirilmiş modeliyle Pakistan'da sürdürülebilir kalkınma için iklim değişikliği politika hedeflerini değerlendirmiş ve önceliklendirmişlerdir. Balsara vd. (2019) AHP-DEMATEL entegre yaklaşımıyla Hindistan çimento üretim endüstrisinin iklim değişikliğini azaltma stratejilerini değerlendirmişlerdir. Golfam vd. (2019a) AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak iklim değişikliğine uyum için su tahsisini önceliklendirmişlerdir. Golfam vd. (2019b) tarımsal su temininin iklim değişikliğine adaptasyonunu VIKOR ve FOWA yöntemleriyle değerlendirmişlerdir. Florindo vd. (2018) Brezilya'da sığır eti üretim zincirinde Karbon Ayak İzi azaltma eylemlerini bulanık TOPSIS yöntemiyle değerlendirmişlerdir.

Lee vd. (2017) Delphi ve Entropy yaklaşımlarını birlikte kullanarak sosyal çevre ve iklim değişikliği perspektifinden kentsel sel hassasiyetini değerlendirmişlerdir. Song ve Chung (2016) sel zararına ilişkin bir vaka çalışması üzerinden kantitatif iklim değişikliği hassasiyetini TOPSIS yöntemiyle analiz etmişlerdir. Kim ve Chung (2015) iklim değişikliğine uyum stratejilerini entegre Entropy-VIKOR modeliyle önceliklendirmişlerdir. Chung ve Kim (2014) bulanık TOPSIS yöntemiyle iklim değişikliği senaryolarını dikkate alarak artırılmış atık su kullanım yerlerini değerlendirmişlerdir. Kim ve Chung (2013b) Güney Kore'de su arzının iklim değişikliği ve değişkenliğine karşı kırılganlığını bulanık VIKOR yaklaşımıyla değerlendirmişlerdir. Kim ve

Chung (2013a) grup çok kriterli karar verme yaklaşımları ile iklim değişikliğinden etkilenebilirliği analiz etmişlerdir. Qin vd. (2008) Georgia Havzası üzerinden gerçekleştirdikleri vaka çalışması ile iklim değişikliği etki değerlendirmesi ve uyum planlaması için ÇKKV tabanlı politika analizi (MAEAC) önermişlerdir. ÇKKV tekniklerinden TOPSIS, ELECTRE ve SAW yöntemlerini kullanmışlardır. Bell vd. (2003) iklim değişikliğinin entegre değerlendirmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerini önermişlerdir. Bell vd. (2001) ELECTRE tekniği ve bulanık setler yardımıyla iklim politikasını değerlendirmişlerdir.

Mevcut çalışmada kullanılan MEREC ve MOORA teknikleri, önceki araştırmalarda çeşitli ÇKKV problemlerini çözmek için sıklıkla kullanılmıştır. Örneğin; Ömürbek ve Eren (2016) bir gıda firmasının oran analizi sonuçlarını MOORA, COPRAS ve PROMETHEE yöntemlerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Danh vd. (2022) makas mekanizmalarına ilişkin en iyi şemayı seçmek için MOORA ve MEREC yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Özçalıcı (2022) MEREC ve MOORA teknikleri başta olmak üzere birçok ÇKKV tekniğini birlikte kullanarak varlık tahsisi problemlerine çözüm getirmeyi amaçlamıştır. Toslak vd. (2022) WEBDA ve MEREC teknikleri ile lojistik firmasının yıllar içindeki performansını değerlendirmişlerdir. Keleş (2023a) Türkiye'deki 81 ilin sağlık performansını MEREC ve MOORA yöntemleri başta olmak üzere birden fazla ÇKKV yöntemini kullanarak ölçmüştür. Ayrıca, Keleş (2023b) forklift seçim sorununa çözüm bulmak amacıyla kriter ağırlıklarını MEREC tekniği ile belirlemiş ve alternatifleri aralarında MOORA yönteminin de bulunduğu 21 yönteme göre değerlendirmiştir. Altıntaş (2023a) G7 ülkelerinin bütçe şeffaflığı performanslarını entegre MEREC-PIV yaklaşımıyla incelemiştir. Orhan vd. (2023) yatırım önceliği belirleme sorunu odağında MOORA ve TOPSIS teknikleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Shanmugasundar vd. (2022) optimal püskürtmeli boyama robotunu seçmek için kriterleri MEREC tekniği ile ağırlıklandırmış ve alternatifleri değerlendirmek için CODAS, COPRAS, CoCoSo, MABAC ve VIKOR tekniklerini kullanmıştır.

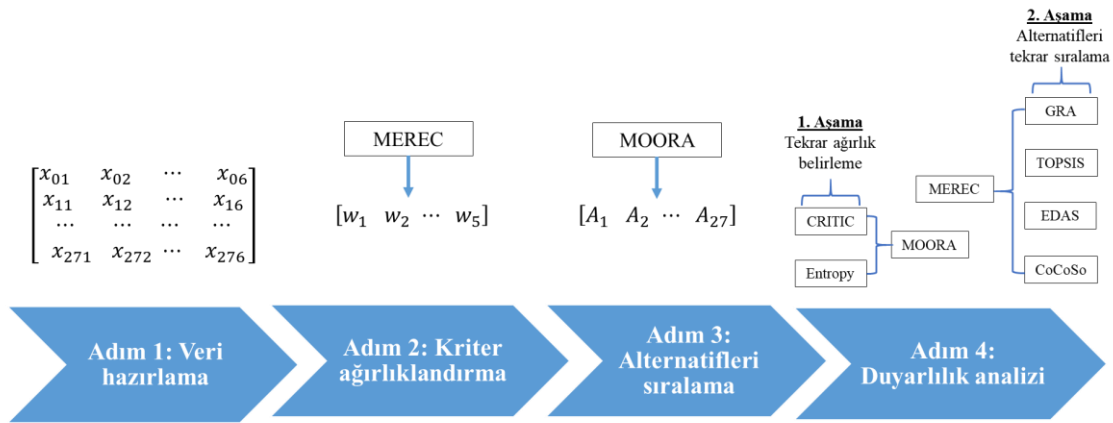
Aktepe ve Ersöz (2014) MOORA, AHP ve VIKOR tekniklerini birlikte kullanarak depo yeri seçim problemlerine ilişkin bir model önermişlerdir. Şimşek vd. (2015) MOORA ve TOPSIS tekniklerini birlikte kullanarak turizm endüstrisinde faaliyet gösteren bir firma için en uygun tedarikçiyi seçmeyi amaçlamışlardır. Altıntaş (2023b) G7 ülkelerinin kırılma noktası performanslarını bütünsel MEREC-RAFSI yaklaşımıyla incelemiştir. Chatterjee ve Chakraborty (2023) bütünsel MEREC-MCRAT yöntemini kullanarak 3D baskı makinesi seçimine ilişkin model önermişlerdir. Ersoy (2022) AB ve OECD ülkelerinin inovasyon performanslarını bütünsel MEREC-MARCOS yaklaşımıyla değerlendirmiştir. Benzer şekilde, Ecer ve Ayçin (2023) G7 ülkelerinin inovasyon performansını değerlendirdikleri çalışmada kriter ağırlıklarını MEREC tekniği ile belirlemiş ve ülkeleri MABAC, MAIRCA, CODAS, WASPAS, MARCOS ve CoCoSo yöntemlerine göre sıralamışlardır. Altıntaş (2019) kolluk birimlerinin olayları açığa kavuşturma performanslarını MOORA tekniği yardımıyla değerlendirmiştir. Satıcı (2022) bütünsel MEREC-WASPAS yaklaşımıyla üniversitelerin girişimcilik ve yenilikçilik performanslarını değerlendirmiştir. Oğuz ve Satır (2024) BIST'te yer alan perakende firmalarının karlılık performanslarını bütünsel MEREC-COBRA yaklaşımıyla değerlendirmişlerdir. Mastilo vd. (2024) Bosna Hersek bankacılık sektörünü finansal göstergeler odağında bütünsel MEREC-MARCOS yöntemiyle analiz etmişlerdir. Altıntaş (2024) AB ülkelerinin sürdürülebilir kalkınma performanslarını bütünsel MEREC-WEBDA yaklaşımıyla değerlendirmiştir.

Literatürde iklim değişikliğine ilişkin araştırmaların oldukça fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bireyler, ülkeler ve dünyanın geneli için oldukça önemli olan iklim değişikliğinin sosyal, ekonomik ve teknik açılarından uluslar üzerinde etkisi bulunmaktadır. Bu yönüyle iklim değişikliği, araştırmacıların ilgi gösterdiği ve sıklıkla araştırılan konulardan birisi haline gelmiştir (Altıntaş, 2021). Önceki çalışmalar, iklim değişikliğinin çeşitli yönlerine odaklanmış olmasına rağmen, AB ülkelerinin iklim değişikliğine uyum performanslarını ÇKKV yöntemleriyle değerlendiren araştırmaya rastlanılmamıştır. Bununla birlikte, literatürde MEREC ve MOORA tekniklerini entegre eden ve karar problemlerine uygulayan çalışma sayısı azdır. Bu bağlamda, ülkelerin iklim

değişikliğine uyum performanslarını etkili bir şekilde değerlendirmeyi hedefleyen bütünsel bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğu anlaşılmıştır.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada, entegre MEREC-MOORA yaklaşımıyla AB ülkelerini iklim değişikliğine uyum ve iklim değişikliğini hafifletme performansları açısından değerlendirmek amaçlanmıştır. Kriter ağırlıkları MEREC tekniği ile belirlenmiş ve ülkeler performanslarına göre MOORA yöntemiyle sıralanmıştır. AB ülkelerinin tercih edilmesinin temel nedeni, AB'nin Paris Anlaşması gibi uluslararası anlaşmalar kapsamında sera gazı emisyonlarını azaltmayı ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamayı taahhüt etmiş olmasıdır. Bu nedenle, uyum çabalarının ülkeler temelinde değerlendirilmesi, bu taahhütlere yönelik ilerlemenin değerlendirilmesine olanak tanır. Son olarak, bu çalışmada MOORA tekniği sonuçlarının güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla iki aşamalı duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu analizin birinci aşamasında, kriter ağırlıkları CRITIC ve Entropy yöntemlerine göre tekrar hesaplanmış ve ülkeler MOORA tekniğiyle yeniden sıralanmıştır. İkinci aşamada ise MEREC yöntemi kriter ağırlıkları temel alınarak ülkeler CoCoSo, GRA, EDAS ve TOPSIS yöntemlerine göre yeniden sıralanmıştır. Çalışmada önerilen değerlendirme modelinin akış diyagramı Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1: Önerilen Modelin Akış Diyagramı

Sonraki bölümlerde, sırasıyla MEREC ve MOORA yöntemleri anlatılmış ve bu yöntemlerin adımlarına değinilmiştir.

3.1. MEREC Yöntemi

Keshavarz-Ghorabae vd. (2021) tarafından geliştirilen MEREC yöntemi, her bir kriterin alternatifler üzerindeki etkisini aşamalı olarak değerlendirme sürecinden çıkararak sistematik olarak inceleyen yeni bir yaklaşımdır. Bu yöntemle, her bir kritere atanan ağırlık, alternatifler üzerindeki minimum etkisine göre belirlenir (Kara vd., 2024). Diğer objektif kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden farklı olarak MEREC yöntemi, kriterin önem ağırlığını hesaplarken kriter ağırlığındaki değişime odaklanır ve toplam değeri göz ardı eder (Yenilmez ve Ertuğrul, 2023). MEREC, her bir kritere ağırlık vermek için belirli kriterlerin çıkarılmasının etkisini inceler (Raj vd., 2023). MEREC yönteminde ağırlıklar altı adımda hesaplanır. Bu adımlar aşağıdaki gibidir (Keshavarz-Ghorabae vd., 2021):

Adım 1. Karar matrisi oluşturulur, burada n alternatif ve m kriter sayısını ifade eder.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{im} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nj} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2. Normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulur.

$$n_{ij}^x = \begin{cases} \frac{\min x_{kj}}{x_{ij}}, & \text{fayda yönlü} \\ \frac{x_{ij}}{\max_k x_{kj}}, & \text{maliyet yönlü} \end{cases}, \forall i, j. \quad (2)$$

Adım 3. Alternatiflerin genel performans değerleri hesaplanır.

$$S_i = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_j |\ln(n_{ij}^x)| \right) \right), \forall i. \quad (3)$$

Adım 4. Alternatiflerin kısmi performans değerleri hesaplanır. Bu adımda, her bir kriter sırasıyla çıkarılarak alternatiflerin kısmi performans değeri belirlenir.

$$S'_{ij} = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_{k, k \neq j} |\ln(n_{ik}^x)| \right) \right), \forall i, j. \quad (4)$$

Adım 5. Mutlak sapmaların toplam değeri belirlenir.

$$E_j = \sum_i |S'_{ij} - S_i|, \forall j. \quad (5)$$

Adım 6. Kriterlerin ağırlıkları hesaplanır.

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_k E_k}, \forall j. \quad (6)$$

Burada w_j , j . kriterin ağırlık değeridir.

3.2. MOORA Yöntemi

Brauers (2004) tarafından geliştirilen MOORA yöntemi, karmaşık karar verme problemlerini son derece basit hesaplama adımları kullanarak çözmek için kullanılan çok amaçlı bir optimizasyon tekniğidir (Chakraborty vd., 2023). Çok özellikli optimizasyon olarak da bilinen bu teknikte, belirli kısıtlamalara tabi olarak birbirleriyle çelişen iki veya daha fazla özellik aynı anda optimize edilir (Gadakh vd., 2013). Yöntemin uygulama adımları aşağıda özetlenmiştir (Brauers vd., 2008):

Adım 1. Karar matrisi oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1i} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{j1} & \cdots & x_{ji} & \cdots & x_{jn} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mi} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Burada m alternatif sayısını, n kriter sayısını gösterir.

Adım 2. Karar matrisi normalize edilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}} \quad (8)$$

Adım 3. Oran yaklaşımına göre değerlendirme skorları hesaplanır ve alternatifler sıralanır.

$$y_j^* = \sum_{i=1}^{i=g} x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^{i=n} x_{ij}^* \quad (9)$$

Burada maksimizasyonu amaçlayan puanlar $i = 1, 2, \dots, g$ toplanırken minimizasyonu amaçlayan puanlar $i = g + 1, g + 2, \dots, n$ çıkarılır. y_j^* değeri en yüksek olan alternatif tercih edilir.

4. ANALİZ VE BULGULAR

Bu çalışmada, AB ülkelerini iklim değişikliğine uyum ve iklim değişikliklerinin olumsuz etkilerini hafifletme çabaları açısından değerlendirmek hedeflenmiştir. Çalışmada, ülkeler beş kriter temelinde değerlendirilmiştir. Bu kriterler, Avrupa Çevre Ajansı (EEA-European Environment Agency) tarafından yayımlanan verilerden derlenmiştir. Tablo 1’de bu kriterler, kriterlerin birimleri ve yönleri, verilerin ait olduğu yıl gösterilmiştir.

Tablo 1: Kriterler

Kod	Kriter	Birim	Max/min	Yıl
C1	Yeni binek araçların km başına ortalama CO ₂ emisyonları	km başına CO ₂ (gr)	Min	2022
C2	Kuraklığın ekosistemler üzerindeki etkisi	Kuraklığın etki alanı (km ²)	Min	2022
C3	Çaba Paylaşımı Mevzuatı kapsamında sera gazı emisyonları	Milyon ton CO ₂ eşdeğeri	Min	2022
C4	Net sera gazı emisyonu	Gg CO ₂ eşdeğeri	Min	2022
C5	Su kullanım endeksi	Uzun dönem ortalama kullanılabilir su (%)	Max	2019

Kaynak: (Avrupa Çevre Ajansı, 2024).

Çalışmada kullanılan kriterlerin açıklamaları şu şekilde özetlenebilir (Avrupa Çevre Ajansı, 2024):

C1: Belirli bir yılda yeni binek araçların km başına ortalama karbondioksit (CO₂) emisyonunu ifade etmektedir. CO₂ emisyonları için test prosedürü 2020 ve 2021 yılları arasında Yeni Avrupa Test Döngüsü'nden Dünya Çapında Hafif Hizmet Araçları Test Prosedürü'ne değiştirilmiştir.

C2: Bu gösterge yalnızca meteorolojik kuraklıkları, dolayısıyla yağış yetersizliği nedeniyle toprak neminde meydana gelen yıllık açığı ele alırken, özellikle akarsularda, rezervuarlarda ve yeraltı suyu seviyelerinde, genellikle aylarca süren meteorolojik kuraklıktan sonra düşük su arzı belirgin hale geldiğinde ortaya çıkan hidrolojik kuraklıkları ele almaktadır.

C3: 2013-2020 dönemi için emisyonlar, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) Dördüncü Değerlendirme Raporu'ndaki (AR4) küresel ısınma potansiyelleri (GWP'ler) kullanılarak ve NF3 emisyonları hariç tutularak Çaba Paylaşım Kararı kapsamına alınmıştır. 2021-2030 dönemi için emisyonlar, NF3 emisyonları da dahil olmak üzere ve IPCC AR5'in GWP değerleri kullanılarak Çaba Paylaşımı Yönetmeliği (ÇPT) ile düzenlenmektedir.

C4: Gösterge, sera gazı emisyon envanterlerinin tüm sektörlerinden (uluslararası havacılık ve dolaylı CO₂ dahil) karbondioksit, metan, azot oksit ve F gazları (hidroflorokarbonlar,

perflorokarbonlar, nitrojen triflorür ve sülfür heksaflorür) dahil olmak üzere “Kyoto sepeti” olarak adlandırılan sera gazlarının uluslararası havacılık dahil toplam ulusal emisyonlarını ölçmektedir.

C5: Belirli bir bölge ve dönem için mevcut yenilenebilir tatlı su kaynaklarının yüzdesi olarak toplam su tüketimini ölçer. Aylık veya mevsimsel olarak ne kadar su çekildiğini ve kullanımdan önce veya sonra ne kadar suyun nehir havzaları yoluyla çevreye geri döndüğünü ölçer (örneğin; sızıntılar, ekonomik sektörler tarafından yapılan deşarjlar). Su çekimleri ile su geri dönüşleri arasındaki fark “su tüketimi” olarak kabul edilir.

Araştırmada kullanılan dört kriter maliyet yönlü iken bir kriter fayda yönlüdür. Farklı uluslararası kuruluşlar iklim değişikliği ile ilgili veriler yayımlamakla birlikte Avrupa Çevre Ajansı tarafından sunulan veriler, en güncel veriler olduğundan bu kuruluş tarafından derlenen veriler kullanılmıştır. Tablo 2’de bu ülke verilerinden derlenen başlangıç karar matrisi verilmiştir.

Tablo 2: Karar Matrisi

Kod	Ülke	C1	C2	C3	C4	C5
A1	Belçika	104,6	16248	66,78	106167,24	5,77
A2	Bulgaristan	134,7	5183	22,74	47452,55	1,56
A3	Çekya	138,1	5571	59,22	121409,87	12,07
A4	Danimarka	86,3	6439	31,96	45730,28	2,72
A5	Almanya	106,0	66991	390,54	743798,24	2,57
A6	Estonya	141,5	3079	5,96	17246,73	5,44
A7	İrlanda	100,7	3638	46,08	68068,88	0,56
A8	Yunanistan	118,0	5790	44,97	71668,64	13,27
A9	İspanya	121,6	46481	194,41	249279,75	8,10
A10	Fransa	103,1	229592	314,55	386852,47	2,80
A11	Hırvatistan	128,7	15651	16,96	17635,43	0,17
A12	İtalya	119,3	52265	279,64	386638,18	7,30
A13	Güney Kıbrıs	136,9	197	4,37	8465,96	113,00
A14	Letonya	134,5	869	8,36	14241,00	0,39
A15	Litvanya	135,9	19	14,22	13147,22	0,66
A16	Lüksemburg	115,8	1855	7,08	7464,50	0,53
A17	Macaristan	131,6	19962	44,22	53138,26	1,31
A18	Malta	93,3	3	1,38	2177,71	29,60
A19	Hollanda	86,8	5037	85,48	158407,69	4,82
A20	Avusturya	112,1	7458	45,89	62163,00	0,14
A21	Polonya	136,8	27173	200,58	364515,72	8,70
A22	Portekiz	103,1	31267	40,48	50885,13	11,36
A23	Romanya	119,7	34462	79	56824,53	9,03
A24	Slovenya	129,4	10574	11,1	13253,30	0,44
A25	Slovakya	138,5	10100	20,34	29883,98	1,24
A26	Finlandiya	85,3	9803	26,68	44852,83	1,38
A27	İsveç	66,6	15516	27,48	3522,39	0,22

Tablo 2’deki verilere göre, yeni binek araçların neden olduğu km başına ortalama CO₂ emisyonu en yüksek olan ülke Estonya iken en düşük olan ülke İsveç’tir. Kuraklığın ekosistemler üzerindeki etkisi Fransa’da en yüksek iken Malta’da en düşüktür. Çaba Paylaşımı Mevzuatı kapsamında sera gazı emisyonlarının en yüksek olduğu ülke Almanya iken en düşük olduğu ülke

Malta'dır. Net sera gazı emisyonu en yüksek olan ülke Almanya, en düşük olan ülke ise Malta'dır. Son olarak, uzun dönem ortalama kullanılabilir su yüzdesi en yüksek olan ülke Güney Kıbrıs iken en düşük olan ülke Avusturya'dır.

4.1. MEREK Yöntemi Sonuçları

Çalışmada MEREK tekniği kullanılarak öncelikle beş kriterin ağırlıkları belirlenmiştir. Bu kapsamda, Eşitlik (2) yardımıyla başlangıç karar matrisindeki tüm değerler standardize edilmiştir. Normalize karar matrisi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Normalize Karar Matrisi

Ülke	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0,739	0,071	0,171	0,143	0,024
A2	0,952	0,023	0,058	0,064	0,090
A3	0,976	0,024	0,152	0,163	0,012
A4	0,610	0,028	0,082	0,061	0,051
A5	0,749	0,292	1,000	1,000	0,054
A6	1,000	0,013	0,015	0,023	0,026
A7	0,712	0,016	0,118	0,092	0,250
A8	0,834	0,025	0,115	0,096	0,011
A9	0,859	0,202	0,498	0,335	0,017
A10	0,729	1,000	0,805	0,520	0,050
A11	0,910	0,068	0,043	0,024	0,824
A12	0,843	0,228	0,716	0,520	0,019
A13	0,967	0,001	0,011	0,011	0,001
A14	0,951	0,004	0,021	0,019	0,359
A15	0,960	0,000	0,036	0,018	0,212
A16	0,818	0,008	0,018	0,010	0,264
A17	0,930	0,087	0,113	0,071	0,107
A18	0,659	0,000	0,004	0,003	0,005
A19	0,613	0,022	0,219	0,213	0,029
A20	0,792	0,032	0,118	0,084	1,000
A21	0,967	0,118	0,514	0,490	0,016
A22	0,729	0,136	0,104	0,068	0,012
A23	0,846	0,150	0,202	0,076	0,016
A24	0,914	0,046	0,028	0,018	0,318
A25	0,979	0,044	0,052	0,040	0,113
A26	0,603	0,043	0,068	0,060	0,101
A27	0,471	0,068	0,070	0,005	0,636

İkinci aşamada, Eşitlik (3) kullanılarak alternatiflere ilişkin genel performans değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler, Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4: Genel Performans Değerleri (S_i)

S_i	Değer	S_i	Değer	S_i	Değer
S1	1,124	S10	0,608	S19	1,158
S2	1,215	S11	1,089	S20	0,977
S3	1,218	S12	0,841	S21	0,930
S4	1,243	S13	1,714	S22	1,203
S5	0,635	S14	1,358	S23	1,125
S6	1,431	S15	1,541	S24	1,218
S7	1,125	S16	1,384	S25	1,194
S8	1,276	S17	1,069	S26	1,190
S9	0,924	S18	1,902	S27	1,218

Üçüncü adımda, Eşitlik (4) yardımıyla alternatiflerin kısmi performans değerleri belirlenmiştir. Bu değerler, Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5: Kısmi Performans Değerleri (S'_{ij})

Ülke	C1	C2	C3	C4	C5
A1	1,104	0,935	1,002	0,988	0,847
A2	1,212	0,960	1,030	1,036	1,060
A3	1,216	0,969	1,099	1,104	0,912
A4	1,214	1,012	1,087	1,067	1,055
A5	0,603	0,495	0,635	0,635	0,266
A6	1,431	1,200	1,208	1,233	1,239
A7	1,103	0,811	0,976	0,956	1,031
A8	1,266	1,046	1,148	1,136	0,983
A9	0,912	0,788	0,867	0,833	0,535
A10	0,573	0,608	0,584	0,534	0,213
A11	1,082	0,889	0,852	0,799	1,076
A12	0,826	0,704	0,812	0,783	0,424
A13	1,713	1,420	1,537	1,538	1,438
A14	1,356	1,021	1,138	1,131	1,304
A15	1,539	1,025	1,388	1,351	1,472
A16	1,374	1,108	1,160	1,122	1,315
A17	1,064	0,886	0,907	0,870	0,903
A18	1,889	1,493	1,717	1,711	1,728
A19	1,127	0,883	1,057	1,055	0,906
A20	0,959	0,679	0,801	0,770	0,977
A21	0,928	0,746	0,876	0,872	0,536
A22	1,184	1,076	1,057	1,028	0,897
A23	1,114	0,994	1,015	0,942	0,809
A24	1,213	1,017	0,981	0,946	1,148
A25	1,192	0,984	0,996	0,977	1,052
A26	1,159	0,977	1,012	1,003	1,040
A27	1,173	1,045	1,048	0,838	1,191

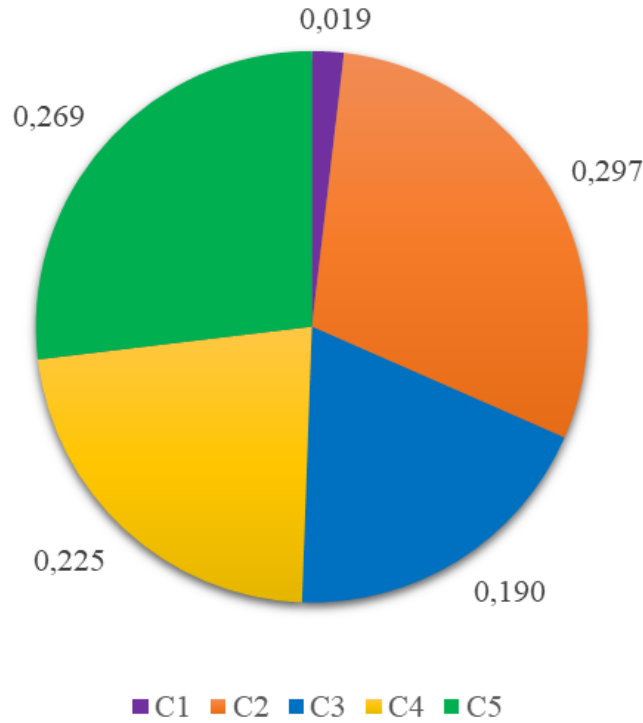
Dördüncü aşamada, mutlak sapmalar ve bu sapmaların toplam değeri (E_j) Eşitlik (5) kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca, Eşitlik (6) yardımıyla kriterlerin nihai ağırlıkları (w_j) belirlenmiştir. Tablo 6’da hem sapmaların toplam değeri hem de kriterlerin ağırlıkları sunulmuştur.

Tablo 6: E_j Değerleri ve Nihai Kriter Ağırlıkları (w_j)

Değer	C1	C2	C3	C4	C5
E_j	0,383	6,139	3,919	4,651	5,553
w_j	0,019	0,297	0,190	0,225	0,269

MEREC yöntemine göre ağırlığı en yüksek olan kriter “Kuraklığın ekosistemler üzerindeki etkisi” iken en düşük olan kriter “Yeni binek araçların km başına ortalama CO₂ emisyonları”dır. Diğer üç kriterin kendi içerisindeki sıralaması ise şu şekildedir: C5>C4>C3. Ayrıca, Şekil 2’de kriterlerin ağırlıklarına ilişkin dağılım gösterilmiştir.

Kriter Ağırlıkları



Şekil 2: Kriter Ağırlıkları

4.2. MOORA Yöntemi Sonuçları

MEREC yönteminin çıktısı olan kriter ağırlıkları, MOORA tekniğinin girdi verisi olarak kullanılmıştır. İklim değişikliğine uyum ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılması çabalarına ilişkin AB ülkelerinin performanslarını değerlendirmek amacıyla MOORA yöntemi tercih edilmiştir. Öncelikle, Eşitlik (8) yardımıyla başlangıç karar matrisi normalize edilmiştir. Tablo 7’de standardize edilen karar matrisini göstermektedir.

Tablo 7: Normalize Karar Matrisi

Ülke	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0,171	0,063	0,100	0,100	0,048
A2	0,220	0,020	0,034	0,045	0,013
A3	0,226	0,022	0,089	0,114	0,100
A4	0,141	0,025	0,048	0,043	0,023
A5	0,173	0,259	0,587	0,700	0,021
A6	0,232	0,012	0,009	0,016	0,045
A7	0,165	0,014	0,069	0,064	0,005
A8	0,193	0,022	0,068	0,067	0,110
A9	0,199	0,180	0,292	0,235	0,067
A10	0,169	0,889	0,472	0,364	0,023
A11	0,211	0,061	0,025	0,017	0,001
A12	0,195	0,202	0,420	0,364	0,061
A13	0,224	0,001	0,007	0,008	0,939
A14	0,220	0,003	0,013	0,013	0,003
A15	0,222	0,000	0,021	0,012	0,005
A16	0,190	0,007	0,011	0,007	0,004
A17	0,215	0,077	0,066	0,050	0,011
A18	0,153	0,000	0,002	0,002	0,246
A19	0,142	0,020	0,128	0,149	0,040
A20	0,183	0,029	0,069	0,058	0,001
A21	0,224	0,105	0,301	0,343	0,072
A22	0,169	0,121	0,061	0,048	0,094
A23	0,196	0,133	0,119	0,053	0,075
A24	0,212	0,041	0,017	0,012	0,004
A25	0,227	0,039	0,031	0,028	0,010
A26	0,140	0,038	0,040	0,042	0,011
A27	0,109	0,060	0,041	0,003	0,002

İkinci adımda, normalize karar matrisi elemanları ile kriter ağırlıkları çarpılmış ve ağırlıklı standardize karar matrisi elde edilmiştir. Tablo 8’de ağırlıklı normalize karar matrisi verilmiştir.

Tablo 8: Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi

Ülke	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0,003	0,019	0,019	0,022	0,013
A2	0,004	0,006	0,006	0,010	0,003
A3	0,004	0,006	0,017	0,026	0,027
A4	0,003	0,007	0,009	0,010	0,006
A5	0,003	0,077	0,111	0,157	0,006
A6	0,004	0,004	0,002	0,004	0,012
A7	0,003	0,004	0,013	0,014	0,001
A8	0,004	0,007	0,013	0,015	0,030
A9	0,004	0,053	0,055	0,053	0,018
A10	0,003	0,264	0,090	0,082	0,006
A11	0,004	0,018	0,005	0,004	0,000
A12	0,004	0,060	0,080	0,082	0,016
A13	0,004	0,000	0,001	0,002	0,253
A14	0,004	0,001	0,002	0,003	0,001
A15	0,004	0,000	0,004	0,003	0,001
A16	0,004	0,002	0,002	0,002	0,001
A17	0,004	0,023	0,013	0,011	0,003
A18	0,003	0,000	0,000	0,000	0,066
A19	0,003	0,006	0,024	0,034	0,011
A20	0,003	0,009	0,013	0,013	0,000
A21	0,004	0,031	0,057	0,077	0,019
A22	0,003	0,036	0,012	0,011	0,025
A23	0,004	0,040	0,023	0,012	0,020
A24	0,004	0,012	0,003	0,003	0,001
A25	0,004	0,012	0,006	0,006	0,003
A26	0,003	0,011	0,008	0,009	0,003
A27	0,002	0,018	0,008	0,001	0,000

Son aşamada ise MOORA oran yaklaşımına göre Eşitlik (9) kullanılarak alternatiflerin değerlendirme skorları (y_j^*) hesaplanmıştır. Tablo 9’da alternatiflerin nihai skorları ve sıralamaları verilmiştir.

Tablo 9: Değerlendirme Skorları (y_j^*) ve Nihai Sıralamalar

Ülke	y_j^*	Sıra
A1	-0,051	20
A2	-0,023	10
A3	-0,026	12
A4	-0,023	9
A5	-0,344	26
A6	-0,001	3
A7	-0,034	16
A8	-0,009	5
A9	-0,147	23
A10	-0,433	27
A11	-0,030	15
A12	-0,209	25
A13	0,245	1
A14	-0,010	7
A15	-0,010	6
A16	-0,008	4
A17	-0,048	19
A18	0,062	2
A19	-0,056	21
A20	-0,038	18
A21	-0,150	24
A22	-0,036	17
A23	-0,058	22
A24	-0,021	8
A25	-0,025	11
A26	-0,028	13
A27	-0,028	14

MOORA yönteminin sonuçları, AB ülkeleri içerisinde iklim değişikliğine uyum ve iklim değişikliğinin etkilerini hafifletme konusunda performansı en iyi olan ülkenin Güney Kıbrıs olduğunu göstermektedir. İkinci sırada Malta, üçüncü sırada Estonya, dördüncü sırada Lüksemburg ve beşinci sırada Yunanistan yer almaktadır. Performansı en kötü olan ülke ise Fransa'dır.

4.3. Duyarlılık Analizi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin sonuçları, ağırlıklar olarak bilinen her bir kriterin göreceli öneminin atanmış değerine önemli ölçüde bağlıdır. Duyarlılık analizi, her bir kriterle ilişkili ağırlıklardaki bir değişikliğin alternatiflerin nihai sıralaması üzerindeki etkisini tahmin etmenin popüler bir yoludur. Belirli kriterlerle ilişkili ağırlıklar değiştiğinde farklı bir sıralama elde edilmesi durumunda modelin ağırlıklara duyarlı olduğu sonucuna varılır. Model sonuçlarının tutarlılığından bahsedebilmek için model tarafından belirlenen nihai sıralamanın duyarlılık analizi sırasında ağırlıklarda yapılan değişikliklerden etkilenmemesi gerekmektedir (Biswas vd., 2019). Bu çalışmada, duyarlılık analizi iki adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adımda, objektif kriter ağırlıklandırma tekniklerinden CRITIC ve Entropy yöntemlerine göre kriter ağırlıkları hesaplanmış ve bu ağırlıklar temel alınarak AB ülkeleri MOORA yöntemine göre yeniden değerlendirilmiştir. CRITIC yöntemi, diğer objektif ağırlıklandırma tekniklerine kıyasla daha kapsamlı ve nesneldir. Yöntem, kriterler arasındaki karşıtlıkların gücünü ve çatışmaları dikkate alabilmektedir. Ancak, bu yöntem kriterler arasındaki dağılımı dikkate almazken, entropy yöntemi bu eksikliği gidermektedir (Lu vd., 2022). Bununla birlikte, MEREK yöntemi diğer yöntemlere

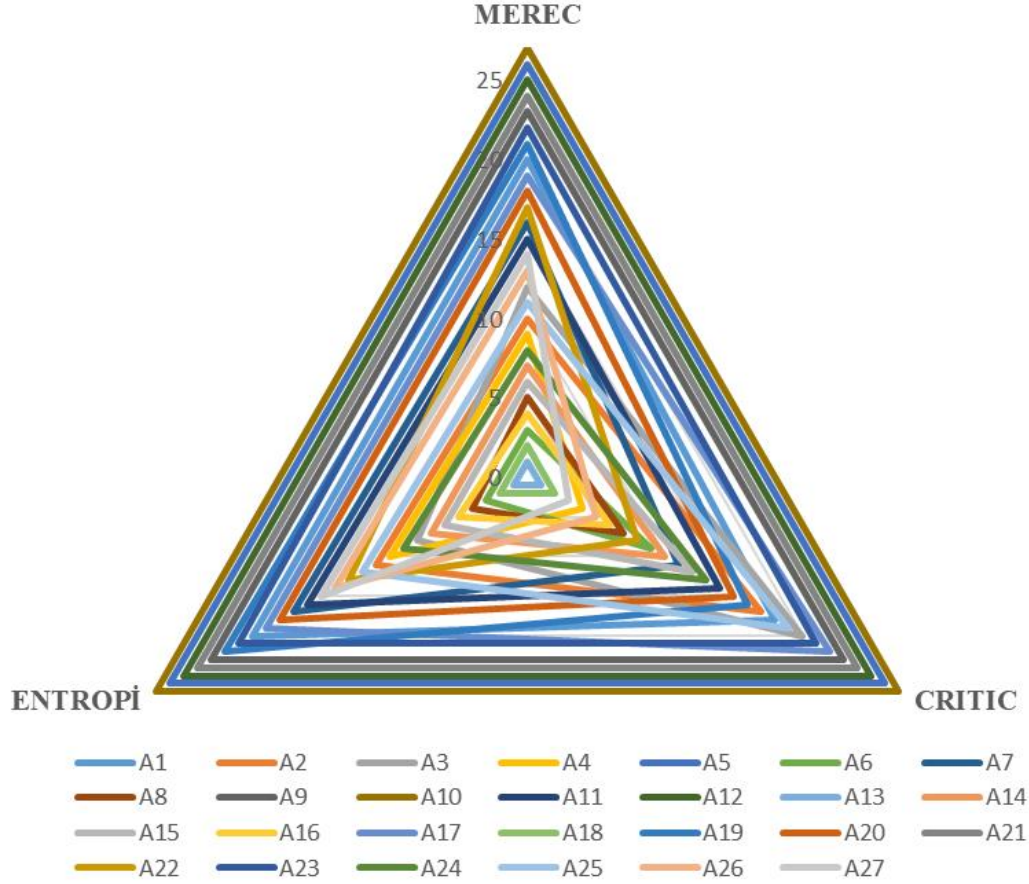
kıyasla çeşitli avantajlar sunmaktadır. Birincisi, bu yöntem farklı uzmanlık seviyelerine sahip uzmanların katılımını destekleyerek karmaşık karar verme problemlerinin çözümünde etkili bir araç olarak hizmet vermektedir. İkinci olarak, kategorik tabanlı bir değerlendirme yaklaşımı kullanır ve karar vericilerin kriterleri değerlendirmeye yönelik sezgisel yaklaşımlarını etkin bir şekilde sürece dahil eder. Üçüncü olarak, uzmanların karar verme sürecine daha şeffaf ve esnek bir şekilde katılımını kolaylaştırır. Son olarak, bu yöntem basit prosedürlerle uygulanabildiği ve karmaşık hesaplamalar içermediği için basitliği ile karakterize edilir (Kara vd., 2024). Dolayısıyla, mevcut çalışmada MEREC tekniği ile CRITIC ve Entropy teknikleri karşılaştırılmıştır. Tablo 10’da her bir ağırlıklandırma yöntemiyle (MEREC, CRITIC, Entropy) elde edilen MOORA tekniği değerlendirme skorları ve nihai sıralamalar verilmiştir.

Tablo 10: Diğer Ağırlıklandırma Yöntemlerine Göre MOORA Sıralamaları

Sıralama Yöntemi		MOORA				
Ağr. Yöntemi	MEREC	CRITIC		ENTROPY		
Ülke	y_j^*	Sıra	y_j^*	Sıra	y_j^*	Sıra
A1	-0,05058	20	-0,088	18	-0,041	20
A2	-0,02320	10	-0,086	17	-0,018	11
A3	-0,02633	12	-0,090	20	-0,014	8
A4	-0,02281	9	-0,061	4	-0,018	10
A5	-0,34353	26	-0,295	26	-0,319	26
A6	-0,00114	3	-0,074	9	0,006	3
A7	-0,03363	16	-0,077	11	-0,029	17
A8	-0,00868	5	-0,067	7	0,003	4
A9	-0,14739	23	-0,163	23	-0,130	23
A10	-0,43266	27	-0,315	27	-0,390	27
A11	-0,03020	15	-0,085	14	-0,025	16
A12	-0,20917	25	-0,208	25	-0,189	25
A13	0,24501	1	0,113	1	0,311	1
A14	-0,00971	7	-0,077	10	-0,006	7
A15	-0,00961	6	-0,078	12	-0,006	6
A16	-0,00815	4	-0,066	6	-0,005	5
A17	-0,04799	19	-0,099	22	-0,040	19
A18	0,06238	2	-0,002	2	0,081	2
A19	-0,05565	21	-0,086	16	-0,048	22
A20	-0,03801	18	-0,085	15	-0,033	18
A21	-0,15048	24	-0,178	24	-0,133	24
A22	-0,03610	17	-0,072	8	-0,022	13
A23	-0,05775	22	-0,097	21	-0,044	21
A24	-0,02118	8	-0,080	13	-0,016	9
A25	-0,02529	11	-0,088	19	-0,019	12
A26	-0,02795	13	-0,063	5	-0,023	14
A27	-0,02801	14	-0,052	3	-0,024	15

Tablo 10’da yer alan sonuçlara göre, MEREC-MOORA, CRITIC-MOORA ve Entropy-MOORA entegre modellerinin tümünde Güney Kıbrıs birinci sırada, Malta ikinci sırada ve Fransa son sırada yer almaktadır. Bu bulgular, kriter ağırlığı hesaplama tekniği ve dolayısıyla kriter

ağırlıkları değişse bile en iyi ve en kötü alternatifin değişmediğini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, tüm ülke sıralamaları için geçerli olmamakla birlikte duyarlılığın ilk aşamasında kriter ağırlıklandırma tekniğinin sonuçlarının tutarlılığından bahsetmek mümkündür. Şekil 3'te üç ağırlık belirleme tekniğine göre MOORA sıralamalarındaki değişimler gösterilmiştir.



Şekil 3: Diğer Ağırlıklandırma Yöntemlerine Göre MOORA Sıralamaları

MEREC-MOORA, CRITIC-MOORA ve Entropy-MOORA bütünleşik değerlendirme modellerinin sıralama sonuçlarının tüm ülkeler açısından aynı olması beklenmemekle birlikte ortaya çıkan sıralama farklılıkları arasındaki korelasyonu incelemek önemlidir. Bu doğrultuda, söz konusu korelasyonu incelemek için Spearman sıra korelasyon testi uygulanmış ve bulgular Tablo 11'de sunulmuştur. Sonuçlar, MEREC yöntemi ile karşılaştırılan diğer ÇKKV yöntemleri arasında pozitif yönlü ve güçlü korelasyonlar olduğunu göstermektedir. MEREC yöntemi ile en yüksek korelasyona sahip teknik Entropy iken en düşük korelasyona sahip teknik CRITIC'tir.

Tablo 11: Spearman Sıra Korelasyon Katsayıları

Yöntem	MEREC	CRITIC	Entropy
MEREC	1,000	-	-
CRITIC	0,800	1,000	-
Entropy	0,987	0,780	1,000

Duyarlılık analizinin ikinci adımında, MOORA tekniğinin sonuçları ile CoCoSo, GRA, EDAS ve TOPSIS yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılan dört teknik için MEREC yöntemi kriter ağırlıkları temel alınmıştır. Kapsamlı bir performans değerlendirmesi yapabilmek için mümkün olduğunca fazla sayıda ÇKKV tekniği kullanmak önemlidir. Bu

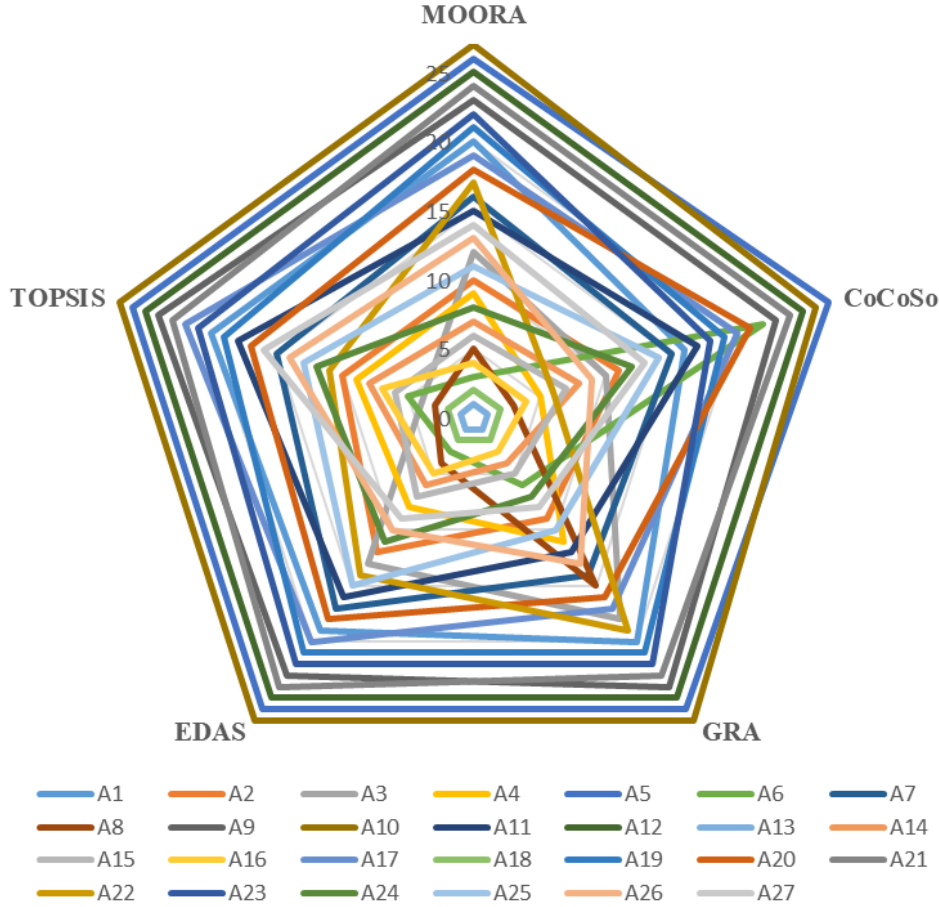
kapsamda, benzer hesaplama adımlarına sahip olmaları ve az sayıda parametre içermeleri nedeniyle CoCoSo, GRA, EDAS ve TOPSIS teknikleri tercih edilmiştir. Farklı ÇKKV teknikleri bulunmakla birlikte bazı teknikler farklı parametre hesaplamalarını zorunlu kılmaktadır. Örneğin; PROMETHEE yöntemi için tercih fonksiyonu tipini belirlemek gerekir (Özçalıcı, 2022). Tablo 12’de MOORA ve diğer çok kriterli karar verme tekniklerinin sıralama skorları ve sonuçları verilmiştir.

Tablo 12: MOORA ve Diğer ÇKKV Yöntemlerinin Sıralama Skorları

Ağır. Yöntemi	MEREK									
	MOORA		CoCoSo		GRA		EDAS		TOPSIS	
Sıra. Yöntemi	Skor	Sıra	Skor	Sıra	Skor	Sıra	Skor	Sıra	Skor	Sıra
Ülke	Skor	Sıra	Skor	Sıra	Skor	Sıra	Skor	Sıra	Skor	Sıra
A1	-0,05058	20	2,8634	16	0,0252	20	0,5097	19	0,5494	20
A2	-0,02320	10	2,9170	11	0,0279	9	0,5393	12	0,5583	10
A3	-0,02633	12	2,9316	10	0,0260	18	0,5385	13	0,5731	4
A4	-0,02281	9	2,9647	5	0,0278	11	0,5525	8	0,5594	9
A5	-0,34353	26	1,2118	27	0,0158	26	0,0998	26	0,3673	26
A6	-0,00114	3	2,7407	22	0,0293	6	0,5715	3	0,5725	5
A7	-0,03363	16	2,8728	15	0,0272	14	0,5313	17	0,5536	15
A8	-0,00868	5	3,0246	3	0,0271	15	0,5699	4	0,5820	3
A9	-0,14739	23	2,4720	23	0,0201	24	0,3726	23	0,4901	24
A10	-0,43266	27	1,2587	26	0,0142	27	0,0039	27	0,1716	27
A11	-0,03020	15	2,8517	17	0,0278	12	0,5319	16	0,5500	18
A12	-0,20917	25	2,1969	25	0,0183	25	0,2854	25	0,4504	25
A13	0,24501	1	3,8309	1	0,0363	1	0,9939	1	0,9935	1
A14	-0,00971	7	2,9374	8	0,0294	4	0,5580	6	0,5628	8
A15	-0,00961	6	2,9457	7	0,0293	5	0,5575	7	0,5636	6
A16	-0,00815	4	2,9675	4	0,0295	3	0,5651	5	0,5630	7
A17	-0,04799	19	2,8296	20	0,0261	17	0,5058	20	0,5433	22
A18	0,06238	2	3,3125	2	0,0308	2	0,6893	2	0,6413	2
A19	-0,05565	21	2,8348	19	0,0252	21	0,5049	21	0,5499	19
A20	-0,03801	18	2,7868	21	0,0269	16	0,5224	18	0,5502	17
A21	-0,15048	24	2,4212	24	0,0203	23	0,3622	24	0,4991	23
A22	-0,03610	17	2,9517	6	0,0258	19	0,5377	14	0,5573	11
A23	-0,05775	22	2,8478	18	0,0246	22	0,5000	22	0,5438	21
A24	-0,02118	8	2,9098	12	0,0285	7	0,5442	11	0,5555	12
A25	-0,02529	11	2,9028	14	0,0279	10	0,5361	15	0,5555	13
A26	-0,02795	13	2,9342	9	0,0277	13	0,5454	10	0,5542	14
A27	-0,02801	14	2,9066	13	0,0282	8	0,5503	9	0,5506	16

Tablo 12’deki bulgular CoCoSo, GRA, EDAS ve TOPSIS yöntemlerinin sıralama sonuçlarının birinci ve ikinci sıradaki alternatif açısından MOORA yöntemi sonuçları ile aynı olduğunu ortaya koymaktadır. MOORA ve karşılaştırılan dört teknik açısından Güney Kıbrıs birinci, Malta ise ikinci sıradadır. Ayrıca MOORA, GRA, EDAS ve TOPSIS yöntemlerine göre Fransa son sırada (27. sıra) yer alırken CoCoSo yöntemine göre Almanya son sırada yer alan ülkedir. Fransa ise CoCoSo yöntemine göre 26. sıradadır. Dolayısıyla, duyarlılık analizinin hem

birinci hem de ikinci adımında elde edilen sonuçlar, çalışmada önerilen MEREC-MOORA entegre modelin sonuçlarının güvenilir ve tutarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 4’te MOORA ve diğer ÇKKV tekniklerinin sıralama sonuçlarındaki değişimler gösterilmiştir.



Şekil 4: MOORA ve Diğer ÇKKV Yöntemlerinin Karşılaştırılması

MOORA ve diğer ÇKKV tekniklerinin sıralama sonuçlarının tümüyle aynı olması beklenmemekle birlikte ortaya çıkan sıralama farklılıkları arasındaki ilişkiyi analiz etmek önemlidir. Bu kapsamda, bu ilişkiyi incelemek amacıyla Spearman sıra korelasyon testi uygulanmış ve bulgular Tablo 13’te sunulmuştur.

Tablo 13: Spearman Sıra Korelasyon Katsayıları

Yöntem	MOORA	CoCoSo	GRA	EDAS	TOPSIS
MOORA	1,000	-	-	-	-
CoCoSo	0,816	1,000	-	-	-
GRA	0,931	0,733	1,000	-	-
EDAS	0,975	0,843	0,908	1,000	-
TOPSIS	0,948	0,859	0,814	0,939	1,000

Tablo 13’te yer alan sonuçlar, MOORA tekniği ile karşılaştırılan diğer ÇKKV teknikleri arasında pozitif yönlü ve istatistiksel olarak güçlü korelasyonlar olduğunu göstermektedir. MOORA tekniği ile en yüksek korelasyona sahip yöntem EDAS iken en düşük korelasyona sahip yöntem CoCoSo’dur. Bu bulgular, farklı ÇKKV yöntemlerine göre elde edilen sıralama sonuçlarının tutarlılığının yüksek olduğunu göstermektedir.

5. TARTIŞMA

Avrupa Birliği ülkelerinin iklim değişikliğine uyum sağlama ve bu değişikliklerin etkilerini azaltma çabalarının değerlendirilmesi, bu küresel zorluğun ele alınmasında büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, Avrupa Çevre Ajansı tarafından yayımlanan beş temel kritere dayalı olarak AB ülkelerini değerlendirmek için MEREK-MOORA entegre modelini kullanarak kapsamlı bir yaklaşım sunmaktadır. Kriter ağırlıklandırma kullanılan MEREK yöntemine göre, “kuraklığın ekosistemler üzerindeki etkisi” en önemli kriter iken “yeni binek araçların kilometre başına ortalama CO₂ emisyonları” en az önemli kriter olarak belirlenmiştir. Lei vd. (2015)’ne göre, artan küresel değişimle daha iyi başa çıkmak için diğer küresel değişim faktörlerinin kuraklık üzerindeki etkisi hariç, farklı seviyelerdeki kuraklığın etkisini nicel olarak değerlendirmek önemlidir. Zhang vd. (2020)’ne göre, karasal ekosistemler üzerindeki kuraklık etkilerini analiz etmek için çoklu gözlemler kullanılarak daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Benzer şekilde, Kowalska vd. (2020)’ne göre kuraklık olaylarının sıklığı ve yoğunluğunda beklenen artışla birlikte kuraklığın ekosistemler üzerindeki etkisini anlamak ve sürdürülebilir ekosistem işleyişini sınırlayan koşulları ölçmek son derece önemlidir.

Bu çalışmada MOORA yöntemiyle elde edilen sonuçlar, Güney Kıbrıs'ın iklim değişikliğine uyum ve azaltım konusunda en iyi performans gösteren ülke olduğunu, Fransa'nın ise AB ülkeleri arasında en zayıf performansı sergilediğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, önceki araştırmaların bazı sonuçları ile farklılık göstermektedir. Örneğin; Altıntaş (2021) G20 ülkelerinin iklim değişim performansını ölçtüğü çalışmada İngiltere, Hindistan ve Endonezya'nın sırasıyla ilk üçte yer aldığını, son üç ülkenin ise Güney Kore, Kanada ve Suudi Arabistan olduğunu bulgulamıştır. Siksnelyte-Butkiene vd. (2022) AB ülkelerinin iklim değişikliği ve enerji politikalarını değerlendirdikleri çalışmada en iyi performans gösteren ülkelerin Yunanistan, Hırvatistan, İtalya, Portekiz ve Romanya olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, Brodny ve Tutak (2023) AB ülkelerinin enerji ve iklim sürdürülebilirliğini araştırdıkları çalışmada, en iyi performans gösteren iki ülkenin İsveç ve Danimarka olduğunu tespit etmişlerdir. Fedajev vd. (2020) AB ülkelerinin enerji-iklim hedefleri de dahil olmak üzere Avrupa 2020 Stratejisi hedeflerini gerçekleştirme performansını değerlendirdikleri çalışmada İsveç, Danimarka ve Avusturya'nın en iyi performans gösteren ülkeler olduğunu belirlemişlerdir. Bununla birlikte, mevcut çalışmanın bulguları ile literatürdeki benzer araştırmaların bazı sonuçları benzerlik göstermektedir. Örneğin; Siksnelyte-Butkiene vd. (2022) iklimle ilgili hedeflerin uygulanması anlamında en kötü performans gösteren ülkelerin Malta, Belçika, İrlanda, Fransa ve Polonya olduğunu bulgulamışlardır.

Güney Kıbrıs'ın iklim değişikliğine uyum düzeyinin yüksek olması birkaç nedenle açıklanabilir. Bunlardan birincisi, Güney Kıbrıs, eşsiz bir iklim rejimi sunan coğrafi konuma sahiptir. Doğu Akdeniz'deki konumu, sıcak, kurak yazlar ve ılıman, yağışlı kışlarla karakterize edilen bir Akdeniz iklimine sahip olmasını sağlamaktadır. Bu iklim, daha aşırı iklime sahip bölgelere kıyasla bazı iklim değişikliği etkilerine karşı bir miktar direnç sağlayabilir. İkinci olarak, su kıtlığı sorunuyla karşı karşıya olmasına rağmen, tuzdan arındırma tesisleri ve suyun yeniden kullanım sistemleri gibi su yönetimi altyapısına yatırım yapmıştır. Bu önlemler, iklim değişikliğiyle birlikte daha sık ve şiddetli hale gelmesi beklenen kuraklıklara karşı dayanıklılığını artırmaktadır. Üçüncü olarak, sahip olduğu ekosistem çeşitliliği aşırı hava olayları, deniz seviyesinin yükselmesi ve habitat kaybı gibi iklim değişikliği etkilerine karşı doğal tamponlar sağlayabilir. Ayrıca, bu ekosistemlerin korunması ve restore edilmesi karbon birikimine katkıda bulunarak iklim değişikliğinin etkilerini hafifletebilir. Papadaskalopoulou vd. (2015)'ne göre, Güney Kıbrıs'ın su kaynakları, adanın yarı kurak iklimi nedeniyle zaten sınırlı olduğundan, iklim değişikliğine karşı oldukça hassastır. Tatlı su mevcudiyeti neredeyse tamamen yağışa bağlıdır ve bu da sık sık yaşanan uzun süreli kuraklık dönemleriyle birlikte oldukça değişkendir. Bununla birlikte, uzun dönem ortalama kullanılabilir su yüzdesi 2003-2013 yılları arasında ortalama olarak %70 iken (Papadaskalopoulou vd., 2015) 2019 yılında bu oran %100'ün üzerine çıkmıştır.

Bu araştırmada, bulguların tutarlılığını artırmak için iki aşamalı duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, kriter ağırlıklarını hesaplamak için CRITIC ve Entropy yöntemleri gibi objektif kriter ağırlıklandırma teknikleri kullanılmış ve bu revize edilmiş ağırlıklara dayalı MOORA yöntemi kullanılarak AB ülkelerinin performansı yeniden değerlendirilmiştir. Sıralama sonuçları, entegre modeller arasında tutarlılık göstermiş ve Güney Kıbrıs birinci sırada yer alırken Fransa son sırada kalmıştır. Duyarlılık analizinin ikinci aşamasında, MOORA yöntemiyle elde edilen sonuçlar CoCoSo, GRA, EDAS ve TOPSIS gibi diğer değerlendirme tekniklerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. En iyi performans gösteren ülkeler olan Güney Kıbrıs ve Malta'nın sıralamaları tüm yöntemlerde aynıdır, bu durum önerilen değerlendirme modelinin tutarlılığını ve güvenilirliğini ortaya koymuştur.

Genel olarak bu çalışma, AB ülkeleri arasında iklim değişikliğine uyum ve olumsuz etkileri hafifletme çabalarını değerlendirmek için çok kriterli bir karar verme yaklaşımının benimsenmesinin önemini vurgulamaktadır. Bulgular sadece en iyi performans gösteren ülkeyi ve iyileştirilmesi gereken alanları belirlemekle kalmamakta, aynı zamanda farklı duyarlılık analizleri ve karşılaştırma metodolojileri arasında güvenilir ve tutarlı sonuçlar sağlayarak önerilen değerlendirme çerçevesinin sağlamlığını da göstermektedir. Dolayısıyla bu bilgiler, AB içinde hem ulusal hem de bölgesel düzeyde iklim değişikliği sorunlarını ele almak için etkili stratejiler geliştirme konusunda politika yapımcıları ve paydaşları bilgilendirebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, entegre MEREC-MOORA yaklaşımıyla AB ülkelerini iklim değişikliğine uyum ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltma çabaları açısından değerlendirmek amaçlanmıştır. Avrupa Çevre Ajansı tarafından yayımlanan beş kriter, MEREC yöntemiyle ağırlıklandırılmış ve AB ülkeleri MOORA tekniği ile performanslarına göre sıralanmıştır. MEREC tekniği sonuçlarına göre en önemli kriter “kuraklığın ekosistemler üzerindeki etkisi”dir. Sıralama sonuçları üzerinde en az etkisi olan kriter ise “yeni binek araçların kilometre başına ortalama CO₂ emisyonları”dır. Bununla birlikte, MOORA yöntemi sonuçlarına göre, iklim değişikliğine uyum ve değişikliğin olumsuz etkilerini hafifletme çabası açısından performansı en yüksek olan ülke Güney Kıbrıs'tır. İkinci sırada Malta yer alırken performansı en düşük olan ülke ise Fransa olmuştur. Ayrıca çalışmada, MEREC-MOORA entegre modelin sonuçlarının tutarlılığını test etmek amacıyla iki aşamalı duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, CRITIC ve Entropy yöntemleri ile kriterler yeniden ağırlıklandırılmış ve ülkeler MOORA yöntemiyle sıralanmıştır. İkinci aşamada ise MOORA yönteminin sıralama sonuçları CoCoSo, GRA, EDAS ve TOPSIS yöntemlerinin sıralama sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, her iki duyarlılık adımında da MEREC-MOORA entegre yaklaşımının sonuçlarının güvenilir ve tutarlı olduğu anlaşılmıştır.

Araştırmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. İlk olarak, çalışma yalnızca AB ülkelerine odaklanmış ve AB üyesi olmayan ülkelerin performanslarını göz ardı etmiştir. Sonraki araştırmalarda OECD, ASEAN ve BRICS-T gibi farklı ülke gruplarının iklim değişikliğine uyum performansları analiz edilebilir. İkinci olarak, entegre yaklaşım tutarlı sonuçlar vermiş olsa da, gerçek dünya verileri ve vaka çalışmaları yoluyla daha fazla doğrulama, modelin sağlamlığını artırabilir. Ayrıca, iklim değişikliğinin dinamik yapısı göz önünde bulundurulduğunda, kriterlerin ve metodolojilerin sürekli olarak izlenmesi ve güncellenmesi, modelin zaman içinde geçerliliğini ve doğruluğunu korumak için gereklidir. Son olarak, nitel verilerin ve paydaş perspektiflerinin dahil edilmesi, iklim değişikliği politikalarının ve girişimlerinin etkinliğine ilişkin daha zengin öngörüler sağlayarak daha bütüncül değerlendirmelere katkıda bulunabilir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Yazarların Makaleye Katkı Oranları

Makale tek yazar tarafından üretilmiştir.

Çıkar Beyanı

Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

Ahmed, W., Tan, Q., Shaikh, G. M., Waqas, H., Kanasro, N. A., Ali, S., & Solangi, Y. A. (2020). Assessing and prioritizing the climate change policy objectives for sustainable development in Pakistan. *Symmetry*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/SYM12081203>

Aktepe, A., & Ersöz, S. (2014). AHP-Vikor ve Moora yöntemlerinin depo yeri seçim probleminde uygulanması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 25(1-2), 2-15.

Ali, I., & Khan, N. (2022). Evaluating the impact of climate change on the agriculture sector of Pakistan using Multi Criteria Decision Making (MCDM). *Natural and Applied Sciences International Journal (NASIJ)*, 3(2), 72–84. <https://doi.org/10.47264/idea.nasij/3.2.6>

Altıntaş, F. F. (2019). Kolluk birimlerinin asayiş olaylarını aydınlatma performanslarının MOORA yöntemi ile ölçülmesi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 6(47), 4259-4267.

Altıntaş, F. F. (2021). Measuring the climate change protection performance of G20 group countries with ROV and MAUT methods. *Journal of Current Researches on Social Sciences*, 11(1), 147-166. <https://doi.org/10.26579/jocress.429>

Altıntaş, F. F. (2023a). G7 grubu ülkelerin bütçe şeffaflığı performanslarının analizi: MEREC tabanlı PIV yöntemi ile bir uygulama. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(4), 323-340.

Altıntaş, F. F. (2023b). Kırılğanlık performanslarının MEREC tabanlı RAFSI yöntemi ile analizi: G7 grubu ülkeleri. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 25(44), 464-490.

Altıntaş, F. F. (2024). Avrupa Birliği ülkelerin sürdürülebilir kalkınma performanslarının MEREC tabanlı WEDBA yöntemi ile analizi. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 14(1), 117-137. <https://doi.org/10.48146/odusobiad.1253850>

Arshed, A. B., Masood, M., Zafar, M. A., Nabi, G., & Iqbal, M. (2023). Effective management of the watershed in response to historical climate change using a GIS-based multi-criteria decision analysis (MCDA). *Journal of Water and Climate Change*, 14(9), 3178–3202. <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.215>

Avrupa Çevre Ajansı, (2024). *Göstergeler*. [Çevrim-içi: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators>], Erişim tarihi: 05.02.2024.

Baláz, V., Dokupilová, D., & Filčák, R. (2021). Participatory multi-criteria methods for adaptation to climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 26(4). <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09955-4>

Balsara, S., Jain, P. K., & Ramesh, A. (2019). An integrated approach using AHP and DEMATEL for evaluating climate change mitigation strategies of the Indian cement manufacturing industry. *Environmental Pollution*, 252, 863–878. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.059>

Bell, M. L., Hobbs, B. F., Elliott, E. M., Ellis, H., & Robinson, Z. (2001). An evaluation of multi-criteria methods in integrated assessment of climate policy. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 10(5), 229–256. <https://doi.org/10.1002/mcda.305>

Bell, M. L., Hobbs, B. F., & Ellis, H. (2003). The use of multi-criteria decision-making methods in the integrated assessment of climate change: implications for IA practitioners ARTICLE IN PRESS. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37.

Biswas, T. K., Chaki, S., & Das, C. (2019). MCDM technique application to the selection of an Indian institute of technology. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 2, 2620–1747. <https://doi.org/10.31181/10.31181/oresta1903065b>

Brauers, W. K. M. (2004). *Optimization methods for a stakeholder society. A revolution in economic thinking by multiobjective optimization*. Kluwer.

Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Vilutiene, T. (2008). Multi-objective contractor's ranking by applying the moora method. *Journal of Business Economics and Management*, 9(4), 245–255. <https://doi.org/10.3846/1611-1699.2008.9.245-255>

Brodny, J., & Tutak, M. (2023). Assessing the Energy and Climate Sustainability of European Union Member States: An MCDM-Based Approach. *Smart Cities*, 6(1), 339–367. <https://doi.org/10.3390/smartcities6010017>

Chakraborty, S., Datta, H. N., Kalita, K., & Chakraborty, S. (2023). A narrative review of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MOORA) method in decision making. *OPSEARCH*, 60(4), 1844–1887. <https://doi.org/10.1007/s12597-023-00676-7>

- Chatterjee, S., & Chakraborty, S. (2023). 3D printing machine selection using novel integrated MEREK-MCRAT MCDM method. *AIP Conference Proceedings*, 2786(1). <https://doi.org/10.1063/5.0145447>
- Chung, E. S., & Kim, Y. (2014). Development of fuzzy multi-criteria approach to prioritize locations of treated wastewater use considering climate change scenarios. *Journal of Environmental Management*, 146, 505–516. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.08.013>
- Danh, T. H., Ngoc, N. D., Nga, N. T. T., Pi, V. N., & Thieu, N. N. (2022). Application of MOORA and MEREK methods to select the best schema of scissors mechanisms. *Journal of Military Science and Technology*, 177-184.
- De Azevedo Reis, G., de Souza Filho, F. A., Nelson, D. R., Rocha, R. V., & da Silva, S. M. O. (2020). Development of a drought vulnerability index using MCDM and GIS: study case in São Paulo and Ceará, Brazil. *Natural Hazards*, 104(2), 1781–1799. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04247-7>
- Ecer, F., & Aycin, E. (2023). Novel comprehensive MEREK weighting-based score aggregation model for measuring innovation performance: The case of G7 countries. *Informatica*, 34(1), 53-83.
- Ersoy, N. (2022). OECD ve AB üyesi ülkelerin inovasyon performanslarının MEREK-MARCOS bütünleşik modeli ile ölçümü. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(3), 1039-1063.
- Fedajev, A., Stanujkic, D., Karabašević, D., Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2020). Assessment of progress towards “Europe 2020” strategy targets by using the MULTIMOORA method and the Shannon Entropy Index. *Journal of Cleaner Production*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118895>
- Florindo, T. J., Florindo, G. I. B. de M., Talamini, E., Costa, J. S. da, Léis, C. M. de, Tang, W. Z., Schultz, G., Kulay, L., Pinto, A. T., & Ruviaro, C. F. (2018). Application of the multiple criteria decision-making (MCDM) approach in the identification of Carbon Footprint reduction actions in the Brazilian beef production chain. *Journal of Cleaner Production*, 196, 1379–1389. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.116>
- Gadakh, V. S., Shinde, V. B., & Khemnar, N. S. (2013). Optimization of welding process parameters using MOORA method. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 69(9–12), 2031–2039. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5188-2>
- Ghoushchi, S. J., Ab Rahman, M. N., Soltanzadeh, M., Rafique, M. Z., Hernadewita, Marangalo, F. Y., & Ismail, A. R. (2023). Assessing Sustainable Passenger Transportation Systems to Address Climate Change Based on MCDM Methods in an Uncertain Environment. *Sustainability (Switzerland)*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/su15043558>
- Gillingham, P. K., Britton, J. R., Jones, G., Miller-Rushing, A., Stafford, R., & Slater, H. (2024). Climate change adaptation for biodiversity in protected areas: An overview of actions. *Biological Conservation*, 289, 110375. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110375>
- Golfam, P., Ashofteh, P. S., Rajaei, T., & Chu, X. (2019a). Prioritization of Water Allocation for Adaptation to Climate Change Using Multi-Criteria Decision Making (MCDM). *Water Resources Management*, 33(10), 3401–3416. <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02307-7>
- Golfam, P., Ashofteh, P. S., & Loaiciga, H. A. (2019b). Evaluation of the VIKOR and FOWA Multi-Criteria Decision Making Methods for Climate-Change Adaptation of Agricultural Water Supply. *Water Resources Management*, 33(8), 2867–2884. <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02274-z>
- Hottenroth, H., Sutardhio, C., Weidlich, A., Tietze, I., Simon, S., Hauser, W., Naegler, T., Becker, L., Buchgeister, J., Junne, T., Lehr, U., Scheel, O., Schmidt-Scheele, R., Ulrich, P., & Viere, T. (2022). Beyond climate change. Multi-attribute decision making for a sustainability assessment of energy system transformation pathways. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111996>
- Ikhlas, N., & Ramadan, B. S. (2024). Community-based watershed management (CBWM) for climate change adaptation and mitigation: Research trends, gaps, and factors assessment. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140031. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140031>
- Ivanaj, S. (2024). Public information as a catalyst for individual-level behavior to mitigate climate change. *Journal of Cleaner Production*, 434. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140029>
- Kara, K., Yalçın, G. C., Acar, A. Z., Simic, V., Konya, S., & Pamucar, D. (2024). The MEREK-AROMAN method for determining sustainable competitiveness levels: A case study for Turkey. *Socio-Economic Planning Sciences*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101762>
- Keleş, N. (2023a). Türkiye'nin 81 ilinin sağlık performansının güncel karar verme yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (75), 120-141.
- Keleş, N. (2023b). A multi-criteria decision-making framework based on the merec method for the comprehensive solution of forklift selection problem. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 18(2), 573-590.

- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2021). Determination of objective weights using a new method based on the removal effects of criteria (MEREK). *Symmetry*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/sym13040525>
- Kim, Y., & Chung, E. S. (2013a). Assessing climate change vulnerability with group multi-criteria decision making approaches. *Climatic Change*, 121(2), 301–315. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0879-0>
- Kim, Y., & Chung, E. S. (2013b). Fuzzy VIKOR approach for assessing the vulnerability of the water supply to climate change and variability in South Korea. *Applied Mathematical Modelling*, 37(22), 9419–9430. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2013.04.040>
- Kim, Y., & Chung, E. S. (2015). Robust Prioritization of Climate Change Adaptation Strategies Using the VIKOR Method with Objective Weights. *Journal of the American Water Resources Association*, 51(5), 1167–1182. <https://doi.org/10.1111/jawr.12291>
- Kowalska, N., Šigut, L., Stojanović, M., Fischer, M., Kyselova, I., & Pavelka, M. (2020). Analysis of floodplain forest sensitivity to drought: Floodplain forest during drought. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1810). <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0518>
- Lee, G., Choi, J., & Jun, K. S. (2017). MCDM approach for identifying urban flood vulnerability under social environment and climate change. *Journal of Coastal Research*, 33(79), 209–213. <https://doi.org/10.2112/SI79-043.1>
- Lei, T., Wu, J., Li, X., Geng, G., Shao, C., Zhou, H., Wang, Q., & Liu, L. (2015). A new framework for evaluating the impacts of drought on net primary productivity of grassland. *Science of the Total Environment*, 536, 161–172. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.138>
- Li, J., Zhai, Z., Li, H., Ding, Y., & Chen, S. (2024). Climate change's effects on the amount of energy used for cooling in hot, humid office buildings and the solutions. *Journal of Cleaner Production*, 442, 140967. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140967>
- Lu, H., Zhao, Y., Zhou, X., & Wei, Z. (2022). Selection of agricultural machinery based on improved CRITIC-entropy weight and GRA-TOPSIS method. *Processes*, 10(2), 266–284. <https://doi.org/10.3390/pr10020266>
- Mastilo, Z., Štilić, A., Gligović, D., & Puška, A. (2024). Assessing the Banking Sector of Bosnia and Herzegovina: An Analysis of Financial Indicators through the MEREK and MARCOS Methods. *Journal of Central Banking Theory and Practice*, 13(1), 167–197.
- Mperejekumana, P., Shen, L., Zhong, S., Muhirwa, F., Gaballah, M. S., & Nsigayehe, J. M. V. (2024). Integrating climate change adaptation into water-energy-food-environment nexus for sustainable development in East African Community. *Journal of Cleaner Production*, 434. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140026>
- Nagababu, G., Srinivas, B. A., Kachhwaha, S. S., Puppala, H., & Kumar, S. V. V. A. (2023). Can offshore wind energy help to attain carbon neutrality amid climate change? A GIS-MCDM based analysis to unravel the facts using CORDEX-SA. *Renewable Energy*, 219. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119400>
- O'Brien, C., Stern, M., Brousseau, J., Hansen, L., & Hull, R. B. (2024). Participant perspectives on effective elements and impacts of climate change adaptation workshops in the United States. *Climate Services*, 33, 100436. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100436>
- Oğuz, A., & Satır, H. (2024). Analyzing Profitability Performance with the Integrated MEREK-COBRA Method: The Case of BIST Retail Companies. *Business and Economics Research Journal*, 15(1), 33–50.
- Orhan, S., Azkeskin, S. A., & Aladağ, Z. (2023). MOORA yöntemleri ve TOPSIS arasındaki ilişkinin bir yatırım önceliği belirleme probleminde incelenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(4), 1508–1516.
- Ozcalici, M. (2022). Asset allocation with multi-criteria decision making techniques. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 5(2), 78–119. <https://doi.org/10.31181/dmame0305102022o>
- Ömürbek, N., & Eren, H. (2016). Promethee, Moora ve Copras yöntemleri ile oran analizi sonuçlarının değerlendirilmesi: Bir uygulama. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(16), 174–187.
- Papadaskalopoulou, C., Katsou, E., Valta, K., Moustakas, K., Malamis, D., & Dodou, M. (2015). Review and assessment of the adaptive capacity of the water sector in Cyprus against climate change impacts on water availability. *Resources, Conservation and Recycling*, 105, 95–112. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.017>
- Pisor, A. C., Touma, D., Singh, D., & Jones, J. H. (2023). To understand climate change adaptation, we must characterize climate variability: Here's how. *One Earth*, 6(12), 1665–1676. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.11.005>

- Qin, X. S., Huang, G. H., Chakma, A., Nie, X. H., & Lin, Q. G. (2008). A MCDM-based expert system for climate-change impact assessment and adaptation planning - A case study for the Georgia Basin, Canada. *Expert Systems with Applications*, 34(3), 2164–2179. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.02.024>
- Rahko, J., & Alola, A. A. (2024). Examining green productivity amidst climate change technological development and spillovers in the Nordic economies. *Journal of Cleaner Production*, 434. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140028>
- Raj, D., Maity, S. R., & Das, B. (2023). Optimization of Process Parameters of Laser Cladding on AISI 410 Using MEREC Integrated MABAC Method. *Arabian Journal for Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s13369-023-08487-0>
- Satici, S. (2023). MEREC temelli WASPAS yöntemiyle üniversitelerin girişimci ve yenilikçi performanslarının değerlendirilmesi. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 17(2), 106-128.
- See, J., Cuaton, G. P., Placino, P., Vunibola, S., Thi, H. Do, Dombroski, K., & McKinnon, K. (2024). From absences to emergences: Foregrounding traditional and Indigenous climate change adaptation knowledges and practices from Fiji, Vietnam and the Philippines. *World Development*, 176, 106503. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2023.106503>
- Shanmugasundar, G., Sapkota, G., Çep, R., & Kalita, K. (2022). Application of MEREC in multi-criteria selection of optimal spray-painting robot. *Processes*, 10(6), 1172.
- Siksnyte-Butkiene, I., Karpavicius, T., Streimikiene, D., & Balezentis, T. (2022). The Achievements of Climate Change and Energy Policy in the European Union. *Energies*, 15(14). <https://doi.org/10.3390/en15145128>
- Song, J. Y., & Chung, E. S. (2016). Robustness, Uncertainty and Sensitivity Analyses of the TOPSIS Method for Quantitative Climate Change Vulnerability: a Case Study of Flood Damage. *Water Resources Management*, 30(13), 4751–4771. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1451-2>
- Şimşek, A., Çatır, O., & Ömürbek, N. (2015). TOPSIS ve MOORA yöntemleri ile tedarikçi seçimi: Turizm sektöründe bir uygulama. *Bahkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(33), 133-161.
- Toslak, M., Aktürk, B., & Ulutaş, A. (2022). MEREC ve WEDBA Yöntemleri ile Bir Lojistik Firmasının Yıllara Göre Performansının Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 363-372.
- Yenilmez, S., & Ertuğrul, İ. (2023). Laptop selection with MEREC based WASPAS method. *Business Economics and Management Research Journal*, 6(1), 18–27. <https://doi.org/10.58308/bemarej.1207859>
- Zafar, S., & Ammara, S. (2024). Variations in climate change views across Europe: An empirical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 442, 141157. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141157>
- Zamani, R., Ali, A. M. A., & Roozbahani, A. (2020). Evaluation of Adaptation Scenarios for Climate Change Impacts on Agricultural Water Allocation Using Fuzzy MCDM Methods. *Water Resources Management*, 34(3), 1093–1110. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02486-8>
- Zhang, M., Yuan, X., & Otkin, J. A. (2020). Remote sensing of the impact of flash drought events on terrestrial carbon dynamics over China. *Carbon Balance and Management*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13021-020-00156-1>
- Zolghadr-Asli, B., Bozorg-Haddad, O., Enayati, M., & Goharian, E. (2021). Developing a Robust Multi-Attribute Decision-Making Framework to Evaluate Performance of Water System Design and Planning under Climate Change. *Water Resources Management*, 35(1), 279–298. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02725-y>
-

Extended Summary

Assessment of Climate Change Adaptation Performance of European Union Countries With Integrated Mercec-Moora Approach

Global warming and climate change have become two of the most important global challenges since the late 1980s (Ivanaj, 2024). Today, climate change has affected basic human needs such as food, shelter, water and environmental health. Furthermore, climate change has increased global surface temperatures by about 0.865 °C since the late 19th century and the last decade, and temperatures are projected to continue rising throughout the 21st century (Ikhlas and Ramadan, 2024). Tackling climate change has long been high on the public policy agenda. The United Nations Paris Agreement (2015) agreed that "urgent action is essential to combat climate change and its impacts, proposing specific actions to consider mitigation, adaptation and implementation and support instruments" (Ivanaj, 2024). After the Paris Agreement and against a backdrop of increased global awareness of climate risks, a growing number of countries have published carbon or climate neutrality targets. Scandinavian countries in particular have set ambitious targets to reduce greenhouse gas emissions and achieve carbon neutrality (Rahko and Alola, 2024). The engagement of individuals is particularly important in addressing climate change by supporting policies related to achieving these goals, effectively reducing emissions, promoting the adoption of low-carbon energy technologies and implementing adaptation measures. Individuals also have the capacity to have a direct impact on climate change mitigation through personal behavioral changes, such as the use of public transport, among other actions (Zafar and Ammara, 2024). However, achieving the targets set by countries and ensuring sustainable economic growth depends on the development of new climate change mitigation technologies and their effective transfer globally (Rahko and Alola, 2024).

Although there are studies focusing on different aspects of climate change in previous research, the number of studies evaluating the adaptation performance of European Union (EU) countries to climate change is limited. Accordingly, this study aims to evaluate the adaptation performances of EU countries to climate change with the MEREC-MOORA integrated model, one of the multi-criteria decision-making techniques. In addition, it is aimed to propose an integrated approach that effectively evaluates the adaptation performance of countries to climate change. The climate change adaptation performances of the member states were analyzed with five criteria and the criteria weights were determined by MEREC method. With the help of MOORA technique, countries were ranked according to their performances. In addition, a two-stage sensitivity analysis was conducted to assess the reliability of the ranking results. In the first stage, the criteria weights were recalculated according to the CRITIC and Entropy methods and the countries were ranked again with the MOORA method. In the second stage, countries were ranked according to CoCoSo, GRA, EDAS and TOPSIS methods based on MEREC method criteria weights.

According to the MEREC method used in criterion weighting, "impact of drought on ecosystems" is the most important criterion, while "average CO₂ emissions per kilometer of new passenger cars" is the least important criterion. According to Lei et al. (2015), it is important to quantitatively assess the impact of different levels of drought, excluding the impact of other global change drivers on drought, to better cope with increasing global change. According to Zhang et al. (2020), more research using multiple observations is needed to analyze drought impacts on terrestrial ecosystems. Similarly, according to Kowalska et al. (2020), with the expected increase in the frequency and intensity of drought events, it is crucial to understand the impact of drought on ecosystems and quantify the conditions that limit sustainable ecosystem functioning. In this study, the results obtained with the MOORA method reveal that Southern Cyprus is the best performing country in terms of climate change adaptation and mitigation, while France performs

the poorest among EU countries. According to Papadaskalopoulou et al. (2015), Southern Cyprus is highly vulnerable to climate change as its water resources are already limited due to the island's semi-arid climate. Freshwater availability is almost entirely dependent on rainfall, which is highly variable with frequent prolonged periods of drought. However, the long-term average percentage of available water increased from an average of 70% between 2003 and 2013 (Papadaskalopoulou et al., 2015) to over 100% in 2019.

Overall, this study highlights the importance of adopting a multi-criteria decision-making approach to assess climate change adaptation and mitigation efforts among EU countries. The findings not only identify the best performing countries and areas for improvement, but also demonstrate the robustness of the proposed assessment framework by providing reliable and consistent results across different sensitivity analyses and comparison methodologies. This information can therefore inform policy makers and stakeholders in developing effective strategies to address climate change challenges at both national and regional level within the EU. However, this study has some limitations. First, the study focused only on EU countries and ignored the performance of non-EU countries. Future research could conduct a more comprehensive analysis to include different country groups such as OECD, ASEAN, BRICS-T, etc. Second, while the integrated approach has yielded consistent results, further validation through real-world data and case studies could improve the robustness of the model. Furthermore, given the dynamic nature of climate change, continuous monitoring and updating of criteria and methodologies is essential to maintain the validity and accuracy of the model over time. Finally, the inclusion of qualitative data and stakeholder perspectives can contribute to more holistic assessments by providing richer insights into the effectiveness of climate change policies and initiatives.