

Gıda Güvenliğinin Ekonomik ve Çevresel Belirleyicileri: BRICS-T Ülkeleri İçin Bir Analiz

Serkan ŞENGÜL¹ , Yılmaz KÖPRÜCÜ²

Özet

Bu çalışma, BRICS-T ülkelerinde gıda güvenliğini etkileyen ekonomik ve çevresel faktörlerin uzun dönemli etkilerini analiz etmektedir. Çalışmada, gıda güvenliği endeksi, karbon emisyonları, kişi başına düşen gelir, nüfus artış oranı, ve enflasyon değişkenleri incelenmiştir. Panel eşbütünleşme testi ve FMOLS yöntemleri kullanılarak, karbon emisyonlarının gıda güvenliği üzerinde pozitif bir etkisi olduğu, ancak bu etkinin çevresel sürdürülebilirlik açısından risk oluşturabileceği tespit edilmiştir. Bulgular, sürdürülebilir tarım teknolojilerine yatırım yapılması, doğal kaynakların korunması ve uluslararası işbirliklerinin artırılması gerektiğine işaret etmektedir. Çalışma, BRICS-T ülkelerinin farklı ekonomik ve çevresel koşulları ışığında literatüre yeni bir bakış açısı sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Gıda güvenliği, BRICS-T ülkeleri, karbon emisyonları, Panel Eşbütünleşme, FMOLS

Jel Kodu: Q18, Q56, C33

Economic and Environmental Determinants of Food Security: An Analysis for BRICS-T Countries

Abstract

This study analyzes the long-term effects of economic and environmental factors on food security in BRICS-T countries. Variables such as food security index, carbon emissions, per capita income growth, population growth rate, and inflation were examined. Using Panel cointegration tests and the FMOLS methods, the findings indicate that carbon emissions have a positive impact on food security, although this effect poses risks to environmental sustainability. The results highlight the need for investment in sustainable agricultural technologies, the preservation of natural resources, and enhanced international cooperation. The study provides a novel perspective to the literature by considering the unique economic and environmental conditions of BRICS-T countries.

Keywords: Food security, BRICS-T countries, carbon emissions, Panel Cointegration, FMOLS

Jel Codes: Q18, Q56, C33

ATIF ÖNERİSİ (APA): Şengül, S. ve Köprücü, Y. (2025). Gıda Güvenliğinin Ekonomik ve Çevresel Belirleyicileri: BRICS-T Ülkeleri İçin Bir Analiz. *İzmir İktisat Dergisi*. 40(3). 858-874. Doi: 10.24988/ije.1596121

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Mudanya Üniversitesi, Sanat ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Ekonomi ve Finans Bölümü, Mudanya / Bursa, Türkiye **EMAIL:** serkan.sengul@mudanya.edu.tr **ORCID:** 0000-0001-9891-9477

²Araş. Gör. Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İ.İ.B.F., İktisat Bölümü, Eskişehir, Türkiye **EMAIL:** ykoprucu@ogu.edu.tr **ORCID:** 0000-0002-9539-7957

1. GİRİŞ

Küresel gıda güvenliği, dünyada artan nüfus, ekonomik eşitsizlikler, çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği gibi pek çok faktörle doğrudan ilişkilidir (Somoye, 2024; Chen ve diğerleri, 2018). Bu bağlamda Küresel Gıda Güvenliği Endeksi (GFSI: Global Food Security Index), ülkelerin gıda güvenliği durumunu kapsamlı bir şekilde değerlendirerek, politika yapıcıların bu alandaki ihtiyaçları ve zorlukları anlamalarına yardımcı olur (Economist Group, 2021). 2012 yılından bu yana Economist İstihbarat Birimi (EIU: Economist Intelligence Unit) tarafından geliştirilen GFSI, 113 ülkeyi dört temel başlık altında değerlendirmektedir: gıda erişilebilirliği, ulaşılabilirlik, kalite ve güvenlik, doğal kaynaklar ve dayanıklılık (IOFS, 2021; USDA, 2022). GFSI'nin sunduğu bu çok yönlü çerçeve, ülkelerin gıda güvenliğini tehdit eden ekonomik ve çevresel faktörlerin analizine olanak tanır ve Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden "Açlığa Son" hedefi doğrultusunda ülkelerin politika oluşturmalarına katkıda bulunur (FAO, 2020; IOFS, 2021).

GFSI, gıda güvenliğine etki eden göstergeleri sistematik olarak inceleyerek, ülkelerin gıda güvencesini etkileyen en önemli faktörleri ortaya koymaktadır. Örneğin, GFSI'nin erişilebilirlik alt başlığında gıda fiyatlarının dalgalanması ve bu durumun düşük gelirli nüfus üzerindeki etkisi incelenirken, dayanıklılık kategorisi ise iklim değişikliği ve çevresel bozulmaların gıda güvenliği üzerindeki potansiyel olumsuz etkilerine odaklanmaktadır (Economist Group, 2021). Aynı şekilde, Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı'nın (USDA: United States Department of Agriculture) yıllık Uluslararası Gıda Güvenliği Değerlendirmesi (IFSA), düşük ve orta gelirli ülkelerde ekonomik şokların, özellikle COVID-19 ve Ukrayna'daki savaşın gıda güvenliği üzerindeki etkilerini gözlemleyerek GFSI'nin sunduğu verilerle paralel bir yaklaşım sunmaktadır (USDA, 2022). IFSA, küresel gıda güvenliğini tehdit eden ekonomik belirsizlikler ve fiyat dalgalanmaları karşısında ülkelerin savunmasızlık düzeyini ortaya koymaktadır (Baquedano ve diğerleri, 2021).

GFSI'nin genişleyen kapsamı ve güncellenen bileşenleri, ekonomik büyüme ve ticari açıklık gibi makroekonomik faktörlerin yanı sıra doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve enerji politikaları gibi çevresel faktörlerin de gıda güvenliği üzerindeki önemini ortaya koymaktadır (Economist Group, 2021). Örneğin, ekonomideki dalgalanmalar ve çevresel belirsizlikler, GFSI'nin erişilebilirlik ve dayanıklılık bileşenlerinde gözle görülür değişikliklere yol açarak küresel gıda güvenliği üzerindeki etkileri analiz etmeyi mümkün kılmaktadır (Adetama ve diğerleri, 2021). Bu kapsamda, çalışmamız, karbon emisyonları, kişi başına düşen gelir, nüfus büyüme oranı gibi değişkenlerle GFSI'yi bağımlı değişken olarak kullanarak, ülkeler arası karşılaştırmalar yaparak uzun vadeli eşbütünleşme ilişkilerini anlamaya çalışmaktadır.

Küresel olarak, özellikle COVID-19 pandemisi ve Ukrayna-Rusya çatışması gibi ani şokların etkisiyle gıda güvenliğinin ne kadar kırılgan olduğu ortaya çıkmıştır. Bu tür krizler, üretim zincirlerini sekteye uğratarak gıda arzını etkilerken, aynı zamanda gıda fiyatlarında dalgalanmalara yol açarak toplumların özellikle dar gelirli kesimlerinin gıda güvenliğine erişimini daha da zorlaştırmaktadır (Baquedano ve diğerleri, 2021; Zereyesus ve diğerleri, 2022). Özellikle gelişmekte olan ekonomilerde gıda güvenliği üzerindeki baskının artması, bu tür ülkelerdeki kırılgan gıda sistemleri ve sınırlı finansal kaynaklar nedeniyle daha belirgin hale gelmektedir. Bu bağlamda, BRICS-T ülkeleri gibi hızlı büyüyen ekonomilere yönelik olarak, gıda güvenliği politikalarının ekonomik ve çevresel değişkenlerle nasıl şekillendiğini anlamak, küresel gıda güvenliğine katkıda bulunmak açısından son derece kritiktir.

Sonuç olarak, BRICS-T ülkelerine odaklanan bu çalışma, çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik büyüme ve sosyal değişkenlerin küresel gıda güvenliği üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde analiz ederek literatüre katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Panel eşbütünleşme ve FMOLS yöntemleriyle gerçekleştirilen analiz, gıda güvenliğine yönelik uzun vadeli riskleri ve fırsatları ele alarak politika yapıcıların etkili stratejiler geliştirmesine rehberlik edebilir. Bu bağlamda çalışma,

yalnızca mevcut durumu değerlendirmekle kalmayıp aynı zamanda ülkelerin gıda güvenliği alanında ilerleme kaydetme potansiyellerini de ortaya koymayı hedeflemektedir.

2. LİTERATÜR

Gıda güvenliği, gıdanın fiziksel bulunabilirliği, ekonomik erişimi ve uygun kullanımını kapsayan çok boyutlu bir kavram olarak ortaya çıkmıştır. Economist Intelligence Unit tarafından geliştirilen Küresel Gıda Güvenliği Endeksi (GFSI), gıda güvenliğini satın alınabilirlik, bulunabilirlik ve kalite boyutlarında ölçerek bu kavramı operasyonel hale getirmekte ve ülkeler arası karşılaştırmalar için değerli bir araç haline getirmektedir (Thomas ve diğerleri, 2017).

Çevresel faktörler ve gıda güvenliği arasındaki ilişki kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Zhang ve diğerleri (2020), karbon emisyonları gibi iklim kaynaklı aksaklıkların tarımsal verimliliği ve ardından gıda güvenliğini olumsuz etkilediğini tespit etmiştir. Buna karşılık, Allee ve Lynd (2021) sürdürülebilir ve yenilikçi tarımsal uygulamaların bu riskleri azaltabileceğini savunarak, politika ve teknolojinin dayanıklılığın sağlanmasındaki kritik rolünü vurgulamıştır.

İklim değişikliğinin gıda güvenliği üzerindeki etkisi hem doğrudan hem de dolaylı etkileri inceleyen çalışmalarda açıkça görülmektedir. Cai ve diğerleri (2020), küresel sıcaklık dalgalanmalarının ve yağış seviyelerinin gıda üretim modellerini önemli ölçüde değiştirdiğini göstererek, özellikle yüksek kırılganlığa sahip gelişmekte olan ülkelerde uyarlanabilir stratejilere duyulan ihtiyacı vurgulamıştır. Singh (2018), iklim değişkenliğinin GFSI üzerindeki olumsuz etkisini ölçerek bunu desteklemiş ve artan nüfus artışı ve enflasyonu şiddetlendirici faktörler olarak göstermiştir.

Ticaretin serbestleştirilmesi ve bunun gıda güvenliği üzerindeki etkileri karmaşıktır. Chen ve diğerleri (2015) Tayvan'ın gıda güvenliğini ticaret anlaşmaları çerçevesinde incelemiş ve ithalata aşırı bağımlılığın küresel piyasa şoklarına karşı kırılganlığı artırdığını tespit etmiştir. Çalışma, sürdürülebilir gıda güvenliğini sağlamak için gıdada kendi kendine yeterlilik ile uluslararası ticaretin dengelenmesinin önemini vurgulamıştır.

Gıda güvenliği modellerine ilişkin küresel değerlendirmeler, bölgeler arasındaki farklılıkları ortaya koymaktadır. Guo ve diğerleri (2021), İskandinav ülkelerinin gıda güvenliğini önemli ölçüde iyileştirdiğini, Sahra altı Afrika'nın ise ekonomik ve altyapısal zorluklar nedeniyle kötüleşen koşullarla karşı karşıya olduğunu belirtmiştir. Bu durum, yerel gıda sistemlerini güçlendirmek ve dış şokları azaltmak için hedefe yönelik müdahaleler yapılmasını gerektirmektedir.

Birçok çalışmada önerildiği gibi ekonomik ve çevresel göstergelerin entegrasyonu, gıda güvenliğinin belirleyicilerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlar. Örneğin, kişi başına düşen gelir ve yönetim kalitesi gibi sosyoekonomik faktörler gıda güvenliğinin güçlü belirleyicileri olarak tanımlanmakta ve hane halkı düzeyinde yapılan analizler bunların önemini pekiştirmektedir (Allee ve diğerleri, 2021).

Artan literatüre rağmen, heterojen sosyo-ekonomik yapılara sahip gelişmekte olan ülkelerin karşılaştığı benzersiz zorlukları anlamada eksiklikler devam etmektedir. Bu çalışma, BRICS-T bağlamında karbon emisyonlarının ve diğer ekonomik faktörlerin gıda güvenliği üzerindeki rolünü inceleyerek bu alana katkıda bulunmayı ve mevcut araştırma kısıtlamalarını ele almayı amaçlamaktadır.

Bununla birlikte, mevcut çalışmalar genellikle gelişmiş ülkeler veya belirli bölgelerle sınırlı kalmakta ve gelişmekte olan ülkelerin heterojen yapıları göz önüne alınmamaktadır. BRICS-T ülkeleri gibi hızlı ekonomik büyüme ve yüksek çevresel baskı altındaki ülkelerde, ekonomik büyüme, karbon emisyonları ve ticaret açıklığı gibi makroekonomik değişkenlerin gıda güvenliği üzerindeki etkilerine dair ayrıntılı analizlerin sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın temel katkısı, BRICS-T ülkeleri özelinde hem ekonomik hem de çevresel değişkenlerin gıda güvenliği üzerindeki uzun vadeli

etkilerini inceleyerek literatüre yeni bir bakış açısı sağlamasıdır. Bu çalışmanın amacı, BRICS-T ülkelerinde karbon emisyonları, kişi başına düşen GSYİH büyümesi, kentsel nüfus oranı, ticaret açıklığı ve yenilenebilir enerji tüketimi gibi faktörlerin gıda güvenliği üzerindeki etkilerini GFSI üzerinden değerlendirmektir. Ayrıca, kullanılan FMOLS yöntemi ile bu değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkilerini ortaya koyarak, mevcut literatürdeki metodolojik sınırlamaların ötesine geçilmektedir.

3. BRICS-T ÜLKELERİNDE GIDA GÜVENLİĞİ

Küresel gıda güvenliği, dünya nüfusunun hızla artması, doğal kaynakların azalması ve iklim değişikliğinin etkilerinin artmasıyla giderek daha kırılgan hale gelmektedir. Bu bağlamda, Economist Intelligence Unit tarafından geliştirilen Küresel Gıda Güvenliği Endeksi, 113 ülkenin gıda güvenliği durumunu dört ana kriter üzerinden değerlendiren kapsamlı bir ölçektir. GFSI, gıda güvenliğini “erişilebilirlik,” “ulaşılabilirlik,” “kalite ve güvenlik,” ile “sürdürülebilirlik ve uyum” başlıkları altında ele almaktadır (Economist Impact, 2022).

GFSI, her bir ülkenin gıda güvenliği ile ilgili performansını, farklı sosyoekonomik ve çevresel göstergeleri birleştirerek hesaplar. Örneğin, Erişilebilirlik başlığı altında gıda fiyatları, gelir düzeyi ve sosyal güvenlik ağları gibi ekonomik unsurlar değerlendirilirken, Ulaşılabilirlik başlığı altında üretim kapasitesi, tarımsal altyapı ve gıda arzının sürdürülebilirliği gibi faktörler incelenmektedir. Kalite ve Güvenlik başlığı, besin çeşitliliği, gıda güvenliği standartları ve protein kalitesini ölçerken, Sürdürülebilirlik ve Uyum kategorisi ise iklim değişikliği etkilerini azaltmaya yönelik politikaları, doğal kaynak yönetimini ve çevresel dayanıklılığı değerlendirir. Böylece, GFSI’nin dört bileşeni, bir ülkenin gıda güvenliği profilini geniş bir perspektiften ortaya koyar (IOFS, 2021).

BRICS-T ülkeleri olarak adlandırılan Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye, farklı ekonomik yapıları ve tarımsal kapasiteleri ile dikkat çeken gelişmekte olan ekonomilerdir. Bu ülkeler, küresel gıda güvenliği alanında çeşitli güçlü ve zayıf yönlerle sahip olup, her biri kendine özgü zorluklarla karşı karşıyadır.

Brezilya ve Türkiye, Kalite ve Güvenlik açısından güçlü performans sergileyen ülkeler arasında yer almaktadır. Brezilya’da gıdaların yüksek kalite ve güvenlik standartlarına sahip olması, gıda güvenliğinin bu alanında avantaj sağlar (GFSI Brazil country report, 2022). Türkiye’de ise benzer şekilde beslenme standartları ve gıda güvenliği uygulamaları, gıda güvenliği endeksine olumlu yansımaktadır (GFSI Turkey country report, 2022). Ancak her iki ülke de Erişilebilirlik başlığı altında, gıda fiyatlarının volatilitesi ve gelir eşitsizliği nedeniyle zorluklar yaşamaktadır. Gıda fiyatlarındaki dalgalanmalar, düşük gelirli nüfusun güvenli gıdaya erişimini zorlaştırmakta; bu durum, erişim güvenliği açısından uzun vadeli riskler oluşturmaktadır (Baquedano ve diğerleri, 2021).

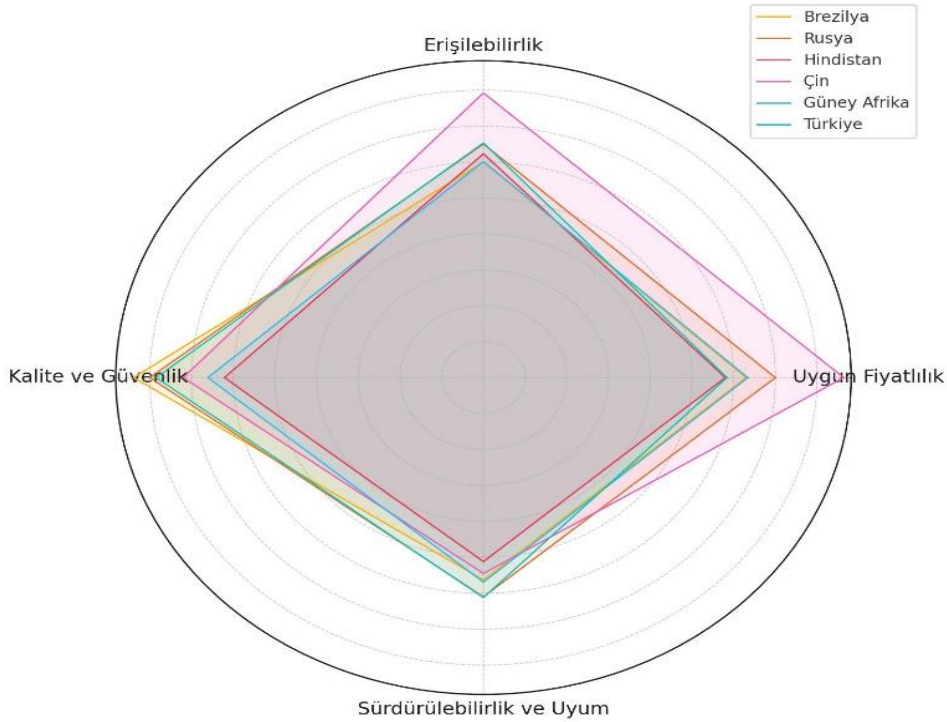
Çin ve Hindistan, Ulaşılabilirlik ve Kalite ve Güvenlik başlıklarında genel olarak olumlu bir performans sergileyen ülkeler arasındadır. Çin, tarımsal üretimde verimlilik ve yüksek üretim kapasitesi sayesinde gıda arzını sürdürebilmektedir. Ancak, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileri ve artan kentleşme nedeniyle çevresel sürdürülebilirlik açısından zorluklar yaşamaktadır (GFSI China country report, 2022). Bu durum, Çin’in gelecekte gıda güvenliği üzerinde olası olumsuz etkileri artırabileceğine işaret etmektedir (Zhang ve diğerleri, 2020). Hindistan’da ise tarımsal altyapı ve üretim kapasitesi güçlü olmakla birlikte, ülkedeki yüksek yoksulluk oranları, özellikle düşük gelirli kesimlerin gıdaya erişimini zorlaştırmaktadır (GFSI India country report, 2022).

Rusya, BRICS ülkeleri arasında gıda güvenliği açısından en iyi konuma sahip ülkelerden biri olmasına rağmen, ekonomik dalgalanmalar ve sosyal güvenlik ağlarının sınırlı olması nedeniyle Erişilebilirlik kategorisinde zayıf bir performans göstermektedir. Bu durum, Rusya’da ekonomik istikrarsızlık dönemlerinde gıda fiyatlarının hızla artmasına neden olmakta ve gıda güvenliğini olumsuz

etkilemektedir (Economist Impact, 2022). Diğer yandan, gıda kalitesi ve güvenliği standartları açısından olumlu bir konumda olan Rusya, protein kalitesi ve gıda güvenliği gibi konularda yüksek standartlara sahiptir (Chen ve diğerleri, 2018).

Güney Afrika, BRICS-T ülkeleri arasında Kalite ve Güvenlik kategorisinde yüksek puan alarak gıda güvenliğini sağlamada başarılı bir profil sergilemektedir. Ancak, ekonomik eşitsizliklerin yüksek olması ve gelir dağılımındaki dengesizlik, Güney Afrika'da düşük gelirli kesimlerin gıda güvenliğine erişimini zorlaştırmaktadır. Ülkede aynı zamanda tarımsal üretim ve arz zinciri altyapısının sınırlı olması, gıda güvenliği risklerini artırmaktadır (GFSI South Africa country report, 2022).

Şekil 1: Ülkelere Göre Performans Dağılımı



Kaynak: Economist İstihbarat Birimi'nin yayınladığı raporlardan derlenen verilerle yazarlar tarafından üretilmiştir.

Her bir ülke için anlatılan detaylı açıklamalar 1 numaralı şekilde rahatlıkla görülebilir. Grafik, BRICS-T ülkelerinin gıda güvenliği profillerinde belirgin farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Çin, genel olarak en dengeli ve güçlü performansa sahip ülke olarak öne çıkarken, Hindistan ve Güney Afrika özellikle sürdürülebilirlik açısından kırılgan bir yapıya sahiptir. Brezilya ve Türkiye kalite açısından güçlü olsa da ekonomik ve sosyal faktörler uygun fiyatlı gıdaya erişimlerini sınırlamaktadır. Bu analiz, BRICS-T ülkelerinin gıda güvenliğini sağlamak için kendi özel zorluklarına yönelik politika geliştirmeleri gerektiğine işaret etmektedir.

BRICS-T ülkelerinin GFSI analizine dayanarak, her bir ülkenin kendine özgü güçlü yönleri ve zayıf noktaları olduğu görülmektedir. Örneğin, Brezilya ve Türkiye, yüksek kalite ve güvenlik standartları ile öne çıkarken, ekonomik eşitsizlikler ve fiyat dalgalanmaları erişim sorunlarına yol açmaktadır. Çin ve Hindistan, geniş tarımsal kapasiteleri sayesinde gıda arzını sürdürülebilir kılmakla birlikte, her iki ülke de artan iklim riskleri ve kentsel baskılar nedeniyle uzun vadeli riskler taşımaktadır. Rusya ise yüksek gıda güvenliği standartlarına sahip olmasına karşın sosyal güvenlik ağlarının eksikliği nedeniyle ekonomik istikrarı tehdit eden unsurlarla karşı karşıyadır. Son olarak, Güney

Afrika, kalite ve güvenlik açısından güçlü bir performans sergilemesine rağmen, gelir eşitsizliği ve altyapı yetersizlikleri nedeniyle risk taşımaktadır.

BRICS-T ülkelerinin gıda güvenliği performansı, ülkeler arası farklılıkları ortaya koyarken, gelişmekte olan ekonomilerin iklim değişikliği, gelir eşitsizliği ve gıda fiyatlarının oynaklığı gibi küresel sorunlarla başa çıkabilmek için daha entegre ve uzun vadeli politikalara ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

4. VERİ & YÖNTEM

4.1. Veri

Tablo 1’de verilerin tanımları, kısaltmaları ve bu serilerin kaynakları verilmiştir. Modelde kullanılan değişkenlere ilişkin özet istatistikleri de Tablo 2’de özetlenmiştir. Modelde kullanılan değişkenler: Gıda Güvenliği İndeksi (GGI), Gelir (KBGSYH), CO₂ emisyonları (CO₂), Nüfus büyüme oranı (Nüf) ve Enflasyon (Enf)’dur. Veriler yıllık frekansta olup, 2012-2021¹ dönemini kapsamaktadır. Analize BRICS ülkeleri (Brezilya, Rusya Federasyonu, Hindistan, Çin ve Güney Afrika) ve Türkiye dahil edilmiştir. Gıda Güvenliği İndeksi ve CO₂ emisyonları değişkenlerinin doğal logaritması kullanılmıştır.

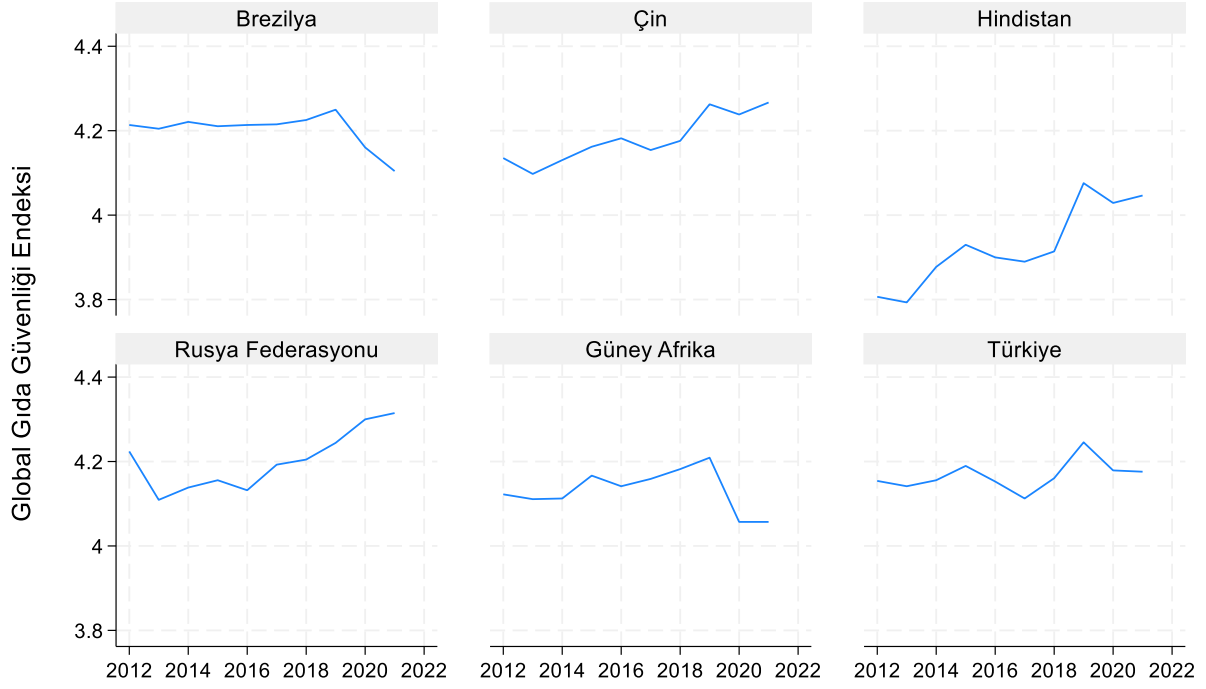
Tablo 1: Veri tanımı ve kaynakları

DEĞİŞKENLER	SEMBOL	METRİK	KAYNAK
Gıda Güvenliği İndeksi	GGI	Küresel Gıda Güvenliği İndeksi	Economist Impact
Gelir	KBGSYH	Kişi başına düşen gelir büyüme oranı	Dünya Bankası
CO ₂ emisyonları	CO ₂	Kişi başı metrik ton	Dünya Bankası
Nüfus büyüme oranı	Nüf	Nüfus büyüme oranı, %	Dünya Bankası
Enflasyon	Enf	Deflatör	Dünya Bankası

Şekil 2’de BRICS ülkeleri ve Türkiye’ye ilişkin Global Gıda Güvenliği Endeksi’nin grafiği verilmiştir. Özellikle Rusya Federasyonu, Hindistan ve Çin’de söz konusu endeksin artış trendi dikkat çekicidir. Türkiye’de ise 2012-2021 döneminde yatay bir seyir izlediği görülmektedir.

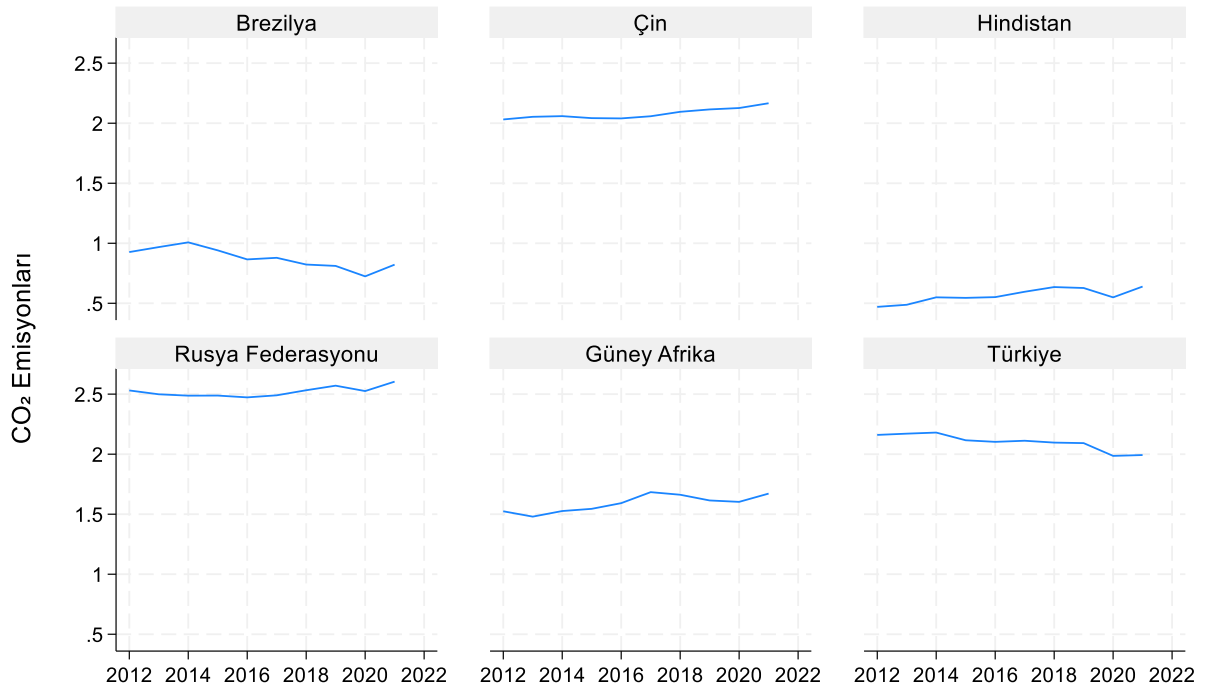
¹ Küresel gıda güvenliği endeksi, 2012 yılından itibaren yayınlanmaya başlanmış olup, bu çalışmanın verilerinin toplanmaya başlandığı tarihte en güncel olarak 2021 yılı verileri yayınlandığı için, veri seti 2012-2021 yılları arasını kapsamaktadır.

Şekil 2: Global Gıda Güvenliği Endeksi



Şekil 3'te ülkelere ait karbondioksit emisyonlarının grafiği verilmiştir. Özellikle Rusya Federasyonu, Çin ve Türkiye'nin emisyonları diğer ülkelere göre yüksek düzeydedir. Ancak, Brezilya ve Türkiye'nin son yıllardaki emisyon miktarları azalış trendine girmiştir.

Şekil 3. CO₂ Emisyonları



Özet istatistiklerine göre, ülkelerin ortalama büyüme oranı %2.5 olup, 2012-2021 döneminde negatif büyüme de gerçekleşmiştir. Söz konusu dönemde en yüksek büyüme oranı %10.4'tür. Ortalama enflasyon seviyesi yaklaşık %6.4 iken, en yüksek enflasyon seviyesi ise %29'dur.

Tablo 2: Özet istatistikleri

DEĞİŞKENLER	GÖZLEM	ORT.	STD. HATA	MİN.	MAKS.
log_GGI	60	4.13	0.11	3.79	4.31
KBGSYH	60	2.53	3.81	-7.11	10.43
log_CO ₂	60	1.62	0.71	0.47	2.60
Nüf	60	0.84	0.48	-0.34	2.07
Enf	60	6.42	4.83	-0.003	28.97

Tablo 3'te Pearson korelasyon test sonuçları özetlenmiştir. Yatay kesitler arasında korelasyon olup olmadığı test edilmiştir. Küresel gıda güvenliği endeksi ile CO₂ emisyonları ve nüfus büyüme oranı arasında orta düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir. Benzer şekilde nüfus büyüme oranı ile CO₂ emisyonları arasında da orta düzeyde bir ilişki söz konusudur. Diğer seriler arasında ise zayıf bir ilişki bulunmaktadır.

Tablo 3: Pearson Korelasyon Testi

	log_GGI	KBGSYH	log_CO ₂	Nüf	Enf
log_GGI	1.00				
KBGSYH	-0.23	1.00			
log_CO ₂	0.58	0.09	1.00		
Nüf	-0.45	-0.06	-0.45	1.00	
Enf	0.15	0.07	0.13	0.07	1.00

Çalışmada kullanılan değişkenler arasındaki teorik ilişki, gıda güvenliği endeksinin (GGI) ekonomik ve sosyal göstergelerle olan etkileşimlerini kapsamlı bir çerçevede açıklamaktadır. Gelir büyümesi (KBGSYH), bireylerin gıdaya erişimini ve satın alma gücünü artırarak gıda güvenliğini doğrudan etkilemektedir. Gelir düzeyindeki artış, özellikle düşük gelirli bölgelerde gıda güvensizliğini azaltma potansiyeline sahiptir (FAO, 2021). Bu nedenle, bölgesel ekonomik büyümenin gıda güvenliği üzerindeki rolünü anlamak için gelir büyümesi önemli bir faktördür. Benzer şekilde, nüfus büyüme oranı (Nüf) da gıda güvenliği üzerinde baskı oluşturan önemli bir değişkendir. Artan nüfus, gıda talebinde artışa neden olmakta ve bu durum, tarımsal üretim, gıda fiyatları ve kaynak dağılımını etkilemektedir (Zhang ve diğerleri., 2020). Bu bağlamda, nüfus büyümesi ve gıda güvenliği arasındaki ilişki özellikle gelişmekte olan ekonomilerde kritik bir öneme sahiptir.

Gıda güvenliği aynı zamanda çevresel göstergelerle de yakından ilişkilidir. CO₂ emisyonları, tarımsal faaliyetler ve sanayi üretimi sonucu oluşan çevresel bir maliyet olarak, gıda güvenliğini dolaylı yollarla etkilemektedir. Zhang ve diğerleri (2020), CO₂ emisyonlarının iklim değişikliği yoluyla tarımsal üretim üzerinde baskı oluşturduğunu ve bu durumun gıda güvenliğini tehdit ettiğini ortaya koymaktadır. Enflasyon, gıda güvenliği üzerindeki ekonomik belirsizlikleri artırarak önemli bir rol oynamaktadır. Gıda fiyatlarındaki dalgalanmalar, özellikle dar gelirli gruplar için gıdaya erişimi sınırlamakta ve gıda güvensizliğine yol açmaktadır (Halloran ve diğerleri, 2014). Bu nedenle, enflasyonun kontrol edilmesi, gıda güvensizliğiyle mücadelede temel politika hedeflerinden biri olarak ele alınmalıdır.

Son olarak, çalışmada kullanılan değişkenler arasındaki korelasyon, mevcut literatürde de sıkça incelenen ekonomik ve sosyal ilişkilerin doğrusal yapısını anlamada kritik bir öneme sahiptir. FAO (2021) ve Zhang ve diğerleri (2020) gibi çalışmalar, gelir büyümesi, nüfus artışı ve çevresel faktörlerin gıda güvenliği üzerindeki etkilerini doğrulamıştır.

4.2. Yöntem

Çalışmamızda kullanılan analiz yöntemleri, panel veri setinin zaman ve kesit boyutundaki dinamiklerini anlamak amacıyla sırasıyla panel birim kök testleri, eşbütünleşme testleri ve uzun dönem tahmin yöntemlerini kapsamaktadır.

4.2.1. Panel Birim Kök Testleri

Panel veri analizinde değişkenlerin durağan olup olmadığını test etmek, uygulanacak yöntemlerin doğruluğu açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, panel birim kök testleri olarak IPS (Im, Pesaran ve Shin, 2003) ve Breitung (2000) testleri kullanılmıştır. IPS testi, heterojen panel verilerde, her birim için farklı otoregresif yapılar olduğunu varsayarken, birinci fark durağanlık varsayımını test etmektedir. Çalışmamızda BRICS-T ülkelerinin farklı ekonomik ve çevresel yapılar sergilemesi nedeniyle bu testin sağladığı esneklik önemlidir. Test istatistiği şu şekilde ifade edilir:

$$t_{IPS} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i \quad (1)$$

Burada t_i her kesit için otoregresif parametrelerin durağanlık hipotezine göre test istatistiğidir. Breitung testi ise paneldeki serilerin ortak bir otoregresif parametreye sahip olduğunu varsayar ve bu durum, özellikle küçük örneklerde daha güçlü sonuçlar elde edilmesini sağlar. Ayrıca, ortak otoregresif parametre varsayımı altında serilerin durağanlığını daha doğru bir şekilde tespit edebilir. Panel veri setimizdeki değişkenlerin birim kök içermediği ve durağan hale getirilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

4.2.2. Panel Eşbütünleşme Testleri

Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkileri incelemek amacıyla panel eşbütünleşme testleri uygulanmıştır. Çalışmada, Pedroni (1999) ve Kao (1999) eşbütünleşme testleri kullanılmıştır. Pedroni eşbütünleşme testi, kesit birimleri arasında heterojenliğe izin veren ve çoklu regresyon denklemlerine dayanan bir yaklaşımdır. Aşağıdaki model çerçevesinde test gerçekleştirilmiştir:

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta x_{it} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

Burada y_{it} bağımlı değişkeni, x_{it} ise bağımsız değişkenleri temsil etmektedir. Pedroni testi, hata teriminin durağan olup olmadığını kontrol ederek eşbütünleşme varlığını test eder. Çeşitli istatistiklerle analiz edilen bu testin sonuçlarına göre, değişkenler arasında uzun dönem bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pedroni, 1999).

Kao testi, seriler arasında eşbütünleşme olup olmadığını doğrulamak için homojen kesit varsayımı altında uygulanır. Testin temeli, aşağıdaki hata terimlerinin durağanlık analizine dayanır:

$$\epsilon_{it} = \rho \epsilon_{it-1} + u_{it} \quad (3)$$

ρ katsayısının birden küçük olması, eşbütünleşmenin varlığını göstermektedir. Kao testi, paneldeki tüm birimlerin ortak otoregresif parametrelere sahip olduğunu varsayar. Bu test, Pedroni yöntemine kıyasla daha basit bir yapı sunar ve eşbütünleşme sonuçlarını destekleyici bir araç olarak kullanılır. Test sonuçları, değişkenler arasında güçlü bir eşbütünleşme ilişkisini doğrulamıştır (Kao, 1999).

4.2.3. FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Squares) Uzun Dönem Tahmini

Eşbütünleşme tespit edildikten sonra, değişkenler arasındaki uzun dönem katsayılarının tahmini için FMOLS (Pedroni, 2000) yöntemi kullanılmıştır. FMOLS yöntemi, klasik tahmin yöntemlerindeki

yanlılıkları düzelterek küçük örneklemelerde daha güvenilir sonuçlar üretmektedir. Bu, bağımsız değişkenler ile hata terimleri arasında olası korelasyonları dikkate alarak daha güvenilir tahminler sağlar. FMOLS yöntemi, kesit birimleri arasında heterojenliğe izin verir ve bu da BRICS-T ülkelerinin farklı ekonomik yapılarıyla uyumludur. FMOLS yöntemi şu şekilde ifade edilir:

$$\hat{\beta}_{FMOLS} = (\sum_{i=1}^N X'_{it} X_{it})^{-1} \sum_{i=1}^N X'_{it} (y_{it} - \hat{y}_{it}) \quad (4)$$

Burada $\hat{y}_{it}$, hata terimleri ile bağımsız değişkenlerin ortak etkisini ifade eden bir düzeltme terimidir. Pedroni (2000) ve Gülmez ve Yardımcıoğlu (2012) gibi çalışmalar, FMOLS yönteminin küçük örneklemelerde bile etkili sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu özellik, çalışmamızda kullanılan panel veri seti için oldukça önemlidir. FMOLS, eşbütünleşme ilişkisini varsayan modellerde uzun dönem katsayı tahmini için optimal bir yöntemdir. Bu, özellikle gıda güvenliği üzerindeki ekonomik ve çevresel faktörlerin etkilerini analiz ederken daha doğru sonuçlar elde etmemizi sağlar. FMOLS yöntemi, panel veri analizinde kesit birimleri arasındaki heterojenliği göz önünde bulundurarak, değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkilerini güvenilir bir şekilde tahmin etmiştir (Pedroni, 2000).

Bu yöntemlerin tercih edilmesi, hem panel veri setindeki durağanlık ve eşbütünleşme analizlerini güçlendirmek hem de değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkileri en doğru şekilde tahmin etmek amacıyla yapılmıştır. IPS ve Breitung testleri, panel verinin temel özelliklerini anlamak için sağlam bir zemin oluştururken; Pedroni ve Kao eşbütünleşme testleri, değişkenler arasındaki uzun dönem bağlarını ortaya koymuştur. Son olarak, FMOLS yöntemi ile elde edilen uzun dönem katsayıları, çalışmamızın politika önerileri geliştirme kapasitesini artırmaktadır.

Bunun yanı sıra, seriler arasında olası ilişkinin varlığını ortaya koyabilmek amacıyla Pearson korelasyon testi yapılmıştır. Testin temel amacı, örneğin iki değişkenin birbiriyle ne kadar ilişkili olduğunu ve ilişkinin yönünü (pozitif veya negatif) belirlemektir. Diğer bir ifadeyle, doğrusal ilişkinin derecesini ölçmektir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değer almakla birlikte; +1, iki değişken arasında mükemmel pozitif doğrusal ilişkinin varlığını, -1 ise iki değişken arasında mükemmel negatif doğrusal bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Korelasyon katsayısının 0 olması ise, iki değişken arasında hiçbir doğrusal ilişkinin olmadığına işaret etmektedir.

5. TAHMİN SONUÇLARI

Tablo 4'te IPS ve Breitung panel birim kök test sonuçları özetlenmiştir. Serilerin düzey değerleri birim kök içermelerine rağmen, birinci farkları alındığında %5 anlamlılık düzeyinde durağan oldukları gözlenmiştir.

Tablo 4: Birim kök test sonuçları

DEĞİŞKENLER	IPS		Breitung	
	Düzyey	1.Fark	Düzyey	1.Fark
log_GGI	0.595 (0.239)	-4.636 (0.000)	-0.931 (0.176)	-2.548 (0.005)
KBGSYH	-1.407 (0.080)	-4.722 (0.000)	0.629 (0.735)	-4.029 (0.000)
log_CO2	1.987 (0.977)	-2.832 (0.002)	0.891 (0.813)	-2.997 (0.001)
Nüf	6.634 (0.999)	0.647 (0.741)	2.751 (0.997)	-1.780 (0.038)
Enf	-0.278 (0.391)	-3.026 (0.001)	-0.137 (0.446)	-1.730 (0.042)

Not: Parantez içinde verilenler olasılık değerleridir.

Tablo 5 ve Tablo 6’da BRICS ülkelerinin yanı sıra, Türkiye’nin de bulunduğu ülkeler için Pedroni ve Kao eşbütünleşme test sonuçları yer almaktadır. Pedroni test sonucuna göre, tüm test istatistik değerleri %1 anlamlılık düzeyinde eşbütünleşmenin olduğunu göstermektedir. Eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesi, değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin olduğunu göstermektedir. Bu çerçevede, analiz sonuçları gıda güvenliği ile ekonomik ve çevresel belirleyiciler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır. Gıda güvenliği ile ekonomik büyüme, çevresel sürdürülebilirlik ve diğer iktisadi faktörler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığı, bu değişkenlerin birbiriyle bağlantılı olduğunu göstermektedir. Bu, uzun dönemde ekonomik büyüme ve çevresel faktörlerdeki değişimlerin gıda güvenliği üzerinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Uzun dönemli ilişki, BRICS-T ülkelerinde sürdürülebilir bir ekonomik büyüme modelinin benimsenmesi ve çevresel politikaların güçlendirilmesinin, gıda güvenliğini artırmak için kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 5: Pedroni panel eşbütünleşme test sonuçları

	TEST İSTATİSTİĞİ	OLASILIK DEĞERİ
Değiştirilmiş Phillips-Perron t	2.975	0.002
Phillips-Perron t	-7.769	0.000
Genişletilmiş Dickey-Fuller t	-4.391	0.000

Pedroni eşbütünleşme testinin yanı sıra, Kao eşbütünleşme test sonuçları da %5 anlamlılık düzeyinde eşbütünleşmenin varlığına dair bir kanıttır. Bu da serilerin uzun dönemde birlikte hareket ettiği anlamına gelmektedir. Kao test sonuçları da BRICS-T ülkelerinde ekonomik büyüme ve çevresel sürdürülebilirlik politikalarıyla birlikte gıda güvenliğini etkileyen bir yapıya sahip olduğunu göstermekte ve Pedroni test sonuçlarını desteklemektedir. Bu bulgu, gıda güvenliğini artırmaya yönelik stratejilerin, ekonomik ve çevresel faktörlerin uzun vadeli etkilerini dikkate alması gerektiğini göstermektedir.

Tablo 6: Kao panel eşbütünleşme test sonuçları

	TEST İSTATİSTİĞİ	OLASILIK DEĞERİ
Değiştirilmiş Dickey-Fuller t	2.039	0.021
Dickey-Fuller t	2.175	0.015
Genişletilmiş Dicky-Fuller t	2.262	0.012
Ayarlanmamış Değiştirilmiş Dicky-Fuller t	-1.901	0.029
Ayarlanmamış Dicky-Fuller t	-2.026	0.021

Eşbütünleşme testlerinin ardından, bu ilişkinin uzun dönem katsayılarını tahmin etmek için FMOLS (Full Modified Ordinary Least Square) yöntemi kullanılmıştır (bkz. Tablo 7). FMOLS yaklaşımı, standart sabit etkili tahmincilerdeki sapmaları düzelteren bir özelliğe sahiptir (Pedroni, 2000). Pedroni'nin bireysel kesitler arasında belirgin heterojenliğe izin veren bu FMOLS yöntemi, sabit terim, hata terimi ve bağımsız değişkenlerin farkları arasında oluşabilecek olası korelasyonları dikkate almaktadır. Pedroni (2000), FMOLS yönteminin küçük örneklem büyüklüklerinde etkinliğini incelemiş ve Monte Carlo simülasyonları aracılığıyla t istatistiğinin küçük örneklemelerde iyi bir performans sergilediğini ortaya koymuştur (Gülmez ve Yardımcıoğlu, 2012).

Tablo 7, Panel FMOLS tahmin sonuçlarını göstermektedir. Uzun dönemde tahmin edilen katsayı değerleri incelendiğinde, gıda güvenliği endeksi ile karbondioksit salınımları arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, nüfus büyüme oranının gıda güvenliği endeksi üzerindeki etkisi negatiftir. Bu durum, hızlı nüfus artışının kaynaklar üzerindeki baskıyı artırarak gıda

üretiminde sürdürülebilirliği zorlaştırdığına işaret etmektedir. Tarımsal üretim için gerekli olan su, toprak gibi doğal kaynaklar üzerinde daha fazla baskı yaratma olasılığı yüksektir. Ayrıca, nüfusun hızlı artışı, kaynakların yetersiz kalmasına ve gıda fiyatlarının yükselmesine yol açmaktadır. Bu nedenlerle, artan talep ve sınırlı arz, özellikle düşük gelirli haneler için gıda fiyatlarının erişilebilirliğini azaltmaktadır. Halloran ve diğerleri (2014) de nüfus artışının gıda güvensizliğini tetiklediğini tespit etmiştir. Enflasyon değişkenine ait tahmin edilen parametre pozitif olmakla birlikte, istatistiki olarak anlamlı değildir. Gelir büyüme oranının gıda güvenliği endeksi üzerindeki etkisi ise çok küçüktür.

Tablo 7: FMOLS tahmin sonuçları

Bağımlı değişken: log_GGI				
DEĞİŞKENLER	KATSAYI	STD. HATA	TEST İSTATİSTİĞİ	OLASILIK DEĞERİ
KBGSYH	-0.001	0.003	-2.089	0.043
log_CO ₂	0.357	0.151	2.365	0.023
Nüf	-0.092	0.040	-2.321	0.025
Enf	0.002	0.003	0.643	0.524
R ² =0.78				
Düz. R ² =0.73				
Reg. Standart Hatası=0.06				

6. TARTIŞMA & SONUÇ

BRICS-T ülkelerinde gıda güvenliği üzerinde etkili olan ekonomik ve çevresel faktörlerin derinlemesine analiz edildiği bu çalışma, gıda güvenliğini şekillendiren uzun vadeli dinamiklerin anlaşılmasına önemli bir katkı sağlamaktadır. Gıda güvenliği, artan nüfus, sınırlı doğal kaynaklar, iklim değişikliği ve ekonomik eşitsizlikler gibi çeşitli küresel zorluklarla giderek daha karmaşık bir sorun haline gelmektedir (FAO, 2021). Çalışmada kullanılan ekonometrik yöntemler, karbon emisyonlarının, gıda güvenliği üzerindeki etkilerinin uzun dönemli sonuçlarını kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır.

Çalışmanın bulguları, karbon emisyonlarının tarımsal üretim süreçlerindeki modernleşme ile ilişkilendirilebilecek şekilde gıda güvenliği üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, Zhang ve diğerlerinin (2020) Çin'deki tarımsal üretim süreçlerinde sera gazı emisyonlarının tarımsal verimliliği artırıcı bir rol oynayabileceğini belirten bulgularıyla uyumlu olmakla birlikte, çevresel sürdürülebilirlik açısından dikkatle ele alınması gereken bir durumdur. Ancak, bu etkinin uzun vadede ekosistemler üzerindeki yıkıcı etkileri, özellikle BRICS-T ülkelerinde yoğun tarımsal faaliyetlerin çevresel maliyetleri göz önüne alındığında kritik bir sorun teşkil etmektedir (Izraelov ve Silber, 2019: 1140).

Türkiye'nin GFSI raporundaki verilere göre, yüksek kaliteli ve güvenli gıda sağlama kapasitesine rağmen, tarımsal üretimdeki istikrarsızlık ve su kaynaklarının korunmasındaki eksiklikler, gıda güvenliği için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Benzer şekilde, Brezilya'da gelir eşitsizliklerinin ve düşük politik adaptasyon kapasitesinin gıda güvenliği üzerindeki olumsuz etkileri belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır (Economist Impact, 2022). Bu sonuçlar, tarımsal üretim altyapısının güçlendirilmesi ve sosyal güvenlik ağlarının yaygınlaştırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Çalışmanın ortaya koyduğu politika önerileri, gıda güvenliğini artırmak için çok boyutlu bir yaklaşımın benimsenmesi gerektiğini işaret etmektedir. Tarımsal yeniliklerin teşvik edilmesi ve hassas tarım teknolojilerinin yaygınlaştırılması, tarımsal verimliliği artırmanın yanı sıra karbon emisyonlarını azaltıcı bir etki yaratabilir. Örneğin, Çin'de tarımsal teknolojiye yapılan yatırımlar, tarımsal tedarik zincirinin daha güvenilir hale gelmesine önemli katkılar sağlamıştır. Su

kaynaklarının korunması ise özellikle Türkiye ve Hindistan gibi su stresi yaşayan ülkelerde, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir (Economist Impact, 2022).

Uluslararası işbirliklerinin artırılması ve ticaret politikalarının gıda güvenliğini destekleyecek şekilde yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Özellikle BRICS-T ülkeleri arasında tarımsal ürün ticaretine yönelik engellerin kaldırılması ve işbirlikçi stratejilerin geliştirilmesi, bu ülkeler arasındaki tarımsal tedarik zincirlerini güçlendirebilir. İklim değişikliği ile mücadele kapsamında ulusal düzeyde düşük karbon stratejilerinin benimsenmesi ve tarımsal üretimde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi, uzun vadede gıda güvenliği üzerinde olumlu etkiler yaratacaktır.

Bu çalışma, BRICS-T ülkelerindeki gıda güvenliği dinamiklerini anlamada önemli bir adım olmakla birlikte, bazı kısıtlamalar barındırmaktadır. Kullanılan veri setlerinin ülkelerin yerel dinamiklerini tam olarak yansıtmaması, elde edilen sonuçların genellenebilirliğini sınırlamaktadır. Ayrıca, çalışmada kullanılan yöntemlerin kısa vadeli şokların etkilerini inceleme konusundaki sınırlamaları, bu alandaki literatürde gelecekte yapılacak çalışmalara yönelik fırsatlar sunmaktadır. Özellikle mikro düzeyde gıda güvenliği faktörlerinin incelendiği çalışmalar, politika yapıcılarının daha etkili müdahalelerde bulunmasına olanak tanıyabilir.

Sonuç olarak, çalışma, BRICS-T ülkelerinde gıda güvenliğini etkileyen temel faktörleri analiz ederek, literatüre hem teorik hem de pratik düzeyde önemli katkılar sağlamaktadır. Gıda güvenliğini artırmaya yönelik politikaların yalnızca ekonomik ve çevresel faktörleri değil, aynı zamanda sosyal ve politik boyutları da dikkate alması gerekmektedir. Bu bağlamda, uluslararası işbirliklerini destekleyen ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik eden stratejilerin benimsenmesi, gelecekte gıda güvenliği hedeflerine ulaşılmasında kritik bir rol oynayacaktır.

KAYNAKÇA

- Adetama, D. S., Fauzi, A., Juanda, B. ve Hakim, D. B. (2021). Measurement of composites index on low carbon development supporting food security. *Sustainability*, 13(23), 13352. <https://doi.org/10.3390/su132313352>
- Allee, A. ve Lynd, L. R. (2021). Food security and bioenergy production: Bridging the gap. *Environmental Research Letters*, 16(10), 105003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1d58>
- Baquedano, F., Zereyesus, Y. A., Valdes, C. ve Ajewole, K. (2021). *International food security assessment, 2021–31*. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Breitung, J. (2001). The local power of some unit root tests for panel data. *İçinde Nonstationary panels, panel cointegration, and dynamic panels* (ss. 161-177). Emerald Group Publishing Limited.
- Cai, J., Ma, E., Lin, J., Liao, L. ve Han, Y. (2020). Exploring global food security patterns from the perspective of spatio-temporal evolution. *Journal of Geographical Sciences*, 30(2), 179–196. <https://doi.org/10.1007/s11442-020-1722-y>
- Chen, X., Zhao, S. ve Zhang, H. (2018). The impact of climate change on food security in China. *Environmental Science and Policy*, 14(2), 212-221. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.02.002>
- Chen, C.-C., Shih, J.-C., Chang, C.-C. ve Hsu, S.-H. (2015). Trade liberalization and food security: A case study of Taiwan using Global Food Security Index (GFSI). *Agricultural & Applied Economics Association Annual Meeting Proceedings, San Francisco, CA*. <http://ageconsearch.umn.edu>
- Economist Group. (2021). *Global Food Security Index 2021: The ten-year anniversary*. Economist Intelligence Unit.
- Economist Impact (2022). *Global Food Security Index 2022: Brazil Country report*. Erişim tarihi: 10.11.2024, <https://impact.economist.com/sustainability/project/food-security-index/resource-library>
- Economist Impact (2022). *Global Food Security Index 2022: China Country report*. Erişim tarihi: 10.11.2024, <https://impact.economist.com/sustainability/project/food-security-index/resource-library>
- Economist Impact (2022). *Global Food Security Index 2022: India Country report*. Erişim tarihi: 10.11.2024, <https://impact.economist.com/sustainability/project/food-security-index/resource-library>
- Economist Impact (2022). *Global Food Security Index 2022: South Africa Country report*. Erişim tarihi: 10.11.2024, <https://impact.economist.com/sustainability/project/food-security-index/resource-library>
- Economist Impact (2022). *Global Food Security Index 2022: Turkey Country report*. Erişim tarihi: 10.11.2024, <https://impact.economist.com/sustainability/project/food-security-index/resource-library>
- Food and Agriculture Organization. (2020). *The state of food security and nutrition in the world 2020: Transforming food systems for affordable healthy diets*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca9692en>
- Global Food Security Index 2022: Country Profiles. *Economist Impact 2022*. <https://impact.economist.com/sustainability/project/food-security-index/explore-countries>.

- Guo, J., Mao, K., Yuan, Z., Qin, Z., Xu, T., Bateni, S. M., Zhao, Y. ve Ye, C. (2021). Global food security assessment during 1961–2019. *Sustainability*, 13(24), 14005. <https://doi.org/10.3390/su132414005>
- Gülmez, A. ve Yardımcıoğlu, F. (2012). OECD ülkelerinde Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Panel eşbütünleşme ve panel nedensellik analizi (1990-2010). *Maliye Dergisi*, 163(1), 335-353.
- Halloran, A., Clement, J., Kornum, N., Bucatariu, C. ve Magid, J. (2014). Addressing food waste reduction in Denmark. *Food Policy*, 49, 294–301. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.09.005>.
- Im, K. S., M. H. Pesaran ve Y. Shin. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115: 53-74.
- IOFS. (2021). *Global Food Security Index (GFSI) framework and methodology*. Islamic Organization for Food Security.
- Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of Econometrics*, 90, 1-44.
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, 653-670.
- Pedroni, P. (2001). Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. İçinde *Nonstationary panels, panel cointegration, and dynamic panels* (ss. 93-130). Emerald Group Publishing Limited.
- Singh, A. K. (2018). Influence of climate and non-climatic factors on Global Food Security Index: A cross-sectional country-wise analysis. *Social Sciences Journal*, 1(1), 22–30. <https://core.ac.uk/display/322551693>
- Somoye, R. O. ve Mar'I, Z. A. (2024). Does carbon dioxide emission influence food security in the United States amidst climate policy actions? *Natural Resources Forum*. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12296>
- Thomas, A.-C., D'Hombres, B., Casubolo, C., Kayitakire, F. ve Saisana, M. (2017). The use of the Global Food Security Index to inform the situation in food insecure countries. *Joint Research Centre (JRC) Technical Report, European Commission*. <https://doi.org/10.2760/83356>
- United States Department of Agriculture (USDA), Economic Research Service. (2022). *International food security assessment, 2022–32*. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Zereyesus, Y. A., Cardell, L., Valdes, C., Ajewole, K., Zeng, W., Beckman, J., Ivanic, M., Hashad, R., Jelliffe, J. ve Kee, J. (2022). *International food security assessment, 2022–32*. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Zhang, Z., Liu, Y. ve Li, X. (2020). Increased greenhouse gas emissions intensity of major croplands in China. *Global Change Biology*, 26(10), 5817-5829. <https://doi.org/10.1111/gcb.15234>.



© Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

EXTENDED ABSTRACT

Economic and Environmental Determinants of Food Security: An Analysis for BRICS-T Countries

1. Introduction

Global food security is a critical issue influenced by several interrelated factors, including population growth, environmental challenges, and climate change. The Global Food Security Index (GFSI) provides a comprehensive framework for assessing food security across countries, focusing on availability, accessibility, quality, safety, and sustainability. Despite its growing importance, existing research predominantly focuses on developed countries, leaving significant gaps in understanding food security dynamics in emerging economies such as BRICS-T nations—Brazil, Russia, India, China, South Africa, and Türkiye. These countries face unique challenges due to rapid economic growth, urbanization, and environmental pressures. This study aims to explore the long-term impacts of economic and environmental factors on food security in BRICS-T nations, utilizing panel data econometric techniques. By examining the relationships among carbon emissions, income growth, agricultural production volatility, and food security, this research contributes to the broader discourse on sustainable development and food policy in emerging economies.

2. Data Set and Method

The analysis employs panel data for BRICS-T countries over the period 2012–2021. The dependent variable, food security, is measured using the GFSI, which captures a comprehensive set of indicators, including food availability, affordability, quality, and resilience to climate impacts. Independent variables include carbon emissions, gross domestic product per capita growth (GDP), inflation, and population growth. The data sources include the World Bank, Economist Impact's GFSI reports, and other relevant databases.

The methodology involves three key econometric techniques: (i) panel unit root tests (Im, Pesaran, and Shin [IPS] and Breitung), (ii) panel cointegration tests (Pedroni and Kao), and (iii) Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) estimation for long-term coefficient analysis. The IPS and Breitung tests confirm the stationarity of the data, while the cointegration tests establish the long-term relationships among variables. FMOLS accounts for potential endogeneity and heterogeneity across countries, providing reliable estimates of the impact of explanatory variables on food security.

3. Empirical Findings

Empirical results indicate significant and nuanced relationships between the examined factors and food security. Carbon emissions exhibit a positive association with food security, suggesting that technological advancements in agriculture may mitigate the environmental costs of production. However, this finding aligns with previous studies highlighting the trade-offs between productivity and sustainability. Agricultural production volatility negatively affects food security, emphasizing the need for stable production and effective risk management strategies. Similarly, income inequality and limited access to social safety nets exacerbate food insecurity, particularly in nations with high poverty rates such as India and South Africa.

The results also highlight country-specific variations. For instance, Brazil and Türkiye perform well in terms of food quality and safety but face challenges related to food affordability and income disparities. In contrast, China and India demonstrate robust agricultural capacities yet struggle with sustainability issues due to water resource constraints and urbanization. Russia and South Africa reveal vulnerabilities in affordability and accessibility despite exhibiting strengths in food safety and resilience measures.

4. Discussion and Conclusion

The findings underscore the complex interplay between economic growth, environmental sustainability, and food security in emerging economies. While carbon emissions may indirectly enhance food security through increased agricultural productivity, this benefit must be weighed against the long-term environmental risks associated with high emission levels. This dual challenge necessitates policies that simultaneously promote technological innovation and sustainability. Stable agricultural production systems and robust social safety nets are critical for addressing volatility and inequality, particularly in nations with significant income disparities.

Policy recommendations include investing in sustainable agricultural practices, such as precision farming and resource-efficient irrigation systems, which can enhance productivity while minimizing environmental damage. Strengthening social safety nets through targeted subsidies, food voucher programs, and access to financial services for smallholder farmers can improve food affordability and resilience. Additionally, international cooperation in trade policies and climate adaptation measures is essential for addressing transboundary challenges in food security. BRICS-T countries should collaborate to remove trade barriers, share best practices, and develop joint strategies for tackling climate-related risks.

This study contributes to the existing literature by providing a nuanced understanding of the economic and environmental determinants of food security in BRICS-T countries. However, it also highlights certain limitations. The analysis is constrained by data availability and the heterogeneity of countries within the BRICS-T group, which may limit the generalizability of the findings. Future research could address these limitations by incorporating micro-level data and exploring the short-term impacts of economic shocks on food security.

In conclusion, achieving food security in BRICS-T nations requires a multifaceted approach that balances economic growth, environmental protection, and social equity. This study provides a framework for policymakers to design effective strategies that address the unique challenges faced by these emerging economies, contributing to global efforts toward sustainable development and food security.