



Ekoist: Journal of Econometrics and Statistics

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Etkin Piyasa Hipotezinin Yapısal Kırılmalı ve Doğrusal Olmayan Birim Kök Testleri ile Analizi: Borsa İstanbul Üzerine Bir Uygulama

Analyzing the Efficient Market Hypothesis with the Structural Break and Nonlinear Unit Root Tests: An Application on Borsa Istanbul

Müge Özdemir*

Öz

Finans literatüründe menkul kıymetlerle ilgili bilgilerin anında fiyatlara yansıdığı piyasa kavramı etkin piyasa olarak tanımlanmaktadır. Etkin bir piyasada işlem yapan yatırımcılar anormal getiri elde edememektedir. Tüm piyasa katılımcılarının piyasaya gelen bilgilere anında ulaştığı ve herkesin aynı bilgiyi bildiği varsayılmaktadır. Bilgi etkinliği çerçevesinde, bu çalışmanın amacı, piyasa türlerinden biri olan zayıf formda etkin piyasa hipotezini BİST100 endeksi için 2011:10-2021:10 döneminde günlük, haftalık ve aylık frekanslarda istatistiki testler ile test etmektir. Çalışmada, söz konusu döneme ait verilerin zayıf formda etkinlik sınaması için runs testi, varyans oran testi, geleneksel birim kök testleri, yapısal kırılmalı birim kök testleri ve doğrusal olmayan birim kök testi kullanılmaktadır. Çıkan bulgulara göre, ilgili dönemde BİST100 piyasa endeksinin tüm frekanslarda rassal yürüyüş gösterdiği yani zayıf formda etkin olduğu sonucuna varılmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Zayıf Formda Etkin Piyasa, Rastgele Yürüyüş, Doğrusal Olmayan Birim Kök Testi, Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi

Jel Sınıflandırması: C12, C58, G14.

Abstract

The literature on finance defines the concept of an efficient market as a market where information about securities is instantly reflected in prices. Investors who trade on efficient markets cannot obtain abnormal returns. All market participants are assumed to have instant access to the information coming to the market, with everyone knowing the same information. The aim of this study is to test within the framework of information efficiency the weak-form efficiency market hypothesis using statistical tests with daily, weekly, and monthly frequencies for the BIST100 index over the period of October 2011-October 2021. The study uses the runs test, variance ratio test, unit root tests, structural break unit root tests, and nonlinear unit root tests to test weak form efficiency for this period. According to the findings, the BIST100 market index has been concluded to show a random walk at all frequencies in the relevant period (i.e., it has weak form efficiency).

Keywords

Weak-Form Efficiency Market, Random Walk, Nonlinear Unit Root Test, Structural Break Unit Root Test

Jel Classification: C12, C58, G14

* Sorumlu Yazar: Müge Özdemir (Arş. Gör.), Piri Reis Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonomi ve Finans Bölümü, İstanbul, Türkiye E-posta: mozdemir@pirireis.edu.tr ORCID: 0000-0003-0436-1041

Atf: Özdemir, M. (2022). Etkin piyasa hipotezinin yapısal kırılmalı ve doğrusal olmayan birim kök testleri ile analizi: Borsa İstanbul üzerine bir uygulama. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 37, 257-282. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2022.37.1135040>



Extended Summary

Fama (1970)'s efficient market hypothesis argues all the information that occurs in this market to be instantly and correctly reflected in the prices of financial assets, with no investor able to obtain abnormal returns. According to this view, no asymmetric use of information occurs, and all research on efficient market theory is concerned with whether prices fully reflect certain subsets of information. Market efficiency is a theory that has been the subject of much debate and study in the finance literature.

This study analyzes market efficiency in accordance with the information taxonomy, which is categorized into three increasingly inclusive subsets, with the first considering the weak form of market efficiency, in which the information reflected in the prices consists of already observed historical prices. In this market type, an investor investing in the market is argued to be unable to expect abnormal returns in the future using historical data because the prices already reflect all that information, and it doesn't provide a framework for any systematic abnormal returns. The second taxonomy considers the semi-strong form of market efficiency, in which prices reflect all past and current available information. As such, the information set is extended by including things such as current firm announcements and analysis reports into the precious information set. The third taxonomy conducts the strong-form efficiency test to statistically prove or disprove whether investors with access to private or insider information are able to systematically achieve abnormal returns.

This study will test weak form efficiency by analyzing whether the BIST1000 stock market index complies with the random walk process. The data range covers the period of October 2011-October 2021, with the data being composed of the closing index values at daily, weekly, and monthly frequencies.

This study conducts the runs test, variance ratio test, traditional linear unit root test, structural break unit root test, nonlinear unit root test in order to test whether the series complies with the random walk hypothesis. The linear unit root and stationarity tests include the augmented Dickey-Fuller (1981), Phillips-Perron (1988), and Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS, 1992) tests, while the unit root tests with structural breaks include the the Perron (1989), Zivot-Andrews (1992), Lee-Strazicich (2003), and Kapetanios et al. (2003) nonlinear unit root tests. The runs test deals with whether the residuals are positive or negative, with the assumption that the residuals are independently distributed. The variance ratio test is used to test whether a random walk occurs in a series that is robust in terms of both constant variance and non-constant variance. The study uses the programs RATS (Regression Analysis of Time Series), EViews, and Stata for the tests.

According to the results, the price series at each frequency contain unit roots, and the variance ratio and runs tests support the unpredictability of the returns. As a result, analysis of the Bist100 index at daily, weekly, and monthly frequencies reveal

the market to have a structure that supports the weak form of the efficient market hypothesis. Although this study found no difference in the results regarding different frequencies, no surprise would be had if divergent results were observed even for the same time series, as has been discussed in the literature. The ups and downs within each month were not observable due to the closing daily observation at the end of month being recorded as a monthly BIST100 data point. For example, the Perron test allows for a unit root with a structural break and revealed the BIST100 to exhibit its lowest reading as well as a structural break on March 23, 2020, which also coincides with the official start of the COVID-19 pandemic in Turkey.

For this reason, having individuals deal with the frequencies of the price series according to the maturity structure they have planned while investing would be a good decision. In this way, investors will be able to measure return and risk more accurately in the portfolios they have created. Investors who are unable to find a profitable opportunity in an efficient market can choose their investment preferences using an analysis that will detect the deviations in the price series with regard to their short-term investment strategies. Checking the dynamics of international stock markets as well as BIST100 stocks would be additionally useful. Moreover, this study believes that future research should focus on nonlinear situations in the stock markets of other developing countries in order to better understand the extent to which information plays a role in portfolio strategies. The fact that investors in stock markets that do not comply with the random walk process and therefore do not provide the efficient market hypothesis are able to benefit from profitable opportunities in these markets through the arbitrage process is also worth mentioning. In summary, the results show that investors are not likely to systematically make profits using historical information on the BIST100; therefore, investors should base their investment strategies on this assumption.

1. Giriş

Uzun yıllardır finansçılar, ekonomistler, istatistikçiler ve piyasa uzmanları hisse senedi fiyatlarının davranışlarını modellemek ve geliştirmek için uğraşmaktadırlar. Hem akademi hem iş dünyasında tartışmaların kaynağında, bir hisse senedinin gelecekteki fiyatı ile ilgili anlamlı tahminler yapmak için tarihsel değerlerin ne ölçüde kullanılabilmesi sorusu bulunmaktadır. Bu sorunun cevabında, çeşitli teknik analizler ile rastgele yürüyüş (random walk) süreci ayrı düşmektedir. Pek çok farklı teknik analiz olmasına rağmen, hepsi aynı temel varsayıma dayanmaktadır. Bu varsayım, bir menkul kıymetin geçmiş fiyat davranışının gelecekteki davranışı hakkında bilgi bakımından zengin olduğudur. Teknik analiz varsayımla, eğer fiyat çizelgeleri dikkatli bir şekilde analiz edilerek bu kalıpların oluşturulması sağlanırsa, fiyatların gelecekteki davranışını tahmin etmek ve bu şekilde beklenen kazanımları artırmak için geçmiş verilerin kullanılabilmesi savunulmaktadır. Buna karşılık, rastgele yürüyüş teorisi, bir menkul kıymetin fiyat seviyesinin gelecekteki davranışının, bir seri toplamı rastgele sayıların davranışından daha tahmin edilemez olduğunu söylemektedir. İstatistiksel olarak teori, ardışık fiyat değişikliklerinin bağımsız, rastgele değişkenler olduğunu söylemektedir. En basit haliyle, fiyat değişikliği serisinin hafızası olmadığını, yani fiyat serisinin gelecekte herhangi bir şekilde anlamlı bir şekilde tahmin edilemeyeceği anlamına gelmektedir.

Fama (1970)'nin Etkin Piyasalar Hipotezi, piyasada meydana gelen bütün bilgilerin anında finansal varlık fiyatlarına yansıdığı ve hiçbir yatırımcının anormal getiri sağlayamayacağı görüşünü savunmaktadır. Bu görüşe göre bilginin asimetric kullanımı söz konusu değildir. Etkin piyasa teorisi üzerine yapılan bütün araştırmalar, fiyatların mevcut bilgilerin belirli alt kümelerini tamamen yansıtmayı yansıtmadığı ile ilgilidir. Piyasa etkinliği, finans literatüründe tartışmalara çok fazla konu olan ve üzerinde çok fazla çalışma bulunan bir teoridir.

Bir piyasada etkinlik denildiğinde üç farklı türü akla gelmektedir. Bunlar, bilgi etkinliği (information efficiency), faaliyet etkinliği (operational efficiency) ve kaynak dağıtım etkinliğidir (capital allocational efficiency). Bilgi etkinliğinde, piyasadaki her bir haber akışı anında fiyatlara yansımakta ve yatırımcılar herhangi bir bilgiyi kullanarak normal üstü getiri elde edememektedir. Faaliyet etkinliğinde, bir piyasada arz ve talepte bulunanların minimum maliyetle işlemlerini gerçekleştirmeleri sağlanmaktadır. Kaynak dağıtım etkinliğinde ise piyasadaki kaynakların optimum dağıtımını gerçekleştirilmektedir. Bu çerçevede, sermaye piyasasının temel rolü, ekonominin sermaye stokunun mülkiyetini tahsis etmesidir. Genel olarak, ideal, fiyatların kaynak tahsisi için doğru sinyaller sağladığı bir pazardır: yani, firmaların üretim-yatırım kararları alabileceği bir pazardır ve yatırımcılar, şirketlerin faaliyetlerini sahiplendiği menkul kıymetler arasından seçebilirler. Literatürde ne kadar etkin piyasa hipotezi Fama (1970)'ya atfedilse de Bachelier (1900), Kendall (1953), Osborne (1959, 1962), Samuelson (1965),

LeRoy (1973), Mandelbrot (1966), Grossman ve Stiglitz (1980) çalışmaları teorik olarak birçok katkı sağlamaktadır.

Piyasa etkinliği, bilginin fiyatlara yansıma derecesinin ölçülmesi bakımından üç grupta incelenmektedir: İlk olarak, bilgi setinin sadece tarihsel fiyatlar olduğu *zayıf formda etkin (weak form efficient) piyasa* ele alınmıştır. Burada piyasada yatırım yapan bir yatırımcının geçmiş verileri kullanarak gelecekte normal üstü bir getiri elde edemeyeceği savunulmaktadır. Ardından, fiyatların, kamuya açık olan diğer bilgilere (örneğin, yıllık kazanç duyuruları, hisse senedi bölünmeleri, hisse senedi ihracı, mali tablolar vb.) etkin bir şekilde uyum sağlayıp sağlamadığını inceleyen *yarı güçlü formda etkin (semi-strong form efficient) piyasa* göz önünde bulundurulur. Son olarak, belirli yatırımcıların veya grupların fiyat oluşumuyla ilgili herhangi bir bilgiye tekel erişiminin olup olmadığı ile ilgili *güçlü formda etkin (strong form efficient) piyasa* gözden geçirilir. Burada borsa ya da şirket içi bilgilerin dahi fiyatlara yansıdığı kabul edilmektedir. Zayıf formda etkin olmayan bir piyasa için yarı formda ya da güçlü formda etkinlikten bahsedilememektedir.

Etkin piyasa fiyatlarında mevcut bilgiyi tamamen yansıttığını tanımlayan ifade ampirik olarak test edilebilir bir etkisi olmayacak kadar geneldir. Modeli test edilebilir hale getirmek için fiyat oluşturma süreci daha ayrıntılı bir şekilde belirtilmelidir. Aslında, tamamen yansıtmak ile ne kastedildiği daha kesin olarak tanımlanmalıdır. Bir olasılık, menkul kıymetler üzerinde denge fiyatlarının (veya beklenen getirilerin) iki parametre (risk, getiri) Sharpe (1964), Lintner (1965) ve Lintner (1975) dünyasındaki gibi üretildiğini ortaya koymaktır. Ancak genel olarak, teorik modeller ve özellikle sermaye piyasası etkinliğinin ampirik testleri bu kadar belirgin olmamıştır. Mevcut çalışmaların çoğu, yalnızca piyasa dengesi koşullarının beklenen getiriler cinsinden ifade edilebileceği varsayımına dayanmaktadır. Genel anlamda, iki parametre modeli gibi teoriler ilgili bilgi kümelerine bağlı olarak, bir menkul kıymetin beklenen getiri dengesi, riskinin bir fonksiyonudur. Ve farklı teoriler öncelikle riskin nasıl tanımlandığına göre farklılık gösterir. Bununla birlikte, bu tür beklenen getiri teorilerine değinmekte fayda vardır. Beklenen getiri sınıfının tüm üyeleri aşağıdaki şekilde gösterimsel olarak tanımlanabilir:

$$E(\tilde{p}_{j,t+1} | \Phi_t) = [1 + E(\tilde{r}_{j,t+1} | \Phi_t)] p_{jt}$$

Burada E beklenen değer operatörü; p_{jt} , t zamanda j menkul kıymetin fiyatı; $p_{j,t+1}$, $t+1$ zamandaki fiyatı; $r_{j,t+1}$; bir periyodluk getiri $(p_{j,t+1} - p_{jt})/p_{jt}$; Φ_t , t zamanda fiyatlara tam yansıdığı varsayılan menkul kıymet bilgi seti olarak tanımlanmaktadır. Burada \sim sembolü $p_{j,t+1}$ ve $r_{j,t+1}$ 'in t zamanda rastgele değişken olduğunu göstermektedir. Piyasa dengesi koşullarının beklenen getiriler cinsinden ifade edilebileceği ve dengenin beklenen getirilerden kaynaklandığına ilişkin varsayımlar, Φ_t 'nin belirlediği bilgilerin temel bir ampirik uygulamaya sahip olduğu ve dolayısıyla "tamamen yansıtması" temel alınarak oluşturulmuştur:

$$x_{j,t+1} = p_{j,t+1} - E(p_{j,t+1} | \Phi_t), \quad E(\tilde{x}_{j,t+1} | \Phi_t) = 0.$$

Burada $\{x_{jt}\}$ dizisi, $\{\Phi_t\}$ bilgi dizisine göre adil oyundur (fair game). Ekonomik açıdan $x_{j,t+1}$, t+1 zamanda j menkul kıymetin piyasa değeri fazlası: gözlemlenen fiyat ile ϕ_t bilgi setine dayalı t zamanda yansıyan fiyatın beklenen değeridir. Böyle bir sistem tarafından üretilecek olan t+1 zamanda toplam piyasa değeri fazlası aşağıdaki gibi gösterilmiştir:

$$V_{t+1} = \sum_{j=1}^n a_j(\Phi_t) [r_{j,t+1} - E(\tilde{r}_{j,t+1} | \Phi_t)]$$

Yani fair game modeline göre t zamanda bir alım satım kuralının bilgi dizisini kullanarak aşırı getiri elde edilememektedir. Şimdi, ampirik literatürde önemli rol oynayan submartingele ve rastgele yürüyüş (random walk) iki özel modelinden bahsedilecektir.

Fair game modelinin ilk denklemindeki tüm t ve Φ_t için aşağıdaki model varsayılmıştır:

$$E(\tilde{p}_{j,t+1} | \Phi_t) \geq p_{jt} \text{ veya } E(\tilde{r}_{j,t+1} | \Phi_t) \geq 0$$

Bu gösterim, j menkul kıymeti için $\{p_{jt}\}$ fiyat dizisi, $\{\Phi_t\}$ bilgi dizisine submartingeledir. Yani Φ_t bilgisinin yansıttığı bir sonraki dönem fiyatının beklenen değeri cari fiyata eşit veya büyüktür. Fiyatlarda submartingelenin önemli etkisi vardır. Bireysel menkul kıymetlere odaklanan ve yatırımcının kısa pozisyonda sattığı veya t zamanda nakit olarak elinde tuttuğu şartlar altında tanımlanan sistem, bir menkul kıymet veya nakit ticaret kuralları seti düşünüldüğünde, submartingele modelinin ϕ_t üzerinde şartlı beklenen getirisinin negatif olmadığı varsayımı, doğrudan Φ_t 'deki bilgilere dayanan bu tür ticaret kurallarının, söz konusu gelecek dönemde her zaman menkul kıymeti satın al ve elde tut politikasından daha fazla beklenen kar elde edemeyeceği anlamına gelmektedir. Bu tür kuralların test edilmesi, etkin piyasalar modeline ilişkin ampirik kanıtların önemli bir parçası olacaktır.

Etkin piyasalar modelinin ilk uygulamalarında, bir menkul kıymetin cari fiyatının mevcut bilgileri tamamen yansıttığını ifade etmesi, ardışık fiyat değişikliklerinin (veya daha genel olarak ardışık bir dönemlik getiri) bağımsız olduğu anlamına geldiği varsayılmıştır. Ek olarak, genellikle art arda yapılan değişikliklerin (veya getirilerin) aynı şekilde dağıldığı varsayılmıştır. Teori, bağımsız bir rastgele değişkenin koşullu ve marjinal olasılık dağılımlarının aynı olduğunu belirten olağan ifade olan, $f(r_{j,t+1} | \Phi_t) = f(r_{j,t+1})$ olduğunu varsaymaktadır. Ek olarak, yoğunluk fonksiyonu f tüm t'ler için aynı olmalıdır. Bu model yukarıda gösterilen genel beklenen getiri modelinden çok daha fazlasını söylemektedir. Örneğin, beklenen getiri modeli, j menkul kıymetinin zamanla beklenen getirisinin sabit olduğu varsayımı ile kısıtlanırsa, $E(\tilde{r}_{j,t+1} | \Phi_t) = E(\tilde{r}_{j,t+1})$ elde edilmektedir. Bu $r_{j,t+1}$ dağılımının

ortalamasının t zamanda Φ_t mevcut olan bilgiden bağımsız olduğunu; ancak, rastgele yürüyüş modeli tüm dağılımın Φ_t 'den bağımsız olduğunu söylemektedir. Yani rastgele yürüyüş modeli, genel beklenen getiri veya fair game etkin piyasa modelinin bir uzantısı şeklinde görülmektedir.

Teorik açıklamalarının ardından literatürde etkin piyasa hipotezinin ampirik olarak nasıl test edildiği üzerinde durulacaktır. Finans literatürüne bakıldığında zayıf formda etkinlik çalışmaları ampirik ve teorik olarak yıllardan beri devam etmektedir. Zayıf formda etkinliğin araştırıldığı çalışmalarda rastgele yürüyüş (Lo ve MacKinlay, 1988); serisel korelasyon (Fama ve French, 1988; Al-Loughani ve Chappel, 1997; Hassan vd., 2003; Lim vd., 2008; Hamid vd., 2010; Mobarek and Fiorante, 2014); runs test (Laurence, 1986; Fawson 1996; Moustafa, 2004; Sewell, 2012); birim kök testi (Choudhry, 1994; Chan vd., 1997; Groenewold, 1997; Narayan ve Smyth, 2004; Gan vd., 2005; Narayan, 2005; Hasanov ve Omay, 2007; Cooray ve Wickremasinghe, 2007; Hasanov, 2009b) ve varyans oran testi (Lee, 1992; Urritia, 1995; Karemera vd., 1999; Chang ve Ting, 2000; Abraham vd., 2002; Gilmore ve MacManus, 2003; Smith ve Ryoo, 2003; Worthington ve Higgs, 2004; Nisar ve Hanif, 2012) kullanan çok sayıda çalışma mevcuttur.

Türkiye'nin hisse senedi piyasası olan Bist100 endeksinin zayıf formda etkinliğinin test edilmesi amaçlanan bu çalışmada günlük, haftalık ve aylık fiyat endeksleri ve getirileri kullanılmıştır. Zayıf formda etkin piyasa hipotezine göre piyasadaki bütün yatırımcılar, aynı bilgiye sahip olup, geçmiş fiyat hareketlerinden geleceği öngörüp normal üstü bir kazanç elde edememektedirler. Bu çerçevede zayıf formda etkinliğin testi için serilerin rastgele yürüyüşüne sahip olup olmadığı araştırılmaktadır. Bu çalışmada serilerin rastgele yürüyüş gösterip göstermediğini test etmek için kalıntıların sadece pozitif ya da negatif olduğu ile ilgilenen ve kalıntıların bağımsız dağıldığını varsayan runs (dizilim) testi; hem sabit varyans hem de değişen varyans durumunda rastgele yürüyüş sürecini test eden varyans oran testi; serilerin birim köklü olduğu temel hipotezine dayanan geleneksel birim kök testlerinden Genişletilmiş-Dickey Fuller (1981), Phillips-Perron (1988) birim kök testleri ve durağanlık temel hipotezine dayanan KPSS (1992) testi; yapısal kırılmalı birim kök testlerinden Perron (1989), Zivot-Andrews (1992), Lee-Strazicich (2003) testleri; doğrusal olmayan birim kök testlerinden Kapetanios, Shin, Snell (2003) testi uygulanmıştır. Frekanslarda bilgi kaybı olup olmadığını test etmek amacı ile de bu testler günlük, haftalık ve aylık frekansların üçü için de incelenmiştir.

Çalışmanın giriş bölümünün ardından ikinci bölümünde literatüre yer verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde zayıf etkinliği test etmede kullanılan testlerin metodolojisi yer almaktadır. Dördüncü bölümde veri ve uygulama sonuçları bulunurken, son ve beşinci bölümde ise sonuç ve değerlendirme bulunmaktadır.

2. Literatür Taraması

Literatürde birim kök testleri rastgele yürüyüş süreci için gerekli, ancak yeterli olmayan bir koşul olarak karşımıza çıkmaktadır. Finansal zaman serilerinde rastgele yürüyüşten sapmaları belirlemede birim kök testleri yetersiz kaldığından Lo and MacKinlay (1988) testi geliştirilmiştir. Lo and MacKinlay (1988) çalışması, zayıf formda etkinliğe rastgele yürüyüşü tanıtan ilk çalışmadır. Çalışmada pozitif korelasyonun istatistiksel olarak anlamlı olması sadece örneklem periyodunda değil, aynı zamanda alt periyodda da geçerlidir. Çalışmada, haftalık elde tutma getirisinin pozitif otokorelasyon bulgusu, Fama and French (1987) uzun dönem periyodda elde tutmanın getirisi için negatif serisel korelasyon bulgusundan farklılık göstermektedir. Hisse fiyatlarının ortalamaya dönme bileşeni, getirilerde negatif otokorelasyon yaratma eğilimindedir. Otokorelasyon, piyasa etkinliği testlerinde günlük ve haftalık elde tutma periyodunda zayıf, ancak uzun dönem elde tutma getirisinde daha güçlüdür. Diğer taraftan Lee (1992) çalışması ABD ve 10 sanayileşmiş ülkenin Avustralya, Belçika, Kanada, Fransa, İtalya, Japonya, Hollanda, İsviçre, Birleşik Krallık ve Batı Almanya hisse getirileri için rasgele yürüyüş hipotezini 2 alt periyodda 1967-1988 dönemi için test etmiştir. Heteroskedastisiteye dirençli olan varyans oran test kullanılmıştır. Avustralya ve Belçika hariç diğer ülkeler için haftalık getiri serilerinde uygun karakterizasyon olarak rastgele yürüyüş modeline uygunluk bulunmuştur. Bu da, 8 ülkenin haftalık getirileri için serisel bağımsız olduğu anlamına gelmektedir. Elde tutma periyodunun getirisi bir haftadan dört haftaya uzatıldığında, rastgele yürüyüş hipotezi on ülke için de reddedilememektedir. Bu sonuçlar, Lo and MacKinlay (1988)'in haftalık getiri serisinin pozitif korelasyonlu olması ile çelişmektedir.

Narayan (2005) çalışmasında Avustralya ve Yeni Zelanda borsa endekslerini, 2 rejimli TAR modeli kullanarak Caner-Hansen (2001) birim kök süreci ile incelemiştir. Her iki ülke için de etkin piyasa hipotezi ile tutarlı birim kök içeren sürece rastlanmıştır. Hasanov (2009), Narayan (2005) çalışmasını Kapetionious vd. (2003) tarafından geliştirilen KSS doğrusal olmayan birim kök testini kullanarak tekrar incelemiştir. Sonuçlar, Narayan (2005) bulgularının aksine, birim kök temel hipotezi reddedilerek her iki ülke borsalarında zayıf formda etkin olmadığı savunulmuştur.

Hasanov ve Omay (2007) çalışmasında, geçiş borsaları olan Bulgaristan, Çin, Çek, Macaristan, Rusya, Polonya, Slovakya, Romanya için STAR modeline dayanan doğrusal olmayan sürece sahip olan Kapetionious (2003) birim kök testini kullanmıştır. Sonuçlara bakıldığında Bulgaristan, Çek, Macaristan, Slovakya birim kök içermektedir ve zayıf formda etkin hipotezi ile tutarlıdır. Cooray ve Wickremasinghe (2007) çalışmasında, Hindistan, Sri Lanka, Pakistan ve Bangladeş borsalarda etkinliği incelemişlerdir. Zayıf form etkinliğinin testi için ADF, PP, DF-GLS ve Elliot-Rothernberg (1996) testlerini kullanmışlardır. Çalışmada zayıf formda etkin piyasa hipotezi, birim kök testleri tarafından desteklenmemektedir. Ancak Bangladeş DF-GLS ve ERS testi tarafından desteklenmemektedir. Yarı güçlü form

etkinlik için eşbütünleşme ve Granger nedensellik testleri kullanılmış, Güney Asya borsaları arasında yüksek derecede bağımlılık olduğu için yarı güçlü formda etkinlik desteklenmemektedir.

Narayan and Smyth (2004) çalışmasında Güney Kore hisse fiyatlarının rastgele yürüyüş sürecini takip edip etmediğini ADF, bir kırılmalı Zivot-Andrews (1992) birim kök testi ile iki kırılmalı Lumsdaine-Papell (1997) birim kök testi ile incelemiştir. Analiz dönemi için 1981:01–2003:04 dönemini kapsayan aylık hisse logaritmik fiyatlar kullanılmıştır. Güney Kore hisse fiyatları birim kök ile karakterize edildiğinde etkin piyasa hipotezi ile tutarlı sonuç vermektedir. Hasanov (2009) çalışmasında, Narayan-Smyth çalışmasını 1987-2005 dönemi için aylık veriler kullanarak, Kapetonios vd. (2003) tarafından geliştirilen doğrusal olmayan birim kök testi ile tekrardan incelemiştir. Narayan-Smyth testi sonuçlarının aksine, Güney Kore için doğrusal olmayan birim kök temel hipotezi reddedilerek zayıf formda etkin piyasa ile tutarlı olmayan sonuca ulaşılmıştır.

Abraham vd. (2002) çalışmasında, üç büyük borsa olan Kuveyt, Suudi Arabistan, Bahreyn için 1992-1998 dönemi için varyans oran ve runs testleri kullanılmıştır. Varyans oran test sonucuna göre 3 borsa için de rastgele yürüyüş hipotezi reddedilmektedir. Hassan vd. (2003) çalışmasında Kasım 1995-Aralık 2000 dönemini kapsayan Kuveyt borsası etkinliğini araştırmak amacıyla günlük borsa endeksleri kullanmıştır. Kuveyt borsası 1996 ve 1997 periyotları için piyasa etkinliği reddedilirken; 1998-1999 için reddedilememektedir. Bu farklılığın sebebi olarak Kuveyt borsasındaki yapılan reform ve yeni düzenlemeler gösterilebilmektedir.

Appiah-Kusi, J., & Menyah (2003) çalışmasında 11 Afrika borsasının zayıf formda etkinliği, koşullu heteroskedastiteye sahip doğrusal olmayan otoregresif süreç olan EGARCH-M modeliyle incelemiştir. Haftalık endeks getiri verilerininin kullanıldığı bu çalışmada Nijerya, Güney Afrika, Botswana, Gana, Fildişi Sahili ve Svaziland borsaları zayıf formda etkinlik ile tutarlı değilken; Mısır, Kenya ve Zimbabve, Mauritius ve Fas tutarlıdır.

Gilmore ve MacManus (2003) çalışmasında, üç orta Avrupa geçiş ekonomisinin (Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Polonya) hisse senedi piyasasında zayıf formda etkinliği Temmuz 1995-Eylül 2000 döneminde haftalık veri ile incelemiştir. Birim kök testi, varyans oran testi, otokorelasyon ve Johansen eşbütünleşme, ARIMA ve GARCH yöntemlerini kullanmışlardır. Smith ve Ryoo (2003) çalışmasında gelişmekte olan piyasalardan Yunanistan, Macaristan, Polonya, Portekiz ve Türkiye borsalarını çoklu varyans oran testi ile rastgele süreci takip edip etmediğini incelemiştir. Türkiye hariç diğer dört borsa rastgele yürüyüş sürecine uygunluk göstermemektedir.

Moustafa (2004) çalışmasında, Birleşik Arap Emirlikleri hisse senedi piyasasını incelemek için 2001 Ekim-2003 Eylül dönemini kapsayan günlük verilerle 43 hisse

senedi fiyat davranışlarını incelemiştir. Hisse getirileri normal dağılmadığı için parametrik olmayan runs test kullanılmıştır. 43 hisse senedinden 40'nın getirisi rastgele yürüyüş sürecine uygunluk gösterdiğinden etkinliği destekler nitelikte sonuç bulunmuştur.

Worthington ve Higgs (2004) çalışması, Avrupa hisse senetleri piyasalarında zayıf formda etkinliği test etmektedir. 16 gelişmiş ülke (Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda, İtalya, Hollanda, Norveç, Portekiz, İspanya, İsveç, İsviçre ve Birleşik Krallık) ve 4 gelişmekte olan piyasa (Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Polonya ve Rusya) için günlük getirilerde korelasyon katsayısı ve runs testi, Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP), KPSS testleri ve çoklu varyans oranı (MVR) testlerinin bir kombinasyonu kullanılarak rastgele yürüyüş süreci incelenmiştir. Kullanılan yaklaşımlar arasında geniş bir uyum içerisinde olan sonuçlar, gelişmekte olan pazarlardan sadece Macaristan'ın rastgele yürüyüş ile karakterize olduğunu göstermektedir ve dolayısıyla zayıf formda etkin olduğunu desteklemektedir. Gelişmiş piyasalarda ise yalnızca Almanya, İrlanda, Portekiz, İsveç ve Birleşik Krallık en katı rastgele yürüyüş süreci kriterlerine uymaktadır.

Hamid vd. (2010) çalışmasında, Pakistan, Hindistan, Sri Lanka, Çin, Kore, Hong Kong, Endonezya, Malezya, Filipin, Singapur, Tayland, Tayvan, Japonya ve Avustralya hisse senedi piyasalarının zayıf formda etkinliği test edilmiştir. Çalışmada aylık veriler kullanılarak Ocak 2004-Aralık 2009 dönemi incelenmiştir. Rastgele yürüyüşün test edildiği çalışmada otokorelasyon, Ljung-Box Q test istatistiği, runs test, birim kök testleri ve varyans oran testleri kullanılmıştır. Getiriler negatif çarpık ve leptokurtik sebebi ile normal dağılmamaktadır. Asya Pasifik bölgesindeki hiçbir ülkenin rastgele yürüyüş sürecine uymadığı görülmektedir.

Nisar ve Hanif (2012) çalışmasında, gelişen batı ekonomilerinde dünya krizinin ortaya çıkması ile birlikte 21. yüzyılın ilk on yılında yatırımcıların odağının doğuya kayması ve Güney Asya piyasalarının bu dönemde olağanüstü bir performans sergilediği gerekçesiyle Hindistan, Pakistan, Bangladeş ve Sri Lanka olmak üzere Güney Asya'nın dört büyük borsası için zayıf formda etkin piyasa hipotezi incelenmiştir. Analiz için 1997-2011 dönemine ait aylık, haftalık ve günlük frekanslarda endeksler kullanılmıştır. Çalışmada runs test, korelasyon testi, birim kök ve varyans oranı testi olmak üzere dört istatistiksel test uygulanmıştır. Bulgular, Güney Asya'da dört ana borsadan hiçbirinin rastgele yürüyüş sürecine uymadığını göstermektedir. Mobarek ve Fiorante (2014) çalışmasında BRIC (Brazilya, Rusya, Hindistan, Çin) ülkelerinin zayıf formda etkinliğini korelasyon, runs, varyans oran testlerini kullanarak incelemiştir. Bunun için günlük fiyat endeksi 1995:09-2010:03 dönemi ve 3 alt periyotta incelenmiş, farklı alt periyotlar için farklı sonuçlar çıkmıştır.

Buguk ve Brorsen (2003) çalışmasında, Etkin Piyasa Hipotezi İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB) için bileşik, endüstriyel ve finansal endeks haftalık kapanış

fıyatlarını kullanarak test etmiştir. Test etmede ADF, GPH fraksiyonel entegrasyon, LOMAC varyans oranı ve serinin sıralarını ve işaretlerini kullanan değiştirilmiş bir varyans oranı testi kullanmışlardır. Testlerin üçünden elde edilen sonuç, her üç serinin de rastgele bir yürüyüş sürecine uygun olduğunu göstermekle birlikte parametrik olmayan bir test, rastgele bir yürüyüşe karşı bazı kanıtlar sağlamıştır.

Özdemir (2008) çalışmasında Bist100 hisse senedi piyasasında zayıf formda etkinliği test etmek için Lumsdaine ve Papell iki yapısal kırılma birim kök testi, Genişletilmiş Dickey Fuller testi, runs test ve varyans oran testi kullanmıştır. Analizler, içsel olarak belirlenen kırılma göz önünde bulundurularak tanımlanan üç alt dönem için tekrarlanmıştır. Çalışmanın ana bulgusu, BİST100 endeksinin etkin piyasa hipotezi ile tutarlı olarak birim kök ile karakterize edildiğini göstermektedir. Ağa ve Kocaman (2008) çalışmasında, Borsa İstanbul'da zayıf formda etkinliği test etmek için kendileri tarafından oluşturulan getiri endeksi-20'nin kendi geçmiş değerleri ile bir regresyon kurmuşlardır. Sonuç olarak, getirilerin sadece sabit ortalama etrafında açıklanabileceğini, zayıf formda etkinliğin sağlandığını bulmuşlardır. Gözbaşı vd. (2014) çalışmasında, doğrusal olmayan birim kök testlerinden yararlanarak Türkiye hisse senedi piyasasında etkin piyasa hipotezini incelemektedir. Bu amaçla, önce Harvey vd. (2008) tarafından geliştirilen doğrusallık testi ve ardından Kruse (2011) tarafından geliştirilen doğrusal olmayan ESTAR birim kök testi uygulanmıştır. Sonuçlar, Borsa İstanbul hisse senedi fiyat endeksi serisinin doğrusal olmayan davranışa sahip olduğunu ve rastgele yürüyüş sürecini takip ettiğini ve böylelikle zayıf form etkinliğine sahip olduğunu savunmuştur.

G-7 ve E-7 ülkeleri için Etkin Piyasalar Hipotezini ile inceleyen Hepsağ ve Akçalı (2015) çalışması asimetrik doğrusal olmayan birim kök testi olan Sollis (2009) testini kullanmıştır. Çalışmada, E-7 ülkelerinden Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika ve Türkiye ülke piyasalarının zayıf formda etkin olduğu sonucuna ulaşılırken, etkinliğin geçerli olmadığı Almanya, İngiltere, Kanada ve Rusya'da ise pozitif ve negatif şoklara verilen tepkinin asimetrik olmadığına ulaşılmıştır. Kılıç ve Fatih (2016) çalışmasında, doğrusal olmayan ESTAR sürecine uyarlanmış birim kök testleri ile İMKB30, İMKB50, İMKB100 ve İMKB Bileşik endeksleri için Etkin Piyasa Hipotezini incelemektedir. İlk olarak Harvey vd. (2008) doğrusallık testi kullanılmıştır. Test sonuçları, tüm endekslerin doğrusal olmayan davranışa sahip olduğunu göstermektedir. Daha sonra Kapetanios vd. (2003) ve Kruse (2011) doğrusal olmayan birim kök testlerini uygulamışlardır. Kapetanios vd. (2003) testi tüm endeksler için EMH'nin varlığını reddedemezken, Kruse (2011) testi reddetmektedir. Taş ve Ataç (2019) çalışmasında, İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nın (İMKB) zayıf formdaki piyasa etkinliğini Rastgele Yürüyüş Hipotezi ile araştırmaktadır. BİST-30 endeksi firmaları, BIST 30 endeksi, katılım endeksi firmaları ve katılım endeksinin doğal log getirileri, 2013'ten 2018'e kadar beş yıllık bir süre boyunca hem Dickey-Fuller birim kök testi hem de Runs testi ile

analiz edilmektedir. BİST100 ve BİSTTUM endeksleri ile birlikte BİST30 endeks getirilerini inceleyerek Türkiye’de 2001 ve 2008 finansal krizlerini de içeren 2000’den 2018’e kadar daha uzun bir dönem incelenmektedir. Dickey Fuller test sonuçları, İMKB’de rastgele yürüyüşü reddetmekle birlikte; runs testleri, aynı veri seti ve zaman periyodu için piyasa etkinliği konusunda kesin sonuçlar verememiştir. Aliyev (2019), doğrusal olmayan ARCH ve STAR modelleri ile doğrusal bir AR modeli ve rastgele yürüyüş modeli kullanarak Borsa İstanbul’un piyasa etkinliğini incelemiştir. Tahmin performans güçlerini karşılaştırarak, STAR modelinin rastgele yürüyüşten daha iyi performans gösterdiği sonucuna varmıştır; yani verilen dönemde Borsa İstanbul getirileri tahmin edilebilirdir. Doğrusal düzeydeki çalışmaların aksine, bu bulgular Borsa İstanbul’un doğrusal olmayan düzeyde zayıf formda etkin olmadığını göstermektedir. Sonuçlar, hissedarların anormal getiri elde edebileceğini ve gelecek hafta için getiri değişiminin yönünü en az %66 doğrulukla belirleyebileceğini göstermiştir. Bu bulgular, doğrusal düzeydeki çalışmaların aksine, Borsa İstanbul’un incelenen dönem içinde doğrusal olmayan düzeyde zayıf formda etkin olmadığını göstermektedir. Adaptif (Adaptive) Piyasa Hipotezi, Etkin Piyasa Hipotezi ve takvim anomalilerinin bir arada var olabileceğini savunur. Bu hipotezin odak noktası tek bir davranış değil, davranışın değişen piyasa koşullarına nasıl tepki verdiği. Adaptif Piyasa Hipotezi, Etkin Piyasa Hipotezi ve Davranışsal Finans arasındaki çelişkileri çözmek için bir hipotez olarak 2004 yılında önerilmiştir. Kılıç (2020) çalışması, Adaptif Piyasa Hipotezi çerçevesinde Borsa İstanbul 100 endeksinin getirisinin öngörülebilirliğini incelemektedir. Getiri serileri Otomatik Portmanteau Box-Pierce Testi, Genelleştirilmiş Spektral Test ve Wild-bootstrapped Otomatik Varyans Oranı Testi kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar Adaptif piyasa hipotezi Borsa İstanbul için geçerli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çalışmalar göstermektedir ki piyasaların bilgi etkinliği, kullanılan ekonometrik testin varsayımları, veri dönemi ve frekansa göre değişiklik gösterebilmektedir. Aynı borsa endeksinin farklı frekanslarında farklı sonuçların çıkma sebebi olarak, frekanslar günlükten aylığa doğru gittikçe bilgi kaybının yaşandığı, dolayısıyla aylık verilerde, ay içinde veya hafta içinde olan herhangi bir fiyat hareketinin sönümlenmesi gösterilebilir (Bu duruma örnek, uygulama sonuçlarında verilmiştir). İncelenecek ülke yada ülke gruplarının ekonomilerinde kırılmaya sebep olacak makro olaylar ve şirket düzeyinde hisse senedi bazlı çalışmalarda da mikro şoklar sebebi ile fiyat ve getiri serilerinin modellenmesinde bu kırılmalar dikkate alınmalıdır.

3. Metodoloji

Zayıf formda etkin piyasa hipotezinin araştırıldığı bu çalışmada, günlük, haftalık ve aylık frekanslarda BİST100 borsa endeksinin rassal yürüyüş sürecine uyup uymadığı test edilecektir. Bu amaç doğrultusunda serilerin rassallığı birim kök testlerinden Genişletilmiş Dickey-Fuller-ADF (1981), Phillips-Perron-PP (1988), KPSS (1992);

yapısal kırılmalı birim kök testlerinden Perron (1989), Zivot-Andrews (1992), Lee-Strazicich (2003) ve doğrusal olmayan birim kök testlerinden de Kapetanios, Shin and Snell-KSS (2003) testleri ile incelenecektir. Ek olarak Varyans Oran testi ve getiri tahmin edilebilirliği için Runs Test uygulanacaktır. Aşağıda, bahsedilen testlerin metodolojisine yer verilecektir.

3.1. Birim Kök Testleri

Durağanlığın sınındığı zaman serilerinde, birim kök testlerinin temelini oluşturan Dickey-Fuller (1979) birim kök testi birinci dereceden otoregresif AR(1) süreçte dayanmaktadır. Ancak modellenen zaman serisi AR(1) olmadığı halde AR(1) gibi modellenirse, hata terimleri model yanlışlığını telafi etmek için otokorelasyonlu olacaktır. Bu otokorelasyonu ortadan kaldırmak için ΔY_t 'nin gecikmeli değerlerini modele ekleyerek Genişletilmiş Dickey-Fuller (1981) test regresyonunu geliştirilmiştir:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

Modelde $\delta < 0$ (durağan) olduğu alternatif hipotezine karşı, $\delta = 0$ (birim köklü) olduğu temel hipotezi test edilmektedir. Alternatif hipotezden de görüldüğü üzere test, tek taraflı olup sol kuyruk testidir. Hesaplanan t-istatistiği, kritik değerden küçük olursa temel hipotez red edilmektedir. Dickey-Fuller (1979) testi regresyonun hata terimlerinin otokorelasyonsuz olduğunu varsaymaktadır. Modelin değerlendirilmesinde t-test istatistiği kullanılmaktadır:

$$t_\alpha = \hat{\alpha} / (se(\hat{\alpha}))$$

Dickey-Fuller testi, AR sürecine uygunluk göstermektedir; böylelikle, hata terimleri bağımsızdır ve sabit varyans özelliklerine sahiptir. Ancak birçok ekonometrik çalışmada bu özelliklerin sağlanması oldukça güçlü varsayımlardır. Birim kökün varlığında bu özelliklerin sağlanmadığı görülmektedir. Bu nedenle hem teorik hem de uygulamalarda birim kökün varlığı durumunda bu şartlara bağımlı olmayan alternatif yaklaşım Phillips tarafından geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, parametrik olmayan, zayıf bağımlı ve heterojen dağılıma izin veren Phillips-Perron (1988) testini oluşturmaktadır. Phillips ve Perron (1988), birim kökü test ederken seri korelasyonunu kontrol etmek için alternatif (parametrik olmayan) bir yöntem önermektedir. PP yöntemi, artırılmamış DF test denklemini $\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + x_t' \delta + \varepsilon_t$ (*) tahmin eder ve seri korelasyonu, test istatistiğinin asimptotik dağılımını etkilememesi için α katsayının t-oranını modifiye eder. PP testi şu istatistiğe dayanmaktadır:

$$\tilde{t}_\alpha = t_\alpha \left(\frac{\gamma_0}{f_0} \right)^{1/2} - \frac{T(f_0 - \gamma_0)(se(\hat{\alpha}))}{2f_0^{1/2}s}$$

Burada, $\hat{\alpha}$ tahmindir, t_α , α 'nın t-oranidir. $se(\hat{\alpha})$ katsayı standart hatasıdır ve s test regresyonunun standart hatasıdır. Ek olarak, γ_0 denklem (*)'deki hata varyansının $(T - k)s^2/T$, k , k regresör sayısıdır) tutarlı tahmincisidir. Kalan terim f_0 , sıfır frekansta kalıntı spektrumun bir tahmincisidir. PP değiştirilmiş oranın asimptotik dağılımı, ADF istatistiğinkiyle aynıdır.

KPSS (1992) testi, burada açıklanan diğer birim kök testlerinden, temel hipotezin durağan, alternatif hipotezin birim köklü olmasıyla farklılık göstermektedir. KPSS istatistiği, x_t dışsal değişkenler üzerindeki y_t 'nin OLS regresyonundan elde edilen kalıntılarına dayanmaktadır:

$$y_t = x_t' \delta + u_t$$

LM istatistiği şu şekilde tanımlanır:

$$LM = \sum_t s(t)^2 / (T^2 f_0)$$

Burada f_0 , sıfır frekansta kalıntı spektrumun bir tahmincisidir ve burada $s(t)$ kümülatif bir kalıntı $\hat{u}_t = y_t - x_t' \hat{\delta}(0)$ fonksiyonudur:

$$s(t) = \sum_{r=1}^t \hat{u}_r$$

KPSS testi tek taraflı sağ kuyruk testidir ve hipotezleri aşağıdaki gibidir:

$$H_0: \sigma_u^2 = 0, H_A: \sigma_u^2 > 0$$

KPSS testinin test istatistiği, kritik değerden büyük ise serinin durağan olduğu temel hipotezi reddedilmektedir.

3.2. Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testleri

Perron (1989), bilinen bir tarihte tek yapısal kırılmaya izin veren birim kök testi önermiştir. Bu testin temel hipotezine göre seri yapısal kırılmalı birim köke sahipken, alternatif hipotezinde seri yapısal kırılmalı durağan bir süreçte sahiptir.

$$H_0: y_t = \mu + y_{t-1} + \delta_1 D(TB)_t + \varepsilon_t$$

$$H_A: y_t = \mu + \beta t + \delta_2 DU_t + \varepsilon_t$$

Burada, TB (time break) kırılma noktası, $D(TB)_t$ ve DU_t gölge (dummy) değişkenlerdir:

$$D(TB)_t = \begin{cases} 1, & t = TB + 1 \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}, \quad DU_t = \begin{cases} 1, & t > TB \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}$$

Christiano (1992), Perron (1989)'ün testinin kırılmanın içsel olarak belirlenmesi gerektiğini savunarak eleştirmiştir. Diğer bir eleştiri ise Zivot ve Andrews (1992)'den gelerek endojen kırılmalı test önermişlerdir. Testin temel hipotezi, yapısal kırılmanın olduğu birim kök süreci iken, alternatif hipotezi kırılmaya izin veren durağan süreçtir. Zivot-Andrews (1992) birim kök testi, aşağıdaki regresyonun tahminine dayanmaktadır:

$$y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + \beta t + \theta DU_t(\lambda) + \sum_{j=1}^k c_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t$$

Modeldeki gölge değişken aşağıdaki gibidir:

$$DU_t(\lambda) = \begin{cases} 1, & t > T\lambda \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}$$

Testte regresyon denklemlerindeki parametreler her olası kırılma noktası için tahmin edilmekte ve bu parametreler için t-istatistiği hesaplanmaktadır. Temel hipotez testi için tek taraflı t-istatistiğini minimize eden λ seçilmektedir.

Lee-Strazicich (2003), içsel yapısal kırılma sayısını artırarak iki kırılmaya izin veren LM test istatistiğine dayalı birim kök testi önermiştir. Lee-Strazicich (2003) testinde süreç;

$$Y_t = \delta' Z_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t = \beta \varepsilon_{t-1} + u_0$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada, Z_t dışsal (ekzojen) değişkenlerin bir vektörü ve $\varepsilon_t \sim iid N(0, \sigma^2)$ olarak tanımlanmaktadır. Modeldeki $Z = [1, t, D_{1t}, D_{2t}]$ şeklinde, D_{it} de aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$D_{it} = \begin{cases} 1, & t \geq TB_i + 1 \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}, \quad i=1,2 \text{ için}$$

Süreç, temel ve alternatif hipotezler altında yapısal kırılmaları içermektedir. İki kırılmaya sahip LM birim kök test istatistiği, regresyon aracılığı ile tahmini aşağıdaki gibidir:

$$\Delta y_t = \delta' \Delta Z_t + \phi \tilde{S}_{t-1} + u_t$$

Burada $t=2, \dots, T$ olmak üzere $\tilde{S}_t = y_t - \tilde{\psi}_x - Z_t \tilde{\delta}$ 'dir. $\tilde{\delta}$, ΔZ_t üzerindeki Δy_t 'nin regresyonundaki katsayılarıdır; $\tilde{\psi}_x, y_t - Z_t \tilde{\delta}$ tarafından verilmektedir. LM birim kök testi temel ve alternatif hipotezler altında yapısal kırılmaya izin verir. Birim kök temel hipotezi, $\phi=0$ ile gösterilmektedir ve LM test istatistiği şu şekilde tanımlanır:

$$\phi = 0 \text{ temel hipotezi için } \tilde{\tau} = t - \text{istatistiği}$$

İki kırılmanın yerinin içsel olarak belirlenmesi için $(\lambda = \frac{TB}{T})$, minimum LM birim kök testinde $LM_{\tau} = \inf_{\lambda} \tilde{\tau}(\lambda)$ süreç kullanılır. Kritik değerler kırılma noktalarına bağlı olduğu için, iki kırılmalı LM birim kök testi için Lee-Strazicich (2003) kritik değerleri kullanılır.

3.3. KSS Doğrusal Olmayan Birim Kök Testi

Kapetanios, Shin ve Snell (KSS) (2003) testi, doğrusal olmayan zaman serilerinin birim kök içerip içermediğini incelemek için geliştirilmiş doğrusal olmayan birim kök testidir. Normal dağılmayan kalın kuyruk dağılımını işleyebilmeleri için doğrusal olmayan modeller için dirençli (robust) tahmin edicilere ihtiyaç vardır. KSS (2003), doğrusal olmayan durağan üstel yumuşak geçişli otoregresif (ESTAR) sürece sahip alternatif hipotezine karşı birim kök sürecine sahip temel hipotezini test etmektedir. ESTAR modeli,

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

şeklindedir. Burada $\phi=0$ ve $d=1$ olduğunda,

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

elde edilir. Temel ve alternatif hipotezler aşağıdaki gibidir:

$$H_0: \theta = 0$$

$$H_A: \theta > 0$$

Temel hipotez altında ESTAR modelinde birinci dereceden bir Taylor serisi yaklaşımı hesaplandığında, yardımcı regresyon elde edilir:

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1}^3 + \varepsilon_t$$

Hata terimleri arasındaki korelasyonu önlemek için bağımlı değişkenin gecikmeleri eklenir:

$$\Delta y_t = \sum_{j=1}^p \rho_j \Delta y_{t-j} + \delta y_{t-1}^3 + \varepsilon_t$$

$\delta < 0$ karşı $\delta = 0$ için t-istatistiği önerilmiştir:

$$t_{NL} = \hat{\delta}/se(\hat{\delta})$$

3.4. Dizilim (Runs) Testi

Geary testi olarak da bilinen Runs Testi, kalıntıların rastgele dağılıp dağılmadığını test eden parametrik olmayan bir test türüdür. Bu test, elde edilen kalıntıların sadece negatif ya da sadece pozitif olmasıyla ilgilenmektedir. Kalıntıların bağımsız olduğu ve $N_1 > 10$, $N_2 > 10$ temel hipotezi altında dizilim (runs) sayısı asimptotik olarak normal dağılımlı aşağıdaki ortalama ve varyansa sahiptir:

$$\mu_r = \frac{2N_1N_2}{N} + 1, \quad \sigma_r^2 = \frac{2N_1N_2(2N_1N_2 - N)}{N^2(N-1)}$$

Burada; $N_1 + N_2 = N$, N gözlem sayısı, N_1 (+) işaretlerin sayısı, N_2 (-) işaretlerin sayısı, r , sıra (run) sayısı olarak tanımlanmıştır. Test istatistiği, $z = \frac{r - \mu_r}{\sigma_r}$ olarak hesaplanmaktadır. Eğer $z < -z_{\alpha/2}$ veya $z > z_{\alpha/2}$ ise H_0 temel hipotezi reddedilir.

3.5. Varyans Oran Testi

Varyans oran testi, serilerdeki rassal yürüyüşü test edebilmek amacıyla Lo & Mackinlay (1988) tarafından geliştirilmiştir. Rassal yürüyüş sürecine sahip serilerin varyansları q dönem için aşağıdaki gibidir:

$$VR(q) = \frac{1 \text{ Var}(P_t - P_{t-q})}{q \text{ Var}(P_t - P_{t-1})} = 1$$

Sabit varyansa sahip olunması durumunda test istatistiği aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$Z(q) = \left(\frac{VR(q)-1}{\sigma_0(q)} \right), \quad \sigma_0 = \left(\frac{2(2q-1)(q-1)}{3q(nq)} \right)^{1/2}$$

Hesaplanan testin istatistik değeri, kritik değer ile karşılaştırıldığında; eğer temel hipotez reddedilemiyorsa serinin rassal yürüyüş gösterdiği sonucuna varılmaktadır. Bu da zayıf formda etkin piyasa hipotezini destekler niteliktedir. Değişen varyans (heteroskedasite) halinde ise geliştirilen Z^* test istatistiği de aşağıdaki gibidir:

$$Z^*(q) = \left(\frac{VR(q)-1}{\sigma_e(q)} \right)$$

Varyans oranının 1'den büyük olması halinde fiyat serileri arasında pozitif korelasyon; 1'den küçük olması halinde ise seriler arasında negatif korelasyon olduğunu göstermektedir. Bu da fiyatların bağımsız olmadığını göstermektedir. Oranın 1 olması durumunda ise fiyatların rastgele oluştuğu anlaşılmaktadır.

4. Veri ve Uygulama Sonuçları

Bu bölümde, metodoloji bölümünde açıklanan testlerin ampirik sonuçlarına yer verilecektir. Türkiye hisse senedi piyasası olan Bist100 endeksinin zayıf etkinliğinin sınanması için doğrusal, doğrusal olmayan ve yapısal kırılmaya izin veren birim kök testleri, runs test ve varyans oran testi uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan veri aralığı 2011:10-2021:10 dönemini kapsayan günlük, haftalık ve aylık frekanslara sahip kapanış endeks değerleridir. Çalışmanın amacına uygun olarak doğrusal birim kök testlerinden ADF, PP, KPSS; yapısal kırılmalı birim kök testlerinden Perron, Zivot-Andrews, Lee-Strazicich; doğrusal olmayan birim kök testinden KSS; runs test ve varyans oran testi kullanılmıştır. Çalışmadaki testler için Rats, EViews ve Stata programları kullanılmıştır.

Üç farklı frekanstaki Bist100 endeksinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 1’de verilmiştir:

Tablo 1

Tanımlayıcı İstatistikler

%getiri	günlük	haftalık	aylık
Ortalama	0.0491	0.2449	0.9826
Standart Sapma	1.3913	3.1312	6.4701
Basıklık	4.5698	1.4575	-0.5092
Çarpıklık	-0.6103	-0.5990	0.0450
Gözlem sayısı	2510	523	121

Tanımlayıcı istatistiklere bakıldığında beklenildiği gibi günlük veriden aylık veriye doğru gidildikçe ortalama getiriler ile birlikte standart sapma artmaktadır. Normal bir dağılımda, çarpıklık 0 ve basıklık 3’tür. Burada, seri frekansları günlükten aylığa doğru gittikçe çarpıklıkları sola çarpıklıktan hafif sağa çarpıklığa geçerken, basıklık ise sivri ve kalın kuyruktan daha basıklığa doğru gitmektedir.

Zayıf formda piyasa etkinliğinin ampirik olarak test edildiği bu çalışmada, ADF, Phillips-Perron, KPSS testleri günlük frekanstaki Bist100 endeksinin sabitli, sabitli ve trendli modellerine uygulanmıştır (Tablo 2). 2011:10-2021:10 dönemini kapsayan 2510 gözlemden oluşan günlük Bist100 endeksi ADF, PP testlerinin hiçbir anlamlılık düzeyinde reddedilememektedir. Yani, Bist100 endeksi ADF, PP testlerine göre birim kök içermektedir. KPSS testi de %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir. KPSS testi durağanlık testi olduğu için temel hipotezi durağan süreçtir ve %1 anlamlılık düzeyinde seriler birim köklüdür. Sonuç olarak günlük frekanstaki Bist100 endeksi ADF, PP ve KPSS’ye göre birim kök içermektedir. Bu da zayıf formda etkin piyasa hipotezini destekler niteliktedir.

Tablo 2

Birim Kök Testlerinin Sonucu (günlük)

günlük	ADF		Phillips-Perron		KPSS	
	sabitli t-ist.	sabitli ve trendli t-ist.	sabitli t-ist.	sabitli ve trendli t-ist.	sabitli LM-ist.	sabitli ve trendli LM-ist.
kritik değerler	-0.573	-2.364	-0.662	-2.545	4.698*	0.395*
1%	-3.433	-3.962	-3.433	-3.962	0.739	0.216
5%	-2.862	-3.412	-2.862	-3.412	0.463	0.146
10%	-2.567	-3.128	-2.567	-3.128	0.347	0.119

Not: *, ** ve *** işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

ADF, Phillips-Perron, KPSS testleri 523 gözlemden oluşan haftalık frekanstaki Bist100 endeksinin sabitli, sabitli ve trendli modellerine uygulanmıştır (Tablo 3). Temel hipotez, ADF, PP testlerinin hiçbir anlamlılık düzeyinde reddedilememektedir. Yani, Bist100 endeksi ADF, PP birim kök testlerine göre birim kök içermektedir. KPSS testi ise %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir, yani; %1 anlamlılık düzeyinde seriler birim köklüdür. Haftalık frekansta da BİST100 endeksi her üç teste göre birim köklü olduğu sonucuna varılmaktadır.

Tablo 3

Birim Kök Testinin Sonuçları (haftalık)

haftalık	ADF		Phillips-Perron		KPSS	
	sabitli t-ist.	sabitli ve trendli t ist.	sabitli t.ist.	sabitli ve trendli t.ist.	sabitli LM-ist.	sabitli ve trendli LM-ist.
kritik değerler	-0.444	-2.283	-0.519	-2.484	2.355*	0.222*
1%	-3.443	-3.976	-3.443	-3.976	0.739	0.216
5%	-2.867	-3.418	-2.867	-3.418	0.463	0.146
10%	-2.570	-3.132	-2.570	-3.132	0.347	0.119

Not: *, ** ve *** işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

ADF, Phillips-Perron, KPSS testleri 121 gözlemden oluşan aylık frekanstaki Bist100 endeksinin sabitli, sabitli ve trendli modellerine uygulanmıştır (Tablo 4). Temel hipotez, ADF, PP testlerinin hiçbir anlamlılık düzeyinde reddedilememektedir. Yani, Bist100 endeksi ADF, PP birim kök testlerine göre birim kök içermektedir. KPSS testine göre %1 anlamlılık düzeyinde seriler birim köklüdür.

Tablo 4

Birim Kök Testlerinin Sonuçları (aylık)

aylık	ADF		Phillips-Perron		KPSS	
	sabitli t-ist.	sabitli ve trendli t ist.	sabitli t.ist.	sabitli ve trendli t.ist.	sabitli LM-ist.	sabitli ve trendli LM-ist.
kritik değerler	-0.656	-2.563	-0.013	-2.683	1.122*	0.121*
1%	-3.486	-4.036	-3.486	-4.036	0.739	0.216
5%	-2.886	-3.448	-2.886	-3.448	0.463	0.146
10%	-2.580	-3.149	-2.580	-3.149	0.347	0.119

Not: *, ** ve *** işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Sonuç olarak, Bist100 endeksinin günlük, haftalık ve aylık frekanslara göre ADF, PP ve KPSS test istatistiklerine göre birim kök içermektedir. Bu da zayıf formda etkin piyasa hipotezini doğrulamaktadır.

Ekonomide krizler, politika değişiklikleri, salgın hastalıklar gibi dış faktörler ekonomide ekonomik ve finansal gösterge niteliğindeki verilerin yapısını değiştirmektedir. Bu sebeple, literatürde uzun dönem serilerin incelendiği durumlarda yapısal kırılmayı da dikkate alan testlere ihtiyaç duyulmuştur. Yapısal kırılmayı dikkate alan testlerden Perron, Zivot-Andrews ve Lee-Strazicich testlerinin sonuçları Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5

Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testlerinin Sonuçları

	Perron			Zivot-Andrews			Lee-Strazicich		
	t-ist.	1%	kritik değerler	test ist.	1%	kritik değerler	test ist.	1%	kritik değerler
günlük	-3.955	1%	-5.92	-3.929	1%	-5.34	-2.712	1%	-4.10
haftalık	-3.752	5%	-5.23	-3.740	5%	-4.80	-2.780	5%	-3.59
aylık	-3.818	10%	-4.92	-3.120	10%	-4.58	-2.790	10%	-3.34

Perron testi tarihi bilinmeyen (dışsal belirlenen) bir zamanda kırılmaya izin vermektedir. Zivot-Andrews ise kırılmanın içsel belirlenmesi gerektiğini öne sürmüştür. Lee-Strazicich testi ise iki yapısal kırılmayı dikkate almıştır. Tablo 5’te verilen Perron, Zivot-Andrews ve Lee-Strazicich testlerinin sonuçları sadece düzeyde kırılmaya izin veren test istatistikleridir. Perron testine göre günlük veride bir kırılmaya izin veren test istatistiğine göre seri bir kırılmaya sahip ve birim köklüdür. Günlük frekanstaki Bist100 endeksinin kırılma tarihi olarak 23 Mart 2020 olarak vermektedir. Bu da Covid-19 pandemisinin resmi kayıtlara göre Türkiye’de ilk vakanın görüldüğü 11 Mart 2020’den sonra gerçekleşen borsanın en düşük değerini aldığı tarihtir. Birim köke sahip haftalık ve aylık verilerde ise kırılma tarihi, 13 Mart 2020 ve Mart 2020 tarihleri olarak verilmiştir. Fakat haftalık ve aylık veriler hafta içi oluşan fiyat hareketlerini absorbe ettiğinden, günlük verinin kırılma tarihi daha doğru bir sonuç olacaktır. Yapısal kırılmayı da dikkate alan bu testlere göre, seriler birim köke sahiptir.

Bu yere kadar olan testler, serinin doğrusal olduğu varsayımı ile yapıyordu. Ek olarak doğrusal olmayan birim kök testi sonuçları incelenecektir. Bu durum için doğrusal olmayan KSS birim kök testi uygulanmıştır.

Tablo 6

Doğrusal Olmayan KSS Birim Kök Testi Sonuçları

	KSS ist.	p olasılık	1% kritik d.	5% kritik d.	10% kritik d.
günlük	-0.588	0.901	-3.478	-2.933	-2.655
haftalık	-0.343	0.928	-3.471	-2.926	-2.649
aylık	-0.413	0.92	-3.458	-2.905	-2.626

KSS testine göre günlük, haftalık ve aylık seriler hiçbir anlamlılık düzeyinde reddedilemeyerek birim köklü olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç itibariyle geleneksel birim kök testleri, yapısal kırılmalı birim kök testleri ve doğrusal olmayan birim kök testlerine göre günlük, haftalık ve aylık frekanslarda Bist100 endeksi birim kök içermektedir. Bu da zayıf formda etkin piyasa hipotezini desteklemektedir.

Birim kök testlerinden sonra getirilerdeki dizilimin rassallığını sıyanan Runs test uygulanmıştır. Getiri hesabı için $\% \left(\frac{r_t}{r_{t-1}} - 1 \right) 100$ hesaplaması yapılmıştır. Runs test sonuçlarının özeti Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7

Runs Testi Sonuçları

runs test	gözlem sayısı	n(runs)	z-istatistiği	olasılık
günlük	2510	1271	0.6	0.55
haftalık	523	268	0.48	0.63
aylık	121	62	0.09	0.93

Runs testinin kararı için z-istatistik değeri ile z normal dağılım tablosundaki değerler veya yine Tablo 7’deki olasılık değeri ile 0.05 (%95 için) karşılaştırılabilir. Sonuçlara göre günlük, haftalık ve aylık getiri serilerinin rassal olduğu temel hipotezi reddedilememiştir. Bu durum rastgele yürüyüşü ve dolayısıyla zayıf formda etkin piyasa hipotezini destekler niteliktedir.

Varyans oran testinde günlük seri için 2, 5, 10, 20 periyotlar; haftalık ve aylık frekanslar için de 2, 4, 8 ve 16 periyotlar ayrı ayrı incelenmiştir. Varyans oran testi, hem sabit varyans $Z(q)$ hem de değişen varyans $Z^*(q)$ durumunda rassal yürüyüşü test etmektedir. Günlük (Tablo 8), haftalık (Tablo 9) ve aylık (Tablo 10) frekanslar için test istatistikleri göstermektedir ki rassal yürüyüş temel hipotezi hiçbir anlamlılık düzeyinde reddedilememiştir.

Tablo 8

Varyans Oran Testi Sonuçları (günlük)

		2	5	10	20		Joint Test	olasılık
günlük	VR(q)	0.996	1.080	1.087	1.084	Max z	1.828	0.244
	Z(q)	-0.207	1.828	1.292	0.843			
	VR*(q)	0.997	1.083	1.095	1.100	Max z	1.435	0.481
	Z*(q)	-0.136	1.435	1.074	0.789			

Tablo 9

Varyans Oran Testi Sonuçları (haftalık)

		2	4	8	16		Joint Test	olasılık
haftalık	VR(q)	0.9999	1.003	1.012	0.9199	Max z	0.4155	0.989
	Z(q)	-0.0018	0.035	0.092	-0.4155			
	VR*(q)	0.9999	1.003	1.015	0.9216	Max z	0.3349	0.995
	Z*(q)	-0.0023	0.030	0.091	-0.3349			

Tablo 10

Varyans Oran Testi Sonuçları (aylık)

		2	4	8	16		Joint Test	olasılık
aylık	VR(q)	0.9788	0.864	0.775	0.623	Max z	0.938	0.8196
	Z(q)	-0.2315	-0.795	-0.835	-0.938			
	VR*(q)	0.9806	0.859	0.758	0.609	Max z	0.8595	0.8616
	Z*(q)	-0.1632	-0.682	-0.779	-0.8595			

5. Sonuç ve Değerlendirme

Türkiye'nin hisse senedi piyasası olan Bist100 endeksinin zayıf formda etkinliğinin test edildiği bu çalışmada günlük, haftalık ve aylık frekanstaki endeksin kapanış değerleri kullanılmıştır. Zayıf formda etkin piyasa hipotezine göre piyasadaki bütün yatırımcılar, aynı bilgiye sahip olup, geçmiş fiyat hareketlerinden geleceği öngörüp normal üstü bir kazanç elde edememektedirler. Bu çerçevede zayıf formda etkinliğin testi için serilerin rassal yürüyüşe sahip olup olmadığı araştırılmaktadır. Bu çalışmada serilerin rassal yürüyüş gösterip göstermediğini test etmek için kalıntıların sadece pozitif ya da negatif olduğu ile ilgilenen ve kalıntıların bağımsız dağıldığını varsayan runs (dizilim) testi; serilerin birim köklü olduğu temel hipotezine dayanan geleneksel birim kök testlerinden Genişletilmiş-Dickey Fuller birim kök testi (1981), Phillips-Perron (1988) birim kök testleri ve durağanlık temel hipotezine dayanan KPSS testi (1992); yapısal kırılmaya izin veren birim kök testlerinden Perron (1989), Zivot-Andrews (1992), Lee-Strazicich (2003) birim kök testleri, ESTAR modeline dayanan doğrusal olmayan KSS birim kök testi; serilerde rassal yürüyüş olup olmadığını hem sabit varyans hem de değişen varyans durumunda test eden varyans oran testi kullanılmıştır. Bu testler günlük, haftalık ve aylık frekanstaki Bist100 endeksinde

uygulanmıştır. Uygulama sonuçlarından görüleceği üzere tüm frekanslardaki fiyat serileri birim kök içermektedir ve getiri tahmin edilebilirliği bulunmamaktadır. Dolayısıyla, Bist100 endeksi günlük, haftalık ve aylık frekanslarda zayıf formda etkin piyasa hipotezi ile tutarlı ve destekleyici sonuçlara sahip olmaktadır.

Bu çalışmada, ne kadar frekanslar arasında sonuç farklılaşması olmasa da, aynı serinin farklı frekanslarında sonuçlar değişiklik gösterebilmektedir. Bunun sebebi olarak, örneğin aylık frekanstaki seri değeri, ay sonu kapanış değeri olarak alındığından ay içindeki iniş yada çıkış değerleri görülememektedir. Bu sebeptendir ki, bireyler yatırım yaparken, planladıkları vade yapısına göre fiyat serilerinin frekansları ile ilgilenmeleri yerinde bir karar olacaktır. Yatırımcılar, bu şekilde oluşturdukları portföylerinde getiri ve risk ölçümlemesini daha doğru şekilde yapabileceklerdir. Etkin bir piyasada kar fırsatı yakalayamayan yatırımcılar, kısa vadeli yatırım stratejilerinde fiyat serilerinin sapmalarını tespit edecek bir analiz kullanarak yatırım tercihlerinde bulunabilirler. Ek olarak, BİST100 hisse senetlerinin yanı sıra uluslararası hisse senedi piyasalarının dinamiklerini de kontrol etmek de fayda vardır. Ayrıca, bilginin portföy stratejilerinde ne ölçüde rol oynadığını daha iyi anlamak için gelecekteki araştırmaların diğer gelişmekte olan ülkelerin hisse senedi piyasalarındaki doğrusal olmayan durumlara da odaklanması gerektiği düşünülmektedir. Rastgele yürüyüş sürecine uymayan dolayısıyla etkin piyasa hipotezini sağlamayan borsalardaki yatırımcılar için ise bu piyasalardaki kârlı fırsatlardan arbitraj süreciyle fayda akışını sağlayabileceğine değinmekte fayda vardır.

Özetle, sonuçlar yatırımcıların BİST100'de geçmiş bilgileri kullanarak sistematik olarak kar elde etme olasılığının olmadığını, dolayısıyla yatırımcıların yatırım stratejilerini rastgele yürüyüşler varsayımına dayandırması gerektiğini göstermektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author has no conflict of interest to declare.

Grant Support: The author declared that this study has received no financial support.

Kaynakça/References

- Abraham, A., Seyyed, F. J., & Alsakran, S. A. (2002). Testing the random walk behavior and efficiency of the Gulf stock markets. *Financial Review*, 37(3), 469-480.
- Aga, M., & Kocaman, B. (2008). Efficient market hypothesis and emerging capital markets: empirical evidence from Istanbul stock exchange. *International Research Journal of Finance and Economics*, 13(1), 131-144.
- Aliyev, F. (2019). Testing market efficiency with nonlinear methods: Evidence from Borsa İstanbul. *International Journal of Financial Studies*, 7(2), 27.

- Al-Loughani, N., & Chappell, D. (1997). On the validity of the weak-form efficient markets hypothesis applied to the London stock exchange. *Applied Financial Economics*, 7(2), 173-176.
- Appiah-Kusi, J., & Menyah, K. (2003). Return predictability in African stock markets. *Review of financial economics*, 12(3), 247-270.
- Bachelier, L. (1900). Théorie de la spéculation. In *Annales scientifiques de l'École normale supérieure* (Vol. 17, pp. 21-86).
- Buguk, C., & Brorsen, B. W. (2003). Testing weak-form market efficiency: Evidence from the Istanbul Stock Exchange. *International review of financial analysis*, 12(5), 579-590.
- Caner, M., & Hansen, B. E. (2001). Threshold autoregression with a unit root. *Econometrica*, 69(6), 1555-1596.
- Chan, K. C., Gup, B. E., & Pan, M. S. (1997). International stock market efficiency and integration: A study of eighteen nations. *Journal of business finance & accounting*, 24(6), 803-813.
- Chang, K. P., & Ting, K. S. (2000). A variance ratio test of the random walk hypothesis for Taiwan's stock market. *Applied Financial Economics*, 10(5), 525-532.
- Choudhry, T. (1994). Stochastic trends and stock prices: an international inquiry. *Applied Financial Economics*, 4(6), 383-390.
- Christiano, L. J. (1992). Searching for a Break in GNP. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 237-250.
- Cooray, A., & Wickremasinghe, G. (2007). The efficiency of emerging stock markets: Empirical evidence from the South Asian region. *The Journal of Developing Areas*, 171-183.
- 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.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1057-1072.
- Fama, E. F., & French, K. R. (1988). Permanent and temporary components of stock prices. *Journal of political Economy*, 96(2), 246-273.
- Fama, E.F., (1970), "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work", *Journal of Finance*, Vol.35, 383-417.
- Fama, E.F., French, K.R., (1993), "Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds", *Journal of Financial Economics*, Vol. 33, No. 1, 3-56.
- Fawson, C., Glover, T. F., Fang, W., & Chang, T. (1996). The weak-form efficiency of the Taiwan share market. *Applied Economics Letters*, 3(10), 663-667.
- Gan, C., Lee, M., Yong, H. H. A., & Zhang, J. (2005). Revisiting share market efficiency: evidence from the New Zealand, Australia, US and Japan stock indices. *American Journal of Applied Sciences*, 2(5), 996-1002.
- Gilmore, C. G., & McManus, G. M. (2003). Random-walk and efficiency tests of Central European equity markets. *Managerial Finance*, 29(4), 42-61.
- Gozbasi, O., Kucukkaplan, I., & Nazlioglu, S. (2014). Re-examining the Turkish stock market efficiency: Evidence from nonlinear unit root tests. *Economic Modelling*, 38, 381-384.
- Groenewold, N. (1997). Share market efficiency: tests using daily data for Australia and New Zealand. *Applied Financial Economics*, 7(6), 645-657.
- Grossman, S. J., & Stiglitz, J. E. (1980). On the impossibility of informationally efficient markets. *The American economic review*, 70(3), 393-408.

- Hamid, K., Suleman, M. T., Ali Shah, S. Z., Akash, I., & Shahid, R. (2010). Testing the weak form of efficient market hypothesis: Empirical evidence from Asia-Pacific markets. *International Research Journal of Finance and Economics*, Issue 58, 121-133.
- Hasanov, M. (2009). Is South Korea's stock market efficient? Evidence from a nonlinear unit root test. *Applied Economics Letters*, 16(2), 163-167.
- Hasanov, M., & Omay, T. (2007). Are the transition stock markets efficient? Evidence from nonlinear unit root tests. *Central Bank Review*, 7(2), 1-7.
- Hassan, K. M., Al-Sultan, W. S., & Al-Saleem, J. A. (2003). Stock market efficiency in the gulf cooperation council countries (GCC): The case of Kuwait stock exchange. *Development*, 1(1), 1-21.
- Hepsag, A., & Akcali B. Y. (2015). Zayıf formda piyasa etkinliğinin asimetrik doğrusal olmayan birim kök testi ile analizi: G-7 ve E-7 ülkeleri örneği. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 9(2), 73-90.
- Kapetanios, G., Shin, Y., & Snell, A. (2003). Testing for a unit root in the nonlinear STAR framework. *Journal of econometrics*, 112(2), 359-379.
- Karemera, D., Ojah, K., & Cole, J. A. (1999). Random walks and market efficiency tests: Evidence from emerging equity markets. *Review of Quantitative finance and Accounting*, 13(2), 171-188.
- Kendall, M. G., & Hill, A. B. (1953). The analysis of economic time-series-part i: Prices. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 116(1), 11-34.
- Kilic, Y. (2020). Adaptive Market Hypothesis: Evidence from the Turkey Stock Market. *Journal of Applied Economics & Business Research*, 10(1).
- Kilic, Y., & Fatih, M. B. (2016). The efficient market hypothesis: Evidence from Turkey. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 6(10), 262-272.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. *Journal of econometrics*, 54(1-3), 159-178.
- Laurence, M. M. (1986). Weak-form efficiency in the Kuala Lumpur and Singapore stock markets. *Journal of Banking & Finance*, 10(3), 431-445.
- Lee, J., & 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., & Strazicich, M. C. (2004). *Minimum LM Unit Root Test with One Structural Break* (No. 04-17).
- Lee, U. (1992). Do stock prices follow random walk?: Some international evidence. *International Review of Economics & Finance*, 1(4), 315-327.
- LeRoy, S. F. (1973). Risk aversion and the martingale property of stock prices. *International Economic Review*, 436-446.
- Lim, K. P., Brooks, R. D., & Kim, J. H. (2008). Financial crisis and stock market efficiency: Empirical evidence from Asian countries. *International Review of Financial Analysis*, 17(3), 571-591.
- Lintner, J. (1965). Security prices, risk, and maximal gains from diversification. *The journal of finance*, 20(4), 587-615.
- Lintner, J. (1975). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. In *Stochastic optimization models in finance* (pp. 131-155). Academic Press.

- Lo, A. W., & MacKinlay, A. C. (1988). Stock market prices do not follow random walks: Evidence from a simple specification test. *The review of financial studies*, 1(1), 41-66.
- Mandelbrot, B. (1966). Forecasts of future prices, unbiased markets, and” martingale” models. *The Journal of Business*, 39(1), 242-255.
- Mobarek, A., & Fiorante, A. (2014). The prospects of BRIC countries: Testing weak-form market efficiency. *Research in international Business and Finance*, 30, 217-232.
- Moustafa, M. A. (2004). Testing the weak-form efficiency of the United Arab Emirates stock market. *International journal of business*, 9(3).
- Narayan, Kumar, P. (2005). Are the Australian and New Zealand stock prices nonlinear with a unit root?. *Applied Economics*, 37(18), 2161-2166.
- Narayan, P. K., & Smyth, R. (2004). Is South Korea’s stock market efficient?. *Applied Economics Letters*, 11(11), 707-710.
- Nisar, S., & Hanif, M. (2012). Testing weak form of efficient market hypothesis: empirical evidence from South Asia. *World Applied Sciences Journal*, 17(4), 414-427.
- Oktay, T. A. S., & Atac, C. G. (2005). Testing random walk hypothesis for Istanbul stock exchange. *PressAcademia Procedia*, 9(1), 48-53.
- Osborne, M. F. (1959). Brownian motion in the stock market. *Operations research*, 7(2), 145-173.
- Osborne, M. F. (1962). Periodic structure in the Brownian motion of stock prices. *Operations Research*, 10(3), 345-379.
- Ozdemir, Z. A. (2008). Efficient market hypothesis: evidence from a small open-economy. *Applied Economics*, 40(5), 633-641.
- Özdemir, M. (2018). Kantil birim kök testleri: kırılğan beşli ülkelerinde enflasyonun kalıcılığının analizi. *Yayımlanmamış Yüksekklisans Tezi*, İstanbul.
- Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1361-1401.
- Phillips, P. C., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Samuelson, P.A., (1965), “Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly, *Industrial Management Review*, Vol. 6, No. 2, 41-49.
- Schmidt, P., & 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.
- Sewell, M. (2012). The efficient market hypothesis: Empirical evidence. *International Journal of Statistics and Probability*, 1(2), 164.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The journal of finance*, 19(3), 425-442.
- Smith, G., & Ryoo, H. J. (2003). Variance ratio tests of the random walk hypothesis for European emerging stock markets. *The European Journal of Finance*, 9(3), 290-300.
- Urrutia, J. L. (1995). Tests of random walk and market efficiency for Latin American emerging equity markets. *Journal of financial research*, 18(3), 299-309.
- Worthington, A. C., & Higgs, H. (2004). Random walks and market efficiency in European equity markets. *Global Journal of Finance and Economics*, 1(1), 59-78.
- Zivot, E., & Andrews, D. W. (1992). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3).