

VARYANS KIRILMASI GÖZLEMLENEN SERİLERDE GARCH MODELLERİ: DÖVİZ KURU OYNAKLIĞI ÖRNEĞİ

Sevda GÜRSAKAL*

ÖZ

Zaman serilerindeki oynaklığın ölçülmesinde GARCH modeli ve çeşitli varyasyonları oldukça faydalı olmuştur. Fakat serinin varyansında bir ya da daha fazla sayıda kırılma olduğunda bu modeller ile ölçülen oynaklığın olduğundan yüksek çıktığı bulunmuştur. Bu çalışmada döviz kuru oynaklığındaki kırılmalar Inclan ve Tiao'nun (1994) ICSS (Iterative Cumulative Sum of Squares) algoritması ile tespit edilmiş, bulunan kırılma noktaları kukla değişkenler olarak GARCH modeline eklenmiş ve kırılmaların dikkate alındığı yeni bir GARCH modeli oluşturulmuştur. Çalışmada günlük dolar getiri serisi kullanılmış, bulunan sekiz kırılma noktası modele dahil edildiğinde oynaklık kalıcılığında önemli bir azalma olmuştur. Bu da yatırımcılara riske karşı alacakları tutum konusunda ışık tutacak önemli bir sonuçtur.

Anahtar Kelimeler: GARCH, Varyans Kırılması, ICSS, Oynaklık.

GARCH MODELLING OF SERIES WITH A VARIANCE BREAK: EXCHANGE RATE VOLATILITY CASE

ABSTRACT

GARCH model and its variations have been quite useful for measuring time series volatility. However; it's found that volatility estimated by GARCH models will be an overestimated one if there is one or more break in the variance of series. In this study; breaks in exchange rate volatility are detected by using ICSS algorithm which was developed by Inclan and Tiao (1994). After detecting multiple breaks in variance, dummy variables are introduced to the variance equation of GARCH(1,1) model to account for the sudden changes in variance. We examined daily \$/TL exchange rate series and found that volatility persistence has considerably dwindled in new GARCH(1,1) model, with eight dummy variables.

Key Words: GARCH, Variance Break, ICSS, Volatility.

GİRİŞ

Finans piyasalarında yüksek oynaklığın risk artışı da beraberinde getirmesi, belirsizlik ve riskin artan önemi oynaklığın modellenmesini oldukça gerekli hale getirmiştir. Bir anlamda riskin de bir ölçüsü olduğundan oynaklığın modellenebilmesi, riske karşı tutumları konusunda yatırımcılara fayda sağlayacaktır. Oynaklık en basit anlamıyla finansal varlık fiyatlarındaki ani hareketlilikler ya da değişimler olarak ifade edilebilir. Döviz kurları, faiz oranları ve borsa endeksleri gibi finansal değişkenlerin oynaklıkları, bu değişkenlerin beklenen değerlerinden ne kadar saptıklarının bir ölçüsüdür. Ekonomide yaşanan ani ve hızlı değişimler oynaklığın artmasına neden olmaktadır. Bu değişmeler beraberinde getireceği beklenmedik olaylara karşı korunmak için oynaklığın iyi tahmin edilmesi çok önemlidir.

Finansal piyasalardaki iniş çıkışlar ve bu iniş çıkışların piyasa oynaklığına olan etkileri oynaklığın modellenmesine ilişkin çeşitli teknikleri de beraberinde getirmiştir. Spekülatif piyasalardaki fiyat hareketliliklerinin modellenmesine ilişkin çalışmada Mandelbrot (1963), bu piyasalarda işlem gören finansal varlıkların fiyatlarındaki büyük değişimleri büyük, küçük değişimleri de yine küçük değişimlerin izlediğini yani oynaklık kümelenmesinin olduğunu ifade etmiştir. Bu durum, finansal değişkenlerin statik olmayıp dinamik olma (zaman içinde değişme) özelliğini ön plana çıkarmaktadır (Güloğlu ve Akman, 2007:45). Oynaklığın tahmin edilmesinde kullanılan ilk araç Engle (1982) tarafından geliştirilen ARCH modelidir. Bu model Bollerslev (1986) tarafından geliştirilerek Genelleştirilmiş ARCH (GARCH) modeli olarak adlandırılmış ve Nelson (1991) tarafından daha da genişletilerek E-GARCH modeli ortaya çıkarılmıştır. Bu modellerin hepsi koşullu varyansı modellemektedir (Engle, 1991:75). Bu modellerde finansal varlık getirileri ile ilgili olarak ortaya çıkan en önemli bulgu; oynaklık şoklarının genelde kalıcı olduğudur.

ARCH tipi modeller döviz kuru getirilerindeki varyans değişiminin tespit edilmesinde oldukça başarılıdır ancak; bu modellerin hiçbirinde veri yaratma sürecindeki varyans değişimi tipi tespit edilememektedir (Hsieh, 1989, s.307). ARCH modeli oynaklık kümelenmesinin modellenmesinde faydalı olmasına rağmen, oynaklık sürecindeki yapısal değişiklikleri dikkate almamaktadır (Fong, 1998:59). Zaman serilerindeki oynaklığın ölçülmesinde GARCH modeli ve onun çeşitli varyasyonları oldukça faydalı olmuştur. Fakat serinin varyansında bir ya da daha fazla sayıda kırılma mevcut olduğunda ARCH-GARCH modelleri ile ölçülen oynaklığın olduğundan daha yüksek çıktığı ortaya çıkmıştır. Lamoureux ve Lastrapes (1990) serideki deterministik yapısal kırılmalar nedeniyle hesaplanan oynaklığın daha büyük çıkıp çıkmayacağı sorusunu ortaya atmışlardır. Bu amaçla 30 döviz kuru serisini ele alarak rejim kaymaları direkt olarak ARCH/GARCH modeline dahil edildiği zaman GARCH modelinde elde

* Araş. Gör., Uludağ Üniversitesi, İİBF, Ekonometri Bölümü

edilen varyans kalıcılığının belirgin bir şekilde azaldığını ortaya koymuşlardır. Varyanstaki kırılma noktalarını bulabilecek bir metot olmaması nedeniyle çözüm olarak örneklem periyodunu eşit aralıklı, üst üste gelmeyen aralıklarda bölmüş ve varyanstaki ani değişimlerin tahmin edilen modellerin parametrelerini nasıl etkilediğini test etmişlerdir.

Malik (2003) döviz kuru oynaklığındaki kırılmaları da ele alarak oluşturduğu GARCH modelinin kırılmalar hesaba katılmadan önceki GARCH modeline göre daha düşük oynaklık tahminleri verdiğini göstermiştir. Aggarwal (1999) hisse senedi getirilerindeki oynaklık değişimlerini tespit etmek için ICSS algoritmasını kullanmış ve eğer bu kırılmalar göz ardı edilirse oynaklık kalıcılığının olduğundan yüksek çıkacağını bulmuştur. Fernandez (2005), Asya krizi ve 11 Eylül saldırılarının uluslar arası finansal piyasalara olan etkisini ortaya koymak amacıyla ICSS algoritmasını kullanarak varyans kırılmalarını tespit etmiş ve sonuçlarını Dalgacılar yöntemi ile karşılaştırmıştır. Ve her iki yöntemle de bulunduğu kırılmaların dikkate alındığında volatilitede azalmalara neden olduğunu ortaya koymuştur. Rapach ve Strauss (2008) döviz kuru volatilitesindeki kırılmaları ICSS algoritması ile tespit etmişler ve bu kırılma noktalarının GARCH modeli üzerindeki etkilerini ortaya koymuşlardır. Malik ve Hassan (2004) tarafından yapılan bir diğer çalışmada Dow Jones Endeksine ilişkin beş ana sektör endeksi kullanılarak volatilitedeki ani değişiklikler ICSS ile tespit edilmiş ve bu değişimler standart GARCH modelinde hesaba katıldığında tahmin edilen volatilitede azalmalar olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada döviz kuru oynaklığındaki kaymalar Inclan ve Tiao (1994) tarafından geliştirilen ICSS (Iterative Cumulative Sum of Squares) algoritması ile tespit edilecek, bulunan kırılma noktaları kukla değişkenler olarak GARCH modeline dahil edilecek ve kırılmaların dikkate alındığı yeni bir oynaklık modeli oluşturulacaktır.

I. VOLATİLİTENİN MODELLENMESİ

Zaman serilerine ilişkin oynaklık modelleri, 1) Geçmiş standart sapmalara dayalı modeller 2) ARCH sınıfı koşullu oynaklık modelleri ve 3) Stokastik oynaklık modelleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Poon ve Granger, 2003:483). Geçmiş standart sapmalara dayalı modellerin en basiti “Rassal yürüyüş Modeli”dir. Bu modelde S_t 'nin öngörüsünde S_{t-1} kullanılır. Hareketli Ortalama Modeli, Üstel Ağırlıklandırılmış Hareketli Ortalama Modeli ve Üstel Düzgünleştirme Modeli gibi modeller geçmiş standart sapmalara dayalı modeller grubuna girmektedir. Stokastik oynaklık modeli bilinmeyen oynaklığın zaman içinde stokastik olarak değiştiğini varsaymaktadır. ARCH tipi modeller koşullu varyansı gözlenebilir bir değişkenin fonksiyonu olarak modellerken; stokastik oynaklık modelinde varyans gözlenemeyen bir değişken olarak model-

lenmektedir (Yalçın, 2006:4). Bu çalışmada ARCH sınıfı koşullu oynaklık modelleri ile çalışıldığından diğer modellere yer verilmeyecektir.

A. ARCH-GARCH MODELLERİ

Geçmiş standart sapmalara dayalı modellerin aksine ARCH sınıfı oynaklık modelleri örneklem standart sapmalarını kullanmaz, getirilerin koşullu varyanslarını (h_t) kullanır (Poon ve Granger, 2003:484).

Pagan ve William (1989) çalışmalarında oynaklığın tahmin edilebilir ve tahmin edilemez olmak üzere iki bileşene ayrıldığını, yapılan araştırmaların ise genelde tahmin edilebilir bileşen olan; serilerin koşullu varyansları üzerinde yoğunlaştığını ortaya koymuşlardır. ARCH ve GARCH modelleri de koşullu varyansları dikkate almaktadır.

Engle (1982) İngiltere'ye ait enflasyon serisini incelediği çalışmasında makroekonomik zaman serisi verilerinin modellenmesinde, değişken varyansın genellikle varsayıldığı gibi sabit olmadığını ortaya koymuştur. Ekonomik teori koşullu varyanstaki zamana bağlı değişimleri açıklamada oldukça sınırlıdır. Bu nedenle finansal piyasa oynaklığını tahmin etmek için ARCH-GARCH modellerinin kullanılması daha uygundur (Engle, 1993:74).

Değişken varyanslı modellerden ilki, Engle (1982) tarafından ortaya konulan Otoregresif Koşullu Değişken Varyans (ARCH) modelidir. Bu modelde koşullu varyans, hata terimlerinin mutlak ya da kare değeri ve koşullu gecikmeli standart sapmalar ya da varyanslara bağlıdır.

Sabit varyans varsayımının geçersiz olduğu durumda, koşullu varyansın bir AR(p) modeli ile tahmini basit bir şekilde yapılabilir (Enders, 2004:114). Bu yaklaşım;

$$\hat{e}_t^2 = a_0 + a_1 \hat{e}_{t-1}^2 + \dots + a_p \hat{e}_{t-p}^2 + v_t \quad (1)$$

şeklinde gerçekleştirilebilir. Burada v_t beyaz gürültü sürecidir. Lagrange çarpanları testi yardımıyla yukarıdaki tahmin sürecinin bir AR(p) modeli olarak ele alınması durumunda ARCH etkisinin varlığı test edilebilir. $LM=(T-p)R^2$ şeklinde hesaplanan test istatistiği p serbestlik dereceli bir C^2 dağılımına sahiptir. Bu durumda;

$$\begin{aligned} H_0 &= a_1 = a_2 = \dots = a_p = 0 \\ H_1 &= a_1 \neq a_2 \neq \dots \neq a_p \neq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

şeklindeki hipotez takımı test edilerek $LM < C_p^2$ tablo durumunda sıfır hipotezi reddedilerek ARCH etkisinin varlığına ve model spesifikasyonuna karar verilebilir.

Bir AR(1) modeli ele alındığında;

$$y_t = a_0 + f_1 y_{t-1} + e_t \quad (3)$$

$e_t \sim N(0, s_e^2)$ olmak üzere, y_t 'nin koşulsuz ortalaması 0 ve koşullu orta-

laması ise $f_1 y_{t-1}$ iken; koşullu varyans s_e^2 ve koşulsuz varyansı da $\frac{s_e^2}{1-f_1^2}$ şeklindedir. f_1 'in alabileceği değerler 0 ile 1 arasında olabileceğinden dolayı koşullu varyans koşulsuz varyanstan daha küçük değer almaktadır. Normallik varsayımı ile Engle'in ortaya koyduğu ARCH(p) modeli,

$$y_t | \Psi_{t-1} \sim N(x_t b, h_t) \quad (4)$$

$$h_t = a_0 + a_1 e_{t-1}^2 + a_2 e_{t-2}^2 + \dots + a_p e_{t-p}^2 \quad (5)$$

$$e_t = y_t - x_t b \quad (6)$$

şeklindedir. Burada 4 numaralı denklem ortalama modeli, 5 numaralı denklem ise varyans modeli olarak adlandırılır (Engle,1982:987). h_t ARCH modelinde kullanılan koşullu varyans, p ARCH modelinin derecesi ve α ise bilinmeyen parametrelerin vektörünü gösterir. Modele ilişkin olarak; $a_0 > 0$ ve $i = 1, 2, \dots, p$ olmak üzere $a_i \geq 0$

kısıtları vardır. 5 numaralı eşitlikteki ARCH modelinde $e_{t-1}^2, e_{t-2}^2, \dots, e_{t-p}^2$ değerleri negatif olamayacağından bütün e_t değerleri için koşullu varyans denklemi de negatif değer alamayacaktır. ARCH modeli ile ilgili olarak ikinci bir kısıt ise α parametrelerinin sabit terim hariç her birinin veya toplamalarının birden küçük olması gerekliliğidir. Bu kısıt modelin kararlılığının sağlanması için gereklidir. Aksi halde model sonsuz bir varyansa sahip olacaktır (Engle, 1982:993)

ARCH modellerinin genişletilmiş halini ifade eden ve Bollerslev (1986) tarafından geliştirilen GARCH modelleri, koşullu varyansın hata teriminin gecikmeli değerlerine ilave olarak, kendi gecikmeli değerlerine de bağlı olduğu oynaklık modelidir. Bu model; geçmiş kalıntı karelerinin ağırlıklandırılmış ortalamasıdır, fakat asla bütünüyle sıfıra gitmeyen azalan ağırlıklara sahiptir (Engle,2001:159).

GARCH yapısının varlığı yine ARCH yapısının teşhisi gibi aynı mantıktaki LM testi ile test edilebilir. Ancak bu durumda hipotez takımı;

$$H_0 = a_1 = a_2 = \dots = a_p = b_1 = b_2 = \dots = b_q = 0$$

$$H_1 = a_1 \neq a_2 \neq \dots \neq a_p \neq b_1 \neq b_2 \neq \dots \neq b_q \neq 0 \quad (7)$$

şeklini alır. LM test istatistiği ise; $LM = (T-p-q)R^2$ şeklinde elde edilir. GARCH(p,q) modeli;

$$y_t | \Psi_{t-i} \sim N(0, h_t) \quad (8)$$

$$h_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i e_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q b_j h_{t-j} \quad (9)$$

$$e_t = y_t - x_t b \quad (10)$$

şeklinde gösterilebilir. Burada y_t serisi Ψ_{t-i} bilgi kümesine bağlı olarak 0 koşullu ortalama ve h_t koşullu varyans ile normal dağılıma sahiptir. GARCH(p,q) modeli şu koşulları sağlamalıdır:

$$p > 0, q \geq 0$$

$$\alpha_0 > 0, \alpha_i \geq 0 \quad \text{ve} \quad \beta_j \geq 0 \quad i=0,1,2,\dots,p \quad j=0,1,2,\dots,q$$

Gerek ARCH gerekse GARCH modelleri koşullu varyansın ölçülmesinde oldukça yaygın olarak kullanılan modellerdir. Zira, Franses ve McAleer (2002), çalışmalarında finansal oynaklığın ölçülmesi hususunda ARCH modelinin önemi ortaya koymuşlardır.

Çok sayıda çalışma oynaklığın modellenmesinde Engle'in (1982) ARCH modelini ve Bollerslev'in (1986) GARCH modelini kullanmıştır. Poon ve Granger (2003) yakın geçmişte yapılan ve finansal piyasa oynaklığının modellendiği 93 makaleyi çalışmalarında sıralamıştır. Bunlar arasında döviz kuru ile ilgili olan en kapsamlısı; Engle ve Bollerslev'in (1986) değişik modellerle haftalık Amerikan Doları/İsveç Franc'ı kurunun oynaklığını modelledikleri çalışmadır. Benzer bir çalışma Diebold (1988) tarafından yapılmış, bu çalışmada ise Amerikan doları karşısında yedi farklı ülke parasının oynaklığı ölçülmüştür. Hsieh (1989), çalışmasında yine Amerikan doları karşısında beş farklı ülke parasının oynaklığını modellemek için GARCH yöntemini kullanmıştır. Jorion (1995) yaptığı çalışmada Alman Markı, Japon Yeni ve İsveç Frankı'nı ele alarak oynaklık öngörüsü yapmaya çalışmıştır. Andersen ve Bollerslev (1998), çalışmalarında DM/\$ ve ¥/\$ oynaklığını kurmuş oldukları GARCH(1,1) modeli ile ortaya koymuşlardır. Dunis, Laws ve Chauvin (2000) 1991-1998 yılları arasındaki günlük M/¥, £/¥, £/\$, \$/CHF,\$/DM ve \$/¥ kurları oynaklığını hesaplamak için GARCH(1,1) modelini kullanmışlardır. Son olarak şunu belirtmek gerekir ki; birçok çalışmaya göre GARCH modeli ARCH modeline göre daha cimri

olup, GARCH(1,1) modeli birçok finansal zaman serisi modeli için en popüler yapıdır (Poon ve Granger, 2003: 484).

Getirilerin koşulsuz varyansındaki periyodik kırılmalar GARCH modelleri kullanılarak yapılan oynaklık öngörülerinde önemli bir sorundur. Diebold (1986), Hendry (1986), ve Lamoureux and Lastrapes (1990) tarafından yapılan çalışmalar ve Mikosch ve Střaric'a (2004)'nın yaptığı daha yeni çalışmalar, koşulsuz varyanstaki yapısal kırılmaların hesaba katılması konusunda başarısız olduğunda tahmin edilen GARCH modelindeki kalıcılığın derecesinin yukarıya doğru yanlı olacağını göstermiştir (Rapach vd., 2007:1).

B. ICSS ALGORİTMASI VE VARYANS KIRILMASININ TESPİT EDİLMESİ

ICSS algoritması varyanstaki ani kırılmaların ortaya konulması için ilk olarak Incan ve Tiao (1994) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem bir zaman serisinde yeni bir başka şoka kadar varyansı değiştiren ani şoklar nedeniyle ortaya çıkan varyans kırılmalarının bulunabilmesi için geliştirilmiştir (Malik, 2003:219). ICSS algoritması serideki kırılma noktalarını bulmak için sistematik bir şekilde serinin farklı parçalarında aramak suretiyle kümülatif kareler toplamını kullanmaktadır.

ICSS algoritmasının test istatistiği $\max \sqrt{T/2} |D_k|$ şeklindedir. Burada;

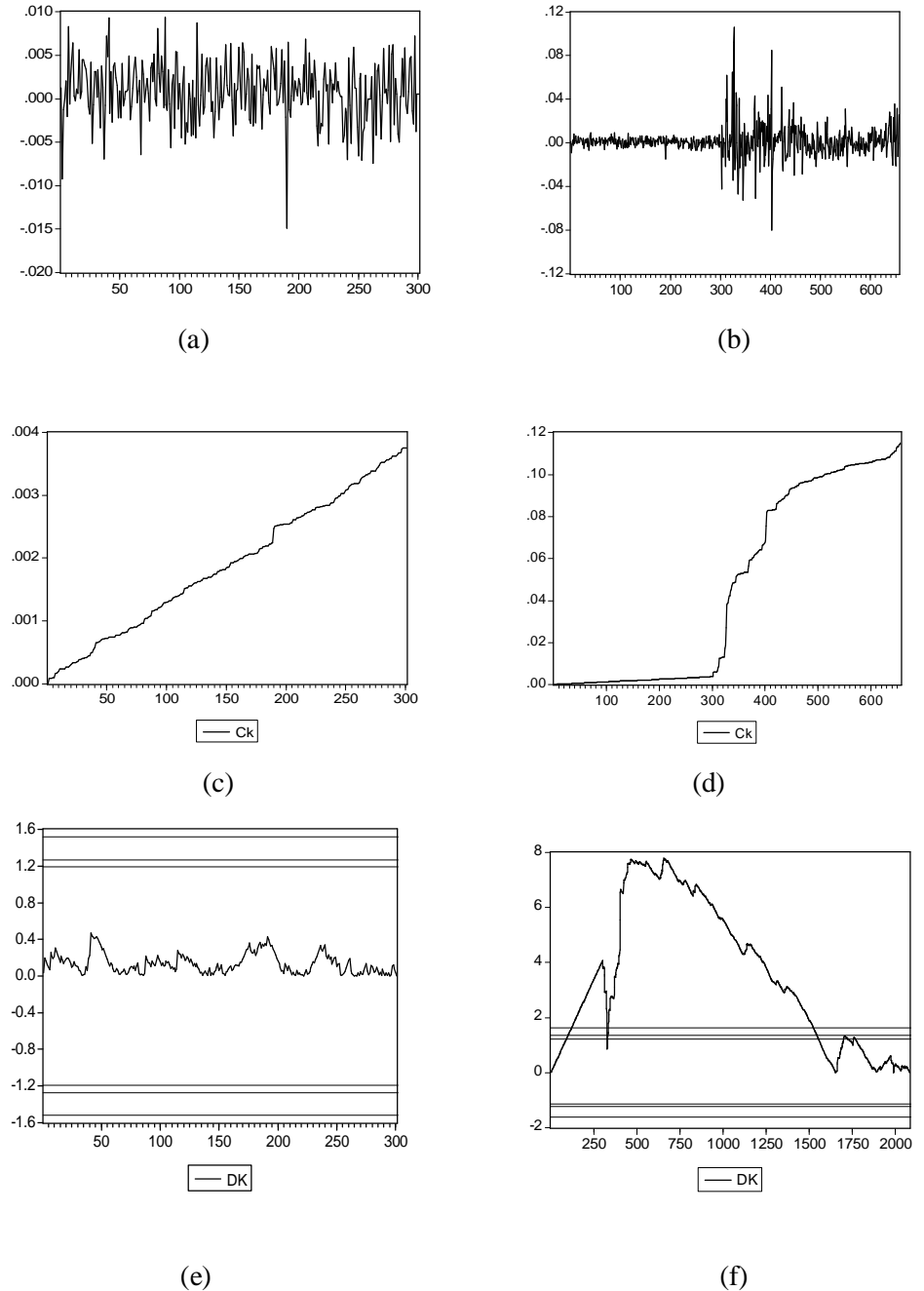
$$D_k = \frac{C_k}{C_t} - \frac{k}{t}, \quad k = 1, 2, \dots, T \quad D_0 = D_t = 0 \quad (11)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

$C_k = \sum_{t=1}^k a_t^2 s_t^2, t = 1, 2, \dots, T$ varyanslı, korelasyonsuz rassal değişken serisinin (a_t) kümülatif kareler toplamıdır.

Homojen varyanslı seriler için D_k 'nin k 'ya karşı grafiği sıfır etrafında dalgalanır. Varyansta ani bir değişiklik olduğunda, D_k 'nin grafiği yüksek olasılıkla belirlenen sınırlar etrafında örüntüler sergiler. Bu sınırlar sabit varyans varsayımıyla D_k 'nin asimptotik dağılımından elde edilebilir.

Şekil 1: Kümülatif Kareler Toplamı Örneği



Yukarıdaki Şekil 1(a) $N(0,1)$ olan ve sabit varyanslı bir beyaz gürültü serisini göstermektedir. Şekil (b) aynı serinin iki farklı noktasındaki varyans değişimlerini göstermektedir. Şekil c ve d C_k fonksiyonunu, e ve f ise D_k fonksiyonunu göstermektedir. Şekil 1(a)'daki homojen varyanslı seri için C_k $S^2 = 1$ eğim ile düz bir çizgiye benzemektedir. Varyansta değişim olduğunda; şekil çeşitli düz çizgilerden oluşan kırık bir çizgi görünümündedir. D_k 'nın grafiği daha iyi bir resim sergiler çünkü; varyansta bir değişim olduğunda C_k 'nin eğimi her zaman pozitif olmak üzere hafifçe değişir oysa D_k 'nin eğimi bir işaret değişiminde bile varyansın daha düşük ya da daha yüksek bir noktaya değişmesine göre bir tepe noktası ya da dip noktası yaratarak daha kuvvetli bir değişim gösterir. Ayrıca yatay bir çizgi, pozitif eğimli eğik bir çizgiden bir görsel referans noktası olarak çok daha iyidir. Bu davranış varyans değişim noktasını $\max_k |D_k|$ yoluyla aramaya olanak sağlar. $k^* = \max_k |D_k|$ ya ulaşıldığı zamanki k değeri olsun. Eğer bu maksimum mutlak değer önceden tanımlanmış bir sınırı aşarsa k^* 'in yanında bir değişim noktasının olduğu sonucuna varılabilir (Inclan ve Tiao, 1994: 914).

Yukarıda bahsettiğimiz test istatistiğine göre D_k fonksiyonu bize yalnızca bir tek kırılma noktasını tespit etmede faydalı olmaktadır. Ancak serideki birden fazla varyans kırılmasını tespit etmek istediğimizde D_k fonksiyonunun yeterliliği "maskeleyme etkisi" nedeniyle şüpheli hale gelecektir. Bunu ortadan kaldırmanın yolu iteratif kümülatif kareler toplamını (K.K.T.) kullanmaktır. Bu durumda test istatistiği;

$$\max_{t_1 \leq k \leq T} \sqrt{(T - t_1 + 1)/2} |D_k(a[t_1 : T])| \quad (12)$$

şeklinde olacaktır. Bu test istatistiği kullanılarak ve çok sayıda iterasyon gerçekleştirilerek serideki birden fazla sayıdaki varyans kırılmalarını tespit edilebilir (Inclan ve Tiao, 1994, s.196).

II. UYGULAMA

A. BETİMSSEL İSTATİSTİKLER VE OYNAKLIĞIN MODELLENMESİ

Çalışmada 03/01/2000 ile 26/12/2007 tarihleri arasında TL/\$ günlük satış

$$\frac{Y_t - Y_{t-1}}{Y_{t-1}}$$

fiyatları alınmış ve $\ln(\frac{Y_t - Y_{t-1}}{Y_{t-1}})$ formülasyonu uygulanarak günlük getiri serileri oluşturulmuştur. Toplam 2082 gözlem ile çalışılmıştır. Bu çalışmanın amacı döviz kuru oynaklığının koşulsuz varyanstaki kırılmaları da dikkate alarak ortaya konulmasıdır. Bu amaçla ilk olarak getiri serisinin oynaklığını ölçmek için ARCH-GARCH modelleri kullanılmış, ardından ICSS algoritması ile serideki

kırılma noktaları tespit edilmiş ve son olarak bu kırılma noktaları da modele dahil edilerek yeni bir ARCH-GARCH modeli elde edilmiştir¹.

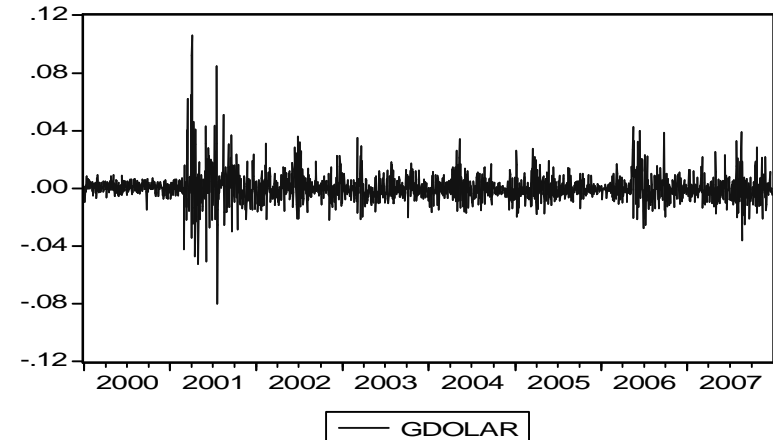
Uygulamada ilk aşama olarak getirilerin zaman serisi grafiği ve betimsel istatistiklerine yer verilmiştir. Aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi getirilerin ortalaması 0,000269, standart sapması ise 0,009964'dur. Gerek basıklık ve çarpıklık ölçüleri gerekse Jarque-Bera test istatistiği getiri serisinin normal dağılmadığını göstermektedir.

Tablo 1: Getiri Serisi için Betimsel İstatistikler

	DOLAR
Ortalama	0,000269
Standart Sapma	0,009964
Basıklık	20,88260
Çarpıklık	1,574176
Jarque-Bera	26801,44 p=0,000000
Gözlem Sayısı	2082

Getirilerin zaman serisi grafiğinin verildiği aşağıdaki Şekil 2'de ise serinin durağan olduğu, sabit ortalama etrafında bir seyir izlediği açıkça görülebilmektedir.

Şekil 2: Getiri Serisinin Zaman Yolu Grafiği



Getiri serisinin durağan olup olmadığını test etmek amacıyla ADF birim kök testi uygulanmış ve aşağıdaki tabloda da görüldüğü gibi serinin durağan olduğu yani birim köke sahip olmadığı bulunmuştur.

¹ Uygulamada Eviews 5 Paket programı kullanılmıştır.

Tablo 2: ADF Birim Kök Testi Sonuçları

	ADF Test İstatistiği	%1 Kritik Değer (p)
Dolar	-34,30990	3,433296(0,0000)

Dolar getiri serisi için uygun ARMA(p,q) modelinin seçilebilmesi için çeşitli ARMA(p,q) modelleri oluşturulmuş bunlar arasında AIC, SIC, SSE² ve R²'ler dikkate alınarak ve Box-Jenkins metodolojisinin cimrilik özelliği de göz önünde bulundurularak en uygun ARMA(p,q) modeli belirlenmeye çalışılmıştır. Farklı gecikmeler kullanılarak oluşturulan çok sayıda ARMA(p,q) modeli arasında en uygunu olan ARMA(3,1) modeli seçilmiştir.

Tablo 3: Dolar Serisi için ARMA(3,1) Modeli

Değişkenler	Katsayılar	R ² =0.015599
Φ_1	0.944256 ^(*)	AIC=-6.391006
Φ_2	-0.147040 ^(*)	SIC=-6.380155
Φ_3	0.112144 ^(*)	SSE=0.203297
θ_1	-0.883570 ^(*)	OLB=6647.450

* %1 düzeyinde anlamlı

Uygun ARMA(p,q) modeli belirlendikten sonra modelde ARCH etkisinin olup olmadığını sınamak amacıyla ARCH-LM testi uygulanmıştır. Aşağıdaki test sonucundan da görüldüğü gibi Yapılan ARCH-LM testinde test istatistiği 186,7671 olarak bulunmuş ve marjinal anlamlılık düzeyi p=0,000 anlamlılık düzeyi $\alpha=0,05$ 'ten küçük olduğu için $H_0 = a_1 = a_2 = \dots = a_p = b_1 = b_2 = \dots = b_q = 0$ şeklindeki boş hipotez reddedilmiş dolayısıyla da modelde ARCH etkisinin varlığı ortaya çıkmıştır.

Tablo 4: ARCH-LM Testi Sonuçları

ARCH Test İstatistiği	186,7671	p=0,00000
-----------------------	----------	-----------

Modelde ARCH etkisinin olduğu sonucunu bulduktan çeşitli ARCH-GARCH modelleri denenmiş ve sonuçta en uygun modelin GARCH(1,1) modeli olduğu belirlenmiştir. Elde edilen model aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 5: GARCH(1,1) Modeli

Parametreler	Katsayı	Std. Sapma	Prob.
Φ_1	1.046334 ^(*)	0.023251	0.0000
Φ_2	-0.102518 ^(*)	0.034856	0.0033
Φ_3	0.045505 ^(**)	0.024453	0.0628
θ_1	-0.990378 ^(*)	0.004206	0.0000
Varyans Denklemi			
α_0	1.52E-06 ^(*)	1.38E-07	0.0000
α_1	0.161953 ^(*)	0.010677	0.0000
β_1	0.834266 ^(*)	0.007722	0.0000

* %1 düzeyinde anlamlı ** %10 düzeyinde anlamlı

Yukarıdaki tabloda da görüldüğü üzere GARCH(1,1) modeli $p > 0, q \geq \alpha_0 > 0,$

$\alpha_i \geq 0, \beta_j \geq 0$ ve $\sum_{i=1}^p a_i + \sum_{j=1}^q b_j < 1$ kısıtlarını sağlamaktadır. Bu modelle serideki ARCH etkisinin ortadan kalktığını görmek için tekrar ARCH-LM testi yapılmış ve sonuç aşağıdaki tabloda da görüldüğü gibi artık ARCH etkisi ortadan kalkmıştır.

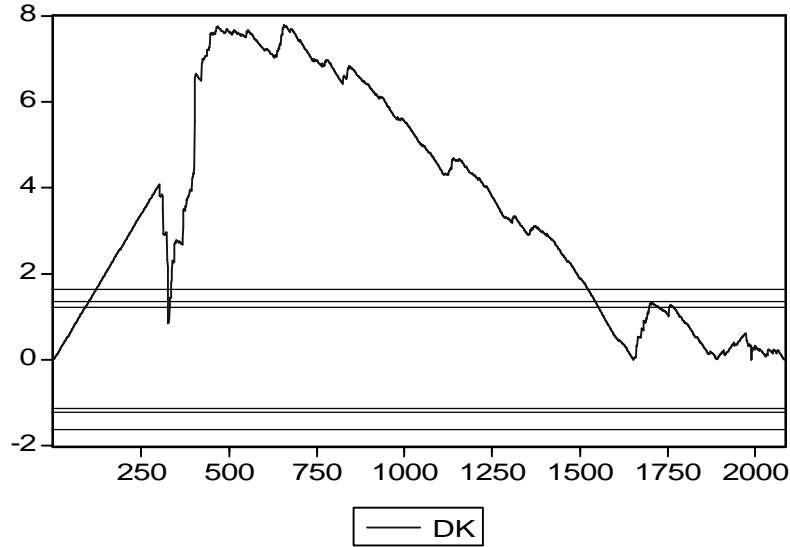
Tablo 6: ARCH-LM Testi Sonuçları

ARCH Test İstatistiği	0,560732	p=0,846
-----------------------	----------	---------

B. VARYANS KIRILMASININ TESPİT EDİLMESİ

Buraya kadar kurulan modelde varyans kırılması dikkate alınmamıştır. Şimdi ICSS algoritması kullanılarak varyans kırılmasının olup olmadığı tespit edilecektir. Aşağıdaki grafik yukarıda bahsedilen D_k 'nin grafiğini göstermektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere D_k belirlenen sınırları aşmaktadır. Bunun anlamı ise seride varyans kırılmalarının mevcut olduğudur.

² AIC(Akaike Information Criterion) ve SIC (Schwartz Information Criterion)değerleri bilgi kriterleri olarak ifade edilir ve uygun model seçiminde daima bu değerlerden en küçük olan model uygun model olarak belirlenir. SSE(Sum Square Error) ise Hata Kareleri Toplamı olarak ifade edilir ve yine uygun model seçiminde

Şekil 2: D_k 'nin k 'ya karşı Grafiği

Aşağıdaki tabloda ise hesaplanan test istatistiği %1 anlamlılık düzeyi için bulunan kritik değerden büyük olduğu için seride varyans kırılması olduğu kararını verebiliriz ($7,788496 > 1,628$).

Tablo 7: Varyans Kırılması Testi

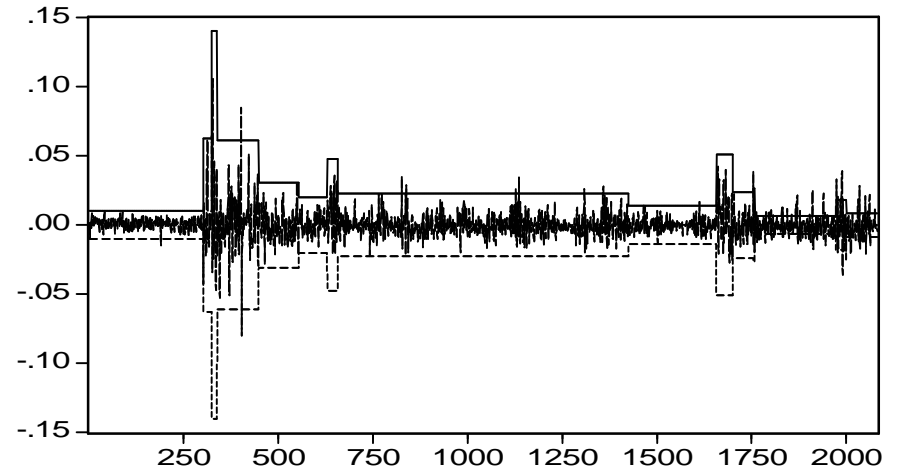
Test İstatistiği	Kritik Değer	Anlamlılık Düzeyi
7.788496	1.628000	%1
Gözlem Numarası:	1.358000	%5
656.0000	1.224000	%10

Seride varyans kırılmalarının olabileceği sinyali aldıktan sonra çoklu varyans kırılmalarını tespit etmek için Kümülatif Kareler Toplamı (K.K.T.) algoritması iteratif olarak çok kere tekrarlanmış ve sonuçta aşağıdaki tablodaki kırılma noktaları tespit edilmiştir.

Tablo 8: Oynaklıkta Tespit Edilen Varyans Kırılma Noktaları

Kırılma Noktası	Kırılma Noktasına Karşılık Gelen Kırılma Tarihi	Standart Sapma
301 No'lu gözlem	27/02/2001	0,010327
323 No'lu Gözlem	29/03/2001	0,062807
338 No'lu gözlem	19/04/2001	0,140351
447 No'lu Gözlem	19/09/2001	0,061088
553 No'lu Gözlem	14/02/2002	0,030706
629 No'lu Gözlem	31/05/2002	0,020159
656 No'lu Gözlem	09/07/2002	0,047641
1424 No'lu Gözlem	17/06/2005	0,022750
1656 No'lu Gözlem	09/05/2006	0,013813
1700 No'lu Gözlem	10/07/2006	0,051048
1754 No'lu Gözlem	22/09/2006	0,023835
1758 No'lu Gözlem	28/09/2006	0,026727
1973 No'lu Gözlem	26/07/2007	0,006509
2000 No'lu Gözlem	03/09/2007	0,018175

Şekil 4: Dolar Serisi için Günlük Getiri Grafiği ve ICSS Algoritması ile Bulunan Kırılma Noktaları



ICSS algoritması ile bulunan çoklu kırılmalara ilişkin olarak de Pooter ve Dijk (2004) maksimum kırılma sayısının bilinmemesi ve kırılmalar arasındaki maksimum gözlem sayısının belli olmamasını bu algoritmanın bir eksiği olarak ortaya atmışlardır. Pooter ve Dijk (2004)'e göre günlük veriler için kırılmalar arasında 63 ya da 126 iş günü olması gerekmektedir. Bu öneri dikkate alınarak

yukarıda bulunan kırılmalardan bir kısmı elenmiş ve sonuçta aşağıdaki kırılma noktaları belirlenmiştir.

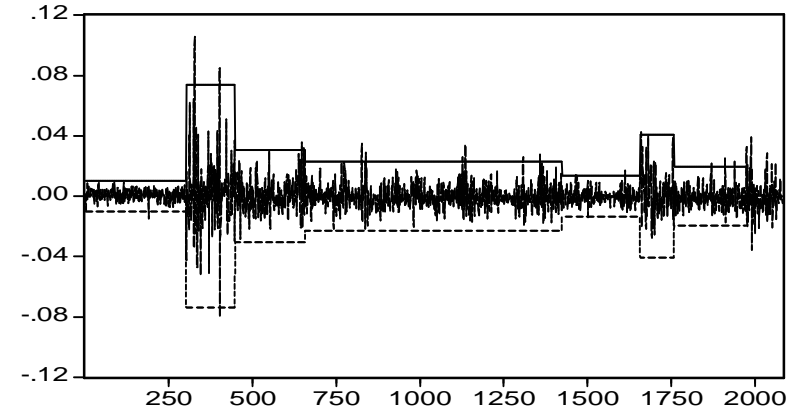
Tablo 9: Oynaklıkta Tespit Edilen Varyans Kırılma Noktaları (Düzeltilmiş)

Kırılma Noktası	Kırılma Noktasına Karşılık Gelen Kırılma Tarihi	Standart Sapma	Kırılma Tarihindeki Politik ya da Ekonomik Olaylar
301 No'lu gözlem	27/02/2001	0,010327	Türkiye Şubat 2001 ekonomik krizi
447 No'lu Gözlem	19/09/2001	0,073724	A.B.D. 11 Eylül saldırıları
553 No'lu Gözlem	14/02/2002	0,030706	Arjantin Krizi
656 No'lu Gözlem	09/07/2002	0,030430	-----
1424 No'lu Gözlem	17/06/2005	0,022750	-----
1656 No'lu Gözlem	09/05/2006	0,013813	Petrol Krizi
1758 No'lu Gözlem	28/09/2006	0,040627	Lübnan savaşı
1973 No'lu Gözlem	26/07/2007	0,019527	Türkiye 22 Temmuz Genel Seçimleri

Yukarıdaki kırılma tarihleri incelendiği ilk kırılma Şubat 2001 krizi ile ilişkilendirilebilir. Şubat 2001'de aynı zamanda dalgalı kur sistemine de geçmişti. 21 Şubat'ta Bankalararası para piyasasında gecelik faiz %6200'e (ortalama %4018.6) kadar çıktı. 16 Şubatta 27.94 milyar dolar olan Merkez Bankası döviz rezervi 23 Şubatta 22.58 milyar dolara indi ve rezerv kaybı 5.36 milyar dolar oldu. Döviz yapılan saldırıya dayanma gücü kalmayınca, TCMB 21 Şubat gecesi kurun dalgalanmaya bırakıldığını açıkladı. 19 Şubatta 1 doların piyasa satış kuru 686 500 iken, 23 Şubatta 920 000, 28 Şubatta 960 000 oldu, yani kur artışı on gün içinde %40'a ulaştı.

İkinci kırılma tarihi ise Amerika'daki 11 Eylül saldırılarına denk gelmektedir. Diğer bir kırılma tarihi olan Şubat 2002 ise; Arjantin krizi ile ilişkilendirilebilir. Bu kriz sonucunda bir zamanlar dünyanın yedinci en gelişmiş ekonomisi olan, hatta yakın bir geçmişte adından Arjantinli gibi zengin diye bahsettiren Latin Amerika'nın 35 milyonluk ülkesi iflas bayrağını çekmiştir. Temmuz 2002 ve Haziran 2005 noktaları için herhangi bir ekonomik ya da politik olay bulunamamıştır. Mayıs 2006 kırılması petrol krizini, Eylül 2006 kırılması ise Lübnan savaşını işaret ediyor olabilir. Son kırılma noktası 22 Temmuz genel seçimlerinin bir sonucu olabilir. Zira seçim sonuçları açıklanınca dolar 1,24'e düşmüştü.

Şekil 4: Dolar Serisi için Günlük Getiri Grafiği ve ICSS Algoritması ile Bulunan Kırılma Noktaları (Düzeltilmiş)



C. VARYANS KIRILMALI OYNAKLIK MODELİ

Varyans kırılma noktaları ICSS algoritması ile tespit edildikten sonra, bulunan kırılmalar GARCH modeline dahil edilerek yeni bir GARCH modeli oluşturulmuştur. Bu amaçla sekiz adet kırılma noktası dikkate alınarak yedi adet kulla değişken tanımlanmış ve bu değişkenler GARCH(1,1) modeline eklenmiştir. Sonuçta bulunan yeni GARCH(1,1) modeli aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 10: Varyans Kırılmalı GARCH(1,1) Modeli

Parametreler	Katsayı	Std. Sapma	Prob.
Φ_1	0,991229 ^(*)	0.034405	0.0000
Φ_2	-0.087440 ^(**)	0.034047	0.0102
Φ_3	-0.061620 ^(**)	0.024357	0.0114
θ_1	-0.943317 ^(*)	0.024263	0.0000
Varyans Denklemi			
α_0	1.19E-05 ^(*)	1.74E-06	0.0000
α_1	0.206353 ^(*)	0.022549	0.0000
β_1	0.622945 ^(*)	0.030516	0.0000

* %1 düzeyinde anlamlı

** %5 düzeyinde anlamlı

Kırılmalar dikkate alınarak oluşturulan GARCH(1,1) modeli ile kırılmalar hesaba katılmadan oluşturulan GARCH(1,1) modeli arasındaki farkı görmek için aşağıdaki tablo oluşturulmuştur. Tablo incelendiğinde; oynaklık modeline

olası varyans kırılmaları da dahil edildiğinde oynaklık kalıcılığının yaklaşık olarak %16 azaldığı görülmektedir.

Tablo 11: Kuklalı ve Kuklasız GARCH(1,1) Parametreleri

GARCH(1,1)			Kuklalı GARCH(1,1)			Oynaklıktaki Düşüş
α	β	$\alpha + \beta$	α	β	$\alpha + \beta$	
0.161953	0.834266	0.996219	0.206353	0.622945	0.829298	0.166921

SONUÇ

Finansal varlık fiyatlarındaki ani hareketlilikler ve değişimler olarak ifade edilen oynaklık yatırım kararlarının verilmesi ve riskin ortaya konulması hususunda önemli bir yer tutmaktadır. Zaman serilerine ilişkin oynaklık modelleri; geçmiş standart sapmalara dayalı modeller, koşullu oynaklık modelleri ve stokastik oynaklık modelleri olmak üzere üç ayrı şekilde tahmin edilebilmektedir. Koşullu oynaklık modelleri ARCH sınıfı modeller olarak bilinmekte ve getirilerin koşullu varyanslarını kullanmaktadır. Ekonomik teori koşullu varyanstaki zamana bağlı değişimleri açıklamakta oldukça sınırlıdır. Bu nedenle finansal piyasa oynaklığını tahmin etmek için ARCH sınıfı modelleri kullanmak daha uygundur.

ARCH sınıfı modeller oynaklık kalıcılığının ve kümelenmesinin modellenmesinde faydalı olmasına rağmen, koşulsuz varyanstaki ani değişimleri dikkate almamaktadır. Serinin varyansında bir ya da daha fazla sayıda kırılma mevcut olduğunda ARCH sınıfı modeller ile ölçülen oynaklığın olduğundan daha yüksek çıktığı ortaya atılmıştır. Bu yukarı doğru sapmayı ortadan kaldırmak amacıyla Inclan ve Tiao (1994) ICSS algoritmasını geliştirmiş ve varyans kırılmalarının tespit edilmesini sağlamıştır.

Bu çalışmada 1 Ocak 2000- 26 Aralık 2007 tarihleri arasındaki 2082 gözlemlilik günlük TL/\$ kuru getirileri kullanılarak döviz kuru oynaklığı GARCH(1,1) modeli ile tahmin edilmiştir. Daha sonra ise koşulsuz varyanstaki ani değişimler Inclan ve Tiao'nun (1994) ICSS algoritması kullanılarak tespit edilmiş ve bunun sonucunda sekiz adet kırılma noktası bulunmuştur. Bulunan bu kırılma noktaları GARCH(1,1) modeline yedi adet kukla değişken olarak eklenmek suretiyle yeni bir oynaklık modeli GARCH(1,1) tahmin edilmiştir. Tahmin edilen kukla değişkenli yani varyans kırılmalarının dikkate alındığı yeni GARCH(1,1) modeli ile bulunan oynaklık önceki oynaklığa göre yaklaşık %16 daha düşüktür.

Riskin ölçülmesi ve yatırım kararlarının alınması konusundaki önemi de dikkate alındığında oynaklığın modellenmesinde varyans kırılmalarının hesaba katılması yatırımcılara riske karşı tutumları konusunda önemli bir ışık tutacaktır.

KAYNAKÇA

- AGGARWAL, Reena; Inclan CARLA ve Leal RÍCARDO; (1999), "Volatility in Emerging Stock Markets", **The Journal of Financial and Quantitative Analysis**, 34(1), ss. 33-55.
- ANDERSEN, Torben G. ve Tim BOLLERSLEV; (1998), "Deutsche Mark-Dollar Volatility: Intraday Activity Patterns, Macroeconomic Announcements, and Longer Run Dependencies", **The Journal of Finance**, 53(1), ss.219-265.
- DİEBOLD, F. X.; (1988), "Empirical Modeling of Exchange Rate Dynamics" **Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems**, 303. New York: Springer-Verlag
- DUNİS, Chris L.; Jason LAWS ve Stephane CHAUVİN; (2000), "The Use of Market Data and Model Combination to Improve Forecast Accuracy", **Working Paper Liverpool Business School**
- ENDERS, W.; (2004); **Applied Econometric Time Series**, 2. Edition, John Wiley and Sons, New York
- ENGLE, Robert F.; (1982), "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation", **Econometrica**, 50(4), ss. 987-1007.
- ENGLE, Robert F.; (2001), "GARCH 101: The Use of ARCH/GARCH Models in Applied Econometrics", **The Journal of Economic Perspectives**, (15)4, ss.157-168.
- ENGLE, Robert F.; (1993), "Statistical Models for Financial Volatility", **Financial Analyst Journal**, 49(1), ss.72-78
- ENGLE, R. F., ve T. BOLLERSLEV; (1986), "Modelling the Persistence of Conditional Variances," **Econometrics Review**, 5. ss.1-50.
- FERNANDEZ, V.; (2005), "Structural Breakpoints in Volatility in International Markets", The Institute for International Integration Studies Discussion Paper Series , No: 76 ss.1-36
- FONG, Wai Mun; (1998), "The Dynamics of DM=£ Exchange Rate Volatility: A SWARCH Analysis", **International Journal of Finance and Economics** (3) ss. 59-71
- FRANSES, Philip Hans ve McAleer MİCHAEL; (2002) "Financial Volatility: An Introduction", **Journal Of Applied Econometrics** 17, ss.419-424
- GÜLOĞLU, B. ve A. AKMAN; (2007), "Türkiye'de Döviz Kuru Oynaklığının SWARCH Yöntemi ile Analizi", **Finans Politik & Ekonomik Yorumlar**, 44(512), ss.43-51
- HSİEH, David A.; (1989), "Modeling Heteroscedasticity in Daily Foreign-Exchange Rates", **American Statistical Association Journal of Business & Economic Statistics**, 7(3).

- INCLAN Carla ve George C. TIAO; (1994), "Use of Cumulative Sums of Squares for Retrospective Detection of Changes of Variance", **Journal of the American Statistical Association**, 89(427), ss.913-923.
- JORION, Phillip; (1995), "Predicting Volatility in the Foreign Exchange Market", **Journal of Finance**, 50(2), ss.507-528
- LAMOUREUX, Christopher G. ve William D. LASTRAPES; (1990), "Persistence in Variance, Structural Change, and the GARCH Model", **Journal of Business & Economic Statistics**, 8(2), ss.225-234.
- MALİK, Farooq; (2003), "Sudden Changes In Variance And Volatility Persistence In Foreign Exchange Markets", **Journal. of Multinational. Financial. Management**, 13 ss.217-230.
- MALİK, F. ve, S. A. HASSAN; (2004), "Modeling Volatility in Sector Index Returns with GARCH Models Using an Iterated Algorithm", **Journal of Economics and Finance**, 28(2), June, ss.211-225.
- MANDELBROT, Benoit; (1963), "The Variation of Certain Speculative Prices", **The Journal of Business**, 36(4), ss.394-419.
- MİKOSCH, T. ve A. C. STARİC; (2004) "Non-stationarities in Financial Time Series, The Long-range Dependence and IGARCH Effects", **Review. of Economics and Statistics**, 86, ss.378-390.
- NELSON, Daniel B.; (1991) "Conditional Heteroskedasticity on Asset Returns: A New Approach", **Econometrica**, 59(2), ss. 347-370.
- PAGAN, Adrion R. ve SCHWART G. William; (1989), "Alternative Models for Conditional Stock Volatility", **National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper Series**, 2 955
- POON, Ser-Huang ve Clive W. J. GRANGER; (2003), "Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review", **Journal of Economic Literature**, 41(2), ss.478-539.
- POOTER, M. ve D. DİJK; (2004), "Testing for Changes in Volatility in Heteroskedastic Time Series- A Further Examination", **Econometric Institute Report EI 2004-38**, ss.1-39.
- RAPACH, D. E.; J. K. STRAUSS ve WOHAR M. E.; (2007), "Forecasting Stock Return Volatility in the Presence of Structural Breaks", **Forecasting in the Presence of Structural Breaks and Model Uncertainty (Book Article)**, ss.1-38.
- RAPACH, D. E. ve J. K. STRAUSS;(2008), "Structural Breaks and GARCH Models of Exchange Rate Volatility", **Journal of Applied Econometrics**,(23), ss.65-90.
- YALÇIN, Y.; (2006), İnternet Adresi:www.finansbilim.com/ufs2006/Makaleler/Stokastikoyunaklik.Pdf