

**TÜRKİYE DEVLET İÇ BORÇLANMA SENETLERİ GETİRİ
EĞRİLERİNİN GELİŞTİRİLMİŞ
DİNAMİK NELSON-SIEGEL VE ZAMAN SERİSİ MODELLERİ
İLE ÖNGÖRÜ
PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Umut TÜYSÜZOĞLU

Uzmanlık Yeterlilik Tezi

Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
Piyasalar Genel Müdürlüğü
Ankara, Ocak 2013

**TÜRKİYE DEVLET İÇ BORÇLANMA SENETLERİ GETİRİ
EĞRİLERİNİN GELİŞTİRİLMİŞ
DİNAMİK NELSON-SIEGEL VE ZAMAN SERİSİ MODELLERİ
İLE ÖNGÖRÜ
PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Umut TÜYSÜZOĞLU

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Esmâ Gaygısız LAJUNEN

Uzmanlık Yeterlilik Tezi

Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası

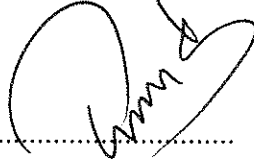
Piyasalar Genel Müdürlüğü

Ankara, Ocak 2013

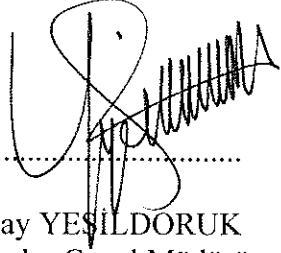
**TÜRKİYE CUMHURİYET MERKEZ BANKASI
UZMANLIK YETERLİLİK TEZİ TUTANAĞI**

Piyasalar Genel Müdürlüğü Döviz İşlemleri Müdürlüğü Uzman Yardımcısı (12806) Umut Tüysüzoğlu'nun, "Devlet İç Borçlanma Senetleri Getiri Eğrilerinin Geliştirilmiş Dinamik Nelson-Siegel Modeli ile Analizi ve Modelin Geleceğe İlişkin Öngörü Başarısının Diğer Modellerle Karşılaştırılması" konulu yeterlilik tezini görüşmek üzere tez kurulumuz 26.12.2012 tarihinde toplanmıştır.

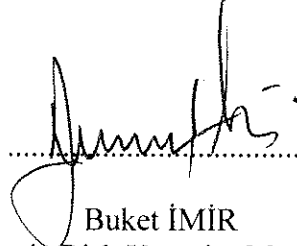
Kurulumuzca yeterlilik tezi değerlendirilmiş ve yapılan savunma sonucu da dikkate alınarak başarılı bulunmuştur.



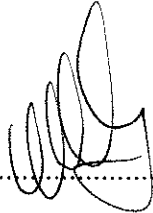
Prof.Dr. Turalay KENÇ
Başkan Yardımcısı



Günay YEŞİLDÖRÜK
Piyasalar Genel Müdürü



Buket İMİR
Döviz Risk Yönetim Müdürü



Yrd.Doç.Dr. Esmâ GAYGISIZ LAJUNEN
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
İktisat Bölümü Öğretim Üyesi



Prof.Dr. Nezir KÖSE
Gazi Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Ekonometri Bölümü Öğretim Üyesi

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasındaki katkılarından dolayı Döviz Risk Yönetim Müdürü Buket İmir ve Müdür Yardımcısı Suat Aydın'a ve akademik bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Esmâ Gaygısız Lajunen'e, tez çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen eşim Banu Binbaşaran Tüysüzoğlu'na ve yardımlarından dolayı değerli çalışma arkadaşım Ali Can Dağgeçen'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
TABLO LİSTESİ	iv
GRAFİK LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	ix
EK LİSTESİ	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

DİBS GETİRİ EĞRİLERİNİN MODELLENMESİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	6
---	----------

İKİNCİ BÖLÜM

GETİRİ EĞRİSİ MODELLERİ.....	11
2.1. NS ve DNS	11
2.2. ENS ve DENS	14
2.3. Sabit Vadeli Getirilerin Zaman Serisi Modelleri.....	16

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

VERİ SETİ VE GETİRİ MODELLERİNİN BELİRLENMESİ.....	18
3.1. Veri Seti	18
3.2. Modellerin Oluşturulması ve Tahmin Yöntemleri	19
3.2.1. Sabit Vadeli Getirilerin “Tıraşlanmamış Fama-Bliss” Yöntemi ile Tahmin Edilmesi:	22
3.2.2. Sabit Vadeli Getirilerin Zaman Serisi Modellerinin Belirlenmesi.....	24

3.2.3. DNS'in Dönüşüm Denklemlerinin Belirlenmesi.....	28
3.2.4. DENS'in Dönüşüm Denklemlerinin Belirlenmesi	33

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

GETİRİ ÖNGÖRÜLERİNİN OLUŞTURULMASI VE MODELLERİN ÖNGÖRÜ PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	36
4.1. Öngörü Performansı Ölçüm İstatistikleri	36
4.2. Öngörü Örneklerinin Belirlenmesi ve Öngörü Oluşturma Yöntemi	37
4.3. Modellerin Öngörü Performanslarının Karşılaştırılması	38

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER	43
KAYNAKÇA.....	45
EKLER	49

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Sabit Vadeli Getirilerin Tanımlayıcı İstatistikleri, Durağanlık ve RW Testleri.....	24
Tablo 3.2. Sabit Vadeli Getiri Farklarının Tanımlayıcı İstatistikleri, Durağanlık ve RW Testleri.....	25
Tablo 3.3. Sabit Vadeli Getirilerin Çapraz Korelasyon İstatistikleri.....	27
Tablo 3.4. Hata Terimi ve Hata Terimi Karesinin Ardışık Bağlanım Testleri.....	28
Tablo 3.5. DNS Modelinin Faktörlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri, Durağanlık ve RW Testleri.....	31
Tablo 3.6. DNS Modelinin Faktör Farklarının Çapraz Korelasyon İstatistikleri.....	31
Tablo 3.7. Hata Terimi ve Hata Terimi Karesinin Ardışık Bağlanım Testleri (DNS).....	32
Tablo 3.8. DENS Modelinin Faktörlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri, Durağanlık ve RW Testleri.....	34
Tablo 3.9. Modellerin 1 Gün İleriye Yönelik Öngörü Performans İstatistikleri	39
Tablo 3.10. Modellerin 1 Hafta İleriye Yönelik Öngörü Performans İstatistikleri.....	40
Tablo 3.11. Modellerin 1 Ay İleriye Yönelik Öngörü Performans İstatistikleri.....	41
Tablo 3.12. Modellerin 1 Gün İleriye Yönelik Öngörü Performans İstatistikleri.....	42
Tablo 3.13. Modellerin Ortalama Öngörü Performansları.....	42

GRAFİK LİSTESİ

Sayfa No

Grafik 2.1. NS Modelinin Açıklayıcı Değişkenlerinin Vadeye Göre Değişim Grafiği.....	12
Grafik 2.2. Kıvrım Faktörünün Açıklayıcı Değişkenlerinin Tau Parametresine Göre Değişim Grafiği	14
Grafik 2.3. ENS Modelinin Açıklayıcı Değişkenlerinin Vadeye Göre Değişim Grafiği.....	15
Grafik 3.1. Sabit Vadeli Getirilerin Zaman Serisi.....	23
Grafik 3.2. NS Modeli Faktör Tahminlerinin Zaman Serileri.....	29
Grafik 3.3. ENS Modeli Faktör Tahminlerinin Zaman Serileri.....	33

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1. DNS, DENS ve Sabit Vadeli Getirilerin Zaman Serileri için Modelleme ve Tahmin Süreçleri	20
--	----

KISALTMA LİSTESİ

- ABD : Amerika Birleşik Devletleri
- ADF : Augmented Dickey-Fuller (Genişletilmiş Dickey-Fuller)
- AR : Autoregressive (Ardışık Bağlanım)
- ARCH : Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Ardışık Bağlanımlı Koşullu Değişen Varyans)
- ARMA : Autoregressive Moving Average (Ardışık Bağlanımlı Hareketli Ortalama)
- DENS : Dynamic Extended Nelson-Siegel Model (Dinamik Geliştirilmiş Nelson-Siegel Modeli)
- DENS-AR : Dönüşüm Denklemleri Ardışık Bağlanımlı Zaman Süreci İzleyen Geliştirilmiş Dinamik Nelson-Siegel Modeli
- DENS-VAR : Dönüşüm Denklemleri Vektörel Ardışık Bağlanımlı Zaman Süreci İzleyen Geliştirilmiş Dinamik Nelson-Siegel Modeli
- DİBS : Devlet İç Borçlanma Senetleri
- DNS : Dynamic Nelson-Siegel Model (Dinamik Nelson-Siegel Modeli)
- DNS-AR : Dönüşüm Denklemleri Ardışık Bağlanımlı Zaman Süreci İzleyen Dinamik Nelson-Siegel Modeli
- DNS-VAR : Dönüşüm Denklemleri Vektörel Ardışık Bağlanımlı Zaman Süreci İzleyen Dinamik Nelson-Siegel Modeli
- ENS : Extended Nelson-Siegel Model (Geliştirilmiş Nelson-Siegel Modeli)
- GARCH : Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Genelleştirilmiş Ardışık Bağlanımlı Koşullu Değişen Varyans)
- HAC : Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent (Değişen Varyans ve Ardışık Bağımlılığa Tutarlı)
- i.i.d. : Independent and Identically Distributed (Birbirinden Bağımsız ve Aynı Dağılıma Sahip)

İMKB	: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
MAE	: Mean Absolute Error (Ortalama Mutlak Hata)
NS	: Nelson-Siegel Modeli
PP	: Phillips-Perron Durağanlık Testi
Q	: Ljung-Box Q Testi
Q2	: Ljung-Box Q2 Testi
RMSE	: Root Mean Squared Error (Hataların Ortalama Kare Kökü)
RW	: Random Walk (Tasadüfi Yürüyüş veya Rastgele Yürüyüş)
SSR	: Sum of Squared Residuals (Hata Karelerinin Toplamı)
TCMB	: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TL	: Türk Lirası
VAR	: Vector Autoregressive (Vektörel Ardışık Bağlanım)

SEMBOL LİSTESİ

- $Exp(.)$: Doğal Üstsel Fonksiyon
- $f_t(x)$: $t + x$ Zamanındaki Anlık Faiz Oranının t Anında Belirlenen Değeri
- $Y_t(\tau)$: t Zamanındaki $t + \tau$ Vadeli Sürekli Bileşik Getiri Oranı
- $c_i, \beta_{it}, \lambda_{it}, \alpha_i$: Parametre
- $\hat{c}_t, \hat{\alpha}_t$: Parametre Tahminleri
- Δ : Birinci Dereceden Fark
- $\sigma_{it}^2, \sigma_{i,j,t}^2$: Varyans, Kovaryans Değeri
- ε_t, v_t : Hata Değişkeni
- $\hat{Y}_{t+h/t}, \hat{X}_{t+h/t}$: t Zamanındaki Bilgi Seti Kullanılarak Sırasıyla Y ve X Değişkenlerinin $t + h$ Zamanında Alacağı Değere İlişkin Öngörüler

EK LİSTESİ

Sayfa No

Ek 1. Sabit Vadeli Kıymetlerin Faiz Oranlarının Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafikleri.....	50
Ek 2. Sabit Vadeli Kıymet Faiz Oranı Farklarının Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafikleri	52
Ek 3. DNS Modeli Faktörleri ve Faktör Farklarının Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafikleri.....	54
Ek 4. DENS Modeli Faktörleri ve Faktör Farklarının Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafikleri.....	55
Ek 5. DENS Modelinin Faktör Farklarının Çapraz Korelasyon İstatistikleri ve Ardışık Bağlanım Testleri.....	56
Ek 6. MATLAB Kodları (Veri Setinin Hazırlanması ve İleri Valörlü Anlık Faiz Oranlarının Hesaplanması).....	57

ÖZET

Bu çalışmada, Diebold ve Li (2006) tarafından geliştirilen Dinamik Nelson Siegel Modeli (DNS), Almeida ve diğerleri (2007) tarafından önerilen Geliştirilmiş Dinamik Nelson Siegel Modeli (DENS) ve ampirik literatürde sıklıkla kullanılan zaman serileri modellerinin değişik vade yapılarına eşlik eden devlet iç borçlanma senetleri faiz oranlarını öngörü performansları istatistiksel kriterler çerçevesinde karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, DENS'yi devlet iç borçlanma senetlerinin getiri eğrisi zaman serilerinin tahmini için uygulayarak, DNS ve DENS'nin öngörü performanslarının hem birbirleri ile hem de ampirik literatürde sıklıkla kullanılan sabit vadeli getirilerin zaman serisi modelleri ile karşılaştırıldığı ilk araştırmadır.

Modellerin öngörü başarıları, hataların ortalama karekökü ve ortalama mutlak hata istatistiklerine göre karşılaştırıldığında, kısa öngörü ufuklarında sabit vadeli getirilerin zaman serileri modellerinin, uzun öngörü ufuklarında ise DENS'nin, getirilerin tesadüfi hareket ettiği varsayımına dayanan modelin de dâhil olduğu alternatif modellere kıyasla daha başarılı öngörüler sunduğu bulunmuştur. Tüm vadeler ve öngörü ufuklarında DNS'nin DENS'ye kıyasla büyük öngörü hatalarına sebebiyet vermeye daha yatkın olduğu gösterilmiştir. Tüm vadeler ve öngörü ufuklarındaki öngörü hatası istatistiklerinin ortalaması dikkate alındığında ise DENS en etkin öngörüler sunan model olarak karşımıza çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Getiri Eğrisi Modelleri, Nelson-Siegel Modeli, Geliştirilmiş Nelson-Siegel Modeli, Ardışık Bağlanım Modelleri, Vektörel Ardışık Bağlanım Modelleri, Getiri Eğrisi Öngürüsü, Getiri Eğrisi Modellerinin Öngörülerinin Performans Değerlendirmesi.

ABSTRACT

In this paper we compare the out of sample forecasting performance of the Diebold and Li's (2006) interpretation of the Nelson-Siegel model (DNS), an extension of DNS proposed by Almeida et al. (2007), (DENS), and various standard benchmark forecasts that are frequently employed in the empirical research studies. The forecasting performance of the models will be evaluated for zero-coupon yields with various predetermined maturities in terms of some common statistical measures. The research is the first not only in the application of DENS on the time series evolution of the term structure of the Turkish domestic government bond yields but also in comparing the out of sample forecasting performance of DNS, DENS and the standard benchmark forecasts including the random walk model.

Our results indicate that for most of the predetermined maturities, the forecasts generated from the time series models of the yields and DENS are better than that of alternative models when we consider the short and long horizon forecasting respectively. For all forecast horizons and maturities DNS is found to have the tendency to provide large forecast errors. Although statistical measures fail to identify one single-best forecasting model class for all maturities and forecast horizons DENS provides the best average statistics measure of all horizons and maturities.

Keywords: Term Structure of the Interest Rate, Nelson-Siegel Model, Extended Nelson-Siegel Model, Autoregressive Models, Vector Autoregressive Models, Out-of-sample Forecasting Performance.

GİRİŞ

Vade ve getiri arasındaki ilişkiyi gösteren getiri eğrilerinin zaman içerisindeki davranışlarını anlamak ve faiz oranlarının gelecekteki değerlerine ilişkin doğru öngörüler yapabilmek portföy yönetimi, para politikası ve borçlanma stratejileri için hayati öneme sahiptir. Gerçeğe çok yakın öngörüler yardımı ile portföy yöneticileri piyasa risklerine karşı kendilerini korumak için daha etkin önlemler alabilir. Diğer taraftan ise getiri eğrilerinin zaman içerisindeki hareketinin daha iyi bir şekilde analiz edilmesi özellikle merkez bankalarının faiz oranları üzerindeki kontrol gücünü artırır. Bu önem neticesinde yaklaşık son otuz yıldır getiri eğrisinin teorik olarak modellenmesi ve tahmin edilmesi konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Genel olarak getiri eğrisi modelleri üç ana kategori altında toplanabilir; arbitraj olanaklarına imkân tanımayan modeller, denge modelleri ve istatistiksel ya da parametrik modeller (Caldeira ve diğerleri, 2010).

Arbitraja izin vermeyen modellerde, değişik vadelerdeki getiriler üzerinden arbitraj imkânı ortadan kaldırılarak herhangi bir andaki getiri eğrisi tahmini yapılmaktadır. Bu modellere örnek olarak Hull ve White (1990) ile Heath ve diğerleri (1992) gösterilebilir. Öte yandan denge modelleri, anlık getiriler üzerinden modellenmekte ve risk primine ilişkin değişik hipotezler yardımıyla diğer vadelerdeki getiriler türetilmektedir. Denge modellerine en klasik örnekler; Vasicek (1977), Cox ve diğerleri (1985) ile Duffie ve Kan (1996) tarafından geliştirilen getiri eğrisi modelleridir.

İstatistiksel ya da parametrik modeller ise faktör modelleri ve getiri eğrisi uydurma modelleri şeklinde temel olarak iki kategori altında sınıflandırılabilir. Getiri eğrisi uydurma modellerinde amaç veriye en iyi şekilde uyan düz ve sürekli bir getiri eğrisi elde etmektir. Bu amaçla, Vasicek ve Fong (1982) üstel spline eğrileri, McCulloch (1971) ise polinom regresyona dayalı parametrik formlar üzerinden modeller geliştirmişlerdir.

Nelson-Siegel (1987) tarafından önerilen model, Nelson-Siegel Modeli (NS), ve bunun bir adım gelişmiş hali olan ve Svensson (1994) tarafından önerilen Geliştirilmiş Nelson-Siegel Modeli (ENS) ise "tutumlu" modeller olarak adlandırılmakta ve faktör modelleri içerisinde değerlendirilebilmektedir.¹ Bu modeller, Laguerre fonksiyonlarına bağlı olarak getiri eğrilerini modellemekte ve açıklayıcı değişkenlerin bir parametrik fonksiyon olarak tanımlanması nedeniyle diğer faktör modellerinden ayrılmaktadırlar. "Tutumlu" getiri eğrisi modelleri, sadeliği ve ampirik çalışmalarda gösterdiği başarılı performansları nedeniyle özellikle merkez bankaları tarafından sıklıkla kullanılmaktadırlar. Temel bileşenler yönteminde ise hem faktörler hem de açıklayıcı değişkenler gizli değişkenler olarak tanımlanmaktadır. Temel bileşenler yöntemi kullanılarak yapılan getiri eğrisi faktör modellerine en temel örnekler, Litterman ve Scheinkman (1991) ile Knez ve diğerleri (1994) tarafından yapılan çalışmalardır. Özellikle Litterman ve Scheinkman (1991) tarafından yapılan çalışma faktör modelleri için önemli bir araştırma olup, bu çalışmayla kuponsuz ABD borçlanma senetlerinin getiri oynaklığının üç temel faktör olan düzey, eğim ve kıvrım tarafından yaklaşık %96 oranında açıklanabildiği gösterilmiştir.

Getiri eğrisi modellemelerinde geliştirilen teorik altyapıya rağmen, 2002 yılına kadar getiri eğrisi öngörülerinin oluşturulması konusuna gerektiği kadar önem verilmemiştir. Her getiri eğrisi modelinin öngörüler oluşturmaya olanak tanınamaması ve denge modellerinin öngörü performansının düşük olması (Duffie, 2002) literatürdeki çalışma eksikliğinin en önemli nedeni olarak düşünülebilir. Söz konusu dönemde yapılan en temel öngörü çalışmalarının Wu (2001) ve Duffie (2002)'ye ait olduğu görülmektedir. Wu (2001) tarafından yapılan çalışmada genel denge modeline makro değişkenler eklenerek getiri eğrilerinin makroekonomik şoklara olan duyarlılığı belirlenmiş, Duffie (2002) ise standart genel denge modellerinin getiri öngörülerindeki başarısızlığına değinerek "aslen afin" modelleri geliştirmiştir. Risk fiyatının riskin varyansı tarafından belirlenmesinin standart genel denge modellerinin öngörü performansında düşüşe yol açtığını belirten

¹ Christensen ve diğerleri (2008) arbitraj olanaklarına imkan vermeyen DNS ve DENS modellerini geliştirmişlerdir. Söz konusu modeller arbitraj imkanlarını ortadan kaldırabilmek için orijinal "tutumlu" modellere ek değişkenler eklemektedirler.

Duffie (2002), risk fiyatının durum değişkenler tarafından belirlendiği "aslen afin" modeller ile öngörü performansı sorununa çözüm getirmiştir. Duffie (2002) ile birlikte getiri öngörülerini araştırmaları ivme kazanmış ve Ang ve Piazzesi (2003) ile Hördahl ve diğerleri (2006) tarafından denge modellerine makro değişkenler eklenerek getiri eğrilerinin öngörü performanslarında iyileştirme sağlanan çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Cochrane ve Piazzesi (2005) tarafından yapılan önemli çalışmada ise, Littermann ve Scheinkman (1991) tarafından belirtildiği üzere borçlanma senetlerinin getiri oynaklığının üç temel faktör tarafından başarıyla açıklanabildiği ancak dördüncü faktörün modele dâhil edilmesinin Amerika Birleşik Devletleri (ABD) borçlanma senetlerinin getirilerinin gelecekteki yapısını öngörmede önemli bir iyileştirme sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

NS'deki parametrelerin düzey, eğim ve kıvrım faktörleri olarak yorumlanması ve bu faktörlerin zaman serileri olarak modellenmesine dayanan DNS, getiri eğrilerinin öngörülmesi konusundaki çalışmaların artarak devam etmesine öncülük eden temel çalışmadır. Diebold ve Li (2006), DNS'nin getiri öngörülerini ile getirilerin tesadüfi yürüyüş (RW), ardışık bağlanım (AR) ya da vektörel ardışık bağlanım (VAR) modelleri ile tanımlanabilecek bir hareket sürecini izlediği varsayımlarına dayanan temel öngörü modellerini karşılaştırmış ve DNS'nin alternatif modellere kıyasla ABD'nin iskontolu bono getirileri için daha başarılı bir öngörü performansı gösterdiği sonucuna ulaşmıştır. Çalışmada, DNS'nin özellikle ABD borç senetlerinin uzun dönemli getiri öngörülerindeki başarısına işaret edilmiştir. Diebold ve Li (2006) sonrası getiri eğrisi modellerinin öngörü performansı konusunda yapılan çalışmalardan bazıları, Vicente ve Tabak (2008), Caldeira ve diğerleri (2010), Almeida ve diğerleri (2007), Dauwe ve Moura (2011), Koopman ve diğerleri (2007), De Pooter (2007), Moench (2012), Nyholm ve Vidova-Koleva (2010), Diebold ve diğerleri (2006), Bolder ve Liu (2007) ile Bolder (2006) olarak karşımıza çıkmaktadır.

Söz konusu çalışmalardan Nyholm ve Vidova-Koleva (2010) ve Vicente ve Tabak (2008); DNS, "aslen afin" modeller ve getirilerin tesadüfi zaman sürecini izlediği modellerin öngörü performanslarını karşılaştırmış ve

sırasıyla ABD ve Brezilya'nın kuponsuz kıymet getirilerinin uzun vadeli öngörülerini için DNS'nin daha başarılı tahminler sunduğunu bulmuşlardır. De Pooter (2007) ise değişik "tutumlu" modellerinin öngörü performanslarını değerlendirmiş ve dört faktörlü modellerin ABD kuponsuz senet getirilerinin hem örneklem içi hem de örneklem dışı tahmin performansını artırdığını ifade etmiştir. Dauwe ve Moura (2011) temel bileşenler modellemesi çerçevesinde avro cinsinden faiz oranları için swap fonlama eğrisi öngörülerini oluşturmuş ve bu model çerçevesinde oluşturulan getiri öngörülerinin DNS'nin öngörülerinden daha başarılı sonuçlar ortaya koyduğunu göstermiştir. Diebold ve diğerleri (2006), DNS'ye makro değişkenler eklemenin ABD senetleri için kuponsuz getiri öngörü performansını artırdığını belirtmiş, Moench (2012) ise düzey, eğim ve kıvrım faktörlerine etki eden şokların gelecekteki getiri eğrileri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bolder (2006) ve Bolder ve Liu (2007) Kanada'nın kuponsuz senetleri için getiri eğrilerini DNS ve "aslen afin" modellerin de içerisinde yer aldığı birçok model çerçevesinde karşılaştırmış, DNS'nin hem örneklem içi hem de örneklem dışı öngörü performanslarının diğer modellere kıyasla daha başarılı sonuçlar verdiğini göstermiştir. Almeida ve diğerleri (2007) ise DNS ve DENS'nin öngörü performanslarını Brezilya bankalararası para piyasası faiz oranları için karşılaştırmış ve DENS'nin kısa vadeli faiz oranlarının öngörülerini için daha başarılı performans gösterdiğini belirtmiştir. Tüm bu çalışmalardan çıkan iki önemli sonuç şunlardır: 1) Makroekonomik değişkenlerin modele dâhil edilmesi modelin getiri öngörü başarısını artırmakta, dört faktörlü modeller ise üç faktörlü modellere kıyasla daha başarılı öngörüler oluşturmaktadır. 2) Modellerin öngörü performansları, incelenen dönemdeki yapısal belirleyiciler, öngörüler oluşturulan getirilerin vadesi ve ne kadar ileriye yönelik öngörüler oluşturulduğuna bağlı olarak değişmektedir. De Pooter ve diğerleri (2010) ile Bolder ve Romanyuk (2008) ise özellikle ikinci sonuca dikkat çekerek sırasıyla ABD ve Kanada'nın kuponsuz senetlerinin getirilerinin, farklı modellerden elde edilen öngörülerin birleştirilmesiyle elde edilecek birleştirilmiş öngörüler yardımıyla daha başarılı şekilde oluşturulabileceğini göstermişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de ihraç edilen sabit kuponlu ve iskontolu DİBS'lerin getirilerini DNS ve DENS kullanarak modellemek ve söz konusu modellerin hangi şartlar altında başarılı öngörüler oluşturduğunu tespit etmek olup, uygulanan yöntem ve karşılaştırılan modeller bakımından De Pooter (2007) ve Almeida ve diğerleri (2007) ile benzerlik göstermektedir. Çalışmanın giriş bölümünde uluslararası literatürdeki getiri eğrisi modelleri ve bu modellerin öngörü hatalarına ilişkin yapılan çalışmalar ortaya konmaya çalışılmıştır. Birinci bölümde, DİBS'lerin getiri eğrisi modellemesi konusunda şu ana kadar yapılan önemli çalışmalar ortaya konacak ve yaptığımız çalışmanın literatüre katkısı tartışılacaktır. İkinci bölümde, DNS ve DENS ile birlikte söz konusu modellerin örneklem dışı performanslarının karşılaştırılacağı alternatif temel öngörü modelleri tanıtılacaktır. Üçüncü bölümde ise kullanılacak veri setinin özellikleri ve sabit vadeli getirilerin tahmin edilmesi için kullanılan "Tıraşlanmamış Fama-Bliss" yöntemi tanıtılacak, DNS ve DENS için faktörlerin zaman serisi modelleri belirlenecektir. Dördüncü bölümde öngörülerin oluşturulma süreçleri ve öngörü performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan istatistikler tanıtılacaktır. Bu bölümde ayrıca modellerin farklı öngörü ufuklarında ve değişik vadelerdeki kıymetlerin getirilerini öngörü performansları tartışılacaktır. Son bölüm ise, çalışmayı özetleyerek sonuçları vurgulamakta ve çalışmaya ilişkin değerlendirmeler yer almaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

DİBS GETİRİ EĞRİLERİNİN MODELLENMESİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Literatürde, NS ve ENS'nin Türkiye'de DİBS'lerin anlık getiri eğrisini tahmin etmek için kullanıldığı, örneklem içi ve örneklem dışı performanslarının araştırıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Baki (2006) getiri eğrisi tahminini sadece kısa vadeli olan iskontolu bonolar üzerinden yapmış ancak, kuponlu tahvilleri de analizine dâhil etmemiştir. Bu çalışmada getiri eğrilerinin tahmininde, McCulloch'un “spline” bazlı modeli ve NS kullanılmıştır. Veri seti olarak Ocak 2005-Haziran 2005 arası kuponlu bonoların günlük fiyatları tercih edilmiş, McCulloch modeli ve NS'nin örneklem içi performansları karşılaştırılarak McCulloch modelinin getirilerin tahmin edilmesinde NS'den daha iyi performans gösterdiği gösterilmiştir. Memiş (2006) ise McCulloch modeli ve NS'ye, ENS'yi de dâhil ederek elde edilen getiri eğrisi tahminlerinin hem örneklem içi hem de örneklem dışı performanslarını karşılaştırmıştır. Yapılan analizde, 2002–2005 yılları arasındaki aylık ikincil piyasa fiyat verileri kullanılmış, ENS'nin hem gözlem içi hem de gözlem dışı tahminler açısından en iyi sonuçları sağladığı tespit edilmiştir. Teker ve Gümüşsoy (2005), ENS'yi ikinci, üçüncü, dördüncü ve altıncı dereceden polinom fonksiyonlar ile elde edilen getiri eğrisi tahminleriyle karşılaştırmıştır. Bu çalışmada Baki (2006)'nin çalışmasına benzer şekilde getiri eğrileri günlük olarak tahmin edilmiş, veri seti 1 Aralık 2001–8 Mart 2004 dönemini kapsayan günlük hazine bonusu fiyatlarından oluşmuştur. Araştırma sonucunda, örneklem içi tahmin performansları açısından kısa vadeli ve uzun vadeli getirilerin en başarılı şekilde sırasıyla 6. dereceden polinom fonksiyonları ve ENS ile elde edildiği gösterilmiştir. Akıncı ve diğerlerinin (2006) yaptığı çalışma ise uzun dönemli sabit kuponlu tahviller de modele dâhil edilerek ENS çerçevesinde getiri eğrisi tahminleri oluşturan ilk çalışmadır.

Beş yıllık sabit kuponlu tahvilin işlem görmeye başladığı 16 Şubat 2005 veri setinin başlangıç tarihi olarak alınmış ve günlük getiri eğrileri İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB) bünyesindeki tahvil ve bono piyasasında işlem gören senetlerin fiyatları kullanılarak tahmin edilmiştir. Sabit kuponlu tahvillerin tüm nakit akımlarının bugünkü değeri toplanarak bir fiyat fonksiyonu oluşturulmuş ve tahviller tahmin yöntemine dâhil edilmiştir. Tahminler, gerçekleşen fiyatlar ile tahmin edilen fiyatlar arasındaki farkın minimuma indirilmesi esasına dayandırılmıştır.

Alper ve diğerleri (2004), DİBS'ler için getiri eğrisinin zaman sürecinin incelendiği ilk çalışmadır. Bu çalışmada, getiri eğrileri ortogonal faktör modeli olarak formüle edilmiş ve modelin hem örneklem içi hem de geleceğe yönelik getiri öngörülerindeki başarısını gösteren örneklem dışı performansı değerlendirilmiştir. McCulloch modeli ve NS ile getiri eğrisi tahminleri oluşturulmuş ve bu getiri eğrisi tahminlerinden elde edilen 1, 2, 3, 6, 9, 10, 12, 14 ay vadeli getiriler kullanılarak getiri oynaklıklarını belirleyen ortogonal faktörler ve açıklayıcı değişkenler ile faktörlerin zaman serisi modellemesi belirlenmiştir. Veri seti olarak Ocak 1992-Mart 2003 arası elde edilen aylık getiriler kullanılmıştır. Faktörlerin belirlenmesinde en çok benzerlik yöntemi benimsenmiş ve faktörlerin zaman içerisindeki değişimini açıklayan en iyi zaman serisi modelinin; koşullu ortalaması üçüncü dereceden ardışık bağımlı, koşullu varyansı ise “Genelleştirilmiş Ardışık Bağımlı Koşullu Değişen Varyans (GARCH)” süreci izleyen AR(3)-GARCH(1,1) zaman serisi olduğu belirtilmiştir. Faktörlerin zaman içerisinde tesadüfi hareket ettiği model baz olarak kabul edilerek, AR(3)-GARCH(1,1) modelinin performansı tesadüfi hareket modeli ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada, Ocak 1992-Ocak 1997 verileri faktörlerin tahmin edilmesi için kullanılmış ve artan veri seti kullanılarak Ocak 1997-Mart 2003 dönemi için 1 aydan başlamak üzere 1 yıla kadar ileriye yönelik getiri eğrisi tahminleri oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda, iskontolu T.C. Hazine bonolarının getiri eğrilerinin zaman içerisinde dinamik olarak hareket eden 3 faktör tarafından karakterize edilebildiği gösterilmiştir. İleriye yönelik öngörü hatalarının ortalama karekökü kullanılarak, AR(3)-GARCH(1,1) ve tesadüfi hareket süreçlerini izleyen 3 faktörlü modellerin değişik vadelerdeki getirileri tahmin etme performansları

ölçülmüştür. Faktörlerin AR(3)-GARCH(1,1) zaman serisi olarak hareket ettiği modellerin ileriye yönelik öngörü hatalarının ortalama kareköklerinin (RMSE) her vadede daha düşük gerçekleştiği gösterilmiştir.

Artam (2006) ve İren (2009), makro değişkenlerin de modele dâhil edildiği DNS'yi kullanarak söz konusu getiri eğrilerinin zaman serilerini incelemiş ancak modellerin gelecekte oluşacak getirileri öngörme başarıları konusunda herhangi bir örneklem dışı performans çalışması yapmamışlardır. Artam (2006), makro verilerin de analize dâhil edilerek DNS çerçevesinde iskontolu T.C. Hazine bonolarının getirilerini modelleyen ilk çalışmadır. Bu çalışma Ang ve Piazzesi (2003) tarafından geliştirilen ve makro değişkenlerin de dâhil edildiği arbitraja imkân tanımayan afin getiri eğrisi modeli, makro değişkenlerin dâhil edildiği DNS ve bu çalışmada ilk defa geliştirilen afin getiri eğrisi modellerinin analizini ortaya koymaktadır. Analiz sonuçlarına göre, afin modellerin örneklem içi getiri tahmin performanslarının düşük olduğu görülmektedir. DNS getirileri hemen hemen hatasız tahmin etmekle birlikte, gerçekleşmiş getiriler olarak belirtilen değerler zaten NS çerçevesinde tahmin edildiğinden dolayı, DNS tahminlerinin başarılı olması yanıltıcı sonuçlar verebilecektir. Bu durum Bolder (2006) tarafından da özellikle belirtilmekte ve sabit vadeli getirilerin oluşturulmasında kullanılan yöntemin seçimine özen gösterilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

İren (2009), makroekonomik verilerin de analize dâhil edilerek DNS çerçevesinde iskontolu T.C. Hazine bonolarının getirilerini modelleyen ikinci çalışmadır. İren (2009) tarafından yapılan çalışmada, Artam (2006)'ın yaptığından farklı olarak makro-finans modelleri için günlük getiri verileri kullanılmış, modele konu getiri verileri Ocak 2003-Mart 2009 yılları arasındaki 3, 6,12 ve 24 ay vadeli iskontolu bonolar için günlük fiyatlardan NS metodu ile türetilmiştir. Çalışmada, Artam (2006) tarafından geliştirilen afin getiri eğrisi modeli ile DNS makro değişkenler de dâhil edilerek analiz edilmiştir. DNS'ye dâhil edilen makro değişkenler olarak gecelik borç verme faiz oranı, tüketici fiyat indeksi, toptan eşya fiyat indeksi ve kapasite kullanım oranı seçilmiştir. Söz konusu değişkenlerin sırasıyla para politikası uygulaması, enflasyon ve ekonominin gerçek üretim düzeyi göstergeleri olarak seçildiği

belirtilmiştir. Araştırma sonucunda, DNS makro-finans modeli çerçevesinde elde edilen getiri eğrisinin gerçek getirileri tahmin etmede başarılı olduğu ve gecelik borç verme faiz oranları ile getiri eğrisinin eğimini belirleyen gizli durum değişkeninin, diğer durum değişkenlerindeki değişimi açıklamada en önemli faktörler olarak öne çıktığı bulunmuştur. Artam (2006) tarafından geliştirilen afin getiri eğrisi modelinin, getirileri tahmin etmedeki başarısı ise çok düşük seviyede kalmıştır. Ancak, Artam (2006)'ın çalışmasına ilişkin değerlendirmede de belirtildiği üzere, belirtilen vadelerdeki gerçek getirilerin NS çerçevesinde tahmin edilmesinden dolayı bu çalışmada da DNS tahminlerinin başarılı olması yanıltıcı sonuçlar verebilecektir.

Yukarıdaki çalışmalardan farklı olarak Gürcihan (2004), DNS'yi doğrudan getiri eğrilerinin dinamik yapısını modellemek için değil, bu modeli kullanarak T.C. Hazine Müsteşarlığı'nın farklı kamu borçlanma stratejilerinin değerlendirilmesi amacıyla tercih etmiştir. Bu çalışma getiri eğrisi kullanılarak oluşturulacak geleceğe yönelik getiri öngörülerinin T.C. Hazine Müsteşarlığı tarafından finansman maliyetleri ve risklerine ilişkin ne gibi değerlendirmeler yapabileceğine güzel bir örnek teşkil etmektedir. Çalışmada, NS parametreleri Haziran 2001-Temmuz 2004 tarihleri arasındaki her ay için iskontolu T.C. Hazine bonolarının getirileri kullanılarak tahmin edilmiş, simülasyonlar ile 2005–2009 yılları için oluşturulan getiri eğrileri kullanılarak farklı kamu borçlanma stratejileri Mutlak Riske Maruz Maliyet, Görelî Riske Maruz Maliyet ile Görelî Risk ölçütleri çerçevesinde karşılaştırılmıştır. DNS getiri eğrisi çalışması sonucunda genel gözlemin aksine, uzun vadeli getirilerdeki dalgalanmaların kısa vadeli getirilere oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Risk analizi sonuçlarından ise, kısa vadeli finansman stratejilerinin uzun vadeli finansman stratejilerine kıyasla ortalamada daha az maliyetli; kuponlu tahvillerin ise iskontolu bonolara kıyasla daha maliyet riskini azaltan finansman enstrümanları olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

DİBS'lerin getiri eğrilerinin modellenmesi konusundaki literatür incelememizde, getiri eğrisinin zaman süreci çerçevesindeki incelemesinin DENS kullanılarak yapıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Oysa ki, Cochrane ve Piazzesi (2005) tarafından yapılan çalışmada da belirtildiği

üzere dördüncü temel bileşenin (getiri eğrilerinin temel bileşenler modellemesindeki dördüncü temel bileşenin DENS'deki ikinci kıvrımın büyüklüğünü belirleyen faktöre denk geldiği düşünülebilir.) modele dâhil edilmesi, üç faktörlü modellerin yeterli olduğu ABD borçlanma senetlerinin getirilerinin bile gelecekteki yapısını öngörmeye önemli bir iyileştirme sağlamaktadır. Bu çalışmada, anlık getiri eğrilerinin daha iyi tahmin edilmesi için dördüncü faktöre ihtiyaç duyulduğu Türkiye gibi gelişmekte olan ülke ekonomilerinde, getiri öngörülerinde DENS ile önemli bir iyileştirme sağlanabileceği düşünülerek bu konuda literatüre katkı yapmak amaçlanmıştır.

Diğer taraftan DİBS getiri eğrisi modellerinin örneklem dışı öngörü performanslarının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar çok sınırlı seviyede kalmıştır. DNS'nin öngörü performansı ya uluslararası literatürde performansı çok düşük olarak bilinen modeller ile karşılaştırılmış ya da karşılaştırma sonuçlarının güvenilirliğinin sorgulanmasına yol açabilecek veri seti kullanım hataları yapılmıştır. Birçok ülkede yapılan çalışmalarda, getirilerin tesadüfi bir hareket süreci izlediği varsayımına dayanan getiri eğrisi öngörülerinin, içerisinde DNS, DENS ve afin getiri eğrisi modellerinin de bulunduğu alternatif modelleme yöntemlerinin öngörülerinden daha iyi performans gösterebildiği belirtilmektedir. Bu çalışmada, DNS ve DENS'nin öngörü performansları, sabit vadeli getirilerin zaman serisi modellerinin temel öngörü performansları ile karşılaştırılarak, DNS ve DENS'nin öngörü başarıları hakkında daha fazla bilgi sahibi olunacaktır. Sabit vadeli getirilerin zaman süreçlerinin elde edilmesinde "Tıraşlanmamış Fama-Bliss" yöntemi uygulanarak elde edilen getiri öngörü performanslarının herhangi bir model için avantaj sağlamaması ve model öngörü performanslarının daha adil sonuçlar vermesi sağlanacaktır. Bu çerçevede çalışma, DENS'nin DİBS'lerin getirilerinin tahmini için uygulanan ilk çalışma olup, DNS ve DENS'nin örneklem dışı performansları ile modellerin gelecekteki getirileri öngörmedeki başarısını değerlendiren bir araştırma olacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

GETİRİ EĞRİSİ MODELLERİ

2.1. NS ve DNS

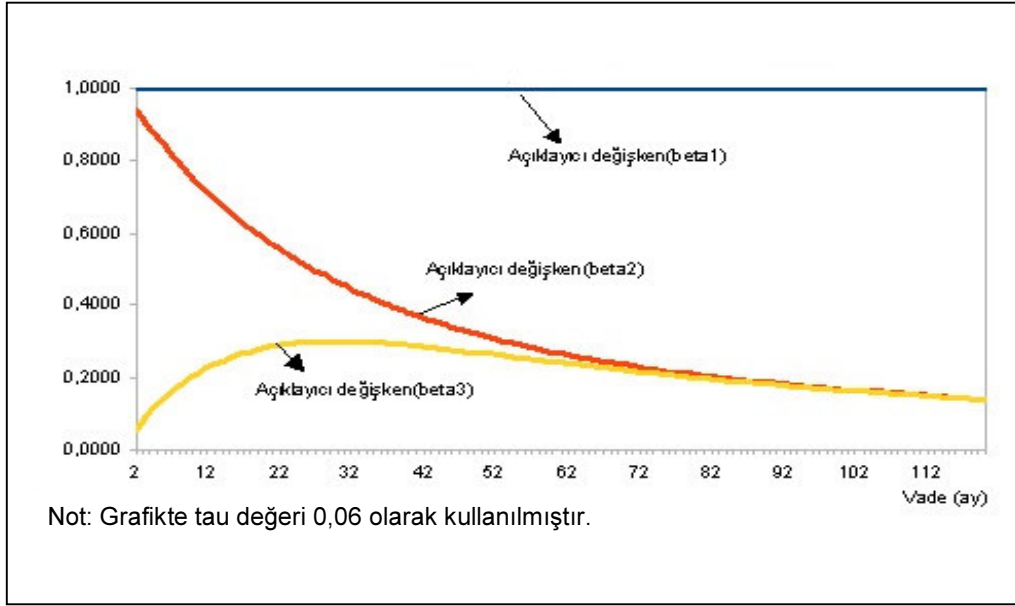
Nelson ve Siegel (1987) anlık ileri valörlü oranların en iyi polinomlar ile üstsel yapıdaki azalan bir terimin çarpımından oluşan Laguerre fonksiyonlar ile benzeştirilebileceği iddiasında bulunmaktadır. NS'de anlık ileri valörlü oranlar zaman içinde ikinci dereceden fark denkleminin köklerinden türetilmekte, sürekli bileşik getiri ise anlık ileri valörlü oranlardan $Y_t(\tau) = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau f_t(x) dx$ eşitliği kullanılarak elde edilmektedir.

$$Y_t(\tau) = \beta_{1t} + \beta_{2t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_{1t}\tau}}{\lambda_{1t}\tau} \right) + \beta_{3t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_{1t}\tau}}{\lambda_{1t}\tau} - e^{-\lambda_{1t}\tau} \right) + \varepsilon_t(\tau) \quad (2.1)$$

NS, monotonik ve tümsek şekillerini içeren birçok vade yapısı şekli ile uyumlu olup, uzun dönemde anlık ve ileri valörlü faiz oranlarının asimtotik yakınsamasına izin vermektedir. β_{1t} , β_{2t} , β_{3t} ve λ_{1t} getirilerin vade yapısının şeklini belirleyen parametrelerdir. β_{1t} 'de bir değişim, getiri eğrisinin düzeyindeki değişimi, β_{2t} 'de bir değişim eğrinin eğimindeki değişimi, β_{3t} 'deki bir değişim eğrinin kıvrım büyüklüğündeki değişimi, λ_{1t} 'deki bir değişim ise kıvrım yerinin hangi vadede oluşacağını belirlemektedir (Grafik 2.1).

β_{1t} , vadeye kalan gün sonsuza giderken getirilerin limit değerine eşittir. Bu parametre, DİBS piyasası katılımcılarının ekonominin durağan düzeyindeki faiz beklentisini vermekte ve uzun dönemli faiz oranlarını belirleyen parametre ya da düzey faktörü olarak adlandırılmaktadır. Bu parametrenin düzey faktörü olarak adlandırılmasındaki neden ise faktör yüklemesinin sabit bir sayı olması ve dolayısıyla faktör değerindeki bir artışın tüm getirileri eşit şekilde artıracak olmasıdır.

β_{2t} , kısa vadeli faiz oranlarını belirleyen parametre ya da getiri eğrisinin eğimini belirleyen faktör olarak adlandırılmaktadır. Vadeye kalan gün sayısı sifıra yaklaşırken, faiz oranları $\beta_{1t} + \beta_{2t}$ 'ye yakınsamaktadır. Bir önceki paragrafta belirtildiği üzere β_{2t} uzun vadeli faizin düzeyini belirlemekte, dolayısı ile β_{2t} uzun ve kısa vadeli faiz oranları arasındaki farkı göstermektedir. β_{2t} 'deki bir artış, kısa vadeli faiz oranları ile uzun vadeli faiz oranları arasındaki farkı artıracığından, β_{2t} getiri eğrisinin eğimini belirlemektedir. Bu parametrenin açıklayıcı değişkeni, vade sifıra yaklaşırken bire yakınsamakta ve vade artıkça sifıra doğru azalmaktadır. β_{2t} 'deki bir değişimin en çok kısa vadeli faiz oranlarını etkilediğinden hareketle, bu parametreye ayrıca kısa dönemli faiz oranlarını belirleyen parametre de denilmektedir.



Grafik 2.1 : NS'nin Açıklayıcı Değişkenlerinin Vadeye Göre Değişimi

β_{3t} , getiri eğrisinin kıvrım faktörü ya da orta vadeli faiz oranlarını belirleyen parametre olarak adlandırılmaktadır. β_{3t} 'deki artış, çok kısa ve çok uzun vadeli faizlerde çok az bir değişime neden olurken, en büyük etki orta vadeli faizlerde görülmektedir. Bu durum, parametreye tekabül eden açıklayıcı değişkenin vade fonksiyonundan da görülebilmektedir. Vadeye kalan gün sayısı sifıra ya da sonsuza yaklaştığında açıklayıcı değişken sifıra yakınsamakta, orta vadelerde ise λ_{1t} 'nin pozitif ya da negatif olmasına göre

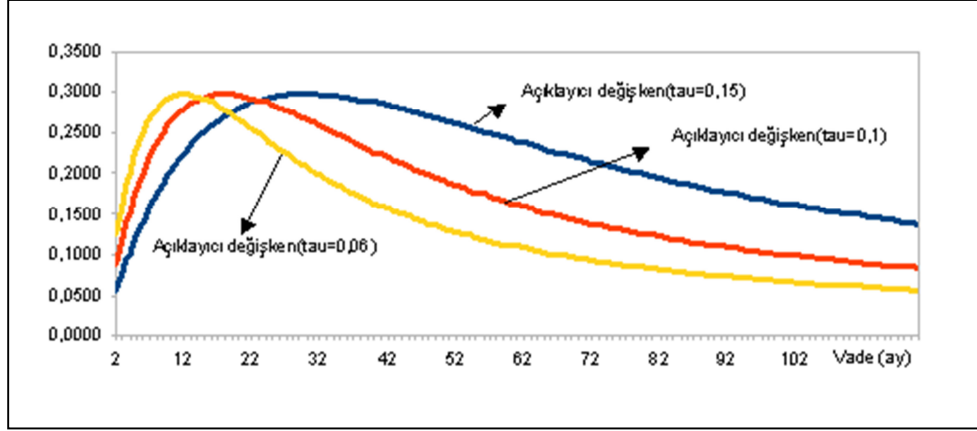
sırası ile tümsek ve çukur şeklini almaktadır. Dolayısı ile β_{3t} , getiri eğrisindeki kıvrımın büyüklüğünü belirlemekte ve kıvrım faktörü olarak adlandırılmaktadır.

λ_{1t} , getiri eğrisindeki kıvrımın yerinin hangi vadede oluşacağını belirlemekte ve azalma katsayısı olarak adlandırılmaktadır. λ_{1t} 'nin küçük ya da büyük değerler alması, getiri eğrisindeki kıvrım yerinin sırası ile daha uzun ya da kısa vadelerde gerçekleşmesine yol açmaktadır (Grafik 2.2). Ayrıca, λ_{1t} değeri, vade uzarken β_{2t} ve β_{3t} katsayılarına tekabül eden açıklayıcı değişkenlerin sıfıra yakınsama hızını belirlemektedir. Küçük λ_{1t} değerlerinde vade uzarken açıklayıcı değişkenler daha kısa sürede sıfıra yakınsamakta, bu nedenle küçük λ_{1t} değerleri, getiri eğrisinin kısa vadeli ucundaki kıvrımlara daha iyi örtüşme sağlarken, yüksek λ_{1t} değerleri getiri eğrisinin uzun vadeli ucunun daha iyi örtüşmesine imkân tanımaktadır (Akıncı ve diğerleri, 2006).

NS'nin parametrik formunun iktisadi açıklaması ise Akıncı ve diğerleri (2006) tarafından şu şekilde yapılmıştır;

"Bu parametrik formun iktisadi açıklaması; getiri eğrisinin kısa vadeli para politikası beklentilerinden kaynaklanan değişik vadelerdeki fiyatlandırmaları yakalayan bir bileşen, orta vadeli konjonktür dalgalanması beklentilerinden, enflasyondan ve ilgili dönemdeki para politikası kararlarından kaynaklanan fiyatlandırma davranışını yakalayan, böylece getiri eğrisinde bir kıvrım olmasına izin veren bir bileşen, uzun vadede ekonominin durağan düzeyindeki faiz beklentisini yakalayan bir bileşen olarak düşünülerek yapılabilir."

Diebold ve Li (2006), NS parametrelerini sırasıyla düzey, eğim ve kıvrım faktörleri olarak açıklayan ilk çalışmadır. Çalışmada, bu faktörlerin AR(1) ya da VAR(1) zaman süreçleri izlediği varsayımları yapılarak NS getiri eğrisi modeline dinamik bir yapı kazandırılarak geleceğe yönelik getiri öngörülerinin oluşturulmasına imkân tanınmıştır. Diğer bir ifadeyle DNS, 2.1 sayılı denklemde verilen ve getiriler ile faktörler arasındaki ilişkiyi gösteren "ölçüm denklemleri" ile faktörlerin zaman serilerini açıklayan "dönüşüm denklemleri"nin birleşmesinden oluşmaktadır.



GRAFİK 2.2 : Kıvrım Faktörünün Açıklayıcı Değişkenlerinin tau Parametresine Göre Değişimi

Almeida ve diğerleri (2007), Caldeira ve diğerleri (2010) ile De Pooter (2007)'nin de dâhil olduğu literatürdeki birçok çalışma, Diebold ve Li (2006) tarafından dönüşüm denklemleri için tercih edilen AR(1) ve VAR(1) zaman serisi modellerine sadık kalmışlardır. Bu çalışmaların birçoğunun diğer bir ortak özelliği ise faktörlerin zaman serilerinin durağan olmamasına rağmen faktör değişkenlerinin durağan bir yapıya dönüştürülmeden modellerin öngörü performanslarının karşılaştırılmasıdır. Diğer taraftan Dauwe ve Moura (2011), DNS faktörlerinin istatistiksel zaman serisi özelliklerini inceleyerek faktörlerin en iyi AR(2) modeli çerçevesinde tahmin edilebileceğini göstermiş ve durağan zaman serileri elde etmek için fark fonksiyonlarını kullanmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde faktörlerin zaman serilerinin istatistiksel özellikleri incelenerek durağan zaman serileri ve bu zaman serilerini en iyi yansıtan modeller belirlenecek, dördüncü bölümünde ise söz konusu modellerin performansları farklı öngörü ölçüm istatistikleri çerçevesinde karşılaştırılacaktır.

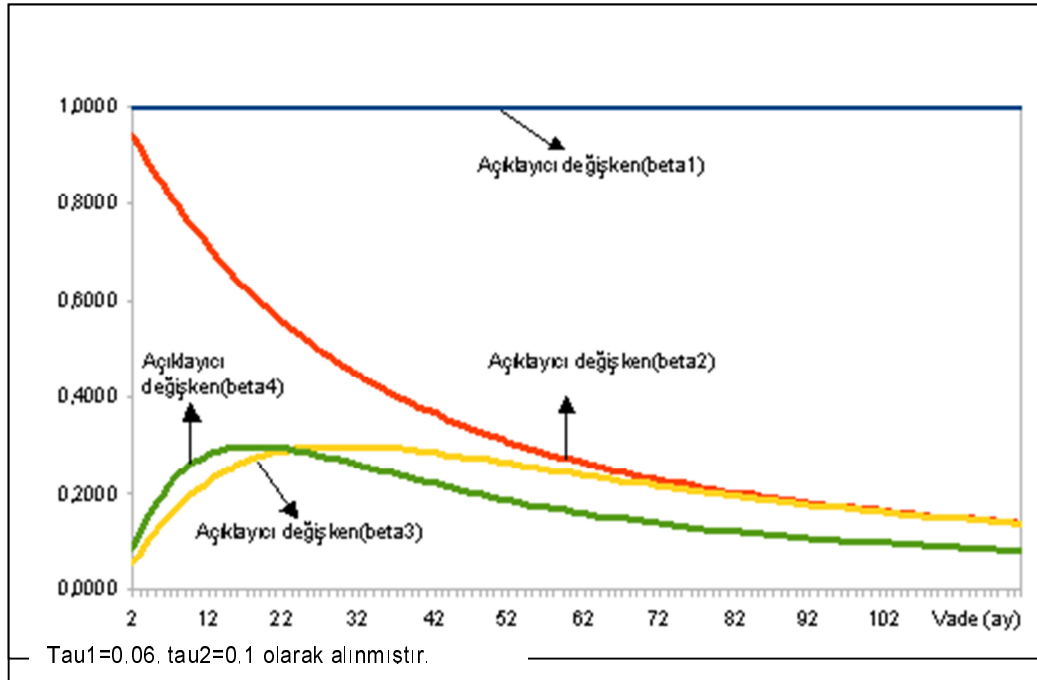
2.2. ENS ve DENS

Geliştirilmiş Nelson-Siegel modeli ilk olarak Svensson (1994) tarafından önerilmiş olup literatürde Svensson modeli olarak da adlandırılmaktadır. Svensson (1994), getiri eğrilerinin esnekliği ve uyumunu geliştirebilmek için Nelson-Siegel fonksiyonunu yeni bir azalma katsayısı tarafından belirlenen ikinci bir kıvrıma izin verecek şekilde genişletmiştir. İkinci kıvrım faktöründe dâhil edilmesiyle oluşturulan dört faktöre dayalı

ENS, vade ile getiriler arasındaki ilişkiyi ikisi azalma katsayısı olmak üzere altı parametreye dayandırarak açıklamaktadır.

$$Y_t(\tau) = \beta_{1t} + \beta_{2t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_{1t}\tau}}{\lambda_{1t}\tau} \right) + \beta_{3t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_{1t}\tau}}{\lambda_{1t}\tau} - e^{-\lambda_{1t}\tau} \right) + \beta_{4t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_{2t}\tau}}{\lambda_{2t}\tau} - e^{-\lambda_{2t}\tau} \right) + \varepsilon_t(\tau) \quad (2.2)$$

Bu fonksiyonel formda, NS'de getiri eğrisinin şeklini belirleyen dört parametreye ek olarak β_{4t} ve λ_{2t} parametreleri de tahmin edilmektedir. β_{4t} getiri eğrisindeki ikinci kıvrımının büyüklüğü ve yönünü, λ_{2t} ise getiri eğrisindeki ikinci kıvrımın yerini belirlemektedir (Grafik 2.3). β_{4t} , getiri eğrisinin ikinci kıvrım faktörü olup, orta vadeli faiz oranlarını belirleyen ikinci parametre olarak ortaya çıkmaktadır. β_{4t} 'deki değişimin kısa ve uzun vadeli faiz üzerindeki etkisi sınırlı kalırken, en büyük etki orta vadeli faizlerde görülmektedir.



Grafik 2.3 : ENS'nin Açıklayıcı Değişkenlerinin Vadeye Göre Değişimi

Eklenen iki parametre, modelin asimptotik yakınsama özelliğini koruyarak esnekliğinde ciddi bir artış sağlamak ve bu nedenle ENS fonksiyonel formu daha karmaşık vade yapılarına sahip olan özellikle gelişmekte olan ülkelerin ihraçlarının getirilerini açıklamak için daha ideal bir modelleme yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim Akıncı ve diğerleri

(2006); Türkiye'de getiri eğrisi tahmininde sabit kuponlu kâğıtların da analize dâhil edilmesi ve söz konusu senetlere ilişkin risk priminin de getiri eğrisine eklenebilmesi amacıyla getiri eğrilerinde ikinci bir kıvrımın oluşmasına izin verilmesinin, tahmin edilen eğrinin iktisadi olarak daha etkin bir biçimde analiz edilmesine imkân vereceğinin düşünüldüğünü belirtmektedir.

Almeida ve diğerleri (2007), De Pooter (2007) ile Diebold ve Li (2006) tarafından NS'ye uygulanan yöntemi takip ederek ENS'ye dinamik bir yapı kazandırmıştır. Bu model literatürde DENS olarak adlandırılmakta ve 2.2 sayılı denklemdeki getiriler ile faktörler arasındaki ilişkiyi gösteren ölçüm denklemleri ile faktörlerin zaman serilerini açıklayan dönüşüm denklemlerinin birleşmesinden oluşmaktadır.

DENS, getiri eğrilerinin dinamik modellemesinde göreceli olarak yeni kullanılmaya başlanan bir model olup bu modelin uygulamasına yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan Almeida ve diğerleri (2007) ile De Pooter (2007) en dikkat çeken araştırmalar olup her iki çalışmada da DENS'deki dönüşüm denklemleri faktörlerin AR(1) ya da VAR(1) zaman süreçleri izlediği varsayımlarına dayandırılmaktadır. Ancak, DNS'de olduğu gibi faktörlerin zaman serilerinin en uygun şekilde modellenebilmesi amacıyla dönüşüm denklemleri için kullanılacak modeller "Ardışık Bağlanımlı Hareketli Ortalama" (ARMA) yapılarının dâhil olduğu farklı ortalama değer modelleri GARCH yapılarının dâhil olduğu ardışık bağlanımlı koşullu varyans modellerini içerecek şekilde genişletilebilir. Çalışmanın üçüncü bölümünde faktörlerin zaman serilerinin istatistiksel ve zaman serisi özellikleri değerlendirilerek dönüşüm denklemleri için araştırmanın amacı da dikkate alınarak en uygun zaman serisi formülasyonu belirlenecek, dördüncü bölümde ise belirlenen modellerin getiri öngörülerinin performansı değerlendirilecektir.

2.3. Sabit Vadeli Getirilerin Zaman Serisi Modelleri

DNS ve DENS'nin ileriye yönelik getiri öngörülerindeki gerçek performanslarının değerlendirilmesi amacıyla, sabit vadeli getirilerin ya da getiri değişimlerinin ardışık bağlanım veya vektörel ardışık bağlanımlı

süreçler izlediği varsayılan modeller ile sabit vadeli getirilerin tesadüfi hareket ettiği varsayımı ile oluşturulan modeller de literatürdeki birçok çalışmada analizlere dâhil edilmiştir. DNS ve DENS'nin öngörü hatalarının söz konusu alternatif modellerin öngörü hataları ile karşılaştırılması, getiri eğrilerinin DNS ve DENS ile dinamik bir zaman süreci olarak modellenmesi yönteminin örneklem dışı performanslarının başarısı hakkında nicel veriler sunmaktadır.

Amaç, sabit vadeli getirilerin zaman süreçlerini modelleyerek, söz konusu vadelerde ileriye yönelik getiri öngörülerini oluşturmak olmakla birlikte, her bir zaman dilimi için tüm vadelerde, piyasada gözlemlenen gerçek getiriler bulunmamaktadır. Genel olarak iskontolu bonolar ve kuponlu devlet tahvillerinden sabit vadeli getirilerin zaman serilerinin türetilmesinde enterpolasyon yöntemleri tercih edilmektedir. Literatürde birçok farklı enterpolasyon yöntemi bulunmakla birlikte getiri eğrisi modellerinin öngörü performanslarının karşılaştırıldığı birçok çalışmada (Diebold ve Li, 2006; Mönch, 2008; De Pooter ve diğerleri, 2010) sabit vadeli getirilerin tahmin edilmesinde "Tıraşlanmamış Fama-Bliss" yönteminin kullanılması tercih edilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

VERİ SETİ VE GETİRİ MODELLERİNİN BELİRLENMESİ

3.1. Veri Seti

Bu çalışmada kullanılan getiri bilgileri, İMKB bünyesindeki tahvil ve bono piyasasında işlem gören DİBS'lerden elde edilmiştir. Hazine Müsteşarlığı; TL cinsinden iskontolu, sabit ve değişken kupon ödemeli senetler ve döviz cinsinden borçlanma senetleri olmak üzere genel olarak dört temel çeşit DİBS ihraç etmekle birlikte bu çalışmada sadece iskontolu ve sabit kupon ödemeli DİBS'ler analize dâhil edilmiştir. Hem iskontolu hem de sabit kuponlu senetlerin veri setinde kullanılması ile getiri eğrilerinin göreceli olarak daha uzun vadeli ucundaki getirilerin daha hassas tahmin edilmesi ve uzun vadeli getirilere ilişkin öngörüler oluşturulabilmesi amaçlanmıştır.

Toplanan veriler, 02.01.2009–28.09.2012 dönemine ait Hazine bonoları ve sabit kuponlu senetlerin bileşik getirilerinden oluşmaktadır. Analizde İMKB tarafından yayınlanan günlük bültenden elde edilen getiri verileri kullanılmakta ve veriler sadece aynı gün valörlü işlemleri içermektedir. İMKB tarafından açıklanan bileşik getiriler, sabit kupon ödemeli kıymetlerin kirliliği fiyatları üzerinden hesaplanmakta olup, kıymetlerin içsel bileşik faiz oranlarını yansıtmaktadır. İkincil piyasada gerçekleşmiş her biri farklı vadelerdeki getiri setinden “Tıraşlanmamış Fama-Bliss” yöntemi ile analize konu her bir gün için ayrı ayrı ileri valörlü anlık faiz oranları tahmin edilmiştir. İleri valörlü anlık faiz oranları, [1, 2, 3, 4, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36] ay olarak belirlenen sabit vade setindeki her bir vade için getiri oranlarının zaman serilerinin hesaplamasında kullanılmıştır.

Sabit vade setinin üç yıl ile sınırlandırılmasında özellikle 2009 ve 2010 yıllarında hemen hemen her bir gün için ikinci piyasada işlem gerçekleşerek fiyatı belirlenen uzun vadeli kıymet bulunmaması etkili

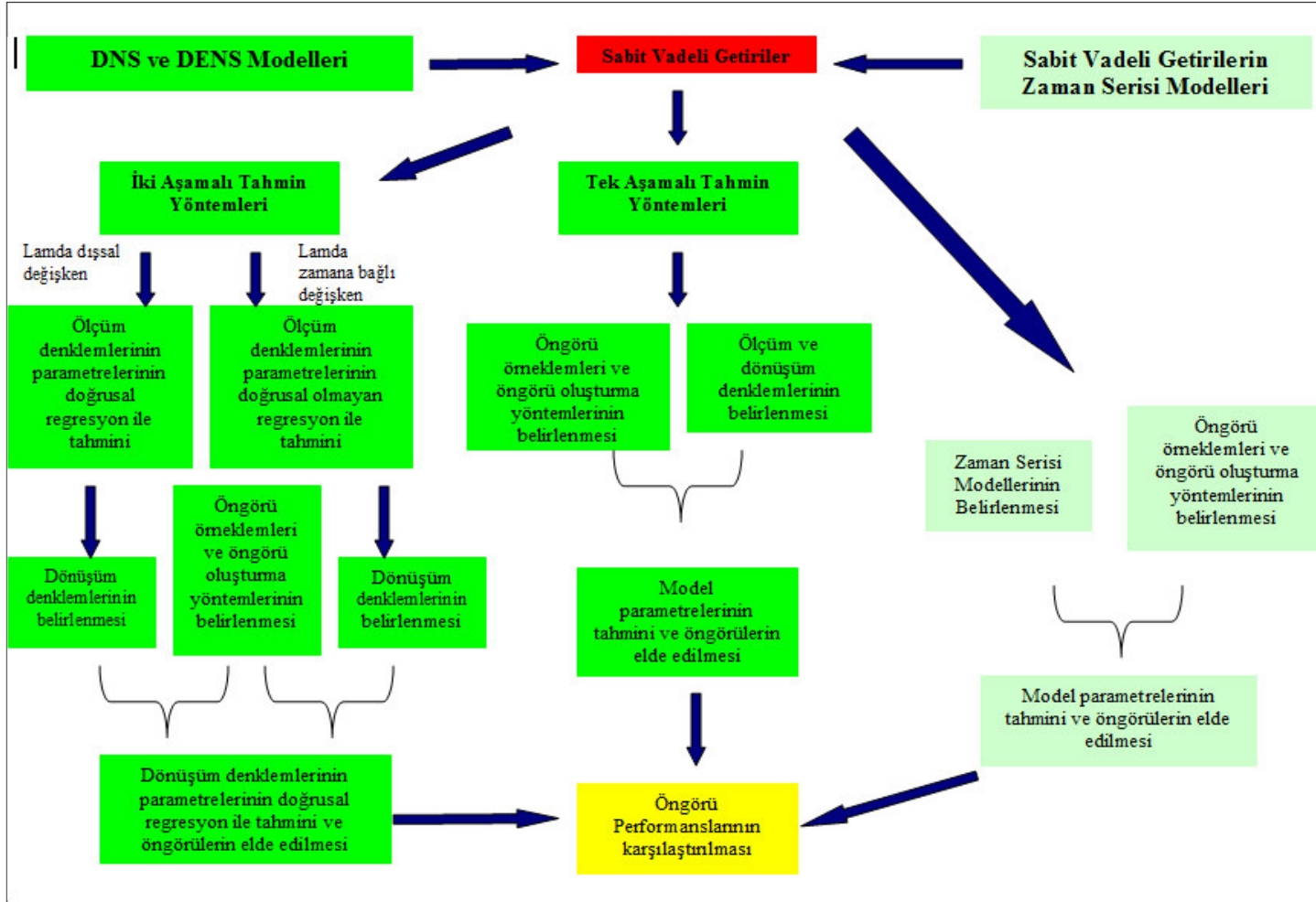
olmuştur. Vade setinin üç yıl ile sınırlanması, 2009 ve 2010 yıllarındaki getiri verisi elde edilemeyen toplam gün sayısını 14'e indirmektedir. Söz konusu vadelerdeki eksik getiri bilgileri ise işlem gören uzun vadeli kıymetlerin zaman serilerinden doğrusal enterpolasyon yöntemi kullanılarak elde edilmiş ve analize dâhil edilmiştir.

3.2. Modellerin Oluşturulması ve Tahmin Yöntemleri

DNS, DENS ve sabit vadeli getirilerin zaman serisi modellerinin belirlenmesi ve model parametrelerinin tahmin edilmesi süreçlerinde literatürde kullanılan alternatif metotlar Şekil 3.1'de özetlenmiştir. Burada vurgulamak istediğimiz önemli bir husus, modellerin öngörü performanslarının daha doğru karşılaştırılabilmesi amacıyla DNS ve DENS için de bölüm 3.1.'de tanıtılan ham getiri verileri yerine, söz konusu getiri verilerinden elde edilen sabit vadeli getirilerin zaman serilerinin tercih edilmiş olmasıdır.

Sabit vadeli getirilerin istatistiki özelliklerinden yararlanılarak sabit vadeli getirilerin zaman serisi modellemesi yapılabilmektedir. Ancak, DNS ve DENS'te getiri eğrilerinin zaman serisi modellemesine ihtiyaç duyulmakta, bu nedenle söz konusu modellerin tahmin süreci daha karmaşık bir yapıyı gerekli kılmaktadır.

DNS ve DENS'in parametrelerini belirlemek amacıyla literatürde sıklıkla kullanılan iki temel tahmin yaklaşımı bulunmaktadır; tek aşamalı tahmin yöntemleri ve iki aşamalı tahmin yöntemleri. İki aşamalı tahmin yöntemlerinde, getiriler ile faktörler arasındaki ilişkiyi gösteren "ölçüm denklemleri" ile faktörlerin zaman serilerini açıklayan "dönüşüm denklemleri"nin parametreleri iki ayrı regresyon ile tahmin edilmektedir. İlk olarak "ölçüm denklemleri" tarafından belirlenen faktörler doğrusal ya da doğrusal olmayan regresyon ile tahmin edilmektedir. İkinci aşamada ise elde edilen faktör tahminlerinin zaman serileri oluşturulmakta ve faktör tahminleri gerçek faktör değerleri yerine konarak "dönüşüm denklemleri"nin katsayıları tahmin edilmektedir. İki aşamalı tahmin yöntemlerinde kullanılan regresyon modelinin doğrusal olup olmaması ise, azalma katsayısı değişkenlerine ilişkin



Şekil 3.1 : DNS, DENS ve Sabit Vadeli Getirilerin Zaman Serileri için Modelleme ve Tahmin Süreçleri

varsayımlara dayanmaktadır. Azalma katsayısı değişkenlerinin dışsal sabit bir değer olarak belirlenmesi, modellerin “ölçüm denklemleri”nin çözümünü klasik doğrusal regresyon problemine indirgemekte; içsel bir değişken olarak belirlenmesi durumunda ise “ölçüm denklemleri”nin çözümünde doğrusal olmayan regresyon yöntemi kullanılmak zorunda kalmaktadır. Diebold ve Li (2006), Almeida ve diğerleri (2007), Dauwe ve Moura (2011) ve farklı ülke piyasalarının getiri eğrilerinin öngörülmesi amacıyla uygulanan diğer birçok çalışmada, azalma katsayısı değerlerinin dışsal ve zamana göre değişmeyen bir değişken olarak belirlenmesi yöntemi tercih edilmiş ve model parametreleri genellikle iki aşamalı doğrusal regresyon ile tahmin edilmiştir. Vicente ve Tabak (2007) ise Brezilya'daki sabit getirili menkul kıymet getirilerini öngörmek için kullandığı “tutumlu” modellerde azalma katsayısını hem sabit dışsal bir veri hem de lineer olmayan regresyon ile tahmin etmiş ve her iki modelin öngörü performanslarının birbirlerine yakın sonuçlar verdiğini göstermiştir.

DNS ve DENS'in parametrelerinin tahmininde kullanılan tek aşamalı tahmin yönteminde ise en sık kullanılan metod “Kalman Filtresi” olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu yöntemde, “ölçüm denklemleri” ve “dönüşüm denklemleri”nin parametreleri birarada tahmin edilmektedir. Bu yöntemde model, “durum denklemleri” formülasyonunda ifade edilmekte, azalma katsayıları ise iki aşamalı tahmin yöntemlerindeki gibi dışsal ya da içsel bir değişken olarak belirlenebilmektedir. De Pooter (2007), iskontolu ABD tahvil getirileri için uyguladığı Nelson-Siegel tarzı “tutumlu” modeller için hem “Kalman Filtresi” hem de iki aşamalı doğrusal olmayan regresyon yöntemlerini kullanarak parametre tahminleri üretmiştir.

Bu çalışmada DNS ve DENS faktörlerinin tahmininde iki aşamalı tahmin yöntemi benimsenmektedir. Bu tercihte, iki aşamalı tahmin yönteminin daha kolay uygulanabilir olması ve “dönüşüm denklemleri” için uygulanacak model seçim sürecinin “ölçüm denklemleri”nden elde edilen zaman serilerine dayanması etkili olmuştur. Tahmin yönteminin birinci aşamasında başta Diebold ve Li (2006) olmak üzere birçok çalışmaya paralel olarak azalma katsayısı dışsal ve zamana göre değişmeyen bir değişken olarak modele

dahil edilmekte, modellerin “ölçüm denklemleri”nden ise faktörler en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmektedir.

3.2.1. Sabit Vadeli Getirilerin “Tıraşlanmamış Fama-Bliss” Yöntemi ile Tahmin Edilmesi:

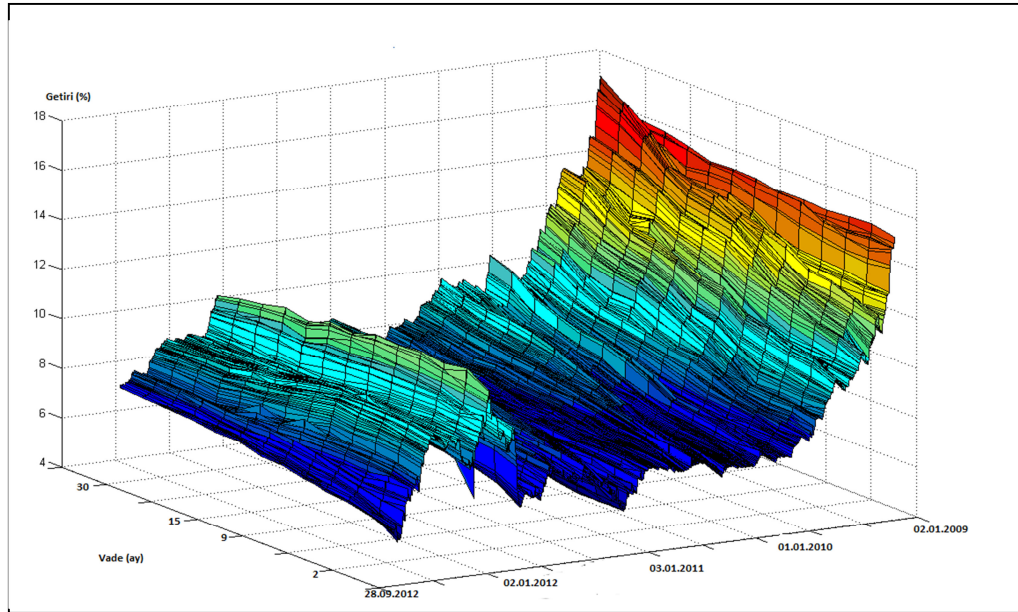
Getirilerin zaman süreçlerinin modellenmesi için sabit vadeli getiri verilerine ihtiyaç duyulmakta ancak piyasada her bir zaman dilimi için tüm vadelerde gözlemlenen gerçek getiriler bulunmamaktadır. Bu durumlarda tahmin için birçok alternatif metottan yararlanılabilmekle birlikte, sabit vadeli getirilerin elde edilmesinde kullanılan yöntemler genel olarak enterpolasyon yöntemleri arasından seçilmektedir. Enterpolasyon yöntemleri ile gerçek fiyatlar modele en iyi şekilde yansıtılmakla birlikte enterpolasyon yöntemleri optimizasyon gerektirmediğinden uygulanması alternatif yöntemlere göre daha basittir.

Lineer, Kübik Splin, Logaritmik, Kübik ve Kuadratik enterpolasyon yöntemleri literatürde en bilinen yöntemler olmakla birlikte, sabit vadeli getirilerin elde edilmesinde kullanılan en yaygın yöntem “Tıraşlanmamış Fama-Bliss” enterpolasyon yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Örnek olarak, Diebold ve Li (2006), Mönch (2008), De Pooter ve diğerleri (2010) ile diğer birçok çalışmada sabit vadeli getiriler “Tıraşlanmamış Fama-Bliss” yöntemi ile elde edilmiştir.

“Tıraşlanmamış Fama-Bliss” yöntemi diğer enterpolasyon yöntemlerinden farklı olarak anlık ileri valörlü getiri oranlarının tahminine dayanmaktadır. Bu yöntemde farklı vadelere sahip iki iskontolu kıymetin sürekli bileşik getirisi arasındaki fark, iki vade arasında sabit bir anlık ileri valörlü faiz oranı tanımlanarak, $Y_t(\tau) = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} f_t(x) dx$ eşitliği ile açıklanmaktadır. Bu eşitlikte $Y_t(\tau)$, t anındaki t + τ vadeli iskontolu kıymetin sürekli bileşik faiz oranını, $f_t(x)$ ise t + x zamanındaki t anında belirlenen ileri valörlü anlık faiz oranını göstermektedir. “Tıraşlanmamış Fama-Bliss” yöntemi ile elde edilen getiri eğrileri sürekli olmakta ancak teorik olarak tercih edilen düz getiri eğrilerine ulaşamamaktadır. Ancak, bu çalışmada, enterpolasyon yöntemi kullanılmasının temel amacının getiri eğrisi oluşturmak değil de sabit vadeli

getiriler elde etmek olduğu düşünülerek, literatürdeki birçok çalışmaya paralel olarak “Tıraşlanmamış Fama-Bliss” yöntemine sadık kalınmıştır.

“Tıraşlanmamış Fama-Bliss” enterpolasyon yöntemi ile getiri eğrisi oluşturabilmek için tekrarlanan bootstrapping metodu kullanılmıştır. Bu metod çerçevesinde her bir gün için kıymetler, vadesine kalan süre dikkate alınarak küçükten büyüğe sıralanmıştır. Vadesine en az süre kalmış menkul kıymetten başlayarak, ardışık vadeler arasındaki anlık ileri valörlü faiz oranlarının sabit kalacağı varsayılmış, ardışık vadeli kıymetlerden uzun vadeli olanının bileşik getiri oranını veren anlık ileri valörlü faiz oranları belirlenmiştir. Sabit kuponlu kıymetlerin analize dâhil edilmesi ise anlık ileri valörlü faiz oranlarının belirlenmesinde kıymetlerin nakit akımlarının dikkate alınmasını gerekli kılmıştır.



Grafik 3.1 : Sabit Vadeli Getirilerin Zaman Serisi

Veri seti kullanılarak analize konu zaman dilimindeki her bir gün için üç yıla kadar anlık ileri valörlü faiz oranları türetilmiş ve bu faiz oranlarından [1, 2, 3, 4, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36] olarak belirlenen sabit vade setindeki her bir vade için Grafik 3.1’de verilen sürekli bileşik getirilerin zaman serileri elde edilmiştir.

3.2.2. Sabit Vadeli Getirilerin Zaman Serisi Modellerinin Belirlenmesi

Bu bölümde, “Tıraşlanmamış Fama-Bliss” enterpolasyon yöntemi ile elde edilen sabit vadeli getirilerin piyasa tarafından belirlenen gerçek getiriler olduğu varsayılarak, getirilerin zaman ile değişimini açıklayan en uygun zaman serisi modelleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla ilk olarak sabit vadeli getiriler için Tablo 3.1.’de sunulan tanımlayıcı istatistikler incelenmiştir.

TABLO 3.1. SABİT VADELİ GETİRİLERİN TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ, DURAĞANLIK VE RW TESTLERİ

Vade	1 Ay	2 Ay	3 Ay	4 Ay	6 Ay	9 Ay	1 Yıl	15 Ay	18 Ay	21 Ay	2 Yıl	30 Ay	3 Yıl
Ortalama	7,69	7,92	8,07	8,18	8,38	8,60	8,75	8,93	9,06	9,15	9,34	9,57	9,73
Standart Sapma	1,61	1,62	1,61	1,62	1,63	1,68	1,73	1,76	1,78	1,83	1,95	2,06	2,13
Minimum	5,28	5,37	5,35	5,51	5,75	5,86	6,22	6,48	6,58	6,78	6,90	6,90	7,24
Maksimum	14,95	15,14	15,08	15,00	15,06	15,06	15,25	15,28	15,23	15,51	15,84	16,71	17,38
Otokorelasyon(5 gün)	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,96	0,97	0,97	0,97
Otokorelasyon(21 gün)	0,73	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,82	0,82	0,82	0,84	0,85
Otokorelasyon(63 gün)	0,36	0,37	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,44	0,45	0,45	0,50	0,53
ADF Testi(Sabitsiz, Trendsiz)	-2,79	-3,47	-3,70	-3,51	-3,19	-2,93	-2,71	-2,58	-2,60	-2,64	-2,55	-2,48	-2,46
ADF Testi(Sabitli, Trendsiz)	-4,69	-5,3	-5,46	-5,12	-4,76	-4,26	-3,79	-3,56	-3,43	-3,49	-3,2	-2,85*	-2,66*
ADF Testi(Sabitli, Trendli)	-4,37	-4,86	-4,97	-4,64	-4,27	-3,74	-3,24*	-3,02*	-2,86*	-2,92*	-2,72*	-2,44*	-2,27*
Varyans Oran Sınaması	0,43*	4,101	6,283	5,687	4,93	4,452	2,63	1,20*	0,77*	0,98*	0,36*	0,78*	0,98*

*%5 anlamlılık düzeyinde ADF ve Varyans Oran Sınaması testleri için sırasıyla birim kök ve tesadüfi hareket süreci izlendiği hipotezleri reddedilememektedir.

Hesaplanan tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, sabit vadeli getirilerin ortalama değerleri ve standart sapmalarının vade ile birlikte arttığı görülmektedir. Diğer taraftan, her bir vade için getirilerin normal dağıldığı hipotezi Jarque-Bera istatistiği tarafından reddedilmektedir. Serilerin farklı gecikme uzunluklarındaki otokorelasyon tahminleri incelendiğinde ise daha uzun vadeli kıymetlerin kısa vadeli kıymetlere oranla daha dirençli bir zaman süreci izlediği görülmektedir.

Serilerin modellenmesine geçmeden önce dikkat edilmesi gereken diğer önemli bir unsur, serilerin durağan olup olmadığıdır. Verilerin durağanlığını test etmek amacıyla Çoğaltılmış Dickey- Fuller (ADF) testleri uygulanmıştır. Ortalama değer ve standart hata tahmini değerlerine bakıldığında, ortalama getirilerin oldukça yüksek ve istatistiki olarak sıfırdan farklı olduğu görülmüş ve bu nedenle sabit vadeli getirilerin ADF durağanlık testleri için sabitli model tercih edilmiştir. Getiri farklarının tanımlayıcı istatistiklerine (Tablo 3.2.) bakıldığında ise farkların ortalamasının mutlak

olarak standart hataların çok altında gerçekleştiği görülmekte ve ADF testinin sabitli ve trendsiz modellenmesinin uygun olacağı kanaatine varılmaktadır. Durağanlık testleri sonuçlarına göre faiz oranlarının zaman serilerinin birim kök içerdiği hipotezi en uzun vadeler olan 2,5 ve 3 yıl vadeli kıymetler haricinde %5 anlamlılık düzeyinde reddedilebilmektedir.

TABLO 3.2. SABİT VADELİ GETİRİ FARKLARININ TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ, DURAĞANLIK VE RW TESTLERİ

Vade	1 Ay	2 Ay	3 Ay	4 Ay	6 Ay	9 Ay	1 Yıl	15 Ay	18 Ay	21 Ay	2 Yıl	30 Ay	3 Yıl
Ortalama	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Standart Sapma	0,16	0,12	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14
Minimum	-1,52	-0,76	-0,70	-0,75	-0,91	-0,90	-0,82	-0,84	-0,82	-0,84	-0,58	-0,68	-0,77
Maksimum	1,85	0,85	0,82	0,92	0,90	0,75	0,68	0,75	0,72	0,61	0,67	0,66	0,92
Çarpıklık	0,62	0,36	0,40	0,57	0,12	-0,18	-0,08	-0,02	-0,28	-0,48	0,00	-0,14	-0,31
Basıklık	34,31	12,52	11,65	12,75	13,24	9,60	8,53	8,24	7,41	7,66	5,52	6,03	9,17
Jarque-Bera	38168*	3546*	2937*	3749*	4076*	1696*	1190*	1067*	769*	880*	247*	359*	1495*
Otokorelasyon(5 gün)	0,05	0,14	0,12	0,08	0,06	0,03	-0,01	-0,03	0,00	0,03	0,03	-0,02	-0,03
Otokorelasyon(21 gün)	0,02	0,01	0,04	-0,02	0,01	-0,02	-0,01	-0,06	-0,04	0,01	-0,04	-0,04	-0,02
Otokorelasyon(63 gün)	-0,03	0,02	0,02	0,04	0,01	0,06	0,01	-0,04	0,00	0,01	-0,02	-0,01	0,00
ADF Testi(Sabitsiz, Trendsiz)	-32,68	-27,02	-24,76	-25,81	-26,62	-28,74	-28,38	-31,28	-32,17	-31,41	-32,28	-31,97	-30,68
ADF Testi(Sabitli, Trendsiz)	-32,79	-27,15	-24,89	-25,94	-26,73	-28,85	-28,47	-31,39	-32,29	-31,53	-32,39	-32,08	-30,79
ADF Testi(Sabitli, Trendli)	-32,90	-27,28	-25,03	-26,08	-26,84	-28,96	-28,56	-31,49	-32,39	-31,63	-32,48	-32,14	-30,84
Varyans Oran Sınaması	-2,97	-5,03	-5,61	-4,36	-5,62	-6,17	-5,84	-5,71	-6,22	-5,45	-6,77	-6,71	-5,59

* %1 anlamlılık düzeyinde normal dağılım hipotezi reddedilmektedir.

Durağanlık testlerinin bazı vadelerde reddedilememesi nedeniyle analizimize sabit vadeli kıymetlerin faiz oranlarının farkları da dahil edilmiştir. Fark serilerine ait tanımlayıcı istatistikler ve durağanlık testlerinin sonuçları Tablo 3.2.'de sunulmaktadır. Sabit getiri farkları için ADF testi sabitsiz ve trendsiz modellere uygulanmış ve tüm vadelerdeki getiri farklarının birim kök içerdiği hipotezinin %1 anlamlılık düzeyinde reddedildiği görülmüştür. Sabit vadeli getiri farkları için farklı gecikme derecelerindeki otokorelasyonlar ise getiri düzeylerine oranla çok düşük seviyelere gerilemiştir.

Tanımlayıcı istatistikler ve durağanlık testleri dışında sabit vadeli getiri ve getiri farkı zaman serilerinin Ek 1'de sunulan otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları incelendiğinde getirilerin ardışık bağımlı süreçler izlediği sonucuna ulaşılmıştır. Getirilerin kısmi otokorelasyon değerleri birkaç istisna dışında sadece birinci ya da ikinci gecikme derecesinde istatistiki olarak anlamlı sonuçlar vermekte ve bu nedenle getiri seviyelerinin genel olarak AR(1) ya da AR(2) ile modellenebileceği düşünülmektedir. Getiri farklarının kısmi otokorelasyonları ise birkaç istisna

dışında hiçbir gecikme derecesinde istatistiki olarak anlamlı sonuçlar üretmemektedir. Bu durum, birçok vade için getiri farklarının birbirlerine doğrusal olmayan şekilde bağımlı olduğu sonucuna ulaştırmakta, getiri düzeyleri için ise tesadüfi hareket süreci modellerine odaklanmamıza yol açmaktadır.

Getirilerin tesadüfi hareket süreci izlediği yönündeki hipotezi test etmek için “Varyans Oran Sınaması” testi kullanılmıştır. Bu testte sıfır hipotezi olarak rassal değişkenlerin tesadüfi hareket süreci izlediği varsayılmakta ancak hata terimlerinin heteroskedastik özellikler göstermesi sıfır hipotezine aykırılık teşkil etmemektedir. Test istatistiğinin mutlak değerinin kritik eşik değerin üzerinde gerçekleşmesi, hipotezin %95 güven aralığında güçlü bir şekilde reddedilmesi ve hata terimleri arasında ardışık bağımlılık olduğu anlamına gelmektedir.

Getiri düzeylerinin “Varyans Oran Sınaması” test istatistiklerine bakıldığında durağan bir dağılım göstermeyen vadelerdeki getirilerin de dahil olduğu birçok vade seviyesindeki getiri düzeyleri için tesadüfi hareket süreci modellerinin reddedilemediği görülmektedir. Bu nedenle getiri düzeylerinin zaman süreçlerinin modellenmesi için en uygun üçüncü seçenek, tesadüfi hareket süreci olarak karşımıza çıkmaktadır. Getiri farklarının “Varyans Oran Sınaması” test istatistikleri ise sıfır hipotezinin %5 anlamlılık düzeyinde reddedilmesini önermekte ve getiri farklarının birbirlerine doğrusal olmayan bağlanım özellikleri gösterdiği çıkarımına destek oluşturmaktadır.

Tablo 3.3.’te verilen çapraz korelasyon istatistiklerinden görülebileceği üzere, farklı vadelerdeki getirilerin birbirlerine doğrusal bağımlılığı çok yüksek seviyelerde bulunmaktadır. Bu durum her bir vade için getirilerin ayrı ayrı modellenmesine kıyasla, birlikte değerlendirilmelerinin modelin başarısını arttırabileceğine işaret etmektedir. Bu nedenle sabit vadeli getiri modellerine vektörel ardışık bağlanım (VAR) süreçlerinin de eklenmesinin uygun olacağı düşünülmüştür. VAR modelleri için optimum gecikme uzunluğu tespitinde ise Schwarz ve Akaike bilgi kriterleri kullanılmış ve optimum gecikme uzunluğu iki olarak belirlenmiştir.

TABLO 3.3. SABİT VADELİ GETİRİLERİN ÇAPRAZ KORELASYON İSTATİSTİKLERİ

	1 Ay	2 Ay	3 Ay	4 Ay	6 Ay	9 Ay	1 Yıl	15 Ay	18 Ay	21 Ay	2 Yıl	2,5 Yıl	3 Yıl
1 Ay	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.96	0.94	0.92	0.89	0.87	0.84	0.80	0.77
2 Ay	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97	0.96	0.93	0.91	0.88	0.86	0.82	0.79
3 Ay	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.91	0.89	0.87	0.82	0.79
4 Ay	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97	0.95	0.92	0.90	0.88	0.84	0.80
6 Ay	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.86	0.83
9 Ay	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93	0.90	0.87
1 Yıl	0.94	0.96	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.93	0.91
15 Ay	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94
18 Ay	0.89	0.91	0.91	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96
21 Ay	0.87	0.88	0.89	0.90	0.92	0.95	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	0.98	0.97
2 Yıl	0.84	0.86	0.87	0.88	0.90	0.93	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00	0.99	0.99
2,5 Yıl	0.80	0.82	0.82	0.84	0.86	0.90	0.93	0.96	0.98	0.98	0.99	1.00	1.00
3 Yıl	0.77	0.79	0.79	0.80	0.83	0.87	0.91	0.94	0.96	0.97	0.99	1.00	1.00

Sonuç olarak, sabit vadeli getirilerin modellenmesi için dört ayrı zaman serisi modelinin uygun olacağı düşünülmüştür. Söz konusu modellerin hata terimlerinin varyanslarına ilişkin varsayımları da içeren istatistiksel gösterimleri şu şekilde özetlenebilir;

i) Tesadüfi hareket modeli:

$$Y_t(\tau) = Y_{t-1}(\tau) + \varepsilon_t(\tau) \text{ ve } \varepsilon_t(\tau) \sim (0, \sigma_t^2(\tau))$$

ii) AR(1) süreci:

$$Y_t(\tau) = c(\tau) + \alpha(\tau)Y_{t-1}(\tau) + \varepsilon_t(\tau) \text{ ve } \varepsilon_t(\tau) \sim (0, \sigma_t^2(\tau))$$

iii) AR(2) süreci:

$$Y_t(\tau) = c(\tau) + \alpha_1(\tau)Y_{t-1}(\tau) + \alpha_2(\tau)Y_{t-2}(\tau) + \varepsilon_t(\tau) \text{ ve } \varepsilon_t(\tau) \sim (0, \sigma_t^2(\tau))$$

iv) VAR(2) süreci:

$$Y_t = c + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \text{ ve } \varepsilon_t \sim (0, \begin{pmatrix} \sigma_{1,1,t}^2 & \sigma_{1,2,t}^2 & \dots & \sigma_{1,13,t}^2 \\ \sigma_{2,1,t}^2 & \sigma_{2,2,t}^2 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{13,1,t}^2 & \dots & \dots & \sigma_{13,13,t}^2 \end{pmatrix})$$

Bu gösterimlerde τ kıymetin vadesine kalan gün sayısını, Y_t ise tüm vadelerdeki getiri oranlarını içerisinde barındıran getiri vektörünü ifade etmektedir. Her bir vade için hata terimleri ve VAR modelinin hata matrisi ise

normal ve zaman içerisinde sabit varyanslı bir dağılım gösterdiği varsayımları ile sınırlandırılmamaktadır. Hata terimleri sıfır ortalamalı herhangi bir durağan olan rassal süreç izleyebilmekte, doğrusal ya da doğrusal olmayan ardışık bağımlılık gösterebilmektedir.

TABLO 3.4. HATA TERİMİ VE HATA TERİMİ KARESİNİN ARDIŞIK BAĞLANIM TESTLERİ

	Q(1)	Q(5)	Q(20)	Q(50)	Q2(1)	Q2(5)	Q2(20)	Q2(50)	ARCH(1)	ARCH(5)	ARCH(20)	ARCH(50)
1 Ay	3,7	12,6*	30,3	43,4	62,6*	63,9*	64,8*	67,8*	61,9*	71,4*	70,7*	67,1
2 Ay	6,1*	26,5*	44,0*	68,7*	10,6*	70,8*	84,8*	135,5*	10,5*	44,0*	51,0*	67,9*
3 Ay	29,7*	63,1*	94,0*	113,4*	15,9*	67,0*	74,1*	117,9*	15,7*	57,5*	66,3*	81,4*
4 Ay	7,4*	37,0*	68,1*	88,1*	10,5*	70,5*	77,4*	113,4*	10,4*	49,8*	50,6*	69,2*
6 Ay	13,8*	46,7*	67,6*	89,1*	5,3*	73,6*	75,5*	85,0*	5,2*	65,5*	80,0*	78,7*
9 Ay	8,0*	31,2*	47,8*	66,6	6,2*	48,6*	52,4*	69,7*	6,1*	42,0*	48,5*	59,8
1 Yıl	5,0*	12,7*	28,9	50,2	18,7*	34,8*	102,1*	113,6*	18,5*	33,0*	74,3*	85,4*
15 Ay	0,4	13,5*	23,7	59,2	1,6	40,0*	51,2*	102,9*	1,6	39,0*	51,3*	72,1*
18 Ay	2,0	13,8*	24,3	57,9	0,0	1,5	25,2	67,7*	0,0	1,4	22,3	45,5
21 Ay	0,6	14,9*	31,4	63,1	0,8	5,4	53,1*	108,5*	0,8	4,6	41,5*	66,9
2 Yıl	10,4*	19,6*	30,6	63,3	8,1*	57,8*	93,3*	146,1*	8,0*	45,0*	68,3*	77,2*
30 Ay	5,9*	15,7*	35,1	62,9	2,1	29,1*	66,0*	125,9*	2,1	23,2*	35,8*	57,0
3 Yıl	0,6	6,6	25,3	54,0	4,2*	10,6	57,2*	119,5*	4,1*	8,1	28,0	58,1

* %5 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezinin reddedildiğini göstermektedir.

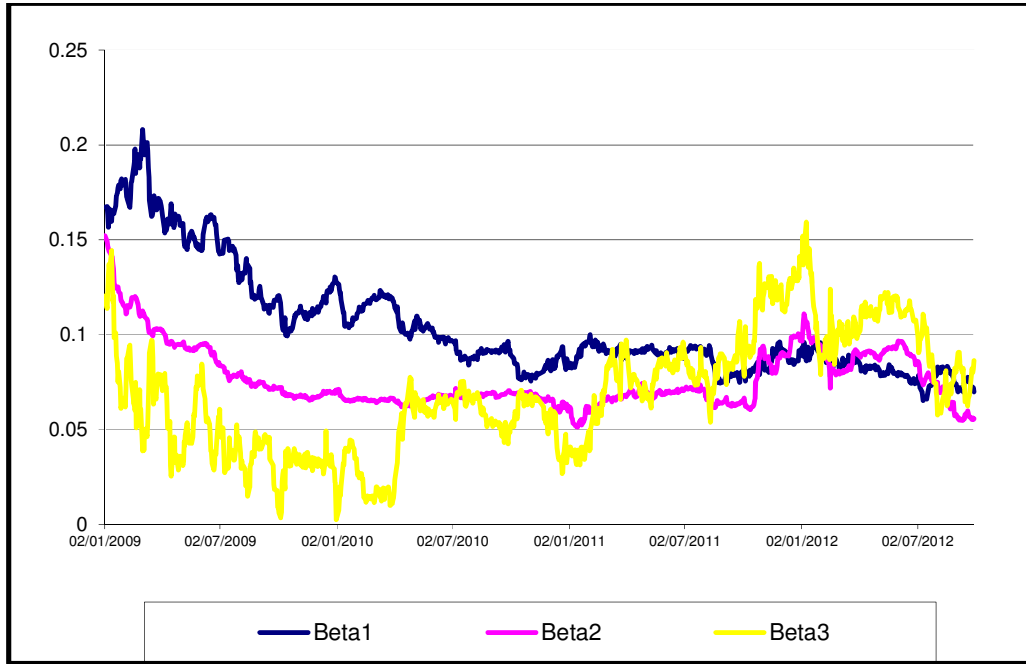
Tablo 3.4.'te verilen Ljung-Box Q, Ljung-Box Q2 ve ardışık bağımlı koşullu değişen varyans (ARCH) test istatistiklerine göre, sabit vadeli getiri serilerini oluşturan gözlemlerin AR(1) olarak belirlenen koşullu ortalama tahmin modellerinin hata terimlerinde %5 anlamlılık düzeyinde ardışık bağımlım ve ARCH etkilerinin varlığı kabul edilmektedir. Tüm bu istatistiklerde sıfır hipotezi olarak sırası ile ardışık bağımlım ve ardışık bağımlı koşullu değişen varyans bulunmadığı varsayılmakta ve test istatistiklerinin kritik değer üzerinde gerçekleşmesi sıfır hipotezinin belirlenen anlamlılık seviyelerinde reddedilebileceğine işaret etmektedir. Bu durum, sabit vadeli getiriler için oluşturulan modellerin hata terimlerinde AR ve ARCH etkilerinin varlığına imkân tanıyacak esnek bir şekilde kabul edilen varsayımların uygunluğunu teyit etmektedir.

3.2.3. DNS'in Dönüşüm Denklemlerinin Belirlenmesi

Bölüm 3.2.'de de belirtildiği üzere, DNS'in "dönüşüm denklemleri"nin belirlenmesi ve model parametrelerinin tahmininde iki aşamalı tahmin yöntemi benimsenmiştir. Azalma katsayısı ise dışsal ve zaman içerisinde

sabit kalan bir değişken olarak modele dahil edilerek “ölçüm denklemleri” doğrusal regresyon problemine dönüştürülmüş ve “ölçüm denklemleri” tarafından belirlenen faktörlerin en küçük kareler yöntemi çerçevesinde basit bir optimizasyon algoritması ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Azalma katsayısı, analize konu tüm örneklem değerleri için DNS'nin “ölçüm denklemleri”nin hata karelerinin toplamının (SSR) en aza indirilmesine dayanan en küçük kareler yöntemi çerçevesinde belirlenmiştir. Bu amaçla, kısıtlı minimizasyon denklemleri oluşturulmuş ve $\lambda_{1t} = (0,001:0,02:10)$ ile belirlenen farklı başlangıç değerleri için doğrusal olmayan optimizasyon çözümleri elde edilmiştir. Farklı başlangıç değerleri kullanılarak ulaşılan çözüm kümesinde en küçük SSR'ı veren azalma katsayısı değeri $\lambda_{1t} = 1,4772$ olarak belirlenmiş ve bu değer modelin diğer parametrelerinin çözümünde zamana göre değişmeyen sabit bir değer olarak kabul edilmiştir. Belirlenen azalma katsayısı değeri, optimal getiri eğrisindeki kıvrım yerinin yaklaşık olarak bir yıllık vadelerde oluşacağını göstermektedir.



Grafik 3.2 : NS Faktör Tahminlerinin Zaman Serileri

Elde edilen azalma katsayısının zamana göre değişmeyen sabit bir değer olarak kabul edilmesi ile DNS'in “ölçüm denklemleri” doğrusal regresyon problemine indirgenmiştir. Bu çerçevede, “ölçüm denklemleri”

tarafından belirlenen faktörlerin tahmini değerleri, söz konusu doğrusal regresyon modelinin çözümü ile elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, doğrusal regresyon modelinin parametrelerinin tahmininde en küçük kareler yöntemi benimsenmiş olup, ulaşılan faktör tahminlerinin zaman serileri Grafik 3.2'de gösterilmiştir.

Faktör tahminlerinin zaman serisi grafikleri incelendiğinde, piyasa katılımcılarının ekonominin durağan düzeyindeki faiz beklentisini veren düzey faktörünün azalan bir süreç izlediği, kıvrım faktörünün ise eğim faktörüne oranla daha oynak bir yapıya sahip olduğu görülmektedir.

TABLO 3.5. DNS MODELİNİN FAKTÖRLERİNİN TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ, DURAĞANLIK VE RW TESTLERİ

Faktörler	Beta1	Beta2	Beta3	DBeta1	DBeta2	DBeta3
Ortalama	0.10	-0.03	-0.01	0.00	0.00	0.00
Standart Sapma	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01
Minimum	0.07	-0.10	-0.07	-0.01	-0.01	-0.03
Maksimum	0.21	0.02	0.05	0.02	0.01	0.05
Çarpıklık	1.39	-0.17	-0.20	-0.23	0.16	0.17
Basıklık	4.13	2.41	2.06	6.43	5.77	7.59
Jarque-Bera	352**	18**	40**	466**	302**	824**
Otokorelasyon(5 gün)	0.97	0.97	0.90	-0.09	-0.02	-0.08
Otokorelasyon(21 gün)	0.87	0.88	0.76	0.01	0.03	0.05
Otokorelasyon(63 gün)	0.62	0.67	0.67	0.02	0.01	0.02
ADF Testi(Sabitsiz, Trendsiz)	-1,70*	-1,05*	-3.47	-33.25	-29.53	-35.99
ADF Testi(Sabitli, Trendsiz)	-1,96*	-1,59*	-3.51	-33.29	-29.51	-35.98
ADF Testi(Sabitli, Trendli)	-2,66*	-4,54	-6.62	-33.29	-29.50	-35.96
Varyans Oran Sınaması	-1,76*	-0,76*	-3.09	-9.01	-9.10	-8.09

*%5 anlamlılık düzeyinde ADF ve Varyans Oran Sınaması testleri için sırasıyla birim kök ve tesadüfi hareket süreci izlendiği hipotezleri reddedilememektedir.

** %1 anlamlılık düzeyinde normal dağılım hipotezi reddedilmektedir.

“Ölçüm denklemleri”nden elde edilen faktörlerin zaman serileri kullanılarak “dönüşüm denklemleri” belirlenmekte ve “dönüşüm denklemleri” için en uygun zaman serisi modelinin seçiminde Tablo 3.5.’te verilen tanımlayıcı istatistikler, durağanlık ve Varyans Oran Sınaması testleriyle birlikte Ek 3’de verilen otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. Tablo 3.5. incelendiğinde, faktörlerin normal dağıldığı hipotezinin Jarque-Bera istatistiği tarafından reddedildiği, düzey ve eğim faktörlerinin kıvrım faktörüne oranla daha dirençli bir zaman süreci izlediği görülmektedir. Düzey faktörünün ortalamasının standart sapmaya oranla çok düşük seviyelerde bulunması nedeniyle, ADF testinin hem sabitli hem de sabitsiz olarak yapılmasına gerek duyulmuştur. ADF

testlerinin sonuçlarına göre düzey ve eğim faktörlerinin birim kök içerdiği %5 anlamlılık düzeyinde reddedilememekte, kıvrım faktörünün durağan bir zaman süreci izlediği ise istatistiki olarak kabul edilebilmektedir. Faktörlerin birinci farkları için ise ADF testi sabitsiz ve trendsiz modellere uygulanmış ve tüm faktörlerin durağan bir süreç izlediğinin %1 anlamlılık düzeyinde reddedildiği görülmüştür. Diğer taraftan da, her bir faktör ve faktör farklarının normal dağıldığı hipotezi Jarque-Bera istatistiği tarafından %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir.

Faktörlerin durağanlık varsayımını sağlamaması model sonuçlarının güvenilirliğine olumsuz yönde etki edecektir. Bu nedenle çalışmada DNS modelindeki faktörlerin “dönüşüm denklemleri”nin belirlenmesinde faktör farklarının kullanılması tercih edilmiştir. Ek 3’te sunulan faktör farklarının otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları incelendiğinde serilerin ardışık bağımlı süreçler izlediği sonucuna ulaşılmıştır. Faktör farklarının kısmi otokorelasyon istatistikleri ise birkaç istisna dışında sadece birinci gecikme derecesinde anlamlı sonuçlar vermektedir. Bu nedenle faktör farklarının modellenmesinde AR(1) süreci tercih edilmiştir.

TABLO 3.6. DNS MODELİNİN FAKTÖR FARKLARININ ÇAPRAZ KORELASYON İSTATİSTİKLERİ

	DBeta1	DBeta2	DBeta3
DBeta1	1,00	-0,85	-0,77
DBeta2	-0,85	1,00	0,50
DBeta3	-0,77	0,50	1,00

Tablo 3.6.’da verilen faktör farklarının çapraz korelasyon istatistikleri incelendiğinde, düzey faktörü ile eğim ve kıvrım faktörleri arasında yüksek doğrusal ters bağlantı olduğu görülmektedir. Eğim ve kıvrım faktörleri arasında ise çok yüksek olmamakla birlikte doğrusal düz bir bağlantı bulunmaktadır. Bu durum, her bir faktörün zaman serisi modellemesine diğer faktör farklarının gecikmeli değerlerinin açıklayıcı değişken olarak katılmasının modelin açıklama gücünü artıracığına işaret etmektedir. Bu nedenle analizimize faktör farklarının VAR zaman süreci modelleri de eklenmiş, modelin optimum gecikme uzunluğu ise Schwarz ve Akaike bilgi kriterleri çerçevesinde iki olarak belirlenmiştir.

**TABLO 3.7. HATA TERİMİ VE HATA TERİMİNİN KARESİNİN
ARDIŞIK BAĞLANIM TESTLERİ (DNS)**

	DBeta1	DBeta2	DBeta3
Q(1)	13,4*	0,0	2,9
Q(5)	14,9*	21,2	6,7
Q(20)	33,4*	16,1	16,0
Q(50)	94,6*	51,4	63,4
Q2(1)	23,6*	4,6*	21,4*
Q2(5)	43,1*	20,1*	22,8*
Q2(20)	56,0*	46,1*	24,7
Q2(50)	113,3*	152,4*	41,5
ARCH(1)	23,3*	4,5*	21,2*
ARCH(5)	30,9*	14,9*	24,3*
ARCH(20)	41,0*	35,4*	25,6
ARCH(50)	70,3*	80,4*	36,3

* %5 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezinin reddedildiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, DNS getiri eğrisi modelinin “dönüşüm denklemleri” için bu çalışmada belirlenen iki temel zaman serisi modeli bulunmaktadır; AR(1) ve VAR(2). Tablo 3.7.’de verilen Ljung-Box Q ve ARCH testi istatistikleri AR(1) modeli için hata terimlerinde ardışık bağımlılık ve ardışık bağımlı koşullu değişen varyans (ARCH) etkilerinin olduğu hipotezini %5 güven aralığında reddedememektedir. Bu çerçevede “dönüşüm denklemleri”nin hata terimlerinin özellikleri de dikkate alındığında DNS modellerinin “dönüşüm denklemleri” için belirlenen modeller şu şekilde özetlenebilir;

i) DNS-AR(1):

$$\Delta\beta_{i,t} = c_i + \alpha_i \Delta\beta_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \text{ ve } \varepsilon_{i,t} \sim (0, \sigma_{i,t}^2)$$

ii) DNS-VAR(2) süreci:

$$\Delta\beta_t = c + \alpha_1 \Delta\beta_{t-1} + \alpha_2 \Delta\beta_{t-2} + \varepsilon_t \text{ ve } \varepsilon_t \sim (0, \begin{matrix} \sigma_{1,1,t}^2 & \sigma_{1,2,t}^2 & \sigma_{1,3,t}^2 \\ \sigma_{2,1,t}^2 & \sigma_{2,2,t}^2 & \sigma_{2,3,t}^2 \\ \sigma_{3,1,t}^2 & \sigma_{3,2,t}^2 & \sigma_{3,3,t}^2 \end{matrix})$$

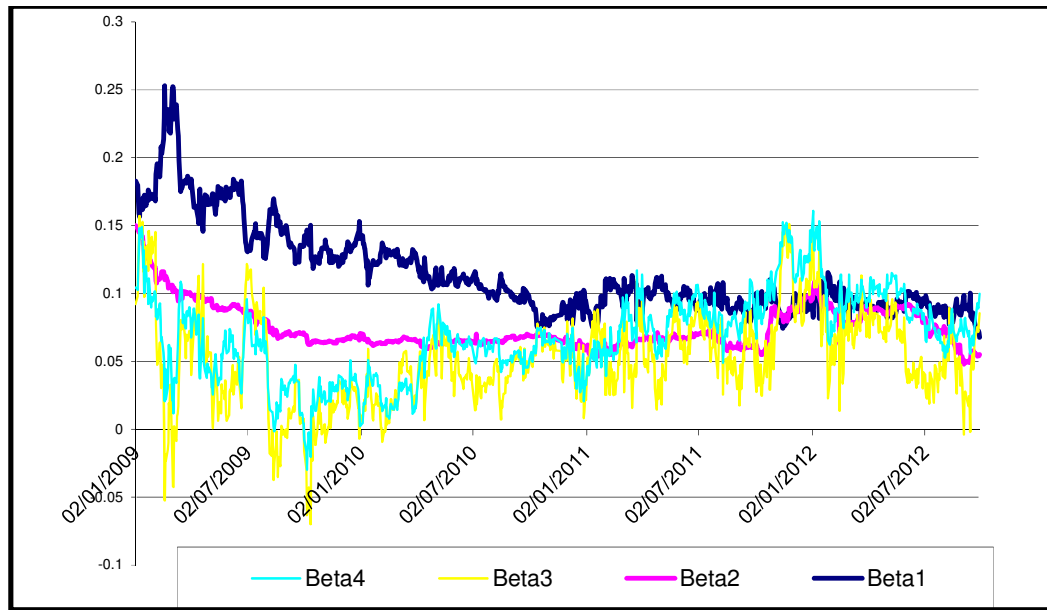
Bu gösterimlerde $\Delta\beta_{i,t}$, i'nci faktörün birinci dereceden farkını, $\beta_{i,t} - \beta_{i,t-1}$, $\Delta\beta_t$, ise tüm faktörlerin birinci dereceden fark vektörünü ifade etmektedir. Modellerin hata terimleri sıfır ortalamalı herhangi bir durağan

rassal süreç izleyebilmekte, doğrusal ya da doğrusal olmayan ardışık bağımlılık gösterebilmektedir.

3.2.4. DENS'in Dönüşüm Denklemlerinin Belirlenmesi

Bölüm 3.2.3.'te DNS'in parametrelerinin tahmini için uygulanan iki aşamalı yöntem, DENS'in parametrelerinin tahmininde de sadık kalınacaktır. Ancak, bu bölümde uygulanacak iki aşamalı tahmin sürecinde DNS'ten farklı olarak dışsal olarak modele dâhil edilmesi gereken iki azalma katsayısı değeri bulunmakta ve bu durum modellerin "ölçüm denklemleri"ndeki farklılıktan kaynaklanmaktadır.

DENS'in azalma katsayısı değerleri, modelin "ölçüm denklemleri"nin SSR'sinin en aza indirilmesine dayanmakta ve SSR kriteri çerçevesinde oluşturulan kısıtlı minimizasyon denklemleriyle belirlenmektedir. Oluşturulan minimizasyon denklemleri $\lambda_{1t} = 1,4772$ ve $\lambda_{2t} = (0,001:0,02:10)$ olarak belirlenen farklı başlangıç değerleri ile çözülmüş ve en küçük SSR'yi sağlayan azalma katsayıları $\lambda_{1t} = 0,9857$ ve $\lambda_{2t} = 2,8711$ olarak tespit edilmiştir. Çözüm seti için konulan kısıt ise her iki azalma katsayısının da 0,01 ile 10 arasında bir değer alabileceği şeklindedir.



Grafik 3.3 : ENS Faktör Tahminlerinin Zaman Serileri

Elde edilen azalma katsayıları değerleri modele sabit dışsal değerler olarak atanması suretiyle DENS'in "ölçüm denklemleri" her bir zaman dilimi için doğrusal regresyon problemi olarak tanımlanmış ve bu model en küçük kareler yöntemi kullanılarak çözümlenerek Grafik 3.3'te gösterilen DENS faktörlerinin zaman serileri elde edilmiştir.

DENS'de belirlenen düzey, eğim ve birinci kıvrım faktörlerinin değerlerinin DNS'nin ilgili faktörlerinden farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Tablo 3.8.'den de görülebileceği üzere, DENS'nin düzey faktörünün ortalama değeri DNS'ye göre daha büyük, eğim ve kıvrım faktörlerinin ortalama değerleri ise DNS faktörlerine göre daha düşük gerçekleşmiştir. Bu farklılık, DNS ve DENS'nin "ölçüm denklemleri"nin ortogonal faktör modelleri olmamasından kaynaklanmaktadır.

TABLO 3.8. DENS MODELİNİN FAKTÖRLERİNİN TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ, DURAĞANLIK VE RW TESTLERİ

Faktörler	Beta1	Beta2	Beta3	Beta4	DBeta1	DBeta2	DBeta3	DBeta4
Ortalama	0,11	-0,04	-0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Standart Sapma	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Minimum	0,07	-0,15	-0,16	-0,05	-0,03	-0,03	-0,07	-0,08
Maksimum	0,25	0,02	0,07	0,09	0,03	0,04	0,07	0,07
Çarpıklık	1,49	-0,64	-0,60	-0,30	0,14	-0,17	-0,27	0,30
Basıklık	5,16	3,55	4,27	3,58	6,65	7,60	5,47	12,89
Jarque-Bera	529*	76*	119*	27*	521*	828*	249*	3817*
Otokorelasyon(5 gün)	0,94	0,92	0,70	0,69	0,00	0,02	0,01	0,03
Otokorelasyon(21 gün)	0,82	0,74	0,21	0,03	-0,01	-0,01	-0,03	-0,04
Otokorelasyon(63 gün)	0,62	0,63	0,27	0,20	0,01	0,00	-0,02	0,00
ADF Testi(Sabitli, Trendsiz)	-1,43	-2,23	-5,97	-5,77	-37,81	-38,92	-38,55	-39,44
ADF Testi(Sabitli, Trendsiz)	-2,97	-3,76	-7,35	-7,82	-37,81	-38,90	-38,53	-39,42
ADF Testi(Sabitli, Trendli)	-4,86	-7,04	-8,31	-8,37	-37,79	-38,88	-38,51	-39,40
Varyans Oran Sınaması	-4,54	-4,61	-5,44	-3,24	-10,34	-9,55	-10,89	-6,21

* %1 anlamlılık düzeyinde normal dağılım hipotezi reddedilmektedir.

Tablo 3.5. ve Tablo 3.8. karşılaştırıldığında, DNS'ye dördüncü faktörün eklenmesinin düzey, eğim ve birinci kıvrım faktörlerinin durağanlıklarına olumlu yönde katkı yaptığı görülmektedir. ADF birim kök testi sonuçlarına göre DENS'nin faktörleri seviyesinde durağandır. Ancak, Ek 1'deki korelasyon fonksiyonlarının grafiklerinden de görülebileceği üzere, modelin her iki kıvrım faktörünün korelasyonları da dalgalanmalar sergilemekte, bu durum ise zaman serisi modeline yüksek dereceden gecikmeli değerlerin eklenmesini gerektirmektedir. Ayrıca faktörlerin düzeyinde ifade edilen dönüşüm denklemleri incelenmiş ve DENS'nin

öngörülerinin oldukça başarısız sonuçlar verdiği saptanmıştır. Öte taraftan, faktör farklarının kullanılması bu durumları ortadan kaldırmakta ve Ek 4'teki korelogramlardan da görülebileceği üzere faktör farklarının zaman serilerinin modellenmesi için genel olarak sadece ilk iki gecikme değerinin kullanılması yeterli olmaktadır. Bu nedenlerle faktörler seviyesinde durağan olmasına rağmen dönüşüm denklemleri birinci sıra farklar üzerinden ifade edilmiştir.

DNS'lerde gözlemlenen faktörler arası yüksek çapraz korelasyon DENS faktörlerinde de varlığını korumaktadır (Ek 5, Tablo 5.A.). Faktör farklarının zaman serisi modellerinin hata terimlerindeki ardışık bağımlılık ve ARCH etkilerinin sürdüğü istatistiksel olarak kabul edildiğinden (Ek 5, Tablo 5.B.), DENS'nin "dönüşüm denklemleri" için analizimize dahil edilen alternatif modeller şu şekilde formüle edilmiştir;

i) DENS-AR(2):

$$\Delta\beta_{i,t} = c_i + \alpha_{1,i}\Delta\beta_{i,t-1} + \alpha_{2,i}\Delta\beta_{i,t-2} + \varepsilon_{i,t} \text{ ve } \varepsilon_{i,t} \sim (0, \sigma_{i,t}^2)$$

ii) DENS-VAR(2) süreci:

$$\Delta\beta_t = c + \alpha_1\Delta\beta_{t-1} + \alpha_2\Delta\beta_{t-2} + \varepsilon_t \text{ ve } \varepsilon_t \sim (0, \begin{pmatrix} \sigma_{1,1,t}^2 & \sigma_{1,2,t}^2 & \sigma_{1,3,t}^2 & \sigma_{1,4,t}^2 \\ \sigma_{2,1,t}^2 & \sigma_{2,2,t}^2 & \sigma_{2,3,t}^2 & \sigma_{2,4,t}^2 \\ \sigma_{3,1,t}^2 & \sigma_{3,2,t}^2 & \sigma_{3,3,t}^2 & \sigma_{3,4,t}^2 \\ \sigma_{4,1,t}^2 & \sigma_{4,2,t}^2 & \sigma_{4,3,t}^2 & \sigma_{4,4,t}^2 \end{pmatrix})$$

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

GETİRİ ÖNGÖRÜLERİNİN OLUŞTURULMASI VE MODELLERİN ÖNGÖRÜ PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

DNS ve DENS'in tahmin hatalarının alternatif modellerin tahmin hataları ile karşılaştırılması, getiri eğrilerinin DNS ve DENS ile dinamik bir zaman süreci olarak modellenmesi yönteminin örneklem dışı performanslarının başarısı hakkında bize nicel veriler sunacaktır. Bu bölümde ilk olarak model performanslarının nicel olarak karşılaştırılmasında kullanılacak istatistikler tanıtılacak, sonrasında ise ileriye yönelik öngörü oluşturma yöntemi belirlenerek modellerin bir hafta, bir ay ve bir yıl ileriye yönelik öngörü performansları karşılaştırılacaktır.

4.1. Öngörü Performansı Ölçüm İstatistikleri

Farklı modellerin örneklem içi tahmin performansları ile örneklem dışı öngörü performansları her zaman tutarlı olmamakta, en iyi örneklem içi tahmin başarısı gösteren modeller örneklem dışı öngörü performanslarında her zaman aynı başarıyı yakalayamamaktadırlar. Örneğin, getiri eğrisi modellerinin öngörü sonuçları, AR ve VAR süreçlerindeki gecikme işlemcisinin derecesine ve piyasa koşullarına göre farklılık gösterebilmekte, gecikme işlemcisinin değerinin artırılması örneklem içi tahmin başarısını artırmakta ancak, örneklem dışı öngörü performansı modelin özelliklerine göre farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenlerle, model seçimlerinde modellerin örneklem dışı öngörü performansları önem kazanmakta, farklı modeller için elde edilen örneklem dışı öngörülerin göreceli performansları doğru modelin seçilmesine yardımcı olabilmektedir. Modellerin öngörü performanslarının ölçümü konusunda ise araştırmacılar tarafından önerilen çeşitli istatistikî yöntemler mevcuttur.

Bu çalışmada, literatürdeki birçok benzer çalışmaya paralel olarak farklı getiri eğrisi modellerinin öngörü performanslarının karşılaştırılmasında RMSE ve ortalama mutlak hata (MAE) öngörü hatası istatistikleri tercih edilmiştir. RMSE, gerçek getiri gerçekleştirmeleri ile tahmin edilen getirilerin karesel uzaklıklarının ortalamasının kareköküdür. MAE ise gerçekleşen getiri faiz oranları ile tahmin edilen getirilerin mutlak uzaklıklarının ortalaması olarak tanımlanmakta olup, RMSE'ye kıyasla büyük hatalı öngörülere daha az hassas olan bir hata ölçüm istatistiğidir. Modellerin öngörü performanslarının karşılaştırılması, belirlenen hata ölçüm istatistiklerinin en aza indirilmesi esasına dayanmakta ve bu istatistikler çerçevesinde en küçük değeri veren model, öngörü başarısı en yüksek olan model olarak kabul edilmektedir.

Burada üzerinde önemle durulması gereken bir başka konu ise gerçek getiri gözlemleri ve dolayısıyla öngörü hatalarının nasıl tanımlanacağıdır. Birçok benzer çalışma öngörü hatalarını gelecekte gözlemlenen getiri eğrisi tahminleri ile öngörülen getiri eğrileri arasındaki farklar üzerinden tanımlamaktadırlar. Bu çalışmada ise modelin örneklem dışı öngörü performansı, öngörüler ile gerçekleşen getiriler arasındaki farklar, $\hat{Y}_{t+h/t}(\tau) - Y_{t+h}(\tau)$, üzerinden değerlendirilecektir. Öngörü hataları için belirlenen RMSE ve MAE istatistikleri karşılaştırılarak, modellerin öngörü performanslarına ilişkin çıkarımlar yapılacaktır.

4.2. Öngörü Örneklemelerinin Belirlenmesi ve Öngörü Oluşturma Yöntemi

Örneklem seti 02.01.2009–29.04.2011 ve 02.05.2011–31.08.2012 olarak iki parçaya ayrılmakta ve ilk zaman aralığındaki veriler öngörü örneklemeleri için başlangıç bilgi setini oluşturmaktadır. Başlangıç bilgi seti kullanılarak ilk öngörüler 29.04.2011 tarihi itibarıyla oluşturulmakta, artan örneklemeler ile bilgi seti genişletilerek daha ileri günlere ilişkin öngörüler elde edilmektedir.

Literatürdeki çalışmalarda, öngörülerin oluşturulması için kullanılan iki farklı yöntem bulunmaktadır; tek adımlı öngörü yöntemi ve tekrarlanan

öngörüler yöntemi. Tekrarlanan öngörüler yönteminde h dönem ileriye yönelik öngörüler, her adımda bir dönem ileriye yönelik öngörüler oluşturularak, toplam h adımda elde edilmektedir. Tek adımlı öngörü yönteminde ise h dönem ileriye yönelik öngörüler, veri seti içerisindeki bağımsız değişkenler ve sabit terimin doğrusal bir fonksiyonu ile tanımlanmakta ve doğrusal regresyon ile tek adımda elde edilmektedir. Her iki öngörü yöntemine de literatürdeki çalışmalarda sıklıkla rastlanmakla birlikte birçok araştırmada tek adımlı öngörü oluşturma yönteminin daha iyi sonuçlar verdiği işaret edilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada da tek adımlı öngörü yöntemi benimsenmiştir.

Gerek sabit vadeli getiri modelleri gerekse “tutumlu” getiri eğrisi modellerinin zaman serileri için üçüncü bölümde belirlenen modeller doğrusal regresyon modelleridir. Bu çerçevede her bir model için oluşturulacak getiri öngörülerini, ilgili modeller tarafından belirlenen beklenen koşullu getiri değerleri olarak tanımlanmaktadır. Beklenen koşullu getiriler ise doğrudan gözlemlenememekte ve bu nedenle getiri öngörülerini model parametrelerinin tahminleri kullanılarak elde edilmektedir.

$$\hat{X}_{t+h/t} = \hat{c}_t + \hat{\alpha}_t X_t$$

Bu formülasyondaki X_t değişkeni, sabit vadeli getiri modellerinde getirileri, DNS ve DENS’de ise faktör farklarını belirtmekte, açıklayıcı değişkenlerin sayısı ise orijinal modeldeki gecikme derecesine bağlı olarak artmaktadır. \hat{c}_t ve $\hat{\alpha}_t$ ise modelin t anındaki bilgi seti kullanılarak elde edilen parametre tahminlerini ifade etmekte olup, söz konusu parametrelerin tahmininde en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır.

4.3. Modellerin Öngörü Performanslarının Karşılaştırılması

Modellerin öngörü performanslarını ölçmek amacıyla, her bir getiri modeli için 02 Mayıs 2011–31 Ağustos 2012 dönemini kapsayan son 515 gün için örneklem dışı öngörüler üretilmiştir. Bölüm 4.2.’de de belirtildiği üzere, sabit vadeli getirilerin zaman serileri için RW, AR(1), AR(2) ve VAR(2), DNS’nin dönüşüm denklemleri için AR(1) ve VAR(2), DENS’nin dönüşüm

denklemleri için ise AR(2) ve VAR(2) modelleri tarafından belirlenen öngörülerin performansları, RMSE ve MAE hata istatistikleri kullanılarak karşılaştırılmıştır.

TABLO 3.9. MODELLERİN 1 GÜN İLERİYE YÖNELİK ÖNGÖRÜ PERFORMANS İSTATİSTİKLERİ

Vade	RMSE												
	1 Ay	2 Ay	3 Ay	4 Ay	6 Ay	9 Ay	1 Yıl	15 Ay	18 Ay	21 Ay	2 Yıl	30 Ay	3 Yıl
RW	0,214	0,149	0,124	0,1299	0,127	0,124*	0,124	0,132	0,124*	0,117*	0,126	0,113	0,1*
AR(1)	0,214	0,15	0,125	0,1307	0,128	0,124*	0,124	0,132	0,124*	0,117*	0,125	0,113	0,1*
AR(2)	0,217	0,15	0,122*	0,13	0,126*	0,124*	0,123	0,132	0,124*	0,117*	0,125	0,112*	0,1*
VAR(2)	0,202	0,144*	0,124	0,126*	0,126*	0,124*	0,123	0,132	0,126	0,119	0,124*	0,116	0,106
DNS-AR(1)	0,23	0,155	0,143	0,1462	0,171	0,145	0,125	0,136	0,152	0,159	0,125	0,118	0,142
DNS-VAR(2)	0,227	0,15	0,142	0,1463	0,165	0,14	0,123	0,137	0,151	0,16	0,125	0,117	0,14
DENS-AR(2)	0,209	0,17	0,141	0,1373	0,15	0,145	0,133	0,133	0,137	0,131	0,127	0,112*	0,112
DENS-VAR(2)	0,195*	0,151	0,129	0,1287	0,129	0,128	0,121*	0,129*	0,131	0,13	0,125	0,113	0,107
	MAE												
RW	0,128	0,098	0,083	0,0883	0,087	0,09*	0,086*	0,093*	0,092*	0,085*	0,09	0,082	0,075*
AR(1)	0,129	0,098	0,084	0,0883	0,087	0,09*	0,087	0,093*	0,092*	0,086	0,09	0,082	0,075*
AR(2)	0,13	0,098	0,082*	0,0872	0,086*	0,09*	0,087	0,093*	0,092*	0,086	0,089*	0,082	0,075*
VAR(2)	0,126	0,095*	0,084	0,086*	0,088	0,09*	0,087	0,095	0,094	0,089	0,092	0,084	0,079
DNS-AR(1)	0,166	0,106	0,103	0,1022	0,122	0,108	0,094	0,105	0,118	0,13	0,096	0,086	0,112
DNS-VAR(2)	0,166	0,1	0,102	0,1039	0,121	0,106	0,092	0,105	0,119	0,132	0,098	0,086	0,112
DENS-AR(2)	0,135	0,119	0,103	0,0987	0,104	0,105	0,099	0,097	0,1	0,102	0,094	0,081*	0,085
DENS-VAR(2)	0,124*	0,103	0,092	0,0915	0,091	0,095	0,091	0,095	0,094	0,102	0,094	0,082	0,082

* En düşük RMSE ya da MAE istatistiğini veren modelleri göstermektedir. Söz konusu modeller Diebold-Mariano test istatistikleri (Diebold ve Mariano, 1995) çerçevesinde alternatif modeller ile karşılaştırıldığında, birçok vade için %90 güven aralığında daha başarılı öngörü performansı gösterdikleri sonucuna ulaşmaktadır.

Tablo 3.9. ve 3.10.'da sabit vadeli getiri modelleri ile DNS ve DENS'nin sırasıyla 1 gün ve 1 hafta ileriye yönelik getiri öngörüsü tahmin hatalarının istatistikleri verilmiştir. Bir gün ileriye yönelik öngörü hataları incelendiğinde, sabit getiri modellerinden en az biri için getiri öngörülerinin birkaç istisna dışında en başarılı öngörülerini oluşturduğu dikkat çekmektedir. RW modeli tek başına hiç bir vadede 1 gün ileriye yönelik en iyi öngörülerini veren model olamamış ancak, her iki hata istatistiğine göre de DNS'den daha başarılı sonuçlar üretmiştir. DENS özellikle 1 yıl ve 15 aylık vadelerde sabit vadeli getiri öngörülerinde en küçük RMSE'yi vermekte, DNS ise her iki istatistikte de tüm vadelerde en kötü sonuçları veren model olarak karşımıza çıkmaktadır. DENS öngörülerinin MAE değerlerinin 1 yıl ve 15 aylık vadelerde sabit vadeli getiri modellerinden yüksek gerçekleşmesi, DENS'nin söz konusu vadelerde büyük öngörü hataları yapma sıklığının sabit vadeli getiri modellerine göre daha az olduğunu göstermektedir.

Sabit vadeli getiri modellerinin RW ve DNS'ye sağladığı üstünlüğün derecesi 1 haftalık öngörüler ve RMSE istatistiği dikkate alındığında artarak

devam etmektedir. MAE istatistiklerine göre karşılaştırma yapıldığında ise sabit vadeli getirilerin zaman serisi modellerinin öngörülerinin RW'ye olan üstünlüğü gücünü kaybetmektedir. Bu durum RW'nin büyük öngörü hatalarına sebebiyet vermeye daha yatkın olduğu ancak, ortalama hata istatistiği göz önüne alındığında başarılı öngörüler oluşturduğunu göstermektedir. DNS, RMSE kriteri çerçevesinde genel olarak en kötü performans gösteren model özelliğini korumuş, DENS ise öngörü ufkunun bir haftaya çıkması ile etkin olduğu vade aralığını artırmıştır. DENS'den elde edilen bir haftalık getiri öngörülerini, 4 ay ile 30 ay vade aralığında en düşük ya da en düşüğe çok yakın RMSE'li öngörü hataları vermektedir.

TABLO 3.10. MODELLERİN 1 HAFTA İLERİYE YÖNELİK ÖNGÖRÜ PERFORMANS İSTATİSTİKLERİ

Vade	RMSE												
	1 Ay	2 Ay	3 Ay	4 Ay	6 Ay	9 Ay	1 Yıl	15 Ay	18 Ay	21 Ay	2 Yıl	30 Ay	3 Yıl
RW	0,460	0,402	0,372	0,366	0,365	0,343	0,318	0,309	0,288*	0,283	0,271	0,250	0,231
AR(1)	0,463	0,408	0,378	0,372	0,369	0,345	0,319	0,309	0,288*	0,282	0,271	0,249	0,231
AR(2)	0,471	0,403	0,368	0,362	0,361*	0,340*	0,319	0,310	0,288*	0,282	0,271	0,249	0,230*
VAR(2)	0,433*	0,389*	0,357*	0,351	0,364	0,347	0,326	0,308	0,299	0,292	0,281	0,257	0,246
DNS-AR(1)	0,467	0,412	0,371	0,358	0,377	0,347	0,322	0,309	0,309	0,300	0,269	0,244	0,246
DNS-VAR(2)	0,460	0,405	0,364	0,351	0,371	0,342	0,318	0,306	0,306	0,297	0,267	0,241	0,244
DENS-AR(2)	0,453	0,411	0,366	0,353	0,367	0,343	0,319	0,302	0,296	0,281*	0,265	0,241	0,238
DENS-VAR(2)	0,445	0,404	0,361	0,348*	0,364	0,341	0,317*	0,301*	0,295	0,281*	0,264*	0,239*	0,236
	MAE												
RW	0,316	0,271	0,250	0,250	0,248	0,243	0,226*	0,218	0,209*	0,203*	0,193	0,180	0,168*
AR(1)	0,320	0,276	0,256	0,255	0,251	0,246	0,229	0,221	0,211	0,206	0,194	0,179	0,168*
AR(2)	0,322	0,271	0,249	0,248	0,247	0,244	0,228	0,221	0,211	0,205	0,194	0,180	0,168*
VAR(2)	0,297	0,262*	0,243*	0,238	0,247	0,254	0,241	0,224	0,217	0,215	0,203	0,186	0,183
DNS-AR(1)	0,330	0,281	0,249	0,234	0,243	0,243	0,230	0,222	0,227	0,224	0,196	0,173	0,179
DNS-VAR(2)	0,326	0,277	0,245	0,230*	0,240*	0,241*	0,228	0,221	0,226	0,223	0,194	0,171	0,177
DENS-AR(2)	0,311	0,280	0,247	0,239	0,246	0,243	0,227	0,215*	0,212	0,206	0,190	0,172	0,174
DENS-VAR(2)	0,304*	0,276	0,244	0,238	0,246	0,243	0,226*	0,215*	0,211	0,205	0,189*	0,170*	0,171

* En düşük RMSE ya da MAE istatistiğini veren modelleri göstermektedir. Söz konusu modeller Diebold-Mariano test istatistikleri (Diebold ve Mariano, 1995) çerçevesinde alternatif modeller ile karşılaştırıldığında, birçok vade için %90 güven aralığında daha başarılı öngörü performansı gösterdikleri sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 3.11.'de öngörü ufkunu 1 aya çıkarıldığında modellerin öngörü hatalarının istatistikleri gösterilmektedir. Bir ay ileriye yönelik öngörü hatalarının RMSE istatistiklerinde sabit vadeli getiri modelleri diğer modellerin tümüne baskın bir performans göstermektedir. Ancak, sabit vadeli getiri modelleri MAE istatistiklerinde aynı başarıyı gösterememekte ve bu durum sabit vadeli getiri modellerinin performans başarısının özellikle büyük tahmin hataları yapmamasında gizli olduğuna işaret etmektedir. DNS ve DENS öngörülerini ise her iki istatistikte de birbirlerine belirgin bir üstünlük sağlayamamaktadır.

Öngörü ufku daha da arttırılarak 1 yıla çıkarıldığında ise, DNS ve DENS özellikle 18 aya kadar olan vadeli getirilerde en başarılı öngörülerini veren modeller olmaktadır (Tablo 3.12.). DENS, söz konusu vadelerde genel olarak en küçük RMSE'li, DNS ise en küçük MAE'li öngörü hatalarını vermektedirler. Bu durum daha kısa vade ufuklarında gözlemlenen DNS'nin DENS'ye kıyasla daha büyük öngörü hataları üretebilme özelliğinin sürdüğünü göstermektedir. Onsekiz ay ve daha uzun vadelerde ise RW ve tek değişkenli sabit vadeli zaman serisi modelleri diğer modellere kıyasla daha başarılı öngörüler vermektedirler.

TABLO 3.11. MODELLERİN 1 AY İLERİYE YÖNELİK ÖNGÖRÜ PERFORMANS İSTATİSTİKLERİ

Vade	RMSE												
	1 Ay	2 Ay	3 Ay	4 Ay	6 Ay	9 Ay	1 Yıl	15 Ay	18 Ay	21 Ay	2 Yıl	30 Ay	3 Yıl
RW	1,04	0,98	0,93	0,92	0,89	0,84	0,79	0,78	0,72	0,72	0,68	0,63	0,57
AR(1)	1,03	0,97	0,92	0,92	0,88	0,83	0,77*	0,75*	0,7*	0,7*	0,66	0,61*	0,56*
AR(2)	1,03	0,96	0,91	0,90	0,87*	0,82*	0,77*	0,75*	0,7*	0,7*	0,65*	0,61*	0,56*
VAR(2)	0,94*	0,89*	0,89*	0,89*	0,89	0,87	0,85	0,83	0,80	0,78	0,78	0,74	0,70
DNS-AR(1)	1,05	0,98	0,93	0,91	0,88	0,84	0,79	0,77	0,74	0,72	0,67	0,62	0,58
DNS-VAR(2)	1,05	0,98	0,93	0,91	0,89	0,84	0,79	0,77	0,74	0,72	0,68	0,62	0,59
DENS-AR(2)	1,04	0,98	0,93	0,92	0,89	0,84	0,79	0,77	0,74	0,72	0,67	0,62	0,58
DENS-VAR(2)	1,04	0,98	0,93	0,92	0,89	0,84	0,79	0,77	0,74	0,72	0,67	0,62	0,59
	MAE												
RW	0,80	0,75	0,7*	0,70	0,66*	0,64*	0,59*	0,56*	0,53*	0,53	0,49*	0,46*	0,43*
AR(1)	0,81	0,77	0,73	0,73	0,70	0,67	0,62	0,59	0,54	0,54	0,49*	0,46*	0,43*
AR(2)	0,81	0,75	0,72	0,71	0,69	0,66	0,62	0,58	0,54	0,54	0,49*	0,46*	0,43*
VAR(2)	0,75*	0,71*	0,7*	0,69	0,68	0,68	0,67	0,64	0,61	0,60	0,59	0,57	0,55
DNS-AR(1)	0,80	0,75	0,71	0,68*	0,67	0,64*	0,59*	0,56*	0,54	0,52*	0,49*	0,46*	0,44
DNS-VAR(2)	0,80	0,75	0,71	0,69	0,67	0,64*	0,59*	0,56*	0,54	0,52*	0,49*	0,46*	0,45
DENS-AR(2)	0,79	0,76	0,71	0,69	0,67	0,64*	0,60	0,56*	0,54	0,52*	0,49*	0,46*	0,43*
DENS-VAR(2)	0,79	0,75	0,71	0,68*	0,66*	0,64*	0,60	0,56*	0,54	0,52*	0,50	0,46*	0,44

* En düşük RMSE ya da MAE istatistiğini veren modelleri göstermektedir. Söz konusu modeller Diebold-Mariano test istatistikleri (Diebold ve Mariano, 1995) çerçevesinde alternatif modeller ile karşılaştırıldığında, birçok vade için %90 güven aralığında daha başarılı öngörü performansı gösterdikleri sonucuna ulaşılmaktadır.

Sonuç olarak, modellerin öngörü performansları öngörü ufku ve kıymetlerin vadelerine göre değişkenlik göstermekle birlikte sabit vadeli getiri modelleri kısa öngörü ufuklarında, DENS ve DNS ise daha uzun öngörü ufuklarında diğer modellere kıyasla daha başarılı sonuçlar vermektedirler. Bu durum vade ufku kısaldıkça kıymetlerin kısa dönemli fiyat değişimlerinin ve dolayısı ile piyasadaki eğilimin dikkate alınmasının öngörü performansını arttıracaklarını göstermektedir. Daha uzun zaman dilimlerinde ise DNS ve DENS tarafından belirlenen ve ekonomi ile para politikasına ilişkin kısa, orta ve uzun dönemli beklentileri yakalayan faktörlerin zaman serilerinin kullanılması, daha etkin öngörüler oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

TABLO 3.12. MODELLERİN 1 YIL İLERİYE YÖNELİK ÖNGÖRÜ PERFORMANS İSTATİSTİKLERİ

Vade	RMSE												
	1 Ay	2 Ay	3 Ay	4 Ay	6 Ay	9 Ay	1 Yıl	15 Ay	18 Ay	21 Ay	2 Yıl	30 Ay	3 Yıl
RW	1,43	1,32*	1,26*	1,22	1,12	0,96*	0,85*	0,76	0,77*	0,74*	0,73	0,79	0,80
AR(1)	1,73	1,67	1,61	1,56	1,48	1,31	1,13	0,93	0,85	0,74*	0,70*	0,67*	0,63*
AR(2)	1,73	1,67	1,61	1,56	1,48	1,31	1,13	0,94	0,85	0,74*	0,70*	0,67*	0,63*
VAR(2)	1,86	1,79	1,75	1,72	1,68	1,55	1,44	1,23	1,13	0,99	0,92	0,87	0,81
DNS-AR(1)	1,37*	1,34	1,29	1,22	1,13	0,97	0,85*	0,76	0,79	0,77	0,75	0,76	0,76
DNS-VAR(2)	1,37*	1,35	1,29	1,22	1,13	0,97	0,85*	0,76	0,79	0,77	0,75	0,76	0,76
DENS-AR(2)	1,41	1,35	1,28	1,20*	1,11*	0,96*	0,85*	0,75*	0,77*	0,75	0,73	0,76	0,81
DENS-VAR(2)	1,41	1,35	1,28	1,20*	1,11*	0,96*	0,85*	0,75*	0,77*	0,75	0,73	0,76	0,81
Vade	MAE												
	1 Ay	2 Ay	3 Ay	4 Ay	6 Ay	9 Ay	1 Yıl	15 Ay	18 Ay	21 Ay	2 Yıl	30 Ay	3 Yıl
RW	1,14	1,04*	1,00*	0,95	0,93	0,84	0,78	0,69	0,68*	0,62*	0,63	0,67	0,66
AR(1)	1,48	1,40	1,32	1,25	1,20	1,07	0,93	0,79	0,75	0,65	0,65	0,63*	0,59*
AR(2)	1,48	1,40	1,32	1,25	1,20	1,07	0,93	0,79	0,75	0,65	0,65	0,63*	0,59*
VAR(2)	1,58	1,49	1,42	1,37	1,34	1,25	1,14	1,00	0,94	0,82	0,81	0,78	0,72
DNS-AR(1)	1,11*	1,08	1,02	0,94*	0,90*	0,82*	0,78	0,69	0,70	0,66	0,64	0,64	0,63
DNS-VAR(2)	1,11*	1,08	1,02	0,94*	0,90*	0,82*	0,78	0,69	0,70	0,66	0,64	0,64	0,62
DENS-AR(2)	1,11*	1,08	1,02	0,94*	0,91	0,83	0,77*	0,68*	0,69	0,64	0,62*	0,65	0,67
DENS-VAR(2)	1,11*	1,08	1,02	0,94*	0,91	0,83	0,78	0,68*	0,69	0,64	0,62*	0,65	0,67

* En düşük RMSE ya da MAE istatistiğini veren modelleri göstermektedir. Söz konusu modeller Diebold-Mariano test istatistikleri (Diebold ve Mariano, 1995) çerçevesinde alternatif modeller ile karşılaştırıldığında, birçok vade için %90 güven aralığında daha başarılı öngörü performansını gösterdikleri sonucuna ulaşılmaktadır.

TABLO 3.13. MODELLERİN ORTALAMA ÖNGÖRÜ PERFORMANSLARI

	RW	AR(1)	AR(2)	VAR(2)	DNS-AR(1)	DNS-VAR(2)	DENS-AR(2)	DENS-VAR(2)
RMSE	0,561	0,602	0,601	0,664	0,567	0,567	0,563	0,560
MAE	0,435	0,480	0,479	0,525	0,441	0,441	0,437	0,435

Tüm vadeler ve öngörü ufukları dikkate alındığında ise DENS hem RMSE hem de MAE hata istatistiklerinde en başarılı öngörü modeli olarak karşımıza çıkmaktadır (Tablo 3.13.). Farklı vade ve öngörü ufuklarında RW modelinden daha başarılı modeller bulunmakla birlikte, ortalama hata istatistikleri dikkate alındığında RW'nin öngörü performansı DENS'ye çok yakın seviyelerde gerçekleşmektedir. DENS'nin örneklem içi tahmin hatalarının DNS'den küçük olduğu bilgisine elde edilen başarılı örneklem dışı öngörü performansı da eklendiğinde, DIBS getiri eğrisi modellemesinde DENS'nin DNS'ye tercih edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Faiz oranlarının vade yapıları ile ilişkilerini gösteren getiri eğrileri, firmaların finansman ve yatırım kararlarında ve risk yönetiminde, devletin hazine birimlerinin bütçe ile ilgili aldıkları kararlarda ve borçlanma stratejilerinin belirlenmesinde, merkez bankalarının ise politika oluşturma sürecinde kapsamlı şekilde kullanılmaktadır. Bu nedenle getiri eğrilerinin en başarılı şekilde modellenerek gelecekte alacağı pozisyona ilişkin öngörüler oluşturulması, gerek akademik çevreler gerekse finansal piyasadaki uygulayıcılar ve politika yapıcılar açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, Diebold ve Li (2006) tarafından geliştirilen Dinamik Nelson Siegel Modeli (DNS) ve Almeida ve diğerleri (2007) tarafından önerilen Geliştirilmiş Dinamik Nelson Siegel Modeli (DENS) kullanılarak Türkiye için getiri eğrileri modellenmiş ve söz konusu modellerden elde edilen getiri eğrileri kullanılarak getirilerin gelecekte alacakları değerlere yönelik tahminler oluşturulmuştur. Getiri eğrilerine dayanmayan fakat ampirik literatürde sıklıkla kullanılan zaman serileri modelleri de çalışmaya dahil edilerek, DNS ve DENS'nin değişik vade yapılarına ilişkin öngörü düzeyleri alternatif ampirik modeller ile istatistiki kriterler kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Modellerin öngöruları RMSE ve MAE hata istatistiklerine göre karşılaştırıldığında, hemen hemen her vade ve öngörü ufunda RW'den daha başarılı öngörüler sunan modeller bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Modellerin öngörü performansları öngörü ufku ve kıymetlerin vadelerine göre değişkenlik göstermekle birlikte genel olarak sabit vadeli getiri modellerinin kısa öngörü ufuklarında, DENS ve DNS'nin ise daha uzun öngörü ufuklarında alternatiflerine kıyasla daha başarılı tahminler sunduğu bulunmuştur. Diğer taraftan tüm vadeler ve öngörü ufukları dikkate alındığında DNS'nin DENS'ye kıyasla büyük öngörü hatalarına sebebiyet vermeye daha yatkın olduğu ve

DENS'nin en az DNS kadar etkin öngörüler sunduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, hem örneklem içi hem de örneklem dışı tahmin performansları çerçevesinde DENS'nin DİBS getiri eğrisi modellemesindeki üstünlüğünü ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada farklı getiri eğrisi modellerinin RW modeline kıyasla getiri öngörülerinde daha başarılı sonuçlar verdiği gösterilmekle birlikte değerlendirmeye tabi tutulan model seti çok sınırlı sayıda modeli içermektedir. Oysaki literatürde yapılan birçok çalışmada makro değişkenlerin modele dâhil edilmesinin "tutumlu" modellerin getiri öngörü başarısını artırdığı belirtilmektedir. Bu çerçevede, daha çok sayıda modelin, özellikle makro-finans modellerinin de ele alınması, hem alternatif modellerin öngörü performanslarına ilişkin daha detaylı bilgi sunacak hem de makro değişkenler ile faktörler arasındaki ilişki üzerine daha fazla bilgi sahibi olunmasına yarar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Akıncı, Ö., Gürcihan, B., Gürkaynak, R. ve Özel, Ö. (2006). “Devlet İç Borçlanma Senetleri için Getiri Eğrisi Tahmini”. Erişim: 03 Ekim 2012, TCMB Araştırma ve Para Politikası Genel Müdürlüğü Çalışma Tebliği, No:06/08, <http://www.tcmb.gov.tr/research/discus/WP0608.pdf>
- Almeida, C., Gomes, R., Leite, A. ve Vicente, J. (2007). “Does Curvature Enhance Forecasting?”. Erişim: 04 Ekim 2012, Brezilya Merkez Bankası Çalışma Tebliği, No:155, <http://www.fgv.br/professor/calmeida/Svensson08.pdf>
- Alper, C. E., Akdemir, A. ve Kazimov, K. (2004). “Estimating the Term Structure of Government Securities in Turkey”. Erişim: 03 Ekim 2012, Boğaziçi Üniversitesi Çalışma Tebliği, No:2004/03, http://www.econ.boun.edu.tr/content/wp/ISS_EC_04_03.pdf
- Ang, A. ve Piazzesi, M. (2003). A No-Arbitrage Vector Autoregression of Term Structure Dynamics with Macroeconomic and Latent Variables. *Journal of Monetary Economics*, 50, IV, 745–787.
- Artam, H. (2006). Term Structure of Government Bond Yields: A Macro-Finance Approach. M.Sc. Thesis, Department of Financial Mathematics. Ankara: METU.
- Baki, İ. (2006). Yield Curve Estimation by Spline-Based Methods. M.Sc. Thesis, Graduate School of Social Sciences. Ankara: METU.
- Bolder, D. J. (2006). “Modelling Term-Structure Dynamics for Risk Management: A Practitioner's Perspective”. Erişim: 05 Ekim 2012, Kanada Merkez Bankası Çalışma Tebliği, No:2006-48, <http://www.bankofcanada.ca/wp-content/uploads/2010/02/wp06-48.pdf>
- Bolder, D. J. ve Liu, S. (2007). “Examining Simple Joint Macroeconomic and Term Structure Models: A Practitioner's Perspective”. Erişim: 05 Ekim 2012, Kanada Merkez Bankası Çalışma Tebliği, No:2007–49, <https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/53802/1/548043787.pdf>
- Bolder, D. J. ve Romanyuk, Y.(2008). Combining Canadian Interest Rate Forecasts”. Erişim: 05 Ekim 2012, Kanada Merkez Bankası Çalışma Tebliği, No: 2008–34,

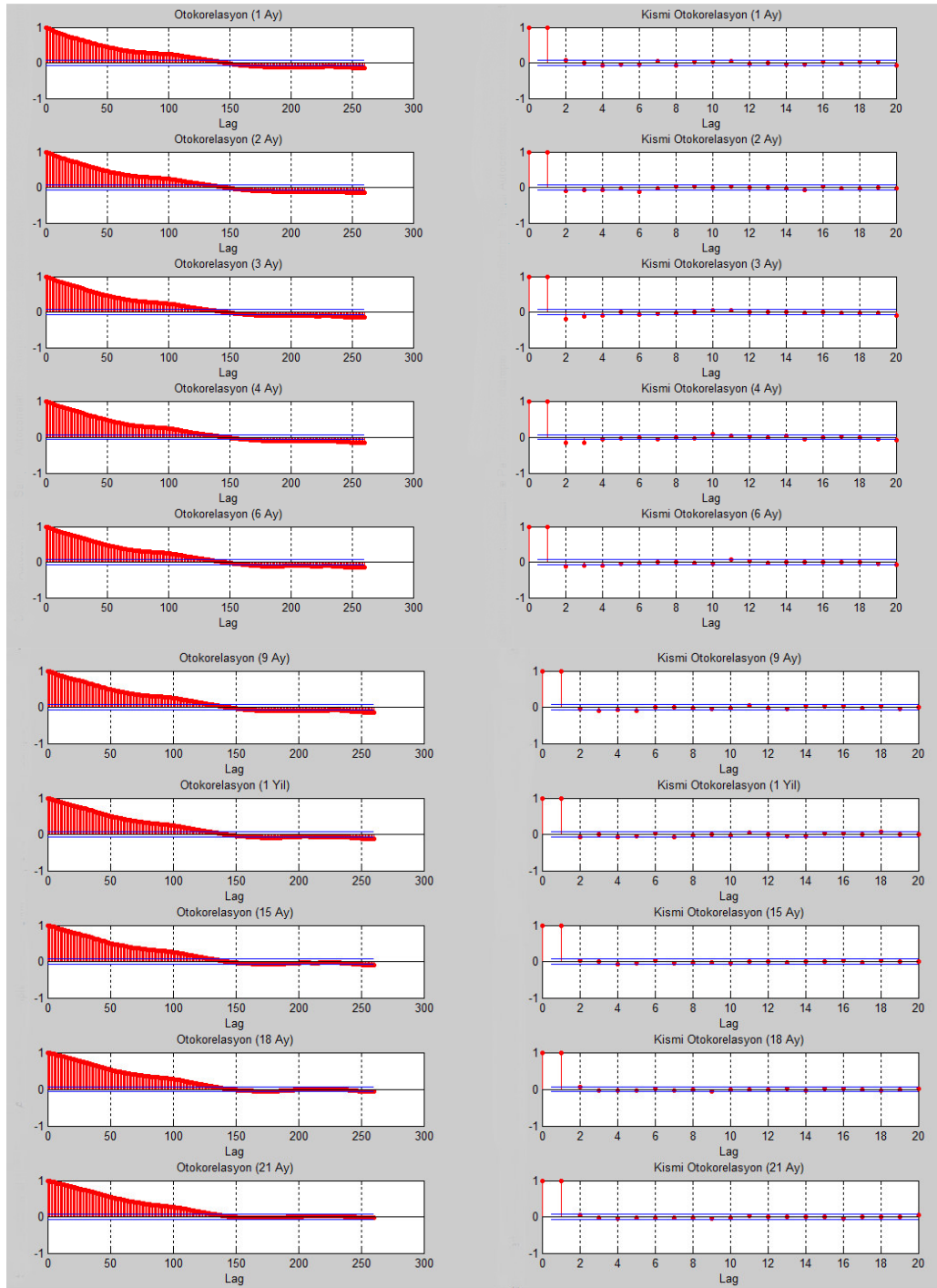
<http://www.bankofcanada.ca/wp-content/uploads/2010/02/wp08-34.pdf>

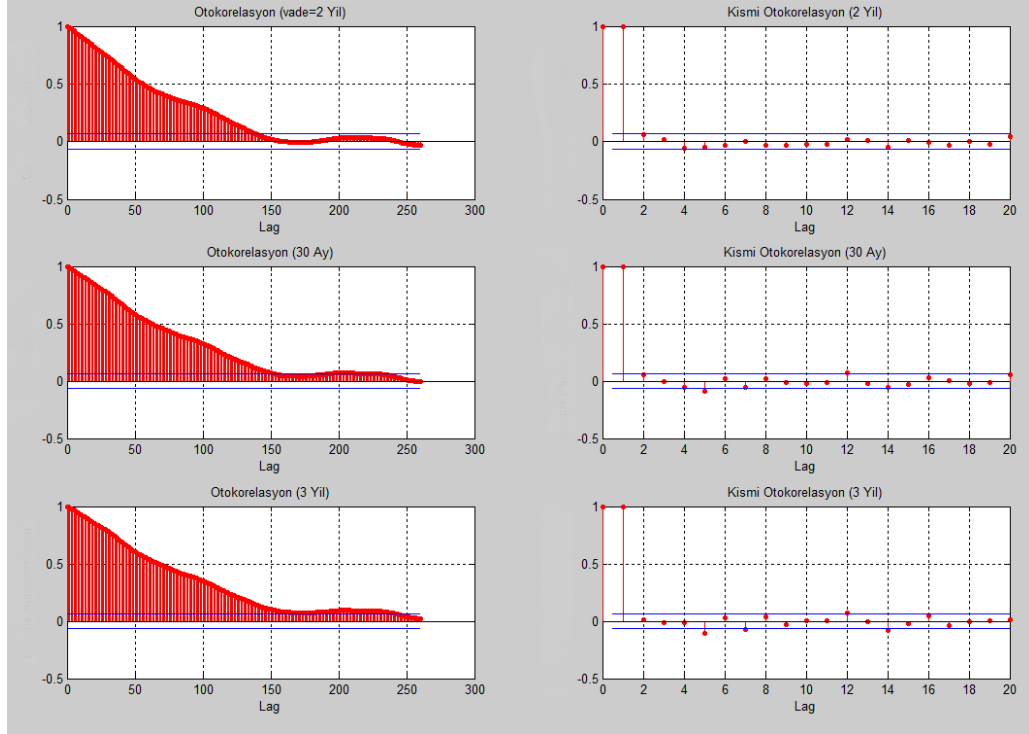
- Caldeira, J., Moura, G. V. ve Portugal, M. S. (2010). Efficient Yield Curve Estimation and Forecasting in Brazil. *Economía*, Brasília, 11, I, 27–51.
- Christensen, J. H. E., Diebold, F. X. ve Rudebusch, G. D. (2008). The Affine Arbitrage-Free Class of Nelson-Siegel Term Structure Models. *Journal of Econometrics*, 164, I, 4–20.
- Cochrane, J. ve Piazzesi, M. (2005). Bond Risk Premia. *American Economic Review*, 95, I, 138–160.
- Cox, J. C., Ingersoll, J. E. ve Ross, S. A. (1985). A Theory of the Term Structure of Interest Rates. *Econometrica*, 53, II, 385–407.
- Dauwe, A. ve Moura, M.L. (2011). “Forecasting the Term Structure of the Euro Market using Principal Component Analysis”. Erişim: 01 Ekim 2012, Insper Çalışma Tebliği, No:233/2011, http://www.insper.edu.br/sites/default/files/2011_wpe233.pdf
- De Pooter, M. D.; Ravazzolo, F. ve Van Dijk, D. (2007). “Predicting the Term Structure of Interest Rates: Incorporating Parameter Uncertainty, Model Uncertainty and Macroeconomic Information”. Erişim: 01 Ekim 2012, Econometric Institute and Tinbergen Institute Tartışma Tebliği, <http://www.econ.kuleuven.be/econometrics/abstracts/abstract0607/vandijk.pdf>
- De Pooter, M. D., Ravazzolo, F. ve Van Dijk, D. (2010). “Term Structure Forecasting Using Macro Factors And Forecast Combination”. Erişim: 01 Ekim 2012, Amerika Merkez Bankası Çalışma Tebliği, No:993, <http://www.federalreserve.gov/pubs/ifdp/2010/993/ifdp993.pdf>
- Diebold, F. X. ve Li, C. (2006). Forecasting the Term Structure of Government Bond Yields. *Journal of Econometrics*, 130, II, 337–364.
- Diebold, F. X., Rudebusch, G. D. ve Aruoba, B. (2006). The Macroeconomy and the Yield Curve: A Dynamic Latent Factor Approach. *Journal of Econometrics*, 131, 309–338.
- Diebold, F. X. ve Mariano, R. (1995). Comparing Predictive Accuracy. *Journal of Business and Economic Statistics*, 13, 253–263.
- Duffee, G. (2002). Term Premia and Interest Rate Forecasts in Affine Models. *Journal of Finance*, 57, 405–443.
- Duffie, D. ve Kan, R. (1996). A Yield-factor Model of Interest Rates. *Mathematical Finance*, 6, IV, 379–406.

- Gürçihan, B. H. (2004). Risk Analysis of the Government Domestic Debt Stock in Turkey: Cost at Risk Approach. M.Sc. Thesis, Graduate School of Social Sciences. Ankara: METU.
- Hamilton, J. D., (1994). Time Series Analysis. New Jersey: Princeton University Press.
- Heath, D., Jarrow, R. ve Morton, A. (1992). Bond Pricing and the Term Structure of Interest Rates: A New Methodology for Contingent Claims Valuation. *Econometrica*, 60, 1, 77–105.
- Hördahl, P., Tristani, O. ve Vestin, D. (2006). A Joint Econometric Model of Macroeconomic and Term-structure Dynamics. *Journal of Econometrics*, 131, 405–444.
- Hull, J. ve White, A. (1990). Pricing Interest-Rate-Derivative Securities. *Review of Financial Studies*, 3, 573–592.
- İren, B.Ü. (2009). Term Structure of Bond Yields by Macro-Finance Representation. M.Sc. Thesis, Graduate School of Social Sciences. Ankara: METU.
- Knez, P., Litterman, R. ve Scheinkman, J. (1994). Exploration into Factors Explaining Money Market Returns. *Journal of Finance*, 49, 1861–1882.
- Koopman, S. J., Mallee, M. I. ve Van der Wel, M. (2007). “Analyzing the Term Structure of Interest Rates Using the Dynamic Nelson-Siegel Model with Time-Varying Parameters”. Erişim: 04 Ekim 2012, Tinbergen Institute Tartışma Tebliği, <http://dare2.uvu.vu.nl/bitstream/handle/1871/12662/07095.pdf?sequence=1>
- Litterman, R. ve Scheinkman, J. (1991). Common Factors Affecting Bond Returns. *Journal of Fixed Income*, 1, 54–61.
- McCulloch, J. H. (1971). Measuring the term structure of interest rates. *Journal of Business*, 44, 1, 19–31.
- Memiş, H. A. (2006). “Verim Eğrisi Modelleri Türkiye Uygulaması”. Erişim: 03 Ekim 2012, Uzmanlık Tezi, T.C. Hazine Müsteşarlığı Kamu Finansmanı Genel Müdürlüğü.
- Moench, E. (2012). Term Structure Surprises: The Predictive Content of Curvature, Level and Slope. *Journal of Applied Econometrics*, 27, 574–602.
- Mönch, E. (2008). Forecasting the Yield Curve in a Data-Rich Environment: A No-Arbitrage Factor-Augmented VAR Approach. *Journal of Econometrics*, 146, 24–43.

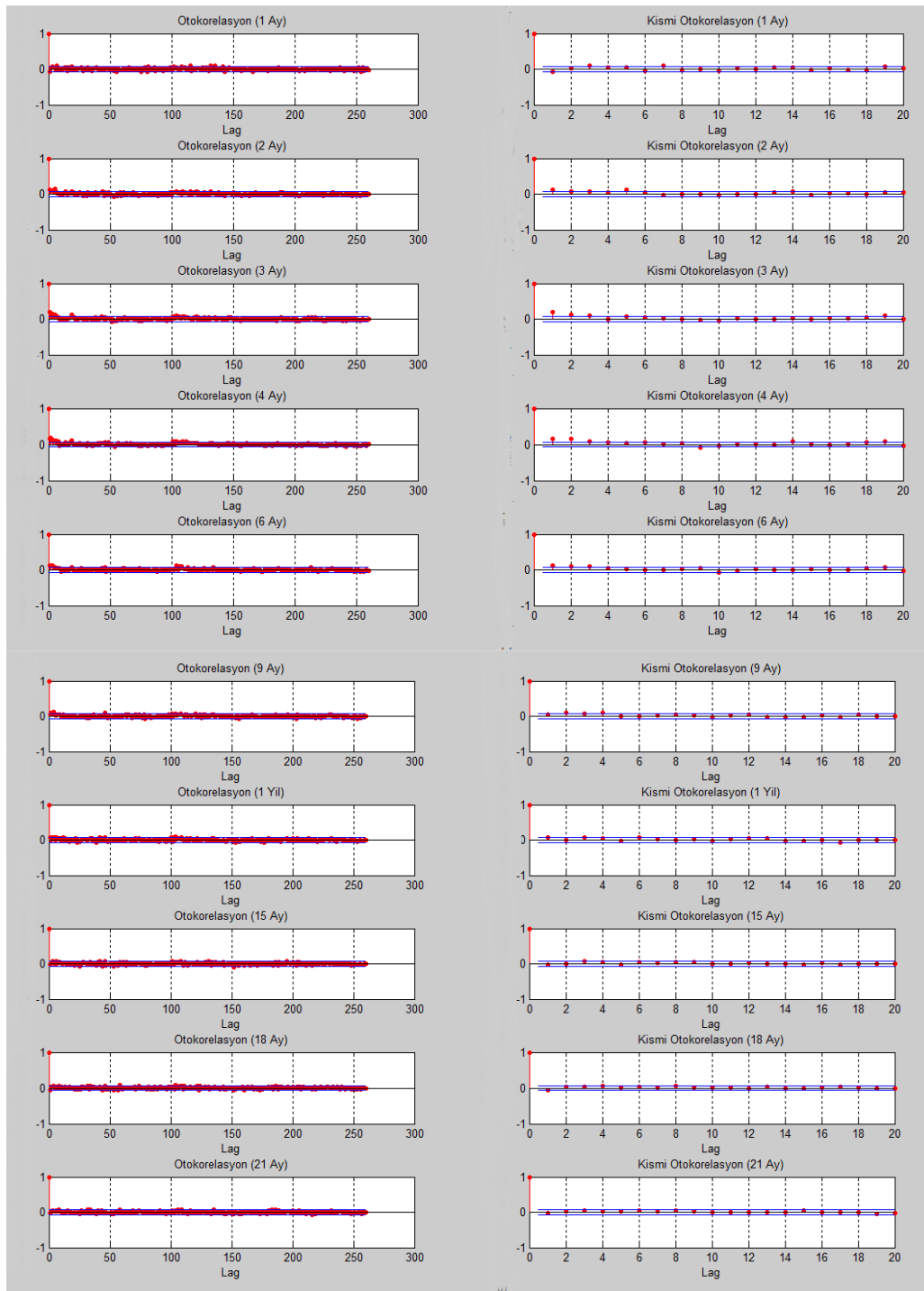
- Nelson, C. R. ve Siegel, A. F. (1987). Parsimonious modeling of yield curves. *The Journal of Business*, 60, IV, 473–489.
- Nyholm, K. ve Vidova-Koleva, R. (2010). “Nelson-Siegel, Affine and Quadratic Yield Curve Specifications: Which one is better at forecasting?”. Erişim: 04 Ekim 2012, Avrupa Merkez Bankası alışma Tebliği, No:1205, <http://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp1205.pdf>
- Svensson, L. E. O. (1994). “Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992–1994”. Erişim: 03 Ekim 2012, IMF alışma Tebliği, No:94–114, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=883856
- Teker, S. ve Gümüşsoy, L. (2005). Faiz Oranı Eğrisi Tahmini: T.C Hazine Bonosu ve Eurobondları Üzerine bir Uygulama. 8. *Ulusal Finans Sempozyumu*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Vasicek, O. (1977). An equilibrium characterization of the term structure. *Journal of Financial Economics*, 5, II, 177–188.
- Vasicek, O.A. ve Fong, H.G. (1982). Term Structure Modeling Using Exponential Splines. *Journal of Finance*, 37, 339–348.
- Vicente, J. ve Tabak, B. M.(2008). Forecasting bond yields in the Brazilian fixed income market. *International Journal of Forecasting*, 24, III, 490–497.
- Wu, T. (2001). “Monetary Policy and the Slope Factor in Empirical Term Structure Estimations”. Erişim: 05 Ekim 2012, Uygulamalı Ekonomi Teorisi alışma Tebliği, Federal Reserve Bank of San Francisco, No:2002–07, <http://www.frbsf.org/publications/economics/papers/2002/wp02-07bk.pdf>

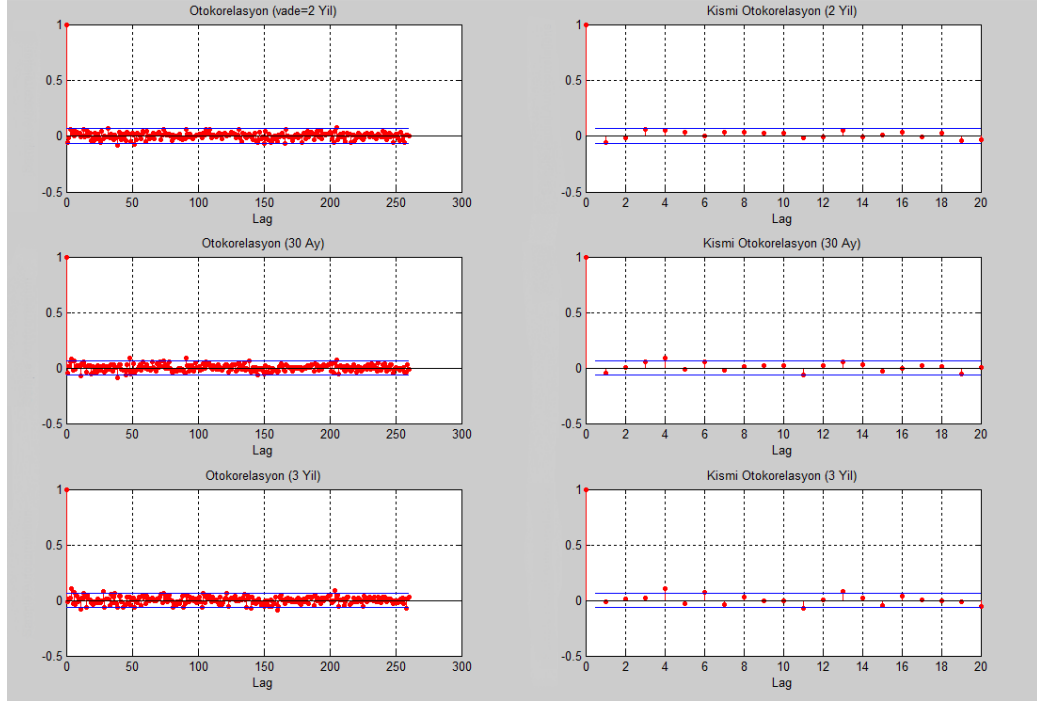
EKLER



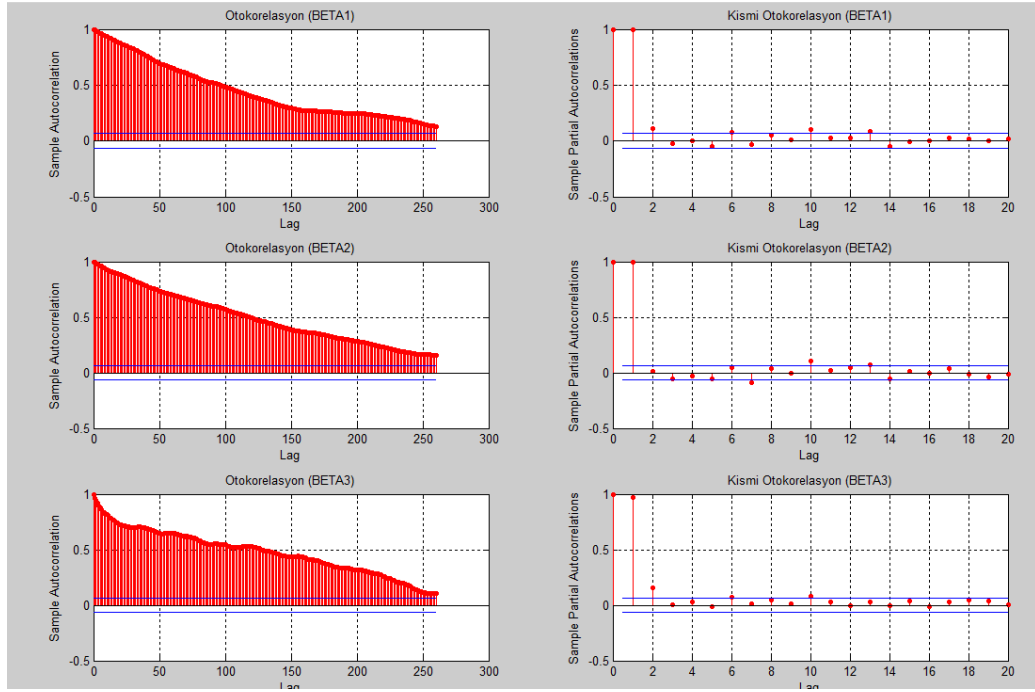


Grafik 1.A : Sabit Vadeli Kıymetlerin Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonları

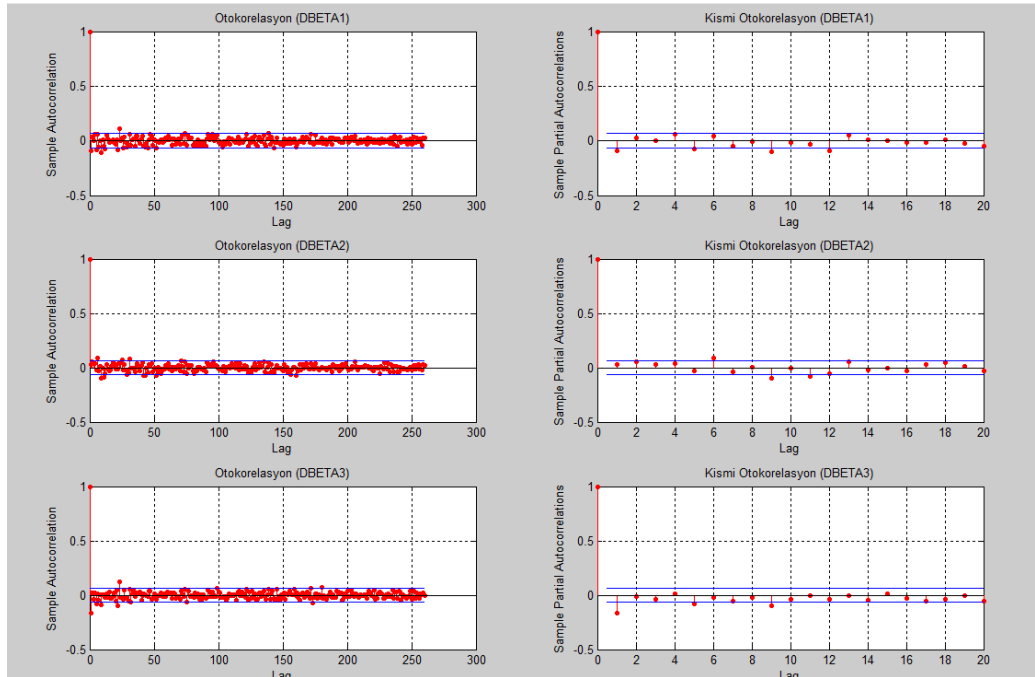




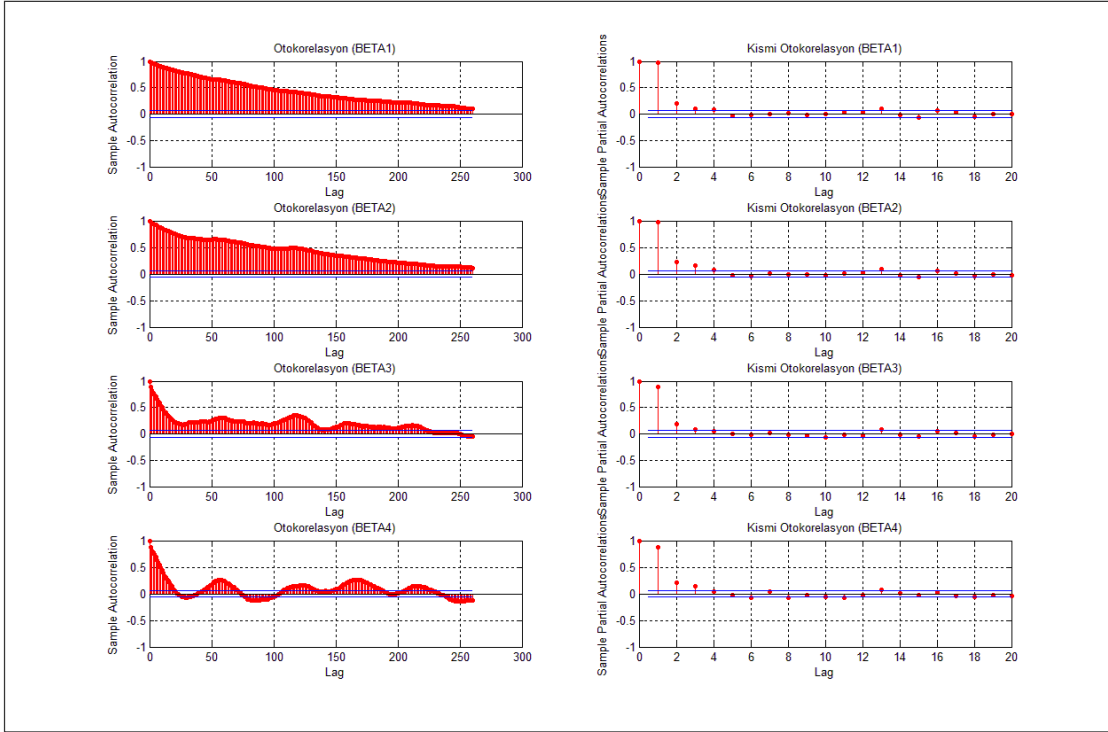
Grafik 2.A : Sabit Vadeli Kıymet Farklarının Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonları



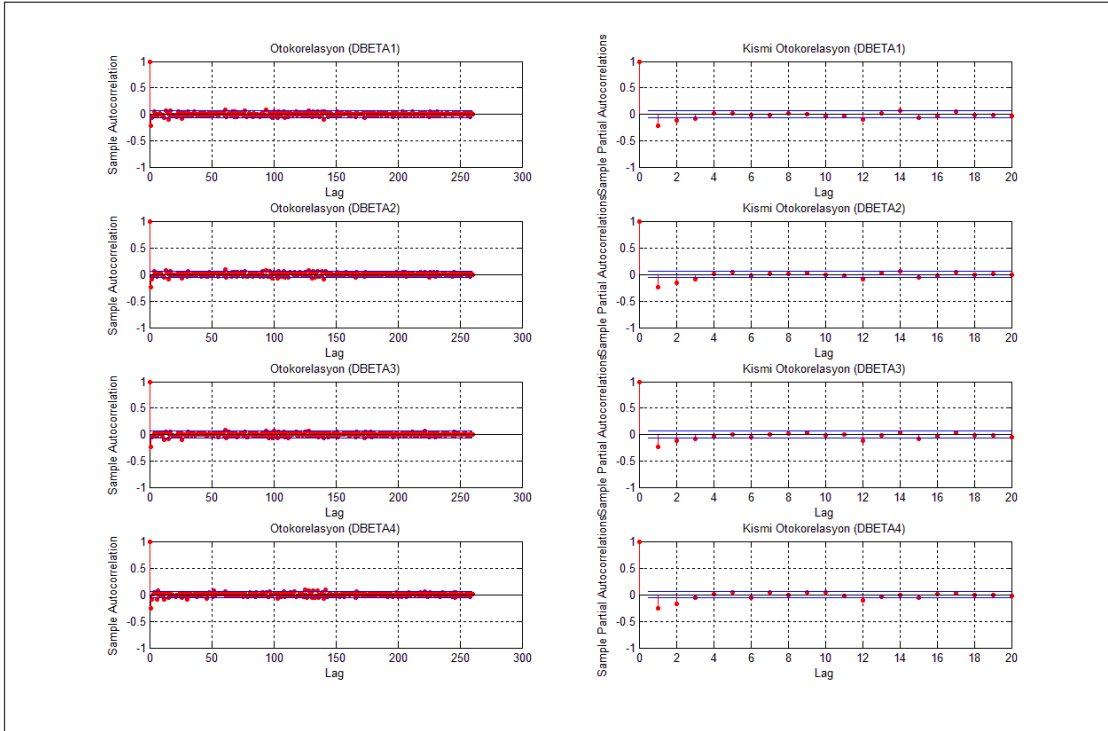
Grafik 3.A : DNS Faktörlerinin Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonları



Grafik 3.B : DNS Faktör Farklarının Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonları



Grafik 4.A : DENS Faktörlerinin Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonları



Grafik 4.B : DENS Faktör Farklarının Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonları

TABLO 5.A. DENS MODELİNİN FAKTÖR FARKLARININ ÇAPRAZ KORELASYON İSTATİSTİKLERİ

	DBeta1	DBeta2	DBeta3	DBeta4
DBeta1	1,00	-0,96	-0,94	0,71
DBeta2	-0,96	1,00	0,93	-0,83
DBeta3	-0,94	0,93	1,00	-0,80
DBeta4	0,71	-0,83	-0,80	1,00

TABLO 5.B. HATA TERİMİ VE HATA TERİMİ KARESİNİN ARDIŞIK BAĞLANIM TESTLERİ

	DBeta1	DBeta2	DBeta3	DBeta4
Q(1)	12,1*	14,3*	8,3*	21,0*
Q(5)	28,5*	32,7*	18,7*	33,6*
Q(20)	60,8*	63,1*	51,9*	57,8*
Q(50)	89,6*	91,0*	82,0*	83,7*
Q2(1)	19,5*	46,4*	7,6*	54,1*
Q2(5)	29,2*	70,0*	16,5*	61,1*
Q2(20)	46,3*	76,7*	35,0*	63,8*
Q2(50)	118,0*	127,3*	96,0*	79,0*
ARCH(1)	19,3*	45,9*	7,5*	53,5*
ARCH(5)	23,7*	50,5*	14,5*	59,5*
ARCH(20)	30,6	52,2*	25,0	64,3*
ARCH(50)	71,8*	80,3*	60,7	65,3

* %5 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezinin reddildiğini göstermektedir.

MATLAB KODLARI

**Veri Setinin Hazırlanması ve İleri Valörlü Anlık Faiz Oranlarının
Hesaplanması**

```

clear all;
clc;
global i;
global l;
global mk_veri;
global forfaiz;
global nod;
global maxvade;

%%%%%%%%%%%%% KULLANILAN VERİNİN ÖZELLİKLERİ %%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%% VERİLERİN PROGRAMA
YUKLENMESİ %%%%%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%% %%%%%%%%%%%%%%

[mk_veri,txt,row]= xlsread('fiyatveri4.xls');
[mk_bilgi,txt2,row2]=xlsread('bilgi.xls');

% "mk_veri" günlük olarak işlem gören senetlere ilişkin bilgi içermekte olup
% | işlem günü(numerik olarak) | isin kodu | bileşik getiri
%bilgilerini içermektedir.

% "mk_bilgi" ise piyasada işlem gören senetlere ilişkin genel bilgileri
% içermekte olup
% | isin kodu | ihraç tarihi (numeric) | itfa tarihi (numeric) | Kupon sıklığı
% | Kupon Faiz Türü | Kupon Faiz Oranı |.....
%bilgilerini içermektedir.

%%%%%%%%%%%%% HERBİR GÜN İÇİN İŞLEM GÖREN %%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%% KIYMETLERİN BİLGİLERİNİN DERLENMESİ %%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%%%%

[rows cols] = size(mk_veri);
[rows2 cols2] = size(mk_bilgi);
mk_veri(:,2) = mk_veri(:,3);
mk_veri(:, 3:49) = 0;
kuponlar=[1:1:44];

% mk_veri dosyasi (rows*49) boyutlarında bir matris olarak tanımlanmıştır.
% Bu matrisin 1. sutunu işlem gününün numerik değeri olarak ifade edilen
% değerini göstermektedir. 2. sutunu ise menkul kıymetin sürekli faiz
% oranını göstermektedir. Doysanın 3. ila 49. sütunları ise menkul kıymetin

```

```
% ihrac tarihi, vade tarihi ve kuponlu kagitlar icin kupon tarihlerini  
% gosterecektir. Halihazirda ihrac edilen kiymetler icin en fazla kupon  
% sayisi 44 oldugu icin son 44 sutun bu kupon tarihlerini gostermektedir.
```

```
for i=1:1:rows  
    j=1;  
    y = strmatch(txt(i), txt2) ;  
    mk_veri(i,3)=mk_bilgi(y(1),1);  
    mk_veri(i,4)=mk_bilgi(y(1),2);  
    mk_veri(i,5)=mk_bilgi(y(1),5);
```

```
% mk_veri dosyasi 3. ve 4. sutunlarina sirasiyla menkul kitmetin  
% ihrac tarihi, vade tarihi numerik olarak atanmistir. 5. sutun ise kupon  
% faiz oranini gostermektedir.
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% KIYMETLERIN NAKIT  
AKIMLARININ%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% BELIRLENMESI %  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% Eger menkul kiymet iskontolu bir menkul kiymet ise kupon odemesi  
% bulunmamaktadır.
```

```
if strcmp(raw2(y(1),4), ' ' )  
    mk_veri(i,6:49)=0;
```

```
% Eger menkul kiymet kuponlu bir menkul kiymet ve kupon odemeleri 6 ayda  
% bir gercekleliyor ise herbir kupon odemesi menkul kiymetin ihrac  
% tarihinden 182 gun sonra gerceklesecektir. Ilk etapla sabit olarak 44  
% kupon odemesi gerceklestirilecek gibi varsayilmis ancak kupon  
% odemelerinden islem tarihinden kucuk, vade tarihinden buyuk olanlar  
% silinerek menkul kiymetin vadesine kadar gercekleşmesi beklenen kupon  
% odeme tarihleri belirlenmiştir.
```

```
elseif strcmp(raw2(y(1),4), 'S')  
    mk_veri(i,6:49)=(mk_veri(i,3)+kuponlar*182);  
    kupon= (mk_veri(i,6:49) <= mk_veri(i,4)) & (mk_veri(i,6:49) >=  
mk_veri(i,1)) ;  
    mk_veri(i,6:49)= mk_veri(i,6:49).* kupon;
```

```
else mk_veri(i,6:49)= mk_veri(i,3)+kuponlar*91  
    kupon= (mk_veri(i,6:49) <= mk_veri(i,4)) & (mk_veri(i,6:49) >=  
mk_veri(i,1)) ;  
    mk_veri(i,6:49)= mk_veri(i,6:49).* kupon;  
end
```

```
% Eger menkul kiymet kuponlu bir menkul kiymet ve kupon odemeleri 3 ayda
```

%bir gerçekleşiyor ise herbir kupon ödemesi menkul kıymetin ihrac
 %tarihinden 91 gün sonra gerçekleşecektir. Bir önceki bölümde belirtilen
 %uygulamaya devam edilerek menkul kıymetin vadesine kadar
 gerçekleşmesi
 %beklenen kupon ödeme tarihleri numerik olarak belirlenmiştir.

end

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% ILERI VALORLU FAIZ
ORANLARININ%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% BELIRLENMESI %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
  
```

%Kıymetler sirasiyla islem gunu ve vadeye kalan gun sayısına gore kucukten
 %buyuge dogru siralanmistir. "maxvade" analize konu tarih araliginda islem
 %goren kıymetlerden, islem tarihi itibariyle en uzun vadeyi
 %belirlemektedir. "forfaiz" ileri valorlu faiz oranlarını vermekte ve
 %(islem gunu sayisi*(maxvade+1)) boyutlarında bir matris ile
 gosterilmektedir.
 %"nod" i;lem gunu sayisini hesaplamaktadır.

```

mk_veri = sortrows(mk_veri,[1 4]);
maxvade=max(mk_veri(:,4)-mk_veri(:,1));
i=1;
nod=1;
options=optimset('Display','off','Tolfun',0,'TolX',5e-7,'MaxIter',250,
'MaxFunEvals',inf);
while i <= rows
  
```

```

    j=(mk_veri(i:rows,1) == mk_veri(i,1));
    forfaiz(nod,1)=mk_veri(i,1);
    forfaiz(nod,2:(maxvade+1))=0;
    l = 0;
    x0 = 0.1;
    x = fsolve(@fun,x0,options);
    forfaiz(nod,2:(maxvade+1))= cat(2,((ones(1,(mk_veri(i,4)-
    mk_veri(i,1)))).*x),zeros(1,(maxvade-mk_veri(i,4)+mk_veri(i,1)))));
  
```

```

    for l=1:1:(sum(j)-1)
      x0 = 0;
      x = fsolve(@fun,x0,options);
      forfaiz(nod,:)= forfaiz(nod,:)+cat(2,zeros(1,(mk_veri(i+l-1,4)+1-
      mk_veri(i+l-1,1))),((ones(1,(mk_veri(i+l,4)-mk_veri(i+l-
      1,4)))).*x),zeros(1,(maxvade-mk_veri(i+l,4)+mk_veri(i+l,1)))));
    end
  
```

%"vade matrisi herbir islem gunu icin fiyati bulunan kagitların
 %maksimum ve minimum vadelerini gostermektedir. Bu bilgi sabit vadeli
 %kagitlar oluşturulurken vadelerin belirlenmesinde kullanılabilir.

```

vade(nod,1)=mk_veri(i,1);
vade(nod,2)=mk_veri(i,4)-mk_veri(i,1);
vade(nod,3)=mk_veri(i+sum(j)-1,4)-mk_veri(i+sum(j)-1,1);
i=i+sum(j);
nod=nod+1;
end

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% "Unsmoothed Fama-Bliss" yontemi ile  %%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% SABIT VADELİ FAİZ ORANLARININ
BELİRLENMESİ %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%"sabitvadeler" vektörü faiz oranları belirlenecek olan vadeleri
%göstermektedir. "svfaiz" ise "sabitvadeler" vektörü ile belirlenen
%vadelerdeki kıymetlerin faizlerini her işlem günü için "Unsmoothed
%Fama-Bliss" yontemi çerçevesinde hesaplamaktadır.

```

```

sabitvadeler=[30 60 91 121 182 273 365 456 547 638 730 912 1095];
[srows scols] = size(sabitvadeler);
for i=1:1:(nod-1)
for k=1:1:scols
    svfaiz(i,1)=forfaiz(i,1);
    svfaiz(i,k+1)=sum(forfaiz(i,2:sabitvadeler(k)))*100*365/sabitvadeler(k);
end
end

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% İLERİ VALORLU FAİZ
ORANLARININ %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%% BELİRLENMESİNDE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% KULLANILAN %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% FONKSİYONUN TANIMLANMASI %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%% %%%%%%%%%%%

```

```

function F = fun(x)
global i;
global l;
global mk_veri;
global forfaiz;
global nod;
global maxvade;
vkg(1,1:44)=zeros(1,44);
r = mk_veri(i+1,2)/ 100;
a=(mk_veri(i+1,1)*ones(1,44));
b=mk_veri(i+1,6:49);
t=(b <= 0);
vkg = (b-a).*(1-t);
vkg2 = (mk_veri(i+1,4) - mk_veri(i+1,1));
m=1-(forfaiz(nod,2:(maxvade+1))==0);

```

```

z=1;
while z <= 44
    faiz(1,z)=sum(forfaiz(nod,2:(vkg(1,z)+1)));
    faizsiz(1,z)=sum((ones(1,vkg(1,z))-m(1,1:vkg(1,z))));
    z=z+1;
end
fiyat1=sum((mk_veri(i+1,5)*exp(-(r*vkg/365)))+(100*exp(-(r)*vkg2/365)));
fiyat2=sum(mk_veri(i+1,5)*exp(-(faiz+(faizsiz*x)))+(100*exp(-
(sum((forfaiz(nod,2:vkg2+1)))+(sum(ones(1,vkg2)-m(1,1:vkg2))*x))));
F= fiyat2-fiyat1;
end

```

