

# Kısa Dönem Faiz Modellerinin Türkiye İçin Ampirik Analizi

Hasan ŞAHİN\*  
İsmail H. GENÇ\*\*

## Özet

Faiz oranları finansal piyasalarda en fazla takip edilen ve öngörüsü yapılmaya çalışılan değişkenlerden biridir. Faiz ve faizin volatilitesi bir çok finansal enstrümanın fiyatlanmasında rol oynamaktadır. Bu ampirik çalışmada kısa dönem faiz modellerinden hangilerinin Türkiye için uygun olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla kısa dönem risksiz faiz oranı olarak Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası gecelik faiz oranlarının aylık ortalaması kullanılmıştır. Veri seti Ocak 1990 ile Temmuz 2008 tarihleri arasını kapsamaktadır. Parametrelerin tahmininde değişkenlerin dağılım varsayımına ihtiyaç duymayan genelleştirilmiş momentler metodu kullanılmıştır. Tahmin sonuçları Cox Ingersoll Ross'un kare kök süreci ile Brennan-Schwartz modellerinin Türkiye için uygun olduğunu göstermiştir. Her iki modelin ortak noktası değişen varyans özelliğine sahip olmasıdır. Türkiye'de merkez bankasının politika değişikliğinin faiz süreci üzerinde etkisi araştırılmıştır. Yapısal değişimin faizin volatilité sürecini etkilemediği buna karşılık faizin düzeyinin değişiminin etkilediği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kısa Dönem Faiz Modelleri, Vade Yapısı, Model Karşılaştırma, GMM.

**JEL Sınıflaması:** E43, C13, C22, C52; E44, G12

## Abstract - An Empirical Analysis of Short Term Interest Rate Models for Turkey

Interest rate is one of the most observed and forecasted variables in financial markets. Interest rates and the volatility of interest rates play a crucial role in pricing financial instruments. In this empirical study, we try to investigate which short term interest rate model is appropriate for Turkish data. In that regard we use monthly average of the central bank overnight interest rate. The date set covers the period from 1990:01 to 2008:07. We use the generalized method of moments to estimate the model parameters since it does not require a distributional assumption for the interest rate making GMM a robust estimation method comparing to maximum likelihood. Estimation results reveal that Cox Ingersoll Ross square root process and Brennan-Schwartz models perform better. A common feature of these models is that they both have heteroscedastic variances. In the study, we also analyze if the policy changes of Central Bank of Turkey had any effects on the interest rate process. We find that the volatility of the interest rate is not affected by policy change. However, the level of the interest rate is affected.

**Keywords:** Short term interest rates models, term structure, model comparison, GMM.

**JEL Classification:** E43, C13, C22, C52; E44, G12

\* Doç. Dr., Siyasal Bilgiler Fakültesi, Ankara Üniversitesi

\*\* Doç. Dr., American University of Sharjah

## 1. Giriş

Kısa dönem risksiz faizin finansal piyasalardaki en önemli ve en temel değişkenlerden bir tanesi olduğu söylemek mümkündür. Bu değişkenin bu kadar önemli olmasını kılan özellik ve işlevler mevcuttur. Öncelikle kısa dönem risksiz faiz oranı, faiz oranının vade yapısının ve buradan hareketle sabit getirili finansal araçların doğru ya yakın biçimde fiyatlanmasında rol oynar. Kısa dönem faiz benzer şekilde hisse senetlerinin ve özellikle hisse senedi ve faiz üzerine yazılmış olan opsiyonların fiyatlanmasında önemli rol oynar. Bunun yanında kısa dönem faiz yine vade yapısını belirleyerek fiziksel yatırımlarının gerçekleştirilip gerçekleştirilmemesi kararının oluşumunda önemli rol oynar.

Finansal kurumların özellikle bankaların portföylerinde faize direk ve dolaylı olarak bağlı olan finansal araçlar mevcuttur. Bankaların bu finansal araçları ellerinde tutmasından dolayı uğrayacağı kayıpları tahmin etmelerinin önemi Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumunun çeşitli yönetmeliklerinde de yer bulmaktadır. Bankalar sermaye yeterlik rasyosuna konu olmak üzere piyasa riskine maruz tutarı tahmin etmek, hesaplamak durumundadır. Portföylerinde faize dolaylı ya da doğrudan bağlı enstrümanlar bulunan bankalar piyasa riskine maruz tutarı tahmin etmek isterken uygun bir faiz modeline sahip olması gerektiği kaçınılmaz bir gerçektir. Faiz modelleri aracılığıyla gelecekte faizin ne olacağı tahmin edilebilecek ve modelin ürettiği faizlerle finansal araçların bugün için hangi fiyatta olacağı tahmin edilebilecektir. Buradan hareketle de hesaplanan veriler üzerinden bankaların bir sermaye gereksinimine ihtiyaç olup olmadığı ortaya çıkacaktır.

Bu çalışmamızda literatürde geliştirilen faiz modellerini birçoğunu kapsayan genel bir formül üreten Chan, Longstaff, v.d.'de (1992) yer alan faiz denklemi kullanılacak ve Türkiye için geçerli olan uygun faiz denkleminin hangisi olduğu tartışılacaktır. Bu amaç için Merkez Bankası'nın gecelik faiz oranları kullanılmaktadır. Literatürde var olan değişik ve farklı faiz modellerine karşılık, bildiğimiz kadarı ile bu modelleri Türk piyasası için değerlendiren bir çalışma mevcut değildir. Farklı veriler farklı modellerle uyumlu olabileceğinden dolayı herhangi bir analiz yapmadan bir modelin hangi veri seti için iyi olduğunu önceden söylemek mümkün değildir. Bu nedenle Türkiye verilerinin hangi modelle uyumlu olduğunu tespit etmek önemli görülmektedir. Mevcut çalışma akademik bir boşluğu doldurmakta ve aynı zamanda faizin yukarıda ifade edilen amaçlar için de uygun kullanımını öne çıkarmaktadır.

Bir sonraki bölüm kısa dönem faiz modellemesine ayrılmıştır. Bu kısımda neden kısa dönem faiz modellemesine ihtiyaç duyulduğu anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde çalışmadan kullanılan veri hakkında bilgi verilmektedir. Bu bölümü ekonometrik model ve tahmini içeren kısım takip etmektedir. Son bölümde tartışma ve önerilere yer vermektedir.

## 2. Kısa Dönem Faiz Modellemesi

Kısa dönem faiz modellemesi ya da faiz oranının vade yapısı modelleri finans literatürünün üzerinde çok durduğu ve birçok farklı modelin geliştirildiği bir alandır. Chan, Longstaff, v.d. (1992) bazı önemli faiz modellerini içine alan kısa dönem faiz modelini aşağıdaki gibi sürekli zaman stokastik süreç şeklinde tanımlamaktadır.

$$dr = (\alpha + \beta r)dt + \sigma r^\gamma \varepsilon \sqrt{dt} \quad (1)$$

Bu denklemde  $dr$  faizdeki çok küçük değişmeyi,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  tahmin edilecek parametrelerini  $dt$  çok küçük zaman birimini  $\sigma$  faizin volatilitisini,  $\varepsilon$  standart normal dağılıma sahip bir değişkeni göstermektedir. 1 nolu denklemin parametrelerine getirilen kısıtlamalar sayesinde literatürde var olan, geliştirilmiş farklı kısa dönem faiz modellerine ulaşmak mümkündür. Bu şekilde bir genel denklem eldeki verinin hangi modele daha iyi uyum sağladığını test etmek amacıyla kullanılabilir. olduğunda Merton modeli (1973),  $\gamma = 0$  olduğunda Vasicek modeli (1977),  $\gamma = 1/2$  olduğunda Cox Ingersoll Ross (CIR SR) modeli (1985),  $\alpha = \beta = 0$  ve  $\gamma = 1$  olduğunda Dothan modeli,  $\alpha = 0$  ve  $\gamma = 1$  olduğunda Geometrik Brownian hareket (GBM) modeli,  $\gamma = 1$  olduğunda Brennan-Schwartz modeli,  $\alpha = \beta = 0$  ve  $\gamma = 1,5$  olduğunda Cox Ingersoll Ross Değişken Oran (CIR VR) modeli,  $\alpha = 0$  olduğunda varyansın sabit esnekliği (The constant elasticity of variance, CEV) modeli elde edilmektedir. Kısıtlamaları ve bu kısıtlamalar altında oluşan modellerin daha rahat takibini görebilmek için Tablo 1 oluşturulmuştur. Chan, Longstaff, v.d. (1992) bu modellerden hangisinin daha iyi olduğunu Amerika Birleşik Devletleri (ABD) verilerinin kullanarak ampirik olarak belirlemeye çalışmışlardır. Benzer bir çalışmayı Nowman (1998) ABD ve Japonya verileri ile gerçekleştirmiştir.

Bu kısma kadara bahsettiğimiz modeller tek faktörlü faiz modellerine bir örnektir. Literatürde iki faktörlü faiz modelleri de (Richard, 1978; Longstaff ve Schwartz 1992, modelleri gibi) geliştirilmiştir. Bunlara ek olarak parametrelerin zaman içinde değişmesine izin veren modeller de mevcuttur (bkz. Ho-Lee (1986) and Hull-White (1990, 1994a, 1994b)).

Faiz modelleri, temel olarak,

- 1) İskontolu bonoların değerinin tesbitinde (Merton, 1973; Dothan, 1978),
- 2) Tasarruf bonoları ve geriye çağrılabilir bonolar için sayısal metodlar geliştirmede (Brennan-Schwartz, 1977),
- 3) Değiştirilebilir bonoları değerlendirilmede (Brennan-Schwartz, 1980),
- 4) Değişken oranlı varlıklara ilişkin çalışmalarda (Cox, Ingersoll, and Ross, 1980),
- 5) Vergi olması durumunda bononun fiyatının belirlenmesinde
- 6) İskontolu bono fiyatının denge modelini geliştirmede (Vasicek, 1977),

7) Faize duyarlı türev ürünlerinin değerlemesine yönelik modellerin geliştirilmesinde (Cox, Ingersoll, and Ross, 1985), kullanılmaktadır.

Finansal kurumlar ve değişik ülke merkez bankaları tarafından kullanılan Nelson ve Siegel (1987), Genişletilmiş Nelson Siegel, Kübik Spline ( BIS, 2005) gibi faiz modelleri de bulunmaktadır. Bu modellerin özelliği bugünkü vade yapısından hareketle gelecekte faizin ne olacağı konusunda bir öngörü üretmeleridir. Bu modellerin girdi olarak talep ettikleri değişkenler kısa dönem faiz modellerine göre daha fazladır. Kısa dönem faiz modelleri sadece kısa dönem faizi girdi olarak alıp gelecekteki faizin ve vade yapısının ne olacağını öngörür.

**Tablo 1: Değişik Faiz Modelleri ve Parametreler Üzerine Getirilen Kısıtlar**

Model	A	$\beta$	$\gamma$
Merton		0	0
Vasicek			0
CIR SR			0.5
CIR VR	0	0	1.5
Dothan	0	0	1
GBM	0		1
Brennan-Schwarz			1
CEV	0		

### 3. Veri

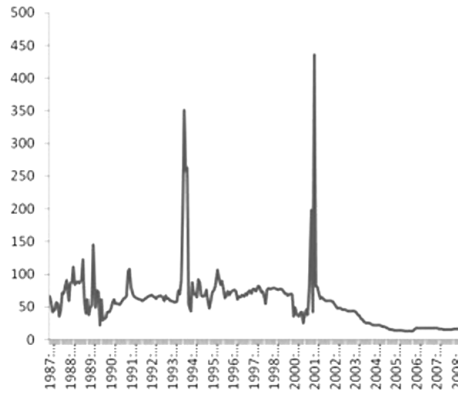
Bu çalışmada kullandığımız kısa dönem risksiz faiz oranı gecelik faiz oranlarıdır. Gecelik faiz oranları Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası web sayfasından alınmıştır. Veri 02.01.1990 ile 25.07.2008 tarihleri arasını kapsamaktadır. Günlük veriler çok iniş çıkışlara sahip olduğu çok fazla sayıda uç değer diyebileceğimiz gözlemlere sahip olduğu için günlük veri yerine aylık ortalama faiz oranları kullanılmıştır. Ortalama aylık faiz oranları kullanımı literatürle de uyumludur.

Faiz serisi Şekil 1’de verilmektedir. Türkiye’nin para politikası rejimi bu tarihler de değişime uğramıştır. Merkez bankası dökümanlarına göre 2002-2005 yılı örtük enflasyon hedeflemesi dönemidir. 2006 yılından itibaren ise enflasyon hedeflemesi rejimine açık bir şekilde geçilmiştir. Şekil 1’den açıkça görüldüğü üzere 2000 yılların sonundan itibaren faizde aşağıya doğru bir trend görülmektedir. Rejim değişikliğinin faiz üzerinde etkisini dikkate almak için 2002 yılından sonrası için bir değerini önceki dönemde sıfır değerini alan bir kukla değişken kullanılmıştır.

Şekil 1’i incelediğimizde dikkati çeken bir diğer husus ise faizde arada sıçralamaların olduğudur. Uç değer olarak da kabul edilebilecek olan bu değerler veri setin-

den atılarak yapılan tahminde sonuçlarda ciddi bir farklılık çıkmamıştır. Faiz sürecindeki bu ara sıçramalar sıçrama süreç (jump process) olarak da modellenebilecekken ele aldığımız modellerin kolay takip edilebilirliği (tractability) bu modellerin daha fazla kullanılmasına neden olmaktadır (Haugh, 2005). Bu nedenle mevcut çalışma sıçramasız süreç tahminine yer vermektedir.

**Şekil 1: Gecelik Faiz oranlarının aylık ortalaması**



#### 4. Ekonometrik Model ve Tahmin

Tahmine esas olacak bir nolu denklemi tekrar bu kısımda yazabiliriz.

$$dr = (\alpha + \beta r) dt + \sigma r^\gamma \varepsilon \sqrt{dt}$$

Bu denklem Chan ve diğerleri tarafından verilmekle beraber parametrelerin daha kolay yorumlanabilmesi için aşağıdaki format tercih edilebilir.

$$dr = -\beta \left( \frac{\alpha}{-\beta} - r \right) dt + \sigma r^\gamma \varepsilon \sqrt{dt} \quad (2)$$

Görüldüğü üzere 2 nolu denklem 1 nolu denklemin yeniden düzenlenmiş halidir. İki nolu denklemde  $-\beta$ , intibak katsayısı ve  $(\alpha/\beta)$  ise uzun dönem faiz oranıdır.

Tahmin aşamasında yukarıdaki sürekli zamanda ifade edilen modelin kesikli zaman versiyonu kullanılmaktadır. Kesikli zaman versiyonunda Chan, Longstaff, v.d. (1992) tarafından kullanılan ekonometrik denklem ve tahmin yöntemi tercih edilmiştir. Kesikli zaman versiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$r_{t+1} - r_t = \alpha + \beta r_t + \varepsilon_{t+1} \quad (3)$$

$$E(\varepsilon_{t+1}) = 0 \quad E(\varepsilon_{t+1}^2) = \sigma^2 r_t^{2\gamma}$$

3 nolu denklem sabit varyansa sahip olmayan bir regresyon modelini ifade etmektedir. Özellikle finansal verilerin analizinde kullanılan GARCH ve türevlerine (bu modeller ve diğer modeller için bakınız Pagan, 1996) benzer şekilde 4 nolu denklem var-

yansın sabitliği varsayımına esneklik getirmiştir. Burada varyans faiz oranının belirli bir fonksiyonu şekilde ifade edilmiştir.

Yukarıdaki 3 nolu denklemdaki parametrelerin tahmininde Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM) kullanılmıştır. Tahminlerde Mike Cliff tarafından yazılmış MATLAB kodu kullanılmıştır. Söz konusu kod <http://www.feweb.vu.nl/econometric-links/mcliffprogs.html> adresinden temin edilebilir. GMM tahmini için aşağıdaki momentler kullanılmıştır.

$$f_t(\theta) = \begin{bmatrix} \varepsilon_{t+1} \\ \varepsilon_{t+1}r_t \\ \varepsilon_{t+1}^2 - \sigma^2 r_t^{2\gamma} \\ (\varepsilon_{t+1}^2 - \sigma^2 r_t^{2\gamma})r_t \end{bmatrix} \quad (4)$$

gösterimde  $\theta$  bir vektördür ve elemanları,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\sigma^2$  ve  $\gamma$ 'dir (Söz konusu momentler için Chan, Longstaff, v.d. (1992), GMM için de Hansen (1982)'e bakılabilir). Tahmin yönteminin GMM olarak tercih edilmesinin temel motivasyonu bu yöntemde faizin hangi dağılıma sahip olduğuna ilişkin bir varsayımın ihtiyaç olunmamasıdır. GMM için faizdeki değişikliklerin durağan ve ergodik olması ve tahmin için gerekli olan moment koşullarının var olması yeterlidir. Faiz oranına ilişkin olarak faizin hangi dağılıma sahip olduğu bilgisini gerektirmemesi faiz modellerinin her birinin gerektirdiği ve önerdiği dağılımın farklı olduğu durumu göz önüne alınırsa GMM'in önemi daha da öne çıkmaktadır. Faize ilişkin bir dağılım belirlendiğinde belirlenen dağılımını doğru olması halinde maksimum olabilirlik yöntemi etkindir. Fakat varsayım doğru değilse bu durumda maksimum olabilirlik tahmin edicileri tutarsız olacaktır. GMM böyle bir problemi olmaması yanında farklı faiz modellerinin hangisinin istatistikî olarak daha iyi olduğunu test etmemize olanak da sağlar. GMM tahmin yöntemine ek olarak faiz modellerinin ve stokastik diferansiyel olarak ifade edilebilecek süreçlerin parametrelerini tahmin için parametrik olmayan tahmin yöntemleri de önerilmiş ve geliştirilmiştir (Jiang ve Knight (1997), Stanton (1997), Bandi ve Phillips, (2003)). Bununla beraber bu çalışmada GMM tahmin yöntemine yer verilmiştir.

GMM'de parametre tahmini prensibi şu şekildedir. Boş hipotez doğru olduğunda anakütle için geçerli olan moment koşulu  $E[f_t(\theta)] = 0$ 'dır. GMM'de anakütle moment koşulu örneklem moment koşul ile yer değiştirir. T gözlem sayısı olduğunda örneklem momenti

$$g_T(\theta) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T f_t(\theta) \quad (5)$$

biçiminde oluşmaktadır. GMM tahmin edicileri

$$J_t = g_T'(\theta) W_T(\theta) g_T(\theta) \quad (6)$$

ifadesini minimize eden  $\theta$  değerleridir.  $W_T(\theta)$  herhangi pozitif belirli bir ağırlık matrisidir. İfadeyi minimize etmek için  $J$ 'nin  $\theta$ 'ya göre türevi alınıp sıfıra eşitlenir. Yani

$$D'(\theta)W_T(\theta)g_T(\theta) = 0 \quad (7)$$

ifadesini sağlayan  $\theta$ 'lar GMM tahmin edicileridir. Denklemden  $D'(\theta)$ ,  $g_T(\theta)$ 'nin jacobian matrisidir.

GMM tahmininde eğer tam belirlenme durumu varsa yani tahmin edilen parametre sayısı moment koşuluna eşitse,  $W_T(\theta)$ 'nin önemi yoktur. Moment koşulu parametre sayısından fazla ise, yani aşırı belirlenme durumu söz konusu ise, bu durumda optimal  $W_T(\theta)$  moment koşulları varyansının tersidir. Boş hipotezin geçerli olması halinde minimize edilen 6 nolu denklem ki-kare dağılımına sahiptir. Ki-kare uyumun iyiliği için kullanılabilir. Yüksek değerli ki-kare modelin yanlış belirlendiğinin göstergesidir; moment koşulları veri ile uyumlu değildir. İki modeli birbiri ile karşılaştırmak ve test etmek için  $R=T[J_T(\tilde{\theta})-J_T(\hat{\theta})]$  test istatistiğini kullanabiliriz. Burada  $J_T(\tilde{\theta})$  kısıtlanmış modelin,  $J_T(\hat{\theta})$  ise kısıtlanmamış modelin minimize edilmiş değerlerdir. R kısıt sayısının sahip olduğu serbestlik derecesi ile ki-kare dağılımına sahip bir test istatistiğidir.

İstatistikî model seçime paralel olarak model seçimlerinde modelin volatileyi yakalaması da önemlidir. Çünkü volatilité, faiz oranı üzerine yazılan opsiyonları fiyatlanmasında önemlidir. Bu anlamda faizdeki volatilitéyi başarı ile açıklayan modeller subjektif tercihlemede rol oynayabilir.

## 4. Veri ve Analiz Sonuçları

### 4.1. Tahmin sonuçları

Chan, Longstaff, v.d. (1992) faiz modellerini birbirinden ayırt etmek için  $\gamma$  parametresine bakılması önermektedir. ABD için  $\gamma \geq 1$  faizin dinamik yapısını  $\gamma < 1$ 'den daha iyi yakalamaktadır. Chan, Longstaff, v.d. (1992) model seçiminde kullanılmak için iki  $R^2$  önerilmiştir. Bunlardan  $R^2_{-1}$  faizde meydana gelen değişikliklerin model tarafından açıklanan kısmını,  $R^2_{-2}$  faizdeki değişikliklerin karelerinin (volatilitenin) model tarafından açıklanan kısmını ifade etmektedir. Yüksek  $R^2$  bu anlamda tercih sebebi olmaktadır.

Türkiye için farklı kısa dönem faiz oranları modellerinin tahmin sonuçları Tablo 2'de verilmektedir. Kısıtlanmamış model parametrelerinin hepsi sıfırdan istatistikî olarak farklıdır. Chan ve diğerleri tarafından ABD için model seçim sıralamasında dikkate alınmasını önerdiği  $\gamma$  parametresi 1'den küçüktür. CEV modeli için birden büyük olmakla beraber istatistikî olarak anlamlı değildir. Modelleri istatistikî anlamlı katsayılar açısından değerlendirdiğimizde CIR SR ve Brennan Schwarz modellerinin tahmin edilen katsayılarının hepsi istatistikî olarak anlamlıdır. Merton, Dothan ve CEV modellerinin katsayılarının hiç biri istatistikî olarak anlamlı değildir. Diğer modellerde bir ve

ya iki istatistiki anlamlı katsayı bulunmaktadır. Buraya kadar olan değerlendirmelerden kısıtlanmamış model ile CIR SR ve Brennan Schwarz modelleri dışındaki modelleri eleyebiliriz. Bu üç modelin temel özelliği varyansın değişen varyans olmasına müsaade etmesidir. Değişen varyansa izin vermeyen Merton ve çoğu finans kurumu tarafından kullanıldığı ifade edilen Vasicek elenen modellerdir.

Geride kalan üç modelden bir taneye düşmenin mümkün olup olmadığını araştırmak için Tablo 3'deki model değerlendirme bilgilerine başvurmak mümkündür. Tablonun üçüncü sütununda kısıtlanmış modelinin kabul edilip edilmeyeceğine karar vermeye yardımcı olacak p-değeri bulunmaktadır. CIR SR ve Brennan Schwarz kısıtlanmış modellerin her ikisi de istatistiki olarak kabul edilen modellerdir. Her iki modelde tahmin edilen parametre sayısı aynıdır.  $R^2$  kriterlerine göre değerlendirildiğinde CIR SR'in Brennan Schwarz'dan oldukça yüksek  $R^2_1$  (0.4175'e karşı 0.1294) değerine sahip olduğu görülmektedir. Buna karşılık  $R^2_2$  kriterine göre CIR SR'in Brennan Schwarz'dan daha küçüktür (0.0114'e karşı 0.0504)

Bu aşamaya kadar olan değerlendirmelerden CIR SR ve Brennan Schwarz'ın Türkiye için uygun kısa dönem faiz oranı olduğu sonucuna ulaşmak mümkündür. Bu modellerden hangisinin pratikte kullanılacağına karar vermek için volatilitenin mi yoksa faizin düzeyinin mi önemli olduğuna öncelikle karar vermek gerekir. Her iki modelin ortak noktası ise varyansın faizin düzeyine bağlı olmasıdır. Faiz süreci değişen varyans özelliğine sahiptir.



**Tablo 2:** Farklı kısa dönem faiz oranları modellerinin tahmin sonuçları

Model	$\alpha$	$\beta$	$\sigma^2$	$\gamma$
<b>Kısıtlanmamış Model</b>	3.0146 * ( 1.3782)	-5.2226 * ( 2.2563)	3.1193 * ( 1.4213)	0.7653* ( 0.3173)
<b>Merton</b>	-0.0196 ( 0.1367)	0.0000	0.2136 ( 0.5038)	0.0000
<b>Vasicek</b>	3.8077* ( 1.1417)	-7.0972* ( 1.6661)	1.0112 ( 0.8758)	0.0000
<b>CIR SR</b>	4.1660* ( 0.6898)	-7.2487* ( 0.9672)	3.6700* ( 1.2652)	0.5000
<b>Dothan</b>	0.0000	0.0000	1.5459 ( 0.8944)	1.0000
<b>GBM</b>	0.0000	0.2309 ( 0.2396)	3.0079* ( 1.2834)	1.0000
<b>Brennan-Schwarz</b>	2.2665* ( 0.5845)	-4.0349* ( 1.1068)	2.2551* ( 0.4042)	1.0000
<b>CIR VR</b>	0.0000	0.0000	1.2850* ( 0.2907)	1.5000
<b>CEV</b>	0.0000	-0.1283 ( 0.2617)	0.0752 ( 1.0497)	2.4877 ( 5.0147)

Not: Parantez içi değerler katsayı tahminlerinin standard hatalarıdır. \* % 5 düzeyinde anlamlıdır.

**Tablo 3:** Model değerlendirme sonuçları

Modeller	J_T	p-değeri	Serbestlik Derecesi	P <sup>2</sup> _1	P <sup>2</sup> _2
<b>Kısıtlanmamış Model</b>	0		0	0.2167	0.0289
<b>Merton</b>	2.6	0.2725	2	0	0
<b>Vasicek</b>	2.2526	0.1334	1	0.4002	0
<b>CIR SR</b>	1.1557	0.2824	1	0.4175	0.0114
<b>Dothan</b>	6.677	0.0829	3	0	0.0237
<b>GBM</b>	12.7643	0.0017	2	0.0004	0.0897
<b>Brennan-Schwarz</b>	0.3319	0.5646	1	0.1294	0.0504
<b>CIR VR</b>	2.2828	0.5158	3	0	0.2494
<b>CEV</b>	2.7565	0.0969	1	0.0001	0.237

Not: R<sup>2</sup>\_1 Faizde meydana gelen değişikliklerin model tarafından açıklanan kısmını R<sup>2</sup>\_2 faizdeki değişikliklerin karelerinin (volatilité) model tarafından açıklanan kısmını ifade etmektedir

Faiz değişiminde ve volatilitede bir yapısal değişiklik olup olmadığını görmek için 2002 yılından sonraki dönem için yapısal değişikliğe izin veren aşağıdaki model tahmin edilmiştir.

$$r_{t+1} - r_t = \alpha + (\beta + D_t \delta_1) r_t + \varepsilon_{t+1} \quad (9)$$

$$E(\varepsilon_{t+1}) = 0 \quad E(\varepsilon_{t+1}^2) = \sigma^2 r_t^{2(\gamma + D_t \delta_2)}$$

**Tablo 4:** Farklı kısa dönem faiz modelleri için yapısal kırıma testleri

	$\alpha$	$\beta$	$\delta^1$	$\delta^2$	$\sigma^2$	$\gamma$
<b>Full</b>	4.9070* (1.9434)	-6.6384* (2.6241)	-13.3450* (6.1960)	-0.0972 (0.3212)	3.0058* (1.4522)	0.7125* (0.3576)
<b>Merton</b>	-0.0605* (0.0266)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0828 (0.3949)	0.0000
<b>Vasicek</b>	5.8542* (0.9487)	-8.5795* (1.2019)	-14.4699* (4.7095)	0.0000	0.9412* (0.4631)	0.0000
<b>CIR SR</b>	6.0404* (0.5580)	-8.1857* (0.7125)	-16.2966* (4.0888)	0.0000	3.4133* (0.7933)	0.5000
<b>Dothan</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.9134 (1.9444)	1.0000
<b>GBM</b>	0.0000	0.0176 (0.2787)	2.4045 (2.8393)	0.0000	2.3546 (1.2184)	1.0000
<b>Brennan-Schwarz</b>	3.1242* (0.5747)	-4.1994* (0.9282)	-8.1821* (2.0518)	0.0000	2.3181* (0.4277)	1.0000
<b>CIR VR</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.5597* (0.3190)	1.5000
<b>CEV</b>	0.0000	-0.1157 (0.3046)	-0.1234 (0.3265)	0.5504 (163.2437)	0.2787 (1.3184)	1.9970 (1.7290)

Tablo 4 yapısal kırıma ilgili sonuçları vermektedir. Katsayılara bakıldığında volatilité sürecinin yapısal kırıma göstermediği bununla birlikte faiz sürecindeki yapısal kırıma etkisini gösteren kukla değişkenin tahmininin kısıtlanmamış model, Vasicek, CIR SR, Brennan-Schwarz modellerinde anlamlı olduğu gözükmemektedir.

## 5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada kısa dönem faiz oranları modellerinden hangisinin Türkiye için uygun olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Kısa dönem risksiz faiz oranı için Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nın gecelik faiz oranlarının aylık ortalama değerleri kullanılmıştır. Genelleştirilmiş Momentler Metodu ile yapılan tahminler sonucunda CIR SR ve Brennan-Schwarz kısa dönem faiz modellerinin Türkiye için diğer modellere göre daha uygun model olduğu sonucuna varılmıştır. Pratikte hangisinin seçileğine ise finansal kurumların karar vermesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Eğer volatilité tahmini daha önemli ise bu durumda Brennan-Schwarz tercih edilebilir.

Tahminler sonucunda ortaya çıkan bir genel sonuç Türkiye için faiz sürecinin değişen varyans özelliğine sahip olmasıdır. Değişen varyansa izin vermeyen modeller anlamsız bulunmuştur. Çalışma da Türkiye'nin 2002'den sonra önce örtük enflasyon hedeflemesi sonra 2006'da açık enflasyon hedeflemesi rejimine geçmesininin yapısal kırılmaya neden olup olmadığı analizi sonucunda enflasyon hedeflemesi rejiminin faizin volatilité yapısını değiştirmemiş buna karşılık faizin değişim sürecini etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

## Kaynakça

1. Bank for International Settlements (2005) Zero-coupon yield curves:technical documentation Monetary and Economic Department October 2005 No 25.
2. Bandi F. M. ve Phillips, P. C. B.. (2003), Fully Nonparametric Estimation of Scalar Diffusion Models. *Econometrica*, 71, 1, 241-283.
3. Black, F. Derman. ve W. Toy.. (1990). A one factor model of interest rates and its application to Treasury bond options. *Financial Analysts Journal*, January-February, 33-39.
4. Black, F. ve Karasinski, P.. (1991). Bond and Option Pricing When Short Rates are Lognormal. *Financial Analysts Journal*, 53, 52-99.
5. Brennan, M. J. ve Schwartz, E. S.. (1977). Savings Bonds, Retractable Bonds and Callable Bonds. *Journal of Financial Economics*, 5, 67-88.
6. Brennan, M. J. ve Schwartz, E. S.. (1979). A Continuous Time Approach to the Pricing of Bonds. *Journal of Banking and Finance*, 3, 2, 133-155.
7. Chan, K. C., Karolyi, G. A., Longstaff, F. A.ve Sanders, A. B.. (1992). An Empirical Comparison of Alternative Models of the Short-Term Interest Rate. *The Journal of Finance*, 47, 1209-1227.
8. Cox, J. C, Ingersoll, J. E. and Ross, S. A.. (1985). A Theory of The Term Structure of Interest Rates. *Econometrica*, 53, 385-407.
9. Dothan, U. L. (1978). On the term Structure of Interest Rates. *Journal of Financial Economics*, 6, 59-69.
10. Hansen L.P.. (1982). Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators. *Econometrica*, 50(4), 1029-54.
11. Haugh, M. (2005). Term Structure Models: IOR E4710 Spring 2005 Lecture notes.
12. Hull, J. ve A. White.. (1990). Pricing Interest-Rate Derivative Securities. *Review of Financial Studies*, 3, 573-595.
13. Hull, J. ve A. White. (1994a). Numerical procedures for implementing term structure models I: Single Factor Models. *Journal of Derivatives*, 2,1, 7-16.
14. Hull, J. ve A. White. (1994b). Numerical procedures for implementing term structure models II: Two-Factor Models. *Journal of Derivatives*, 2,1, 7-16.
15. Jiang G. J.ve Knight J. L..(1997). A Nonparametric Approach to the Estimation of Diffusion Processes, with an Application to a Short-Term Interest Rate Model. *Econometric Theory*, 13, 5, 615-645
16. Longstaff, F. A. ve Schwartz, E. S.. (1992). Interest Rate Volatility and the Term Structure: A Two-Factor General Equilibrium Model. *Journal of Finance*, 47:4, 1259-82.
17. Merton, R. C. (1973). Theory of Rational Option Pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4 (1), 141-183.

18. Nelson C. H. ve A. F. Siegel. (1987). Parsimonious Modeling of Yield Curves. *Journal of Business*, 60, 473-489.
19. Nowman, K. B.. (1998). Continuous Time Short Term Interest Rate Models. *Applied Financial Economics*, 8, 401-407.
20. Pagan, A.. (1996). The econometrics of financial markets. *Journal of Empirical Finance*, 3, 15-102.
21. Stanton, R. (1997). A Nonparametric Model of Term Structure Dynamics and the Market Price of Interest Rate Risk. *Journal of Finance*, 52, 5,1973-2002
22. Vasicek, O. (1977). An Equilibrium Characterization of The Term Structure. *Journal of Financial Economics*, 177-188.

