

Faiz Oranı Vade Yapısı: Türk Lirası Faiz Oranları Üzerinde Bir Çalışma

Yunus Demirel*

Öz

Faiz oranları finansal uygulamalarda kullanılan en temel unsurlardan biridir. Faiz oranı vade yapısı hem portföy yönetimi ve hem de risk yönetimi uygulamaları için hayati öneme sahiptir. Çünkü faiz oranları, sabit getirili menkul kıymetlerin fiyatlanmasında ve faize duyarlı enstrümanlara sahip portföylerin risklerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Faiz oranı vade yapısı faiz ile vade arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Fabozzi, 2005, s. 139). Her bir vade için farklı bir faiz oranı mevcuttur. Bu veriden oluşturulan eğri “faiz oranı vade yapısı” ya da “verim eğrisi” olarak adlandırılmaktadır. Fakat, her bir vade için gözlem bulunmadığından dolayı bu eğri teorik bir eğridir. Bu nedenle, piyasada gözlenen faiz oranlarından verim eğrisini tahmin etmek için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu çalışmada Türk Lirası faiz oranı vade yapısı bootstrapping yöntemi ve en küçük kareler metodu kullanılarak tahmin edilmiştir. Borsa İstanbul günlük bülteninden elde edilen sabit getirili menkul kıymet verisi kullanılarak yapılan analiz sonuçları istatistiki olarak anlamlıdır.

Anahtar Kelimeler: Faiz Oranı Vade Yapısı, Verim Eğrisi, Bootstrapping Yöntemi, En Küçük Kareler Yöntemi (EKK)

JEL Sınıflaması: G12.

Term Structure of Interest Rates: A Study On Interest Rates of Turkish Lira

Abstract

Interest rates are one of the basic elements used widely in financial applications. Term structure of interest rates is crucial for both portfolio management and risk management applications. Because, interest rates are used to price fixed income securities and to measure the risk of portfolios which have interest rates sensitive instruments. Term structure of interest rates is the relationship between yield and maturity (Fabozzi, 2005, p. 139). There is a different interest rate for each maturity. The curve consisting from these data is called “term structure of interest rates” or “yield curve”. However, this curve is a theoretical curve because there is no observation for every maturity. Therefore various techniques have been developed to estimate the yield curve from observed interest rates in the market. In this study, term structure of interest rates of Turkish Lira has been estimated by using bootstrapping method and ordinary least squares (OLS). Results of the analysis using daily fixed income securities data obtained from Borsa İstanbul which is security market of Turkey are statistically significant.

Keywords: Interest Rate Term Structure, Yield Curve, Bootstrapping, Ordinary Least Squares (OLS).

JEL Classification: G12.

1. Giriş

2007 yılında başlayan ve etkileri halen devam eden küresel finans krizinde, başta bankalar olmak üzere finansal kurumların, özellikle uluslararası entegrasyon ve fiyatlanması ve dolayısıyla risk analizleri güç türev ürünlerin bu kurumların portföylerinde yoğun şekilde bulunması nedeniyle taşıdıkları risklerin tahmin edilenden daha yüksek olduğu ve risk yönetim sistemlerinin bu boyutta bir krizi öngörmede yeterli olmadığı görülmüştür. Amerika

* Tekstil Bankası A.Ş. Piyasa Riski Yönetmeni, İstanbul Üniversitesi, İşletme Yönetimi ve Organizasyon A.B.D. Doktora Programı.

Birleşik Devletleri (ABD) konut piyasasında yaşanan temerrütler, önce ödeme gücü zayıf müşterilere verilen konut kredileri (subprime mortgage) üzerine yazılı türev ürünlere yansımış, sonrasında ise tüm finansal sistem kredi ve likidite sorunları ile karşı karşıya kalmıştır. Uluslararası finansal sistemdeki yüksek entegrasyon ve bankaların karşılaştıkları kredi temerrütleri ve dolayısıyla likidite sorunlarının reel sektörün kredi kullanımlarını olumsuz etkilemesi neticesinde ABD’de yaşanan kriz tüm dünyada etkili olmaya başlamıştır. Neticede riskleri tam olarak öngörülemeyen (yüksek hacimli) bir piyasadaki temerrütler domino etkisi ile tüm dünyada finansal tarihin en büyük zararlarına neden olmuştur.

Bu gelişmelerin ardından tüm dünyada denetim otoriteleri, başta bankalar olmak üzere finansal kurumların sermaye yapılarını güçlendirmelerine ve aynı zamanda risklerini daha doğru ölçmelerine imkân tanıyacak mekanizmalar geliştirmeye çalışmışlardır. Ülkemizde Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu (BDDK) tarafından bankaların özkaynakları ve iç sistemleri ile ilgili olarak yapılan değişiklikleri ve başta likidite riski olmak üzere bankaların taşıdıkları riskleri ölçmelerinde kullanacakları yeni yöntemleri bu çerçevede geliştirdiğini söylemek mümkündür. Böylelikle tüm dünyada denetim otoriteleri, bankaların risklerini daha net şekilde tanımlamalarına, daha doğru şekilde ölçmelerine ve elde edilen sonuçlara göre en uygun aksiyonları almalarına yardımcı olmaya çalışmaktadır. Görüldüğü üzere günümüzde risk yönetimi ve özellikle de risklerin doğru tanımlanması ve doğru şekilde ölçülmesi her zamankinden daha önemli hale gelmiştir.

Bankaların maruz kaldıkları risklerin, özellikle de piyasa risklerinin ölçülmesinde en temel girdilerden biri olan faiz oranlarının doğru şekilde tahmin edilmesi ve analizlerde doğru şekilde modellenmesi de bu anlamda hayati öneme sahiptir. Diğer bir ifadeyle, portföyünde yüksek hacimde faize duyarlı enstrüman bulunan finansal kurumların doğru bir risk tanımlaması ve ölçümü yapabilmelerinin ön koşullarından birisi, bu analizlerin temel girdilerinden olan faiz oranlarının sağlıklı şekilde belirlenmesi ve analizlere uygun şekilde dahil edilebilmesidir.

Değerleme ve risk analizlerinde faize duyarlı enstrümanların tüm nakit akışlarının vadeye kalan gün sayılarına tekabül eden spot faiz oranlarının bilinmesi zorunludur. Çünkü öncelikle değerleme (ilgili enstrümanın bugünkü değerinin hesaplanması) ve sonrasında risk analizleri bu oranlar üzerinden yapılmaktadır. Burada söz edilen spot faiz oranları, o gün piyasada işlem gören iskontolu bonoların bileşik faiz oranlarıdır. Teorik olarak her güne denk gelen bir iskontolu bono faiz oranı (iskontolu bono fiyatı üzerinden vadeye kalan gün sayısı dikkate alınarak hesaplanan bileşik faiz oranı) olduğu düşünüldüğünde, bu oranların bileşimi ile faiz oranı getiri eğrisi (verim eğrisi) elde edilmektedir. Diğer bir ifadeyle, teorik olarak her vadeye kalan gün sayısına karşılık bir bileşik faiz oranı bulunmaktadır. Ancak uygulamada, piyasada işlem gören iskontolu bono sayısının az olduğu dikkate alındığında, teorik olarak mümkün olan verim eğrisinin aslında uygulamada karşılığının tam olarak olmadığı, sadece gözlemle belirlenebilecek bir verim eğrisine ulaşamadığı görülmektedir (Zipf, 2003, s. 239). İşte bu noktada çeşitli yöntemler kullanılarak mevcut gözlemlerden faydalanmak suretiyle, faiz oranı bilinmeyen günlerin bileşik faiz oranları hesaplanmaya çalışılmaktadır.

Bu çalışmada Borsa İstanbul’da aynı gün valörlü kuponsuz bono ve sabit kuponlu tahviller kullanılarak Türk Lirası verim eğrisinin bootstrapping ve sonrasında OLS analizi kullanılarak nasıl oluşturulacağı tartışılmıştır.

Çalışmanın kavramsal çerçeve bölümünde faiz oranı vade yapısı (verim eğrisi), bootstrapping yöntemi ve OLS analizi ile ilgili olarak temel bilgiler verilecektir. Uygulama bölümünde çalışma çerçevesinde kullanılan veri seti, veri seti ile ilgili kısıtlar ve analiz yöntemlerine ilişkin detaylara yer verilecek ve analiz sonuçları özetlenecektir. Model tahmini ve parametre değerleri bu bölümde sunulacaktır. Sonuç bölümünde elde edilen sonuçlara ilişkin değerlendirmelere yer verilecektir. Son olarak Ek 1’de Türkiye Cumhuriyet Merkez

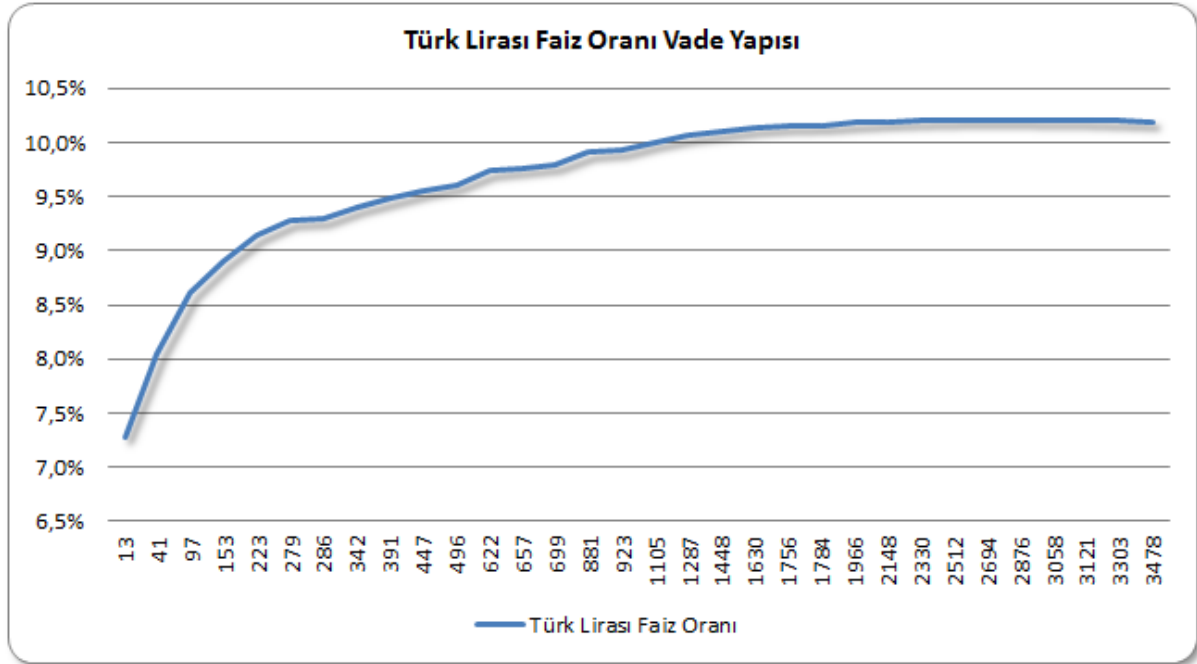
Bankası'nın 16 Mayıs 2013'te gecelik borç verme faiz oranlarını 50 baz puan düşürmesinin verim eğrisine olan etkisini gösteren analizlerin detayına ve verim eğrisindeki değişimi gösteren grafiğe yer verilmiştir.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1. Faiz Oranı Vade Yapısı (Verim Eğrisi)

Finans alanında yapılan en ileri ve önemli hesaplamalardan biri verim eğrisi modellemesidir (Nawalkha *et al*, 2007, s. 1). Piyasada hiç şüphe yok ki bir para birimi için tek bir faiz oranı değil, aslında bağımsız bir faiz oranı vade yapısı mevcuttur (Fabozzi, 2005, s. 139). Bir başka deyişle farklı vadeler için geçerli olan farklı faiz oranları söz konusudur. Faiz oranı vade yapısı, ya da diğer adıyla verim (getiri) eğrisi, vade ve getiri arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Fabozzi, 2005, s. 139; Akıncı *et al*, 2006, s. 1; Tüysüzoğlu, 2013, s. 1). Bu bağlamda verim eğrisi bir piyasadaki çeşitli vadelere tekabül eden faiz oranlarını gösteren Şekil 1'deki gibi bir grafik olarak düşünülebilir (Dubil, 2004, s. 40).

Şekil 1: Faiz Oranı Vade Yapısı



Verim eğrisi özellikle finansal enstrümanların fiyatlanmasında (Fabozzi, 2005, s. 139; Bolgün ve Akçay, 2005, s. 298), yeniden değerlendirilmesinde, likidite primlerinin hesaplanmasında (Gürkaynak *et al*, 2007, s. 2292) kullanılmaktadır. Dolayısıyla farklı amaçlarla verim eğrisine ihtiyaç duyulabilmekte ve bu amaçlar doğrultusunda kullanılan tahmin yöntemleri değişebilmektedir.

Verim eğrisi aynı zamanda merkez bankalarının geleceğe dönük olarak para politikası duruşunu temsil eden en önemli göstergedir. Merkez bankaları para politikası ile piyasalardaki orta ve uzun vadeli faiz oranlarını etkilemek imkânına sahiptir (Andersson *et al*, 2006, s. 1815; Bikbov ve Chernov, 2013, s. 27; Jones ve Kulish, 2013, s. 2547; Evans ve Marshall, 1998, s. 54; Kaketsis ve Sarantis, 2006, s. 487; Kuttner, 2001, s. 523). Faiz oranları ekonomide hem arz hem de talep üzerinde etkili olan en önemli değişkenlerden biridir. Faiz oranlarının düşmesi halinde bir yandan tüketimin artması diğer yandan tasarruf edilen fonların yatırımlara dönüşmesi nedeniyle toplam talebin ve böylelikle toplam gelirin artacağını söylemek mümkündür. Öte yandan, faiz oranlarındaki yükseliş yatırımların

azalmasına ve toplam tüketimin dolayısıyla da toplam gelirin azalmasına neden olmaktadır (Ünsal, 2013, s. 139 - 140). Bu bağlamda kısa, orta ve uzun vadeli faiz oranları yani verim eğrisi ekonomi üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle para politikasında verim eğrisinin hayati bir önemi vardır ve makro ekonomik hedefleri gerçekleştirmek amacıyla merkez bankaları verim eğrisini uygun seviyeye getirecek para politikası araçlarını kullanmaktadırlar.

Farklı vadelerdeki faiz oranlarındaki değişme finansal piyasalardaki oyuncuların kararlarını da etkilemektedir. Faiz oranlarının yükselmesi veya düşmesi halinde ya da bu hareketlerin beklendiği dönemlerde, piyasa oyuncuları portföylerindeki enstrümanların bileşimini gelirlerini maksimize edecek şekilde değiştirme eğilimindedirler. Örneğin faiz oranlarının düşmesi tahvil fiyatının yükselmesine dolayısıyla portföyünde tahvil bulunan yatırımcıların kârlarını realize etmek için ellerindeki tahvilleri satmalarına neden olur (Ünsal, 2013, s. 205 - 206). Bu fonlar şüphesiz hisse senedi ve emtia gibi diğer yatırım araçlarında değerlendirilebilmektedir. Böylelikle para politikası uygulayıcıları verim eğrisini etkilemek suretiyle finansal piyasaları yönlendirebilmektedirler. Özetle verim eğrisinin para politikası duruşunu temsil eden önemli bir gösterge olduğunu, merkez bankalarının makro ekonomik hedefleri gerçekleştirmek ve finansal piyasaları yönlendirmek için verim eğrisini kullandıklarını söylemek mümkündür.

Literatürde verim eğrisi ile merkez bankası faiz oranları arasındaki ilişkileri inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bununla birlikte verim eğrisinin merkez bankası faiz oranındaki değişmelere nasıl tepki gösterdiği ile ilgili olarak ciddi bir belirsizlik vardır (Berument ve Froyen, 2006, s. 737). Blanchard (2000) ve Cook ve Hahn'a (1989), göre, kısa vadeli merkez bankası faizlerindeki eğişime uzun vadeli faiz oranları aynı yönlü tepki vermektedir. Fakat uzun vadeli faiz oranlarındaki eğişim, kısa vadeli faiz oranlarındakinden daha az olmaktadır. Türkiye'de de Merkez Bankası Para Politikası Kurulu'nun aldığı faiz kararları (gecelik O/N, geç likidite, 1 hafta repo faizlerindeki veya faiz koridorundaki eğişiklikler) verim eğrisi üzerinde etkili olmaktadır. Böylelikle TCMB'nin faiz oranlarında indirim gittiği dönemlerde verim eğrisinde de aşağı yönlü, faiz oranlarında artışın gerçekleştiği dönemlerde ise yukarı yönlü bir hareket gerçekleşmektedir. Aktaş *et al* (2008, s. 12) Merkez Bankası'nın faiz kararlarının finansal piyasalardaki görece uzun vadeli faiz oranları, ulusal hisse senedi piyasası endeksi, döviz kuru ve risk primi gibi değişkenler üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, politika faizi eğişikliklerinin mali piyasalarda, özellikle tahvil ve bono faizleri üzerinde etkili olduğunu bulmuşlardır.

Ek 1'de TCMB Para Politikası Kurulu'nun gecelik O/N faizleri 50 baz puan indirdiği 16 Mayıs 2013 tarihindeki kararından önce ve sonraki verim eğrilerindeki eğişim yer almaktadır. Faiz oranlarındaki 50 baz puanlık indirim sonrasında verim eğrisinin Aktaş *et al* (2008, s. 12) çalışmasıyla tutarlı şekilde özellikle uzun vadeli faiz oranlarında aşağı yönlü hareket ettiği görülmektedir.

Verim eğrisi ile ilgili olarak çeşitli hipotezler geliştirilmiştir. Bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Horcher, 2005, s. 10 - 11):

1. Beklentiler Teorisi: Bu teoriye göre uzun vadeli faiz oranları aslında kısa vadeli beklenen faiz oranlarının ağırlıklı ortalamasına eşittir (Bolgün ve Akçay, 2005, s. 299). Bir başka deyişle, bilinen kısa vadeli faiz oranlarını kullanmak suretiyle uzun vadeli faiz oranlarını tahmin etmek mümkündür (Zipf, 2003, s. 242 - 243).

2. Likidite Teorisi: Teoriye göre yatırımcılar, eğer uzun vadeli enstrümanların getirileri daha yüksek seviyede ise bu enstrümanlara yatırım yapacaklardır. Diğer bir ifadeyle, daha yüksek risk primine sahip olan uzun vadeli enstrümanların daha yüksek seviyede getiri sunmaları halinde tercih edilme oranları yükselecektir (Horcher, 2005, s. 11). Dolayısıyla faiz oranı

likiditeden vazgeçmenin fiyatı olarak düşünülürse, yatırımcı ne kadar uzun vade için likiditeden vazgeçerse o kadar yüksek bir faiz oranı beklentisi içinde olacaktır.

3. Piyasa Belirsizliği Teorisi: Bu teoriye göre faize duyarlı finansal enstrümanların vadesi arttıkça elde edilecek nakit akışlarının belirsizliği de aynı oranda artmaktadır (Bolgün ve Akçay, 2005, s. 300). Belirsizliğin artması risk priminin yükselmesi, dolayısıyla da beklenen getirinin yüksek olması anlamına gelmektedir. Bu nedenle genellikle daha uzun vadeli finansal enstrümanların faiz oranlarının yüksek olacağı düşünülmektedir.

Görüldüğü üzere, verim eğrisinin genellikle mevcut verilerden tahmin edilebileceği ve vade arttıkça da gerek belirsizliğin artması ve gerekse likidite tercihleri nedeniyle faiz oranlarının da yükseleceği düşünülmektedir. Verim eğrisi ile ilgili hipotezler aslında faiz oranlarının doğası ile ilgilidir. Verim eğrisinin tahmin edilmesinde, diğer bir ifadeyle bu doğaya uygun şekilde ilgili gün için faiz oranı vade yapısının belirlenmesinde çeşitli modeller kullanılmaktadır. Bu anlamda verim eğrisi ile ilgili çalışmalar, hem Varlık Fiyatlama Teorisi'ndeki gelişmeler hem de makro ekonomi konuları ile ilintilidir (Bolgün ve Akçay, 2005, s. 298).

Verim eğrisinin tahmin edilmesinde kullanılan modelleri genel olarak üç kategoride incelemek mümkündür (Tüysüzoğlu, 2013, s. 1).

1. Arbitraj olanaklarına imkan tanımayan modeller (no arbitrage models),
2. Denge modelleri (equilibrium models),
3. İstatistiksel ya da parametrik modeller.

İlk grup modeller arbitraj olanaklarına imkan tanımayan (arbitrajsız) modellerdir. Arbitraj olanaklarına imkan tanımayan modeller, özellikle türev ürünlerin fiyatlanmasında çok önemli bir yere sahip olup, faiz oranı vade yapısının arbitraj olanaklarının bulunmadığı noktalara mükemmel şekilde uyumuna odaklanmaktadır (Diebold ve Li, 2006, s. 337 - 364). Diğer bir ifadeyle arbitraj olanaklarına imkan tanımayan modellerde, arbitraj imkanının bulunmadığı noktalara mükemmel şekilde uyum sağlayan eğriler araştırılmaktadır. Bu yöntemde değişik vadelerdeki getiriler üzerindeki arbitraj olanakları ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Hull ve White (1990, s. 573 – 592) ve Heath *et al.* (1992, s. 77 – 105) çalışmalarını bu çerçevede incelemek mümkündür (Tüysüzoğlu, 2013, s. 1).

İkinci grup modeller denge modelleri olarak adlandırılmaktadır. Bu modellerle risk primi ile ilgili çeşitli varsayımlardan yola çıkılarak verim eğrisi tahmin edilmeye çalışılmaktadır (Diebold ve Li, 2006, s. 337 - 364). Denge modelleri ile ilgili öncü çalışmaları Vasicek (1977, s. 177 – 188), Cox *et al.* (1985, s. 331–351) ve Duffie ve Kan (1996, s. 379 – 406) olarak saymak mümkündür (Diebold ve Li, 2006, s. 337 - 364; Tüysüzoğlu, 2013, s. 1).

Son verim eğrisi tahmin modelleri istatistiksel ya da parametrik modeller olarak adlandırılan model grubudur. Bu modeller de kendi içinde getiri eğrisi uydurma modelleri ve temel bileşenler yöntemi olarak iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Getiri eğrisi uydurma modelleri, eldeki veriye en iyi şekilde uyan sürekli bir getiri eğrisi elde etmeye odaklanmıştır. Üzerinde çokça uygulama yapılmış olan Nelson ve Siegel (1987, s. 473 – 489) Modelini bu çerçevede değerlendirmek mümkündür (Tüysüzoğlu, 2013, s. 2). Dolayısıyla bu tür modellerde, örneğin Nelson – Siegel Modeli'nde, çeşitli vadelere tekabül eden faiz oranları zaten bilinmekte ve bunlar üzerinden bu noktalara mükemmel şekilde uymak şartıyla diğer vadelerin faiz oranlarını belirlemeyi sağlayacak fonksiyonun katsayıları tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Bu nedenle Nelson – Siegel Modeli uygulanırken parametre tahminleri için girdi niteliği taşıyan bilinen vadelerdeki faiz oranları kritik öneme sahiptir.

Litterman ve Scheinkman (1991, s. 54 – 61) ve Knez *et al.* (1994, s. 1861 – 1882) tarafından yapılan çalışmaların öncü çalışmalar olduğu temel bileşenler yöntemi istatistiksel ya da parametrik modellerin ikinci kategorisini oluşturmaktadır. Temel bileşenler yönteminde faktörler açıklayıcı değişkenlerle birlikte gizli değişkenler olarak ele alınmaktadır (Tüysüzoğlu, 2013, s. 2).

2.2. Bootstrapping Yöntemi İle Faiz Oranı Vade Yapısının Oluşturulması

Bootstrapping yöntemi, verim eğrisi analizlerinde kullanılan en temel metotlardan biridir. Yöntem arbitraja imkan tanımayan modeller içerisinde sınıflandırılmaktadır ve esasen mevcut tahvil fiyatları üzerinden piyasadaki verim eğrisinin tahmin edilmesini sağlamaktadır. Bootstrapping yöntemi ile piyasada işlem görmüş mevcut iskontolu bono ve kuponlu tahvillerden faydalanmak suretiyle verim eğrisini tahmin etmek mümkündür (Fabozzi, 2005, s. 142). Bu yönüyle bootstrapping yöntemi mevcut tahvil verileri ile verim eğrisi tahmininde kullanılan en temel adımlardan biri olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada bootstrapping yöntemi, arbitraja imkan vermeyen yöntemlerden olması ve piyasadaki mevcut bono ve tahvillerden faydalanarak verim eğrisinin tahminine olanak tanınması nedeniyle tercih edilmiştir.

Kısaca bootstrapping yöntemi mevcut tahvillerin vadelerine göre sıralanması ve vadesi en yakın olan tahvil üzerinden ilgili vadedeki spot faiz oranının belirlenmesi, sonrasında ise bu oran ve bir sonraki vadedeki tahvilin fiyatı kullanılarak ikinci vadedeki spot oranın hesaplanması şeklinde uygulanmaktadır. Bu suretle hesaplanan her yeni spot faiz oranı bilinmeyen bir sonraki vadedeki faiz oranını hesaplamak için kullanılmaktadır (Zipf, 2003, s. 242 - 244; Fabozzi, 2005, s. 142). Dolayısıyla bootstrapping iterative bir yöntemdir. Çünkü her faiz oranı bu orandan önce hesaplanmış faiz oranları kullanılarak belirlenmektedir. Modelde tahvil fiyatları üzerinde çalışılıyor olması nedeniyle, üretilen verim eğrisi mevcut tahvil fiyatları ile birebir uyumlu sonuçlar sunmaktadır. Diğer bir ifadeyle model arbitraj olanağına imkan tanımamaktadır.

Çalışmanın bu kısmında, bootstrapping yönteminin matematiksel detayına girmeden önce, tahvil fiyatlaması ile ilgili temel hesaplamalara yer verilecektir. Ardından bootstrapping yönteminin matematiksel detayları anlatılacak ve çalışma kapsamında faiz oranı vade yapısının belirlenmesinde nasıl kullanılacağı açıklanacaktır.

Sabit getirili menkul kıymetler, özellikle tahvil ve bonolar, nakit akışlarının oluşturulması ve nakit akışındaki her bir vadeye denk gelen iskonto oranı kullanılarak bugünkü değere çekilmesi suretiyle fiyatlanmaktadır (Jorion, 2003, s. 160; Fabozzi, 2005, s. 143). Bu bağlamda sabit kupon ödemeli bir tahvilin fiyatı 2.1 eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$PV = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+y_t)^t} + \frac{A}{(1+y_N)^T} \quad (2.1)$$

Formülde;

PV : Tahvilin fiyatı (bugünkü değeri)

A : Anapara,

C_t : Kupon ödemesi,

y_t : İlgili nakit akışı vadesine (t) denk gelen iskonto oranı,

y_N : Tahvilin vadesindeki (T) iskonto oranı,

T : Tahvilin vadesini ifade etmektedir.

2.1. eşitliğinde PV tahvilin fiyatını ifade etmekte olup, bu değer tahvil / bono piyasasında arz talep koşullarına göre oluşan fiyattır. Dolayısıyla ilgili tahvilin ağırlıklı ortalama fiyatı o gün için PV'si olarak ele alınabilir.

Tahvilin durasyonu 2.2 eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmakta olup, ilgili tahvilin nakit akışlarının ağırlıklı ortalamasını ifade etmektedir.

$$D = \sum_{t=1}^T t \times w_t = \sum_{t=1}^T t \times \frac{C_t/(1+y_t)^t}{\sum C_t/(1+y)^t} \quad (2.2)$$

Yukarıda hesaplanan durasyon Macaulay durasyonu olup, bu değer üzerinden finansal hesaplamalarda sıklıkla kullanılan modifiye durasyon aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$D^* = -\frac{D}{(1+y)} \quad (2.3)$$

Verim eğrisi analizlerinde kullanılan diğer iki önemli kavram iskonto fonksiyonu ve forward faiz oranlarıdır. İskonto fonksiyonu 2.4, forward oranlar ise 2.5 eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$d(n) = \frac{1}{(1+y(n))^{\left(\frac{n}{365}\right)}} \quad (2.4)$$

$$nF_t = \left[\frac{(1+y_{n+1})^{n+t}}{(1+y_n)^n} \right]^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (2.5)$$

Bootstrapping yöntemi ile faiz oranı hesaplaması yapılırken esasen 2.1 eşitliğinden faydalanılmakta ve belli vadeye kalan gün sayıları için bilinen faiz oranlarından yola çıkılarak bilinmeyen faiz oranları hesaplanmaktadır. Bunun için genellikle piyasada işlem gören kuponsuz bonolar ile sabit kupon ödemeli tahvillerinden oluşturulan veri kullanılmaktadır. Bu veride kuponsuz bonoların bileşik getirileri ilgili vadeye kalan gün sayısı için bilinen faiz oranlarını temsil etmektedir ve yapılmak istenen aslında bilinmeyen diğer günlerin faiz oranlarını tahmin etmektir. Diğer bir ifadeyle verim eğrisinde kuponsuz bonoların bileşik getirileri zaten vadeye kalan gün sayıları için ilgili günün faizini göstermektedir. Bootstrapping yöntemi ile de bilinmeyen günlerin faiz oranları elde edilmektedir.

Bootstrapping yöntemi ile faiz oranı hesaplanırken kullanılan temel eşitlik, 2.1 eşitliği kullanılarak elde edilen ve detayları aşağıda yer alan 2.12 eşitliğidir. Buna göre bir tahvilin fiyatı tekrar aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$PV = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+y_t)^t} + \frac{A}{(1+y_N)^T}$$

Burada tahvilin vadesinde (T) $C_T + A$ kadar nakit akışı oluşmaktadır ve bu durumda tahvil fiyatı aşağıdaki gibi yazılabilmektedir:

$$PV = \sum_{t=1}^{T-1} \frac{C_t}{(1+y_t)^t} + \frac{C_T+A}{(1+y_N)^T} \quad (2.6)$$

Dikkat edilecek olursa sadece vadesinde kupon ödemesi yapacak bir tahvil esasen bir kuponsuz bono gibi vadede $C_T + A$ kadar nominal ödeme yapmakta ve fiyatı bilinen bu tahvilin y_N faiz oranı 2.7 eşitliğinden yola çıkılarak hesaplanabilmektedir.

$$PV = \frac{C_T+A}{(1+y_N)^T} \quad (2.7)$$

Bu eşitlik kullanılarak y_N aşağıdaki gibi elde edilmektedir:

$$y_N = \sqrt[T]{\frac{C_T + A}{PV}} - 1 \quad (2.8)$$

Elde edilen yeni faiz oranı (y_N) bir önceki faiz oranına kadar tüm vadeler için sabit kabul edilmektedir. Birden çok kupon ödemesi bulunan tahvillerin vadelerine tekabül eden faiz oranları belirlenirken, vadesindeki kupon + anapara ödemesi dışındaki tüm nakit akışları ilgili güne denk gelen bu faizler kullanılarak değerlendirilir. Dolayısıyla fiyatı ve vadesinden önceki tüm kuponlarının bugünkü değeri bilinen bir tahvilin sadece vadesindeki faiz oranı bilinmemektedir. Bu oranı hesaplamak için T-1'e kadarki nakit akışlarına PV_{T-1} denirse;

$$PV = PV_{T-1} + \frac{C_T + A}{(1 + y_N)^T} \quad (2.9)$$

Bu eşitlikten;

$$PV - PV_{T-1} = \frac{C_T + A}{(1 + y_N)^T}$$

(2.10)

$$(1 + y_N)^T = \frac{C_T + A}{PV - PV_{T-1}}$$

(2.11)

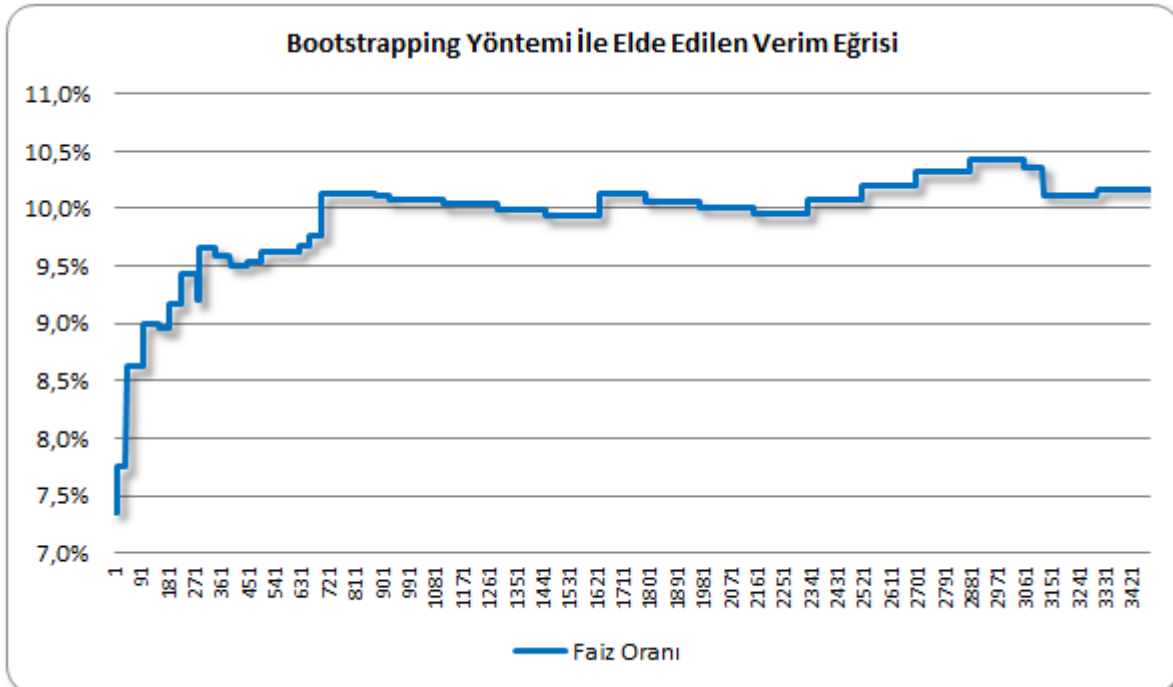
$$y_N = \sqrt[T]{\frac{C_T + A}{PV - PV_{T-1}}} - 1$$

(2.12)

eşitliğine ulaşılır ve böylelikle T vadesine sahip sabit kupon ödemeli tahvilin fiyatı ve önceki faiz oranlarından faydalanılarak bu vadeye denk gelen faiz oranı belirlenmiş olur.

Yukarıda görüldüğü üzere bootstrapping yöntemi ile elde edilen verim eğrisi kesikli bir fonksiyondur.¹ Diğer bir deyişle, ilgili tahvillerin vadelerinden yola çıkılarak bulunan faiz oranlarının bir önceki tahvilin vadesine kadar sabit olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla Şekil 2'de olduğu gibi bir verim eğrisi elde edilmektedir.

Şekil 2: Bootstrapping Yöntemi İle Elde Edilen Örnek Verim Eğrisi



Şekil 2 incelendiğinde ne kadar çok gözlem var ise verim eğrisinin o kadar sağlıklı olacağı, aksi halde uzun süreler için aynı faiz oranının geçerli olacağı açıktır. Bu nedenle analizin uç değerlerden etkilenmemesi ve sağlıklı olmasının ön koşullarından birisi gözlem sayısının çok olmasıdır denilebilir.

Yukarıda izah edildiği ve Şekil 2’de gösterildiği üzere bootstrapping yöntemi ile elde edilen verim eğrisi kesikli bir fonksiyondur ve bu anlamda bootstrapping verim eğrisi elde etmede kullanılan bir ön hesaplamayı ifade etmektedir. Verim eğrisi oluşturmanın ikinci aşamasında bootstrapping yöntemi ile elde edilen faiz oranları kullanılarak 2. bölümde detaylandırılan yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada, bootstrapping yöntemi ile verim eğrisi oluşturulduktan sonra nihai verim eğrisi en küçük kareler yöntemi (ordinary least squares – OLS) kullanılarak hesaplanmıştır. Türk Lirası verim eğrisi tahmini ile ilgili olarak, başta Nelson - Siegel yöntemi olmak üzere diğer yöntemlerle çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ancak Echols ve Elliot (1976) tarafından önerilen ve OLS yöntemi ile verim eğrisi tahminine olanak tanıyan metodolojiyle yeteri kadar çalışma olmaması nedeniyle bu çalışmada OLS yöntemi tercih edilmiştir. Öte yandan yöntemin hesaplanmasındaki kolaylık ve katsayıların istatistiki olarak anlamlı olup olmadığını tespit etmedeki yeterliliği de çalışmamızda OLS’nin tercih edilmesinin diğer nedenleri olarak sayılabilir.

Alman matematikçi Carl Friedrich Gauss tarafından bulunduğu kabul edilen (Gujarati ve Porter (2012) en küçük kareler yöntemi, çeşitli istatistiksel özellikleri (yöntemin varsayımları) nedeniyle regresyon analizleri için kullanılan en temel tahmin yöntemlerinden biridir (Kutlar, 2012, s. 27). Verim eğrisi hesaplamalarında da en küçük kareler yöntemi sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir.

OLS ile verim eğrisi modellemesi 2.13 eşitliğinde verilen yapı kullanılarak hesaplanmaktadır Echols ve Elliot (1976). Eşitlikte T_i i nolu bononun vadesine kalan süreyi, $y(t, T_i)$ ise bononun vade sonuna kadarki getirisini ve c_i ise i nolu bononun kupon getirisini ifade etmektedir.

$$\ln(1 + y(t, T_i)) = \beta_0 + \beta_1(T_i) + \beta_2\left(\frac{1}{T_i}\right) + \beta_3c_3 + \epsilon_i \quad (2.13)$$

Dolayısıyla kupon getirisinin sıfır alınması durumunda kuponsuz getirinin hesaplanması mümkün olabilmektedir. Diğer bir ifadeyle, yukarıdaki eşitlikte kupon oranı sıfır alınarak bootstrapping yöntemi ile ilgili vadeler için elde edilen getiriler en küçük kareler yöntemi ile regresyon analizine tabi tutulabilmekte ve modeldeki β_0 , β_1 , β_2 parametreleri tahmin edilebilmektedir. Böylelikle herhangi bir vadeye kalan gün sayısı için (T_i) faiz oranını hesaplamak mümkün hale gelmektedir (Echols ve Elliot, 1976, s. 28 - 44). Sonuç olarak bu işlemle, bootstrapping yöntemi ile elde edilmiş kesikli fonksiyon sürekli bir fonksiyon haline getirilmekte ve verim eğrisi elde edilmektedir.

3. Uygulama

3.1. Veri

Sabit kuponlu tahvil ve kuponsuz bonolar kullanılarak ilgili güne ait Türk Lirası verim eğrisini tahmin etmeyi amaçlayan bu çalışmada, Borsa İstanbul’un 31 Aralık 2013 tarihli borçlanma araçları piyasası bülteninden temin edilen veriler kullanılmıştır. Analize konu veri kamu tarafından ihraç edilmiş aynı gün valörlü sabit kuponlu tahvillerden ve kuponsuz bonolardan oluşmaktadır. Dolayısıyla değişken faizli tahviller, enflasyona endeksli tahviller ve özel sektör tahvil ve bonoları veriye dahil edilmemiştir. Aynı zamanda sabit kuponlu tahvil veya kuponsuz bonolardan ileri valörlü olanlar da analiz kapsamına alınmamıştır. Analize konu veri Tablo 1’de özetlenmiştir. 31 Aralık 2013 tarihli veride 6 Ağustos 2014 vadeli bir

kuponsuz bono (ISIN Kod: TRT060814T34) ve bir de sabit kuponlu tahvil (ISIN kod: TRT060814T18) bulunmaktadır. Analize kuponsuz bono dahil edilmiş, sabit kuponlu tahvil analiz dışında tutulmuştur.

Tablo 1: Analize Konu Sabit Kuponlu Tahvil ve Kuponsuz Bono Bilgileri

ISIN Kod	Tür	Vade	Fiyat	Kupon Frekansı	Kupon Oranı	Bileşik Getiri
TRT290114T18	Sabit Kuponlu Tahvil	29.01.2014	101.38	4	8.00%	7.98%
TRT050314T14	Sabit Kuponlu Tahvil	05.03.2014	103.05	2	9.00%	8.30%
TRT090414T19	Kuponsuz Bono	09.04.2014	97.72	0	0.00%	8.85%
TRT040614T12	Sabit Kuponlu Tahvil	04.06.2014	100.36	4	8.00%	8.83%
TRT110614T13	Kuponsuz Bono	11.06.2014	96.31	0	0.00%	8.84%
TRT060814T34	Kuponsuz Bono	06.08.2014	94.62	0	0.00%	9.70%
TRT240914T15	Sabit Kuponlu Tahvil	24.09.2014	100.51	2	7.50%	9.85%
TRT191114T18	Kuponsuz Bono	19.11.2014	92.16	0	0.00%	9.67%
TRT070115T13	Sabit Kuponlu Tahvil	07.01.2015	100.09	2	6.50%	9.90%
TRT130515T11	Sabit Kuponlu Tahvil	13.05.2015	94.56	2	5.00%	10.11%
TRT170615T16	Sabit Kuponlu Tahvil	17.06.2015	100.46	2	10.00%	10.16%
TRT071015T12	Sabit Kuponlu Tahvil	07.10.2015	99.49	2	8.30%	10.03%
TRT270116T18	Sabit Kuponlu Tahvil	27.01.2016	101.91	2	9.00%	10.26%
TRT080317T18	Sabit Kuponlu Tahvil	08.03.2017	100.10	2	9.00%	10.23%
TRT140218T10	Sabit Kuponlu Tahvil	14.02.2018	90.28	2	6.30%	10.15%
TRT200618T18	Sabit Kuponlu Tahvil	20.06.2018	94.01	2	8.30%	10.28%
TRT141118T19	Sabit Kuponlu Tahvil	14.11.2018	96.18	2	8.80%	10.31%
TRT150120T16	Sabit Kuponlu Tahvil	15.01.2020	107.13	2	10.50%	10.19%
TRT120122T17	Sabit Kuponlu Tahvil	12.01.2022	100.77	2	9.50%	10.39%
TRT140922T17	Sabit Kuponlu Tahvil	14.09.2022	92.88	2	8.50%	10.40%
TRT080323T10	Sabit Kuponlu Tahvil	08.03.2023	84.28	2	7.10%	10.36%
TRT270923T11	Sabit Kuponlu Tahvil	27.09.2023	94.08	2	8.80%	10.34%

3.2. Model Tahmini

Verim eğrisi analizi iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada 2.2. bölümünde detaylandırılan bootstrapping yöntemi ile kesikli verim eğrisi elde edilmiştir. İkinci aşamada ise OLS yöntemi kullanılarak ilgili vadelere en iyi uyum sağlayan verim eğrisi tahmin edilmiştir.

Bootstrapping yöntemi aşağıdaki adımlarda gerçekleştirilmiştir ²:

1. Kuponsuz bonolar ve sabit kupon ödemeli devlet tahvilleri vadeye kalan gün sayılarına göre artan şekilde sıralanır,
2. Kuponsuz bonoların bileşik getirileri vadeye kalan gün sayılarına tekabül eden faiz oranı olarak dikkate alınır,
3. Sabit kupon ödemeli tahvillerin vadelerine tekabül eden faiz oranları, bilinen önceki faiz oranları ve tahvilin fiyatı kullanılarak 2.12 eşitliği vasıtasıyla hesaplanır,

4. Hesaplanan faiz oranı; ilgili vadeye kalan gün sayısından bilinen son faiz oranının vadeye kalan gün sayısını takip eden ilk güne kadar sabit kabul edilir,

5. Yukarıdaki 3 ve 4 adımları tüm tahviller fiyatlanıp tüm tahvillerin vadelerine tekabül eden faizler bulunana kadar tekrarlanır.

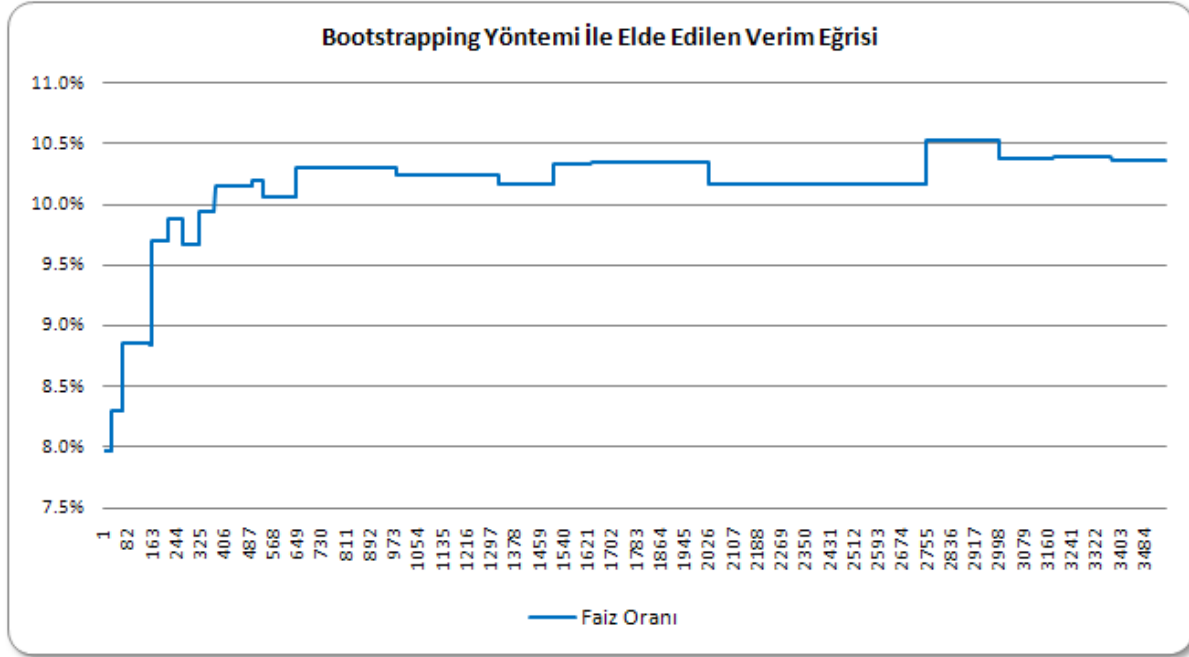
31 Aralık 2013 tarihli veri kullanılarak bootstrapping yönemi ile hesaplanmış faiz oranları Tablo 2’de yer almaktadır. Tabloda koyu ile işaretli olan faiz oranları (99, 162, 218 ve 323 vadeye kalan gün sayısı için hesaplanmış faiz oranları) kuponsuz bonoların ilgili gün için bileşik getirisidir. Diğer oranlar bootstrapping yöntemi ile elde edilmiştir.

Tablo 2: Bootstrapping Sonucu Elde Edilen Faiz Oranları

Sıra No	Vadeye Kalan Gün Sayısı	Faiz Oranı
1	29	7.9746%
2	64	8.2956%
3	99	8.8500%
4	155	8.8549%
5	162	8.8400%
6	218	9.7000%
7	267	9.8836%
8	323	9.6700%
9	372	9.9354%
10	498	10.1445%
11	533	10.1921%
12	645	10.0560%
13	757	10.3067%
14	799	10.3067%
15	981	10.3067%
16	1163	10.2477%
17	1324	10.2477%
18	1506	10.1667%
19	1632	10.3379%
20	1779	10.3499%
21	1842	10.3499%
22	2024	10.3499%
23	2206	10.1639%
24	2388	10.1639%
25	2570	10.1639%
26	2752	10.1639%
27	2934	10.5278%
28	2997	10.5278%
29	3179	10.3822%
30	3354	10.3866%
31	3375	10.3866%
32	3557	10.3664%

31 Aralık 2013 tarihi için bootstrapping yöntemi ile hazırlanan faiz oranı grafiği Şekil 3'te sunulmaktadır.

Şekil 3: Bootstrapping Yöntemi İle Elde Edilen 31 Aralık 2013 Tarihli Türk Lirası Verim Eğrisi



Tablo 2'deki veriye en iyi uyumu sağlayan verim eğrisi OLS yöntemi ile tahmin edilmiş olup, çoklu regresyon analizi sonuçları aşağıda yer almaktadır³

Tablo 3: Regresyon İstatistikleri

Çoklu R	0.959937
R Kare	0.921480
Düzeltilmiş R Kare	0.916064
Standart Hata	0.001739
Gözlem	32

Tablo 4: ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regresyon	2	0.001029	0.000515	170.165431	0.000000
Fark	29	0.000088	0.000003		
Toplam	31	0.001117			

Tablo 5: Katsayı Tahminleri

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri	Düşük %95	Yüksek %95	Düşük %95,0	Yüksek %95,0
Kesişim ***	0.052139	0.0028	18.4558	0.0000	0.0464	0.0579	0.0464	0.0579
X Değişkeni 1 ***	-0.000004	0.0000	-6.4044	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
X Değişkeni 2 ***	0.007155	0.0005	13.6405	0.0000	0.0061	0.0082	0.0061	0.0082

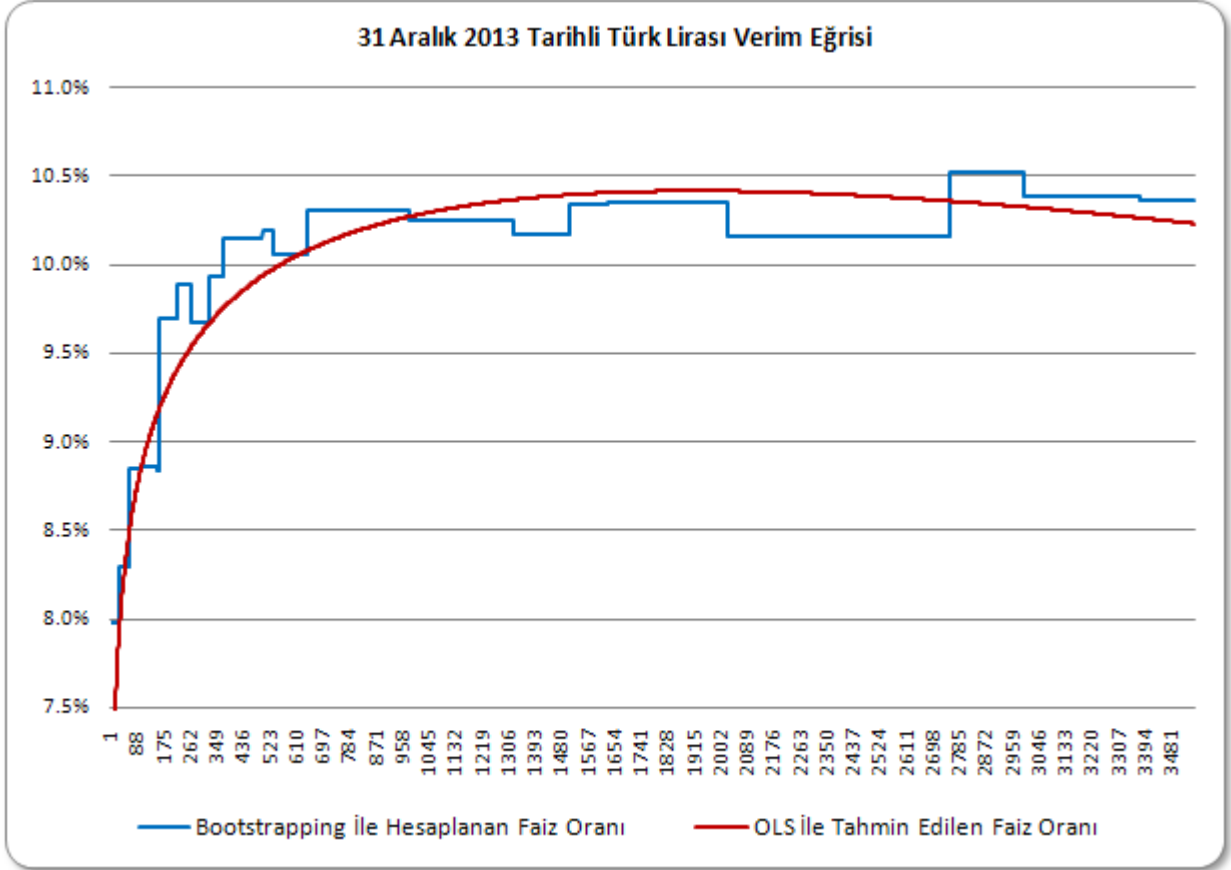
* p < 0.05

** p < 0.01

*** p < 0.001

Tablo 5'te görüldüğü üzere kesişim (β_0), X değişkeni 1 (β_1) ve X değişkeni 2 (β_2) katsayılarının tahminleri istatistiki olarak anlamlıdır. Bu katsayılar kullanılarak elde edilen verim eğrisi fonksiyonu ile tüm vadeye kalan gün sayıları için faiz oranı tahminleri yapıldığında Şekil 4'te yer alan sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 4: 31 Aralık 2013 Tarihli Türk Lirası Verim Eğrisi



4. Sonuç

Faiz oranı vade yapısı diğer deyişle verim eğrisi halen finans alanında üzerinde çokça çalışma yapılan konulardan biridir. Özellikle sabit getirili menkul kıymetlerin finansal sistem içindeki yeri ve diğer finansal ürünlerin değerlendirilmesi için de faiz oranının kritik girdilerden biri olduğu dikkate alındığında, faiz oranı tahminlerinin finansal kurumlar için hayati öneme sahip olduğu görülmektedir.

Teorik olarak her bir vadeye tekabül eden bir faiz oranı bulunduğu kabul edilmekle birlikte uygulamada bu sayıda kuponsuz bono işlem görmediği için bu durumu gözlemek mümkün olamamaktadır. Bu nedenle gözlenen verilerden yola çıkılarak istenen vadeler için faiz oranları tahmin edilmektedir. Diğer bir ifadeyle piyasada oluşan mevcut faiz oranlarına en iyi uyumu sağlayan teorik bir faiz oranı seti oluşturulmaktadır.

Bu amaçla çeşitli yöntemler geliştirilmiş olup, bu çalışmada 31 Aralık 2013 tarihli Türk Lirası verim eğrisi bootstrapping yöntemi ve ardından gerçekleştirilen OLS analiziyle elde edilmiştir. Analiz sonuçları bootstrapping yöntemi ve OLS analizi sonucunda hesaplanan parametrelerin istatistiki olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Böylelikle 31 Aralık 2013 tarihi için finansal hesaplamalarda kullanılabilecek Türk Lirası verim eğrisi elde edilmiştir.

Ek 1: TCMB Faiz İndirim Kararının Verim Eğrisi Üzerindeki Etkisi

TCMB 16 Mayıs 2013 tarihinde gecelik O/N faiz oranlarında 50 baz puanlık indirimde giderek gecelik O/N faiz oranını yüzde 7'den yüzde 6.5'e düşürmüştür. Aşağıda TCMB'nin faiz kararının verim eğrisi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla 15 Mayıs 2013 ve 20 Mayıs 2013 tarihlerine ait Borsa İstanbul'da işlem görmüş sabit kuponlu tahviller ile iskontolu bono verileri kullanılarak detayları yukarıda verilen bootstrapping ve OLS yöntemiyle verim eğrileri üretilmiştir. Faiz kararı öncesi ve sonrasındaki verim eğrisi Şekil 5'te yer almaktadır. 15 Mayıs 2013 tarihli analiz sonuçları Tablo 6, Tablo 7 ve Tablo 8'de; 20 Mayıs 2013 tarihli analiz sonuçları ise Tablo 9, Tablo 10 ve Tablo 11'de sunulmuştur.

Tablo 6: Regresyon İstatistikleri

Çoklu R	0,993544
R Kare	0,987130
Düzeltilmiş R Kare	0,986177
Standart Hata	0,000776
Gözlem	30

Tablo 7: ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regresyon	2	0,001246	0,000623	1035,479506	0,000000
Fark	27	0,000016	0,000001		
Toplam	29	0,001262			

Tablo 8: Katsayı Tahminleri

	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>	<i>Düşük %95,0</i>	<i>Yüksek %95,0</i>
Kesişim ***	0,01569	0,00217	7,23054	0,00000	0,01124	0,02015	0,01124	0,02015
X Değişkeni 1 ***	0,00000	0,00000	3,54504	0,00145	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
X Değişkeni 2 ***	0,00516	0,00038	13,53346	0,00000	0,00438	0,00594	0,00438	0,00594

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

*** $p < 0.001$

Tablo 9: Regresyon İstatistikleri

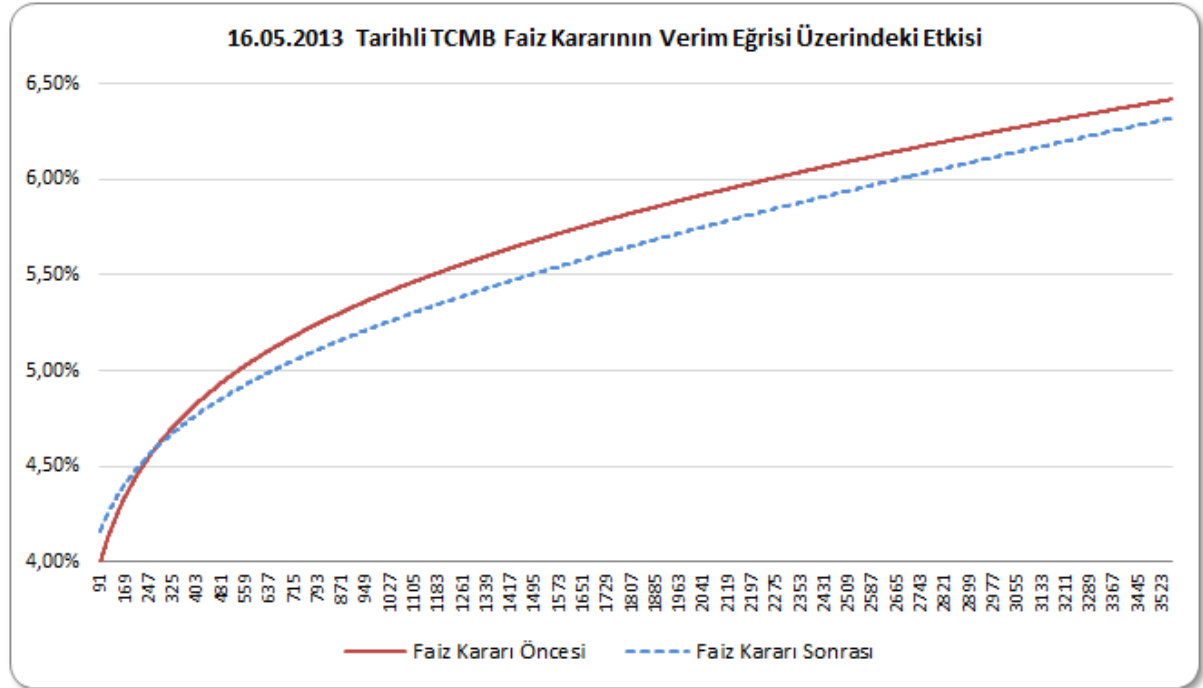
Çoklu R	0,986579
R Kare	0,973337
Düzeltilmiş R Kare	0,971433
Standart Hata	0,001025
Gözlem	31

Tablo 10: ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regresyon	2	0,001074	0,000537	511,079970	0,000000
Fark	28	0,000029	0,000001		
Toplam	30	0,001103			

Tablo 11: Katsayı Tahminleri

	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>	<i>Düşük %95,0</i>	<i>Yüksek %95,0</i>
Kesişim ***	0,02490	0,00281	8,86137	0,00000	0,01914	0,03065	0,01914	0,03065
X Değişkeni 1 ***	0,00000	0,00000	5,06905	0,00002	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
X Değişkeni 2 ***	0,00346	0,00049	7,00271	0,00000	0,00245	0,00447	0,00245	0,00447

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$ **Şekil 5: 16 Mayıs 2013 Tarihli TCMB Faiz Kararının Verim Eğrisi Üzerindeki Etkisi**

Kaynakça

- Akıncı, Ö., Gürçihan, B., Gürkaynak, R. ve Özel, Ö. (2006). *Devlet İç Borçlanma Senetleri İçin Getiri Eğrisi Tahmini*, Ankara: Araştırma ve Para Politikası Genel Müdürlüğü Çalışma Tebliği No: 06/08.
- Aktaş, Z., Alp, H., Gürkaynak, R., Kesriyeli, M. ve Orak, M. (2008). *Türkiye’de Para Politikası’nın Aktarımı: Para Politikasının Mali Piyasalara Etkisi*, Ankara: Araştırma ve Para Politikası Genel Müdürlüğü Çalışma Tebliği No: 08/11.
- Andersson, M., Dillén, H. Ve Sellin, P. (2006). Monetary Policy Signaling and Movements in the Term Structure of Interest Rates, *Journal of Monetary Economics*, 53, 1815 – 1855.
- Berument, H. ve Froyen, R. T. (2006). Monetary Policy and Long-Term US Interest Rates, *Journal of Macroeconomics*, 28, 737 – 751.
- Bikbov, R. Ve Chernov, M. (2013). Monetary Policy Regimes and the Term Structure of Interest Rates, *Journal of Econometrics*, 174, 27 - 43.
- Blanchard, O. (2000). *Macroeconomics*, New York: Prentice-Hall, Second Ed.
- Bolgün, K. E. ve Akçay, M. B. (2005). *Risk Yönetimi*, İstanbul: Scala Yayıncılık, 2. Baskı
- Cook, T. ve Hahn, T. (1989). The Effect of Changes in the Federal Funds Rate Target on Market Interest Rates in the 1970s. *Journal of Monetary Economics*, 24, 331–351.
- Cox, J. C., Ingersoll, J. E. ve Ross, S. A. (1985). A Theory of the Term Structure of Interest Rates, *Econometrica*, 53 (2), 385 – 407.
- Diebold, F. X. ve Li, C. (2006). Forecasting The Term Structure of Government Bond Yields, *Journal of Econometrics*, 130, 337 – 364.
- Dubil, R. (2004). *An Arbitrage Guide to Financial Markets*, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Duffie, D. ve Kan, R. (1996). A Yield-factor Model of Interest Rates, *Mathematical Finance*, 6 (4), 379 – 406.
- Echols, J. W. ve Elliot, M. E. (1976). Rational Expectations in a Disequilibrium Model of the Term Structure, *American Economic Review*, 66 (1), 28 – 44.
- Evans, C. L. ve Marshall, D. A. (1998). *Monetary Policy and the Term Structure of Nominal Interest Rates: Evidence and Theory*, Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, 49, 53 - 111.
- Fabozzi, F. J. (2005). *Handbook of Fixed Income Securities*, Ed: Fabozzi, F.J. ve Mann, S. V., New York: McGraw – Hill.
- Gujarati, D. N. ve Porter, D. C. (2012). *Temel Ekonometri*, 5. Baskı, İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Gürkaynak, R. S., Sack, B. ve Writght, J. H. (2007). The U.S. Treasury Yield Curve: 1961 to the present, *Journal of Monetary Economics*, 54, 2291 – 2304.
- 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.
- Horcher, K. A. (2005). *Essential of Financial Risk Management*, New Jersey: John Wiley & Sons Ltd.
- Hull, J. ve White, A. (1990). Pricing Interest – Rate - Derivative Securities, *Review of Financial Studies*, 3, 573 – 592.
- Jones, C. ve Kulish, M. (2013). Long-Term Interest Rates, Risk Premia and Unconventional Monetary Policy, *Journal of Economic Dynamics & Control*, 37, 2547 - 2561.
- Jorion, P. (2003). *FRM Handbook*, New Jersey: John Wiley and Sons, 2nd Edition.
- Kaketsis, A. ve Sarantis, N. (2006). The Effects of Monetary Policy Changes on Market Interest Rates in Greece: An Event Study Approach, *International Review of Economics and Finance*, 15, 487 – 504.

- Knez, P., Litterman, R. ve Scheinkman, J. (1994). Exploration into Factors Explaining Money Market Returns, *Journal of Finance*, 49, 1861 – 1882.
- Kutlar, A. (2012). *Ekonometriye Giriş*, 2. Baskı, Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Kuttner, K. N. (2001). Monetary Policy Surprises and Interest Rates: Evidence from the Fed Funds Futures Market, *Journal of Monetary Economics*, 47, 523 – 544.
- Litterman, R. ve Scheinkman, J. (1991), Common Factors Affecting Bond Returns, *Journal of Fixed Income*, 1, 54 – 61.
- Nawalkha, S. K., Beliaeva, N. A. ve Soto, G. M. (2007). *Dynamic Term Structure Modeling*, New Jersey: John Wiley & Sons Ltd.
- Nelson, C. R. ve Siegel, A. F. (1987). Parsimonious Modeling Of Yield Curves, *The Journal of Business*, 60 (4), 473 – 489.
- Tüysüzoğlu, U. (2013). *Türkiye Devlet İç Borçlanma Senetleri Getiri Eğrilerinin Geliştirilmiş Dinamik Nelson-Siegel ve Zaman Serisi Modelleri İle Öngörü Performanslarının Karşılaştırılması*, TCMB Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Ünsal, E. M. (2013). *Makro İktisat*, Ankara: İmaj Yayınevi, 10. Baskı.
- Vasicek, O. (1977). An Equilibrium Characterization of The Term Structure, *Journal of Financial Economics*, 5 (2), 177 – 188.
- Zipf, R. (2003). *Fixed Income Mathematics*, California: Academic Press.4

Dipnotlar:

- ¹ Elde edilen verim eğrisi tahvil fiyatları üzerinden hesaplandığı için, bu faiz oranları kullanılarak ilgili tahviller değerlendirildiğinde piyasada oluşan fiyata eşit bir PV elde edilmektedir ki bu da bootstrapping yönteminin arbitraja imkan vermeyen yöntemler içerisinde değerlendirilmesini sağlamaktadır.
- ² Hesaplamalar araştırmacı tarafından VB .Net üzerinde geliştirilen bir yazılım vasıtasıyla yapılmıştır.
- ³ Çoklu regresyon analizi Microsoft Excel 2007 yazılımı kullanılarak yapılmıştır.