

-ARAŞTIRMA MAKALESİ-

VOLATİLİTEDE YAPISAL KIRILMALAR VE UZUN HAFIZA: AFRİKA ÖRNEĞİ

Mehmet Erkan SOYKAN¹

Öz

Bu çalışma MSCI Öncü Piyasalar Afrika Endeksi'nde uzun hafızanın bulunup bulunmadığını yapısal kırılmalar da dikkate alınarak analiz etmektedir. Bu endeks 12 Afrika ülkesini (Burkina Faso, Benin, Gine-Bissau, Fildişi Sahilleri, Kenya, Mauritius, Mali, Fas, Nijer, Senegal, Togo ve Tunus) içermektedir. 2008 ile 2023 yılları aralığını içeren veri kullanılmıştır. Veriler Refinitiv Eikon'dan temin edilmiştir. Umumiyetle bakıldığında geçmişte farklı sonuçların olduğu ve genel bir fikir birliğinin olmadığı görülmektedir. Bunun nedenleri olarak farklı tarih aralıklarının kullanılması, faydalanılan metotların ve varsayımların farklılığı ve incelenen ülkelerin farklı olması gösterilebilir. Yapılan analizde ilgili veri GARCH, A-GARCH, FIGARCH ve A-FIGARCH modelleri ile ele alınmış, minimum kriterleri yani en düşük HQ, SIC, Shibata ve AIC değerlerini sağlayan FIGARCH modelinin en uygun model olduğu ve bu modelde d parametresi 0 ile 0.5 arasında olduğundan (0.35) ilgili endekste uzun hafıza olduğu dolayısıyla bu piyasanın etkin olmadığı ifade edilebilir. Bu nedenle bu serideki varyans değerleri geçmiş değerlerden tahmin edilebilir. Adaptiv-FIGARCH modeli de maksimum ln(L) değeri verdiği için ikinci sıradaki en uygun model olarak değerlendirilebilir. Bir başka ilginç sonuç olarak da yapısal kırılma dikkate alındığında A-FIGARCH modelinde literatürdeki sonuçlarla uyumlu olarak d, arch ve garch parametre değerlerinin biraz düştüğü fark edilmektedir. İlgili Afrika ülkeleri daha önce bu yöntemlerle topluca analiz edilmediğinden bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacağına inanılmaktadır. Bu elde edilen sonuçlar ekseri akademisyenler, piyasa katılımcıları ve politika oluşturucular için volatilitate serilerindeki uzun hafıza ve yapısal kırılma özelliklerini anlamak için ve gelecekteki volatilitayı tahmin etmek için, piyasa etkinliğini test etmek için, finansal varlıkları fiyatlamak için, nicel yatırım stratejileri oluşturmak için ve piyasa riskini ölçmek için önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Volatilitate, Uzun Hafıza, Yapısal Kırılma, Afrika Endeksi, FIGARCH

JEL Kodları: G15, G20

Başvuru: 17.09.2024 **Kabul:** 12.05.2025

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Kayseri Üniversitesi, mehmeterkan.soykan@kayseri.edu.tr, 0000-0003-2329-4315

STRUCTURAL BREAKS IN VOLATILITY AND LONG MEMORY: AFRICAN EXAMPLE²

Abstract

This paper examines whether there is long memory in MSCI Frontier Markets Africa Index by considering structural breaks. The data include 12 African countries (Burkina Faso, Benin, Guinea-Bissau, Ivory Coast, Kenya, Mauritius, Mali, Morocco, Niger, Senegal, Togo ve Tunisia). Data covering the period between 2008 and 2023 is utilised. Data is obtained from Refinitive Eikon. Generally it seems that there are different results in the past and there is no general consensus. The reasons for this may be the use of different date ranges, the differences in the methods and assumptions used, and the differences in the countries examined. In the analysis, the relevant data is handled with GARCH, A-GARCH, FIGARCH and A-FIGARCH models. The FIGARCH model, which provides the minimum criteria, that is, the lowest HQ, SIC, Shibata and AIC values, is the most suitable model and since the d parameter in this model between 0 and 0.5 (0.35), it can be stated that this market is not efficient because the relevant index has a long memory. Therefore, variance values in this series can be estimated from past values. Since the Adaptive-FIGARCH model gives the maximum $\ln(L)$ value, it can be considered as the second most suitable model. Another interesting result is that when the structural break is taken into account, it is noticed that the d , arch and garch parameter values in the A-FIGARCH model decrease slightly, in line with the results in the literature. It is believed that this study will contribute to the literature since the relevant African countries have not been analyzed collectively with these methods before. These results are generally important and useful for academicians, market participants and policy makers to understand the long memory and structural break characteristics in volatility series and to predict future volatility, to test market efficiency, to price financial assets, to make quantitative investment strategies and to measure market risk.

Keywords: *Volatility, Long Memory, Structural Break, African Index, FIGARCH.*

JEL Codes: *G15, G20*

“Bu çalışma Araştırma ve Yayın Etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.”

² The Extended English Summary is located the end of the Article

1. GİRİŞ

Oynaklık(volatilité), en öz biçimde zamanla değişen varyans olarak ifade edilebilir (Akgül ve Sayyan, 2005). Finans anlamında ise oynaklık; varlığa ait getirinin standart sapması ya da varyansı şeklinde ifade edilmektedir ve finansal varlığın tüm riskini anlatmak için kullanılabilir (Mazıbaş, 2004). Üretim maliyeti, ücretler, işlem hacimleri, borsa endeksi, enflasyon oranı, kur ve faiz oranı gibi farklı değişkenlerin volatilitesi aslında söz konusu parametrenin beklediğimiz değerden ne ölçüde saptığının bir ölçümüdür. Ekonomide yaşadığımız hızlı değişimler bilhassa oynaklığın yükselmesine yol açmaktadır (Bolgün ve Akçay, 2005; Yılmaz, 2006:18).

Hisse senedi piyasasındaki volatilitenin birçok olası nedeni ne olursa olsun (Shiller, 1987; Schwert, 1989; Olsen, 1998; Diebold ve Yılmaz, 2007; Aggarwal vd.,1999; Adam vd.,2008; Abel, 1988), özsermaye ile türev menkul kıymetlerin fiyatlaması ve etkin hisse senedi piyasası riski hedge işlemi için hisse senedi getiri volatilitelerinin güvenilir istatistiksel modeli önem taşımaktadır (Wang ve Theobald, 2008; Hamilton ve Susmel, 1994). Buna ilave olarak, yüksek ve düşük volatilité dönemlerinde uluslararası piyasalardaki hisse senedi getirilerinin eş-hareketlerindeki değişiklikler çeşitlendirme stratejilerinde büyük öneme sahiptir (Ramchand ve Susmel, 1988; Li, 2009; Aktaran: King ve Botha, 2015: 50).

Son yıllarda, yapılandırılmış finansal enstrümanlar ve ekzotik opsiyonlardan dolayı, borç alma ve de firma değeri konuları yeniden önem kazanmıştır. Bu periyotta finansal mühendisler tarafından bazı modeller bu enstrümanları değerlendirmek ve finansal zaman serilerinin seyrini modellemek için geliştirilmiştir. Fakat, bu modeller genellikle normal dağılım ve rassal yürüyüş gibi geleneksel finansal teorisinin varsayımlara dayanması nedeniyle farklı çalışmalarda yoğun olarak eleştiri almaktadır (Ramasamy ve Helmi, 2011). Hâlihazırdaki geleneksel teori finansal piyasaların karmaşık yapısını gerekenden çok basitleştirdiği ve problemleri sadece ideal ve normal koşullarda açıklayabildiği için, etkili finans teorisi oluşturmak için doğru ve kredibilitesi yüksek modellere ihtiyaç olduğu açıktır (Velasquez, 2009). Bachelier (1900)'a dayandırılan geleneksel teori kuyruk ihtimallerini anlamsız seviyeye normal dağılım kullanarak azaltmıştır. Son 50 yıldaki, Enron(2001), Parmalat(2003), Kara Pazartesi (1987) ve mortgage krizi (2008) gibi skandal veya krizler Etkin Piyasa Hipotezinin rassal yürüyüş varsayımının doğru olmadığını ortaya koymuştur. Çünkü bütün bu olaylar ve neticesinde yüksek standart sapmalı gözlemler her 7000 senede bir değil, 4-5 senede bir yaşanabilmektedir (Aktaran: Günay, 2014: 367-368).

Bu makalenin analizinde MSCI Öncü Piyasalar Africa Endeksi'nden faydalanılacaktır. Bu endeks 12 adet Afrika ülkesinin büyük ve orta kapitalizasyon temsilcileri içermektedir. İlgili ülkeler sırasıyla Burkina Faso, Benin, Gine-Bissau, Fildişi Sahilleri, Kenya, Mauritius, Mali, Fas, Nijer, Senegal, Togo ve Tunus'tur. Bu endeks 18 Aralık 2007'de kurulmuştur (www.msci.com). Önemli faaliyetlerine rağmen bu piyasalar piyasa etkinliği üzerine araştırma bakımından akademisyenler tarafından çok az incelenmiştir. Finansal kaynakların dağıtımı ve kullanımına yönelik

bilgi sağladığı için, bu piyasalardaki etkinliği anlamak yatırımcılar, politika oluşturucular ve araştırmacılar için çok önemlidir. Afrika'daki hisse senedi piyasalarındaki etkinliğe ilişkin akademik çalışmaların az olması, dinamiklerin daha derinden anlaşılması için katkıda bulunabilecek kapsamlı analizler için potansiyelin altını çizmektedir. Bu nedenle, literatürde bu konuda belirgin bir boşluk bulunmaktadır ve Afrika ülkeleri borsalarının derinlemesine araştırılmasının önemine işaret etmektedir. Bu tür çalışmalar bu piyasalara has özellikleri ve davranışları anlamak konusunda değerli bilgiler sağlayabilecektir (Saadaoui, 2024: 2).

Ekseriyetle, GARCH modelinin kullanılmaya başlanması ile finansal getirilerin zamanla değişen volatilitesi araştırılan önemli alanlardan olmuştur. Bu çerçevede uzun hafıza sürekliliğini dikkate almak için Kesirli Bütünleşik GARCH (FIGARCH) model geliştirilmiştir (Bollerslev ve Mikkelsen, 1996; Baillie vd, 1996). Volatilitedeki uzun hafıza kalıcılığını hesaba katabilmesi nedeniyle FIGARCH modeli oldukça ilgi çekmiştir (Ho vd., 2013; Belkhouja ve Boutahary, 2011; Baillie ve Morana, 2009). Bu kabiliyetine rağmen, orijinal GARCH modeli ile aynı zayıflığa sahiptir, koşullu volatilité tüm periyod boyunca sadece bir rejim bulunduğu varsayımına sahiptir. Fakat, çok sayıda çalışma finansal veri tabanlarında yapısal değişikliklerin çok rastlanılabildiğini göstermektedir (Engle ve Rangel, 2008; Beltratti ve Morana, 2006). Buna ilave olarak, Diebold ve Inoue (2001) yapısal değişikliklerin veya stokastik rejim değişiminin uzun hafıza ile sadece ilgili olmadığını, fakat ayrıca kolayca karıştırılabildiğini ifade etmektedir. Bu bulgu çok sayıda ampirik çalışma ile desteklenmektedir, yapısal değişimler bulunduğu yalancı(sahte) uzun hafıza bulunabilmektedir (Yalama ve Çelik, 2013; Mikosch ve Starica, 2004; Granger ve Hyung, 2004). Bunun sonucunda, bir çok araştırmacı finansal getiri volatilitesine uygun şekilde uyum sağlaması için yapısal değişimlerin uzun hafıza modellerine dahil edilmesini önermektedir (Morana ve Beltratti, 2004; Martens vd., 2004; Belkhouja ve Boutahary, 2011; Laurent ve Beine, 2001; Baillie ve Morana, 2009). Örneğin Baillie ve Morana (2009) tarafından geliştirilen Adaptive FIGARCH(A-FIGARCH) koşullu varyans denkleminde sabit terimin zamanla değişebilmesine izin vermektedir. Bu da parametrik fonksiyonlar yardımıyla sabit terimi modellemek ile başarılmaktadır (Aktaran: Shi ve Ho, 2015:473-474).

Makalenin literatüre esas katkısı Afrika'nın öncü, gelişmekte olan ekonomilerinde uzun hafızanın varlığının toplu olarak farklı yöntemlerle ve güncel veri ile analiz edilmesidir. Çalışmanın bir sonraki kısmında özellikle Afrika kıtasında volatilité ile ilgili yapılan önemli çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir. Bu bölümden sonra kullanılan yöntem hakkında bilgi verilecektir, daha sonrasında ise elde edilen bulgular açıklanacak ve devamında tartışma bölümünde elde edilen bulgular yorumlanacaktır. Son olarak sonuç bölümü ile makale tamamlanacaktır.

1.1. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde Afrika ülkelerinde gerçekleştirilen akademik çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir. Bu çalışmaların sıralaması eski tarihli çalışmalardan yenilerine doğrudur. Genel olarak değerlendirildiğinde yapılan çalışmalarda farklı sonuçlara ulaşıldığı, genel bir konsensüs olmadığı görülmektedir. Bunun nedenleri olarak farklı

tarih aralıklarının kullanılması, faydalanılan metotların ve varsayımların farklılığı ve incelenen ülkelerin farklı olması gösterilebilir.

Genel anlamda literatürdeki çalışmaları ele aldığımızda, Brooks vd. (1997) Güney Afrika'yı, Hassan vd. (2003) beş Orta Doğu & Kuzey Afrika (Mısır, Ürdün, Fas, Tunus ve Türkiye) ülkesini ve beş Afrika ülkesini (Fildişi Sahilleri, Kenya, Nijerya, Güney Afrika ve Zimbabwe), Charfeddine ve Ajmi (2013) Tunus'u, King ve Botha (2015) Güney Afrika, Kenya, Mauritius, Fas ve Nijerya'yı, Ismail vd. (2016) Kenya, Nijerya, Güney Afrika ve Tunus'u, Ngene ve Mungai (2022) Mısır, Gana, Kenya, Mauritius, Fas, Nijerya, Güney Afrika ve Tunus'u, Aawaar vd. (2023) sekiz en büyük Afrika borsasını, Tumala vd. (2023) Nijerya ve Güney Afrika'yı, Mudiangombe ve Mwamba (2023) Güney Afrika'yı, Saadaoui (2024) Kuzey Afrika finansal piyasalarını (Fas, Tunus ve Mısır), Muhammad vd. (2024) Nijerya, Gana, Fildişi Sahili, Fas ve Güney Afrika'yı ve Chen vd. (2024) Afrika'lı petrol ihracatçısı ve ithalatçısı ülkeleri analiz etmektedir. Yapılan geçmiş çalışmalarda ARCH, GARCH, FIGARCH, SWARCH, Markov değişim modelleri, MODWT-GARCH, SGARCH, EGARCH, GJR-GARCH, BEKK-GARCH, GARCH MIDAS, MF-DFA, BEKK-Copula-GARCH ve Dalgacık Koherans yöntemleri gibi çok farklı yöntemlerden faydalandığı ve sonuç olarak farklı ülke setleri için farklı bulgular elde edildiği dikkat çekmektedir.

Brooks vd. (1997) Güney Afrika'da 20-Mart-1986 ile 23-Şubat-1996 arasındaki günlük veri için Tüm Hisse Senetleri Endeksi, Sınai Endeks ve Altın Endeksi'nin ARCH-GARCH modelleri ile temsil edilip edilemeyeceğini incelemektedir. Bulgular 1990'lı yıllardan sonra Johannesburg Borsası ile daha fazla uluslararası entegrasyon bulunduğunu göstermektedir.

Hassan vd. (2003) analizlerinde globalleşme ile ülke riskinin (politik risk, finansal risk ve ekonomik risk) ve bunun hisse senedi getiri volatilitesi & tahmini üzerindeki etkisinin anlaşılmasının global ve bölgesel çeşitlendirilmiş portföylerdeki direkt yatırım ve ülke seçimi için önemli olduğunu vurgulamaktadırlar. Araştırmalarında beş Orta Doğu & Kuzey Afrika (Mısır, Ürdün, Fas, Tunus ve Türkiye) ülkesi ve beş Afrika ülkesi (Fildişi Sahilleri, Kenya, Nijerya, Güney Afrika ve Zimbabwe) için iki ayrı grup için 1984-1999 arasındaki veriyi kullanmaktadırlar. Makaleleri ülkenin politik, finansal ve ekonomi riskinin hisse senedi volatilitesi ve tahminine önemli etkisi olduğu sonucuna ulaşmaktadırlar.

Charfeddine ve Ajmi (2013) araştırmalarında Tunus hisse senedi piyasasında volatilitiyi farklı FIGARCH ve SWARCH spesifikasyonları tahmin ederek incelemektedir. Sekiz adet FIGARCH modeli ve altı adet SWARCH modeli Gaussian ve Student dağılımları kullanılarak tahmin edilmektedir. Tüm bu spesifikasyonlar içerisinde student dağılımlı AR(2)-FIGARCH(1,d,1) modeli en uygun model olarak bulunmaktadır. İlgili borsada bulunan uzun hafıza özelliğinin piyasa etkinliği, portfolyo dağıtımı ve risk yönetimi üzerinde önemli sonuçları bulunmaktadır.

King ve Botha (2015) makalelerinde seçili Afrika piyasalarında (Güney Afrika, Kenya, Mauritius, Fas ve Nijerya) 2002-2012 döneminde Markov-değişim modellerinin koşullu varyans prosesinde yapısal değişiklikleri dikkate alarak geleneksel tek rejimli (G)ARCH modellerine kıyasla hisse senedi getiri volatilitesi tahminlerinde daha hassas sonuçlar verip vermediğini incelemektedir. Geleneksel GARCH etkilerinin koşullu varyans prosesinde yapısal kırılmalar dikkate alındığında heteroskedastisiteyi dikkate almada güçlü olduğu ifade edilebilir. Fakat, GARCH terimi içeren bu tek değişkenli modeller tahmin amacıyla kullanıldığında zayıf performans sergilemektedir.

Ismail vd. (2016) çalışmalarında dört Afrika ülkesindeki (Kenya, Nijerya, Güney Afrika ve Tunus) borsaların volatilitelerini tahmin etmektedirler. Bu amaçla ilgili ülkelerdeki endekslerin 02.01.2000-31.12.2014 arasındaki günlük getirilerinin GARCH ve yeni önerilen dalgacık transformasyon algoritmasına dayanan MODWT-GARCH modeli ile analizi yapılmaktadır. Bulgular her ne kadar her iki modelin de getiri verisine iyi uyum sağladığını gösterse de, GARCH modeli tarafından yapılan tahminlerin sistematik olarak gözlemlenen verinin altında kaldığını, fakat yeni önerilen MODWT-GARCH modelinin gözlemlenen getirileri başarılı tahmin ettiği görülmektedir.

Ngene ve Mungai (2022) analizinde Mısır, Gana, Kenya, Mauritius, Fas, Nijerya, Güney Afrika ve Tunus borsalarındaki volatiliteler ile işlem hacmi-getiri ilişkisini ele almışlardır. Volatilitenin işlem hacmi üzerindeki pozitif nedensel etkisi beklentilerin dağılımı modelini desteklemektedir. Buna karşın, işlem hacminden volatilitelere eş zamanlı ve gecikmeli nedensel ilişki dağılımların karışım hipotezi, sıralı bilgi elde etme hipotezi ve dinamik etkin piyasa hipotezini desteklemektedir. İşlem hacmi volatilitelerle nedenselliği volatiliteler rejimlerine bağlıdır. Lineer model sonuçları doğrusal olmayan modellere kıyasla modelin yanlış tanımlanması ile ampirik bulguların nasıl sapabileceğini hatta tersine çevrilebileceğini göstermektedir.

Aawaar vd. (2023) makalelerinde zamanla değişen getiri volatilitelerinin belirleyicilerini en büyük 8 Afrika borsası piyasasını ele alarak araştırmaktadırlar. Koşullu varyanslarının Afrika'nın volatiliteler endekslerinin bir göstergesi olarak SGARCH, EGARCH ve GJR-GARCH modellerini kullanarak en iyi temsilcisi bulunmaya çalışılmaktadır. Bulguları Afrika borsalarında volatilitenin dinamik süreç izlediği ve geçmiş volatiliteler, yerel döviz kuru, hazine bono oranı, para arzı, enflasyon oranı, dünya petrol fiyatlarındaki hareketlerden, ABD ve İngiltere borsalarından ve Covid-19 şokundan etkilendiğini ortaya koymaktadır. Bulguları örneklem içi analizlere de büyük ölçüde dirençlidir. Ayrıca Afrika borsalarının global finans krizi esnasında ve sonrasında gelişmiş piyasa volatilitelerine daha hassas hale geldiği tespit edilmektedir. Bunlara ilave olarak sadece Kuzey Afrika'daki borsaların gelişmiş piyasalardan volatiliteler yayılımına duyarsız olduğu belirtilmektedir.

Tumala vd. (2023), analizlerinde GARCH-MIDAS modeli kullanarak ayrıştırılmış petrol şoklarının Nijerya ve Güney Afrika'daki borsaların volatilitelerine etkisini araştırmaktadır. Ayrıştırılmış petrol şokları arz şoku, ekonomik faaliyet şoku, petrol

tüketim talep şoku ve petrol stok talep şoku Ocak 2010 ile Temmuz 2022 arasındaki periyot için içermektedir. Nijerya'nın ve Güney Afrika'nın borsalarının volatilitelerinin petrol arz şokuna ve petrol tüketim talep şokuna benzer tepki verdiği fakat ekonomik faaliyet şoku ve petrol stok talep şokuna farklı tepki verdiği saptanmıştır. Nijerya'daki borsanın volatilitesindeki olağan dışı artış onarılması çok uzun zaman süren yatırımcı güvenindeki kayba bağlanmaktadır. Bulguları alternatif tahmin tekniklerine, özellikle sabit ve kayan pencerelere karşı dirençlidir.

Mudiangombe ve Mwamba (2023) araştırmalarında SP500 borsa endeksinde global finans krizi ve Kovid pandemisi dönemlerinde ciddi düşüşün Güney Afrika'daki ana sektör endeksleri (temel materyaller, tüketici ürünleri, tüketici hizmetleri, finansal, sağlık, endüstriyel, teknoloji ve telekomünikasyon) üzerindeki etkilerini incelemektedir. Copula temelli BEKK-GARCH yaklaşımı tekniği sonuçları borsa düşüşleri esnasında fiyat ve volatilitate yayılımının varlığını işaret etmektedir. Yazarlar borsa krizi esnasında, ABD'den Güney Afrika'ya güçlü şoklar ve daha yüksek volatilitate yayılım etkileri tespit etmişlerdir. Fakat, iki ülke arasında entegre ekonomi bulunmamaktadır, zira Güney Afrika'dan ABD piyasalarına herhangi bir yayılım etkisi bulunmamaktadır. Makalenin bulgularının Güney Afrika borsa piyasaları sektörlerine yatırım yapmak isteyen yatırımcılara katkısı olacağına ve hedging stratejisi geliştirmelerine yardımcı olacağına inanmaktadırlar.

Saadaoui (2024) makalesinde Kuzey Afrika finansal piyasalarındaki (Fas, Tunus ve Mısır) etkinliği modifiye MF-DFA metodu ile 2010-2023 arasındaki veriyi kullanarak analiz etmektedir. Çalışmasında iki dinamik olarak en çok değişen safhayı belirlemek ve ayırmak için dalgacık temelli değişim noktası tespiti yapmaktadır. Daha sonrasında her bir belirlenen aralık için MF ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Çalışma bulguları özellikle Mağrip endekslerinde olmak üzere anlamlı asimetrik çoklu fraktal yapıyı işaret etmektedir. Bu elde ettiği bulgular önemli olayların finansal piyasa etkinliğine etkisine bakılmasının önemini göstermektedir.

Muhammad vd. (2024) çalışmasında 2015-2022 arasındaki dönem için 5 Afrika ülkesindeki (Nijerya, Gana, Fildişi Sahili, Fas ve Güney Afrika) hisse senedi getiri volatilitesi üzerinde enflasyonun etkisini GARCH-MIDAS yöntemiyle günlük ve aylık frekansta veri kullanarak araştırmaktadır. Bulgular enflasyonun hisse senedi getiri volatilitesi için önemli olduğu yönündedir, yüksek enflasyon volatiliteli artırırken, getiriyi düşürme eğilimindedir. Elde ettikleri sonuçlar negatif hisse senedi volatilitelerini azaltmak için kanun koyucu otoritelerin enflasyon beklentilerini yatırımcılara duyurması gerektiği yönündedir.

Chen vd. (2024) makalelerinde Afrika'lı petrol ihracatçısı ve ithalatçısı ülkelerde petrol ile ilgili borsalar arasındaki ilişkide Covid sonrası herhangi bir değişiklik olup olmadığını ortalama ve volatilitede yayılım üzerinden araştırmaktadırlar. Bu amaçla, asimetrik BEKK-Copula-GARCH ve Dalgacık Koherans yöntemleri uygulanmaktadır. Elde edilen bulgular, pandemi öncesi etkileşim nispeten zayıfken pandemi esnasında kuvvetlenmektedir. Kovid esnasında Güney Afrika, Tunus ve Tanzanya'da petrol fiyatlarından borsa endekslerine volatilitate yayılımı

bulunmaktadır. Fakat, pandemi öncesinde sözü edilen ilişkilerin tamamı bütün ilgili ülkelerde anlamsızdır.

2. YÖNTEM

Geleneksel ekonometrik model hata teriminin sabit varyansa sahip olduğunu öne sürmektedir. Engle 1982’de İngiltere’de enflasyon verisinden yararlandığı makalesinde, ekonometri literatürüne büyük katkı sağlayacak zamanla değişen koşullu varyansa ilişkin modelin tahmin edilmesi yönünde ifadelerde bulunmuştur. Engle (1982)’in makalesinde koşullu varyans hata teriminin karelerinin bir fonksiyonu olacak şekilde saptanmıştır. Bu çalışma ilgili modelin Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH) adı ile literatüre girmesine neden olmuştur. ARCH’la geliştirilen modelde, zaman serisine ilişkin yöntemde sabit varyanslılık varsayımı bırakılmakta, bunun yerine varyansın gecikmeli öngörüsüne ilişkin hatasının karesinin bir fonksiyonu olarak belirlenmesine imkân tanınmaktadır. Bu yüzden, ARCH modeli, tahminleme işleminde değişen varyansın regresyon ile birleşmesine uygunluk taşıyan bir tanımlamadır. ARCH’ın kullanıldığı modelde öngörü hatasının karakteristik davranışının regresyonun artığına dayanmış olduğu varsayılmaktadır. Burada regresyonun arttığı otokorelasyona sahip olacaktır (Gökçe, 2001; Kökçen, 2010: 18).

ARCH çerçevesinde ele alındığında, genellikle büyük şoklar büyük şokları ve aynı şekilde küçük şoklar küçük şokları takip etmeye meyillidir ve bu durum volatilité kümelenmesi olarak adlandırılmaktadır. Her ne kadar ARCH modeli basit olsa bile, varlık getirisindeki volatilité sürecini yeterli şekilde açıklayabilmek için çok sayıda parametreye ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, bazı alternatif modeller geliştirilmiştir. Bollerslev (1986) ARCH modelinin çok kullanışlı bir uzantısını geliştirmiştir ve bu modele Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) ismini vermiştir. GARCH modeli basit olarak uzak gecikmeler için üstel olarak azalan ağırlıklarla sonsuz gecikmeli ARCH sürecidir (Tayefi ve Ramanathan, 2012: 176).

Engle (1982) tarafından zaman serisinde ARCH etkisinin bulunup bulunmadığını saptama amacıyla bir yöntem tasarlanmıştır. Fakat otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) tahmin sürecinde iteratif bir özelliğe sahip olduğu için, ilgili modelde ARCH etkisinin bulunup bulunmadığı tahmini yapmadan evvel test gerçekleştirilerek bulunabilir. Bu test Lagrange Çarpanı (LM) türündedir ve bu yüzden ARCH LM testi olarak bilinmekte ve modeldeki hata teriminde ARCH etkisinin varlığını araştırmaktadır. ARCH etkisi değişen varyansın özel bir şeklidir ve bunu araştırmanın ana sebebi çok sayıda finansal zamana ilişkin serilerde gözlemleyebildiğimiz ve yok saydığımızda yapılan tahminin etkinliğinin düşmesine sebep olabilen cari hata teriminin daha önceki hata terimleri ile ilişkili olmasıdır (Mazıbaş, 2004; Kökçen, 2010: 26-27).

GARCH modelinin basit varyasyonları da bir takım sıkıntılar meydana getirebilmektedir. Örneğin hisse senedi getirisinin getirinin volatilitesindeki değişimlerle negatif ilişkili olduğuna dair Black (1976) tarafından kanıt bulunmuştur.

Bu kaldıraç etkisi olarak adlandırılır ve volatilitenin kötü haberlere iyi haberlere kıyasla daha fazla tepki vermesi şeklinde de izah edilebilir. Ancak, basit GARCH modeli bunu dikkate almaz, çünkü aşırı getirilerin koşullu volatiliteleri olumsuz ya da olumlu haberlerden çok sadece büyüklüğün etkilediğini düşünür. Bir başka kısıt ise oynaklığın zamanla değişmesi ve GARCH modelinin tahmininde zorluk oluşturmaları sebebiyle negatif olmama kısıtını ihlal edilebilmedir. Bunun dışında şokun kalıcılığı ve şokun koşullu varyans üstündeki etkisini Bollerslev (1986) araştırmış ve ani şoka ilişkin durum süreye tabi olmaksızın sürerse, bunun uzun ömre sahip sermaye mali üstünde mühim bir etkiye haiz olma riski olduğunu ifade etmiştir (Poterba ve Summers, 1986). Yukarda ifade edilen hususlar, Nelson (1991)’e göre basit GARCH modelinin ana eksikliklerindendir (Kayahan, 2022: 29).

Yapısal kırılmaları dikkate almada gayet güçlü yaklaşımlardan birisi de Baillie ve Morana (2009)’nın önerdiği şekilde sabitin zamanla değişmesine izin vermektir. Bu yazarlar Baillie vd. (1996) tarafından geliştirilen FIGARCH modelinde Gallant(1984) ve Andersen ve Bollerslev (1997)’nin esnek fonksiyonel formuna göre koşullu varyans denkleminde sabitin zamanla değişmesine izin vererek A-FIGARCH modelini geliştirmişlerdir. Bu esnek fonksiyon formulu model yapısal kırılmalarını modellemede çok etkili olabilmektedir. Çünkü kırılma noktalarının belli yerlerini belirlemek için herhangi bir ön teste ihtiyaç duyulmamaktadır ve ayrıca hesaplamada karmaşık değildir. Dolayısıyla, A-FIGARCH süreci, uzun hafıza volatilité süreci ve kırılmaları dikkate alan deterministik zamanla değişen iki temel parçadan oluşmaktadır. Her ne kadar, esnek fonksiyonel form ile modellenen deterministik süreç yumuşak olsa da, gayet keskin yapısal kırılmaları da hassas şekilde dikkate alabildiği gösterilmiştir (Han 2011: 48).

Bollerslev (1986) ve Taylor (1986) tarafından geliştirilen GARCH(p,q) süreci aşağıdaki volatilité denklemleri ile gösterilebilir (Tayefi ve Ramanathan, 2012: 177):

$$\begin{aligned} h_t &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \epsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} \\ &= \alpha_0 + \alpha(L) \epsilon_t^2 + \beta(L) h_t \end{aligned} \quad (1)$$

Baillie vd. (1996) GARCH ve IGARCH modellerini kullanarak Kesirli Bütünleşik GARCH (FIGARCH) modelini geliştirmişlerdir. FIGARCH model volatilitenin uzun hafıza özelliğini göstermektedir. FIGARCH’ın formülasyonu aşağıdaki şekildedir (Gençyürek 2024:86):

$$\begin{aligned} [1 - \beta(L)] \sigma_t^2 &= w + [1 - \beta(L) - \Phi(L)(1 - L)^d] \epsilon_t^2 \\ \sigma^2 &= w[1 - \beta(L)]^{-1+\gamma(L)} \epsilon_t^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Burada $p>0$, $q>0$, $\alpha_0>0$, $\alpha_i \geq 0, i=1, \dots, q$, $\beta_j \geq 0, j=1, \dots, p$ ve $\alpha(L)$ ve $\beta(L)$ gecikme operatörleridir.

Alternatif olarak FIGARCH modelinin koşullu varyansı aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Çevik vd., 2023:2):

(3)

$$\sigma_t^2 = \frac{w}{1 - \beta(L)} + \left[\frac{1 - \Phi(L)(1 - L)^d}{1 - \beta(L)} \right] \epsilon_t^2$$

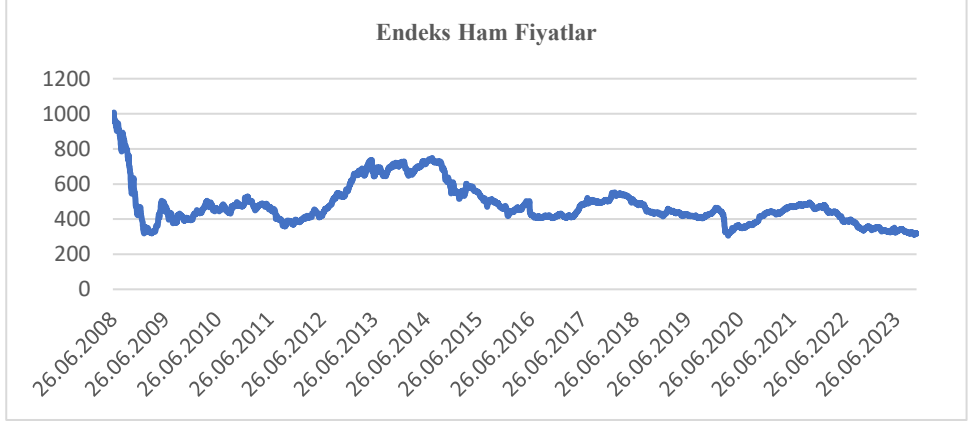
Burada sabit katsayısı olan w koşullu varyanstaki yapısal dengesizliği dikkate alacak şekilde zamanla değişebildiği durumunda, FIGARCH(p, d, q) sürecinden A-FIGARCH(p, d, q, k) modeli elde edilir (Çevik vd., 2023:2).

3. BULGULAR

Bu çalışma MSCI Öncü Piyasalar Afrika Endeksi analiz etmektedir. Bu endeks 12 adet Afrika ülkesinin büyük ve orta kapitalizasyon temsilcilerini içermektedir. İlgili ülkeler sırasıyla Burkina Faso, Benin, Gine-Bissau, Fildişi Sahilleri, Kenya, Mauritius, Mali, Fas, Nijer, Senegal, Togo ve Tunus'tur. Veri 27-06-2008 ile 16-11-2023 arasındadır, USD para birimindedir ve Refinitiv Eikon firmasından temin edilmiştir. Analiz kapsamında veriyi temsil eden en uygun, en üstün sonuç veren model GARCH, A-GARCH, FIGARCH ve A-FIGARCH modelleri incelenerek saptanmaya çalışılmaktadır. FIGARCH ve A-FIGARCH modelleri ilgili endeksteki uzun hafızayı da incelerken (FI terimi uzun hafızayı göstermektedir), A-GARCH ve A-FIGARCH modelleri (A terimi adaptif yani fourier yumuşak kırılmalar anlamına gelmektedir) kırılmaları da göz önüne almaktadır.

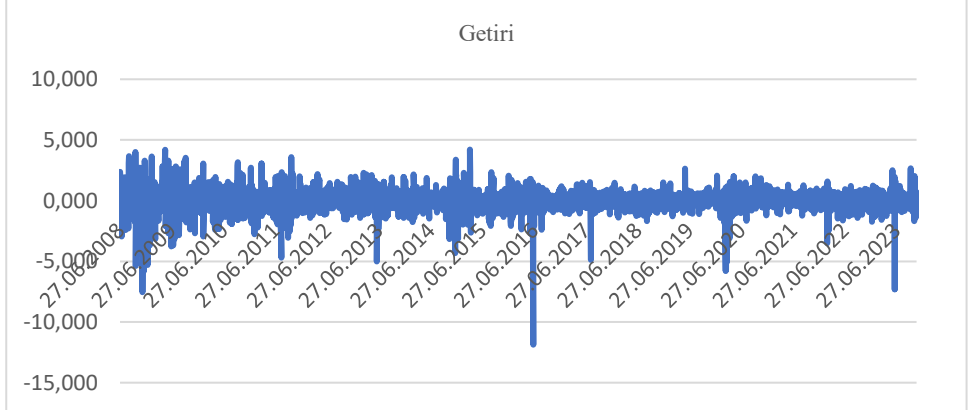
Aşağıda Şekil 1'de analiz edilen endeksin ham fiyatlarının seyri gösterilmektedir. Ana hatlarıyla ele alındığında endeksin 2008 yılından itibaren gösterildiği, 2009 Küresel finans krizi esnasında çok ciddi düşüş yaşadığı, daha sonra 2009-2011 yılları arası stabil olduğu, daha sonra 2014'e kadar yükseliş trendine girdiği 2014'den sonraki yıllarda ise umumiyetle düşüş trendinde olduğu ifade edilebilir.

Şekil 1. Endeks Ham Fiyatların Seyri



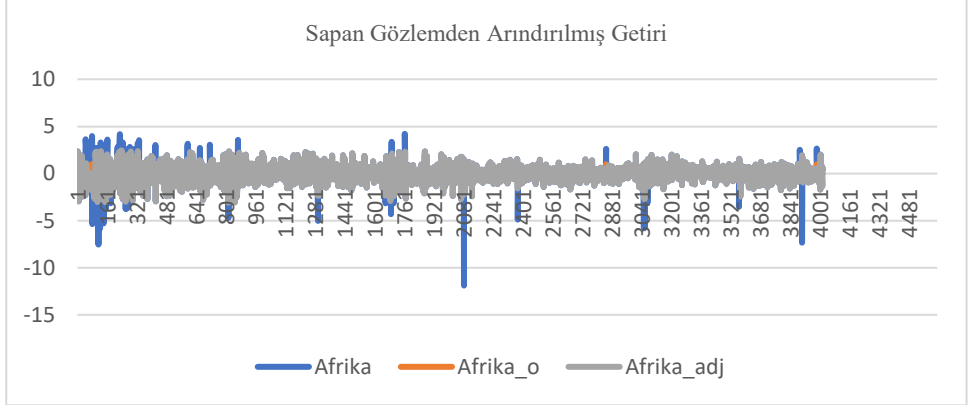
Aşağıdaki şekilde (Şekil 2) ise ham fiyatlar $r_t = 100 \cdot \ln(P_t/P_{t-1})$ formülü ile getiriye dönüştürüldükten sonra elde edilen getirilerin seyri gösterilmektedir. Ekseriyetle küçük değişimleri küçük, büyük değişimleri ise büyük değişimlerin takip ettiği görülmektedir. Yani volatilité kümelenmesi bulunmaktadır. Bu da sabit varyans varsayımının geçerli olmadığının bir kanıtı olarak değerlendirilebilir. Bir diğer önemli nokta da, getiri serisinde ekstrem (uç) değerler bulunmaktadır. Bunların tespit edilmesi ve düzeltilmesi tahminlerde daha doğru ve sapmasız parametreler elde etme konusunda önem taşımaktadır.

Şekil 2. Getiri Grafiği



Endekste uç değerler Verardi ve Vermandele (2018)'nin geliştirildiği boxplot yöntemi ile saptanmıştır. Negatif 29, pozitif ise 39 yani toplamda 68 adet uç (ekstrem) değer belirlenmiştir. Daha sonra ilgili endeks Bodart ve Candelon (2009)'un merkezi ortalama yöntemi ile ekstrem değerlerden arındırılmış ve aşağıdaki grafik elde edilmiştir (Soykan 2024, 146):

Şekil 3. Sapan Gözlemlerden Arındırılmış Getiri Grafiği



Ekstrem değerlerden arındırılmış getirilerin tanımlayıcı istatistikleri aşağıda gösterilmektedir (Tablo 1). Buradan da anlaşılabileceği gibi toplam gözlem sayısı 4016'dır. İlgili endeksin ortalama getirisi negatiftir (-0.026). Yani ilgili seri kaybettiren bir piyasadır. Minimum ve maksimum değerleri ise -3.0647 ve 2.4424'dür. Bunlar ekstrem değerlerden arındırılmasaydı aşırı uç değerler de hesaba katılmış olacaktı. Bütün bunlar ilgili endeksin gayet riskli olduğunu işaret etmektedir. Endeksin standart sapması ise 0.744'dür. Söz konusu veri ayrıca sola doğru çarpık ve aşırı basık özelliğe sahiptir. Jarque-Bera istatistiği oldukça yüksek ve dolayısıyla anlamlı olduğundan veri normal dağılmamaktadır. Bu nedenle veri analizinde volatilité tahmini yapılırken normal dağılım kullanılmayacak, bunun yerine literatürde sık şekilde kullanılan student-t dağılımından faydalanılacaktır. $Q(50)$ ve $Q^2(50)$ değerleri anlamlı olduğundan seri hem otokorelasyonlu hem de değişen varyansa sahiptir. ARCH LM(1-2) testi de değişen varyans olduğu sonucunu desteklemektedir. ADF ve PP birim kök testlerine göre ilgili getiri endeksi birim köke sahip değildir, dolayısıyla durağandır.

Tablo 1. Tanımlayıcı İstatistikler

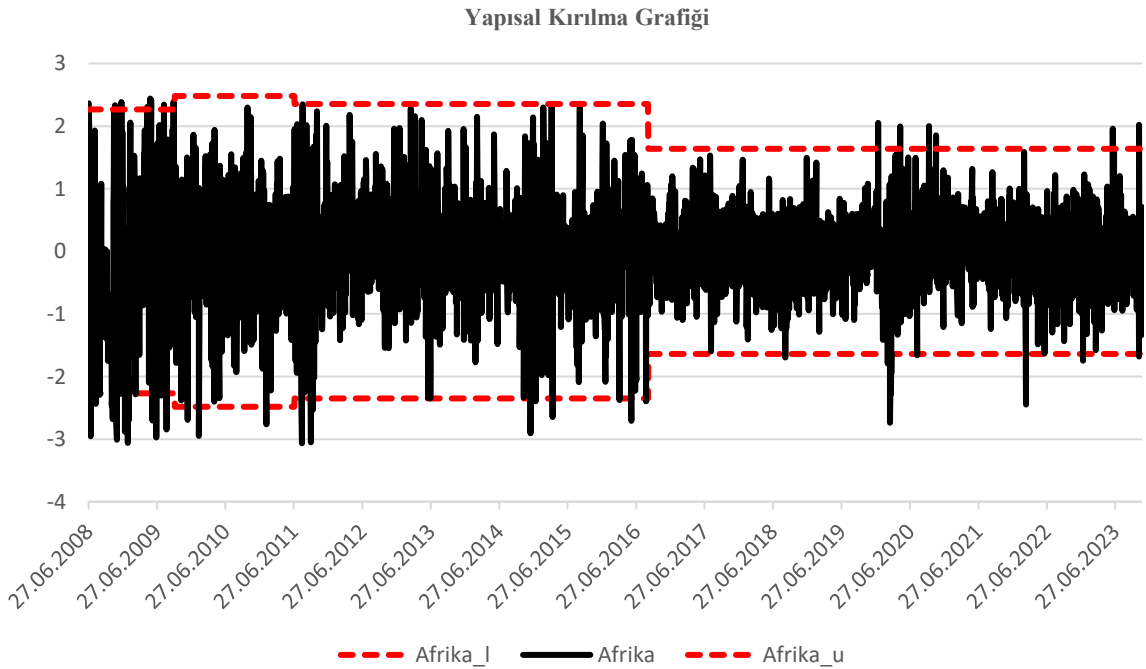
Afrika Endeksi	
Gözlem Sayısı	4016
Ortalama	-0.026214
Maksimum	2.4424
Minimum	-3.0647
Standart Sapma	0.74428
Çarpıklık	-0.29539
Basıklık	4.6446
Jarque-Bera	510.98 [0.000]
$Q(50)$	647.456 [0.000]
$Q^2(50)$	3784.93 [0.000]
ARCH (1-2)	219.55 [0.000]

ADF Birim Kök Testi	-49.2977***
PP Birim Kök Testi	-13.1874***

Not: Köşeli parantez içindeki ifadeler ilgili olasılık değerleridir. Jarque-Bera testi normallik hipotezini ölçmektedir. $Q(50)$ ve $Q^2(50)$ testleri ise sırasıyla otokorelasyon ve değişen varyans olup olmadığını ölçmektedir. *** ifadesi %1’de anlamlı olduğunu göstermektedir.

Sanso vd. (2004) tarafından geliştirilen ARCH etkisinin olduğu ve serinin normal olmadığı durumlarda kullanılan metod kullanıldığında varyansta 28.09.2009, 29.06.2011, 29.08.2016 kırılma tarihleri olarak elde edilmektedir. Yapısal kırılmaların varlığı varyansta analiz sırasında kullanılmazsa sapmalı neticeler verebilir, bu nedenle yapısal kırılmasız GARCH ve FIGARCH modellerine ayrıca yapısal kırılmalar eklenerek A-GARCH (Adaptiv GARCH modeli) ve A-FIGARCH (Adaptive FIGARCH modeli) de tahmin edilecek, en düşük bilgi kriterini gösteren model en uygun model olarak belirlenecektir. Burada FIGARCH modeli uzun hafızayı dikkate alırken, A-FIGARCH modeli ise hem uzun hafızayı hem de yapısal kırılmayı göz önüne almaktadır. Burada FI ifadesi uzun hafızanın ele alındığını göstermektedir (Çevik ve Topaloğlu, 2014: 8).

Şekil 4. İlgili Endeksin Yapısal Kırılma Dönemlerinin Gösterilmesi



Tanımlayıcı istatistikler ve kırılmalar elde edildikten sonra şimdi de ilgili serinin en uygun ARMA yapısının tespitinin yapılması gerekmektedir. Bu amaçla aşağıdaki tabloda (Tablo 2) EKK'lar tahmin edildiğinde SIC bilgi kriterine göre en uygun ARMA yapısının ARMA(2,1) olduğu bulunmaktadır (Minimum SIC bilgi kriterini veren gecikme kullanılmaktadır).

Tablo 2. Uygun ARMA Yapısının SIC Kriterine Göre Tespit Edilmesi

AR / MA	0.000000	1.000000	2.000000	3.000000	4.000000	5.000000
0.000000	2.241028	2.164260	2.158616	2.157162	2.158022	2.155995
1.000000	2.153793	2.153856	2.152605	2.152959	2.153878	2.157906
2.000000	2.154533	2.149997	2.151927	2.153207	2.156027	2.159597
3.000000	2.154266	2.151960	2.152163	2.153886	2.155458	2.156655
4.000000	2.155458	2.153297	2.155405	2.153882	2.156105	2.157076
5.000000	2.156220	2.157938	2.159943	2.160671	2.159841	2.161923
6.000000	2.157814	2.159878	2.160717	2.156455	2.160797	2.159180
7.000000	2.159876	2.161946	2.162581	2.158474	2.160533	2.161025
8.000000	2.161943	2.164014	2.161373	2.160437	2.162384	2.161979
9.000000	2.163301	2.160738	2.163234	2.162441	2.164061	2.163938

Şimdi sırada ARMA yapısı tespit edildiğinden uygun GARCH yapısının tespitine gelmiştir. İlgili endeks için dört farklı model kullanılarak elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablodadır (Tablo 3). ARMA parametresi ile birlikte GARCH, ARCH, kosinüs ve sinüs katsayıları model seçimi kriterine uygun olarak saptanmaktadır. İlgili tabloda en uygun modelin HQ, SIC, Shibata ve AIC değerleri minimum olan FIGARCH modeli olduğu anlaşılmaktadır. Adaptiv-FIGARCH modeli de maksimum $\ln(L)$ değeri verdiğinden ikinci sıradaki en uygun model olarak değerlendirilebilir (Çevik ve Topaloğlu, 2014: 8).

Tablo 3. Model Tahminleri

	AFRİKA ENDEKSİ			
	GARCH	A-GARCH	FIGARCH	A-FIGARCH
Ortalama Sabit (v)	-0.004374 (0.7991)	-0.004532 (0.7937)	-0.004296 (0.8037)	-0.003269 (0.8495)
AR(1)	1.092596 (0.0000)	1.096848 (0.0000)	1.098713 (0.0000)	1.097317 (0.0000)
AR(2)	-0.155244 (0.0000)	-0.157899 (0.0000)	-0.156783 (0.0000)	-0.157148 (0.0000)
MA(1)	-0.882043 (0.0000)	-0.884058 (0.0000)	-0.889212 (0.0000)	-0.886345 (0.0000)
Volatilite Sabit (w)	0.008024 (0.0034)	0.024646 (0.0022)	0.019202 (0.0177)	0.039301 (0.0831)
Alfa(α)	0.077322 (0.0000)	0.083620 (0.0000)	0.354080 (0.0002)	0.314742 (0.0329)
Beta(β)	0.908118 (0.0000)	0.868407 (0.0000)	0.577975 (0.0000)	0.478568 (0.0066)
d	-	-	0.351301 (0.0000)	0.287618 (0.0000)

Student DF	9.261970 (0.0000)	9.960838 (0.0000)	9.72209 (0.0000)	9.735080 (0.0000)
Sin1	-	0.011820 (0.0056)	-	0.019062 (0.1437)
Cos1	-	0.006950 (0.0347)	-	0.020395 (0.1614)
Sin2	-	0.006080 (0.0294)	-	0.010527 (0.3045)
Cos2	-	0.001657 (0.4948)	-	0.003952 (0.6848)
Sin3	-	0.003247 (0.1975)	-	0.005734 (0.5507)
Cos3	-	-0.001383 (0.5286)	-	0.002860 (0.7470)
Sin4	-	0.001541 (0.4407)	-	0.001149 (0.8846)
Cos4	-	-0.000483 (0.7989)	-	-0.002377 (0.7440)
Q(50)	69.9280 (0.0166304)	70.1107 (0.0160400)	70.7949 (0.0139932)	70.1604 (0.0158826)
Q²(50)	42.8529 (0.6831881)	38.9669 (0.8206525)	36.4691 (0.8882820)	38.1635 (0.8444110)
AIC (Akaike)	1.985961	1.983121	1.981391	1.983352
SIC (Schwartz)	1.998507	2.008213	1.995505	2.010012
SHIBATA	1.985953	1.983090	1.981381	1.983316
HQ (Hannan-Quinn)	1.990408	1.992014	1.986393	1.992800
Ln(L)	-3979.81	-3966.11	-3969.63	-3965.57

4. TARTIŞMA

Minimum kriterlere sahip olduğu belirlenen FIGARCH modelinde d parametresi anlamlı ve 0 ile 0.5 arasında olduğu için (0.35), Afrika endeksinde uzun hafızanın olduğu, ilgili endekste zayıf formda etkinliğin de reddedilebileceği ifade edilebilir. Dolayısıyla bu serideki varyans değerleri geçmiş değerlerden tahmin edilebilir. Bir başka ilginç sonuç olarak da yapısal kırılma dikkate alındığında A-FIGARCH modelinde literatürdeki sonuçlarla uyumlu olarak d , arch ve garch parametre değerlerinin biraz düştüğü farkedilmektedir (Çevik ve Topaloğlu, 2014: 8).

Diebold ve Inoue (2001) uzun hafızanın yapısal değişikliklerle ilgili olabildiğini ve bununla kolay bir şekilde karıştırılabileceğini iddia etmektedir. Bu çalışmada da elde edilen bulgulara göre de A-FIGARCH'dan elde edilen d katsayısı diğer FIGARCH modelinden daha küçüktür. Bu nedenle bu bulgu ayrıca bu yöntemin uzun hafıza parametresini potansiyel olarak daha doğru tahmin ettiği ifade edilebilir. Buna ilave olarak bu bulgular ekonomi ve finasta, uzun hafıza esas odak noktası olarak, başka kontekslere genişletilebilir. Stentoft (2005) ayrıca opsiyon fiyatlama modellerine FIGARCH özelliklerini dahil etmenin çokça bulunan sistematik fiyatlama hatalarını

açıklamaya yardımcı olabileceğini ifade etmektedir. Tüm bu nedenlerle, yapısal değişimlerin bulunması muhtemelse, A-FIGARCH modelini kullanmak daha güvenilir tahmin ve sonuçlara neden olabilir (Aktaran: Shi ve Ho, 2015: 481-482).

Bu çalışmanın bulguları Charfeddine ve Ajmi (2013)'in Tunus'da gerçekleştirdiği analizin sonuçları ile aynı yöndedir. Nitekim ilgili yazarlar da hisse senedi piyasasında volatilitiyi en iyi tanımlayan modelin FIGARCH olduğu sonucuna ulaşmaktadır. İlgili yazarlar da uzun hafızanın piyasa etkinliği, portfölyö dağıtımı ve risk yönetimi üzerinde önemli etkileri olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca King ve Botha (2015) da makalelerinde Güney Afrika, Kenya, Mauritius, Fas ve Nijerya piyasaları için sadece GARCH terimi içeren tek değişkenli modeller tahmin amacıyla kullanıldığında zayıf performans sergilendiğini ifade etmektedirler.

SONUÇ

Finansal ekonometride uzun hafıza konusu son 30 yılda en çok ilgi çeken konulardan biri olmuştur. Fakat, bu çalışmaların çoğu gelişmiş ülkelerin finansal piyasaları üzerinedir (Günay, 2014:131). Bu araştırma makalesinde MSCI Öncü Piyasalar Afrika Endeksi incelenmektedir. Bu endeks 12 adet Afrika ülkesinin büyük ve orta kapitalizasyon temsilcileri içermektedir. İlgili ülkeler sırasıyla Burkina Faso, Benin, Gine-Bissau, Fildişi Sahilleri, Kenya, Mauritius, Mali, Fas, Nijer, Senegal, Togo ve Tunus'tur. Veri 27-06-2008 ile 16-11-2023 arasındadır ve Refinitiv Eikon firmasından sağlanmıştır. Analiz kapsamında veriyi temsil eden en uygun, en üstün sonuç veren model GARCH, A-GARCH, FIGARCH ve A-FIGARCH modelleri incelenerek belirlenmeye çalışılmaktadır.

Analiz sonucunda en uygun modelin HQ, SIC, Shibata ve AIC değerleri minimum olan FIGARCH modeli olduğu anlaşılmaktadır. Adaptiv-FIGARCH modeli de maksimum $\ln(L)$ değeri verdiğinden ikinci sıradaki en uygun model olarak değerlendirilebilir. FIGARCH modeline d parametresi anlamlı ve 0 ile 0.5 arasında olduğu için (0.35), Afrika endeksinde uzun hafızanın olduğu, ilgili endekste zayıf formda etkinliğin de reddedilebileceği söylenebilir. Bu nedenle bu serideki varyans değerleri geçmiş değerlerden tahmin edilebilir. Bir başka ilginç netice olarak da yapısal kırılma dikkate alındığında A-FIGARCH modelinde literatürdeki sonuçlarla uyumlu olarak d , arch ve garch parametre değerlerinin biraz düştüğü fark edilmektedir (Çevik ve Topaloğlu, 2014: 8).

Bu elde edilen sonuçlar umumiyetle akademisyenler, piyasa katılımcıları ve politika oluşturucular için volatilité serilerindeki uzun hafıza ve yapısal kırılma özelliklerini anlamak için ve gelecekteki volatilitiyi tahmin etmek için, piyasa etkinliğini test etmek için, finansal varlıkları fiyatlamak için, nicel yatırım stratejisi oluşturmak için ve piyasa riskini ölçmek için önem taşımaktadır (Luo ve Huang, 2019: 324).

İleriki çalışmalar da kullanılan veri seti farklılaştırılarak örneğin sadece yakın gözlemler kullanarak sonuçların değişip değişmediği incelenebilir. Ayrıca bu makalede kullanılan student-t dağılımı dışında GED dağılımı ve çarpık student-t

dağılımlarının da kullanılarak sonuçların farklı dağılımlarda nasıl farklılaştığı analiz edilebilir.

STRUCTURAL BREAKS IN VOLATILITY AND LONG MEMORY: THE AFRICAN EXAMPLE

1. INTRODUCTION

MSCI Frontier Markets Africa Index is used in the analysis of the study. This index includes large and medium capitalization representatives of 12 African countries for the period of 2008-2023. The relevant countries are Burkina Faso, Benin, Guinea-Bissau, Ivory Coast, Kenya, Mauritius, Mali, Morocco, Niger, Senegal, Togo and Tunisia respectively. This index was established on December 18, 2007 (www.msci.com). Despite their significant activity, these markets have been little studied by academicians in terms of research on market efficiency. Understanding activity in these markets is crucial for investors, policy makers, and researchers as it provides insight into the distribution and use of financial resources. The scarcity of academic studies on activity in stock markets in Africa highlights the potential for comprehensive analyzes that could contribute to a deeper understanding of the dynamics. Therefore, there is a significant gap in the literature on this subject and points to the importance of in-depth research on the stock markets of African countries. Such studies can provide valuable information about understanding the characteristics and behaviours specific to these markets (Saadaoui, 2024: 2).

2. METHODS

One of the most powerful approaches to taking structural breaks into account is to allow the constant to change over time, as suggested by Baillie and Morana (2009). These authors developed the A-FIGARCH(Adaptive FIGARCH) model by allowing the constant in the conditional variance equation to change over time, according to the flexible functional form of Gallant (1984) and Andersen and Bollerslev (1997) by modifying FIGARCH model developed by Baillie et al. (1996). This flexible function form model can be very effective in modeling structural breaks. Because there is no need for any pretest to determine the specific locations of the breakpoints and it is not complicated in calculation. Therefore, the A-FIGARCH process consists of two basic deterministic and time-varying parts, which take into account that are long memory volatility process and breaks (Han, 2011:48).

The GARCH (p,q) process developed by Bollerslev (1986) and Taylor (1986) can be represented by the following volatility equation (Tayefi and Ramanathan, 2012:177):

$$\begin{aligned} h_t &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \epsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} \\ &= \alpha_0 + \alpha(L)\epsilon_t^2 + \beta(L)h_t \end{aligned}$$

Baillie et al. (1996) developed the Fractional Integrated GARCH (FIGARCH) model using GARCH and IGARCH models. FIGARCH model demonstrates the long memory property of volatility. The formulation of FIGARCH is as follows (Gençyürek, 2024: 86):

$$\begin{aligned} [1 - \beta(L)]\sigma_t^2 &= w + [1 - \beta(L) - \Phi(L)(1 - L)^d]\epsilon_t^2 \\ \sigma^2 &= w[1 - \beta(L)]^{-1+\gamma(L)}\epsilon_t^2 \end{aligned}$$

Here $p>0$, $q>0$, $\alpha_0>0$, $\alpha_i\geq 0, i=1, \dots, q$, $\beta_j\geq 0, j=1, \dots, p$ and $\alpha(L)$ and $\beta(L)$ delay operators.

Alternatively, the conditional variance of the FIGARCH model can be expressed as follows (Çevik et al., 2023:2):

$$\sigma_t^2 = \frac{w}{1 - \beta(L)} + \left[\frac{1 - \Phi(L)(1 - L)^d}{1 - \beta(L)} \right] \epsilon_t^2$$

Here, if the constant coefficient w can change over time to take into account the structural imbalance in the conditional variance, the A-FIGARCH(p, d, q, k) model is obtained from the FIGARCH (p, d, q) process (Çevik et al., 2023:2).

3. RESULTS

Descriptive statistics of returns adjusted for extreme values are shown in Table 1. Total number of observations is 4016. The average return of the relevant index is negative (-0.026). In other words, the relevant series is a losing market. The minimum and maximum values are -3.0647 and 2.4424. If these had not been eliminated from extreme values, extreme values would also have been taken into account. In general, all these indicate that the relevant index is quite risky. The standard deviation of the index is 0.744. Regarding data is also skewed to the left and has high kurtosis value. The data is not normally distributed as the Jarque-Bera statistic is quite high and therefore significant. For this reason, the student-t distribution instead of normal distribution is utilised in the analysis. Since $Q(50)$ ve $Q^2(50)$ values are significant, the series has both autocorrelation and heteroscedasticity. ARCH LM(1-2) test also supports the conclusion that there is heteroscedasticity. According to ADF and PP unit root tests, the relevant return index does not have a unit root, therefore it is stationary.

After the ARMA structure is determined as ARMA(2,1), the appropriate GARCH structure is determined. The results obtained using four different models for the relevant index are in Table 3. Along with the ARMA parameter, GARCH, ARCH, cosinus and sinus coefficients are determined in accordance with the model selection criteria. In the relevant table, it is understood that the most suitable model is the FIGARCH model with minimum HQ, SIC, Shibata and AIC values (Çevik and Topaloğlu, 2014: 8).

4. DISCUSSION

Diebold and Inoue (2001) claim that long memory may be related to structural changes and can be easily confused with it. According to the findings obtained in this study, the d coefficient obtained from A-FIGARCH is smaller than the other FIGARCH model. Additionally, due to this finding, it can be stated that this method potentially estimates the long memory parameter more accurately. Additionally, these findings can be extended to other contexts in economics and finance, with long memory being a major focus. Stentoft (2005) also states that incorporating FIGARCH features into option pricing models can help explain common systematic pricing errors. For all these reasons, if structural changes are likely to be found, using the A-FIGARCH model may lead to more reliable predictions and results (Shi and Ho, 2015:481-482).

CONCLUSION

As a result of the analysis, it is understood that the most suitable model for this index is the FIGARCH model with minimum HQ, SIC, Shibata and AIC values. Since the Adaptiv-FIGARCH model gives the maximum $\ln(L)$ value, it can be considered as the second most suitable model. Since the d parameter of the FIGARCH model is significant and between 0 and 0.5 (0.35), it can be said that there is a long memory in the African index and weak form efficiency in the relevant index can also be rejected. Therefore, variance in this series can be estimated from past values. As another interesting result, when the structural break is taken into account, it is noticed that the d , arch and garch parameter value in the A-FIGARCH model decrease slightly, in line with the results in the literature (Çevik and Topaloğlu, 2014: 8).

KAYNAKÇA

- Aawaar, G., Logogye, L ve Domeher, D. (2023). Equity return volatility in Africa's stock markets: A dynamic panel approach, *Cogent Economics & Finance*, 11(2), 1-22.
- Abel, A. (1988). Stock prices under time-varying dividend risk: an exact solution in an infinite-horizon general equilibrium model. *Journal of Monetary Economics*, 22(3), 375-392.
- Adam, K., Marcet, A. ve Nicolini, J.P. (2008). Stock market volatility and learning. *Working Paper No. 862*, European Central Bank Working Paper Series.
- Aggarwal, R., Inclan, C. ve Leal, R. (1999). Volatility in emerging stock markets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 34(1), 33-55.
- Akgül, I. ve Sayyan, H. (2005). Forecasting Volatility in ISE-30 Stock Returns with Asymmetric Conditional Heteroscedasticity Models, Symposium of Traditional Finance, 05-07 Mayıs 2005, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Yüksekokulu, İstanbul
- Andersen, T.G. ve Bollerslev, T. (1997). Intraday Periodicity and Volatility Persistence in Financial Markets. *Journal of Empirical Finance*, 4(2-3), 115-158.
- Bachelier, L. (1900). Theori de la speculation. *Annales Scientifiques de L'Ecole Normale Supérieure*, 17, 21-86. (Çev. Boness, A.J. (1964). *The random character of stock market prices*. Cambridge: MIT Press).
- Baillie, R.T. ve Morana, C. (2009). Modelling long memory and structural breaks in conditional variances: an adaptive FIGARCH approach. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 33(8), 1577-1592.
- Baillie, R.T., Bollerslev, T. ve Mikkelsen, H.O. (1996). Fractionally integrated generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 74(1), 3-30.
- Belkhouja, M. ve Boutahary, M. (2011). Modeling volatility with time-varying FIGARCH models, *Economic Modelling*, 28(3), 1106-1116.
- Beltratti, A. ve Morana, C. (2006). Breaks and persistency: macroeconomic causes of stock market volatility. *Journal of Econometrics*, 131(1-2), 151-177.
- Black, F. (1976). Studies of Stock Price Volatility Changes. *American Statistical Association*, 7(1), 177-181

- Bodart, V. ve Candelon, B. (2009). Evidence of Interdependence and Contagion Using a Frequency Domain Framework. *Emerging Markets Review*, 10(2), 140-150.
- Bolgün, E. ve Akçay, B. (2005). Finansal Türevlerde Kullanıcı Kaynaklı Model Seçiminin Bilgi Asimetrisi Yoluyla Fiyatlama Süreçlerine Etkisi, Marmara Üniversitesi Geleneksel Finans Sempozyumu, İstanbul
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-328.
- Bollerslev, T. ve Mikkelsen, H.O. (1996). Modeling and pricing long memory in stock market volatility. *Journal of Econometrics*, 73(1), 151-184.
- Brooks, R.D., Davidson, S. ve Faff, R.W. (1997). An examination of the effects of major political change on the stock market volatility: the South African experience. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 7, 255-275.
- Çevik, E.İ., Gunay, S., Diboğlu, S. ve Yıldırım, D.Ç. (2023). The impact of expected and unexpected events on Bitcoin price development: Introduction of futures market and COVID-19. *Finance Research Letters*, 54(C), 1-7.
- Çevik, E.İ. ve Topaloğlu, G. (2014). Long memory and structural breaks on volatility: evidence from Borsa Istanbul. *MPRA No: 71485*, 1-11.
- Charfeddine, L. ve Ajmi, A.N. (2013). The Tunisian stock market index volatility: Long memory vs. switching regime, *Emerging Markets Review*, 16, 170-182.
- Chen, Y., Msofe, Z.A. ve Wang, C. (2024). Asymmetric dynamic spillover and time-frequency connectedness in the oil-stock nexus under COVID-19 shock: Evidence from African oil importers and exporters. *Resources Policy*, 90(104849), 1-15.
- Diebold, F. ve Inoue, A. (2001). Long memory and regime switching, *Journal of Econometrics*, 105(1), 131-159.
- Diebold, F. ve Yilmaz, K. (2007). Measuring financial asset return and volatility spillovers, with application to global equity markets. *The Economic Journal*, 119(534), 158-171.
- Engle, R.F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity With Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, 50(4), 987-1007.

- Engle, R.F. ve Rangel, J.F. (2008). The spline-GARCH model for low-frequency volatility and its global macroeconomic causes. *The Review of Financial Studies*, 21(3), 1187-1222.
- Gallant, A.R. (1984). The Fourier Flexible Form. *American Journal of Agricultural Economics*, 66(2), 204-208.
- Gençyürek, A.G. (2024). Volatility Modeling and Spillover: The Turkish and Russian Stock Markets. *Istanbul Business Research*, 53(1), 81-101.
- Gökçe, A. (2001). İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Getirilerindeki Volatilitenin ARCH Teknikleri ile Ölçülmesi. *Gazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 3(1), 35-58.
- Granger, C.W. ve Hyung, N. (2004). Occasional structural breaks and long memory with an application to the S&P 500 absolute stock returns. *Journal of Empirical Finance*, 11(3), 399-421.
- Günay, S. (2014). Fractal Structure of the Stock Markets of Leading Asian Countries. *Journal of East Asian Economic Integration*, 18(4), 367-394.
- Hamilton, J. ve Susmel, R. (1994). Autoregressive conditional heteroskedasticity and changes in regime. *Journal of Econometrics*, 64(1-2), 307-333.
- Han, Y.W. (2011). Structural Breaks and Long Memory Property in Korean Won Exchange Rates: Adaptive FIGARCH Model. *Journal of East Asian Economic Integration*, 15(2), 33-60.
- Hassan, M.K., Maroney, N.C., El-Sady, H.M. ve Telfah, A. (2003). Country risk and stock market volatility, predictability, and diversification in the Middle East and Africa. *Economic Systems*, 27(1), 63-82.
- Ho, K.Y., Shi, Y. ve Zhang, Z. (2013). How does news sentiment impact asset volatility? Evidence from long memory and regime-switching approaches. *The North American Journal of Economics and Finance*, 26, 436-456.
- Ismail, M.D., Audu, B. ve Tumala, M.M. (2016). Volatility forecasting with the wavelet transformation algorithm GARCH model: Evidence from African stock markets. *The Journal of Finance and Data Science*, 2(2), 125-135.
- Kayahan, G. (2022). ARCH-GARCH Yaklaşımıyla Menkul Kıymet Piyasalarında Volatilité Tahmini: Borsa İstanbul Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul
- King, D. ve Botha, F. (2015). Modelling stock return volatility dynamics in selected African markets. *Economic Modelling*, 45(C), 50-73.

- Kökçen, A. (2010). Koşullu Varyans Modelleri: Finansal Zaman Serileri Üzerine Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana
- Laurent, S., ve Beine, M. (2001). Structural change and long memory in volatility: new evidence from daily exchange rates. Dunis, C., Timmermann, A., Moody, J. (Ed.), *Developments in Forecast Combination and Portfolio Choice* içinde, (s.159-177). Birleşik Krallık: Wiley Yayınları
- Li, M.L. (2009). Change in volatility regimes and diversification in emerging stock markets. *South African Journal of Economics*, 77(1), 59-80.
- Luo, Y. ve Huang, Y. (2019). Long memory or structural break? Empirical evidences from index volatility in stock market. *China Finance Review International*, 9(3), 324-337. <https://doi.org/10.1108/CFRI-11-2017-0222>
- Martens, M., De Pooter, M. ve Van Dijk, D. (2004). Modeling and forecasting S&P 500 volatility: long memory, structural breaks and nonlinearity. *Tinbergen Institute Discussion Paper*. No.04-067/4
- Mazıbaşı, M. (2004). İMKB Piyasalarındaki Volatilitenin Modellenmesi ve Öngörülmesi: Asimetrik GARCH Modelleri ile Bir Uygulama, Ankara, Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, 4-9.
- Mikosch, T. ve Starica, C. (2004). Changes of structure in financial time series and the GARCH model. *REVSTAT-Statistical Journal*, 2(1), 41-73.
- Morana, C. ve Beltratti, A. (2004). Structural change and long-range dependence in volatility of exchange rates: either, neither or both? *Journal of Empirical Finance*, 11(5), 629-658.
- Mudiangombe, B.M. ve Mwamba, J.W.M. (2023). Impacts of U.S. Stock Market Crash on South African Top Sector Indices, Volatility, and Market Linkages: Evidence of Copula-Based BEKK-GARCH Models. *International Journal of Financial Studies*, 11(77), 1-19.
- Muhammad, K., Saleh, A., Bello, U.M., Tule, J.M., John, E.A., Edet, J.E., Ohiaeri, I. ve Eneanya, C.N. (2024). Inflation and stock return volatility in selected African countries: A GARCH-MIDAS approach, *Scientific African*, 25(e02307), 1-9.
- Nelson, D.B. (1991). Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 59(2), 347-370.

- Ngene, G.M. ve Mungai, A.N. (2022). Stock returns, trading volume, and volatility: The case of African stock markets. *International Review of Financial Analysis*, 82(102176), 1-17.
- Olsen, R.A. (1998). Behavioural finance and its implications for stock price volatility. *Financial Analysts Journal*, 54(2), 10-18.
- Poterba, J.M. ve Summers, L.H. (1986). Reporting Errors and Labor Market Dynamics. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 54(6), 1319-1338.
- Ramasamy, R. ve Helmi, M.H.M. (2011). Chaotic Behavior of Financial Time Series- An Empirical Assessment. *International Journal of Business and Social Science*, 2(3), 77-83.
- Ramchand, L. ve Susmel, R. (1998). Volatility and cross correlation across major stock markets. *Journal of Empirical Finance*, 5(4), 397-416.
- Saadaoui, F. (2024). Segmented in multifractal detrended fluctuation analysis for assessing inefficiency in North African stock markets. *Chaos, Solitons and Fractals*, 181(114652), 1-11.
- Sanso, A., Arago, V. ve Carrion, J.L. (2004). Testing for Change in the Unconditional Variance of Financial Time Series. *Revista De Economia Financiera*, 4, 32-53.
- Schwert, G.W. (1989). Why does stock market volatility change over time? *The Journal of Finance*, 44(5), 1115-1153.
- Shi, Y. ve Ho, K.Y. (2015). Modeling high-frequency volatility with three-state FIGARCH models. *Economic Modelling*, 51, 473-483.
- Shiller, R. (1987). The volatility of stock market prices. *Science*, 235(4784), 33-37.
- Soykan, M.E. (2024). Volatilitenin Modellenmesi: Nasdaq 100 Endeksi Örneği. *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*, 8(1), 139-153.
- Stentoft, L. (2005). Pricing american options when the underlying asset follows GARCH processes. *Journal of Empirical Finance*, 12(4), 576-611.
- Tayefi, M. ve Ramanathan, T.V. (2012). An Overview of FIGARCH and Related Time Series Models. *Austrian Journal of Statistics*, 41(3), 175-196.
- Taylor, S.J. (1986). *Modelling Financial Time Series*, New York: Wiley Yayınları

- Tumala, M.M., Salisu, A.A. ve Gambo, A.I. (2023) Distengled oil shocks and stock market volatility in Nigeria and South Africa: A GARCH-MIDAS approach. *Economic Analysis and Policy*, 78, 707-717
- Velasquez, T. (2009). Chaos Theory and the Science of Fractals, and their Application in Risk Management. Yüksek Lisans Tezi, Copenhagen Business School, Danimarka
- Verardi, V. ve Vermandele, C. (2018). Univariate and Multivariate Outlier Identification for Skewed or Heavy-Tailed Distributions. *The Stata Journal*, 18(3), 517-532.
- Wang, P. ve Theobald, M. (2008). Regime-switching volatility of six East Asian emerging markets. *Research in International Business and Finance*, 22(3), 267-283.
- www.msci.com (Erişim Tarihi: 06-08-2024). Link: www.msci.com/documents/10199/4dd589f6-6929-4ec7-a6ff-d40d5d882406
- Yalama, A. ve Celik, S. (2013). Real or spurious long memory characteristics of volatility: empirical evidence from an emerging market. *Economic Modelling*, 30, 67-72.
- Yılmaz, Ö. (2006). Finansal Zaman Serilerinde Varyans Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

KATKI ORANI / CONTRIBUTION RATE	AÇIKLAMA / EXPLANATION	KATKIDA BULUNANLAR / CONTRIBUTORS
Fikir veya Kavram / <i>Idea or Notion</i>	Araştırma hipotezini veya fikirini oluşturmak / <i>Form the research hypothesis or idea</i>	Mehmet Erkan SOYKAN
Tasarım / <i>Design</i>	Yöntemi, ölçeği ve deseni tasarlamak / <i>Designing method, scale and pattern</i>	Mehmet Erkan SOYKAN
Veri Toplama ve İşleme / <i>Data Collecting and Processing</i>	Verileri toplamak, düzenlenmek ve raporlamak / <i>Collecting, organizing and reporting data</i>	Mehmet Erkan SOYKAN
Tartışma ve Yorum / <i>Discussion and Interpretation</i>	Bulguların değerlendirilmesinde ve sonuçlandırılmasında sorumluluk almak / <i>Taking responsibility in evaluating and finalizing the findings</i>	Mehmet Erkan SOYKAN
Literatür Taraması / <i>Literature Review</i>	Çalışma için gerekli literatürü taramak / <i>Review the literature required for the study</i>	Mehmet Erkan SOYKAN