



BİST-100 Endeksinde Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Zayıf Formda Piyasa Etkinliğinin Testi

Onur OĞUZ^{1*} 

¹ Asst. Prof. Onur OĞUZ, Batman Universtiy, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics, Batman, Turkey

Geliş Tarihi/Received: 22.02.2021
Kabul Tarihi/Accepted: 18.03.2021

Doi: 10.31200/makuubd.884585
Araştırma Makalesi/Research Article

ÖZET

Piyasa etkinliği, haber akışlarının pay senedi fiyatlarına ne ölçüde yansıdığını ifade etmektedir. Bu bağlamda zayıf, yarı güçlü ve güçlü formda piyasa etkinliğinden söz edilebilmektedir. Literatürde zayıf formda etkinlik genellikle birim kök testleriyle incelenmektedir. Bu çalışmada 2000-2020 döneminde Borsa İstanbul BİST-100 endeksinin yükseliş ve düşüş dönemlerinde zayıf formda etkin olup olmadığı test edilmek istenmiştir. Bu amaçla önce doğrusallık testi yapılmış; ardından doğrusal olmayan Kapetanios, Shin Snell ve doğrusal nitelikte olup yapısal kırılmayı dikkate alan Zivot Andrews birim kök testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar BİST-100 endeksinin zayıf formda etkin olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Etkin Piyasalar Hipotezi, Doğrusal Olmayan Birim Kök Testleri, Borsa İstanbul.

Testing Weak Form Market Efficiency with Linear and Nonlinear Methods in BIST-100

ABSTRACT

Market efficiency refers to the news flows reflect on stock prices. In this context, market efficiency can be mentioned in weak, semi-strong and strong forms. In the literature, weak form efficiency usually investigates by unit root tests. In this study, it is aimed to test whether the Borsa Istanbul BIST-100 index is effective in weak form during the several rise and fall periods in the 2000-2020 period. For this purpose, firstly linearity test was performed; then, unit root

tests applied. These tests are Kapetanios, Shin Snell and Zivot Andrews, which are nonlinear and structural break tests, respectively. The results show that the BIST-100 index is efficient in weak form.

Keywords: Efficient Market Hypothesis, Nonlinear Unit Root Tests, Borsa Istanbul.

1. GİRİŞ

Sermaye piyasalarında yatırım araçlarının getirileri konusunda öngörülerde bulunmak, hem piyasa uzmanlarının hem de akademik çevrenin uzun yıllardır önde gelen tartışma konularından olmuştur. Finansal piyasalarda, özellikle pay senedi piyasalarında cari fiyatların (ya da gelecekteki fiyatların) geçmişteki fiyat hareketlerini tekrar edeceği düşüncesine dayanan teknik analiz yöntemleri bulunmaktadır. Ancak bu yaklaşımın karşısında rassal yürüyüş teorisi bağlamında geçmiş fiyat hareketlerinin analizi ile gelecek dönemde olağanüstü getiri elde edilemeyeceğini ifade eden etkin piyasalar teorisi bulunmaktadır.

Pay senedi fiyatlarındaki gidişatın nasıl bir davranış sergilediği konusu 20. yüzyıl boyunca tartışılmıştır. Bu konuda geçerliliği en fazla tartışılan yaklaşımların başında etkin piyasalar hipotezi gelmektedir. Etkin piyasalar hipotezi, piyasaların zayıf, yarı-güçlü ve güçlü formda etkin olabileceğini iddia etmektedir. Buna göre zayıf formda etkin piyasalarda geçmiş fiyat hareketleri, geleceğe yönelik fiyat hareketleri için bilgi sağlayamamaktadır.

Piyasa etkinliğinin araştırılmasında sıklıkla kullanılan yöntem birim kök testleridir. Birim kök testleri (durağanlık testleri) zaman serisinin belli bir şok karşısında yeniden ortalama değerlerine dönme olasılığı hakkında bilgi vermektedir. Başka bir ifadeyle seride birim kök olması, şokun etkisinin kalıcı olacağı şeklinde yorumlanmaktadır. Bu açıdan özellikle zayıf formda etkinliğin incelenmesinde ve fiyat hareketlerinin geçmiş ortalamalarına benzer şekilde hareket edeceğine yönelik varsayımların analizinde birim kök testlerinden sıklıkla yararlanılmaktadır. Ancak pay senedi fiyat hareketleri, haber akışlarına ve ekonomik gelişmelere karşı oldukça hassastır. Bu da serilerin yapısal kırılmalar içermesine ya da doğrusal nitelikte olmamasına ve dolayısıyla model sonuçlarının güvenilir olmamasına yol açabilmektedir. Bu nedenle çalışmada her bir alt dönem öncelikli olarak doğrusallık testine tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgulara göre doğrusal olmayan nitelikteki birim kök testi ve yapısal kırılmaları dikkate alan doğrusal birim kök testleri tercih edilmiştir.

Türkiye piyasası için doğrusal olmayan yöntemlerle güncel çalışma sayısının az olması, araştırmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır.

Çalışmanın planı şu şekildedir: İlk olarak Etkin Piyasa Hipotezi'ne yönelik teorik altyapı açıklanmıştır. Bu bölümde fiyat hareketlerinin doğasına yönelik çalışmaların yanı sıra, farklı tipte piyasa etkinlik türleri de açıklanmıştır. Sonrasında ise Türkiye ve dünya genelinde piyasa etkinliğini test eden çalışmalar özetlenmiştir. Takip eden bölümlerde veri seti ve kullanılan ekonometrik yöntemler açıklanmıştır. Çalışmada son olarak bulgular raporlanmış ve genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Teknolojik gelişim ve artan refah ile birlikte, sermaye piyasalarında işlem hacmi 20. yüzyıl boyunca çok hızlı bir büyüme sergilemiştir. Birçok yatırımcı borsada işlem yaparak servetini artırmayı amaçlamıştır. Bu durumda da pay senetlerinin gelecekte ulaşacağı fiyatları doğru tahmin etmek ve piyasa ortalamasının üzerinde getiri sağlayabilmek, yatırımcıların temel hedefi olmuştur. Ancak fiyatların gelecekte nasıl hareket edeceği üzerindeki tartışmalar net bir sonuca varamamıştır.

Yatırımcılar beklentilerini oluştururken, belli bir risk algısına göre hareket etmektedirler. Finansal piyasalarda sistematik ve sistematik olmayan şeklinde gruplandırılan iki türlü risk bulunmaktadır. Firmadan bağımsız (sistematik) ya da firma içi nedenlerle (sistematik olmayan) oluşan risk, getiri üzerinde oldukça etkilidir. Bu durum pay senetlerine yönelik beklentiye ve dolaylı olarak da pay senedi fiyat değişimlerini etkileyebilmektedir (İlhan, 2017).

Fiyat hareketlerinin tahmin edilebilirliği, uzun süredir tartışılan bir konu olagelmıştır. 20. yüzyılın hemen başlarında Charles Dow tarafından ortaya atılan teknik analiz yaklaşımının (Dow Teorisi) yanı sıra, akademik düzeyde farklı istatistiksel ya da ekonometrik yöntemlerle de çeşitli çalışmalar yapılmış ve fiyat hareketleri açıklanmaya çalışılmıştır (Örnek çalışmalar için Benjamin, 1942; Roberts, 1959; Houthakker, 1961; Basu, 1977).

Fama (1965), pay senedi fiyatlarının nasıl hareket ettiği konusuna Rassal Yürüyüş Hipotezi çerçevesinde bir açıklama getirmeye çalışmıştır. Fama'ya göre pay senedi fiyatlarındaki değişimler, kümülatif rassal sayılardan başka bir şey değildir. Başka bir ifadeyle ardışık fiyat değişimleri birbirinden bağımsızdır ve belli bir dağılıma göre hareket eden rassal değişkenlerdir. Bu da tarihsel fiyat değişim bilgilerine sahip olmanın geleceği tahmin etme imkanını vermediği (fiyatların hafızası yoktur) anlamına gelmektedir (Fama, 1965: 34).

Finansal piyasalarda etkinlik; faaliyet, kaynak dağıtımı ve piyasa (bilgi) etkinliği olmak üzere üç grup altında tanımlanmaktadır. Finansal piyasada kaynak arz edenler ile bu kaynakları talep edenlerin minimum maliyetle işlemlerini gerçekleştirebilmeleri faaliyet etkinliği ve kaynakların optimal şekilde dağıtılabilmesi kaynak dağıtım etkinliği olarak ifade edilmektedir (Bayraktar, 2012: 38). Etkin piyasalar hipotezine temel oluşturan piyasa (bilgi) etkinliği kavramı ise fiyatların şirket ile ilgili tüm bilgiyi olduğu gibi yansıttığı ve hem cari hem de geçmiş fiyat hareketlerinde de bu durumun sürekli olduğu varsayımına dayanmaktadır (Fama, 1970: 388).

Piyasa etkinliği üç form altında olabilmektedir. Bunlardan birincisi olan zayıf formda etkinlik, fiyatların geçmiş fiyat hareketlerini yansıttığını ifade etmektedir. Bu alandaki literatür ağırlıklı olarak rassal yürüyüş teorisine dayalı olarak gelişmiştir. Yarı güçlü formda etkinlik, geçmiş fiyatların yanı sıra şirket ile ilgili halka açık tüm bilgilerin de (haberler, mali tablolar, vs.) fiyatlar tarafından yansıtıldığı durumdur. Güçlü formda etkinlik ise şirket hakkındaki her türlü halka açık olan veya olmayan bilginin fiyatlara yansıdığı, bilgiye ulaşmada tekel gücüne sahip olanların bilgisinin bile herkes tarafından bilinebildiği etkinlik türüdür (Fama, 1970: 388).

Zayıf formda etkin olan piyasalarda getirinin dağılımı, fiyat bilgisinden bağımsızdır. Dolayısıyla geçmişteki fiyat hareketlerine dayalı bir alım-satım yöntemi geliştirmek, yatırımcılara ekstra kazanç elde etme imkânını veremeyecektir. Bu durumda teknik analiz yöntemleri zayıf formda etkin olan piyasalarda geçersiz olacaktır (Eken ve Adalı, 2008: 2). Yarı güçlü formda etkin piyasalarda ise teknik analizin yanı sıra mali tablolara ve finansal oranlara dayalı temel analiz yöntemleri de ekstra kazanç sağlayamayacaktır. Çünkü fiyatlar, geçmiş hareketlerin yanı sıra kamuya açık tüm bilgileri de içermiş olacaktır. Bu durumda ancak henüz kamuya açıklanmamış bilgilere sahip olabilmek yatırımcının ekstra kazanç elde etmesine imkân tanıyacaktır. Güçlü formda etkinlik ise şirket ile ilgili tüm gelişmelerin anında fiyatlara yansıdığını; yatırımcıların sahip oldukları herhangi bir bilgiyi kullanarak ekstra kazanç elde etme imkânlarının olmadığını ifade etmektedir (Fama, 1995).

3. LİTERATÜR TARAMASI

Finansal piyasalarda etkinlik hipotezi, oldukça yoğun incelenen konulardan birisidir. Çalışmanın bu bölümünde dünya genelinde ve Türkiye özelinde yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

Fama (1965), etkin piyasalar teorisine yönelik öncü çalışmasında Dow Jones Industrial Average kapsamındaki şirketler için 1957'nin sonlarından 26 Eylül 1962 tarihine kadar kısmi korelasyon ve runs testi kullanarak analiz yapmıştır. Elde ettiği sonuçlar, fiyatlardaki değişimlerin birbirleriyle bağlantılı olmadığı yönündedir.

Ma ve Barnes (2001), Çin'deki iki önemli endeks olan Shanghai Stock Exchange ve Shenzen Stock Exchange için 1990-1998 dönemini test etmişlerdir. Çalışmada günlük, haftalık ve aylık getiriler kullanılmıştır. Kısmi korelasyon, runs testi ve varyans oranı testleri ile hem indeksler bazında hem de pay senetleri bazında inceleme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar endekslerin genel olarak, pay senetlerinin ise %30'unun rassal yürüyüş hipotezini reddettiğini göstermektedir. Dolayısıyla pay bazındaki hareketlerin endekse kıyasla piyasa etkinliğinin yüksek olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca Shenzen endeksinin, Shanghai endeksine kıyasla daha etkin olduğu gösterilmiştir. Son olarak günlük, haftalık ve aylık verilerin birbirlerinden farklı sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Narayan ve Smyth (2004), Güney Kore piyasasında Ocak 1981 – Nisan 2003 dönemi aylık KOSPI endeks verilerini kullanarak tek ve iki yapısal kırılmalı birim kök testi ile piyasa etkinliğini analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar testlerin genelinde birim kökün varlığını; dolayısıyla da Güney Kore borsasının zayıf formda etkin olduğunu göstermektedir.

Hájek (2007), 1995-2005 yılları aralığında günlük verileri kullanarak Çekya borsasında piyasa etkinliğini varyans oranı testi ile analiz etmiştir. Elde edilen bulgular Çekya için borsanın etkin olmadığı yönündedir.

Demireli vd. (2010), 02.01.1991 – 19.01.2010 dönemi için S&P500 endeksinin haftalık kapanış verilerini ARMA yöntemi ile analiz etmişlerdir. Elde ettikleri sonuç, S&P500 endeksinin zayıf formda etkin olduğu yönündedir.

Karadağlı ve Omay (2012), Bulgaristan, Yunanistan, Macaristan, Polonya, Romanya, Rusya, Slovenya ve Türkiye piyasalarını Ocak 2002 – Mayıs 2010 dönemi için doğrusal ve doğrusal olmayan birim kök testleriyle, hem zaman serisi olarak ayrı ayrı hem de panel veri yöntemiyle bir arada incelemişlerdir. Doğrusal zaman serilerine dayalı birim kök testlerinde (ADF ve PP) hiçbir ülke borsasının durağan olmadığını; ancak doğrusal olmayan zaman serilerine dayalı birim kök testinde (KSS), Rusya, Romanya ve Polonya'nın durağan sonuç verdiğini göstermişlerdir. Panel veri test sonuçları ise birbirinden farklı çıkmıştır. Doğrusal

yapıdaki testlerde piyasaların bir bütün olarak zayıf formda etkin oldukları; ancak doğrusal olmayan nitelikteki testlerde ise piyasaların etkin olmadıkları sonucuna ulaşmışlardır.

Hepsağ ve Yaşar-Akçalı (2015), gelişmiş ülkeleri temsilen G-7 ve gelişmekte olan ülkeleri temsilen E-7 (Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika, Rusya, Türkiye) grubu ile doğrusal olmayan asimetrik birim kök testi yardımıyla piyasa etkinliğini test etmişlerdir. G-7 ülkeleri için Ocak 1970 – Mayıs 2015 dönemi kullanılırken, E-7 ülkeleri için farklı başlangıç tarihleri dikkate alınmıştır. Elde edilen bulgulara göre G-7 ülkelerinden ABD, Fransa, İtalya ve Japonya ülke piyasaları zayıf formda etkin olarak tespit edilmişlerdir. E-7 ülkelerinden ise yalnızca Rusya'nın zayıf formda etkin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Türkiye'ye yönelik çalışmalara bakıldığında ise Eken ve Adalı (2008), 01.08.1994 – 31.07.2005 dönemi için BİST-30, BİST-100, BİST-Mali, BİST-Sınai endekslerini ve ayrıca BİST-30 içerisinde seçilmiş 10 şirketin performansını incelemişlerdir. Regresyon analizinin kullanıldığı çalışmada belirli hisse senedi ve endeks değerleri için piyasanın zayıf formda etkin olduğu tespit edilmiştir. Günlük ve haftalık uzun dönemli verilerde pozitif ilişki bulunmuştur. Ancak bu ilişki çoğunlukla alım satım komisyonlarını dahi karşılayamayacak kadar küçüktür. Bu ise piyasanın zayıf formda etkinliği olarak ifade edilmiştir.

Özdemir (2008), Ocak 1990 – Haziran 2005 aralığında haftalık veri seti kullanarak BİST-100 endeksini birim kök testleri, varyans oranı testi ve runs testi aracılığıyla incelemiştir. Elde edilen bulgular piyasanın zayıf formda etkin olduğu yönündedir.

Zeren vd. (2013), BİST-100 endeksini 01.11.1987 – 30.11.2012 dönemi için yapısal kırılmalı birim kök testleriyle analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar endeksin birim kök içerdiğini; dolayısıyla zayıf formda etkin olduğunu ortaya koymuştur.

Sülcü ve Ürkmez (2018), 02.01.1997-30.12.2016 döneminde BİST-Mali, BİST-Sınai, BİST-Hizmetler BİST-Teknoloji endekslerinin günlük verilerini kullanarak kaotik dinamiklerini test etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, endekslerin doğrusal olmayan yapıda olduğunu ve kaotik dinamiklerin varlığını göstermiştir. Bu durum etkin piyasalar hipotezinin söz konusu alt endeksler için geçerli olmadığı sonucunu vermektedir.

Bektur ve Aydın (2019), 30.06.2000 – 29.12.2017 döneminde BİST-100, BİST-Mali, BİST-Sınai, BİST-Hizmetler BİST-Teknoloji endekslerinde piyasa etkinliğini geleneksel ve

yapısal kırılmalı birim kök testleriyle analiz etmişlerdir. Elde edilen bulgular, BİST endekslerinin zayıf formda etkin olduğunu göstermektedir.

Buğan vd. (2019), BİST bünyesindeki Katılım-30 endeksi ve BİST-30 endeksi için ARFIMA ve FIEGARCH yöntemiyle 07.01.2011 – 02.08.2019 döneminde piyasa etkinliğini test etmişlerdir. Her iki endeks için de getiri serilerinde uzun hafızanın olmadığı, ancak volatilitenin uzun süreli hafızaya sahip olduğu; bu yönüyle de Katılım-30 endeksinin zayıf formda etkin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Literatür taraması ile piyasa etkinliğinin gerek Türkiye borsasının ana endeksi ve alt endekslerinde gerekse dünya genelinde yapılan çalışmalarda kesin olarak desteklendiği bulgusunu veremediği görülmüştür. Kullanılan analiz yöntemlerinin farklılığı ve dönemsel farklılıklar, sonuçlardaki değişik bulguların nedeni olarak kabul edilebilmektedir. Bu durum, piyasa etkinliğinin farklı dönemler ve yeni yöntemlerle sürekli test edilmesinin önemini göstermektedir.

4. VERİ SETİ

Bu çalışmada Türkiye borsasının temel göstergesi olan BİST-100 endeksi¹ 17.01.2000-31.12.2020 dönemi için günlük verilerle birim kök testine tabi tutulmuştur. Böylece BİST-100 endeksinin zayıf formda etkin olup olmadığının test edilmesi amaçlanmıştır. 2000 yılından itibaren Borsa İstanbul'da farklı sürelerle sahip iki yükseliş (boğa) ve iki düşüş (ayı) piyasası şeklinde bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırmada, trend dönüşümlerini ifade eden, en yüksek ve en düşük kapanış değerlerine göre tarihler belirlenmiştir. Şekil 1'de kırmızı kutu ile ayı piyasası, yeşil kutu ile boğa piyasası dönemleri görsel olarak ifade edilmiştir. Elbette her dönem de kendi içerisinde daha alt düzeyde boğa-ayı piyasaları şeklinde fraktal ayrımlara tabi tutulabilir. Ancak bu çalışmadaki gruplandırmada uzun dönemli bir analiz için trend dönüşümü, bir önceki zirvenin aşılmasını ya da bir önceki dipten daha düşük bir seviyenin görülmemesi olarak dikkate alınmıştır.

¹5 Nisan 2013 tarihinde İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nın adı Borsa İstanbul A.Ş.; bununla birlikte İMKB-100 olarak anılan endeks ismi de BİST-100 olarak değiştirilmiştir. Ancak metnin genelinde okuma kolaylığı sağlanması amacıyla, yalnızca BİST-100 terimi kullanılmıştır.



Şekil 1. 2000-2020 dönemi BİST-100 endeksi günlük kapanış değerleri

Kaynak: Matriks veri dağıtım

2000’li yılların başında borsa endeksi yukarı yönlü net bir trend izleyememiştir. Bu durumun yaşanmasında 1990’ların sonlarındaki Güneydoğu Asya ve Rusya finansal krizlerinin etkisi ve Aralık 1999’da imzalanan IMF Stand-By anlaşmasının ekonomide henüz tam olarak etki yaratmamış olması etkili olmuştur. Analizin başlangıç tarihi, yılın ilk zirvesi olan 17 Ocak 2000’dir. Bu tarihten itibaren borsa endeksi kısmen yatay; ancak ağırlıklı olarak düşüş yönlü bir eğilim göstermiştir. Bu harekette Kasım 2000 bankacılık likidite krizinin ve Şubat 2001 finansal krizinin büyük etkisi olmuştur. 2002 yılı sonunda kurulan tek parti iktidarı ile iç siyasette, takip eden aylarda AB ile üyelik görüşmelerinin de etkisiyle dış siyasette olumlu bir hava oluşmaya başlamıştır. 2001 krizinin etkilerinin azalmasıyla da 07 Temmuz 2003’ten itibaren BİST-100 endeksinde yukarı yönlü bir hareket başlamıştır. Dönem dönem iç ekonomik ve siyasi atmosferin etkisiyle kısa süreli düşüşler yaşanmış olsa da, 2007 sonbaharında etkileri ortaya çıkmaya başlayan küresel finansal kriz dönemine kadar boğa piyasası etkisi devam etmiştir. 15 Ekim 2007-9 Mart 2009, küresel finans kriziyle paralel olarak Borsa İstanbul’da da satış baskısının arttığı bir ayı piyasası dönemi olmuştur. Ancak bu tarihten itibaren uluslararası konjonktürün de etkisiyle dünya borsalarına paralel başlayan boğa piyasası 2020 yılında yaşanan COVID-19 kaynaklı düşüşlere rağmen devam edebilmiştir. Tablo 1’de en yüksek ve en düşük dönemsel değerlere göre belirlenen ayırım çerçevesinde endeksin genel durumu özetlenmiştir.

Tablo 1. Alt dönemler itibariyle BİST-100 en yüksek ve en düşük değerleri

	Dönem Aralığı	İşlem Günü Sayısı	Dönem İçi En Yüksek	Dönem İçi En Düşük	Fark (%)
1. Düşüş Trendi	17.01.2000-07.07.2003	864	195,77	71,60	-%63,43
1. Yükseliş Trendi	07.07.2003-15.10.2007	1074	582,32	103,52	%462,52
2. Düşüş Trendi	15.10.2007-09.03.2009	351	582,32	212,28	-%63,36
2. Yükseliş Trendi	09.03.2009-31.12.2020	2972	1479,91	232,83	%535,62

Kaynak: Matriks veri dağıtım ve yazarın hesaplamaları

Çalışmada kullanılan veri seti, Borsa İstanbul lisanslı veri dağıtım firmalarından Matriks Bilgi Dağıtım Hizmetleri A.Ş.'ye ait Matriks Gold adlı programdan elde edilmiştir. Analizde verilerin doğal logaritmik formları kullanılmıştır. Doğrusallık testleri için GAUSS v.10; birim kök testi için ise E-Views v.10 yazılımlarından faydalanılmıştır. Oluşturulan dört ayrı döneme ait veri setleri için tanımlayıcı istatistikler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Tanımlayıcı istatistikler

	1. Düşüş Dönemi	1. Yükseliş Dönemi	2. Düşüş Dönemi	2. Yükseliş Dönemi
Ortalama	4.7366	5.6565	5.9223	6.6407
Medyan	4.7113	5.7062	5.9907	6.6598
Maksimum	5.2769	6.3670	6.3670	7.2997
Minimum	4.2711	4.6398	5.3579	5.4405
St. Sapma	0.2027	0.4197	0.2772	0.2936
Çarpıklık	0.4511	-0.4690	-0.2813	-0.8362
Basıklık	2.8506	2.2406	1.9143	4.4079
Jarque-Bera	30.1002	65.1754	21.8701	591.8278
Olasılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gözlem Sayısı	864	1074	351	2972

Tanımlayıcı istatistiklere göre 1. düşüş dönemi sola çarpık bir görünüm verirken, diğer üç dönem sağa çarpık yapıdadır. Basıklık katsayılarının 0’dan yüksek olması, dört döneme ait veri setinin de sivri bir yapıda olduğunu göstermektedir. Bu durum Jarque-Bera test istatistiğinden de görülebileceği üzere, serilerin normal dağılıma sahip olmadığı sonucunu ifade

etmektedir. Gözlem değerlerinin belli bir trend içeriyor olması, getiri yerine gerçek değerlerle hesaplama yapılması, serinin normal dağılmamasının nedenleri olarak gösterilebilir.

5. METODOLOJİ

Etkin piyasalar hipotezinin, özellikle zayıf formda etkinliğin test edilmesinde sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında durağanlık testleri gelmektedir. Analizi yapılan serinin durağan bir nitelik göstermesi (birim kök içermesi), o serinin rassal yürüyüş süreci izlediğinin bir kanıtı olarak kabul edilmektedir. Bu durum ise ilgili finansal varlığa ait serinin zayıf formda etkinliğinin bir göstergesi olmaktadır.

İlk örneği Dickey ve Fuller (1979) tarafından uygulanan ve sonrasında farklı alternatif yöntemleri geliştirilen geleneksel durağanlık testlerine yönelik, literatürde birinci ve ikinci tip hataya açık olduğu yönünde eleştiriler bulunmaktadır (Enders ve Granger, 1998; Perron, 1989). Ayrıca yapısal kırılmaların ve doğrusallık varsayımının ihlali durumları için de çeşitli eleştiriler yapılmakta ve bu yönde yeni testler geliştirilmektedir (Güriş vd., 2016: 35).

Bu eleştirilerin dikkate alınması, finansal analizlerde ilk olarak serilerin doğrusallığının test edilmesini gerektirmektedir. Literatürde çeşitli doğrusallık testleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise analizi yapılan serinin durağanlık seviyesinden bağımsız olarak doğrusallığı test etme imkanı veren Harvey ve Leybourne (2007) ile Harvey vd. (2008) testleri kullanılmıştır.

Harvey ve Leybourne (2007) tarafından geliştirilen doğrusallık testi hem üssel hem de logaritmik yumuşak geçişli otoregresif modellere (ESTAR ve LSTAR) uygulanabilmektedir. Serinin I(0) veya I(1) olması durumunda test için temel alınan model, (1) ve (2) numaralı denklemlerde gösterilmiştir:

$$y_t = \mu + v_t \quad (1)$$

$$v_t = \delta_0 v_{t-1} + \delta_1 v_{t-1}^2 + \delta_2 v_{t-1}^3 + \lambda_0 \Delta v_{t-1} + \lambda_1 (\Delta v_{t-1})^2 + \lambda_2 (\Delta v_{t-1})^3 + \varepsilon_t \quad (2)$$

Çalışmanın temel hipotezi $\delta_1 = \delta_2 = \lambda_1 = \lambda_2 = 0$ şeklindedir. Bu hipotez serinin doğrusal nitelikte olduğunu ifade etmektedir. Alternatif hipotez ise bu değişkenlerden en az birinin sıfırdan farklı olması durumunda serinin doğrusal nitelikte olmadığı yönündedir. Oluşturulan bu model Wald testi ile Ki-Kare(4) dağılımına göre test edilmektedir ve W^* ile gösterilmektedir (Harvey ve Leybourne, 2007: 151-152).

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-1}^2 + \beta_3 y_{t-1}^3 + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta v_t = \lambda_1 \Delta v_{t-1} + \lambda_2 \Delta v_{t-1}^2 + \lambda_3 \Delta v_{t-1}^3 + \varepsilon_t \quad (4)$$

Modellerin temel hipotezleri $\beta_2 = \beta_3 = 0$ ve $\lambda_2 = \lambda_3 = 0$ şeklinde olup, modelin doğrusal nitelikte olduğunu ifade etmektedir. Alternatif hipotezler ise katsayılardan en az birinin sıfırdan farklı olması durumunu, yani modelin doğrusal nitelikte olmadığını ifade etmektedir. Her iki model de Walt testi ile Ki-Kare(2) dağılımına göre test edilmektedir. Serilerin durağanlık durumunun bilinmemesi halinde W_λ ile ifade edilen ağırlıklandırılmış ortalama istatistik kullanılmaktadır. Bu istatistik değeri (5) numaralı denklemde ifade edilmiştir (Harvey vd., 2008: 3-5):

$$W_\lambda = \{1 - \lambda\}W_0 + \lambda W_1 \quad (5)$$

Yukarıda belirtilen testlerin aracılığıyla serilerin doğrusal nitelikte olup olmadıkları araştırıldıktan sonra birim kök testleri ile BİST-100 endeksinin belirlenen dört alt döneminin her biri için birim kök içerip içermedikleri; başka bir ifadeyle zayıf formda etkin olup olmadıkları test edilmektedir. Bu amaçla doğrusal olmayan dönemlere yönelik Kapetanios, Shin ve Snell (2003 – KSS olarak anılacaktır) tarafından geliştirilen doğrusal olmayan yumuşak geçişli otoregresif birim kök testi (STAR) ve doğrusal yapıda tek yapısal kırılmaya izin veren Zivot ve Andrews (1992) birim kök testi tercih edilmiştir.

KSS (2003), doğrusal olmayan üssel yumuşak geçişli otoregresif (ESTAR) yapıda temel hipotezin seride birim kök olduğunu ve alternatif hipotezin serinin global durağan ESTAR sürecinde olduğunu ifade eden test geliştirmişlerdir. Buna göre oluşturulan ESTAR modeli (6) numaralı denklemde gösterilmiştir:

$$\Delta y_t = \phi y_{t-1} + \gamma y_{t-1} [1 - \exp(-\theta y_{t-d}^2)] + \varepsilon_t \quad (6)$$

Bu denklemde ϕ ve γ bilinmeyen parametrelerdir. y_t sıfır ortalamalı stokastik süreci ifade etmektedir. Modelde ayrıca $\theta \geq 0$ ve gecikme parametresi olan $d \geq 1$ olarak kabul edilmiştir. Son olarak modelde geçen $\phi = \beta - 1$ şeklindedir. $\theta > 0$ ise ortalamaya dönüş hızı etkin bir şekilde belirlenebilmektedir. KSS tarafından geliştirilen testte temel hipotez $H_0: \theta = 0$ iken alternatif hipotez $H_0: \theta > 0$ şeklindedir. γ değeri temel hipotezde tanımlanmadığından, bu sorunun çözümü için t test istatistiği kullanılmıştır. Birinci dereceden Taylor açılımı ile ESTAR modeli temel hipoteze göre (7) numaralı denklemde ifade edilmiştir:

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1}^3 + \text{hata terimi} \quad (7)$$

Modelden elde edilen t istatistiği (t_{NL}) asimptotik standart normal dağılım göstermemektedir. Bu nedenle ham verilerin yanı sıra, ortalamadan ve trendden arındırılmış seriler için de (t_{NL}) istatistikleri KSS tarafından hesaplanmıştır (KSS, 2003: 361-364).

Çalışmada kullanılan bir diğer birim kök testi ise Zivot ve Andrews (1992) tarafından geliştirilen tek kırılmalı yapısal birim kök testidir. Perron (1989) tarafından yapısal kırılmanın dışsal olarak modele dâhil edildiği birim kök testine karşılık Zivot ve Andrews kırılma tarihinin tahmin edildiği alternatif bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu test üç alt modelde ifade edilmektedir. Ortalamada, Eğimde, Hem Ortalamada Hem Eğimde olarak düzenlenen ve A, B, C olarak anılan modeller sırasıyla (8), (9) ve (10) numaralı denklemlerde gösterilmiştir (Zivot ve Andrews, 1992: 254):

$$\text{Model A : } y_t = \mu + \theta DU_t(\lambda) + \beta_t + \alpha y_{t-1} + \sum_{j=1}^k c_j \Delta y_{t-j} + e_t \quad (8)$$

$$\text{Model B: } y_t = \mu + \beta_t + \gamma DT_t^*(\lambda) + \alpha y_{t-1} + \sum_{j=1}^k c_j \Delta y_{t-j} + e_t \quad (9)$$

$$\text{Model C: } y_t = \mu + \theta DU_t(\lambda) + \beta_t + \gamma DT_t^*(\lambda) + \alpha y_{t-1} + \sum_{j=1}^k c_j \Delta y_{t-j} + e_t \quad (10)$$

Bu modellerde kırılmayı ifade eden $\lambda = T_B/T$ şeklinde hesaplanmaktadır. T_B ifadesi kırılma zamanını, T ise zaman değişkenini ifade etmektedir. Buna göre λ nispi kırılma yansımaları ifade etmektedir. Kırılma noktasının tahmininde en küçük kareler yöntemi ile ($T-2$) adet regresyon denklemi oluşturulduktan sonra en küçük t istatistiğine sahip olan denklem seçilmektedir. Kırılma tarihinin belirlenmesinden sonra, hesaplanmış olan t istatistiğinin mutlak değerinin Zivot ve Andrews tarafından hesaplanan kritik değerden büyük olması halinde yapısal kırılma olmaksızın birim kökün varlığını ifade eden temel hipotez reddedilmektedir. Alternatif hipotez ise trend fonksiyonunda oluşan yapısal kırılma durumunda serinin trend durağan olduğu yönündedir (Yılcı ve Özcan, 2010: 26).

6. SONUÇ

Çalışmanın temel amacı, Borsa İstanbul BİST-100 endeksinin zayıf formda etkinliğini yükseliş ve düşüş trendlerinde (boğa ve ayı piyasaları) ayrı ayrı incelemektir. Bu amaçla çalışmanın hipotezleri aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

H_0 : BİST-100 endeksinde yükseliş ve/veya düşüş dönemlerinde piyasa etkin değildir.

H_1 : BİST-100 endeksinde yükseliş ve/veya düşüş dönemlerinde piyasa zayıf formda etkindir.

BİST-100 endeksinde zayıf formda etkinliğin incelenmesi için ilk olarak doğrusallık varsayımı Harvey ve Leybourne (2007) ile Harvey vd (2008) aracılığıyla test edilmiştir. Tablo 3'te özetlenen sonuçlar, 2. Düşüş Dönemi dışında diğer dönemlerin doğrusal olmayan bir yapı gösterdiklerini ifade etmektedir.

Tablo 3. Doğrusallık testleri

	1. Düşüş Dönemi	1. Yükseliş Dönemi	2. Düşüş Dönemi	2. Yükseliş Dönemi
W_λ	8.9**	14.33***	0.51	12.01***
W^* (%10)	16.1*	9.2*	3.15	15.15*
W^* (%5)	16.17**	9.28	3.22	15.21**
W^* (%1)	16.3***	9.41	3.37	15.33***

Harvey ve Leybourne (2008) Kritik Değerleri, %10: 4,6; %5: 5,99; %1: 9,21.

Harvey vd (2007) Kritik Değerleri %10: 7,78; %5: 9,49; %1: 13,28. * %10, **

%5 ve *** %1 anlamlılık seviyelerini ifade etmektedir.

Tablo 3'ten elde edilen doğrusallık testleri, yalnızca 2. Düşüş Dönemi kapsamındaki verilerin doğrusal nitelikte olduğunu göstermektedir. Bu dönemin diğerlerine kıyasla görece daha kısa bir zamanı ifade etmesi ve dönem içinde daha az dalgalanma olmuş olması bu veri grubunun diğerlerinden farklı olarak doğrusal nitelikte olmasına yol açtığı düşünülmektedir. Bu nedenle çalışmada doğrusal olmayan veri setleri KSS (2003) birim kök testi ile, doğrusal nitelikte olan veri seti ise tek yapısal kırılmaya izin veren Zivot ve Andrews (1992) birim kök testi ile analiz edilmiştir. KSS (2003) birim kök testi, Harvey ve Leybourne (2007) ile Harvey vd. (2008) doğrusallık testleri ile aynı yapıya (STAR) sahiptir. Tek kırılmalı Zivot ve Andrews (1992) testi ise analiz döneminin 2008 finansal krizini içermesi nedeniyle tercih edilmiştir. Tablo 4'te doğrusal olmayan birim kök test sonuçları, Tablo 5'te ise yapısal kırılmalı doğrusal nitelikteki birim kök test sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 4. KSS (2003) birim kök test sonuçları

	1. Düşüş Dönemi	1. Yükseliş Dönemi	2. Yükseliş Dönemi
Ham Veriler			
Gecikme Sayısı	11	10	12
t Stat	-0.7835	2.4571	1.6704
Ortalamadan Arındırılmış			
Gecikme Sayısı	10	10	12
t Stat	-3.2248**	-2.382	-3.9062***
Trendden Arındırılmış			
Gecikme Sayısı	15	10	12
t Stat	-4.8427***	-1.9041	-3.9765***

Ham veriler için kritik değerler %10: -1,92; %5: -2,22; %1: -2,82'dir. Ortalamadan arındırılmış veriler için kritik değerler %10: -2,66; %5: -2,93; %1: -3,48'dir. Trendden arındırılmış veriler için kritik değerler %10: -3,13; %5: -3,4; %1: -3,93'tir. * %10, ** %5 ve *** %1 anlamlılık seviyelerini ifade etmektedir.

Doğal logaritması alınmış orijinal gözlem değerleri her üç dönem için de birim kök içermektedir. Buna karşılık yalnızca 1. Yükseliş Dönemi verilerinde ortalamadan arındırılmış ve trendden arındırılmış serilerin birim kök içerdiği, diğer değerlerin durağan yapıda oldukları gözlenmiştir. Bu durum orijinal verilerin hem yükseliş hem de düşüş dönemlerinde zayıf formda etkin olduğunu; başka bir ifadeyle yalnızca geçmiş fiyat hareketlerini inceleyerek anormal getiri imkânının olmadığını göstermektedir.

Tablo 5. Zivot ve Andrews (1992) yapısal kırılmalı birim kök testi sonuçları

	Model A	Model C
ADF Test İstatistiği	-4.516	-4.659
Kırılma Gözlem Değeri ve Tarihi	244 (26.09.2008)	244 (26.09.2008)
Fraksiyon	0.695	0.695
Gecikme	1	1

Model A için kritik değerler %10: -4,58; %5: -4,80; %1: -5,34'tür. Model C için kritik değerler %10: -4,82; %5: -5,08; %1: -5,57'dir.

ADF test istatistikleri hem ham veriler (Model A) için hem de trendden ve ortalamadan arındırılmış veriler (Model C) için serinin birim kök içerdiğini göstermektedir. Bu da 2000 sonrası yaşanan 2. düşüş döneminde de piyasanın zayıf formda etkin olduğunu göstermektedir.²

Bir bütün elde edilen bulgulara bakıldığında, literatürde benzer yöntemlerle etkinliği test etmiş olan Özdemir (2008), Karadağlı ve Omay (2012), Zeren vd. (2013), Karadağ ve Yaşar-Akçalı (2015), Bektur ve Aydın (2019) ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

7. DEĞERLENDİRME

Halka açık bir şirket ile ilgili her türlü bilginin fiyatlara yansıdığı durumu ifade eden piyasa etkinliği, kendi içinde zayıf, yarı güçlü ve güçlü formda etkinlik olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Fiyat oluşumlarının geçmişteki fiyat hareketlerinden bağımsız bir şekilde, rassal yürüyüş teorisine uygun olarak hareket etmesi, piyasanın (ya da ilgili pay senedinin) zayıf formda etkin olduğu anlamına gelmektedir.

Bu çalışmada Türkiye borsasının temel göstergesi olan BİST-100 endeksinin 17.01.2000-31.12.2020 tarihleri arasındaki performansı dikkate alınarak, zayıf formda etkinliği incelenmiştir. Bu amaçla, literatürdeki benzer çalışmalardan farklı olarak, analiz dönemi yükseliş ve düşüş trendlerine göre dört alt döneme ayrılmıştır. Böylece hem yukarı yönlü trendlerde hem de aşağı yönlü trendlerde piyasanın etkin olup olmadığı ayrı ayrı incelenebilmiştir. Analiz döneminin oldukça uzun olması, yapısal kırılmaların etkisini göstermesine ya da doğrusallık varsayımının bozulmasına yol açabilmektedir. Bu amaçla ilk olarak her bir döneme ait veriler doğrusallık testine tabi tutulmuştur. 15.10.2007- 09.03.2009 aralığını kapsayan ikinci düşüş dönemi dışındaki üç dönemde de doğrusallık varsayımı kabul görmemiştir. Bu nedenle söz konusu dönem dışında doğrusal olmayan birim kök testi; doğrusal nitelikteki ikinci düşüş döneminde ise yapısal kırılmalı birim kök testi tercih edilmiştir. Yapısal kırılmalı testin tercih edilmesinde, ilgili dönemde yer alan 2008 finansal krizinin varlığı etkili olmuştur.

Testlerin sonucunda elde edilen bulgular, dört alt dönem için de serilerin birim kök içerdiğini; başka bir ifadeyle zayıf formda etkinliğin varlığını göstermiştir. Bu durum, BİST-100 endeksi kapsamında yalnızca geçmiş fiyat hareketlerinin incelenerek olağanüstü getiri elde

²Elde edilen sonucun sağlaması için Lee ve Strazicich (2013) yapısal kırılmalı birim kök testi de uygulanmıştır. Buna göre Model A ve Model C serinin birim kök içerdiğini göstermektedir. Kırılma tarihi ise Zivot ve Andrews (1992)'nin belirlediğine çok yakın olarak Model A'ya göre 09.10.2008 ve Model C'ye göre 03.10.2008 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Zivot Andrews (1992) ile uyum göstermektedir.

etme imkânının olmadığını göstermektedir. Bu nedenle yatırımcıların yalnızca teknik analiz yöntemlerini değil; mali tabloların kullanıldığı temel analiz yöntemlerini de yatırım kararlarında dikkate almaları gerekmektedir. Ayrıca çalışmanın bulguları, BİST-100 endeksiyle yapılacak analizlerde doğrusallık varsayımının önceden test edilmesinin, daha tutarlı ve sapmasız sonuçlara ulaşılabilmesi için önemli bir koşul olduğunu ortaya koymaktadır.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- Basu, S. (1977). Investment performance of common stocks in relation to their price-earnings ratios: A test of the efficient market hypothesis. *The Journal of Finance*, XXXII(3), 663-682.
- Bayraktar, A. (2012). Etkin piyasalar hipotezi. *Aksaray Üniversitesi İİBF Dergisi*, 4(1), 37-47.
- Benjamin, H. S. (1942). The dow theory of stock prices. *Social Research*, 9(2), 204-224.
- Bektur, Ç. & Aydın, M. (2019). Borsa İstanbul ve alt endekslerinde zayıf formda piyasa etkinliğinin analizi: Fourier yaklaşımı. *Akademik İncelemeler Dergisi*, 14(2), 59-76.
- Buğan, M. F., Çevik, E. I. & Çevik, N. K. (2019). Katılım 30 endeksi için zayıf formda etkin piyasa hipotezinin ARFIMA-FIEGARCH model ile analizi. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Ek Sayı, 219-241.
- Demireli, E., Akkaya, G. C. & İbaş, E. (2010). Finansal piyasa etkinliği: S&P 500 üzerine bir uygulama. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 11(2), 53-67.
- Dickey, D. A. & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431.
- Eken, M. H. & Adalı, S. (2008). Piyasa etkinliği ve İMKB: Zayıf formda etkinliğe ilişkin ekonometrik bir analiz. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 37, 1-16.
- Enders, W. & Granger, C. W. J. (1998). Unit-root tests and asymmetric adjustment with an example using the term structure of interest rates. *Journal of Business & Economic Statistics*, 16(3), 304-311.
- Fama, E. F. (1965). The behavior of stock-market prices. *The Journal of Business*, 38(1), 34-105.
- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *Journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- Fama, E. F. (1995). Random walks in stock market prices. *Financial Analysts Journal*, 51(1), 75-80.
- Güriş, B., Yıldırım Tıraşoğlu, B. & Tıraşoğlu, M. (2017). Türkiye’de satın alma gücü paritesi geçerli mi?: Doğrusal olmayan birim kök testleri. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 5(4), 30-42.
- Hájek, J. (2007). Czech capital market weak-form efficiency. *Prague Economic Papers*, 16(4), 303-318.
- Harvey, D. I. & Leybourne, S. J. (2007). Testing for time series linearity. *The Econometrics Journal*, 10(1), 149-165.
- Harvey, D. I., Leybourne, S. J. & Xiao, B. (2008). A powerful test for linearity when the order of integration is unknown. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 12(3), 1-24.

- Hepsağ, A. & Yaşar-Akçalı, B. (2015). Zayıf formda piyasa etkinliğinin asimetric doğrusal olmayan birim kök testi ile analizi: G-7 ve E-7 ülkeleri örneği. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 9(2), 73-90.
- Houthakker, H. S. (1961). Systematic and random elements in short-term price movements. *The American Economic Review*, 51(2), 164-172.
- İlhan, B. (2017). Has the risk perception in Turkish stocks market changed intertemporally? *IIB International Refereed Academic Social Sciences Journal*, 8(26), 1-21.
- Kapetanios, G., Shin, Y. & Snell, A. (2003). Testing for a unit root in the nonlinear STAR framework. *Journal of Econometrics*, 112(2), 359-379.
- Karadağlı, E. C. & Omay, N. C. (2012). Testing weak form market efficiency of emerging markets: A nonlinear approach. *Journal of Applied Economic Sciences*, 3(21), 235-245.
- Lee, J. & Strazicich, M. C. (2013). Minimum LM unit root test with one structural break. *Economics Bulletin*, 33(4), 2483-2492.
- Ma, S. & Barnes, M. L. (2001). Are China's stock markets really weakform efficient? *CIES Discussion Paper*, No: 119.
- Matriks Gold, Matriks Bilgi Dağıtım Hizmetleri A.Ş. (2021). <https://www.matriksdata.com/website/>
- Narayan, P. K. & Smyth, R. (2004). Is South Korea's stock market efficient? *Applied Economic Letters*, 11(11), 707-710.
- Özdemir, Z. A. (2008). Efficient market hypothesis: Evidence from a small open-economy. *Applied Economics*, 40(5), 633-641.
- Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 57(6), 1361-1401.
- Roberts, H. V. (1959). Stock-market "patterns" and financial analysis: Methodological suggestions. *The Journal of Finance*, 14(1), 1-10.
- Sülkü, S. N. & Ürkmez, E. (2018). Hisse senedi getirilerinde doğrusal olmayan dinamikler: Türkiye'den kanıtlar. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 18. EYİ Özel Sayısı, 473-484.
- Yılancı, V. & Özcan, B. (2010). Yapısal kırılmalar altında Türkiye için savunma harcamaları ile GSMH arasındaki ilişkinin analizi. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 11(1), 21-33.
- Zeren, F., Kara, H. & Arı, A. (2013). Piyasa etkinliği hipotezi: İMKB için ampirik bir analiz. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 36, 141-148.
- Zivot, E. & Andrews, D. W. K. (2002). Further evidence on the great crash, the oil-price shock, and the unit-root hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(1), 25-44.