

**NİCEL KARAR YÖNTEMLERİ
ALANINDA BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR**

Editör: Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN

yaz
yayınları

Nicel Karar Yöntemleri Alanında Bilimsel Araştırmalar

Editör

Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN

yaz
yayınları

2026

Nicel Karar Yöntemleri Alanında Bilimsel Araştırmalar

Editör: Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-8996-10-4

Mart 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

- ESG Performansının Yatırım Getirileri Üzerindeki Etkisi: BIST 30 Şirketleri Üzerine Bir İnceleme.....1**
Murat GÜNDÜZ, Meral GÜNDÜZ
- Küresel Deniz Taşımacılığında Lider Ülkelerin Performansının Merc-Aras Yaklaşımıyla Analizi.....25**
Hasan Emin GÜRLER
- Analyzing Changes in the Consumer Confidence Index Using Ensemble Learning Algorithms.....45**
Enes FİLİZ
- Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımıyla Enerji Trilemması: BRICS+ ve Türkiye Üzerine Dört Senaryolu COCOSO Uygulaması.....66**
Hüseyin KOÇAK

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

ESG PERFORMANSININ YATIRIM GETİRİLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: BIST 30 ŞİRKETLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Murat GÜNDÜZ¹

Meral GÜNDÜZ²

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir kalkınma konusundaki artan küresel farkındalık, finansal piyasalarda yatırım kararlarının yalnızca ekonomik getirilere değil, aynı zamanda çevresel, sosyal ve yönetim (ESG) unsurlarına dayalı olarak şekillenmesine yol açmıştır. Bu bağlamda ESG yatırımı, sürdürülebilir kalkınma anlayışının finansal piyasalara yansıyan temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir (Bennani vd., 2018: 4). Günümüzde kurumsal sürdürülebilirlik, şirket stratejilerinin ayrılmaz bir parçası olarak görülmekte; firmalar sorumlu uygulamaların rekabet avantajı yaratabildiğini fark ederken, yatırımcılar da sürdürülebilirlik stratejilerinin daha iyi risk ayarlı getiriler sağlayabileceğine yönelik artan bir biçimde “değer” odaklı bir yaklaşım benimsemektedir (Jain vd., 2019: 1).

Sürdürülebilirlik endeksleri, geleneksel piyasa endekslerinden farklı olarak şirketlerin yalnızca finansal performansını değil, aynı zamanda ekonomik, çevresel ve sosyal kriterler çerçevesinde gösterdikleri performansı da dikkate almaktadır. Bu endeksler, analistlere ve yatırımcılara firmaların

¹ Uşak Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, ORCID: 0000-0003-0006-8796.

² Uşak Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Muhasebe ve Finans Yönetimi Bölümü, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9255-091X.

sürdürülebilirlik performansını izleme imkânı sunmakta; yalnızca söz konusu kriterlerde emsallerine kıyasla üstün performans sergileyen şirketler sürdürülebilirlik endekslerine dâhil edilerek sektörlerinin sürdürülebilirlik liderleri olarak sınıflandırılmaktadır (Jain vd., 2019: 1). Bu gelişme, ESG performansının yatırım kararlarında tamamlayıcı bir bilgi kaynağı olarak önemini artırmıştır.

Akademik literatürde ESG performansı ile finansal performans arasındaki ilişki giderek daha fazla ilgi görmektedir. ESG performansı çoğu zaman “finansal olmayan performans” olarak adlandırılrsa da bu alandaki çalışmalar ESG ile finansal performans arasında olumlu bir ilişki bulunduğuna dair artan kanıtlar sunmaktadır (Verheyden, 2016: 47). Bu doğrultuda birçok yatırımcı, şirketlerin ESG çabalarını uzun vadeli büyüme potansiyelinin bir göstergesi olarak değerlendirmekte; bu algı ESG yatırımlarının finansal getiriler açısından önemli ölçüde büyümesine katkı sağlamaktadır. ESG yaklaşımı, çevresel, sosyal ve yönetim olmak üzere üç temel boyutu bütünleştirerek, geleneksel yatırımlardan farklı olarak şirketlerin finansal olmayan bilgilerinin yatırım karar süreçlerine dâhil etmeyi amaçlamaktadır (Nakajima, 2021: 1).

Bununla birlikte, ESG puanları ve derecelendirmelerine yönelik eleştiriler de mevcuttur. ESG puanlarının genellikle ileriye dönük bir risk değerlendirmesi sunmadığı; daha çok şirketlerin mevcut ESG tutumlarını ve bu faktörleri ne ölçüde “erdemli” biçimde yönettiklerini ölçtüğü belirtilmektedir (La Torre vd., 2020: 2). Buna rağmen, son yıllarda hem yatırımcıların hem de düzenleyicilerin sosyal sorumluluk sahibi yatırımlara ve etki finansmanına olan ilgisinin artması, ESG faktörlerinin yatırım kararlarındaki ağırlığını önemli ölçüde artırmıştır (La Torre vd., 2020: 2). Akademik bulgular, kurumsal mali getirilerin çevresel ve sosyal etkilerden bağımsız değerlendirilemeyeceğini ve ESG faktörlerinin hissedar değeri yaratma veya aşındırma

sürecinde kritik bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla ESG faktörlerinin yatırım süreçlerine dâhil edilmesi, daha bilinçli ve gelişmiş yatırım kararlarının alınmasına katkı sağlamaktadır (Chelawat ve Trivedi, 2015: 101).

Sürdürülebilirlik kavramının teorik temeli, Brundtland Raporu'nda sürdürülebilirliğin “gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılamak” şeklinde tanımlanmasına dayanmaktadır (Phillips, 2024: 17905). Bu yaklaşımın finansal alandaki yansıması olan sürdürülebilir finans, çevresel, sosyal ve yönetim kriterlerini iş ve finansal karar alma süreçlerine entegre etmeyi amaçlamaktadır. ESG; iklim değişikliği, atık yönetimi, insan hakları, iş sağlığı ve güvenliği, yönetici ücretlendirmesi ve yönetim kurulu hesap verebilirliği gibi geniş bir alanı kapsamakta; sürdürülebilir finans ise çevreye ve topluma fayda sağlayan projelere sermaye yönlendirilmesinde kilit bir rol üstlenmektedir. (Chang vd., 2022: 326).

ESG yatırımı oldukça geniş bir alan olup, farklı yatırım hedeflerine dayanan çeşitli yaklaşımlar içermektedir. Genel olarak ESG yatırımları; portföyün risk–getiri özelliklerini iyileştirmeyi amaçlayan ESG entegrasyonu, yatırımcıların norm ve değerleriyle uyumlu portföy oluşturmayı hedefleyen değer temelli yatırım ve sosyal veya çevresel değişimi tetiklemeyi amaçlayan etki yatırımı olmak üzere üç ana grupta ele alınmaktadır (Kulalı, 2022:790). Bu çalışma, ESG'nin portföy yönetiminde finansal hedeflere ulaşmak için bir araç olarak kullanıldığı ESG entegrasyonu yaklaşımına odaklanmaktadır.

Bu çerçevede yatırım performansının ölçülmesinde en yaygın kullanılan göstergelerden biri Yatırım Getirisi (Return on Investment – ROI)'dir. ROI, kâr ile bu kârı yaratan yatırım arasındaki ilişkiyi ölçerek yönetimin varlıkları ne ölçüde etkin kullandığını ortaya koymaktadır. Yatırılan sermayenin alternatif

kullanım alanlarının karşılaştırılmasına imkân tanıyan ROI, yönetim performansının değerlendirilmesinde temel bir araç olarak kabul edilmektedir (Friedlob ve Plewa, 1996: 6). ROI'nin pozitif veya negatif olması yatırımın kârlılığını doğrudan yansıtmakta; risklerin eşit olduğu durumlarda daha yüksek ROI'ye sahip projeler tercih edilmektedir (Zamfir ve Ionescu, 2016: 81). Bu yönüyle ROI, hisse değeri yaratımının temel göstergelerinden biri olarak öne çıkmaktadır (Ichsani ve Suhardi, 2015: 897).

Son dönemde literatür, ESG performansı ile ROI arasındaki ilişkinin giderek daha belirgin hâle geldiğini göstermektedir. Güçlü ESG performansı, çalışan devir hızının azalması, itibar risklerinin yönetilmesi, iş güvenliği maliyetlerinin düşmesi ve operasyonel verimliliğin artması yoluyla yatırım getirisini olumlu yönde etkileyebilmektedir. Ayrıca ESG girişimleri, organik ürün geliştirme veya enerji verimliliğini artıran teknolojik yenilikler gibi kanallar aracılığıyla doğrudan gelir yaratma potansiyeline de sahiptir (Cesarone vd., 2022: 2). Bu doğrultuda ESG'nin yalnızca etik veya sosyal bir tercih değil, aynı zamanda toplam yatırım getirisi üzerinde etkili bir finansal strateji olduğu giderek daha fazla kabul görmektedir.

Bu çalışma, çevresel, sosyal ve yönetim (ESG) kriterleri ile toplam yatırım getirisi arasındaki ilişkiyi, yatırım performansının etkinliğini doğrudan yansıtan Yatırım Getirisi (ROI) göstergesi üzerinden ele alarak sürdürülebilir finans literatürüne özgün bir katkı sunmaktadır. Mevcut çalışmaların önemli bir bölümü ESG–finansal performans ilişkisini hisse senedi getirileri, firma değeri veya risk ayarlı portföy performansı çerçevesinde incelerken, ESG performansının toplam yatırımdan elde edilen getiri üzerindeki etkisini ROI perspektifinden değerlendiren ampirik çalışmalar sınırlıdır.

Çalışmanın bir diğer özgün yönü, ESG'yi yalnızca etik ya da finansal olmayan bir tercih olarak değil, maliyetler, risk yönetimi ve değer yaratım kanalları aracılığıyla yatırım etkinliğini etkileyen stratejik bir unsur olarak ele almasıdır. Bu bağlamda ESG uygulamalarının yatırım getirisine hangi mekanizmalar üzerinden yansıdığı bütüncül bir çerçevede değerlendirilmektedir.

Son olarak, ESG entegrasyonunu portföy yönetiminde finansal hedeflere ulaşmaya yönelik bir araç olarak konumlandırılan bu çalışma, ESG-ROI ilişkisini sistematik biçimde analiz ederek literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı ve yatırımcılar ile politika yapıcılar için uygulamaya dönük çıkarımlar sunmayı amaçlamaktadır.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde araştırmanın amacı ve kapsamı ortaya konulmakta, kullanılan metodoloji tanımlanmakta ve ESG ile ROI arasındaki ilişki teorik bir çerçevede ele alınmaktadır. İkinci bölümde konuya ilişkin literatür sistematik bir biçimde incelenmektedir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan veri seti ve yöntem ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde ampirik analiz sonuçları ve elde edilen bulgular sunulmaktadır. Sonuç bölümünde ise bulgular değerlendirilmekte ve çalışmadan elde edilen çıkarımlar doğrultusunda politika önerilerine yer verilmektedir.

2. LİTERATÜR TARAMA

Son yıllarda çevresel, sosyal ve yönetim (ESG) kriterlerinin finansal performans ve yatırım getirileri üzerindeki etkisi, sürdürülebilir finans literatürünün temel tartışma alanlarından biri hâline gelmiştir. Bu ilişki, başta Paydaş Teorisi ve Sinyal Teorisi olmak üzere çeşitli teorik çerçevelerle açıklanmaktadır. Paydaş Teorisi, yüksek ESG performansının şirketlerin tüm paydaşlarıyla daha güçlü ve sürdürülebilir ilişkiler

kurmasını sağlayarak uzun vadeli değer yaratımını desteklediğini ileri sürerken (Karakulle, 2025: 810); Sinyal Teorisi, ESG performansının şirketlerin gelecekteki risk profili ve büyüme potansiyeline ilişkin piyasalara önemli bir sinyal sunduğunu savunmaktadır (Yıkılmaz, 2022: 874). Bu teorik yaklaşımlar doğrultusunda, akademik çalışmalar ESG entegrasyonunun yatırım performansını artırıp artırmadığı, risk–getiri dengesi üzerindeki etkileri ve bu etkinin piyasa yapısına, zaman dönemine ve kullanılan yatırım stratejisine göre nasıl farklılaştığı sorularına odaklanmaktadır.

ESG ile yatırım getirileri arasındaki ilişkiyi ele alan erken dönem çalışmalar, ESG odaklı yatırımların performans açısından geleneksel yatırımlara kıyasla dezavantajlı olup olmadığı sorusunu gündeme getirmiştir. Chelawat ve Trivedi (2015), Hindistan gibi gelişmekte olan bir ekonomide ESG India Endeksi'nin performansını CAPM çerçevesinde incelemiş ve ESG odaklı yatırımların geleneksel piyasa endekslerine kıyasla daha yüksek getiri sunduğunu, bu getirinin ise daha yüksek riskle birlikte gerçekleşmediğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde Jain vd. (2019), gelişmiş ve gelişmekte olan piyasalarda sürdürülebilir endeksler ile geleneksel endeksleri karşılaştırmış; sürdürülebilir endekslerin performans açısından anlamlı bir dezavantaj taşımadığını ve güçlü bir yatırım alternatifi sunduğunu göstermiştir.

Bununla birlikte literatürde ESG'nin yatırım getirileri üzerindeki etkisinin her zaman pozitif olmadığına işaret eden çalışmalar da bulunmaktadır. La Torre vd. (2020), Eurostoxx50 endeksinde yer alan şirketler üzerinde yaptıkları analizde, ESG taahhütlerinin hisse senedi performansı üzerinde anlamlı bir etki yaratmadığını tespit etmiş; Junius vd. (2020) ise Güneydoğu Asya ülkelerinde ESG puanlarının firma performansı ve piyasa değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, ESG'nin yatırım getirileri

üzerindeki etkisinin piyasa gelişmişliği ve kurumsal yapı gibi faktörlere bağlı olarak farklılaşabileceğini göstermektedir.

ESG'nin portföy performansı üzerindeki etkisini çok boyutlu bir çerçevede ele alan çalışmalar, özellikle risk ayarlı getiri ve çeşitlendirme etkisine odaklanmaktadır. Verheyden vd. (2016), düşük ESG performansına sahip şirketlerin portföyden elenmesinin, risk ayarlı getirileri artırabildiğini ve uç riskleri azalttığını göstermiştir. Bennani vd. (2018) ise ESG entegrasyonunun getiri, volatilite ve maksimum düşüş üzerindeki etkisinin dönemsel ve bölgesel olarak değiştiğini; 2014 sonrası dönemde özellikle Euro Bölgesi ve Kuzey Amerika'da ESG entegrasyonunun pozitif anormal getirilerle ödüllendirildiğini ortaya koymuştur. Aynı çalışma, ESG puanının aşırı yükseltilmesinin çeşitlendirmeyi azaltarak performansı olumsuz etkileyebileceğini ve optimal bir ESG düzeyinin varlığına işaret etmektedir.

Portföy optimizasyonu perspektifinden bakıldığında, Cesarone, Martino ve Carleo (2022), Klasik Ortalama–Varyans modelini ESG hedefiyle genişleterek ESG entegrasyonunun portföy kârlılığı üzerindeki etkisini incelemiştir. Bulgular, ESG hedeflerinin portföy performansı üzerindeki etkisinin zaman ve piyasa yapısına bağlı olarak değiştiğini; ABD piyasalarında yüksek ESG hedeflerinin portföy performansını artırabildiğini, ancak Avrupa piyasalarında aynı etkinin gözlenmediğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, ESG'nin toplam yatırım getirisi üzerindeki etkisinin homojen olmadığını ve bağlama duyarlı bir yapı sergilediğini göstermektedir.

Firma düzeyinde yapılan çalışmalar ise ESG performansının uzun vadeli değer yaratımı üzerindeki rolüne dikkat çekmektedir. Mercereau vd. (2022), küresel ölçekte 2200'den fazla firma üzerinde gerçekleştirdikleri analizde, güçlü ESG uygulamalarının firma değerini önemli ölçüde artırabildiğini

ve bunun dolaylı olarak yatırım getirilerine yansiyabileceğini göstermiştir. Chang vd. (2022) ise ESG ve kurumsal sosyal sorumluluk uygulamalarının firma değerini artırdığına dair güçlü kanıtlar sunmakla birlikte, bu artışın her zaman daha yüksek hisse senedi getirileriyle sonuçlanmadığını vurgulamaktadır.

ESG ile yatırım getirileri arasındaki ilişkiyi ele alan teorik ve ampirik çalışmalardan biri olan Nakajima (2021), ESG yatırımlarının finansal olmayan bilgileri yatırım kararlarına entegre ederek uzun vadeli kurumsal değeri yansıttığını, ancak bu bilginin kısa vadede hisse fiyatlarına tam olarak yansımayaabileceğini ileri sürmektedir. Bu yaklaşım, ESG'nin toplam yatırım getirisi üzerindeki etkisinin uzun vadede daha belirgin hâle gelebileceği yönündeki görüşleri desteklemektedir.

ESG yatırımlarının portföy düzeyindeki dinamik etkileri, bağlantılılık ve yayılma kanalları üzerinden de incelenmektedir. Gülcemal (2025), gelişmiş ve gelişmekte olan piyasaları temsil eden ESG endeksleri arasındaki aktarım bağlantılılığını analiz etmiş ve gelişmiş piyasalardaki ESG endekslerinin küresel ölçekte net iletici rolü üstlendiğini göstermiştir. Bu bulgular, ESG yatırımlarına yönelik artan ilginin yalnızca bireysel getiri performansını değil, aynı zamanda küresel piyasa dinamiklerini ve yatırımcı davranışlarını da etkilediğini ortaya koymaktadır.

Son olarak, Efimova vd. (2021), ESG odaklı portföylerin riskler dikkate alındığında ESG açısından nötr portföylere kıyasla daha düşük getiri sunmadığını, ancak ESG odaklı şirketlerin temel finansal göstergelerinin daha zayıf olabileceğini göstermiştir. Bu sonuç, ESG'nin toplam yatırım getirisi üzerindeki etkisinin yalnızca finansal performans göstergeleriyle değil, finansal olmayan değer yaratım kanallarıyla da şekillendiğini ortaya koymaktadır. Arrani vd. (2024), sürdürülebilirliği (ESG) aracı değişken olarak ele alarak finansal performansın hisse senedi getirileri üzerindeki etkisini

incelemiştir. Çalışmada Yatırım Getirisi Oranı, Fiyat / Kazanç Oranı, Piyasa Değeri / Defter Değeri Oranı ve Faaliyet Kâr Marjı göstergeleri finansal performansı temsilen kullanılmış; ESG değişkenleri ise sürdürülebilirliği ölçmek amacıyla modele dâhil edilmiştir. Halka açık şirketlere ait ikincil veriler Yapısal Eşitlik Modeli (SEM) ile analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, finansal performans ile hisse senedi getirileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir doğrudan ilişkinin bulunduğunu ve ESG'nin bu ilişki üzerinde kısmi bir aracı rol üstlendiğini göstermektedir. Sonuçlar, güçlü finansal performansa sahip şirketlerin sürdürülebilirlik uygulamalarını daha etkin benimsediğini ve bunun yatırım performansına olumlu yansıdığını göstermektedir.

Genel olarak literatür, ESG ile toplam yatırım getirisi arasındaki ilişkinin doğrusal ve tek yönlü olmadığını; piyasa yapısı, zaman dönemi, yatırım stratejisi ve ESG entegrasyon düzeyine bağlı olarak farklı sonuçlar doğurduğunu göstermektedir. Bu durum, ESG'nin yatırım performansı üzerindeki etkisinin daha bütüncül modeller ve aracılık mekanizmaları dikkate alınarak analiz edilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Mevcut literatür, ESG ile yatırım getirileri arasındaki ilişkiye dair zengin ve çok boyutlu bulgular sunmakla birlikte, önemli boşluklar barındırmaktadır. Öncelikle, çalışmaların önemli bir bölümü ESG'nin yatırım performansı üzerindeki etkisini ya firma düzeyinde finansal performans göstergeleriyle ya da portföy bazlı getiri ve risk ölçütleriyle ele almakta; toplam yatırım getirisi kavramını ESG'nin aracılık veya iletim mekanizmaları bağlamında bütüncül olarak inceleyen çalışmalar sınırlı kalmaktadır. İkinci olarak, ESG'nin yatırım getirileri üzerindeki etkisinin zamanla değişen yapısı ve piyasa gelişmişliği farkları çoğu çalışmada ya sabit varsayılmakta ya da ikincil bir bulgu olarak ele alınmaktadır. Üçüncü olarak, ESG performansının finansal performans göstergeleriyle nasıl

etkileşime girerek yatırım getirilerini şekillendirdiği, özellikle aracılık (mediation) ve dolaylı etki kanalları açısından yeterince ampirik olarak test edilmemiştir. Son olarak, ESG yatırımlarına yönelik artan ilginin küresel piyasalarda bağlantılılık, yayılma ve yatırımcı davranışı kanalları üzerinden toplam yatırım getirisine nasıl yansıdığına dair bütünlük ampirik kanıtlar sınırlıdır. Bu bağlamda, mevcut çalışma; finansal performans göstergeleri, ESG performansı ve toplam yatırım getirisi arasındaki ilişkileri bütüncül bir çerçevede ele alarak, ESG'nin aracı rolünü açık biçimde test etmeyi ve literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Veri Seti

Çalışmada, Borsa İstanbul'da (BIST) işlem gören ve 2010 yılından itibaren ESG skorları yayımlanan BIST 30'daki 22 şirket analiz edilmiştir. Çalışma verileri 2010-2023 yıllarını kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan Toplam Yatırım Getirisi ve ESG skorları LSEG şirketinin Workspace veri tabanından alınmıştır. Analizler Eviews ve Stata yazılımları kullanılarak yapılmıştır. Tablo 1'de çalışmada kullanılan değişkenler ve sembolleri sunulmaktadır.

Tablo 1. Değişkenler ve Açıklamalar

Değişken	Sembol	Kaynak
Sürdürülebilirlik Skoru	ESG	LSEG*
Çevresel Skoru	E	LSEG
Sosyal Skoru	S	LSEG
Yönetişim Skoru	G	LSEG
Toplam Yatırım Getirisi	ROI	LSEG

*www.lseg.com

Bu çalışmanın temel veri setini oluşturan ESG skorları, firmaların çevresel, sosyal ve yönetişimsel performanslarını

kantitatif bir zemine oturtan temel göstergelerdir. Kurumsal sürdürülebilirlik profilini şeffaflaştıran bu skorlar, veri odaklı bir analiz imkânı sunarak mevcut bilgi asimetrisini azaltmaktadır. Metodolojik açıdan ESG değerlendirmesi; Çevresel (E), Sosyal (S) ve Yönetişim (G) olmak üzere üç ana eksen altında, firmaların taahhütlerini ve kamuyu aydınlatma düzeylerini yansıtan on farklı alt kategoriden türetilmektedir. Ağırlıklandırma mekanizmasında ise hibrit bir yapı izlenmektedir: Çevresel ve sosyal boyutlar sektörel dinamiklere göre değişken ağırlıklarla hesaplanırken, yönetim bileşeni tüm endüstriler için sabit bir ağırlıkla modele dahil edilmektedir. Bu çok katmanlı yapı, yatırımcılara ve piyasa profesyonellerine, kendi stratejik öncelikleri doğrultusunda ESG performansını irdeleyebilecekleri esnek ve modüler bir çerçeve sağlamaktadır (www.lseg.com).

Toplam Yatırım Getirisi (ROI), kâr ile bu kârı yaratan yatırımlar arasındaki ilişkiyi ortaya koyan ve işletme performansının değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan kârlılık göstergelerinden biridir. ROI, yatırılan sermayenin ne ölçüde gelir ya da kâr ürettiğini nicel olarak ölçerek, yönetimin kaynak kullanımındaki etkinliğini değerlendirmeye imkân tanır. Bu yönüyle ROI, sezgisel ve öznel değerlendirmeleri yorumlanabilir bir matematiksel hesaplamaya dönüştürmekte ve alternatif yatırım veya kaynak kullanım kararlarının karşılaştırılmasını kolaylaştırmaktadır (Friedlob ve Plewa, 1996:6).

Yatırım kavramı, uzun bir zaman dilimi boyunca fayda elde etme beklentisiyle tahsis edilen kaynaklar olarak tanımlanmakta olup, yatırımların finansal etkileri genellikle orta ve uzun vadede ortaya çıkmaktadır (Bierman ve Smidt, 2007:275). Bu bağlamda ROI, bir yatırım projesinin başarısını, yatırılan sermaye üzerinden sağlanan getiriyi esas alarak değerlendiren temel göstergelerden biridir. ROI genellikle vergi sonrası net kâr ya da faaliyet kârının toplam yatırım tutarına (ya

da toplam varlıklara) oranlanması yoluyla hesaplanmakta ve yüzde olarak ifade edilmektedir. ROI değerindeki artış, işletmenin kâr üretme kapasitesinin ve yatırımlarının etkinliğinin yükseldiğine işaret etmektedir (Zamfir ve Ionescu, 2016:79–80; Arraniri vd., 2024:583).

ROI'nin pozitif ya da negatif değer alabilmesi, yatırımın kârlı ya da kârsız olduğunu doğrudan göstermektedir. Birden fazla yatırım alternatifi söz konusu olduğunda, risk düzeylerinin eşit olması koşuluyla daha yüksek ROI değerine sahip projeler tercih edilmekte; benzer ROI değerleri durumunda ise daha düşük riskli yatırımlar ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle ROI, hem yatırım öncesi karar alma sürecinde hem de yatırım sonrası performans değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Menezes vd., 2015:1).

Kârlılığın ölçülmesinde kullanılan temel oranlar arasında ROE ve ROI yer almakta olup, her iki oran da net geliri esas alması nedeniyle yönetim performansının değerlendirilmesinde önem taşımaktadır. Olduğu varlıkların getirisi olarak da ele alınabilen ROI, işletmenin sahip olduğu tüm varlıkları kullanarak kâr yaratmadaki genel etkinliğini yansıtmaktadır (Ichsani ve Suhardi, 2015:897).

3.2. Yöntem

Yatay kesitsel bilgi kümelerinin analize dahil edilmesi, nedensellik çıkarımlarının kapsamını genişletme potansiyeline sahiptir. İktisadi teoride, belirli bir birim (ülke veya birey) için geçerli olan nedensel mekanizmaların, diğer birimler için de geçerli olma olasılığı yüksektir. Bu durum panel veri yöntemlerini istatistiksel etkinlik açısından avantajlı kılar. Ancak bu süreçte, birimler arası heterojenliğin göz ardı edilmemesi gerekir. Geleneksel panel nedensellik testlerinin, ilişkinin tüm panel genelinde homojen olduğu yönündeki kısıtlayıcı varsayımına karşın Dumitrescu ve Hurlin (2012), heterojenliği de

dikkate alan alternatif bir test geliştirmiştir. Bu test hem nedensel ilişkinin varlığı hem de kullanılan regresyon modelinin parametreleri açısından heterojenliği hesaba katan esnek bir yapı sunmaktadır (Dumitrescu ve Hurlin, 2012: 1450).

Dumitrescu ve Hurlin nedensellik analizi N birim ve t gözlem döneminde durağan bir sürece sahip X ve Y değişkeni için eşitlik (1)'de verilen ve heterojenliği dikkate alan modeli kullanır. (Bozoklu ve Yılanı, 2013:176):

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^{(k)} y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^K \beta_i^{(k)} x_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de i birimleri, t zaman boyutunu, sabit parametre α_i bireysel etkileri, $\gamma_i^{(k)}$ gecikme parametrelerini ve $\beta_i^{(k)}$ ise eğim katsayılarını göstermektedir (Ak ve İnal, 2019:9).

Dumitrescu ve Hurlin panel Granger nedensellik testinde test edilen sıfır hipotezi ve alternatif hipotezler eşitlik (2)'de sunulmuştur.

$$\begin{aligned} H_0: \beta_i &= 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, N, \\ H_1: \beta_i &= 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, N_1, \\ H_1: \beta_i &\neq 0 \quad \forall i = N_1 + 1, 2, \dots, N \quad \text{ve} \quad 0 \leq N_1/N < 1 \end{aligned} \quad (2)$$

Burada sıfır hipotezinde verilen homojen Granger nedenselliğin olmadığı savı en az bir yatay kesitte bunun olduğunu iddia eden alternatif hipoteze karşı sınanmaktadır. Temel hipotezi incelemek amacıyla geliştirilen test istatistiği ise eşitlik (3)'te verilen bireysel Wald istatistiklerinin ortalamasıdır.

$$W_{N,t}^{Hnc} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_{i,T} \quad (3)$$

$W_{i,T}$ test istatistiği i . birim için nedenselliği incelemek için hesaplanan bireysel Wald test istatistiğidir. Küçük t durumunda

Wald test istatistik değerleri benzer Ki-Kare dağılımına yakınsamadığı için Dumitrescu ve Hurlin (2012) $W_{N,t}^{Hnc}$ yerine eşitlik (4)'te verilen standardize tahmini test istatistiğinin uygun olacağını ifade etmişlerdir.

$$\tilde{Z}_{N,t}^{Hnc} = \frac{\sqrt{N}[W_{N,T}^{Hnc} - \sum_{i=1}^N E(\tilde{W}_{i,T})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^N Var(\tilde{W}_{i,T})}} \quad (4)$$

Yapılan simülasyon analizlerinde $\tilde{Z}_{N,t}^{Hnc}$ test istatistiğinin çok küçük i ve t için bile etkin ve güçlü sonuçlar verdiği çıkmıştır. Böylece Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testi yatay kesit bağımlılığını dikkate alarak eşbütünleşik ilişkinin varlığında veya yokluğunda analiz yapabilen, dengesiz panel veri setlerinde ve i ve t nin birbirinden büyük ve küçük olması durumlarında da kullanılabilen bir test olarak literatüre kazandırılmıştır (Alper ve Oransay, 2015: 80; Yıldırım ve Demir, 2021:2726).

4. AMPİRİK ANALİZ VE BULGULAR

Çalışmada değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi inceleneceğinden uygun nedensellik analizinin belirlenebilmesi için öncelikle değişkenler arasında yatay kesit bağımlılığı analiz edilmiştir. Yatay kesit bağımlılığının incelenmesi amacıyla Breusch-Pagan LM, Pesaran scaled LM, Bias-corrected scaled LM, Pesaran CD testleri yapılmıştır. Tablo 2, değişkenlere ilişkin yatay kesit bağımlılığı testlerinin sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 2. Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

Değişkenler	LM _{BP}	LM _{PES}	LM _{BCadj}	CD _{PES}
ESG	1823,325 [0,000]	74,081 [0,000]	73,235 [0,000]	40,647 [0,000]
E	1340,299 [0,000]	51,609 [0,000]	50,763 [0,000]	32,054 [0,000]
S	2073,729 [0,000]	85,731 [0,000]	84,885 [0,000]	43,995 [0,000]
G	455,878 [0,000]	10,462 [0,000]	9,616 [0,000]	6,270 [0,000]
ROI	1675,285 [0,000]	67,194 [0,000]	66,348 [0,000]	39,178 [0,000]

Tablo 2'ye göre, tüm değişkenler (ESG, E, S, G, ROI) için yapılan yatay kesit bağımlılığı testleri sonuçları %1 anlamlılık düzeyinde yatay kesit bağımlılığının varlığını göstermektedir. Değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının bulunması nedeniyle durağanlık analizi için ikinci nesil birim kök testlerinden birisinin kullanılması uygun olacaktır. Bu yüzden değişkenlerin durağanlığının incelenmesi amacıyla Pesaran (2007) tarafından önerilen CIPS testi kullanılmıştır. Tablo 3, değişkenlere ilişkin durağanlık testinin sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 3. Durağanlık Test Sonuçları

Değişkenler	Constant		Constant and Trend	
	Stat.	Prob.	Stat.	Prob.
ESG	-2,368	<0,05	-2,605	>0,10
E	-2,179	<0,10	-3,149	<0,05
S	-2,549	<0,01	-2,789	<0,10
G	-3,221	<0,01	-3,175	<0,01
ROI	-2,806	<0,01	-2,940	<0,05

Pesaran (2007) tarafından önerilen CIPS panel birim kök testi sonuçlarına göre tüm değişkenler sabit terimli modelde düzeyde durağan bulunmuştur. Sabit ve trend içeren modelde ise ESG hariç yine tüm değişkenlerin durağan oldukları görülmektedir. Eğim katsayılarının yatay kesit birimleri arasında farklılaşp farklılaşmadığının incelenmesi amacıyla Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından önerilen eğim homojenliği testi

uygulanmıştır. Tablo 4 ESG değişkeni ile ROI arasında kurulan modeller için homojenlik test sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4. Homojenlik Test Sonuçları

		Stat.	Prob.	Stat. (HAC)	Prob. (HAC)
ESG-ROI	Delta	-0.038	0.969	0.425	0.671
	Delta adj	-0.043	0.966	0.479	0.632
ROI-ESG	Delta	-1.459	0.145	-1.705	0.088
	Delta adj	-1.645	0.100	-1.924	0.054

Tablo 4'te verilen homojenlik testi sonuçlarına göre ESG'nin bağımlı değişken ve toplam yatırım getirisinin bağımsız değişken olarak kurulan model için eğim katsayılarının homojen olduğu ortaya çıkmıştır. Toplam yatırım getirisinin bağımlı değişken ve ESG'nin bağımsız değişken olduğu modelde ise değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı durumlarında eğim katsayılarının homojen olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu durumda, araştırmaya konu edinilen şirketlerin birbirinden farklı sektörlerde iş yaptıkları ve sektörlerin de homojen bir yapıda olmadığı göz önüne alındığında söz konusu modellerde regresyon katsayılarının birimden birime farklılık gösterdiği söylenebilecektir. Dolayısıyla değişkenler arasındaki nedenselliğin incelenmesi amacıyla heterojenliği de dikkate alan bir yöntemin tercih edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu amaçla Dumitrescu ve Hurlin (2012) tarafından önerilen ve yatay kesit bağımlılığı ve heterojenliği dikkate alan panel Granger nedensellik analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur. Gözlem sayısının kısıtlı olması (t=14) ve serbestlik derecesi kaybını minimize etmek amacıyla Schwarz Bilgi Kriteri dikkate alınarak gecikme uzunluğu 1 olarak belirlenmiştir.

Tablo 5. Panel Nedensellik Test Sonuçları

Sıfır Hipotezi	Test Stat.	Prob.
ESG ROI'nın Granger nedeni değildir	3.479	0.000 ^{***}
ROI ESG'nin Granger nedeni değildir	2.151	0.051 [*]
ENV ROI'nın Granger nedeni değildir	2.348	0.017 ^{**}
ROI ENV'nin Granger nedeni değildir	0.917	0.471
SOC ROI'nın Granger nedeni değildir	3.235	0.000 ^{***}
ROI SOC'un Granger nedeni değildir	1.068	0.694
GOV ROI'nın Granger nedeni değildir	2.568	0.004 ^{***}
ROI GOV'un Granger nedeni değildir	3.244	0.000 ^{***}

* 10%, ** 5%, ve *** 1% seviyesinde katsayıların anlamlılığını göstermektedir.

Tablo 5'teki bulgulara göre, ESG skorunun ROI üzerinde anlamlı bir nedensel etkisi bulunurken, ROI'nın de ESG üzerinde nedensel bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Bu bulgu, toplam yatırım getirisinin, daha iyi bir ESG performansını desteklediğini ve ESG performansının da yapılan yatırımların geri dönüşü üzerinde anlamlı bir katkısının bulunduğunu göstermektedir. Tablo 5'teki bulgulara göre çevresel skor toplam yatırım getirisi üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir. Ancak toplam yatırım getirisi çevresel skor üzerinde herhangi bir anlamlı nedensel etki oluşturmamaktadır. Yine Tablo 5'te sunulan bulgular sosyal skorun toplam yatırım getirisi üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu fakat toplam yatırım getirisinin sosyal skor üzerinde herhangi bir anlamlı nedensel etkisinin olmadığını göstermektedir. Tablo 5'te verilen bulgulara göre yönetim performansının ise toplam yatırım getirisi üzerinde anlamlı nedensel bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte toplam yatırım getirisinin de yönetim performansı üzerinde anlamlı bir nedensel etkisi olduğu dolayısıyla iyi yönetişimin yatırım getirisi üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Genel olarak incelendiğinde tüm ESG faktörlerinin toplam yatırım getirisi üzerinde anlamlı bir nedensel etki gösterdiği bunun yanında genel ESG skoru ve yönetim göstergesi ile çift yönlü bir nedenselliğin olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Borsa İstanbul'da işlem gören ESG skorları yayımlanan şirketler için, ESG performansı ile ROI arasındaki nedensellik ilişkisi 2010–2023 dönemine ait veriler kullanılarak ampirik olarak analiz edilmiştir. Yatay kesit bağımlılığı ve heterojenliği dikkate alan Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testi sonuçları, sürdürülebilir finans literatürüne önemli kanıtlar sunmaktadır. Analiz bulguları, genel ESG skoru ile ROI arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya koymaktadır. Bu durum, kurumsal sürdürülebilirlik performansındaki artışın yatırım verimliliğini ve kârlılığını tetiklediğini, aynı zamanda finansal olarak daha başarılı şirketlerin sürdürülebilirlik faaliyetlerine daha fazla kaynak ayırabildiğini göstermektedir.

Alt bileşenler düzeyinde yapılan incelemede ise, çevresel ve sosyal performansın ROI üzerinde tek yönlü pozitif bir nedensel etkisi bulunurken; yönetim performansı ile ROI arasında çift yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Bu sonuç, Türkiye gibi gelişmekte olan piyasalarda yatırımcıların ve piyasa aktörlerinin, kurumsal yönetim mekanizmalarını finansal getiri optimizasyonu ve risk yönetimi için en kritik öncelik olarak kabul ettiğini doğrulamaktadır. Çalışma, sürdürülebilirlik uygulamalarının gelişmekte olan bir piyasada uzun vadede bir maliyet değil, stratejik bir değer yaratıcı olarak algılanması gerektiği tezini desteklemekte ve ilgili literatüre özgün bir ampirik katkı sağlamaktadır.

Ancak çalışmanın, sonuçların genellebilirliğini sınırlayan bazı kısıtları bulunmaktadır. İlk olarak, analiz yalnızca BIST 30 endeksindeki büyük ve likit şirketlerle sınırlı olup, küçük ve orta ölçekli şirketleri kapsamamaktadır. İkincisi, incelenen zaman dilimi çeşitli küresel ve yerel ekonomik şokları içermektedir; dolayısıyla ilişkinin farklı makroekonomik koşullar

altındaki duyarlılığı gelecek çalışmalarda kriz dönemleri özelinde incelenebilir. Üçüncüsü, kullanılan ESG skorları belirli bir derecelendirme metodolojisine dayanmakta olup, farklı veri kaynakları farklı sonuçlar doğurabilir. Son olarak, nedensellik testleri istatistiksel bir öncüllük ilişkisini gösterse de bu ilişkinin arkasındaki inovasyon kapasitesi veya müşteri sadakati gibi dolaylı mekanizmaların anlaşılması için daha derinlemesine yapısal modellerin geliştirilmesi önerilmektedir.

Politika ve uygulama önerileri bağlamında, şirket yöneticilerinin ESG'yi kısa vadeli bir maliyet kalemi değil, orta ve uzun vadede rekabet gücü sağlayan stratejik bir yatırım aracı olarak benimsemesi kritik öneme sahiptir. Yatırımcılar ise portföy seçimlerinde ESG performansını, özellikle yönetim göstergelerini, risk ayarlı getiri tahmin etmede temel birer "erken uyarı sinyali" olarak kullanmalıdır. Düzenleyici kurumlar ve Borsa İstanbul, ESG veri kalitesini ve raporlama standartlarını geliştirerek piyasadaki bilgi asimetrisini azaltacak adımlar atmalıdır. Politika yapıcılar ise şirketleri sürdürülebilir uygulamalara yönlendirecek vergi teşvikleri ve yeşil altyapı yatırımları gibi mekanizmaları hayata geçirerek, finansal istikrar ile çevresel refah arasında pozitif bir sinerji yaratılmasına katkıda bulunabilir. Nihayetinde bu çalışma, sürdürülebilirliğin modern iş dünyasında bir tercih değil, uzun vadeli finansal başarı ve değer yaratımı için bir zorunluluk olduğunu Türkiye bağlamında doğrulamaktadır.

KAYNAKÇA

- Ak, M. Z., & İnal, V. (2019). Yükselen piyasa ekonomilerinde ticari açıklık, finansal gelişme ve ekonomik büyüme: Bir panel nedensellik analizi. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, (31), 1-16. <https://izlik.org/JA39ZW39SC>
- Alper, A., & Oransay, G. (2015). Cari açık ve finansal gelişmişlik ilişkisinin panel nedensellik analizi ekseninde değerlendirilmesi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 1(2), 73-85. <https://doi.org/10.20979/ueyd.182896>
- Arraniri, I., Maulana, Y., Komarudin, M. N., & Gunawan, W. H. (2024). The Influence of Financial Performance on Returns With ESG as an Intervening Variable. *International Journal of Economics, Business and Accounting Research (IJEBAR)*, 8(2). <https://doi.org/10.29040/ijebar.v8i2.13192>
- Bennani, Leila and Le Guenedal, Théo and Lepetit, Frederic and LY, Lai and Mortier, Vincent and Roncalli, Thierry and Sekine, Takaya, How ESG Investing Has Impacted the Asset Pricing in the Equity Market (November 27, 2018). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3316862> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3316862>
- Bierman, Jr., H., & Smidt, S. (2007). *Advanced Capital Budgeting: Refinements in the Economic Analysis of Investment Projects* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315822426>
- Bozoklu, Ş., & Yılcı, V. (2013). Finansal gelişme ve iktisadi büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi: Gelişmekte olan

ekonomiler için analiz. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28(2), 161-187.

Cesarone, F., Martino, M. L., & Carleo, A. (2022). Does ESG impact really enhance portfolio profitability?. *Sustainability*, 14(4), 2050. <https://doi.org/10.3390/su14042050>

Chang, X., Fu, K., Jin, Y., & Liem, P. F. (2022). Sustainable finance: ESG/CSR, firm value, and investment returns. *Asia-Pacific Journal of Financial Studies*, 51(3), 325-371. <https://doi.org/10.1111/ajfs.12379>

Chelawat, C. H., & Trivedi, I. (2015). Does ESG investment enhance investment returns. *Business Review*, 10(2), 100-115. Retrieved from <https://doi.org/10.54784/1990-6587.1356>

Dumitrescu, E. I. & Hurlin, C. (2012), Testing for Granger Non-Causality in Heterogeneous Panels, *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>

Efimova, O. V., Volkov, M. A., & Koroleva, D. A. (2021). The impact of ESG factors on asset returns: Empirical research. *Finance: theory and practice*, 25(4), 82-97. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2021-25-4-82-97>

Friedlob, G. T., & Plewa Jr, F. J. (1996). *Understanding return on investment*. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-10381-0 (cloth ed.), SBN 0-471-10372-1 (paper ed.), New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.

Giese, G., Lee, L. E., Melas, D., Nagy, Z., & Nishikawa, L. (2019). Foundations of ESG investing: How ESG affects equity valuation, risk, and performance. *The Journal of Portfolio Management*, 45(5), 69-83.

- Gülcemal, T. (2025). ESG Hisse Senedi Endeksleri Arasındaki Getiri Bağlantılılığı ve ESG İlgisinin Getiri Bağlantılılığına Etkisi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (48), 161-182. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.1633961>
- Ichsani, S., & Suhardi, A. R. (2015). The effect of return on equity (ROE) and return on investment (ROI) on trading volume. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 211, 896-902. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.118>
- Jain, M., Sharma, G. D., & Srivastava, M. (2019). Can Sustainable Investment Yield Better Financial Returns: A Comparative Study of ESG Indices and MSCI Indices. *Risks*, 7(1), 15. <https://doi.org/10.3390/risks7010015>
- Junius, D., Adisurjo, A., Rijanto, Y. A., & Adelina, Y. E. (2020). The Impact of ESG Performance to Firm Performance and Market Value. *Jurnal Aplikasi Akuntansi*, 5(1), 21-41. <https://doi.org/10.29303/jaa.v5i1.84>
- Karakulle, İ. (2025). Paydaş teorisi çerçevesinde kurumsal sürdürülebilirlik ve kurumsal iletişim. *Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2), 809-825. <https://doi.org/10.52122/nisantasisbd.1753151>
- Kulalı, G. (2022). Çevresel, sosyal ve kurumsal yönetim (ESG) performansının piyasa değeri üzerindeki etkisi: Firma büyüklüğünün rolü. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 17(3), 787-809. <https://doi.org/10.17153/oguiibf.1098419>
- La Torre, M., Mango, F., Cafaro, A., & Leo, S. (2020). Does the ESG index affect stock return? Evidence from the Eurostoxx50. *Sustainability*, 12(16), 6387. <https://doi.org/10.3390/su12166387>

- Menezes, M. B., Kim, S., & Huang, R. (2015). Return-on-investment (ROI) criteria for network design. *European Journal of Operational Research*, 245(1), 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.03.009>
- Mercereau, B., Melin, L., & Lugo, M. M. (2022). Creating shareholder value through ESG engagement. *Journal of Asset Management*, 23(7), 550-566. <https://doi.org/10.1057/s41260-022-00270-4>
- Nakajima, T. (2021). ESG Investment. In: ESG Investment in the Global Economy. Springer Briefs in Economics. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2990-7_1
- Pesaran, M. H. (2007). "A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence". *Journal of Applied Econometrics*, 22(2): 265-312. <https://doi.org/10.1002/jae>.
- Pesaran, M. H., & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of econometrics*, 142(1), 50-93. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.010>
- Phillips, J. (2024). Quantifying the levels, nature, and dynamics of sustainability for the UK 2000–2018 from a Brundtland perspective. *Environment, Development & Sustainability*, 26(7), 17905–17939. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03370-2>
- Spaman, J., & Kettler, E. (2024). The ROI of ESG. *Strategic Finance*. ISSN 1524-833X
- Verheyden, T., Eccles, R. G., & Feiner, A. (2016). ESG for all? The impact of ESG screening on return, risk, and diversification. *Journal of Applied Corporate Finance*, 28(2), 47-55. <https://doi.org/10.1111/jacf.12174>

- Yıkılmaz, A. (2022). Çevresel, sosyal ve kurumsal yönetim (ESG) skorları ve kâr payı kararları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(4), 872-881. <https://doi.org/10.29106/fesa.1209238>
- Yıldırım, Z., & Demir, M. (2021). Türkiye’de Vergi Esnekliğinin Panel Eşbütünleşme ve Nedensellik Testleri ile Analizi. *OPUS International Journal of Society Researches*, 17(36), 2714-2739. <https://doi.org/10.26466/opus.848755>
- Zamfir, M., Manea, M. D., & Ionescu, L. (2016). Return on investment–indicator for measuring the profitability of invested capital. *Valahian Journal of Economic Studies*, 7(2), 79-86. <https://doi.org/10.1515/vjes-2016-0010>

KÜRESEL DENİZ TAŞIMACILIĞINDA LİDER ÜLKELERİN PERFORMANSININ MEREÇ-ARAS YAKLAŞIMIYLA ANALİZİ

Hasan Emin GÜRLER¹

1. GİRİŞ

Deniz taşımacılığı, küreselleşmiş ticaretin ve üretim ve tedarik zincirinin bel kemiği olarak değerlendirilmektedir. Aynı zamanda denizcilik sektörü, kaynakların ithalat ve ihracatında üstlendiği temel rol ve sağladığı istihdam olanakları nedeniyle ulusal ekonomik sistemlerin kritik bir bileşeni konumundadır (Yan vd., 2021). Küresel ticaretin %90'ından fazlası deniz taşımacılığına dayanmakta olup yüklerin büyük bölümü gemilerle taşınmaktadır (Gu & Liu, 2025). Diğer ulaşım türleriyle karşılaştırıldığında denizyolu taşımacılığı; düşük maliyet, yüksek ekonomik verimlilik ve daha az çevresel kirlilik gibi avantajlar sunmakta, bu nedenle sanayi hammaddeleri, petrol ürünleri ve konteynerize yüklerin orta ve uzun mesafelerde taşınmasında tercih edilen bir yöntem olmaktadır (Huang vd., 2023). Uluslararası ticaretin büyük kısmı hâlen denizyolu ile yapılmakta olup limanlar, küresel denizcilik ağlarının kritik düğüm noktaları olarak öne çıkmaktadır (Wilmsmeier vd., 2006).

Küresel ekonomik bütünleşmenin hız kazandığı günümüzde, ekonomik büyüme seviyelerinin korunabilmesi için çevik, güvenli ve güvenilir deniz taşımacılığına ihtiyaç duyulmaktadır (Sanchez-Gonzalez vd., 2019). Bu stratejik öneminden dolayı literatürde deniz taşımacılığına yönelik çok

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, İ.İ.B.F., Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, ORCID: 0000-0002-5813-1631.

kriterli karar verme tekniklerinin kullanıldığı araştırmalar bulunmaktadır. Örneđin; liman bölgelerinin sürdürülebilirlik performansının ölçülmesinde Entropi ve PROMETHEE tabanlı bileşik endeksler geliştirilmiştir (Stanković vd., 2021). Gemi yükleme ekipmanlarının seçiminde belirsizliklerin yönetilmesi amacıyla IT2F AHP-TOPSIS yöntemleri uygulanmış (Celik & Akyuz, 2018), yeşil deniz taşımacılığı stratejilerinin önceliklendirilmesinde ise bulanık AHP-MOORA yaklaşımından yararlanılmıştır (Wang & Li, 2025). Bununla birlikte, mevcut çalışmalar çoğunlukla belirli bir liman, operasyon ya da ekipman seçim sürecine odaklanmakta; ülkelerin deniz taşımacılığı performanslarının karşılaştırmalı olarak analiz edildiği araştırmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, ülkeleri deniz taşımacılığı performanslarına göre çok kriterli karar verme yaklaşımlarıyla bütüncül bir biçimde değerlendirmek ve karşılaştırmalı bir sıralama sunmak amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, kullanılan 8 kriterin ağırlıkları MEREK yöntemi ile belirlenmiş ve ARAS tekniği yardımıyla ülkeler deniz taşımacılığı performanslarına göre sıralanmıştır. Çalışmanın özgün yönü, literatürde sıklıkla belirli bir liman, operasyon ya da ekipman seçimine odaklanan araştırmaların aksine, makro düzeyde ülkelerin deniz taşımacılığı performansını ölçen bir metodolojik çerçeve önermesidir. Ayrıca, farklı yöntemlerle gerçekleştirilen duyarlılık analizi aracılığıyla sonuçların tutarlılığı test edilerek, elde edilen bulguların güvenilirliği artırılmıştır. Bu yönüyle çalışma, politika yapıcılar ve sektör paydaşları için deniz taşımacılığına ilişkin stratejik karar alma süreçlerinde yol gösterici nitelikte bulgular sunmaktadır.

2. LİTERATÜR

Deniz taşımacılığı alanındaki araştırmalar, çok kriterli karar verme tekniklerinin ötesinde oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir. Örneğin; literatürde deniz taşımacılığına ilişkin eğilimleri ve ana araştırma konularını ortaya koyan kapsamlı bibliyometrik analizler yapılmış, özellikle liman yönetimi, konteyner operasyonları ve hat taşımacılığı öne çıkan temalar olarak belirlenmiştir (Bai vd., 2021). Deniz taşımacılığının maliyet boyutu da yoğun bir ilgi görmüş, özellikle liman verimliliğinin ve altyapı kalitesinin navlun maliyetleri ve ikili ticaret hacimleri üzerinde belirleyici rol oynadığı ortaya konmuştur (Clark vd., 2004). Dijital dönüşüm bağlamında ise denizcilik sektöründe bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımı, iř süreçlerinde verimlilik, sürdürülebilirlik ve yeni iř modellerinin gelişimi açısından kritik bir araştırma alanı hâline gelmiştir (Jović vd., 2022). Ayrıca, yapılan literatür incelemeleri deniz taşımacılığı araştırmalarının genellikle liman yönetimi, gemi taşımacılığı, denizcilik güvenliği ve piyasa yapıları gibi temalar etrafında yoğunlaştığını göstermektedir (Shi & Li, 2017). Bunun yanında, küresel ticaretteki yapısal dönüşümler ve gelişmekte olan ülkelerin artan rolü de deniz taşımacılığına yönelik çalışmalarda önemli bir odak noktası olarak ele alınmıştır (Valentine vd., 2013). Son olarak, COVID-19 pandemisinin ortaya çıkardığı liman tıkanıklıkları, tedarik zinciri aksamaları ve operasyonel zorluklar, sektörde dayanıklılık, teknolojik yenilik ve iř birliği konularının önemini daha da artırmıştır (Xiao & Xu, 2024).

Literatürde, deniz taşımacılığı ve liman yönetimi alanında çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı birçok araştırma da bulunmaktadır. Örneğin; Stanković vd. (2021), liman bölgelerinin sürdürülebilirliğini sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla bütüncül bir biçimde değerlendirmek üzere Entropi ve PROMETHEE yöntemlerini kullanarak bileşik bir

endeks geliştirmiştir. Sudjono vd. (2025) ise Endonezya'da gemi yükleme ekipmanlarının seçim sürecini çevresel sürdürülebilirlik ve operasyonel verimlilik kriterlerini dikkate alarak IT2F AHP-TOPSIS çerçevesinde analiz etmiştir. Chou (2010), Güneydoğu Asya'da aktarma limanı seçimini bulanık ÇKKV yaklaşımıyla ele almış ve transshipment ağındaki rekabeti değerlendirmiştir. Görçün & Küçükönder (2021) Karadeniz Bölgesi'nde Ro-Ro liman seçimine yönelik olarak CRITIC ve EDAS yöntemlerini bütünleştiren bir yaklaşım geliştirmiştir. Wang & Li (2025), yeşil deniz taşımacılığında alternatif yakıtlar ve enerji verimliliği stratejilerini önceliklendirmek için bulanık AHP-MOORA yöntemini uygulamışlardır. Benzer Şekilde, Celik & Akyuz (2018) gemi yükleyici seçiminde belirsizlikleri yönetebilmek için IT2FAHP ve TOPSIS yöntemlerini birleştirmiştir. Ayrıca, Görçün (2021) Karadeniz Bölgesi'ndeki konteyner limanlarının performansını Entropi tabanlı hibrit modellerle analiz etmiştir.

Bu alışmalar, farklı bağlamlarda çok kriterli karar verme yöntemlerinin deniz taşımacılığına uygulanabilirliğini göstermekte ve liman seçimi, sürdürülebilirlik, verimlilik ve çevresel etki gibi konulara odaklanmaktadır. Ancak mevcut literatür incelendiğinde, ülkelerin deniz taşımacılığı performanslarının çok kriterli bir yaklaşım ile karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Çoğu araştırma tek bir liman, bölge ya da operasyonel süreç üzerinde yoğunlaşırken, makro ölçekte ülkeler arası performans kıyaslaması nadiren ele alınmıştır.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada, bütünleşik MEREC-ARAS değerlendirme modeliyle Liner Shipping Connectivity Index sıralamasında 2024 yılı itibariyle ilk dörtte yer alan ülkeleri deniz taşımacılığı performanslarına göre sıralamak hedeflenmiştir. Birleşmiş

Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD) tarafından yayımlanan verilerden derlenen 8 kriterin ağırlığı MEREC yöntemiyle belirlenmiş ve ülkeler deniz taşımacılığı performanslarına göre ARAS tekniğiyle değerlendirilmiştir. Sonraki bölümde, sırasıyla MEREC ve ARAS tekniklerine ve bu tekniklerin uygulama aşamalarına değinilmiştir.

3.1. MEREC Yöntemi

Objektif ağırlıkların belirlenmesine yönelik yöntemlerden biri olan MEREC, Keshavarz-Ghorabae ve arkadaşları tarafından 2021 yılında literatüre kazandırılmıştır (Keleş, 2023). Alternatiflerin, belirli kriterler çıkarıldığında sergiledikleri performans ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi arasında nedensel bir ilişki bulunduğundan, MEREC yöntemi istatistiksel verilerin nesnellliğini yeni bakış açısıyla ortaya koymaktadır (Fan vd., 2024). MEREC yöntemi, kriterlerin genel performans üzerindeki kaldırılma etkilerine dayanmaktadır. Yöntem, doğrusal olmayan bir fonksiyon içeren logaritmik bir ölçüt kullanmaktadır (Keleş, 2023). MEREC, birbiriyle çelişen birden fazla kriterin görece objektif ağırlıklarını belirleyebilme yeteneğine sahiptir (Narang vd., 2023). Bu yöntemin uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir (Keshavarz-Ghorabae vd., 2021):

1. Aşama: Alternatif sayısının n ve kriter sayısının m ile gösterildiği başlangıç karar matrisi oluşturulur.

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

2. Aşama: Karar matrisi standardize edilir.

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

3. Aşama: Alternatiflere ilişkin genel performans değerleri hesaplanır.

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

4. Aşama: Alternatiflere ilişkin kısmi performans değerleri hesaplanır. Bu hesaplama yapılırken her bir kriter sırasıyla çıkarılarak kısmi performans değeri hesaplanır.

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

5. Aşama: Mutlak sapmaların toplam değeri hesaplanır.

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

6. Aşama: Kriterlerin ağırlık değerleri hesaplanır.

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

Burada w_j , j . kriterin ağırlığını ifade eder.

3.2. ARAS Yöntemi

ARAS yöntemi, Zavadskas ve Turskis (2010) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde alternatiflerin öncelikleri, fayda fonksiyonu değerlerine göre belirlenmektedir. Ayrıca, alternatiflerin sıralanmasında ve iyileştirilmesinde, optimal alternatif ile olan oran büyük önem taşımaktadır (Adalı & Tuş, 2023). ARAS yöntemi, karmaşık karar verme problemlerini basitleştirmeyi ve alternatifler arasındaki farklılıkları ideal çözüme göre yansıtan, farklı ölçü birimlerinin etkisini ortadan kaldıran fayda derecesi aracılığıyla en iyi alternatifi seçmeyi

amaçlamaktadır (Liu & Xu, 2021). ARAS yöntemine göre, rasyonel bir alternatifin görelî karmaşık etkinliğini belirleyen fayda fonksiyonu, projede dikkate alınan temel kriterlerin değerleri ile bu kriterlere atfedilen ağırlıkların görelî etkisiyle doğru orantılıdır (Turskis & Zavadskas, 2010). Yöntemin uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir (Zavadskas & Turskis, 2010):

1. Aşama: Alternatif sayısının n ve kriter sayısının m ile gösterildiği karar matrisi oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & \cdots & x_{0j} & \cdots & x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

2. Aşama: Optimal değerler, Eşitlik (8) ve (9) yardımıyla hesaplanır.

$$x_{0j} = \max_i x_{ij}, \text{ eğer } \max_i x_{ij} \text{ fayda durumu,} \quad (8)$$

$$x_{0j} = \min_i x_{ij}, \text{ eğer } \min_i x_{ij} \text{ maliyet durumu} \quad (9)$$

3. Aşama: Fayda ve maliyet yönlü kriterler için karar matrisi normalize edilir.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad \text{fayda yönlü,} \quad (10)$$

$$x_{ij} = \frac{1}{x_{ij}^*}; \bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad \text{maliyet yönlü.} \quad (11)$$

4. Aşama: Ağırlıklı standardize karar matrisi elde edilir.

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} w_j; i = 0, m, \quad (12)$$

Burada w_j , j . kriterin ağırlığını (önem derecesini), \bar{x}_{ij} ise j . kriterinin normalize edilmiş değerini ifade etmektedir.

5. Aşama: Optimalite fonksiyonunun değerleri hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}; i = \overline{0, m} \quad (13)$$

Burada S_i , i . alternatifin optimalite fonksiyonu değerini ifade etmektedir.

6. Aşama: Alternatiflerin fayda dereceleri hesaplanır.

Optimalite fonksiyonu S_i , kriter değerleri x_{ij} ve ağırlıkları w_j ile doğru orantılıdır. S_i değeri arttıkça alternatifin etkinliği yükselir ve öncelikleri bu değere göre belirlenir. Yöntem, alternatiflerin değerlendirilmesi ve sıralanmasında kolaylık sağlar. Alternatifin fayda derecesi K_i , ilgili alternatifin ideal en iyi çözüm S_0 ile karşılaştırılmasıyla hesaplanır.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}; i = \overline{0, m} \quad (14)$$

Burada S_i ve S_0 , Denklem (13)'ten elde edilen optimalite kriteri değerleridir.

K_i değerleri 0 ile 1 arasında değişmektedir ve K_i değeri en büyük olan alternatif, en uygun alternatif olarak kabul edilmektedir.

4. ANALİZ VE BULGULAR

Bu çalışmada, Çin, Güney Kore, Singapur ve ABD'nin deniz taşımacılığı performanslarını değerlendirmek hedeflenmiştir. Çalışmada, ülkeler sekiz kriter temelinde incelenmiştir. Bu kriterler, Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD) tarafından yayımlanan verilerden derlenmiştir. Tablo 1'de kriterlere ilişkin bilgiler sunulmuştur.

Tablo 1. Kriterler

Kod	Kriter	Birim	Max/min	Yıl
K1	Ülke bazında sahiplik esasına göre dünya ticaret filosu değerindeki pay	Küresel filo değerinin yüzdesi	Max	2025
K2	Yük türüne göre dünya deniz taşımacılığı (toplam boşaltılan yük)	Bin metrik ton	Max	2023
K3	Konteyner liman elleçleme hacmi	TEU*	Max	2023
K4	Limanda ortalama kalış süresi (tüm gemiler)	Gün	Min	2023
K5	Gemi başına ortalama yük taşıma kapasitesi (tüm gemiler)	dwt*	Max	2023
K6	Konteyner gemisi başına ortalama konteyner taşıma kapasitesi (tüm gemiler)	TEU	Max	2023
K7	Gemi inşa edilen ülkeye göre gemi tonajı	Gros Tonaj	Max	2024
K8	Limana ziyaret sayısı (tüm gemiler)	Sefer (Calls)	Max	2023

*TEU: Twenty foot Equivalent Unit, dwt: deadweight tonnage

Çalışmada yararlanılan 1 kriter (K4) maliyet yönlü iken kalan tüm kriterler fayda yönlüdür. Tablo 2’de alternatifler ve kriterler özelinde derlenen karar matrisi sunulmuştur.

Tablo 2. Karar Matrisi

Kod	Ülke	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A1	Çin	12,38	2656686	279793800	1,05	46551	4561	39118358	263460
A2	Güney Kore	3,7	559133	30003141	0,85	21528	2990	20090872	105500
A3	Singapur	5,58	208434	39010000	0,73	17224	5345	160460	56934
A4	ABD	7,26	643389	54282705	1,54	49816	5691	30782	267937

Tablo 2’de yer alan değerler, Çin’in özellikle filo değeri (K1), taşınan yük miktarı (K2) ve gemi inşa tonajı (K7) bakımından belirgin bir üstünlüğe sahip olduğunu göstermektedir. Singapur, konteyner liman elleçleme hacmi (K3) ve konteyner gemisi başına ortalama kapasite (K6) açısından öne çıkmaktadır. ABD’nin, gemi başına ortalama yük kapasitesi (K5) ve liman ziyaret sayısı (K8) kriterlerinde güçlü bir konumda olduğu görülmektedir. Güney Kore ise gemi inşa tonajı (K7)

bakımından dikkat çekmekle birlikte, diğer kriterlerde daha sınırlı bir performans sergilemektedir.

4.1. MEREC Yöntemi Sonuçları

Araştırmada kullanılan 8 kriterin ağırlıkları MEREC yöntemi yardımıyla belirlenmiştir. Bu doğrultuda, ilk olarak başlangıç karar matrisinin her bir elemanı için normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve normalize karar matrisi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Normalize Karar Matrisi

Kod	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A1	0,301	0,078	0,107	0,682	0,370	0,656	0,001	0,216
A2	1,000	0,373	1,000	0,552	0,800	1,000	0,002	0,540
A3	0,668	1,000	0,769	0,474	1,000	0,559	0,192	1,000
A4	0,514	0,324	0,553	1,000	0,346	0,525	1,000	0,212

Sonraki adımda alternatiflerin genel performans değerleri (S_i) belirlenmiş ve bu hesaplanan değerler Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. S_i Değerleri

S_i	Değer
S1	1,117
S2	0,748
S3	0,375
S4	0,534

Sonraki adımda ise her bir alternatifin kısmi performans değerleri (S'_{ij}) hesaplanmış ve bu değerler Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. S'_{ij} Değerleri

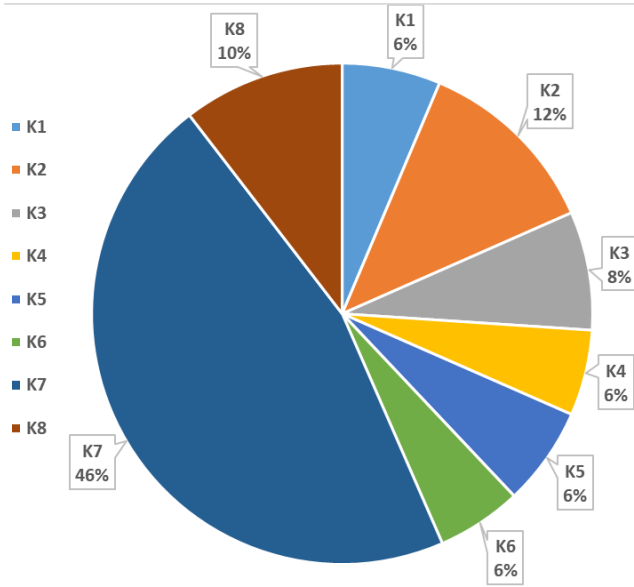
Ülke	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A1	1,067	1,008	1,022	1,102	1,076	1,100	0,772	1,053
A2	0,748	0,688	0,748	0,712	0,735	0,748	0,264	0,711
A3	0,340	0,375	0,353	0,309	0,375	0,324	0,222	0,375
A4	0,484	0,447	0,489	0,534	0,453	0,485	0,534	0,413

Son adımda ise kriterlere ilişkin mutlak sapma değerleri, bu değerlerin toplamını ifade eden E_j değeri ve kriterlerin nihai ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu değerler, Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. E_j Değerleri ve Nihai Ağırlıklar (w_j)

Değer	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
E _j	0,136	0,256	0,163	0,118	0,136	0,117	0,982	0,222
w _j	0,064	0,120	0,077	0,055	0,064	0,055	0,461	0,104

MEREC yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre en yüksek ağırlık K7 (0,461) kriterine ait olup, “gemi inşa edilen ülkeye göre gemi tonajı” kriteri denizcilik sektöründe en belirleyici faktör olarak öne çıkmıştır. Buna karşılık, en düşük ağırlık değerleri K4 (0,055) “limanda ortalama kalış süresi” ve K6 (0,055) “konteyner gemisi başına ortalama kapasite” kriterlerine aittir. Bu bulgu, sektörel rekabet gücünde gemi inşa kapasitesinin kritik rol oynadığını, operasyonel verimlilik göstergelerinin ise daha sınırlı etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Kriterlerin ağırlıklarına ilişkin dağılım Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kriterlerin Ağırlıkları

4.2. ARAS Yöntemi Sonuçları

MEREC yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenmesinden sonra ülkeleri sıralamak için ARAS tekniğinden yararlanılmıştır.

Bu doğrultuda, ilk olarak başlangıç karar matrisi (Tablo 2) ARAS yöntemine göre normalize edilmiş ve sonuçlar Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Normalize Karar Matrisi

Kod	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A1	0,300	0,395	0,410	0,173	0,252	0,188	0,397	0,274
A2	0,090	0,083	0,044	0,213	0,116	0,123	0,204	0,110
A3	0,135	0,031	0,057	0,248	0,093	0,220	0,002	0,059
A4	0,176	0,096	0,079	0,118	0,269	0,234	0,000	0,279
Optimal Değer	0,300	0,395	0,410	0,248	0,269	0,234	0,397	0,279

Sonraki adımda, standardize karar matrisinin her bir elemanı ile kriterlerin ağırlıkları çarpılarak ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulmuştur. Tablo 8’de ağırlıklı normalize karar matrisi sunulmuştur.

Tablo 8. Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi

Kod	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A1	0,0191	0,0475	0,0313	0,0095	0,0161	0,0103	0,1831	0,0286
A2	0,0057	0,0100	0,0034	0,0118	0,0074	0,0068	0,0940	0,0115
A3	0,0086	0,0037	0,0044	0,0137	0,0059	0,0121	0,0008	0,0062
A4	0,0112	0,0115	0,0061	0,0065	0,0172	0,0129	0,0001	0,0291
Optimal Değer	0,0191	0,0475	0,0313	0,0137	0,0172	0,0129	0,1831	0,0291

Sonraki adımda ise, sırasıyla alternatiflerin optimalite fonksiyon değerleri (S_i) ve fayda dereceleri (K_i) hesaplanmıştır. Son olarak, alternatiflerin fayda derecelerinden hareketle nihai sıralamaları belirlenmiştir. Alternatiflere ilişkin elde edilen değerler ve nihai sıralama sonuçları Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9. S_i , K_i Değerleri ve Nihai Sıralamalar

Kod	S_i	K_i	Sıra
A1	0,346	0,976	1
A2	0,151	0,425	2
A3	0,055	0,156	4
A4	0,095	0,267	3
Optimal Değer	0,354	1	

Tablo 9’da yer alan sonuçlara göre Çin (A1), optimal değere en yakın alternatif olup ilk sırada yer almaktadır. Ardından Güney Kore (A2) ikinci, ABD (A4) üçüncü ve Singapur (A3)

dördüncü sırada konumlanmıştır. Bu bulgular, deniz taşımacılığı performansı açısından en güçlü ülkenin Çin olduğunu, onu sırasıyla Güney Kore ve ABD'nin izlediğini, Singapur'un ise görece daha düşük bir performans sergilediğini göstermektedir.

4.3. Duyarlılık Analizi

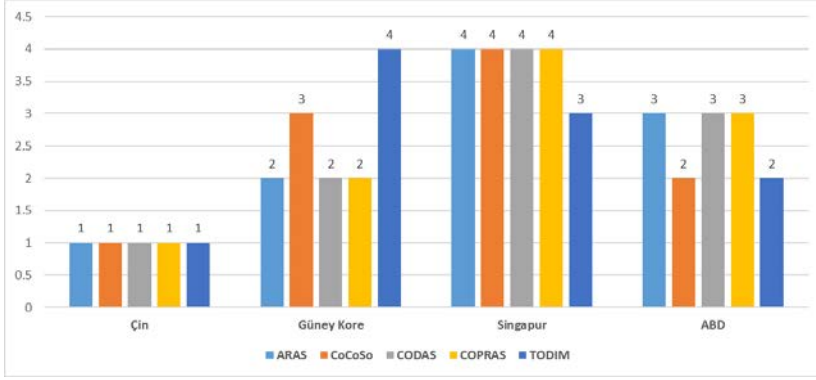
Bu çalışmada önerilen entegre MEREC-ARAS yaklaşımının sıralama sonuçlarının tutarlılığını değerlendirmek amacıyla duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, ARAS yönteminin sonuçları ile CoCoSo, CODAS, COPRAS ve TODIM yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Farklı çok kriterli karar verme tekniklerini karşılaştırırken MEREC yöntemi kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Tablo 10'da ARAS yöntemiyle karşılaştırılan diğer çok kriterli karar verme tekniklerinin sıralama skorları ve sonuçları sunulmuştur.

Tablo 10. Duyarlılık Analizi Sonuçları

Ülke	CoCoSo		CODAS		COPRAS		TODIM	
	Skor	Sıra	Skor	Sıra	Skor	Sıra	Skor	Sıra
A1	5,330	1	1,106	1	1,000	1	1,000	1
A2	2,270	3	0,093	2	0,431	2	0,000	4
A3	1,390	4	-0,705	4	0,141	4	0,070	3
A4	2,430	2	-0,462	3	0,245	3	0,510	2

Duyarlılık analizi sonuçları, bütün yöntemlerde Çin'in birinci sırada yer aldığını ve böylece ülkenin denizcilik sektöründeki lider konumunun yöntemler arasında tutarlı biçimde doğrulandığını göstermektedir. Güney Kore genel olarak ikinci sırada konumlanırken CoCoSo yönteminde üçüncü sıraya ve TODIM yönteminde son sıraya gerilemiştir. ABD çoğu yöntemde üçüncü sırada yer almakla birlikte TODIM ve CoCoSo yöntemlerinde ikinci sıraya yükselmiştir. Singapur ise TODIM tekniği hariç diğer tüm yöntemlerde son sırada kalmış ve en düşük performansı göstermiştir. Dolayısıyla, yöntemler arasında kısmi farklılıklar bulunsa da sıralama sonuçlarının genel olarak örtüştüğü, bu durumun ise MEREC-ARAS yaklaşımının tutarlılığını ve güvenilirliğini desteklediği ifade edilebilir. Şekil

2’de ARAS ve diğer yöntemlerin sıralama sonuçlarındaki değişimler sunulmuştur.



Şekil 2. ARAS ve Diğer Tekniklerin Karşılaştırılması

ARAS ve diğer çok kriterli karar verme tekniklerinin sıralama sonuçları arasındaki korelasyonu hesaplamak amacıyla Spearman sıra korelasyon testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 11’de sunulmuştur.

Tablo 11. Spearman Sıra Korelasyon Katsayıları

Yöntem	ARAS	CoCoSo	CODAS	COPRAS	TODIM
ARAS	1	0,800	1	1	0,400
CoCoSo	0,800	1	0,800	0,800	0,800
CODAS	1	0,800	1	1	0,400
COPRAS	1	0,800	1	1	0,400
TODIM	0,400	0,800	0,400	0,400	1

Tablo 11’den elde edilen Spearman sıra korelasyon sonuçlarına göre ARAS, CODAS ve COPRAS yöntemleri arasında tam bir uyum ($\rho = 1,0$) bulunmaktadır. Bu durum, söz konusu yöntemlerin aynı sıralamaları ürettiğini göstermektedir. CoCoSo yöntemi diğer yöntemlerle yüksek düzeyde korelasyon ($\rho = 0,8$) göstermekte olup, genel olarak benzer sonuçlar vermektedir. TODIM yöntemi ise ARAS, CODAS ve COPRAS ile daha düşük ($\rho = 0,4$), CoCoSo ile daha yüksek ($\rho = 0,8$) düzeyde korelasyona sahiptir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Çin, Güney Kore, Singapur ve ABD'nin deniz taşımacılığı performansları 8 kriter temelinde değerlendirilmiştir. Kriter ağırlıkları MEREC yöntemiyle belirlenmiş ve ülkeler ARAS yöntemi kullanılarak deniz taşımacılığı performansları açısından sıralanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Çin'in deniz taşımacılığı performansı açısından en güçlü ülke olduğunu ve tüm yöntemlerde lider konumunu koruduğunu ortaya koymaktadır. Güney Kore ikinci sırada yer almakla birlikte, TODIM yönteminde görece olarak daha zayıf bir performans göstermiştir. ABD, gemi başına ortalama yük kapasitesi ve liman ziyaret sayısı bakımından güçlü bir konuma sahip olup çoğu yöntemde üçüncü sırada yer almıştır. Singapur ise konteyner liman elleçleme hacmi ve konteyner gemisi kapasitesi kriterlerinde nispeten iyi performansa sahip olmasına rağmen genel performans açısından son sırada yer almaktadır. Duyarlılık analizi sonuçları, farklı çok kriterli karar verme yöntemleriyle yapılan değerlendirmelerde sıralamaların büyük ölçüde benzerlik gösterdiğini ve Çin'in tüm yöntemlerde birinci sırada yer aldığını göstermektedir. Bu bulgu, entegre MEREC-ARAS değerlendirme yaklaşımının sonuçlarının tutarlılığını desteklemektedir.

Mevcut çalışmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. Öncelikle analiz yalnızca dört ülkeyi kapsamış olup, daha geniş bir ülke grubunun dahil edilmesi sonuçların genellenebilirliğini artırabilir. Ayrıca veriler belirli yıllara (2023–2025) ait olup, zaman içerisindeki değişimlerin dikkate alınmaması sonuçların dinamik yapısını sınırlamaktadır. Kullanılan kriterler deniz taşımacılığı performansını kapsamlı biçimde yansıtsa da çevresel sürdürülebilirlik, dijitalleşme ve lojistik entegrasyon gibi güncel faktörler çalışmada yer almamıştır. Gelecek araştırmalarda, daha fazla ülke ve farklı dönemler dahil edilebilir veya zaman serisi analizleriyle performansın gelişim trendlerini incelenebilir.

Ayrıca, alternatif çok kriterli karar verme yöntemleri ve bulanık mantık temelli yaklaşımların entegrasyonu, sıralama sonuçlarının sağlamlığını test etmek açısından faydalı olabilir. Bunun yanında, sürdürülebilirlik göstergelerinin ve teknolojik gelişmelerin (örneğin; yeşil liman uygulamaları, dijital lojistik çözümleri) kriter setine eklenmesi, denizcilik sektörünün gelecekteki rekabet gücüne dair daha bütüncül bir bakış açısı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

- Adalı, E. A., & Tuş, A. (2023), ARAS method based on Z-numbers in FMEA, *Quality and Reliability Engineering International*, 39(7), 3059-3081.
- Bai, X., Zhang, X., Li, K. X., Zhou, Y., & Yuen, K. F. (2021). Research topics and trends in the maritime transport: A structural topic model. *Transport Policy*, 102, 11-24.
- Celik, E., & Akyuz, E. (2018). An interval type-2 fuzzy AHP and TOPSIS methods for decision-making problems in maritime transportation engineering: the case of ship loader. *Ocean engineering*, 155, 371-381.
- Chou, C. C. (2010). Application of FMCDM model to selecting the hub location in the marine transportation: A case study in southeastern Asia. *Mathematical and computer modelling*, 51(5-6), 791-801.
- Clark, X., Dollar, D., & Micco, A. (2004). Port efficiency, maritime transport costs, and bilateral trade. *Journal of development economics*, 75(2), 417-450.
- Fan, J., Lei, T., & Wu, M. (2024), MEREC-MABAC method based on cumulative prospect theory for picture fuzzy sets: Applications to wearable health technology devices, *Expert Systems with Applications*, 255, 124749.
- Görçün, Ö. F. (2021). Efficiency analysis of Black sea container seaports: application of an integrated MCDM approach. *Maritime Policy & Management*, 48(5), 672-699.
- Görçün, Ö. F., & Küçükönder, H. (2021). An integrated MCDM approach for evaluating the Ro-Ro marine port selection process: a case study in black Sea region. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 13(3), 203-223.

- Gu, B., & Liu, J. (2025). A systematic review of resilience in the maritime transport. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 28(3), 257-278.
- Huang, X., Wen, Y., Zhang, F., Han, H., Huang, Y., & Sui, Z. (2023). A review on risk assessment methods for maritime transport. *Ocean Engineering*, 279, 114577.
- Jović, M., Tijan, E., Vidmar, D., & Pucihar, A. (2022). Factors of digital transformation in the maritime transport sector. *Sustainability*, 14(15), 9776.
- Keleş, N. (2023). Measuring performances through multiplicative functions by modifying the MEREC method: MEREC-G and MEREC-H, *International Journal of Industrial Engineering and Operations Management*, 5(3), 181-199.
- Liu, N., & Xu, Z. (2021). An overview of ARAS method: Theory development, application extension, and future challenge, *International Journal of Intelligent Systems*, 36(7), 3524-3565.
- Narang, M., Kumar, A., & Dhawan, R. (2023). A fuzzy extension of MEREC method using parabolic measure and its applications, *Journal of Decision Analytics and Intelligent Computing*, 3(1), 33-46.
- Sanchez-Gonzalez, P. L., Díaz-Gutiérrez, D., Leo, T. J., & Núñez-Rivas, L. R. (2019). Toward digitalization of maritime transport?. *Sensors*, 19(4), 926.
- Shi, W., & Li, K. X. (2017). Themes and tools of maritime transport research during 2000-2014. *Maritime Policy & Management*, 44(2), 151-169.
- Stanković, J. J., Marjanović, I., Papathanasiou, J., & 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.

Sudjono, S. S., Hakam, D. F., & Wasesa, M. (2025). Advancing towards indonesia's net zero emission goals: An in-depth multi-criteria decision making (MCDM) analysis of ship-loader operations in maritime transportation using interval type-2 fuzzy AHP and TOPSIS methods. *Energy Reports*, 14, 552-565.

Turskis, Z., & Zavadskas, E. K. (2010). A novel method for multiple criteria analysis: grey additive ratio assessment (ARAS-G) method, *Informatica*, 21(4), 597-610.

UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development), UNCTADstat Data Centre, Erişim tarihi: 30 Haziran 2025, <https://unctadstat.unctad.org/datacentre/>

Valentine, V. F., Benamara, H., & Hoffmann, J. (2013). Maritime transport and international seaborne trade. *Maritime Policy & Management*, 40(3), 226-242.

Wang, Y., & Li, J. (2025). Multi-criteria decision-making for green maritime transportation: A hybrid Fuzzy AHP-MOORA approach to reduce marine pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 216, 118023.

Wilmsmeier, G., Hoffmann, J., & Sanchez, R. J. (2006). The impact of port characteristics on international maritime transport costs. *Research in transportation economics*, 16, 117-140.

Xiao, G., & Xu, L. (2024). Challenges and opportunities of maritime transport in the post-epidemic era. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(9), 1685.

Yan, R., Wang, S., Zhen, L., & Laporte, G. (2021). Emerging approaches applied to maritime transport research: Past

and future. *Communications in Transportation Research*, 1, 100011.

Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010), A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making, *Technological and economic development of economy*, 16(2), 159-172.

ANALYZING CHANGES IN THE CONSUMER CONFIDENCE INDEX USING ENSEMBLE LEARNING ALGORITHMS

Enes FİLİZ¹

1. INTRODUCTION

Globalization fundamentally reconfigures the world into a singular, integrated marketplace where national economic isolation is no longer a viable stance. This era of global integration has led to highly fragmented production cycles, in which the distinct components of a single commodity are sourced from diverse geographical locations via complex supply chains. While such connectivity acts as a catalyst for trade expansion and cost optimization, it simultaneously binds national economies in a web of mutual reliance. Consequently, a localized financial disruption can trigger a global domino effect, reverberating across borders with systemic speed. While advanced economies leverage their technological dominance, emerging markets face the arduous task of sustaining their relevance within this fiercely competitive international landscape. In this contemporary paradigm, the rapid movement of information and capital has outpaced the circulation of physical goods. Unlike the era of traditional industrialization which required extensive periods for infrastructural growth digital ecosystems now facilitate the instantaneous transfer of vast capital across continents. This shift imparts a notable dynamism to local markets but also renders them inherently susceptible to global volatility. Furthermore, as

¹ Assist. Prof. Dr., Balıkesir University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration, ORCID: 0000-0002-8006-9467.

developed nations consolidate their lead in high value sectors like software engineering and artificial intelligence, others are confronted with the urgent necessity of structural reform to keep pace with this relentless evolution.

At the core of this techno economic volatility lies the Consumer Confidence Index (CCI), arguably the most human centric of all leading indicators. The profound interdependencies and digital acceleration catalyzed by globalization have rendered consumer psychology increasingly sensitive to global shifts. Today, reports of an economic slowdown or a localized supply chain disruption on one side of the planet can instantaneously reshape household budget plans elsewhere through digital dissemination. When future uncertainty arises signified by a contraction in the confidence index consumption patterns undergo an immediate transformation. Consequently, the stability of the global economy is predicated not merely on industrial capacity but on the consumer's propensity to spend. Should this confidence be undermined, even the most sophisticated global production infrastructures risk systematic underutilization. Within this framework, expectation management emerges as a decisive factor. Consequently, geopolitical tensions or energy supply disruptions can prompt a defensive shift in spending patterns long before these shocks manifest as price increases on retail shelves. A contraction in the CCI serves as a precursor to a broader decline in aggregate demand.

The CCI, within the multifaceted landscape of globalization, inherently generates vast datasets. Every transaction in global trade from fluctuating exchange rates and logistics trajectories to granular consumer behaviors leaves a distinct digital footprint. Advanced computational frameworks, specifically Machine Learning and Ensemble Learning algorithms, are leveraged to extract meaningful patterns from this high-dimensional data, thereby identifying emerging economic

trends. These algorithms, capable of processing global datasets in real-time, now underpin strategic decision-making frameworks regarding industrial output and credit risk assessment. Ultimately, globalization has transcended the physical movement of commodities; it has evolved into a sophisticated paradigm where billions of data points are synthesized through Machine Learning and Ensemble Learning to govern global economic flows.

Within the established framework, the academic literature contains extensive research regarding the utility and measurement of consumer confidence. Dominitz and Manski (2004) initiated fundamental inquiries into the optimal methodologies for quantifying consumer expectations. Building upon the predictive nature of these metrics, Croushore (2005) utilized real-time datasets to evaluate the accuracy and reliability of forecasts derived from confidence indices. As the scope of research expanded into financial markets, Ferrer et al. (2016) investigated the co-movements between consumer sentiment and systemic stock market collapses using high-frequency data from Europe and the United States. With the advent of the digital era, the focus shifted toward non-traditional data sources; Shayaa et al. (2018) explored the correlation between consumer confidence and social media-derived big data to understand purchasing behaviors across distinct product categories. Furthering this linguistic approach, Wang et al. (2019) leveraged microblogging content to construct a specialized consumer sentiment lexicon, utilizing frequency analysis to refine sentiment extraction under varying experimental conditions. More recently, in a regional context, Huseynli (2022) examined the causal dynamics between the CCI and sectoral indices, specifically the BIST 50 and BIST Electricity indices, within the Turkish equity market. In more recent scholarly contributions, Grzywińska-Rapca and Ptak-Chmielewska (2023) conducted a comprehensive analysis to identify which participant assessments exert a statistically

significant influence on the CCI, while simultaneously investigating cross-country and temporal variations in these evaluative frameworks. Expanding the geographical scope to emerging markets, Hardi et al. (2024) explored the determinants of consumer sentiment in Indonesia, emphasizing its significance as one of the world's primary consumer hubs.

The integration of the CCI with machine learning and ensemble learning methodologies has increasingly become a focal point in recent scholarship. For instance, Qiu (2020) introduced an innovative MIDAS framework, drawing upon the Mixed Data Sampling literature to effectively capture temporal shifts in consumer sentiment. In a methodological shift toward decision-tree analysis, Caleiro (2021) employed regression and classification trees to investigate the intricate correlations between confidence levels and unemployment rates. Furthermore, Han et al. (2023) established a sophisticated conceptual framework to map the interdependencies between index fluctuations and web-based search queries. More recently, Lin et al. (2024) proposed a hybrid two-stage model that synthesizes social network analysis with machine learning algorithms to enhance the predictive precision of the Chinese CCI. Expanding the frontier of sentiment-based forecasting, Li et al. (2025) utilized social media sentiment analysis as a primary input to predict consumer confidence trends with greater granularity.

This study specifically concentrates on the CCI within the Turkish economic context. The primary objective is to evaluate and identify which among various ensemble learning architectures provides superior performance in classifying the directional changes of the index. Furthermore, the research incorporates an advanced feature selection process to isolate and determine the most influential variables that drive these index fluctuations. By identifying these key determinants, the study

seeks to offer a more granular understanding of the factors that govern consumer sentiment in Türkiye's unique market dynamics.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Data Set

In accordance with the research objectives, this study analyzes the CCI within the Turkish economic landscape. To determine the most effective ensemble learning architecture for classifying CCI fluctuations and to identify the primary determinants of these shifts through feature selection, a comprehensive dataset was meticulously constructed. The data, spanning a monthly time-series interval from June 2013 to December 2025, was retrieved from the Electronic Data Delivery System of the Central Bank of the Republic of Türkiye (CBRT). The analytical framework incorporates a total of 19 variables, comprising 18 independent predictors and one dependent variable. For the purpose of this study, the CCI serves as the dependent variable, modeled through a binary classification approach: instances where the index value decreased relative to the previous month were coded as ‘0’, while monthly increases were coded as ‘1’. The specific variables integrated into the model are delineated in Table 1.

Table 1. Variables and their definitions used in the study.

<i>Variable Name</i>	<i>Variable definition</i>	<i>Variable Type</i>
Household financial situation	Compared to 12 months ago, in the current period	Independent Variables
Household financial situation expectations	In the next 12-month period	
General economic situation	Compared to 12 months ago, in the current period	
General economic situation expectations	In the next 12-month period	
Expectations regarding the number of unemployed	In the next 12-month period	
Intention to spend on semi-durable consumer goods	Compared to the previous 3-month period, in the next 3-month period	

Suitability of the current period for purchasing durable consumer goods	
Intention to spend on durable consumer goods	Compared to the previous 12-month period, in the next 12-month period
Suitability of the current period for saving	
The household's current financial situation	
Probability of saving	In the next 12-month period
Probability of borrowing to finance consumption	In the next 3-month period
Thoughts on changes in consumer prices	In the past 12-month period
Expectations regarding changes in consumer prices	In the next 12-month period compared to the past 12-month period
Expectations regarding changes in wages	In the next 12-month period compared to the past 12-month period
Probability of purchasing a car	In the next 12-month period
Probability of spending money on home repairs	In the next 12-month period
Probability of purchasing or building a home	In the next 12-month period
Consumer Confidence Index	Dependent Variable

2.2. Algorithms

2.2.1. Machine Learning Algorithms

Consistent with the research objectives, ensemble learning architectures will be deployed to classify shifts in the CCI. Machine learning algorithms, which constitute the foundational bedrock of ensemble methodologies, play a pivotal role in this analytical framework. Fundamentally, machine learning is rooted in mathematical modeling and computational statistics, serving as a robust tool for classification, clustering, and forecasting by identifying latent patterns and intricate correlations within complex datasets. The operational workflow initiates with raw data acquisition, followed by feature engineering and the selection of an optimal algorithmic structure, culminating in model optimization through rigorous training. At the core of data driven decision-making, this discipline seeks to achieve superior accuracy by maintaining a sophisticated

equilibrium between a model's generalization capacity and the risks of overfitting. In this context, the study integrates specific decision tree variants namely, the C4.5, Decision Stump, and Naive Bayes Tree (NB Tree) architectures. The C4.5 algorithm, developed by Quinlan (1993) to transcend the limitations of the ID3 framework, is particularly notable for its ability to handle both categorical and continuous variables. By refining the information gain criteria at each branching node, C4.5 addresses the inherent inadequacies of earlier iterative dichotomizers (Quinlan, 2014; Filiz, 2023). The Decision Stump is characterized as a fundamental weak learner, frequently utilized as a base classifier within boosting frameworks. This one-level decision tree executes either entropy-based classification or mean squared error driven regression, depending on the nature of the target variable. A distinguishing feature of this architecture is its robust handling of missing data, which is treated as an autonomous value during the splitting process (Freund & Schapire, 1997). Furthermore, the Naive Bayes Tree (NB Tree) is conceptualized as a hybrid computational model that synthesizes the hierarchical partitioning strengths of decision trees with the probabilistic inferential power of the Naive Bayes algorithm. Unlike conventional decision trees that assign a singular class label to terminal leaf nodes, the NB Tree incorporates a functional Naive Bayes classifier at each leaf, operating on the specific subset of data defined by that branch (Kohavi, 1996).

2.2.2. Ensemble Learning Algorithms

Consistent with the research objectives, ensemble learning methodologies will be deployed to classify fluctuations in the CCI. Ensemble learning transcends the limitations of individual predictors by strategically integrating multiple learning algorithms to construct a more robust and high-performing model. The fundamental aim of this paradigm is to mitigate systematic errors, such as intrinsic bias and high

variance, which often compromise the reliability of singular models. By offering a hybrid architecture, ensemble learning exhibits resilience against noise within complex datasets, optimizes the balance between generalization and overfitting, and achieves predictive accuracy that frequently surpasses the latent capacity of standalone algorithms. Within this framework, the study utilizes the Adaptive Boosting (AdaBoost), Bagging, and Dagging ensemble techniques. AdaBoost, specifically the AdaBoost M1 variant, is conceptualized as a meta-algorithm designed to enhance the performance of a discrete classifier. This method focuses exclusively on categorical classification problems by iteratively reweighting data instances based on the accuracy of previous classifications. While AdaBoost typically facilitates significant gains in predictive performance, it remains sensitive to outliers and, in certain scenarios, may be susceptible to overfitting (Freund & Schapire, 1996; Khan & Kirubanand, 2019; Filiz, 2023). Bagging, or Bootstrap Aggregating, is conceptualized as an ensemble meta algorithm specifically engineered to mitigate variance within a predictive model. Depending on the nature of the underlying base learner, this framework is capable of executing both high-precision classification and robust regression. Furthermore, Bagging is recognized in contemporary scholarship for its efficacy in addressing class imbalance problems, providing a stabilized performance across skewed datasets (Breiman, 1996; Moretti et al., 2015; Filiz, 2023). The operational mechanism of Bagging involves partitioning the dataset into independent, balanced subsets, whereby each segment is utilized to train a discrete instance of the base algorithm. The final output is subsequently derived through an aggregation process, typically involving a majority voting mechanism or averaging, to consolidate the individual models. This architectural design is particularly advantageous for optimizing algorithms with high computational complexity; by distributing the workload, it effectively manages

scenarios where processing demands would otherwise escalate quadratically relative to dataset expansion (Ting & Witten, 1997).

2.2.3. Correlation Attribute Feature Selection Algorithms

In accordance with the study's objectives, identifying the primary determinants that influence the classification of CCI fluctuations is essential. To achieve this, feature selection algorithms are deployed to isolate the most significant predictors. Feature selection is conceptualized as the systematic elimination of redundant or non-contributory variables to streamline the model without compromising its predictive integrity. The central goal of this process is to achieve a classification performance that is comparable to, or potentially superior to, results obtained with the full dataset, while utilizing a more parsimonious set of variables. Within this framework, the Correlation Attribute Evaluation algorithm is utilized. This method evaluates the discriminative power of each independent variable by calculating the Pearson correlation coefficient between the feature and the target class. During this procedure, categorical variables are processed at a granular level; specifically, each sub value is transformed into a binary indicator variable. The aggregate correlation score for a categorical feature is then determined through a weighted average of these indicator components, ensuring a robust assessment of its impact on the target variable (Jiang et al., 2009; Filiz & Öz, 2019).

2.2.4. Classification Performance Measures

In alignment with the research objectives, various ensemble learning architectures are employed to classify fluctuations in the CCI. To evaluate the efficacy of these models, a comprehensive set of performance metrics is utilized, including Accuracy (Acc), the Kappa Statistic (κ), Precision, and Mean Absolute Error (Mae). Accuracy serves as the primary

benchmark for assessing classification performance, representing the ratio of correctly classified instances to the total number of observations; higher accuracy values signify superior model performance. However, to ensure a more robust evaluation, the Kappa Statistic (κ) is utilized to measure the agreement between predicted and actual classes, adjusted for the possibility of chance. A κ value approaching 1.0 indicates near-perfect classification reliability. Furthermore, Precision is incorporated as a critical metric to evaluate the exactness of the model, with values closer to 1.0 reflecting a higher degree of predictive quality. Conversely, Mean Absolute Error (Mae) is employed to quantify the magnitude of classification errors. Unlike the aforementioned success metrics, a lower Mae value is indicative of a more refined and successful classification algorithm, as it represents a minimized deviation between the predicted probabilities and the actual outcomes.

3. APPLICATION

In accordance with the research objectives, the analysis specifically focuses on the CCI in Türkiye, utilizing diverse ensemble learning architectures to classify directional shifts in the index. The experimental procedure is structured into three distinct phases to ensure a rigorous comparative evaluation:

Phase 1: Baseline Classification using the Full Feature Set

In the initial stage, all identified independent variables are integrated into the ensemble learning models. This phase serves as a baseline to establish the initial classification performance of the AdaBoost, Bagging, and Dagging algorithms in predicting CCI fluctuations before any dimensionality reduction is applied.

Phase 2: Identification of Key Determinants via Feature Selection

The second stage involves the application of the Correlation Attribute Evaluation algorithm to the dataset. The objective here is to isolate the most influential variables by quantifying their discriminative power. This systematic filtering process identifies the core predictors that most significantly impact the classification of consumer sentiment changes in the Turkish market.

Phase 3: Optimized Classification using Effective Variables

In the final stage, the ensemble learning algorithms are re-executed, utilizing only the subset of effective variables identified in Phase 2. This comparative phase aims to determine whether a more parsimonious model can achieve equal or superior predictive accuracy, thereby enhancing both the computational efficiency and the interpretability of the results.

4. FINDINGS

The study focuses on the CCI value in Türkiye in line with its purpose and application section. In this context, the classification of the CCI change value was performed using different ensemble learning algorithms. Accordingly, the study was conducted in three phases.

According to the first phase of the study, results were obtained by using different ensemble learning algorithms to classify the change in the CCI in Türkiye using all variables, and the results are shown in Table 2, Table 3, and Table 4.

Table 2. Classification performance results according to the AdaBoost algorithm using all variables

	<i>AdaBoost</i>		
	<i>C4.5</i>	<i>Decision Stump</i>	<i>NB Tree</i>
<i>Acc</i>	58,9%	57,0%	55,6%
<i>κ statistic</i>	0,1699	0,1332	0,1081
<i>Precision</i>	0,5930	0,5690	0,5550
<i>Mae</i>	0,4677	0,4771	0,4847

Table 3. Classification performance results according to the Bagging algorithm using all variables

	<i>Bagging</i>		
	<i>C4.5</i>	<i>Decision Stump</i>	<i>NB Tree</i>
<i>Acc</i>	54,3%	58,9%	58,3%
<i>κ statistic</i>	0,0806	0,1724	0,1613
<i>Precision</i>	0,5420	0,5910	0,5820
<i>Mae</i>	0,4698	0,4780	0,4691

Table 4. Classification performance results according to the Dagging algorithm using all variables

	<i>Dagging</i>		
	<i>C4.5</i>	<i>Decision Stump</i>	<i>NB Tree</i>
<i>Acc</i>	49,7%	54,3%	49,7%
<i>κ statistic</i>	0,0122	0,0782	0,0113
<i>Precision</i>	0,4940	0,5420	0,4950
<i>Mae</i>	0,4962	0,4845	0,4953

According to the results presented in Table 2, the C4.5 decision tree yielded the most successful classification performance under the AdaBoost algorithm, achieving an accuracy rate of 58.9%. This finding is further corroborated by a κ statistic of 0.1699, a Precision of 0.5930, and a Mae of 0.4677. Similarly, the data in Table 3 indicates that the Decision Stump architecture emerged as the most effective model when integrated with the Bagging algorithm, also attaining an accuracy of 58.9%. This performance is substantiated by a κ value of 0.1724, a Precision of 0.5910, and an Mae of 0.4780.

Furthermore, as delineated in Table 4, the Dagging algorithm reached its highest classification success using the Decision Stump base learner, with an accuracy rate of 54.3%. These results are formally recorded with a κ statistic of 0.0782, a Precision of 0.5420, and an Mae of 0.4845.

According to the second phase of the study, the variables affecting the classification of the CCI change value in Türkiye were determined using the Correlation Feature Selection Algorithm, and the results are shown in Table 5.

Table 5. Effective variables and their levels of importance that play an active role in classifying changes in the CCI

<i>Effective variables</i>	<i>Level of importance</i>
Probability of purchasing or building a home (In the next 12-month period)	0,2700
Probability of saving (In the next 12-month period)	0,1893
Probability of purchasing a car (In the next 12-month period)	0,1645

As delineated in Table 5, the Correlation Attribute Evaluation identified three primary determinants that exert a significant influence on the classification of CCI fluctuations. Ranked by their predictive power, the most influential variable is the ‘Probability of purchasing or building a home (In the next 12-month period)’, which yielded a correlation coefficient of 0.2700. This is followed by the ‘Probability of saving (In the next 12-month period)’ at 0.1893, and the ‘Probability of purchasing a car (In the next 12-month period)’ with a coefficient of 0.1645. These scores underscore the critical role that long term financial expectations and high value expenditure intentions play in shaping consumer sentiment trends in Türkiye.

In the third phase of the research, the ensemble learning models were re evaluated using only the prioritized feature set identified in the previous phase. The performance metrics for

these optimized models are detailed in Table 6, Table 7, and Table 8. This stage aimed to determine the extent to which focusing on high impact variables specifically intentions regarding housing, saving, and vehicle purchases enhances the classification accuracy of the Turkish CCI.

Table 6. Classification performance results according to the AdaBoost algorithm using effective variables

	<i>AdaBoost</i>		
	<i>J48</i>	<i>Decision Stump</i>	<i>NB Tree</i>
<i>Acc</i>	60,3%	64,2%	60,3%
<i>κ statistic</i>	0,1967	0,2796	0,1967
<i>Precision</i>	0,6080	0,6450	0,6080
<i>Mae</i>	0,4684	0,4641	0,4665

Table 7. Classification performance results according to the Bagging algorithm using effective variables

	<i>Bagging</i>		
	<i>J48</i>	<i>Decision Stump</i>	<i>NB Tree</i>
<i>Acc</i>	59,6%	58,9%	64,2%
<i>κ statistic</i>	0,1844	0,1721	0,2821
<i>Precision</i>	0,5990	0,5910	0,6420
<i>Mae</i>	0,4655	0,4690	0,4622

Table 8. Classification performance results according to the Dagging algorithm using effective variables

	<i>Dagging</i>		
	<i>J48</i>	<i>Decision Stump</i>	<i>NB Tree</i>
<i>Acc</i>	60,3%	60,9%	60,3%
<i>κ statistic</i>	0,1974	0,2146	0,2009
<i>Precision</i>	0,6070	0,6090	0,6030
<i>Mae</i>	0,4698	0,4614	0,4767

As presented in Table 6, the AdaBoost algorithm achieved its optimal classification performance when utilizing the Decision Stump base learner, reaching an accuracy of 64.2%. This result is further validated by a κ statistic of 0.2796, a Precision of 0.6450,

and a Mae of 0.4641. Similarly, the findings in Table 7 indicate that the Bagging ensemble produced its most successful outcomes in conjunction with the NB Tree architecture, also attaining a 64.2% accuracy rate. This performance is substantiated by a κ value of 0.2821, a Precision of 0.6420, and an Mae of 0.4622. Furthermore, as delineated in Table 8, the Dagging algorithm reached its highest success level using the Decision Stump base learner, yielding an accuracy of 60.9%. This classification performance is formally supported by a κ statistic of 0.2146, a Precision of 0.6090, and an Mae of 0.4614.

5. DISCUSSION AND CONCLUSION

In terms of research objectives and practical application, this study provides a focused analysis of the CCI in Türkiye. The primary aim was to conduct a comparative evaluation of various ensemble learning architectures to determine the most effective model for classifying fluctuations in consumer sentiment. Beyond mere classification, the research integrated a feature selection phase to isolate the specific economic determinants that drive these changes. The empirical results demonstrate that the strategic reduction of the feature set not only identifies key predictors such as housing and saving probabilities but also significantly enhances the predictive power of the models. By determining the most successful algorithm learner combinations, this study offers a robust framework for understanding and forecasting consumer behavior within the Turkish economic context.

In the initial stage of the application, diverse ensemble learning architectures specifically AdaBoost, Bagging, and Dagging were employed to classify fluctuations in Türkiye's CCI using the comprehensive variable set. The preliminary results yielded classification accuracy rates ranging between 50% and 59%. While the Bagging algorithm emerged as the most effective

framework, AdaBoost demonstrated comparable performance levels. These findings align with current literature, which consistently identifies these ensemble methods as robust tools for complex classification tasks (Mienye & Sun, 2022; Filiz, 2023; Tusher et al., 2025). Following the methodological framework, the second phase utilized the Correlation Feature Selection algorithm to isolate the primary determinants of consumer sentiment. The analysis identified three pivotal variables: the 'Probability of buying or building a house (next 12 months),' the 'Probability of saving (next 12 months),' and the 'Probability of buying a car (next 12 months).' The identification of these specific indicators as high impact predictors is corroborated by various international and domestic studies, which highlight the sensitivity of consumer confidence to large-scale expenditure intentions and saving behaviors (Klopocka & Górska, 2021; Yıldız Contuk, 2021; Çınar, 2022; Guan et al., 2026). In the third stage of the study's application, the classification performance of the ensemble learning algorithms was re-evaluated using only the prioritized feature set. This transition led to a notable enhancement in overall predictive accuracy. Based on the empirical results, the classification success rates increased to a range of 59% to 65%. These findings demonstrate that the implementation of feature selection significantly optimizes model outcomes. By isolating the most impactful determinants, it was possible to achieve superior classification performance with a more parsimonious model. This confirms that a focused subset of variables can produce more accurate results than a comprehensive but potentially noisy dataset, thereby increasing both the efficiency and the reliability of the predictive models.

The classification of fluctuations in the CCI is of critical importance for the maintenance of macroeconomic stability and the strategic decision-making frameworks of market participants. Analyzing these shifts through distinct categorical lenses rather

than as mere numerical variations enables a more nuanced filtering of economic volatility, thereby uncovering structural breaks in household behavior with greater clarity. Furthermore, the academic literature suggests that such classification serves as a fundamental analytical tool for identifying the specific threshold points at which high-cost expenditure intentions, particularly regarding housing and automotive assets, are converted into realized economic actions.

Despite the robustness of the findings, several limitations must be acknowledged. First, the temporal scope of the research is constrained to the period between June 2013 and December 2025. Consequently, the results reflect the specific economic cycles and consumer behaviors prevalent within this timeframe. Second, the methodological framework was restricted to three specific ensemble learning architectures AdaBoost, Bagging, and Dagging paired with C4.5, Decision Stump, and NB Tree base learners. While these models provided significant insights, other algorithmic configurations may yield different results. Furthermore, the geographical and economic focus of this study is exclusively limited to Türkiye; therefore, the findings regarding CCI fluctuations may not be directly generalizable to other emerging or developed markets. Finally, the identification of effective variables was performed solely through the Correlation Attribute Evaluation algorithm. While this method is highly effective for isolating linear and monotonic relationships, alternative feature selection techniques could potentially highlight different variable importance rankings.

REFERENCES

- Breiman, L. (1996). Bagging predictors. *Machine learning*, 24(2), 123-140.
- Caleiro, A. B. (2021). Learning to classify the consumer confidence indicator (in Portugal). *Economies*, 9(3), 125.
- Central Bank of the Republic of Türkiye Web Page. (2025). Türkiye manufacturing industry capacity utilization rate. Access date: 05.01.2026: https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/serieMarket/#collapse_2.
- Croushore, D. (2005). Do consumer-confidence indexes help forecast consumer spending in real time?. *The North American Journal of Economics and Finance*, 16(3), 435-450.
- Çınar, M. (2022). The Effect of Price, Income and Mortgage Interest Rates on the Housing Demand: A Panel Data Approach. *International Journal of Social Inquiry*, 15(2), 295-309.
- Dominitz, J., & Manski, C. F. (2004). How should we measure consumer confidence?. *Journal of Economic Perspectives*, 18(2), 51-66.
- Ferrer, E., Salaber, J., & Zalewska, A. (2016). Consumer confidence indices and stock markets' meltdowns. *The European Journal of Finance*, 22(3), 195-220.
- Filiz, E. (2023). Evaluation of match results of five successful football clubs with ensemble learning algorithms. *Research quarterly for exercise and sport*, 94(3), 773-782.
- Filiz, E., & Öz, E. (2019). Finding the Best Algorithms and Effective Factors in Classification of Turkish Science

- Student Success. *Journal of Baltic Science Education*, 18(2), 239-253.
- Freund, Y., & Schapire, R. E. (1996, July). Experiments with a new boosting algorithm. In *icml* (Vol. 96, pp. 148-156).
- Freund, Y., & Schapire, R. E. (1997). A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting. *Journal of computer and system sciences*, 55(1), 119-139.
- Grzywińska-Rapca, M., & Ptak-Chmielewska, A. (2023). Backward assessments or expectations: what determines the consumer confidence index more strongly? Panel model based on the CCI of European countries. *Wiadomości Statystyczne. The Polish Statistician*, 68(2), 1-15.
- Guan, Y., Su, C., & Wang, Y. (2026). Dynamic interdependence between consumer confidence and housing prices: Evidence from bootstrap rolling window causality tests. *PloS one*, 21(1), e0340354.
- Han, H., Li, Z., & Li, Z. (2023). Using machine learning methods to predict consumer confidence from search engine data. *Sustainability*, 15(4), 3100.
- Hardi, I., Ray, S., Duwal, N., Idroes, G. M., & Mardayanti, U. (2024). Consumer confidence and economic indicators: A macro perspective. *Indatu Journal of Management and Accounting*, 2(2), 81-95.
- Huseynli, N. (2022). The relationship between consumer confidence index and BIST 50 index. *Journal of Eastern European and Central Asian Research (JEECAR)*, 9(6), 1107-1116.
- Jiang, F., Meng, W., & Meng, X. (2009, April). Selectivity estimation for exclusive query translation in deep web

data integration. In International conference on database systems for advanced applications (pp. 595-600). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

- Khan, S., & Kirubanand, V. B. (2019). Comparing machine learning and ensemble learning in the field of football. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9(5), 4321.
- Klopocka, A. M., & Górska, R. (2021). Forecasting household saving rate with consumer confidence indicator and its components: panel data analysis of 14 European countries. *European Research Studies Journal*, 24(3), 874-898.
- Kohavi, R. (1996, August). Scaling up the accuracy of naive-bayes classifiers: A decision-tree hybrid. In *Kdd* (Vol. 96, pp. 202-207).
- Li, Y., Wang, X., & Chen, J. (2025). Predicting Consumer Confidence Index Using Social Media Sentiment Analysis. *Frontiers in Applied Physics and Mathematics*, 2(1), 77-97.
- Lin, Y. C., Sung, B., & Park, S. D. (2024). Integrated systematic framework for forecasting China's consumer confidence: A machine learning approach. *Systems*, 12(11), 445.
- Mienye, I. D., & Sun, Y. (2022). A survey of ensemble learning: Concepts, algorithms, applications, and prospects. *Ieee Access*, 10, 99129-99149.
- Moretti, F., Pizzuti, S., Panzieri, S., & Annunziato, M. (2015). Urban traffic flow forecasting through statistical and neural network bagging ensemble hybrid modeling. *Neurocomputing*, 167, 3-7.

- Qiu, Y. (2020). Forecasting the Consumer Confidence Index with tree-based MIDAS regressions. *Economic Modelling*, 91, 247-256.
- Quinlan, J. R. (2014). *C4.5: Programs for machine learning*. Morgan Kaufmann.
- Shayaa, S., Ainin, S., Jaafar, N. I., Zakaria, S. B., Phoong, S. W., Yeong, W. C., ... & Zahid Piprani, A. (2018). Linking consumer confidence index and social media sentiment analysis. *Cogent Business & Management*, 5(1), 1509424.
- Ting, K. M., & Witten, I. H. (1997). Stacking Bagged and Dagged Models. In: *Fourteenth international Conference on Machine Learning*, San Francisco, CA, 367-375, 1997.
- Tusher, E. H., Ismail, M. A., Akib, A., Gabralla, L. A., Ibrahim, A. O., Som, H. M., & Remli, M. A. (2025). Comparative investigation of bagging enhanced machine learning for early detection of hcv infections using class imbalance technique with feature selection. *PloS one*, 20(6), e0326488.
- Wang, P., Li, X., Zhan, X., Zhang, Y., Yan, Y., & Meng, W. (2019). Building consumer confidence index based on social media big data. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 1(3), 261-268.
- Yıldız Contuk, F. (2021). Do House Prices Affect Consumer Confidence? *Journal of Business Research-Turk*, 13(4), 3016-3025.

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMIYLA ENERJİ TRİLEMMASI: BRICS+ VE TÜRKİYE ÜZERİNE DÖRT SENARYOLU COCOSO UYGULAMASI

Hüseyin KOÇAK¹

1. GİRİŞ

Enerji, modern ekonomik büyümenin, sürdürülebilir kalkınmanın ve toplumsal refahın temel itici gücüdür. Ancak 21. yüzyılda enerji politikaları tasarlamak; artan enerji talebini karşılamak, iklim değişikliği ile mücadele etmek ve enerjiye erişimde adaleti sağlamak gibi birbiriyle sıklıkla çelişen çok boyutlu hedefleri aynı anda yönetmeyi gerektirmektedir. Bu karmaşık yapı, literatürde "Enerji Trilemması" (Energy Trilemma) olarak adlandırılmakta ve Dünya Enerji Konseyi (World Energy Council - WEC) tarafından üç ana eksenle tanımlanmaktadır: (1) enerji talebini kesintisiz karşılama yeteneğini ifade eden "Enerji Güvenliği", (2) enerjiye evrensel ve uygun maliyetli erişimi temsil eden "Enerji Hakkaniyeti" ve (3) enerji sistemlerinin çevresel zararlarını ve karbon emisyonlarını minimize etmeyi amaçlayan "Çevresel Sürdürülebilirlik" (World Energy Council, 2023). Bir ülkenin bu üç hedefi aynı anda maksimize edebilmesi son derece zordur; çünkü örneğin ucuz ve güvenilir fosil yakıtlara yönelmek enerji güvenliğini ve hakkaniyetini artırırken çevresel sürdürülebilirliğe zarar vermektedir (Khan vd., 2021).

¹ Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Denizli, ORCID: 0000-0001-9683-6096.

Küresel enerji piyasalarında yaşanan bu trilemma, özellikle büyüme ivmeleri ve artan enerji talepleri ile dünya ekonomisinin yeni ağırlık merkezini oluşturan Küresel Güney ve gelişmekte olan piyasalar için çok daha kritik bir hal almıştır. Bu bağlamda, yakın zamanda genişleyerek (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika, BAE, Suudi Arabistan, Mısır, İran ve Etiyopya) küresel petrol ve doğalgaz rezervlerinin büyük bir kısmını kontrol etmeye başlayan BRICS+ bloku (BRICS, (2025)), uluslararası enerji denkleminin en önemli aktörü konumuna gelmiştir (Nawaz vd., 2021). BRICS+ ülkelerinin hem devasa karbon ayak izleri hem de yeşil dönüşüm yatırımları, küresel iklim hedeflerinin geleceğini doğrudan belirleyecektir. Aynı şekilde, stratejik coğrafi konumuyla bir enerji merkezi (hub) olma vizyonu taşıyan ve yenilenebilir enerji kurulu gücünü hızla artıran Türkiye'nin enerji politikaları, gerek BRICS+ ülkeleri gerekse Avrupa ile olan entegrasyonu açısından büyük önem taşımaktadır (Bilgin, 2010).

Literatürde ülkelerin enerji performanslarını değerlendiren çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte, klasik endeksler genellikle kriterlere eşit veya sabit ağırlıklar atayarak politika yapıcılarının bölgesel ve ülkesel önceliklerini göz ardı etmektedir. Oysa enerji politikaları dinamiktir; bazı ülkeler için ekonomik büyüme ve sanayileşme (Güvenlik ve Hakkaniyet) ön plandayken, bazı dönemlerde yeşil anlaşmalar ve emisyon hedefleri (Sürdürülebilirlik) ilk sıraya çıkabilmektedir (Sahoo vd.,2025). Bu nedenle, ülkelerin performanslarının değişen politika önceliklerine (farklı ağırlık senaryolarına) göre nasıl tepki verdiğini ölçen sağlam ve esnek metodolojilere ihtiyaç vardır.

Bu noktada Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, karar vericilere çelişen hedefler arasında en rasyonel uzlaşmayı bulma imkânı sunmaktadır. Bu çalışmada, literatürde son yıllarda öne çıkan ve hem ağırlıklı toplam hem de üstel çarpım

modellerini tek bir uzlaşık potada eriterek aşırı (uç) değerlerin yanıltıcı etkisini optimize eden CoCoSo (Combined Compromise Solution) yöntemi kullanılmıştır (Yazdani vd., 2019, Mukherjee vd., 2025). CoCoSo yöntemi, veri setindeki dalgalanmalara karşı gösterdiği yüksek direnç ve sıralama kararlılığı (robustness) sayesinde makroekonomik ve enerji politikalarının değerlendirilmesinde son derece güvenilir sonuçlar vermektedir (Peng vd., 2020; Khan ve Haleem, 2021).

Bu çalışmanın temel amacı, BRICS+ üyesi 11 ülke ile Türkiye'nin Enerji Trilemması performanslarını CoCoSo yöntemi kullanılarak karşılaştırmalı olarak analiz etmektir. Çalışmanın özgün değeri, sabit bir değerlendirmeden ziyade politika yapımcıların stratejik yönelimlerini simüle eden dört farklı senaryo kurgulanmış olmasıdır: (1) Eşit ağırlıklı senaryo, (2) %50 Enerji Güvenliği ağırlıklı senaryo, (3) %50 Enerji Hakkaniyeti ağırlıklı senaryo ve (4) %50 Çevresel Sürdürülebilirlik ağırlıklı senaryo. Bu sayede çalışmada sadece bir sıralama sunulmamış; aynı zamanda ülkelerin hangi trilemma ekseninde kırılğanlıklar taşıdığı, senaryo değişimlerine karşı ne kadar dirençli oldukları ve Türkiye'nin BRICS+ ekosistemi içindeki potansiyel stratejik konumu Spearman Sıra Korelasyon analiziyle desteklenerek kapsamlı bir şekilde tartışılmıştır.

Çalışmanın takip eden bölümleri şu şekilde yapılandırılmıştır: İkinci bölümde Enerji Trilemması ve ÇKKV yöntemlerine ilişkin literatür taraması sunulacaktır. Üçüncü bölümde kullanılan veri seti, senaryo kurgusu ve CoCoSo yönteminin matematiksel adımları detaylandırılacaktır. Dördüncü bölümde bulgular tablo ve analizlerle tartışılarak senaryolar arası duyarlılık testleri (korelasyon) verilecek, son bölümde ise bulgular üzerinden politika yapımcılara yönelik öneriler sunulacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu çalışmanın teorik altyapısı üç ana eksene dayanmaktadır: Enerji Trilemması kavramının kavramsal çerçevesi, BRICS+ ve Türkiye'nin küresel enerji piyasalarındaki konumu ve enerji politikalarının değerlendirilmesinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin, özelinde ise CoCoSo metodunun kullanımı.

Dünya Enerji Konseyi (WEC) tarafından geliştirilen Enerji Trilemması endeksi, ülkelerin enerji politikalarının sürdürülebilirliğini ölçmek için küresel çapta kabul gören en önemli göstergelerden biridir. Literatürde bu endeks kullanılarak ülkelerin ekonomik büyüme, çevresel kalite ve enerji politikaları arasındaki karmaşık ilişkiler sıklıkla analiz edilmektedir. Örneğin, Khan vd. (2021), gelişmekte olan piyasalarda enerji trilemması performansının ekonomik büyüme üzerindeki itici gücünü araştırmış ve özellikle güvenlik ile hakkaniyet boyutlarının kalkınma için kritik olduğunu, ancak sürdürülebilirlik boyutunun fosil yakıtı dayalı ekonomilerde baskılandığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, enerji dönüşüm sürecinde yenilenebilir enerji entegrasyonunun trilemma skorları üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar, gelişmiş OECD ülkeleri ile gelişmekte olan Küresel Güney ülkeleri arasında endeksin farklı alt boyutlarında (özellikle hakkaniyet ve sürdürülebilirlik) ciddi yapısal uçurumlar olduğunu göstermektedir (Borges ve Klotzle, 2026). Ancak bu çalışmaların büyük bir kısmı ekonometrik regresyon modellerine dayanmakta olup, karar vericilerin politika ağırlıklarını değiştirdiği farklı senaryoların ülke sıralamalarına olan etkisini göz ardı etmektedir.

Son yıllarda genişleyerek küresel nüfusun, ekonomik üretimin ve fosil yakıt rezervlerinin çok büyük bir kısmını bünyesinde toplayan BRICS+ bloku, küresel iklim değişikliği ve enerji güvenliği tartışmalarının merkezine oturmuştur. Nawaz vd.

(2021), BRICS ülkelerinin ekonomik büyümelerini desteklemek için enerji güvenliğini maksimize etmeye çalıştıklarını, ancak bu durumun karbon emisyonlarını artırarak çevresel sürdürülebilirliği tehlikeye attığını vurgulamaktadır. Yeni üyelerden Birleşik Arap Emirlikleri ve Suudi Arabistan gibi petrol devlerinin bloka katılımı, grubun enerji hakkaniyeti (vatandaşların ucuz enerjiye erişimi) konusundaki gücünü artırırken, grubun ortalama yeşil enerji skorlarını aşağı çekmiştir. Öte yandan, enerji ihtiyacının büyük bir kısmını ithalatla karşılayan ancak son on yılda hidroelektrik, rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kurulu gücünü istikrarlı bir şekilde artıran Türkiye, trilemma çerçevesinde benzersiz bir profile sahiptir. Türkmen (2020) ve Balcı (2023), Türkiye'nin yenilenebilir enerji stratejilerinin uzun vadede hem enerji bağımsızlığını (güvenliğini) artıracığını hem de sürdürülebilirlik boyutuna pozitif katkı sağlayacağını belirtmektedir. Türkiye'nin enerji ekseninde BRICS+ ile olası bir entegrasyonu, literatürde henüz kantitatif karar verme modelleriyle tam anlamıyla karşılaştırmalı olarak ölçülmemiştir. Türkmen (2020), Enerji Trilemması içinde yer alan alt kriterlerle birlikte Türkiye'nin güncel durumunu tartışmıştır.

Enerji politikaları gibi birbiriyle çelişen (güvenlik vs. sürdürülebilirlik) çok sayıda kriterin aynı anda değerlendirilmesini gerektiren problemlerin çözümünde ÇKKV yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel olarak TOPSIS, VIKOR, AHP ve PROMETHEE gibi yöntemler enerji performans değerlendirmelerinde sıklıkla tercih edilmiştir (Sağabun vd., 2020; Dalbudak ve Rençber, 2022; Sahoo vd., 2025). Ancak bu yöntemler genellikle tek bir normalizasyon veya tek bir mesafe ölçümü mantığına dayandığı için veri setindeki asimetrik uç değerlere karşı hassasiyet gösterebilmektedir.

Bu kısıtlamaları aşmak amacıyla Yazdani vd. (2019) tarafından literatüre kazandırılan CoCoSo (Combined

Compromise Solution) yöntemi, ağırlıklı toplam (WSA) ve ağırlıklı üstel çarpım (WPM) modellerini birleştirerek karar vericilere üç farklı uzlaşık denge skoru sunmaktadır. CoCoSo yönteminin, klasik yöntemlere kıyasla daha stabil, güvenilir ve sıralama kayması (rank reversal) problemine karşı daha dirençli olduğu birçok çalışmada kanıtlanmıştır. Örneğin, Torkayesh vd. (2021) sürdürülebilirlik performanslarının ölçümünde CoCoSo yönteminin veri dalgalanmalarına karşı yüksek dayanıklılık (robustness) gösterdiğini rapor etmiştir. Enerji projelerinin değerlendirilmesi ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin ölçülmesi gibi alanlarda CoCoSo, günümüz karar bilimleri literatürünün en çok tercih edilen yeni nesil yöntemlerinden biri haline gelmiştir (Peng vd., 2020).

Yapılan literatür taraması sonucunda; ülkelerin Enerji Trilemması puanlarının ekonometrik modellerle incelendiği veya klasik ÇKKV yöntemleriyle (genellikle eşit ağırlık varsayımıyla) sıralandığı görülmüştür. Ancak, genişleyen yeni yapısıyla "BRICS+ 11" ülkeleri ve bu ekosistemle güçlü bağlar kurma potansiyeline sahip "Türkiye"nin enerji performansını bir arada, üstelik karar vericilerin farklı politika önceliklerini (Güvenlik, Hakkaniyet ve Sürdürülebilirlik odaklı) yansıtan farklı ağırlık senaryoları üzerinden test eden bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yüksek istikrar sunan CoCoSo algoritmasının bu senaryo bazlı kurguyla birleştirilmesi, çalışmanın yöntemsel gücünü ve literatüre yapacağı kantitatif katkıyı oluşturmaktadır.

3. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Bu bölümde, araştırmanın kapsamını oluşturan veri setinin yapısı, politika yapıcılarının farklı stratejik tercihlerini yansıtan ağırlık senaryolarının kurgulanması ve karar problemi için tercih edilen CoCoSo (Combined Compromise Solution) yönteminin matematiksel adımları detaylandırılmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler, Dünya Enerji Konseyi (WEC) tarafından yayımlanan güncel Enerji Trilemması Endeksi (Energy Trilemma Index) veri tabanından elde edilmiştir (WEC, 2023). Araştırmanın karar matrisini oluşturan alternatifler kümesi (A_i), resmi BRICS+ blokunda yer alan 11 ülke (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika, Suudi Arabistan, Mısır, Birleşik Arap Emirlikleri, Etiyopya, Endonezya, İran) ile Türkiye olmak üzere toplam 12 ülkeden ($i = 1, 2, \dots, 12$) oluşmaktadır.

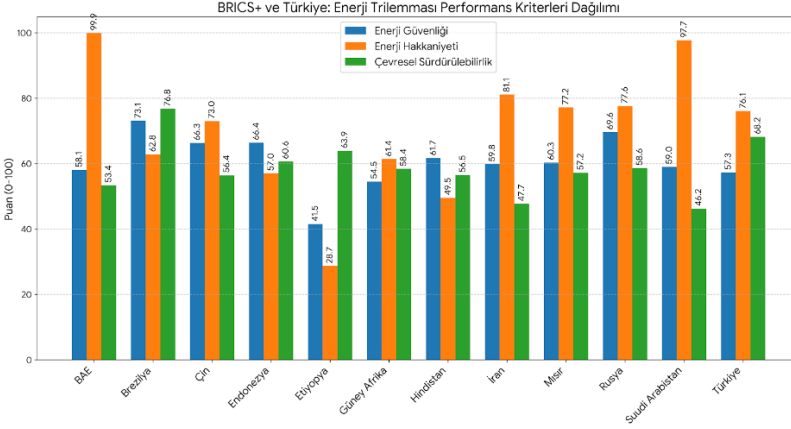
Ülkelerin performansını değerlendirmek için karar kriterleri ($C_j, j = 1, 2, 3$) olarak, endeksin temelini oluşturan üç ana boyut seçilmiştir:

- **C_1 - Enerji Güvenliği (Security):** Bir ülkenin mevcut ve gelecekteki enerji talebini kesintisiz olarak karşılama ve sistemsel şoklara karşı direnç gösterme kapasitesini ifade eder. (Fayda yönlü kriter)
- **C_2 - Enerji Hakkaniyeti (Equity):** Enerjinin tüm nüfus için ulaşılabilir, uygun maliyetli ve güvenilir olmasını temsil eder. (Fayda yönlü kriter)
- **C_3 - Çevresel Sürdürülebilirlik (Sustainability):** Enerji üretim ve tüketim süreçlerinin çevresel zararlarının ve karbon ayak izinin minimize edilme durumunu ölçer. (Fayda yönlü kriter)

Şekil 1’de görüleceği üzere WEC metodolojisi gereği, her üç kriter de 0 (en kötü) ile 100 (en iyi) arasında puanlandırılmaktadır. Dolayısıyla, ÇKKV modellemesi aşamasında üç kriterin tamamı "Fayda (Benefit)" özelliği taşımakta olup, skorların maksimize edilmesi hedeflenmektedir.

Geleneksel küresel endekslemelerde, kriterlere genellikle eşit ağırlıklar ($w_j = 0.333, j = 1, 2, 3$) atanarak sabit bir genel skor elde edilmektedir. Ancak gerçek dünyada enerji politikaları ve ülke stratejileri, ekonomik ve konjonktürel gerçeklere bağlı

olarak değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada, ülkelerin sıralamalarının farklı politika eğilimlerine ne kadar duyarlı olduğunu ölçmek amacıyla dört farklı ağırlık senaryosu kurgulanmıştır:



şekil 1. Ülkelerin  kritere göre değerleri (WEC, 2023).

- **Senaryo 1 (Dengeli / Eşit Ağırlıklı):**  kriterin de eşit önemde kabul edildiği temel WEC yaklaşımıdır ($w_1 = 0.333, w_2 = 0.333, w_3 = 0.333$).
- **Senaryo 2 (Güvenlik ncelikli):** Ekonomik byumesini sekteye uğratmamak ve jeopolitik dışa bağımlılığını azaltmak isteyen ülkelerin stratejisini yansıtır. Enerji Güvenliğine %50, diğerlerine %25 ağırlık verilmiştir ($w_1 = 0.50, w_2 = 0.25, w_3 = 0.25$).
- **Senaryo 3 (Hakkaniyet ncelikli):** Toplumsal refahı önceleyen ve enerji yoksulluğunu bitirmeyi amaçlayan devlet politikalarını temsil eder. Hakkaniyet kriterine %50, diğerlerine %25 ağırlık atanmıştır ($w_1 = 0.25, w_2 = 0.50, w_3 = 0.25$).
- **Senaryo 4 (Sürdürülebilirlik ncelikli):** Küresel yeşil mutabakatlara (Paris İklım Anlaşması vb.) ve net sıfır karbon hedeflerine uyum sağlamayı merkeze alan vreci

politikaları simüle eder. Sürdürülebilirlik kriterine %50, diğerlerine %25 ağırlık verilmiştir ($w_1 = 0.25$, $w_2 = 0.25$, $w_3 = 0.50$).

Yazdani vd. (2019) tarafından geliştirilen CoCoSo yöntemi, veri matrisindeki uç değerlere karşı oldukça esnek olan hem ağırlıklı toplam hem de ağırlıklı çarpım skorlarını birleştirerek karar vericiye son derece sağlam (robust) bir uzlaşık çözüm (compromise solution) sunan bütünleşik bir ÇKKV modelidir (Mukherjee vd., 2025). Yöntemin uygulanmasındaki matematiksel adımlar aşağıda verilmiştir:

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması ve Normalizasyon

m sayıda alternatif ($i = 1, 2, \dots, m$) ve n sayıda kriterden ($j = 1, 2, \dots, n$) oluşan başlangıç karar matrisi $X = [x_{ij}]_{m \times n}$ oluşturulur. Çalışmadaki tüm kriterler "fayda" niteliğinde olduğu için normalizasyon işlemi aşağıdaki formül kullanılarak gerçekleştirilir (Torkayesh vd., 2021):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i(x_{ij})}{\max_i(x_{ij}) - \min_i(x_{ij})}. \quad (1)$$

Burada r_{ij} , normalize edilmiş değeri ifade etmektedir.

Adım 2: Ağırlıklı Toplam ve Ağırlıklı Çarpım Değerlerinin Hesaplanması

Her bir alternatif için, Ağırlıklı Basit Toplama (WSA) yöntemini temel alan S_i (toplam skor) ve Ağırlıklı Çarpım (WPM) yöntemini temel alan P_i (üstel skor) değerleri hesaplanır. w_j , $j = 1, 2, \dots, n$, her bir senaryo için belirlenen kriter ağırlıklarını temsil etmektedir ($\sum w_j = 1$):

$$S_i = \sum_{j=1}^n (w_j r_{ij}), \quad (2)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n (r_{ij})^{w_j}. \quad (3)$$

Adım 3: Değerlendirme Puanlarının (Stratejilerin) Elde Edilmesi

Alternatiflerin göreceli üstünlüklerini farklı uzlaşık perspektiflerden değerlendirmek amacıyla üç farklı değerlendirme puanı (k_{ia} , k_{ib} , k_{ic}) hesaplanır:

- k_{ia} stratejisi, alternatifin S_i ve P_i değerlerinin, matristeki tüm S_i ve P_i değerlerinin toplamına olan aritmetik ortalama oranını verir:

$$k_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum_{i=1}^m (P_i + S_i)}. \quad (4)$$

- k_{ib} stratejisi, S_i ve P_i değerlerinin kendi içlerindeki en kötü (minimum) değere olan oransal üstünlüklerini ifade eder:

$$k_{ib} = \frac{S_i}{\min_i(S_i)} + \frac{P_i}{\min_i(P_i)}. \quad (5)$$

- k_{ic} stratejisi, S_i ve P_i değerlerinin maksimum (en iyi) değerlere karşı dengeli bir uzlaşısını sunar. Eşit uzlaşım için λ katsayısı genellikle 0.5 olarak alınır (Yazdani vd., 2019):

$$k_{ic} = \frac{\lambda S_i + (1-\lambda)P_i}{\lambda \max_i(S_i) + (1-\lambda) \max_i(P_i)}. \quad (6)$$

Adım 4: Nihai CoCoSo Skorunun (K_i) Hesaplanması ve Sıralama

Son adımda, hesaplanan üç farklı değerlendirme stratejisi birleştirilerek her bir alternatif için nihai CoCoSo değerlendirme skoru (K_i) elde edilir:

$$K_i = (k_{ia}k_{ib}k_{ic})^{1/3} + \frac{1}{3}(k_{ia} + k_{ib} + k_{ic}). \quad (7)$$

Bu formül neticesinde ulaşılan K_i skorları büyükten küçüğe doğru sıralanarak alternatiflerin nihai sıralaması

belirlenir. En yüksek K_i değerine sahip olan ülke, ilgili senaryo için en iyi performansı gösteren ülke olarak kabul edilir.

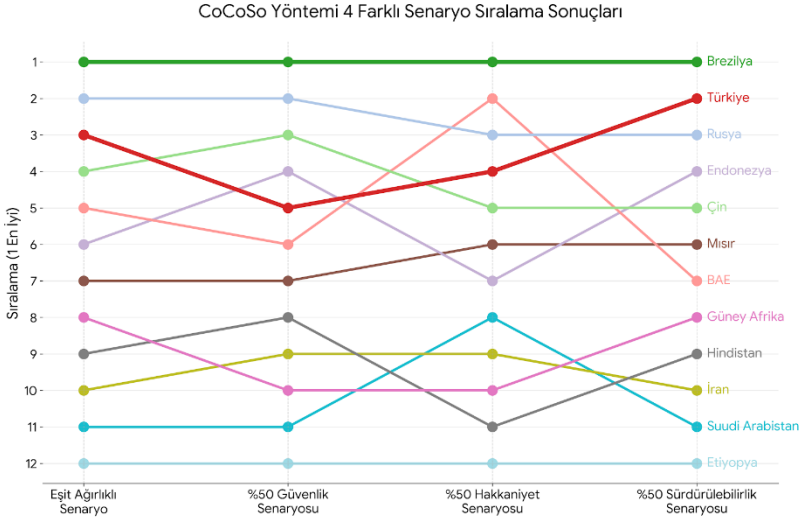
4. UYGULAMA VE BULGULAR

Bu bölümde, araştırmaya dahil edilen BRICS+ yesi 11 ülke ile Türkiye'nin Enerji Trilemması performansları yukarıda detayları verilen CoCoSo (Combined Compromise Solution) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir ve $\lambda = 0.5$ alınmıştır. Analizler, karar vericilerin farklı makroekonomik eğilimlerini yansıtması amacıyla dört farklı ağırlık senaryosu (Eşit Ağırlıklı, %50 Güvenlik ncelikli, %50 Hakkaniyet ncelikli ve %50 Sürdürülebilirlik ncelikli) altında gerçekleştirilmiştir. CoCoSo algoritması sonucunda elde edilen nihai performans sıralamaları ve bu sıralamaların senaryolara göre değişimi Şekil 2'de sunulmuştur. Veri setinin analizinde ve görselleştirilmesinde *Python* programlama dili ve açık kaynaklı kütüphaneler kullanılmıştır (Python, 2026).

Şekil 2 incelendiğinde, değerlendirmeye alınan 12 ülke arasında Brezilya'nın, kurgulanan dört senaryonun tamamında 1. sırada yer alarak en yüksek performansı sergilediği görülmektedir. CoCoSo yönteminin en önemli matematiksel özelliği olan "dengeli uzlaşı" (compromise solution) yaklaşımı (Yazdani vd., 2019), Brezilya'nın her üç trilemma boyutunda da herhangi bir aşırı zayıflık barındırmamasını (Güvenlik: 73.1, Hakkaniyet: 62.8, Sürdürülebilirlik: 76.8) güçlü bir Şekilde dllendirmiştir.

Araştırmanın odak ülkelerinden biri olan Türkiye, Eşit Ağırlıklı (temel) senaryoda grubun en iyi performans gösteren 3. lkesi olmuştur. Türkiye'nin bu güçlü konumunun temel dayanağı yenilenebilir enerji entegrasyonudur. Nitekim politika yapıcıların iklim hedeflerini öncelediği "%50 Sürdürülebilirlik" senaryosunda Türkiye, Rusya ve Çin gibi devleri geride bırakarak

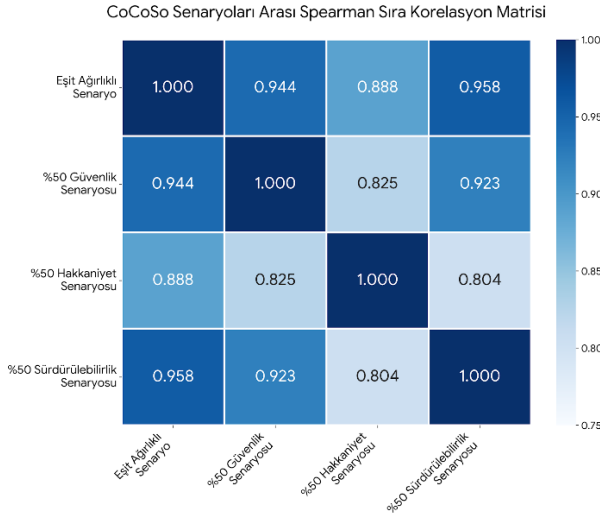
Brezilya'nın ardından 2. sıraya yükselmiştir. Buna karşın, dışa bağımlılığı (ithalatı) azaltmayı hedefleyen "%50 Güvenlik" senaryosunda Türkiye'nin 5. sıraya gerilemesi, ülkenin enerji denklemindeki yapısal kırılganlığını net bir şekilde ortaya koymaktadır.



Şekil 2. Ülkelerin CoCoSo yöntemiyle dört farklı senaryoda performans sıralamaları.

BRICS+ blokunun önemli enerji tedarikçilerinden Rusya ve Çin, yüksek güvenlik puanları sayesinde "%50 Güvenlik" senaryosunda 2. ve 3. sıraları alarak ön plana çıkmışlardır. Ancak karbon-yoğun üretim modelleri nedeniyle "Sürdürülebilirlik" senaryosunda sıralama kayıpları yaşamışlardır. Dikkat çekici bir diğer bulgu ise körfez ülkeleri olan BAE ve Suudi Arabistan'ın performansında gözlemlenmiştir. Vatandaşlarına sundukları ucuz enerji sayesinde "%50 Hakkaniyet" senaryosunda sırasıyla 2. ve 8. olan bu ülkeler, sürdürülebilirlik ağırlığı artırıldığında sert bir düşüş yaşayarak 7. ve 11. sıralara gerilemişlerdir (Khan vd., 2021). Grubun en altında yer alan Etiyopya ise enerji erişimindeki (hakkaniyet) ciddi yetersizliği (28.7 puan) nedeniyle tüm senaryolarda 12. sırada sabitlenmiştir.

Karar vericilerin atadıkları ağırlıkların model üzerindeki etkisini (robustness) istatistiksel olarak doğrulamak amacıyla, dört farklı senaryo arasında Spearman Sıra Korelasyon (Spearman's rank correlation) katsayıları (r) (Myers vd., 2013) hesaplanmış ve Şekil 3'te sunulmuştur. Hiçbir senaryoda sıra eşitliği (beraberlik) gözlemlenmediği için Pearson yerine Spearman yönteminin kullanılması istatistiksel açıdan en uygun yaklaşımdır (Jobson, 2012).



Şekil 3. CoCoSo yöntemiyle dört farklı senaryo için elde edilen sıralamalar için Spearman sıra korelasyon matrisi ısı haritası

Korelasyon matrisi incelendiğinde, temel referans olan "Eşit Ağırlıklı Senaryo"nun diğer tüm senaryolarla çok yüksek düzeyde ($r > 0.88$) pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır. Özellikle Eşit Ağırlık ile %50 Sürdürülebilirlik senaryoları arasındaki uyumun en yüksek seviyede ($r = 0.958$) olması, bu seçili ülke grubunun (Türkiye ve BRICS+) performans farklılıklarını belirleyen temel ve dominant eksenin çevresel sürdürülebilirlik kapasitesi olduğunu kanıtlamaktadır.

Buna karşılık, matristeki en düşük korelasyon değerleri Hakkaniyet senaryosunun yer aldığı kesişimlerde (Örn: %50

Güvenlik ile %50 Hakkaniyet arasında $r = 0.825$; %50 Hakkaniyet ile %50 Sürdürülebilirlik arasında $r = 0.804$) gözlemlenmiştir. Bu durum, gruptaki petrol zengini ülkelerin hakkaniyet ile sürdürülebilirlik arasında yaşadığı derin çatışmanın sıralamaları kökten değiştirdiğine işaret etmektedir. Genel olarak bakıldığında, korelasyon katsayılarının hiçbir senaryoda 0.80'in altına düşmemesi, seçilen CoCoSo yönteminin veri setindeki aşırı dalgalanmaları ve ağırlık değişikliklerini tolere ederek karar vericilere son derece istikrarlı ve güvenilir (robust) bir değerlendirme altyapısı sunduğunu doğrulamaktadır (Myers vd., 2013; Peng vd., 2020).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, küresel enerji politikalarının temelini oluşturan Enerji Trilemması çerçevesinde (WEC, 2023), dünya ekonomisinin yeni çekim merkezi olan BRICS+ blokunun 11 üyesi ve Türkiye'nin performansları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Karar vericilerin farklı jeopolitik ve makroekonomik önceliklerini modele yansıtılabilmek amacıyla eşit, güvenlik, hakkaniyet ve sürdürülebilirlik ağırlıklı olmak üzere dört farklı senaryo kurgulanmıştır. Analizler, verilerdeki uç noktalara karşı yüksek stabilite sağlayan ve karar vericilere uzlaşık çözümler sunan CoCoSo Çok Kriterli Karar Verme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir (Yazdani vd., 2019). Gerçekleştirilen Spearman Sıra Korelasyon analizi sonucunda, senaryolar arasındaki en düşük korelasyon değerinin dahi oldukça yüksek bir seviyede kalması, CoCoSo algoritmasının karar verici ağırlıklarındaki spekülative değişimlere karşı son derece dirençli ve güvenilir bir model sunduğunu kanıtlamıştır (Myers vd., 2013).

Araştırmadan elde edilen bulgular incelendiğinde, değerlendirmeye alınan 12 ülke arasında Brezilya'nın uygulanan

dört senaryonun tamamında ilk sırada yer alarak en başarılı ve dengeli enerji profiline sahip ülke olduğu görülmüştür. Özellikle yenilenebilir enerji altyapısındaki tarihsel gücü ve kaynak çeşitliliği, Brezilya'yı BRICS+ bloğu içinde sürdürülebilir kalkınmanın tartışmasız lideri konumuna taşımaktadır. Çalışmanın odak ülkelerinden Türkiye ise eşit ağırlıklı senaryoda üçüncü sırada konumlanarak oldukça güçlü bir performans sergilemiştir. Çevresel sürdürülebilirliğin önceliklendirildiği senaryoda Rusya ve Çin gibi devleri geride bırakarak ikinci sıraya yükselen Türkiye, enerji dönüşümündeki yeşil potansiyelini bir kez daha kanıtlamıştır. Ancak, enerji güvenliğinin vurgulandığı senaryoda beşinci sıraya gerilemesi, Türkiye'nin ithalata dayalı enerji modelinin yarattığı arz güvenliği risklerini ve yapısal kırılganlığını matematiksel olarak teyit etmektedir. Öte yandan Birleşik Arap Emirlikleri ve Suudi Arabistan gibi Körfez ülkelerinin fosil yakıt rezervleri sayesinde vatandaşlarına ucuz enerji sunarak hakkaniyet boyutunda zirvede yer almalarına rağmen, karbon yoğun altyapıları nedeniyle sürdürülebilirlik senaryosunda sert düşüşler yaşamaları, trilemmanın doğasındaki uzlaşamaz zıtlığı açıkça ortaya koymuştur (Khan vd., 2021; Nawaz vd., 2021).

Elde edilen bu sonuçlar ışığında, karar alıcılara ve politika yapıcılara yönelik çeşitli stratejik öneriler geliştirilebilir. Türkiye, sürdürülebilirlik boyutunda yenilenebilir enerji yatırımlarıyla yakaladığı rekabetçi avantajı korumalı; ancak enerji güvenliği cephesindeki sıralama kaybını telafi etmek için yerli kaynakların, özellikle yerel doğalgaz rezervlerinin ve nükleer enerji altyapısının payını ivedilikle artırarak kaynak çeşitlendirmesine gitmelidir. BRICS+ bloku özelinde ise, Brezilya'nın biyoyakıt ve hidroelektrik alanındaki başarısı bir en iyi uygulama modeli olarak kabul edilmeli ve bloğun en yüksek karbon salınımına sahip ülkeleri olan Çin, Hindistan ve Rusya'ya yönelik içsel bir yeşil teknoloji transfer mekanizması kurulmalıdır. Ayrıca, Suudi

Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri'nin uzun vadeli küresel rekabetçiliklerini koruyabilmeleri için, fosil yakıtlardan elde ettikleri devasa finansal gücü acilen yeşil hidrojen ve büyük ölçekli güneş enerjisi projelerine yönlendirerek sürdürülebilirlik eksenindeki yapısal zafiyetlerini gidermeleri elzemdir.

KAYNAKÇA

- BRICS. (2025). About the BRICS. <https://brics.br/en/about-the-brics>
- Dalbudak, E. ve Rençber, Ö. F. (2022). Çok kriterli karar verme yöntemleri üzerine literatür incelemesi. *Gaziantep Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 1-17.
- Balcı, A. (2023). Enerji Güvenliğinde Türkiye'nin Rolü ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (44), 200-233..
- Bilgin, M. (2010). Turkey's Energy Strategy: What Difference Does It Make to Become An Energy Transit Corridor, Hub or Center? *UNISCI Discussion Papers*, (23), 113-128.
- Jobson, J. D. (2012). *Applied multivariate data analysis: volume II: Categorical and Multivariate Methods*. Springer Science & Business Media.
- Khan, I., Hou, F. ve Le, H. P. (2021). The impact of natural resources, energy consumption, and population growth on environmental quality: Fresh evidence from the United States of America. *Science of The Total Environment*, 754, 142222.
- Khan, S. Ve Haleem, A. (2021). Investigation of circular economy practices in the context of emerging economies: a CoCoSo approach. *International Journal of Sustainable Engineering*, 14(3), 357-367.
- Nawaz, M. A., Hussain, M. S., Kamran, H. W., Ehsanullah, S., Maheen, R. ve Shair, F. (2021). Trilemma association of energy consumption, carbon emission, and economic

growth of BRICS and OECD regions: quantile regression estimation. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(13), 16014-16028.

Mukherjee, A. K., Gazi, K. H., Raisa, N., Momena, A. F., Mukherjee, S. B., Sobczak, A., ... ve Ghosh, A. (2025). Review of alternative ranking methods in multi-criteria decision analysis based on WASPAS and CoCoSo methodologies. *Yugoslav Journal of Operations Research*, (00), 37-37.

Myers, J. L., Well, A. D. ve Lorch Jr, R. F. (2013). Research design and statistical analysis. Routledge.

Borges, L. ve Klotzle, M. C. (2026). Political and economic influences on the Energy Trilemma in Latin America and the Caribbean. *Energy Economics*, 109292.

Peng, X., Zhang, X. ve Luo, Z. (2020). Pythagorean fuzzy MCDM method based on CoCoSo and CRITIC with score function for 5G industry evaluation. *Artificial Intelligence Review*, 53(5), 3813-3847.

Python Software Foundation. (2026). *Python (Version 3.14.3)*

Saławun, W., Wątróbski, J. ve Shekhovtsov, A. (2020). Are Mcdm methods Benchmarkable? A Comparative Study of Topsis, Vikor, Copras, and Promethee II methods. *Symmetry*, 12(9), 1549.

Sahoo, S. K., Pamucar, D. Ve Goswami, S. S. (2025). A review of multi-criteria decision-making (MCDM) applications to solve energy management problems from 2010-2025: Current state and future research. *Spectrum of Decision Making and Applications*, 2(1), 218-240.

- Torkayesh, A. E., Ecer, F., Pamucar, D. ve Karamaşa, . (2021). Comparative assessment of social sustainability performance: Integrated data-driven weighting system and CoCoSo model. *Sustainable Cities and Society*, 71, 102975.
- Türkmen, S. (2020). Enerji Trilemması: Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(6), 299-309.
- World Energy Council (WEC). (2023). *World Energy Trilemma Index 2023*. London: World Energy Council. <https://trilemma.worldenergy.org/>
- Yazdani, M., Zarate, P., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2019). A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Management Decision*, 57(9), 2501-2519.

NİCEL KARAR YÖNTEMLERİ
ALANINDA BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com