
HİSSE SENEDİ GETİRİLERİNDE DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİKLER: TÜRKİYE'DEN KANITLAR¹

Seher Nur SÜLKÜ²

Emre ÜRKMEZ³

Öz

Bu çalışmada Borsa İstanbul ana sektör endeksleri getirilerindeki doğrusal olmayan dinamiklerin varlığı doğrusal olmama ve kaos testleri yardımıyla araştırılmaktadır. Bu amaçla 1997-2016 dönemleri arasında Borsa İstanbul Hizmet Endeksi, Borsa İstanbul Mali Endeksi, Borsa İstanbul Sınai Endeksi ve Borsa İstanbul Teknoloji Endeksi günlük kapanış fiyat getirilerinden oluşan veri seti kullanılmıştır. Öncelikle, BDS (1996) testi kullanılarak endeks getirilerindeki doğrusal olmama test edilmiş ve doğrusal olmayan yapının varlığına yönelik kanıt elde edilmiştir. Daha sonra, endekslerin fraktal yapıya sahip olduğu dönüştürülmüş genişlik analizi ile tespit edilmiştir. Son olarak, korelasyon boyutu analizi kullanılarak günlük getirilerin başlangıç durumlarına hassas bağlılık özelliği gösterdikleri görülmüştür. Tüm bulgular bir arada değerlendirildiğinde Borsa İstanbul ana sektör endeksleri günlük getirilerinin kaotik dinamikler tarafından karakterize edildiği ve etkin piyasa hipotezinin geçerli olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmadaki tüm ampirik bulgular getiri serileri için kısa dönemde öngörü yapılabileceğini, ancak uzun dönemli öngörü yapmanın zor olduğu sonucuna işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Borsa İstanbul Endeksleri, Doğrusal Olmama, Fraktallık, Kaos
JEL Sınıflandırması: C22, C58, G10

NONLINEAR DYNAMICS IN STOCK RETURNS: EVIDENCE FROM TURKEY

Abstract

In this study, we investigate the nonlinear dynamics in the returns of Borsa Istanbul indices, based on three tests of nonlinearity and chaos. We use the daily data of Borsa Istanbul Services Index, Borsa Istanbul Financial Index, Borsa Istanbul Industrials Index and Borsa Istanbul Technology Index for the period of 1997-2016. Firstly, the nonlinearity of the series is tested by employing the BDS (1996) test that shows the evidences for the existence of the nonlinear structure. Afterwards, the fractality of the indices is proved as a result of the rescaled range analysis. Lastly, we found that daily returns have sensitivity to initial conditions by using the correlation dimension analysis. These findings show that the daily returns of Borsa Istanbul indices can be characterized by chaotic dynamics and the efficient market hypothesis does not hold. Hence, we can conclude that short-term forecasts can be made but it is difficult to make long-term forecasts for daily returns.

Keywords: Borsa Istanbul Indices, Nonlinearity, Fractality, Chaos
JEL Classification: C22, C58, G10

¹ Emre ÜRKMEZ tarafından hazırlanan "Gelişmekte Olan Ülkelerin Borsa Endekslerinin Kaotik Yapısının İncelenmesi" isimli Yayınlanmamış Doktora Tezinden üretilmiştir.

² Doç. Dr., Gazi Üniversitesi, İİBF, nursulku@gazi.edu.tr

³ Arş. Gör., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İİBF, emre.urkmez@erdogan.edu.tr

1. Giriş

Fama (1965) tarafından ortaya konulan Etkin Piyasa Hipotezi (EPH)'de, finansal varlık fiyatlarının piyasada var olan mevcut tüm bilgiyi yansıttığı ve piyasaya yeni bir bilgi girişi halinde bunun hemen finansal varlık fiyatlarına yansiyacağı görüşü savunulmaktadır. EPH'nin bir uzantısı olan rassal yürüyüş hipotezinde, geçmiş fiyat hareketlerinin bugünkü ve gelecekteki fiyat hareketlerinden ilişkisiz olduğu kabul edilmektedir. Bundan dolayı, geçmiş fiyat hareketlerinden hareketle gelecek fiyat hareketleri tahmin edilemez. Ancak pratikte finansal zaman serileri leptokörtik dağılım özelliği, durağan olmama ve uzun dönem bağımlılık gibi özellikler göstermektedir. Finansal zaman serilerinin bu özelliklerden bir veya daha fazlasına sahip olması zayıf formda piyasa etkinliğinin geçerli olmamasına, dolayısıyla rassal yürüyüş hipotezine dayalı yapılan testlerin ve tahminlerin geçerliliğini yitirmesine neden olabilir. Bu durum literatürde çok sayıda çalışma tarafından ortaya konulmuştur: Mandelbrot (1963), Fama (1965), Fama (1970), Basu (1977), Laffont ve Maskin (1990), Fama (1991), Timmermann ve Granger (2004), Borges (2010), Westerlund ve Narayan (2013), Mobarek ve Fiorante (2014), Urquhart ve McGroarty (2016).

Kaos teorisi ise hisse senedi fiyatlarının rassal olduğunu ancak fiyatların kendi içinde belirli bir düzene göre değiştiğini ortaya koyar. Bu durum başlangıç durumlarına hassas bağıllık özelliği tarafından karakterize edilmektedir. Başlangıç durumlarına hassas bağıllık söz konusu olduğunda; bir dinamik sistemin başlangıç durumundaki en ufak bir değişiklik onun gelecek fiyat hareketlerinde büyük bir değişikliğe yol açabilmekte, sistemin uzun vadeli davranışını öngörmek olanaksız hale gelmektedir. Kaos teorisinde bu olgu kelebek etkisi adıyla bilinmektedir (Eser, 2013:283).

Finansal zaman serileri hareketlerinin ortaya çıkarılması için kaotik özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Borsa İstanbul ana sektör endeksleri olan Borsa İstanbul Hizmet Endeksi, Borsa İstanbul Mali Endeksi, Borsa İstanbul Sınai Endeksi ve Borsa İstanbul Teknoloji Endeksi getirilerinde kaotik dinamiklerin varlığı 02.01.1997-30.12.2016 dönemi için araştırılmaktadır. Peters (1994), bir sürecin kaotik olabilmesi için başlangıç durumlarına hassas bağıllık ve fraktal boyutun iki gerekli koşul olduğu ifade etmektedir. Dolayısıyla serilerin doğrusal olup olmamaları BDS (1996) testi ile sınılandıktan sonra fraktal yapıya sahip olup olmadıkları dönüştürülmüş genişlik analizleri ve başlangıç durumlarına hassasiyetleri korelasyon boyutu analizleri uygulanarak incelenmiştir.

Literatürde Borsa İstanbul endeksi için yapılan çalışmalar olmasına karşın ana sektör endekslerinin yapısı araştırılmamıştır. Dolayısıyla, bu çalışmanın literatüre katkısı üç açıdan değerlendirilebilir. Birinci olarak, Borsa İstanbul ana sektör endekslerinde kaotik dinamiklerin varlığı incelenmektedir. İkincisi, endeks getirilerinde doğrusal olmayan yapının kaynağı analiz edilmektedir. Son olarak da, Borsa İstanbul ana sektör endekslerinde EPH'nin geçerli olup olmadığı test edilmektedir.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünden sonra ikinci bölümde Borsa İstanbul üzerine yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde veri seti ve ekonometrik yöntemler tanıtılmıştır. Daha sonra dördüncü bölümde, yapılan analizler sonucunda ampirik bulgular yorumlanmıştır. Son bölümde ise genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2. Literatür Özeti

Finans literatüründe kaotik yapının analizine yönelik ilk çalışmalar Brockett vd. (1988), Scheinkman ve LeBaron (1989) ve Hsieh (1991) tarafından yapılmıştır. 1990'lara dayanan yeni bir kavram olan kaos teorisi uluslararası piyasalar için hızla ilgi görmüştür. Ancak gelişmekte olan ülkelerde kaotik yapıyı inceleyen sınırlı sayıda çalışmalar bulunmaktadır. Türkiye'de ise bu alanda çok az sayıda çalışma olduğu gözlemlenmiştir. Bu bölümde Türkiye hisse senedi piyasaları üzerinde yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

Çinko (2006) çalışmasında, 1989-2006 dönemleri arası İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB) 100 endeksi günlük getirilerinin doğrusal olup olmadığını araştırmıştır. BDS (1996) testinin kullanıldığı çalışmada getirilerin, doğrusal olmayan bir yapıya sahip olduğunu tespit etmiştir.

İşeri vd. (2008), 1987-2006 yılları arasında Borsa İstanbul endeksi günlük kapanış getirilerinde kaotik yapının varlığını araştırmışlardır. Hisse senedi getirilerindeki kaotik yapının varlığını korelasyon boyutu ve faz uzayı grafiği ile analiz etmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda, getirilerin kaotik bir yapı sergilediği ve Borsa İstanbul endeksi günlük getirileri için uzun dönem öngörüsünün yapılamayacağını elde etmişlerdir.

Özer ve Ertokatlı (2010), 1982-1997 dönemleri arası Borsa İstanbul tüm endeksinin günlük getirilerinin doğrusal olup olmadığını BDS (1996) ve Hinich Bispectral testleriyle, kaotik yapının varlığını ise Lyapunov üsseli ve NEGM testleri ile analiz etmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda, Borsa İstanbul tüm endeks getirilerinin fiyat hareketlerinin doğrusal olmayan ve kaotik dinamikler tarafından belirlendiği tespit etmişlerdir. Bunun sonucunda, Borsa İstanbul endeksi için zayıf formda EPH'nin geçerli olmadığını ortaya koymuşlardır.

Özdemir ve Akgül (2014), 1987-2011 dönemlerinde İstanbul Menkul Kıymetler (İMKB) 100 endeksi günlük getirilerinin kaotik yapıya sahip olup olmadığını araştırmışlardır. BDS (1996) testi ve Lyapunov üsseli yönteminin kullanıldığı çalışmada borsa endeksinin kaotik karakteristik özelliklere sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Günay (2015), 1997-2014 yılları arası önde gelen gelişmekte olan ülkelerin borsa endekslerinin günlük getirilerinde kaosun varlığını test etmiştir. BDS (1996) testi, en büyük Lyapunov üsseli ve kutu sayım yönteminin kullanıldığı çalışmada, Borsa İstanbul endeksi getirilerinde kaotik yapının varlığı tespit etmiştir.

Birgili vd. (2015), 1988-2011 dönemleri arasında Borsa İstanbul (BIST) 100 endeksinin günlük kapanış fiyatlarının doğrusal olup olmadığını BDS (1996) testi ile analiz etmişlerdir. Yapılan analiz sonucunda, BIST100 endeksinin doğrusal olmayan bir yapıya sahip olduğu tespit etmişlerdir. Bunun sonucunda BIST100 endeksinde zayıf formda EPH'nin geçerli olmadığı ortaya koymuşlardır.

İşi ve Çemrek (2015), 2011-2015 yılları arasında Borsa İstanbul (BIST) 100 günlük kapanış endeksi değerlerinin kaotik yapısını korelasyon boyutu ve Lyapunov üsseli yöntemi ile incelemişlerdir. Analizler sonucunda, BIST100 endeksinin deterministik kaos yapısına sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Alpar ve Eren (2016), 1988-2012 dönemleri arasında İstanbul Menkul Kıymetler (İMKB) 100 endeksinin günlük kapanış değişim değerleri verilerinde, Lyapunov üsseli yöntemi ile kaosun varlığını test etmişlerdir. En büyük Lyapunov üsseli değerinin pozitif değerler aldığı tespit etmişlerdir. Bunun sonucunda İMKB100 endeksinin kaotik bir yapıya sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Literatürdeki çalışmalar bir arada değerlendirildiğinde, Türkiye’de borsa endeksi serisinin farklı dönemler boyunca doğrusal olmayan ve kaotik bir yapı sergilediği görülmüştür. Literatürde Borsa İstanbul endeksi farklı dönemler için incelenmiş olmasına rağmen bunu oluşturan dört ana sektör endekslerinin davranışları incelenmemiştir. Bu çalışmada bu boşluğu doldurarak literatüre katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

3. Veri Seti ve Yöntem

3.1. Veri Seti

Bu çalışmada Borsa İstanbul (BIST) ana sektör endeksleri getirilerinde kaotik dinamiklerin varlığı araştırılmaktadır. Bu amaçla veri seti 02.01.1997-30.12.2016 dönemleri arasında Borsa İstanbul Hizmet Endeksi (XUHIZ), Borsa İstanbul Mali Endeksi (XUMAL), Borsa İstanbul Sınai Endeksi (XUSIN) ve Borsa İstanbul Teknoloji Endeksi (XUTEK) günlük kapanış endeks değerlerinden oluşmaktadır. Çalışmada veri seti Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası EVDS veri tabanından temin edilmiştir. Her

bir endeks için getiri serileri $r_t = 100(\log P_t - \log P_{t-1})$ dönüşümüyle hesaplanmıştır. Burada r_t t dönemindeki endeksin getirisini, P_t t dönemindeki endeksin kapanış fiyatını ve P_{t-1} ise $t-1$ dönemindeki endeksin kapanış fiyatını temsil etmektedir.

3.2. Ekonometrik Yöntem

Bu çalışmada Borsa İstanbul ana sektör endekslerinin kaotik dinamiklerinin test edilmesinde üç farklı yaklaşımdan yararlanılmıştır. Öncelikle endeks getirilerinin doğrusal olmayan yapıları BDS (1996) testi ile analiz edilmiştir. Ardından Dönüştürülmüş Genişlik (R/S) analizi ile elde edilen Hurst üsselleri tahmin edilerek serilerin uzun dönem bağımlılığa sahip olup olmadıkları incelenmiştir. Son olarak da, korelasyon boyutu analizi ile endeks getirilerinde kaotik yapının varlığı araştırılmıştır. Bahsi geçen bu üç yöntem aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır.

3.2.1. Brock, Dechert ve Scheinkman (BDS) Testi

William Brock, Davis Dechert ve Jose Scheinkman tarafından 1996 yılında tanıtılan BDS testi, finansal zaman serisindeki doğrusal olmayan bağımlılıkların belirlenmesinde kullanılan bir testtir. Bu test doğrusal bağımlılık, doğrusal olmayan bağımlılık ve kaos da dahil olmak üzere bağımsızlıktan olası çeşitli sapmalara karşı test yapmak için kullanılmaktadır. BDS testi, artıkların bağımsız ve özdeş dağılımlı (identically, independently distributed, i.i.d.) olup olmadığı kontrol etmek için bir dizi tahmini kalıntılara uygulanmaktadır. BDS testinin uygulanabilmesi için öncelikle, finansal zaman serisine en uygun otoregresif hareketli ortalama (ARMA) modeli seçilmekte ve veri setine uydurulmaktadır. Bu sayede verilerde yer alan tüm doğrusal yapılar yok edilmiş olmaktadır. İkinci adımda ise test, ARMA modelinin doğrusal olarak bağımsız olan hata terimleri üzerine uygulanmaktadır. Böylelikle, hata terimlerinde bulunacak olan tüm bağımlılıklar doğrusal olmayacaktır. Bu nedenle, BDS testi doğrusal olmayan yapının belirlenmesinde dolaylı bir yöntem sunmaktadır. BDS testi, test istatistiği olarak Eşitlik 1'deki gibi tanımlanan korelasyon integralini kullanmaktadır.

$$C_{m,n}(\varepsilon) = \frac{1}{\binom{n}{2}} \sum_{1 \leq s < t} \sum_{s < t \leq n} I_\varepsilon (\|x_s^m - x_t^m\|) \quad (1)$$

Burada, m yerleştirme boyutunu, n gözlem sayısını, ε gözlem çiftleri arasındaki maksimum farkı, x filtrelenmiş modelin artıklarını ya da endeks (veri) serisini ifade etmektedir. I_ε fonksiyonu ise, gösterge fonksiyonu olarak tanımlanmakta ve aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$I_\varepsilon = \begin{cases} 1, & |x_s - x_t| < \varepsilon \\ 0, & \text{Diğer durumlarda} \end{cases} \quad (2)$$

Eşitlik 2, x_s ile x_t gözlemleri arasındaki farkın alındığını göstermekte ve seçilen ε değeri gösterge fonksiyonundan daha küçük ise bir değerini, diğer durumlarda sıfır değerini alacak şekilde tanımlanmaktadır.

3.2.2. Dönüştürülmüş Genişlik (R/S) Analizi: Hurst Üsseli

Hurst (1951) ile Mandelbrot ve Wallis (1969) tarafından geliştirilmiş olan dönüştürülmüş genişlik (rescaled range, R/S) analizi, finansal zaman serilerinin uzun dönem bağımlılığa sahip olup olmadıklarının tespit edilmesinde ve kendine benzerlik parametresi olan Hurst üsselinin hesaplanmasında kullanılan bir yöntemdir.

R/S istatistiğinin hesaplanabilmesi için r_1, r_2, \dots, r_N gibi bir getiri serisi örnekleme ele alınmakta ve Eşitlik 3, Eşitlik 4 ve Eşitlik 5 yardımı ile Hurst üsseli katsayısı (H) tahmin edilebilir:

$$X_{t,N} = \sum_{t=1}^N (r_t - M_N) \quad (3)$$

Eşitlik 3'de, $X_{t,N}$: kümülatif sapma serisini, r_t t dönemindeki getiriyi ve M_N ise ortalama getiriyi ifade etmektedir.

Ortalama seviyeden kümülatif sapmaların genişliği (range, R), N dönem boyunca maksimum ve minimum kümülatif sapmalar arasındaki farktır ve Eşitlik 4'deki gibi ifade edilebilir:

$$R_N = \text{Max}(X_{t,N}) - \text{Min}(X_{t,N}) \quad 1 \leq t \leq N \quad (4)$$

Burada, R_N kümülatif sapmaların genişliği, N toplam gözlem sayısını ve t ise N 'de yer alan zamanın bir tamsayı artışını göstermektedir.

Hurst gözlem değerlerini standardize etmek amacıyla hesaplanan bu genişlik (R) değerini gözlem değerlerinin (r_t) standart sapmasına böler ve Eşitlik 5 yardımıyla R/S istatistiği tahmin edilebilir (Aygören, 2008:128).

$$R / S = (\alpha \times N)^H \quad (5)$$

Eşitlik 5'de, R/S dönüştürülmüş genişlik, α sabit parametre, N gözlem sayısı ve H Hurst üsselinin göstermektedir. Hurst üsselinin tahmin edilebilmesi için her iki tarafının logaritmasının alınıp ve aşağıdaki gibi yeniden yazılırsa,

$$\log(R/S) = \log(\alpha) + H \times \log(N) \quad (6)$$

Eşitlik 6 yardımıyla dönüştürülmüş genişlik (R/S) değerleri ile gözlem sayısı (N) arasında regresyon denklemi kurulur ve Sıradan En Küçük Kareler (OLS) yöntemine göre tahmin edilmektedir. Tahmin edilen bu regresyon denkleminin eğimi Hurst üsseli katsayısının değerini göstermektedir. Hurst üsseli 0 ile 1 arasında değerler alabilmektedir. Hurst üsseli 0.5 olması durumunda getirilerin rassal bir yürüyüş izlediği, 0.5'den daha küçük bir Hurst üsseli getirilerin ortalamaya dönüşlü, diğer bir ifadeyle uzun dönem bağımlılığa sahip olmadığı bir süreci ve 0.5'den daha büyük bir Hurst üsseli getirilerin dirençli bir yapıya, başka bir ifadeyle uzun dönem bağımlılığa sahip olduğu anlamına gelmektedir.

3.2.3. Korelasyon Boyutu Analizi

Grassberger ve Procaccia (1983) tarafından tanıtılan korelasyon boyutu, finansal zaman serilerinde kaosu belirlemede kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, Borsa İstanbul endekslerinde kaosu olası varlığının belirlenmesinde yardımcı olmak amacıyla endeks serilerinin kaotik düzeyini incelemektedir. Korelasyon boyutu analizi otokorelasyon ve koşullu değişen varyansın olası sorunlarını ortadan kaldırmak için ARMA ve GARCH modellerinin standartlaştırılmış artıklarına da uygulanmayı gerektirmektedir (Diaz, 2013:6). Bu filtreleme sürecini, standartlaştırılmış artıkların m geçmiş değerlerinin oluşturulması izlemekte ve süreç Eşitlik 7'deki gibi gösterilebilir:

$$\begin{aligned} x_t^1 &= x_t \\ x_t^2 &= (x_{t-1}, x_t) \\ &\vdots \\ x_t^m &= (x_{t-m+1}, \dots, x_t) \end{aligned} \quad (7)$$

Burada t geçmiş, m boyutlu uzayda belirli bir noktayı temsil etmektedir. Eşitlik 8'de gösterildiği gibi korelasyon boyutunu tanımlamak için korelasyon integralinin hesaplanması gerekmektedir.

$$C_m(\varepsilon) = \lim_{T \rightarrow \infty} \left\{ (t, s), 0 < t, s < T : \left\| x_t^m - x_s^m \right\| < \varepsilon \right\} / T^2 \quad (8)$$

Eşitlik 8'de m yerleştirme boyutunu, ε gözlem noktaları arasındaki maksimum farkı, $\| \cdot \|$ gözlem çiftleri arasındaki Öklid farkını göstermektedir. Burada ε değeri bu farktan küçük ise bir değerini, diğer durumlarda sıfır değerini alacak şekilde tanımlanmaktadır. Korelasyon boyutu ise,

$$D = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\log C_m(\varepsilon)}{\log(\varepsilon)} \quad (9)$$

formülü ile hesaplanabilir. Korelasyon boyutu analizi kaotik davranışın doğrulanması için gerekli bir süreçtir. Kaotik sistemler için korelasyon boyutu genel olarak birden büyük olmakta ve kesirli değerler almaktadır.

4. Ampirik Bulgular

Borsa İstanbul ana sektör endeksleri için tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de özetlenmektedir. Öncelikle analiz edilen dönemde ortalama getirilerin pozitif olduğu, en yüksek ortalama getiri BIST Mali (XUMAL) endeksinde %9.43 ve en düşük ortalama getiri ise BIST Teknoloji (XUTEK) endeksinde %3.75 olduğu görülmektedir. Borsa İstanbul endekslerinin çarpıklık değerleri hepsi için negatif hesaplanmış ve getirilerin sola çarpık bir dağılıma sahip olduğu belirlenmiştir. Endeks getirilerinin basıklık değerleri ise normal dağılım için gerekli olan 3 değerinden büyüktür. Bu durum, getirilerin normal dağılıma göre daha dik bir dağılıma sahip olduğuna işaret etmektedir. Jarque-Bera (JB) test istatistiği sonuçları da getirilerin normal dağılıma sahip olmadığını desteklemektedir. Elde edilen sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde getiri serilerinin leptokörtik bir dağılım sergilediği görülmektedir.

Tablo 1: Borsa İstanbul Ana Sektör Endekslerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

BIST Endeksleri	Verinin Başlangıcı	N	Ortalama	Std. Sp.	Çarpıklık	Basıklık	JB Testi
BIST Hizmet (XUHIZ)	2 Haziran 1997	4991	0.0774	2.3100	-0.0064	11.3059	14346.95*
BIST Mali (XUMAL)	2 Haziran 1997	4991	0.0943	2.7406	-0.0032	8.4651	6211.259*
BIST Sınai (XUSIN)	2 Haziran 1997	4991	0.0873	2.1315	-0.2741	11.3770	14655.95*
BIST Teknoloji (XUTEK)	30 Haziran 2000	4135	0.0375	2.3237	-0.2103	12.9500	17088.10*

Not: *, **, *** sırasıyla %1, %5 ve %10 güven düzeylerini, N: Gözlem sayısını, Std. Sp. Standart sapmayı ve JB: Jarque-Bera test istatistiği sonucunu göstermektedir.

Endeks getiri serilerinin durağanlığı Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF, 1979) testi ile incelenmiş ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Öncelikle ADF birim kök testi sonuçlarına göre, test istatistiği değerlerinin %1 anlam düzeyinde verilen -2.56 tablo kritik değerinden daha negatif olduğundan birim kök olduğunu gösteren sıfır hipotezinin tüm endeks getirileri için reddedilmektedir. Bu sonuç, endeks getirilerinin düzeyde durağan olduğunu göstermektedir. Serilerin durağanlığından emin olduktan sonra BDS testini uygulamadan önce otoregresif hareketli (ARMA) ve koşullu değişen varyans (ARCH) modelleri oluşturulmuştur. ARMA ve GARCH modellerinin derecesi belirlenirken, Akaike bilgi kriterinin (AIC) minimum değerini veren modeller tercih edilmiştir. Bu modellerde serisel korelasyon olup olmadığını incelemek amacıyla Lagrange çarpanı (LM) testi kullanılmış ve endekslerin serisel korelasyon içermediği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca koşullu değişen varyans problemini test etmek amacıyla bu modellerin artıklarına ARCH-LM testi uygulanmış ve ARCH etkisine sahip olduğu tespit edilmiştir. Son olarak GARCH modellerine geçilmiş ve bu modellerin standartlaştırılmış artıklarında ARCH etkisinin olup olmadığı test edilmiş ve varyansın sabit olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Tablo 2: Borsa İstanbul Ana Sektör Endeksleri için Birim Kök ve ARMA-GARCH Model Özet İstatistikleri

BIST Endeksleri	ADF	ARMA	AIC	LM	ARCH-LM	GARCH	AIC	ARCH-LM
XUHIZ	-70.30*	(2,2)	4.5098	0.3549	412.7658*	(2,2)	3.9819	7.3540
XUMAL	-69.46*	(2,2)	4.8527	2.2542	452.7911*	(2,2)	4.4991	0.9885
XUSIN	-68.65*	(3,2)	4.3503	2.3830	935.1305*	(2,2)	3.8144	4.8381
XUTEK	-63.04*	(2,2)	4.5182	0.4396	632.9112*	(3,2)	4.0511	1.0535

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

Endeks getirileri, ARMA ve GARCH modellerinin standartlaştırılmış artıkları için hesaplanan BDS (1996) test istatistiği sonuçları Tablo 3'de verilmektedir. Gözlem değerlerinin bağımsız ve özdeş dağılımlı olduğunu gösteren sıfır hipotezi tüm endeks verileri için %5 anlam düzeyinde reddedilmiştir. Diğer bir deyişle, tüm endeks getiri serilerinde doğrusal olmayan bağımlılıkların varlığı tespit edilmiştir. Bu nedenle tüm endeks getiri serileri için zayıf formda etkin piyasa hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca ARCH ailesi modellerinin getiri serilerindeki mevcut tüm bilgiyi yakalamada yeterli olmadığı görülmüştür. Bu nedenle getiri serilerinde kaotik dinamiklerin varlığının serilerde kalmış olabileceği ve bu durumda ARCH ailesi modelleriyle açıklanamayacağı sonucuna varılabilir.

Tablo 3: Borsa İstanbul Ana Sektör Endekslerinin BDS (1996) Testi Sonuçları

XUHIZ	XUHIZ Getirileri				ARMA Standartlaştırılmış Artıklar				GARCH Standartlaştırılmış Artıklar			
	ϵ/σ	0.5	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.5
2	20.34	21.89	21.50	19.64	20.31	21.77	21.28	19.29	0.07	0.447	1.003	1.610
3	27.60	28.48	26.88	23.89	27.82	28.37	26.74	23.72	0.21	0.802	1.516	2.106
4	34.39	33.50	30.06	25.95	34.54	33.31	29.96	25.90	0.07	0.608	1.466	2.261
5	42.20	38.26	32.56	27.44	42.15	37.98	32.45	27.40	0.63	0.131	1.064	1.969
6	52.47	43.77	35.11	28.87	52.21	43.43	34.97	28.81	1.31	0.114	0.853	1.786
XUMAL	XUMAL Getirileri				ARMA Standartlaştırılmış Artıklar				GARCH Standartlaştırılmış Artıklar			
	ϵ/σ	0.5	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.5
2	13.04	14.85	15.92	17.09	13.11	14.84	15.98	16.99	1.97	1.47	0.52	0.98
3	18.99	21.08	21.43	21.18	19.26	21.15	21.49	21.03	1.54	0.91	0.06	1.43
4	23.90	25.54	24.90	23.32	24.14	25.59	24.95	23.21	1.16	0.57	0.08	1.43
5	29.19	29.85	28.00	25.40	29.43	29.90	28.03	25.29	0.86	0.08	0.37	1.56
6	34.90	34.16	30.75	27.12	35.34	34.28	30.81	27.01	0.72	0.12	0.53	1.66
XUSIN	XUSIN Getirileri				ARMA Standartlaştırılmış Artıklar				GARCH Standartlaştırılmış Artıklar			
	ϵ/σ	0.5	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.5
2	21.32	22.72	22.36	21.74	20.96	22.64	22.54	21.82	0.08	0.76	2.02	3.26
3	29.92	30.26	28.56	26.74	29.43	30.11	28.71	26.70	0.69	1.30	2.47	3.49
4	38.69	35.61	31.81	28.68	38.02	35.38	31.94	28.62	0.86	1.28	2.41	3.37
5	49.25	40.96	34.70	30.42	48.29	40.67	34.79	30.34	0.75	1.09	2.12	3.07
6	62.91	46.94	37.59	32.01	61.55	46.62	37.69	31.95	0.61	0.98	1.89	2.81
XUTEK	XUTEK Getirileri				ARMA Standartlaştırılmış Artıklar				GARCH Standartlaştırılmış Artıklar			
	ϵ/σ	0.5	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.5
2	17.47	18.80	19.40	18.85	16.61	18.33	19.32	18.71	0.15	0.26	0.88	1.86
3	23.66	24.56	24.35	22.91	22.70	24.04	24.08	22.64	0.88	1.07	1.65	2.61
4	28.16	27.91	26.82	24.65	27.29	27.48	26.56	24.37	0.72	0.91	1.54	2.43
5	34.29	31.42	28.89	25.95	33.25	31.07	28.68	25.70	0.91	1.04	1.57	2.43
6	41.85	35.07	30.71	26.78	40.67	34.88	30.56	26.58	0.80	0.87	1.38	2.28

Not: BDS test istatistiği için tablo kritik değerleri %5 ve %1 anlam düzeylerinde sırasıyla 1.960 ve 2.575'dir.

Endeks serilerinde fraktallığın parametrelerinden biri olan uzun dönem bağımlılığın olup olmadığını incelemek amacıyla dönüştürülmüş genişlik (R/S) analizi yapılmıştır. R/S analizi yöntemi ile tahmin edilmiş Hurst üsseli sonuçları Tablo 4'de gösterilmektedir. Endeks getirileri için hesaplanan Hurst üsseli değerleri $0.5 < H < 1$ referans aralığında yer aldığı görülmektedir. Hurst üsselerinin 0.5'den büyük olduğundan, endeks getirilerinin uzun dönem bağımlılığa sahip olduğu, diğer bir ifadeyle getirilerin fraktal bir yapı sergilediği sonucuna ulaşılmaktadır. Ayrıca endeks getirilerinin dirençli bir yapı sergiledikleri de tespit edilmiştir.

Tablo 4: Borsa İstanbul Ana Sektör Endekslerinin Hurst Üsseli Tahmin Sonuçları

Borsa Endeskleri	XUHIZ	XUMAL	XUSIN	XUTEK
Hurst	0.6447	0.6502	0.6589	0.6567

İncelenen serilerde fraktal yapı tespit edilmiştir. Kaotik bir yapının diğer bir önemli özelliği olan başlangıç durumlarına hassas bağıllık özelliğini korelasyon boyutu analizi ile incelenmiştir. BIST ana sektör endeks serileri için korelasyon boyutu tahminleri Tablo 5'de verilmektedir. Borsa endeksi serilerinin hesaplanan korelasyon boyutu değerlerinin birden büyük ve kesirli değerler aldığı görülmektedir. Bu durum, endeks serilerinin deterministik kaos yapısına sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 5: Borsa İstanbul Ana Sektör Endekslerinin Korelasyon Boyutu Analizi Sonuçları

Korelasyon Boyutları	Yerleştirme Boyutları (m)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
XUHIZ getirileri	1.990	2.957	3.905	4.830	5.773	6.622	7.408	9.464	6.169
ARMA std. artıklar	1.977	2.969	3.848	4.794	5.816	6.314	6.479	6.999	7.650
GARCH std. artıklar	2.003	2.957	3.885	4.776	5.846	6.554	7.496	8.994	9.477
XUMAL getirileri	1.993	2.971	4.087	4.889	4.463	6.426	5.817	6.883	7.180
ARMA std. artıklar	1.998	2.991	3.955	4.707	5.607	6.317	6.603	7.446	8.381
GARCH std. artıklar	1.989	2.989	4.013	4.983	5.600	6.543	7.499	8.343	10.659
XUSIN getirileri	2.003	2.987	3.911	4.885	5.705	7.170	7.449	8.035	8.314
ARMA std. artıklar	1.989	2.944	3.777	4.896	5.853	5.593	6.144	7.170	7.685
GARCH std. artıklar	2.012	3.047	3.901	4.650	5.848	6.535	7.346	8.146	8.353
XUTEK getirileri	0.998	1.990	2.952	3.888	4.891	5.822	6.649	6.921	5.524
ARMA std. artıklar	0.998	1.997	2.900	3.886	4.840	5.310	5.990	6.895	7.205
GARCH std. artıklar	1.001	1.982	2.914	3.894	4.836	5.604	6.320	7.120	7.983

Tüm analizler bir arada değerlendirildiğinde BIST ana sektör endekslerinde kaotik yapının tüm özellikleri sağlamaktadır. Endeks getirilerinde kaotik bir yapının var olması, Borsa İstanbul ana sektör endekslerinde etkin piyasa hipotezinin geçerli olmadığını ve geçmiş fiyat hareketlerinden hareketle gelecek fiyat hareketlerinin kısa dönemde tahmin edilebileceğini, ancak uzun dönemde öngörü yapmanın güç olduğunu göstermektedir.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada, Borsa İstanbul ana sektör endeksleri olan Borsa İstanbul Hizmet Endeksi, Borsa İstanbul Mali Endeksi, Borsa İstanbul Sınai Endeksi ve Borsa İstanbul Teknoloji Endeksi getirilerindeki kaotik dinamiklerin varlığı araştırılmıştır. Bu amaçla 02.01.1997-30.12.2016 döneminde dört ana sektör endeksinin günlük kapanış fiyat getirileri incelenmiştir. Çalışma, endeks getirilerindeki doğrusal olmayan yapının kaynağı tespit ederek ve sektör endeksleri için EPH'nin geçerliğini sınavarak literatüre önemli katkıda bulunmaktadır.

Analizlerde öncelikle Borsa İstanbul ana sektör endeks serilerinin durağanlığı genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF, 1979) birim kök testi ile incelenmiş ve serilerin düzeyde durağan olduğu bulunmuştur. Sonrasında BDS (1996) testi endeks getirilerine uygulanmıştır. Devamında bu getiriler için en uygun ARMA ve ARCH modelleri tahmin edilmiş ve BDS (1996) testi bu modellerin standartlaştırılmış artıklarına da uygulanmıştır. BDS (1996) testi sonucuna göre, endeks getirileri ve ARMA modelinin standartlaştırılmış artıklarında doğrusal olmayan bağımlılıklara rastlanılmıştır. Bu doğrusal olmayan bağımlılığının kaynağının değişen varyanstan kaynaklanıp kaynaklanmadığını incelemek amacıyla test GARCH modelinin standartlaştırılmış artıklarına da uygulanmış ve BDS (1996) testinin sıfır hipotezi yüksek boyutlarda reddedildiği görülmüştür. Bu durum endeks serilerinde hala doğrusal olmayan bağımlılıkların kalmış olabileceğini ve bu doğrusal olmayan

bağımlılıkların kaynağının kaotik dinamiklerin varlığı olabileceğini göstermektedir. Ayrıca ARCH ailesi modellerinin getiri serilerindeki mevcut tüm bilgiyi yakalamada yeterli olmadığı tespit edilmiştir.

Borsa İstanbul ana sektör endeksleri getirilerinde fraktallığın parametrelerinden olan uzun dönem bağımlılığın olup olmadığı dönüştürülmüş genişlik (R/S) analizi ile test edilmiştir. Getiri serileri için hesaplanan Hurst üsseli değerlerinin $0.5 < H < 1$ referans aralığında yer aldığı görülmüştür. Hurst üssellerinin 0.5'den büyük olması getirilerin uzun dönem bağımlılığa sahip olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle ana sektör endeksleri fraktal bir yapı sergilemektedir.

Son olarak kaotik bir yapının diğer bir özelliği olan başlangıç durumlarına hassas bağıllık özelliği korelasyon boyutu analizi ile incelenmiştir. Her bir endeks serisi için hesaplanan korelasyon boyutları birden büyük ve kesirli değerler aldıkları görülmüştür. Bu durum, endeks serilerinin deterministik kaos yapısına sahip olduğunu ve sistemin uzun dönem öngörüsünün yapılamayacağını göstermektedir.

Tüm bulgular bir arada değerlendirildiğinde, analiz edilen dönemde Borsa İstanbul ana sektör endekslerinde doğrusal olmayan ve kaotik dinamikler tarafından karakterize edilmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, Borsa İstanbul ana sektör endekslerinde etkin piyasa hipotezi geçerli değildir. Dolayısıyla geçmiş fiyat hareketlerinden hareketle gelecek fiyat hareketlerinin kısa dönemde sadece seanslık ya da günlük tahmin edilebilir, ancak uzun dönemde öngörü yapmak zordur.

Kaynakça

- Alpar, O. ve Eren, Ö. (2016). IMKB100 Endeks Değişim Değerlerinde Lyapunov Üsteli Metoduyla Kaosun İncelenmesi. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 30(8), 151-174.
- Aygören, H. (2008). İstanbul Menkul Kıymetler Borsasının Fractal Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(1), 125-134.
- 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*, 32(3), 663-682.
- Birgili, E., Üçay, K. ve Esen, Ö. (2015). BIST 100 (XU100) Endeksinde Doğrusal Dışı Yapılar. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 10(2), 143-167.
- Borges, M.R. (2010). Efficient Market Hypothesis in European Stock Markets. *The European Journal of Finance*, 16(7), 711-726.
- Brock, W. A., Dechert, W.D., Scheinkman, J. ve LeBaron, B. (1996). A Test For Independence Based On Correlation Dimension. *Econometric Reviews*, 15(3), 197-235.
- Brockett, P.L., Hinich, M.J. ve Patterson, D. (1988). Bispectral Based Tests for the Detection of Gaussianity and Linearity in Time Series. *Journal of American Statistical Association*, 83(403), 657-664.
- Çinko, M. (2006). İstanbul Menkul Kıymetler Borsası 100 Endeksinin Doğrusallık Testi. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 3, 23-31.
- Diaz, J.F.T. (2013). Evidence of Noisy Chaotic Dynamics in the Returns of Four Dow Jones Stock Indices. *Annual Review of Chaos Theory, Bifurcations and Dynamical Systems*, 4, 1-15.
- Diks, C. (1999). *Nonlinear Time Series Analysis Methods and Applications (1. Edition)*. London: World Scientific.
- Enders, W. (2010). *Applied Econometric Time Series (3. Edition)*. New Jersey: Wiley.
- Eser, R. (2013). Finansal Piyasalarda Kompleksite, Kaos ve Düzenleme. *Mülkiyeliler Birliği Yayını*, 11(1), 281-304.

- 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. *The Journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- Fama, E.F. (1991). Efficient Capital Markets: II. *The Journal of Finance*, 45(5), 1575-1617.
- Grassberger, P. ve Procaccia, I. (1983). Measuring the Strangeness of Strange Attractors. *Physica*, 9, 189-208.
- Gujarati, D. N. ve Porter, D.C. (2010). *Essentials of Econometrics (5th ed.)*. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Günay, S. (2015). BIST100 Endeksi Fiyat ve İşlem Hacminin Fraktallık Analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 16(1), 35-50.
- Günay, S. (2015). Chaotic Structure of the BRIC Countries and Turkey's Stock Market. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 5(2), 515-522.
- Hsieh, D.A. (1991). Chaos and Nonlinear Dynamics: Application to Financial Markets. *The Journal of Finance*, 46(5), 1839-1877.
- Hurst, H.E. (1951). Long Term Storage Capacity of Reservoirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 116(1), 770-799.
- İşeri, M., Çağlar, H. ve Çağlar, N. (2008). A Model Proposal for the Chaotic Structure of Istanbul Stock Exchange. *Chaos, Solitons and Fractals*, 36, 1392-1398.
- İşi, A. ve Çemrek, F. (2015). Kaotik Zaman Serileri Analizi: BIST100 Endeksi. *Uluslararası 9. İstatistik Kongresi*, 169-170, Antalya.
- Laffont, J.J. ve Maskin, E.S. (1990). The Efficient Market Hypothesis and Insider Trading on the Stock Market. *The Journal of Political Economy*, 98(1), 70-93.
- Mandelbrot, B.B. (1963). The Variation of Certain Speculative Prices. *The Journal of Business*, 36(4), 394-419.
- Mandelbrot, B.B. ve Wallis, J.R. (1969). Robustness of the Rescaled Range R/S in the Measurement of Noncyclic Long-Run Statistical Dependence. *Water Resources Research*, 5(5), 1583-1594.
- Mobarek, A. ve Fiorante, A. (2014). The Prospects of BRIC Countries: Testing Weak Form Market Efficiency. *Research in International Business and Finance*, 30, 217-232.
- Özdemir, S.D. ve Akgül, I. (2014). Hisse Senedi Piyasalarının Kaotik Yapısı ve Yapay Sinir Ağları ile Öngörüsü: İMKB-100 Örneği. *İktisat, İşletme ve Finans*, 29(336), 31-58.
- Özer, G. ve Ertokatlı, C. (2010). Chaotic Processes of Common Stock Index Returns: An Empirical Examination on Istanbul Stock Exchange (ISE) Market. *African Journal of Business Management*, 4(6), 1140-1148.
- Peters, E.E. (1994). *Fractal Market Analysis: Applying Chaos Theory to Investment and Economics (1st ed.)*. New York: Wiley.
- Scheinkman, J.A. ve LeBaron, B. (1989). Nonlinear Dynamics and Stock Returns. *The Journal of Business*, 62(3), 311-337.
- Timmermann, A. ve Granger, C.W.J. (2004). Efficient Market Hypothesis and Forecasting. *International Journal of Forecasting*, 20(1), 15-27.
- Ural, M. ve Demireli, E. (2009). Hurst Üstel Katsayısı Aracılığıyla Fraktal Yapı Analizi ve İMKB'de Bir Uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*, 23(2), 243-255.

- Urquhart, A. ve McGroarty, F. (2016). Are Stock Markets Really Efficient? Evidence of The Adaptive Market Hypothesis. *International Review of Financial Analysis*, 47, 39-49.
- Westerlund, J. ve Narayan, P. (2013). Testing The Efficient Market Hypothesis in Conditionally Heteroskedastic Futures Markets. *The Journal of Futures Markets*, 33(11), 1024-1045.
- Yavuz, N.Ç. (2014). *Finansal Ekonometri (1. Baskı)*. İstanbul: Der Kitabevi.

NONLINEAR DYNAMICS IN STOCK RETURNS: EVIDENCE FROM TURKEY

Extended Abstract

Aim: Fama (1965) assumes that past price movements are unrelated to current and future price movements in the random walk hypothesis, which is an extension of the Efficient Market Hypothesis (EMH). In practice, however the distribution of financial time series is characterized by extreme kurtosis, volatility clustering, asymmetry effect, non-stability, non-linearity and long-term dependence. These features of the financial time series reveal nonlinear models instead of linear time series models. Chaotic properties need to be determined in order to reveal financial time series movements. In this study, we examine the nonlinear dynamics in the returns of Borsa Istanbul indices, based on three tests of nonlinearity and chaos. We use the daily data of the Borsa Istanbul Services Index, Borsa Istanbul Financial Index, Borsa Istanbul Industrials Index and Borsa Istanbul Technology Index which are obtained from Turkish Central Bank's data set for the period of 1997-2016. The literacy contribution of the study can be evaluated from three perspectives. Firstly, the existence of chaotic dynamics in the Borsa Istanbul main sector indices has been examined. Secondly, the source of the nonlinear structure in the index fetch has been investigated. Lastly, it has been tested whether EMH is valid in the ISE main sector indexes.

Method(s): According to Peters (1994), the existence of sensitivity dependence on initial conditions and a fractal dimension are the two necessary conditions for a process to become chaotic. In this context, three different approaches have been utilized in testing the chaotic dynamics of BIST indices. Firstly, the nonlinearity of the series is tested by employing Brock, Dechert and Scheinkman (BDS, 1996) test. Afterwards, Hurst exponents are obtained from the rescaled range analysis that is estimated and the series have whether long-term dependency that is examined. Lastly, the existence of chaotic structure in daily returns was investigated by using the correlation dimension analysis.

Findings: According to the results, the BDS (1996) test are obtained the evidences of existence of the nonlinear structure. The test is also applied to the standardized residuals of the GARCH model to examine whether the source of this nonlinear dependence is due to conditional variance, and the BDS test is rejected the null hypothesis at high dimensions. This shows that nonlinear dependencies may still remain in the index series and the source of these nonlinear dependencies may be the presence of chaotic dynamics. It has also been found that ARCH family models are not sufficient to capture all available information in the return series. The fractality of the indices is proved as a result of the rescaled range analysis. Hurst exponents are larger than 0.5 indicates that indicate long-term dependence in daily stock returns. Lastly, we are found that daily returns have sensitivity to initial conditions by using the correlation dimension analysis. The correlation dimensions are calculated for each index series that we are found more than one large and fractional values. This is interpreted as the fact that the daily stock returns have a deterministic chaos structure and may prevent the system from making long-term forecasting.

Conclusion: These findings show that the in daily returns of Borsa Istanbul indices can be characterized by nonlinearity and chaotic dynamics and the efficient market hypothesis does not hold. Hence, we can conclude that it can make short-term forecasts for few days but it is difficult to make long-term forecasts for daily returns. In this study, the results are obtained that similar to other studies in the literature. For future studies, it is suggested that researchers use real-time data sets and different categories, to conduct similar studies in commodity and foreign exchange markets, and different chaos test methods.