

Küresel Performans Göstergelerinin Toplulaştırma Teknikleri ile Entegrasyonu

Erhan ORAKÇI¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Hakkari Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, erhanorakci@hakkari.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8468-5710

Öz: Ülke performansını tek bir indeks kullanarak değerlendirmek, bu indekslerin genellikle belirli bir alanda uzmanlaşmış olması nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada, İnsani Gelişme İndeksi (İGE), Çevresel Performans İndeksi (ÇPE), Küresel İnovasyon İndeksi (KİE), Dünya Mutluluk Raporu (DMR) ve Dünya Adalet Projesi Hukukun Üstünlüğü İndeksi (DAP HÜE) gibi farklı indekslerin bir arada kullanılarak ülke performanslarının daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, bu indekslerin sonuçlarını toplulaştırmak için kullanılan Borda, Copeland, Dodgson ve RAT tekniklerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışma, RAT tekniğinin diğer tekniklere göre daha kesin ve tutarlı sonuçlar verdiğini göstermektedir. RAT tekniği, tüm ülkeleri tam olarak sıralayabilmiş ve aynı sıraya birden fazla alternatif atamamıştır. Buna karşılık, Borda, Copeland ve Dodgson teknikleri bazı durumlarda aynı sıraya birden fazla ülke atayarak tam sıralama yapmada zorluk yaşamıştır. Bununla beraber kullanılan tekniklerle elde edilen sıralamalar arasında yüksek düzeyde tutarlılık olduğu belirlenmiştir. Ülke performansları dikkate alındığında, Danimarka, Finlandiya ve İsveç gibi ülkeler yüksek performans sergilerken, Romanya, Macaristan, Bulgaristan ve Karadağ daha düşük performans göstermektedir. Türkiye ise genel olarak alt sıralarda yer almakta ve çeşitli alanlarda iyileştirmelere ihtiyaç duymaktadır. Çalışma, politika reformları, eğitim ve sağlık yatırımları, çevresel sürdürülebilirlik ve yenilikçilik alanlarında yapılacak iyileştirmelerin önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: RAT, Sosyal Tercih Fonksiyonları, İndeksler, Ülke Performansı, Toplulaştırma
Jel Kodları: C43, D70, D71, H11

Integration of Global Performance Indicators with Aggregation Techniques

Abstract: Evaluating country performance using a single index is often insufficient because these indices typically specialize in specific areas. This study aims to provide a more comprehensive assessment of country performances by using various indices together, including the Human Development Index (HDI), Environmental Performance Index (EPI), Global Innovation Index (GII), World Happiness Report (WHR), and World Justice Project Rule of Law Index (WJP RLI). Additionally, the results of these indices are aggregated using the Borda, Copeland, Dodgson, and RAT techniques, and the outcomes are compared. The study shows that the RAT technique provides more precise and consistent results compared to the other techniques. The RAT technique was able to rank all countries fully without assigning the same rank to multiple alternatives. In contrast, the Borda, Copeland, and Dodgson techniques faced difficulties in fully ranking the countries, often assigning the same rank to multiple countries. Nevertheless, a high degree of consistency was found among the rankings obtained with the used techniques. Considering country performances, Denmark, Finland, and Sweden demonstrate high performance, while Romania, Hungary, Bulgaria, and Montenegro show lower performance. Turkey generally ranks lower and needs improvements in various areas. The study emphasizes the importance of policy reforms, investments in education and health, environmental sustainability, and innovation.

Atıf: Orakçı, E. (2025). Küresel performans göstergelerinin toplulaştırma teknikleri ile entegrasyonu. *Fiscaeconomia*, 9(4), 2126-2154.
<https://doi.org/10.25295/fsecon.1543664>

Geliş Tarihi: 18.09.2024
Kabul Tarihi: 12.08.2025



Telif Hakkı: © 2025. (CC BY)
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Keywords: RAT, Social Choice Functions, Indices, Country Performance, Aggregation
Jel Codes: C43, D70, D71, H11

1. Giriş

Ülke performanslarının tek bir indeks üzerinden hesaplanması, bu indekslerin yalnızca belirli bir alanı veya sınırlı bir dizi göstergeleri değerlendirmesi nedeniyle yetersiz kalmaktadır; çünkü her bir indeks, ekonomik, sosyal, çevresel veya lojistik gibi belirli bir alanda uzmanlaşmış olup, bir ülkenin genel performansını kapsamlı bir şekilde yansıtmak için gerekli olan çok boyutlu bakış açısını sunamamaktadır (Gasser, 2020, s. 15). Örneğin, Lojistik Performans İndeksi (LPI), bir ülkenin lojistik ve taşımacılık altyapısının verimliliğini değerlendirirken, eğitim, sağlık hizmetleri, sosyal adalet ve yaşam kalitesi gibi diğer önemli alanları kapsamamaktadır. İnsani Gelişim İndeksi (İGE) eğitim ve yaşam beklentisi gibi insani gelişim göstergelerini dikkate almasına rağmen, inovasyon kapasitesi veya çevresel sürdürülebilirlik gibi geniş ekonomik ve çevresel göstergeleri içermemektedir. Benzer şekilde, Çevresel Performans İndeksi (ÇPE) ülkelerin çevresel sürdürülebilirlik performansını değerlendirirken, sosyal refah veya ekonomik rekabetçilik gibi diğer önemli faktörleri göz ardı etmektedir. Küresel Inovasyon İndeksi (KIE) ülkelerin inovasyon kapasitelerini değerlendirirken, insani gelişim veya çevresel sürdürülebilirlik gibi diğer alanları kapsam dışı bırakmaktadır. Dünya Mutluluk Raporu (DMR), ülkelerin vatandaşlarının mutluluğunu ve refahını değerlendirirken, ekonomik büyüme ve inovasyon kapasitesi gibi diğer önemli göstergelere odaklanmamaktadır. Dünya Adalet Projesi Hukukun Üstünlüğü İndeksi (DAP HÜE) ise, hukukun üstünlüğünü değerlendirirken, çevresel performans veya insani gelişim gibi diğer kritik alanları göz ardı etmektedir. Bu durum, ülkelerin performansını değerlendirirken tek bir indeksin yetersiz kalmasına ve çok boyutlu analizlerin gerekliliğine işaret etmektedir (Chen vd., 2009).

Tek bir indeksin dar kapsamı, bir ülkenin tüm yönlerini ve nüanslarını yakalayamaz; bu nedenle, daha doğru ve kapsamlı bir değerlendirme için çeşitli indekslerin birlikte kullanılması gerekmektedir. Bir ülkenin gelişmişlik düzeyini ve performansını yalnızca tek bir indeks kullanarak değerlendirmek, genellikle eksik ve yanıltıcı olabilir. Literatür, Tek bir indeksin yetersiz kaldığı durumlarda, çoklu indeks kullanımının daha kapsamlı ve dengeli bir değerlendirme sağladığını öne sürmektedir (Ivanová & Masárová, 2018; Orakçı & Özdemir, 2017; Ko & Samajdar, 2010). Çok sayıda indeksin bir araya getirilmesi, ekonomik performansın yanı sıra sosyal, çevresel ve lojistik faktörlerin de dikkate alınmasını sağlamaktadır. Bu bütüncül yaklaşım, ülkelerin güçlü ve zayıf yönlerini daha net bir şekilde ortaya koymakta ve politika yapıcılar için daha kapsamlı bir veri seti sunmaktadır (Shaker & Zubalsky, 2015; Cracolici vd., 2010, s. 340). Bileşik indeks, bir konunun çeşitli yönlerine ait bir dizi ölçümü özetleyerek, o konunun genel bir değerlendirmesini sağlayan güçlü ve yaygın olarak kullanılan bir araçtır. Bu araç, ekonomi, finans, politika değerlendirme, performans sıralaması ve daha birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bileşik indeksler, karmaşık verileri sadeleştirerek, karar vericilere daha net ve kapsamlı bir perspektif sunar (Chen vd., 2022, s. 67). Dolayısıyla, ülkelerin performansını tek bir indeks üzerinden değerlendirmek yerine, çeşitli indekslerin sunduğu verilerin toplulaştırılması ve bütünsel bir analiz yapılması, daha dengeli ve kapsayıcı bir performans değerlendirmesi sağlayacaktır.

Bileşik göstergeler veya indeksler, endüstriyel rekabet gücü, sürdürülebilir kalkınma, küreselleşme ve yenilik gibi çeşitli politika alanlarında ülkelerin karşılıklı ve göreceli ilerlemelerini kıyaslamak için ekonomik ve ticari istatistiklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bileşik göstergelerin tüm büyük uluslararası örgütler tarafından üretilmesi, bu göstergelerin politik önemini ve politika oluşturmadaki operasyonel değerini açıkça ortaya koymaktadır (Munda & Nardo, 2009, s. 1513). Literatürde sürdürülebilir kalkınma, çevresel etki, sağlık, sosyoekonomik gelişim gibi çeşitli alanları ölçmek için birden fazla indeks ve göstergenin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır: Hickel (2020) kalkınmanın çevresel etkileri de hesaba katması gerektiği bu nedenle HDİ'nin yetersiz olduğunu savunmuş ve HDİ'ye çeşitli göstergeler ekleyerek Sustainable Development Index (SDI) indeksini önermiştir. Sofrankova vd. (2021) AB ülkelerinde sürdürülebilir ekonomik büyümeyi GII, Doing Business Index (DBI), Economic Freedom

Index (EFI), Corruption Perception Index (CPI) ve HDI indeksleri ile incelemiştir. Onuferová vd. (2020) AB ülkelerinin ekonomik ve sosyal gelişimini Global Competitiveness Index (GCI), EFI, GII, CPI ve HDI indeksleriyle değerlendirmiştir. Kiseláková vd. (2019) AB ülkelerinde rekabet, iş ortamı ve insani gelişim ilişkisini GCI, DBI ve HDI indeksleriyle analiz ederken, Szigeti vd. (2013) GDP'ye alternatif indekslerin uygulanabilirliğini HDI, Happy Planet Index (HPI), EPI ve EF göstergesi ile araştırmıştır. Robaina vd. (2024) Avrupa'da ekolojik ayak izi ve insani gelişme ilişkisini (aralarında bir ödünleşmenin olup-olmadığını belirlemek amacıyla) HDI, EF, GI, Human Freedom Index (HFI) indeksleri ve Foreign Direct Investment (FDI), Urbanization (URB), Biodiversity (BIO) ve Renewable Energy (RE) göstergeleri ile değerlendirmiştir. Nuralina vd. (2023) ülkelerin sosyoekonomik gelişimini Composite Country Development Index (CCDI) önermiş ve bu indeksi Social Development Index (SDI), Digital Development Index (DDI), Economic Development Index (EDI) ve Environmental Security Index (ESI) indekslerini her biri üç indeksten oluşacak şekilde önermiş ve matematiksel bir teknik kullanarak ölçmüştür. van Helden (2021) cinsiyet farklarının kanser üzerindeki etkisini HDI, Gender Inequality Index (GII) indeksleri ve Gini katsayısı ve GDP göstergelerini kullanarak araştırmıştır. Figge vd. (2016) Maastricht Küreselleşme İndeksi'ni ve KOF indeksini kullanarak küreselleşme ile sürdürülebilir kalkınmanın ekolojik boyutu arasındaki istatistiksel ilişkiyi araştırmıştır. Mohammedi vd. (2025) dijital ekonominin sürdürülebilir kalkınmaya etkisini EPI, HDI, Geopolitical Risk Index (GPRI) ve makroekonomik göstergelerle analiz etmiş, son olarak Tunsı & Alidrisi (2023) G8 ülkeleri için yenilik tabanlı HDI geliştirmek amacıyla HDI, GII ve çeşitli inovasyon göstergelerini kullanmıştır.

Farklı indeksler, farklı boyutları ve göstergeleri dikkate alarak ülkelerin çeşitli yönlerini ölçmektedir. Bu nedenle, birden fazla indeksin bir arada kullanılması, daha bütüncül ve doğru bir değerlendirme imkânı sunmaktadır. Adler vd. (2010) bir ülkenin performansını ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarla değerlendirmeyi önermektedir. Robaina vd. (2024), sosyal, ekonomik ve çevresel boyutların birlikte ele alındığı bütüncül yaklaşımın büyük önem taşıdığını; Liu & Matsushima, (2019, s. 1357), seçilen indekslerin bir araya getirildiğinde toplumun günlük yaşamının tüm yönleriyle temsil edebilmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu çalışmada da ülkelerin performanslarını değerlendirmek için birden fazla indeksin kullanımının gerekliliği vurgulanmış, bu kapsamda İGE, ÇPE, KİE, DMR ve DAP HÜE indeksleri kullanılmıştır. İGE, DMR ve KİE ekonomik ve sosyal boyutları farklı açılardan ele alırken İGE sosyoekonomik gelişimi, DMR toplumsal refahı, KİE teknolojik ve bilimsel ilerlemeyi, ÇPE çevresel boyutu temsil etmekte, DAP HÜE ise hukuki altyapı ve adalet sistemini değerlendirmektedir. Adler vd. (2010) önerdiği ülke performans göstergelerine ek olarak DAP HÜE indeksinin değerlendirmeye dahil edilmesi, ülke performanslarının daha bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasını sağlamıştır. Bununla beraber seçilen indeksler arasında bazı ortak göstergeler bulunmaktadır. Örneğin, İGE ve DMR'de yaşam beklentisi, KİE ve ÇPE'de AR-GE harcamaları gibi benzer göstergeler yer almaktadır. Bu durum bazı faktörlerin ülke performansı üzerindeki önemini vurgulamakta ve indekslerin güvenilirliğini artırmaktadır. İndekslerin alt göstergeleri ortak olsa da bu göstergeler farklı metodolojilerle değerlendirilmekte, böylece her biri kendine özgü bir bakış açısı sunmaktadır.

Bu çalışma iki temel amacı bulunmaktadır: Birincisi, ülke performanslarının daha kapsamlı değerlendirilmesi için indeks sonuçlarının toplulaştırılması; ikincisi ise bu toplulaştırma sürecinde kullanılan Borda, Copeland, Dodgson teknikleri ile ÇKKV sıralamalarının toplulaştırılması için özel olarak geliştirilmiş Referans Alternatif Temelli Toplulaştırma Tekniği'nin (RAT) etkinliklerinin karşılaştırmalı analizidir. Çalışmanın uygulama alanını 27 AB üyesi ve 6 aday ülke oluşturmaktadır. Bu tekniklerin her biri, farklı sıralama ve toplulaştırma yöntemleri sunarak, ülkelerin genel performanslarını daha doğru ve dengeli bir şekilde karşılaştırmayı sağlamaktadır. Çalışmanın kapsamı, bu tekniklerin teorik temellerini ve uygulama adımlarını açıklamanın yanı sıra, R kodları

kullanarak örnek ülkeler üzerinde pratik uygulamalar yapmayı da içermektedir. Sonuç olarak, elde edilen bulgular değerlendirilecek ve gelecekteki çalışmalar için önerilerde bulunulacaktır.

2. İndekslerin Tanıtımı

İndeksler, ülkelerin performansını çeşitli boyutlarda değerlendiren ve karşılaştırmalar yaparak gelişim stratejilerini şekillendirmelerine yardımcı olan analitik araçlardır. Ekonomik, sosyal, çevresel, politik ve daha birçok alanda kullanılan bu indeksler, ülkelerin genel refah seviyesini, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma çabaları başta olmak üzere birçok alanda ülkeleri değerlendirmek için kritik öneme sahiptir. İndeksler, politika yapıcılar ve uluslararası kuruluşlar için hem mevcut durumu değerlendirme hem de geleceğe yönelik stratejiler belirleme konusunda rehberlik etmektedir (Pimonenko vd., 2018, s. 3). Bu çalışma, beş farklı indeksin kullanımını içermektedir: İGE, ÇPE, KİE, DMR ve DAP HÜE. Bu indeksler, farklı boyutları ve göstergeleri dikkate alarak ülkelerin genel durumlarını ve gelişmişlik seviyelerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi sağlamaktadır. Ele alınan indeksler ve bu indekslerin genel olarak ülkelerin hangi yönlerini ölçtükleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan İndeksler ve Kapsamları

İndeksler	Göstergeler									
	Sağlık	Eğitim	Refah	Eşitlik	Çevre	Sürdürülebilir Kalkınma	Ekonomik Performans	İnovasyon	Özgürlük ve Demokrasi	Adalet ve Hukukun Üstünlüğü
Human Development Index (HDI) - İnsani Gelişim İndeksi (İGE)	✓	✓	✓				✓			
Environmental Performance Index (EPI) - Çevresel Performans İndeksi (ÇPE)					✓	✓				
Global Innovation Index (GII) - Küresel İnovasyon İndeksi (KİE)		✓					✓	✓		
World Happiness Report (WHR)- Dünya Mutluluk Raporu (DMR)	✓		✓	✓			✓		✓	
World Justice Project Rule of Law Index (WJP RLI) - Dünya Adalet Projesi Hukukun Üstünlüğü İndeksi (DAP HÜE)				✓					✓	✓

Tablo 1 incelendiğinde bir ülkeyi tanımlamak ve sahip olduğu potansiyeli değerlendirmek için gerekli olan temel göstergelerin (sağlık, eğitim, refah, eşitlik, çevre, sürdürülebilir kalkınma, ekonomik performans, inovasyon, özgürlük ve demokrasi, adalet ve hukukun üstünlüğü) dikkate alındığı görülmektedir. Bu durum, bir ülkenin neredeyse tüm yönleriyle değerlendirilmesini mümkün kılarak, politika yapıcılarının ve araştırmacıların daha kapsamlı ve doğru analizler yapmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, bu çok boyutlu yaklaşım, ülkelerin güçlü ve zayıf yönlerini daha net şekilde ortaya koyarak, gelişim stratejilerinin daha fazla hedefe yönelik ve etkili bir şekilde oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu kapsamlı değerlendirme, sürdürülebilir kalkınmayı teşvik ederken, sosyal ve ekonomik politikaların iyileştirilmesine de katkıda bulunmaktadır. Dolayısıyla, Tablo 1’de yer alan göstergeler, bir ülkenin potansiyelini en iyi şekilde yansıtmak ve gelişim alanlarını belirlemek için kritik öneme sahiptir. Çalışmada ele alınan indekslerin kapsamı, hangi göstergeleri ele aldıkları ve önemleri ilerleyen bölümlerde anlatılmıştır.

2.1 İnsani Gelişmişlik İndeksi (İGE)

İGE, ülkelerin insan gelişimini ölçen kapsamlı bir araçtır. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (BMKP) tarafından 1990 yılından beri hazırlanan bu indeks, sağlık, eğitim ve yaşam standardı gibi temel insani gelişim göstergelerini değerlendirir. İGE,

ülkelerin insani gelişim düzeylerini karşılaştırmak ve politikalarını iyileştirmek için önemli bir referans noktası sunmaktadır (Ünal, 2008, s. 90).

Tablo 2. İGE ile Ele Alınan Ana Göstergeler ve Alt Göstergeler

Ana Göstergeler	Alt Göstergeler
Sağlık	Doğumda beklenen yaşam süresi.
Eğitim	Ortalama eğitim süresi ve beklenen eğitim süresi.
Yaşam Standardı	Kişi başına düşen Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH).

Kaynak: UNDP, 2023-2024

İGE, ülkelerin insani gelişim düzeylerini ölçmek ve karşılaştırmak amacıyla kullanılmakta ve Tablo 2’de belirtilen üç ana göstergeden oluşmaktadır. Her bir gösterge, performansın ne kadar iyi olduğunu gösteren bir puanla değerlendirilir. Bu puanlar, sağlık, eğitim ve yaşam standardı olmak üzere üç ana boyutta toplanmaktadır. İGE, bu üç boyutun geometrik ortalaması alınarak hesaplanmakta ve her ülke için bir genel puan oluşturulmaktadır. Gösterge verileri, uluslararası karşılaştırılabilirliği sağlamak için normalize edilmekte ve 0-1 arasında bir ölçek kullanılarak standartlaştırılmaktadır. Burada 0, en kötü performansı 1 ise en iyi performansı temsil etmektedir (Özdemir & Duman, 2024, s. 46; Kılıç & Gökçeli, 2024, s. 221).

Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası, ILO, UNESCO gibi uluslararası kuruluşlardan ve ulusal istatistik ofislerinden alınan verileri kullanan İGE, ülkelerin insani gelişim düzeylerini ve sürdürülebilir kalkınmalarını değerlendirmek için önemli bir araçtır. Bu indeks, politika yapıcılar ve hükümetler için insani gelişim stratejilerini geliştirmede rehberlik ve insani gelişim performansını iyileştirmek için uluslararası iş birliğini teşvik etmektedir (United Nations Development Programme [UNDP], 2023-2024).

İGE, veri eksiklikleri ve kalitesi nedeniyle bazı ülkeler için tam anlamıyla temsil edici olmayabilir. Her ülkenin insani gelişim öncelikleri ve koşulları farklı olduğundan, İGE'nin sonuçları ülkeler arasında doğrudan karşılaştırma yaparken dikkatle yorumlanmalıdır. Ayrıca, İGE sadece mevcut verilerle sınırlıdır ve gelecekteki insani gelişim değişikliklerini tam olarak yansıtmayabilir.

2.2. Çevresel Performans İndeksi (ÇPE)

ÇPE, ülkelerin ekolojik etkinliklerini kapsamlı göstergeler ışığında değerlendiren bir indekstir. Çevresel veri toplama ve analiz konularında uzmanlaşmış Yale Üniversitesi ve Columbia Üniversitesi tarafından geliştirilen bu indeks, çevresel sağlık ve ekosistem canlılığına dayalı çeşitli göstergeleri kullanarak ülkelerin çevresel politikalarını ve performanslarını ölçmektedir (Arfanuzzaman, 2016). ÇPE, hükümetler, politika yapıcılar, araştırmacılar ve sivil toplum kuruluşları için rehber niteliğindedir. Amaç, ülkelerin çevresel politikalarını değerlendirmek, çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmek ve çevresel yönetim uygulamalarını iyileştirmektir. ÇPE, çevresel sağlık ve ekosistem canlılığı üzerinde odaklanarak, ülkelerin çevresel performanslarını karşılaştırmakta ve iyileştirme alanlarını belirlemektedir (Shahabadi vd., 2017). Bununla beraber birçok kişi, bir ülkenin ekonomik gelişiminin Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) ile ölçüldüğünü düşünse de GSYİH, çevresel performans gibi önemli faktörleri göz ardı etmektedir. Oysa çevresel performans, bir ülkenin uzun vadeli gelişimi ve refahı açısından büyük bir öneme sahiptir. Günümüzde çevre sorunları, sürdürülebilir kalkınmanın temel unsurlarından biri olarak kabul edilmekte ve bir ülkenin gelecekteki ekonomik ve sosyal başarısını doğrudan etkilemektedir (Mondejar-Jimenez vd., 2014, s. 1279). Bu nedenle çok önemli bir rapordur.

Tablo 3. ÇPE ile Ele Alınan Ana Göstergeler, Konu Kategorileri ve Alt Göstergeler

Ana Göstergeler	Konu Kategorileri	Alt Göstergeler
Çevresel Sağlık	Hava Kalitesi (%11)	PM _{2.5} , evde katı yakıt kullanımı, ozon, nitrogen oksitler, sülfür dioksit, karbon monoksit, uçucu organik bileşikler
	Su ve Sanitasyon (%5)	Güvenli olmayan sanitasyon, güvenli olmayan içme suyu
	Ağır Metaller (%2)	Kurşun maruziyeti
	Atık Yönetimi (%2)	Kontrollü katı atık, geri dönüşüm, okyanus plastik kirliliği
Ekosistem Canlılığı	Biyoçeşitlilik ve Habitat (%18)	Ulusal biyom koruma, küresel biyom koruma, deniz koruma alanları, koruma alanları temsil indeksi, biyoçeşitlilik habitat indeksi, tür koruma indeksi, tür habitat indeksi
	Ekosistem Hizmetleri (%8)	Ağaç örtüsü kaybı, sulak alan kaybı, çayır alan kaybı
	Balıkçılık (%5)	Balık stok durumu, deniz trofik indeksi, trol ve dredging
	Asit Yağmurları (%4)	SO ₂ emisyonları, NO _x emisyonları
	Tarım (%4)	Sürdürülebilir azot kullanımı, sürdürülebilir pestisit kullanımı
	Su Kaynakları (%3)	Atık su arıtma
İklim Değişikliği	İklim Değişikliği Azaltımı (%38)	CO ₂ artış oranı, CH ₄ artış oranı, N ₂ O artış oranı, F-Gaz artış oranı, siyah karbon artış oranı, 2050 projeksiyonu sera gazı emisyonları, arazi kullanım değişikliklerinden kaynaklı CO ₂ , sera gazı yoğunluğu, kişi başına düşen sera gazı

Kaynak: Block vd., 2024

ÇPE, Tablo 3'te belirtilen alt göstergelerin birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Her bir gösterge, çevresel performansın düzeyini yansıtan puanlarla ölçülmekte ve çevresel sağlık, ekosistem canlılığı ve iklim değişikliği olmak üzere üç ana boyutta ele alınmaktadır. ÇPE, söz konusu üç boyuta ait puanların ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanmakta ve her ülke için bir genel puan skoru elde edilmektedir. ÇPE, Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) gibi uluslararası kuruluşlardan ve ulusal istatistik ofislerinden alınan verilere dayanmaktadır (Block vd., 2024).

2.3. Küresel İnovasyon İndeksi (Kİİ)

Kİİ, ülkelerin yenilikçilik performanslarını ölçen kapsamlı bir araçtır. Amaç, ülkelerin yenilikçilik ekosistemlerini değerlendirmek, yenilikçilik kapasitesini artırmak ve ekonomik büyümeyi teşvik etmektir. Kİİ, yenilikçilik politikalarının etkinliğini değerlendirmede ve yenilikçilik stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Taş, 2017, s. 111). Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (WIPO) tarafından hazırlanan bu indeks, yenilikçilik ekosistemlerinin performansını değerlendirmek ve küresel yenilikçilik eğilimlerini izlemek amacıyla kullanılmaktadır. Kİİ, 132 ülkenin yenilikçilik kapasitesini ve başarılarını karşılaştırarak, politika yapıcılar ve araştırmacılar için önemli bir referans noktası sunmaktadır (Baykul, 2022).

Tablo 4. Kİİ ile Ele Alınan Ana Göstergeler ve Alt Göstergeler

Ana Göstergeler	Alt Göstergeler
Kurumsal Yapı	Siyasi Ortam: Hükümet etkinliği, siyasi istikrar Düzenleyici Ortam: Yasal ve düzenleyici kalite İş Ortamı: İş yapma kolaylığı
İnsan Sermayesi ve Araştırma	Eğitim: İlköğretim, ortaöğretim ve yükseköğretim kalitesi Ar-Ge: Araştırma kurumlarının kalitesi, AR-GE harcamaları
Altyapı	Bilgi ve İletişim Teknolojileri (ICT): İnternet erişimi, dijital altyapı Genel Altyapı: Enerji ve ulaşım altyapısı Çevresel Sürdürülebilirlik: Çevresel performans ve sürdürülebilirlik
Pazar Sofistikasyonu	Kredi: Yerel krediye erişim Yatırım: Yatırım iklimi ve doğrudan yabancı yatırımlar
İş Sofistikasyonu	Bilgi İşlem: Yenilikçi firmaların yoğunluğu İnovasyon Bağlantıları: Üniversite-sanayi işbirliği Bilgi İletişimi: Bilgi işleme ve yayma
Bilgi ve Teknoloji Çıktıları	Bilgi Yaratma: Patentler, bilimsel makaleler Bilgi Yayılması: Bilgi yayılımı ve teknoloji transferi Yenilikçi Ürünler: Yüksek teknoloji ihracatı
Yaratıcı Çıktılar	Yaratıcı Ürünler: Eğlence ve medya ürünleri Yaratıcı Mallar: Tasarım ve marka değeri Çevrimiçi Yaratıcılık: İnternet içeriği ve dijital ürünler

Kaynak: Cornell University, INSEAD ve WIPO, 2024.

KİE, Tablo 4'te belirtilen 80 göstergeye dayalı olarak oluşturulmaktadır. Her bir gösterge, performansı nicel olarak ölçen bir puanlama sistemiyle değerlendirilmektedir. Bu puanlar, yenilikçilik girdileri ve çıktıları olmak üzere iki temel bileşen altında kategorize edilmektedir. KİE, söz konusu iki bileşenin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanmakta ve her ülke için nihai bir inovasyon skoru elde edilmektedir (WIPO, 2024).

2.4. Dünya Mutluluk Raporu (DMR)

DMR, ülkelerin mutluluk düzeylerini ölçen ve karşılaştırılmasını mümkün kılan çok boyutlu bir ölçüm çerçevesi sunmaktadır. Raporda, insan refahını ve yaşam memnuniyetini değerlendirmek için çeşitli göstergeler kullanılmaktadır. Bu indeks, hükümetler, politika yapıcılar, araştırmacılar ve sivil toplum kuruluşları için rehber niteliğindedir. Amaç, ülkelerin refah seviyelerini artırmak, sosyal ve ekonomik politikalarını değerlendirmek ve iyileştirmektir. DMR, mutluluğun nasıl ölçüleceği ve artırılacağı konusunda bir yol haritası sunmaktadır. DMR, bağımsız uzmanlar tarafından yazılmış olup, Birleşmiş Milletler tarafından desteklenen çeşitli kuruluşların katkılarıyla yayımlanmaktadır. DMR ile ele alınan ana göstergeler ve alt göstergeler Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. DMR ile Ele Alınan Ana Göstergeler ve Alt Göstergeler

Ana Göstergeler	Alt Göstergeler
Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) Kişi Başına	Ülkenin ekonomik üretimi ve kişi başına düşen gelir.
Sosyal Destek	Zor zamanlarda güvenilecek birinin olup olmadığı.
Sağlıklı Yaşam Beklentisi	Fiziksel ve zihinsel sağlık durumu.
Yaşam Seçimleri Özgürlüğü	Yaşamda önemli kararları alabilme özgürlüğü.
Cömertlik	Hayır kurumlarına bağış yapma sıklığı.
Yolsuzluk Algısı	Hükümet ve iş dünyasında yolsuzluk algısı.
Distopya (Varsayılan)	En düşük mutluluk düzeyine sahip varsayımsal ülke ile karşılaştırma.

Kaynak: WHR, 2023

DMR, Cantril merdiveni yöntemi kullanılarak yapılan anketlerle toplanan verilere dayanmakta ve Gallup Dünya Anketi gibi güvenilir kaynaklardan elde edilen verilerin toplanmasıyla oluşturulmaktadır. Her ülkeye ilişkin olarak yılda yaklaşık 1000 anket yapılmakta ve elde edilen yanıtlar, nüfus temsili ulusal ortalamalar oluşturmak için ağırlıklandırılarak bir puan elde edilmektedir. Bu puanlar, ülkenin genel mutluluk düzeyini belirlemek için bir araya getirilmektedir. (WHR, 2023).

2.5. Dünya Adalet Projesi Hukukun Üstünlüğü İndeksi (DAP HÜE)

DAP HÜE, World Justice Project tarafından yayımlanan ve ulusal düzeyde hukukun üstünlüğüne ilişkin performansın çok boyutlu değerlendirilmesini sağlayan kapsamlı bir ölçüm sistemidir. 2008 yılından beri her yıl yayımlanmakta ve dünya genelinde hukukun üstünlüğü ile ilgili çeşitli göstergeleri kullanarak ülkelerin performanslarını değerlendirmektedir. Bu indeks, hükümetler, politika yapıcılar, araştırmacılar ve sivil toplum kuruluşları için rehber niteliğindedir. Amaç, ülkelerin adalet sistemlerini değerlendirmek, hukukun üstünlüğünü teşvik etmek ve adalet yönetimi uygulamalarını iyileştirmektir. DAP HÜE ile ele alınan ana boyutlar ve alt göstergeler Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. DAP HÜE ile Ele Alınan Ana Boyutlar ve Alt Göstergeler

Ana Boyutlar	Alt Göstergeler
Hükümet Yetkilerinin Sınırlanması	Yasama ve yürütme organlarının denetimi, Yargı bağımsızlığı
Yolsuzluk	Hükümet, yargı, polis ve askeri güçlerde yolsuzluk
Açıklık	Hükümet şeffaflığı, bilgiye erişim, sivil katılım
Temel Haklar	Adil yargılanma hakkı, ifade özgürlüğü, dini özgürlükler
Düzen ve Güvenlik	Suç oranları, polis güvenilirliği, kamusal güvenlik
Düzenleyici Uygulamalar	Düzenleyici kurumların etkinliği, Düzenleyici kurumların tarafsızlığı
Sivil Adalet	Adalet erişimi, hukuki süreçlerin etkinliği
Ceza Adaleti	Ceza yargılamalarının etkinliği ve tarafsızlığı, polis etkinliği

Kaynak: WJP, 2023

DAP HÜE, hukukun üstünlüğü performansını ölçen sekiz ana boyuttan oluşmaktadır. Her bir gösterge, performansın ne kadar iyi olduğunu gösteren bir puanla değerlendirilmekte ve bu puanlar 0-1 arasında bir ölçek kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu hesaplamada 1 en iyi performansını temsil etmektedir. DAP HÜE, bu sekiz boyutun ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanır ve her ülke için bir genel puan oluşturulmaktadır. İndeks, World Justice Project tarafından gerçekleştirilen anket çalışmaları, uzman değerlendirmeleri ve vatandaş görüşlerinden elde edilen verileri temel almakta; ülkelerin hukukun üstünlüğü performanslarının karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla standart metodolojik yaklaşımlar benimsenmektedir (WJP, 2023).

3. Sosyal Tercih Fonksiyonları

Sosyal tercih fonksiyonu, bireysel tercihlerden yola çıkarak toplumsal düzeyde bir tercih sıralaması veya karar oluşturmak için kullanılan matematiksel tekniklerdir. Sosyal tercih fonksiyonları, bireylerin tercihlerini toplulaştırarak ortak bir tercih veya sıralama oluşturmaktadır (Fishburn, 1974, s. 63). Bu fonksiyonlar, toplumun genel refahını maksimize etmek veya adil ve demokratik kararlar almak amacıyla kullanılmaktadır. Ancak, bu ideal özelliklerin hepsini aynı anda karşılamak her zaman mümkün olmayabilir. Kenneth Arrow (1951) tarafından geliştirilen ve yayımlanan doktora tezinde açıklanan Arrow'un "İmkansızlık Teoremi", belirli adil kriterler altında sosyal tercih fonksiyonlarının bazı çelişkiler içerdiğini ve kusursuz bir sosyal tercih fonksiyonunun mevcut olamayacağını ortaya koymuştur. Arrow, bir sosyal tercih fonksiyonunun aşağıdaki beş şartı aynı anda karşılamasının mümkün olmadığını ispatlamıştır (Arrow, 2012):

1. **Evrensel Geçerlilik (Universal Domain):** Her seçmen, herhangi bir tercih sıralamasını ifade edebilir.
2. **Pozitif Tepki (Positive Response):** Bir alternatifin desteğin artması, o alternatifin kazanma şansını azaltmamalıdır.
3. **Bağımsızlık (Independence of Irrelevant Alternatives):** İki alternatif arasındaki tercih, üçüncü bir alternatifin varlığı veya yokluğundan etkilenmemelidir.
4. **Pareto Verimliliği (Pareto Efficiency):** Tüm seçmenler bir alternatifi diğerine tercih ediyorsa, sistem bu tercihi yansıtmalıdır.
5. **Diktatörlük (Non-dictatorship):** Tek bir seçmenin tercihi tüm sonucu belirlememelidir.

Bu teorem, sosyal tercih fonksiyonlarının tasarımında önemli kısıtlamalar getirmekte ve ideal bir toplumsal karar mekanizmasının zorluklarını ortaya koymaktadır (Fishburn, 1970; Berkowitz, 1979). Bununla birlikte, sosyal tercih fonksiyonları birçok alanda etkin olarak kullanılmaktadır. Sosyal tercih fonksiyonları, farklı bireylerin veya grupların tercihlerinin dikkate alınmasını sağlayarak, daha adil ve kapsayıcı kararlar alınmasına yardımcı olmaktadır. Sosyal tercih fonksiyonları, kamu politikası, seçim sistemleri, ekonomik karar alma süreçleri, organizasyonel karar verme gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, kamu politikalarının belirlenmesinde, toplumun genel refahını artırmak amacıyla farklı kesimlerin görüş ve tercihleri dikkate alınarak kararlar alınır. Seçim sistemlerinde, oyların toplulaştırılması ve kazananın belirlenmesi süreçlerinde sosyal tercih fonksiyonları kullanılarak daha adil ve temsil edici sonuçlar elde edilebilmektedir. Ayrıca, ÇKKV süreçlerinde de farklı kriterlere göre elde edilen sıralamaların birleştirilmesinde sosyal tercih fonksiyonları önemli bir rol oynamaktadır (Marchant, 2003, s. 343). Sosyal tercih fonksiyonlarının kullanılarak sıralamaların toplulaştırıldığı güncel bazı (2020-2024) çalışmalar Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Sosyal Tercih Fonksiyonlarının Kullanıldığı Güncel Bazı Çalışmalar

Yazar(lar)	Konu	Kullanılan Teknik	Toplulaştırma Tekniği
Dortaj vd. (2020)	Yeraltı barajlarının inşası için en uygun bölgeyi belirlemek amacıyla, İran'ın İsfahan eyaletindeki 10 farklı bölge karşılaştırması	ELECTRE I-II-III	Borda, Copeland
Ghafari vd. (2020)	Şehir yeşil alanlarının geliştirilmesi amacıyla mevcut ve önerilen bitki türlerinin değerlendirilmesi	TOPSIS, ARAS, CODAS, EDAS	Borda, Copeland, Ortalama
Aytekin & Orakçı (2020)	Türkiye'deki dört büyük spor kulübünün ((Beşiktaş, Fenerbahçe, Galatasaray, Trabzonspor)) finansal, sportif ve sosyal performansları değerlendirilmesi	SAW, MAPPAC, QUALIFLEX, TODIM, EDAS, VIKOR	Borda, Copeland, Nanson, Ortalama, Cook ve Seiford, Kemeny
Donyayi vd. (2020)	Golestan Barajı rezervuarının işletilmesinde aşağı havza su taleplerinin karşılanması amacıyla taşıyan algoritmaların performanslarının değerlendirilmesi	TOPSIS, VIKOR, LINMAP, SAW, ELECTRE I	Borda, Copeland, Ortalama
Almutairi vd. (2021)	Rüzgar ve güneş enerjisini kullanarak hidrojen üretimi için en uygun yerlerin belirlenmesi	ARAS, CODAS, TOPSIS, SAW	Borda, Copeland, Ortalama
Ecer (2021)	Bataryalı elektrikli araç seçimi	SECA, CoCoSo, MARCOS, ARAS, COPRAS, MAIRCA	Borda, Copeland
Firouzi vd. (2021)	Biyoyakıt üretimi için uygun biyokütle kaynaklarının değerlendirilmesi ve seçimi	TOPSIS, ARAS, WASPAS	Borda, Copeland, Ortalama
Boyacı (2021)	OECD ülkelerinin COVID-19 ile mücadeledeki performanslarının değerlendirilmesi	SWARA*, TOPSIS, COPRAS, ARAS	Borda
Poongavanam vd. (2021)	Otomobil klimalarında düşük küresel ısınma potansiyeline sahip soğutucu seçimi	TOPSIS, EDAS, MOORA	Borda
Marques vd. (2021)	Elektrik üretim tesisi için en iyi enerji kaynağı seçimi	PROMETHEE-ROC	Borda, Copeland, Black, Hare, Nanson
Bączkiewicz vd. (2021)	Ürün seçimi için karar destek sistemi oluşturulması	TOPSIS-COMET, CoCoSo, EDAS, MAIRCA, MABAC	Copeland
Özbilen & Bayazıt (2021)	Yapılar için en iyi iç duvar alternatifinin seçimi.	TOPSIS	Copeland
Mohseni vd. (2022)	Gıda tedarik zincirinin itici güçleri ve engellerinin tanımlanması ve sıralanması.	TOPSIS, COPRAS, AHP**	Borda, Copeland, Ortalama
Kiani vd. (2022)	Üniversitelerde dış kaynak kullanımı yoluyla gerçekleştirilebilecek faaliyetlerin belirlenmesi ve sıralanması	Bulanık TOPSIS, Bulanık SAW, Bulanık VIKOR	Borda, Copeland, Ortalama
Biswas vd. (2022a)	Hindistan'da Bombay Menkul Kıymetler Borsası'na kayıtlı Hızlı Tüketim Malları ve Dayanıklı Tüketim Malları sektörlerine ait seçilmiş kuruluşların temettü ödeme yeteneklerini karşılaştırılması	LOPCOW*, EDAS, MABAC, COPRAS, SAW	Borda, Copeland
Elsheikh vd. (2022)	Ürdün özelinde e-devlet stratejilerinin başarılı bir şekilde uygulanması için en iyi stratejilerin seçimi ve sıralanması	SWOT Analizi	Borda, Copeland, Maximin
Alao vd. (2022)	Biogaz tabanlı kombine ısı ve güç sistemleri seçimi	Bulanık BWM, Bulanık Entropi*, Bulanık CoCoSo	Borda, Copeland
Biswas vd. (2022b)	COVID-19'un, Hindistan'daki bazı sektörlerdeki firmaların performansına olan erken etkisinin incelenmesi	LOPCOW, EDAS	Borda
Heidary Dahooie vd. (2022)	İran'da güneş enerji santralleri için en iyi konumun seçimi.	SWARA*, CCSD*, ARAS, COPRAS, TODIM, WASPAS, MOORA (PP, RM, FM), TOPSIS	Borda
Danış (2022)	OECD ülkelerinin refah göstergeleri kullanılarak sıralanması	TOPSIS, VIKOR, GİA	Copeland
Jing vd. (2023)	Tahran Menkul Kıymetler Borsasında listelenen şirketlerde hisse senedi portföylerinin optimal seçimi	VIKOR, COPRAS, TOPSIS, WASPAS, Taxonomy	Borda, Copeland, Ortalama
Akdemir & Şimşek (2023)	Amazon Şirketinin finansal performansını on beş yıllık bir dönemde (2005-2019) analiz ederek şirket performansı hakkında çıkarımlar yapılması	COPRAS, ARAS, SAW, CRITIC*	Borda, Copeland
Amin vd. (2023)	Öğrenci yaratıcılık programları için danışman öğretim görevlilerini belirlemek amacıyla bir grup karar destek sistemi modeli geliştirilmesi	Wighted Product (WP)	Borda
Çubukçu vd. (2023)	COVID-19 pandemisinin yarattığı sorunlara yönelik yenilikçi proje fikirleri girişimcilerden ve potansiyel katkı sağlayıcılardan toplanan en iyi fikirlerin belirlenmesi.	WSM, TOPSIS, VIKOR	Borda, Copeland, Ortalama

Güçlü & Muzac (2024)	Türkiye’de ham demir çelik üretimi gerçekleştiren işletmelerin finansal performanslarının değerlendirilmesi.	MULTIMOORA	Sıralı Baskınlık, Copeland
Polatgil & Güler (2024)	Türkiye'deki 20 vakıf üniversitesinin öğrenci memnuniyeti verileri kullanılarak üniversite memnuniyet sıralaması.	TOPSIS, VIKOR, AHP PROMETHEE, AHP**, SWARA*, CRITIC*, ENTROPİ*	Copeland
Komijan vd. (2024)	COVID-19 pandemisi döneminde, İran'daki hastanelerin hizmet kalitesine göre performanslarını SERVQUAL modeli çerçevesinde değerlendirmesi.	Küresel Bulanık AHP*, Küresel Bulanık SAW	Borda, Copeland

Notlar: (*), kriterlerin ağırlıklandırılması için kullanılan teknik; **(**)**, kriterlerin ağırlıklandırılması ve sıralaması için kullanılan teknik.

Sosyal tercih fonksiyonlarının kullanılarak sıralamaların toplulaştırıldığı çalışmalar Tablo 7’de gösterilmiştir. Bu çalışmalar incelendiğinde, en fazla kullanılan sosyal tercih fonksiyonlarının Borda ve Copeland teknikleri olduğu görülmüştür. Ancak literatürdeki bu baskın tekniklerin yanı sıra, özellikle Condorcet kuralı ve Dodgson tekniği önemli katkılar sunmaktadır. Bu dört teknik ile aynı amaca hizmet eden ve görece çok yeni, tamamen matematiksel bir yaklaşım sunan RAT tekniği aşağıda açıklanmıştır.

3.1 Condorcet Kuralı

Condorcet kazanan, sosyal tercih teorisinde ve oy verme sistemlerinde kullanılan bir kavramdır. Marquis de Condorcet (1785) tarafından tanımlanan bu kavram, bir seçmen grubunun alternatifler arasındaki ikili karşılaştırmalarına dayanmaktadır. Bu kurala göre, bir alternatifin Condorcet kazananı olabilmesi için diğer tüm alternatiflere karşı ikili karşılaştırmalarda üstün gelmesi gerekmektedir. Yani, bir alternatif, her bir rakibiyle yapılan ikili karşılaştırmada daha fazla tercih edilirse Condorcet kazanan olarak tanımlanmaktadır. Diğer yandan her zaman bir Condorcet kazananı bulunamayabilir.

Condorcet kazanan, diğer tüm alternatiflerle yapılan ikili karşılaştırmalarda her birine karşı galip gelen alternatiftir. Yani, bir alternatif (A) Condorcet kazananı ise, (A) diğer tüm alternatiflere (B, C, D, vb.) karşı ikili oylamada çoğunluğun desteğini alır. Bu, aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- Alternatif A, alternatif B'ye karşı oylandığında, çoğunluk A'yı tercih ediyorsa,
 - Alternatif A, alternatif C'ye karşı oylandığında, çoğunluk A'yı tercih ediyorsa,
 - Alternatif A, alternatif D'ye karşı oylandığında, çoğunluk A'yı tercih ediyorsa,
- A, Condorcet kazananı olur.

Condorcet kazananının bulunmadığı durumlar da mümkündür, bu durumda döngüler oluşabilir. Condorcet Paradox olarak bilinen durum, A'nın B'ye, B'nin C'ye ve C'nin A'ya tercih edilmesi gibi döngüsel bir tercihin ortaya çıkmasıdır. Bu durumda, net bir kazanan belirlenemez (Holliday, 2024).

3.2 Borda Tekniği

Borda tekniği, tercihlerin her bir kriterdeki sıralama pozisyonlarına dayalı olarak puanlanmasını ve bu puanların toplanarak nihai sıralamanın elde edilmesini sağlayan bir sosyal tercih fonksiyonudur. Bu yöntem, ilk olarak 18. yüzyılda Fransız matematikçi Jean-Charles de Borda tarafından geliştirilmiştir ve çoğunlukla seçim sistemlerinde ve karar verme süreçlerinde kullanılmaktadır.

Borda tekniğinin işleyişi şu şekildedir: Her seçmen veya karar verici, tercih ettikleri tercihleri sıralar. Her sıralama pozisyonu belirli bir puan alır; genellikle, birinci sıradaki tercih en yüksek puanı alır ve her bir sonraki sıra bir önceki sıradan daha düşük bir puan alır. Örneğin, n adet tercih varsa, birinci sıradaki tercih n-1 puan alır, ikinci sıradaki n-2 puan alır ve bu şekilde devam eder. Her bir tercih için tüm seçmenlerin verdiği puanlar toplanır ve bu şekilde her tercihin toplam puanı hesaplanır. Tercihler, toplam puanlarına göre sıralanır; en yüksek puanı alan tercih birinci sırada yer alır ve bu şekilde sıralama devam eder (Rao & Kopparty, 2015).

Örnek: Dört tercihe ait sıralamalar aşağıda verilmiştir. Bu sıralamaların Borda tekniğine göre toplulaştırılması detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

Sıralama 1: A>B>C>D

Sıralama 2: $A > C > D > B$

Sıralama 3: $C > B > D > A$

Sıralama 4: $D > A > B > C$

Borda skoru, her tercihin her sırada aldığı oyların ağırlıklı toplamını hesaplayarak belirlenir. En yüksek skoru alan tercih, Borda kazananı olur.

Borda Puanlaması:

1.sıradaki tercih: 3 puan

2.sıradaki tercih: 2 puan

3.sıradaki tercih: 1 puan

4.sıradaki tercih: 0 puan

A sırasıyla; 1., 1., 4., ve 2. sırada dolayısıyla Borda skoru $= 3 + 2 + 0 + 2 = 8$

B sırasıyla; 2., 4., 2., ve 3. sırada dolayısıyla Borda skoru $= 2 + 0 + 2 + 1 = 5$

C sırasıyla; 3., 2., 1., ve 4. sırada dolayısıyla Borda skoru $= 1 + 2 + 3 + 0 = 6$

D sırasıyla; 4., 3., 3., ve 1. sırada dolayısıyla Borda skoru $= 0 + 1 + 1 + 3 = 5$

Yukarıdaki borda skorları dikkate alındığında A (8 puan) Borda kazananı olur ve sıralama $A > C > B = D$ şeklinde olur.

Borda Tekniği, çoğunluğun tercihlerini dikkate alırken, daha düşük sıradaki tercihlerin de önemli olduğu dengeli bir karar alma yöntemi sunar. Bu yöntem, seçmenlerin veya karar vericilerin tüm tercihlerini göz önünde bulundurarak daha adil ve kapsayıcı bir sonuç elde edilmesini sağlar.

Açıklık getirilmesi gereken diğer bir konu da ÇKKV literatürü incelendiğinde Borda ve Copeland gibi sosyal tercih fonksiyonlarının ÇKKV teknikleri olarak kabul edildiği ve bu şekilde işlem adımlarının anlatıldığı görülmektedir. Ancak, ÇKKV tekniklerinin geçmiş 60 yıla dayanırken, sosyal tercih fonksiyonlarının kökeni milattan öncesine kadar uzanmaktadır. Bu nedenle, literatürde terimlerin doğru kullanılması büyük önem taşımaktadır.

3.3. Copeland Tekniği

Copeland tekniği, sosyal tercih teorisinde ve oy verme sistemlerinde kullanılan bir tekniktir. Bu teknikte, her bir tercihin diğer tercihlere karşı ikili karşılaştırmalarda kazandığı ve kaybettiği sayıya dayanarak bir sıralama belirlenmektedir (Copeland, 1951).

Copeland tekniği şu şekilde çalışmaktadır: Her tercih, diğer tüm tercihlerle ikili olarak karşılaştırılır ve çoğunluğun desteğini alan tercih, ikili karşılaştırmayı kazanmış sayılır. Her bir tercih için kazandığı ve kaybettiği ikili karşılaştırmaların sayısı belirlenir; bir tercih, başka bir tercihe karşı kazandığı her karşılaştırma için bir puan (+1), kaybettiği her karşılaştırma için sıfır puan alır. Eğer iki tercih berabere kalırsa, her iki tercih de genellikle yarım puan (+0.5) alır (Saari & Merlin, 1996, s. 51). Bu şekilde her tercih için toplamda elde edilen puanlar toplanır ve bu toplam puanlar, o tercihin Copeland skorunu oluşturur. Tercihler, Copeland skorlarına göre sıralanır; en yüksek skoru alan tercih, en üstte yer alır ve bu tercih Copeland kazananı olarak kabul edilir. Copeland skoru, her tercihin diğer tercihlerle yapılan ikili karşılaştırmalarda kazandığı ve kaybettiği sayının farkı ile belirlenir. En yüksek skoru alan tercih, Copeland kazananı olur. Aynı sıralamalar Copeland tekniği ile toplulaştırılmıştır.

S1: $A > B > C > D$

S2: $A > C > D > B$

S3: $C > B > D > A$

S4: $D > A > B > C$

Copeland tekniğinde $n(n-1)/2$ tane ikili karşılaştırma yapılır. Dört alternatif için $4(4-1)/2=6$ tane karşılaştırma aşağıda verilmiştir. Her tercih diğeri ile karşılaştırılır.

A - B: A'nın B'ye göre önde olduğu sıralama sayısı ($A > B$) = 3 (S1, S2, S4), B'nin A'ya göre önde olduğu sıralama sayısı ($B > A$) = 1 (S3), sonuç: A kazanır.

A - C: $A > C$ = 2 (S1, S2, S4), $C > A$ = 1 (S3), sonuç: A kazanır

A - D: $A > D$ = 2 (S1, S2), $D > A$ = 2 (S3, S4), sonuç: Beraberlik

B - C: $B > C$ = 2 (S1, S4), $C > B$ = 2 (S2, S3), sonuç: Beraberlik

B - D: $B > D = 2$ (S1, S3), $D > B = 2$ (S2, S4), sonuç: Beraberlik

C - D: $C > D = 3$ (S2, S3, S4), $D > C = 1$ (S1), sonuç: C kazanır

Copeland Skorları:

A: 2 kazanç (B'ye ve C'ye karşı), 0 kayıp, 1 beraberlik (D'ye karşı) = $1+1+0.5=2.5$

B: 0 kazanç, 1 kayıp (A'ya karşı), 2 beraberlik (C ve D'ye karşı) = $0+0.5+0.5=1$

C: 1 kazanç (D'ye karşı), 1 kayıp (A'ya karşı), 1 beraberlik (B'ye karşı) = $1+0+0.5=1.5$

D: 0 kazanç, 1 kayıp (C'ye karşı), 2 beraberlik (A ve B'ye karşı) = $0+0.5+0.5=1$

Örnekte, A tüm ikili karşılaştırmalarda diğer alternatiflere karşı ya kazanmış ya da berabere kalmıştır, bu yüzden A Condorcet kazananıdır. Elde edilen alternatif sıralamaları ise; $A > C > B = D$ şeklinde gerçekleşmiştir.

Copeland tekniğinin avantajları ve dezavantajları şunlardır: Hesaplanması görece basittir ve ikili karşılaştırmalar kullanarak tercihlerin doğrudan çoğunluk desteğini ölçmektedir. Ancak, beraberlik durumları ve döngüler (Condorcet paradoksu) ortaya çıkabilir ve her zaman tek bir kazanan belirlemek mümkün olmayabilir. Copeland tekniği, özellikle Condorcet kazananını belirlemek için sıkça kullanılır ve sosyal tercih teorisi çalışmaları için önemli bir araçtır.

3.4. Dodgson Tekniği

Dodgson tekniği, Charles Dodgson (daha çok Lewis Carroll olarak bilinir) tarafından geliştirilen ve seçimlerde kullanılan bir oy verme tekniğidir. Dodgson tekniği, bir alternatifin Condorcet kazananı olması için gereken minimum değişiklik sayısını belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu teknik, Condorcet kazananın olmadığı seçimlerde, hangi alternatifin Condorcet kazananına en yakın olduğunu belirlemek için kullanılmaktadır (Ratliff, 2011, s. 79).

Dodgson Tekniği şu şekilde çalışmaktadır: Öncelikle, her tercihin başlangıçtaki sıralaması belirlenir. Eğer bir tercih tüm diğer tercihlere karşı ikili karşılaştırmalarda kazanıyorsa (Condorcet kazananı), o tercih Dodgson kazananıdır. Eğer hiçbir tercih Condorcet kazananı değilse, her tercih için Condorcet kazananı olmasını sağlamak için gereken minimum oy değişiklik sayısı hesaplanır (Recknagel & Besold, 2017, s. 162). Bu değişiklikler, bir seçmenin tercihlerinde küçük değişiklikler yaparak gerçekleştirilir. Her tercih için Condorcet kazananı olmasını sağlamak için gereken oy değişikliklerinin toplam maliyeti belirlenir; bu değişiklik maliyeti, bir seçmenin tercihini değiştirmek için gereken minimum değişiklik sayısını ifade eder. En düşük değişiklik maliyetine sahip olan tercih, Dodgson kazananı olarak seçilir.

Her alternatif için Condorcet kazananı olmasını sağlamak için gereken minimum oy değişikliklerinin hesaplanması aşağıdaki gibidir.

S1: $A > B > C > D$

S2: $A > C > D > B$

S3: $C > B > D > A$

S4: $D > A > B > C$

Yine aynı örnek üzerinden Dodgson tekniğine göre alternatiflerin teknik bazında aldıkları puanları ve dolayısıyla sıralamalarını elde edelim.

A için:

A - B: A kazandı, değişiklik gerekmez.

A - C: A kazandı, değişiklik gerekmez.

A - D: Beraberlik, A'nın kazanması için 1 sıralamanın D'den A'ya değişikliği gerekiyor.

Toplam değişiklik: $0 + 0 + 1 = 1$

B için:

B - A: A kazandı, B'nin kazanması için 2 sıralamanın A'dan B'ye değişikliği gerekiyor.

B - C: Beraberlik, B'nin kazanması için 1 sıralamanın C'den B'ye değişikliği gerekiyor.

B - D: Beraberlik, B'nin kazanması için 1 sıralamanın D'den B'ye değişikliği gerekiyor.

Toplam değişiklik: $2 + 1 + 1 = 4$

C için:

C - A: A kazandı, C'nin kazanması için 2 sıralamanın A'dan C'ye değişikliği gerekiyor.

C - B: Beraberlik, C'nin kazanması için 1 sıralamanın B'den C'ye değişikliği gerekiyor.

C - D: C kazandı, değişiklik gerekmez.

Toplam değişiklik: $2 + 1 + 0 = 3$

D için:

D vs A: Beraberlik, D'nin kazanması için 1 sıralamanın A'den D'ye değişikliği gerekiyor.

D vs B: Beraberlik, D'nin kazanması için 1 sıralamanın B'den D'ye değişikliği gerekiyor.

D vs C: C kazandı, D'nin kazanması için 2 sıralamanın C'den D'ye değişikliği gerekiyor.

Toplam değişiklik: $1 + 1 + 2 = 4$

Yukarıda elde edilen sonuçlara göre tercihlerin Condorcet kazanan olabilmesi için, A tercihinin 1; B tercihinin 4; C tercihinin 3 ve D tercihinin 4 sıralama değişikliğine ihtiyacı vardır. Bu durumda, en düşük değişiklik maliyetine sahip olan alternatif A'dır ve bu nedenle A, Dodgson kazananı olarak seçilir ve sıralama da $A > C > B = D$ şeklinde gerçekleşir.

3.5. Referans Alternatif Temelli Toplulaştırma Tekniği (RAT)

RAT, ÇKKV sonuçlarının toplulaştırılması amacıyla Orakçı (2022) tarafından geliştirilen, alternatiflerin ikili karşılaştırmasına veya alternatiflere puan verilmesine gerek olmayan matematiksel bir toplulaştırma tekniğidir. Borda, Copeland ve diğer sosyal tercih fonksiyonları, ÇKKV sonuçlarının toplulaştırılmasında tam sıralama yapma konusunda yetersiz kalmakta ve işlem adımları oldukça zaman alıcı olmaktadır. Bu nedenle, ÇKKV sonuçlarının toplulaştırılmasında tam sıralama elde etmek ve hızlı işlem yapmak amacıyla RAT geliştirilmiştir. RAT, diğer sosyal tercih fonksiyonları ile çok yüksek oranda benzer sonuçlar vermesiyle beraber tam sıralama problemini %98,8 oranında azaltmıştır. Bu teknik sayesinde, alternatiflerin aynı sıraya atanma durumları büyük ölçüde azalmıştır. ÇKKV uygulamalarında oldukça etkin olan RAT, alternatif sayısı arttıkça daha iyi sonuçlar vermektedir. Diğer sosyal tercih fonksiyonları, alternatif sayısı arttıkça tam sıralama sorunuyla karşılaşırken, RAT bu sorunu etkili bir şekilde çözmektedir. Bu nedenle, RAT, ÇKKV uygulamalarında hem hesaplama kolaylığı hem de tam sıralama sağlama açısından önemli bir yenilik sunmaktadır. RAT'ın işlem adımları m tane alternatif ve $n > 2$ tane sıralamadan oluşan; alternatiflerin satırlarda ve sıralamaların sütunlarda gösterildiği A matrisi olmak üzere;

Adım 1: Öncelikle M matrisinde bir alternatifin referans olarak seçilmesi gerekmektedir. Hangi alternatif olduğu önemli değildir fakat işlem kolaylığı açısından ilk alternatifin seçilmesi önerilmektedir.

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

Adım 2: RAT eşitlik 2'de verilen fonksiyon yardımıyla her alternatifte ait değer hesaplanır ve büyükten küçüğe doğru işlemler yapılır. Burada önemli olan referans alternatifin hangisi olduğudur. Çünkü bu referans alternatif kendisi dahil olmak üzere diğer alternatifler karşılaştırılacaktır. Kendisiyle karşılaştırıldığı için referans alternatifin değeri her zaman 0'dır.

$$M_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n sgn(s_{1j} - s_{ki}) \sqrt{|s_{1j}^2 - s_{ki}^2|} \quad (2)$$

Adım 3: Elde edilen sonuçlar büyükten küçüğe doğru sıralanarak alternatif sıralamaları elde edilir.

Sıralamaların toplulaştırılmasında iki temel gösterim türü vardır: sıralama bazlı gösterim ve öge bazlı gösterim. Sıralama bazlı gösterimde, sıralamalar sütun olarak gösterilir ve ögeler (alternatif, tercih, nesne) yatay olarak sıralanır. Öge bazlı gösterimde

ise, öğeler dikey olarak gösterilir ve her öğenin sıralamadaki yeri o öğenin hizasında belirtilir (Li vd., 2017, s. 182). Aynı örnek için A, B, C, D alternatiflerinin öğe bazlı ve sıralama bazlı gösterimleri Tablo 8’de verilmiştir. RAT tekniğinin kullanımında sıra bazlı gösterim kullanılmaktadır.

Tablo 8. RAT Çözümü için Sıralamaların Düzenlenmesi

Seçmen 1: A > B > C > D

Seçmen 2: A > C > D > B

Seçmen 3: C > B > D > A

Seçmen 4: D > A > B > C

➡

	Seçmen1	Seçmen2	Seçmen3	Seçmen4
A	1	1	4	2
B	2	4	2	3
C	3	2	1	4
D	4	3	3	1

Sıralamalar Tablo 8’deki gibi değiştirildikten sonra A alternatifi referans alternatif olarak belirlenip eşitlik 2 yardımıyla çözüm gerçekleştirilir. Aşağıda eşitlik 2’nin açılımı gösterilmiş ve M1 alternatifi için nasıl hesaplandığı detaylı olarak verilmiştir. Referans alternatifin değeri her zaman 0’dır. Diğer alternatifler için hesaplanması da referans alternatif kullanılarak yapılmaktadır.

$$\begin{aligned}
 M_1 &= \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 \operatorname{sgn}(s_{1j} - s_{1i}) \sqrt{|s_{1j}^2 - s_{1i}^2|} \\
 &= \sum_{i=1}^4 \left(\operatorname{sgn}(s_{11} - s_{1i}) \sqrt{|s_{11}^2 - s_{1i}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{12} - s_{1i}) \sqrt{|s_{12}^2 - s_{1i}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{13} - s_{1i}) \sqrt{|s_{13}^2 - s_{1i}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{14} - s_{1i}) \sqrt{|s_{14}^2 - s_{1i}^2|} \right) \\
 &= \left(\operatorname{sgn}(s_{11} - s_{11}) \sqrt{|s_{11}^2 - s_{11}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{11} - s_{12}) \sqrt{|s_{11}^2 - s_{12}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{11} - s_{13}) \sqrt{|s_{11}^2 - s_{13}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{11} - s_{14}) \sqrt{|s_{11}^2 - s_{14}^2|} \right) \\
 &\quad + \left(\operatorname{sgn}(s_{12} - s_{11}) \sqrt{|s_{12}^2 - s_{11}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{12} - s_{12}) \sqrt{|s_{12}^2 - s_{12}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{12} - s_{13}) \sqrt{|s_{12}^2 - s_{13}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{12} - s_{14}) \sqrt{|s_{12}^2 - s_{14}^2|} \right) \\
 &\quad + \left(\operatorname{sgn}(s_{13} - s_{11}) \sqrt{|s_{13}^2 - s_{11}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{13} - s_{12}) \sqrt{|s_{13}^2 - s_{12}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{13} - s_{13}) \sqrt{|s_{13}^2 - s_{13}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{13} - s_{14}) \sqrt{|s_{13}^2 - s_{14}^2|} \right) \\
 &\quad + \left(\operatorname{sgn}(s_{14} - s_{11}) \sqrt{|s_{14}^2 - s_{11}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{14} - s_{12}) \sqrt{|s_{14}^2 - s_{12}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{14} - s_{13}) \sqrt{|s_{14}^2 - s_{13}^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(s_{14} - s_{14}) \sqrt{|s_{14}^2 - s_{14}^2|} \right) \\
 M_1 &= \left(\operatorname{sgn}(1 - 1) \sqrt{|1^2 - 1^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(1 - 1) \sqrt{|1^2 - 1^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(1 - 4) \sqrt{|1^2 - 4^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(1 - 2) \sqrt{|1^2 - 2^2|} \right) \\
 &\quad + \left(\operatorname{sgn}(1 - 1) \sqrt{|1^2 - 1^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(1 - 1) \sqrt{|1^2 - 1^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(1 - 4) \sqrt{|1^2 - 4^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(1 - 2) \sqrt{|1^2 - 2^2|} \right) \\
 &\quad + \left(\operatorname{sgn}(4 - 1) \sqrt{|4^2 - 1^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(4 - 1) \sqrt{|4^2 - 1^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(4 - 4) \sqrt{|4^2 - 4^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(4 - 2) \sqrt{|4^2 - 2^2|} \right) \\
 &\quad + \left(\operatorname{sgn}(2 - 1) \sqrt{|2^2 - 1^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(2 - 1) \sqrt{|2^2 - 1^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(2 - 4) \sqrt{|2^2 - 4^2|} \right) + \left(\operatorname{sgn}(2 - 2) \sqrt{|2^2 - 2^2|} \right) \\
 M_1 &= A = 0 + 0 - \sqrt{15} - \sqrt{3} + 0 + 0 - \sqrt{15} - \sqrt{3} + \sqrt{15} + \sqrt{15} + 0 + \sqrt{12} + \sqrt{3} + \sqrt{3} - \sqrt{12} + 0 = 0 \\
 M_2 &= B = -\sqrt{3} - \sqrt{15} - \sqrt{3} - \sqrt{8} - \sqrt{3} - \sqrt{15} - \sqrt{3} - \sqrt{8} + \sqrt{12} + 0 + \sqrt{12} + \sqrt{7} + 0 - \sqrt{12} + 0 - \sqrt{5} = -16.45 \\
 M_3 &= C = -\sqrt{8} - \sqrt{3} + 0 - \sqrt{15} - \sqrt{8} - \sqrt{3} + 0 - \sqrt{15} + \sqrt{7} + \sqrt{12} + \sqrt{15} + 0 - \sqrt{5} + 0 + \sqrt{3} - \sqrt{12} = -10.85 \\
 M_4 &= D = -\sqrt{15} - \sqrt{8} - \sqrt{8} + 0 - \sqrt{15} - \sqrt{8} - \sqrt{8} + 0 + 0 + \sqrt{7} + \sqrt{7} + \sqrt{15} - \sqrt{12} - \sqrt{5} - \sqrt{5} + \sqrt{3} = -16.10
 \end{aligned}$$

Dolayısıyla büyükten küçüğe doğru alternatifleri sıraladığımızda; A>C>D>B şeklinde bir sıralama oluşmaktadır.

Borda, Copeland, Dodgson ve RAT’a göre elde edilen sonuçlar Tablo 9’da gösterilmiştir.

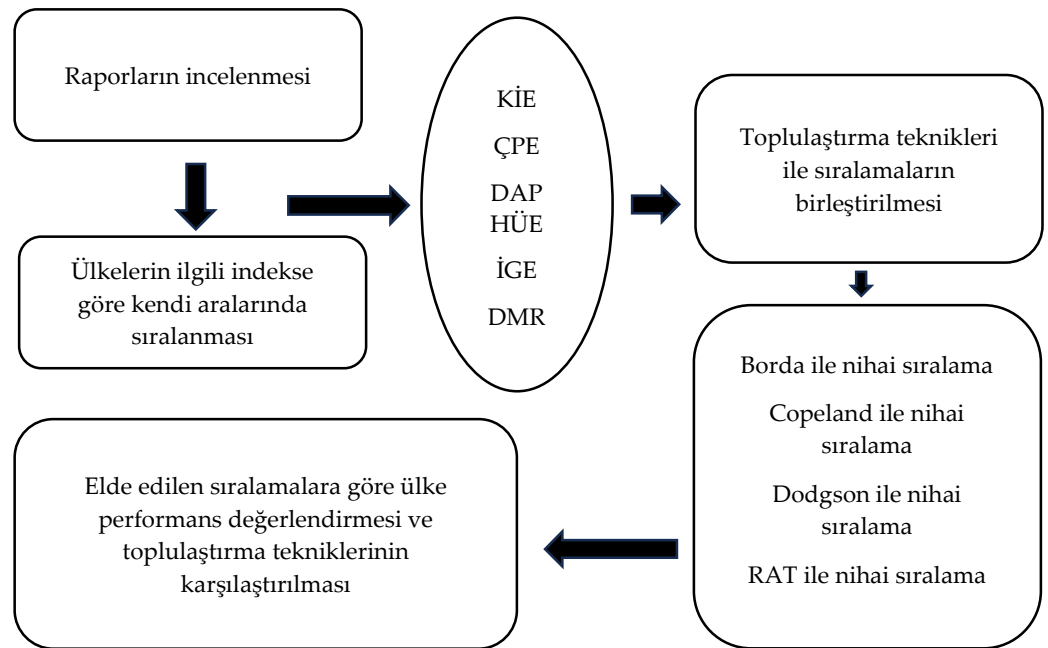
Tablo 9. Örnek Sıralamalara Göre Elde Edilen Nihai Sonuçlar

Teknik	Sonuç
Borda	$A > C > D = B$
Copeland	$A > C > D = B$
Dodgson	$A > C > D = B$
RAT	$A > C > D > B$

Tablo 9'a göre sonuçlar büyük oranda benzer olmasına rağmen RAT dışındaki teknikler B ve D alternatiflerini aynı sıraya atamıştır. Çalışmada kullanılan toplulaştırma teknikleri ile sıralamaların toplulaştırılması, örnek bir veri üzerinden gösterilmiştir. Çalışmada ele alınan ülkelere ait beş farklı sıralama ise sonraki bölümde R programı ile bir script oluşturularak gerçekleştirilmiştir.

4. Ülke İndekslerinin Toplulaştırılması ve R Programı ile Çözümler

Bu bölümde, İGE, ÇPE, KİE, DMR ve DAP HÜE indekslerin sonuçları Borda, Copeland, Dodgson ve RAT teknikleri ile toplulaştırılmaktadır. Bu süreç, ülkelerin sağlık, eğitim, refah, eşitlik, çevre, sürdürülebilir kalkınma, ekonomik performans, inovasyon, özgürlük ve demokrasi ile adalet ve hukukun üstünlüğü gibi göstergelerinin tamamını kapsamaktadır. Şekil 1'de sunulan akış diyagramı bu çok boyutlu toplulaştırma sürecinin aşamalarını görselleştirmektedir.

**Şekil 1.** Toplulaştırma süreci akış diyagramı

Tekniklerin teorik temelleri ve uygulama adımları önceki bölümde açıklandığından, burada R kodları kullanılarak örnek ülkeler üzerinde yapılan pratik uygulamalar yapılacaktır. Öncelikle çalışmanın konusunu oluşturan ülkelerin ele alınan beş indekse göre sıralamaları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Ülkelerin İndeksler Bazında Sıralamaları

Ülke	DMR (20-22)	DAP HÜE-23	KİE-23	ÇPE- 22	İGE- 22
Almanya	8	3	4	10	3
Avusturya	6	7	8	7	9
Belçika	10	9	11	16	6
Bulgaristan	30	28	30	26	30
Çekya	9	10	17	15	17
Danimarka	2	2	5	1	1
Estonya	15	17	7	11	16
Finlandiya	1	1	2	2	6
Fransa	12	12	6	9	13
Hollanda	3	6	25	13	22
Hırvatistan	24	24	3	8	5
İrlanda	7	8	10	19	3
İspanya	16	18	15	20	12
İsveç	4	4	1	4	1
İtalya	18	20	13	18	15
Kıbrıs	16	18	14	17	14
Letonya	21	13	21	12	20
Litvanya	11	10	19	23	20
Lüksemburg	5	4	9	5	8
Macaristan	25	30	20	24	26
Malta	14	16	12	3	11
Polonya	20	21	23	27	19
Portekiz	26	15	16	28	23
Romanya	22	23	27	22	28
Slovakya	19	22	26	14	24
Slovenya	13	14	18	6	9
Yunanistan	27	26	24	21	18
Arnavutluk	32	32	33	29	31
Bosna-Hersek	28	31	32	32	32
Karadağ	29	27	31	30	27
Kuzey Makedonya	31	29	29	25	33
Sırbistan	23	24	28	31	29
Türkiye	33	33	22	33	24

Tablo 10'daki sıralamalar AB üyesi 27 ülke ve 6 aday ülkeye aittir. Bu sonuçlar, çalışmada adı geçen indekslerden elde edilmiş ve ülkeler kendi aralarında sıralanmıştır. İndeks sıralamalarının toplulaştırılması Kod1'de verilen ve R programı ile oluşturulan kodlar yardımıyla yapılmıştır. Bu kodlarda, farklı oylama formlarını skor matrisine dönüştürerek çeşitli oylama yöntemlerinin uygulanmasını ve karşılaştırılmasını sağlayan votesys paketi (Wu, 2018), istatistiksel modelleme ve analiz için gerekli temel fonksiyonları içeren MASS paketi (Ripley vd., 2025), veri görselleştirme işlemlerini kolaylaştıran GGally paketi (Schloerke vd., 2024) ve değerlendiriciler arası güvenilirlik ve uyum katsayılarını hesaplamak için kullanılan irr paketi (Gamer vd., 2012) olmak üzere dört farklı R paketi kullanılmıştır. Tablo 9'da verilen sıralamalar da scriptte dahil edilmiştir. Herhangi bir çalışmada kullanılması için o çalışmaya ait sıralamaların eklenmesi ve ufak değişikliklerin yapılması gerekebilir.

Kod 1. Kullanılan Toplulaştırma Tekniklerine Ait Kodlar

```

library(irr)
library(votesys)
library(GGally)
library(MASS)
# Verilen sıralamalar
Siralama1 <- c(8, 6, 10, 30, 9, 2, 15, 1, 12, 3, 24, 7, 16, 4, 18, 16, 21, 11, 5, 25, 14, 20, 26, 22, 19, 13, 27, 32, 28, 29, 31, 23, 33)
Siralama2 <- c(3, 7, 9, 28, 10, 2, 17, 1, 12, 6, 24, 8, 18, 4, 20, 18, 13, 10, 4, 30, 16, 21, 15, 23, 22, 14, 26, 32, 31, 27, 29, 24, 33)
Siralama3 <- c(4, 8, 11, 30, 17, 5, 7, 2, 6, 25, 3, 10, 15, 1, 13, 14, 21, 19, 9, 20, 12, 23, 16, 27, 26, 18, 24, 33, 32, 31, 29, 28, 22)
Siralama4 <- c(10, 7, 16, 26, 15, 1, 11, 2, 9, 13, 8, 19, 20, 4, 18, 17, 12, 23, 5, 24, 3, 27, 28, 22, 14, 6, 21, 29, 32, 30, 25, 31, 33)
Siralama5 <- c(3, 9, 6, 30, 17, 1, 16, 6, 13, 22, 5, 3, 12, 1, 15, 14, 20, 20, 8, 26, 11, 19, 23, 28, 24, 9, 18, 31, 32, 27, 33, 29, 24)
matrisB <- as.matrix(data.frame(Siralama1, Siralama2, Siralama3, Siralama4, Siralama5))
matrisA <- t(matrisB)
matris_A <- create_vote(matrisA, xtype = 1)
B <- borda_method(matris_A)
C <- cdc_copeland(matris_A) #gözden geçir
D <- cdc_dodgson(matris_A)
Bs <- rank(B$other_info$count_min, ties.method = 'min')
Cs <- rank(-C$other_info$copeland_score, ties.method = 'min')
Ds <- rank(D$other_info$dodgson_quick, ties.method = 'min')
# RAT Tekniğinin hesaplanması
Es <- rep(0, nrow(matrisB))
for (satir in 1:nrow(matrisB)) {
  for (sutun in 1:ncol(matrisB)) {
    for (sabit in 1:ncol(matrisB)) {
      Es[satir] <- Es[satir] + (sign(matrisB[1, sabit] - matrisB[satir, sutun]) * sqrt(abs((matrisB[1, sabit]^2) -
(matrisB[satir, sutun]^2))))
    }
  }
}
RAT <- rank(-Es)
print(list(Bs = Bs, Cs = Cs, Ds = Ds, RAT = RAT))

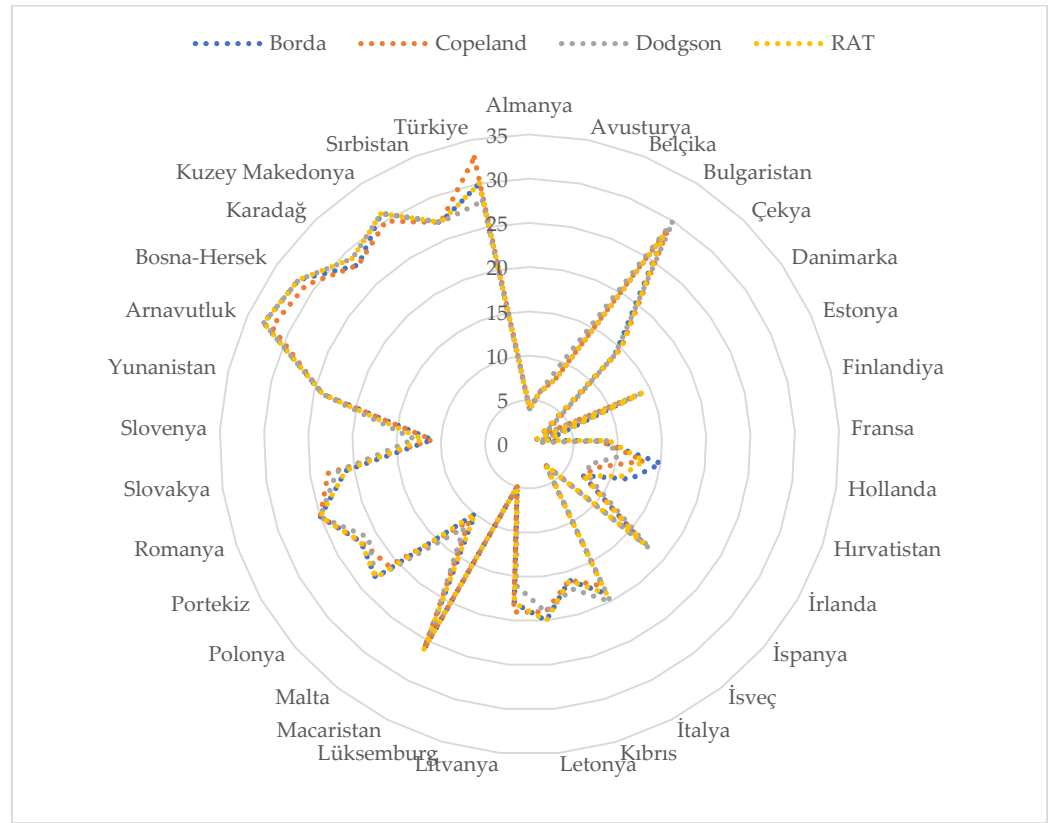
```

Kod 1’de verilen kodlar yardımıyla elde edilen sonuçlar Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Toplulaştırma Sonuçları

Ülkeler	Borda	Copeland	Dodgson	RAT
Almanya	4	4	4	4
Avusturya	6	6	6	6
Belçika	8	8	10	8
Bulgaristan	28	29	30	28
Çekya	14	15	14	15
Danimarka	1	2	2	1
Estonya	13	13	14	14
Finlandiya	2	1	1	2
Fransa	8	8	9	9
Hollanda	15	13	10	13
Hırvatistan	12	8	7	11
İrlanda	7	7	8	7
İspanya	17	17	18	17
İsveç	3	3	3	3
İtalya	19	18	20	19
Kıbrıs	16	16	17	16
Letonya	20	19	19	20
Litvanya	18	19	16	18
Lüksemburg	5	5	5	5
Macaristan	26	26	25	26
Malta	10	11	12	10
Polonya	23	21	23	23
Portekiz	22	22	21	22
Romanya	25	25	25	25
Slovakya	21	23	22	21
Slovenya	11	11	13	12
Yunanistan	24	24	24	24
Arnavutluk	33	32	33	33
Bosna-Hersek	32	31	32	32
Karadağ	28	28	29	29
Kuzey Makedonya	31	30	31	31
Sırbistan	27	27	27	27
Türkiye	30	33	28	30

Tablo 11’de aynı sıraya atanan alternatifler aynı renge boyanmıştır. Teknikler bazında sıralama benzerliklerinin daha net görünebilmesi için Şekil 2 aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Teknikler bazında ülke sıralamalarının radar grafiği ile gösterimi

Şekil 2’den de anlaşıldığı gibi teknikler benzer sonuçlar vermektedir. Şekil 2 ve Tablo 11 genel hatlarıyla değerlendirildiğinde aşağıdaki değerlendirmelere ulaşılabilir.

Borda tekniği, aynı sıraya birden fazla alternatif atanması durumuyla dikkat çekmektedir, bu da tekniğin tam sıralama yapmada bazı zorluklar yaşadığını göstermektedir. Örneğin, Belçika ve Fransa 8. sıraya atanmış olup, Borda tekniği bu iki ülkeyi ayırt edememiş ve eşit derecede değerlendirmiştir. Benzer şekilde, Bulgaristan ve Karadağ 28. sırada yer alırken, Estonya ve Hollanda 13. sırada yer almaktadır.

Copeland tekniği de benzer şekilde aynı sıraya birden fazla alternatif atayarak tam sıralama yapmada bazı zorluklar yaşadığını ortaya koymaktadır. Estonya ve Hollanda 13. sıraya, Letonya ve Litvanya 19. sıraya, Malta ve Slovenya ise 11. sıraya, Belçika, Fransa ve Hırvatistan’ı 8. sıraya atamıştır.

Dodgson tekniğinde de benzer şekilde aynı sıraya atanan ülkeler bulunmaktadır, bu da tekniğin tam sıralama yapmada bazı eksiklikleri olduğunu göstermektedir. Romanya ve Macaristan 25. sıraya, Polonya ve Malta 11. sıraya, Bulgaristan ve Karadağ ise 29. sıraya atanmıştır. Bu durum, Borda, Copeland ve Dodgson tekniklerinin bazı ülkeler arasında performans farkı gözetemediğini ve ülkeleri eşit performansta değerlendirdiğini göstermektedir.

Borda, Copeland ve Dodgson teknikleri, çoğu durumda aynı sıraya birden fazla ülke atayarak tam sıralama yapmada zorluk yaşamaktadır. Bu durum, bu tekniklerin belirli durumlarda yetersiz kaldığını göstermektedir. Buna karşılık, RAT tekniği tüm alternatifleri tam olarak sıralayabilmiş ve aynı sıraya birden fazla ülke atamamıştır.

Çalışmada Kendall W (Kendall's Coefficient of Concordance) katsayısı tercih edilmiştir çünkü bu istatistiksel yöntem özellikle sıralama verilerinin analizinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır (Kendall, 1948). Kendall W'nin en önemli avantajı, ikiden fazla değerlendiricinin (bu çalışmada farklı tekniklerin) uyumunu aynı anda ölçebilme ve birden fazla sıralama arasındaki uyumu tek bir katsayı ile ifade edebilme özelliğine sahip olmasıdır (Legendre, 2005; Marcinkiewicz, 2017, s. 305). Ayrıca 0 ile 1 arasında değer alan

bu katsayının yorumlanması oldukça açık ve anlaşılırdır. 0, değerlendiriciler arasında hiçbir uyum olmadığını, 1 ise tam uyum olduğunu gösterir. Bu özellikleri nedeniyle Kendall W, çalışmada kullanılan farklı sıralama tekniklerinin karşılaştırılması için metodolojik açıdan en uygun seçim olarak değerlendirilmiştir. Kendall W Uyum testinin sonuçları Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Kendall W Uyum Katsayıları

	Borda	Copeland	Dodgson	RAT
Borda	1	0,997	0,993	0,999
Copeland		1	0,994	0,997
Dodgson			1	0,995
RAT				1

Tüm teknikler arasındaki benzerlik W testine göre 0,994 olarak bulunmuştur. Bu da aralarında tam uyumun olduğunu göstermektedir. Toplam dört tekniğe ilişkin Kendall W katsayısının yanı sıra, tekniklerin ikili karşılaştırmalarına yönelik hesaplanan Kendall W katsayıları da (Borda-Copeland: 0,997, Borda-Dodgson: 0,993, Borda-RAT: 0,999, Copeland-Dodgson: 0,994, Copeland-RAT: 0,997, Dodgson-RAT: 0,995) oldukça yüksek çıkmıştır. Her ne kadar yöntemler farklı metodolojik yaklaşımlar benimsese de temel amaçları çoklu sıralamaları tek bir sıralamada birleştirmek olduğundan, sonuçların yüksek düzeyde korelasyon göstermesi metodolojik açıdan beklenen bir durumdur. Yöntemler arasında düşük korelasyon tespit edilseydi, bu durum kullanılan tekniklerin toplulaştırma fonksiyonunu yerine getirmede başarısız olduğuna işaret edecekti. Nitekim hem genel hem de ikili karşılaştırmalarda Kendall W katsayılarının 0,993’ün üzerinde hesaplanması, uygulanan yöntemlerin toplulaştırma fonksiyonunu teorik beklentilerle uyumlu bir şekilde gerçekleştirdiğini istatistiksel olarak doğrulamaktadır.

5. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada iki temel amaç gözetilmiştir. İlk olarak, ülke performanslarının tek bir indeks yerine, İGE, ÇPE, KİE, DMR ve DAP HÜE gibi ülkeleri birçok yönüyle ele alan indekslerin bir arada kullanılarak daha kapsamlı değerlendirmelerin yapılması; ikinci olarak ise, bu indeks sonuçlarını toplulaştırmak için kullanılan Borda, Copeland, Dodgson ve RAT tekniklerinin etkinliklerinin analiz edilmesi olarak ifade edilebilir.

Çalışmada kullanılan sıralama toplulaştırma teknikleri karşılaştırıldığında, Borda, Copeland ve Dodgson teknikleri aynı sıraya birden fazla ülke atayarak tam sıralama elde edilemediği görülmüştür. Orakçı & Özdemir (2024, s. 34), 500.000 örnek üzerinden yaptıkları çalışmada Borda, Copeland, Dodgson ve Kemeny tekniklerinin toplulaştırma işlemlerinin ortalama %78’inde tam sıralama elde edilemediği ve alternatif sayısının 10-20 arasında olduğu toplulaştırma işlemlerinde bu oranın %94’e ulaştığı, 30 alternatiften fazla olduğu durumlarda ise bu oranının %99,94 ulaştığı verisiyle de örtüşmektedir. RAT tekniği ise tüm alternatifleri tam olarak sıralayabilmiş, aynı sıraya birden fazla ülke atamamıştır. Orakçı (2024), 830.000 örnek üzerinden yaptığı çalışmada RAT tekniğinin %98,8 oranında tam sıralama yaptığı diğer toplulaştırma tekniklerinde ise bu oranının ortalama %17 olduğunu duyarlılık analizi yaparak göstermiştir. Bu, RAT tekniğinin sıralama toplulaştırma işlemlerinde daha güvenilir ve tutarlı olduğunu, ÇKKV çalışmalarında sıklıkla kullanılan diğer tekniklere göre daha etkin ve kesin bir teknik olduğu görüşünü desteklemektedir. Bununla birlikte Kendall W değerleri dikkate alındığında, karşılaştırılan dört teknik arasında neredeyse mükemmel bir uyumun olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuçların ilgili literatürle birlikte değerlendirilmesi, RAT tekniğinin sıralama toplulaştırma problemlerinde diğer tekniklere kıyasla daha güvenilir ve tutarlı sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Toplulaştırma teknikleri ile beş farklı indeksin toplulaştırılması sonucu elde edilen bulgular incelendiğinde, İskandinav ülkeleri (Danimarka, Finlandiya ve İsveç) üst sıralarda istikrarlı bir performans sergilemektedir. Özellikle Finlandiya’nın DMR ve DAP

HÜE’de birinci sırada, diğer indekslerde ise ilk altı içerisinde yer alması, İsveç’in tüm indekslerde ilk dörtte bulunması ve Danimarka’nın ÇPE ve İGE’de birinci ve diğer indekslerde ilk beşte yer alması, bu ülkelerin farklı alanlarda gösterdikleri başarıları kanıtlamakta ve bu başarılar toplulaştırılmış sonuçlara da yansımaktadır. İskandinav ülkelerinin (Danimarka, Finlandiya ve İsveç) üstün performansı, Üsas vd. (2021) ile Aytekin vd. (2022) çalışmalarıyla tutarlılık göstermektedir.

Batı Avrupa ülkeleri içerisinde Almanya, indekslerin toplulaştırılması sonucunda İskandinav ülkelerin hemen ardında yer alarak istikrarlı bir performans sergilemiştir. Batı Avrupa ülkeleri arasında Almanya’nın gösterdiği istikrarlı performans, Ríos & Picazo-Tadeo (2021) ve Fratila vd. (2021) araştırmalarında da teyit edilmektedir. Hollanda (KİE’de 25. sıra) ve Belçika (ÇPE’de 16. sıra) gibi ülkelerin bazı indekslerde düşüşler gösterdiği gözlemlenmiş ve Hırvatistan’ın KİE’de 3. Sırada yer almasına rağmen diğer indekslerde orta ve alt sıralarda olması toplulaştırma sonuçlarına da yansımıştır.

Doğu Avrupa ve Balkan ülkeleri indekslerin toplulaştırılması sonucunda düşük performans sergiledikleri görülmüştür. Doğu Avrupa ve Balkan ülkelerinin düşük performansı, literatürdeki diğer çalışmalarla örtüşmektedir. Musa vd. (2021) araştırması, bu durumu kurumsal kalite ve finansal gelişmişlik açısından açıklamaktadır. Bulgaristan’ın tüm indekslerde 26-30 aralığında olması; Arnavutluk ve Bosna Hersek’in çoğu indekste son beş içerisinde yer alması ve özellikle Macaristan’ın DAP HÜE’de son sırada yer alması dikkat çekici bir durumdur. Türkiye ise KİE’de görece iyi bir performans (22. sıra) sergilemesine rağmen, diğer indekslerde son sırada yer almakta, özellikle DMR ve DAP HÜE’de 33. sırada bulunmaktadır. Bu ve benzeri durumlardan dolayı Doğu Avrupa ve Balkan ülkeleri son sıralarda yer almaktadırlar.

Doğu Avrupa ülkelerinin performanslarını artırabilmeleri için hukukun üstünlüğü ve yargı bağımsızlığının güçlendirilmesi, inovasyon altyapısının geliştirilmesi ve AR-GE yatırımlarının artırılması, ayrıca eğitim ve sağlık sistemlerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Türkiye özelinde ise hukuk sisteminde reform ve yargı bağımsızlığının güçlendirilmesi, çevresel sürdürülebilirlik politikalarının geliştirilmesi, inovasyon ekosisteminin güçlendirilmesi ve AR-GE yatırımlarının artırılması, bunların yanı sıra eğitim ve sağlık altyapısının iyileştirilmesi öncelikli alanlar olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Analiz sadece belirli bir zaman dilimindeki (2022-2023) verileri kapsamaktadır. İndekslerin hesaplanma yöntemlerindeki olası değişiklikler ve ülkelerin kültürel farklılıkları tam olarak yansıtamamıştır. Ayrıca indeksler arasındaki olası çoklu bağlantı sorunu incelenmemiş ve indekslerin birleştirilmesinde eşit ağırlıklandırma yapılmıştır.

Gelecek çalışmalar için çeşitli önerilerde bulunulabilir. Farklı zaman dilimlerini kapsayan boylamsal çalışmalar yapılabilir ve indeks sayısı artırılarak daha geniş bir çerçeveden analizler gerçekleştirilebilir. Farklı ülke grupları için karşılaştırmalı analizler yapılabilir ve ülkelerin kültürel özelliklerinin dikkate alındığı ek değişkenler eklenebilir. RAT tekniği farklı alanlara uygulanabilir, indeksler arası ilişkiler ve nedensellik analizleri yapılabilir. Ayrıca indekslerin toplulaştırmasında farklı ağırlıklandırma teknikleri uygulanıp elde edilen sonuçların karşılaştırmalı analizleri yapılabilir.

Kaynakça

- Adler, N., Yazhemsky, E., & Tarverdyan, R. (2010). A framework to measure the relative socio-economic performance of developing countries. *Socio-Economic Planning Sciences*, 44(2), 73-88. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2009.08.001>
- Akdemir, D. M., & Şimşek, O. (2023). A financial performance evaluation via hybrid MCDM methods: A case of Amazon. com Inc. *Istanbul Business Research*, 52(1), 199-232. <https://doi.org/10.26650/ibr.2023.52.994729>
- Alao, M. A., Popoola, O. M., & Ayodele, T. R. (2022). Sustainable prime movers selection for biogas-based combined heat and power for a community microgrid: A hybrid fuzzy multi criteria decision-making approach with consolidated ranking strategies. *Energy Conversion and Management: X*, 16, 100281. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100281>

- Almutairi, K., Mostafaeipour, A., Jahanshahi, E., Jooyandeh, E., Himri, Y., Jahangiri, M., Issakhov, A., Chowdhury, S., Dehshiri, S. J. H., Dehshiri, S. S. H., & Techato, K. (2021). Ranking locations for hydrogen production using hybrid wind-solar: A case study. *Sustainability*, 13(8), 4524. <https://doi.org/10.3390/su13084524>
- Amin, M. M., Sutrisman, A., & Dwitayanti, Y. (2023). Group decision support system model to determine supervisor lecturers for student creativity programs. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 12(4), 2484-2494. <https://doi.org/10.11591/eei.v12i4.4784>
- Arfanuzzaman, M. (2016). Impact of CO2 emission, per capita income and HDI on Environmental Performance Index: Empirical evidence from Bangladesh. *International Journal of Green Economics*, 10(3-4), 213-225. <https://doi.org/10.1504/IJGE.2016.081900>
- Arrow, K. J. (2012). *Social choice and individual values* (Vol. 12). Yale university press.
- Aytekin, A., & Orakçı, E. (2020). Spor kulüplerinin performanslarının çok kriterli karar verme ve toplulaştırma teknikleriyle incelenmesi. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 435-470. <https://doi.org/10.30784/epfad.752483>
- Aytekin, A., Ecer, F., Korucuk, S., & Karamaşa, Ç. (2022). Global innovation efficiency assessment of EU member and candidate countries via DEA-EATWIOS multi-criteria methodology. *Technology in Society*, 68, 101896. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101896>
- Bączkiewicz, A., Kizielewicz, B., Shekhovtsov, A., Wańtróbski, J., & Sałabun, W. (2021). Methodical aspects of MCDM based E-commerce recommender system. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 16(6), 2192-2229. <https://doi.org/10.3390/jtaer16060122>
- Baykul, A. (2022). İnovasyonun belirleyicileri: Küresel inovasyon indeksi üzerinde bir araştırma. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(1), 52-66. <https://doi.org/10.29106/fesa.1052116>
- Berkowitz, I. (1979). Social choice and policy formulation: Problems and considerations in the construction of the public interest. *J. Soc. & Soc. Welfare*, 6, 533.
- Biswas, S., Bandyopadhyay, G., & Mukhopadhyaya, J. N. (2022a). A multi-criteria framework for comparing dividend pay capabilities: Evidence from Indian FMCG and consumer durable sector. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 5(2), 140-175. <https://doi.org/10.31181/dmame0306102022b>
- Biswas, S., Bandyopadhyay, G., & Mukhopadhyaya, J. N. (2022b). A multi-criteria based analytic framework for exploring the impact of Covid-19 on firm performance in emerging market. *Decision Analytics Journal*, 5, 100143. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100143>
- Block, S., Emerson, J. W., Esty, D. C., de Sherbinin, A., & Wendling, Z. A. (2024). 2024 environmental performance index. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. [epi.yale.edu](https://epi.yale.edu/measure/2024/EPI). <https://epi.yale.edu/measure/2024/EPI>
- Boyacı, A. Ç. (2021). Which OECD countries are advantageous in fight against COVID-19?. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 37(1), 137-148.
- Chen, R., Ji, Y., Jiang, G., Xiao, H., Xie, R., & Zhu, P. (2022). Composite index construction with expert opinion. *Journal of Business & Economic Statistics*, 41(1), 67-79. <https://doi.org/10.1080/07350015.2021.2000418>
- Chen, Y., Su, X., & Hipel, K. W. (2009). An index aggregation approach to comparing the overall performance of emerging and developed countries. *Socio-Economic Planning Sciences*, 43(1), 25-39. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2008.02.004>
- Copeland, A. H. (1951). *A reasonable social welfare function*. mimeo, 1951. University of Michigan.
- Cornell University, INSEAD ve World Intellectual Property Organization. (2023). Global innovation index 2023. https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2023/
- Cracolici, M. F., Cuffaro, M., & Nijkamp, P. (2010). The measurement of economic, social and environmental performance of countries: A novel approach. *Social indicators research*, 95, 339-356. <https://doi.org/10.1007/s11205-009-9464-3>
- Çubukcu, A., Pervin, Ö. A., Boz, E., & Çalık, A. (2023). An idea evaluation phase in online communities: A case on the COVID-19 innovation platform. *Journal of Organisational Studies and Innovation*, 10(4), 1-26. <https://doi.org/10.51659/josi.22.186>
- Danış, Y. A. (2022). OECD ülkelerinin TOPSIS, VIKOR ve GRA yöntemleri kullanılarak refah göstergelerine göre sıralanması ve bütünlük bir çözüm önerisi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 17(2), 433-454. [10.17153/oguiibf.1073257](https://doi.org/10.17153/oguiibf.1073257)
- De Condorcet, N. (2014). *Essai sur l'application de l'analyse à la probabilité des décisions rendues à la pluralité des voix*. Cambridge University Press.
- Donyaii, A., Sarraf, A., & Ahmadi, H. (2020). Using composite ranking to select the most appropriate Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method in the optimal operation of the Dam reservoir. *Journal of Hydraulic Structures*, 6(2), 1-22. <https://doi.org/10.22055/jhs.2020.34402.1142>

- Dortaj, A., Maghsoudy, S., Ardejani, F. D., & Eskandari, Z. (2020). A hybrid multi-criteria decision making method for site selection of subsurface dams in semi-arid region of Iran. *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100284. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100284>
- Ecer, F. (2021). A consolidated MCDM framework for performance assessment of battery electric vehicles based on ranking strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110916. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110916>
- Elsheikh, Y., Alqasrawi, Y., & Azzeh, M. (2022). On obtaining a stable vote ranking methodology for implementing e-government strategies. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 34(6), 3379-3392. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.11.035>
- Figge, L., Oebels, K., & Offermans, A. (2017). The effects of globalization on Ecological Footprints: an empirical analysis. *Environment, Development and Sustainability*, 19, 863-876. 10.1007/s10668-016-9769-8
- Firouzi, S., Allahyari, M. S., Isazadeh, M., Nikkhah, A., & Van Haute, S. (2021). Hybrid multi-criteria decision-making approach to select appropriate biomass resources for biofuel production. *Science of the Total Environment*, 770, 144449. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144449>
- Fishburn, P. C. (1970). Arrow's impossibility theorem: concise proof and infinite voters. *Journal of Economic Theory*, 2(1), 103-106. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(70\)90015-3](https://doi.org/10.1016/0022-0531(70)90015-3)
- Fishburn, P. C. (1974). Social choice functions. *SIAM Review*, 16(1), 63-90. <https://doi.org/10.1137/1016005>
- Fratila, A., Gavril, I. A., Nita, S. C., & Hrebenciuc, A. (2021). The importance of maritime transport for economic growth in the european union: A panel data analysis. *Sustainability*, 13(14), 7961. <https://doi.org/10.3390/su13147961>
- Gamer, M., Lemon, J., Fellows, I., & Singh, P. (2012). irr: Various Coefficients of Interrater Reliability and Agreement. R package version 0.84.1. <https://cran.r-project.org/web/packages/irr/irr.pdf>
- Gasser, P. (2020). A review on energy security indices to compare country performances. *Energy Policy*, 139, 111339. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111339>
- Ghafari, S., Kaviani, B., Sedaghatthoor, S., & Allahyari, M. S. (2020). Ecological potentials of trees, shrubs and hedge species for urban green spaces by multi criteria decision making. *Urban Forestry & Urban Greening*, 55, 126824. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126824>
- Güçlü, P., & Muzaç, G. (2024). Genişletilmiş Gri MULTIMOORA yöntemi ile çok dönemli çok kriterli karar verme: Demir-çelik sektöründe finansal performans değerlendirmesi örneği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 19(1), 267-291. <https://doi.org/10.17153/oguiibf.1373450>
- Heckelman, J. C., & Miller, N. R. (2015). Introduction: issues in social choice and voting. *Handbook of Social Choice and Voting* (1-12). Edward Elgar Publishing.
- Heidary Dahooie, J., Husseinzadeh Kashan, A., Shoaie Naeini, Z., Vanaki, A. S., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2022). A hybrid multi-criteria-decision-making aggregation method and geographic information system for selecting optimal solar power plants in Iran. *Energies*, 15(8), 2801. <https://doi.org/10.3390/en15082801>
- Helden, J. A. (2021). *The association between macro-socioeconomic factors and gender-disparities in cancer incidence and mortality*. Master's thesis, University of Twente.
- Hickel, J. (2020). The sustainable development index: Measuring the ecological efficiency of human development in the anthropocene. *Ecological Economics*, 167, 106331. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.05.011>
- Holliday, W. H. (2024). An impossibility theorem concerning positive involvement in voting. *Economics Letters*, 111589. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2024.111589>
- Ivanová, E., & Masárová, J. (2018). Performance evaluation of the Visegrad Group countries. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 31(1), 270-289. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2018.1429944>
- Jing, D., Imeni, M., Edalatpanah, S. A., Alburaikan, A., & Khalifa, H. A. E. W. (2023). Optimal selection of stock portfolios using multi-criteria decision-making methods. *Mathematics*, 11(2), 415. <https://doi.org/10.3390/math11020415>
- Kendall, M. G. (1948). Rank correlation methods.
- Kiani, M., Bagheri, M., Ebrahimi, A., & Alimohammadlou, M. (2022). A model for prioritizing outsourceable activities in universities through an integrated fuzzy-MCDM method. *International Journal of Construction Management*, 22(5), 784-800. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1645264>
- Kılıç, R., & Gökçeli, E. (2024). Gelir eşitsizliğine insani gelişme endeksi yönüyle yeni bir bakış açısı. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(29), 214-242. <https://doi.org/10.36543/kauibfd.2024.009>

- Kiseľáková, D., Šofranková, B., Gombár, M., Čabinová, V., & Onuferová, E. (2019). Competitiveness and its impact on sustainability, business environment, and human development of EU (28) countries in terms of global multi-criteria indices. *Sustainability*, 11(12), 3365. <https://doi.org/10.3390/su11123365>
- Ko, K., & Samajdar, A. (2010). Evaluation of international corruption indexes: Should we believe them or not?. *The Social Science Journal*, 47(3), 508-540. <https://doi.org/10.1016/j.soscij.2010.03.001>
- Komijan, A. R., Yazdi, A. K., Tan, Y., Ocampo, L., & Nasrollahpourniazi, F. (2024). Spherical fuzzy multicriteria decision making for evaluating healthcare service quality of hospitals during the global pandemic. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 17(1), 105. <https://doi.org/10.1007/s44196-024-00487-8>
- Legendre, P. (2005). Species associations: the Kendall coefficient of concordance revisited. *Journal of agricultural, biological, and environmental statistics*, 10(2), 226-245. <https://www.jstor.org/stable/27595557>
- Li, X., Wang, X., & Xiao, G. (2019). A comparative study of rank aggregation methods for partial and top ranked lists in genomic applications. *Briefings in bioinformatics*, 20(1), 178-189. <https://doi.org/10.1093/bib/bbx101>
- Liu, B., & Matsushima, J. (2019). Annual changes in energy quality and quality of life: A cross-national study of 29 OECD and 37 non-OECD countries. *Energy Reports*, 5, 1354-1364. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.09.040>
- Marchant, T. (2003). Towards a theory of MCDM: stepping away from social choice theory. *Mathematical Social Sciences*, 45(3), 343-363. [https://doi.org/10.1016/S0165-4896\(02\)00069-0](https://doi.org/10.1016/S0165-4896(02)00069-0)
- Marcinkiewicz, E. (2017). Pension systems similarity assessment: An application of Kendall's W to statistical multivariate analysis. *Contemporary Economics*, 11(3), 303-314. <https://doi.org/10.5709/ce.1897-9254.244>
- Marques, A. C., Machado, L. C., de Moraes Correia, L. M. A., Vieira, M. J. L., da Silva, M. L., de Lima, M. F. M. G., Santo, P. P. P., Morais, D. C., & Frej, E. A. (2021). Support for multicriteria group decision with voting procedures: Selection of electricity generation technologies. *Cleaner Environmental Systems*, 3, 100060. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100060>
- Mohammedi, W., Mgadmi, N., Abidi, A., & Moussa, W. (2025). The impact of the digital economy on sustainable development in the face of geopolitical risks. *Digital Economy and Sustainable Development*, 3(1), 1-21. <https://doi.org/10.1007/s44265-024-00050-5>
- Mohseni, S., Baghizadeh, K., & Pahl, J. (2022). Evaluating barriers and drivers to sustainable food supply chains. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4486132>
- Mondejar-Jimenez, J. A., Alfaro-Navarro, J. L., & Andrés-Martínez, E. (2014). A review on the main countries' environmental rankings. *International Journal of Environmental Research*, 8(4), 1279-1286.
- Munda, G., & Nardo, M. (2009). Noncompensatory/nonlinear composite indicators for ranking countries: a defensible setting. *Applied Economics*, 41(12), 1513-1523. <https://doi.org/10.1080/00036840601019364>
- Musa, M. S., Jelilov, G., Iorember, P. T., & Usman, O. (2021). Effects of tourism, financial development, and renewable energy on environmental performance in EU-28: does institutional quality matter?. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(38), 53328-53339. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14450-z>
- Nuralina, K., Baizholova, R., Aleksandrova, N., Konstantinov, V., & Biryukov, A. (2023). Socio-economic development of countries based on the composite country development index (CCDI). *Regional Sustainability*, 4(2), 115-128. <https://doi.org/10.1016/j.regsus.2023.03.005>
- Onuferová, E., Čabinová, V., & Matijová, M. (2020). Categorization of the EU member states in the context of selected multicriteria international indices using cluster analysis. *Review of Economic Perspectives*, 20(3), 379-401. <https://doi.org/10.2478/revecp-2020-0018>
- Orakçı, E. (2022). Çok kriterli karar verme problemleri için toplulaştırma tekniği önerisi. (Tez No. 718295) [Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi
- Orakçı, E. (2024). Çok kriterli karar verme problemleri için toplulaştırma teknikleri. Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub623>
- Orakçı, E., & Özdemir, A. (2017). Telafi edici çok kriterli karar verme yöntemleri ile Türkiye ve AB ülkelerinin insani gelişmişlik düzeylerinin belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), 61-74. <http://dx.doi.org/10.5578/jeas.49652>
- Orakçı, E., & Özdemir, A. (2024). Using social choice function for multi criteria decision making problems. *Alphanumeric Journal*, 12(1), 21-38. <https://doi.org/10.17093/alphanumeric.1426694>
- Özbilen, B. Ş., & Bayazıt, N. (2021). Decision-making method for choosing best alternatives for internal walls based on cost and sound insulation performance. *Journal of ITU Faculty of Architecture*, 18(3), 735-751. <https://doi.org/10.5505/ituja.2021.65391>
- Özdemir, D., & Duman, Ç. N. (2024). İşgücü verimliliğinin insani gelişmişlik endeksi ile ilişkisi: OECD örneği. *Erzurum Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (19), 42-58. <https://doi.org/10.29157/etusbed.1462223>

- Pimonenko, T. V., Liulov, O. V., & Chygryn, O. Y. (2018). *Environmental performance index: Relation between social and economic welfare of the countries*. [http://dx.doi.org/10.21511/ee.09\(3\).2018.01](http://dx.doi.org/10.21511/ee.09(3).2018.01)
- Polatgil, M., & Güler, A. (2024). The use of different criteria weighting and multi-criteria decision making methods for university ranking: Two-layer Copeland. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 60-73. <https://doi.org/10.32329/uad.1398302>
- Poongavanam, G., Sivalingam, V., Prabakaran, R., Salman, M., & Kim, S. C. (2021). Selection of the best refrigerant for replacing R134a in automobile air conditioning system using different MCDM methods: A comparative study. *Case Studies in Thermal Engineering*, 27, 101344. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101344>
- Rao, S. K., & Kopparty, B. R. (2015). A note on Borda method. *Economics Bulletin*, 35(3), 1969-1975.
- Ratliff, T. C. (2001). A comparison of Dodgson's method and Kemeny's rule. *Social Choice and Welfare*, 18(1), 79-89. <https://link.springer.com/article/10.1007/s003550000060>
- Recknagel, A., & Besold, T. R. (2017). Towards efficiently implementing Dodgson's formally intractable voting rule. *KI-Künstliche Intelligenz*, 31(2), 161-167. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13218-016-0454-8>
- Ríos, A. M., & Picazo-Tadeo, A. J. (2021). Measuring environmental performance in the treatment of municipal solid waste: The case of the European Union-28. *Ecological Indicators*, 123, 107328. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107328>
- Ripley, B., Venables, B., Bates, D. M., Hornik, K., Gebhardt, A., & Firth, D. (2025). MASS: Support functions and datasets for Venables and Ripley's MASS. R package version 7.3-64. <https://cran.r-project.org/web/packages/MASS/MASS.pdf>
- Robaina, M., Rodrigues, S., & Madaleno, M. (2024). Is there a trade-off between human well-being and ecological footprint in European countries?. *Ecological Economics*, 224, 108296. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108296>
- Saari, D. G., & Merlin, V. R. (1996). The copeland method: I.: Relationships and the dictionary. *Economic Theory*, 8, 51-76. <https://link.springer.com/article/10.1007/bf01212012>
- Schloerke, B., Cook, D., Larmarange, J., Briatte, F., Marbach, M., Thoen, E., Elberg, A., Toomet, O., Crowley, J., Hofmann, H., & Wickham, H. (2024). GGally: Extension to 'ggplot2'. R package version 2.2.1. <https://cran.r-project.org/web/packages/GGally/GGally.pdf>
- Shahabadi, A., Samari, H., & Nemati, M. (2017). The factors affecting environmental performance index (EPI) in selected OPEC countries. *Iranian economic review*, 21(3), 457-467. <https://doi.org/10.22059/ier.2017.62925>
- Shaker, R. R., & Zubalsky, S. L. (2015). Examining patterns of sustainability across Europe: A multivariate and spatial assessment of 25 composite indices. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 22(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/13504509.2014.923058>
- Sofrankova, B., Kiselakova, D., & Onuferova, E. (2021). An empirical view on the determinants of sustainable economic development: Evidence from EU (28) Member States. *SHS Web of Conferences* (Vol. 91, p. 01008). EDP Sciences.
- Szigeti, C., Tóth, G., Borzán, A., & Farkas, S. (2013). GDP alternatives and their correlations. *Journal of Environmental Sustainability*, 3(3), 3. <http://scholarworks.rit.edu/jes/vol3/iss3/3>
- Taş, S. (2017). İnovasyon, eğitim ve küresel inovasyon indeksi. *Bilge Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 99-123. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/340018>
- Tunsi, W., & Alidrisi, H. (2023). The innovation-based human development index using Promethee II: The context of G8 countries. *Sustainability*, 15(14), 11373. <https://doi.org/10.3390/su151411373>
- Ünal, Ç. (2008). İnsani gelişmişlik endeksine göre Türkiye'nin bölgesel farklılıkları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 6(2), 89-113. https://doi.org/10.1501/Cogbil_00000000087
- United Nation Development Programme. (2023-2024). *Human development report 2023-2024: The human development index (HDI)*. <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI>
- Üsas, J., Balezentis, T., & Streimikiene, D. (2021). Development and integrated assessment of the circular economy in the European Union: the outranking approach. *Journal of enterprise information management*. <https://doi.org/10.1108/JEIM-11-2020-0440>
- World Happiness Report. (2023). *World Happiness Report 2023*. <https://happiness-report.s3.amazonaws.com/2023/WHR+23.pdf>.
- World Intellectual Property Organization (WIPO). (2024). *Global Innovation Index 2024: Unlocking the promise of social entrepreneurship*. <https://doi.org/10.34667/tind.50062>
- World Justice Project. (2023). *WJP rule of law index 2023*. <https://worldjusticeproject.org/rule-of-law-index/>
- Wu, J. (2018). votesys: Voting Systems, Instant-Runoff Voting, Borda Method, Various Condorcet Methods. R package version 0.1.1. <https://cran.r-project.org/web/packages/votesys/votesys.pdf>

Çıkar Çatışması: Yoktur.

Finansal Destek: Yoktur.

Etik Onay: Yoktur.

Yazar Katkısı: Erhan ORAKÇI (%100)

Conflict of Interest: None.

Funding: None.

Ethical Approval: None.

Author Contributions: Erhan ORAKÇI (100%)

Integration of Global Performance Indicators with Aggregation Techniques

Erhan ORAKÇI

Extended Abstract

This study emphasizes the importance of using multiple indices to evaluate country performances. It examines how various indices such as the Human Development Index (HDI), Environmental Performance Index (EPI), Global Innovation Index (GII), World Happiness Report (WHR), and World Justice Project Rule of Law Index (WJP RLI) reflect countries' development levels and welfare status. The research argues that when a single index is insufficient, the use of multiple indices provides a more comprehensive and balanced assessment. In this context, the study aims to aggregate index results using social preference functions such as Borda, Copeland, and Dodgson techniques, as well as the RAT (Reference Alternative-Based Aggregation Technique) specifically developed for aggregating Multi-Criteria Decision Making (MCDM) rankings.

The performance of 27 EU countries and 6 candidate countries is evaluated using the results of HDI, EPI, GII, WHR, and WJP RLI indices. These indices cover a wide range of indicators, including health, education, welfare, equality, environment, sustainable development, economic performance, innovation, freedom, democracy, justice, and the rule of law. This comprehensive approach allows for a thorough analysis of countries' overall situations and development levels. The study begins by explaining the theoretical foundations of each index used. The Human Development Index (HDI), developed by the United Nations Development Programme, measures a country's average achievement in three basic aspects of human development: health, knowledge, and standard of living. The Environmental Performance Index (EPI), produced by Yale University and Columbia University, ranks countries on environmental health and ecosystem vitality. The Global Innovation Index (GII), co-published by Cornell University, INSEAD, and the World Intellectual Property Organization, provides detailed metrics about the innovation performance of countries worldwide. The World Happiness Report (WHR) uses survey data to report how people evaluate their own lives in various countries. Lastly, the World Justice Project Rule of Law Index (WJP RLI) measures how the rule of law is experienced and perceived by the general public across the globe.

The methodology section of the study details the aggregation techniques used: Borda, Copeland, Dodgson, and RAT. The Borda count is a single-winner election method in which voters rank options or candidates in order of preference. The Copeland method is a Condorcet method in which candidates are ordered by the number of pairwise victories, minus the number of pairwise defeats. The Dodgson method determines the winner of an election by finding the candidate who is closest to being a Condorcet winner. The RAT technique, developed by Orakçı (2022), is a mathematical aggregation technique that does not require pairwise comparison of alternatives or scoring of alternatives. The study applies these techniques to aggregate the results of the five indices for the selected countries. The process involves using the R programming language to implement the aggregation techniques. The R code for each technique is provided and explained in detail, allowing for reproducibility of the results.

The results section presents a comprehensive analysis of the aggregated rankings. Denmark, Finland, and Sweden consistently show high performance across all aggregation techniques. These Nordic countries excel in various aspects, including human development, environmental performance, innovation, happiness, and rule of law. Their success is attributed to strong social welfare systems, high-quality education, environmental consciousness, and stable democratic institutions. On the other hand, countries like Romania, Hungary, Bulgaria, and Montenegro demonstrate lower performance. These countries face challenges in various areas such as economic development, environmental sustainability, and institutional strength. The study suggests that these countries may benefit from targeted policies to improve their performance in specific areas highlighted by the indices. Countries like Belgium, France, Estonia, and the Netherlands are positioned in the middle ranks. While they perform well in many aspects, there is room for improvement to reach the levels of the top-performing countries. The study provides insights into the specific areas where these countries could focus their efforts to enhance their overall performance. Turkey, as a candidate country, generally ranks in the lower positions, indicating a need for improvements in various areas. The study suggests that Turkey could benefit from comprehensive reforms in areas such as education, environmental policies, innovation, and rule of law to improve its standing in these international indices.

When comparing the aggregation techniques, the study finds that Borda, Copeland, and Dodgson techniques sometimes struggle to provide a complete ranking, often assigning the same rank to multiple countries. For instance, the Borda technique ranks Belgium and France both at 8th place, and Bulgaria and Montenegro both at 28th place. Similarly, the Copeland technique assigns Estonia and the Netherlands to 13th place, and Latvia and Lithuania to 19th place. The Dodgson technique also shows this limitation, ranking Romania and Hungary both at 25th place, and Poland and Malta both at 11th place.

In contrast, the RAT technique successfully provides a complete ranking of all countries without assigning the same rank to multiple countries. This demonstrates that the RAT technique offers more reliable and consistent results in ranking processes. The study highlights RAT as a more effective and precise tool for aggregating MCDM rankings compared to other techniques. To measure the similarities between the techniques, the study employs the Kendall W Concordance test. The results show a similarity of 0.994 among all techniques, indicating a very high level of agreement. The pairwise concordances between techniques are also very high, supporting the consistency of the results.

The study discusses the implications of these findings for policymakers and researchers. It emphasizes that while the different aggregation techniques show high concordance, the RAT technique's ability to provide a complete ranking makes it particularly useful for decision-making processes where a clear order of alternatives is required. Based on the results, the study offers several recommendations for countries showing lower performance:

- **Comprehensive Policy Reforms:** Countries with lower rankings should implement comprehensive policy reforms in critical areas such as justice, rule of law, environment, and economic performance.
- **Investment in Education and Health:** Increased investment in fundamental areas of human development, such as education and health, is recommended. This is likely to improve performance in indices like the HDI.
- **Environmental Sustainability:** Steps towards sustainable development goals should be taken to improve environmental performance.
- **Innovation and Research:** To climb higher in the Global Innovation Index (GII) rankings, countries should invest more in innovation and R&D activities.
- **International Collaborations:** Collaborating with international organizations to adopt best practices and policies is important for overall improvement.

The study also discusses limitations and areas for future research. One limitation is the use of rankings rather than raw scores from the indices, which may not capture the magnitude of differences between countries. Future research could explore ways to incorporate these magnitudes into the aggregation process. Another area for future research is the exploration of different weighting schemes for the indices. This study treated all indices equally, but future studies could investigate whether certain indices should be given more weight based on specific policy priorities or development goals. The study concludes by reiterating the importance of using multiple indices for a comprehensive evaluation of country performance. It highlights the RAT technique as a promising new approach in the aggregation of MCDM rankings, offering more precise and consistent results compared to traditional techniques. In summary, this research provides a valuable contribution to the field of country performance evaluation and MCDM ranking aggregation. By demonstrating the effectiveness of the RAT technique and providing a comprehensive analysis of EU and candidate countries' performances across multiple indices, it offers important insights for policymakers, researchers, and anyone interested in comparative country performance analysis. The findings of this study serve as a crucial resource for policymakers and researchers in assessing country performances and developing improvement strategies. It underscores the complexity of evaluating national performance and the need for multidimensional approaches that consider a wide range of factors.

The study also highlights the potential of new methodological approaches, such as the RAT technique, in providing more nuanced and comprehensive evaluations. Future research could build on this work by exploring the application of these techniques to other groups of countries or regions, or by investigating how changes in country performances over time can be captured and analyzed using these aggregation methods. Additionally, the development of interactive

tools or dashboards based on these methods could provide policymakers with more accessible and user-friendly ways to explore and utilize this type of analysis in their decision-making processes.