

MPRA

Munich Personal RePEc Archive

Long memory and structural breaks on volatility: evidence from Borsa Istanbul

Emrah Ismail Cevik and Gültekin Topaloğlu

Namık Kemal University, Bülent Ecevit University

2014

Online at <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/71485/>
MPRA Paper No. 71485, posted 21 May 2016 18:12 UTC

LONG MEMORY AND STRUCTURAL BREAKS ON VOLATILITY: EVIDENCE FROM BORSA İSTANBUL*

Yazar / Author: Assoc. Prof. Dr. / Doç. Dr. Emrah İsmail Çevik¹

Lecturer / Öğr. Gör. Gültekin Topaloğlu²

Abstract

The aim of this paper is to examine validity of the efficient market hypothesis in Borsa İstanbul. Daily returns series are calculated by using daily closing price for BİST100 and BİST30 indices for periods of 1988-2014 and the presence of long memory on the volatility of the returns series is examined by means of Adaptive-FIGARCH (A-FIGARCH) model proposed by Baillie and Morana (2009). Empirical results suggest that there are multiple structural breaks on variance of returns series and A-FIGARCH model outperforms. In addition, it is found evidence in favor of long memory on the conditional variance of returns series and hence it can be said that Borsa İstanbul is not weak form efficient market.

Key Words: Efficient Market Hypothesis, Long Memory, Random Walk, A-FIGARCH

VOLATİLİTEDE UZUN HAFIZA VE YAPISAL KIRILMA: BORSA İSTANBUL ÖRNEĞİ

Özet

Bu çalışmanın amacı Borsa İstanbul'da etkin piyasalar hipotezinin geçerliliğini ampirik olarak araştırmaktır. Bu amaçla 1988 ile 2014 yılları arasında BİST100 ve BİST30 endeksleri için günlük kapanış verileri kullanılarak getiri serileri oluşturulmuş ve getiri serilerinin koşullu varyansında uzun hafızanın varlığı Baillie ve Morana (2009) tarafından geliştirilen Uyarlanabilir (Adaptive)-FIGARCH (A-FIGARCH) model ile araştırılmıştır. Analiz sonucunda, endeks getirilerinin varyansında çok sayıda yapısal kırılma noktası bulunmuş ve A-FIGARCH modelin getiri serilerini tahmin etmede daha üstün sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Ayrıca, getiri serilerinin koşullu varyansının uzun hafıza özelliği gösterdiği ve buna bağlı olarak Borsa İstanbul'un zayıf formda etkin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Etkin Piyasa Hipotezi, Uzun Hafıza, Rassal Yürüyüş, A-FIGARCH

1. Giriş

Etkin piyasa hipotezi ve rassal yürüyüş teorisi birbirleri ile oldukça ilişkili iki kavramdır ve özellikle son kırk yıldır finansa literatüründe oldukça geniş bir yer bulmaktadır. Rassal yürüyüş teorisi, finansal piyasalarda işlem gören menkul kıymetlerin fiyatlarının tamamen rassal bir şekilde oluştuğunu ve buna bağlı olarak herhangi bir menkul kıymete ait geçmiş fiyat hareketlerini içeren bilgi setini kullanarak piyasada aşırı getiri elde etmenin mümkün olmadığını belirtmektedir. Fama (1970) tarafından önerilen piyasa etkinliği ise fiyatlama sürecinde bilginin rolüne vurgu yapmakta ve finansal piyasaların bilgisel etkinliğini ön plana çıkarmaktadır. Daha belirgin bir şekilde ifade etmek gerekirse, etkin piyasa hipotezi piyasaya ulaşan yeni bir bilginin menkul kıymet fiyatlarına hızlı ve doğru bir şekilde yansıtacağını belirtmektedir. Bir başka tanıma göre; piyasada işlem gören menkul kıymetlerle ilgili veya menkul kıymetlerin fiyatlarını etkilemeye yönelik herhangi bir bilgi piyasaya geldiğinde gelen bilgi piyasadaki tüm yatırımcılara aynı anda ulaşıyorsa ve borsada işlem gören şirketlerin bilgileri piyasadaki tüm yatırımcılar tarafından kolay ve maliyetsiz bir şekilde elde ediliyorsa, piyasanın etkinliğinin sağlandığı kabul edilmektedir.

Etkin piyasa hipotezi ile ilgili yapılan sınıflandırmalara göre; finansal varlığın geçmişine ilişkin tüm bilginin fiyatlara yansımış olduğu piyasanın zayıf formda etkin olduğu kabul edilmektedir. Menkul kıymetle ilgili kamuya açıklanan tüm bilgilerin menkul kıymetin cari fiyatına tamamen yansıdığı piyasanın yarı güçlü formda etkin olduğu ve en son kamuya açıklanmayan bilgilerinde cari fiyatlara yansımaması durumunda piyasanın güçlü formda etkinlik özelliği göstereceği tespit edilmiştir. Etkin piyasa hipotezine göre ideal piyasa güçlü formda etkin piyasanın özelliklerini taşıyan piyasa olarak nitelendirilmektedir.

Etkin piyasa hipotezinin geçerliliği finans teorisi ve yatırım stratejileri açısından oldukça ilişkilidir ve bu nedenle söz konusu hipotez akademisyenler, yatırımcılar ve finansal piyasaları düzenleyen otoriteler için

* Bu çalışmaya Topaloğlu (2013) "İMKB'de Etkin Piyasa Hipotezinin A-FIGARCH Model ile Testi: Sektör Endeksleri Üzerine Uygulama" başlıklı yüksek lisans tezi temel oluşturmuştur.

¹ Bülent Ecevit Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, emrahic@yahoo.com

² Bülent Ecevit Üniversitesi, Gökçebey Mithat Mehmet Çanakçı MYO, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, ilaydatopaloglu@hotmail.com.

Note: This paper has been prepared for publication in *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*. The proper citation for this work would be:

Çevik, E. İ. ve G. Topaloğlu, "Volatilitede Uzun Hafıza ve Yapısal Kırılma: Borsa İstanbul Örneği", *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, Vol: 3 (6), 2014, ss. 40-55.

büyük bir öneme sahiptir. Örneğin akademisyenler menkul kıymet fiyatlarının zaman içindeki aldığı değerleri belirlemeye yönelik çalışmalarda sermaye varlıkları fiyatlama modeli gibi standart risk-getiri modelleri kullanırlar. Söz konusu modellerde menkul kıymete ait getiri serilerinin rassal yürüyüş özelliği gösterdiği ya da normal dağılıma sahip olduğu gibi bir takım varsayımlar yapılmaktadır. Diğer taraftan, yatırımcılar menkul kıymete ait getirilerin geçmiş değerleri kullanılarak tahmin edilebilir olup olmadığına göre farklı yatırım stratejileri belirleyebilir ve bu durum ise etkin piyasa hipotezi ile oldukça ilişkilidir. Son olarak, finansal piyasaların etkin olmaması ekonomide sermayenin etkin dağıtımını için fiyatlama mekanizmasının iyi çalışmadığını göstermekte ve bu durum ekonominin tümü için olumsuz bir etki yapmaktadır. Etkinliğin sağlanmadığına yönelik ampirik sonuçlar piyasayı düzenleyen otoriteler için atılması gereken adımların ve yapılması gereken reformların varlığına işaret edecektir.

Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı etkin piyasa hipotezi finans literatüründe önemli bir yer tutmakta ve bu hipotezi geçerliliğini araştırarak çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu bağlamda literatürde yer alan çalışmalar iki başlık altında ele alınabilmektedir. İlk grup çalışmalar, menkul kıymete ait geçmiş fiyat verilerini kullanarak gelecekte alacağı değerlerin tahmin edilebilir olup olmadığını araştırmaya yöneliktir. Bu çalışmalarda finansal zaman serilerinin rassal yürüyüş özelliği gösterip göstermediği çok çeşitli istatistiksel ve ekonometrik testler kullanılarak araştırılmıştır. Örneğin, serisel korelasyon testi, birim kök testi, doğrusal olmayan serisel bağımlılık testi ve uzun hafıza modelleri bu başlık altında ele alınabilir. İkinci grup çalışmalar ise daha çok menkul kıymete ait geçmiş fiyat hareketlerine bağlı olarak işlem stratejilerinin karlılığını araştırmışlardır. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemler ise; teknik işlem kuralları, momentum ve karşıt yatırım stratejileri gösterilebilir.

Bu çalışmada Borsa İstanbul'un zayıf formda etkin olup olmadığı uzun hafıza modelleri kullanılarak araştırılmıştır. Bu bağlamda, zaman serilerinin uzun hafıza özelliği göstermesi durumunda veri türetme süreci zamanın bir fonksiyonu olarak ortaya çıkmakta ve bu durum serilerde uzun dönemli bir bağımlılığın olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, eğer bir zaman serisi uzun hafıza özelliği gösteriyorsa, serinin gelecekte alacağı değerler serinin geçmiş değerleri kullanılarak tahmin edilebilecektir. Bu nedenle menkul kıymet fiyatlarında ve getirilerinde uzun hafızanın varlığı ile etkin piyasa hipotezi arasında güçlü bir ilişki söz konusudur. Menkul kıymete ait fiyat serisinin uzun hafıza özelliği göstermesi fiyatların tahmin edilebilir bir yapıda olduğunu göstermekte ve bu durum etkin piyasa hipotezinin geçerliliğini ortadan kaldırmaktadır. Çünkü zayıf formda etkin piyasa hipotezi, menkul kıymete ait gelecekte oluşacak fiyatların geçmiş verilerden hareketle tahmin edilemeyeceğini ifade etmektedir. Bu nedenle McMillan ve Thupayagale (2008) menkul kıymet fiyatlarında uzun hafızanın varlığı ile zayıf formda etkin piyasa hipotezi arasında doğrudan bir ilişkinin olduğunu belirtmiştir.

Bu bilgilere ek olarak özellikle son yıllarda literatürde yer alan çalışmalar getiri serilerinin varyansında ortaya çıkan yapısal kırılmaların GARCH modelin parametrelerinin olması gerekenden daha büyük tahmin edilmesine neden olduğunu belirlemişlerdir (Lamoureux ve Lastrapes (1990) ve Hillebrand (2005)). Benzer şekilde, serilerin varyansında ortaya çıkan yapısal kırılmaların volatilité üzerinde sahte uzun hafıza sürecine neden olduğunu gösteren çalışmalarda mevcuttur. Örneğin, Lobato ve Savin (1998) yapısal kırılmaların getiri serilerinin oynaklığında sahte uzun hafızaya neden olabileceğini belirtmiştir. Baillie ve Morana (2009) getiri serilerinde yapısal kırılmaları dikkate aldığı uzun hafıza parametresinin anlamlı bir şekilde değiştiğini göstermiştir. Korkmaz vd., (2009a) serilerin varyanslarında ortaya çıkan yapısal kırılmaların sahte uzun hafıza sürecine neden olduğunu ampirik olarak test etmişlerdir. Bu nedenle getiri serilerinde uzun hafızanın varlığı araştırılırken, yapısal kırılmaların olup olmadığının test edilmesi ve eğer yapısal kırılmalar mevcut ise buna göre uygun bir tahmin yönteminin seçilmesi doğru sonuçlar elde etmek açısından büyük önem arz etmektedir.

Bu bağlamda Baillie ve Morana (2009) tarafından geliştirilen ve Uyarlanabilir (Adaptive)-FIGARCH (A-FIGARCH) model olarak adlandırdıkları tahmin yöntemi söz konusu literatüre önemli katkı yapmaktadır. Baillie ve Morana (2009) tarafından önerilen A-FIGARCH modelin en önemli özelliği, söz konusu modelin getiri serilerinin varyansında yapısal kırılma dönemlerini araştırmaya gerek duyulmadan kullanılabilmesidir. Bu nedenle A-FIGARCH modelde varyanstaki yapısal kırılmaların etkisini model tahminlerinde dikkate alabilmek için FIGARCH modele zaman değişkenli sabit terim eklenmektedir. Baillie ve Morana (2009) Monte-Carlo simülasyon çalışmaları doğrultusunda getiri serilerinin varyansında yapısal kırılma olması durumunda A-FIGARCH modelin FIGARCH modele göre daha üstün sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Buna ek olarak, varyansta yapısal kırılma olmaması durumunda dahi A-FIGARCH modelin FIGARCH model ile aynı öngörü performansı sunduğunu belirlemişlerdir.

Bu çalışmada Borsa İstanbul'da Ulusal 100 ve Ulusal 30 endekslerine ait getiri serilerinin volatilitésinin uzun hafıza özelliği gösterip göstermediği A-FIGARCH model ile araştırılacaktır. Literatürde Borsa İstanbul için uzun hafızanın varlığını araştırarak çok sayıda çalışma olmasına rağmen yapısal kırılmaları dikkate alarak uzun

hafızayı araştıran çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu nedenle söz konusu çalışma Borsa İstanbul'da uzun hafızanın varlığını A-FIGARCH model ile araştıran ilk çalışmalardan biri olma özelliği taşımakta ve bu açıdan literatürde yer alan çalışmalardan ayrılmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde hisse senedi piyasalarında uzun hafızanın varlığını araştıran çalışmalar ve sonuçları özetlenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan ekonometrik yöntemlere yer verilmiş ve dördüncü bölümde çözümlene sonuçları yorumlanmıştır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirilmiştir.

2. Literatür Özeti

Fama tarafından önerilen etkin piyasa hipotezi teorik ve uygulamalı finans alanında oldukça fazla ilgi çekmiş ve bu nedenle etkin piyasa hipotezinin geçerli olup olmadığını araştıran çok sayıda çalışma yapılmıştır. Söz konusu bu çalışmalarda farklı ülkeler için etkin piyasa hipotezinin geçerliliği farklı istatistiksel ve ekonometrik testler yapılarak araştırılmıştır. Bu bölümde özellikle getiri serilerinin volatilitesinde uzun hafıza varlığının araştıran çalışmalara ait özet yer almaktadır.

Gil-Alana (2006) Amsterdam, Frankfurt, Hong Kong, Londra, New York, Paris, Singapur ve Japonya hisse senedi endekslerinin bütünleşme derecelerini uzun hafıza modelleri çerçevesinde incelemiştir. Model sonuçlarına göre tüm endeksler için birim kökün varlığı reddedilemezken, Hong Kong ve Singapur hisse senedi piyasaları için uzun hafıza parametresinin birden büyük New York hisse senedi endeksinin uzun hafıza parametresi ise birden küçük olarak bulunmuştur. Tang ve Shieh (2006) S&P 500, Nasdaq ve Dow Jones endekslerine ait vadeli işlem getiri serilerinde uzun hafızanın varlığını FIGARCH ve HYGARCH modelleri ile araştırmıştır. Gerek FIGARCH gerekse HYGARCH model sonucunda getiri serilerinin oynaklığının uzun hafıza özelliği gösterdiği ve buna bağlı olarak vadeli işlem piyasasının zayıf formda etkin olmadığını belirlemişlerdir.

Floros vd., (2007) Portekiz hisse senedi endeks getirisinin uzun hafıza özelliğini araştırdıkları çalışmada, gerek getiri serisinin ortalamasında gerekse oynaklığında uzun hafızanın varlığını ARFIMA-FIGARCH model ile araştırmışlardır. Çalışmada örneklem dönemi 1993 ile 2006 yıllarını kapsamaktadır. Bununla birlikte etkin piyasa hipotezinin geçerliliği Portekiz hisse senedi piyasasının Euronext'e katıldığı 2002 yılı ile 2006 yılı için ayrı olarak ta araştırılmıştır. Analiz sonuçları tüm dönem için getiri serilerinde uzun hafızanın varlığını ve buna bağlı olarak zayıf formda etkinliğin sağlanmadığını gösterirken, 2002 yılı sonrası için elde edilen sonuçlar Portekiz hisse senedi piyasasının Euronext'le birleşmesiyle zayıf formda etkinliği sağladığını göstermektedir. Karanasos ve Kartsaklas (2009), Güney Kore hisse senedi piyasasında işlem hacmi ile volatilitenin arasındaki ilişkiyi uzun hafıza modeli ile 1995-2005 dönemi için araştırmıştır. Çalışmada örneklem dönemi 1997 Asya krizine bağlı olarak ikiye bölünmüş ve modeller her iki örneklem dönemi için de tahmin edilmiştir. Model sonuçları yapısal kırılmaların etkisinin dikkate alındığı durumda volatilitenin için elde edilen uzun hafıza parametresinin anlamlı bir şekilde azaldığı yönünde olmuştur. McMillan ve Ruiz (2009) 10 ülkenin (Kanada, Fransa, Almanya, Hong Kong, İtalya, Japonya, Singapur, İspanya, İngiltere ve ABD) hisse senedi endeks verilerini kullanarak getiri serilerinin oynaklığında uzun hafıza ve yapısal kırılmaların varlığını birlikte araştırmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre serilerin varyansında ortaya çıkan kırılmalar dikkate alınmadığında olması gerekenden daha büyük bir uzun hafıza parametre tahmin değeri bulunmaktadır. Baillie ve Morana (2009) getiri serilerinin oynaklığında uzun hafıza ve yapısal kırılmaların etkisini Adaptive FIGARCH (A-FIGARCH) model ile araştırmışlardır. S&P 500 endeksi için haftalık veriler kullandıkları çalışmada, volatilitenin uzun hafıza ve rejim değişimlerinin etkisini aynı anda modelleyen A-FIGARCH modelin daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir.

Christensen (2010) Amerikan hisse senedi endeks getirisinin volatilitesinde uzun hafızanın varlığını FIEGARCH model ile araştırmıştır. Volatilitedeki uzun hafıza özelliğinin getiri serisini etkilemesini önlemek amacıyla FIEGARCH-in-mean modelini de uygulamış ve modelleri veriyi tanımlamada başarısını araştırmıştır. Analiz sonucunda FIEGARCH-in-mean modelinin FIEGARCH ve diğer GARCH tipi modellere göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemiştir. Buna ek olarak, volatilitenin için tahmin edilen uzun hafıza parametresi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Belkhouja ve Boutahary (2011) petrol fiyatları ve S&P500 endeks getiri serisinin volatilitesinde uzun hafızanın varlığını zaman değişkenli FIGARCH modeli ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda getiri serilerinin oynaklığında uzun hafızanın ve yapısal kırılmaların varlığını belirlemişlerdir. El Hedi Arouri vd., (2012) çalışmalarında spot ve vadeli petrol fiyatlarının oynaklığında uzun hafıza ve yapısal kırılmaların etkisini GARCH tipi modeller kullanarak araştırmıştır. Analiz sonucunda spot ve vadeli işlem fiyatlarının varyansında yapısal kırılmaların varlığı belirlenmiş ve petrol fiyat serilerinin oynaklığının uzun hafıza özelliğine sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, yapısal kırılmaların varlığı model tahminlerinde dikkate alındığında uzun hafıza parametresinin anlamlı derecede azaldığı sonucuna varılmıştır.

Literatürde Borsa İstanbul için yapısal çalışmalar özellikle son yıllarda ivme kazanmaya başlamıştır. Örneğin, DiSario vd., (2008) Borsa İstanbul'da Ulusal 100 endeksinin oynaklığında uzun hafızanın varlığını dalgacık yöntemi ile araştırmıştır. Volatilitenin için yapay değişkeni, endeks getirilerinin karesi, mutlak değeri ve

karelerin logaritmasını alarak oluşturmuş, analiz sonucunda üç volatilité değişkeninde uzun hafızanın var olduğunu belirlemiştir. Bu nedenle BİST100 endeksinin oynaklığı geçmiş verileri kullanarak tahmin edilebilir bir özellik göstermekte ve bu durum zayıf formda etkinliğin sağlanmadığını belirtmektedir. Korkmaz vd., (2009b) Borsa İstanbul 100 endeksi üzerine yapmış oldukları çalışmalarında, getiri serisinin ortalamasında ve oynaklığında uzun hafızanın varlığını ARFIMA-FİGARÇH model ile araştırmıştır. Çalışmada ayrıca getiri serisinin varyansında yapısal kırılmanın varlığı araştırılmış ve 1988 ile 2009 yılları arasında dört farklı yapısal değişim dönemi belirlenmiştir. ARFIMA-FİGARÇH modeli sonucunda getiri serisinin ortalamasında uzun hafızanın varlığı belirlenemezken volatilité için uzun hafıza parametresi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu nedenle İMKB'nin zayıf formda etkin olmadığı sonucuna varılmıştır. Yalama ve Çelik (2013) BİST30 spot ve vadeli işlem fiyatlarının getiri serilerinde uzun hafızanın varlığını çeşitli yarı parametrik yöntemler kullanarak araştırmışlardır. 2008 yılından yaşanan küresel krizin etkisini dikkate alabilmek için örnekleme kriz öncesi ve sonrası şeklinde ikiye ayırmışlar ve modeller her iki dönem için de tahmin etmişlerdir. Model sonuçları kriz döneminde uzun hafıza parametresinin önemli bir şekilde arttığı ve söz konusu bu artışın tüm örnekleme için tahmin edilen uzun hafıza parametresinin de olması gerekenden daha büyük elde edilmesine neden olduğu yönündedir. Bu sonuçlar her iki piyasanın da zayıf formda etkin olmadığını göstermektedir.

3. Metodoloji

3.1. Yapısal Kırılma Testleri

Getiri serilerinin varyansında yapısal kırılmaların varlığını araştıran çalışmalar Inclan ve Tiao (1994) tarafından önerilen test yöntemine dayanmaktadır. Inclan ve Tiao (1994) Yinelemeli Kümülatif Kareler Toplamına (ICSS-Iterated Cumulative Sums of Squares) dayanan ve serilerin varyansında çoklu kırılmayı tespit eden bu test yönteminde serinin dağılımının bağımsız ve türdeş olduğu varsayılmaktadır. Bununla birlikte, Andreuo ve Ghysels (2002) ve Sanso vd., (2004) serinin koşullu değişen varyans özelliği göstermesi durumunda Inclan ve Tiao (1994) tarafından önerilen test yönteminin olması gerekenden daha fazla kırılma tespit ettiklerini belirlemişlerdir. Benzer şekilde Fernandez (2008) söz konusu bu test yönteminin ABD'de gerçekleşen 11 Eylül terör saldırılarının dünya hisse senedi piyasalarında ortaya çıkan değişimi tespit etmede başarısız olduğunu belirtmişlerdir.

Bu amaçla Sanso vd., (2004) Inclan ve Tiao (1994) tarafından geliştirilen test yöntemini serilerin koşullu değişen varyans özelliğini dikkate alacak şekilde geliştirmişler ve Monte Carlo simülasyon çalışmaları doğrultusunda modifiye test istatistiğinin daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Sanso vd., (2004), varyansta kırılma noktalarını belirlerken Inclan ve Tiao tarafından oluşturulan yineleme algoritmasını kullanmışlar, serilerin dağılım özellikleri ve koşullu değişen varyans durumu için modifiye test istatistiğinin aşağıdaki gibi olması gerektiğini belirtmişlerdir:

$$\kappa_2 = \sup_k |T^{-1/2} G_k| \quad (1)$$

burada $G_k = \hat{\omega}_4^{-1/2} \left(C_k - \frac{k}{T} C_T \right)$ şeklindedir ve $C_k = \sum_{t=1}^k r_t^2$ ortalaması sıfır varyansı σ_r^2 olan ilişkisiz (korelasyonsuz) rastsal değişken olan r_t 'nin (getiri serisinin) birikimli kareler toplamını göstermektedir. $\hat{\omega}_4$, ω_4 'ün tutarlı bir tahmin edicisidir. ω_4 'ün parametrik olmayan tahmincisi aşağıdaki gibidir:

$$\hat{\omega}_4 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (a_t^2 - \hat{\sigma}^2)^2 + \frac{2}{T} \sum_{l=1}^m \omega(l, m) \sum_{t=l+1}^T (a_t^2 - \hat{\sigma}^2)(a_{t-l}^2 - \hat{\sigma}^2) \quad (2)$$

Burada $\omega(l, m)$ Barlett gibi bir gecikme aralığıdır ve $\omega(l, m) = 1 - l/(m+1)$ şeklinde veya kuadratik spektral olarak tanımlanır. Bu tahminci m band genişliğinin seçimine dayanmaktadır. Sanso vd., Newey ve West (1994) tarafından geliştirilen band genişliği yönteminin kullanılmasını önermişlerdir. Böylelikle κ_2 istatistiği serinin dağılım özelliğine ve koşullu değişen varyans göstermesine göre daha hassas sonuçlar vermektedir.

3.2. FIGARÇH Model

Literatürde finansal veriler ile yapılan analizler sonucunda öngörü hatalarının dönemden döneme farklılık arz ettiği belirlenmiş ve bu farklılığın nedeni olarak da, özellikle getiri serilerinde ortaya çıkan volatilité kümelenmeleri gösterilmiştir. Söz konusu bu durum sabit varyans varsayımının sağlanmaması anlamına gelmektedir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için Engle (1982) otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) modelini geliştirmiştir. Bollerslev (1986) ise volatilité modeline koşullu varyansı ekleyerek genelleştirilmiş

otoregresif koşullu değişen varyans (GARCH) modelini geliştirmiştir. GARCH model aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= z_t \sigma_t, \quad z_t \sim N(0,1) \\ \sigma_t^2 &= \omega + \alpha(L)\varepsilon_t^2 + \beta(L)\sigma_t^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Denklem (3)'te $\omega > 0$, L simgesi gecikme operatörünü ve $\alpha(L) \equiv \alpha_1 L + \alpha_2 L^2 + \dots + \alpha_q L^q$, $\beta(L) \equiv \beta_1 L + \beta_2 L^2 + \dots + \beta_p L^p$ şeklindedir. Tüm i değerleri için $\alpha_i > 0$ ve $\beta_i > 0$ olduğu varsayımı ile GARCH (p, q) model ARMA model formunda aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir:

$$\phi(L)\varepsilon_t^2 = \omega + [1 - \beta(L)]v_t \quad (4)$$

Burada $v_t \equiv \varepsilon_t^2 - \sigma_t^2$ şeklindedir. GARCH modelde kovaryans durağanlık şartının sağlanabilmesi için ARMA modelin köklerinin $[1 - \alpha(L) - \beta(L)]$ birim çemberin dışında yer alması gerekir. Eğer söz konusu kökler birim çemberin içinde yer alırsa (bu durumda ARCH ve GARCH parametrelerinin toplamı bire eşit ya da büyük olacak), GARCH model durağan olmayan koşullu varyans üretecektir. Bu sorun Engle ve Bollerslev (1986) tarafından tartışılmış ve durağan olmayan süreç için bütünleşik GARCH (IGARCH) model önerilmiştir. IGARCH modelde şokların etkisi volatilité üzerinde sürekli olduğundan, bu model sonsuz hafızalı model olarak adlandırılır ve koşullu varyansdaki uzun hafıza özelliğini ortaya çıkarmada yeterli değildir. Bu nedenle, Baillie vd. (1996) GARCH modele parçalı fark operatörünü $(1 - L)^d$ ekleyerek FIGARCH modeli elde etmişlerdir. FIGARCH model aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\begin{aligned} r_t &\equiv \sigma_t z_t \\ [1 - \beta(L)]\sigma_t^2 &= w [1 - \beta(L) - \phi(L)(1 - L)^d] r_t^2 \end{aligned} \quad (5)$$

Denklem (5)'te parçalı fark operatörü d ile gösterilmekte 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Eğer $d = 0$ olursa Denklem (5) GARCH model, $d = 1$ olduğunda ise IGARCH model olarak adlandırılır. GARCH modelde olduğu gibi FIGARCH modelde de, ARMA modelin köklerinin birim çember dışında yer alması gerekmektedir.

3.3. A-FIGARCH Model

Ampirik çalışmalarda örneklem dönemi ne kadar uzun olursa serilerin ortalaması ve varyansında yapısal kırılmaların ortaya çıkma olasılığının paralel bir şekilde arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, literatürde yer alan çalışmalar serilerde gözlemlenen yapısal kırılmaların getiri serilerinin volatilitesi üzerinde anlamlı bir etkiye neden olduğunu ve uzun hafıza parametresinin olması gerekenden daha fazla tahmin edilmesine neden olduğunu belirlemişlerdir. Baillie ve Morana (2009) bu sorunun üstesinden gelebilmek için GARCH modeldeki sabit terimin zaman değişkenli olması gerektiğini önermişlerdir. Bu bağlamda volatilité denkleminde yer alan sabit terimin zamana göre değişkenlik gösterdiği bir model formu önermişler ve bu modeli Uyarlanabilir-FIGARCH (A-FIGARCH) olarak adlandırmışlardır. Yapmış oldukları simülasyon çalışmalarında söz konusu modelin diğer volatilité modellerine göre daha iyi öngörü performansına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Baillie ve Morana (2009) tarafından geliştirilen A-FIGARCH model aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$[1 - \beta(L)](\sigma_t^2 - w_t) = [1 - \beta(L) - \phi(L)(1 - L)^d] r_t^2 \quad (6)$$

Denklem (6)'da zaman değişkenli sabit terim w_t aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$w_t = w_0 + \sum_{j=1}^k [\gamma_j \sin(2\pi jt/T) + \delta_j \cos(2\pi jt/T)] \quad (7)$$

Denklem (7)'de koşullu volatilitenin sabit terimi sinüs ve kosinüsün bir fonksiyonu olarak zaman değişkenli forma dönüşmektedir. Eğer bir serinin varyansında yapısal kırılma mevcut ise, serinin varyansının ortalaması kırılma noktalarına göre farklılık gösterecek bu durum Denklem (6) ile FIGARCH modelde göz önünde bulundurulmuş olacaktır. Baillie ve Morana (2009) serilerde yapısal kırılmanın varlığını ön testlerle araştırmadan AFIGARCH modelinin kullanılabilir olmasını bu yöntemin en büyük avantajı olarak göstermiştir.

Çalışmada son olarak A-FIGARCH modelin FIGARCH ve GARCH modellere göre öngörü performansı araştırılmıştır. Karşılaştırma yaparken literatürde kabul görmüş dört farklı öngörü performans kriterinden yararlanılmıştır. Bunlar sırasıyla; Ortalama Hata Karesinin Kökü (Root Mean Square Error-RMSE),

Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error-MAE), Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Mean Absolute Percentage Error-MAPE) ve son olarak Theil Eşitsizlik Katsayısıdır (Theil Inequality Coefficient-TIC) ve bu kriterler aşağıdaki gibi hesaplanırlar:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{\sigma}_t - \sigma_t)^2 / h} \quad (8)$$

$$MAE = \sum_{t=T+1}^{T+h} |\hat{\sigma}_t - \sigma_t| / h \quad (9)$$

$$MAPE = 100 \times \sum_{t=T+1}^{T+h} \frac{|\hat{\sigma}_t - \sigma_t| / \sigma_t}{h} \quad (10)$$

$$TIC = \frac{\sqrt{\sum_{t=T+1}^{T+h} \left(MAPE = 100 \times \sum_{t=T+1}^{T+h} \frac{|\hat{\sigma}_t - \sigma_t| / \sigma_t}{h} \right)^2}}{\sqrt{\sum_{t=T+1}^{T+h} \hat{\sigma}_t^2 / h + \sum_{t=T+1}^{T+h} \sigma_t^2 / h}} \quad (11)$$

Öngörü performans ölçütleri ile ilgili denklemlerde σ_t getiri serilerine ait volatilitiyi, $\hat{\sigma}_t$ modellerden elde edilen öngörü değerlerini ve h öngörü dönemini belirtmektedir. Öngörülen volatilité değeri gerçekleşen volatilité değerine ne kadar yakın olursa formüllerin payında yer alan değér küçülecek ve buna bağılı olarak, performans ölçütleri azalacaktır. Bu nedenle daha düşük performans ölçütü daha iyi öngörü sağlayan modeli belirtecektir.

4. Çözümleme Sonuçları

Çalışmada Borsa İstanbul'da işlem gören Ulusal 100 (BİST100) ve Ulusal 30 (BİST30) endekslerine ait getiri serilerinin uzun hafıza özelliği gösterip göstermediği araştırılacaktır. Elde edilecek analiz sonuçlarına göre, Borsa İstanbul için etkin piyasa hipotezinin geçerli olup olmadığı belirlenmeye çalışılacaktır. Bu amaçla Ulusal 100 endeksi için 04/01/1988 ile 30/05/2014 ve İMKB 30 endeksinin 02/01/1997 ile 30/05/2014 tarihleri arasındaki günlük kapanış fiyatları kullanılmıştır. Endekslere ait günlük kapanış fiyatları $r_t = 100 \times \ln(p_t / p_{t-1})$ formülü kullanılarak getiri serisine dönüştürülmüştür. Formüle r_t endeks getirisini, p_t t zamanındaki endeksin kapanış fiyatını, p_{t-1} t-1 zamanındaki endeksin kapanış fiyatını göstermektedir. Endekslere ait günlük kapanış fiyatları Borsa İstanbul'un resmi internet adresinden temin edilmiştir.

Tablo 1'de endeks getirilerine ait tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır. Tablo 1'deki verilere göre, ele alınan dönem için her iki endeksin ortalama yüzde getirisi pozitifken, BİST100'un ortalama getirisi daha yüksek elde edilmiştir. Standart sapma değerlerine göre ise, BİST30'un oynaklığı daha yüksektir. Getiri serilerinin basıklık ve çarpıklık değerleri incelendiğinde ise, serilerin normal dağılımdan anlamlı derecede farklılaştığı görülmektedir. Bu sonuca paralel olarak, getiri serilerinin dağılımının normal dağılıma uygun olup olmadığını ölçen Jarque-Bera (JB) testi sonucuna göre getiri serileri normal dağılmaktadır sıfır hipotezinin reddedildiği görülmektedir. Getiri serilerinin ortalamasında ve varyansında otokorelasyonun varlığını ölçen Box-Pierce Q istatistikleri incelendiğinde, getiri serilerinin ortalamasında ve varyansında otokorelasyonun var olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca ARCH LM testi ile getiri serilerinin koşullu değışen varyans özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Son olarak getiri serilerinin durağan olup olmadığı ADF, PP ve KPSS birim kök testleri ile araştırılmış ve üç birim kök testi sonucunda getiri serilerinin durağan olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1: Endeks Getirilerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

İstatistikler	BİST100	BİST30
n	6562	4313
Ortalama	0.142	0.106
Std. Sapma	2.688	2.700
Çarpıklık	-0.051	0.044
Basıklık	3.872	5.205
JB Testi [p-değeri]	4103.9 [0.000]	4871.1 [0.000]
Q(20)	114.193 [0.000]	55.192 [0.000]
Q _c (20)	2727.06 [0.000]	1542.40 [0.000]
LM(5)	191.86 [0.000]	116.76 [0.000]
ADF	-73.180***	-64.537***
PP	-73.963***	-64.531***
KPSS	0.042***	0.063***

Not: JB istatistiği sıfır hipotezin seri normal dağılır şeklinde kurulduğu Jarque-Bera normallik testini ifade etmektedir. Q(.) istatistiği sıfır hipotezin bütün otokorelasyon katsayıları sıfıra eşittir şeklinde kurulduğu farklı gecikme değerleri için Box-Pierce otokorelasyon testini ifade etmektedir. LM (.) istatistiği sıfır

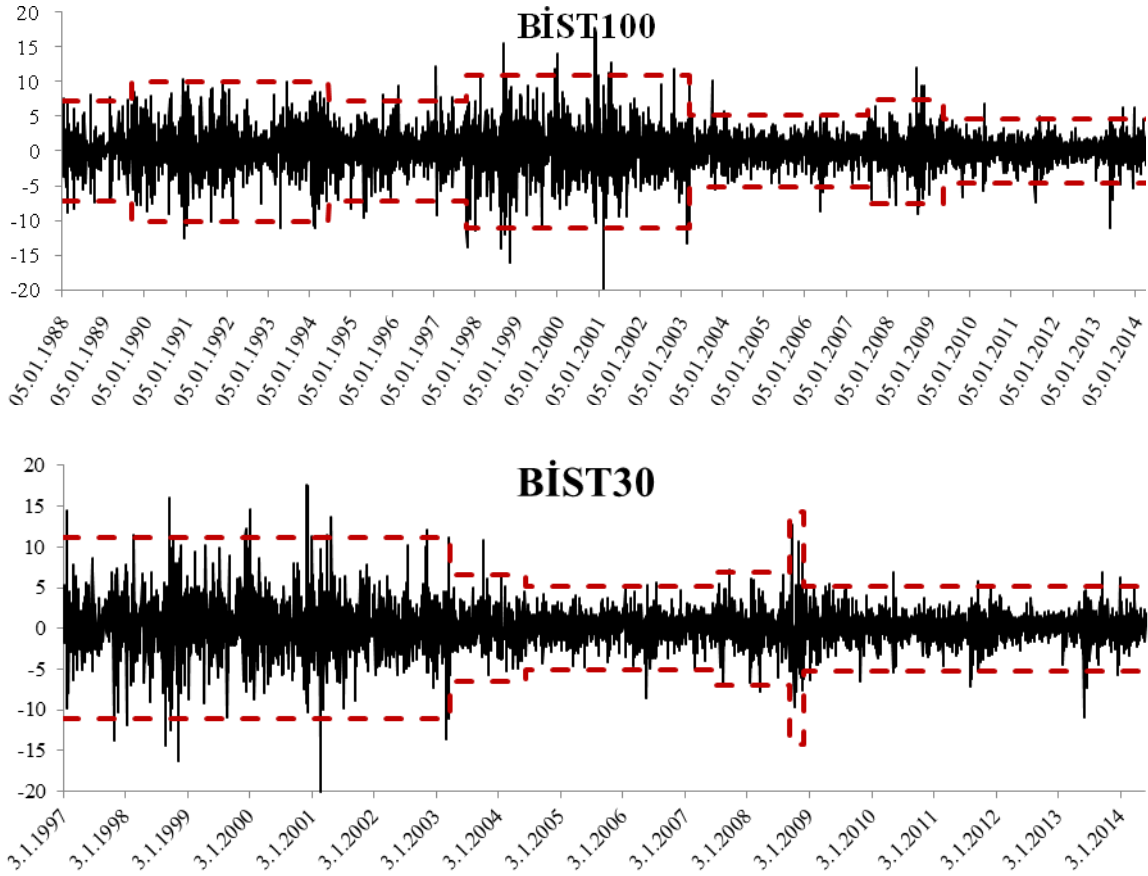
hipotezin koşullu değişen varyans yoktur şeklinde kurulduğu farklı gecikme değerleri için ARCH testini ifade etmektedir. *** serilerin %1 önem düzeyinde durağan olduğunu göstermektedir.

Çalışmada ele alınan dönem 1988 ile 2012 yılları arasında kapsamakta ve söz konusu bu dönemde 1997 yılında Güneydoğu Asya ülkelerinde, 1998 yılında Rusya’da, 1994, 2000 ve 2001 yıllarında Türkiye ve son olarak 2008 yılında ABD’de olmak üzere çok sayıda finansal ve ekonomik kriz ortaya çıkmıştır. Söz konusu bu krizlerin etkisi finansal piyasalar üzerinde hemen hissedilmiş ve bu dönemlerde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin finansal piyasalarında volatilité önemli derecede artmıştır. Krizlerin etkisine bağlı olarak ele alınan dönem içinde endekslere ait getiri serilerinin varyansında yapısal kırılmaların ortaya çıkması muhtemeldir.

Bu amaçla, getiri serilerinin varyansında yapısal değişim olup olmadığı Sanso vd., (2004) tarafından geliştirilen test ile araştırılmış ve sonuçlar Şekil 1 ile Tablo 2’de gösterilmiştir. Şekil 1 ve Tablo 2’deki sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; BİST100 endeksinin varyansında 6 ve BİST30 endeksinin varyansında 5 kırılma noktası belirlenmiştir.

Tablo 2: Varyansta Kırılma Testi Sonuçları

Sektör	Kırılma Sayısı	Kırılma Tarihleri					
BİST100	6	08.09.1989	17.06.1994	10.03.1998	25.03.2003	18.07.2007	20.05.2009
BİST30	5	25.30.2003	08.06.2004	06.07.2007	10.09.2008	01.12.2008	



Şekil 1: Getiri Serileri ve Varyansta Kırılma Dönemleri

Not: Kesikli çizgiler ± 3 standart sapmayı göstermektedir.

Tablo 2’deki kırılma dönemleri incelendiğinde; BİST100 için 1994, 1998, 2003 ve 2008-2009 yıllarının, BİST30 için 2003 ve 2008-2009 yıllarının daha fazla ön plana çıktığı görülmektedir. Bu sonuçlar teorik beklentiler ile uyumludur çünkü BİST 100 endeksi 1994 yılındaki ekonomik krizden ve 1997-1998 yıllarında Güneydoğu Asya ile Rusya krizlerinden etkilendiği görülmektedir. Diğer taraftan 2001 krizinin ardından finansal piyasalarda dalgalanmalar uzun bir süre devam etmiş hatta bu süre zarfında dünyada da ortaya çıkan gelişmeler (Irak savaşı gibi) finansal piyasalardaki volatilitenin artmasına neden olmuştur. Finansal piyasalarda oynaklığın 2003 yılından itibaren azalmaya başlaması BİST30 için ilk kırılma dönemi olarak 2003

yılına belirlenmesine neden olmuştur. Diğer bir kırılma dönemi olan 2008-2009 yılları ise ABD’de başlayan ve tüm dünya ekonomilerine sirayet eden küresel finansal krizin etkisini göstermektedir.

Varyansta kırılma testi sonuçları her iki endeks getirisinin varyansında birden fazla yapısal kırılmanın olduğunu göstermektedir. Bu nedenle yapısal kırılmaları dikkate almadan elde edilecek sonuçların sapmalı çıkma olasılığı oldukça yüksektir. Çünkü literatürde yer alan çalışmalar, serilerin varyansında ortaya çıkan kırılmaların GARCH modelde yer alan volatilité parametrelerinin olması gerekenden daha büyük tahmin edilmesine neden olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle endeks getirilerinin volatilitesinde uzun hafızanın varlığı araştırılırken yapısal kırılmaların etkisini dikkate alan modellerin veriyi tanımlamada daha üstün sonuçlar vermesi beklenebilir.

Bu bilgiler ışığı altında karşılaştırma yapabilmek amacıyla dört farklı model tahmin edilmiş (GARCH, A-GARCH, FIGARCH ve A-FIGARCH olmak üzere) ve bu modellerden ikisi (A-GARCH ve A-FIGARCH) yapısal kırılmaların etkisini dikkate almaktadır. Diğer taraftan FIGARCH model volatilitéde uzun hafızanın varlığını test ederken, A-FIGARCH modeli hem uzun hafıza hem de yapısal kırılmaların etkisini birlikte dikkate almaktadır.³

BİST100 için dört modelden elde edilen sonuçlar Tablo 3’te gösterilmiştir. Ortalama denkleminde yer alan AR ve MA parametreleri ile koşullu varyans denkleminde yer alan ARCH, GARCH, sinüs ve kosinüs parametreleri model seçim kriterlerine bağlı olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak ortalama denklemi için en uygun model AR(1) olarak belirlenirken, varyans denkleminde zaman değişkenli sabit terimi temsil eden parametre olarak Kosinüs (j=1) parametresi anlamlı bulunmuştur Tablo 3’ün altında yer alan model seçim kriterleri incelendiğinde ise BİST100 endeksini tahmin etmede en uygun modelin A-FIGARCH (1, 1) model olduğu görülmektedir çünkü en küçük Akaike (AIC), Schwarz (SIC) ve Hannan-Quin (HQ) değerleri A-FIGARCH modelden elde edilmiştir.

Modellerden elde edilen tahmin değerleri incelendiğinde yapısal kırılmaları dikkate alan AGARCH ve AFIGARCH modellerde volatilitéde kalıcılığın ölçüsü olan α ve β parametrelerinin toplamının daha küçük bulunduğu görülmektedir ki, bu sonuç yapısal kırılmaların volatilitéde yapay bir kalıcılığa neden olduğu görüşünü doğrular niteliktedir. Bununla birlikte A-FIGARCH modelden elde edilen parametre tahminlerine göre, uzun hafızanın varlığını belirten parametre tahmini (d) 0.403 olarak bulunmuş ve %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Uzun hafıza parametresinin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunması, BİST100 endeksine ait getiri serisinin varyansının tahmin edilebilir bir yapıda olduğunu göstermekte ve bu sonuç etkin piyasa hipotezi ile örtüşmemektedir.

Tablo 3: BİST100 Endeksi İçin GARCH ve FIGARCH Model Sonuçları

	BİST100							
	GARCH		A-GARCH		FIGARCH		A-FIGARCH	
μ	0.141***	(0.025)	0.141***	(0.025)	0.145***	(0.025)	0.146***	(0.025)
AR(1)	0.081***	(0.012)	0.082***	(0.012)	0.081***	(0.013)	0.081***	(0.013)
ω	0.103***	(0.028)	0.222***	(0.057)	0.221***	(0.061)	0.454***	(0.130)
α	0.135***	(0.017)	0.140***	(0.018)	0.125	(0.077)	0.118	(0.078)
β	0.857***	(0.019)	0.845***	(0.021)	0.365***	(0.089)	0.354***	(0.093)
d					0.398***	(0.035)	0.403***	(0.041)
v	1.449***	(0.040)	1.454***	(0.040)	1.485***	(0.042)	1.482***	(0.042)
δ_1			-0.055***	(0.017)			-0.130**	(0.056)
$Q(80)$	136.822	[0.000]	140.669	[0.000]	134.302	[0.000]	135.587	[0.005]
$Q_s(80)$	107.399	[0.015]	107.582	[0.014]	88.544	[0.194]	88.158	[0.202]
LM(5)	2.120	[0.060]	2.243	[0.047]	0.555	[0.734]	0.484	[0.787]
Ln(L)	-14709.911		-14700.936		-14673.006		-14669.606	
AIC	4.485		4.482		4.474		4.473	
SIC	4.491		4.490		4.481		4.481	
HQ	4.487		4.485		4.476		4.476	

Not: Köşeli parantez içindeki değerler p-değerini, parantez içindeki değerler ise standart hatayı göstermektedir. v genelleştirilmiş hata dağılımı (GED) parametre tahminini, $Q(65)$ ve $Q_s(65)$ hata terimleri ve hata terimlerinin karesi için Box-Pierce otokorelasyon testini ve LM(5) ise koşullu değişen varyans testini göstermektedir. ***, ** ve * işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı tahmin değerlerini ifade etmektedir.

BİST30 için dört modelden elde edilen sonuçlar Tablo 4’te gösterilmiştir. BİST30 endeksinin ortalaması için en uygun ARMA yapısı AR(3) ve MA(3) olarak belirlenirken, getiri serisinin koşullu varyansındaki yapısal değişimi modelleme en uygun parametrenin Sinüs(j=2) olduğu sonucuna varılmıştır. Tablo

³ Çalışmada getiri serilerinin ortalamasında uzun hafızanın varlığı ayrıca ARFIMA model ile araştırılmış fakat uzun hafızanın varlığı gösteren parametre tahmini istatistiksel olarak sıfırdan farklı bulunamamıştır. Buna ek olarak, volatilitéde kaldıraç etkisinin varlığı FIEGARCH model ile araştırılmış fakat FIEGARCH model daha iyi tahmin sonuçları vermemiştir.

4'ün altında yer alan model seçim kriterleri incelendiğinde BİST30 endeksini tahmin etmede en uygun modelin A-FIGARCH (1, 1) model olduğu görülmektedir çünkü en küçük Akaike (AIC), Schwarz (SIC) ve Hannan-Quin (HQ) değerleri A-FIGARCH modelden elde edilmiştir.

Tablo 3'teki sonuçlara paralel olarak varyanstaki yapısal kırılmaları uyarlanabilir model çerçevesinde ele aldığımızda volatilitede kalıcılığın ölçüsü olan α ve β parametrelerinin toplamının azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte A-FIGARCH modelden elde edilen tahminlere göre, uzun hafızanın varlığını belirten parametre tahmini (d) 0.365 olarak bulunmuş ve %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Uzun hafıza parametresinin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunması, BİST130 endeksine ait getiri serisinin varyansının tahmin edilebilir bir yapıda olduğunu göstermektedir. Ayrıca BİST30 endeksi için d parametre tahmini A-FIGARCH modelde FIGARCH modelden daha küçük bulunmuştur. Bu nedenle serilerde ortaya çıkan yapısal kırılmalar sadece volatilitedeki kalıcılığı değil aynı zamanda uzun hafıza parametresinin de olması gerekenden fazla tahmin edilmesine neden olduğu söylenebilir.

Tablo 4: BİST30 Endeksi İçin GARCH ve FIGARCH Model Sonuçları

	BİST30							
	GARCH		A-GARCH		FIGARCH		A-FIGARCH	
μ	0.126***	(0.024)	0.128***	(0.028)	0.127***	(0.028)	0.129***	(0.028)
AR(1)	0.858***	(0.022)	0.857***	(0.041)	0.877***	(0.170)	0.877***	(0.188)
AR(2)	-0.921***	(0.014)	-0.921***	(0.015)	-0.880***	(0.076)	-0.881***	(0.074)
AR(3)	0.886***	(0.026)	0.884***	(0.044)	0.747***	(0.229)	0.745***	(0.187)
MA(1)	-0.855***	(0.022)	-0.854***	(0.042)	-0.864***	(0.162)	-0.864***	(0.178)
MA(2)	0.920***	(0.025)	0.920***	(0.019)	0.863***	(0.082)	0.864***	(0.084)
MA(3)	-0.890***	(0.025)	-0.888***	(0.044)	-0.749***	(0.238)	-0.747***	(0.197)
ω	0.064***	(0.024)	0.044**	(0.021)	0.215***	(0.076)	0.031	(0.088)
α	0.093***	(0.017)	0.094***	(0.017)	0.167*	(0.090)	0.147	(0.106)
β	0.900***	(0.018)	0.894***	(0.020)	0.420***	(0.105)	0.365***	(0.123)
d					0.366***	(0.041)	0.331***	(0.043)
v	1.420***	(0.049)	1.424***	(0.050)	1.448***	(0.050)	1.448***	(0.051)
γ_2			0.094***	(0.017)			0.244**	(0.106)
$Q(80)$	111.788	[0.003]	108.037	[0.006]	99.795	[0.002]	108.521	[0.005]
$Q_s(80)$	82.300	[0.347]	79.896	[0.419]	70.615	[0.238]	81.760	[0.363]
LM(5)	1.626	[0.149]	1.505	[0.184]	1.053	[0.384]	0.571	[0.723]
Ln(L)	-9644.045		-9639.979		-9625.189		-9620.827	
AIC	4.477		4.475		4.468		4.467	
SIC	4.493		4.493		4.486		4.486	
HQ	4.482		4.482		4.475		4.474	

Not: Köşeli parantez içindeki değerler p-değerini, parantez içindeki değerler ise standart hatayı göstermektedir. v genelleştirilmiş hata dağılımı (GED) parametre tahminini, $Q(65)$ ve $Q_s(65)$ hata terimleri ve hata terimlerinin karesi için Box-Pierce otokorelasyon testini ve LM(5) ise koşullu değişen varyans testini göstermektedir. ***, ** ve * işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı tahmin değerlerini ifade etmektedir.

Son olarak tüm sektörlere ait getiri serilerinin volatilitesi dört farklı model ile öngörülmesi ve hangi modelin daha iyi bir öngörü performansına sahip olduğu araştırılmıştır. Bu amaçla 08.01.2014 ile 30.05.2014 tarihleri arasında 100 günlük dönem öngörü dönemi olarak dikkate alınmıştır. Modellerin öngörü performans sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde, getiri serilerine ait volatilitayı öngörmeye A-FIGARCH modelin daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir çünkü en küçük öngörü performans ölçütleri bu modelden elde edilmiştir.

Tablo 5: Modellerin Öngörü Performans Sonuçları

Öngörü İstatistikleri	BİST100			
	GARCH	A-GARCH	FIGARCH	A-FIGARCH
RMSE	8.294	4.897	3.980	3.534
MAE	7.884	4.566	3.559	3.001
MAPE	3407	2137	1669	1416
Theil U	0.631	0.519	0.486	0.470
Öngörü İstatistikleri	BİST30			
	GARCH	A-GARCH	FIGARCH	A-FIGARCH
RMSE	6.863	5.953	4.272	4.096
MAE	6.441	5.498	3.533	3.290
MAPE	339.4	305.4	211.1	195.1
Theil U	0.552	0.524	0.477	0.476

5. Sonuç

Fama (1970) tarafından geliştirilen etkin piyasa hipotezine göre, fiyatlama sürecinde bilginin önemine vurgu yapılmakta ve finansal piyasaların bilgisel etkinliğini ön plana çıkarmaktadır. Diğer bir ifadeyle, etkin piyasa hipotezine göre piyasada işlem gören menkul kıymetlerle ilgili veya menkul kıymetlerin fiyatlarını etkilemeye yönelik herhangi bir bilgi piyasaya geldiğinde bu bilgi piyasadaki tüm yatırımcılara aynı anda ulaşmakta ve borsada işlem gören şirketlerin bilgileri piyasadaki tüm yatırımcılar tarafından kolay ve maliyetsiz elde edilmektedir. Bu nedenle etkin bir piyasada yatırımcılar normalin üzerinde bir getiri elde edemezler.

Bu açıdan etkin piyasa hipotezinin geçerliliği finans teorisi ve yatırım stratejileri oluşturmada oldukça büyük bir öneme sahiptir ve bu nedenle bu hipotezin geçerli olup olmadığı uzun yıllardır akademisyenler, yatırımcılar ve finansal piyasaları düzenleyen otoritelerin ilgisini çekmektedir. Ekonometrik tahmin tekniklerinin gelişmesine bağlı olarak etkin piyasalar hipotezinin geçerliliğini araştıran çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan yöntem ve teknikler gün geçtikçe hız ve çeşitlilik kazanmaktadır.

Bu çalışmada Borsa İstanbul'un zayıf formda etkin bir piyasa olup olmadığı diğer bir ifadeyle Borsa İstanbul'da işlem gören Ulusal 100 ve Ulusal 30 endekslerinin volatilitésinin tahmin edilebilir bir yapıda olup olmadığı uzun hafıza modeli ile araştırılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar getiri serilerinin varyansında yapısal kırılmaların varlığı durumunda GARCH modelin parametrelerinin olması gerekenden daha büyük tahmin edildiği ve bu durumun sahte uzun hafıza sürecine yol açabileceğini belirtmişlerdir. Bu sonuç oldukça önemlidir çünkü Borsa İstanbul için uzun hafızanın varlığı FIGARCH model araştıran çalışmalar incelendiğinde, getiri serilerinin varyansında ortaya çıkan yapısal kırılmaların varlığını dikkate alan az sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Bu amaçla bu çalışmada koşullu varyansta hem yapısal kırılmaların etkisini hem de uzun hafızanın varlığını araştıran A-FIGARCH model kullanılmıştır. Analiz sonucunda, BİST100 ve BİST30 endeksine ait getiri serilerinin koşullu varyansının uzun hafıza özelliği gösterdiği belirlenmiş ve bu nedenle Borsa İstanbul'da volatilitésinin tahmin edilebilir bir yapıda olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda Borsa İstanbul'un zayıf formda etkin olmayan bir piyasa olduğu söylenebilir.

Kaynakça

- Akkaya, G.C., Demirelli, E. & İbaşı, E.. (2010). Finansal Piyasa Etkinliği: S&P500 Üzerine Bir Uygulama. *Celal Bayar Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Dergisi*, 11(2), 53.
- Andreou, E. & Eric, E.. (2002). Detecting Multiple Breaks in Financial Market Volatility Dynamics. *Journal of Applied Econometrics*, 17, 579- 600.
- Baillie, R. & Morana, C.. (2009). Modelling Long Memory and Structural Break in Conditional Variances: An Adaptive FIGARCH Approach. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 33, 1577-1592.
- Belkhouja, M. & Boutahary, M.. (2010). Modeling Volatility with Time-Varying FIGARCH Models. *Economic Modelling, France*, 28, 1106-1116.
- Bollersley, T.. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. *Journal of Econometrics*, 31, 307-327.
- Christensen, B. J., Nielsen, M.O. & Zhu, j.. (2010). Long Memory in Stock Market Volatility and the Volatility-in-Mean Effect: The FIGARCH-M Model. *Journal of Empirical Finance*, 17, 460-470.
- Disario, R., Saraoglu, H., McCarthy, J. & Li, H.. (2008). Long Memory in the Volatility of an Emerging Equity Market: The Case of Turkey. *International Financial Markets and Money*, 18, 305-312.
- El Hedi Aroui, M., Lahiani, A., Levy, A. & Nguyen, D.K.. (2012). Forecasting the Conditional Volatility of Oil Spot and Futures Prices with Structural Breaks and Long Memory Models. *Energy Economics*, 34, 283-293.
- Engle, R. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of UK Inflation. *Econometrica*, 50, 987-1008.
- Floros, C., Jaffry, S. & Lima, G.V.. (2007). Long Memory in the Portuguese Stock Market. *Studies Economics and Finance*, 24, 220-232.
- Gil-Alana, L. A.. (2006). Fractional Integration in Daily Stock Market Indexes. *Review of Financial Economics*, 15, 28-48.
- Inclan, C. & Tiao, G.. (1994). Use of Cumulative Sums of Squares Retrospective Detection of Changes in Variance. *Journal of the American Statistic Association*, 89, 913-923.
- Karanasos, M. & Kartsaklas, A.. (2009). Dual Long-Memory, Structural Breaks and the Link between Turnover and the Range-Based Volatility. *Journal of Empirical Finance*, 16, 838-851.

- Korkmaz, T., Erdoğan, S. & Çevik, E.İ.. (2009a). VOB'da İşlem Gören Endeks ve Döviz Vadeli Sözleşmelerin Getirilerinde Uzun Hafıza Varlığının Test Edilmesi. *İktisat İşletme ve Finans Dergisi*, 24(274), 7-32.
- Korkmaz, T., Çevik, E.İ. & Özataç, N.. (2009b). Testing for Long Memory in ISE Using ARFIMA-FIGARCH Model and Structural Break Test. *European Journals of Finance and Economics*, 26, 186-192.
- Lamoureux, C. & Lastrapes, W.. (1990). Persistence in Variance, Structural Change and the GARCH Model. *Journal of Business and Economic Statistics*, 68, 225-234.
- Lobato, I. & Eugene, S.N.. (1998). Real and Spurious Long Memory Properties of Stock Market Data. *Journal of Business and Economic Statistics*, 16, 261-268.
- McMillian, D. G. & Ruiz, I.. (2009). Volatility Persistence, Long Memory and Time-Varying Unconditional Mean: Evidence From 10 Equity indices. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 49, 578-595.
- McMillan, D. G. & Thupayagale, P.. (2008). Efficiency of the South African Equity Market. *Applied Financial Economics Letters*, 1-4.
- Newey, W. & West, K.. (1994). Automatic Lag Selection in Covariance Matrix Estimation. *Review of Economic Studies*, 61, 631-653
- Sanso, A., Arago, V. & Carrion, J. L.. (2004). Testing for Change in the Unconditional Variance of Financial Time Series. *Revista de Economia Financiera*, 4, 32-53.
- Tang, T. & Shieh, S.J.. (2004). Long Memory in Stock Index Futures Markets a Value-at-Risk Approach. *Physica A*, 366, 437-448.
- Yalama, A. & Çelik, S.. (2013). Real or Spurious Long Memory Characteristics of Volatility: Empirical Evidence from an Emerging Market. *Economic Modelling*, 30, 67-72.