

BRICS-TM Ekonomilerinde AR-GE Performansı: CRITIC temelli COPRAS Bütünleşik Model Önerisi

Bekir Çınar^{1,2}

ÖZET

Araştırma ve geliştirme (AR-GE), yenilikçi ürün ve teknolojilerin geliştirilmesi, üretkenliğin artırılması ve sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanmasında temel unsurlarından biridir. AR-GE performansı yüksek ülkeler, yüksek katma değerli üretim yapıları sayesinde teknolojik bağımsızlıklarını güçlendirmekte ve küresel değer zincirlerinde üst basamaklara yükselmektedir. Bu kapsamda, gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan BRICS-TM ülkeleri (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika, Türkiye ve Meksika), AR-GE kapasitelerini artırmaları halinde küresel ekonomi içinde daha güçlü bir konum elde etme potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada BRICS-TM ülkelerinin AR-GE performansı; fikri mülkiyet hakları ücretleri, patent ve marka başvuruları, bilimsel yayın sayıları, AR-GE harcamaları ve ileri teknoloji ihracatı gibi göstergeler kullanılarak analiz edilmiştir. 2019-2021 dönemine ait ikincil verilerle uygulanan CRITIC-COPRAS bütünleşik model sonuçlarına göre Çin tüm yıllarda en yüksek AR-GE performansına sahip ülke olarak öne çıkmıştır. Güney Afrika istikrarlı biçimde ikinci sırada yer alırken, Rusya ve Hindistan dönem boyunca en düşük performansı sergilemiştir.

Anahtar Kelimeler: AR-GE, ülke performansı, BRICS-TM, CRITIC, COPRAS.

R&D Performance in BRICS-TM Economies: An Integrated Decision-Making Model Based on CRITIC and COPRAS Method

ABSTRACT

Research and development (R&D) is a fundamental driver of innovative products and technologies, productivity enhancement, and sustainable economic growth. Countries with strong R&D capabilities bolster their technological independence through high value-added production structures and ascend to higher positions within global value chains. In this context, the BRICS-TM countries (Brazil, Russia, India, China, South Africa, Türkiye, and Mexico), classified as developing economies, have the potential to secure a more prominent role in the global economy by strengthening their R&D capacities. This study evaluates the R&D performance of the BRICS-TM countries using indicators such as intellectual property rights fees, patent and trademark applications, the number of scientific publications, R&D expenditures, and high-technology

¹ İletişim yazarı: bekir.cinar@alanya.edu.tr

² Dr.Arş. Gör., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi İİSBF Uluslararası Ticaret Bölümü, ORCID:0000-0002-9976-2392
(Makale Gönderim Tarihi: 30.01.2026 / Yayın Tarihi:27.03.2026)

Doi Numarası: [10.18026/cbayarsos.1877561](https://doi.org/10.18026/cbayarsos.1877561)

Makale Türü: Araştırma Makalesi

exports. Based on the results of the integrated CRITIC–COPRAS model applied to secondary data from 2019 to 2021, China emerges as the top-performing country in R&D across all years. South Africa consistently ranks second, while Russia and India exhibit the lowest performance throughout the period.

Keywords: *R&D, Country performance, BRICS-TM, CRITIC, COPRAS*

1. GİRİŞ

1970 sonrası dönemde uluslararası rekabetin şiddetinin artmasıyla birlikte, araştırma ve geliştirme (AR-GE) sayesinde teknolojik yenilikler, şirketlerin ve ülkelerin sürdürülebilir büyümesinde temel bir unsur olarak hem ana akım iktisadın hem de kamu politikalarının odağı haline gelmiştir (Koşar, 2019, s. 33). AR-GE yoluyla yeni teknolojilerin geliştirilmesi, ülkeler açısından uluslararası rekabet gücü, dış ticaret performansı ve refah düzeyi bakımından en kritik unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir (Bayraktutan ve Bıdırdı, 2015, s. 1). AR-GE faaliyetleri sayesinde yenilikçi ve yüksek katma değerli ürünler üretilmekte, bu durum ülkelerin ithalata olan bağımlılığını azaltarak rekabet güçlerinin artmasına katkı sağlamaktadır. Porter ve Stern (2001, s.3), ülkelerin refah ve istihdam düzeylerinin, inovasyon yetenekleri ve değişen koşullara uyumlu teknoloji üretim kapasiteleriyle doğrudan ilişkili olduğunu vurgulamaktadır.

Bu kapsamda ülkeler, bilim ve teknoloji stratejileri oluşturmakta ve bu stratejileri uzun vadeli kalkınma hedefleriyle uyumlu biçimde uygulamaktadır. AR-GE faaliyetleri; kamu, özel sektör ve üniversiteler arasındaki iş birliğini teşvik eden politikalar aracılığıyla desteklenmekte ve bu sayede ülkelerin yenilik kapasitesinin artırılması hedeflenmektedir. Özellikle bilgiye dayalı ekonomilerin ön plana çıktığı günümüzde, teknolojik yenilikler verimlilik artışının temel kaynağı olarak görülmekte ve sürdürülebilir ekonomik büyümenin vazgeçilmez bir unsuru haline gelmektedir. Dolayısıyla AR-GE yatırımlarının artırılması, ülkelerin küresel değer zincirlerinde daha üst basamaklara yükselmesine ve uzun vadede ekonomik ve teknolojik bağımsızlık kazanmasına katkı sağlamaktadır.

Bununla birlikte ülkelerin bilim, teknoloji ve inovasyon politikalarının büyük ölçüde benzerlik gösterdiği, ancak sermaye birikimi düzeylerindeki farklılıklara bağlı olarak ulaşılan AR-GE kapasitesinin ülkeler arasında farklılaştığı görülmektedir (Koşar, 2019, s. 35). Özellikle gelişmekte olan ülkeler açısından, yüksek gelirli ülkeler grubuna geçiş sürecinde AR-GE performansı kritik bir öneme sahiptir. Genç nüfus yapısı ve dinamik AR-GE-inovasyon alanları ile öne çıkan Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika (BRICS) ile benzer gelişim düzeyine sahip Türkiye ve Meksika (TM), bu bağlamda dikkat çekmektedir. Bu ülkeler, yüksek teknoloji ve inovatif ürünlerin üretimi ve ihracatı açısından, ekonomik büyümelerini sürdürülebilir kılma ve dış pazarda rekabetçi bir konuma gelme hedefiyle önemli bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Bu çalışmada gelişmekte olan ülkelere ilişkin oluşan BRICS-TM ülkelerinin AR-GE performansına odaklanılmıştır. AR-GE performansının değerlendirilmesi ve karşılaştırmalı avantaj analizleri, AR-GE kaynaklarının etkin tahsisini sağlayarak politika yapımcıların daha avantajlı alanlara yönelmesine yardımcı olacaktır (Wang, 2007, s. 358).

Bu çalışma, BRICS-TM ülkelerinin AR-GE performansını değerlendirme odağında, giriş bölümü dahil olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde, konu ile ilgili literatür detaylı olarak incelenmiş ve AR-GE performansını belirleyen temel değişkenler çerçevesinde ilgili çalışmalar değerlendirilmiştir. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılacak en uygun metodoloji belirlenmiş ve seçilen yöntemler ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, elde edilen veriler ışığında analizler gerçekleştirilmiş ve bulgular sunulmuştur; bu bölümde ülkeler arası karşılaştırmalar yapılmış ve AR-GE performansının çeşitli göstergeler üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Son bölümde ise, çalışmanın sonuçları özetlenmiş, bulguların politika ve uygulama açısından önemi değerlendirilmiş ve ileriye dönük öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR

AR-GE faaliyetlerinin verimliliği, ülkeler ve firmalar açısından sürdürülebilir rekabet avantajı sağlamada kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, AR-GE performansının ölçülmesi ve bu performansı doğrudan etkileyen göstergelerin belirlenmesi literatürde önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. AR-GE, yalnızca yeni ürünlerin geliştirilmesini değil, aynı zamanda üretim süreçlerinin iyileştirilmesini ve bilginin ekonomik değere dönüştürülmesini kapsayan sistematik bir faaliyet alanıdır (Zerenler vd., 2007, s. 657). Bu yönüyle AR-GE performansı, ülkelerin bilimsel ve teknolojik ilerlemelerini değerlendirmede ve inovatif ürünlerin ortaya çıkma sürecini analiz etmede temel bir gösterge olarak kabul edilmektedir.

AR-GE performansı; ileri teknoloji üretimi, patent ve ticari marka başvuruları, fikri mülkiyet hakları, araştırmacı sayısı, akademik yayınlar ve AR-GE harcamaları gibi çok sayıda girdi ve çıktının birlikte değerlendirilmesini gerektiren çok boyutlu bir yapıya sahiptir (Koşar, 2019, s. 41). Bu çok boyutlu yapı, AR-GE faaliyetlerinin kapsamlı ve bütüncül bir şekilde analiz edilmesini zorunlu kılmaktadır.

AR-GE performansının bu çok boyutlu yapısı, ölçüm ve değerlendirme sürecinde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinin yaygın biçimde kullanılmasına neden olmuştur. ÇKKV yöntemleri, farklı niteliklere sahip çok sayıda kriterin eş zamanlı olarak değerlendirilmesine olanak tanıyarak daha kapsamlı ve gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. ÇKKV yöntemleri, AR-GE performansını ölçmede, özellikle birçok göstergenin etkileşimini ve birbirine bağımlılığını hesaba katmada son derece etkilidir. Nitekim, literatürde AR-GE performansının firma düzeyinde ele alındığı çalışmaların (Salimi ve Rezaei, 2018) yanı sıra AR-GE proje seçimine odaklanan araştırmaların da (Liu vd., 2019) ÇKKV tekniklerinden yararlandığı görülmektedir. Benzer şekilde, AR-GE performansını makroekonomik düzeyde inceleyen çalışmalar değerlendirildiğinde, bu alanda da ÇKKV yöntemlerinin yoğun biçimde kullanıldığı dikkat çekmektedir:

Bu kapsamda erken dönem çalışmalardan biri olan Wang (2007), AR-GE sermaye stoğu ve iş gücünü girdi; patentler ve akademik yayınları ise çıktı olarak ele almış ve stokastik sınır analizi ile veri zarflama analizini kullanarak 23 OECD ülkesi ile 7 OECD üyesi olmayan ülkenin AR-GE etkinliğini incelemiştir. Bu çalışma, AR-GE performansının

nicel girdi-çıkıtı ilişkileri üzerinden değerlendirilmesine öncülük etmesi açısından önem taşımaktadır.

İzleyen dönemde, hibrit ÇKKV yaklaşımları AR-GE performansının çok boyutlu yapısını ortaya koymak için kullanılmaya başlanmıştır. Çakır ve Perçin (2013), Avrupa Birliği (AB) üyesi ve aday ülkelerde AR-GE performansını Entropi tabanlı TOPSİS yöntemi ile analiz etmiş; AR-GE yoğunluğu, araştırmacı sayısı, yükseköğretim brüt okullaşma oranı, yüksek teknoloji ihracatı, üçlü patent ailesi sayısı ve bilimsel yayın sayısı gibi göstergelerin dikkate alındığı analizde, üçlü patent ailesi sayısının en yüksek ağırlığa sahip kriter olduğunu belirlemiş ve fikri mülkiyet çıktılarının AR-GE performansındaki belirleyici rolünü vurgulamıştır.

AR-GE faaliyetlerinin çıktısı olarak inovasyon performansına odaklanan Ayçin ve Çakın (2019), AB üyesi ülkeler ve Türkiye'nin inovasyon performansını Entropi tabanlı MABAC yöntemi ile incelemiş; yenilikçilik ve fikri varlıkların en önemli kriterler olduğunu ve İsviçre, İsveç ve Danimarka'nın öne çıktığını göstermiştir. Benzer şekilde Aytekin vd. (2022), AB üye ve aday ülkeler için Küresel İnovasyon Endeksi alt boyutlarını kullanarak hibrit EATWIOS-DEA yöntemi ile inovasyon performansını çok boyutlu olarak değerlendirmiştir. Bu çalışmalar AR-GE performansı ile inovasyonun yakın ilişkisine odaklanan çalışmalardır.

AR-GE performansının ülke karşılaştırmaları bağlamında ele alındığı çalışmalardan Orhan ve Aytekin (2020), Türkiye ile AB'ye son katılan 13 üye ülkenin 2016 yılı AR-GE performansını CRITIC, MAUT ve SAW bütünleşik modelleriyle analiz etmiştir. Patent ve ticari marka başvuruları, AR-GE harcamalarının GSYH içindeki payı, ileri teknoloji ihracatı ve bilimsel yayın sayısı gibi kriterlerin kullanıldığı çalışmada, ileri teknoloji ihracatının en önemli kriter olduğu belirlenmiş ve Türkiye'nin her iki modelde de en yüksek AR-GE performansına sahip ülke olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, AR-GE çıktılarının dış ticaret yapısı üzerindeki etkisini vurgulaması açısından önemlidir.

Doğan (2020), Türkiye ile AB üyesi ülkelerin 2014–2016 dönemine ait AR-GE verimliliklerini Entropi ve EATWOS yöntemleri ile analiz etmiş; AR-GE yoğunluğu (AR-GE harcamaları/ GSYİH) , araştırmacı sayısı, yayın sayısı, ileri teknoloji ihracatı ve toplam patent başvuru sayısı gibi kriterler değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda, AR-GE yoğunluğu ve toplam patent sayısı en yüksek ağırlığa sahip kriterler olarak belirlenmiş olup, bu çalışma AR-GE verimliliğinin hem finansal kaynak tahsisi hem de üretilen bilgi ve teknoloji çıktıları ile şekillendiğini desteklenmektedir.

Satıcı (2021), AB üyesi ve üyeliği olmayan 35 ülkenin inovasyon performansını, Avrupa İnovasyon Endeksi alt kriterlerinden yararlanarak CRITIC-WASPAS modeli ile değerlendirmiş, inovasyon performansının en önemli belirleyicisinin; ürün ve iş süreci yeniliklerini kapsayan, piyasaya veya organizasyon içine yenilik sunan KOBİ'lerin oranını ifade eden 'yenilikçilik' kriteri olduğu tespit edilmiştir.

Yoğunlu ve Çopuroğlu (2021), Türkiye illerinin AR-GE performansını değerlendirmek amacıyla bölgesel bir analiz örneği olarak hibrit bir ÇKKV modeli önermiş ve entropi tabanlı PROMETHEE yöntemini kullanmıştır. Türkiye illerini kapsayan bu çalışmada, en yüksek AR-GE performansına sahip ilin İstanbul olduğu ve en önemli kriterin kamu destekleri olduğu belirlenmiştir. Bu durum, AR-GE harcamalarının bölgesel yenilik performansı üzerindeki belirleyici etkisini ortaya koymaktadır.

En güncel çalışmalardan biri olan Sevinç (2025) ise Türkiye'nin 2012–2023 dönemine ait AR-GE performansını entropi temelli COPRAS yöntemiyle incelemiş, AR-GE harcamaları, bu harcamaların GSYH içindeki payı ile patent ve faydalı model tescil sayıları kriter olarak kullanılmıştır. Bulgular, Türkiye'nin AR-GE performansının 2012 yılında en yüksek, 2023 yılında ise en düşük seviyede olduğunu göstermiş; ayrıca AR-GE harcamalarının kriter ağırlığının diğer kriterlere kıyasla belirgin şekilde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, zaman içinde uygulanan AR-GE politikalarının etkinliğinin sorgulanmasını ve yeniden değerlendirilmesini gereklili vurgularken, AR-GE harcamalarının önemi ortaya koymaktadır.

Literatürde yer alan çalışmalar genel olarak ele alındığında, AR-GE performansının farklı düzeylerde (uluslararası, ulusal, bölgesel ve zamana bağlı/dinamik) ve çok boyutlu bir yapı içinde incelendiği görülmektedir. Bu çerçevede, AR-GE'nin alt katmanları; faaliyetler, kaynaklar ve çıktılar gibi farklı boyutları kapsamaktadır ve bu boyutlar çeşitli göstergeler aracılığıyla ölçülebilmektedir. Literatürde AR-GE performansını ölçmek için en yaygın olarak kullanılan göstergeler, genellikle faaliyetler, kaynaklar ve çıktılar boyutlarında sınıflandırılmaktadır. Bu göstergelerden Araştırmacı sayısı, AR-GE kapasitesi ve proje sürekliliğini gösterirken (Çakır ve Perçin, 2013; Doğan, 2020), patent ve ticari marka başvuruları yenilikçi çıktılar ile teknolojik ilerlemeyi ve rekabet avantajını yansıtmaktadır (Çakır ve Perçin, 2013; Orhan ve Aytekin, 2020; Yoğunlu ve Çopuroğlu, 2021; Sevinç, 2025). Fikri mülkiyet hakları ödemeleri ve alımları, inovasyonların ticarileştirilmesini ortaya koyarken (Koşar, 2019; Ayçin ve Çakın, 2019), AR-GE harcamaları ve GSYİH içindeki payları kurum veya ülke düzeyinde yatırım büyüklüğü ve kaynak tahsisini göstermektedir (Çakır ve Perçin, 2013; Orhan ve Aytekin, 2020; Doğan, 2020; Sevinç, 2025). Ayrıca araştırma projelerinin ticari ve endüstriyel iş birlikleri, AR-GE'nin ekonomik faydaya dönüşümünü yansıtırken; akademik yayın sayısı bilgi üretimi ve araştırma kapasitesini göstermekte, yüksek teknoloji ihracatı ise AR-GE ve inovasyon kapasitesinin uluslararası pazarlardaki etkinliği ve küresel rekabet gücünü ortaya koymaktadır (Wang, 2007; Çakır ve Perçin, 2013; Aytekin, 2020; Yoğunlu ve Çopuroğlu, 2021).

3. VERİ SETİ VE METODOLOJİ

Bu çalışmanın amacı, gelişmekte olan ülkeleri temsil eden BRICS-TM ülkelerinin AR-GE performanslarını karşılaştırmalı olarak incelemektir. Bu tür bir karşılaştırma, her bir ülkenin Dünya Bankası (World Bank, WB) bilim ve teknoloji veri kategorisi altında yer alan veri setleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Çalışma döneminin 2019–2021 olarak

belirlenmesinin nedeni, tüm ülkeler için erişilebilir en güncel veri setinin 2021 yılına ait olmasıdır. Analizde, ülkelerin bilimsel araştırma, teknolojik yenilik ve üretim süreçlerine ilişkin göstergeler, literatüre paralel olarak seçilmiş ve dinamik bir değerlendirme yapılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda analizde kullanılacak kriterler Tablo 1’de sunulmuştur.

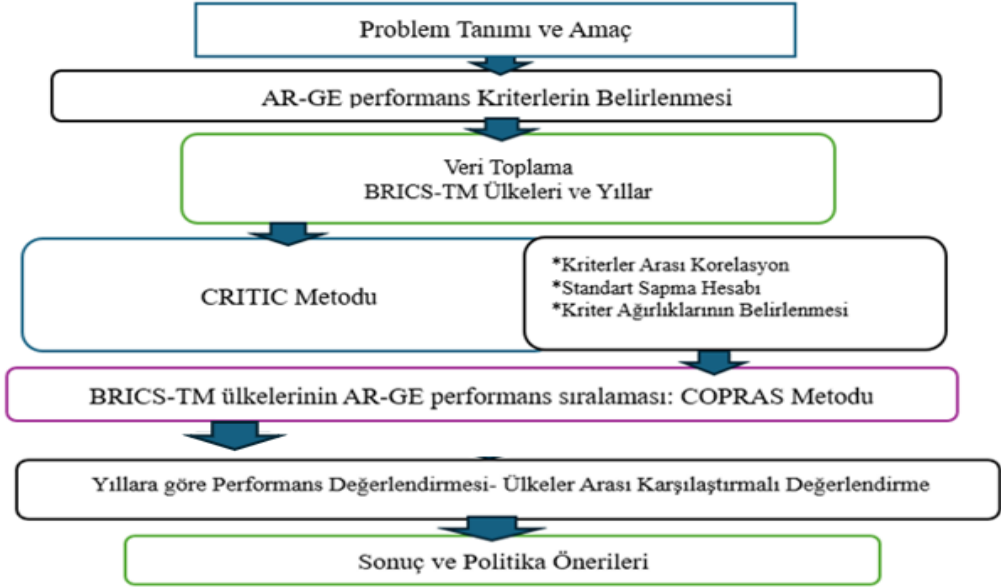
Tablo 1. Veri Seti

Kod	Değişken	Açıklama	Yönü
K ₁	Fikri mülkiyet kullanım ücretleri, ödemeler	Fikri mülkiyetin kullanımı için yapılan ödemeler, sahiplik hakları (örneğin patentler, ticari markalar, telif hakları, endüstriyel süreçler ve tasarımlar, ticaret sırları, franchise hakları) ve fikri mülkiyetin üretilen orijinaler veya prototiplerde çoğaltılmasına veya dağıtılmasına (veya her ikisine birden) yönelik lisanslar için yapılan ücretleri kapsar. Birimi ABD doları.	Maliyet
K ₂	Fikri mülkiyet kullanım ücretleri, alımlar	Fikri mülkiyet haklarının kullanımı için yapılan ücretler ve üretilen orijinaler veya prototiplerdeki fikri mülkiyetin çoğaltılmasına veya dağıtılmasına (veya her ikisine birden) yönelik lisanslar için alınan ücretler, bu göstergenin kapsamına girer. Birimi ABD doları	Fayda
K ₃	Patent Başvuruları, yerleşikler	Patent başvuruları, bir buluş için münhasır haklar talep etmek amacıyla, Patent İş birliği Antlaşması (PCT) prosedürü aracılığıyla veya ulusal bir patent ofisi aracılığıyla yapılan dünya çapındaki başvurulardır.	Fayda
K ₄	Ticari Marka Başvuruları, yerleşikler	Ticari marka, bir işletmenin mal veya hizmetlerini diğer işletmelerinkilerden ayırt edebilen bir işarettir. Ticari markalar, fikri mülkiyet haklarıyla korunmaktadır. Yerleşik başvuru, başvuruda ilk belirtilen başvuru kişinin ikamet ettiği devlet veya yargı bölgesinin fikri mülkiyet ofisi tarafından yapılmış bir başvuruyu ifade eder.	Fayda
K ₅	Bilimsel ve Teknik Makale Sayısı	Makale sayıları, bilim ve mühendislik alanlarındaki seçilmiş konferans bildirisi kitapları ve hakemli dergilerde yayımlanan makaleleri ifade etmektedir. Bu veriler, National Center for Science and Engineering Statistics (NCSES) tarafından belirlenen Taxonomy of Disciplines (Disiplinler Sınıflandırması) çerçevesinde, Scopus veri tabanından alınan bilimsel yayınları içerir.	Fayda
K ₆	Araştırma ve Geliştirme harcamaları	Bu harcamalar, GSYİH'nin yüzdesi olarak ifade edilir dört ana sektördeki hem sermaye hem de cari harcamaları içerir: İşletmeler, Hükümet, Yükseköğretim ve Özel kâr amacı gütmeyen kuruluşlar. AR-GE, temel araştırma, uygulamalı araştırma ve deneysel geliştirme faaliyetlerini kapsar. Birimi ABD doları.	Fayda
K ₇	Yüksek Teknoloji İhracatı (İmalat İhracatlarının	Bu değişken, yüksek AR-GE yoğunluğuna sahip ürünlerin ihracatını ifade etmektedir. Bu ürünler arasında havacılık ve uzay, bilgisayarlar, ilaçlar, bilimsel enstrümanlar ve elektrikli makineler gibi alanlar yer alır. Birimi ABD doları	Fayda

Yüzdesi)

Çalışmanın iş akışı, araştırma sürecinin adımlarını ve veri analiz yöntemlerini görsel olarak özetlemek amacıyla Şekil 1'de sunulmuştur. Bu şema, çalışmada izlenen metodolojik sürecin mantıksal sıralamasını ve analiz aşamalarını göstermektedir.

Şekil 1. Analiz İş Akışı



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bu çalışmada CRITIC-COPRAS bütünleşik modelinin tercih edilmesinin temel nedeni, ilgili alan yazında söz konusu yöntemin Türkiye veya BRICS-TM ülkeleri bağlamında AR-GE performans değerlendirmelerinde daha önce birlikte kullanılmamış olmasıdır. Bu bağlamda hem bölgesel hem de zamana bağlı boyutları birleştiren ve BRICS-TM ülkelerini kapsayan bir değerlendirme sunarak literatürdeki boşluğu doldurmaktadır. Özellikle, CRITIC-COPRAS bütünleşik modelinin AR-GE performans analizlerinde bu ülkeler bağlamında daha önce uygulanmamış olması, ilgili alan yazında yenilikçi bir kullanımını ortaya koymaktadır.

3.1. CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) Yöntemi

Literatürde ÇKKV problemlerinde kriterlerin ağırlıklandırılmasında sıklıkla kullanılan CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) yöntemi, Diakoulaki vd. (1995) tarafından geliştirilen ve kriterler arası karşıtlık ile bilgi içeriğini esas alan nesnel bir ağırlıklandırma yöntemidir. CRITIC yöntemi, kriterlerin ayırt edicilik düzeylerini

standart sapma aracılığıyla, kriterler arasındaki çelişki düzeylerini ise korelasyon analizi ile değerlendirmek; böylece kriterlerin bilgi içeriğini bütüncül bir biçimde ölçmektedir. Bu yönüyle yöntem, karar verici yargılarına dayalı öznelliği en aza indirerek ÇKKV problemleri için daha dengeli ve güvenilir kriter ağırlıklarının elde edilmesine olanak sağlamaktadır. CRITIC yöntemi beş temel adımdan oluşmakta olup, yöntemin uygulama süreci Diakoulaki vd. (1995, s. 763–770) tarafından aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

İlk aşamada m alternatif ve n kriterden oluşan $m \times n$ boyutlu başlangıç karar matrisi oluşturulmalıdır:

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

x_{ij} : i. alternatifin j. kriterindeki performans değerini ifade eder.

İkinci aşamada analizde kullanılması öngörülen kriterlerin fayda ve maliyet kriter özellikleri dikkate alınarak, aşağıda verilen Eşitlik (2) ve Eşitlik (3) kullanılarak Eşitlik (1)'de verilen başlangıç karar matrisinin normalize edilmesi sağlanmalıdır.

- Fayda kriteri ise $r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (2)$

- Maliyet kriteri ise $r_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (3)$

Üçüncü aşamada kriterler arası korelasyon katsayılarının (p_{jk}) hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama için bir önceki aşamada elde edilen r_{ij} normalize edilmiş karar matrisi değerleri kullanılarak, aşağıda verilen Eşitlik (4)'ten yararlanılmaktadır:

$$p_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{ik} - \bar{r}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 \sum_{i=1}^m (r_{ik} - \bar{r}_k)^2}} \quad (j, k = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

Bu aşamada, her bir kriterin bilgi içeriğini temsil eden C_j değerleri, Eşitlik (5)'te verilen kriterlerin standart sapma değerleri esas alınarak ve Eşitlik (6) yardımıyla hesaplanmaktadır.

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

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - p_{jk}), \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Beşinci adım olan bu son aşamada ise kriter ağırlıkları Eşitlik (7) kullanılarak hesaplanır.

$$w_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^n C_k} \quad j, k = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

3.2. COPRAS (Complex Proportional Assessment) Yöntemi

Zavadskas ve Kaklauskas (1996) tarafından literatüre kazandırılan COPRAS (Complex Proportional Assessment) yöntemi, kriterlerin görelî önemleri ile fayda ve maliyet yönlü etkilerini eşzamanlı olarak dikkate alan (Topak ve Çanakçıoğlu, 2019, s.119), ÇKKV problemlerinde alternatiflerin görelî önceliklerinin ve performanslarının belirlenmesine olanak sağlayan analitik bir yaklaşımdır. Yöntem, alternatiflerin ağırlıklandırılmış normalize edilmiş değerleri üzerinden oransal değerlendirilmesini esas alarak, karar vericilere sistematik ve karşılaştırılabilir bir sıralama sunmaktadır. Yöntemin uygulama adımları aşağıdaki gibi dört aşamalıdır (Zavadskas vd., 2004, s. 349):

İlk olarak, daha önce CRITIC yönteminin ilk aşamasında kullanılan aynı başlangıç karar matrisi esas alınarak normalize karar matrisinin elde edilmesi gerekmektedir. Bu ilk aşamanın amacı, karşılaştırmalı göstergelerden birimsiz ağırlıklı değerler elde etmek ve başlangıçta farklı birimlere sahip olan tüm kriterleri birbirleriyle karşılaştırılabilir hâle getirmektir. Bu işlem Eşitlik (8) ile kullanılarak normalize karar matrisi oluşturulur.

$$\hat{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}} \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (8)$$

İkinci aşamada, ağırlıklandırılmış karar matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Bu işlem, her kriterin görelî öneminin değerlendirmeye yansıtılmasını sağlayarak karar analizinin doğruluğunu artırmaktadır. Bu işlem için CRITIC yönteminden elde edilen q_i ağırlık değerleri yardımıyla, Eşitlik (9) kullanılarak ağırlıklandırılmış karar matrisi oluşturulur.

$$d_{ij} = \hat{x}_{ij} \times q_i \quad (9)$$

q_i : i. kriterin CRITIC metodu ile elde edilen ağırlık değeri³

Üçüncü aşamada alternatifini tanımlayan ağırlıklandırılmış normalize edilmiş göstergelerin toplamı elde edilmelidir. Alternatifler, minimize edilmesi gereken göstergeler S_j^- ve maksimize edilmesi gereken göstergeler S_j^+ ile tanımlanır. Bu gösterge değerleri sırasıyla Eşitlik (10) ve Eşitlik (11) yardımıyla hesaplanır.

³ Bu çalışmada kriter ağırlıkları CRITIC yöntemine göre belirlendiğinden, metodoloji bölümünde CRITIC ağırlıkları ifadesi özellikle kullanılmıştır. Ancak kriter ağırlıklarının farklı bir yöntemle elde edilmesi durumunda, ilgili yönteme ait ağırlıkların kullanılması gerektiği hususu önem arz etmektedir.

$$S_j^- = \sum_{i=1}^m d_{ij}^-, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

$$S_j^+ = \sum_{i=1}^m d_{ij}^+, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

Bu aşamada elde edilen S_j^+ değerleri (bu değer ne kadar büyükse, ilgili tarafların memnuniyet düzeyi o kadar yüksektir) ve S_j^- değerleri (bu değer ne kadar küçükse, ilgili tarafların hedeflerine ulaşma düzeyi o kadar iyidir), her bir alternatif için hedeflere ulaşma derecesini ifade etmektedir.

Üçüncü aşamada karşılaştırılan alternatiflerin göreceli önemi, pozitif (artılar) ve negatif (eksiler) özellikler esas alınarak belirlenir. Her bir alternatifin göreceli önemi Q_j , Eşitlik (12) yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Q_j = S_j^+ + \frac{\sum_{j=1}^n S_j^-}{S_j^- \sum_{j=1}^n \frac{1}{S_j^-}}, \quad j = 1, \dots, n \quad (12)$$

Son aşamada her bir alternatif için elde edilen Q_j değerleri karşılaştırılarak değerlendirilir. Bu değerlerin yüksek olması, alternatifin göreceli önem düzeyinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Bu aşamada her bir alternatifin performans indeksi P_i değerleri hesaplanır. P_i Endeksi değeri 100 olan alternatif en iyi alternatif olarak nitelendirilir (Özdoğan, 2013, s. 237). P_i Endeksi aşağıdaki gösterilen Eşitlik (13) kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} \times 100\% \quad (13)$$

Bu değere göre alternatiflerin hedefe uygun sıralaması yapılır.

4. ANALİZ VE BULGULAR

Örnekleme oluşturan ülkelere ait kodlamalar ise Tablo 2’de gösterilmiştir

Tablo 2. Örnekleme Oluşturan Ülkeler ve Kodları

Kod	Ülke
A ₁	Brezilya
A ₂	Rusya
A ₃	Hindistan
A ₄	Çin
A ₅	Güney Afrika
A ₆	Türkiye
A ₇	Meksika

Çalışmada, araştırma dönemi 2019-2021 olarak belirlenmiş olup, yöntem uygulamaları 2021 yılına dair veriler üzerinden ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. 2019 ve 2020 yıllarına ilişkin ise yalnızca kriterler ve alternatif ağırlıkları sunulmuştur. 2021 yılı için karar matrisi Tablo 3'te gösterilmiştir.

4.1. CRITIC Yönteminin Uygulama Süreci ve Bulgular

Tablo 3. 2021 yılı Karar Matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
A ₁	5222174071	705261778	4666	346752	73727.34	1.18	9.00
A ₂	7022910000	1435290000	19569	327409	100841.94	0.96	9.73
A ₃	8631569309	870139762	26267	435581	179806.22	0.65	10.21
A ₄	46894697501	11755764584	1426644	9192753	766200.41	2.43	30.22
A ₅	1453033533	135303751	1804	25786	16092.63	0.62	5.55
A ₆	2800000000	391000000	8234	395159	47600.4	1.40	3.28
A ₇	5129414066	558064827	1117	142012	21753.88	0.27	19.81

Kriterlerin fayda ve maliyet yönü dikkate alınmış, Eşitlik (2) ve (3) yardımıyla karar matrisi Tablo 4'teki gibi normalize edilmiştir.

Tablo 4. Normalize Karar Matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
A ₁	0.9171	0.0490	0.0025	0.0350	0.0768	0.4189	0.2123
A ₂	0.8774	0.1119	0.0129	0.0329	0.1130	0.3172	0.2393
A ₃	0.8420	0.0632	0.0176	0.0447	0.2183	0.1754	0.2572
A ₄	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
A ₅	1.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.1581	0.0841
A ₆	0.9704	0.0220	0.0050	0.0403	0.0420	0.5227	0.0000
A ₇	0.9191	0.0364	0.0000	0.0127	0.0075	0.0000	0.6136

Ardından kriterler arası korelasyon katsayıları Eşitlik (4) yardımıyla Tablo 5'teki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 5. Kriterler Arası Korelasyon Matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
A ₁	1.0000	-0.9958	-0.9906	-0.9917	-0.9940	-0.8242	-0.8586
A ₂	-0.9958	1.0000	0.9963	0.9966	0.9861	0.8479	0.8413
A ₃	-0.9906	0.9963	1.0000	0.9994	0.9813	0.8476	0.8314
A ₄	-0.9917	0.9966	0.9994	1.0000	0.9839	0.8599	0.8263
A ₅	-0.9940	0.9861	0.9813	0.9839	1.0000	0.8379	0.8100
A ₆	-0.8242	0.8479	0.8476	0.8599	0.8379	1.0000	0.4857
A ₇	-0.8586	0.8413	0.8314	0.8263	0.8100	0.4857	1.0000

Eşitlik (5) ve (6) kullanılarak kriterlere ait standart sapma değerleri hesaplanmış; ardından bu standart sapma değerlerinden yararlanılarak, Eşitlik (7)'de verilen denklem aracılığıyla her bir kriterin ağırlığı Tablo 6'da sunulduğu şekilde belirlenmiştir.

Tablo 6. 2021 yılı Hesaplanan c_j ve w_j değerleri

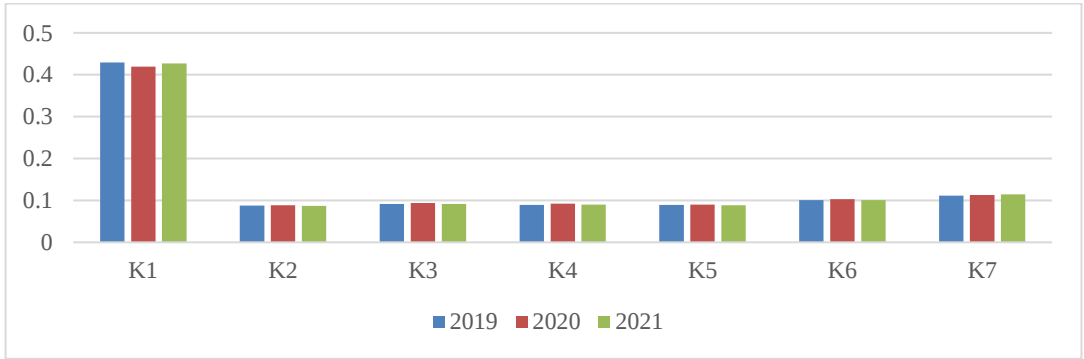
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
c _j	4.1038	0.8423	0.8768	0.8556	0.8548	0.9657	1.0649
w _j	0.4291	0.0881	0.0917	0.0895	0.0894	0.1010	0.1113

Benzer süreçler izlenerek, 2019 ve 2020 için hesaplanan w_{j2019} ve w_{j2020} değerleri Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. 2019 ve 2020 yılı Hesaplanan w_j değerleri

		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
2019	w _j	0.4192	0.0884	0.0939	0.0922	0.0904	0.1032	0.1128
2020	w _j	0.4269	0.0871	0.0919	0.0901	0.0885	0.1008	0.1148

Şekil 2. Kriterlerin Yıllara göre Değişen Önem Düzeyleri



Tablo 6 ve Tablo 7'deki veriler kullanılarak, kriterlerin yıllara göre değişimini gösteren Şekil 2 oluşturulmuştur. Şekil 2'ye göre, tüm yıllarda ülkeler için en önemli kriterin K₁ (Fikri mülkiyet haklarına yapılan ödemeler) olduğu; bunu sırasıyla K₇ (yüksek teknoloji ihracatı), K₆ (araştırma ve geliştirme harcamaları, %GSYİH) ve K₃ (patent başvuruları) izlediği görülmektedir.

4.2. COPRAS Metodu Uygulaması ve Bulgular

Bu yöntemde, CRITIC uygulamasında olduğu gibi yalnızca 2021 yılı verileri üzerinden detaylı bir analiz yapılmıştır. 2019 ve 2020 yıllarına ait alternatif sıralamalar ise analiz sonunda sunulmuştur. Analizde kullanılan karar matrisi, Tablo 3'te verilen matris ile aynıdır. Normalizasyon aşamasında ise, CRITIC metodundan farklı olarak Eşitlik 8 kullanılarak normalizasyon değerleri hesaplanmıştır. Bu normalizasyon yöntemiyle oluşturulan karar matrisi, Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. Normalize Karar Matrisi

Ülkeler	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
A ₁	0.0677	0.0445	0.0031	0.0319	0.0611	0.1568	0.1025
A ₂	0.0910	0.0905	0.0131	0.0301	0.0836	0.1276	0.1108

A ₃	0.1119	0.0549	0.0176	0.0401	0.1491	0.0869	0.1163
A ₄	0.6078	0.7417	0.9586	0.8461	0.6353	0.3238	0.3442
A ₅	0.0188	0.0085	0.0012	0.0024	0.0133	0.0819	0.0632
A ₆	0.0363	0.0247	0.0055	0.0364	0.0395	0.1866	0.0374
A ₇	0.0665	0.0352	0.0008	0.0131	0.0180	0.0364	0.2256

Ardından Tablo 6’da gösterilen w_j ağırlık değerleri ve Eşitlik (8), (9), (10), (11), (12) ve (13) kullanılarak, S_j^+ , S_j^- , P_i ve COPRAS Performans sıralaması Tablo 9 da gösterilmiştir.

Tablo 9. 2021 yılı S_j^+ , S_j^- , P_i ve COPRAS Performans sıralaması

Ülkeler	S_j^+	S_j^-	Q_i	P_i	Sıralama
A ₁	0.0218	0.0461	0.088802	26.419	5
A ₂	0.0293	0.0539	0.086592	26.122	6
A ₃	0.0338	0.0595	0.085727	26.093	7
A ₄	0.3144	0.3088	0.324362	100	1
A ₅	0.0080	0.0165	0.194914	55.626	2
A ₆	0.0128	0.0346	0.101963	29.179	4
A ₇	0.0265	0.0339	0.11764	36.128	3

Benzer şekilde, COPRAS metodolojisi kullanılarak 2019 ve 2020 yılları için elde edilen alternatif sıralamalar, 2021 yılı sonuçları ile Tablo 10’da sunulmuştur. Bu sunum, yıllar arasındaki değişimlerin ve genel eğilimlerin bütüncül olarak incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

Tablo 10. 2019 -2021 yılı COPRAS Performans Sıralaması

Ülkeler	P_i 2019	Sıralama	P_i 2020	Sıralama	P_i 2021	Sıralama
A ₁	27.32	5	28.64	5	26.419	5
A ₂	26.55	6	24.12	7	26.122	6
A ₃	26.17	7	27.21	6	26.093	7
A ₄	100	1	100	1	100	1
A ₅	55.66	2	57.09	2	55.626	2
A ₆	31.89	4	29.41	4	29.179	4
A ₇	34.29	3	37.09	3	36.128	3

Tablo 10 incelendiğinde A₁–A₇ ülkelerinin 2019–2021 dönemindeki AR-GE performans sıralamalarının büyük ölçüde istikrarlı bir yapı sergilediğini göstermektedir. Bu çerçevede A₄ (Çin) ülkesi, üç yıl boyunca kesintisiz biçimde birinci sırada yer alarak AR-GE kapasitesi ve sürdürülebilir yenilik performansı açısından belirgin bir liderlik ortaya koymaktadır. A₅ (Güney Afrika), A₆ (Türkiye) ve A₇ (Meksika) ülkeleri sıralamalarını dönem boyunca koruyarak orta düzeyde fakat istikrarlı bir AR-GE performansı sergilemiştir. A₁ (Brezilya) ülkesi tüm yıllarda beşinci sırada yer almakta olup, AR-GE faaliyetlerinde süreklilik sağlamakla birlikte üst sıralara yükselme konusunda sınırlı bir performans göstermektedir. Buna karşılık A₂ (Rusya) ve A₃ (Hindistan) ülkeleri dönemsel dalgalanmalar sergilemiş; özellikle A₂’nin 2020 yılında gerilemesi ve A₃’ün aynı yıl geçici bir iyileşme göstermesi, bu ülkelerde AR-GE performansının dışsal veya yapısal faktörlere daha duyarlı olabileceğine işaret etmektedir. Genel olarak bulgular, üç yıllık

dönemde ülkeler arası AR-GE performans farklılıklarının kalıcı olduğunu ve lider konumdaki ülkelerin bu avantajlarını koruduğunu ortaya koymaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

BRICS-TM ülkelerinin örneklem olarak seçildiği bu çalışmada, 2019–2021 dönemine ait AR-GE performansları çok kriterli karar verme yöntemleri aracılığıyla analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, incelenen dönem boyunca ülkelerin AR-GE performans sıralamalarında belirgin ve keskin değişimlerin yaşanmadığını, sıralamaların genel olarak istikrarlı bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, söz konusu ülkelere AR-GE kapasitesinin kısa vadede radikal değişimlerden ziyade kademeli ve yapısal bir gelişim süreci izlediğine işaret etmektedir. Bununla birlikte, sıralama sonuçları incelendiğinde stabil durumunu devam ettiren ülkelerin yoğunluğu dikkat çekmektedir. Bu bulgu, BRICS-TM ülkelerinin AR-GE performansı açısından görece avantajlı ya da dezavantajlı konumlarını koruduklarını, diğer bir ifadeyle mevcut AR-GE ekosistemlerinin belirli bir denge düzeyine ulaştığını göstermektedir.

Bulgulara göre AR-GE performansı açısından en güçlü ülkelerin Çin ve Güney Afrika olduğu belirlenmiştir. En düşük performansla sahip ülkelerin ise Rusya ve Hindistan olduğu belirlenirken, Türkiye'nin nispeten orta düzey performansı dikkat çekmektedir. Bu durum analizde performans kriteri olarak belirlenen AR-GE harcamaları ve patent başvuru sayısı açısından Türkiye'nin diğer ülkelere göre daha iyi bir performans göstermesi ile ilişkilendirilebilir (Bakınız Ek-1).

Araştırmada kullanılan performans kriterleri açısından elde edilen bulgular ise ülkelerin AR-GE performansını belirleyen unsurların öncelik sırasını ortaya koymaktadır. Her üç dönemde de en önemli kriterin fikri mülkiyet haklarına yapılan ödemeler olduğu tespit edilmiştir. Bu kriter, ülkelerin fikri mülkiyet transferi yoluyla teknoloji ve bilgi edinme kapasitesini yansıtmaktadır. En yüksek AR-GE performansına sahip olarak belirlenen Çin için, fikri mülkiyet haklarına yapılan ödemelerin hacmi diğer ülkelere kıyasla daha yüksek olup, aynı zamanda bu hakları (patent, ticari marka ve telif hakları) diğer ülkelere devretme konusunda da diğer ülkelere göre daha büyük bir kapasiteye sahiptir. Bu durum, ülkenin fikri mülkiyete yaptığı yatırımlar kadar yenilik üreterek, bu haklardan elde ettiği kazancı artırdığını göstermektedir ve Çin'in AR-GE stratejisinin hem teknoloji edinme hem de ticarileştirme boyutunda dengeli ve etkin olduğunu ortaya koymaktadır. Örnekleme yer alan ülkeler de benzer şekilde bu durum, AR-GE performansının yalnızca yerli üretim ve kaynak kullanımına değil, aynı zamanda küresel bilgi ve teknolojiye erişim kapasitesine dayandığını göstermektedir⁴.

Bunu takip eden ikinci önemli kriterin yüksek teknoloji ihracatı olması, AR-GE faaliyetlerinin ekonomik çıktılar ve küresel rekabet gücü ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koyarken, ülkelerin yüksek teknoloji ürünleri ihracatındaki başarısı, AR-GE

⁴2019–2021 döneminde ülkelerin her birinin fikri mülkiyet haklarına yapılan ödemelerde genel bir artış gözlenmiştir (Ek-1).

yatırımlarının somut çıktılara dönüşme kapasitesini temsil eden önemli kalemlerden birisidir. Bu bulgu literatürde yer alan Çakır ve Perçin (2013) ve Orhan ve Aytakin (2020)'e ait çalışmaların bulgularıyla paralellik göstermektedir. Ülke bazlı değerlendirildiğinde, Çin diğer tüm değişkenlerde olduğu gibi yüksek teknoloji ihracatında da diğer ülkelere kıyasla öncü konumunu korumaktadır. Öte yandan, Rusya ve Brezilya üç yıllık dönemde bu kalemin GSYİH içindeki payında düşüş görülmüştür (Ek-1); bu durum, söz konusu ülkelerde AR-GE çıktılarının ekonomik katkısının sınırlı kaldığını veya küresel rekabet avantajının zayıfladığını işaret etmektedir.

Üçüncü sırada yer alan AR-GE harcamaları, kaynak tahsisinin ve yatırımların sürdürülebilir bir şekilde yürütülmesinin AR-GE performansı üzerindeki önemini vurgulamaktadır. AR-GE harcamaları hem insan kaynağı eğitimi hem de altyapı ve laboratuvar kapasitesi açısından temel bir belirleyici olarak öne çıkmaktadır.

Bu kriteri yakın önem derecesi ile takip eden patent başvuruları ise inovatif fikirlerin ticarileşmesinde kritik role sahip diğer bir kriterdir. Bu bulgu, literatürde Çakır ve Perçin (2013) ve Doğan (2020) tarafından vurgulanan, patent başvuru sayısının AR-GE performansının önemli göstergelerinden biri olduğu sonucuyla da uyumludur.

Genel olarak, bu sıralama, BRICS-TM ülkelerinde AR-GE performansının hem girdi (harcamalar) hem çıktı (yüksek teknoloji ihracatı, patent) hem de süreç odaklı (fikri mülkiyet hakları) kriterler üzerinden değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Bu da AR-GE stratejilerinin çok boyutlu ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini desteklemektedir. Bu bağlamda, analiz için tercih edilen çok değişkenli karar verme metodolojisinin uygunluğu, literatürdeki çalışmalarda kullanılan metodolojilerle paralellik göstermektedir.

Bu çalışma, ulaşılabilen en güncel veri kısıtı nedeniyle yalnızca üç yıllık bir dönemi kapsamaktadır. Gelecek araştırmalarda, daha uzun süreli veri setleri kullanılarak AR-GE performansındaki uzun dönemli eğilimlerin ve olası kırılmaların incelenmesi önerilmektedir. Ayrıca, bu çalışmada ülkelerin AR-GE performansını karşılaştırmalı olarak analiz edilmesi amaçlanmıştır: gelecek çalışmalarda ise kriterler arasındaki nedensellik ilişkilerinin analiz edilmesi, AR-GE stratejileri ve politika önerilerine yönelik farkındalığı artıran önemli bulgulara ulaşılabilmesi açısından önerilebilir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Makalenin tüm süreçlerinde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi'nin araştırma ve yayın etiği ilkelerine uygun olarak hareket edilmiştir.

Yazarların Makaleye Katkı Oranları

Makalenin tamamı Bekir ÇINAR tarafından kaleme alınmıştır.

Çıkar Beyanı

Yazarın herhangi bir kişi ya da kuruluş ile çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKÇA

- Ayçin, E., & Çakın, E. (2019). Ülkelerin inovasyon performanslarının ölçümünde Entropi ve MABAC çok kriterli karar verme yöntemlerinin bütünlük olarak kullanılması. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 19(2), 326-351.
- Aytekin, A., Ecer, F., Korucuk, S., & Karamaşa, Ç. (2022). Global innovation efficiency assessment of EU member and candidate countries via DEA-EATWIOS multi-criteria methodology. *Technology in Society*, 68, 101896.
- Bayraktutan, Y., & Bıdırdı, H. (2015). Teknoloji Politikaları: Temel Göstergeler ve İhracata Yansımaları (Seçilmiş Ülke Örnekleri). *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (30), 1-30.
- Çakır, S., & Perçin, S. (2013). AB Ülkeleri'nde Bütünlük Entropi Ağırlık- TOPSIS Yöntemiyle AR-GE Performansının Ölçülmesi. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32(1), 77-95.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & operations research*, 22(7), 763-770. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(94\)00059-H](https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)00059-H)
- Doğan, H. (2020). Türkiye ve AB ülkelerinin AR-GE verimliliklerinin ENTROPİ-EATWOS yöntemleri ile karşılaştırılması. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(23), 515-533. <https://doi.org/10.38155/ksbd.792763>
- Koşar, A. (2019). AR-GE, inovasyon ve tekelleşme. *Teori ve Eylem*, 34, 33-53.
- Liu, P., Zhu, B., & Wang, P. (2019). A multi-attribute decision-making approach based on spherical fuzzy sets for Yunnan Baiyao's R&D project selection problem. *International Journal of Fuzzy Systems*, 21(7), 2168-2191. <https://doi.org/10.1007/s40815-019-00687-x>
- Orhan, M., & Aytekin, M. (2020). Türkiye ile AB'ye Son Katlan Ülkelerin AR-GE Performanslarının CRITIC Ağırlıklı MAUT ve SAW Yöntemiyle Kıyaslanması. *Business & Management Studies: An International Journal*, 8(1), 754-778.
- Özdağoğlu, A. (2013). Çok ölçütlü karar verme modellerinde normalizasyon tekniklerinin sonuçlara etkisi: COPRAS örneği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 8(2), 229-255.
- Porter, M. E. ve Stern, S. (2001) *National Innovative Capacity: The Global Competitiveness Report 2001-2002*, New York: Oxford University Pres.
- Salimi, N., & Rezaei, J. (2018). Evaluating firms' R&D performance using best worst method. *Evaluation and program planning*, 66, 147-155.
- Satıcı, S. (2021). Ülkelerin inovasyon performansının CRITIC temelli WASPAS yöntemiyle değerlendirilmesi. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 16(2), 91-104.
- Sevinç, A. (2025). Türkiye'nin araştırma ve geliştirme performansının ENTROPİ ve COPRAS yöntemi ile analizi: 2012-2023 yıllarının değerlendirmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(3), 1116-1125.
- Topak, M. S., & Çanakçıoğlu, M. (2019). Banka Performansının Entropi ve Copras Yöntemi İle Değerlendirilmesi: Türk Bankacılık Sektörü Üzerine Bir Araştırma. *Financial Analysis/Mali Cozum Dergisi*, 29(154).
- Yoğunlu, A., & Çopuroğlu, Y. C. (2021). İllerin Yenilik Ekosistemine Dayalı AR-GE ve Yenilik Performanslarının Promethee Yöntemi ile Karşılaştırılması. *Journal of Academic Social Science Studies*, 14(86), 421-438.
- Wang, E. C. (2007). R&D efficiency and economic performance: A cross-country analysis using the stochastic frontier approach. *Journal of Policy Modeling*, 29(2), 345-360. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2006.12.005>
- Zavadskas, E. K., & Kaklauskas, A. (1996). Multicriteria evaluation of building. *Technika Vilnius*.
- Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., Banaitis, A., & Kvederyte, N. (2004). Housing credit access model: The case for Lithuania. *European journal of operational research*, 155(2), 335-352. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00091-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00091-2)

Zerenler, M., Türker, N., & Şahin, E. (2007). Küresel Teknoloji, Araştırma-Geliştirme AR-GE ve Yenilik İlişkisi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (17), 653-667.

EXTENDED SUMMARY

Research and development (R&D) activities are considered one of the fundamental factors determining the competitiveness of countries in modern economies. In an era where globalization and technological transformation are accelerating, knowledge-based production and innovation capacity have become primary drivers of economic growth and sustainable development. Countries with high R&D performance are able to strengthen their national economies, enhance labor productivity, and gain competitive advantages in international markets by developing new products, services, and processes. Moreover, the acceleration of scientific and technological progress contributes to the improvement of social welfare. Consequently, the strategic imperative for countries to strengthen their R&D capabilities is unequivocally underscored.

In the literature, various indicators are employed to measure R&D performance. Among these, intellectual property rights, the magnitude of R&D expenditures, the number of patents, trademarks and entrepreneurial initiatives, the number of scientific publications, and high-technology exports stand out as prominent criteria. These indicators are considered essential tools for assessing a country's innovation capacity, knowledge production, and ability to commercialize technology.

This study aims to conduct a comparative analysis of the R&D performance of the BRICS-TM countries, which represent significant members of the developing country group that have not yet reached full maturity. The multidimensional and multifaceted nature of R&D performance necessitates the use of multi-criteria decision-making methods for analysis. In this context, the relatively less commonly employed CRITIC-based COPRAS method has been adopted, and an integrated model has been proposed using the most recent data from 2019 to 2021.

According to the findings of the study, the most critical criterion for R&D performance was identified as expenditures on intellectual property rights. This result indicates that R&D performance relies not only on domestic production and resource utilization but also on the capacity to access global knowledge and technology. Although this criterion is not a directly positive indicator, it plays a crucial role in technology transfer, learning, and commercialization processes.

For the country group included in the sample, the share of high-technology exports in GDP emerges as another important criterion. This variable represents the tangible economic value of R&D outputs and serves as a crucial tool for measuring a country's capacity to generate economic returns from its R&D performance. Additionally, R&D expenditures and the number of patent applications stand out as key inputs that support innovation capacity and technological advancement. These findings underscore that R&D

performance should be evaluated not only in terms of resources and capacities but also in terms of outputs and commercialization potential.

On the other hand, the findings of this study, which examined the BRICS-TM countries, indicate that no significant or abrupt changes were observed in the overall R&D performance rankings of these countries during the 2019–2021 period. The stability of the rankings suggests that R&D capacity in these countries follows a gradual and structural development process rather than undergoing radical changes in the short term.

Throughout this period, China has demonstrated the highest performance, achieving high scores in all criteria included in the analysis. This result reflects China's R&D-focused strategy and accumulated experience. South Africa ranks second, particularly standing out for its high expenditure on intellectual property rights; this demonstrates the country's capacity for technology transfer and access to global knowledge. Mexico ranks third and Turkey fourth; Mexico's relatively high share of technology exports and Turkey's increasing R&D expenditure provide them with a performance advantage. Conversely, Russia and India were identified as the lowest-performing countries. Despite their high number of scientific publications, low R&D expenditure shares limit their overall performance. These findings confirm that R&D performance should be assessed not only in terms of academic productivity but also by considering resource allocation, technology commercialization, and the capacity to access global knowledge.

In conclusion, this study has comparatively analysed the R&D performance of BRICS-TM countries using indicators frequently used in the literature. However, the limitations of the study should not be overlooked; in particular, the failure to examine causal relationships between criteria and long-term dynamics limits the generalisability of the findings. Future research modelling these interactions between criteria and policy effects will enable a more comprehensive and policy-oriented assessment of R&D performance.

Ek-1. BRICS-TM Ülkelerinin 2019–2021 AR-GE Performans Kriter Skorlar

	Fikri mülkiyet kullanımına ilişkin ücretler, ödemeler			Fikri mülkiyet kullanım ücretleri, alımlar			Patent Başvuruları (Yerleşikler, Adet)			Ticari Marka Başvuruları (Adet)		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Brezilya	5.25E+09	4.06E+09	5.22E+09	6.41E+08	6.34E+08	7.05E+08	5464	5280	4666	218764	260776	346752
Rusya	6.87E+09	6.81E+09	7.02E+09	1.01E+09	1.16E+09	1.44E+09	23337	23759	19569	246732	341421	327409
Hindistan	7.89E+09	7.24E+09	8.63E+09	8.72E+08	1.25E+09	8.7E+08	19454	23141	26267	322297	382294	435581
Çin	3.44E+10	3.79E+10	4.69E+10	6.6E+09	8.58E+09	1.18E+10	1243568	1344817	1426644	7582458	9116516	9192753
Güney Afrika	1.36E+09	1.2E+09	1.45E+09	1.51E+08	1.26E+08	1.35E+08	567	542	1804	21583	22104	25786
Türkiye	2.18E+09	2.35E+09	2.8E+09	1.95E+08	2.6E+08	3.91E+08	7871	7920	8234	248754	331480	395159
Meksika	5.26E+09	4.24E+09	5.13E+09	8.01E+08	5.77E+08	5.58E+08	1305	1132	1117	112970	118329	142012
	Bilimsel ve Teknik Makale Sayısı			AR-GE harcamaları (% GSYİH)			Yüksek Teknoloji İhracatı (%GYSYİH)					
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021			
Brezilya	66506.17	70490.47	73727.34	1.21096	1.14526	1.17811	14.06681	11.35009	9.001554			
Rusya	90819.89	94909.93	100841.9	1.03531	1.09099	0.95857	12.90532	9.193639	9.729848			
Hindistan	132819.6	148409.6	179806.2	0.65942	0.64558	0.6525	10.22374	11.03256	10.21256			
Çin	617494.5	672734.7	766200.4	2.24463	2.40666	2.4326	30.81863	31.27662	30.21907			
Güney Afrika	15148.36	15744.73	16092.63	0.61304	0.6024	0.61503	4.895523	5.62172	5.54756			
Türkiye	37976.86	40923.32	47600.4	1.3196	1.36748	1.40209	3.028177	3.15277	3.283627			
Meksika	18991.67	20363.28	21753.88	0.27606	0.29191	0.27378	20.40686	21.50742	19.81134			

Kaynak: World Bank (WB) databank. <https://data.worldbank.org/>