

**Citation:** Ay, G., & Gün, M., Borsa İstanbul Pay Piyasasında Volatilité Modellemesi: BIST Banka Endeksi Üzerine Bir Uygulama, BMIJ, (2020), 8(5): 3795-3814 doi: <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v8i5.1547>

## BORSA İSTANBUL PAY PİYASASINDA VOLATİLİTE MODELLEMESİ: BIST BANKA ENDEKSİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA<sup>1</sup>

Gülşah AY <sup>2</sup>

Musa GÜN <sup>3</sup>

Received Date (Başvuru Tarihi): 17/06/2020

Accepted Date (Kabul Tarihi): 4/09/2020

Published Date (Yayın Tarihi): 25/12/2020

### ÖZ

#### Anahtar Kelimeler:

Volatilité,  
BIST Banka Endeksi,  
ARCH,  
GARCH  
JEL Kodları:  
C58, G17

Bu çalışmada, 4 Ocak 2010 ile 31 Aralık 2019 dönemi arasında yer alan BIST Banka endeksine ait günlük kapanış verilerden hareketle endeksin volatilité modellemesi tahmin edilmiştir. Bu bağlamda, öncelikle fiyat serisinin Augmented Dickey-Fuller birim kök testi yardımıyla durağanlığı araştırılmış ve birinci dereceden durağan bir seri olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra otoregresif modeller denendikten sonra en iyi ortalama denklem modelinin ARMA (2,2) olduğu saptanmıştır. Bunun yanında ortalama denkleme ait hata terimlerinde ARCH etkisi olduğu gözlemlenmiş ve buradan hareketle BIST Banka endeks serisinin hangi koşullu varyans modeli ya da modelleri ile açıklanabileceği test edilmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre BIST Banka serisinin volatilité modellemesini tahmin etmede en iyi sonuçlar veren modelin bilgi kriterlerine göre kıyaslandığında TGARCH (0,1,1); öngörü performansına göre kıyaslandığında ise EGARCH (1,1,1) modeli olduğu tespit edilmiştir.

#### Keywords:

#### JEL Codes:

Volatility

C58

BIST Banking Index

G17

ARCH

GARCH

<sup>1</sup> Bu çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Borsa İstanbul Pay Piyasasında Volatilité Modellemesi: BIST Banka Endeksi Üzerine Bir Uygulama adlı yayınlanmamış yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

<sup>2</sup> Yüksek Lisans Öğrencisi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, [gulsahay55@gmail.com](mailto:gulsahay55@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-6942-8433>

<sup>3</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, [musa.gun@erdogan.edu.tr](mailto:musa.gun@erdogan.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0002-5020-9342>

## EXTENDED ABSTRACT

### VOLATILITY MODELING IN BORSA İSTANBUL STOCK MARKET: AN APPLICATION ON BIST BANKING INDEX

#### 1. LITERATURE

In the past few years, considerable uncertainty and volatility have been observed in the emerging and mature financial markets worldwide. Financial analysts and investors are concerned about the fluctuating returns of their investments due to the market risk and variation in the market price speculation as well as the unstable business performance. Quantitative models are used in financial econometrics to decipher the investor's attitude towards the risks and returns as well towards the volatility. In this study, the volatility model of BIST Banking index is estimated based on the daily closing data of the index. There are only a few studies in the literature investigating volatility modelling based on the banking index, such as Köseoğlu (2010), Karahanoğlu and Ercan (2015), Koy (2016), Kula and Baykut (2017). So, this situation makes this study important because of its contribution to the literature.

#### 2. DESIGN AND METHOD

In the study, firstly, the most preferred unit root test (Augmented Dickey-Fuller unit root test) in the literature, was used for the static analysis of the series. Then, ARCH, GARCH, EGARCH and TGARCH models were used in the volatility modelling of the BIST Banking index. In ARCH and GARCH models, it is assumed that the effect of a positive shock and a negative shock on conditional variance is the same. So these models are symmetrical. However, research shows that the effects of positive and negative news on conditional variance in financial markets are not the same. Therefore, it was aimed to obtain more detailed results by adding asymmetrical EGARCH and TGARCH models to the study. For this purpose, 2514 log data is taken from the database of the Republic of Turkey Central Bank's Electronic Data Delivery System between 04/01/ 2010 and 31/ 12/2019.

#### 3. FINDINGS AND DISCUSSION

Findings show us that the stationary of the price series was investigated with the help of the Augmented Dickey-Fuller unit root test that it was a first-degreed stationary series. Then, it was determined that the best mean equation model is ARMA (2,2) among the autoregressive models. Also, it was observed that there was an ARCH effect in the error terms of the mean equation, and it was tested that with which conditional heteroscedasticity model or models, the series of BIST Banking index can be explained. According to the test results obtained, it was determined that the model that gives the best results in estimating the volatility modelling of the BIST Banking series is TGARCH (0,1,1) compared to the information criteria and EGARCH (1,1,1) compared to the forecasting performance.

#### 4. CONCLUSION, RECOMMENDATION AND LIMITATIONS

When we look at the banking index on volatility modelling studies conducted in Turkey, it seems to be quite limited. While studies in the literature examine volatility modelling, they generally focused on the BIST 100 index. Nevertheless, when our study is compared with the limited number of similar studies examined in the literature, it is seen that it gives similar results with Karahanoğlu and Ercan (2015). The results of the study are the basis for some future work and should be approached with caution. More advanced and different results can be obtained by using different data sets and methods. For example, in this study, the data set was created to cover the period after the crisis in order to remove the effects of the 2008 global economic crisis. In future studies to include the crisis period (especially may include the banking crisis in 2001, Turkey) can expand analysis results.

## 1. GİRİŞ

Dünya üzerinde küreselleşmenin artması ile birlikte ülkelerin finansal piyasaları arasındaki bütünleşme de hızla artmıştır. Uluslararası arenada var olabilmek, varlığını sürdürebilmek ve ekonomik rekabet gücünü koruyabilmek için ülkeler, diğer ülke piyasaları ile entegre bir şekilde çalışmak durumundadır. Fakat bunun yanında, dünyanın herhangi bir yerinde meydana gelen mali bir kriz, siyasi ve politik belirsizlik ve ekonomik değişkenlik gibi gelişmeler diğer piyasaları da etkilediğinden dolayı ülkeler arası finansal piyasaların birbirleri ile entegre olmasının avantajları yanına bazı dezavantajlar da eklemektedir. Örnek vermek gerekirse; 19 Ekim 1987 tarihinde Hong Kong borsasında meydana gelen bir düşüş kısa bir süre içinde dünya piyasalarını da etkisi altına alarak büyük kayıplar yaşatmasına neden olmuştur.

Piyasada fiyatlardaki oynaklığın ya da fiyat hareketleri arasındaki farkın büyüklüğü anlamına gelen volatilité kavramı ise bu tür gelişmelerden kuşkusuz etkilenmektedir. Belirsizliğin yüksek olduğu piyasalarda hisse fiyatlarında oynaklık fazla olacağından o piyasalara yatırım yapmak da riskli olacaktır. Bu yüzden, finansal piyasalarda volatilité modellemesi yapmak hem politika yapıcılar için hem de gelirlerini yatırıma dönüştürmek isteyen yatırımcılar için önem arz etmektedir.

Finansal piyasalarda volatilitenin incelenmesi 1980'li yıllardan itibaren artmaya başlamıştır. Bunun sebebi olarak 1980'den itibaren finansal alanda liberalleşmenin dünya çapında artması gösterilebilmektedir. Finansal piyasalarda yaşanan dalgalanmalar yatırımcıları bazı risklere maruz bırakmaktadır. Yatırımcılar piyasada fiyatların sürekli bir düşüş veya yükseliş trendine gireceğini öngörüyorlarsa volatilitenin yüksek, fiyatların durağan bir seyir izleyeceğini düşünüyorlar ise volatilité olabildiğince düşük olacaktır.

Bu çalışma ile Borsa İstanbul içinde yer alan BIST Banka endeksinin volatilité modellemesinde ARCH, GARCH, EGARCH ve TGARCH modellerinden hangisinin en uygun model olduğunun araştırılması amaçlanmıştır. Türkiye'de volatilité modellemesi üzerine yapılan çalışmalar 2000'li yıllardan itibaren yoğunlaşmaya ve önemi anlaşılmaya başladığı görülmektedir. Diğer yandan mevcut literatür

incelendiğinde ise yapılan çalışmalar çoğunlukla BIST 100 endeksine ait verilerden hareketle yapıldığı gözlemlenmektedir. Bankacılık sektörünün incelendiği çalışmalar oldukça sınırlı kalmıştır. Ekonomik ve sosyal alanlarda meydana gelen olumlu veya olumsuz gelişmelerden bankacılık sektörünün en çok etkilenen sektörler arasında yer alması ve bankacılık sisteminin ülkenin ekonomik dinamiklerini yakından ilgilendirdiğinden dolayı, bu sektördeki volatilitenin modellenmesinin önemini ortaya koymaktadır. Bu çerçevede, literatürde bulunan bu boşluğun doldurulmasından hareketle literatüre katkı sağlamayı hedeflemesi bu çalışmanın önemini göstermektedir.

Çalışmanın takip eden bölümlerinde ilk önce volatilitenin modellenmesini konu alan literatürde yer alan çalışmalara yer verilmiş, ardından çalışmanın yöntemi, veri seti açıklanmıştır. Son olarak analiz bulguları değerlendirilerek, sonuç kısmı ile çalışma sonlandırılmıştır.

## 2. LİTERATÜR

Her geçen gün gelişen ve farklılaşan finansal piyasalar beraberinde bu modellerdeki eksiklikleri gündeme getirmiş ve birçok farklı modellenme teknikleri literatüre kazandırılmıştır. Türkiye'de Volatilitenin Modellenmesi Üzerine Yapılmış Çalışmalara bakıldığında 2000'li yıllardan sonra yaygınlaştığı görülmektedir. Kalaycı (2005), çalışmada İMKB'de ki hisse senedi piyasasının getiri oynaklığının belli başlı makroekonomik değişkenlerin oynaklığı ile açıklamaya çalışmıştır. Çalışmada 1990-2003 verileri kullanılarak GARCH modeliyle analiz edilip ulaşılan sonuçlar neticesinde şartlı varyanslar kullanılarak çoklu regresyon analizi uygulanmıştır. Çalışmanın sonucu olarak İMKB'nin yeterince aktif olmadığını ve borsada getiri hareketlerinin makro etkiler ve temel finansal etkiler dışında belirlendiği anlamına geldiğini belirtmiştir. Tuna ve İsaetli (2014) makalelerinde, finansal piyasalarda volatilitenin kavramı üzerinde durmuş ve bunun için 2002-2012 dönemi arasında İMKB 100 endeksinde volatilitenin modellenmelerini incelemişlerdir. Yapılan analizler neticesinde, GARCH katsayısının yüksek değerde olduğu bulunmuştur. Bu durum ise volatilitenin süreklilik gösterdiğine işaret eder ve buna göre, piyasalara t döneminde etki etmiş bir şokun, t+1 ve sonraki dönemlerde de etkisini devam ettirdiği sonucuna



ulaşmışlardır. Çelik, Özdemir ve D. Gülbahar (2018), çalışmalarında gelişmiş piyasa olarak ABD ile Endonezya, gelişmekte olan ülke olarak da Malezya ve Türkiye gibi ülkelerindeki İslami pay senetleri arasında muhtemel volatiliteler ve getiri yayılımlarını araştırmışlardır. Haziran 2012 ile Haziran 2017 dönemine ait günlük veriler MSCI (Morgan Stanley Capital International) aracılığıyla elde edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında simetrik olmayan ve çok taraflı bir volatiliteler ve getiri yayılımı olduğu tespit edilmiştir. Türk piyasasındaki İslami endeksine doğru herhangi bir getiri yayılımı bulunmadığı ve en az volatiliteler kalıcılığına sahip olan ülkenin de Türkiye olduğu ifade edilmiştir. Kula ve Baykut (2018); çalışmalarında endeksler arasında yer alan BIST-50 endeksinin 2007-2016 yıllarını kapsayan günlük kapanış verileri üzerinden asimetrik durumunun meydana çıkarılması amacıyla iki doğrusal (ARCH ve GARCH) ve üç asimetrik (EGARCH, PARARCH ve TGARCH) model ile analiz ederek volatiliteler yapısını tespit etmek istemişlerdir. Yapılan analiz sonucunda endeksin volatiliteler yapısını GARCH (2,1) modeli ile açıklamış olup BIST-50 endeksinin günlük volatilitesi %1,76- volatiliteler ısrarcılığını ise 16.14 gün, olarak hesaplamışlardır. Kuzu (2018), yapmış olduğu çalışmada 2011 ile 2017/3 dönemine ait BIST-100 endeksinin günlük kapanış verilerini dikkate alarak BIST-100 Endeksinin getiri oynaklıklarının ARCH, GARCH, T-GARCH ve E-GARCH modelleriyle, hangi modelin açıklayıcılık derecesinin en yüksek olduğunu ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Yapılan analiz sonuçlarında modeller arasında T-GARCH modelinin BIST 100 getiri volatilitelerinin meydana getirilmesinde en başarılı sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir

Bunun yanında, Türkiye’de bankacılık endeksine ait verilerden hareketle yapılan volatiliteler modellemesi çalışmaları da sınırlı sayıda bulunmaktadır. Literatürde bankacılık endeksini baz alarak volatiliteler modellemesini araştıran sadece dört tane çalışmaya rastlanılmıştır.

Köseoğlu (2010) çalışmasında, BIST Bankacılık ve BIST 100 endekslerinin volatilitelerini birbiriyle kıyaslamıştır. Araştırmanın kapsamı 1997-2010 dönemine ait aylık veriler olarak belirlenmiş olup volatiliteler kıyaslaması için IGARCH ve GARCH (1,1) modelleri kullanılmıştır. Tamamen yazarın tercihinine göre seçilen modellerle yapılan volatiliteler kıyaslaması sonuçlarına göre her iki endeks için en yüksek ölçülen

volatilite dönemi 2001 yılı bulunmuştur. Bunun sebebi kuşkusuz 2001 yılında meydana gelmiş olan finansal krizin göstermiş olduğu etkilerdir. Diğer yandan, BIST Bankacılık endeksi BIST 100 endeksine göre daha oynak bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Karahanoğlu ve Ercan (2015) ise çalışmalarında Borsa İstanbul'da işlem gören bankalardan oluşan BNK10 endeksinin 2000-2015 yılları arasındaki günlük verilerinden hareketle volatilite modellemesini araştırmıştır. Ayrıca endekste kaldıraç etkisinin bulunup bulunmadığı da araştırılmıştır. Analiz bulgularına göre endekste kaldıraç etkisinin varlığı tespit edilmiş ve endeks volatilitelerini açıklayan en iyi model ise TGARCH modeli olduğu bulunmuştur. Koy (2016) çalışmasında BIST Banka, BIST Hizmetler, BIST Sınai ve BIST Ticaret endekslerinin 2011-2014 yılları arasındaki günlük kapanış verilerine GARCH, EGARCH ve TARCH modellerini uygulamıştır. Yapılan analizler neticesinde BIST Sınai, Hizmetler ve Ticaret endekslerinde GARCH ve EGARCH, BIST Banka endeksinde ise sadece GARCH modeli anlamlı bulunmuştur. Kula ve Baykut (2017), çalışmalarında BIST Banka endeksinin volatilite yapısını doğrusal olmayan GARCH ailesi modellerinden MSGARCH modeli ile incelemişlerdir. 1997-2016 dönemini kapsayan günlük 4959 veri ile endeksin volatilite yapısı düşük volatilitelere sahip "düşük riskli rejim" ve yüksek volatilitelere sahip "yüksek riskli rejim" biçiminde iki rejimli olarak analiz etmiştir. Sonuç olarak BIST Banka endeksinde düşük volatilitelere sahip "düşük riskli rejim" ısrarcılığı hâkim olduğu tespit edilmiştir. Bu kısımdan sonra Türkiye'de farklı endeks verilerinden hareketle yapılmış olan volatilite modellemesini araştıran çalışmalara yer verilmiştir.

Bankacılık endeksinin volatilitesi üzerine yapılmış olan çalışmalar Türkiye'de olduğu gibi uluslararası literatürde de oldukça kısıtlı bir şekilde kalmıştır. Bu çalışmalardan birkaç örnek vermek gerekirse; Birau, Trivedi ve Antonescu (2015) tarafından yapılan çalışmada, Hindistan Bombay Borsası'nda yer alan banka endeksinin (BANKEK) volatilite yapısı incelenmiştir. 2002-2014 dönemini kapsayan analiz bulgularına göre banka endeksinin volatilite öngörüsünde bulunan en iyi modelin GARCH (1,1) modeli olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, yazarlara göre özellikle kriz dönemlerinin bu endeksin volatilitelerinin en çok artış gösterdiği dönemler olduğu vurgulanmıştır. Tamilselvan ve Shaik (2016) ise çalışmalarında

Muskat Borsası'nda yer alan (MSM-30, MSM-Banka, MSM-Sanayi ve MSM-Hizmet) dört endeksin volatilité yapısını GARCH (1,1), EGARCH (1,1) ve TGARCH (1,1) modellerini kullanarak incelemişlerdir. Analiz bulgularına göre ilgili tüm endeksler için volatilité tahmininde en uygun model GARCH (1,1) modeli olduğu tespit edilmiştir.

### 3. EKONOMETRİK YÖNTEM VE VERİ SETİ

Çalışmada BIST Banka endeksinin volatilité modellemesinde ARCH, GARCH, EGARCH ve TGARCH modelleri kullanılmıştır. ARCH ve GARCH modellerinde pozitif bir çok ile negatif bir şokun koşullu varyans üzerindeki etkisinin aynı olduğunu varsayılmaktadır. Yani söz konusu bu modeller simetriktir. Fakat yapılan araştırmalar finansal piyasalarda olumlu ve olumsuz haberlerin koşullu varyans üzerindeki etkilerinin aynı olmadığını göstermektedir. Bu yüzden çalışmaya simetrik olmayan EGARCH ve TGARCH modelleri de eklenerek daha detaylı sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada serinin durağanlık analizi için ise literatürde en çok tercih edilen ADF birim kök testi kullanılmıştır.

#### 3.1. Yöntem

Finansal seriler ve iktisadi zaman serileri genellikle durağan yapıya sahip değillerdir. Zaman serisi verilerine analizlerin uygulanabilmesi için ise durağanlık özelliği göstermesi gerekmektedir. Zaman içerisinde serilerin kovaryansı, ortalaması ve varyansının değişip değişmediğine bakılarak durağanlık tespiti yapılmaktadır. ADF birim kök testi için oluşturulan üç denklem aşağıdaki gibidir (Dickey & Fuller, 1981):

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \text{ (sabitli ve trendli)} \quad (1)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \text{ (sabitli ve trendli)} \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \text{ (sabitli ve trendli)} \quad (3)$$

Denklemlerde yer alan  $\Delta Y_t$ , değişkenin birinci farkını;  $t$ , genel eğilim (trend) değişkenini;  $\Delta Y_{t-1}$ , gecikmeli fark terimini göstermektedir. Denklemlerden elde edilen tahmin sonuçlarından  $\delta$  parametresi için hesaplanacak  $\tau$  istatistiği MacKinnon kritik değerleri ile karşılaştırılır. Hesaplanan  $\tau$  istatistiğinin mutlak değeri, MacKinnon kritik değerlerinin mutlak değerinden büyükse serilerin birim kök içerdiği yani durağan olmadığı şeklinde kurulan sıfır hipotezi ( $\delta=0$ ) reddedilecektir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010, s.317).

Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH) modeli ilk kez Engle (1982) tarafından geliştirilmiştir. ARCH modeli ve uzantıları (GARCH, EGARCH, vb.) piyasa getirilerini ve oynaklığını tahmin etmek için kullanılan en popüler modeller arasındadır. ARCH modeli, standart sapmaları kullanmak yerine varyansı dikkate almaktadır. Getiri varyansı olan  $\sigma^2$ 'yi  $h$  olarak kabul edersek ARCH modeli aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$r_{t+1} = \mu + \varepsilon_{t+1}, \quad (4)$$

$$\varepsilon_{t+1} = \sqrt{h_{t+1}}z_{t+1}, \quad (5)$$

$$h_{t+1} = a_0 + \sum_{j=1}^q a_j \varepsilon_{t+1-j}^2, \quad (6)$$

Burada;  $r_{t+1}$  getirilerin  $t+1$  zamanındaki koşullu tahmincisini,  $\mu$  ortalama getiriyi,  $\varepsilon_{t+1}$  hata terimini,  $z_{t+1}$  normal dağılmış rassal değişkenleri ve  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_q$  modelin parametrelerini temsil etmektedir.  $z_{t+1}$  süreci otoregresif bir regresyon sürecini takip eden koşullu varyans  $h_{t+1}$  ile hesaplanmaktadır.  $a_j \geq 0, j=1, \dots, q$  parametreleri  $h_{t+1}$ 'in pozitif olduğunu göstermektedir.

Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) modeli, ARCH modelinin genel bir versiyonudur. ARCH modelinden  $h_{t+1}$  yönünden farklılaşmaktadır. GARCH (p, q) modeli aşağıdaki gibi formüle edilmektedir (Bollerslev, 1986):

$$r_{t+1} = \mu + \varepsilon_{t+1}, \quad (7)$$

$$\varepsilon_{t+1} = \sqrt{h_{t+1}}z_{t+1}, \quad (8)$$



$$h_{t+1} = \omega + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t+1-i} + \sum_{j=1}^q a_j \varepsilon_{t+1-j}^2 \quad (9)$$

Bu modelde ARCH modelinden farklı olarak bulunan  $\omega$  model parametresini ifade etmektedir. Modelde yer alan  $\omega \geq 0$ ,  $\beta_i \geq 0$  ve  $a_j \geq 0$  parametreleri pozitifdir.

Literatürde GARCH modelinin uzantısı olan çok sayıda model bulunmaktadır (EGARCH, GJR-GARCH, TGARCH vd.). Bu çalışmada ise analize literatürde yaygın olarak kullanılan EGARCH ve TGARCH modelleri dahil edilmiştir. İlk olarak Nelson (1991) tarafından geliştirilen EGARCH modelinden bahsedilecek olursa, model piyasalarda meydana gelen yukarı ve aşağıya doğru gerçekleşen hareketlerin finansal varlıkların gelecek dönemlerdeki oynaklığın öngörülebilirlik açısından farklı etkiye sahip olduğu olasılığını dikkate almaktadır (Çil, 2018: 452). EGARCH modeli aşağıdaki gibi formüle edilmektedir:

$$r_{t+1} = \mu + \varepsilon_{t+1}, \quad (10)$$

$$\varepsilon_{t+1} = \sqrt{h_{t+1}} z_{t+1}, \quad (11)$$

$$\log h_{t+1}^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \beta_i \log h_{t+1-i}^2 + \sum_{j=1}^q a_j \frac{|\varepsilon_{t+1-j}^2|}{h_{t+1-j}} \quad (12)$$

EGARCH modeli GARCH modeline benzer özellikler taşımaktadır.

Zakoian (1994) GARCH modelindeki kaldıraç etkisini göstermek için TGARCH modelini literatüre kazandırmıştır. Burada pozitif veya negatif şokların varyans üzerindeki etkileri olumlu veya olumsuz olmalarına göre farklılık göstermektedir. TGARCH modelindeki kaldıraç etkisi EGARCH modelinkiyle benzerlik göstermektedir. TGARCH modeli aşağıda bulunan formül gibi ifade edilmektedir:

$$r_{t+1} = \mu + \varepsilon_{t+1}, \quad (13)$$

$$\varepsilon_{t+1} = \sqrt{h_{t+1}} z_{t+1}, \quad (14)$$

$$h_{t+1} = \omega + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t+1-i} + \sum_{k=1}^r \gamma_k \varepsilon_{t+1-k}^2 I_{t+1-k}^- + \sum_{j=1}^q a_j \varepsilon_{t+1-j}^2 \quad (15)$$

Böyle bir modelde  $\gamma_k \neq 0$  ise piyasaya gelen yeni haberlerin etkisi farklı olacak

demektir.  $\gamma_k > 0$  olması durumunda piyasaya gelen olumsuz haberlerin volatilité etkisi üzerine etkisinin olumlu haberlerden daha fazla olacağı anlamına gelmektedir.  $\gamma_k = 0$  ise piyasaya gelen yeni haberlerin volatilité üzerindeki etkisinin asimetrik olmadığını göstermektedir. Diğér bir deyişle TGARCH modelinin GARCH modeline eřit olacağı anlamına gelmektedir.

### 3.2. Çalışmanın Veri Seti ve Tanımlayıcı İstatistik Bilgileri

Çalışmada, Borsa İstanbul'da yer alan BIST Banka endeksinin 04/01/2010-31/12/2019 dönemleri arasındaki doğal logaritmaları alınmış günlük kapanış değerleri kullanılmıştır.

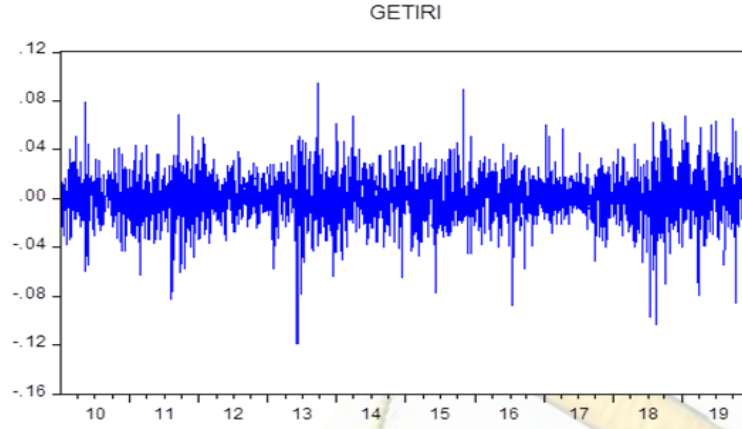
Banka endeksine ait serilerin ortalama, medyan, standart sapma, çarpıklık ve basıklık değerleri ile Jarque-Bera test sonuçlarından oluşan tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** BIST Banka Endeksine Ait Tanımlayıcı İstatistik Bilgileri

Ortalama	0.000114
Medyan	-0.0000837
Maksimum	0.094782
Minimum	-0.118615
Std. Sapma	0.020018
Çarpıklık	-0.250939
Basıklık	5.276015
Jarque-Bera	568.7887
Olasılık	0.00000
Gözlem Sayısı	2514

Tablo 1'de yer alan çarpıklık ve basıklık değerleri serinin normal bir dağılım gösterip göstermediği hakkında bilgi vermektedir. Normal bir dağılıma sahip olan serilerde çarpıklık değeri sıfıra, basıklık değeri ise 3'e eşittir. Çarpıklık değeri negatif olan seriler sola, pozitif olan seriler ise sağa çarpıktır. Tabloya bakıldığında endeksin sola çarpık olduğu görülmektedir. Basıklık ise normal dağılım eğrisinin ne kadar basık veya ne kadar dik olduğunu gösterir. Basıklık değeri standart değer olan 3'ün üzerindeyse dik, 3'ün altındaysa basık olarak nitelendirilmektedir. Tablo incelediğinde, endeks serisinin normalden daha dik olduğu görülmektedir. Çarpıklık ve basıklık değerlerinin yanı sıra serilerin normal dağılım gösterip göstermediğini incelemek için Jarque-Bera (JB) test istatistikleri hesaplanmıştır. JB test sonucuna

göre, Banka endeksinin olasılık değerinin %5 anlamlılık düzeyinden daha küçük olmasından dolayı normal dağılım göstermediği görülmektedir.



**Şekil 1.** BIST Banka Endeksine Ait Zaman Grafiği

Şekil 1’de yer alan BIST Banka endeksine ait zaman yolu grafiği incelendiğinde endeks getirisinin uzun dönemde aynı ortalama etrafında ilerlediği görülmektedir. Şekilde görülmekte olan sıçramalar ise endeks getirilerinde değişen varyans olduğu hakkında bilgi vermektedir.

#### 4. BULGULAR

Uygulamalı analizde ilk önce BIST Banka endeksine ait getiri serisinin durağanlık analizine bakılmıştır. Daha sonra ARMA yapısı tespit edildikten sonra seride ARCH etkisi olup olmadığını anlamak için ARCH-LM testine yer verilmiştir. Son olarak ARCH ve GARCH modelleri tahmin edilmiştir.

**Tablo 2.** ADF Birim Kök Testi Sonuçları

		Sabitsiz	Sabitli	SabitliveTrendli
ADF Testi Sonuçları (Düzeyde)	T istatistiği	-0.192988	-3.396359	-3.452475
	Olasılık değeri	0.6168	0.0112	0.0449
	Kritik değeri (%1)	-2.565883	-3.432759	-3.9616 96
	Kritik değeri (%5)	-1.940950	-2.862490	-3.411596
	Kritik değeri (%10)	-1.616615	-2.567321	-3.127667
ADF Testi Sonuçları (1.Fark)	T istatistiği	-51.53596	-51.52728	-51.51709
	Olasılık değeri	0.0001	0.0001	0.0000
	Kritik Değer (%1)	-2.565883	-3.432760	-3.961697
	Kritik Değer (%5)	-1.940950	-2.862490	-3.411597
	Kritik Değer (%10)	-1.616615	-2.567321	-3.127667

Tablo 2’de yer alan ADF birim kök testi bulgularına bakıldığında endeks serisinin düzeyde sabitsiz modelde tüm anlamlılık düzeylerinde, sabitli ve trendimodelde ise %1 anlamlılık düzeyinde birim kök içerdiği görülmektedir. Farkı alınan serinin ise tüm anlamlılık düzeylerinde birim kök içermediği ( $p=0.0000$ ) yani durağanlaştığı gözlemlenmektedir.

Serinin durağan olduğu tespit edildikten sonra uygun ortalama denklemi tahmin edilmiştir. BIST Banka endeksi için uygun ortalama denklemi ARMA (2,2) modeli bulunmuştur. Tablo 3’te ARMA (2,2) modeli sonuçları yer almaktadır. Model olasılık değerleri %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

**Tablo 3.** Uygun ARMA Modeli Tahmini

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-istatistik	Olasılık
C	0.000106	0.000406	0.261230	0.7939
AR(1)	0.497258	0.040045	12.41744	0.0000
AR(2)	-0.927278	0.039138	-23.69244	0.0000
MA(1)	-0.515593	0.035596	-14.48465	0.0000
MA(2)	0.945338	0.034677	27.26091	0.0000
SIGMASQ	0.000400	7.91E-06	50.63696	0.0000

Endeks getirisini en iyi açıklayan ortalama denklem modeli belirlendikten sonra modelde ARCH etkisi olup olmadığı ARCH-LM testi uygulanarak incelenmiştir. ARCH-LM testi ile 1, 5, 10, 15, 20, 25. ve 30. gecikmeye kadar test işlemi yapılmıştır. ARCH-LM testi hipotezleri şu şekilde oluşturulmaktadır:

$H_0$ : Modelde ARCH etkisi yoktur.

$H_1$ : Modelde ARCH etkisi vardır.

**Tablo 4.** ARCH-LM Testi Sonuçları

Gecikme	F-İstatistiği	Olasılık-F	R <sup>2</sup>	Olasılık R <sup>2</sup>
1.Gecikme	31.58736	0.0000	31.21819	0.0000
5.Gecikme	13.86531	0.0000	67.61249	0.0000
10.Gecikme	9.198375	0.0000	89.08972	0.0000
15.Gecikme	6.788557	0.0000	98.43273	0.0000
20.Gecikme	5.148122	0.0000	99.67231	0.0000
25.Gecikme	5.041318	0.0000	121.1426	0.0000
30.Gecikme	4.512889	0.0000	4.512889	0.0000



Tablo 4'e bakıldığı zaman ARMA (2,2) modelinin tüm gecikmelerde R<sup>2</sup> olasılık değerleri 0.05'ten küçük olduğundan H<sub>0</sub> hipotezi reddedilmektedir, yani modelde ARCH etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Bu aşamadan sonra endeks için varyans modeli tahminine geçilebilir.

**Tablo 5.** BIST Banka Endeksi Varyans Modelleri

	ARCH (1)	GARCH (0,1)	GARCH (1,1)	TGARCH (0,1,1)	TGARCH (1,0,1)	TGARCH (1,1,1)	EGARCH (0,1,1)	EGARCH (1,0,1)	EGARCH (1,1,1)
$\omega$	0.00036 (0.0000)	0.00004 (0.5562)	7.61E-06 (0.0061)	9.49E-06 (0.0000)	0.000367 (0.0000)	0.000010 (0.0001)	-0.12862 (0.0000)	-7.911166 (0.0000)	-0.34864 (0.0000)
$\alpha$	0.08747 (0.0012)	-----	-----	-----	-0.013051 (0.4354)	0.006351 (0.5128)	-----	0.098211 (0.0529)	0.095622 (0.0000)
$\beta$	-----	0.89966 (0.0000)	0.938039 (0.0000)	0.942545 (0.0000)	-----	0.933944 (0.0000)	0.983790 (0.0000)	-----	0.965114 (0.0000)
$\gamma$	-----	-----	-----	0.065348 (0.0000)	0.193293 (0.0001)	0.064769 (0.0000)	-0.06824 (0.0000)	-0.167657 (0.0000)	-0.07050 (0.0000)
Olabilirlik oranı	6319.00	6311.95	6364.226	6379.265	6326.902	6379.495	6356.382	6327.870	6376.786
Schwarz Bilgi Kriteri	-5.0281	-5.02251	-5.061188	-5.073215	-5.031341	-5.070270	-5.054915	-5.032115	-5.068104
R <sup>2</sup>	0.003339	0.000602	-0.001829	0.001979	-0.000403	0.001955	-0.000444	-0.000835	0.002197
Sonuç	Anlamlı	Anlamsız	Anlamlı	Anlamlı	Anlamsız	Anlamsız	Anlamlı	Anlamsız	Anlamlı

Tablo 5 incelendiğinde varyans denklemi katsayıları anlamlı olan ARCH (0,1), GARCH (1,1), TGARCH (1,0,1), EGARCH (0,1,1) ve EGARCH (1,1,1) modelleri arasında Schwarz Bilgi Kriterlerine göre en düşük değer ve olabilirlik değeri en yüksek model olması bakımından en uygun model TGARCH (0,1,1) modelidir. TGARCH (0,1,1) modelinde  $\gamma > 0$  olduğundan negatif şokun volatilité üzerine etkisinin pozitif şoktan daha fazla olduğu anlamına gelmektedir. Yani kaldıraç etkisinin olduğu söylenebilir. Tablo 5'te anlamlı bulunan ARCH/GARCH modellerinin öngörü performanslarının kıyaslanması için modellerde otokorelasyon ve ARCH etkisinin kalıp kalmadığı tekrardan test edilmiştir. Tablo 6 incelendiğinde tüm gecikmelerde Q istatistik olasılık değeri ve ARCH-LM olasılık değeri %5'den büyük olan modeller TGARCH (0,1,1) ve EGARCH (1,1,1) modelleridir.

**Tablo 6.** Hata Terimlerinde Otokorelasyon ve Değişen Varyans Testleri

		ARCH (1)	GARCH (1,1)	EGARCH (0,1,1)	EGARCH (1,1,1)	TGARCH (0,1,1)
1.gecikme	Q-İstatistik	0.3012	4.6929	11.4850	2.5964	1.9054
	Olasılık	0.5830	0.0300	0.0010	0.1070	0.1670
	R <sup>2</sup>	0.3008	4.6860	11.4677	2.5928	1.9027
	Olasılık R <sup>2</sup>	0.5834	0.0304	0.0007	0.1074	0.1678
2.gecikme	Q-İstatistik	13.1310	5.3504	22.4330	3.4938	2.2431
	Olasılık	0.0010	0.0690	0.0000	0.1740	0.3260
	R <sup>2</sup>	13.0589	5.1898	20.9629	3.3845	2.1871
	Olasılık R <sup>2</sup>	0.0015	0.0747	0.0000	0.1841	0.3350
3.gecikme	Q-İstatistik	38.4380	8.3144	43.1010	6.4102	5.4927
	Olasılık	0.0000	0.0400	0.0000	0.0930	0.1390
	R <sup>2</sup>	37.6733	7.9874	38.1738	6.1232	5.3348
	Olasılık R <sup>2</sup>	0.0000	0.0463	0.0000	0.1058	0.1489
4.gecikme	Q-İstatistik	50.3760	8.6828	50.9150	7.3409	6.9144
	Olasılık	0.0000	0.0700	0.0000	0.1190	0.1400
	R <sup>2</sup>	47.5309	8.2102	42.4712	6.8292	6.5214
	Olasılık R <sup>2</sup>	0.0000	0.0842	0.0000	0.1452	0.1634
5.gecikme	Q-İstatistik	51.8180	9.8446	51.8610	7.9396	7.2744
	Olasılık	0.0000	0.0800	0.0000	0.1600	0.2010
	R <sup>2</sup>	47.7130	9.5782	42.4821	7.6257	6.9969
	Olasılık R <sup>2</sup>	0.0000	0.0881	0.0000	0.1781	0.2209
10.gecikme	Q-İstatistik	82.1030	14.6170	69.7050	14.0700	12.1060
	Olasılık	0.0000	0.1470	0.0000	0.1700	0.2780
	R <sup>2</sup>	66.8773	14.2500	55.7184	14.1396	12.2773
	Olasılık R <sup>2</sup>	0.0000	0.1619	0.0000	0.1667	0.2669

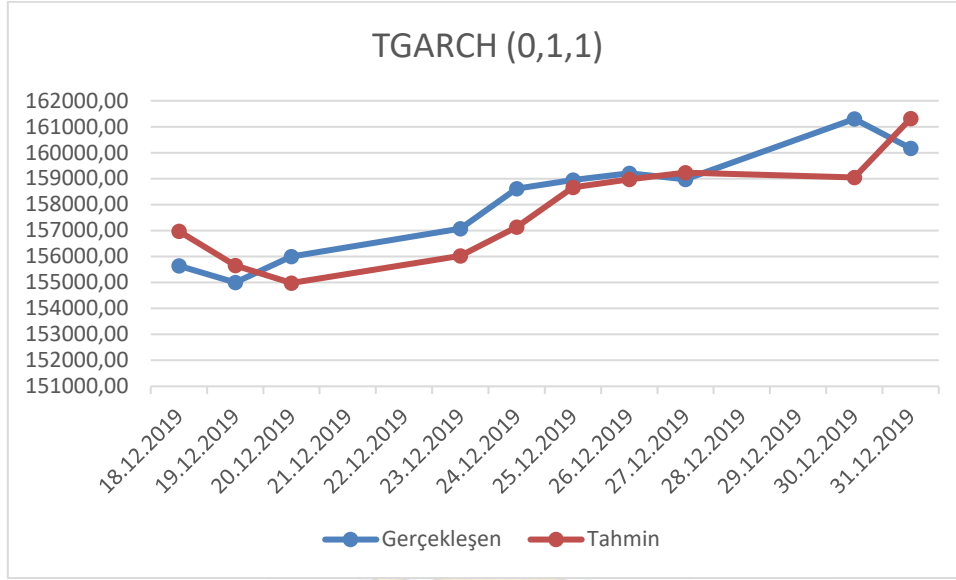
ARCH modellerinde öngörü performansları arasında seçim yapılırken Ortalama Mutlak Oransal Hata (MAPE), Ortalama Hata Karesinin Kökü (RMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Hata Karesi (MSE), Ortalama Hata (ME) ve Theil Eşitsizlik Katsayısı değerlerine bakılmaktadır. Söz konusu değerlerin en küçük olduğu model en başarılı model olarak kabul edilmektedir. Tablo 7 incelendiğinde EGARCH (1,1,1) modeli çok az bir farkla da olsa TGARCH (0,1,1) modeline göre daha başarılı bir model olduğu görülmektedir.

**Tablo 7.** EGARCH (1,1,1), TGARCH (0,1,1) Modelleri Öngörü Performansları

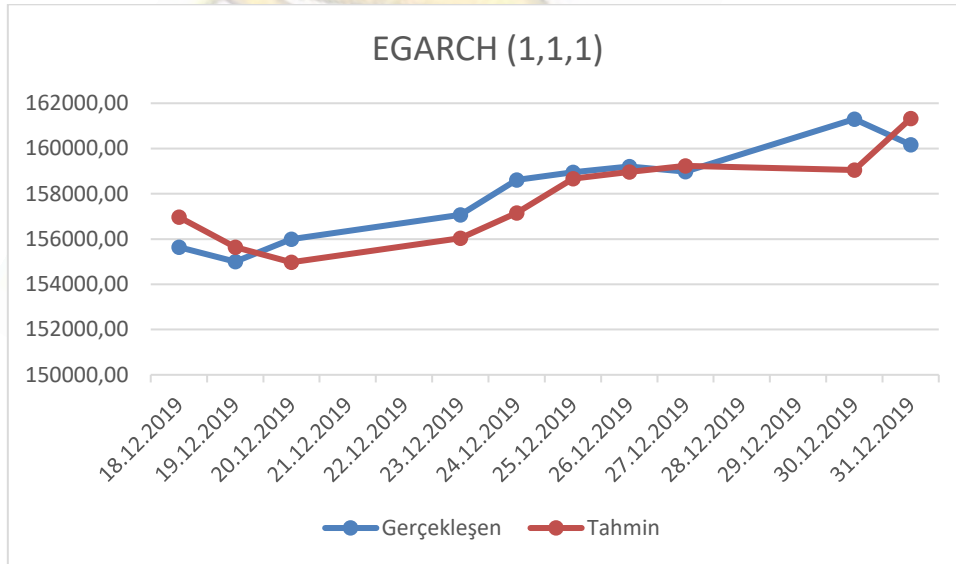
Model	RMSE	MAE	MAPE	THEIL
EGARCH (1,1,1)	1141.915	968.6079	0.611722	0.003615
TGARCH(0,1,1)	1145.404	971.8032	0.613767	0.003626

Her iki model de XBANK endeksini ortalama %0,61 (mape) hata ile öngörmüş ve hata payının %1 bile olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda

modellerin yapmış oldukları öngörülerin hata payının çok küçük olduğu söylenebilir. Bu durum Şekil 2 ve Şekil 3'teki grafiklerden de açıkça görüldüğü gibi model öngörülerine ait çizgi ile gerçekleşen değerler çizgisi birbirine çok yakın bir seyir izlemektedir.



Şekil 2. TGARCH (0,1,1) Modeli Öngörü Performansı Grafiği



Şekil 3. EGARCH (1,1,1) Modeli Öngörü Performansı Grafiği

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada 04/01/2010-31/12/2019 dönemlerini kapsayan BIST Banka endeksine ait 2514 günlük kapanış değerleri kullanılarak volatilité modellenmesi incelenmiştir. İlk olarak tanımlayıcı istatistiksel verilerine bakılmıştır. XBANK endeksinin Jarque-Bera değeri (568.7887) %5 kritik değeri (5.99147) aştığından dolayı normal dağılıma sahip olmadığı gözlemlenmiştir.

Daha sonra varyans modellemesine geçmeden önce serinin durağanlık analizi yapılmıştır. ADF birim kök testi ile incelenen seri düzeyde sabitsiz modelde tüm anlamlılık seviyesinde, sabit içeren ve trend içeren modelde ise %1 anlamlılık seviyesinde birim kök içermekte olduğu görülmüştür. Serinin durağanlaşması için birinci farkı alınıp tekrar incelenmiş ve seri tüm anlamlılık seviyelerinde durağan hale geldiği tespit edilmiştir. Bu aşamadan sonra volatilité modellemesine durağanlığı tespit edilen getiri serisi üzerinden devam edilmiştir.

XBANK endeksinde ARCH etkisinin var olup olmadığı ve akabinde en uygun volatilité modeli araştırılmadan önce uygun ARMA modeli seçilmiştir. Gecikme sayısı 10 olarak belirlenmiş ve tüm ARMA modelleri BIC bilgi kriterlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. Modeller küçükten büyüğe doğru sıralı bir şekilde anlamlılık durumları araştırılmış ve ARMA (2,2) modelinin uygun model olduğu sonucuna varılmıştır. Modelde ARCH etkisinin olup olmadığı da 30. gecikmeye kadar test edilmiştir. Tüm gecikmelerde ARCH-LM testinin olasılık değerleri %5 anlamlılık seviyesinde kritik tablo değerini aşmadığından sıfır hipotez olan ARCH etkisi yoktur hipotezi reddedilmiştir ( $p < 0.05$ ). Modelde ARCH etkisi vardır. Ayrıca modele ait korelogram tablosu incelenmiş ve hata terimleri arasında otokorelasyon bulunmuştur. Böylece korelogram analizi ile de ARCH etkisinin olduğu anlaşılmıştır.

ARCH etkisinin tespit edilmesinin ardından bu etkinin ortadan kaldırılması için buna en uygun ARCH (p,q), GARCH (p,q), EGARCH (p,q) ve TGARCH (p,q) modelleri tahmin edilmiştir. ARCH ve GARCH modeli normal dağılım varsayımına göre işlediğinden dolayı tek başına incelenmeleri yetersiz kalacağı



düşünüldüğünden EGARCH ve TGARCH modelleri de çalışmaya dahil edilerek daha kapsamlı ve daha güvenilir sonuçlar elde etmek amaçlanmıştır.

Model seçimine ait elde edilen bulgular incelendiğinde ARCH (1), GARCH (1,1), EGARCH (0,1,1), EGARCH (1,1,1) ve TGARCH (0,1,1) modellerinin olasılık değerleri %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı oldukları ( $p < 0.05$ ); GARCH (0,1), EGARCH (1,0,1), TGARCH (1,0,1) ve TGARCH (1,1,1) modellerinin ise olasılık değerleri %5 anlamlılık düzeyinde anlamsız oldukları ( $p > 0.05$ ) sonucuna ulaşılmıştır. Anlamlı çıkan modeller içinde ise TGARCH (0,1,1) modelinin bilgi kriteri en düşük ve olabilirlik oranının en yüksek olan model olmasından hareketle XBANK serisinin volatilité modellemesinde en uygun model olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca anlamlı çıkan modelleri MAPE kriterine göre de karşılaştırılmak için son 10 günlük öngörü performanslarına bakılmıştır. MAPE kriterine göre EGARCH (1,1,1) modeli her ne kadar çok küçük bir farkla da olsa TGARCH (0,1,1) modeline göre öngörüyü daha az hata payı ile tahmin etmiştir. Böylece BIST Banka endeksinin volatilité modellenmesinde EGARCH ve TGARCH modelleri uygun olduğu söylenebilir. Ayrıca çalışmada elde edilen bulgular endeksin piyasaya gelen olumlu ve olumsuz haberlere farklı tepki verdiği yönünde bilgiler vermektedir.

Literatüre bakıldığında volatilité modellemesi incelenirken genellikle diagnostik testlerin yapılmadığı ve öngörü performanslarına bakılmadığı görülmektedir. Diagnostik testlerin yapıldığı çalışmalar ise çoğunlukla bir gecikmeye kadar incelemektedir. Bu çalışma diagnostik testlerin ve öngörü performansların kıyaslanması açısından diğer çalışmalardan ayrılmaktadır ve bu çalışmanın önemini göstermektedir.

Bankacılık endeksinin volatilité modellemesi üzerine Türkiye’de yapılmış çalışmalara bakıldığında oldukça sınırlı kaldığı görülmektedir. Literatürdeki çalışmalar volatilité modellemesini incelerken genellikle BIST 100 endeksi üzerinde yoğunlaşmıştır. Yine de çalışmamız literatürde incelenen sınırlı sayıdaki benzer çalışmalar ile kıyaslanacak olursa Karahanoğlu ve Ercan (2015) ile benzer sonuçlar vermekte olduğu görülmüştür.

Çalışmanın sonuçları gelecekteki birtakım çalışmalar için temel niteliğindedir ve sonuçlara dikkatle yaklaşılmalıdır. Nitekim farklı veri seti ve yöntemler kullanılarak daha gelişmiş ve farklı sonuçlar elde edilebilecektir. Örneğin bu çalışmada veri seti 2008 global ekonomik krizinin etkilerinden arındırmak için krizden sonraki dönemi kapsayacak şekilde oluşturulmuştur. Gelecekteki çalışmalar ile kriz dönemini de kapsayacak şekilde (özellikle Türkiye’de 2001 yılında yaşanan bankacılık krizini de kapsayabilir) analiz sonuçları genişletilebilir.

## KAYNAKÇA

- Birau, R., Trivedi, J. & Antonescu, M. (2015). "Modelling S&P Bombay Stock Exchange BANKEX Index Volatility Patterns Using GARCH Models". *Procedia Economics and Finance*, 32(1), 520-525.
- Bollerslev, T. (1986). "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity". *Econometrica*. 31(3), 307-327.
- Çelik, İ., Özdemir A. & Gülbahar Demir S. (2018). "İslami Hisse Senedi Endeksleri Arasında Getiri ve Volatilite Yayılımı: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Piyasalarda Çok Değişkenli VAR-EGARCH Uygulaması" *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*. 1(2), 89-100.
- Çil, N. (2018). "Finansal Ekonometri". Der Yayınları, İstanbul.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series With A Unit Root". *Econometrica*, 49(4), 1057-1072.
- Engle, R. F. (1982). "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation". *Econometrica*. 50(4),987-1007.
- Jarque, C. M. & Bera, A. K. (1980). "Efficient Tests for Normality, Homoscedasticity and Serial Independence of Regression Residuals". *Economics Letters*, 6, 255-259.
- Kalaycı, Ş. (2005). "Borsa ve Ekonomide Volatilite İlişkisi: İMKB'de Bir Şartlı Varyans Analizi" *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 241-250.
- Karahanoğlu, I., & Ercan, H. (2015). "BNK10 Endeksindeki Kaldıraç Etkisinin Genelleştirilmiş Otoresif Koşullu Değişen Varyans Modeli ile Analiz Edilmesi". *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(3), 169-181.
- Koy, A. (2016). "Borsa İstanbul Sektör Endekslerinin Volatilite Modellemesi". *Trakya Üniversitesi İİBF E-Dergi*, 5(2), 1-23.
- Köseoğlu, S. D. (2010). "1997-2010 Dönemi Türk Bankacılık Sektörü Risk Analizi". *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 3(2), 119-134.
- Kula, V. & Baykut, E. (2017). "BIST Banka Endeksi'nin (XBANK) Volatilite Yapısının Markov Rejim Değişimi GARCH Modeli (MSGARCH) ile Analizi". *Bankacılar Dergisi*, (102), 89-110.
- Kula, V. & Baykut, E. (2018). "BIST Şehir Endekslerinin Volatilite Yapıları ve Rejim Değişimlerinin Analizi" *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*. 1(1),38-59.

Kuzu, S. (2018). "Borsa İstanbul Endeksi (BIST 100) Getiri Volatilitésinin ARCH ve GARCH Modeli ile Tahmin Edilmesi" *Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Dergisi*, Özel Sayı, 608-624.

Nelson, D. B. (1991). "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach". *The Econometric Society*, 59(2), 347-370.

Sevüktekin, M., & Nargeleçekenler, M. (2010). "Ekonometrik Zaman Serileri Analizi". Ankara: Nobel Yayıncılık.

Tamilselvan, M. & Shaik, M. V. (2016). "Forecasting Stock Market Volatility – Evidence From Muscat Security Market Using GARCH Models". *International Journal of Commerce and Finance*, 2(1), 37-53.

Tuna, K. & İsaetli, İ. (2014). "Finansal Piyasalarda Volatilité ve BIST-100 Örneđi" *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (27), 21-31.

Zakoian, J. M. (1994). "Threshold Heteroskedastic Models". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18(5), 931-955.