

VIX Endeksi ile BRICS-T Ülke Borsalarının İlişkisi: Frekans Alanı Nedensellik Testinden Bulgular

Fatih GÜZEL*
Yüksel İLTAŞ**

Öz

Bu çalışmada BRICS-T ülke borsaları ile VIX endeksi arasındaki ilişki araştırılmaktadır. Hızlı gelişmekte olan ülkeler ile küresel korku veya belirsizlik göstergesi olarak kabul edilen VIX endeksinin etkileşiminin tespiti amaçlanmaktadır. Breitung ve Candelon (2006) frekans alanı nedensellik testi analiz sürecinde kullanılmıştır. Veri seti Ocak 2015-Haziran 2021 yılını kapsayan günlük frekanslı verilerden oluşmaktadır. Çalışma bulguları, Hindistan hariç olmak üzere, VIX endeksinden BRICS-T ülkelerine doğru bütün frekanslarda tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğu yönündedir. Hindistan borsası ile VIX endeksi arasında ise hiçbir frekansta nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir.

Anahtar Kelimeler: BRICS-T, VIX, Frekans Alanı Nedensellik

The Relationship Between VIX Index and BRICS-T Countries' Stock Exchanges: Findings from Frequency Domain Causality Test

Abstract

In this study, the relationship between the BRICS-T countries' stock exchanges and the VIX Index is investigated. It is aimed to determine the interaction of fast developing countries with the VIX Index, which is

*Arş.Gör.Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, fatih_guzel1990@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0002-4153-3933>

**Doç.Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, yiltas@ahievran.edu.tr; <https://orcid.org/0000-0001-8853-838X>

Makalenin Gönderilme Tarihi: 11.01.2022

Kabul Tarihi: 30.06.2022

accepted as an indicator of global fear or uncertainty. Breitung and Candelon (2006) frequency domain causality test was used in the analysis process. The data set consists of daily frequency data covering the years January 2015-June 2021. The findings of the study show that there is a unidirectional causality relationship at all frequencies from the VIX Index to the BRICS-T countries, with the exception of India. On the other hand, no causality relationship could be detected at any frequency between the Indian stock market and the VIX Index.

Keywords: BRICS-T, VIX, Frequency Domain Causality

JEL Classification Codes: C22, G11, G15

Giriş

Bretton Woods Sisteminin çöküşü, faiz ve döviz kuru mekanizmalarında serbestleşme, petrol krizi, finansal mühendislik uygulamalarındaki gelişmeler gibi unsurlar 1970’li yıllarda piyasalarda aşırı oynaklık yaşanmasına neden olmuştur. Bilgi ve teknoloji sahasında yaşanan atılımlar ise farklı finansal enstrümanların vücut bulmasına ve piyasaların gelişmesine zemin hazırlamıştır. 1980 ve 1990’lı yıllarda finansal piyasalardaki küreselleşme ve liberalizasyon hareketleri, gelişen teknolojik altyapı ile sermayenin hareketini önemli ölçüde kolaylaştırmıştır. Bu durum ise bir ülke piyasasında gözlenen oynaklık, şok veya krizlerin diğer ülke piyasalarını etkilemesine neden olmaktadır.

Oynaklık terimi, ortalamadan negatif veya pozitif sapmayı ifade etmektedir. Risk olgusu açısından ise belirsizliği temsil etmekte ve özellikle riskten kaçınan taraflar için istenmeyen bir unsur olarak nitelendirilmektedir. Oynaklık yatırım süreçlerinin değerlendirilmesi ve istenen hedefe ulaşma noktasındaki sapmayı ifade etmesi açısından önemli bir değişken olarak piyasa unsurları tarafından dikkatle takip edilmektedir. Oynaklık göstergeleri arasında Chicago Opsiyon Borsası (CBOE) tarafından 1993 yılında oluşturulan Volatilite Endeksi (VIX) geniş bir kullanım alanına sahiptir ve sıkça tercih edilmektedir. VIX endeksinin popülerliğinin arkasındaki sebepler S&P 500 Endeksinde yer alan pay senetlerine ilişkin opsiyon sözleşmelerinden türetilmesi ve piyasanın geçmiş/mevcut oynaklığı yerine gelecek (beklenen) oynaklığı yansıtmasıdır. S&P 500 Endeksi 500 büyük Amerikan şirketini kapsamakta ve ABD pay piyasasını en iyi temsil eden endekslerden biri olarak kabul edilmektedir. Opsiyon, futures, forward vb. çok sayıda aracı ifade eden türev enstrümanlar ise geleceğe ilişkin dağınık ve çeşitli görüşlerin bir beklenti çerçevesinde fikir birliğine varılarak belirli bir sistematik ile toplandığı mekanizmalardır. VIX endeksi S&P 500 pay senedi opsiyon sözleşme fiyatlarını kullanarak beklenen oynaklığı ifade eden bir zımni oynaklık endeksidir. Buradaki zımni oynaklık ise opsiyon sözleşmelerinin teorik ve mevcut fiyatlarını birbirine eşitleyen orandır ve

dolayısıyla sözleşme taraflarının piyasanın geleceğine ilişkin bekledikleri riski veya oynaklığı temsil etmektedir.

Gerek bireysel yatırımcılar gerekse kurumsal yatırımcılar sahip oldukları fonları optimum şekilde değerlendirerek kazançları artırmak istemektedir. Ancak, finansal piyasalarda aktif işlem yapan taraflar için finansal kararların geleceğe yönelik olması ve geleceğin doğru bir şekilde tahmin edilememesinden dolayı risk ve belirsizlik kavramı önem arz etmektedir. VIX endeksi gelecekle ilgili bir gösterge olması nedeniyle yatırımcılar VIX endeksini bir risk göstergesi olarak dikkate almakta ve takip etmektedir. Menkul kıymet borsaları ise fonların toplandığı, düşük maliyetle ve etkin bir şekilde kullanıldığı, yatırım kararlarının verildiği ve alım-satım işlemlerinin gerçekleştirildiği ortamlardır. Finansal alanda yaşanan liberalleşme ve küreselleşme neticesinde finansal piyasalar ile küresel risk unsurları arasındaki etkileşim artmıştır. Dolayısıyla, menkul kıymet borsaları ile uluslararası volatilité göstergesi olarak bilinen VIX endeksi arasındaki farklı dönemlerdeki olası nedensellik ilişkisinin bilinmesi hem finansal piyasaların etkinliği ve işleyişi açısından önemli bir faktör olmakta hem de yerli ve yabancı yatırımcıların karar alma süreçlerini etkilemektedir.

Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika (BRICS) düşük maliyetli üretim ve işgücü, yüksek büyüme hızı, zengin kaynaklar, genç nüfus gibi faktörler nedeniyle aynı kategoride sınıflandırılmakta ve küresel ekonomiye yön verme potansiyeli olan gelişmekte ülkeleri ifade etmektedir. Türkiye ise sosyoekonomik faktörler çerçevesinde BRICS ülkelerine yakın performans sergilemekte ve ilgili gruba aday olabilecek konumda değerlendirilmektedir. Gelişmekte olan ülke ekonomileri gelişmiş ülke ekonomilerine göre daha kırılgandır ve belirsizlikten daha fazla etkilenmektedir.

Bu çalışmada VIX ile BRICS-T (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye) ülkelerinin borsa endeksleri arasındaki olası nedensellik ilişkisinin varlığı 05.01.2015-30.06.2021 dönemi için günlük frekanslı verileri kullanarak analiz edilmiştir. Çalışmada VIX ile BRICS-T ülkelerinin borsa endeksleri finansal zaman serileri olup leptokurtik dağılım (kalın kuyruklu), asimetri gibi doğrusal dışı davranışlara sahiptirler. Bu kapsamda serilerin durağanlık düzeyleri seriler normal dağılıma sahip olmasa da güçlü sonuçlar üretebilen Meng vd. (2014) ve Meng vd. (2016) tarafından “kalıntılarla arttırılmış en küçük kareler” (RALS-LM) birim kök testleri ile sınanmıştır. VIX endeksi ile ilgili borsa endeksleri arasındaki olası nedensellik ilişkisinin varlığı farklı frekanslar (kısa, orta ve uzun dönem) için daha dinamik sonuçlar üreten Breitung ve Candelon (2006) frekans alanı nedensellik ile araştırılmıştır. Çalışmanın literatürde yapılmış çalışmalar ile kıyaslandığında hem veri setinin güncel olması hem de güncel ekonometrik teknikler yönüyle literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmada giriş bölümünü sırasıyla, çalışma konusuna ilişkin teorik ve ampirik literatür sonuçları, çalışmanın veri seti, analiz sürecinin anlatıldığı ekonometrik

metodoloji ve ampirik bulgular ve son olarak genel değerlendirmenin yapıldığı sonuç bölümü izlemektedir.

1. Literatür

BRICS ülkeleri üzerine farklı noktalara odaklanan ve çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Tablo 1’de çalışma alanına paralel olarak BRICS-T ülkeleri ile VIX endeksi arasındaki ilişkiye konu edinen çalışmalar ve bu çalışmalara ilişkin bilgiler özetlenmiştir.

Tablo 1: Literatür Taraması Özet Sonuçlar

Yazar(lar)	Değişkenler	Dönem	Bulgular
Mensi vd. (2014)	BRICS, VIX vd.	29.09.1997-20.09.2013	VIX, Brezilya'yı düşük ve orta kantillerde negatif, Rusya'yı düşük kantilde negatif, Hindistan'ı yüksek kantilde pozitif, Çin'i düşük kantilde pozitif ve Güney Afrika'yı düşük kantilde negatif etkilemektedir.
Momin ve Masih (2015)	BRICS, VIX vd.	01:2000-03:2015	VIX ile BRICS ülkeleri arasında uzun dönemde ilişki bulunmamaktadır. Kısa dönemde ise VIX, Brezilya ve Hindistan borsalarını negatif etkilemektedir.
De Boyrie ve Pavlova (2016)	BRICS (CDS), MINT (CDS), VIX vd.	04.01.2010-11.07.2014	VIX hem BRICS hem de MINT ülkeleri için oynaklık yayıcısıdır.
Mensi vd. (2016)	BRICS, VIX vd.	01:1995-08:2013	VIX BRICS ülkesi borsalarını negatif olarak etkilemektedir.
Sousa vd. (2016)	BRICS, VIX vd.	Q1:1995-Q2:2013	VIX BRICS ülkesi borsaları getirilerini tahmin etmede anlamlı bir değişken değildir.
Yang vd. (2018)	G7 (CDS), BRICS (CDS), VIX vd.	01.01.2009-02.12.2017	VIX hem orta hem de uzun vadede ölçekler üzerinde negatif bir etkiye sahiptir.
Ji vd. (2018)	BRICS (IV), VIX vd.	16.03.2011-09.12.2016	VIX, Brezilya hariç olmak üzere, grup ülkelerinin zımni oynaklığının nedenidir.
Bouri vd. (2018)	BRICS (IV), VIX	16.03.2011-31.01.2018	Granger Nedensellik: VIX↔Çin; VIX→Brezilya, Rusya, Hindistan, Güney Afrika Frekans Alanı Nedensellik: VIX→Hindistan, Güney Afrika; VIX↔Brezilya, Rusya, Çin
Melis ve Bonga-Bonga (2019)	BRICS (FDI, PIF), VIX vd.	2004-2016	VIX, BRICS ülkelerine olan yabancı doğrudan yatırım ve portföy yatırımlarının oynaklığını artırmaktadır.
Dahir vd. (2020)	BRICS, Bitcoin, VIX vd.	01.01.2012-31.05.2018	VIX oynaklık yayıcısı iken BRICS ülkeleri net oynaklık alıcısıdır.
Gürsoy (2020)	BRICS, VIX	11.02.2011-06.01.2020	VIX ↔ Rusya, Güney Afrika; VIX → Hindistan, Çin

Yazar(lar)	Değişkenler	Dönem	Bulgular
Bayrakdaroğlu ve Türkün Kaya (2021)	BRICS-T, VIX vd.	2004-2018	VIX BRICS-T ülkesi borsalarını negatif olarak etkilemektedir.
Baykut ve Diyar (2021)	BRICS-T, VIX vd.	02.01.2008-31.12.2020	Çin hariç olmak üzere ülke borsa endeksleri ile VIX ve CDS primleri eşbütünleşiktir.
Smales (2021)	G7 (IV), BRICS (IV), VIX vd.	01:2001-12:2020	VIX BRICS ülkesi borsalarının (Rusya hariç) zımni volatilitisini pozitif olarak etkilemektedir.

Tablo 1’deki çalışmalar incelendiğinde, BRICS ülkeleri borsa endekslerinin yanı sıra ilgili ülkelerin kredi temerrüt swapları (CDS), zımni volatiliteleri (IV), doğrudan yabancı yatırımları (FDI) gibi çeşitli değişkenler ile VIX endeksi arasındaki ilişkinin farklı perspektiflerden analiz edildiği görülmektedir. Son yıllarda ise Türkiye’nin de ilgili topluluğa dahil edilerek çalışmalar gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Çalışma bulguları değerlendirildiğinde, bir yeknesaklık bulunmamakta ve farklı yönleri işaret eden görüşler olmakla birlikte, hâkim görüş VIX endeksinin BRICS-T ülkelerine ait parametreler üzerinde bir etkisinin olduğu yönündedir.

Türkiye’ye ilişkin yapılan çalışmalar uluslararası çalışmalar ile benzer neticeler ortaya koymaktadır. Ulusal çalışmaların da tek bir sonuç etrafında birleşmemekte ancak hâkim görüş VIX endeksinin BIST 100 endeksini etkilediği yönündedir. Köse ve Akkaya (2016), Sadeghzadeh (2018), Gülhan (2020) ve İskenderoğlu ve Akdağ (2020) VIX endeksi ile BIST 100 endeksi arasında etkileyen-etkilenen, başka bir ifade ile neden sonuç ilişkisinin bulunmadığını ifade etmiştir. Hacıhasanoğlu ve Soytas (2009), Kuzu (2019), Ögel ve Fındık (2020) ve Tuncel ve Gürsoy (2020) ise VIX endeksinden BIST 100 endeksine doğru bir nedensellik ilişkisinin varlığını, VIX endeksinin BIST 100 endeksinin nedeni olduğunu raporlamıştır.

BRICS-T, hızlı bir gelişim içerisinde olan gelişen piyasaları ifade etmektedir. İlgili ülkelerin, VIX endeksi vasıtasıyla, küresel hareketlere tepkisi gerek yatırımcılar gerek politika yapıcılar gibi çok sayıda tarafı ilgilendirmektedir. Literatür kapsamındaki çalışmaların ise konsensus durumunda olmadığı açıkça görülmektedir.

2. Uygulama

2.1. Araştırmanın Veri Seti

Bu çalışmada, korku endeksi olan VIX ile BRICS-T (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye) ülkelerinin borsa endeksleri arasındaki ilişki Breitung ve Candelon (2006) frekansta nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Çalışmada olası nedensellik ilişkisinin varlığı 05.01.2015-30.06.2021 dönemi için günlük frekanslı verilerle araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin bilgiler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2: Değişkenlere Ait Bilgiler

Değişken	Tanım	Ülke	Veri Kaynağı	Frekans	Dönem
lnVIX	VIX Zımnı Oynaklık Endeksi	ABD	Bloomberg HT	Günlük	2015:01-2021:06
lnBOVESPA	BOVESPA Borsa Endeksi	Brezilya	Investing	Günlük	2015:01-2021:06
lnRTSI	RTSI Borsa Endeksi	Rusya	Investing	Günlük	2015:01-2021:06
lnNIFTY	NIFTY Borsa Endeksi	Hindistan	Investing	Günlük	2015:01-2021:06
lnSSEC	SSEC Borsa Endeksi	Çin	Investing	Günlük	2015:01-2021:06
lnFTSE/JSE	FTSE/JSE Borsa Endeksi	Güney Afrika	Investing	Günlük	2015:01-2021:06
lnBIST	BİST Borsa Endeksi	Türkiye	Investing	Günlük	2015:01-2021:06

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Bu çalışmada daha tutarlı ve verimli ampirik sonuçlar elde etmek ve serileri daha istikrarlı bir şekilde ifade edilebilmek için ekonometrik analizlerde verilerin logaritmik formları kullanılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında analizlere dahil edilecek serilere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'te raporlanmıştır.

Tablo 3: Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

	lnBOVESPA	lnRTSI	lnNIFTY	lnSSEC	lnFTSE/JSE	lnBIST	lnVIX
Ortalama	11,225	7,015	9,237	8,062	10,797	6,880	2,798
Medyan	11,245	7,034	9,267	8,056	10,789	6,870	2,727
Maksimum	11,781	7,426	9,689	8,543	11,053	7,359	4,415
Minimum	10,532	6,443	8,862	7,810	10,441	6,530	2,214
Std. Sapma	0,314	0,194	0,185	0,114	0,090	0,192	0,358
Çarpıklık	-0,154	-0,250	0,274	0,960	0,543	0,488	1,077
Baskılık	1,863	2,630	2,488	5,380	4,166	2,670	4,666
Jarque-Bera	75,165 (0,000)	20,948 (0,000)	30,435 (0,000)	506,468 (0,000)	137,400 (0,000)	57,430 (0,000)	401,532 (0,000)
Gözlem Sayısı	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Serilerin standart sapma değerleri dikkate alındığında, en yüksek değişkenlik gösteren ve dolayısıyla en riskli serilerin sırasıyla VIX, BOVESPA ve RTSI Endeksleri olduğu, en düşük standart sapma değerlerinin ise sırasıyla FTSE/JSE, SSEC, NIFTY ve BIST Endeksleri olduğu görülmektedir. BIST Endeksi standart sapma çerçevesinde yedi

endeks sıralamasında ortada yer almaktadır. Çarpıklık değerlerine bakıldığında BOVESPA ve RTSI Endekslerinin negatif diğer endekslerin pozitif değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu durum BOVESPA ve RTSI endeks değerlerinin eğrinin sol tarafında yoğunlaştığı ve negatif değer alma olasılığının pozitif değer alma olasılığından daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Başka bir ifade ile BOVESPA ve RTSI Endeksleri gündelik bazda yükselişten çok düşüş kapanış değerine sahiptir. SSEC, VIX ve FTSE/JSE Gauss dağılımı ifade eden değerlerden yüksektir (leptokurtic dağılım) ve ilgili serilerde ekstrem değerlerin gerçekleşme olasılığının yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Tabloda raporlanan Jarque-Bera test istatistiklerine göre serilerin standart normal dağılıma uymadıkları sonucu tespit edilmiştir.

2.2. Ekonometrik Metodoloji ve Ampirik Bulgular

Finansal zaman serileri, finansal piyasalarda gözlemlenen ve birbirini takip eden verilerin meydana geliş sırasına göre sıralanması ile oluşmaktadır. Karar verme sürecinde dikkate alınan finansal zaman serisi değişkenlerinin zaman serisi yapılarını ve dinamiklerini, bu serilerin veri yaratım süreçlerini anlamak ve çözümlemek açısından büyük önem arz etmektedir (Çil, 2018:5). Tablo 3'te raporlanan Jarque-Bera test istatistiklerine göre serilerin standart normal dağılıma uymadıkları sonucu tespit edilmiştir. Finansal zaman serilerinin analizinde çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) değerleri, finansal zaman serisinin dağılımının şekli hakkında bilgi vermektedir. Çarpıklık, asimetri derecesini yani ortalama etrafındaki asimetriyi ölçmektedir (Kaya, 2021:26). Diğer taraftan dağılımın kuyruklarının ince veya kalın olma durumu ile serinin ne kadar zirve yaptığını basıklık ölçmektedir (Brooks, 2014:66).

Leptokurtic seriler, ortalama etrafında çok sayıda gözlemin olduğu ve ortalamadan daha uzak düzeyde nispeten çok sayıda gözlemin yer aldığı serilerdir. Bu serilerin grafikleri üzerinde histogramın merkezi yüksek bir tepe noktasına sahiptir ve dağılımın kuyrukları normal dağılım ile kıyaslandığında daha kalın bir yapıya sahiptir (Adkins ve Hill, 2011:428). Bu bağlamda çoğu finansal zaman serisi leptokurtic bir dağılıma sahiptir ve normal dağılıma uygunluk göstermemektedir (Hepsağ ve Yaşar Akçalı, 2019:63). Finansal zaman serilerinde kalın kuyruklu, asimetri gibi doğrusal dışı davranışlar varsa hata terimlerinin normal dağıldığı varsayımı geçerli olmayacaktır. Çalışmada analizi yapılan finansal zaman serileri normal dağılım göstermemektedir. Hata terimlerinde normal dağılım varsayımının yerine gelmediği durumlarda daha güçlü sonuçlar üretebilen Meng vd. (2014) ve Meng vd. (2016) tarafından "kalıntılarla arttırılmış en küçük kareler" (RALS-LM) birim kök testi geliştirilmiştir.

Meng vd. (2014) ve Meng vd. (2016) RALS-LM birim kök testinin temelinde Genişletilmiş ADF birim kök testinin LM versiyonunu geliştiren Schmidt ve Phillips (1992) çalışması yer almaktadır. Schmidt ve Phillips (1992) çalışmasında temel alınan model aşağıdadır:

$$y_t = \delta' Z_t + e_t, \quad e_t = \beta e_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Denklem 1, veri üretme süreci olarak ifade edilebilir. $Z_t = [1, t]'$ sabit ve trend fonksiyonunu ifade etmektedir. Birim kök varlığını ifade eden sıfır hipotezi $\beta = 1$ 'dir. Hem sabit hem de trend değişimine izin veren model ise şu şekilde tanımlanabilir:

$$Z_t = [1, t, D_{1t}, \dots, D_{Rt}, DT_{1t}, \dots, DT_{Rt}]'$$

Burada D_{it} ve DT_{it} sırasıyla i. sıradaki sabit ve trend kırılmalarını temsil eden kukla değişkenlerdir. $t \geq T_{Bi} + 1, i = 1, \dots, R$ için $D_{it} = 1$ ve tersi durumda 0'dır; $t \geq T_{Bi} + 1$ için $DT_{it} = t - T_{Bi}$ ve tersi durumda 0'dır; R , maksimum yapısal kırılma sayısıdır ve T_{Bi} , i. yapısal kırılmanın yeridir. Yapısal kırılmaların modele dahil edilmesiyle, yapısal kırılmaları dikkate almayan Schmidt ve Phillips (1992) birim kök testi Lee ve Strazicich (2003, 2004) birim kök testine dönüşmektedir. RALS-LM birim kök testi ise Schmidt ve Phillips (1992) ile Lee ve Strazicich (2003, 2004) birim kök testlerinin kalıntılarıyla artırılmış halidir (Hepsağ ve Yaşar Akçalı, 2019:64).

LM ilkesini takiben, regresyondan birim kök testi istatistiği elde edilir:

$$\Delta y_t = \delta' \Delta Z_t + \phi \tilde{S}_{t-1} + e_t \quad (2)$$

$$\tilde{S}_t = y_t - \tilde{\Psi} - \tilde{\delta}' Z_t \quad (3)$$

Burada $\tilde{S}_t$ LM trendinden arındırılmış y_t serisidir, $\tilde{\delta}$ y_t ve Z_t 'nin birinci farkının kullanıldığı regresyondan elde edilen katsayı vektörüdür.

τ_{LM} , Denklem 2'deki sıfır hipotezi ($\phi = 0$) test eden t-istatistiğidir ve trend kırılmalarının varlığında kırılma konumu parametresine bağlı olacaktır. Bu gibi durumlarda, olağan LM testini RALS prosedürü ile birleştirmek sorunlu olacaktır. Meng vd. (2016) birim kök testi istatistiğini kırılma konumuna bağımlılıktan arındırabilecek bir dönüşüm önermektedir. Aşağıdaki dönüşüm, kırılma konumu parametresine olan bağımlılığı ortadan kaldıracaktır:

$$\tilde{S}_t^* = \begin{cases} \frac{T}{T_{B1}} \tilde{S}_t & \text{for } t \leq T_{B1} \\ \frac{T}{T_{B2}-T_{B1}} \tilde{S}_t & \text{for } T_{B1} < t \leq T_{B2} \\ \vdots \\ \frac{T}{T-T_{BR}} \tilde{S}_t & \text{for } T_{BR} < t \leq T \end{cases} \quad (4)$$

Burada, $\tilde{S}_t$ ve $\tilde{S}_t^*$ sırasıyla dönüştürülmemiş ve dönüştürülmüş serileri temsil etmektedir. Daha sonra test regresyonundaki $\tilde{S}_t$ (Denklem 3) $\tilde{S}_t^*$ ile yeni bir test regresyonu olacak şekilde değiştirildiğinde:

$$\Delta y_t = \delta' \Delta Z_t + \phi \tilde{S}_{t-1}^* + e_t \quad (5)$$

Normal dağılmayan hata terimi hakkındaki bilgileri kullanarak LM testinin verimliliğini geliştirmek için, yazarlar tarafından RALS yöntemi benimsenmiştir. Normal dağılmayan hataların bilgisini yakalamak için hata teriminin karesinin ikinci ve üçüncü momentlerini Denklem 5'e dahil edilmektedir. Bu hüküm, hata terimleri simetrik olmadığında ϕ tahmincisinin verimliliğini artırır. Trend kırılmaları ile dönüştürülmüş RALS-LM test istatistiği aşağıdaki regresyondan elde edilir:

$$\Delta y_t = \delta' \Delta Z_t + \phi \tilde{S}_{t-1}^* + \gamma' \hat{w}_t + u_t \quad (6)$$

$$\hat{w}_t = [\hat{e}_t^2 - \hat{m}_2, \hat{e}_t^3 - \hat{m}_3 - 3\hat{m}_2\hat{e}_t]', \quad \hat{m}_j = T^{-1} \sum_{t=1}^T \hat{e}_t^j \quad (7)$$

Denklem 6, Denklem 2 ile $e_t = \gamma' \hat{w}_t + u_t$ çerçevesinde ilişkilidir. $\hat{e}_t^j$ Denklem 2'den elde edilen kalıntılardır. $\hat{w}_t, u_t$ ile ilişkisizdir ve $E(u_t^2) = E(e_t^2) - [E(e_t u_t)]^2 / E(\hat{w}_t^2)$ 'dir; çünkü $\gamma = E(\hat{w}_t e_t) / E(\hat{w}_t^2)$ 'dir. Böylelikle $E(e_t^2) < E(u_t^2)$ Denklem 6'daki hata teriminin varyansının Denklem 2'dekinden daha küçük olduğu anlamına gelir. Bu sonuç, normal dağılmayan hatalarla asimptotik verim kazancında (dolayısıyla testin gücünün artmasında) bir avantaj sağlayacaktır. $\phi = 0$ için karşılık gelen t istatistiğini $\tau_{RALS-LM}^*$ olarak ifade ederek, yeni testin asimptotik dağılımı aşağıdaki gibidir:

$$\tau_{RALS-LM}^* = \rho \tau_{LM}^* + \sqrt{1 - \rho^2} Z \quad (8)$$

$$\rho^2 = E(u_t^2) / E(e_t^2)$$

Burada, ρ iki hata teriminin varyanslarının göreceli oranını yansıtır. Kırılmasız RALS-LM testinin ($\tau_{RALS-LM}$) asimptotik dağılımı $\tau_{RALS-LM} \rightarrow \rho \tau_{LM} + \sqrt{1 - \rho^2} Z$ 'dir (Meng vd., 2014). LM testinde trend değişimlerine izin verildiğinde dağılım bu gösterimle aynı kalır, ancak Denklem 4'teki dönüşüm olmadan kırılmaların konumuna bağlıdır. RALS-LM test istatistiğinin asimptotik dağılımı, bu dönüşüm aracılığıyla parametre konumuna bağlı değildir. RALS-LM test istatistiği gözlem sayısı (T) ve ρ parametresine bağlı olarak hesaplanan kritik değerlerle karşılaştırılmakta, test istatistiği mutlak değerce kritik değerlerden büyük olması birim kökün varlığını ifade eden sıfır hipotezin reddedilmesi anlamına gelmektedir.

Çalışmada serilere öncelikle geleneksel LM ve bir kırılmalı LM testleri yapılmış ve birim kök test regresyonlarına ait kalıntılarının normal dağılıma uygunluk göstermediği ortaya konulmuştur. Bu sebepten dolayı geleneksel LM testlerinden elde edilen sonuçların güvenilir olmadığı ve tartışmaya açık olduğu anlaşılmıştır. Borsa endeksi serilerine uygulanan geleneksel LM testlerinin ardından bu testlere ait yardımcı regresyon modellerinin kalıntılarının normal dağılıma uygunluk göstermemesi nedeniyle serilerin durağanlık düzeyleri kırılmasız ve bir kırılmalı RALS-LM testleri ile sınanmış ve sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: Geleneksel LM ve RALS-LM Birim Kök Testi Sonuçları

Panel A: Geleneksel LM Birim Kök Testi Sonuçları

Endeksler	τ -LM	JB	τ -LM(1)	JB
lnBOVESPA	-3,716 (21)	9784,18**	-4,012 (21)	5336,57**
lnRTSI	-3,597 (21)	2736,35**	-3,530 (21)	1929,98**
lnNIFTY	-2,880 (15)	1241,51**	-2,615 (19)	3926,99**
lnSSEC	-2,632 (20)	2243,17**	-2,744 (20)	1391,08**
LnFTSE/JSE	-2,950 (8)	3039,25**	-2,344 (17)	1786,26**
lnBIST	-2,937 (12)	1191,11**	-2,362 (4)	1118,80**
lnVIX	-3,248 (6)	4138,29**	-3,509 (6)	1600,24**

Panel B: RALS-LM Birim Kök Testi Sonuçları

Endeksler	τ -RALS-LM	ρ^2	Karar	τ -RALS-LM(1)	ρ^2	Karar	TB1
lnBOVESPA	-3,032(21)	0,8	I(1)	-2,545(21)	0,8	I(1)	11/03/20
lnRTSI	-3,442(21)	0,8	I(0)	-4,204(21)	0,8	I(0)	05/03/20
lnNIFTY	-4,759(15)	0,8	I(0)	-3,825(19)	0,7	I(0)	20/03/20
lnSSEC	-1,980(20)	0,7	I(1)	-3,372(20)	0,7	I(1)	20/03/20
LnFTSE/JSE	-3,557(8)	0,8	I(1)	-2,261(7)	0,8	I(1)	13/03/20
lnBIST	-2,692(12)	0,8	I(1)	-2,106(12)	0,8	I(1)	20/03/20
lnVIX	-4,636(6)	0,7	I(0)	-5,808(20)	0,7	I(0)	28/12/17

Not: RALS-LM kırılmasız birim kök testi için kritik değerler Meng vd. (2014) çalışmasından elde edilmiştir. RALS-LM için $\rho^2=0,7$ için kritik değerler %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde sırasıyla -3,474; -2,897 ve -2,605'tir. $\rho^2=0,8$ için kritik değerler %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde sırasıyla -3,510; -2,947 ve -2,667'dir. RALS-LM(1) sabitte ve trendde bir kırılmalı birim kök testi için kritik değerler Meng vd. (2016) çalışmasından elde edilmiştir. RALS-LM(1) için $\rho^2=0,7$ için kritik değerler %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde sırasıyla -3,983; 3,429 ve -3,153'tür. $\rho^2=0,8$ için kritik değerler %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde sırasıyla -4,049; -3,516 ve -3,245'tir. TB1 kırılma tarihlerini göstermektedir. ***%5 istatistiksel anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezi olan normal dağılım varsayımının reddedildiğini göstermektedir. Parantez içerisinde yer alan değerler uygun gecikme uzunluklarıdır.

Hesaplanan RALS-LM test istatistiği tablo kritik değerleri karşılaştırılmakta ve test istatistiğinin mutlak değerce kritik değerlerden küçük olması durumunda birim kökün varlığı ifade eden temel hipotez reddedilememektedir. Tabloda raporlanan RALS-LM birim kök testi sonuçlarına göre, lnRTSI, lnNIFTY ve lnVIX serilerinin düzey değerlerinde %5 anlamlılık seviyesinde hesaplanan test istatistiği mutlak değerce tablo kritik değerlerinden büyük olduğu için temel hipotezi olan birim kökün varlığının reddedildiği tespit edilmiştir. lnBOVESPA, lnSSEC, lnFTSE/JSE ve lnBIST serilerinin düzey değerlerinde %5 anlamlılık düzeyinde temel hipotezi olan birim kökün varlığının reddedilemediği ve birim köklü olduğu tespit edilmiştir. RALS-LM birim kök testi sonucunda logaritmik serilerin birim kök içerdiği görülmüştür. Serilerin birinci farkı alınarak seriler durağan hale getirilmiştir. Düzeyde durağan olan ve fark işlemi neticesinde durağan hale gelmiş seriler arasında nedensellik ilişkisi araştırılmıştır.

Serilerin kırılma tarihleri, VIX endeksi hariç, COVID-19 salgınının pandemi olarak nitelendirildiği ve yoğun olarak etkisini gösterdiği dönemdir. VIX endeksi için ise ilgili tarih ABD'nin daha sonra yoğunlaştırarak sürdüreceği ticaret savaşının ilk adımlarını işaret etmektedir.

Serilerin durağanlık düzeyi belirlendikten sonra finansal zaman serileri arasındaki olası nedensellik ilişkisinin varlığı Breitung ve Candelon (2006) frekans alanı nedensellik testi ile araştırılmıştır. Frekans alanı nedensellik testi, Granger (1969), Geweke (1982) ve Hosoya (1991) çalışmalarındaki test ölçümlerini ve prosedürlerini takip etmektedir (Breitung ve Candelon, 2006:364). Breitung ve Candelon (2006) frekans alanı nedensellik testi veri döneminin kısa, orta ve uzun frekanslar bazında incelenmesi olanağını sağlamakta ve dolayısıyla diğer nedensellik testlerine göre avantaj sağlamaktadır. Yatırımcılar ve finansal kurumların farklı ufuklardaki yatırım ve riskten korunma pozisyonlarının belirlenmesi ile piyasaları düzenleyen kurumların finansal sıkıntı ve darboğazlar ile piyasalar arasında bulaşma etkisinin önlenmesi için politikalar üretme noktasında farklı ve geniş bir perspektif sağlamak amacıyla ilgili test kullanılmıştır.

Granger (1969) tarafından literatüre kazandırılan nedensellik testi iki (veya daha fazla) değişken arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığının sınanmasında kullanılan bir yöntemdir. Standart Granger nedensellik testinde analize dahil edilen tüm dönemler sadece bir test istatistiği açısından değerlendirilmekte, olası nedensellik ilişkisinin farklı frekanslara göre değişme durumu ihmal edilmektedir (Taştan, 2015:1157).

Breitung ve Candelon (2006) frekans alanı nedensellik testi Geweke (1982) ve Hosoya (1991) çalışmalarını esas almakta ve farklı frekanslar için birden fazla test istatistiği üretebilmektedir. Yazarlar değişkenler arasındaki olası nedensellik ilişkisinin varlığını sınayabilmek için iki boyutlu $z_t = [x_t, y_t]'$ zaman serisi vektörü oluşturmuşlardır. Eşitlikte yer alan z_t 'nin sonlu sıralı VAR modeline sahip olduğu varsayılır (Breitung ve Candelon, 2006:364-367).

$$\Theta(L)z_t = \varepsilon_t, \quad (9)$$

Eşitlik (9)'da yer alan $\Theta(L) = I - \Theta_1 L - \dots - \Theta_p L^p$, $L^k z_t = z_{t-k}$ ile 2x2 gecikme boyutlu polinomu ifade etmektedir. Eşitlikte ε_t ise beyaz gürültü olarak varsayılan hata vektörünü göstermekte ve $E(\varepsilon_t) = 0$ ve $E(\varepsilon \varepsilon') = \Sigma$ gibi eşitliğe sahiptir. Burada Σ , pozitif tanımlıdır.

G, Cholesky ayrıştırmasının alt üçgen matrisi olmak üzere $G'G = \Sigma^{-1}$ ve beklenen değeri $E(\eta_t \eta_t') = I$ olup eşitlikte $\eta_t = G\varepsilon_t$ 'dir. Sistemin durağan bir yapıda olduğu varsayılırsa sistemin hareketli ortalaması (MA) aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$\begin{aligned}
z_t &= \Phi(L)\varepsilon_t = \begin{bmatrix} \Phi_{11}(L) & \Phi_{12}(L) \\ \Phi_{21}(L) & \Phi_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix} \\
&= \Psi(L)\eta_t = \begin{bmatrix} \Psi_{11}(L) & \Psi_{12}(L) \\ \Psi_{21}(L) & \Psi_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_{1t} \\ \eta_{2t} \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{10}$$

Eşitlik (10)'da $\Phi(L) = \Theta(L)^{-1}$ ve $\Psi(L) = \Phi(L)G^{-1}$ 'dir. Bu eşitlikler yardımıyla x_t 'nin spektral yoğunluğu aşağıdaki gösterilebilir:

$$f_x(\omega) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \left| \Psi_{11}(e^{-i\omega}) \right|^2 + \left| \Psi_{12}(e^{-i\omega}) \right|^2 \right\} \tag{11}$$

Geweke (1982) ve Hosoya (1991) tarafından önerilen nedensellik ölçüsü aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$M_{y \rightarrow x}(\omega) = \log \left[\frac{2\pi f_x(\omega)}{\left| \Psi_{11}(e^{-i\omega}) \right|^2} \right] = \log \left[1 + \frac{\left| \Psi_{12}(e^{-i\omega}) \right|^2}{\left| \Psi_{11}(e^{-i\omega}) \right|^2} \right] \tag{12}$$

Eşitlikte yer alan $\left| \Psi_{12}(e^{-i\omega}) \right|^2 = 0$ ise Geweke'nin nedensellik ölçüsü sıfır olacak ve ω frekansta y değişkeninden x değişkenine doğru Granger nedenselliği olmayacaktır. Breitung ve Candelon (2006) VAR denkleminde x ile y arasındaki ilişkiyi yeniden formüle etmiştir:

$$x_t = \alpha_1 x_{t-1} + \dots + \alpha_r x_{t-r} + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \varepsilon_{1t} \tag{13}$$

Burada α ve β gecikmeli polinom katsayılarıdır. Sıfır hipotezi $M_{y \rightarrow x}(\omega) = 0$ doğrusal kısıtlamaya yol açar.

$$H_0 = R(\omega)\beta = 0, \tag{14}$$

Burada $\beta = [\beta_1, \dots, \beta_p]'$ ve

$$R(\omega) = \begin{bmatrix} \cos(\omega) & \cos(2\omega) & \dots & \cos(p\omega) \\ \sin(\omega) & \sin(2\omega) & \dots & \sin(p\omega) \end{bmatrix} \tag{15}$$

Bu kısıtlamalar altında standart F testi kullanılarak Granger nedenselliğinin yokluğunu ifade eden sıfır hipotezi sınanabilir. F istatistiği $\omega \in (0, \pi)$ için $F(2, T-2p)$ şeklinde dağılım gösterir ve burada 2 kısıt sayısını gösterirken; T ve p sırasıyla gözlem sayısını ve gözlem sırasını temsil etmektedir.

Breitung ve Candelon (2006) frekans alanı nedensellik testine ilişkin bulgular Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5: Breitung ve Candelon Frekans Alanı Nedensellik Testi Sonuçları

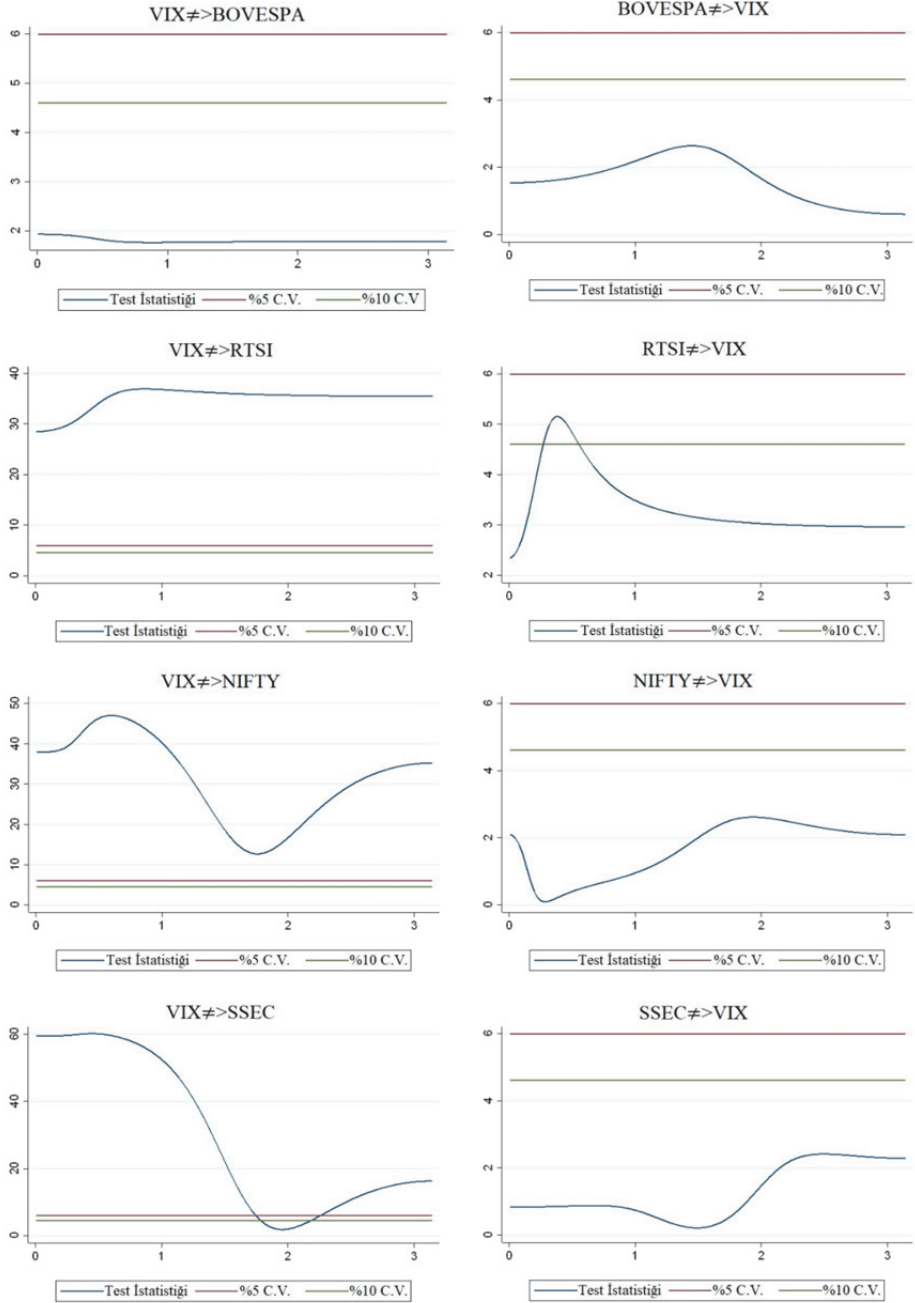
Granger Nedensellik	Breitung ve Candelon Frekans Alanı Nedensellik					
	Uzun Dönem		Orta Dönem		Kısa Dönem	
	$\omega=0,01$	$\omega=0,05$	$\omega=1,00$	$\omega=1,50$	$\omega=2,00$	$\omega=2,50$
VIX $\Rightarrow$ lnBOVESPA	1,933 (0,380)	1,821 (0,402)	1,764 (0,414)	1,776 (0,411)	1,783 (0,409)	1,787 (0,409)
lnBOVESPA $\Rightarrow$ VIX	1,538 (0,463)	1,685 (0,430)	2,182 (0,335)	2,629 (0,268)	1,663 (0,435)	0,854 (0,652)
VIX $\Rightarrow$ lnRTSI	28,500* (0,000)	34,091* (0,000)	36,816* (0,000)	36,087* (0,000)	35,697* (0,000)	35,519* (0,000)
lnRTSI $\Rightarrow$ VIX	2,352 (0,308)	4,837 (0,089)	3,490 (0,174)	3,148 (0,207)	3,030 (0,219)	2,982 (0,225)
VIX $\Rightarrow$ lnNIFTY	37,976* (0,000)	46,299* (0,000)	40,230* (0,000)	18,565* (0,000)	16,700* (0,000)	29,725* (0,000)
lnNIFTY $\Rightarrow$ VIX	2,095 (0,350)	0,402 (0,817)	0,952 (0,621)	2,004 (0,367)	2,606 (0,271)	2,286 (0,318)
VIX $\Rightarrow$ lnSSEC	59,479* (0,000)	60,096* (0,000)	52,476* (0,000)	22,215* (0,000)	1,979* (0,371)	10,704* (0,004)
lnSSEC $\Rightarrow$ VIX	0,834 (0,658)	0,870 (0,647)	0,745 (0,688)	0,217 (0,896)	1,470 (0,479)	2,413 (0,299)
VIX $\Rightarrow$ lnFTSE/JSE	39,649* (0,000)	57,523* (0,000)	64,715* (0,000)	61,956* (0,000)	60,591* (0,000)	59,983* (0,000)
lnFTSE/JSE $\Rightarrow$ VIX	1,393 (0,498)	1,455 (0,482)	1,694 (0,428)	2,065 (0,355)	1,858 (0,394)	1,523 (0,466)
VIX $\Rightarrow$ lnBIST	8,518** (0,014)	9,404* (0,009)	6,639* (0,036)	1,919 (0,383)	3,244 (0,197)	6,705** (0,034)
lnBIST $\Rightarrow$ VIX	0,029 (0,985)	0,086 (0,957)	0,617 (0,734)	1,142 (0,564)	1,015 (0,601)	0,910 (0,634)

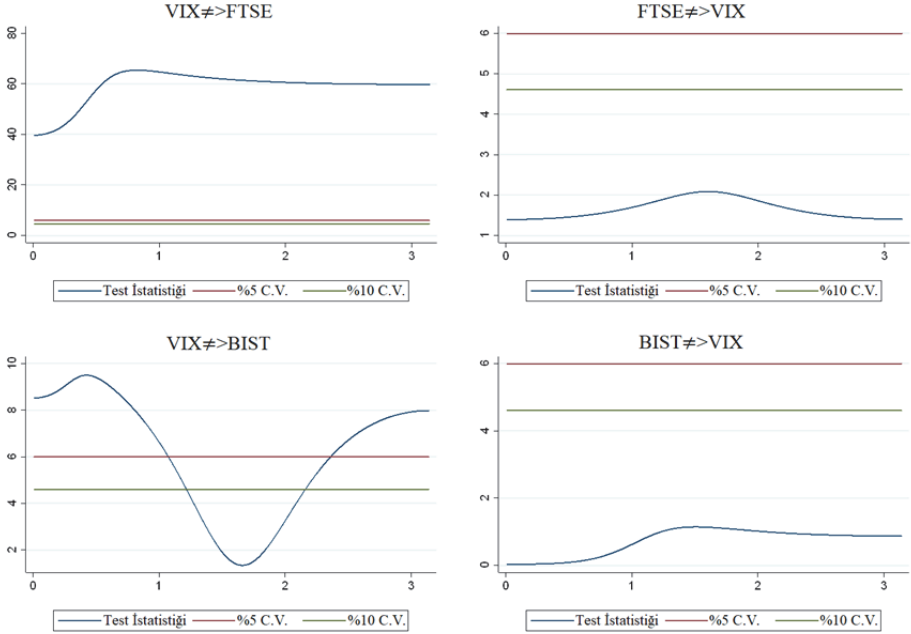
Not: Tablodaki $\Rightarrow$ notasyonu ilgili değişkenler arasında gösterilen yönde nedensellik ilişkisi olmadığı hipotezini ifade etmektedir. * ve ** işaretleri %1 ve %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılık seviyelerini göstermektedir. ω notasyonu, frekans alanını ifade etmektedir.

Tablo 5'te ω frekans değerlerini ifade etmektedir. Frekans (ω), $T = 2\pi/\omega$ eşitliği ile gözlem birimi veya dönemsel olarak tanımlanabilmektedir. Burada T gözlem birimidir ve mevcut çalışma günlük gözlem birimlerinden oluşmaktadır. Netice olarak kısa dönem ($\omega > 2$) 3 güne kadar olan süreyi, uzun dönem ($\omega < 0,05$) ise 126 gün ve daha sonraki dönem gözlemlerini ifade edilmektedir. Tablo 5'te yer alan Breitung ve Candelon (2006) frekans alanı nedensellik testi sonuçlarına bakıldığında VIX endeksinden BOVESPA endeksine doğru kısa, orta ve uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlılık seviyesinde herhangi bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Benzer şekilde BOVESPA endeksinden VIX endeksine

doğru kısa, orta ve uzun dönemde herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Tabloda yer alan frekans alanı nedensellik testi sonuçlarına göre VIX endeksinden RTSI, NIFTY, SSEC ve FTSE/JSE endekslerine doğru kısa, orta ve uzun dönemde %5 istatistiksel anlamlılık seviyesinde tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Yine tabloda yer alan sonuçlara göre RTSI, NIFTY, SSEC ve FTSE/JSE endekslerinden VIX endeksine doğru kısa, orta ve uzun dönemde herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Bir diğer sonuca göre VIX endeksinden Bist100 endeksine doğru kısa ve uzun dönemde %5 anlamlılık seviyesinde tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu görülmektedir. Ayrıca karşılıklı nedensellik ilişkisi incelendiğinde; VIX endeksi ile borsa endeksleri arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi değil VIX endeksinden borsa endekslerine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Elde edilen bu sonuca göre ilgili borsa endekslerinin öngörüsünde VIX endeksinin piyasada işlem yapan katılımcılara faydalı bilgiler sunduğunu söylemek mümkündür. Tablo 5'te sayısal olarak ifade edilen bulgular Şekil 1'de görsel olarak sunulmuştur. Şekil 1'de soldaki grafikler VIX endeksinden BRICS-T ülke borsa endekslerine, sağdaki grafikler ise ilgili BRICS-T ülke borsa endeksinden VIX endeksine nedensellik ilişkisini ifade etmektedir. Örneğin; Şekil 1'de VIX-BOVESPA ikilisine ait grafikler incelendiğinde, gerek VIX endeksinden BOVESPA endeksine, gerekse BOVESPA endeksinden VIX endeksine olan nedensellik ilişkisini gösteren grafiklerdeki test istatistiğinin %10 kritik değer (yeşil renk-alt yatay) ve %5 kritik değer (kırmızı renk-üst yatay) seviyesinden daha düşük olduğu ve dolayısıyla nedensellik ilişkisinin bulunmadığı görülmektedir. VIX-RTSI örneğinde ise VIX endeksinden RTSI endeksine olan nedensellik ilişkisini gösteren grafikte (sol sütun) test istatistiğinin kısa, orta ve uzun dönemde %10 kritik değer (yeşil renk-alt yatay) ve %5 kritik değer (kırmızı renk-üst yatay) seviyesinden daha yüksek olduğu ve dolayısıyla nedensellik ilişkisinin tüm frekanslarda bulunduğu görülmektedir. RTSI endeksinden VIX endeksine olan nedensellik ilişkisini gösteren grafikte (sağ sütun) test istatistiğinin kısa ve orta dönemde %10 kritik değer (yeşil renk-alt yatay) ve %5 kritik değer (kırmızı renk-üst yatay) seviyesinden daha düşük olduğu, ilgili dönemlerde nedensellik ilişkisinin bulunmadığı; uzun dönemde ise test istatistiğinin %10 kritik değer (yeşil renk-alt yatay) seviyesinden yüksek ve %5 kritik değer (kırmızı renk-üst yatay) seviyesinden daha düşük olduğu ve nedensellik ilişkisi bulunmakla birlikte güçlü düzeyde olmadığı raporlanmıştır.

Şekil 1: VIX Endeksi ile BRICS-T Ülke Borsaları Frekans Alanı Nedensellik Sonuçları Grafıksel Gösterim

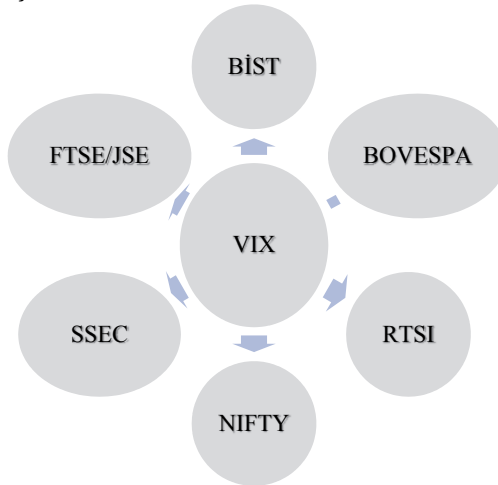




Not: Yeşil çizgi (alt yatay çizgi) %10 kritik değer sınırını, kırmızı çizgi (üst yatay çizgi) %5 kritik değer sınırını ifade etmektedir. Mavi çizgi (dalgalı çizgi) ise test istatistiğini ifade etmektedir.

Analizler sonucu elde edilen nedensellik ilişkisine ilişkin bulgular genel itibarıyla Şekil 2’de görüldüğü üzere özetlenebilir.

Şekil 2: VIX Endeksi ile BRICS-T Ülke Borsaları Frekans Alanı Nedensellik Sonuçları



Özetle, Hindistan borsa endeksi ile VIX endeksi arasında nedensellik ilişkisi bulunmamakta, diğer BRICS-T ülkeleri borsa endeksleri ise VIX endeksinden etkilenmektedir. Hindistan borsa endeksinin diğer ülke borsalarından, küresel korku endeksi VIX'ten etkilenme cihetinde ayrıştığı görülmektedir.

Sonuç

Bu çalışmada, VIX endeksi ile BRICS-T (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye) ülkelerinin borsa endeksleri arasındaki ilişki 05.01.2015-30.06.2021 dönemi için günlük frekanslı verileri kullanarak Breitung ve Candelon (2006) frekansta nedensellik testi ile incelenmiştir. Çalışmada finansal zaman serilerinin durağanlık düzeyleri seriler normal dağılıma sahip olmasa da güçlü sonuçlar üretebilen RALS-LM birim kök testi ile sınanmıştır. Finansal zaman serilerinin durağanlık düzeyleri belirlendikten sonra VIX endeksi ile ilgili borsa endeksleri arasındaki olası nedensellik ilişkisinin varlığı farklı frekanslar için birden fazla test istatistiği üreten Breitung ve Candelon (2006) frekans alanı nedensellik ile araştırılmıştır. Breitung ve Candelon (2006) frekans alanı nedensellik testi sonuçları VIX endeksinden BOVESPA Endeksi hariç RTSI, NIFTY, SSEC, FTSE/JSE ve BİST endeksine doğru kısa, orta ve uzun dönemde tek yönlü nedensellik ilişkisinin olduğunu göstermektedir.

BİST kısa ve orta dönemde kısmen farklılıklar sergilemekle birlikte genel olarak BRICS ülkeleri ile küresel belirsizliğe benzer reaksiyonlar göstermektedir. Dolayısıyla, gerek yatırım ve gerekse yasal düzenlemeler noktasında BRICS-T ülkelerinin, Hindistan hariç, aynı risk faktörünün etkisinde bulunduğu dikkate alınmalı ve portföy oluşturma noktasında etkinliğe katkı sağlamayacağı da unutulmamalıdır.

Ampirik analizler neticesinde elde edilen bulguların özellikle yatırımcılar ve finansal kurumlar açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Yatırımcılar ve finansal kurumların farklı ufuklara sahip yatırım ve riskten korunma pozisyonlarının belirlenmesi ile hem getiride artış hem de riskte düşüş sağlama olanağı bulunmaktadır. Piyasa düzenleyici kurumların finansal sıkıntı ve darboğazlar ile piyasalar arasında bulaşma etkisinin önlenmesi için politikalar üretme noktasında farklı perspektifler kazanmasına imkân sağlamaktadır.

Kaynakça

- Adkins, L.C. ve Hill, R.C. (2011), *Using Stata for Principles of Econometrics, 4th Edition*, New York: John Wiley and Sons.
- Baykut, E. ve Dıyar, S. (2021), "The Effect of Global Risk Indicators on Developing Country Stock Exchanges: The Case of BRICS-T", *Journal of Corporate Governance, Insurance, and Risk Management*, 8(1), 101-117.

- Bayrakdaroğlu, A. ve Türkün Kaya, B. (2021), “BRICS-T Ülkelerinde Borsa Endeksi ile Piyasa Oynaklık-Korku Endeksi Arasındaki İlişkinin Panel Veri Analizi ile Test Edilmesi”, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(77), 313-328.
- Bouri, E., Lien, D., Roubaud, D. ve Shahzad, S.J.H. (2018), “Fear Linkages Between the US and BRICS Stock Markets: A Frequency-Domain Causality”, *International Journal of the Economics of Business*, 25(3), 441-454.
- Breitung, J. ve Candelon, B. (2006), “Testing for Short- and Long-Run Causality: A Frequency-Domain Approach”, *Journal of Econometrics*, 132(2), 363-378.
- Brooks, C. (2014), *Introductory Econometrics for Finance, 3rd Edition*, New York: Cambridge University Press.
- Çil, N. (2018), *Finansal Ekonometri*. İstanbul: DER Kitabevi ve Dağıtım.
- Dahir, A.M., Mahat, F., Noordin, B.A.A ve Ab Razak, N.H. (2020), “Dynamic Connectedness between Bitcoin and Equity Market Information across BRICS Countries: Evidence from TVP-VAR Connectedness Approach”, *International Journal of Managerial Finance*, 16(3), 357-371.
- De Boyrie, M.E. ve Pavlova, I. (2016), “Dynamic Interdependence of Sovereign Credit Default Swaps in BRICS and MIST Countries”, *Applied Economics*, 48(7), 563-575.
- Geweke, J. (1982), “Measurement of Linear Dependence and Feedback between Multiple Time Series”, *Journal of the American Statistical Association*, 77(378), 304-313.
- Granger, C.W.J. (1969), “Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods”, *Econometrica*, 37(3), 424-438.
- Gülhan, Ü. (2020), “Altın Fiyatları ile VIX Endeksi, BİST 100 Endeksi, Döviz Kuru ve Petrol Fiyatları İlişkisi: Ekonometrik Bir Analiz”, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 11(2), 576-591.
- Gürsoy, S. (2020), “Investigation of the Relationship Between VIX Index and BRICS Countries Stock Markets: An Econometric Application”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 4(2), 397-413.
- Hacıhasanoğlu, E. ve Soytaş, U. (2009), “Global Risk Algılamasının Gelişmekte Olan Piyasalara Etkisi: Türkiye Örneği”, *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(1), 39-50.
- Hepsağ, A. ve Yaşar Akçalı, B. (2019), *Finansal Zaman Serilerinde Birim Kök Hipotezinin Test Edilmesinde Kalıntılarla Genişletilmiş En Küçük Kareler Yöntemi Yaklaşımı: Rasyonel Fiyat Köpükleri Üzerine Bir Uygulama*, XIII. IBANESS İktisat, İşletme ve Yönetim Bilimleri Kongreler Serisi, 5-6 Ekim, Tekirdağ.

- Hosoya, Y. (1991), "The Decomposition and Measurement of the Interdependency between Second-Order Stationary Processes", *Probability Theory and Related Fields*, 88, 429-444.
- İskenderoğlu, Ö. ve Akdağ, S. (2020), "Comparison of the Effect of VIX Fear Index on Stock Exchange Indices of Developed and Developing Countries: The G20 Case", *South East European Journal of Economics and Business*, 15(1), 105-121.
- Ji, Q., Bouri, E. ve Roubaud, D. (2018), "Dynamic Network of Implied Volatility Transmission among US Equities, Strategic Commodities, and BRICS Equities", *International Review of Financial Analysis*, 57, 1-12.
- Kaya, M. (2021), Finansal Zaman Serilerin Temel Özellikleri. İ. Çelik ve S.B. Kahyaoğlu (Ed.), *Finansal Zaman Serisi Analizi Finansçılar İçin Temel Yaklaşımlar*, Ankara: Gazi Kitabevi, 1-421.
- Köse, A.K. ve Akkaya, M. (2016), "Beklenti ve Güven Anketlerinin Finansal Piyasalara Etkisi: BIST 100 Üzerine Bir Uygulama", *Bankacılar Dergisi*, (99), 3-15.
- Kuzu, S. (2019), "Volatilite Endeksi (VIX) ile BIST 100 Arasındaki Johansen Eşbütünleşme ve Frekans Alanı Nedensellik Analizi", *Journal of Turkish Studies*, 14(1), 479-493.
- Lee, J. ve Strazicich, M.C. (2003), "Minimum Lagrange Multiplier Unit Root Test with Two Structural Breaks", *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 1082-1089.
- Lee, J. ve Strazicich, M.C. (2004), Minimum LM Unit Root Test with One Structural Break, Manuscript, Department of Economics, Appalachian State University, 1-16.
- Melis, M. ve Bonga-Bonga, L. (2019), "Determinants of Global Capital Volatility in the BRICS Grouping", *MPRA Working Paper*, 94125, Munich Personal RePEc Archive, Munich/Germany.
- Meng, M., Im, K.S., Lee, J. ve Tieslau, M.A. (2014), More Powerful LM Unit Root Tests with Non-normal Errors. R.C. Sickles ve W.C. Horrace (Eds.), in *Festschrift in Honor of Peter Schmidt*, New York, 343-357.
- Meng, M., Lee, J. ve Payne, J.E. (2016), "RALS-LM Unit Root Test with Trend Breaks and Non-Normal Errors: Application to the Prebisch-Singer Hypothesis", *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, 21(1), 31-45.
- Mensi, W., Hammoudeh, S., Reboredo, J.S. ve Nguyen, D.K. (2014), "Do Global Factors Impact BRICS Stock Markets? A Quantile Regression Approach", *Emerging Markets Review*, 19, 1-17.
- Mensi, W., Hammoudeh, S., Yoon, S.-M. ve Nguyen, D.K. (2016), "Asymmetric Linkages between BRICS Stock Returns and Country Risk Ratings: Evidence from Dynamic Panel Threshold Models", *Review of International Economics*, 24(1), 1-19.
- Momin, E. ve Masih, M. (2015), "Do US Policy Uncertainty, Leveraging Costs and Global Risk Aversion Impact Emerging Market Equities? An

- Application of Bounds Testing Approach to the BRICS”, *MPRA Working Paper*, 65834, Munich Personal RePEc Archive, Munich/Germany.
- Ögel, S. ve Fındık, M. (2020), “Farklı Kıtalarda Yer Alan Borsa Endekslerinin VIX (Korku) Endeksi ile İlişkisi”, *Kocatepe İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(1), 127-140.
- Sadeghzadeh, K. (2018), “Borsanın Psikolojik Faktörlere Duyarlılığı: Oynaklık Endeksi (VIX) ve Tüketici Güven Endeksi (TGE) ile BİST 100 Endeksi Arasındaki İlişkiler”, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(2), 238-253.
- Schmidt, P. ve Phillips, P.C. (1992), “LM Tests for a Unit Root in the Presence of Deterministic Trends”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 54(3), 257-287.
- Smales, L.A. (2021), “Spreading the Fear: The Central Role of CBOE VIX in Global Stock Market Uncertainty”, <https://ssrn.com/abstract=3336505> (Erişim Tarihi: 03.09.2021)
- Sousa, R.M., Vivian, A. ve Wohar, M.E. (2016), “Predicting Asset Returns in the BRICS: The Role of Macroeconomic and Fundamental Predictors”, *International Review of Economics and Finance*, 41, 122-143.
- Taşan, H. (2015), “Testing for Spectral Granger Causality, *Stata Journal*, 15(4), 1157-1166.
- Tuncel, M.B. ve Gürsoy, S. (2020), “Korku Endeksi (VIX), Bitcoin Fiyatları ve BİST 100 Endeksi Arasındaki Nedensellik İlişkisi Üzerine Ampirik Bir Uygulama”, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(76), 1999-2011.
- Yang, L., Yang, L. ve Hamori, S. (2018), “Determinants of Dependence Structures of Sovereign Credit Default Swap Spreads between G7 and BRICS Countries”, *International Review of Financial Analysis*, 59, 19-34.