

G8 ÜLKELERİNDE MAKROEKONOMİK PERFORMANS VE AR-GE HARCAMALARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN GRİ TABANLI LOPCOW- MSD-RAWEC HİBRİT MODELİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Osman Yavuz AKBULUT¹, Gül DERTLİ²

Gönderim tarihi: 18.07.2025

Kabul tarihi: 13.02.2026

Özet

Bu çalışma, makroekonomik performans ile Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla gri sistem teorisine dayalı yeni bir bütünsel karar verme çerçevesi önermektedir. Bu kapsamda, G8 ülkelerinin 2006–2023 dönemine ait verileri kullanılarak gerçek zamanlı bir vaka analizi gerçekleştirilmiştir. Önerilen çerçeve, Gri LOPCOW, Gri MSD ve Gri RAWEC algoritmalarının entegrasyonundan oluşmaktadır. Gri LOPCOW ve Gri MSD ile elde edilen ağırlıklandırma sonuçları, ilgili dönemde G8 ülkelerinin makroekonomik performansını en fazla etkileyen göstergenin enflasyon olduğunu ortaya koymaktadır. Gri RAWEC bulgularına göre ise Japonya, makroekonomik açıdan en başarılı ülke olarak belirlenmiştir. Makroekonomik performans ile Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla uygulanan Spearman sıra korelasyon testi, iki sıralama serisi arasında istatistiksel olarak anlamlı, pozitif ve güçlü bir ilişki bulunduğunu göstermiştir. Ayrıca, duyarlılık analizi önerilen çerçevenin sağlamlığını ve politika yapıcılar ile karar vericiler açısından uygulanabilirliğini doğrulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Makroekonomik Performans, Ar-Ge Yatırımları, ÇKKV, Gri LOPCOW, Gri MSD, Gri RAWEC

JEL Kodları: B22, CO2, C44, E24, E62

ASSESSING THE RELATIONSHIP BETWEEN MACROECONOMIC PERFORMANCE AND R&D EXPENDITURES IN G8 COUNTRIES WITH THE GREY-BASED LOPCOW-MSD-RAWEC HYBRID MODEL

Abstract

This study proposes a novel integrated decision-making framework based on grey system theory to examine the relationship between macroeconomic performance and R&D expenditures. Using data for the G8 countries over the 2006–2023 period, a real-time case analysis was conducted. The proposed framework integrates the Grey LOPCOW, Grey MSD, and Grey RAWEC algorithms. The weighting results obtained from Grey LOPCOW and Grey MSD indicate that inflation is the most influential indicator affecting the macroeconomic performance of the G8 countries during the study period. According to the Grey RAWEC results, Japan ranks as the most successful country in macroeconomic terms. To identify the relationship between macroeconomic performance and R&D expenditures, the Spearman rank correlation test was applied, revealing a statistically significant, positive, and strong association between the two ranking series. Sensitivity analysis also confirms the robustness and practical applicability of the proposed framework for policymakers and decision-makers.

Keywords: Macroeconomic Performance, R&D Investments, MCDM, Grey LOPCOW, Grey MSD, Grey RAWEC

JEL Codes: B22, CO2, C44, E24, E62

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Cumhuriyet Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Finans-Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, osmanyavuz_39@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9225-1728>, Sivas, Türkiye.

² Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Topkapı Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Ekonomi (İngilizce) Bölümü, guldertli@topkapi.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-0494-408X>, İstanbul, Türkiye.

1. Giriş

Makroekonomik performans değerlendirmesi, bir ülkenin ekonomik yapısının sağlıklı ve sürdürülebilir biçimde işleyip işlemediğini analiz eden çok boyutlu bir yaklaşımdır. Geleneksel olarak ekonomik büyüme, bu performansın temel göstergesi olarak kabul edilse de, modern iktisat literatürü büyümenin tek başına refahı ve ekonomik istikrarı açıklamakta yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır (Fischer, 1993; Stiglitz, Sen ve Fitoussi, 2009). Bu nedenle, işsizlik oranı, fiyat düzeyi ve cari işlemler dengesi gibi makroekonomik değişkenlerin de eş zamanlı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Nitekim ekonomik büyümenin yüksek olduğu durumlarda dahi, eğer işsizlik yaygınsa ya da enflasyon kontrol dışındaysa, bu durum toplumsal refah açısından ciddi riskler yaratabilmektedir (Blanchard ve Johnson, 2013). Bu bağlamda OECD tarafından geliştirilen “Sihirli Kare” yaklaşımı bu çok boyutlu değerlendirme gereksinimini temel alan bir model sunmaktadır. Bu yaklaşımda yüksek büyüme, düşük işsizlik oranı, düşük enflasyon ve dış ekonomik denge üzerinden bir makroekonomik istikrar çerçevesi oluşturulmaktadır (Wang ve Le, 2018). Böylece, yalnızca büyüme değil, sosyal ve ekonomik istikrarı sürdürülebilir kılan diğer değişkenler de dikkate alınarak daha dengeli bir değerlendirme yapılması olanaklı hale gelmektedir.

Öte yandan makroekonomik performansın sürdürülebilirliği, özellikle bilgi ekonomisine geçişin ivme kazandığı günümüz ekonomilerinde, araştırma-geliştirme (Ar-ge) harcamalarının stratejik rolünü giderek daha fazla vurgulamaktadır. Geleneksel büyüme modelleri uzun bir süre sermaye birikimi ve iş gücü arzına odaklanmışken, yeni büyüme teorileri ile birlikte teknolojik gelişme ve yenilik kapasitesi büyümenin itici gücü olarak öne çıkmıştır (Romer, 1990). Ar-ge faaliyetleri, teknolojik gelişmeye hız kazandırarak yalnızca üretimde verimlilik artışı sağlamakla kalmaz, eş zamanlı olarak ekonominin yapısal dönüşümüne de kritik katkıda bulunur (Coe ve Helpman, 1995). Bu yönüyle Ar-ge, sadece doğrudan ekonomik büyümeyi değil; istihdam, fiyat istikrarı ve dış ticaret dengesi gibi diğer makroekonomik değişkenleri de dolaylı olarak etkileyen bir kaldıraç işlevi görmektedir. Ar-ge harcamaları arttıkça, ülkelerin uzun vadeli rekabetçilik gücü önemli ölçüde artmakta ve bu durum, makroekonomik performansın genel olarak güçlenmesine katkı sunmaktadır (OECD, 2015). OECD ülkeleri başta olmak üzere birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomide yapılan ampirik çalışmalar, Ar-Ge yatırımlarının makroekonomik performans üzerindeki olumlu etkisini ortaya koymuştur. Özellikle bilgi ekonomisine geçiş sürecinde, Ar-Ge harcamalarının GSYH

içindeki payının artmasının büyüme oranları, istihdam, dış ticaret dengesi ve rekabetçilik sıralamalarıyla istatistiksel olarak anlamlı biçimde ilişkili olduğu görülmektedir (Coe & Helpman, 1995; Ülkü, 2004; Shah vd., 2022).

Bu çalışmada, ülkelerin makroekonomik performansı ile Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesine yönelik olarak, gri sistem teorisine dayalı yeni bir bütünleşik Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) prosedürünün önerilmesi amaçlanmıştır. Literatürde Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme veya verimlilik gibi tekil göstergeler üzerindeki etkisini inceleyen pek çok çalışma bulunmasına rağmen, Ar-Ge yatırımlarını makroekonomik performans ile bir bütün olarak doğrudan ilişkilendiren çalışmaların eksikliği dikkat çekicidir. Bu eksiklik, Ar-Ge'nin makroekonomik istikrar ve başarı üzerindeki çok boyutlu etkisinin tam olarak anlaşılmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla bu çalışma, söz konusu boşluğu doldurarak Ar-Ge harcamaları ile bütünleşik makroekonomik performans arasındaki etkileşimi sistematik bir şekilde ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, küresel ekonomiler açısından belirleyici bir konuma sahip olan G8 ülkeleri (Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, Fransa, İtalya, Kanada, Japonya, Birleşik Krallık ve Rusya) üzerinde, gerçek zamanlı bir vaka analizi gerçekleştirilmiştir. Dünya ekonomisinin en etkili aktörlerinden oluşan G8 ülkeleri, küresel servetin yaklaşık %58'ini bünyesinde barındırmakta ve küresel nominal GSYİH'nın %46'sından fazlasını temsil etmektedir. World Population Review (2025) verilerine göre bu ülkelerin makroekonomik profilleri incelendiğinde; ABD'nin 89.673\$ düzeyindeki kişi başına düşen GSYİH seviyesi ile öncü bir rol üstlendiği; onu Almanya (57.914\$), Kanada (55.890\$) ve Birleşik krallık (54.280\$) gibi yüksek gelirli ekonomilerin takip ettiği görülmektedir (World Population Review, 2025). Grubun temel kuruluş felsefesi olan makroekonomik iş birliği; enerji ve dış ticaret politikalarından fiyat istikrarına, istihdam piyasalarının iyileştirilmesinden teknolojik dönüşüme kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır (T.C. Dışişleri Bakanlığı, mfa.gov.tr). Özellikle bu ülkelerin küresel üretim kapasitesindeki stratejik ağırlığı, Ar-Ge yatırımlarının makroekonomik performans üzerindeki etkisini analiz etmek adına bu grubu en nitelikli örneklem haline getirmektedir. Nüfus oranlarına kıyasla sahip oldukları bu ekonomik hacim, grubun dünya ekonomisinin genel gidişatı üzerindeki belirleyici rolünü kanıtladığı gibi, Ar-Ge odaklı büyüme modelleriyle diğer ekonomiler için de birer referans noktası teşkil ettiklerini doğrulamaktadır.

Çalışma kapsamında sunulan karar metodolojisi, Gri LOgarithmic Percentage Change-driven Objective Weighting (G-LOPCOW), Gri Modified Standard Deviation (G-MSD) ve

Gri Ranking of Alternatives by Criterion Weights (G-RAWEC) prosedürlerinin entegrasyonundan oluşmaktadır. Bu karar verme yaklaşımlarından G-LOPCOW ve G-MSD, G8 ülkelerinin makroekonomik performansının değerlendirilmesi amacıyla seçilen performans göstergelerinin objektif bir biçimde ağırlıklandırılması sürecinde kullanılırken; G-RAWEC ise, G8 ülkelerinin makroekonomik performans açısından sıralanması sürecinde kullanılmıştır. Bununla beraber, mevcut araştırmada sunulan bütünleşik karar modeli ile aşağıda verilen araştırma sorularına yanıt verilmesi amaçlanmıştır:

- Ülkelerin makroekonomik performanslarının düzenli aralıklarla ölçülerek, elde edilen bulguların objektif bir biçimde değerlendirilmesi neden önemlidir?
- Ar-Ge harcamaları ile makroekonomik performans arasında herhangi bir önem düzeyinde anlamlı ya da anlamsız bir ilişki var mıdır, varsa bu ilişkinin yönü nedir?
- Ülkelerin makroekonomik performansı analiz edilirken, hangi değerlendirme kriterlerinden faydalanılmalıdır?
- Ülkelerin makroekonomik performansına etki eden en önemli ve en önemsiz performans kriteri nedir?
- Hangi ülke, 2006-2023 döneminde makroekonomik performans açısından diğer ülkelere göre daha üstün bir performans ortaya koymuştur?

Ayrıca, mevcut vaka çalışmasının karar verme literatürüne sağlayacağı başlıca katkılar aşağıdaki gibidir;

- Bu çalışmada, G8 ülkelerinin makroekonomik performansı ile Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkinin değerlendirilebilmesi için, aralıklı gri sayılara dayalı LOPCOW, MSD ve RAWEC prosedürlerinin entegrasyonunu içeren yeni bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
- Önerilen gri bütünleşik karar modelinin ilk bileşeni, kriter önem ağırlıklarının tespit edilmesinde faydalanılan LOPCOW ve MSD prosedürleridir. Modelin ikinci bileşeni ise alternatif konumundaki G8 ülkelerinin sıralanmasında faydalanılan RAWEC prosedürüdür. Söz konusu karar verme yaklaşımlarının gri uzantıları, G8 ülkelerinin makroekonomik performansının ölçülmesine odaklanan bir vaka çalışmasında ilk kez kullanılmıştır.
- Mevcut araştırmada sunulan gri karar verme metodolojisi sayesinde ekonomi yönetimin-den sorumlu politika yapıcılar, düzenleyici ve denetleyici kurumlar ile karar verici

mekanizmalar ya da otoriteler, ülkelerin makroekonomik performanslarını daha sağlıklı bir biçimde ölçebilir, analiz edebilir ve iyileştirme yapabilirler.

- Ülkelerin makroekonomik performansı ile Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkinin tespiti-
tine yönelik olarak gerçekleştirilen çalışma vasıtasıyla, karar vericilere teorik, pratik ve
yönetmel düzeyde çıkarımlar sunulmuştur.
- Önerilen gri karar destek sisteminin sağlamlığının ve dayanıklılığının ortaya konulması
amacıyla, biri dizi duyarlılık ve karşılaştırma analizi yapılmıştır. Söz konusu analizlerden
elde edilen ampirik bulgular, sunulan gri karar destek modelinin maksimum düzeyde ka-
rarlı ve güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmanın devam eden bölümleri şu şekilde organize edilmiştir: ikinci bölümde, araş-
tırma problemi kapsamında, ulusal ve uluslararası literatür sistematik bir şekilde incelenmiş-
tir. Üçüncü bölümde, çalışmada önerilen karar modeli teorik ve metodolojik açıdan detaylı
bir şekilde açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, çalışmanın amacına uygun olarak yararlanılan
veri seti ve örneklem tanıtılmıştır. Beşinci bölümde, sunulan gri bütünleşik karar modelinin
uygulanmasıyla ulaşılan bulgular rapor edilmiştir. Altıncı bölümde, modelin geçerliliğini test
etmek amacıyla çeşitli duyarlılık ve karşılaştırma analizleri gerçekleştirilmiştir. Yedinci bö-
lümde, önerilen model kapsamında ulaşılan bulgular bağlamında, çeşitli çıkar grupları ve
karar vericiler için çıkarım ve politika önerileri sunulmuştur. Son olarak, sekizinci bölümde
ise genel değerlendirmeler, çalışmanın kısıtları ve gelecek çalışmalara yönelik öneriler sunu-
larak çalışma sonlandırılmıştır.

2. Literatür İncelemesi

Bu çalışmada, G8 ülkelerinin makroekonomik performansları analiz edilerek, performans
düzeylerinin Ar-Ge harcamalarıyla olan ilişkisi değerlendirilmektedir. Tablo 1’de ulusal ve
uluslararası düzeyde ÇKKV yöntemleri kullanılarak yapılan makroekonomik performans de-
ğerlendirmelerine yer verilmiştir. İlgili literatür incelendiğinde, bu çalışmalarının sayısının
oldukça fazla olduğu görülmektedir. Ancak, bu performans değerlendirmelerini Ar-ge har-
camalarıyla doğrudan ilişkilendiren kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durum, mev-
cut literatürde önemli bir boşluğu işaret etmekte olup, bu araştırmanın özgünlüğünü ve katkı
potansiyelini ortaya koymaktadır.

Tablo 1: Literatür İncelemesi

Yazar(lar)	Ağırlıklandırma Prosedürü	Sıralama Prosedürü	Dönem(ler)	Örneklem
Akbulut (2025)	SD	ROV	2023	Euronext ülkeleri
Dertli (2025)	CRITIC	MOOSRA	2007-2023	Türkiye
Şahin ve Özdemir (2025)	CRITIC	CRADIS	-	G8 ülkeleri
Pınar ve Erdoğan (2024)	CRITIC	TOPSIS	2018-2022	G7 ülkeleri
Pınar (2024)	CRITIC	TOPSIS	2010-2022	Kırılgan beşli
Kaya vd. (2024)	CRITIC	FUCOM- GRA	2013-2022	Türkiye
Telli Üçler (2024)	SD	MABAC	2018-2022	G7 ülkeleri
Kahreman (2024)	CRITIC- LOPCOW	CoCoSo	2011-2020	D8 ülkeleri
Bektaş ve Baykuş (2024)	CRITIC	AROMAN	2020-2023	MINT ülkeleri
Kahreman (2023)	LOPCOW	CoCoSo	2008 Krizi	G20 ülkeleri
Yalman vd. (2023)	MEREC- LOPCOW	MARCOS	2000-2020	Türkiye
Arsu (2022)	CRITIC	COPRAS	-	BRICS ve MINT ülkeleri
Avcı vd. (2022)	Entropi	TOPSIS	2019-2021	Türk Cumhuriyetleri
Chattopadhyay ve Bose (2022)	Eşit Ağırlık	TOPSIS	2016-2020	21 Avrupa ülkesi
Baki (2022)	Eşit Ağırlık	MABAC	2018 ve	G7 Ülkeleri
Coşkun (2022)	Entropi	WASPAS	2020 yılları 2011-2020	BRICS-T
Doğan (2022)	CRITIC	ARAS	2010-2020	Türkiye
Koşaroğlu (2021)	Entropi	ARAS	2010-2019	E7 ülkeleri
Belke (2020)	CRITIC	MAIRCA	2010-2018	G7 ülkeleri
Ela ve Kurt (2019)	-	TOPSIS	2016	Sahra Altı Afrika ülkeleri
Eyüboğlu (2017)	AHP	TOPSIS	2004-2013	Azerbaycan, Kazakis- tan, Kırgızistan, Tacikis- tistan, Türkmenistan ve Özbekistan
Sevgin ve Kundakçı (2017)	TOPSIS	MOORA	2013	AB'ye üye ülkeler ve Türkiye

3. Metodoloji

Daha önce de belirtildiği üzere, bu çalışmada, ülkelerin makroekonomik performansları farklı boyuttaki performans göstergeleri kapsamında değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme süreci, LOPCOW, MSD ve RAWEC prosedürlerinin gri uzantılarının entegre edilmesinden oluşmaktadır. Gri sistem teorisi, bilgilerin kısmen bilindiği ya da kısmen bilinmediği durumlarda karar problemlerinin çözüm sürecinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bu sistem, eksik veya belirsiz bilgilere dayalı olarak, optimum sonuçlara ulaşmayı hedeflemektedir (Bai ve Sarkis, 2010). Klasik karar verme yaklaşımları, genellikle belirsiz veya eksik verilerle mücadele eder. Gri sistem teorisine dayalı prosedürler, değerlendirme sürecine ilişkin yapılandırılmış bir çerçeve sunarak belirsizliğin etkili bir şekilde ele alınmasına olanak sağlamaktadır. Söz konusu karar verme yaklaşımları, modelin değişen koşullara dinamik olarak uyum sağlamasına imkân sağlayarak, modeli daha sağlam ve daha duyarlı bir hale getirir (Liu vd., 2012; Ulutaş vd., 2025). Yukarıda ifade edilen nedenler dikkate alındığında, gri temelli karar verme modellerinin bu çalışmada ele alınan problemin çözümü için en uygun model olduğu açıktır. Değerlendirme sürecinin ilk aşamasında, değerlendirme kriterlerine ilişkin objektif ağırlık skorları G-LOPCOW ve G-MSD prosedürlerine dayalı olarak hesaplanmıştır. Ardından ikinci aşamada ise, G8 ülkeleri G-RAWEC prosedürü ile makroekonomik performans açısından değerlendirilmiştir. Geliştirilen modele ait metodolojik çerçeve Şekil 1’de özetlenmiş olup, söz konusu karar verme prosedürlerine ait detaylı açıklama ve hesaplama adımları sonraki bölümlerde sunulmuştur.

Şekil 1: Metodolojik Çerçeve



3.1. G-LOPCOW Prosedürü

Karar verme literatürüne Ecer ve Pamucar (2022) tarafından geliştirilerek kazandırılmış olan LOPCOW prosedürü kriterlerin objektif olarak ağırlıklandırılmasında kullanılmaktadır. LOPCOW prosedürünün gri küme teorisi ile entegre edilmesi vasıtasıyla elde edilen G-LOPCOW prosedürü, karar problemlerinin çözümü için karar vericilere yeni bir metodolojik bakış açısı sunmaktadır (Ulutaş vd., 2024). G-LOPCOW, objektif ağırlıklandırma prosedürü, kolay hesaplanabilme, negatif verilerden etkilenmeme ve problemlerin çözüm sürecinden kaynaklı olarak ortaya çıkabilecek belirsizlerin üstesinden gelme de önemli düzeyde esnektir (Işık vd., 2023; Demir, 2025). Söz konusu objektif kriter ağırlıklandırma yaklaşımının uygulama süreci aşağıda verilen adımları içermektedir (Akbulut, 2024; Işık vd., 2024).

Adım 1. Araştırma probleminin çözümüne yönelik olarak, karar alternatifleri ve değerlendirme kriterlerinden oluşan gri karar matrisi Eşitlik (1)'e göre hazırlanır.

$$\otimes G = [\otimes g_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} [g_{11}^l, g_{11}^u] & [g_{12}^l, g_{12}^u] & \cdots & [g_{1n}^l, g_{1n}^u] \\ [g_{21}^l, g_{21}^u] & [g_{22}^l, g_{22}^u] & \cdots & [g_{2n}^l, g_{2n}^u] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [g_{m1}^l, g_{m1}^u] & [g_{m2}^l, g_{m2}^u] & \cdots & [g_{mn}^l, g_{mn}^u] \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (1)$$

Eşitlik 1'deki $\otimes g_{ij}$, g_{ij}^l ve g_{ij}^u değerlerinden oluşmakta ve i. alternatifin j. değerlendirme kriteri açısından performansını ifade etmektedir.

Değerlendirme sürecinin sonraki aşamasında, RAWEC-G prosedürüne ilişkin hesaplamaların sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için, gri karar matrisinde yer alan sıfır ve negatif değerlerin pozitif forma dönüştürülmesi kritik öneme sahiptir. Bu doğrultuda, Zhang vd. (2014) tarafından geliştirilen Z-skor normalizasyon yöntemi kullanılmış ve karar matrisi pozitif hale getirilmiştir. İlgili hesaplamalarda Eşitlik (2) ve Eşitlik (3)'ten yararlanılmıştır.

$$\otimes d_{ij} = [d_{ij}^l, d_{ij}^u] = \frac{\otimes G_{ij} - \overline{\otimes G}_i}{\otimes \sigma_i} \quad (2)$$

Eşitlikte yer alan, $\otimes G_i$ ve $\otimes \sigma_i$ değerleri sırasıyla, değerlendirme ölçütlerine ait aritmetik ortalama ve standart sapma değerlerini temsil etmektedir. Gri karar matrisindeki her bir değere Eşitlik (3) uygulanarak düzeltilmiş gri karar matrisi oluşturulmuştur.

$$\otimes g_{ij} = [g_{ij}^l, g_{ij}^u] = \left[\min \left((d_{ij}^l + A), (d_{ij}^u + A) \right), \max \left((d_{ij}^l + A), (d_{ij}^u + A) \right) \right] \quad (3)$$

İlgili eşitlikte yer alan $A > |\min \otimes d_{ij}|$ şeklinde ifade edilmektedir..

Adım 2. Düzeltilen gri karar matristeki değerler, nitelikleri dikkate alınarak normalize edilmektedir. Bu kapsamda, faydalı ölçütler için Eşitlik (4), maliyetli ölçütler için ise Eşitlik (5) kullanılmaktadır.

$$\otimes c_{ij} = \frac{\otimes g_{ij} - \min \{ \otimes g_{ij} | 1 \leq i \leq m \}}{\max \{ \otimes g_{ij} | 1 \leq i \leq m \} - \min \{ \otimes g_{ij} | 1 \leq i \leq m \}} \quad (4)$$

$$\otimes c_{ij} = \frac{\max \{ \otimes g_{ij} | 1 \leq i \leq m \} - \otimes g_{ij}}{\max \{ \otimes g_{ij} | 1 \leq i \leq m \} - \min \{ \otimes g_{ij} | 1 \leq i \leq m \}} \quad (5)$$

Adım 3. Eşitlik (6) yardımıyla, değerlendirme ölçütleri için gri yüzdesel değerler tespit edilmektedir.

$$\otimes PV_j = [PV_j^l, PV_j^u] = \left[\ln \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (c_{ij}^l)^2}{m}}}{\sigma_j^l} \right) \times 100, \ln \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (c_{ij}^u)^2}{m}}}{\sigma_j^u} \right) \times 100 \right] \quad (6)$$

İlgili eşitliklerde görülen σ^l ve σ^u değerleri, kriterlere ait standart sapma değerlerini ifade etmektedir.

Adım 4. G-LOPCOW objektif kriter ağırlıklandırma prosedürünün son aşamasında, Eşitlik (7) vasıtasıyla, her bir kriter için gri ağırlık skorları elde edilmektedir.

$$\otimes w_j^{LOPCOW} = [w_{jLOP}^l, w_{jLOP}^u] = \left[\min \left(\frac{PV_j^l}{\sum_{j=1}^n PV_j^l}, \frac{PV_j^u}{\sum_{j=1}^n PV_j^u} \right), \max \left(\frac{PV_j^l}{\sum_{j=1}^n PV_j^l}, \frac{PV_j^u}{\sum_{j=1}^n PV_j^u} \right) \right] \quad (7)$$

Son olarak, her bir performans ölçütüne ilişkin ağırlık skorlarının aritmetik ortalaması hesaplanarak, crisp ağırlık değerleri elde edilmektedir. Burada, en yüksek ağırlığa sahip olan performans ölçütü, en önemli olarak değerlendirilmektedir.

3.2. G-MSD Prosedürü

Finans alanında riski ölçmek için yararlanılan SD prosedürü, çok kriterli karar verme alanında değerlendirme kriterlerinin objektif ağırlıklarını tahmin etmek için de kullanılmaktadır. Diakoulaki vd., (1995) tarafından önerilen bu yaklaşım, karar matrisindeki veri yapısını dikkate alarak, her bir kriterin hesaplanan standart sapmasına dayalı olarak objektif ağırlıklarını belirler. SD prosedürü daha sonra Puška vd., (2022) tarafından kriterlerin toplam değerleri dikkate alınarak modifiye edilmiştir. Modifiye edilmiş standart sapma yöntemin gri küme teorisine entegrasyonu ise, Işık vd., (2025) tarafından gerçekleştirilmiştir. G-MSD prosedürü, karar problemlerinin çözüm sürecinde, karar vericilere yeni bir metodolojik bakış açısı sunmak vasıtasıyla geliştirilmiştir. Bu yöntemin temel avantajı, anlaşılması ve uygulanmasının kolay olması, uygulama sürecinin fazla zaman almaması ve pratik olmasıdır. G-MSD prosedürünün uygulaması aşağıdaki 4 adımdan oluşmaktadır.

Adım 1. Alternatif G8 ülkelerini ve makroekonomik performans kriterlerini içeren gri performans matrisi Eşitlik (1) kapsamında oluşturulur.

Adım 2. Normalleştirilmiş gri performans matrisi, Eşitlik (8) (faydalı performans ölçütleri için) ve Eşitlik (9) (faydasız performans ölçütleri için) aracılığıyla elde edilir.

$$\otimes y_{ij} = \begin{cases} \otimes y_{ij}^+ = \frac{\otimes z_{ij}}{\max\{\otimes z_{ij} | 1 \leq i \leq m\}} = \left[\frac{z_{ij}^l}{\max\{z_{ij}^l | 1 \leq i \leq m\}}, \frac{z_{ij}^u}{\max\{z_{ij}^u | 1 \leq i \leq m\}} \right] & (8) \\ \otimes y_{ij}^- = \frac{\min\{\otimes z_{ij} | 1 \leq i \leq m\}}{\otimes z_{ij}} = \left[\frac{\min\{z_{ij}^l | 1 \leq i \leq m\}}{(z_{ij}^u)}, \frac{\min\{z_{ij}^u | 1 \leq i \leq m\}}{(z_{ij}^l)} \right] & (9) \end{cases}$$

Adım 3. Eşitlik (10) yardımıyla her bir performans ölçütüne ilişkin standart sapma skorlarının değiştirilmiş değerleri tespit edilmektedir.

$$\otimes s_j = [s_j^l, s_j^u] = \left[\min \left(\frac{\sigma^l}{\sum_{i=1}^m (y_{ij}^l)} \right), \left(\frac{\sigma^u}{\sum_{i=1}^m (y_{ij}^u)} \right), \max \left(\frac{\sigma^l}{\sum_{i=1}^m (y_{ij}^l)} \right), \left(\frac{\sigma^u}{\sum_{i=1}^m (y_{ij}^u)} \right) \right] \quad (10)$$

Adım 4. MSD-G prosedürünün son aşamasında, her bir performans ölçütü için objektif önem ağırlık değerleri, Eşitlik (11)'e göre hesaplanmaktadır.

$$\otimes w_j^{\text{MSD}} = [w_{j,\text{MSD}}^l, w_{j,\text{MSD}}^u] = \left[\frac{\otimes s_j}{\sum_{j=1}^n \otimes s_j} \right] \left[\min \left(\frac{s_j^l}{\sum_{j=1}^n (s_j^l)}, \frac{s_j^u}{\sum_{j=1}^n (s_j^u)} \right), \max \left(\frac{s_j^l}{\sum_{j=1}^n (s_j^l)}, \frac{s_j^u}{\sum_{j=1}^n (s_j^u)} \right) \right] \quad (11)$$

Son olarak, her bir performans ölçütüne ilişkin gri ağırlık skorlarının aritmetik ortalaması hesaplanarak, crisp ağırlık değerleri elde edilmektedir. Burada, en yüksek ağırlığa sahip olan performans ölçütü, en önemli olarak değerlendirilmektedir.

3.3. Nihai Ağırlıklandırma Prosedürü

Performans göstergelerine ilişkin önem ağırlık değerlerinin tahmin edilmesinde farklı karar verme prosedürlerinden yararlanılması, ağırlık skorlarında bazı farklılıklara yol açabilmektedir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek amacıyla, mevcut vaka çalışmasında farklı karar algoritmalarının etkisini aynı anda dikkate alan bir birleştirme operatörü kullanılmıştır. Bu doğrultuda, G-LOPCOW ve G-MSD prosedürlerine dayalı olarak elde edilen kriter önem ağırlıkları Eşitlik (12) kullanılarak entegre edilmiştir. Bu sayede her bir performans ölçütüne ait nihai önem ağırlık değerleri tespit edilmiştir. İlgili eşitlikte yer alan $\otimes w_j^{\text{LOPCOW}}$ ve $\otimes w_j^{\text{MSD}}$ sırasıyla G-LOPCOW ve G-MSD prosedürlerine ilişkin gri kriter ağırlıklarını temsil etmektedir.

$$\otimes w_j^{\text{Nihai}} = \frac{\otimes w_j^{\text{LOPCOW}} + \otimes w_j^{\text{MSD}}}{2} \quad (12)$$

3.4. G-RAWEC Prosedürü

Karar verme literatürüne Puška vd., (2024) tarafından kazandırılan RAWEC prosedürü nispeten yeni bir alternatif sıralama yaklaşımıdır. RAWEC prosedürünün gri sistem teorisine uyarlanması vasıtasıyla geliştirilen G-RAWEC (Ulutaş vd., 2025) ise alternatiflerin sıralanması sürecinde karar verici ve uygulayıcılara yeni bir metodolojik çerçeve sunmaktadır. Söz konusu karar verme prosedürü, alternatiflerin sıralanması sürecinde gerek değerlendirme

ölçütlerinin göreceli önem düzeylerini dikkate alan ağırlıklı yapısını gerekse hesaplama sürecindeki kolaylık ve yalınlık sayesinde diğer karar verme yaklaşımlarına kıyasla daha avantajlıdır (Durmuş, 2025). Söz konusu sıralama algoritmasının uygulama adımları aşağıda verilen 5 adımı içermektedir.

Adım 1. Eşitlikler (1-3) kapsamında, düzeltilmiş gri karar matrisi hazırlanır.

Adım 2. Düzeltilmiş gri karar matrisi, kriterlerin niteliklerine göre normalize edilerek, gri normalize matris elde edilmektedir. Bu bağlamda, fayda yönlü kriterler ve maliyet yönlü kriterler için sırasıyla Eşitlikler (13) ve (14) uygulanmaktadır.

$$\begin{aligned} \otimes k_{ij} &= \frac{\otimes g_{ij}}{\max\{\otimes g_{ij} | 1 \leq i \leq m\}} = \left[\frac{g_{ij}^l}{\max\{g_{ij}^l | 1 \leq i \leq m\}}, \frac{g_{ij}^u}{\max\{g_{ij}^u | 1 \leq i \leq m\}} \right] \\ \otimes t_{ij} &= \frac{\min\{\otimes g_{ij} | 1 \leq i \leq m\}}{\otimes g_{ij}} = \left[\frac{\min\{g_{ij}^l | 1 \leq i \leq m\}}{(g_{ij}^u)}, \frac{\min\{g_{ij}^l | 1 \leq i \leq m\}}{(g_{ij}^l)} \right] \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \otimes k_{ij} &= \frac{\min\{\otimes g_{ij} | 1 \leq i \leq m\}}{\otimes g_{ij}} = \left[\frac{\min\{g_{ij}^l | 1 \leq i \leq m\}}{(g_{ij}^u)}, \frac{\min\{g_{ij}^l | 1 \leq i \leq m\}}{(g_{ij}^l)} \right], \\ \otimes t_{ij} &= \frac{\otimes g_{ij}}{\max\{\otimes g_{ij} | 1 \leq i \leq m\}} = \left[\frac{g_{ij}^l}{\max\{g_{ij}^u | 1 \leq i \leq m\}}, \frac{g_{ij}^u}{\max\{g_{ij}^u | 1 \leq i \leq m\}} \right] \end{aligned} \quad (14)$$

Adım 3. Kriterlere ilişkin önem ağırlıklarından kaynaklanan gri sapma değerleri, Eşitlikler (15-16)'dan faydalanılarak hesaplanmaktadır.

$$\otimes k'_{ij} = [k'_{ij}, k''_{ij}] = \sum_{j=1}^n \otimes w_j \times (1 - \otimes k_{ij}) = [\sum_{j=1}^n w_j^l \times (1 - k_{ij}^u), \sum_{j=1}^n w_j^u \times (1 - k_{ij}^l)] \quad (15)$$

$$\otimes t'_{ij} = [t'_{ij}, t''_{ij}] = \sum_{j=1}^n \otimes w_j \times (1 - \otimes t_{ij}) = [\sum_{j=1}^n w_j^l \times (1 - t_{ij}^u), \sum_{j=1}^n w_j^u \times (1 - t_{ij}^l)] \quad (16)$$

Adım 4. Eşitlikler (17-18) kapsamında gri sapma değerlerine ilişkin ortalamalar alınarak, crisp sapma değerlerine ilişkin skorlar belirlenmektedir.

$$k'_{ij} = 0.5(k'_{ij} + k''_{ij}) \quad (17)$$

$$t'_{ij} = 0.5(t'_{ij} + t''_{ij}) \quad (18)$$

Adım 5. RAWEC-G prosedürünün son adımında, her bir alternatife ilişkin nihai değerlendirme skoru Eşitlik (19) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Q_i = \frac{t'_{ij} - k'_{ij}}{t'_{ij} + k'_{ij}} \quad (19)$$

Burada, Q_i değeri en yüksek olan alternatif performansı en yüksek alternatif olarak kabul edilir.

4. Veri Seti ve Örneklem

G8 ülkeleri, küresel ekonomik sistemin yönlendirilmesinde oldukça önemli bir rol üstlenmektedir. Bu ülkeler dünya ticareti, finansal piyasalar ve ekonomi politikaları üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bu sebeple, söz konusu ülkelerin makroekonomik performansının analiz edilerek değerlendirilmesi, küresel ekonomik eğilimlerin anlaşılması ve etkili politika yapım süreçlerinin desteklenmesi açısından stratejik bir öneme sahiptir. Bu sebeple bu çalışmada, G8 ülkelerinde makroekonomik performansın değerlendirilmesinde yeni bir bütünlük karar modelinin önerilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, 2006-2023 dönemine ilişkin makroekonomik veriler kullanılarak G8 ülkeleri üzerinde gerçek zamanlı bir vaka analizi gerçekleştirilmiştir. Mevcut araştırmada incelenen alternatif konumundaki G8 ülkelerine ilişkin bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Alternatif G8 Ülkeleri

Sıra	Ülkeler	Kod
1	Amerika Birleşik Devletleri	C1
2	Almanya	C2
3	Fransa	C3
4	İtalya	C4
5	Kanada	C5
6	Japonya	C6
7	Birleşik Krallık	C7
8	Rusya	C8

Çalışmada, değerlendirme kapsamına alınan ülkelerin makroekonomik açıdan performansının değerlendirilmesi için, literatüre dayalı olarak 7 makroekonomik performans göstergesi belirlenmiştir. Söz konusu değerlendirme ölçütlerine ilişkin yıllık bazdaki veriler Dünya Bankası veri tabanından temin edilmiştir. Performans ölçütü olarak dikkate alınan makroekonomik göstergelere ilişkin bilgilere Tablo 3’te yer verilmiştir.

Tablo 3: Makroekonomik Performans Göstergeleri

Sıra	Göstergeler	Kod	Nitelik	Referans
1	GSYİH (2015 sabit fiyatlarıyla)	G1	Maksimum	Tekman ve Ordu (2025); Koşaroğlu (2022); Belke (2020); Chattopadhyay ve Bose (2022)
2	Kişi Başına Düşen GSYİH (2015 sabit fiyatlarıyla)	G2	Maksimum	Macit (2023); Baydaş vd., (2024); Lovell vd., (1995); Yalman vd., (2023); Belke (2020)
3	Büyüme Oranı (%)	G3	Maksimum	Biol (2024); Samut (2024); Al ve Demirel (2022); Macit (2023); Apan ve Tiyeck (2023); Yalman vd., (2023); Belke (2020)
4	Enflasyon Oranı (%)	G4	Minimum	Kaya vd., (2024); Biol (2024); Al ve Demirel (2022); Baydaş vd., (2024); Chattopadhyay ve Bose (2022)
5	İşsizlik Oranı (%)	G5	Minimum	Kaya vd., (2024); Biol (2024); Al ve Demirel (2022); Macit (2023); Apan ve Tiyeck (2023); Baydaş vd., (2024); Chattopadhyay ve Bose (2022)
6	İhracat / GSYİH (%)	G6	Maksimum	Macit (2023); Tekman ve Ordu (2025); Baydaş vd., (2024); Podvezko (2011); Koşaroğlu (2021)
7	İthalat / GSYİH (%)	G7	Minimum	Samut (2024); Macit (2023); Apan ve Tiyeck (2023); Tekman ve Ordu (2025); Koşaroğlu (2021)

5. Bulgular

Mevcut vaka çalışmasının bu bölümde, G8 ülkelerine ait 2006-2023 dönemi verilerinden yararlanılarak karar verici ve uygulayıcılara sunulan G-LOPCOW ve G-MSD temelli G-RAWEC modeli doğrultusunda gerçekleştirilen analiz sonuçları sunulmuştur. Değerlendirme sürecinin ilk aşamasında, seçilen makroekonomik performans göstergeleri için önem ağırlık değerleri G-LOPCOW prosedürü aracılığıyla hesaplanmıştır. İkinci aşamada ise, kriter önem ağırlıkları G-MSD prosedürüne dayalı olarak hesaplanmıştır. Ardından üçüncü aşamada ise, farklı yöntemlerden hesaplanan ağırlık skorları entegre edilmiştir. Son aşamada ise entegre gri ağırlık değerlerine dayalı G-RAWEC prosedürü kapsamında G8 ülkelerinin başarı sıralaması tespit edilmiştir.

5.1. G-LOPCOW Prosedürüne İlişkin Bulgular

G-LOPCOW prosedürüne ilişkin değerlendirme süreci, Eşitlik (1)'e göre oluşturularak Tablo 4'te sunulan gri karar matrisinin hazırlanmasıyla başlamaktadır. Araştırma kapsamında, G8 ülkelerine ilişkin makroekonomik performans düzeylerinin daha sağlıklı ve karşılaştırılabilir bir şekilde analiz edilebilmesi amacıyla, 2006-2023 dönemine ilişkin yıllık verilerin ortalamaları hesaplanmıştır. Bu sayede, söz konusu ülkelerde meydana gelen kısa vadeli dalgalanmaların etkisi minimize edilmiş olup, ülkelerin analiz kapsamına alınan dönemler için genel ekonomik eğilimleri daha gerçekçi biçimde incelenmiştir. G8 ülkeleri için hesaplanmış olan ortalama verilerin alt ve üst değerlerine dayalı olarak hazırlanarak Tablo 4'te gösterilen gri karar matrisiyle, gri sistem teorisinin gerektirdiği sınır temelli yapı sağlanmıştır. Bu yaklaşım değerlendirme ölçütleri arasındaki belirsizliklerin azaltılarak, daha istikrarlı ve daha güvenilir sonuçların elde edilmesi açısından oldukça önemlidir.

Tablo 4: Gri Karar Matrisi

	G1	G2	G3
C1	[15910281498000, 22062578283266]	[51863.6183, 65875.1779]	[-2.5765, 6.0551]
C2	[3024422218182, 3702230996916]	[36927.1920, 44336.7775]	[-5.5452, 4.1468]
C3	[2267844863251, 2671234714330]	[35052.8511, 39117.4845]	[-7.4406, 6.8823]
C4	[1751650987476, 2010974774790]	[29469.7989, 34345.7599]	[-8.8682, 8.9311]
C5	[1357030300358, 1783097209318]	[40376.4154, 45227.1447]	[-5.0382, 5.2870]
C6	[4052826324007, 4605911988191]	[31651.0838, 36990.3301]	[-5.6932, 4.0979]
C7	[2597719582107, 3234504373105]	[41712.8319, 47551.2297]	[-10.2969, 8.5760]
C8	[1137229862730, 1524520243059]	[10420.5713, 7949.8970]	[-7.8000, 8.5000]

Tablo 4: Gri Karar Matrisi (DEVAM)

	G4	G5	G6	G7
C1	[-0.3555, 8.0028]	[3.6400, 9.6300]	[10.0737, 13.6441]	[13.0061, 17.4419]
C2	[0.1449, 6.8726]	[3.0700, 10.2800]	[35.4417, 45.7805]	[30.6735, 43.2836]
C3	[0.0375, 5.2224]	[7.3100, 10.3500]	[25.8809, 36.5037]	[26.3182, 39.2865]
C4	[-0.1377, 8.2013]	[6.0800, 12.6800]	[22.2772, 35.1170]	[22.8643, 36.9362]
C5	[0.2995, 6.8028]	[5.2800, 9.6600]	[28.5158, 35.4025]	[29.9586, 34.3149]
C6	[-1.3528, 3.2681]	[2.3500, 5.1000]	[12.4196, 21.8105]	[11.9706, 25.3020]
C7	[0.3680, 7.9220]	[3.6100, 8.2500]	[25.5116, 33.5672]	[27.4528, 35.3133]
C8	[15.5344, 2.8783]	[3.0800, 8.3000]	[23.0830, 33.7305]	[15.2330, 22.0729]

Tablo 4'te sunulan başlangıç gri karar matrisi incelendiğinde, bazı kriterlere ilişkin negatif değerlere rastlanmaktadır. Bu durumun üstesinden gelmek amacıyla, ilgili matris üzerinde Z-skoru dönüşümü uygulanmış ve bu dönüşüm Eşitlikler (2) ve (3) doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Böylelikle, tüm kriter değerleri pozitif hale getirilerek karar matrisi analiz açısından uygun bir yapıya kavuşturulmuştur. Tablo 5 düzeltilmiş gri karar matrisini rapor etmektedir. Dolayısıyla, bu aşamadan sonraki hesaplamalar söz konusu matris üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5: Düzeltilmiş Gri Karar Matrisi

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
C1	[2.987, 3.019]	[3.455, 3.575]	[1.643, 2.206]	[0.837, 1.337]	[1.290, 1.537]	[0.010, 0.010]	[0.003, 0.008]
C2	[0.338, 0.373]	[2.188, 2.281]	[0.703, 0.859]	[1.090, 1.185]	[1.207, 1.587]	[3.076, 3.276]	[2.472, 2.683]
C3	[0.184, 0.223]	[1.992, 1.993]	[0.273, 1.453]	[0.627, 1.095]	[2.409, 2.870]	[2.023, 2.230]	[2.032, 2.117]
C4	[0.079, 0.127]	[1.554, 1.685]	[0.731, 1.114]	[1.019, 1.393]	[2.684, 2.949]	[1.795, 1.882]	[1.668, 1.772]
C5	[0.044, 0.048]	[2.386, 2.412]	[0.960, 1.327]	[1.070, 1.314]	[1.696, 2.093]	[2.221, 2.239]	[1.863, 2.210]
C6	[0.504, 0.548]	[1.726, 1.855]	[0.628, 0.839]	[0.006, 0.009]	[0.000, 0.008]	[0.530, 0.603]	[0.253, 0.490]
C7	[0.255, 0.301]	[2.517, 2.535]	[0.008, 0.968]	[1.371, 1.384]	[0.729, 1.448]	[1.876, 2.035]	[1.884, 1.974]
C8	[0.003, 0.007]	[0.002, 0.004]	[0.937, 1.272]	[3.464, 3.519]	[0.681, 1.213]	[1.742, 1.892]	[0.297, 0.514]

Düzeltilmiş gri karar matrisi, performans göstergelerinin niteliklerine göre Eşitlik (4) ve Eşitlik (5)'ten faydalanılarak normalize edilmiştir. Normalize edilmiş gri değerlere ilişkin bulgular Tablo 6'da rapor edilmiştir.

Tablo 6: Normalize Edilmiş Gri Karar Matrisi

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
C1	[0.989, 1.000]	[0.966, 1.000]	[0.744, 1.000]	[0.621, 0.763]	[0.479, 0.563]	[0.000, 0.000]	[0.998, 1.000]
C2	[0.111, 0.123]	[0.612, 0.638]	[0.316, 0.387]	[0.664, 0.691]	[0.462, 0.591]	[0.939, 1.000]	[0.000, 0.079]
C3	[0.060, 0.073]	[0.557, 0.557]	[0.121, 0.658]	[0.690, 0.823]	[0.027, 0.183]	[0.616, 0.680]	[0.211, 0.243]
C4	[0.025, 0.041]	[0.434, 0.471]	[0.329, 0.503]	[0.605, 0.712]	[0.000, 0.090]	[0.546, 0.573]	[0.340, 0.379]
C5	[0.014, 0.015]	[0.667, 0.674]	[0.433, 0.600]	[0.628, 0.697]	[0.290, 0.425]	[0.677, 0.682]	[0.176, 0.306]
C6	[0.166, 0.181]	[0.482, 0.519]	[0.282, 0.378]	[0.999, 1.000]	[0.997, 1.000]	[0.159, 0.182]	[0.818, 0.907]
C7	[0.084, 0.099]	[0.704, 0.709]	[0.000, 0.437]	[0.608, 0.611]	[0.509, 0.753]	[0.571, 0.620]	[0.265, 0.298]
C8	[0.000, 0.001]	[0.000, 0.000]	[0.423, 0.575]	[0.000, 0.016]	[0.589, 0.769]	[0.530, 0.576]	[0.809, 0.890]

G-LOPCOW prosedürünün son adımında, ilk olarak Eşitlik (6) yardımıyla, performans ölçütlerine ilişkin gri yüzdesel değerler belirlenmiştir. Ardından ise, Eşitlik (7) ile her bir makroekonomik göstergeye ait objektif önem ağırlık değerleri hesaplanmıştır. İlgili hesaplamalardan elde edilen bulgulara Tablo 7'de yer verilmiştir.

Tablo 7: G-LOPCOW Sonuçları

	$\otimes \sigma_j$	$\otimes PV_j$	$\otimes w_j$	w_j	Sıra
G1	[0.331, 0.332]	[8.020, 9.453]	[0.020, 0.020]	0.020	7
G2	[0.276, 0.282]	[79.198, 80.212]	[0.173, 0.196]	0.184	3
G3	[0.202, 0.222]	[65.986, 98.986]	[0.163, 0.213]	0.188	2
G4	[0.276, 0.287]	[86.452, 91.556]	[0.197, 0.214]	0.206	1
G5	[0.306, 0.321]	[52.198, 65.219]	[0.129, 0.141]	0.135	5
G6	[0.296, 0.312]	[66.669, 67.623]	[0.146, 0.165]	0.155	4
G7	[0.359, 0.368]	[45.850, 51.105]	[0.110, 0.113]	0.112	6

5.2. G-MSD Prosedürüne İlişkin Bulgular

Değerlendirme sürecinin ikinci bölümünde, G8 ülkelerinin makroekonomik performansını değerlendirmek üzere seçilen performans göstergelerine ilişkin ağırlık değerleri G-MSD yaklaşımına göre tespit edilmiştir. Bu bağlamda ilk olarak Eşitlik (2-3)'e göre hazırlanan ve Tablo 5'te rapor edilen gri karar matrisi oluşturulmuştur. Ardından ikinci adımda, Eşitlik (8)

ve Eşitlik (9)'a göre gri karar matrisi normalize edilmiştir. Normalize değerlere ilişkin bulgular Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8: Normalize Edilmiş Gri Karar Matrisi

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
C1	[0.989, 1.000]	[0.966, 1.000]	[0.745, 1.000]	[0.004, 0.007]	[0.000, 0.000]	[0.003, 0.003]	[0.436, 1.000]
C2	[0.112, 0.123]	[0.612, 0.638]	[0.319, 0.389]	[0.005, 0.005]	[0.000, 0.000]	[0.939, 1.000]	[0.001, 0.001]
C3	[0.061, 0.074]	[0.557, 0.557]	[0.124, 0.659]	[0.005, 0.009]	[0.000, 0.000]	[0.618, 0.681]	[0.002, 0.002]
C4	[0.026, 0.042]	[0.435, 0.471]	[0.331, 0.505]	[0.004, 0.005]	[0.000, 0.000]	[0.548, 0.575]	[0.002, 0.002]
C5	[0.015, 0.016]	[0.667, 0.675]	[0.435, 0.602]	[0.004, 0.005]	[0.000, 0.000]	[0.678, 0.683]	[0.001, 0.002]
C6	[0.167, 0.182]	[0.483, 0.519]	[0.285, 0.380]	[0.596, 1.000]	[0.019, 1.000]	[0.162, 0.184]	[0.007, 0.013]
C7	[0.084, 0.100]	[0.704, 0.709]	[0.003, 0.439]	[0.004, 0.004]	[0.000, 0.000]	[0.572, 0.621]	[0.002, 0.002]
C8	[0.001, 0.002]	[0.001, 0.001]	[0.425, 0.576]	[0.002, 0.002]	[0.000, 0.000]	[0.532, 0.578]	[0.006, 0.011]

Normalizasyon işleminin ardından, sütun toplamaları ve değerlendirme ölçütlerine ait standart sapmalar tespit edilmiştir. Her bir performans ölçütüne ilişkin hesaplanmış olan standart sapma değerlerinin değiştirilmiş değeri ve gri önem ağırlıkları G-MSD prosedürünün son adımında, sırasıyla Eşitlikler (10-11) uygulanarak elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalara ilişkin bulgulara Tablo 9'da yer verilmiştir.

Tablo 9: G-MSD Sonuçları

	$\sum_{j=1}^n \otimes y_j$	$\otimes \sigma_j$	$\otimes s_j$	$\otimes w_j$	w_j	Sıra
G1	[1.456, 1.539]	[0.331, 0.332]	[0.215, 0.227]	[0.153, 0.154]	0.153	4
G2	[4.425, 4.570]	[0.276, 0.282]	[0.062, 0.062]	[0.042, 0.044]	0.043	7
G3	[2.666, 4.551]	[0.201, 0.221]	[0.044, 0.083]	[0.031, 0.056]	0.044	6
G4	[0.623, 1.037]	[0.209, 0.352]	[0.335, 0.339]	[0.229, 0.239]	0.234	3
G5	[0.020, 1.001]	[0.007, 0.354]	[0.342, 0.353]	[0.239, 0.243]	0.241	1
G6	[4.051, 4.324]	[0.295, 0.311]	[0.072, 0.073]	[0.049, 0.051]	0.050	5
G7	[0.457, 1.032]	[0.153, 0.352]	[0.335, 0.341]	[0.231, 0.238]	0.153	4

5.3. Nihai Ağırlıklandırma Prosedürüne İlişkin Bulgular

Ağırlık tahmin prosedürünün son aşamasında, Eşitlik (12)'de ifade edildiği gibi G-LOPCOW ve G-MSD prosedürlerinden elde edilen ağırlık değerlerinin entegrasyonunu gerçekleştirilmek vasıtasıyla, her bir performans ölçütüne ilişkin nihai ağırlık skorları hesaplanmıştır. Birleştirilmiş gri ağırlık değerlerine ilişkin elde edilen bulgular Tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 10: Nihai Ağırlıklandırma Sonuçları

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
$\otimes w_j^{NIHAI}$	[0.087,0.087]	[0.108, 0.120]	[0.097,0.135]	[0.213, 0.226]	[0.184, 0.192]	[0.097,0.108]	[0.170,0.176]
w_j	0.087	0.114	0.116	0.220	0.188	0.103	0.173
Sıra	7	5	4	1	2	6	3

Nihai ağırlıklandırma prosedürüne dayalı olarak elde edilen ağırlıklandırma sonuçlarına göre, 2006-2023 dönemi için G8 ülkelerinin makroekonomik açıdan performansına etki eden en önemli üç performans ölçütü sırasıyla, G4 (enflasyon oranı), G5 (işsizlik oranı) ve G7 (ithalatın GSYİH'ye oranı)'dır. Diğer taraftan aynı dönem için söz konusu ülkelerin performansı üzerinde diğer performans göstergelerine kıyasla daha az etkili olan üç performans ölçütünün ise sırasıyla, G1 (toplam GSYİH), G6 (İhracatın GSYİH'ya oranı) ve G2 (kişi başına düşen GSYİH) olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

5.4. G-RAWEC Prosedürüne İlişkin Bulgular

Makroekonomik performans göstergelerine ilişkin gri önem ağırlık skorlarının elde edilmesinin ardından bu bölümde, söz konusu ağırlık skorları G-RAWEC prosedürüne dâhil edilerek, G8 ülkelerinin başarı sıralamaları tespit edilmiştir. Bu bağlamda ilk olarak, Eşitlikler (1-3) doğrultusunda elde edilen ve Tablo 5'te gösterilen gri başlangıç matrisi oluşturulmuştur. Ardından, söz konusu matris performans göstergelerinin nitelikleri açısından Eşitlik (13) ve Eşitlik (14)'e göre normalize edilmiştir. İlgili hesaplamalar neticesinde elde edilen gri normalize matrisler, kriterlerin özelliklerine göre Tablo 11 ve Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 11: Normalize Edilmiş Gri Karar Matrisi (Faydalı Performans Ölçütleri için)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
C1	[0.989, 1.000]	[0.966, 1.000]	[0.745, 1.000]	[0.004, 0.007]	[0.000, 0.000]	[0.003, 0.003]	[0.436, 1.000]
C2	[0.112, 0.123]	[0.612, 0.638]	[0.319, 0.389]	[0.005, 0.005]	[0.000, 0.000]	[0.939, 1.000]	[0.001, 0.001]
C3	[0.061, 0.074]	[0.557, 0.557]	[0.124, 0.659]	[0.005, 0.009]	[0.000, 0.000]	[0.618, 0.681]	[0.002, 0.002]
C4	[0.026, 0.042]	[0.435, 0.471]	[0.331, 0.505]	[0.004, 0.005]	[0.000, 0.000]	[0.548, 0.575]	[0.002, 0.002]
C5	[0.015, 0.016]	[0.667, 0.675]	[0.435, 0.602]	[0.004, 0.005]	[0.000, 0.000]	[0.678, 0.683]	[0.001, 0.002]
C6	[0.167, 0.182]	[0.483, 0.519]	[0.285, 0.380]	[0.596, 1.000]	[0.019, 1.000]	[0.162, 0.184]	[0.007, 0.013]
C7	[0.084, 0.100]	[0.704, 0.709]	[0.003, 0.439]	[0.004, 0.004]	[0.000, 0.000]	[0.572, 0.621]	[0.002, 0.002]
C8	[0.001, 0.002]	[0.001, 0.001]	[0.425, 0.576]	[0.002, 0.002]	[0.000, 0.000]	[0.532, 0.578]	[0.006, 0.011]

Tablo 12: Normalize Edilmiş Gri Karar Matrisi (Faydasız Performans Ölçütleri için)

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
C1	[0.001, 0.001]	[0.001, 0.001]	[0.003, 0.005]	[0.238, 0.380]	[0.437, 0.521]	[0.986, 1.000]	[0.001, 0.003]
C2	[0.008, 0.009]	[0.001, 0.001]	[0.009, 0.011]	[0.310, 0.337]	[0.409, 0.538]	[0.003, 0.003]	[0.921, 1.000]
C3	[0.014, 0.017]	[0.001, 0.001]	[0.005, 0.028]	[0.178, 0.311]	[0.817, 0.973]	[0.004, 0.005]	[0.757, 0.789]
C4	[0.025, 0.040]	[0.001, 0.002]	[0.007, 0.010]	[0.290, 0.396]	[0.910, 1.000]	[0.005, 0.006]	[0.622, 0.661]
C5	[0.065, 0.071]	[0.001, 0.001]	[0.006, 0.008]	[0.304, 0.373]	[0.575, 0.710]	[0.004, 0.004]	[0.695, 0.824]
C6	[0.006, 0.006]	[0.001, 0.001]	[0.009, 0.012]	[0.002, 0.003]	[0.000, 0.003]	[0.016, 0.019]	[0.094, 0.183]
C7	[0.010, 0.012]	[0.001, 0.001]	[0.008, 1.000]	[0.390, 0.393]	[0.247, 0.491]	[0.005, 0.005]	[0.702, 0.736]
C8	[0.458, 1.000]	[0.626, 1.000]	[0.006, 0.008]	[0.984, 1.000]	[0.231, 0.411]	[0.005, 0.006]	[0.111, 0.192]

G-RAWEC prosedürünün son aşamasında ilk olarak, Eşitlikler (15-16)'dan yararlanmak vasıtasıyla performans ölçütlerine ilişkin önem derecelerinden kaynaklanan gri sapma değerleri ($\otimes k'_{ij}$ ve $\otimes t'_{ij}$) tespit edilmiştir. Ardından ikinci olarak, Eşitlikler (17-18) yardımıyla gri sapma değerlerine ilişkin ortalamalar alınarak, crisp sapma değerleri (k'_{ij} ve t'_{ij}) belirlenmiştir. Son olarak, Eşitlik (19) kullanılarak ise, her bir alternatif G8 ülkesi için nihai değerlendirme skoru (Q_i) hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen bulgular Tablo 13'te rapor edilmiştir. Ayrıca, Tablo 13'ün son iki sütununda G8 ülkelerinin 2006-2023 dönemine ilişkin ortalama Ar-Ge harcamaları ve bu harcamalara ilişki sıralamalar da verilmiştir.

Tablo 13: G-RAWEC Sonuçları

	$\otimes k'_{ij}$	$\otimes t'_{ij}$	k'_{ij}	t'_{ij}	Q_i	Sıra	Ar-Ge / GSYİH (%)	Sıra
C1 (ABD)	[0.493, 0.663]	[0.681, 0.799]	0.578	0.740	0.123	2	2.903	2
C2 (Almanya)	[0.740, 0.815]	[0.613, 0.731]	0.778	0.672	-0.073	3	2.883	3
C3 (Fransa)	[0.757, 0.887]	[0.572, 0.711]	0.822	0.641	-0.124	6	2.189	4
C4 (İtalya)	[0.795, 0.884]	[0.570, 0.690]	0.840	0.630	-0.143	7	1.306	7
C5 (Kanada)	[0.756, 0.829]	[0.598, 0.735]	0.793	0.667	-0.086	4	1.796	6
C6 (Japonya)	[0.430, 0.776]	[0.921, 1.023]	0.603	0.972	0.234	1	3.237	1
C7 (Bir. Krallık)	[0.767, 0.888]	[0.558, 0.782]	0.828	0.670	-0.105	5	2.085	5
C8 (Rusya)	[0.841, 0.927]	[0.439, 0.641]	0.884	0.540	-0.242	8	1.063	8
Gözlem Sayısı (N)	8							
Spearman's rho	1.000							
Prob.	0.000							

G-RAWEC prosedürüne dayalı olarak elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, 2006-2023 zaman periyodu için makroekonomik açılarından diğer ülkelere göre daha üstün bir performansla sahip olan G8 ülkesi Japonya'dır. Bu ülkeyi başarı sıralamasında sırasıyla, ABD ve

Almanya takip etmektedir. Bununla beraber aynı zaman dönemi için, makroekonomik açıdan diğer G8 ülkelerine göre daha düşük performansa sahip olan üç ülke ise sırasıyla, Rusya, İtalya ve Fransa'dır. Diğer taraftan, G8 ülkelerinin Ar-Ge harcamaları açısından başarı durumları değerlendirilecek olursa, analizler kapsamında değerlendirilen dönemler için Ar-Ge harcamaları açısından lider konumda olan üç ülke yine Japonya, ABD ve Almanya olarak tespit edilmiştir. Buna karşın, aynı dönem için Ar-Ge harcamaları açısından diğer ülkelere göre daha az harcama yapan üç ülke ise, Rusya, İtalya ve Kanada olmuştur.

Çalışmanın amacına uygun bir biçimde değerlendirme sürecinin son aşamasında, G8 ülkelerinin makroekonomik performans başarı sıralamaları ile Ar-Ge harcamalarına ilişkin başarı sıralamaları arasında herhangi bir önem düzeyinde anlamlı ya da anlamsız bir ilişkinin olup olmadığı Spearman sıra korelasyon testi aracılığıyla değerlendirilmiştir. Söz konusu korelasyon analizi türü, veri setinin küçük olduğu durumlarda ve veri setindeki değerlerin normal dağılıma uygun olmadığı durumlarda daha anlamlı ve güvenilir sonuçlar vermesi sebebiyle tercih edilmiştir. Bu kapsamda yapılan değerlendirmelere ilişkin sonuçlar da Tablo 13'ün son üç satırında rapor edilmiştir. Buna göre, G8 ülkeleri için makroekonomik performans ile Ar-Ge harcamaları arasında yüksek derecede ve pozitif yönlü bir ilişki olduğu açıkça ifade edilebilir. Ayrıca, yapılan değerlendirmeler sonucunda elde edilen olasılık değerinin 0.000 olması ise, makroekonomik performans ile Ar-Ge harcamaları arasındaki söz konusu ilişkinin istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

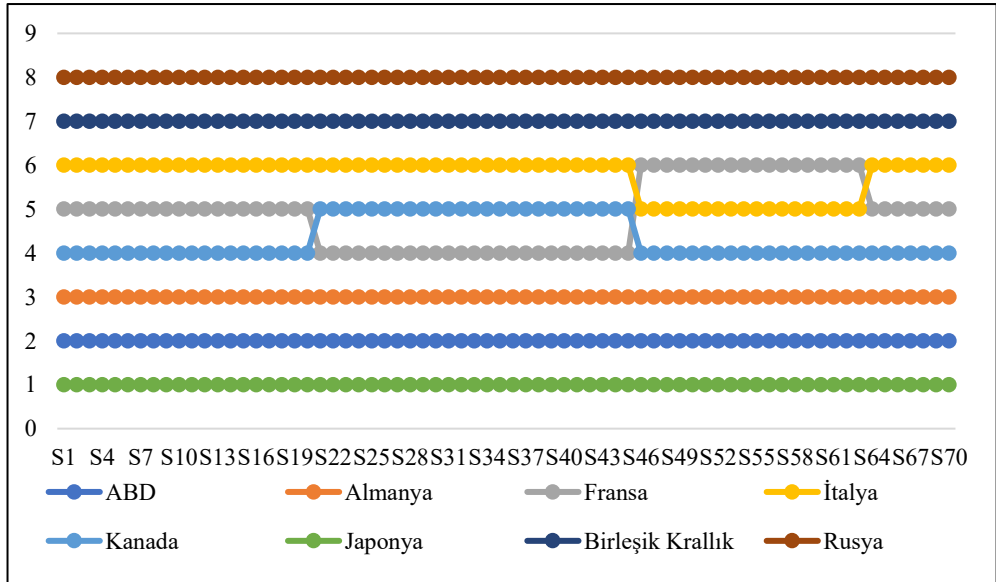
6. Duyarlılık ve Karşılaştırma Analizleri

Mevcut araştırma kapsamında önerilen, gri temelli karar verme çerçevesinin sağlamlığını ve güvenilirliğini test etmek amacıyla bu bölümde iki aşamadan oluşan bir dizi duyarlılık ve karşılaştırma analizi yapılmıştır. Bu analizler, önerilen bütünleşik modelinin karar verme süreçlerinde ne derece güvenilir, tutarlı ve esnek olduğunun ortaya konması hususunda oldukça önemlidir. Bu bağlamda ilk olarak, G-LOPCOW ve G-MSD prosedürü kapsamında elde edilen kriter önem ağırlıklarında meydana gelebilecek muhtemel değişikliklerin nihai sıralama üzerindeki etkisi ele alınmıştır. İkinci olarak ise, G-RAWEC prosedürüne dayalı olarak elde edilen sıralama sonuçları alternatif gri karar verme araçlarıyla karşılaştırılmıştır.

6.1. Kriter Ağırlıklarındaki Değişimlerin Nihai Sırala Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Duyarlılık analizinin ilk aşamasında, G-LOPCOW ve G-MSD algoritmasına dayalı olarak hesaplanmış olan ağırlık skorlarındaki değişimlerin nihai sıralamalar üzerinde herhangi bir değişikliğe sebep olup olmadığı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme 70 farklı senaryo geliştirilmiştir. Bu senaryoların her birinde, G8 ülkelerinin makroekonomik performansı üzerinde etkisi en fazla olan G4 (enflasyon oranı) kriterinin ağırlık değeri %5 oranında azaltılmıştır. Söz konusu %5'lik fark kalan diğer 6 performans ölçütü orasında oransal olarak paylaştırılarak yeni ağırlık değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen bu ağırlıklar, daha sonra G-RAWEC algoritması kapsamına alınarak G8 ülkelerinin başarı sıralamaları yeniden yapılmıştır. Geliştirilen her bir senaryoda sonucunda hesaplanan önem ağırlık değerlerinin, alternatif konumundaki ülkelerin sıralamasında meydana getirdiği değişiklikler Şekil 2'de sunulmuştur. Şekil 2 incelendiğinde, kriter önem ağırlıklarında meydana gelebilecek sistematik değişiklikler ülke sıralamalarında genel olarak anlamlı bir sapmaya neden olmamaktadır. Bu durum, nihai sıralamaların büyük ölçüde istikrarını koruduğuna işaret etmektedir. Dolayısıyla, sunulan gri tabanlı bütünsel karar çerçevesinin oldukça dirençli ve güvenilir bir yapıda olduğu ifade edilebilir.

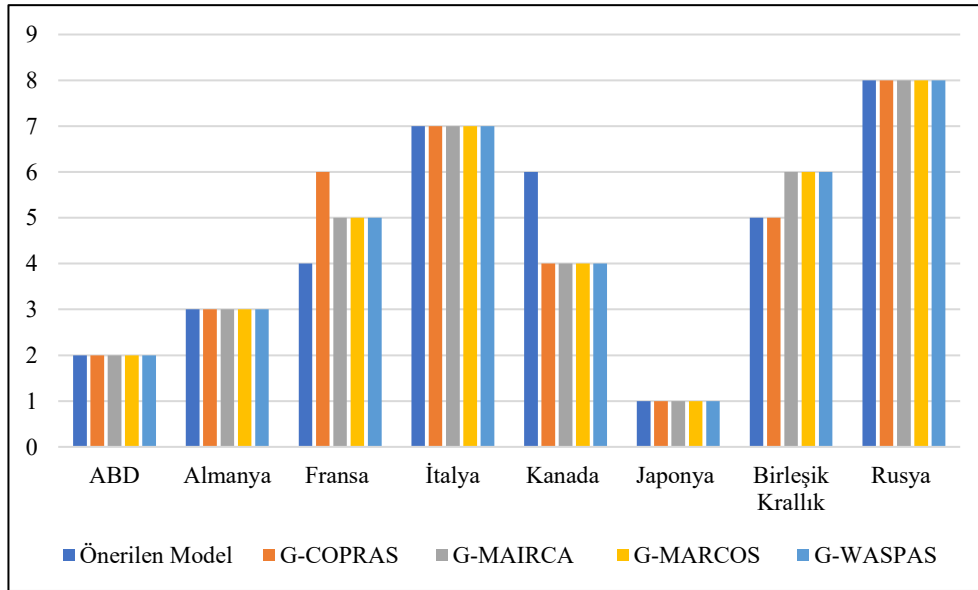
Şekil 2: Ağırlık Duyarlılığına Dayalı Ülke Sıralamaları



6.2. Önerilen Metodolojinin Farklı Gri Karar Verme Prosedürleriyle Karşılaştırılması

Duyarlılık analizi sürecinin ikinci bölümünde, G-LOPCOW tabanlı G-RAWEC modeline dayalı başarı sıralamalarının dayanıklılığını ve istikrarını test etmek amacıyla, karar verme literatürüne konu olan diğer gri tabanlı karar verme prosedürleriyle (G-COPRAS [Zavadskas vd., 2008], G-MAIRCA [Esangbedo ve Tang, 2023], G-MARCOS [Torkayesh vd., 2021] ve G-WASPAS [Zavadskas vd., 2015]) karşılaştırılmıştır. Alternatif G8 ülkelerinin sıralama pozisyonlarına ilişkin olarak elde edilen bulgular Şekil 3'te gösterilmiştir. İlgili şekil ve Tablo 14'te verilen korelasyon katsayı değerleri incelendiğinde, önerilen modelden elde edilen sıralamalar ile diğer gri karar verme prosedürlerinden elde edilen sıralama sonuçları arasında yüksek derecede korelasyon bulunmaktadır. Bu sonuç önerilen karar modelinin maksimum düzeyde sağlam olduğunu ortaya koymaktadır.

Şekil 3: Farklı Gri Karar Verme Prosedürleri Açısından G8 Ülkelerinin Sıralaması



Tablo 14: Korelasyon Katsayıları

	G-RAWEC	G-COPRAS	G-MAIRCA	G-MARCOS	G-WASPAS
G-RAWEC	1.000				
G-COPRAS	0.905	1.000			
G-MAIRCA	0.929	0.976	1.000		
G-MARCOS	0.929	0.976	1.000	1.000	
G-WASPAS	0.929	0.976	1.000	1.000	1.000

7. Teorik, Pratik ve Yönetsel Çıkarımlar

G8 ülkelerinin makroekonomik performansı ile Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkiye odaklanan mevcut çalışmadan elde edilen bulgular literatüre, uygulayıcılara, karar verici otoritelere ve çeşitli çıkar gruplarına teorik, pratik ve yönetsel düzeyde birçok sistematik çıkarım sunmaktadır. Mevcut vaka çalışmasından elde edilen ampirik çıktıların, karar verme literatürüne özgün katkılar sunmanın yanı sıra, ülkelerin makroekonomik performansının iyileştirilerek sürdürülebilir bir hale getirilmesi sürecinde de karar vericilere rehberlik etmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda ilk olarak mevcut çalışmanın teorik düzeyde sunmuş olduğu çıkarımlar aşağıda sunulmuştur:

- Bu çalışma, gri sistem teorisine dayalı olarak G-LOPCOW ve G-MSD tabanlı G-RAWEC prosedürlerinin ülkelerin makroekonomik performansının ölçülerek değerlendirilmesi sürecine entegre edilebileceğini göstermek vasıtasıyla karar verme literatürüne yeni ve özgün bir metodolojik katkı sağlamaktadır.
- Mevcut araştırma ile geleneksel karar verme yaklaşımlarına kıyasla, gri temelli karar verme yaklaşımlarının belirsizlik altındaki makroekonomik göstergelerin daha esnek bir şekilde değerlendirme potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir.
- Mevcut çalışma, karar verme literatüründe Ar-Ge harcamaları ile makroekonomik performans arasındaki ilişkinin test edilmesi için özgün bir vaka analizi sunmak vasıtasıyla ilgili alandaki boşluğun dolmasına yönelik katkı sağlamaktadır.
- G8 ülkeleri özelinde elde edilen ampirik bulgular, ülke bazlı yapılacak olan performans ölçümlerinde, seçilen makro göstergelerin önem ağırlıklarında meydana gelen değişimlerin sıralamalar üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığını ortaya koyarak, sunulan gri karar destek sisteminin istikrarlı ve güvenilir sonuçlar ürettiğini teorik açıdan desteklemektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçların, karar verici otorite ve çıkar gruplarına sağlamış olduğu pratik düzeydeki katkılar şu şekildedir:

- Mevcut çalışma ile ülkelerin makroekonomik performansının değerlendirilmesi sürecinde Ar-Ge harcamalarının göz önünde bulundurulmasının ekonomi politikalarının önceliklendirilmesinde önemli bir gösterge olduğu ortaya konulmuştur.
- G-LOPCOW ve G-MSD prosedürlerine dayalı olarak elde edilen nihai ağırlık skorları, özellikle sıralamada daha alt sırada yer alan ülkelerin (Rusya, İtalya ve Fransa) ekonomi politikalarını yeniden şekillendirme sürecinde söz konusu ülkelere rehberlik edebilir. Aynı şekilde performans sıralamasında üst sıralarda yer alan ülkeler (Japonya, ABD ve Almanya) için ise bu sonuçlar hangi alanların önceliklendirilmesi gerektiği hususunda da fikirler sunabilir.
- G-LOPCOW ve G-MSD temelli G-RAWEC modeli, karar verici mekanizmalara eksik veya belirsizliğin söz konusu olduğu verilerle dahi ülke ekonomileri için anlamlı ve güvenilir sonuçların alınmasına imkân tanımaktadır.
- Çalışma kapsamında sunulan gri karar modeli sayesinde, ülkeler rakipleri ile kendilerini karşılaştırarak küresel ölçekte rekabetin maksimum düzeylerde yaşandığı ekonomik ortamda sürdürülebilir bir rekabet avantajı elde edebilirler.

Son olarak mevcut araştırmanın yönetsel düzeyde karar vericilere ve çeşitli çıkar gruplarına sağlayacağı çıkarımlar ise aşağıdaki gibidir:

- G8 ülkelerine ilişkin olarak elde edilen makroekonomik performans bulguları, ülkeler açısından Ar-Ge harcamalarının yalnızca teknolojik gelişmeler için değil bununla birlikte, ekonomik anlamda sürdürülebilirlik ve dayanıklılık için de oldukça önemli olduğunu ifade etmektedir.
- Politika yapıcılar ve karar verici otoriteler, geliştirilen gri karar verme modelinden faydalanarak daha kanıta dayalı ve objektif politika araçları geliştirebilirler. Ayrıca, önerilen model kapsamında mevcut ekonomi politikalarının etkinlik düzeyleri de değerlendirilebilir.
- Ülkelerin Ar-Ge yatırımları ile makroekonomik performansı arasındaki pozitif ve güçlü ilişki, sürdürülebilir kalkınma stratejilerinde Ar-Ge bütçelerinin önceliklendirilerek artırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

- Son olarak çalışmadan elde edilen bulgular, ülkelerin ekonomik açıdan başarılarını sadece makro göstergelere dayalı olarak değil, bunun yanı sıra yapısal reformlara ve yatırım stratejilerine bağlı olarak da değerlendirme gerekliliğine işaret etmektedir.

8. Sonuç ve Tartışma

Küresel ölçekteki ekonomik dinamiklerin hızla değiştiği günümüz dünyasında, ülkelerin sürdürülebilir kalkınma stratejilerinde makroekonomik açıdan istikrara kavuşmasında ve sürdürülebilir bir rekabet avantajının elde edilmesinde oldukça önemlidir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, ülkelerin makroekonomik performanslarının sistematik olarak bütüncül bir bakış açısıyla ölçülmesi, ekonomik planlama, politika ya da strateji geliştirme ve kaynak tahsis süreçleri için vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir. Diğer taraftan, ülkeler için teknolojik yenilik ve gelişmelerin temelinde yer alan Ar-Ge faaliyetleri, ekonomik açıdan üretkenlik düzeylerinin maksimum seviyelere çıkarılması ve uzun vadeli ekonomik büyüme için oldukça kritik bir unsur haline gelmiştir. Bu nedenle, Ar-Ge harcamaları ya da diğer bir ifade ile Ar-Ge yatırımlarının ülkelerin makroekonomik performans göstergeleri üzerindeki göreceli etkisinin analiz edilerek değerlendirilmesi, yalnızca akademik alandaki literatür perspektifinden değil bununla birlikte uygulamalı ekonomi politikaları perspektifinden de büyük bir öneme sahiptir. Bu hususlar göz önünde bulundurularak mevcut çalışma kapsamında, ülkelerin makroekonomik performansı ile Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkinin tespit edilmesine yönelik olarak yeni ve özgün bir metodolojik çerçevenin karar vericilere sunulması amaçlanmıştır. Sunulan karar verme modeli, G-LOPCOW, G-MSD ve G-RAWEC prosedürlerinin entegrasyonundan oluşmaktadır. Söz konusu karar modelinin uygulanabilirliğinin ve kullanılabilirliğinin ortaya konulması için, gerçek zamanlı bir vaka analizi gerçekleştirilmiştir. Bu vaka analizi ise, G8 ülkelerinin 2006-2023 dönemi yıllık makroekonomik verilerine odaklanmıştır. Önerilen karar modelinde yer alan G-LOPCOW ve G-MSD prosedürleri, G8 ülkelerinin performansının analiz edilebilmesi amacıyla seçilen performans göstergelerine ilişkin objektif önem ağırlıklarının belirlenmesi sürecinde tercih edilirken; G-RAWEC prosedürü ise, seçilen ülke grubunun başarı durumlarının tespit edilmesi sürecinde tercih edilmiştir.

Sunulan karar gri sistem teorisine dayalı metodolojik çerçevenin uygulama süreci iki aşamalı bir analiz süreci vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinin ilk aşamasında, G-LOPCOW ve G-MSD yaklaşımları kapsamında seçilen performans göstergeleri ağırlıklandırılmıştır. Buna göre, 2006-2023 dönemi için G8 ülkelerinin makroekonomik performansının belirlenmesinde en önemli üç kriter sırasıyla, enflasyon oranı, işsizlik oranı ve ithalatın GSYİH'ye oranı olarak tespit edilmiştir. Diğer taraftan söz konusu ülkelerin makroekonomik performansı üzerinde göreceli etkisi daha az olan üç kriter ise sırasıyla, toplam GSYİH, ihracatın GSYİH'ya oranı ve kişi başına düşen olarak belirlenmiştir.

Dünya GSYİH'sının önemli bir kısmını oluşturan G8 ülkelerinin enflasyon oranlarının makroekonomik performansta kritik rol oynaması, sadece kendi iç istikrarları için değil, aynı zamanda küresel ekonomi için de hayati öneme sahiptir. Çalışmada incelenen 2006-2023 dönemi, 2008 Küresel Finans Krizi, Avrupa Borç Krizi ve COVID-19 pandemisi sonrası küresel tedarik zinciri aksaklıkları ile enerji fiyatlarındaki artışın tetiklediği belirgin enflasyonist baskılarla karakterizedir (IMF, 2023). Bu dönemdeki enflasyonist baskılar, G8 ülkeleri için önem arz etmektedir. Dolayısıyla enflasyon oranının makroekonomik performansın önemli belirleyicilerinden biri olarak tespit edilmesi, ele alınan dönemin ekonomik dinamikleri açısından tutarlıdır. Benzer bir durum işsizlik oranı için de geçerlidir. İşsizlik, hem ekonomik hem de sosyal refah açısından kritik bir göstergedir. 2006-2023 döneminde, 2008 küresel finans krizinin ardından önemli ölçüde işsizlik oranının arttığı görülmektedir. COVID-19 pandemisi de kısa süreli ve sert iş kayıplarına yol açmıştır (OECD, 2010; ILO, 2021). Bu nedenle işsizlik oranının önemli kriterlerden biri olarak saptanması, bu dönemin ekonomik zorluklarına ve iş gücü piyasasının önemine işaret etmektedir. Son olarak en önemli üç kriter arasında tespit edilen gayrisafi yurt içi hasıla içerisindeki ithalatın payı değişkeni de, G8 ülkelerinin küresel ekonomideki konumlarının, uluslararası ticaret politikalarının ve özellikle enerji güvenliği gibi stratejik konuların önemli bir göstergesidir. Ele alınan dönem, bir yandan küreselleşmenin zirve yaptığı, ancak aynı zamanda artan korumacılık eğilimleri ve jeopolitik gerilimlerin de ticaret politikalarını yeniden şekillendirdiği bir süreçtir (IMF,2023). Bu bağlamda, yüksek ithalat bağımlılığı, dış ticaret açıklarının derinleşmesine ve döviz kuru risklerinin artmasına neden olmaktadır.

Öte yandan model içerisinde görece daha az önemli olarak tespit edilen toplam GSYİH, bir ülkenin ekonomik büyüklüğünü gösteren en temel ölçüttür. Ancak G8 ülkeleri dünyanın

en büyük ekonomileri olduğundan, GSYİH'nın kendisinden ziyade, içerisindeki yapısal ve konjonktürel değişikliklerin (işsizlik ve enflasyon gibi) modele yansımış olduğu görülmektedir. GSYİH içerisindeki ihracat payı da, bir ülkenin rekabet gücünü göstermektedir ve güçlü bir ekonomik performans göstergesi olarak da kabul edilmektedir. Ancak, bu çalışmada nispi olarak az etkili bulunması, G8 ekonomilerinin büyük iç pazarlara sahip olmasından ya da ihracatın ekonomik performanstaki dalgalanmalara ithalat kadar hızlı tepki vermemesinden kaynaklanabilir. Örneğin kriz dönemlerinde özellikle talep daralması ve döviz kuru dalgalanmaları gibi iç şokların etkisiyle ithalat hacminde ani düşüşler gözlemlenebilirken, ihracat üzerindeki etkiler daha gecikmeli ve kademeli biçimde ortaya çıkmaktadır (Krugman vd., 2018). Son olarak kişi başına düşen GSYİH değişkeni de toplam GSYİH değişkeni ile paralellik göstermektedir. G8 ülkelerinin tamamı yüksek kişi başı GSYİH'ye sahiptir. Dolayısıyla bu ülkeler için performans değerlendirmesi yaparken, mevcut refah seviyesi yerine bu refahın sürdürülebilirliği ve karşılaşılan enflasyon, işsizlik gibi güncel ekonomik zorluklar daha kritik hale gelmektedir. Çalışmadan elde edilen bu sonuçlar literatürde G7 ve G8 ülkeleri kapsamında CRITIC ve SD yöntemleriyle tespit edilen makroekonomik değişkenlerle uyumludur (Belke, 2020; Telli Üçler, 2024). Öte yandan çalışmanın bulguları Pınar ve Erdoğan (2024) çalışmasındaki bulgular ile makroekonomik değişkenlerin ağırlıklandırılması kapsamında ayrılmaktadır. Söz konusu ayrışmanın temelinde ele alınan dönemler arasındaki yapısal ve ekonomik farklılıkların etkili olduğu düşünülmektedir.

Değerlendirme sürecinin ikinci aşamasında, G-LOPCOW ve G-MSD prosedürleriyle hesaplanmış olan kriter önem ağırlıkları kullanılarak, G-RAWEC prosedürüyle G8 ülkelerinin makroekonomik açıdan başarı skorları ve bu skorlara bağlı başarı sıralamaları elde edilmiştir. RAWEC-G prosedüründen elde edilen karşılaştırmalı sonuçlar, analizler kapsamında incelenen dönemler için makroekonomik açıdan en başarılı üç ülkenin sırasıyla, Japonya, ABD ve Almanya olduğunu göstermektedir. Bunun aksine söz konusu dönem için performansı en düşük olan ülkelerin ise sırasıyla, Rusya, İtalya ve Fransa olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmadan elde edilen bu bulgular literatürde daha önce G7 ve G8 ülkelerinde TOPSIS, MAIRCA ve MABAC yöntemleriyle elde edilen sonuçlarla genel olarak paralellik göstermektedir (Belke, 2020; Baki, 2022; Pınar ve Erdoğan, 2024; Telli Üçler, 2024; Şahin ve Özdemir, 2025).

Çalışmanın amacına uygun bir biçimde bunlara ek olarak, G8 ülkeleri Ar-Ge harcamaları açısından değerlendirildiğinde, Japonya, ABD ve Almanya'nın bu alana en fazla yatırım yapan ülkeler olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın ilgili alana en az yapan ülkeler ise sırasıyla, Rusya, İtalya ve Kanada olarak öne çıkmaktadır. Seçilen ülke grubunun makroekonomik performans sıralamaları ile Ar-Ge harcamaları sıralamaları arasındaki ilişkinin tespit edilmesi amacıyla çalışmanın devamında, Spearman sıra korelasyon testi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda her iki sıra serisi arasında, istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde pozitif ve güçlü bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. G8 ülkelerinde makroekonomik performans (ekonomik büyüme, fiyat istikrarı, istihdam, dış denge) ve Ar-ge harcamaları arasında güçlü bir ilişki bulunması, literatürde inovasyonun ve teknolojik ilerlemenin uzun vadeli ekonomik büyüme ve istikrar üzerindeki kritik rolünü vurgulayan çok sayıda çalışmayla uyumludur (Wang vd., 2013; Özcan ve Arı, 2014; Kılıç vd., 2014; Altıntaş ve Mercan 2015; Erdoğan ve Canbay, 2017). Çalışmada elde edilen Ar-Ge harcamaları ile makroekonomik performans arasındaki güçlü korelasyon, iktisadi büyüme ve fiyat istikrarı literatüründe yer alan temel yaklaşımlar doğrultusunda açıklanabilir. Ar-Ge yatırımları, teknolojik yeniliklerin ve ürün çeşitliliğinin temel belirleyicisi olarak üretim süreçlerinde yapısal dönüşümü desteklemektedir. Bu süreç, toplam faktör verimliliğinde artışa yol açarak ekonominin potansiyel üretim düzeyini yükseltmektedir (Hall ve Jones, 1999; Rouvinen, 2002). Verimlilik artışına dayalı bu yapı, bir taraftan birim üretim maliyetlerini azaltarak fiyatlar genel düzeyi üzerindeki baskıları sınırlamakta, diğer taraftan ise arz yönlü bir büyüme sürecini desteklemektedir. Bu çerçevede Ar-Ge harcamaları, kısa vadeli talep etkilerinin ötesinde, uzun dönemde hem sürdürülebilir büyüme hem de fiyat istikrarı açısından belirleyici bir rol üstlenmektedir (Romer, 1990). Nitekim Japonya, ABD ve Almanya gibi Ar-Ge yoğun ülkelerin makroekonomik performans sıralamasında üst sıralarda yer alması, bu iktisadi çerçeve ile tutarlı bir görünüm sergilemektedir.

G8 ülkelerinde uygulanan Ar-Ge teşvik politikaları, makroekonomik istikrarın sağlanmasında önemli bir politika aracı olarak öne çıkmaktadır. Özellikle vergi teşvikleri, doğrudan kamu Ar-Ge harcamaları ve özel sektör Ar-Ge faaliyetlerini destekleyen sübvansiyonlar, üretim yapısının teknoloji yoğun bir nitelik kazanmasına katkı sağlamaktadır. Bu tür politikalar, verimlilik artışına dayalı bir büyüme süreci yaratarak maliyet kaynaklı enflasyon baskılarını sınırlamakta ve makroekonomik dalgalanmaların etkisini azaltmaktadır. Japonya, Almanya

ve ABD örnekleri, Ar-Ge teşviklerinin uzun dönemde büyüme ile fiyat istikrarı arasındaki dengeyi güçlendirdiğini göstermektedir.

Çalışmada önerilen gri temelli LOPCOW-MSD-RAWEC modelinin karar vericiler açısından kullanılabilirliği ve güvenilebilirliği son aşamada çeşitli duyarlılık ve karşılaştırma analizler vasıtasıyla değerlendirilmiştir. Bu bağlamda iki farklı karşılaştırma analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerden ilki, G-LOPCOW ve G-MSD yaklaşımlarına göre hesaplanan nihai kriter ağırlıklarında meydana gelen değişimlerin nihai başarı sıralamaları üzerinde nasıl bir farklılaşmaya sebep olacağına odaklanırken; ikincisi, G-RAWEC modelinden elde edilen sıralama sonuçlarının farklı gri karar verme prosedürlerinden elde edilen sıralama sonuçlarıyla olan ilişkisine odaklanmaktadır. Gerçekleştirilen her iki karşılaştırma analizi sonuçlarına göre, sunulan gri kavramsal çerçeve maksimum düzeyde sağlam ve güvenilir sonuçlar ortaya koymaktadır.

G8 ülkelerinde Ar-Ge teşvik politikaları, makroekonomik istikrarın temel bileşenleri olan fiyat istikrarı ve tam istihdam hedeflerine ulaşmada merkezi bir stratejik enstrüman işlevi görmektedir. Analiz sonuçlarında yüksek performans sergileyen Japonya ve ABD gibi ülkelerin başarısı, bu teşviklerin ekonomik mekanizmalarla doğru ilişkilendirilmesine dayanmaktadır. Örneğin Japonya’da uygulanan 'Ar-Ge Vergi İndirimi' (R&D Tax Credit) sistemi, firmaların teknoloji geliştirme maliyetlerini sübvans ederek toplam faktör verimliliğini artırmakta, bu da üretim maliyetlerini düşürerek fiyat istikrarına (enflasyonun kontrolüne) katkı sağlamaktadır (OECD, 2023). Benzer şekilde, ABD’de SBIR (Small Business Innovation Research) hibe programları, yüksek teknoloji girişimlerin ölçeklenmesini sağlayarak iş gücü piyasasında katma değerli yeni iş alanları yaratmakta ve böylece işsizlik oranlarının yapısal olarak düşürülmesine zemin hazırlamaktadır (Lerner, 1999). Almanya’nın 'High-Tech Strategy 2025' vizyonu ise dijitalleşme ve enerji verimliliği odaklı Ar-Ge yatırımlarını teşvik ederek, dış ticaret dengesini teknoloji yoğun ihracatla korumayı ve makroekonomik kırılganlıkları azaltmayı hedeflemektedir (Federal Ministry of Education and Research, 2021). Bu somut uygulamalar göstermektedir ki; Ar-Ge harcamaları sadece bir büyüme motoru değil, aynı zamanda verimlilik artışı kanalıyla maliyetleri düşüren ve istihdam yapısını güçlendiren çok boyutlu bir makroekonomik istikrar aracıdır. Bu nedenle, performans sıralamasında geride kalan ülkelerin, Ar-Ge teşviklerini sadece bütçe kalemi olarak değil, bu tür spesifik mekanizmalar üzerinden kurgulamaları kritik öneme sahiptir.

Diğer tüm çalışmalarda olduğu gibi bu çalışma da birtakım sınırlılıklar barındırmaktadır. Bu bağlamda ilk olarak, yalnızca G8 ülkelerini kapsayan bir örneklemden faydalanılmış olması bir kısıt olarak değerlendirilebilir. Bu durum elde edilen bulguların, diğer ülke ya da ülke grupları için sonuçların genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Analiz sürecinin 2006-2023 yılına ilişkin yıllık ortalama verilere dayalı olarak gerçekleştirilmesi de ikinci bir kısıt olarak ifade edilebilir. Bu durum, söz konusu zaman serisi içerisinde meydana gelen dinamik değişimlerin göz ardı edilmesine neden olmuştur. Mevcut çalışmanın sadece G-LOPCOW, G-MSD ve G-RAWEC algoritmalarına bağlı olarak gerçekleştirilmiş olması üçüncü bir sınırlılık olarak değerlendirilebilir. Önerilen karar modeli her ne kadar güçlü ağırlıklandırma ve sıralama sonuçları üretmiş olsa da farklı model (bulanık küme teorileri, subjektif ağırlıklandırma yaklaşımları ya da bu yaklaşımların birlikte kullanılması vb.) kombinasyonlarının uygulamalar kapsamında tercih edilmesi sıralama sonuçlarını etkileyebilir. Dolayısıyla gelecekte gerçekleştirilecek olan ampirik araştırmalarda, farklı ülke gruplarının (OECD, AB ülkeleri, gelişmekte olan ülkeler vb.) analizler kapsamında incelenmesi ve dönemsel dinamiklerin göz önünde bulundurulması önerilebilir. Son olarak, makroekonomik performansın alt boyutlarından olan örneğin; sosyal kalkınma, sürdürülebilirlik, kurumsal yapı vb. boyutları içeren veri setlerinin kullanılması da mevcut literatüre katkılar sağlayabilir.

Kaynakça

- AKBULUT, Osman Y.; (2024), “Assessing The Environmental Sustainability Performance of The Banking Sector: A Novel Integrated Grey Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Approach”, *International Journal of Knowledge and Innovation Studies*, 2(4), ss. 239-258.
- AKBULUT, Osman Y.; (2025), “İnsani Gelişim Endeksi ile Makroekonomik Performans arasındaki İlişkinin Hibrit Bir Karar Verme Modeliyle İncelenmesi”, *Makro Ekonomik Zihin Teori, Politika, Dinamikler içinde Özgür yayınları*, ss.67-86.
- AL, İbrahim, & Selim K. DEMİREL; (2022), “Türkiye’nin Makroekonomik Performansının TOPSIS Yöntemiyle Değerlendirilmesi: 2002-2019 Dönemi”, *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty*, 9(1), ss. 202-222.
- ALTINTAŞ, Halil ve Mehmet MERCAN; (2015), “Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: OECD Ülkeleri Üzerine Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Panel Eşbütünlüşme Analizi”, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 70(2), ss.345-376.
- APAN, Mehmet ve Ramazan TİYEK; (2023), “Makroekonomik Performans ve Entegre CRITIC Tabanlı MABAC Karar Verme Yaklaşımı: Türkiye Ekonomisinin 2008-2021 Dönem Verisinden Kanıtlar”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 14(100. Yıl Özel Sayısı), ss. 44-65.
- ARSU, Talip; (2022), Assesment of Macroeconomic Performances and Human Development Levels BRICS and MINT Countries using CRITIC and COPRAS Methods, *Pacific Business Review*, 14(10), ss. 1-19.
- AVCI, Tahsin, DURMAZ, YEŞİLYAYLA, Hamid ve Serkan DURMAZ; (2022), “Covid-19 Sürecinde Türk Cumhuriyetlerinin Makroekonomik Performanslarının ENTROPİ Tabanlı TOPSIS Yöntemiyle Analizi”, *Eğitim Yayınevi*, ISBN: 978-625-8223-22-4.
- BAI, Chunguang ve Joseph SARKIS; (2010), “Integrating Sustainability into Supplier Selection with Grey System and Rough Set Methodologies”, *International Journal of Production Economics*, 124(1), ss.252-264.
- BAKİ, Rahmi; (2022), “G7 Ülkelerinin Covid-19 Öncesi ve Sonrası Makroekonomik Performanslarının Kıyaslanması”, *Güncel Ekonomik Tartışmalar içerisinde* ss. 1-15.
- BAYDAŞ, Mahmut, YILMAZ, Mustafa, JOVIC, Zeljko, STEVIC, Zeljko, ÖZÇİL, ABDULLAH, ÖZUYAR, Sevilay E.G. ve ÖZÇİL Abdullah; (2024), “A Comprehensive

MCDM Assessment for Economic Data: Success Analysis of Maximum Normalization, CODAS, and Fuzzy Approaches”, *Financial Innovation*, 10(1), 105.

BEKTAŞ, Selahattin ve Ogün BAYKUŞ; (2024), “CRITIC-AROMAN Yöntemleri ile Makro Göstergeler Işığında MINT Ülkelerinin Makroekonomik Performansının Değerlendirilmesi: 2020-2023 Dönemi Analizi”, *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 669, ss. 29-51.

BELKE Murat; (2020), “CRITIC ve MAIRCA Yöntemleriyle G7 Ülkelerinin Makroekonomik Performansının Değerlendirilmesi”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 19, Temmuz 2020 (Özel Ek), ss. 120-139.

BİROL Yunus E.; (2024), “Türkiye’nin 2000–2023 Dönemi Makroekonomik Performansının Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı ile Analizi”, *Journal of Academic Opinion*, 4(2), ss. 85-93.

BLANCHARD, Olivier ve David R. JOHNSON; (2013), *Macroeconomics* (6th ed.), Pearson.

CHATTOPADHYAY, Somnath ve Suchismita BOSE; (2022), “Monthly Composite Macroeconomic Performance Score Based Country Rankings Assessing Early Effects of The COVID-19 Pandemic”, *Journal of Insurance and Financial Management*, 5(5), ss. 33-58.

COE, David T. ve Elhanan HELPMAN; (1995), “International R&D Spillovers”, *European Economic Review*, 39 (5), ss. 859-887.

COŞKUN, Artuğ E.; (2022), “BRICS-T Ekonomilerinin Makroekonomik Performanslarının Değerlendirilmesi: Entropi Tabanlı WASPAS Yaklaşımı”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(45), ss. 1320-1340.

DEMİR, Erdal; (2025), “An Innovative Decision Support Model for the Financial Performance Assessment: A Study of BIST Cement Firms”, *Knowledge and Decision Systems with Applications*, 1, ss. 125-144.

DETLİ, Gül; (2025), “Türkiye’nin Makroekonomik Performansının Bütünleşik Bir Karar Verme Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi: 2007-2023 Dönemi”, *Makro ekonomik zihin teorisi, politika, dinamikler içinde Özgür yayınları*, ss. 25-49.

DIAKOULAKI, Danae, MAVROTAS, Georges ve Lefteris PAPAYANNAKIS; (1995), “Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The critic method”, *Computers & Operations Research*, 22(7), ss. 763–770.

- DOĞAN, Hatice; (2022), “Türkiye’nin Makroekonomik Performansının 2010-2020 Yılları için CRITIC Temelli ARAS Yöntemi ile Değerlendirilmesi”, Akademik Sosyal Araştırmalar, Sayı: 19, ss.189-202.
- DURMUŞ, Zeynep; (2025), “Assessment of Renewable Energy Performance in Turkey Using a Novel Integrated MSD-CRITIC-RAWEC Model”, Journal of Operational and Strategic Analytics, 3(1), ss. 49-64.
- ECER, Fatih ve Dragan PAMUCAR; (2022), “A Novel LOPCOW-DOBI Multi-Criteria Sustainability Performance Assessment Methodology: An Application in Developing Country Banking Sector”, Omega, 112, 102690.
- ELA, Mehmet ve Halenur S. KURT; (2019), “Comparison of Macroeconomic Performances of Sub-Saharan African Countries with TOPSIS Method”, Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi, 10(3), ss. 547-555.
- ERDOĞAN, Seyfettin ve Şerif CANBAY; (2017), “Araştırma ve Geliştirme (AR-GE) Harcamalarının Makroekonomik Performans Üzerindeki Etkisi”, International Congress of Management Economy and Policy Proceedings Book, 20-21 Mayıs 2017, İstanbul.
- ESANGBEDO, Moses O. ve Mingcheng TANG; (2023), “Evaluation of Enterprise Decarbonization Scheme Based on Grey-MEREC-MAIRCA Hybrid MCDM Method”, Systems, 11(8), 397.
- EYÜBOĞLU, Kemal; (2017), “Türk Dünyasında Yer Alan Ülkelerin Makro Performanslarının Karşılaştırılması”, Bilig, Sayı: 83, ss. 331-350.
- FEDERAL MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH; (2021), “Federal Government Report on the High-Tech Strategy 2025”, Erişim Tarihi: 12.02.2026.
- FISCHER, Stanley; (1993), “The Role of Macroeconomic Factors in Growth”, Journal of Monetary Economics, 32(3), ss.485–512.
- HALL, Robert E. ve Charles I. JONES; (1999), “Why Do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker Than Others?”, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 114, ss. 83-116.
- ILO (2021), ILO Monitor: Covid-19 and the World of work, 7th ed. <https://www.ilo.org/resource/brief/ilo-monitor-covid-19-and-world-work-7th-edition>
- IMF (2023), Globalization’s Peak, 60(2), <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2023/06/PT-globalization-peak-Stanley>.
- IŞIK, Özcan, ZOLFANI, Sarfaraz H., SHABIR, Mohsin ve Jonas ŠAPARAUSKAS; (2025),

- A Grey-Based Hybrid Decision Support Framework For Assessing The Environmental, Social, And Governance (esg) Sustainable Performance: A Case Study Of Bist-Listed Banks. *Technological and Economic Development of Economy*, 31(4), ss. 1-29.
- IŞIK, Özcan, SHABIR, Mohsin ve Murat BELKE; (2023), “Is There a Causal Relationship Between Financial Performance and Premium Production? Evidence from Turkish Insurance Industry”, *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty*, 10(2), ss. 1388-1412.
- IŞIK, Özcan, SHABIR, Mohsin ve Sarbast MOSLEM; (2024), “A Hybrid MCDM Framework For Assessing Urban Competitiveness: A Case Study of European Cities”, *Socio-Economic Planning Sciences*, 96, 102109.
- KAHREMAN, Yusuf; (2023), “G20 Ülkelerinin Ekonomik Performanslarının 2008 Krizi Döneminde LOPCOW ve COCOSO Yöntemi ile Değerlendirilmesi”, *İzmir İktisat Dergisi*, 38(3), ss. 786-803.
- KAHREMAN, Yusuf; (2024), “D8 Ülkelerinin Ekonomik Performanslarının CRITIC/LOPCOW-CoCoSo Modeli ile Değerlendirilmesi”, *Anadolu University Journal of economics and Administrative Sciences*, 25(1), ss. 534-559.
- KAYA, Harun, BELKE, Murat ve Muhammet B. KILIÇ; (2024), “Bütünleşik bir karar verme yaklaşımına dayalı çok boyutlu makroekonomik performans ölçümü: Türkiye ekonomisi örneği”, *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), ss. 168-186.
- KILIÇ Cüneyt, BAYAR, Yılmaz ve Halil ÖZEKİCİOĞLU; (2014), “Araştırma Geliştirme Harcamalarının Yüksek Teknoloji Ürün İhracatı Üzerindeki Etkisi: G-8 Ülkeleri İçin Bir Panel Veri Analizi”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Sayı: 44.
- KOŞAROĞLU, Şerife M.; (2021), “E7 Ülkelerinin Makroekonomik Performanslarının ENTROPİ ve ARAS Yöntemleriyle Karşılaştırılması”, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (68), ss. 203-221.
- KOŞAROĞLU, Şerife M.; (2022), “İşsizlik, Gelir, Nüfus ve Suç Düzeyi Arasındaki İlişkinin Türkiye İçin Analizi”, in *Journal of Social Policy Conferences*, 82, ss. 35-52.
- KRUGMAN, Paul R., OBSTFELD, Maurice ve Marc J. Melitz; (2018), *International Economics: Theory and Policy* (11th ed.), Pearson.
- LERNER, Josh; (1999), “The Government as Venture Capitalist: The Long-Run Impact of the SBIR Program”, *The Journal of Business*, Vol. 72, No. 3, ss. 285-318.

- LIU, Sifeng, FANG, Zhigeng, YANG, Yingş ve Jeffrey FORREST; (2012), “General grey numbers and their operations. *Grey Systems: Theory and Application*”, 2(3), ss.341-349.
- LOVELL, C.A. Knox, PASTOR, Jesus T. Ve Judi A. TURNER; (1995), “Measuring Macroeconomic Performance in The OECD: A Comparison of European and Non-European Countries”, *European Journal of Operational Research*, 87(3), ss. 507-518.
- MACİT, Nazife A.; (2023), “Evaluation of The Macroeconomic Performance of Selected European and Central Asian Countries by CILOS Based AROMAN Method”, *Eurasian Business & Economics Journal*, 34, ss.31- 48.
- OECD (2010), *OECD Employment Outlook 2010: Moving Beyond the jobs crisis*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2010/07/oecd-employment-outlook-2010_g1ghce03/empl_outlook-2010-en.pdf
- OECD (2015), *OECD Economic Outlook Volume 2015 Issue 1*, https://www.oecd.org/en/publications/oecd-economic-outlook-volume-2015-issue-1_eco_outlook-v2015-1-en.html.
- OECD (2023), *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023 Enabling Transitions in Times of Disruption*, https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/03/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2023_fb6e6c20/0b55736e-en.pdf.
- ÖZCAN, Burcu, ve Ayşe ARI; (2014), “Araştırma-Geliştirme Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi”, *Maliye Dergisi*, Sayı: 166.
- PINAR, Abdülbaki; (2024), “Kırılgan Beşli Ülkelerinin Ekonomik Performanslarının CRITIC ve TOPSIS Yöntemleri ile Ölçülmesi (2010-2022)”, *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 26(46), ss. 365-380.
- PINAR, Abdülbaki ve Savaş ERDOĞAN; (2024), “G7 Ülkelerinin Makroekonomik Performansının CRITIC-TOPSIS Yöntemi ile Ölçülmesi (2018-2022)”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 27(2), ss. 657-672.
- PODVEZKO, Valentinas; (2011), “The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS”, *Engineering Economics*, 22(2), ss. 134-146.
- PUŠKA, Adis, NEDELJKOVIĆ, Miroslav, ŠARKOČEVIĆ, Živce, GOLUBOVIĆ, Zoran, RISTIĆ, Vladica ve Ilija STOJANOVIĆ; (2022), “Evaluation of Agricultural Machinery Using Multi-Criteria Analysis Methods”, *Sustainability*, 14(14), 8675.
- PUŠKA, Adis, ŠTILIĆ, Anđelka, PAMUČAR, Dragan, BOŽANIĆ, Darko ve Miroslav NEDELJKOVIĆ; (2024), “Introducing a Novel Multi-Criteria Ranking of Alternatives with Weights of Criterion (RAWEC) Model”, *MethodsX*, 102628.
- ROMER, Paul M.; (1990), “Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No.5, Part 2, ss. 71-102.

- ROUVINEN, Petri; (2002); “R&D- Productivity Dynamics: Causality, Lags, And “Dry Holes””, Journal of Applied Economics, Vol. V, No: 1, ss.123-156.
- ŞAHİN URFALIOĞLU, Şeyda ve Ali ÖZDEMİR; (2025), “G8 Ülkelerinin Makroekonomik Performanslarının CRITIC ve CRADIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Değerlendirilmesi”, Yönetim Bilimleri Dergisi, Cilt: 23, Sayı: 55, ss. 382-405.
- SAMUT KAYA, Pınar; (2024), “Türkiye Cumhuriyeti’nin 100 Yılına Ekonomik Değerlendirmesi ve Çok Kriterli Karar Verme ile Ekonomik Performans Analizi”, Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi, 11(2), ss. 265-286.
- SEVGİN, Hakan ve Nilsen KUNDAKÇI; (2017), “TOPSIS ve MOORA Yöntemleri ile Avrupa Birliği’ne Üye Olan Ülkelerin ve Türkiye’nin Ekonomik Göstergelere Göre Sıralaması”, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 17(3), ss. 87-108.
- SHAH, Imran Hussain, KOLLYDAS, Konstantinos, LEE, Pak Yee, MALKI, Issam ve Crystal CHU; (2022), “Does R&D Investment Drive Employment Growth? Empirical Evidence at Industry Level from Japan”, International Journal of Finance & Economics, 29(1), ss. 102-118.
- STIGLITZ, Joseph E., SEN, Amartya, ve Jean-Paul FITOUSSI; (2009), “Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress”, <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/8131721/8131772/Stiglitz-Sen-Fitoussi-Commission-report.pdf>.
- TÜRKİYE CUMHURİYETİ DIŞİŞLERİ BAKANLIĞI, “G-8 Grubu ve “Heiligendamm Süreci””, https://www.mfa.gov.tr/g-8-grubu-ve-heiligendamm-sureci_tr.mfa, Erişim Tarihi: 12.02.2026.
- TEKMAN, Nazlı ve Muhammed ORDU; (2025), “The Rise and Fall of Regions: A Hybrid Multi-Criteria Analysis of Türkiye’s Regional Economies”, Sustainability, 17(11), 5222.
- TELLİ ÜÇLER, Yasemin; (2024), “Comparison of G7 Countries Macroeconomic Performance with SD and MABAC Methods”, Politik Ekonomik Kuram, 8(1), ss.243-255.
- TORKAYESH, Ali E., ZOLFANI, Hashemkhani S., KAHVAND, Meghdad ve Payam KHAZAELPOUR; (2021), “Landfill Location Selection for Healthcare Waste of Urban Areas Using Hybrid BWM-Grey MARCOS Model Based on GIS”, Sustainable Cities and Society, 67, 102712.
- ÜLKÜ, Hülya; (2004), “R&D, Innovation and Economic Growth: An Empirical Analysis (IMF Working Paper No. 04/185). International Monetary Fund.

- ULUTAŞ, Alptekin, TOPAL, Ayşe, GÖRÇÜN, Ömer Faruk ve Fatih ECER; (2024), “Evaluation of Third-Party Logistics Service Providers for Car Manufacturing Firms Using A Novel Integrated Grey LOPCOW-PSI-MACONT Model”, *Expert Systems with Applications*, 241, 122680.
- ULUTAŞ, Alptekin, TOPAL, Ayşe, KARABASEVIC, Darjan, ZAVADSKAS, Edmundas K., DEMİRBAŞ, Muzaffer ve Salim ÜRE; (2025), “A Novel Grey MCDM Model Assessing Macroeconomic Performance of G7 Countries”, *The Journal of Grey System* 37(3), ss. 61-72.
- WANG, Chia-Nan ve Anh L. LE; (2018), “Measuring the Macroeconomic Performance Among Developed Countries and Asian Developing Countries: Past, Present, and Future”, *Sustainability*, 10(10), 3664.
- WANG, David Han-Min, YU, Tiffany Hui-Kuang, ve Hong-Quan LIU; (2013), "Heterogeneous Effect of High-Tech Industrial R&D Spending on Economic Growth", *Journal of Business Research*, 66 (10).
- WORLD POPULATION REVIEW, <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/g8-countries>, Erişim Tarihi: 12.02.2026.
- YALMAN NOYAN, İlkay, KOŞAROĞLU, Şerife M. ve Özcan IŞIK; (2023), “2000-2020 Döneminde Türkiye Ekonomisinin Makroekonomik Performansının MEREC-LOPCOW-MARCOS Modeliyle Değerlendirilmesi”, *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 60(664), ss. 57-86.
- ZAVADSKAS, Edmundas K., KAKLAUSKAS, Arturas, TURSKIS, Zenonas ve Jolanta TAMOSAITIENE; (2008), “Selection of The Effective Dwelling House Walls by Applying Attributes Values Determined at Intervals”, *Journal Of Civil Engineering And Management*, 14(2), ss. 85-93.
- ZAVADSKAS, Edmundas, TURSKIS, Zeononas ve Jurgita ANTUCHEVICIENE; (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), ss. 141-150.
- ZHANG, Xianqi, WANG, Chenbo, LI Enkuan ve Xu Cundong; (2014), “Assessment Model of Ecoenvironmental Vulnerability Based on Improved Entropy Weight Method”, *The Scientific World Journal*, 2014(1), 797814.