

Küresel Sürdürülebilir Rekabetçilik Endeksi'nin Bazı Gri Sistem Teorisi Temelli Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile AnaliziGülin Kalyoncu¹ , Seda Karakaş Geyik² **ÖZET**

Amaç: Bu çalışmada, Gri Sistem Teorisi'nin (GST) Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) süreçlerinde kullanımına bir örnek sunularak, OECD ülkelerinin sürdürülebilir rekabetçilik performanslarının belirli bir zaman dönemi için bütünsel biçimde yeniden değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Yöntem: Çalışmada kullanılan Küresel Sürdürülebilir Rekabetçilik Endeksi (GSCI), sürdürülebilirlik alanında ülkelerin rekabetçilik skorlarının hesaplandığı ve beş boyutta (Doğal Sermaye, Kaynak Yönetimi, Entelektüel Sermaye, Sosyal Sermaye ve Yönetim) incelenen bir endekstir. Analizde 2015-2022 dönemine ilişkin GSCI skorları gri sayılara dönüştürülerek ele alınmıştır. Ülkelerin sıralamalarının yeniden hesaplanması için, literatürde yaygın olarak kullanılan ÇKKV yöntemlerinin GST temelli versiyonlarından TOPSIS-G, ARAS-G ve WASPAS-G yöntemleri kullanılmıştır.

Bulgular: Analiz sonuçları, İskandinav ülkelerinin sürdürülebilir rekabetçilik açısından yüksek sıralamaları koruduğunu ve bu ülkeleri diğer Avrupa ülkelerinin izlediğini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, literatürdeki benzer çalışmalar ile uyumludur. Çalışmada sonuçların tutarlılığının değerlendirilmesi amacıyla Spearman Sıra Korelasyon Testi uygulanmış olup yıllar ve yöntemler arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Özgünlük: Literatürde sürdürülebilir rekabetçilik alanında ülke performanslarının karşılaştırılmasında GST temelli ÇKKV yöntemlerini kullanan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu yönüyle çalışma, gri sayı yaklaşımıyla ülkelerin çok dönemli performanslarını bütüncül olarak değerlendirmekte ve literatürdeki mevcut sıralama yaklaşımlarına metodolojik bir yenilik getirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gri Sistem Teorisi, Çok Kriterli Karar Verme, Küresel Sürdürülebilir Rekabetçilik Endeksi, Sürdürülebilir Rekabetçilik.

JEL Kodları: C02, C44, C65, O44.

The Analysis of the Global Sustainable Competitiveness Index Using Some Grey System Theory-Based Multi-Criteria Decision-Making Methods**ABSTRACT**

Purpose: This study aims to apply Grey System Theory (GST) in Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) processes and to conduct an integrated reassessment of the sustainable competitiveness performance of OECD countries over a specific period.

Methodology: The Global Sustainable Competitiveness Index (GSCI), used in this study, evaluates countries' competitiveness in sustainability and is structured across five dimensions: Natural Capital, Resource Management, Intellectual Capital, Social Capital, and Governance. In the analysis, the GSCI scores for the 2015–2022 period was transformed into grey numbers. To recalculate the rankings of the countries, GST-based extensions of widely used MCDM methods—TOPSIS-G, ARAS-G, and WASPAS-G—were applied.

Findings: The analysis results indicate that the Scandinavian countries maintain their high rankings in terms of sustainable competitiveness, followed by other European countries. The findings are consistent with similar studies in the literature. To evaluate the consistency of the results, the Spearman Rank Correlation Test was applied, and statistically significant relationships were found between years and methods.

Originality: In the literature, studies applying GST-based MCDM methods for cross-country comparisons of sustainable competitiveness performance are quite limited. Accordingly, this study provides a comprehensive evaluation of countries' multi-period performance through the grey number approach and introduces a methodological contribution to existing ranking approaches in the literature.

Keywords: Grey System Theory, Multi-Criteria Decision-Making Methods, Global Sustainable Competitiveness Index, Sustainable Competitiveness.

JEL Codes: C02, C44, C65, O44.

¹ İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Yöneylem Araştırması Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

² İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Yöneylem Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Gülin Kalyoncu, gulinkalyoncu@ogr.iu.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1655216

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 12.03.2025 | Kabul / Accepted: 18.11.2025

Atıf/Cite: Kalyoncu, G. ve Karakaş Geyik, S. (2026). "Küresel Sürdürülebilir Rekabetçilik Endeksi'nin Bazı Gri Sistem Teorisi Temelli Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Analizi", *Verimlilik Dergisi*, 60(1), 215-234.

EXTENDED ABSTRACT

This study applies Grey System Theory (GST) to Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods in order to systematically reassess the sustainable competitiveness performance of OECD countries over a particular period. For this purpose, the Global Sustainable Competitiveness Index (GSCI) is employed, which assesses countries' sustainability-related competitiveness across five key dimensions: Natural Capital, Resource Management, Intellectual Capital, Social Capital, and Governance. These dimensions reflect countries' capacity to balance long-term economic growth and prosperity with the principles of environmental and social sustainability. The Natural Capital represents the ability of countries to utilize ecosystem services and natural resources sustainably, while Resource Management measures the efficiency in using and conserving these resources. Intellectual Capital serves as the driving force of sustainable growth through innovation, education, and technological capacity. Social Capital strengthens the social foundation of sustainable development through cohesion, trust, and civic participation, whereas the Governance dimension ensures the stability of these processes through effective institutions, transparency, and good governance. Therefore, the five dimensions of the GSCI are critically important for a comprehensive assessment of sustainable competitiveness.

In the analysis, GSCI scores for the 2015–2022 period was transformed into grey numbers, and the countries' rankings were recalculated using Grey System Theory (GST)-based versions of the widely applied Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods, namely TOPSIS-G, ARAS-G, and WASPAS-G. During the implementation of these GST-based MCDM methods, the calculation procedures followed the methodological steps proposed in the pioneering studies by Lin et al. (2008), Zavadskas et al. (2010), Turskis and Zavadskas (2010), and Zavadskas et al. (2015).

The findings indicate that Scandinavian countries maintain their high rankings in terms of sustainable competitiveness, followed by other European countries. Their strong performance is largely attributed to advancements in environmental sustainability policies. Specifically, Sweden, Finland, and Iceland consistently occupy the top three positions across all three methods, while Switzerland stands out among Central European countries. In contrast, Mexico, Israel, and Chile are positioned at the lower end of the ranking. Among the OECD countries, Turkey ranks last according to the results of the GST-based MCDM analysis. However, global GSCI data show that Turkey has made notable progress in sustainable competitiveness in recent years, which is reflected in its upward trend in rankings.

The results suggest that countries aiming to enhance their sustainability performance may benefit from taking European, particularly Scandinavian, countries as benchmarks. The results of this study are consistent with similar research in the literature (Milić et al., 2019; Širá et al., 2020; Burhan, 2024). To assess the consistency of the results, the Spearman Rank Correlation Test was applied, and the relationships between years and methods were found to be statistically significant.

Studies utilizing GST-based MCDM approaches to compare country performances in sustainable competitiveness remain limited in the literature. In this context, the present study introduces a methodological contribution by employing a grey number-based approach to evaluate countries' multi-period performances in a comprehensive manner. However, the study has certain limitations. The first limitation concerns the scope, as the analysis was conducted exclusively on OECD countries. The second relates to the time frame, which is restricted to the 2015–2022 period. Therefore, the findings can only be generalized to the performance of OECD countries during these years. Future research may expand the country sample to a global scale, extend the time period, and explore the use of alternative GST-based MCDM methods for comparative analysis.

1. GİRİŞ

Karar süreçleri, yaşamın her alanında karşımıza çıkan ve hayati önem taşıyan unsurlardır. Karar verilmesi gereken durumlarda, belirsizlik içeren durumların varlığı seçim yapılmasını zorlaştırmaktadır. Gerçek hayat problemlerindeki karar süreçlerinde belirsizlik içeren durumlara sıklıkla rastlanmaktadır. Bu sebeple belirsizlikle başa çıkmak amacıyla bazı stratejilerin geliştirilmesi ve böylelikle verilecek kararların temellerinin sağlam bir şekilde atılması oldukça önemlidir. Belirsizlikle başa çıkmak, analitik düşünce becerilerini kullanmayı ve alternatif senaryoları göz önünde bulundurmaya gerektirir. Tam bu noktada, belirsizliklerle başa çıkılabilmesi adına izlenen stratejilerden biri olan Gri Sistem Teorisi (GST) karşımıza çıkmaktadır. GST, bilginin net olmadığı durumlarda kullanılan bir teoridir. Temelini oluşturan grilik kavramı, mevcut bilginin netlik derecesini tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu sisteme göre, siyah bilgi tamamen bilinmeyen ve net olmayan bilgiyi ifade ederken; beyaz bilgi tamamen bilinen ve net olan bilgiyi ifade etmektedir. Benzer şekilde gri bilgi ise, belirsizliği temsil eden bilgi olarak tanımlanmaktadır.

GST'de, sistemi oluşturan ve gri bilgiyi ifade eden kavram gri sayı olarak adlandırılmaktadır. Gri sayılar, karar vericilerin karmaşık veri kümelerini daha anlaşılır hale getirmelerine ve nihai kararlarını daha iyi desteklemelerine yardımcı olmaktadır. Gri sayı, tam olarak ifade edilemeyen belirsiz durumlarda kullanılan bir sayıdır. Alt sınır ve üst sınır ile ifade edilen bir değerle gösterilmektedir. Gri sayıların çeşitli tasnifleri mevcuttur ve bu sisteme ait yorumlamalar bu tasniflere bağlı olarak yapılmaktadır. Örneğin, bir araba satın alım müzakere sürecinde alıcı aracın fiyatının 30 bin ABD dolarından fazla olmayacağını bilmektedir. Eğer x beğenilen arabanın nihai müzakere edilen fiyatını temsil ediyorsa, o zaman x , 0 ABD doları ile 30 bin ABD doları arasında bir sayı olduğu bilinmektedir. Burada gri belirsizlik, nihai satın alma fiyatıyla ilgili belirsizliktir ve bir gri sayı olarak ifade edilmektedir (Liu ve Lin, 2006: 15). Günlük yaşamda sıklıkla karşılaşılan belirsizlik durumlarında kullanılan GST, özellikle performans değerlendirmesinde, alternatif sıralamasında, belirsizlik yönetiminde, risk ve belirsizlikle ilişkili karar verme süreçlerinde, duyarlılık analizinde ve veri standardizasyonunda kullanılabilmektedir. Gri sayılar, karar süreçlerinde kullanılan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri ile belirsizlik içeren durumları daha şeffaf hale getirip karar vericileri daha iyi bilgilendirerek dengeli kararlar verilmesine yardımcı olmaktadır.

GST, ilk olarak Ju-Long (1982) tarafından yazılan Control Problems of Grey System adlı makalede ortaya atılmıştır. Sosyal, ekonomik, biyolojik ve endüstriyel sistemler gibi pek çok sistem isimlerini temsil ettiği alana göre alırken, gri sistemler ise ismini bilginin netliğini ifade etmek üzere bilginin rengine göre almıştır (Liu ve Lin, 2006: 15). Burada ifade edilen bilginin rengi, bilginin kesinliğine bağlı olarak beyaz-gri-siyah olma durumudur. GST'nin temelinde yatan grilik kavramı; eksik, tamamlanmamış veya belirsiz ifadelerini içerisinde barındırmaktadır (Ju-Long, 1989). Belirsizlik kavramı birçok farklı disiplinde ve tarihsel bağlamda mevcut olan bir kavramdır. İnsanlar, doğayı, toplumu ve bilgiyi daha iyi anlama çabaları sırasında belirsizliği tanımış ve üzerine düşünmüşlerdir. Bu nedenle, belirsizlik kavramı felsefi, bilimsel ve pratik açıdan önemli bir kavramdır. GST'de bu noktada belirsizlikle başa çıkmak amacıyla geliştirilen ve kesin ifadeler içeren sayıların yerine gri sayıların kullanıldığı bir sistem olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, sürdürülebilir rekabetçilik alanında önemli endekslerden biri olan Küresel Sürdürülebilir Rekabetçilik Endeksi'nin (Global Sustainable Competitiveness Index, GSCI) 2015-2022 yılları arasında yer alan skorları kullanılarak OECD ülkelerinin bu alandaki performanslarının sürekliliğinin değerlendirilmesidir. Literatürde, sürdürülebilir rekabetçilik kapsamında ülkelerin performanslarını karşılaştırmak amacıyla GST'ye dayalı ÇKKV yaklaşımlarını kullanan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışma, gri sayı temelli bir yaklaşımla ülkelerin çok dönemli performanslarını bütüncül bir biçimde analiz ederek mevcut sıralama yöntemlerine metodolojik bir yenilik sunmayı ve böylece sürdürülebilir rekabetçiliğin ölçümüne yönelik literatüre katkı sağlamayı hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle literatür taraması yapılarak gri temelli ÇKKV yöntemleri üzerinde durulacak ve GSCI endeksi tanıtılacaktır. Çalışmanın son bölümünde ise uygulama sonucunda elde edilen bulgular değerlendirilerek sonuçlar tartışılacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Belirsizliğin olduğu durumlarda karar süreçlerinde sıralama işleminin gerçekleştirilmesi için GST temelli ÇKKV yöntemleri literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak özellikle sürdürülebilir rekabetçilik alanında GST temelli ÇKKV yöntemlerine ilişkin çalışmalar oldukça sınırlı olmakla birlikte geleneksel ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı çeşitli çalışmalar mevcuttur.

Bilbao-Terol ve diğerleri (2019), İspanya'daki NUTS-2 (Bölgesel İstatistik Birimlerinin İsimlendirme Grubu) bölgesi için TOPSIS yöntemini kullanarak Genel Avrupa Bölgesel Rekabet Edebilirlik Endeksi'ni (RCI) kullanmış ve bölgelerin sürdürülebilirlik rekabetini ölçmüştür. Çalışmada, ilk olarak, RCI gruplarını tanımlamak için kullanılan metodolojiyle bir çevre grubu oluşturulmuş, sonrasında ise TOPSIS yöntemi kullanılarak yeni bir Bölgesel Sürdürülebilir Rekabet Edebilirlik Endeksi oluşturup ülkeler sıralanmıştır. Jovanović (2019), Küresel Sürdürülebilir Rekabetçilik Endeksi'ni kullanmış ve bu endekste yer alan

kriterlere metodolojiden farklı ağırlıklar vererek endeksi yeniden hesaplayıp yeni bir metodoloji önermişlerdir. Ulaşılan sonuçlara göre, endekste en yüksek ağırlığın “Entelektüel Sermaye” boyutuna ait olduğu ve ilk sırada yer alan ülkelerin İsveç, Norveç, İzlanda ülkelerinden oluştuğu sonucuna varmıştır. Antanasijević ve diğerleri (2017), Avrupa ülkelerinin sürdürülebilirlik performansını değerlendirmek amacıyla ÇKKV yöntemlerinden PROMETHEE yöntemi ile analiz gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada 30 Avrupa ülkesinin 10 yıllık periyottaki değişkenleri kullanılarak bir analiz gerçekleştirilmiştir. Sonuca göre, Avrupa ülkelerinin çoğunun incelenen dönemde sürdürülebilirlik konusunda ilerleme kaydettiği; Çek Cumhuriyeti, Almanya, Macaristan ve İsveç’in tüm temaları kapsayacak şekilde sürdürülebilirlik performanslarını artırdığı ortaya çıkmıştır. Širá ve diğerleri (2020), AB ülkelerinin 11 yıllık bir dönem boyunca bilgiye dayalı ekonomik faktörlerini kullanarak TOPSIS yöntemiyle çok kriterli değerlendirmesi ve ardışık bir regresyon modeli ile sürdürülebilir rekabetçiliklerini incelemiştir. Sonuç olarak, bilgi ekonomisi, rekabetçilik ve sürdürülebilirlik alanında öncü ülke İsveç olarak bulunmuştur. Brondy ve Tutak (2023), AB ülkelerini enerji ve iklim alanında sürdürülebilirliğini analiz etmek adına CODAS, EDAS, TOPSIS ve WASPAS yöntemlerini kullanmış, ekonomik kalkınmanın en yüksek ve en istikrarlı düzeylerine sahip olan ülkeleri İsveç ve Danimarka olarak analiz etmişlerdir. Stanković ve diğerleri (2021), sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik alanında liman bölgelerini sıralamak açısından PROMETHEE yöntemini kullanmışlar ve genel sürdürülebilirlik açısından Attika’nın (Yunanistan’ın başkenti Atina ve çevresini kapsayan tarihi bir bölge) en iyi bölge olmasına rağmen, en üst düzey liman bölgelerinin en büyük sayısının İtalya, İspanya ve Fransa’da olduğu sonucuna varmışlardır. Burhan (2024), Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye için sürdürülebilir kalkınma hedeflerini değerlendirmek adına 2013-2022 yılları için ÇKKV yöntemlerinden VIKOR ve MAIRCA yöntemlerini kullanmıştır. Her bir dönem için analizler yapılmış ve iki yöntem açısından da İsveç ilk sırada yer almıştır. Literatür taraması neticesinde GSCI ile ÇKKV yöntemlerinin bir arada kullanıldığı ve ülke sıralamaların yeniden elde edildiği çalışmalara da rastlanmaktadır. Örneğin, Kara ve diğerleri (2024) ülkeler düzeyinde sürdürülebilir rekabetçilik seviyelerini belirlemek için 2022 yılı GSCI skorlarını kullanarak MEREC-AROMAN yöntemini kullanmışlardır. Türkiye’nin sürdürülebilir rekabetçilik durumunu sınır komşuları ile karşılaştırmalı olarak değerlendiren bu çalışmada farklı alternatifler değerlendirilmiştir. Sürdürülebilirlik alanında yapılan çoğu çalışmada, seçilen belirli bir yıl özelinde sıralamaların oluşturulması mevcutken, birden çok yılın bir arada değerlendirmeye katıldığı çalışmaların sayısı oldukça azdır. Bu çalışmanın ortaya koyduğu yenilik küresel sürdürülebilir rekabetçilik alanında kullanılan GSCI skorlarının gri sayılar ile ifade edilmesi ve GST temelli ÇKKV yöntemleri ile analiz edilmesidir.

3. YÖNTEM

Bu bölümde sırasıyla analizde kullanılan verinin yapısı, veri toplama süreci ve kullanılan yöntemlerin teorik yapısına değinilecektir.

3.1. Veri Toplama Süreci ve Karar Matrisi

ÇKKV probleminin temel unsurlarını alternatifler ve kriterler oluşturmaktadır. Analizde kullanılan GSCI için, OECD ülkeleri alternatifleri oluştururken GSCI’de yer alan değişkenler de kriterleri oluşturmaktadır. Alternatiflerin seçimi konusunda, OECD ülkelerinin tercih edilmesinin nedeni olarak bu ülkelerin sürdürülebilirlik alanında diğer ülkelere kıyasla daha gelişmiş olmasıyla ilgilidir. Bu bağlamda OECD ülkelerinin yer aldığı literatüre, sürdürülebilir rekabetçilik alanında katkı sunulması amaçlanmıştır. OECD ülkeleri içinde; Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Japonya, Almanya, Birleşik Krallık, Fransa, İtalya, Kanada, Güney Kore, Avustralya, İspanya, Meksika, Belçika, Danimarka, Hollanda, İrlanda, İsveç, İsviçre, İzlanda, Lüksemburg, Norveç, Portekiz, Yunanistan, Finlandiya, Yeni Zelanda, Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Polonya, Slovakya, Şili, Estonya, Slovenya, İsrail, Letonya, Litvanya, Kolombiya ve Kosta Rika yer almaktadır.

Tablo 1’deki kriter listesinde yer alan kriterlerin, fayda yönlü olması durumu, GSCI’a tüm kriterlerin pozitif olarak bir katkı sunulacağından düşünülmektedir.

Tablo 1. Kriterlere ilişkin açıklamalar

Kriter Kodu	Kriter	Yön
DS	Doğal Sermaye (Natural Capital)	Fayda Yönlü
KY	Kaynak Yönetimi (Resource Management)	Fayda Yönlü
SS	Sosyal Sermaye (Social Capital)	Fayda Yönlü
ES	Entelektüel Sermaye (Intellectual Capital)	Fayda Yönlü
Y	Yönetim (Governance)	Fayda Yönlü

Karar matrisinin oluşturulması adımı, kullanılacak verinin tek bir dönemi değil de bütünlük bir dönemi temsil etmesi nedeniyle gri değerler hesaplanmalıdır. Belirlenen dönem aralığı, 2015-2022 yıllarını içermektedir. Bu skorların gri sayılara dönüştürülmesi, gri karar matrisinin oluşturulması için ilk adımı teşkil etmektedir. Her bir kriter ve alternatif için seçilmiş olan dönemi temsil eden değerlerin ortalaması ve standart

sapmaları bulunduğundan sonra, belirlenen yıllar arasındaki skor değerlerini temsil eden gri değerlerin alt ve üst değerleri oluşturulur. Alt değer, ortalama değerinden standart sapma değerinin çıkarılmasıyla elde edilirken; üst değer ise, ortalama değerine standart sapma değerinin eklenmesiyle elde edilir. Bu işlem sırasıyla tüm kriterler için her bir ülke özelinde yapılarak gri karar matrisi oluşturulur. Tablo 2'de gri karar matrisi gösterilmiştir.

Tablo 2. Gri karar matrisi

Ülkeler	DS		KY		SS		ES		Y	
	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>
Türkiye	36,62	40,11	32,55	42,35	37,80	43,05	46,61	53,01	50,90	60,30
ABD	50,16	55,94	35,54	49,86	35,46	41,21	55,49	63,16	51,69	55,01
Japonya	38,57	44,26	35,71	49,67	55,38	60,12	62,14	66,79	54,59	64,81
Almanya	35,15	42,70	39,50	53,45	55,35	58,90	61,16	64,46	62,07	65,80
Birleşik Krallık	34,46	39,27	47,63	66,62	47,87	52,08	59,41	66,69	51,05	59,95
Fransa	47,08	54,34	42,87	57,15	52,49	55,99	55,25	60,10	51,10	59,70
İtalya	40,05	44,75	42,77	54,88	48,03	55,87	47,54	52,99	51,29	57,39
Kanada	57,67	64,98	37,06	48,89	49,27	51,91	46,75	54,55	47,41	55,66
Güney Kore	33,42	36,58	26,28	40,75	47,56	60,44	72,89	78,34	54,80	62,87
Avustralya	44,92	55,20	39,33	49,32	48,68	53,59	40,55	48,47	49,24	58,74
İspanya	42,01	46,54	42,19	52,78	50,56	58,01	44,03	46,70	49,97	60,98
Meksika	41,65	49,45	36,99	46,83	40,05	41,23	37,37	43,13	49,24	53,91
Belçika	30,21	35,37	41,92	52,90	55,00	60,65	52,35	61,77	50,30	60,37
Danimarka	46,40	52,50	48,28	62,75	55,31	61,59	58,43	67,87	55,85	63,65
Hollanda	35,07	40,28	37,30	51,65	56,10	59,60	53,92	61,70	48,80	59,92
İrlanda	45,33	52,09	50,41	61,42	50,00	55,50	49,56	57,84	56,90	73,27
İsveç	59,27	66,30	49,21	65,26	56,26	61,67	59,94	71,61	52,80	57,32
İsviçre	46,65	53,22	46,15	62,02	56,48	60,25	57,04	65,04	55,65	61,75
İzlanda	56,68	63,54	44,18	53,82	58,36	64,91	54,00	61,90	58,53	63,12
Lüksemburg	40,08	48,69	47,48	64,10	57,39	61,59	48,19	55,56	55,59	62,93
Norveç	55,14	62,06	42,29	52,46	58,91	64,04	55,46	68,27	54,71	62,09
Portekiz	44,35	48,78	40,74	52,54	49,62	58,73	50,91	55,64	48,41	61,14
Yunanistan	39,72	47,43	40,99	50,58	42,81	50,87	46,07	51,58	44,35	58,50
Finlandiya	57,75	63,72	45,38	55,87	57,43	62,30	58,59	65,06	51,34	64,46
Yeni Zelanda	55,18	64,60	42,52	53,20	47,76	54,49	42,68	53,42	59,36	64,92
Çek Cumhuriyeti	36,24	45,81	37,06	52,09	50,94	56,79	54,15	59,28	60,79	71,01
Macaristan	41,31	50,29	39,19	48,71	43,02	47,73	47,91	56,29	54,09	59,61
Polonya	42,89	46,31	37,45	49,20	48,15	55,07	49,77	56,95	57,97	64,18
Slovakya	44,06	51,64	43,40	56,52	50,98	56,39	48,60	54,02	56,78	63,42
Şili	49,12	55,15	39,71	47,79	31,18	46,30	38,95	46,80	53,24	55,19
Estonya	52,77	65,96	37,66	48,09	47,44	58,63	49,70	54,68	60,83	70,77
Slovenya	43,05	50,22	37,21	48,81	55,49	61,81	57,83	64,12	56,23	66,27
İsrail	25,06	32,97	36,08	45,64	44,47	48,63	55,05	64,10	54,49	61,46
Letonya	56,07	60,30	45,78	61,34	43,57	51,98	45,30	51,23	58,07	64,03
Litvanya	52,30	57,63	45,75	58,65	45,04	53,74	46,18	53,67	51,99	59,06
Kolombiya	57,18	65,27	46,56	52,02	32,67	37,06	35,38	42,17	49,07	52,96
Kosta Rika	46,14	53,51	48,82	58,58	39,41	47,62	42,59	48,78	50,47	57,61

Tablo 2'de verilen gri değerler ile oluşturulan karar matrisinde "*l*" en düşük değeri (lower) gösterirken, "*u*" en yüksek değeri (upper) ifade etmektedir. Burada 2015-2022 yılları arasında ilgili kriterin alabileceği alt ve üst değer aralığını temsil eden değişkenlerden oluşan bir karar matrisi bulunmaktadır. Skorların maksimum alabileceği değer 100 iken, minimum alabileceği değer 0'dır. Matrisin elemanları şu şekilde yorumlanabilir. Örneğin, Türkiye'yi ele alacak olursak; Doğal Sermaye (DS) kriterinin 2015-2022 yılları arasında maksimum 40,11 ve minimum 36,62 skoru arasında bir değer alacağı ifade edilmeye çalışılmıştır. Diğer kriterler ve diğer ülkeler için de benzer şekilde yorum yapılabilir. 37 OECD ülkesi için yapılan bu işlemlerin sonrasında ise Tablo 2'de yer alan gri karar matrisi oluşturulmuştur.

3.2. Kriter Ağırlıklandırma

Kullanılan ÇKKV yöntemlerinin uygulama adımlarına geçilmeden önce, kriterlerin ağırlıklandırılması oldukça önemlidir (Belton ve Stewart, 2002). Çünkü ağırlıklandırma sonuçları sıralama sonuçlarına etki etmektedir. Ağırlıklandırmanın temel amacı, kriterleri bir değer ile eşleştirerek, onların ÇKKV problemindeki önemini belirleyip alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmasını sağlamaktır (Zardari ve diğerleri, 2014). Özellikle endeks çalışmalarında kriterlerin ağırlıklandırılması sıralama sonuçlarını etkilemektedir. Bu

çalışmada, kriter ağırlıklandırma için kullanılan kriterler Tablo 3'te verildiği gibi Doğal Sermaye, Kaynakların Yeterliliği, Sosyal Sermaye, Entelektüel Sermaye ve Yönetim kriterleri eşit ağırlıklandırma yöntemi (mean weight) ile ağırlıklandırılmıştır. Eşit ağırlıklandırma yöntemi, en çok tercih edilen objektif kriter ağırlıklandırma yöntemlerindendir. Bu yöntemin, karar vericiler için tüm kriterlerin eşit derecede önemli olduğu ve başka bir strateji önermek için istatistiksel veya ampirik kanıtların bulunmadığı karar problemlerinde kullanılması önerilmektedir (Paradowski ve diğerleri, 2021). Bu yöntemin GSCI'de yer alan kriterlerin ağırlıklarının bilgisinin ilgili raporlarda verilmiş olması sebebiyle ağırlıklar beyaz sayı olarak kullanılmıştır. Kriterlere ilişkin ağırlıklandırma aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3. Kriter ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar
Doğal Sermaye (DS)	0,20
Kaynakların Yeterliliği (KY)	0,20
Sosyal Sermaye (SS)	0,20
Entelektüel Sermaye (ES)	0,20
Yönetim (Y)	0,20

Kaynak: Solability (2021)

3.3. Gri Sistem Teorisi Temelli Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Kriter ağırlıklandırma işlemi yapıldıktan sonra ÇKKV yöntemleri kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Gri karar matrisi kullanılarak Microsoft Excel üzerinden GST temelli ÇKKV yöntemleri analizleri yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda yapılan analiz sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmeden önce söz konusu yöntemlerin teorik yapısı aşağıda kısaca özetlenmiştir.

3.3.1. TOPSIS-G Yöntemi

GST temelli TOPSIS (TOPSIS-G) yöntemi karar matrisinin gri sayılardan oluşması durumunda kullanılmaktadır. TOPSIS-G yönteminin adımları aşağıdaki gibidir;

Gri karar matrisi elde edildikten sonra, karar matrisi elemanları normalize değerlere dönüştürülür. Bunun için fayda yönlü kriterler ve maliyet yönlü kriterler için ayrı olarak normalize formülleri kullanılmaktadır. Normalize değerler r_{ij} olarak sembolize edilmek üzere;

Fayda yönlü kriterler için Eşitlik 1 kullanılarak;

$$\otimes r_{ij} = \frac{\otimes x_{ij}}{\max_i(\bar{x}_{ij})} = \left(\frac{x_{ij}}{\max_i(\bar{x}_{ij})}, \frac{\bar{x}_{ij}}{\max_i(\bar{x}_{ij})} \right) \quad (1)$$

Maliyet yönlü kriterler için Eşitlik 2 kullanılarak;

$$\otimes r_{ij} = 1 - \frac{\otimes x_{ij}}{\max_i(\bar{x}_{ij})} = \left(1 - \frac{x_{ij}}{\max_i(\bar{x}_{ij})}, 1 - \frac{\bar{x}_{ij}}{\max_i(\bar{x}_{ij})} \right) \quad (2)$$

şeklinde normalize edilmiş gri değerler elde edilir (Zavadskas ve diğerleri, 2010). Sonrasında her bir kriter için pozitif ve negatif ideal çözümler belirlenmelidir. Pozitif ideal çözüm Eşitlik 3'teki gibi;

$$A^+ = \left\{ \left(\max_j \bar{r}_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_j \underline{r}_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i \in m \right\} = [r_1^+, r_2^+, \dots, r_n^+] \quad (3)$$

şeklinde ifade edilirken, negatif ideal çözüm ise Eşitlik 4'teki gibi;

$$A^- = \left\{ \left(\min_j \underline{r}_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_j \bar{r}_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i \in m \right\} = [r_1^-, r_2^-, \dots, r_n^-] \quad (4)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada J , fayda yönlü kriterler setini, J' ise maliyet yönlü kriterler setini temsil etmektedir. Elde edilen ideal çözümler kullanılarak, d_i^+ pozitif ideal uzaklığı, d_i^- negatif ideal uzaklığı ifade etmek üzere Öklid mesafesine göre hesaplanmaktadır. TOPSIS-G yönteminde literatürde yer alan çalışmalarda bu adım açısından, eşit ağırlıklı beyazlaştırma işlemi uygulanarak elde edilmek üzere uzaklıklar Eşitlik 5 ve Eşitlik 6'daki gibi şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$d_i^+ = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{j=1}^n w_j [|r_j^+ - \underline{r}_{ij}|^2 + |r_j^+ - \bar{r}_{ij}|^2]} \quad (5)$$

$$d_i^- = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{j=1}^n w_j [|r_j^- - \underline{r}_{ij}|^2 + |r_j^- - \bar{r}_{ij}|^2]} \quad (6)$$

Son olarak, Eşitlik 5 ve Eşitlik 6 kullanılarak ideal çözüme uzaklık C_i olarak sembolize edilmek üzere Eşitlik 7'deki gibi hesaplanmaktadır:

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} ; 0 \leq C_i \leq 1 \quad (7)$$

Elde edilen skorlara göre alternatifler sıralanır (Lin ve diğerleri, 2008).

3.3.2. ARAS-G Yöntemi

Gri sayıların kullanıldığı GST temelli ARAS (ARAS-G) yönteminin adımları aşağıdaki gibidir:

Yöntemin ilk aşaması olarak gri karar matrisi oluşturulmaktadır. Diğer yöntemlerden farklı olarak, ARAS yönteminde oluşturulan optimal değer, oluşturulan karar matrisine bir alternatif gibi eklenmektedir. ARAS yönteminde, $\otimes x_{0j}$, j . kriterin optimal değerini ifade etmektedir ve $\otimes x_{0j} = [\underline{x}_{0j}, \bar{x}_{0j}]$ şeklinde gösterilmektedir. Optimal değer,

Fayda yönlü kriterler için Eşitlik 8 kullanılarak;

$$\otimes x_{0j} = \max_i \otimes x_{ij} \quad (8)$$

Maliyet yönlü kriterler x_{ij}^* olmak üzere Eşitlik 9 kullanılarak;

$$\otimes x_{0j} = \min_i \otimes x_{ij}^* \quad (9)$$

şeklinde maksimum ve minimum değerleri üzerinden hesaplanmaktadır. Böylece, m alternatif sayısı ve n kriter sayısı iken, $\otimes x_{ij}$ i . alternatif ve j . kriterini temsil eden gri karar matrisinin elemanlarının skorları Eşitlik 10'daki gibi gösterilmektedir:

$$\otimes X = \begin{bmatrix} \otimes x_{01} & \cdots & \otimes x_{0j} & \cdots & \otimes x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{i1} & \cdots & \otimes x_{ij} & \cdots & \otimes x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{m1} & \cdots & \otimes x_{mj} & \cdots & \otimes x_{mn} \end{bmatrix} ; i = 0,1,2, \dots, m. \text{ ve } j = 1,2, \dots, n. \quad (10)$$

Sonraki adım olarak, kriterlerin yönlerine dikkate alarak hesaplanan normalizasyon işleminde $\bar{x}_{ij}$ normalize değerleri temsil etmek üzere;

Fayda yönlü kriterler için Eşitlik 11 kullanılarak;

$$\otimes \bar{x}_{ij} = \frac{\otimes x_{ij}}{\sum_{i=0}^m \otimes x_{ij}} \quad (11)$$

Maliyet yönlü kriterler x_{ij}^* olmak üzere Eşitlik 12 ve Eşitlik 13 kullanılarak;

$$\otimes x_{ij} = \frac{1}{\otimes x_{ij}^*} \quad (12)$$

$$\otimes \bar{x}_{ij} = \frac{\otimes x_{ij}}{\sum_{i=0}^m \otimes x_{ij}} \quad (13)$$

fayda ve maliyet yönlü kriterler için ayrı olarak hesaplanmaktadır. Sonrasında, seçilen ağırlıklandırma yöntemleri kullanılarak elde edilen ağırlıklar w_j olmak üzere ağırlıklı normalize değerler $\otimes \hat{x}_{ij} = \otimes \bar{x}_{ij} \otimes w_j$ formülü yardımıyla elde edilir. Buradan elde edilen optimallik fonksiyonu S_i ile sembolize edilmek üzere Eşitlik 14 ile;

$$\otimes S_i = \sum_{j=1}^n \otimes \hat{x}_{ij}; i = 0,1,2, \dots, m. \quad (14)$$

bulunmaktadır. Bu adımdan sonra eşit ağırlıklı ortalama beyazlaştırma işlemi olan Eşitlik 15 uygulanarak,

$$S_i = \frac{1}{2} (S_{i\alpha} + S_{i\beta}) \quad (15)$$

formülü yardımıyla gri sayılar beyaz sayılara dönüştürülür. Burada $S_{i\alpha}$, optimallik fonksiyonun alt değerlerini temsil ederken; $S_{i\beta}$ ise, optimallik fonksiyonu üst değerini temsil etmektedir. Nihai sıralama sonuçları Eşitlik 16 kullanılarak;

$$K_i = \frac{S_i}{S_0} \quad (16)$$

formülü ile elde edilir (Turskis ve Zavadskas, 2010).

3.3.3. WASPAS-G Yöntemi

Gri sayıların kullanıldığı gri temelli WASPAS yönteminin adımları aşağıdaki gibidir:

Yöntemin ilk aşaması olarak karar matrisi oluşturulmaktadır. $\bar{x}_{ij}$ normalize karar matrisi elemanını göstermek üzere normalize değerler;

Fayda yönlü kriterler için Eşitlik 17 ve Eşitlik 18 kullanılarak;

$$\otimes \bar{x}_{ij} = \frac{\otimes x_{ij}}{\max_i \otimes x_{ij}} \quad (17)$$

$$\bar{x}_{ij\alpha} = \frac{x_{ij\alpha}}{\max_i x_{ij\alpha}} \text{ ve } \bar{x}_{ij\beta} = \frac{x_{ij\beta}}{\max_i x_{ij\beta}} \quad (18)$$

şeklinde elde edilir. Burada ifade edilen, $\bar{x}_{ij\alpha}$ aralığın alt değerini, $\bar{x}_{ij\beta}$ ise aralığın üst değerini temsil etmektedir. Maliyet yönlü kriterler için Eşitlik 19 ve Eşitlik 20 kullanılarak;

$$\otimes \bar{x}_{ij} = \frac{\min_i \otimes x_{ij}}{\otimes x_{ij}} \quad (19)$$

$$\bar{x}_{ij\alpha} = \frac{\min_i x_{ij\alpha}}{x_{ij\beta}} \text{ ve } \bar{x}_{ij\beta} = \frac{\min_i x_{ij\alpha}}{x_{ij\alpha}} \quad (20)$$

formülleri yardımıyla hesaplanmaktadır. Sonrasında seçilen ağırlıklandırma yöntemlerinden elde edilmiş olan ağırlıklar kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize değerler elde edilir. w_j ağırlıkları göstermek üzere, $\otimes \hat{x}_{ij} = \otimes \bar{x}_{ij} \otimes w_j$ şeklinde hesaplanmaktadır. Bu değer kullanılarak, optimalite fonksiyonları oluşturulur. Gri değerler ile oluşturulan toplamsal optimal fonksiyon (WSM) hesaplanırken ağırlıklandırılmış normalize değerler kullanılmakta ve Eşitlik 21'deki gibi;

$$\otimes S_i = \sum_{j=1}^n \otimes \hat{x}_{ij} ; j = 1, \dots, n. \quad (21)$$

formülüyle elde edilmektedir. Çarpımsal optimal fonksiyon (WPM) elde edilirken ise, normalize değerler kullanılmakta ve Eşitlik 22'deki gibi hesaplanmaktadır;

$$\otimes P_i = \prod_{j=1}^n \otimes \bar{x}_{ij}^{\otimes w_j} ; j = 1, \dots, n. \quad (22)$$

Eşitlik 21 ile elde edilen toplamsal optimal fonksiyon (WSM) ve Eşitlik 22 ile elde edilen çarpımsal optimal fonksiyon (WPM) değerleri kullanılarak λ bütünleştirme katsayısını ifade etmek üzere Eşitlik 23'teki gibi;

$$\otimes Q_i = \lambda \otimes S_i + (1 - \lambda) \otimes P_i ; \lambda = 0, 0.10, 0.20 \dots, 1. \quad (23)$$

sıralama için kullanılacak şekilde Q_i değerleri elde edilir. En iyi alternatif, en yüksek Q_i değerine sahip alternatif olacak şekilde belirlenmektedir (Zavadskas ve diğerleri, 2015).

4. BULGULAR

Gri karar matrisi kullanılarak Microsoft Excel üzerinden GST temelli ÇKKV yöntemleri analizleri yapılmıştır. Tablo 2'de verilen gri değerlerden oluşturulan karar matrisi kullanılarak GST temelli ÇKKV yöntemlerinin adımları uygulanmıştır.

4.1. TOPSIS-G Yöntemi ve Adımlarının Uygulanması

TOPSIS-G yönteminin adımları Lin ve diğerleri (2008) ile Zavadskas ve diğerleri (2010) makalelerinden yararlanılarak uygulanmıştır. Tablo 2'de verilen gri değerlerden oluşturulan karar matrisi kullanılarak TOPSIS-G yönteminin adımları uygulanmış ve Tablo 4'te adımlara ait sonuçlar gösterilmiştir. TOPSIS-G yöntemi için öncelikli olarak normalize değerler elde edilmiştir.

Tablo 4. TOPSIS-G normalize karar matrisi

Ülkeler	DS		KY		SS		ES		Y	
	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>
Türkiye	0,5523	0,6049	0,4886	0,6356	0,5823	0,6632	0,5950	0,6768	0,6946	0,8230
ABD	0,7565	0,8437	0,5334	0,7484	0,5463	0,6349	0,7083	0,8063	0,7055	0,7507
Japonya	0,5817	0,6675	0,5359	0,7455	0,8532	0,9262	0,7932	0,8526	0,7450	0,8846
Almanya	0,5302	0,6440	0,5929	0,8022	0,8527	0,9074	0,7808	0,8229	0,8472	0,8980
Birleşik Krallık	0,5197	0,5923	0,7148	1,0000	0,7375	0,8023	0,7585	0,8513	0,6967	0,8182
Fransa	0,7102	0,8196	0,6435	0,8578	0,8086	0,8625	0,7053	0,7672	0,6975	0,8147
İtalya	0,6041	0,6749	0,6419	0,8237	0,7399	0,8608	0,6069	0,6764	0,7000	0,7832
Kanada	0,8698	0,9801	0,5563	0,7338	0,7590	0,7997	0,5967	0,6964	0,6471	0,7597
Güney Kore	0,5041	0,5517	0,3944	0,6116	0,7327	0,9311	0,9305	1,0000	0,7479	0,8581
Avustralya	0,6776	0,8326	0,5903	0,7403	0,7500	0,8256	0,5177	0,6188	0,6720	0,8017
İspanya	0,6336	0,7020	0,6333	0,7922	0,7789	0,8938	0,5620	0,5961	0,6820	0,8322
Meksika	0,6282	0,7459	0,5552	0,7029	0,6170	0,6351	0,4771	0,5505	0,6720	0,7357
Belçika	0,4556	0,5334	0,6292	0,7940	0,8474	0,9343	0,6683	0,7886	0,6865	0,8239
Danimarka	0,6999	0,7918	0,7246	0,9418	0,8521	0,9489	0,7459	0,8663	0,7622	0,8687
Hollanda	0,5289	0,6076	0,5599	0,7752	0,8642	0,9183	0,6884	0,7877	0,6661	0,8178
İrlanda	0,6838	0,7857	0,7566	0,9218	0,7703	0,8550	0,6327	0,7383	0,7766	1,0000
İsveç	0,8940	1,0000	0,7386	0,9796	0,8667	0,9500	0,7652	0,9141	0,7207	0,7823
İsviçre	0,7036	0,8028	0,6927	0,9309	0,8701	0,9281	0,7281	0,8302	0,7595	0,8427
İzlanda	0,8549	0,9584	0,6631	0,8078	0,8992	1,0000	0,6893	0,7902	0,7988	0,8614
Lüksemburg	0,6046	0,7344	0,7126	0,9621	0,8841	0,9488	0,6152	0,7092	0,7587	0,8589
Norveç	0,8316	0,9361	0,6347	0,7874	0,9075	0,9866	0,7080	0,8714	0,7467	0,8473
Portekiz	0,6689	0,7357	0,6114	0,7886	0,7645	0,9048	0,6499	0,7102	0,6607	0,8345
Yunanistan	0,5991	0,7153	0,6153	0,7592	0,6595	0,7837	0,5881	0,6585	0,6053	0,7983
Finlandiya	0,8710	0,9611	0,6811	0,8386	0,8847	0,9597	0,7479	0,8305	0,7007	0,8797
Yeni Zelanda	0,8322	0,9743	0,6383	0,7985	0,7358	0,8394	0,5448	0,6819	0,8101	0,8860
Çek Cumhuriyeti	0,5466	0,6910	0,5563	0,7818	0,7847	0,8749	0,6912	0,7567	0,8296	0,9692
Macaristan	0,6231	0,7585	0,5882	0,7311	0,6628	0,7353	0,6117	0,7185	0,7382	0,8136
Polonya	0,6469	0,6985	0,5620	0,7385	0,7418	0,8484	0,6354	0,7270	0,7912	0,8759
Slovakya	0,6645	0,7789	0,6514	0,8484	0,7855	0,8687	0,6204	0,6896	0,7749	0,8656
Şili	0,7409	0,8319	0,5960	0,7173	0,4803	0,7132	0,4972	0,5974	0,7266	0,7532
Estonya	0,7959	0,9948	0,5652	0,7219	0,7309	0,9033	0,6344	0,6980	0,8302	0,9658
Slovenya	0,6494	0,7575	0,5586	0,7326	0,8549	0,9522	0,7382	0,8186	0,7674	0,9044
İsrail	0,3780	0,4972	0,5416	0,6850	0,6851	0,7491	0,7028	0,8182	0,7437	0,8388
Letonya	0,8458	0,9095	0,6872	0,9207	0,6712	0,8008	0,5782	0,6540	0,7926	0,8738
Litvanya	0,7888	0,8692	0,6867	0,8803	0,6939	0,8278	0,5895	0,6851	0,7095	0,8061
Kolombiya	0,8625	0,9844	0,6988	0,7808	0,5033	0,5709	0,4516	0,5384	0,6697	0,7227
Kosta Rika	0,6959	0,8071	0,7327	0,8793	0,6071	0,7336	0,5437	0,6228	0,6887	0,7862

Normalize karar matrisi kullanılarak pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümler bulunur. Bu çözümler alternatifler arasında yer alan en iyi ve en kötü çözümleri temsil etmektedir ve ilgili değerler Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5. TOPSIS-G pozitif ve negatif ideal çözümler

	DS	KY	SS	ES	Y
Pozitif İdeal Çözümler	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Negatif İdeal Çözümler	0,3780	0,3944	0,4803	0,4516	0,6053

Sonrasında bu çözümler kullanılarak her bir karar matrisi elemanının bu çözümlere uzaklıkları üzerinden hesaplanan negatif ideal uzaklıklar ve pozitif ideal uzaklıklar hesaplanır. Bu uzaklıklar hesaplandıktan sonra ise, her bir alternatif için skorlar elde edilirken sıralamalar skorlara göre belirlenmektedir. Tablo 6'da negatif ve pozitif ideal uzaklıklar ve sıralama sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 6. Negatif ve pozitif uzaklıklar, nihai skor ve sıralamalar

<i>Ülkeler</i>	<i>Negatif İdeal Uzaklık</i>	<i>Pozitif İdeal Uzaklık</i>	<i>C_i</i>	<i>Sıralamalar</i>
Türkiye	0,1787	0,3784	0,3208	37
ABD	0,2750	0,3123	0,4682	29
Japonya	0,3133	0,2712	0,5360	17
Almanya	0,3180	0,2638	0,5466	15
Birleşik Krallık	0,3183	0,2814	0,5307	18
Fransa	0,3244	0,2421	0,5726	11
İtalya	0,2669	0,3008	0,4701	27
Kanada	0,3213	0,2864	0,5287	19
Güney Kore	0,3122	0,3360	0,4816	24
Avustralya	0,2687	0,3139	0,4612	30
İspanya	0,2713	0,3074	0,4688	28
Meksika	0,1984	0,3770	0,3448	36
Belçika	0,2830	0,3171	0,4716	26
Danimarka	0,3734	0,1983	0,6531	5
Hollanda	0,2837	0,3053	0,4816	23
İrlanda	0,3455	0,2320	0,5982	7
İsveç	0,4291	0,1698	0,7165	1
İsviçre	0,3627	0,2082	0,6354	6
İzlanda	0,3908	0,1959	0,6661	3
Lüksemburg	0,3414	0,2525	0,5748	9
Norveç	0,3859	0,2023	0,6561	4
Portekiz	0,2894	0,2809	0,5075	21
Yunanistan	0,2382	0,3306	0,4188	33
Finlandiya	0,3965	0,1890	0,6772	2
Yeni Zelanda	0,3408	0,2556	0,5714	12
Çek Cumhuriyeti	0,2974	0,2814	0,5137	20
Macaristan	0,2474	0,3097	0,4440	32
Polonya	0,2726	0,2884	0,4859	22
Slovakya	0,3067	0,2604	0,5408	16
Şili	0,2443	0,3523	0,4095	34
Estonya	0,3476	0,2539	0,5778	8
Slovenya	0,3247	0,2522	0,5628	13
İsrail	0,2249	0,3639	0,3820	35
Letonya	0,3417	0,2531	0,5745	10
Litvanya	0,3198	0,2621	0,5495	14
Kolombiya	0,2964	0,3590	0,4523	31
Kosta Rika	0,2815	0,3056	0,4795	25

4.2. ARAS-G Yöntemi ve Adımlarının Uygulanması

ARAS-G yönteminin adımları Turskis ve Zavadskas (2010) makalesinden yararlanılarak uygulanmıştır. Tablo 2’de verilen gri değerlerden oluşturulan karar matrisi kullanılarak ARAS-G yönteminin adımları uygulanmış ve aşağıda adımlara ait sonuçlar gösterilmiştir. ARAS-G yöntemi için öncelikli olarak optimal değer karar matrisi üzerinden elde edilir ve normalize karar matrisi oluşturulur.

Normalize karar matrisi ve eşit ağırlıklandırma yöntemi ile bulunmuş ağırlıklar kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilir. Sonrasında ise, ağırlıklandırılmış normalize değerler üzerinden optimalite fonksiyonunu temsil eden S_i değerleri elde edilir. Burada, S_i değerinde en büyük değer en iyiyi, en küçük değer en kötüyü ifade etmektedir. $\otimes S_i$ değerleri eşit ağırlıklı ortalama beyazlaştırma yöntemi kullanılarak beyaz sayılara dönüştürülmüştür ve S_i olarak adlandırılan sütunda gösterilmiştir. Son adım olarak, alternatiflerin optimalite fonksiyonu değerleri S_i ile optimal değerlerin optimalite değeri S_0 oranlanarak nihai skorlar elde edilmekte ve sıralama sonuçları verilmektedir. ARAS-G yönteminin normalize edilmiş değerleri Tablo 7’de gösterilmektedir.

Tablo 7. ARAS-G normalize karar matrisi

Ülkeler	DS		KY		SS		ES		Y	
	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>
Optimal	0,0300	0,0386	0,0246	0,0422	0,0281	0,0349	0,0327	0,0400	0,0264	0,0359
Türkiye	0,0186	0,0233	0,0159	0,0268	0,0180	0,0231	0,0209	0,0270	0,0217	0,0295
ABD	0,0254	0,0325	0,0174	0,0316	0,0169	0,0221	0,0249	0,0322	0,0220	0,0269
Japonya	0,0195	0,0257	0,0175	0,0314	0,0264	0,0323	0,0279	0,0341	0,0233	0,0317
Almanya	0,0178	0,0248	0,0193	0,0338	0,0264	0,0316	0,0275	0,0329	0,0264	0,0322
Birleşik Krallık	0,0175	0,0228	0,0233	0,0422	0,0228	0,0280	0,0267	0,0340	0,0217	0,0294
Fransa	0,0239	0,0316	0,0210	0,0362	0,0251	0,0301	0,0248	0,0307	0,0218	0,0292
İtalya	0,0203	0,0260	0,0209	0,0347	0,0229	0,0300	0,0214	0,0270	0,0218	0,0281
Kanada	0,0292	0,0378	0,0181	0,0309	0,0235	0,0279	0,0210	0,0278	0,0202	0,0273
Güney Kore	0,0169	0,0213	0,0128	0,0258	0,0227	0,0325	0,0327	0,0400	0,0233	0,0308
Avustralya	0,0228	0,0321	0,0192	0,0312	0,0232	0,0288	0,0182	0,0247	0,0210	0,0288
İspanya	0,0213	0,0271	0,0206	0,0334	0,0241	0,0312	0,0198	0,0238	0,0213	0,0299
Meksika	0,0211	0,0288	0,0181	0,0296	0,0191	0,0221	0,0168	0,0220	0,0210	0,0264
Belçika	0,0153	0,0206	0,0205	0,0335	0,0263	0,0326	0,0235	0,0315	0,0214	0,0296
Danimarka	0,0235	0,0305	0,0236	0,0397	0,0264	0,0331	0,0262	0,0346	0,0238	0,0312
Hollanda	0,0178	0,0234	0,0182	0,0327	0,0268	0,0320	0,0242	0,0315	0,0208	0,0293
İrlanda	0,0230	0,0303	0,0246	0,0389	0,0239	0,0298	0,0223	0,0295	0,0242	0,0359
İsveç	0,0300	0,0386	0,0241	0,0413	0,0269	0,0331	0,0269	0,0365	0,0225	0,0281
İsviçre	0,0236	0,0310	0,0226	0,0392	0,0270	0,0324	0,0256	0,0332	0,0237	0,0302
İzlanda	0,0287	0,0370	0,0216	0,0341	0,0279	0,0349	0,0243	0,0316	0,0249	0,0309
Lüksemburg	0,0203	0,0283	0,0232	0,0406	0,0274	0,0331	0,0216	0,0283	0,0237	0,0308
Norveç	0,0279	0,0361	0,0207	0,0332	0,0281	0,0344	0,0249	0,0348	0,0233	0,0304
Portekiz	0,0225	0,0284	0,0199	0,0332	0,0237	0,0316	0,0229	0,0284	0,0206	0,0299
Yunanistan	0,0201	0,0276	0,0200	0,0320	0,0204	0,0273	0,0207	0,0263	0,0189	0,0286
Finlandiya	0,0293	0,0371	0,0222	0,0354	0,0274	0,0335	0,0263	0,0332	0,0219	0,0316
Yeni Zelanda	0,0280	0,0376	0,0208	0,0337	0,0228	0,0293	0,0192	0,0272	0,0253	0,0318
Çek Cumhuriyeti	0,0184	0,0266	0,0181	0,0330	0,0243	0,0305	0,0243	0,0302	0,0259	0,0348
Macaristan	0,0209	0,0293	0,0192	0,0308	0,0205	0,0256	0,0215	0,0287	0,0230	0,0292
Polonya	0,0217	0,0269	0,0183	0,0311	0,0230	0,0296	0,0224	0,0290	0,0247	0,0314
Slovakya	0,0223	0,0300	0,0212	0,0358	0,0243	0,0303	0,0218	0,0276	0,0242	0,0311
Şili	0,0249	0,0321	0,0194	0,0302	0,0149	0,0249	0,0175	0,0239	0,0227	0,0270
Estonya	0,0267	0,0384	0,0184	0,0304	0,0226	0,0315	0,0223	0,0279	0,0259	0,0347
Slovenya	0,0218	0,0292	0,0182	0,0309	0,0265	0,0332	0,0260	0,0327	0,0240	0,0325
İsrail	0,0127	0,0192	0,0176	0,0289	0,0212	0,0261	0,0247	0,0327	0,0232	0,0301
Letonya	0,0284	0,0351	0,0224	0,0388	0,0208	0,0279	0,0203	0,0261	0,0247	0,0314
Litvanya	0,0265	0,0335	0,0224	0,0371	0,0215	0,0289	0,0207	0,0274	0,0221	0,0289
Kolombiya	0,0290	0,0380	0,0228	0,0329	0,0156	0,0199	0,0159	0,0215	0,0209	0,0259

ARAS-G yöntemi için hesaplanan optimallik fonksiyonu değeri ve beyazlaştırma sonucu elde edilen nihai sıralamalar Tablo 8'de gösterilmektedir.

Tablo 8. ARAS-G optimallik fonksiyonu değeri, beyazlaştırılması ve nihai skor ile sıralamalar

Ülkeler	$\otimes S_i$		S_i	K_i	Sıralamalar
	l	u			
Optimal	0,0284	0,0383	0,0333	-	
Türkiye	0,0190	0,0260	0,0225	0,6747	37
ABD	0,0213	0,0291	0,0252	0,7560	29
Japonya	0,0229	0,0311	0,0270	0,8094	15
Almanya	0,0235	0,0311	0,0273	0,8184	14
Birleşik Krallık	0,0224	0,0313	0,0268	0,8049	18
Fransa	0,0233	0,0315	0,0274	0,8224	13
İtalya	0,0215	0,0292	0,0253	0,7595	27
Kanada	0,0224	0,0303	0,0264	0,7911	20
Güney Kore	0,0217	0,0301	0,0259	0,7764	22
Avustralya	0,0209	0,0291	0,0250	0,7499	30
İspanya	0,0214	0,0291	0,0252	0,7571	28
Meksika	0,0192	0,0258	0,0225	0,6749	36
Belçika	0,0214	0,0295	0,0255	0,7639	25
Danimarka	0,0247	0,0338	0,0293	0,8778	5
Hollanda	0,0216	0,0298	0,0257	0,7700	24
İrlanda	0,0236	0,0329	0,0282	0,8468	7
İsveç	0,0261	0,0355	0,0308	0,9236	1
İsviçre	0,0245	0,0332	0,0288	0,8652	6
İzlanda	0,0255	0,0337	0,0296	0,8870	3
Lüksemburg	0,0232	0,0322	0,0277	0,8319	9
Norveç	0,0250	0,0338	0,0294	0,8814	4
Portekiz	0,0219	0,0303	0,0261	0,7830	21
Yunanistan	0,0200	0,0284	0,0242	0,7260	33
Finlandiya	0,0254	0,0341	0,0298	0,8928	2
Yeni Zelanda	0,0232	0,0319	0,0276	0,8265	11
Çek Cumhuriyeti	0,0222	0,0310	0,0266	0,7982	19
Macaristan	0,0210	0,0287	0,0249	0,7462	31
Polonya	0,0220	0,0296	0,0258	0,7745	23
Slovakya	0,0228	0,0309	0,0269	0,8056	17
Şili	0,0199	0,0276	0,0237	0,7122	34
Estonya	0,0232	0,0326	0,0279	0,8364	8
Slovenya	0,0233	0,0317	0,0275	0,8245	12
İsrail	0,0199	0,0274	0,0236	0,7093	35
Letonya	0,0233	0,0319	0,0276	0,8277	10
Litvanya	0,0226	0,0312	0,0269	0,8070	16
Kolombiya	0,0208	0,0276	0,0242	0,7269	32
Kosta Rika	0,0213	0,0294	0,0254	0,7605	26

4.3. WASPAS-G Yöntemi ve Adımlarının Uygulanması

WASPAS-G yönteminin adımları Zavadskas ve diğerleri (2015) makalesinden yararlanılarak uygulanmıştır. Tablo 2’de verilen gri değerlerden oluşturulan karar matrisi kullanılarak WASPAS-G yönteminin adımları uygulanmış ve aşağıda adımlara ait sonuçlar gösterilmiştir. WASPAS-G yöntemi için öncelikli olarak normalize karar matrisi elde edilmiş olup Tablo 9’da gösterilmektedir.

Tablo 9. WASPAS-G normalize karar matrisi

Ülkeler	DS		KY		SS		ES		Y	
	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>
Türkiye	0,5523	0,6049	0,4886	0,6356	0,5823	0,6632	0,5950	0,6768	0,6946	0,8230
ABD	0,7565	0,8437	0,5334	0,7484	0,5463	0,6349	0,7083	0,8063	0,7055	0,7507
Japonya	0,5817	0,6675	0,5359	0,7455	0,8532	0,9262	0,7932	0,8526	0,7450	0,8846
Almanya	0,5302	0,6440	0,5929	0,8022	0,8527	0,9074	0,7808	0,8229	0,8472	0,8980
Birleşik Krallık	0,5197	0,5923	0,7148	1,0000	0,7375	0,8023	0,7585	0,8513	0,6967	0,8182
Fransa	0,7102	0,8196	0,6435	0,8578	0,8086	0,8625	0,7053	0,7672	0,6975	0,8147
İtalya	0,6041	0,6749	0,6419	0,8237	0,7399	0,8608	0,6069	0,6764	0,7000	0,7832
Kanada	0,8698	0,9801	0,5563	0,7338	0,7590	0,7997	0,5967	0,6964	0,6471	0,7597
Güney Kore	0,5041	0,5517	0,3944	0,6116	0,7327	0,9311	0,9305	1,0000	0,7479	0,8581
Avustralya	0,6776	0,8326	0,5903	0,7403	0,7500	0,8256	0,5177	0,6188	0,6720	0,8017
İspanya	0,6336	0,7020	0,6333	0,7922	0,7789	0,8938	0,5620	0,5961	0,6820	0,8322
Meksika	0,6282	0,7459	0,5552	0,7029	0,6170	0,6351	0,4771	0,5505	0,6720	0,7357
Belçika	0,4556	0,5334	0,6292	0,7940	0,8474	0,9343	0,6683	0,7886	0,6865	0,8239
Danimarka	0,6999	0,7918	0,7246	0,9418	0,8521	0,9489	0,7459	0,8663	0,7622	0,8687
Hollanda	0,5289	0,6076	0,5599	0,7752	0,8642	0,9183	0,6884	0,7877	0,6661	0,8178
İrlanda	0,6838	0,7857	0,7566	0,9218	0,7703	0,8550	0,6327	0,7383	0,7766	1,0000
İsveç	0,8940	1,0000	0,7386	0,9796	0,8667	0,9500	0,7652	0,9141	0,7207	0,7823
İsviçre	0,7036	0,8028	0,6927	0,9309	0,8701	0,9281	0,7281	0,8302	0,7595	0,8427
İzlanda	0,8549	0,9584	0,6631	0,8078	0,8992	1,0000	0,6893	0,7902	0,7988	0,8614
Lüksemburg	0,6046	0,7344	0,7126	0,9621	0,8841	0,9488	0,6152	0,7092	0,7587	0,8589
Norveç	0,8316	0,9361	0,6347	0,7874	0,9075	0,9866	0,7080	0,8714	0,7467	0,8473
Portekiz	0,6689	0,7357	0,6114	0,7886	0,7645	0,9048	0,6499	0,7102	0,6607	0,8345
Yunanistan	0,5991	0,7153	0,6153	0,7592	0,6595	0,7837	0,5881	0,6585	0,6053	0,7983
Finlandiya	0,8710	0,9611	0,6811	0,8386	0,8847	0,9597	0,7479	0,8305	0,7007	0,8797
Yeni Zelanda	0,8322	0,9743	0,6383	0,7985	0,7358	0,8394	0,5448	0,6819	0,8101	0,8860
Çek Cumhuriyeti	0,5466	0,6910	0,5563	0,7818	0,7847	0,8749	0,6912	0,7567	0,8296	0,9692
Macaristan	0,6231	0,7585	0,5882	0,7311	0,6628	0,7353	0,6117	0,7185	0,7382	0,8136
Polonya	0,6469	0,6985	0,5620	0,7385	0,7418	0,8484	0,6354	0,7270	0,7912	0,8759
Slovakya	0,6645	0,7789	0,6514	0,8484	0,7855	0,8687	0,6204	0,6896	0,7749	0,8656
Şili	0,7409	0,8319	0,5960	0,7173	0,4803	0,7132	0,4972	0,5974	0,7266	0,7532
Estonya	0,7959	0,9948	0,5652	0,7219	0,7309	0,9033	0,6344	0,6980	0,8302	0,9658
Slovenya	0,6494	0,7575	0,5586	0,7326	0,8549	0,9522	0,7382	0,8186	0,7674	0,9044
İsrail	0,3780	0,4972	0,5416	0,6850	0,6851	0,7491	0,7028	0,8182	0,7437	0,8388
Letonya	0,8458	0,9095	0,6872	0,9207	0,6712	0,8008	0,5782	0,6540	0,7926	0,8738
Litvanya	0,7888	0,8692	0,6867	0,8803	0,6939	0,8278	0,5895	0,6851	0,7095	0,8061
Kolombiya	0,8625	0,9844	0,6988	0,7808	0,5033	0,5709	0,4516	0,5384	0,6697	0,7227

Sonrasında normalize karar matrisi ile ağırlıklar kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilir. Normalize karar matrisi ve ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi kullanılarak, WASPAS yönteminin ana odağı olan toplamsal optimallik ve çarpımsal optimallik fonksiyonu elde edilir. Sonrasında, bu fonksiyonlar yardımıyla nihai skorlar elde edilir. Nihai sonuçlar elde edilirken, λ bütünleştirme katsayısını temsil etmek üzere bu çalışmada 0,5 olarak alınmıştır. WASPAS-G yönteminde elde edilen toplamsal ve çarpımsal optimallik değerleri ile sıralama sonuçları Tablo 10'da gösterilmektedir.

Tablo 10. WASPAS-G toplamsal ve çarpımsal optimallik, alternatiflerin göreceli önem değerleri ve sıralamalar

Ülkeler	$\otimes S_i$		$\otimes P_i$		$\otimes Q_i$		Q_i	Sıralamalar
	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>u</i>		
Türkiye	0,5826	0,6807	0,5788	0,6768	0,5807	0,6788	0,6297	37
ABD	0,6500	0,7568	0,6433	0,7534	0,6467	0,7551	0,7009	29
Japonya	0,7018	0,8153	0,6907	0,8095	0,6963	0,8124	0,7543	15
Almanya	0,7207	0,8149	0,7075	0,8090	0,7141	0,8120	0,7630	14
Birleşik Krallık	0,6854	0,8128	0,6794	0,8016	0,6824	0,8072	0,7448	18
Fransa	0,7130	0,8244	0,7111	0,8236	0,7120	0,8240	0,7680	13
İtalya	0,6586	0,7638	0,6564	0,7600	0,6575	0,7619	0,7097	26
Kanada	0,6858	0,7939	0,6766	0,7882	0,6812	0,7911	0,7361	20
Güney Kore	0,6619	0,7905	0,6327	0,7694	0,6473	0,7799	0,7136	24
Avustralya	0,6415	0,7638	0,6363	0,7593	0,6389	0,7616	0,7002	30
İspanya	0,6580	0,7633	0,6542	0,7558	0,6561	0,7595	0,7078	27
Meksika	0,5899	0,6740	0,5858	0,6699	0,5879	0,6720	0,6299	36
Belçika	0,6574	0,7749	0,6448	0,7621	0,6511	0,7685	0,7098	25
Danimarka	0,7569	0,8835	0,7552	0,8816	0,7561	0,8826	0,8193	5
Hollanda	0,6615	0,7813	0,6515	0,7744	0,6565	0,7779	0,7172	23
İrlanda	0,7240	0,8602	0,7217	0,8551	0,7229	0,8576	0,7902	7
İsveç	0,7970	0,9252	0,7940	0,9218	0,7955	0,9235	0,8595	1
İsviçre	0,7508	0,8670	0,7482	0,8654	0,7495	0,8662	0,8078	6
İzlanda	0,7811	0,8836	0,7756	0,8798	0,7783	0,8817	0,8300	3
Lüksemburg	0,7150	0,8427	0,7079	0,8360	0,7115	0,8393	0,7754	9
Norveç	0,7657	0,8858	0,7598	0,8831	0,7628	0,8844	0,8236	4
Portekiz	0,6711	0,7947	0,6692	0,7917	0,6702	0,7932	0,7317	21
Yunanistan	0,6135	0,7430	0,6130	0,7412	0,6132	0,7421	0,6777	32
Finlandiya	0,7771	0,8940	0,7725	0,8922	0,7748	0,8931	0,8339	2
Yeni Zelanda	0,7122	0,8360	0,7037	0,8303	0,7080	0,8332	0,7706	10
Çek Cumhuriyeti	0,6817	0,8147	0,6718	0,8090	0,6767	0,8119	0,7443	19
Macaristan	0,6448	0,7514	0,6427	0,7507	0,6437	0,7510	0,6974	31
Polonya	0,6755	0,7777	0,6706	0,7745	0,6730	0,7761	0,7246	22
Slovakya	0,6993	0,8102	0,6961	0,8072	0,6977	0,8087	0,7532	16
Şili	0,6082	0,7226	0,5982	0,7185	0,6032	0,7206	0,6619	34
Estonya	0,7113	0,8568	0,7042	0,8475	0,7078	0,8521	0,7800	8
Slovenya	0,7137	0,8331	0,7062	0,8289	0,7099	0,8310	0,7705	11
İsrail	0,6102	0,7177	0,5930	0,7058	0,6016	0,7117	0,6567	35
Letonya	0,7150	0,8318	0,7087	0,8254	0,7118	0,8286	0,7702	12
Litvanya	0,6937	0,8137	0,6907	0,8105	0,6922	0,8121	0,7522	17
Kolombiya	0,6372	0,7194	0,6202	0,7022	0,6287	0,7108	0,6697	33
Kosta Rika	0,6536	0,7658	0,6499	0,7608	0,6518	0,7633	0,7075	28

4.4. Alternatiflerin Sıralanması

Bu kısımda araştırma sonucunda elde edilen bulguların değerlendirilmesi amacı ile OECD ülkelerinin 2015-2022 dönemleri itibarıyla gri sayılarla ifade edilen skor değerleri kullanılarak GST temelli ÇKKV yöntemleri ile elde edilen skorları ve sıralamaları verilmiştir. Aynı zamanda, analiz sonuçlarına ilişkin bir diğer bulgu, GST temelli ÇKKV yöntemleri ile elde edilen sıralamaların 2015-2022 dönemleri itibarıyla yıl bazlı sıralamalarla karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırma için korelasyon analizi kullanılmış ve elde edilen bulgular özetlenmiştir. Sürdürülebilir rekabetçilik alanında OECD ülkelerinin 2015-2022 dönemleri itibarıyla gri sayılar yardımıyla oluşturulan skor değerleri TOPSIS-G, ARAS-G ve WASPAS-G yöntemleri ile analiz edilmiş olup, elde edilen sıralamalara ilişkin sonuçlar Tablo 11'de sunulmuştur.

Tablo 11. GST temelli ÇKKV yöntemleri skorları ve sıralama sonuçları

Ülkeler	TOPSIS-G		ARAS-G		WASPAS-G	
	Skor	Sıralama	Skor	Sıralama	Skor	Sıralama
Türkiye	0,3208	37	0,6747	37	0,6297	37
ABD	0,4682	29	0,7560	29	0,7009	29
Japonya	0,5360	17	0,8094	15	0,7543	15
Almanya	0,5466	15	0,8184	14	0,7630	14
Birleşik Krallık	0,5307	18	0,8049	18	0,7448	18
Fransa	0,5726	11	0,8224	13	0,7680	13
İtalya	0,4701	27	0,7595	27	0,7097	26
Kanada	0,5287	19	0,7911	20	0,7361	20
Güney Kore	0,4816	24	0,7764	22	0,7136	24
Avustralya	0,4612	30	0,7499	30	0,7002	30
İspanya	0,4688	28	0,7571	28	0,7078	27
Meksika	0,3448	36	0,6749	36	0,6299	36
Belçika	0,4716	26	0,7639	25	0,7098	25
Danimarka	0,6531	5	0,8778	5	0,8193	5
Hollanda	0,4816	23	0,7700	24	0,7172	23
İrlanda	0,5982	7	0,8468	7	0,7902	7
İsveç	0,7165	1	0,9236	1	0,8595	1
İsviçre	0,6354	6	0,8652	6	0,8078	6
İzlanda	0,6661	3	0,8870	3	0,8300	3
Lüksemburg	0,5748	9	0,8319	9	0,7754	9
Norveç	0,6561	4	0,8814	4	0,8236	4
Portekiz	0,5075	21	0,7830	21	0,7317	21
Yunanistan	0,4188	33	0,7260	33	0,6777	32
Finlandiya	0,6772	2	0,8928	2	0,8339	2
Yeni Zelanda	0,5714	12	0,8265	11	0,7706	10
Çek Cumhuriyeti	0,5137	20	0,7982	19	0,7443	19
Macaristan	0,4440	32	0,7462	31	0,6974	31
Polonya	0,4859	22	0,7745	23	0,7246	22
Slovakya	0,5408	16	0,8056	17	0,7532	16
Şili	0,4095	34	0,7122	34	0,6619	34
Estonya	0,5778	8	0,8364	8	0,7800	8
Slovenya	0,5628	13	0,8245	12	0,7705	11
İsrail	0,3820	35	0,7093	35	0,6567	35
Letonya	0,5745	10	0,8277	10	0,7702	12
Litvanya	0,5495	14	0,8070	16	0,7522	17
Kolombiya	0,4523	31	0,7269	32	0,6697	33
Kosta Rika	0,4795	25	0,7605	26	0,7075	28

Tablo 11 incelendiğinde, TOPSIS yöntemine göre elde edilmiş sıralama sonuçlarına bakacak olursak ilk 10'a giren ülkeler sırasıyla; İsveç, Finlandiya, İzlanda, Norveç, Danimarka, İsviçre, İrlanda, Estonya, Lüksemburg, Letonya şeklindedir. ARAS yöntemi için ise ilk 10'a giren ülkeler sırasıyla; İsveç, Finlandiya, İzlanda, Norveç, Danimarka, İsviçre, İrlanda, Estonya, Lüksemburg, Letonya şeklindedir. WASPAS yöntemi neticesinde elde edilen sıralama sonuçları ise sırasıyla; İsveç, Finlandiya, İzlanda, Norveç, Danimarka, İsviçre, İrlanda, Estonya, Lüksemburg, Yeni Zelanda şeklindedir. OECD ülkelerinin kullanıldığı analizde her üç yöntemde göre son sıralarda yer alan ülkeler ise, Şili, İsrail, Meksika ve Türkiye'dir.

Kullanılan GST temelli ÇKKV yöntemleri sonuçlarına göre, İskandinav ülkelerini üst sıralarda yer almaktadır. İskandinav ülkeleri GSCI'de de yıllar itibarıyla üst sıraları paylaştığından dolayı bulgular paralellik içermektedir. Yıllık olarak hesaplanan GSCI'de ise benzer şekilde İskandinav ülkelerinin üst sıralarda yer aldığı görüldüğünden sonuçlar paralellik içermektedir.

Sonuçlara göre, kullanılan üç yöntemde de benzer sonuçlar elde edildiği ve sürdürülebilirliği ölçmek için kullanılan farklı verilerle elde edilen sonuçlara paralelliği dikkat çekmektedir. Örneğin, sürdürülebilir rekabetçilik alanında Milić ve diğerleri (2019) çalışmasında İsveç 1. sırada yer alırken, onu Norveç, İzlanda, Danimarka, Finlandiya takip etmektedir. Širá ve diğerleri (2020), çalışmasında ise benzer şekilde sürdürülebilir rekabetçilik alanında İsveç'in 1. sırada yer aldığı görülmektedir. Brondy ve Tutak (2023), çalışmasında ise İsveç ve Danimarka ülkeleri sürdürülebilirlik alanında iyi performans gösteren ülkeler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada da kullanılan tüm yöntemlerde 1. sırada yer alan ülkenin İsveç olduğu dikkat çekmektedir. GSCI'de yer alan ülkelerin sıralamalarına ilgili yıllar itibarıyla bakıldığında ise, bu çalışmada elde edilen sıralamalara çok yakın olduğu görülmektedir. İskandinav ülkeleri sürdürülebilir

rekabetçilik alanında çoğu ülkenin ilerisinde yer almaktadır. Bu ülkelerin sürdürülebilirlik alanında ön plana çıkmasının sebepleri arasında doğal kaynaklarını etkin kullanması, eğitim ve inovasyona verilen önem, sosyal refah politikaları, altyapı ve teknolojiye verilen önem, iş birliği ve şeffaflık ile sosyal-çevresel sorumluluk gibi unsurlar yer almaktadır. Bu gibi unsurların bir arada ele alınması ve önem verilmesi ülkelerin sürdürülebilir rekabetçilik alanında ön plana çıkan ülkeler arasında yer almasını sağlamaktadır.

GSCI'ın yıllık olarak yayımlanan sıralamalarıyla GST temelli ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS-G ARAS-G ve WASPAS-G yöntemleri ile elde edilen sıralamaların kıyaslanması için korelasyon analizi yapılmıştır. Tablo 12'de GSCI'ın 2015-2022 yılları arasındaki raporlarında OECD ülkelerinin sıralamaları verilmiştir.

Tablo 12. GSCI'de OECD ülkelerinin sıralamaları

Ülkeler	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Türkiye	37	37	35	35	36	37	36	36
ABD	29	26	25	25	28	27	26	27
Japonya	9	13	17	17	21	24	11	10
Almanya	6	12	13	13	13	19	9	14
Birleşik Krallık	32	17	19	19	15	12	14	7
Fransa	13	14	16	16	17	15	8	8
İtalya	25	32	26	26	26	28	27	20
Kanada	14	19	21	21	16	29	30	22
Güney Kore	28	29	14	14	23	30	16	11
Avustralya	23	22	28	29	31	32	33	29
İspanya	24	30	29	30	30	26	24	25
Meksika	36	36	37	37	37	36	37	37
Belçika	26	24	23	23	20	25	21	26
Danimarka	8	4	5	5	4	2	4	4
Hollanda	22	25	24	24	25	20	17	18
İrlanda	11	8	6	6	12	11	7	12
İsveç	2	1	1	1	1	1	1	1
İsviçre	5	7	7	7	5	5	3	3
İzlanda	1	5	3	3	3	3	5	6
Lüksemburg	7	9	11	11	8	8	18	19
Norveç	3	2	2	2	6	9	6	5
Portekiz	27	23	27	27	22	17	13	15
Yunanistan	34	33	33	33	33	33	32	30
Finlandiya	4	3	4	4	2	4	2	2
Yeni Zelanda	10	11	12	12	10	10	12	24
Çek Cumhuriyeti	18	20	18	18	14	16	23	23
Macaristan	31	28	30	31	27	21	29	33
Polonya	21	21	22	22	18	22	28	28
Slovakya	16	15	15	15	19	18	20	21
Şili	35	35	36	36	35	31	31	34
Estonya	15	10	9	9	7	6	10	16
Slovenya	12	6	10	10	11	13	15	9
İsrail	33	34	31	32	32	34	35	32
Letonya	19	18	8	8	9	7	19	13
Litvanya	17	16	20	20	24	14	22	17
Kolombiya	30	31	34	34	34	35	34	35
Kosta Rika	20	27	32	28	29	23	25	31

Yıllık olarak yayımlanan GSCI'de bazı ülkelerin yıllar itibarıyla sıralamalarının değişiklik gösterdiği ancak bazılarının da yatay bir şekilde ilerlediği göze çarpmaktadır. Örneğin; İzlanda, Norveç, Yeni Zelanda, Estonya ve Letonya gibi ülkelerin yıllar itibarıyla sıralamalarının değişiklik gösterdiği görülmektedir. Bunun başlıca sebebi olarak, endekste üst veya üst sıraya yakın bir sıralamaya sahip olan bu ülkelerin sürdürülebilir rekabetçilikte ilerleme kaydetmeyi amaçladığı söylenebilir. Bunlara ek olarak, Türkiye, Meksika, Yunanistan İsrail, Kolombiya gibi ülkelerin de sıralamalarının bu yıllar itibarıyla yatay seyrettiği dikkat çekmektedir. İsveç ve Finlandiya gibi ülkelerin ise yıllık sıralamalarının yatay seyrettiği, bu ülkelerin genellikle üst sıralardaki yerini koruduğu görülmektedir.

GST temelli ÇKKV yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ve ülkelerin durumu değerlendirildikten sonra bu yöntemlerin birbiriyle ve yıllık olarak yayımlanan GSCI sonuçları ile korelasyonlarının incelenmesi de oldukça önemli bir adımdır. Korelasyonların incelenmesi için Spearman Sıra Korelasyonu katsayıları hesaplanmış olup elde edilen korelasyon matrisi Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Yöntemler ve yıllar arası sonuçların korelasyonu

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOPSIS-G	ARAS-G	WASPAS-G
2015	1,000										
2016	0,928*	1,000									
	0,00										
2017	0,879*	0,935*	1,000								
	0,00	0,00									
2018	0,886*	0,936*	0,998*	1,000							
	0,00	0,00	0,00								
2019	0,870*	0,933*	0,958*	0,959*	1,000						
	0,00	0,00	0,00	0,00							
2020	0,798*	0,896*	0,884*	0,889*	0,927*	1,000					
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
2021	0,818*	0,875*	0,888*	0,893*	0,866*	0,869*	1,000				
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
2022	0,762*	0,838*	0,881*	0,880*	0,838*	0,807*	0,924*	1,000			
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
TOPSIS-G	0,915*	0,961*	0,958*	0,963*	0,954*	0,936*	0,907*	0,880*	1,000		
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
ARAS-G	0,917*	0,964*	0,970*	0,975*	0,963*	0,935*	0,919*	0,888*	0,997*	1,000	
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
WASPAS-G	0,921*	0,969*	0,968*	0,971*	0,966*	0,934*	0,919*	0,885*	0,994*	0,997*	1,000
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Korelasyon katsayılarının anlamlılığının testi Spearman'ın Sıra Korelasyon Testi (Spearman's Rank Correlation Test) ile gerçekleştirilmektedir. Bu testin hipotezleri şu şekildedir;

$H_0: \rho = 0$ (Korelasyon katsayısı anlamsızdır.)

$H_1: \rho \neq 0$ (Korelasyon katsayıları anlamlıdır.)

Tüm yıllar ve yöntemler için istatistiksel anlamlılığı temsil eden p -değerleri 0,00 çıkmış olup bu değer 0,01'den küçük olduğundan korelasyon katsayısı olan ρ 'nun sıfıra eşit olduğunu iddia eden H_0 hipotezinin bütün değişkenler için reddedildiği gözlemlenmektedir. Böylelikle, korelasyon katsayılarının anlamlı olduğu sonucuna varılmaktadır.

Tablo 13'te yer alan korelasyonlar incelendiğinde ARAS-G ve WASPAS-G yöntemlerinin 0,997274 oranında; ARAS-G ve TOPSIS-G yöntemlerinin ise benzer şekilde 0,996681 oranında yüksek korelasyona sahip olduğu görülmektedir. WASPAS-G ve TOPSIS-G yöntemlerinin korelasyonu ise 0,993942 oranıyla yüksektir. GSCI'den yıllık olarak alınan sıralamaların belirlenen dönem aralığı olan 2015-2022 yılları arasında sıralamasını temsil eden yöntemler olan TOPSIS-G, ARAS-G ve WASPAS-G ile analizleri de incelenmiştir. Kullanılan GST temelli ÇKKV yöntemlerinin, GSCI'nin yıllık sıralamaları ile olan korelasyonlarının da yüksek çıktığı görülmektedir. TOPSIS-G, ARAS-G ve WASPAS-G yöntemlerinden elde edilen sıralamaların yıllık olarak yayımlanan GSCI'deki sıralamalarla olan korelasyonunda, en yüksek korelasyonun 2018 yılına, görece düşük korelasyonun ise 2022 yılına ait olduğu görülmektedir. 2018 yılına ait sıralama ile GST temelli ÇKKV yöntemlerinden elde edilen sıralamaların korelasyonu sırasıyla TOPSIS-G yöntemi için 0,963490, ARAS-G yöntemi için 0,974633 ve WASPAS-G yöntemi için 0,970860 olarak elde edilmiştir. 2022 yılına ait sıralama ile GST temelli ÇKKV yöntemlerinden elde edilen sıralamaların korelasyonu ise sırasıyla TOPSIS-G yöntemi için 0,880038, ARAS-G yöntemi için 0,888099 ve WASPAS-G yöntemi için 0,88519 olarak elde edilmiştir.

Çalışmada yapılan analiz ve sıra korelasyon testi sonuçlarına göre, Küresel Sürdürülebilir Rekabetçilik Endeksi'ne ait 2015-2022 yıllarını temsil eden gri skor değerlerinin, yıllık olarak yayımlanan endeksi temsil gücünün yüksek olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Solability tarafından yayımlanan "Küresel Sürdürülebilir Rekabetçilik Endeksi" sürdürülebilirlik alanında takip edilen önemli endekslerden biridir. Ülkelerin sürdürülebilirlik alanındaki rekabet gücünü değerlendirmek amacıyla oluşturulan bu endeks; ülkelerin çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan geniş bir değerlendirmeye tabi olmasını sağlamaktadır.

Ülkelerin performanslarının sıralamasının yapılabilmesi için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri ÇKKV yöntemleridir. Bu çalışmada, GSCI'nin 2015-2022 yılları skorları gri değerlere dönüştürülmüş ve GST temelli ÇKKV yöntemleri ile analiz gerçekleştirilerek yeni bir sıralama elde edilmiştir. Çalışmanın literatüre katkısı, bu endeksin seçilmiş yıllar arasındaki performansının gri sayılar kullanılarak elde edilmesi ve GST temelli

ÇKKV yöntemlerinin bu endeks üzerinde uygulanması ile özgün bir sıralama elde edilmesidir. Sıralama sonuçlarına göre, kullanılan GST temelli ÇKKV yöntemlerinin çoğunluğunda İskandinav ülkelerinin yüksek sıralamalara sahip olduğu görülmüştür. İskandinav ülkeleri arasında; İsveç, Norveç ve Danimarka ülkeleri yer almaktadır. Daha geniş anlamda içerisine Finlandiya ve İzlanda ülkeleri de girmektedir. İskandinav ülkeleri, sürdürülebilir rekabetçilik konusunda genellikle iyi performans sergileyen ülkelerdir (Strand ve diğerleri, 2015). Bunun sebebi olarak; sahip oldukları sosyal refah modelleri, eğitim ve nitelikli işgücü, yeşil ve temiz enerji kullanımı, inovasyon ve teknolojiye teşviklerin varlığı, çalışma koşulları, çevresel politikalar, toplumsal uyum ve insan hakları gibi faktörler verilebilmektedir. Bu faktörler, İskandinav ülkelerini sürdürülebilir rekabetçilik alanında etkili kılan unsurlardandır. Bu ülkelerin genellikle bu değerlere odaklanarak hem yerel hem de küresel düzeyde rekabet avantajları elde ettikleri görülmektedir.

Çalışmada, Avrupa ülkelerinin sürdürülebilirlik alanında öncü olduğu, özellikle İskandinav ülkelerinin çevresel sürdürülebilirlik alanındaki adımları sayesinde üst sıralarda yer aldığı dikkat çeken unsurlar arasındadır. Özellikle İsveç, Finlandiya ve İzlanda ülkeleri her üç yöntem açısından da sırasıyla ilk üç sırada yer almaktadır. Orta Avrupa ülkelerinden ise, İsviçre'nin sürdürülebilir rekabetçilik alanında ön plana çıktığı görülmektedir. Ancak her ülkenin sürdürülebilirlik alanında farklı eksikliklerinin olduğu ve bu eksiklikleri üzerine adımların atılması gerektiğini de vurgulamak gereklidir. Son sıraları paylaşan ülkeler ise Türkiye, Meksika, İsrail, Şili olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan analizde Türkiye 37. sırada, Meksika 36. sırada, İsrail 35. sırada ve Şili 34. sırada yer almıştır. Türkiye'nin OECD ülkelerinin sıralandığı bu çalışmada son sıralarda yer aldığı görülmektedir. Ancak burada OECD ülkelerinin sürdürülebilir rekabetçilik alanında hâlihazırda görece iyi performans sergileyen ülkeler olduğu unutulmamalıdır. Dünya genelinde oluşturulan GSCI sıralamalarından da görüleceği üzere Türkiye son yıllarda sürdürülebilir rekabetçilik alanında gelişim kaydetmekte ve bu da dünya genelindeki sıralamasına yansımaktadır. 2020 yılında dünya genelinde 84. sırada yer alan Türkiye, 2021 yılında 79. sıraya ve 2022 yılında ise 59. sıraya yükselmiştir.

Literatürde bu alanda gerçekleştirilen çalışmaların bulguları da mevcut araştırmanın sonuçlarını destekler niteliktedir. Milić ve diğerleri (2019), Küresel Sürdürülebilir Rekabetçilik Endeksi'nde İsveç, Norveç ve İzlanda'nın en yüksek performans gösteren ülkeler olduğunu belirtmiştir. Benzer biçimde, Şirâ ve arkadaşları (2020) da Avrupa Birliği ülkelerini 11 yıllık bir dönem için çok kriterli olarak değerlendirmiş ve rekabetçilik ile sürdürülebilirlik açısından İsveç'i öncü ülke olarak tanımlamıştır. Burhan (2024) ise 2013-2022 döneminde Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedefleri performansını analiz ettiği çalışmasında yine İsveç'in ilk sırada yer aldığını ortaya koymuştur. Bu çalışmada da benzer biçimde İsveç'in üst sıralarda yer aldığı görülmektedir. Dolayısıyla mevcut araştırma, literatürdeki genel eğilimi doğrulamakta ve çok dönemli bir periyodu analiz ederek ülkeler bazında sürdürülebilir rekabetçiliğin zamansal istikrarını da vurgulaması açısından literatüre katkı sunmaktadır.

Analiz kısmına gelindiğinde, çalışmada kullanılan GST temelli ÇKKV yöntemleri TOPSIS-G, ARAS-G, WASPAS-G yöntemlerinin GSCI'ın analizinde kullanılması, OECD ülkelerin bu alandaki performanslarının söz konusu yöntemlerle incelenmesi bir yenilik sunmaktadır. Bu çalışmada yöntemler ile ilgili hesaplamalar için alanda öncü olan Lin ve diğerleri (2008), Zavadskas ve diğerleri (2010), Turskis ve Zavadskas (2010) ile Zavadskas ve diğerleri (2015) çalışmaları ile verilen adımlar referans alınmış ve yöntemlerin adımları bir bütünlük içinde sunulmaya çalışılmıştır. İlgili yıllar itibarıyla elde edilen skor değerleri ile sıralamaların GST temelli ÇKKV yöntemleri kullanılarak yeniden oluşturulması, endeks skorlarının kesin sayılar yerine gri sayılar ile ifade edilmesi bu çalışmanın ortaya koyduğu bir diğer önemli bir unsurdur.

GSCI sıralamaları ve GST temelli ÇKKV yöntemlerinden elde edilen korelasyonlar incelendiğinde ise hem yöntemler arası hem de yöntemlerin yıllar ile olan korelasyonlarının yüksek çıktığı görülmektedir. Elde edilen sıralamaların yıl bazlı GSCI sıralamaları ile yüksek korelasyonun sebebi analizde yıl aralığının kısa olmasıyla da ilişkilidir. Elde edilen sonuçlar neticesinde, Küresel Sürdürülebilir Rekabetçilik Endeksi'ne ait 2015-2022 yıllarını temsil eden gri skor değerlerinin, yıllık olarak yayımlanan endeksi temsil gücünün yüksek olduğu görülmektedir.

Bu çalışmanın bazı kısıtlılıkları mevcuttur. Bunlardan ilki, analizin sadece OECD ülkeleri üzerinden gerçekleştirilmesi olarak verilebilir. Bir diğer kısıtlılık ise, seçilen yıl aralığının 2015-2022 olmasıdır. Bu nedenle elde edilen sonuçlar, yalnızca OECD ülkelerinin söz konusu yıllar içindeki performansları için genellenebilir niteliktedir. Gelecek çalışmalarda ise, ülke örnekleri genişletilerek dünya geneli açısından bir analiz yapılabilir ve yıl aralığı genişletilebilir. Bunlara ek olarak, farklı GST temelli ÇKKV yöntemleri ile analiz gerçekleştirilmesi ve farklı ağırlıklar ile sonuçların karşılaştırılması hususları da değerlendirilebilir.

Bilgilendirme / Acknowledgements

Bu çalışma, Gülin Kalyoncu tarafından İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü'nde Dr. Öğretim Üyesi Seda Karakaş Geyik danışmanlığında yürütülen "Küresel Sürdürülebilir Rekabetçilik Endeksi'nin Bazı Gri Sistem Teorisi Temelli Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Analizi" başlıklı Yüksek Lisans Tezi'nden türetilmiştir.

This study is derived from the Master's Thesis titled "Analysis of the Global Sustainable Competitiveness Index Using Some Multi-Criteria Decision-Making Methods Based on Grey System Theory," conducted by Gülin Kalyoncu at Istanbul University Institute of Social Sciences under the supervision of Dr. Seda Karakaş Geyik.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Gülin Kalyoncu: Kavramsallaştırma, Literatür Taraması, Metodoloji, Modelleme, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak *Seda Karakaş Geyik:* Metodoloji, Kavramsallaştırma, Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

Gülin Kalyoncu: Conceptualization, Literature Review, Methodology, Modelling, Data Curation, Analysis, Writing-original draft Seda Karakaş Geyik: Methodology, Conceptualization, Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Antanasijević, D., Pocajt, V., Ristić, M. ve Perić-Grujić, A. (2017). "A Differential Multi-Criteria Analysis for the Assessment of Sustainability Performance of European Countries: Beyond Country Ranking", *Journal of Cleaner Production*, 165, 213-220. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.131>
- Belton, V. ve Stewart, T. (2012). "Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach", Springer Science & Business Media.
- Bilbao-Terol, A., Arenas-Parra, M. ve Onopko-Onopko, V. (2019). "Measuring Regional Sustainable Competitiveness: A Multi-Criteria Approach", *Operational Research*, 19, 637-660. <https://doi.org/10.1007/s12351-017-0367-9>
- Brodny, J. ve Tutak, M. (2023). "The Level of Implementing Sustainable Development Goal 'Industry, Innovation and Infrastructure' of Agenda 2030 in the European Union Countries: Application of MCDM Methods", *Oeconomia Copernicana*, 14(1), 47-102. <https://doi.org/10.24136/oc.2023.002>
- Burhan, H.A. (2024). "Sustainability in Industry, Innovation and Infrastructure: A MCDM Based Performance Evaluation of European Union and Türkiye for Sustainable Development Goal 9 (SDG 9)", *Verimlilik Dergisi*, Productivity for Innovaiton (SI), 21-38. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1333767>
- Ju-Long, D. (1982). "Control Problems of Grey Systems", *Systems & Control Letters*, 1(5), 288-294.
- Julong, D. (1989). "Introduction to Grey System Theory", *The Journal of Grey System*, 1(1), 1-24.
- Kara, K., Yalçın, G.C., Acar, A.Z., Simic, V., Konya, S. ve Pamucar, D. (2024). "The MEREC-AROMAN Method for Determining Sustainable Competitiveness Levels: A Case Study for Turkey", *Socio-Economic Planning Sciences*, 91, 101762. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101762>
- Lin, Y.H., Lee, P.C. ve Ting, H.I. (2008). "Dynamic Multi-Attribute Decision Making Model with Grey Number Evaluations", *Expert Systems with Applications*, 35(4), 1638-1644.
- Liu, S. ve Lin, Y. (2006). "Grey Prediction", Springer London.
- Milić, V.J. ve Jovanović, S. (2019). "Effects of Applying Statistical Methods in Global Sustainable Competitiveness Index Creation", *Teme*, 807-824. <https://doi.org/10.22190/TEME190617049J>
- Paradowski, B., Shekhovtsov, A., Bączkiewicz, A., Kizielewicz, B. ve Sałabun, W. (2021). "Similarity Analysis of Methods for Objective Determination of Weights in Multi-Criteria Decision Support Systems", *Symmetry*, 13(10), 1874.
- Širá, E., Vavrek, R., Kravčáková Vozárová, I. ve Kotulič, R. (2020). "Knowledge Economy Indicators and Their Impact on the Sustainable Competitiveness of the EU Countries", *Sustainability*, 12(10), 4172. <https://doi.org/10.3390/sym13101874>
- Solability (2021). "The Global Sustainable Competitiveness Report", <https://solability.com/solability/sustainability-publications/the-global-sustainable-competitiveness-index-2> (Erişim Tarihi: 10.06.2023).
- Stanković, J.J., Marjanović, I., Papathanasiou, J. ve Drezgić, S. (2021). "Social, Economic and Environmental Sustainability of Port Regions: MCDM Approach in Composite Index Creation", *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(1), 74. <https://doi.org/10.3390/jmse9010074>
- Strand, R., Freeman, R.E. ve Hockerts, K. (2015). "Corporate Social Responsibility and Sustainability in Scandinavia: An Overview", *Journal of Business Ethics*, 127, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10551-014-2224-6>
- Turskis, Z. ve Zavadskas, E.K. (2010). "A Novel Method for Multiple Criteria Analysis: Grey Additive Ratio Assessment (ARAS-G) Method", *Informatica*, 21(4), 597-610. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2010.307>
- Zardari, N.H., Ahmed, K., Shirazi, S.M. ve Yusop, Z.B. (2014). "Weighting Methods and Their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management", Springer Cham.
- Zavadskas, E.K., Vilutiene, T., Turskis, Z. ve Tamosaitiene, J. (2010). "Contractor Selection for Construction Works by Applying SAW-G and TOPSIS Grey Techniques", *Journal of Business Economics and Management*, 11(1), 34-55. <https://doi.org/10.3846/jbem.2010.03>
- Zavadskas, E.K., Turskis, Z. ve Antucheviciene, J. (2015). "Selecting a Contractor by Using a Novel Method for Multiple Attribute Analysis: Weighted Aggregated Sum Product Assessment with Grey Values (WASPAS-G)", *Studies in Informatics and Control*, 24(2), 141-150. <https://doi.org/10.24846/v24i2y201502>