

CRITIC TABANLI GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ YÖNTEMİYLE OECD ÜLKELERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR TAŞIMACILIK PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF SUSTAINABLE TRANSPORTATION PERFORMANCE OF OECD COUNTRIES WITH CRITIC-BASED GRAY RELATIONAL ANALYSIS METHOD

Dr. Nuh KELEŞ¹

ÖZ

Bu çalışmada 2015-2020 yılları arasında 42 ülke için sürdürülebilir taşımacılık; ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarda belirlenen 8 kritere göre incelenmiştir. Küresel düzeyde seçilmiş 42 ülkenin taşımacılık açısından buldukları durum analiz edilmekte ve karşılaştırma yapılmaktadır. Alternatifleri, seçilmiş kriterlere göre değerlendirmek için OECD verileri kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklarının değerlendirilmesinde objektif bir kriter ağırlıklandırma yöntemi olan CRITIC yöntemi kullanılmıştır. Alternatiflerin yapısına bağlı olarak en uygun şekilde değerlendirme yapmak için, bazı yıllara ait alternatiflere ait verilerin bulunmaması ve bazı yıllara ait verilerin eksik olması nedeniyle Gri İlişkisel Analiz (GİA) yöntemi kullanılmıştır. Bulgulara göre taşımacılık kaynaklı bir milyon birim başına düşen CO₂ emisyonları kriteri ilk sırada (%17,2) yer almış, son sırada ise diğerlerine göre daha az önemli olarak (%8,7) taşımacılık sektörünün katma değer payı kriteri yer almıştır. Alternatifleri değerlendirmek için kullanılan GİA yöntemi bulgularına göre 42 ülke arasından sürdürülebilir taşımacılık bağlamında sırasıyla; Norveç, İsviçre, Rusya, Romanya ve Litvanya ilk beş sırada yer almış, son sırada ise Karadağ bulunmuştur. Sürdürülebilir taşımacılık açısından önde gelen ülkelerin ortak bir coğrafi bölüme olmamaları bu ülkelerin daha çok ülke bazında kendi çabalarıyla buldukları konumları aldıkları söylenebilir. Türkiye'nin 9. sırada yer alması umut vaat etse de daha kat etmesi gereken yollar olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: OECD, CRITIC, GRA, Sürdürülebilirlik, Taşımacılık.


JEL Sınıflandırma Kodları: C10, R40, Q56.

ABSTRACT

In the study, sustainable transportation for 42 countries in the 2015-2020 is examined according to 8 criteria determined in economic, social and environmental dimensions. The situation of 42 countries selected at the global level in terms of transportation is analyzed and compared. OECD data are used to evaluate alternatives according to selected criteria. The CRITIC method, which is an objective criteria weight method, is used to evaluate the weights of the criteria. So as to make the most appropriate evaluation depending on the structure of the alternatives, the gray relational analysis (GRA) method is used due to the lack of data on the alternatives for some years and the missing data for some years. According to the findings, CO₂ emissions from transport in tones per one million units of current USD GDP criterion takes the first place (17.2%), while the share of value added by the transport sector criterion takes in the last place, less important than the others (8.7%). According to the findings of the GRA method used to evaluate the alternatives, in the context of sustainable transportation among 42 countries, respectively; Norway, Switzerland, Russia, Romania and Lithuania take the first five places, while Montenegro is in the last place. It can be said that the leading countries in terms of sustainable transportation are not in a common geographical area, and these countries have taken their positions with their efforts on a country basis. Although Turkey's 9th place is promising, it is thought that there is still a long way to go.

Keywords: OECD, CRITIC, GRA, Sustainability, Transportation.

JEL Classification Codes: C10, R40, Q56.

¹  Adana Gümrük Müdürlüğü, Ticaret Bakanlığı, nhkls01@gmail.com

EXTENDED SUMMARY

Purpose and Scope:

As world trade grows, the demand for sustainable transportation services is constantly increasing with the effect of globalization and technological developments. So as to leave a better environment for future generations, countries can also become better in social, environmental and economic dimensions with the pressure of society. This study has been carried out with the motivation to reveal the deficiencies of the countries in the future by revealing the deficiencies of sustainability. The aim of this study is to examine the sustainable transportation performances of OECD countries and selected countries according to the specified variables.

Design/methodology/approach:

The extent to which various sustainable policies affect the significant transportation indicators of the countries can be evaluated by systematically examining the economic, social and environmental impacts of these transportation systems. According to OECD data, 8 different variables have been determined to evaluate alternative countries. The data covers between 2015-2020. The number of countries to be evaluated from 55 at the beginning was made for 42 countries considering the existing data due to the fact that some of the published data were not published for some countries. Since the structure of the specified criteria and the relationship between them can be taken into consideration and the criterion values can be reached, the criterion weights were selected by the CRITIC method, which is a method of determining an objective criterion weight. The CRITIC method determines the importance of criteria according to the correlations between the criteria. In 1995, the literature was Diakoulaki et al. the CRITIC method introduced by it can be understood that is used in many different studies by receiving 1566 citations of the study's publication. The CRITIC method determines the criterion weights with the need for an objectively decision-making, to determine the criteria weights. However, the criteria whose weights are determined are used to evaluate alternatives. Gray theory proposed by Deng in 1982, is widely used by decision-makers in real life-world practices. It has been proven to be highly effective in cases where the information is incomplete and uncertain. In terms of the structure of the alternatives (uncertainty, whether the data is given correctly and precisely, deficiencies in some years, etc.), the Gray Relational Analysis (GRA) method was preferred. For comparison, alternatives were evaluated by the PROMETHEE method. The PROMETHEE method offers a solution to the problem by considering the preference values according to the structure of alternatives.

Findings:

It can be said that some findings are noticeably different from the other alternatives, especially Luxembourg and the United States in the C2 criterion, Lithuania and Turkey in the C5 criterion, Russia in the C6 criterion, and Norway and Switzerland in the C8 criterion. C1-17.2% was weighted in the first rank, then C4-15.9% was found in the second, and C8-14.3% in the third rank. In the last position, C5-8.7% weight is less important than others. After the criterion weights had been determined appropriately, the GRA method was used to evaluate the alternatives. According to the GRA method findings, Norway, Switzerland, Russia, Romania and Lithuania were included in the top 5 rankings. Turkey ranked 9th, and then Montenegro was in the last place. According to the findings of the PROMETHEE method, Norway was ranked first, and then followed by Lithuania, Latvia, Switzerland and Romania, respectively. According to GRA and PROMETHEE methods, the sustainable transportation performances of the countries have been obtained closely. The similarities in the ranking findings between the two series were investigated by correlation analysis. It was examined whether the series was distributed normally and it was decided that the Shapiro-Wilk test ($p = 0.107 > 0.05$) was normally distributed. When the correlation between the two series with normal distribution was examined by Pearson correlation analysis, a positive very strong relationship was found $R = 0.842$ and $P = 0.000$.

Conclusion and Discussion:

It can be said that sustainable transportation may mean the balance of existing and future economic, social and environmental qualities. Although Turkey is in 9th place, with hope for the future, suggests that there are more ways to sustain its sustainable transportation. Turkey can attach more importance to the issue and have better positions by reducing the emissions arising from the transportation it is behind, in this regard and increasing employment in the transportation sector. In this study, sustainable transportation indicators were determined according to OECD data, and the study was carried out accordingly. In future studies, analyzes can be performed for more detailed and more countries by diversifying the criteria determined in this study and completing the missing data. When comparing the findings with the studies in the literature, it can be stated that the previous studies and the current study are partially similar.

1. GİRİŞ

Lojistik sektörü son yıllarda hızla gelişmekte ve gün geçtikçe daha önemli hale gelmektedir. Lojistik aktivitelerin bir unsuru olan taşımacılık, üretim ve tüketim noktaları arasında aracılık ederek tedarik zincirine değer katmaktadır. Taşımacılık sektörü ticaretten üretime, kültüre ve savunmaya kadar insan yaşamının, eğitimin, araştırmanın ve eğlencenin tüm yönlerini etkiler. Dünyanın dört bir yanındaki ülkeler, taşımacılığın ekonomik büyümede ve kaynakları kullanmadaki gücünü fark etmektedir (Danish vd., 2018). Taşımacılığın sürdürülebilirlik perspektifinden değerlendirilmesi son yıllarda çeşitli çevre koruma normları, kirliliğin azaltılması, doğanın korunması, gelecek nesillere daha iyi bir gelecek bırakılması açılarından önem kazanmaktadır. Taşımacılık, çeşitli hava kirliliği biçimlerinin ve iklimi etkileyen emisyonların önemli bir kaynağıdır ve çevreyi iyileştirmek ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek için büyük bir potansiyel içerir (Mo ve Wang, 2019, s. 1). Uluslararası standartlara göre taşımacılık sektörü karayolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı ve boru hattı taşımacılığına bölünmüştür (Zhu ve Gao, 2019, s. 1).

Küreselleşme, teknolojik ilerleme ve taşımacılığın çevre üzerindeki olumsuz etkisini azaltma ihtiyacının kabul edilmesi sayesinde, son on yılda taşımacılık sadece Avrupa Birliği'nin değil, dünyanın diğer bölümlerinin de odak noktasında yer almıştır (Naletina, 2022, s. 169). Taşıma faaliyetleri, diğerleri arasında, başta nihai enerjinin kullanılması yoluyla, karbondioksit, karbon monoksit, azot oksit, metan ve metan olmayan uçucu organik bileşenler de dahil olmak üzere atmosfere bir dizi gaz salmaktadır ve bunların çevre ve insan sağlığı üzerinde zararlı etkileri vardır (Beltrán-Esteve ve Picazo-Tadeo, 2015, s. 570). Taşımacılık kaynaklı karbondioksit (CO₂) emisyonları toplam sera gazı emisyonlarının %13,1 gibi önemli bir kısmına denk gelmektedir. Sadece karayolu taşımacılığı taşımacılık sektörünün toplam emisyonunun %60'ı olan 1.500 megaton CO₂ eşdeğeri emisyonu ortaya çıkarmaktadır (Gardas vd., 2019, s. 959). Taşımacılık kaynaklı CO₂ emisyonları göz önünde bulundurulduğunda karayolu taşımacılığı 103g/tkm (gram/ton-kilometre), iç su yolları 32g/tkm ve demiryolu sadece 19g/tkm CO₂ emisyonu üretmektedir. Karayolu taşımacılığı, iç su yollarına göre 3,25 kat, demiryoluna göre ise 5,4 kat daha fazla kirliliğe neden olmaktadır (Naletina, 2022, s. 172). Bunlara rağmen en büyük enerji tüketicisi olarak kabul edilen taşımacılıkla ilgili 2050 yılına kadar yakıt kullanımının %80 oranında artması beklenmektedir (Saidi ve Hammami, 2017, s. 416).

Bazı durumlarda, taşımacılık ve ilgili sürdürülebilirlik göstergelerindeki gelişmeleri tahmin etmek için geleceğe yönelik projeksiyonlar da yapılır. Bu tür göstergeleri listelemek için; enerji kullanımı, CO₂ emisyonları, toksik ve zararlı madde emisyonları, doğal alanların bozulması ve parçalanması, atık, trafik güvenliği, işe gidip gelme hızı, gürültü kirliliği, tıkanıklık, çarpışma maliyetleri, mevcut ulaşım sisteminin kalitesi, ulaşım sektörünün ekonomik refaha katkısı ve erişilebilirlik gibi konularda girişimlerde bulunulmuştur (Steg ve Gifford, 2005, s. 60). Gelecek nesillere daha iyi bir çevre bırakmak için toplumun da baskısıyla ülkeler sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlarda daha iyi konumlara gelebilmektedir. Ülkelerin sürdürülebilirlik konusunda eksikliklerini ortaya çıkararak ileride bu konuda daha iyi bir konumda olabilmelerini sağlamak için bugünden almaları gereken önlemleri ortaya çıkarma motivasyonu bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development-İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı) ülkeleri ve seçilmiş ülkelerin belirlenen değişkenlere göre sürdürülebilir taşımacılık performanslarının incelenmesidir. Bu çalışmada taşımacılık sektörü karayolu, havayolu, denizyolu, demiryolu ve boru hattı olarak ayrı ayrı değil bir bütün olarak incelenmiştir.

İnsan ihtiyaçlarını karşılayan, sosyal eşitliği sağlayan ve çevresel sınırlara saygı gösteren sürdürülebilirlik açısından taşımacılığı değerlendirmenin ve buna göre değişkenleri belirlemenin araştırma sorunu bağlamında daha uygun olacağı düşünülmektedir. Birden çok ülke birden çok değişkene göre incelenmek istendiğinde bir karar problemi ortaya çıkar. Karar problemleri en uygun şekilde matematiksel yöntemlerle çözülür. Bu çalışmada da literatürde yer alan çeşitli karar verme yöntemlerinden yararlanılmıştır. CRITIC yöntemi kriter ağırlıklarını nesnel bir bakış açısıyla belirlemek için kullanılmış ve OECD ülke alternatiflerini değerlendirmek için Gri İlişkisel Analiz (GİA/GRA) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca alternatiflerin bulunan sıralamaları PROMETHEE yöntemiyle elde edilen sıralamalar ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın farkı ülkelerin sürdürülebilir taşımacılık konusunda karşılaştırılabilmesi için değerlendirilmeye alınacak sosyal, ekonomik ve çevresel kriterlerin belirlenmesi ile çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerini kullanarak OECD ülkelerinin buldukları durumlarının araştırılmasıdır. Değerlendirmeye alınan 42 ülke için sürdürülebilir taşımacılığın araştırılması ve bunu gerçekleştirirken ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasının literatüre katkı sunacağı düşünülmektedir. Bu çalışma, belirlenen kriterlerin literatürde daha önce bir arada bir bütün olarak kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmaması ve taşımacılığı sürdürülebilirlik bağlamında ele aldığı için literatüre önemli yenilikler katacaktır.

Bu bağlamda çalışmanın kalanı şu şekilde ifade edilebilir. İkinci bölümde sürdürülebilir taşımacılık açısından literatür araştırması yapılmıştır. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde karar probleminin çözümü ve bulguları açıklanmıştır. Beşinci bölümde mevcut çalışma ile kısmen de olsa literatürdeki benzer çalışmalar karşılaştırılmıştır. Sonuç bölümünde ise çalışmadan elde edilen bulgulara göre nihai değerlendirmelerde bulunulmuştur.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR TAŞIMACILIK LİTERATÜR TARAMASI

Sürdürülebilirlik kavramı, bir doğal kaynağın yeniden üretim kapasitesinin korunmasıyla tutarlı bir şekilde yönetimini karakterize ettiği bilimsel literatürden türetilmiştir. Sürdürülebilir kalkınma, sadece ekonomik büyümeden daha geniş refah konularına, eşitlik kaygılarına, hükümetlerin çevreye, doğal kaynaklara ve uyumlu bir sosyal sistemin sürdürülmesine odaklanır. Sürdürülebilirliğin önemi, temel bileşenleri olan ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlara vurgu yapılarak ortaya çıkar. Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (Brundtland Komisyonu) 1987 yılında, sürdürülebilir kalkınmayı *gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma* olarak tanımlamıştır (Eppel, 1999, s. 42). Sürdürülebilir taşımacılık olasılıklarını ve koşullarını değerlendirirken sürdürülebilir taşımacılık göstergelerine ihtiyaç vardır. Çeşitli sürdürülebilir politikaların önemli sürdürülebilir taşımacılık göstergelerini ne ölçüde etkilediği, bu sistemlerin ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri incelenerek değerlendirilebilir. Ekonomik göstergelerle, makroekonomik değişimler, ekonomik verimlilik, gelir dağılımı ve işsizlik oranları gibi ekonomik refah üzerindeki olası etkiler ölçülebilir. Sosyal göstergeler, sağlık ve güvenlik gibi toplumsal ve bireysel yaşam kalitesi üzerindeki etkileri yansıtır. Çevresel göstergeler, kaynak kullanımı, emisyonlar ve atık gibi çevresel nitelikler ve yaşamı etkileyebilecek toprak, su ve hava kalitesi üzerindeki etkileri ölçer (Steg ve Gifford, 2005, s. 60-61). Taşımacılık sektörü, yolcu ve yük taşımacılığı ile bunları mekânsal olarak birbirine bağlayan mal piyasalarının işleyişini kolaylaştırarak ticareti faaliyetlerde önemli rol oynayan unsurların başında gelmektedir. Taşımacılık faaliyetleri gelişmiş ekonomilerde katma değer ve istihdamın yaklaşık %5'ini oluşturur. Gelişmekte olan ve yükselen ekonomilerde ise bu pay daha düşük olsa da artan gelirler ve altyapı gelişimi nedeniyle ilerleyen yıllarda daha fazla artması beklenir. Aynı zamanda, ulaştırma endüstrisi, özellikle hava kirleticilerinin emisyonu söz konusu olduğunda, dünyanın en büyük kirleticilerinden biridir. Hava kirliliği, ulaşımdan kaynaklanan tüm çevresel dışsallıkların belki de en yaygın olanıdır, çünkü esas olarak atmosfer, kirleticilerin hızlı ve yaygın bir şekilde yayılmasını kolaylaştırır (Beltrán-Esteve ve Picazo-Tadeo, 2015, s. 570).

Sürdürülebilir taşımacılık konusunda literatürde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Eppel (1999) OECD ülkeleri için sürdürülebilir kalkınma ve çevre ilişkisini araştırmıştır. Steg ve Gifford (2005) sürdürülebilir ulaşım ve yaşam kalitesini incelemiştir. Chang ve Chen (2009) üst düzey yetkililerin sürdürülebilir ulaşım ile ilgili politika inançlarını araştırmıştır. Kim ve Han (2011) OECD ülkelerinde taşıma sürdürülebilirliğinin karşılaştırmalı analizini 2000'den 2007'ye kadar olan verilerle 29 OECD ülkesi için gerçekleştirmiştir. Beltrán-Esteve ve Picazo-Tadeo (2015) taşımacılık endüstrisindeki çevresel performans trendlerini değerlendirmiştir. Arya ve Singh (2016) sürdürülebilir taşımacılık göstergelerini bulanık karar metodolojisi ve AHP yöntemiyle incelemiştir. Saidi ve Hammami (2017) 2000-2014 boyunca 75 ülke için ulaşım, ekonomik büyüme ve çevresel bozulma arasındaki nedensel bağlantıların modellenmesini 10 değişkene göre gerçekleştirmiştir. Danish vd. (2018) Pakistan'da ulaşım enerjisi tüketiminin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini incelemiştir. Wang vd. (2018) taşımacılık karbon emisyonlarının esnekliğini etkileyen faktörleri araştırmıştır. Eva vd. (2019) taşımacılık sektörünün 35 ülke açısından 1995-2015 arası 20 yıllık sürdürülebilirliğini incelemiştir. Mo ve Wang (2019) 2000-2014 dönemi boyunca 25 OECD ülkesinde karayolu taşımacılığının çevresel sürdürülebilirliğini veri zarflama analizi yöntemiyle araştırmıştır. Zhu ve Gao (2019) seçilmiş 57 ülkenin 2005-2015 yılları boyunca ulaştırma sektörünün karbon emisyonunu etkileyen faktörlerini araştırmıştır. Dursun ve Ari (2020) hiyerarşik mesafe tabanlı bulanık ÇKKV yöntemiyle bir boya üreticisi için sürdürülebilir taşıma hizmeti sağlayıcısı değerlendirmesinde bulunmuştur. Sayyad ve Awasthi (2020) sürdürülebilir taşıma politikalarının değerlendirilmesini ANP yöntemiyle gerçekleştirmiştir. Yaacob vd. (2020) ulaşımdan kaynaklanan CO₂ emisyonunun ölçümünü araştırmıştır. Alnoor vd. (2022) sürdürülebilir taşımacılığı uluslararası petrol şirketlerinin değerlendirilmesi bağlamında MULTIMOORA yöntemiyle ele almıştır. Aydın vd. (2022) sürdürülebilir taşımacılık için araç paylaşım noktalarının çok amaçlı optimizasyonunu gerçekleştirmiştir. Santos-Arteaga vd. (2022) şehir içi sürdürülebilir bir ulaşım sisteminin geliştirilmesini TOPSIS yöntemiyle ele almıştır. Wang vd. (2022) 28 OECD ülkesi için entropi-CoCoSo yöntemiyle karayolu taşımacılığının sürdürülebilirliğini değerlendirmiştir. Naletina (2022) AB'de daha sürdürülebilir bir ulaşım ağı geliştirmede çoklu taşımacılığı incelemiştir.

Literatür incelendiğinde belirlenen konuya yakın bazı çalışmalara rastlanmıştır. Çalışmaların çoğunda taşımacılık veya sürdürülebilirlik konuları kavramsal açıdan veya çeşitli matematiksel yöntemlerle incelenmiştir. Ancak yapılan taramada sürdürülebilir taşımacılık konusunda çok az çalışmaya rastlanmıştır. Bu sebeplerle bu çalışmada taşımacılığın sürdürülebilirlik bağlamında ele alınmasının literatüre önemli bir katkı ve yenilik sunacağı düşünülmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

Çeşitli sürdürülebilir politikaların ülkelerin önemli taşımacılık göstergelerini ne ölçüde etkilediği, bu ulaşım sistemlerinin ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri sistematik olarak incelenerek değerlendirilebilir. Bunun için OECD sürdürülebilirlik verileri (OECD.Stats, 2022) temel alınabilir. OECD verileri sadece üye olan 37 ülke için değil (MFA, 2020) aynı zamanda paydaş ülkeler için de yayınlanmaktadır. OECD verilerine göre alternatif ülkeleri değerlendirmek için 8 farklı değişken belirlenmiş ve bunlar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Sürdürülebilir Taşımacılık Kriterleri

Kriter No	Sürdürülebilirlik	Kriter	Referans
C1	Çevresel	Mevcut ABD Doları GSYİH’sının bir milyon birimi başına ton olarak taşımacılıktan kaynaklanan CO2 emisyonları	Min
C2	Çevresel	Kişi başına ton olarak taşımacılıktan kaynaklanan CO2 emisyonları	Min
C3	Sosyal	Toplam hanehalkı harcamaları içinde taşımacılık için yapılan hanehalkı harcamalarının payı	Mak
C4	Sosyal	Taşımacılık sektöründe istihdam payı	Mak
C5	Ekonomik	Taşımacılık sektörünün katma değer payı	Mak
C6	Ekonomik	Mevcut ABD Doları GSYİH’sının bin birimi başına ton-km cinsinden toplam iç yük taşımacılığı	Mak
C7	Ekonomik	GSYİH başına toplam iç taşımacılık altyapısı yatırımı	Mak
C8	Ekonomik	Kişi başına sabit USD cinsinden toplam iç taşımacılık altyapısı yatırımı	Mak

Çalışmada sürdürülebilir taşımacılık ölçümü için 8 kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterler sadece karayolu, demiryolu, denizyolu veya boru hattı taşımacılığı olarak değil genel itibarıyla taşımacılık verileri olarak kullanılmıştır. Veriler 2000-2020 arası 20 yıllık dönemi kapsamaktadır. OECD tarafından yayınlanan verilere göre başlangıçta 55 olarak belirlenen değerlendirilmeye alınmak istenen ülke sayısı OECD tarafından yayınlanmış verilerin bazılarının bazı ülkeler için yayınlanmamış olması sebebiyle mevcut veriler dikkate alınarak 42 ülke için yapılmıştır. Şöyle ki OECD üyesi olan İsrail için 4 farklı kritere ait, Şili için 3 farklı kritere ait ve Kolombiya için hiçbir verinin yayınlanmamış olması kapsam dışında tutulmalarına sebep olmuştur. Diğer yandan 1 kritere ait verileri eksik olan 4 ülke değerlendirmeye alınmıştır.

Bu bağlamda kriter ağırlıklarının belirlendiği subjektif yöntemler karar vericinin görüşlerini belirlenen ölçekle elde edilen verilere göre probleme dahil etmektedir. Bu durum tutarsızlıklara ve yanlı yargılara yol açmakta, kimi zaman istenmeyen veya farklı sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır. Ancak objektif yöntemler kriterlerin alternatiflere göre aldıkları değerlerden kriter ağırlıklarını türetmektedir. Objektif yöntemlerden en çok kullanılanları ve bilinenleri Entropi, CILOS, CRITIC, MEREC ve standart sapma yöntemleridir. Belirlenen kriterlerin yapısı ve aralarındaki ilişki dikkate alınarak ve kriter değerlerine erişilebildiği için kriter ağırlıkları objektif bir kriter ağırlığı belirleme yöntemi olan CRITIC yöntemiyle elde edilmiştir. CRITIC yöntemi kriterler arasındaki korelasyonlara göre önem ağırlığı belirlemektedir. Literatüre Diakoulaki vd. (1995) tarafından tanıtılan CRITIC yönteminin tanıtıldığı yayının 1566 atfı almasıyla (Google Scholar, 2022) birçok farklı çalışmada kullanıldığı anlaşılabılır. Literatürde Duran (2022) tarafından yeni sanayileşen ülkelerde inovasyon performansını değerlendirmede, Liu vd. (2022) tarafından trafik sıkışıklığını değerlendirmede, Saxena vd. (2022) tarafından yazılım güvenilirliği büyüme modelinin seçiminde kullanılmıştır. CRITIC yönteminin çözüm aşamaları 4 adımda açıklanabilir (Diakoulaki vd., 1995; Duran, 2022, s. 155; Liu vd., 2022, s. 12-13; Saxena vd., 2022, s. 4-6).

Adım 1: Alternatiflere ve kriterlere göre oluşturulan karar matrisi normalize edilir. Fayda ve maliyet kriterleri dikkate alınır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \dots j = 1, 2, \dots, n \text{ eğer } f \in F \text{ (Fayda)} \quad (1)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{max} - x_{ij}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \dots j = 1, 2, \dots, n \text{ eğer } f \in M \text{ (Maliyet)} \quad (2)$$

Adım 2: Kriterler arasındaki ilişkileri ölçmek için korelasyon katsayısı matrisi oluşturulur.

$$\rho_{jk} = [r_{jk}]_{m \times m} \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

Adım 3: Her bir kriter tarafından yayılan toplam bilgi miktarı ölçülür.

$$c_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - \rho_{jk}) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

C_j bilgi miktarını belirlemek için standart sapma hesaplanır.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{r}_j)^2}{m-1}} \quad (5)$$

Adım 4: Her bir kritere ait sonuç ağırlıkları elde edilir.

$$w_j = \frac{c_j}{\sum_{k=1}^n c_k} \quad (6)$$

CRITIC yöntemi kriter ağırlıklarını belirlemek için objektif yani karar verici görüşlerine ihtiyaç duymadan kriter ağırlıklarını belirler. Bununla birlikte ağırlıkları belirlenen kriterler, alternatifleri değerlendirmek için kullanılır.

Deng tarafından 1982 yılında önerilen gri teori, gerçek yaşam uygulamalarında karar vericiler tarafından yaygın olarak kullanılır. Bilgilerin eksik ve belirsiz olduğu durumlarda oldukça etkili olduğu kanıtlanmıştır (Singh vd., 2022, s. 6). Alternatiflerin yapısı itibarıyla (belirsizlik, verilerin doğru ve kesin bir şekilde verilip verilmediği, bazı yıllardaki eksiklikler vb.) değerlendirme yapmak için gri ilişkisel analiz (GRA-gray relational analysis) yöntemi tercih edilmiştir. GRA yöntemi literatürde en uygun otomobilin seçiminde (Şişman ve Eleren, 2013), elektrikli otomobil satışlarının ve pazar payının 14 ülke için durumunun araştırılmasında Nguyen vd. (2020), yalın altı sigma projesinin analizinde Singh vd. (2022) tarafından kullanılmıştır. GRA yönteminin çözüm aşamaları 5 adımda açıklanabilir (Hamzaçebi ve Pekkaya, 2011, s. 9189; Nguyen vd., 2020, s. 7; Singh vd., 2022, s. 8).

Adım 1: Problem belirlenir. Alternatif ve kriterlere göre karar matrisi oluşturulur. Minimum veya maksimum değerlere göre referans serileri belirlenir, kriter fayda/maksimizasyon (maliyet/minimizasyon) gerektiriyorsa ilgili kriterin referans seri değeri alternatif serinin maksimum (minimum) değeridir.

Adım 2: Değerleri birimsiz hale getirmek için normalizasyon işlemi yapılır. Normalleştirme süreci üç tipte gerçekleştirilebilir;

$$\chi_i(k) = \frac{\chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)}{\max \chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)} \text{ Fayda} \quad (7)$$

$$\chi_i(k) = \frac{\max \chi_i^0(k) - \chi_i^0(k)}{\max \chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)}, \text{ Maliyet} \quad (8)$$

$$\chi_i(k) = 1 - \frac{|\chi_i^0(k) - \chi^0|}{\max \chi_i^0(k) - \chi^0}, \text{ Referans değerine göre} \quad (9)$$

Adım 3: Mutlak değer tablosu oluşturulur.

$$\Delta_{oi}(k) = |\chi_0^*(k) - \chi_i^*(k)| \quad (10)$$

Adım 4: Referans seriler ile alternatif seriler arasındaki benzerliğin bir göstergesi olarak gri ilişki katsayısı hesaplanır. Yeterli verinin bulunmadığı hallerde 0,5 alınması önerilir. (Şişman ve Eleren, 2013, s. 415; Nguyen vd., 2020, s. 7; Singh vd., 2022, s. 8)

$$\varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) = \frac{\Delta_{min} + \xi \Delta_{max}}{\Delta_{oi} + \xi \Delta_{max}} \quad (11)$$

Adım 5: Tüm kriterlere bağlı olarak alternatiflerin genel değerlendirmesi için gri ilişki derecesi (GRG) hesaplanır. Tüm kriterler eşit ağırlığa sahipse (12), kriterler farklı ağırlıklara sahipse (13) ayrı ayrı hesaplanabilir.

$$\gamma(\chi_0, \chi_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) \quad (12)$$

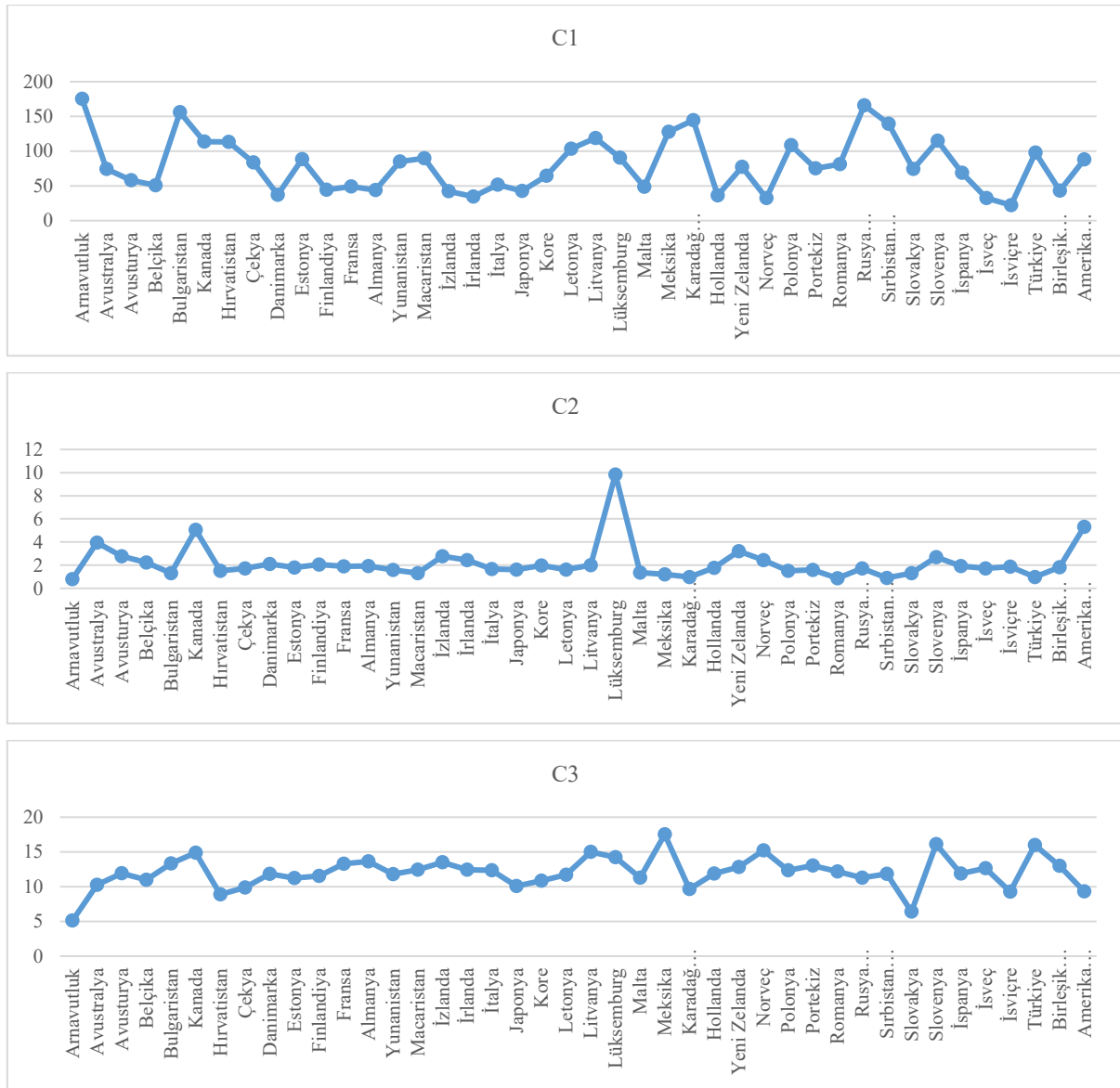
$$\gamma(\chi_0, \chi_i) = \sum_{k=1}^n w_i(k) \cdot \varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) \quad (13)$$

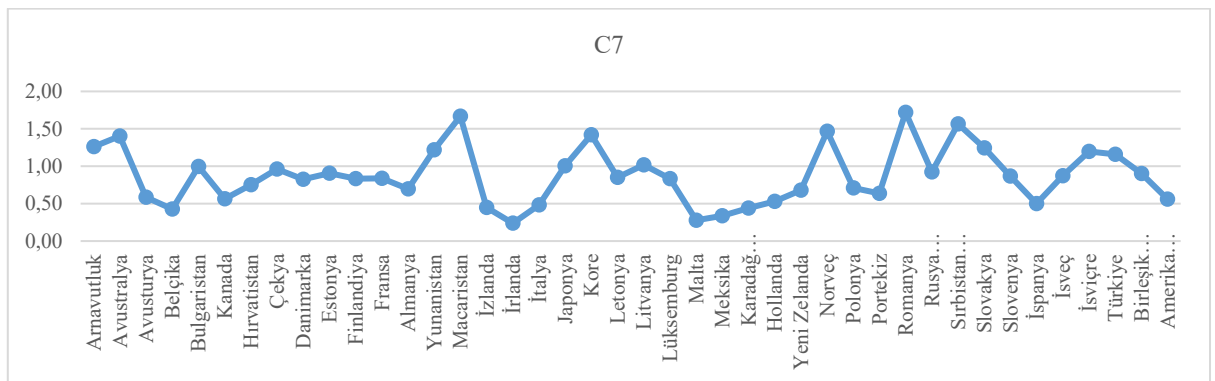
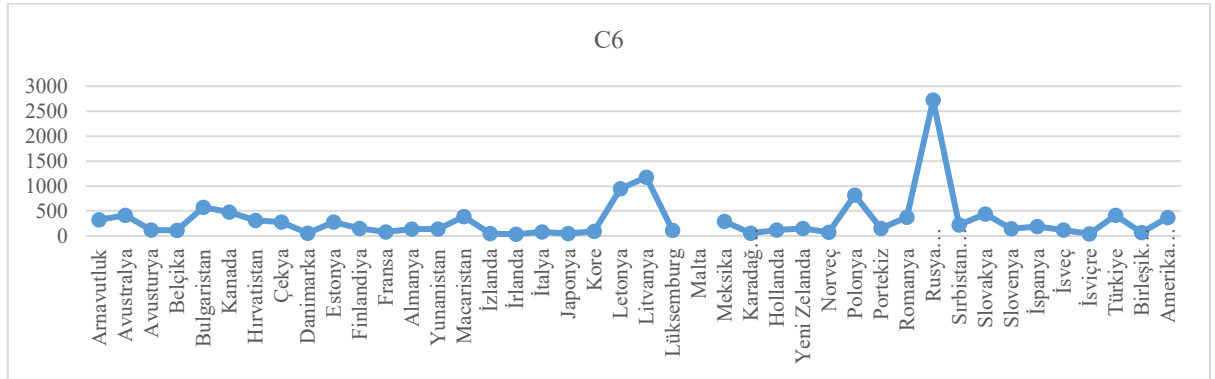
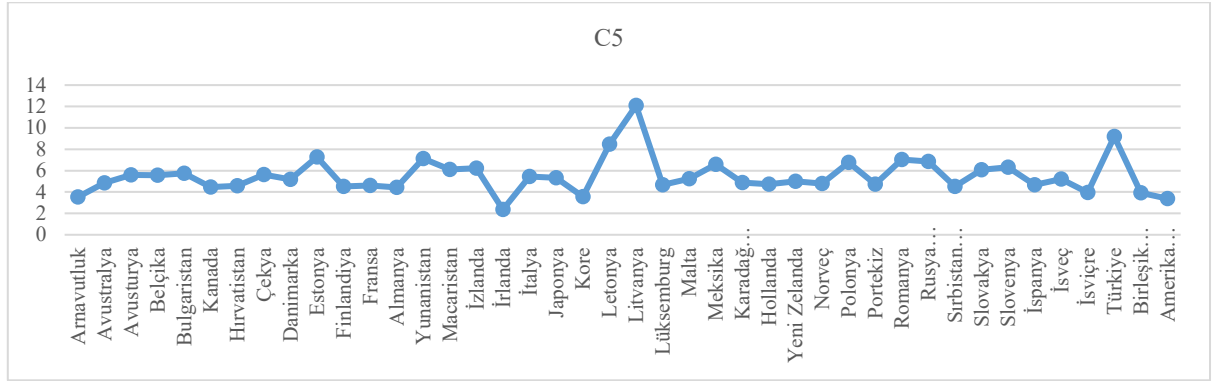
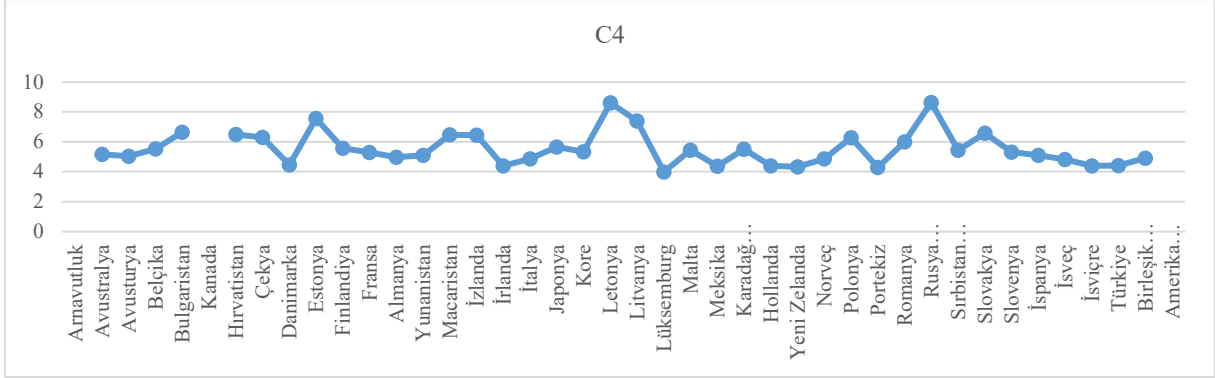
Gri ilişki derecesi değerleri, alternatifleri referans serilere benzerliğine göre sıralamak için kullanılır. Daha yüksek gri ilişki değerleri daha yüksek benzerliği gösterir ve tercih sebebidir.

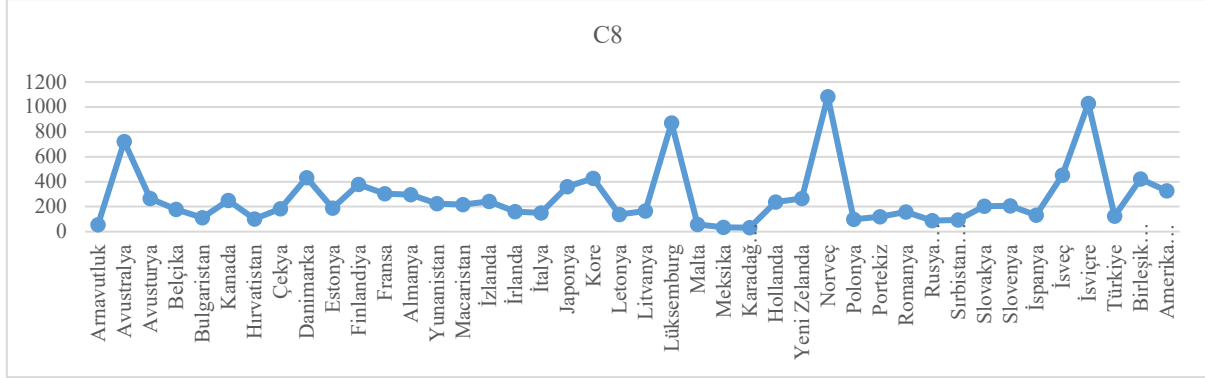
4. BULGULAR

OECD ülkeleri ve seçilen ülkelerin (toplam 42 ülke) OECD verilerine göre sürdürülebilir taşımacılık performanslarını belirlemek için 8 farklı değişken belirlenmiştir (Tablo 1). Belirlenen kriterlerin ülkelere göre aldıkları değerlerin görsel olarak sunulması çalışmayı daha faydalı hale getirecektir. Bunun için kriterlerin ülkelere göre durumları Şekil 1’de sunulmuştur.

Şekil 1. Kriterlerin Ülkelere Göre Aldıkları Farklı Değerler







Kriterler değerlendirildiğinde, C2 kriterinde Lüksemburg ve ABD'nin, C5 kriterinde Litvanya'nın ve Türkiye'nin, C6 kriterinde Rusya'nın, C8 kriterinde Norveç ve İsviçre'nin diğerlerinden çok daha farklı değerler aldıkları söylenmelidir. Elde edilen kriter değerlerine göre karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisinde 2015-2020 yılları arasındaki yayımlanan verilerden son 5 yıldaki mevcut verilere göre ortalamalar alınarak Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Arnavutluk	175,12	0,80	5,10		3,54	321,03	1,26	55,38
Avustralya	74,38	3,95	10,27	5,16	4,85	413,95	1,40	721,56
Avusturya	58,13	2,77	11,93	5,03	5,59	117,47	0,58	264,46
Belçika	50,82	2,24	10,99	5,52	5,57	109,26	0,43	178,82
Bulgaristan	156,19	1,30	13,34	6,64	5,76	576,77	1,00	112,22
Kanada	113,48	5,08	14,87		4,47	475,10	0,56	249,39
Hırvatistan	113,18	1,52	8,90	6,50	4,59	309,90	0,75	100,08
Çekya	83,80	1,72	9,89	6,30	5,64	279,56	0,96	184,11
Danimarka	37,06	2,12	11,85	4,46	5,19	53,58	0,82	432,85
Estonya	88,64	1,81	11,22	7,56	7,28	275,39	0,91	187,59
Finlandiya	44,47	2,05	11,52	5,58	4,52	147,76	0,83	378,95
Fransa	49,09	1,90	13,31	5,29	4,60	81,98	0,84	304,56
Almanya	43,83	1,94	13,62	4,97	4,42	135,17	0,70	296,98
Yunanistan	85,02	1,59	11,81	5,11	7,14	137,80	1,22	225,25
Macaristan	89,89	1,32	12,44	6,48	6,10	386,88	1,67	217,87
İzlanda	42,44	2,78	13,49	6,46	6,24	47,38	0,45	242,69
İrlanda	34,66	2,43	12,45	4,40	2,36	33,86	0,24	159,89
İtalya	51,65	1,67	12,34	4,86	5,46	78,95	0,48	150,74
Japonya	42,83	1,63	10,07	5,66	5,33	47,77	1,01	361,00
Kore	64,37	1,99	10,87	5,34	3,56	92,26	1,42	427,74
Letonya	103,45	1,63	11,73	8,61	8,47	943,97	0,85	136,88
Litvanya	118,96	2,01	15,01	7,39	12,08	1176,42	1,02	165,87
Lüksemburg	90,59	9,84	14,23	3,99	4,65	113,14	0,83	870,18
Malta	48,63	1,35	11,30	5,45	5,24		0,28	58,60
Meksika	127,82	1,21	17,52	4,36	6,59	293,05	0,34	33,10
Karadağ	144,39	0,98	9,66	5,50	4,87	51,38	0,44	31,67
Hollanda	36,34	1,78	11,90	4,39	4,73	119,08	0,53	238,17
Yeni Zelanda	77,16	3,20	12,80	4,34	5,00	148,47	0,68	265,70
Norveç	32,36	2,44	15,23	4,87	4,77	75,58	1,47	1082,82
Polonya	108,58	1,52	12,35	6,28	6,77	816,60	0,71	99,66
Portekiz	74,99	1,61	13,02	4,29	4,74	151,46	0,64	118,68

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Romanya	81,28	0,88	12,16	6,00	7,04	375,84	1,72	158,79
Rusya	165,77	1,72	11,27	8,63	6,86	2721,02	0,92	89,47
Sırbistan	139,47	0,90	11,84	5,44	4,51	219,34	1,57	94,35
Slovakya	74,38	1,33	6,39	6,57	6,07	440,35	1,25	205,06
Slovenya	115,10	2,70	16,10	5,31	6,32	141,52	0,87	205,85
İspanya	68,87	1,93	11,90	5,10	4,66	190,72	0,50	131,58
İsveç	32,59	1,72	12,63	4,83	5,22	121,02	0,87	452,27
İsviçre	22,31	1,89	9,29	4,40	3,94	41,16	1,20	1028,50
Türkiye	97,72	0,99	15,99	4,42	9,18	415,34	1,16	124,60
Birleşik Krallık	43,11	1,82	12,99	4,90	3,92	69,33	0,90	421,45
Amerika Birleşik Devletleri	88,04	5,33	9,33		3,37	368,27	0,56	327,91

Seçilmiş 42 ülke için kriterlerin değerlendirilmesi istendiğinde literatürde subjektif ve objektif çeşitli kriter ağırlığı belirleme yöntemleri kullanılabilir. Bu çalışmada alternatiflere ilişkin verilerin çoğunluğu mevcut olduğundan belirlenen 8 kriterin ağırlıkları objektif bir kriter ağırlık belirleme yöntemi olan CRITIC yöntemi aşamalarına göre gerçekleştirilmiştir. CRITIC yöntemi kriterler arasındaki ilişkiyi ve kriterlerin aldıkları değerlerin standart sapmasını ön plana çıkarmaktadır. Bunun için çalışmada kullanılan verilere uygun bir şekilde kriter ağırlıklarını belirleyen CRITIC yönteminin hesaplama aşamaları gerçekleştirilmiş, Tablo 2’de sunulan karar matrisine göre normalizasyon yapılmış ve normalize matris Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Normalize Matris

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Arnavutluk	0.000	1.000	0.000	0.862	0.121	0.107	0.690	0.023
Avustralya	0.659	0.651	0.416	0.252	0.256	0.141	0.786	0.656
Avusturya	0.766	0.782	0.550	0.224	0.332	0.031	0.234	0.221
Belçika	0.813	0.841	0.474	0.329	0.331	0.028	0.128	0.140
Bulgaristan	0.124	0.944	0.663	0.570	0.350	0.202	0.512	0.077
Kanada	0.403	0.527	0.787	0.862	0.218	0.164	0.220	0.207
Hırvatistan	0.405	0.920	0.306	0.540	0.230	0.103	0.348	0.065
Çekya	0.598	0.898	0.386	0.497	0.338	0.091	0.488	0.145
Danimarka	0.903	0.854	0.543	0.100	0.291	0.007	0.395	0.382
Estonya	0.566	0.888	0.493	0.770	0.507	0.090	0.450	0.148
Finlandiya	0.855	0.861	0.517	0.342	0.222	0.042	0.402	0.330
Fransa	0.825	0.878	0.661	0.280	0.230	0.018	0.406	0.260
Almanya	0.859	0.874	0.686	0.211	0.213	0.038	0.310	0.252
Yunanistan	0.590	0.913	0.540	0.241	0.492	0.039	0.664	0.184
Macaristan	0.558	0.943	0.591	0.536	0.385	0.131	0.967	0.177
İzlanda	0.868	0.781	0.676	0.531	0.399	0.005	0.142	0.201
İrlanda	0.919	0.819	0.592	0.088	0.000	0.000	0.000	0.122
İtalya	0.808	0.904	0.583	0.186	0.319	0.017	0.166	0.113
Japonya	0.866	0.908	0.400	0.360	0.306	0.005	0.519	0.313
Kore	0.725	0.868	0.464	0.290	0.124	0.022	0.797	0.377
Letonya	0.469	0.908	0.534	0.995	0.629	0.339	0.413	0.100
Litvanya	0.367	0.866	0.798	0.732	1.000	0.425	0.527	0.128
Lüksemburg	0.553	0.000	0.735	0.000	0.236	0.030	0.402	0.798
Malta	0.828	0.939	0.499	0.313	0.296	0.013	0.026	0.026
Meksika	0.310	0.955	1.000	0.080	0.435	0.096	0.069	0.001
Karadağ	0.201	0.980	0.367	0.324	0.258	0.007	0.137	0.000
Hollanda	0.908	0.892	0.548	0.086	0.245	0.032	0.198	0.196

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Yeni Zelanda	0.641	0.734	0.620	0.074	0.272	0.043	0.297	0.223
Norveç	0.934	0.819	0.816	0.188	0.249	0.016	0.830	1.000
Polonya	0.435	0.920	0.583	0.494	0.453	0.291	0.318	0.065
Portekiz	0.655	0.911	0.638	0.065	0.245	0.044	0.269	0.083
Romanya	0.614	0.991	0.569	0.432	0.481	0.127	1.000	0.121
Rusya	0.061	0.898	0.497	1.000	0.463	1.000	0.463	0.055
Sırbistan	0.233	0.989	0.543	0.311	0.221	0.069	0.897	0.060
Slovakya	0.659	0.942	0.104	0.557	0.382	0.151	0.680	0.165
Slovenya	0.393	0.790	0.886	0.283	0.407	0.040	0.424	0.166
İspanya	0.695	0.875	0.548	0.239	0.237	0.058	0.176	0.095
İsveç	0.933	0.899	0.607	0.180	0.294	0.032	0.427	0.400
İsviçre	1.000	0.880	0.338	0.087	0.163	0.003	0.648	0.948
Türkiye	0.506	0.979	0.877	0.092	0.702	0.142	0.623	0.088
Birleşik Krallık	0.864	0.887	0.635	0.196	0.161	0.013	0.449	0.371
Amerika Birleşik Devletleri	0.570	0.499	0.340	0.862	0.105	0.124	0.219	0.282

Normalize matrisle elde edilen değerler 0-1 arasında farklı değerler almaktadır. Daha sonra yöntemin hesaplama aşamalarına göre kriterler arasındaki ilişkileri yansıtan korelasyonlar Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. Kriterler Arasındaki Korelasyonlar

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	1	-0.088	0.062	-0.55	-0.297	-0.558	-0.157	0.501
C2	-0.088	1	-0.184	0.072	0.220	0.077	0.171	-0.491
C3	0.062	-0.184	1	-0.33	0.346	-0.001	-0.169	0.059
C4	-0.552	0.072	-0.33	1	0.299	0.63	0.124	-0.352
C5	-0.297	0.220	0.346	0.299	1	0.474	0.165	-0.287
C6	-0.558	0.077	-0.001	0.63	0.474	1	0.125	-0.253
C7	-0.157	0.171	-0.169	0.124	0.165	0.125	1	0.32
C8	0.501	-0.49	0.059	-0.35	-0.287	-0.253	0.32	1

Tablo 4’de kriterler arasındaki ilişkiler hesaplanmıştır. Hesaplama yapılırken daha kolay ve hızlı hesaplama yapılacağı düşünülerek SPSS26 programı (Pearson korelasyon analizi) kullanılmıştır. Elde edilen kriter ilişkilerinden sonra standart sapma da hesaplamalara dahil edilince bilgi miktarları ve ardından kriter ağırlıkları elde edilebilir. Buna göre hesaplanan standart sapmalar, belirlenen bilgi miktarları, kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Kriterlerin Standart Sapmaları, Bilgi Miktarları ve Ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
std	0.259	0.171	0.192	0.273	0.174	0.169	0.256	0.233
cj	2.093	1.235	1.383	1.939	1.060	1.102	1.643	1.745
wj	0.172	0.101	0.113	0.159	0.087	0.090	0.135	0.143
sıra	1	6	5	2	8	7	4	3

İlk sırada en önemli kriter olarak C1-ton olarak ulaşımdan kaynaklanan CO2 emisyonları kriteri %17,2 ağırlıkta, ikinci sırada C4-taşımacılık sektöründe istihdam payı %15,9 ağırlıkta, üçüncü sırada C8-kişi başına taşımacılık altyapısı yatırımı kriteri %14,3 ağırlıkta bulunmuştur. Son sırada ise diğerlerine göre daha az önemli olarak C5-taşımacılık sektörünün katma değer payı %8,7 ağırlıkta yer almıştır. Kriter ağırlıkları uygun bir şekilde belirlendikten sonra alternatiflerin değerlendirilmesi için GRA yöntemi kullanılmıştır. CRITIC yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıklarıyla hesaplanan GRA mutlak değerleri Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Kriterlere Ait Mutlak Değer Tablosu

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Arnavutluk	1.000	0.000	1.000	0.138	0.879	0.893	0.310	0.977
Avustralya	0.341	0.349	0.584	0.748	0.744	0.859	0.214	0.344
Avusturya	0.234	0.218	0.450	0.776	0.668	0.969	0.766	0.779
Belçika	0.187	0.159	0.526	0.671	0.669	0.972	0.872	0.860
Bulgaristan	0.876	0.056	0.337	0.430	0.650	0.798	0.488	0.923
Kanada	0.597	0.473	0.213	0.138	0.782	0.836	0.780	0.793
Hırvatistan	0.595	0.080	0.694	0.460	0.770	0.897	0.652	0.935
Çekya	0.402	0.102	0.614	0.503	0.662	0.909	0.512	0.855
Danimarka	0.097	0.146	0.457	0.900	0.709	0.993	0.605	0.618
Estonya	0.434	0.112	0.507	0.230	0.493	0.910	0.550	0.852
Finlandiya	0.145	0.139	0.483	0.658	0.778	0.958	0.598	0.670
Fransa	0.175	0.122	0.339	0.720	0.770	0.982	0.594	0.740
Almanya	0.141	0.126	0.314	0.789	0.787	0.962	0.690	0.748
Yunanistan	0.410	0.087	0.460	0.759	0.508	0.961	0.336	0.816
Macaristan	0.442	0.057	0.409	0.464	0.615	0.869	0.033	0.823
İzlanda	0.132	0.219	0.324	0.469	0.601	0.995	0.858	0.799
İrlanda	0.081	0.181	0.408	0.912	1.000	1.000	1.000	0.878
İtalya	0.192	0.096	0.417	0.814	0.681	0.983	0.834	0.887
Japonya	0.134	0.092	0.600	0.640	0.694	0.995	0.481	0.687
Kore	0.275	0.132	0.536	0.710	0.876	0.978	0.203	0.623
Letonya	0.531	0.092	0.466	0.005	0.371	0.661	0.587	0.900
Litvanya	0.633	0.134	0.202	0.268	0.000	0.575	0.473	0.872
Lüksemburg	0.447	1.000	0.265	1.000	0.764	0.970	0.598	0.202
Malta	0.172	0.061	0.501	0.687	0.704	0.987	0.974	0.974
Meksika	0.690	0.045	0.000	0.920	0.565	0.904	0.931	0.999
Karadağ	0.799	0.020	0.633	0.676	0.742	0.993	0.863	1.000
Hollanda	0.092	0.108	0.452	0.914	0.755	0.968	0.802	0.804
Yeni Zelanda	0.359	0.266	0.380	0.926	0.728	0.957	0.703	0.777
Norveç	0.066	0.181	0.184	0.812	0.751	0.984	0.170	0.000
Polonya	0.565	0.080	0.417	0.506	0.547	0.709	0.682	0.935
Portekiz	0.345	0.089	0.362	0.935	0.755	0.956	0.731	0.917
Romanya	0.386	0.009	0.431	0.568	0.519	0.873	0.000	0.879
Rusya	0.939	0.102	0.503	0.000	0.537	0.000	0.537	0.945
Sırbistan	0.767	0.011	0.457	0.689	0.779	0.931	0.103	0.940
Slovakya	0.341	0.058	0.896	0.443	0.618	0.849	0.320	0.835
Slovenya	0.607	0.210	0.114	0.717	0.593	0.960	0.576	0.834
İspanya	0.305	0.125	0.452	0.761	0.763	0.942	0.824	0.905
İsveç	0.067	0.101	0.393	0.820	0.706	0.968	0.573	0.600
İsviçre	0.000	0.120	0.662	0.913	0.837	0.997	0.352	0.052
Türkiye	0.494	0.021	0.123	0.908	0.298	0.858	0.377	0.912
Birleşik Krallık	0.136	0.113	0.365	0.804	0.839	0.987	0.551	0.629
Amerika Birleşik Devletleri	0.430	0.501	0.660	0.138	0.895	0.876	0.781	0.718

Sonraki aşamada seçilmiş ülkelerin değerlendirilmesi için mutlak değer tablosundan elde edilen değerler kullanılarak ve GRA yönteminin aşamalarına göre gri ilişki katsayıları hesaplanarak Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Gri İlişki Katsayıları

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Arnavutluk	0.333	1.000	0.333	0.783	0.363	0.359	0.617	0.338
Avustralya	0.595	0.589	0.461	0.401	0.402	0.368	0.701	0.593
Avusturya	0.681	0.697	0.526	0.392	0.428	0.340	0.395	0.391
Belçika	0.728	0.758	0.487	0.427	0.428	0.340	0.364	0.368
Bulgaristan	0.363	0.900	0.598	0.538	0.435	0.385	0.506	0.351
Kanada	0.456	0.514	0.701	0.783	0.390	0.374	0.391	0.387
Hırvatistan	0.457	0.862	0.419	0.521	0.394	0.358	0.434	0.348
Çekya	0.554	0.830	0.449	0.499	0.430	0.355	0.494	0.369
Danimarka	0.838	0.773	0.523	0.357	0.414	0.335	0.453	0.447
Estonya	0.535	0.817	0.497	0.685	0.503	0.355	0.476	0.370
Finlandiya	0.775	0.783	0.509	0.432	0.391	0.343	0.455	0.427
Fransa	0.740	0.804	0.596	0.410	0.394	0.337	0.457	0.403
Almanya	0.780	0.798	0.614	0.388	0.388	0.342	0.420	0.401
Yunanistan	0.549	0.851	0.521	0.397	0.496	0.342	0.598	0.380
Macaristan	0.531	0.897	0.550	0.519	0.449	0.365	0.938	0.378
İzlanda	0.791	0.696	0.606	0.516	0.454	0.334	0.368	0.385
İrlanda	0.861	0.734	0.550	0.354	0.333	0.333	0.333	0.363
İtalya	0.723	0.839	0.545	0.381	0.423	0.337	0.375	0.361
Japonya	0.788	0.845	0.455	0.439	0.419	0.334	0.510	0.421
Kore	0.645	0.792	0.483	0.413	0.363	0.338	0.711	0.445
Letonya	0.485	0.845	0.518	0.990	0.574	0.431	0.460	0.357
Litvanya	0.441	0.789	0.712	0.651	1.000	0.465	0.514	0.364
Lüksemburg	0.528	0.333	0.654	0.333	0.396	0.340	0.455	0.712
Malta	0.744	0.891	0.500	0.421	0.415	0.336	0.339	0.339
Meksika	0.420	0.917	1.000	0.352	0.469	0.356	0.349	0.334
Karadağ	0.385	0.961	0.441	0.425	0.403	0.335	0.367	0.333
Hollanda	0.845	0.822	0.525	0.354	0.398	0.341	0.384	0.384
Yeni Zelanda	0.582	0.653	0.568	0.351	0.407	0.343	0.416	0.391
Norveç	0.884	0.734	0.731	0.381	0.400	0.337	0.746	1.000
Polonya	0.470	0.862	0.545	0.497	0.478	0.414	0.423	0.348
Portekiz	0.592	0.848	0.580	0.348	0.398	0.343	0.406	0.353
Romanya	0.564	0.982	0.537	0.468	0.491	0.364	1.000	0.363
Rusya	0.348	0.831	0.498	1.000	0.482	1.000	0.482	0.346
Sırbistan	0.395	0.979	0.522	0.421	0.391	0.349	0.829	0.347
Slovakya	0.595	0.896	0.358	0.530	0.447	0.371	0.610	0.375
Slovenya	0.452	0.704	0.814	0.411	0.458	0.342	0.465	0.375
İspanya	0.621	0.800	0.525	0.397	0.396	0.347	0.378	0.356
İsveç	0.881	0.831	0.560	0.379	0.415	0.341	0.466	0.455
İsviçre	1.000	0.806	0.430	0.354	0.374	0.334	0.587	0.906
Türkiye	0.503	0.959	0.803	0.355	0.627	0.368	0.570	0.354
Birleşik Krallık	0.786	0.815	0.578	0.383	0.373	0.336	0.476	0.443
Amerika Birleşik Devletleri	0.538	0.500	0.431	0.783	0.358	0.363	0.390	0.410

Hesaplanan gri ilişki katsayıları kullanılarak bir sonraki aşamada gri ilişki dereceleri bulunmaktadır. Elde edilen gri ilişki dereceleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Gri İlişki Dereceleri

wk*Çk	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Arnavutluk	0.057	0.103	0.038	0.123	0.031	0.034	0.083	0.048
Avustralya	0.101	0.060	0.053	0.063	0.035	0.035	0.094	0.084
Avusturya	0.116	0.072	0.060	0.061	0.037	0.032	0.053	0.056
Belçika	0.124	0.078	0.056	0.067	0.037	0.032	0.049	0.052
Bulgaristan	0.062	0.092	0.068	0.084	0.037	0.036	0.068	0.050
Kanada	0.078	0.053	0.080	0.123	0.034	0.035	0.052	0.055
Hırvatistan	0.078	0.088	0.048	0.082	0.034	0.034	0.058	0.050
Çekya	0.094	0.085	0.051	0.078	0.037	0.033	0.066	0.053
Danimarka	0.143	0.079	0.060	0.056	0.036	0.031	0.061	0.064
Estonya	0.091	0.084	0.057	0.107	0.043	0.033	0.064	0.053
Finlandiya	0.132	0.080	0.058	0.068	0.034	0.032	0.061	0.061
Fransa	0.126	0.082	0.068	0.064	0.034	0.032	0.061	0.057
Almanya	0.133	0.082	0.070	0.061	0.033	0.032	0.056	0.057
Yunanistan	0.094	0.087	0.059	0.062	0.043	0.032	0.080	0.054
Macaristan	0.090	0.092	0.063	0.081	0.039	0.034	0.125	0.054
İzlanda	0.135	0.071	0.069	0.081	0.039	0.031	0.049	0.055
İrlanda	0.147	0.075	0.063	0.055	0.029	0.031	0.045	0.052
İtalya	0.123	0.086	0.062	0.060	0.036	0.032	0.050	0.051
Japonya	0.134	0.087	0.052	0.069	0.036	0.031	0.068	0.060
Kore	0.110	0.081	0.055	0.065	0.031	0.032	0.095	0.063
Letonya	0.083	0.087	0.059	0.155	0.049	0.040	0.062	0.051
Litvanya	0.075	0.081	0.081	0.102	0.086	0.044	0.069	0.052
Lüksemburg	0.090	0.034	0.074	0.052	0.034	0.032	0.061	0.101
Malta	0.127	0.091	0.057	0.066	0.036	0.032	0.045	0.048
Meksika	0.072	0.094	0.114	0.055	0.040	0.033	0.047	0.048
Karadağ	0.066	0.099	0.050	0.067	0.035	0.031	0.049	0.047
Hollanda	0.144	0.084	0.060	0.055	0.034	0.032	0.051	0.055
Yeni Zelanda	0.099	0.067	0.065	0.055	0.035	0.032	0.056	0.056
Norveç	0.151	0.075	0.083	0.060	0.034	0.032	0.100	0.142
Polonya	0.080	0.088	0.062	0.078	0.041	0.039	0.057	0.050
Portekiz	0.101	0.087	0.066	0.055	0.034	0.032	0.054	0.050
Romanya	0.096	0.101	0.061	0.073	0.042	0.034	0.134	0.052
Rusya	0.059	0.085	0.057	0.157	0.041	0.094	0.064	0.049
Sırbistan	0.067	0.100	0.060	0.066	0.034	0.033	0.111	0.049
Slovakya	0.101	0.092	0.041	0.083	0.038	0.035	0.082	0.053
Slovenya	0.077	0.072	0.093	0.064	0.039	0.032	0.062	0.053
İspanya	0.106	0.082	0.060	0.062	0.034	0.033	0.051	0.051
İsveç	0.150	0.085	0.064	0.059	0.036	0.032	0.062	0.065
İsviçre	0.171	0.083	0.049	0.055	0.032	0.031	0.079	0.129
Türkiye	0.086	0.098	0.091	0.056	0.054	0.035	0.076	0.050
Birleşik Krallık	0.134	0.084	0.066	0.060	0.032	0.032	0.064	0.063
Amerika Birleşik Devletleri	0.092	0.051	0.049	0.123	0.031	0.034	0.052	0.058

Gri ilişki dereceleri kullanılarak hesaplanan seçilmiş 42 ülkenin GRA yöntemine göre sürdürülebilir taşımacılık performansları Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9. Seçilmiş Ülkelerin Sürdürülebilir Taşımacılık Performansları

Ülke	GRG	Sıra	Ülke	GRG	Sıra
Norveç	0.677	1	Hollanda	0.516	22
İsviçre	0.629	2	Arnavutluk	0.516	23
Rusya	0.607	3	Yunanistan	0.511	24
Romanya	0.593	4	Kanada	0.509	25
Litvanya	0.590	5	Meksika	0.503	26
Letonya	0.586	6	Malta	0.502	27
Macaristan	0.579	7	İtalya	0.501	28
İsveç	0.553	8	Bulgaristan	0.498	29
Türkiye	0.547	9	Çekya	0.498	30
Japonya	0.537	10	İrlanda	0.497	31
Birleşik Krallık	0.534	11	Polonya	0.495	32
Kore	0.533	12	Belçika	0.494	33
Estonya	0.532	13	Slovenya	0.494	34
İzlanda	0.531	14	Amerika Birleşik Devletleri	0.490	35
Danimarka	0.529	15	Avusturya	0.486	36
Finlandiya	0.526	16	Portekiz	0.480	37
Slovakya	0.525	17	Lüksemburg	0.479	38
Fransa	0.525	18	İspanya	0.478	39
Almanya	0.525	19	Hırvatistan	0.471	40
Avustralya	0.525	20	Yeni Zelanda	0.465	41
Sırbistan	0.520	21	Karadağ	0.444	42

Bulgulara göre Norveç, İsviçre, Rusya, Romanya ve Litvanya ilk 5 sıralamada yer almıştır. Türkiye 9. sırada yer almış, son sırada ise Karadağ bulunmuştur. GRA yöntemi ile yapılan sıralamalar ile karşılaştırmak üzere karar problemi PROMETHEE yöntemiyle tekrar analiz edilmiştir. Verilerin özelliklerine göre sıralama yapan ve güçlü bir sıralama yöntemi olarak bilinen PROMETHEE yöntemi alternatiflerin yapısına göre tercih değerlerini göz önünde bulundurarak probleme çözüm sunmaktadır. Aynı zamanda eksik veriler olduğunda karar vericiye uygun sonuçlar sunabilmektedir. Bu problemde karşılaştırma verileri olarak kriterler için 5. tip doğrusal tercih fonksiyonu, Tablo 2'de yer alan karar matrisi ve Tablo 5'de elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. PROMETHEE yöntemine göre elde edilen sıralamalar Tablo 10'de gösterilmiştir.

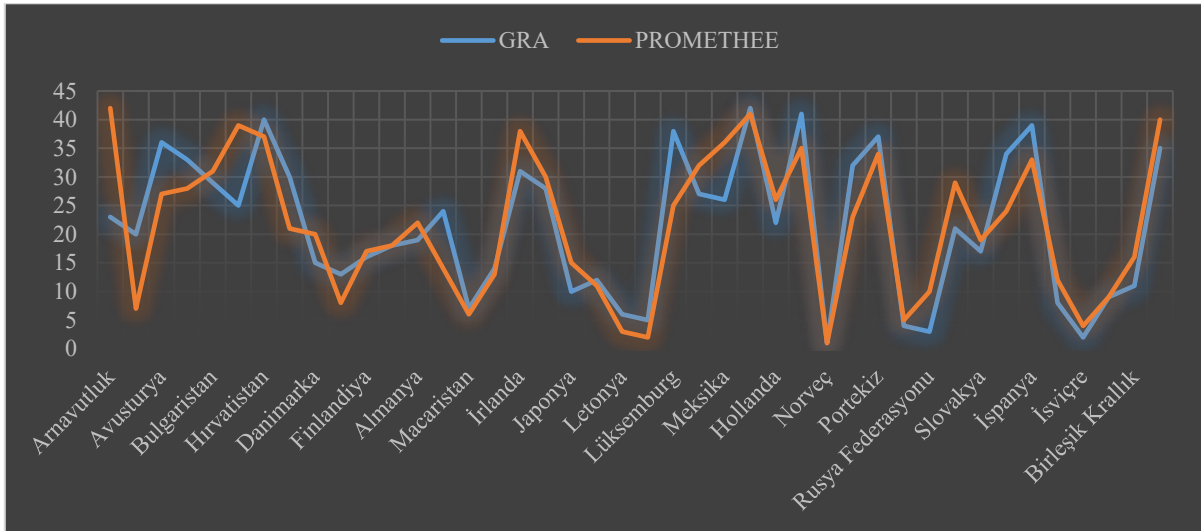
Tablo 10. PROMETHEE Yöntemiyle Sürdürülebilir Taşımacılık Performansları

Ülke	Phi+	Phi-	Phi	Sıra	Ülke	Phi+	Phi-	Phi	Sıra
Norveç	0,3448	0,0464	0,2984	1	Almanya	0,0850	0,0884	-0,0034	22
Litvanya	0,3380	0,0968	0,2412	2	Polonya	0,1053	0,1183	-0,0130	23
Letonya	0,2749	0,0925	0,1824	3	Slovenya	0,1029	0,1221	-0,0193	24
İsviçre	0,2731	0,1148	0,1583	4	Lüksemburg	0,1826	0,2220	-0,0394	25
Romanya	0,1919	0,0522	0,1397	5	Hollanda	0,0808	0,1246	-0,0438	26
Macaristan	0,1922	0,0591	0,1331	6	Avusturya	0,0530	0,0975	-0,0445	27
Avustralya	0,2174	0,1028	0,1146	7	Belçika	0,0642	0,1108	-0,0466	28
Estonya	0,1781	0,0715	0,1066	8	Sırbistan	0,1163	0,1636	-0,0473	29
Türkiye	0,2037	0,1011	0,1026	9	İtalya	0,0641	0,1125	-0,0484	30
Rusya	0,2710	0,1873	0,0837	10	Bulgaristan	0,1106	0,1699	-0,0593	31
Kore	0,1389	0,0797	0,0592	11	Malta	0,0661	0,1321	-0,0661	32
İsveç	0,1256	0,0761	0,0495	12	İspanya	0,0444	0,1134	-0,0691	33
İzlanda	0,1319	0,0877	0,0443	13	Portekiz	0,0484	0,1220	-0,0735	34
Yunanistan	0,1084	0,0750	0,0334	14	Yeni Zelanda	0,0413	0,1198	-0,0784	35
Japonya	0,1050	0,0768	0,0282	15	Meksika	0,1220	0,2257	-0,1037	36

Ülke	Phi+	Phi-	Phi	Sıra	Ülke	Phi+	Phi-	Phi	Sıra
Birleşik Krallık	0,1045	0,0850	0,0194	16	Hırvatistan	0,0673	0,1773	-0,1100	37
Finlandiya	0,0868	0,0761	0,0108	17	İrlanda	0,0836	0,2052	-0,1216	38
Fransa	0,0815	0,0722	0,0093	18	Kanada	0,0516	0,2122	-0,1606	39
Slovakya	0,1436	0,1344	0,0093	19	Amerika Birleşik Devletleri	0,0234	0,2324	-0,2089	40
Danimarka	0,1046	0,0956	0,0090	20	Karadağ	0,0194	0,2501	-0,2307	41
Çekya	0,0867	0,0895	-0,0029	21	Arnavutluk	0,0655	0,3080	-0,2424	42

PROMETHEE yöntemi bulgularına göre ilk sırada Norveç bulunmuş, devamında Litvanya, Letonya, İsviçre, Romanya ülkeleri sıralanmıştır. Son sıralarda ise Karadağ ve Arnavutluk bulunmuştur. GRA ve PROMETHEE sıralamalarının görsel bir şekilde daha iyi analiz edilebileceği düşünülerek sıralama sonuçları Şekil 2'de sunulmuştur.

Şekil 2. Yöntemlere Göre Sıralamalar



GRA ve PROMETHEE yöntemlerine göre ülkelerin sürdürülebilir taşımacılık performanslarında birbirine yakın sıralama bulguları elde edilmiştir. İki seri arasındaki sıralama bulgularının birbirine benzerlikleri korelasyon analiziyle araştırılmıştır. Serilerin normal dağılıp dağılmadıkları incelenmiş, Shapiro-Wilk testiyle ($p=0,107>0,05$) normal dağıldığına karar verilmiştir. Normal dağılım gösteren iki serinin arasındaki korelasyon ilişkisi Pearson korelasyon analiziyle incelendiğinde pozitif çok kuvvetli bir ilişki $r=0,842$, $p=0,000$ bulunmuştur. Ancak serilerin sadece normal dağılım gösterdiğinden ziyade verilerin sıralı olarak karşılaştırıldığı düşünülürse Spearman korelasyon analizinde de istatistiksel olarak 0,01 anlamlılıkta aynı bulgular ($r=0,842$, $p=0,000$) elde edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Bilimsel araştırmalar yenilikçi olmalarının yanında tekrarlanabilir de olmalıdır. Tekrarlanan araştırmalar daha önce yapılan doğru veya yanlışlarıyla gözden geçirilerek ve güncellenerek literatüre önemli katkılar sağlarlar. Daha önce yapılan çalışmaların araştırılması ve yapılan bir çalışmayla karşılaştırılması mevcut çalışmanın literatürdeki yerini de ortaya koyar. Literatür karşılaştırması yapılarak yeni çalışmanın hangi yönde sürdürüleceğine ışık tutulması, bilime katkı sağlaması, yapılan yanlışların tekrarlanmaması, yeniliklerin çalışmanın önemli bulguları olarak sunulması, hem yazara/yazarlara hem de okuyuculara katkı sağlaması beklenir.

Çalışma bulguları literatürle karşılaştırılmak istendiğinde birçok çalışmada sürdürülebilirlik ve taşımacılık konularının kavramsal ve farklı şekillerde ele alındığı görülmüştür. Literatürde bulunan çalışmalardan kısmen benzer değişkenlerin kullanıldığı Eva vd. (2019)'nin çalışmasında taşımacılık sektörünün sürdürülebilirliği 1995-2015 arası 35 ülkeye göre incelemiştir. Bahsedilen çalışmada taşımacılık sürdürülebilirlik endeksi oluşturulmuş ve ülkeler belirlenen 6 değişkene göre incelenmiş, İsviçre ilk sırada yer almış, ardından Danimarka, Birleşik Krallık ve İsveç sıralanırken son sırada ABD bulunmuştur. Karar verme yöntemlerine dayanmadan farklı bir

metodolojik yaklaşım kullanılarak gerçekleştirilen çalışma bulgularıyla mevcut çalışma bulguları (mevcut çalışmada İsviçre 2. sırada bulunmasına rağmen) benzer bulunmamıştır. Kısmen benzer amaç ve kapsamın ele alındığı Kim ve Han (2011)'in çalışmasında 2000-2007 arası 29 OECD ülkesinin taşımacılık sürdürülebilirliği karşılaştırılmıştır. Belirtilen çalışmada 7 değişkenin verileri ülkelerin aldıkları değerlere göre Z Skor yöntemiyle standartlaştırılmış ve ülkeler 4 gruba ayrılarak 1-5 arası (1 en iyi) derecelendirilmiştir. Çalışmada Norveç, İsveç ve Türkiye'nin 1. derecede sürdürülebilir taşımacılık konusunda en iyi ülkeler olduğu, Türkiye'nin ekonomik ölçeğinin oldukça düşük (5. derece-en son) bulunmasına rağmen sürdürülebilir taşımacılıkta 1. derece ülkelerin arasında yer alması dikkate değer bulunmuştur. Belirtilen çalışmanın (mevcut çalışmada İsveç'in 8. sırada ve Türkiye'nin 9. sırada bulunmasına rağmen) 2000-2007 yıllarını kapsamı ancak mevcut çalışmanın 2000-2020 yılları arasını kapsamına rağmen sıralamalar itibarıyla kısmen benzer bulgular elde edildiği söylenebilir. Wang vd. (2022) karayolu taşımacılığının sürdürülebilirliğini OECD ülkeleri için entropy-CoCoSo modeliyle ele almıştır. 12 kriter kullanılmış ve 28 ülke değerlendirilmiştir. İlk 5 sırada Japonya, Almanya, Fransa, Birleşik Krallık ve Kanada'nın, son sıralarda ise ABD ve İzlanda'nın bulunmasının sebebi tamamen farklı kriterlerin kullanılmış olmasına bağlanabilir.

Genel olarak yapılan değerlendirmede literatürde sınırlı sayıda çalışmanın bulunduğu, birçok değişkenin ve alternatifin bulunduğu karar probleminde mevcut çalışmaların karar verme yöntemlerine odaklanmadan matematiksel ifadelerle sorunu ifade etmeye çalıştığı gözlenmiştir. Bu sebeplerle bulguların karşılaştırılmasında daha önceki çalışmalarla mevcut çalışmanın kısmen de olsa benzer bulunduğu belirtilebilir. Mevcut çalışmanın kapsamı ve kullanılan kriterlerin özellikleri dolayısıyla orijinal bir çalışma olduğu ve literatüre önemli bir katkı sunduğu söylenebilir.

6. SONUÇ

Sürdürülebilir taşımacılıkla ve göstergeleriyle ilgili genel olarak kabul edilen bir tanıma literatürde rastlanılmamıştır. Ancak sürdürülebilir taşımacılığın mevcut ve gelecekteki ekonomik, sosyal ve çevresel niteliklerin dengelenmesi bağlamında kullanılabilmesi söylenebilir. Sürdürülebilir taşımacılık temel olarak mevcut ulaşım sistemlerinin sürdürülebilirliği incelenerek araştırılabilir. Sürdürülebilir taşımacılık için gelecek projeksiyonları üretebilen enerji kullanımının, trafik güvenliği, karmaşıklığı ve gürültüsünün, istihdama ve işsizliğe etkisinin, yatırım maliyetlerinin, kaza sayıları ve maliyetlerinin, kişi başına düşen mali katkıların ve emisyonların araştırılması düşünülebilir. Hatta sürdürülebilirlik göstergeleri yelpazesi daha da genişletilebilir. Ancak bu çalışmada sürdürülebilir taşımacılık hedefleri olarak açıklanabilecek dikkate alınan değişkenler OECD tarafından yayınlanan verilere göre belirlenmiştir. Uluslararası bir ekonomik iş birliği kuruluşu olan OECD verilerine göre 8 farklı değişken sürdürülebilir taşımacılık göstergesi olarak kullanılmıştır.

Belirlenen kriterler değerlendirildiğinde, Lüksemburg ve ABD'nin C2-kişi başına ton olarak ulaşımdan kaynaklanan CO2 emisyonları kriterinde, Litvanya'nın ve Türkiye'nin C5-taşımacılık sektörünün katma değer payı kriterinde, Rusya'nın C6-mevcut GSYİH' sının bin birimi başına ton-km cinsinden toplam iç yük taşımacılığı kriterinde, Norveç ve İsviçre'nin C8-kişi başına sabit USD cinsinden toplam iç ulaşım altyapısı yatırımı kriterinde diğerlerinden çok daha farklı değerler aldıkları söylenmelidir.

Kriterlerin CRITIC yöntemine göre ağırlıkları bulunmuş, ilk üç sırada en önemli kriterler olarak C1 (%17,2), daha sonra C4 (%15,9) ve C8 (%14,3) elde edilmiştir. Alternatiflerin değerlendirildiği GRA yöntemine göre Norveç, İsviçre, Rusya, Romanya ve Litvanya ilk 5 sıralamada yer almıştır. Türkiye 9. sırada yer almış, son sırada ise Karadağ bulunmuştur. Karşılaştırma için PROMETHEE yöntemiyle alternatifler değerlendirilmiş, ilk sırada Norveç bulunmuş, devamında Litvanya, Letonya, İsviçre, Romanya sıralaması elde edilmiştir. İki yöntemin arasındaki ilişki istatistiksel olarak analiz edildiğinde benzer bulguların elde edildiği belirlenmiştir. Türkiye'nin 9. sırada yer alması gelecek için umut vadetse de sürdürülebilir taşımacılık konusunda daha çok kat etmesi gereken yollar olduğunu düşündürmektedir. Türkiye bu konuda diğer ülkelere göre geride olduğu ulaşımdan kaynaklanan emisyonları azaltarak ve taşımacılık sektöründe istihdamı artırarak konuya daha çok önem verebilir ve daha iyi konumlarda olabilir. Sürdürülebilirliğin ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları birlikte değerlendirildiğinde taşımacılık sektörünün sürdürülebilirliğe doğru ilerlediği söylenebilir.

Çalışmada kapsamının geniş tutulmak istenerek 42 ülkeden 1 kritere (4 ülke) ait verileri eksik olan ülkelerin kapsam dahiline alınması önemli bir kısıt olarak kabul edilebilir. Bu çalışmada OECD verilerine göre sürdürülebilir taşımacılık göstergeleri belirlenmiş ve buna göre çalışma yürütülmüştür. İleride yapılacak çalışmalarda bu çalışmada belirlenen kriterler çeşitlendirilerek ve eksik olan veriler tamamlanarak daha detaylı ve

daha fazla ülke için analizler gerçekleştirilebilir. Ayrıca, taşımacılık belirlenen ülkeler bazında karayolu, havayolu, demiryolu ve denizyolu taşımacılığı başlıkları altında ayrı ayrı incelenebilir.

YAZARIN BEYANI

Katkı Oranı Beyanı: Yazar, çalışmanın tümüne tek başına katkı sağlamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışmada herhangi bir kurum ya da kuruluştan destek alınmamıştır.

Çatışma Beyanı: Çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması söz konusu değildir.

KAYNAKÇA

- Alnoor, A., Zaidan, A. A., Qahtan, S., Alsattar, H. A., Mohammed, R. T., Alazab, M., ... ve Albahri, A. S. (2022). Toward a sustainable transportation industry: Oil company benchmarking based on the extension of linear diophantine fuzzy rough sets and multicriteria decision-making methods. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*.
- Arya, N. V. ve Singh, P. (2016). Sustainable transportation planning: A multi-criteria decision making approach. *International Journal of Advances in Science, Engineering and Technology (IJASEAT)*, 4(2), 10-14.
- Aydin, N., Şeker, Ş. ve Deveci, M. (2022). Multi-Objective optimization of car sharing points under uncertainty for sustainable transportation. *IEEE Transactions on Engineering Management*.
- Beltrán-Esteve, M. ve Picazo-Tadeo, A. J. (2015). Assessing environmental performance trends in the transport industry: eco-innovation or catching-up?. *Energy Economics*, 51, 570-580.
- Chang, H. L. ve Chen, P. C. (2009). Exploring senior officials' policy beliefs regarding sustainable transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(4), 249-254.
- Danish, K., Baloch, M. A. ve Suad, S. (2018). Modeling the impact of transport energy consumption on CO2 emission in Pakistan: Evidence from ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(10), 9461-9473.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G. ve Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770.
- Duran, Z. (2022) Yeni sanayileşen ülkelerde inovasyon performansının CRITIC tabanlı GİA yöntemiyle değerlendirilmesi. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 5(1), 150-162.
- Dursun, M. ve Ari, E. (2020). Sustainable transportation service provider evaluation utilizing fuzzy MCDM procedure. *International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems: Smart and Innovative Solutions* (s. 642-648). Springer, Cham.
- Eppel, J. (1999). Sustainable development and environment: A renewed effort in the OECD. *Environment, Development and Sustainability*, 1(1), 41-53.
- Eva, M., Mihai, F. C. ve Munteanu, A. V. (2019). Sustainability of the transport sector during the last 20 years: Evidences from a panel of 35 countries. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference on Ecology, Economics, Education and Legislation-SGEM 2019* (s. 687-694). MISC.
- Gardas, B. B., Raut, R. D. ve Narkhede, B. E. (2019). Analysing the 3PL service provider's evaluation criteria through a sustainable approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(5), 958-980.

- Hamzaçebi, C. ve Pekkaya, M. (2011). Determining of stock investments with grey relational analysis. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9186-9195.
- Kim, G. ve Han, S. (2011). Comparative analysis of transportation sustainability in OECD countries. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 9, 82-97.
- Liu, L., Lian, M., Lu, C., Zhang, S., Liu, R. ve Xiong, N. N. (2022). TCSA: A traffic congestion situation assessment scheme based on multi-index fuzzy comprehensive evaluation in 5G-IoV. *Electronics*, 11(7), 1032.
- MFA. (2020). https://www.mfa.gov.tr/iktisadi-isbirligi_ve-gelisme-teskilati-oecd_tr.mfa adresinden 01 Temmuz 2022 tarihinde alınmıştır.
- Mo, F. ve Wang, D. (2019). Environmental sustainability of road transport in OECD countries. *Energies*, 12(18), 3525.
- Naletina, D. (2022). Importance of multimodal transport in developing a more sustainable transportation network in the european union. *Economic and Social Development (Book of Proceedings), 84th International Scientific Conference on Economic and Social* (s. 169-177).
- Nguyen, T. K. L., Le, H. N., Ngo, V. H. ve Hoang, B. A. (2020). CRITIC method and grey system theory in the study of global electric cars. *World Electric Vehicle Journal*, 11(4), 79.
- Saidi, S. ve Hammami, S. (2017). Modeling the causal linkages between transport, economic growth and environmental degradation for 75 countries. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 53, 415-427.
- Santos-Arteaga, F. J., Di Caprio, D., Tavana, M. ve Tena, E. C. (2022). A credibility and strategic behavior approach in hesitant multiple criteria decision-making with application to sustainable transportation. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*.
- Saxena, P., Kumar, V. ve Ram, M. (2022). A novel CRITIC-TOPSIS approach for optimal selection of software reliability growth model (SRGM). *Quality and Reliability Engineering International*.
- Sayyadi, R. ve Awasthi, A. (2020). An integrated approach based on system dynamics and ANP for evaluating sustainable transportation policies. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, 7(2), 182-191.
- Google Scholar. (2022). https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=CRITIC+method&btnG= adresinden 20 Aralık 2022 tarihinde alınmıştır.
- Singh, M., Rathi, R., Antony, J. ve Garza-Reyes, J. A. (2022). A toolset for complex decision-making in analyze phase of Lean Six Sigma project: a case validation. *International Journal of Lean Six Sigma*, (ahead-of-print).
- OECD.Stats. (2022). <https://stats.oecd.org/> adresinden 03 Temmuz 2022 tarihinde alınmıştır.
- Steg, L. ve Gifford, R. (2005). Sustainable transportation and quality of life. *Journal of transport geography*, 13(1), 59-69.
- Şişman, B. ve Eleren, A. (2013). En uygun otomobilin Gri ilişkisel analiz ve ELECTRE yöntemleri ile seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 411-429.

- Wang, Y., Zhou, Y., Zhu, L., Zhang, F. ve Zhang, Y. (2018). Influencing factors and decoupling elasticity of China's transportation carbon emissions. *Energies*, 11(5), 1157.
- Wang, C. N., Le, T. Q., Chang, K. H. ve Dang, T. T. (2022). Measuring road transport sustainability using MCDM-based entropy objective weighting method. *Symmetry*, 14(5), 1033.
- Yaacob, N. F. F., Mat Yazid, M. R., Abdul Maulud, K. N. ve Ahmad Basri, N. E. (2020). A review of the measurement method, analysis and implementation policy of carbon dioxide emission from transportation. *Sustainability*, 12(14), 5873.
- Zhu, C. ve Gao, D. (2019). A research on the factors influencing Carbon emission of transportation industry in "the Belt and Road Initiative" countries based on panel data. *Energies*, 12(12), 2405.