

İMKB ENDEKSİNİN PARCH MODELLEMESİ
A PARCH MODELLING OF THE İMKB INDEX

Erdoğan TELATAR*

H. Soner BİNAY**

ÖZET

ARCH sınıfı modellerin bir devamı şeklinde olan PARCH (Power Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) modelleri, ilk olarak Ding, Granger ve Engle(1993) tarafından önerilmiştir. Bu çalışmada, PARCH modelinin İMKB endeksine uygulanabilirliği araştırılmakta ve elde edilen bulgular diğer ülkelerin hisse senedi piyasaları sonuçları ile karşılaştırılmaktadır. Çalışmanın sonuçları, İMKB endeksindeki değişkenliğin diğer ülke borsalarından daha yüksek olduğunu göstermektedir.

ABSTRACT

PARCH (Power Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) models that could be considered as the extension of ARCH class models were introduced by Ding, Granger and Engle (1993). This paper investigates the applicability of PARCH modelling strategy to the İMKB index and compares the findings with the results obtained for other countries. The findings indicate that the volatility of the İMKB index is higher than that of the other countries' exchanges.

* Hacettepe Üniversitesi İİBF Öğretim Üyesi

** Kara Harp Okulu

GİRİŞ

Modern ekonomik teoride risk ve belirsizliğin artan önemi, zamana bağlı olarak değişen varyans ve kovaryansın modellenmesine olanak sağlayan ekonometrik zaman serilerinin gelişimini gerekli kılmıştır. Yüksek frekanslı finansal verilerdeki zamana bağlı değişkenliği (volatilitayı) analiz etmek için koşullu değişkenlik modellerinin kullanımı yaygın hale gelmiştir. Engle(1982) tarafından ilk ARCH modelinin ortaya konulmasından itibaren, çeşitli ARCH sınıfı modeller literatürde yerini almıştır.

Ding, Granger ve Engle (1993) tarafından önerilen ve ARCH sınıfı modellerin bir devamı niteliğinde olan üslü ARCH (PARCH) modeli, klasik modellerdeki zaman serisi verilerinin mutlak değeri veya karesini almak yerine, verilerin dönüşümünün verinin kaçınıcı kuvveti ile olduğunu analiz etmektedir. Ding, Granger ve Engle bu modeli ABD hisse senedi getirileri verilerine uygulamış ve 1.43'lük bir kuvvet dönüşümünün optimal olduğu sonucuna varmışlardır. Hentschel (1995) daha genel bir PARCH modeli önermiş ve ABD hisse senedi getirileri verilerine uygulayarak kuvvet terimi için optimal değeri 1.52 olarak bulmuştur. Ding, Granger ve Engle ile Hentschel, PARCH modellerinin ABD borsası verilerine uygulanabilir olduğunu ispatlamışlardır. Brooks, Faff, McKenzie ve Mitchell (2000), on ulusal hisse senedi borsa endeksi ile Morgan Stanley Capital International dünya endeksi için asimetrik bir PARCH (A-PARCH) modelinin uygulanabilirliğini analiz etmişlerdir. Analiz kapsamındaki ülkeler, Avustralya, Kanada, Fransa, Almanya, Hong Kong, Japonya, Yeni Zelanda, Singapur, İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri'dir. Çalışmada, GARCH ve kaldıraç etkileri dikkate alındığında, modelin genel olarak uygulanabilir olduğu bulunmuş ve optimal kuvvet dönüşümünün ülkeler arasında dikkate değer derecede benzer olduğu ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada, PARCH modelinin İMKB endeksine uygulanabilirliği araştırılmakta ve elde edilen sonuçlar diğer ülkelerin hisse senedi piyasalarından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde, finansal analizlerde kullanılan ARCH sınıfı modeller teorik olarak incelenmekte ve üçüncü bölümde üslü ARCH modelleri tanıtılmaktadır. Dördüncü bölümde, İMKB Ulusal-100 endeksi ARCH sınıfı modeller yardımıyla tahmin edilmiş ve son bölümde elde edilen bulgular kısaca değerlendirilmiştir.

FİNANSAL ANALİZLERDE KULLANILAN ARCH SINIFI MODELLER

Uygulamalı araştırmacılar belirsizliğin zamandaki değişimini ikinci veya daha yüksek dereceden momentler ile modellemeye başlamışlardır. Değişken varyansları karakterize etmek için ortaya konulan en önemli araçlardan birisi kısaca *ARCH* (*AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity*) olarak ifade edilen Otoregresif Koşullu Değişken Varyans modelidir ve ortaya çıkışından itibaren bu modelleme stratejisini finansal zaman serilerine uygulayan çok sayıda makale yayınlanmıştır. Çok çeşitli olmalarına karşılık, hepsinin amacı

koşullu varyansın tarihi değerlere göre modellenmesidir. ARCH sınıfı modellerin özelliklerini ve görgül (ampirik) uygulamaları üzerine yapılan yazın taramaları bu model ailesinin Engle'in ilk ARCH modeli ile Bollerslev (1986)'ın GARCH modelinin basit özelliğinin ötesinde geliştirildiğini göstermektedirler. Bu yenilikler verinin dönüştürüldüğü kuvvet terimi ile alakalıdır. Konvensiyonel ARCH modelleri verilerdeki mutlak veya karesi alınmış özellikler üzerine odaklanır. Diğer bir deyişle, koşullu varyans gecikmeli mutlak veya hata terimleri kareleri ve gecikmeli koşullu standart sapmalar veya varyanslar ile ilişkilidir. Bütün kesikli zamanlı stokastik süreçler $\{\varepsilon_t\}$ ile gösterilirse:

$$\varepsilon_t = Z_t \sqrt{h_t} \quad (1)$$

Burada Z_t beyaz gürültü, $E(Z_t)=0$ ve $\text{Var}(Z_t)=1$ 'dir. σ_t , bir ARCH modeli olarak t-1 zaman bilgi kümesinin zamanla değişen, pozitif ve ölçülebilir bir fonksiyonudur. $\{\varepsilon_t\}$ tek değişkenli dizisinin elemanları arasında korelasyon yoktur ve ortalamaları sıfırdır. ε_t 'nin koşullu varyansı h_t 'dir ve zamanla değişebilir. Doğrusal ARCH modeli h_t 'yi sürecin geçmiş değerlerinin karelerinin bir doğrusal fonksiyonu olarak önermiştir:

$$h_t = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 = \omega + \alpha(L) \varepsilon_t^2 \quad (2)$$

Burada $\omega > 0$ ve $\alpha_i \geq 0$ ($i=1,2,\dots,q$) olup, L gecikme işlecini göstermektedir. ARCH (q) modellerinin görgül uygulamalarda gecikmelerinin çok uzun olması ve parametre sayısının fazlalığı nedeniyle, Bollerslev tarafından GARCH (p,q) modeli önerilmiştir.

$$h_t = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} = \omega + \alpha(L) \varepsilon_t^2 + \beta(L) h_{t-j} \quad (3)$$

Görüldüğü gibi ARCH ve GARCH parametrik modellerdir. GARCH modelinde varyans sadece ε_t 'nin büyüklüğüne bağlıdır, işaretine bağlı değildir.

Nelson tarafından ortaya konulan üstel (exponential) GARCH (EGARCH)'ta h_t , geçmiş ε_t 'lerin asimetrik bir fonksiyonudur:

$$\log h_t = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \left(\phi_{z_{t-i}} + \gamma \left[|z_{t-i}| - E|z_{t-i}| \right] \right) + \sum_{j=1}^p \beta_j \log h_{t-j} \quad (4)$$

h_t , gecikmeli hata terimlerinin hem büyüklüğüne hem de işaretine bağlıdır. Doğrusal GARCH modelinin aksine, koşullu varyansların negatif olmasını sağlamak için α_i ve β_i parametrelerinde sınırlamalar yoktur. Böylece (4)'teki ifade, $\log h_t$ için kısıtsız bir ARMA(p,q) modeline benzer.

Higgins ve Bera (1992) genel bir doğrusal olmayan (nonlinear) ARCH (NARCH) modeli önermişlerdir:

$$h_t = \left[\phi_0 (\sigma_\varepsilon^2)^\delta + \phi_1 (\varepsilon_{t-1}^2)^\delta + \dots + \phi_p (\varepsilon_{t-p}^2)^\delta \right]^{1/\delta} \quad (5)$$

Burada σ_ε^2 koşulsuz varyans olup, $\sigma_\varepsilon^2 > 0$, $\phi_i \geq 0 (i = 1, 2, \dots, p)$, $\delta > 0$ ve $\sum_{i=0}^p \phi_i = 1$ 'dir.

Bu koşullu varyans fonksiyonunun $p+3$ parametresi olmakla birlikte, ϕ_i 'lerinin toplamının bir olması sınırlaması parametre uzayının boyutunu bir azaltır. Görüldüğü gibi; $\delta=1$, $\alpha_0 = \phi_0 (\sigma_\varepsilon^2)$ ve $\alpha_i = \phi_i (i=1, 2, \dots, p)$ alınırsa doğrusal koşullu varyans fonksiyonu (1)'e denk hale gelir. $\delta > 0$ kısıtı koşullu varyansın bütün ε_t 'ler için tanımlı olmasını sağlar.

Engle tarafından önerilen asimetrik ARCH (AARCH) modeli kareli (kuadratik) biçimde olup, birinci dereceden olması durumunda aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$h_t = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \delta \varepsilon_{t-1} + \beta h_{t-1} \quad (6)$$

Burada δ 'nın bir negatif değeri, pozitif getirilerin değişkenliği (volatilitiyi) negatif getirilerden daha az artırdığı anlamına gelir. Asimetrik etkileri dikkate alan bir başka formülasyon şöyle ifade edilebilir:

$$\sigma_t^\gamma = \omega + \sum_{i=1}^q \left[\alpha_i^+ I(\varepsilon_{t-1} > 0) |\varepsilon_{t-i}|^\gamma + \alpha_i^- I(\varepsilon_{t-1} \leq 0) |\varepsilon_{t-i}|^\gamma \right] + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^\gamma \quad (7)$$

Burada $I(\cdot)$ gösterge (indicator) fonksiyonu ifade etmektedir. Örnek olarak eşikli (threshold) ARCH (TARCH) modeli $\gamma=1$ olan (7) denkleminin karşılık gelmektedir. Glosten, Jaganathan ve Runkle (7) denkleminin $\gamma=2$ olan bir biçimini tahmin etmektedirler. (GJR) modeli denilen bu model iyi veya kötü haberlere göre farklı katsayılarla haberlere değişkenliğin kareli (kuadratik) tepkisine izin verir. Glosten, Jaganathan ve Runkle, bir GARCH türü koşullu varyans şartından yararlanan bir model kullanarak kaldıraç etkilerini modellemek için ilk yaklaşımlardan birisini sağlamıştır.

ÜSLÜ (POWER) ARCH (PARCH) MODELLERİ

Ding, Granger ve Engle tarafından önerilen ve ARCH sınıfı modellerin bir devamı şeklinde olan genel asimetrik üslü (power) ARCH (PARCH) modeli, klasik modellerdeki zaman serisi verilerinin mutlak değeri veya karesini almak yerine, verilerin dönüşümünün verinin kaçınıcı kuvveti ile olduğunu analiz etmektedir:

$$\sigma_t^d = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \left(|\varepsilon_{t-i}| + \gamma_i \varepsilon_{t-i} \right)^d + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^d \quad (8)$$

Burada, α_i ve β_i standart GARCH parametreleri, γ_i kaldıraç parametresi ve d kuvvet parametresidir.

Ding, Granger ve Engle ile Hentschel'in yaklaşımını izleyerek, (8) denkleminde α, β, γ ve d için izin verilebilen değerler belirlemek suretiyle asimetrik PARCH modelinin içine daha standart ARCH ve GARCH formülasyonları yerleştirilebilir. Tablo 1, bu A-PARCH modelinin içine yerleştirilecek modellerin her birini oluşturmak için gerekli sınırlamaları özetlemektedir. Bu tablo görüldüğü gibi, α_i serbest, $d=2$, $\beta=\gamma=0$ olarak alınırsa bu model Engle'in ARCH modeline indirgenir. α_i ve β_i 'nin herhangi bir değer almasına izin verilirse Bollerslev'in GARCH modeli elde edilir. α_i ve d 'nin herhangi bir değer alabilmesi ($\beta=\gamma=0$) durumunda ise Higgins ve Bera'nın doğrusal olmayan ARCH veya NARCH modeli bulunur. GJR-GARCH modelinde kuvvet terimi ve beta konvensiyonel GARCH sınırlamalarına ($d=2$, β serbest) uymakla birlikte α_i , $\alpha_i(1+\gamma_i)$ olarak belirtilmekte ve kaldıraç terimi $-4\alpha_i\gamma_i$ ile kısıtlanmaktadır.

AMPİRİK ÇALIŞMANIN SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada İMKB Ulusal-100 endeksinin 3 Temmuz 1987-23 Şubat 2001 tarihleri arasındaki 3392 adet günlük değerinden oluşan zaman serisi alınmış ve diğer 10 ülke ile dünya endeksine ait zaman serileri ile karşılaştırmanın yapılmasını sağlayabilmek için Merkez Bankası efektif kuru üzerinden ABD Dolarına çevrilmiş günlük endeks değerleri kullanılmıştır.

Tablo 1: Diğer ARCH ve GARCH modellerini Ding, Granger ve Engle'in asimetrik PARCH modelinin özel durumları biçiminde ifade etmek için gerekli sınırlamalar

$\sigma_t^d = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i (\varepsilon_{t-i} + \gamma_i \varepsilon_{t-i})^d + \sum_{i=1}^q \beta_j \sigma_{t-i}^d$				
MODEL	d	α_i	β_i	γ_i
ARCH	2	Serbest	0	0
GARCH	2	Serbest	Serbest	0
Kaldıraçlı ARCH	2	Serbest	0	$ \gamma_i \leq 1$
Kaldıraçlı GARCH	2	Serbest	Serbest	$ \gamma_i \leq 1$
GJR-ARCH	2	$\alpha_i(1+\gamma_i)$	0	$-4 \alpha_i\gamma_i$
GJR-GARCH	2	$\alpha_i(1+\gamma_i)$	Serbest	$-4 \alpha_i\gamma_i$
TARCH	1	Serbest	0	$ \gamma_i \leq 1$
Genelleştirilmiş TARCH	1	Serbest	Serbest	$ \gamma_i \leq 1$
NARCH	Serbest	Serbest	0	0
Üslü (power) GARCH	Serbest	Serbest	Serbest	0
Asimetrik PARCH	Serbest	Serbest	0	$ \gamma_i \leq 1$
Asimetrik PGARCH	Serbest	Serbest	Serbest	$ \gamma_i \leq 1$

Kaynak: R.D.Brooks, R.W.Faff, M.D.McKenzie ve H.Mitchel, 2000.

Yapılan birim kök testleri sonucunda durağan olmadığı tespit edilen logritmik endeks serisini durağan hale getirmek için değerlerin birinci dereceden farkları alınmıştır:

$$r_t = \log p_t - \log p_{t-1}$$

Burada r_t günlük getiriyi, p_t günlük endeksi ifade etmektedir ve seride birinci dereceden otokorelasyon AR(1) olduğu belirlenmiştir:

$$r_t = \alpha_0 + \alpha_1 r_{t-1} + \varepsilon_t$$

Seri bir asimetrik üslü ARCH (PARCH) denkleminde uydurulmuş ve Tablo 1’de özetlendiği biçimde parametreler değiştirilerek elde edilen çeşitli ARCH sınıfı modeller Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2: Diğer ARCH ve GARCH modellerinin Ding, Granger ve Engle’in asimetrik PARCH modelinin özel durumları biçiminde ifade edilmesiyle elde edilen parametre değerleri*

MODEL	d	α_0	α_1	β_1	γ_1
ARCH	2	0.00065 (31.66)	0.35337 (11.07)	0	0
GARCH	2	0.00005 (5.27)	0.20574 (9.61)	0.75173 (31.18)	0
Kaldıraçlı ARCH	2	0.00062 (16.77)	0.00322 (0.86)	0	0.29876 (4.23)
Kaldıraçlı GARCH	2	0.00006 (5.33)	0.20796 (9.71)	0.74732 (29.34)	-0.03829 (1.25)
TARCH	1	0.00051 (19.38)	0.01985 (14.22)	0	-0.0086 (0.85)
Genelleştirilmiş TARCH	1	0.00026 (0.80)	0.35989 (4.01)	-0.01104 (1.73)	0.04401 (0.97)
NARCH	1.695 (14.25)	0.00062 (21.94)	0.14261 (3.77)	0	0
Üslü (power) GARCH	2.190 (25.46)	0.00008 (6.14)	0.44423 (6.08)	0.68676 (20.02)	0
Asimetrik PARCH	1.499 (4.62)	0.00099 (18.43)	0.005 (5.43)	0	0.00503 (1.16)
Asimetrik PGARCH	1.960 (24.48)	0.00006 (4.22)	0.19899 (3.76)	0.72114 (28.63)	-0.04988 (1.73)

* Parantez içindeki sayılar t-istatistiklerini göstermektedir.

Tablo 2’den görüldüğü gibi, kaldıraçlı ARCH, kaldıraçlı GARCH, TARCH, genelleştirilmiş TARCH ve asimetrik PARCH modellerine ait bazı parametreler anlamlı olmamakla birlikte, diğer modeller için anlamlı parametreler bulunmuştur. Başka bir deyişle getiri serisi, ARCH(1), GARCH(1), NARCH(1), PGARCH(1,1) ve asimetrik PGARCH(1,1) modellerine uymaktadır. Karşılaştırma açısından Tablo 2’de bu modellere ait parametreler verilmişse de, çalışmada APGARCH(1,1) modeli üzerinde durulacaktır. Tablo 3, İMKB Ulusal-00 endeksi için elde edilen model ile Brooks, Faff, McKenzie ve

Mitchell'in on ulusal hisse senedi borsa endeksi ile dünya endeksi için tahmin ettiği APGARCH(1,1) modellerine ait parametreleri göstermektedir. Bilindiği gibi, ARCH ve GARCH katsayılarının toplamı birden küçük olmalıdır..

İMKB Ulusal-100 endeksinin tahmininde kullanılan veri sayısının 3392 olmasına karşılık, diğer her bir endeks için Şubat 1989 ile Aralık 1996 tarihleri arasındaki toplam 2062 veri kullanılarak modeller tahmin edilmiştir. Daha sağlıklı bir karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla, aynı tabloda İMKB Ulusal-100 endeksinin aynı dönemine ait 1971 adet günlük endeks değeri kullanılarak yapılan tahmin sonuçları da verilmektedir.

Tablo 3: İMKB 100 endeksine APGARCH (1,1) modelinin 10 milli hisse senedi borsa endeksi ile dünya endeksi için tahmin edilen modellerle karşılaştırılması*

Endeks	Model	α_1	β_1	d	γ	$\Sigma(\alpha + \beta)$
İMKB 100 (1987-2001)	APGARCH(1,1)	0.199 (3.76)	0.721 (28.63)	1.960 (24.48)	-0.050 (1.73)	0.920
İMKB 100 (1989-1996)	APGARCH(1,1)	0.040 (2.14)	0.775 (36.94)	1.484 (9.97)	0.009 (0.21)	0.815
S&P	APGARCH(1,1)	0.032 (3.23)	0.951 (87.1)	1.211 (3.96)	-0.502 (2.56)	0.983
FTSE	APGARCH(1,1)	0.025 (3.02)	0.962 (101.3)	1.437 (4.03)	-0.343 (1.82)	0.987
JAPONYA	APGARCH(1,1)	0.064 (5.40)	0.917 (74.7)	1.225 (4.91)	-0.546 (4.88)	0.981
HONG KONG	APGARCH(1,1)	0.093 (5.32)	0.813 (29.9)	1.359 (5.51)	-0.294 (3.08)	0.906
NZSE40	APGARCH(1,1)	0.098 (5.67)	0.832 (27.5)	1.372 (4.98)	-0.153 (2.04)	0.930
ALMANYA	APGARCH(1,1)	0.057 (5.43)	0.926 (69.0)	0.912 (4.79)	-0.159 (1.36)	0.983
CAC40	APGARCH(1,1)	0.049 (3.45)	0.906 (43.4)	1.170 (5.08)	-0.603 (2.89)	0.955
SINGAPUR	APGARCH(1,1)	0.073 (2.63)	0.628 (9.00)	2.480 (4.07)	-0.263 (3.38)	0.701
TSE	APGARCH(1,1)	0.072 (3.65)	0.795 (18.7)	1.452 (4.01)	-0.395 (2.83)	0.867
ALORAI	APGARCH(1,1)	0.062 (3.31)	0.820 (14.6)	1.011 (2.72)	-0.353 (1.83)	0.882
MSCI	APGARCH(1,1)	0.086 (4.90)	0.849 (34.4)	1.370 (4.69)	-0.483 (4.42)	0.935

* Parantez içindeki sayılar t-istatistiklerini göstermektedir.

Tablo 3'te görüldüğü gibi, Brooks, Faff, McKenzie ve Mitchell tarafından tahmin edilen kuvvet terimleri genellikle 1.0 ile 1.4 arasında olmakla birlikte, İMKB Ulusal-100 endeksi için bütün veriler kullanılarak tahmin edilen modelin kuvvet teriminden (1.960) sadece Singapur'a ait olan kuvvet terimi (2.480) daha büyük tahmin edilmiştir. İMKB Ulusal-100 endeksinin diğer endekslerle aynı döneme ait tahminde elde edilen kuvvet değeri (1.484) bu değerlere yakın bulunmuş olmakla birlikte, bazı parametre tahminlerinin anlamsız olduğu görülmektedir.

SONUÇLAR

Çalışmada Ding, Granger ve Engle ile Hentschell'in ABD borsası verilerine uygulanabilir olduğunu buldukları PARCH modelleri esas alınarak, dolar bazında İMKB Ulusal-100 endeksinin ARCH modellemesi yapılmıştır.

İMKB Ulusal-100 endeksi ile elde edilen model Brooks, Faff, McKenzie ve Mitchell'in on ulusal hisse senedi borsa endeksi ile dünya endeksi için tahmin ettikleri APGARCH (1,1) modeli ile karşılaştırılmıştır. İMKB endeksi için tahmin edilen modelin kuvvet terimi, Singapur hariç, diğer ülkeler için tahmin edilen kuvvet teriminden daha büyük bulunmuştur. Buradan hareketle, Ding, Granger ve Engle yaklaşımı çerçevesinde, İMKB verilerindeki zamana bağlı değişkenliğin diğer ülke borsalarından görece olarak yüksek olduğu söylenebilir.

KAYNAKÇA

- Brooks, Robert D., Robert W. Faff, Michael D. McKenzie ve Heather Mitchell, "A multi-country study of power ARCH models and national stock market returns", *Journal of International Money and Finance*, 19 (3), 1 Haziran 2000.
- Ding, Zhuaxin, Clive W.J. Granger ve R. F. Engle, "A long memory property of stock market returns and a new model", *Journal of Empirical Finance*, 1, 1993, 83-106.
- Hentschel, Ludger, "All in the family: Nesting symmetric and asymmetric GARCH models", *Journal of Financial Economics*, 39, 1995, 71-104.
- Engle, Robert F., "Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation", *Econometrica*, 50, 1982, 987-1007.
- Bollerslev, Tim, "Generalised autoregressive conditional heteroskedasticity", *Journal of Econometrics*, 31, 1986, 307-328.
- Bollerslev, Tim, Ray Y. Chou ve Ken F. Kroner, "ARCH modeling in finance: A review of the theory and empirical evidence", *Journal of Econometrics*, 52, 1992, s. 5-59.
- Matt L. Higgins ve Anil K. Bera, "A class of nonlinear ARCH models", *International Economic Review*, c. 3, s. 1, Şubat 1992, s.137-147.
- T. Bollerslev, R. F. Engle ve D. B. Nelson, *Handbook of Econometrics*, c. 4, <http://www.elsevier.co.jp/hes/books/02/04/049/0204049.htm>, (24/03/2001).
- Enders, Walter, *Applied Econometric Time Series*, John Wiley and Sons, 1995.