

KONUT FİNANSMANINDA YAPI TASARRUFU YÖNTEMİ, RİSK MODELLERİ VE VASİCEK KISA VADELİ FAİZ ORANI MODELİ İLE AMPİRİK BİR UYGULAMA¹

İlker KOÇ* ORCID ID: 0000-0003-3674-8128
Elçin AYKAÇ ALP** ORCID ID: 0000-0001-9076-2102

ÖZET

Yapı tasarrufu (YT) sistemi, hane halklarının konut kredisi elde edebilmek için belirli bir süre birikim yapmasına dayanan, dünyanın birçok ülkesinde uzun zamandır uygulanan alternatif bir konut finansman yöntemidir. Bu çalışmada YT sistemi ve risk modelleri incelenerek, söz konusu modellerin ülkemiz koşullarına uygunluğunun araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Vasicek modeli maksimum olabilirlik yöntemi ile tahmin edilmiş, ayrıca R programlama dili kullanılarak Monte Carlo simülasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçların gerçek piyasa verileri ile uyumlu olduğu gözlemlenmiş ve modelin ülkemizde uygulanacak YT sistemi risk yönetim çalışmalarında dikkate alınabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapı Tasarrufu Sistemi, Vasicek Kısa Vadeli Faiz Oranı Modeli, Maksimum Olabilirlik, Monte Carlo Simülasyonu

CONTRACTUAL SAVINGS FOR HOUSING FINANCE METHOD, RISK MODELS AND AN EMPIRICAL ANALYSIS USING VASICEK INTEREST RATE MODEL

ABSTRACT

Contractual savings for housing (CSH) system is an alternative housing finance method which households were granted housing loans after a certain saving period of time. In this study, the risk structure of the CSH system was examined and CSH pricing model has been analyzed by using Turkish capital market data and Vasicek model. In the analysis, Vasicek parameters are estimated by Maximum Likelihood method and Monte Carlo simulation was performed using R programming language. The result indicated that simulated rates are consistent with actual market data and the model can be taken into account in implementing CSH risk management frameworks.

Keywords: Contractual Savings for Housing, Vasicek Interest Rate Model, Maximum Likelihood, Monte Carlo Simulation

¹ Bu makale İlker KOÇ'un "Yapı Tasarrufu Sistemi ve Risk Modelleri" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

* İstanbul Ticaret Üniversitesi, Finans Enstitüsü, Doktora Öğrencisi, ilker.koc@yandex.com

** Profesör Dr., İstanbul Ticaret Üniversitesi, İşletme Fakültesi, ealp@ticaret.edu.tr

I. GİRİŞ

Konut finansman piyasaları, barınma ihtiyacının karşılanması ve sosyal refahın artırılması açısından olduğu kadar istikrarlı şekilde büyüyen bir gayrimenkul sektörü vasıtasıyla ekonomik gelişmeye katkı sağlanması bakımından da birçok ülke ekonomisi için kritik önem taşımaktadır. Konut finansmanı için dünya genelinde kullanılan en yaygın yöntem, ipotekli konut finansmanıdır. Genellikle ticari bankalar ve uzmanlaşmış ipotek bankaları tarafından verilen ipotekli konut kredileri için gerekli finansal kaynak ise çoğunlukla sermaye piyasalarından sağlanmaktadır. Ancak, özellikle ikincil ipotek piyasalarından kaynaklanan 2008 küresel krizinden sonra, finansal kaldıraç oranlarını düşürmek aynı zamanda da konut kredisine erişim düzeyini arttırabilmek için ihtiyaç duyulan uzun vadeli fon kaynağını üretmek amacıyla alternatif model arayışları gündeme gelmiştir. Bu modellerden biri ülkemizde de değişik platformlarda sıklıkla önerilen ve “konut tasarruf planları” (Housing Saving Plans) veya “konut için sözleşmeye dayalı tasarruf” (Contractual Savings for Housing) olarak da adlandırılan “Yapı Tasarrufu (YT) Sistemi”dir. Uzun bir ön birikim safhası sayesinde hem konut kredileri için gerekli fon kaynağının yaratılmasına hem de düşük gelirli hane halklarının kredi değeri kazanarak krediye daha kolay erişim sağlamasına imkân veren söz konusu metodun, günümüz konut finansmanı piyasasında dengeleyici bir mekanizma oluşturmak için anahtar bir araç olabileceği ileri sürülmektedir (Dübel, 2011).

YT sözleşmeleri bir finansal kuruluş ile tasarruf sahibi arasında imzalanan özel bir anlaşmayı ifade etmektedir (Vittas ve Skully, 1991). Finansal sektör altyapısının veya kaynaklarının yeterli olmadığı gelişmekte olan ülkelerin yanı sıra gelişmiş birçok ülkede de uygulanan sistem, esas itibarıyla müşterilerin konut kredilerini elde etmeden önce belirli bir süre mevduat birikimi yapmalarına dayanmaktadır. Bu şekilde konut finansmanında kısa vadeli kaynaklarla uzun vadeli fonlama yapan bankaların yüksek düzeyde likidite ve faiz oranı riski almasının önüne geçilmekte, ayrıca sürdürülebilir bir konut kredisi pazarı oluşturularak sosyal refahın artırılmasına ve konut sektörünün sağlıklı bir şekilde gelişmesine katkı sağlanmaktadır.

YT sisteminin geleneksel ipotekli konut finansmanı sisteminden en temel farkı, konut finansmanı için gereken fon kaynağının bizzat sistemin kendisinden sağlanmasıdır. Bu anlamda, konut finansman piyasası aracılığıyla gerçekleşen aşırı finansallaşmaya alternatif bir çözüm olarak da önerilmektedir (Dübel, 2011). Ancak, YT kredilerinin ipotekli konut kredilerine karşı en büyük dezavantajı genellikle bu kredilerin toplam tutarlarının ortalama bir konutu satın almaya yetecek büyüklükte olmamasıdır (Lea vd., 1998). Bu nedenle de çoğunlukla ya konut tadilat ve geliştirme amaçlı olarak kullanılmakta ya da ipotekli konut kredisinin peşinatı veya tamamlayıcısı olarak bir paket kredi programının içinde sunulmaktadır (Deutsch ve Tomann, 1995).

Günümüzde YT uygulamasının en başarılı şekilde uygulandığı ülkelerin başında Almanya, Avusturya ve Fransa gelmekle birlikte, sistemin kökeni, ilki 1775 yılında kurulan, İngiliz yapı topluluklarına (building societies) dayanmaktadır (Drews, 1991).

Almanya’da 1800’lü yılların sonunda uygulanmaya başlayan sistem, bu ülkedeki asıl gelişimini ikinci dünya savaşından sonra göstermiştir. Fransa’da ise Alman modelinden kopyalanan ve “Épargne Logement” (E-L) olarak adlandırılan Fransız YT sistemi 1950’lerden itibaren hayata geçirilmiş, ancak bir süre sonra sistemde önemli yapısal değişikliklere gidilmiştir (Dübel, 2011).

Alman YT modeli, YT faaliyetinin yalnızca uzmanlaşmış kuruluşlar olan “yapı tasarruf sandıkları” (bausparkassen) tarafından yürütülmesine izin veren, sistemin temel fonlama kaynağının YT sözleşmeleri kapsamında toplanan mevduatlar olduğu ve istisnalar hariç olmak üzere, bir müşterinin YT kredisi kullanabilmesi için mutlaka ilgili YT sandığında birikim yapmış olması şartı arandığı bir uygulamaya sahiptir. Bu koşullar Alman sisteminin “kapalı” olarak adlandırılmasına yol açmıştır. ABD ve İngiltere’deki benzer finansal kuruluşlar giderek etkinliklerini kaybederken, Alman sisteminin günümüze kadar başarılı bir şekilde devam etmiş olması, birçok yazar tarafından söz konusu kapalı yapının korunmuş olmasına bağlanmaktadır (Cieleback, 2003a; Struyk, 2000; Roy, 2005; Dübel, 2009). Buna karşın “açık YT modeli” olarak adlandırılan Fransız E-L sistemi de günümüze kadar gelebilmiştir. E-L sisteminde, kapalı modelden farklı olarak YT faaliyeti ticari bankalar tarafından sürdürülmekte ve hem kredi hem de kaynak bakımından dış kaynaklara daha geniş bir erişim imkânı bulunmaktadır (Lea vd., 1998).

Kapalı YT modelinin uygulanması için YT kuruluşlarının faaliyetlerini düzenleyen özel bir mevzuat altyapısına ihtiyaç duyulmaktadır (UNECE, 2005). Buna karşılık bankalar tarafından uygulanan açık YT faaliyetine özel bir lisans düzenlemesine gerek bulunmamakta, ancak YT programında uygulanacak olan kamu teşviki için yasal bir altyapı gerekmektedir (Diamond ve Lea, 1992a).

Bugün dünyanın birçok ülkesinde açık, kapalı veya iki sistemin özelliklerini taşıyan, yerel gereksinimlere göre farklılaştırılmış YT sistemleri uygulanmaktadır. Özellikle Alman modeline yakın, fakat birtakım farklılıklar barındıran YT programları 90’lı yıllarda serbest piyasa ekonomisine geçen ve geçiş ekonomisi olarak adlandırılan eski Sovyetler Birliği üyesi ülkelerde oldukça popüler olmuştur (Roy, 2004).

Ülkemizde de geçmiş dönemlerde YT sisteminin uygulanması birçok kez gündeme gelmesine rağmen, tasarruf yetersizliği ve yüksek enflasyon gibi çeşitli olumsuz koşullar nedeniyle bu girişimlerden istenilen başarı elde edilememiştir (Peynircioğlu, 1988; Kılıç, 2007; Demir, 2014). Diğer taraftan, YT sistemi, ülkemizdeki konut finansmanı problemlerinin, özellikle de konut kredisinin temel kaynağı olan banka mevduatları ile konut kredi arasındaki büyük vade uyumsuzluğunun devam etmesi nedeniyle, konut sektörünü destekleyici bir araç olarak önerilmeye devam etmektedir. Bu konuda yapılan son çalışmalar arasında Türkiye Bankalar Birliği tarafından Alman YT sistemine uygun şekilde hazırlanmış olan kanun taslağı bulunmaktadır (Dinç, 2019). Söz konusu taslak Türk bankalarının YT sistemini uygulama niyetini göstermesi bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca, ilgili kamu otoriteleri tarafından da çeşitli çalışmalar sürdürülmekte olduğu bilinmektedir. Nitekim Hazine ve Maliye Bakanlığı tarafından 20 Eylül 2019

tarihinde yayımlanan “2020-2022 Yeni Ekonomi Programında Türkiye Emlak Katılım Bankası bünyesinde uzun vadeli tasarrufu teşvik edecek ve düşük maliyetle konut edinimi sağlayacak Yapı Tasarruf Sandığı Sisteminin kurulacağı ifade edilerek, konu resmi olarak hükümet programına alınmıştır (Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2019).

Bu çalışmada, ülkemizde uygulanması planlanan kapalı YT sisteminin risk modellerinin araştırılmasına yönelik bir giriş yapılması ve sistemin uygulanabilmesi için ön şart olan fiyatlandırma modeline ilişkin bir genel yaklaşımın, piyasa verilerine dayalı ampirik bir analiz ile ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu şekilde YT sistemi risk yönetimine ilişkin literatüre katkı sağlanması ve karmaşık bir yapıya sahip olduğu bilinen YT risk modellerine yönelik sonraki çalışmalara bir temel oluşturması hedeflenmektedir.

Çalışmanın bundan sonraki kısımlarında konuya ilişkin literatür özeti ve YT risk modellerine ilişkin genel bilgi sunulmasının ardından, gerçekleştirilen ampirik analizin sonuçlarına yer verilmektedir. Ancak, henüz ülkemizde özel bir mevzuatla düzenlenmiş resmi bir YT faaliyeti bulunmadığından yapılan “fiyatlandırma” analizinin sonuçlarının “reel sektör verileriyle” karşılaştırması yapılamamıştır. Bu bakımdan her ne kadar yapılan model çalışması piyasa verilerine dayansa da bu anlamda hipotetik bir özellik taşımakta ve temel olarak metodun nasıl uygulanacağı gösterme amacı taşımaktadır.

II. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde yer alan YT sistemleri ile ilgili çalışmaları üç kategoride değerlendirmek mümkündür. Bunlardan ilki 90’lı yıllarda eski Doğu Bloku üyesi ülkelerinin liberal-kapitalist ekonomiye geçişleri sırasında, Alman finansal kuruluşlarının yoğun lobisinin de etkisiyle, Doğu Avrupa’da kapalı YT sistemi kurulması yönündeki çabaların analizini içeren araştırmalardır. Almanya ve Avusturya’dan farklı olarak, geçiş ekonomilerinde YT sistemlerinin ipotekli konut finansmanı gibi ana finansman yapılarını tamamlayıcı ve destekleyici bir araç olarak değil de konut finansman sorununu tek başına çözecek bir enstrüman olarak görülmeleri Diamond ve Lea (1992), Lea (1994,) Lea ve Renaud (1995), Struyk (2000), Hardt ve Manning (2000), Hegedüs ve Struyk, (2005) gibi yazarlar tarafından yoğun bir biçimde eleştirilmiştir. Söz konusu ülkelerin YT programları uygulamasının uzun vadeli fon eksikliğini gidermeye katkı sağlayabileceği kabul edilmekle birlikte, konut finansman sistemini yalnızca hükümet bütçelerine yüksek miktarda yük getiren sübvansiyonlar olmadan çalışmayan bu tür sistemlerin üzerine inşa etmenin ve konut sektörüne ilişkin tüm problemleri YT programları ile çözmeyi beklemenin rasyonel olmadığı ifade edilmiştir. Ayrıca söz konusu ülkelere, YT sistemi kurmak yerine, tasarruf sahiplerini bir başka uzun vadeli sözleşmeye dayalı tasarruf ürünü olan bireysel emeklilik fonlarına yönlendirmeleri ve konut finansmanı için gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ipotek alacaklarının ikinci el piyasalarda işlem gördüğü bir konut kredisi pazarı geliştirilmeleri önerisi yapılmıştır. Aradan yaklaşık yirmi yıl geçtikten sonra YT sistemine getirilen söz konusu eleştirilerde haklı ve haksız yönler olduğu ortaya çıkmıştır. Haklı olunan konuların başında uygulanan kamu sübvansiyonlarının yüksekliği ve bunun sürdürülemez olması gelmektedir.

Nitekim zaman içerisinde neredeyse tüm geçiş ekonomisi ülkeleri YT birikimlerine uyguladıkları teşvikleri azaltmak zorunda kalmışlardır (Dübel, 2003). Diğer taraftan finansal piyasa dalgalanmalarının veya düzenleme değişikliklerinin etkisiyle zaman zaman iniş ve çıkışlar göstermekle birlikte, YT ürünlerinin geçiş ekonomileri dâhil birçok ülkede hala önemli bir finansal araç olarak kullanılmaya devam ediyor olması, 90'lı yıllarda uygulanmaya başlayan programların başarısız olacağı tahminlerinin hatalı olduğunu göstermiştir. Ancak, söz konusu eleştirel görüşler, bir YT sistemi tasarlanırken yerel koşulların azami şekilde dikkate alınmasına yönelik uyarılar barındırması bakımından hala kritik bir önem taşımaktadır.

Literatürde yer alan ikinci kategori, YT veya diğer sözleşmeye dayalı tasarruf programlarının etkilerine ilişkindir. Örneğin, Impavido ve Musalem (2000), 26 farklı ülkenin verilerini kullanarak, panel regresyon ve iki aşamalı en küçük kareler yöntemleri ile yaptıkları analizlerde, sözleşmeye dayalı tasarruf sistemlerinin sermaye riskinin azaltılmasına, sermaye piyasalarının geliştirilmesine, finansal şoklara dayanıklılığı arttırmaya önemli katkı sağladığı, büyümeyi ve finansal inovasyonu teşvik ettiği sonuçlarına ulaşmıştır. Benzer şekilde, Plaut ve Plaut (2004) gelişmiş sermaye piyasalarına sahip ülkelerdeki sözleşmeli tasarruf faaliyetlerini inceledikleri çalışmalarında, bu tür sözleşmelerin hane halklarının kredi değerlerindeki muhtemel bozulmalara ve gelecekte karşılaşılabilecekleri diğer risklere karşı riskten koruma aracı olarak tercih edildiğini bulmuştur.

Üçüncü kategorideki akademik çalışmalar, kapalı yapı tasarruf sistemi müşteri davranışlarının analiz edilmesine yöneliktir. Örneğin, Cieleback (2003b), YT kredilerine ilişkin erken ödemeleri analiz ettiği çalışmada Almanya'da Ocak-1998 ve Eylül-2000 tarihleri arasında erken ödeme yapılan 55.000 kredi dosyasını binary-logit yöntemi kullanarak incelemiş ve söz konusu kredilerin erken ödenmesinin temel nedeninin tüketiciler tarafından yapılan portföy değerlendirmesi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Benzer bir konuyu inceleyen bir diğer çalışma, Schlueter ve diğerlerinin (2012) 1991 ve 2010 yılları arasında Almanya'daki 2.182.743 adet YT sözleşmesine ilişkin nakit akışı verisini en küçük kareler (OLS) ve "logit" yöntemleri ile analiz ettikleri araştırmadır. Söz konusu çalışmada, YT sandıkları tarafından yapılan ilave faiz ödeme veya devlet katkısı gibi ödüllerin tasarruf alışkanlıklarını etkin bir şekilde dengelediği ve müşteri davranışlarının yönlendirilmesinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunlar gibi uzun dönemli gerçek YT katılımcı verilerine dayalı çalışmalar, müşteri davranış kalıplarının YT risk modellerinin temelini oluşturması bakımından ayrıca önem taşımaktadır.

III. YAPI TASARRUFU RİSK MODELLERİ

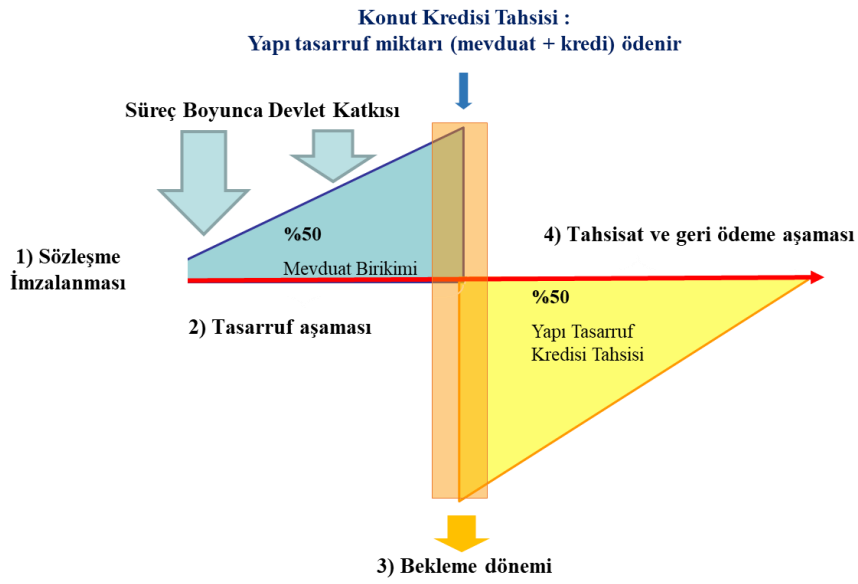
Bu bölümden itibaren YT terimi ile ülkemizde de uygulanması planlanan kapalı YT modeli ifade edilmekte olup, açık YT modeli ile ilgili farklılıklar yeri geldikçe ayrıca açıklanmaktadır.

YT risk modellerinin anlaşılabilmesi için öncelikle standart bir kapalı YT sözleşmesinin işleyişine ve YT faaliyetinin risk kaynaklarına değinilmesinde fayda bulunmaktadır.

1. Yapı Tasarrufu Sisteminin İşleyişi

YT sistemi en basit haliyle, tasarruf sahiplerinin belirli bir süre birikim yapmaları karşılığında konut kredisi almaya hak kazandıkları bir finansal faaliyeti ifade etmektedir (UNECE, 2005). Tipik bir YT sözleşmesinin işleyişi şekil 1'de gösterilmektedir.

Şekil 1: Yapı Tasarrufu Sisteminin İşleyişi



Kaynak: Cieleback (2003a)

Bir YT süreci sözleşmenin imzalanması, tasarruf, bekleme ve tahsisat olmak üzere dört safhadan oluşmaktadır. Geleneksel olarak YT mevduat ve kredi faizleri sözleşme aşamasında belirlenmekte ve süreç sonuna kadar sabitlenmektedir (Lea vd., 1998). Genellikle YT sözleşmelerinde hem mevduat hem de kredi faiz oranları genellikle, piyasa oranlarından daha düşük belirlenmekte, ayrıca bu iki faiz oranı arasındaki fark da (spread) piyasada oluşan mevduat-kredi marj seviyesi altında gerçekleşmektedir. İkinci aşama olan tasarruf dönemini tamamlayan müşteri, konut kredisi almaya hak kazanmaktadır. Ancak müşteri kredisini hemen alamamakta, kullanılabilir YT kaynaklarının, yani kolektif fonların uygunluğuna bağlı olarak bir bekleme süresi geçirmek zorunda kalmaktadır (Roy, 2005). Müşterinin biriktirdiği tasarruf tutarına ve bu tutara ulaşma hızına bağlı olarak hesaplanan bir derece puanına göre belirlenen bekleme süresi, tipik bir YT sözleşmesinin üçüncü aşamasını oluşturmaktadır. Söz konusu süreyi beklemek istemeyen müşteriler için ise, YT kredisi tahsisi ile kapatılmak üzere, piyasa faiz oranlarına yakın oranlardan “ara finansman” veya “köprü finansman” denilen krediler kullanılabilir. YT sözleşmelerinin müşteri açısından cazibesini azaltan bir faktör olan bekleme süresi uygulaması,

likidite riskini yönetmek için kullanılan bir yöntemdir (Lea ve Renaud, 1995). Açık E-L modelinde ise YT sözleşmesi sunan bankaların tasarruf mevduatı gibi diğer iç fon kaynaklarından yararlanma veya sermaye piyasalarına erişme imkânı bulunduğundan bir bekleme süresi söz konusu değildir. Buna mukabil açık modelde kredi ve mevduat faiz oranları sözleşme başlangıcında sabitlenmemekte, ayrıca piyasa oranlarına yakın faiz oranları uygulanmaktadır (Dübel, 2011). YT sözleşmesinin son aşaması ise tahsis ve geri ödeme dönemidir. Bu dönemde, standart ipotekli konut kredilerinden farklı olarak YT müşterileri istedikleri zaman herhangi bir erken ödeme cezasına tabi olmadan YT kredilerini kapatabilmektedir.

2. Yapı Tasarrufu Sistemi Risk Kaynakları

Para ve sermaye piyasalarından elde edilecek diğer fon kaynaklarına erişimin kısıtlı olduğu kapalı YT uygulamasında sistemin sürdürülebilirliği, YT ürünlerinin cazibesine bağlı olan yeni tasarrufların sisteme akışına bağlıdır (Lea vd., 1998). Çeşitli nedenlerden dolayı yeni müşteri girişinin azalması, sistemin likidite sıkıntısı yaşamasına neden olmaktadır. Bu anlamda YT kuruluşları için temel finansal risk nakit akışı veya likidite riskidir (Lea ve Renaud, 1995). Likidite eksikliği en başta mevcut müşterilere yönelik taahhütleri etkilemekte ve bekleme sürelerini uzatmaktadır. Alman YT sisteminde, çoğunlukla piyasa dalgalanmalarının neden olduğu bu uzun bekleme sürelerini önlemek için “teknik güvenlik rezervi” (bauspertechnische sicherung) olarak adlandırılan bir likidite yönetim aracı geliştirilmiştir (Dübel, 2009, S:225).

Diğer taraftan YT sisteminin likiditesi yalnızca yeni müşteri girişlerinden etkilenmemekte, ayrıca müşterilerin sahip olduğu çeşitli seçimlik haklar nedeniyle de likidite riski doğmaktadır. Seçimlik hakların başında ise kredi kullanma hakkı gelmektedir. Esas itibarıyla hem açık hem de kapalı sistemde müşteriler tasarruf süresi tamamlandığında mutlaka konut kredisi almak zorunda değildir. Bir YT müşterisi dilerse kredi hakkını kullanmadan biriktirdiği tasarrufları çekebileceği gibi tasarruf etmeye de devam edebilmektedir. Bu bakımdan tüm yapı tasarruf sözleşmeleri birer “kredi opsiyonu” özelliği taşımaktadır (Schlueter vd., 2012). Ayrıca, kapalı yapı tasarruf modelinde kullanılacak kredi faizinin sözleşme başlangıcında sabitleniyor olması, bu tür YT sözleşmelerine “faiz opsiyonu” niteliği kazandırmakta, YT müşterileri tahsis aşaması geldiğinde piyasa faiz oranlarının gelişimine bakarak başlangıçta belirlenen kredi faiz oranını kabul edip etmeme, yani faiz opsiyonunu kullanıp kullanmama hakkına sahip olmaktadır. Bu özellik, YT sisteminin hem karlılığını hem de likiditesini etkilemektedir (Börner vd., 2018).

Sonuç itibarıyla, Alman-Avusturya sisteminde YT sözleşmesinin fiyatlaması ve kredinin kabul edilip edilmeyeceği ise büyük ölçüde piyasa koşullarına bağlı olarak belirlenmekte ve müşterileri çeşitli davranışlar göstermeye yönlendirmektedir. YT kuruluşunun risk yapısını etkileyen davranış kalıpları ise şunlardır:

- **Yeni müşteri girişleri:** YT kolektifine yeni katılımcıların dâhil olması kolektifin likiditesinin yönetilmesi açısından en kritik faktörlerin başında gelmektedir. Yeni müşteri girişleri, sigortacılıkta ve bireysel emeklilikte

olduğu gibi sistemin aktüeryal dengesi için önem taşımaktadır (Bertsch ve Laux, 1993).

- **Krediden feragat etme:** Tasarruf safhasından sonra müşteri hakkı olan krediden tamamen veya kısmen vazgeçmesi ya da ertelemesi durumudur. Krediden feragat etme davranışı genellikle yüksek mevduat faiz oranları sağlayan tarifelerde görülmektedir. Bu tür müşteriler çoğunlukla YT sözleşmelerini konut kredisi almaktan ziyade piyasasında koşullarından daha iyi getiri sağladığı için tercih etmektedirler.
- **Erken Geri Ödeme:** YT sisteminde müşteriler sözleşme kapsamında kullandığı krediyi ön ödeme cezası olmadan tamamen kapatabildikleri gibi yüksek tutarlı ödemelerle toplum borcunu azaltabilmektedir. Pratikte de bu seçenek çok sık kullanılmaktadır (Chevalier, 2005).

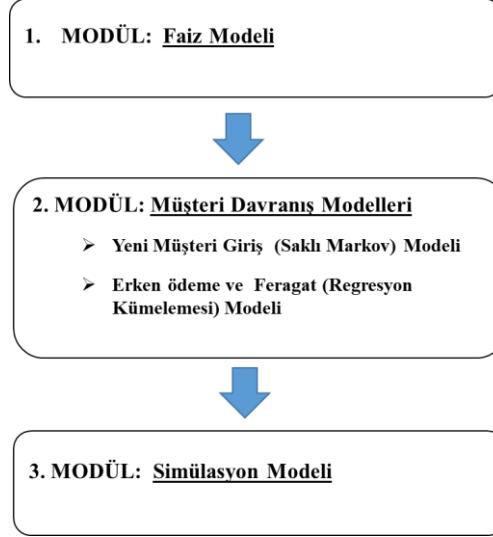
Yukarıda sayılan ve nakit giriş ve çıkışlarını dolayısıyla likiditesini doğrudan etkileyen müşteri davranış kalıplarının gelişiminin tahmin edilmesi YT risk model yaklaşımının temelini oluşturmaktadır.

3. Yapı Tasarrufu Risk Modelleri

YT sisteminde hem tek bir sözleşmenin gelişimi hem de bütün kolektifinin davranış modellerini oluşturan müşteri gruplarının gelecekteki davranışlarının belirlenmesi için stokastik simülasyon modelleri kullanılmaktadır (Bertsch ve Laux, 1993). Kolektif simülasyon modeli ise her birinde ayrı ayrı simülasyonların gerçekleştirildiği üç ayrı risk analiz modülünden oluşmaktadır.

YT risk model yapısı kurulmasında atılacak ilk adım çeşitli faiz oranı senaryolarının üretilmesidir. Bu amaçla ilk modülde YT sözleşme tarifesinin üretilebilmesi ve diğer modüllere girdi sağlanabilmesi için bir faiz opsiyonu fiyatlama modeli geliştirilmektedir (Cieleback, 2002 s: 69). Faiz oranı modeli kurulduktan sonra, “kredi feragati” ve “erken geri ödeme” oranları regresyon kümelemesi modeli kurularak tahmin edilmektedir (Chevalier, 2005). İkinci modülde “yeni müşteri giriş” değişkeninin tahmini için Saklı Markov Modeli ile simülasyon yapılmaktadır (Wichern, 2001). Üçüncü modülde ise çeşitli senaryolar geliştirilmekte ve yeterli düzeyde simülasyon parametresi üretildikten sonra, tüm simülasyonları birleştiren bir model uygulanmaktadır (Chevalier, 2005).

Şekil 2: Yapı Tasarrufu Risk Model Yapısı²



Bir YT sistemi kuruluş aşamasındayken, YT faaliyeti istikrarlı bir şekilde büyüdüğü ve tek bir faiz tarifesi uygulandığı sürece, risk yönetimi için karmaşık simülasyon modelleri yerine temel istatistiksel yöntemlerin veya kabaca sınıflandırma yöntemlerinin kullanılması yeterli olmaktadır (Bertsch & Laux,1993). Bu bakımdan sistemin yeni uygulanacağı ülkelerde ikinci ve üçüncü modüllerin başlangıçta geliştirilmesi öncelikli görülmemektedir. Ayrıca söz konusu modüllere ilişkin analizlerin yapılabilmesi için geçmiş müşteri davranış verisine ihtiyaç duyulmakta olduğundan sistem uygulanmaya başlandıktan sonra belirli bir süre veri birikimi sağlanması gerekmektedir. Buna karşılık, sistemin uygulanabilmesi için zorunlu olan birinci modül kapsamındaki fiyatlama modeli için yalnızca piyasa faiz oranı verileri yeterlidir. Bu kapsamda, çalışmanın devam eden bölümlerinde de ilk modüle odaklanılmakta ve YT fiyatlama yaklaşımına ilişkin teorik altyapı ortaya konularak, sistemin uygulanabilmesi için gerekli faiz oranı modeline ilişkin ampirik bir çalışma gerçekleştirilmektedir.

IV. YÖNTEM VE VERİ

YT sisteminde sözleşmelerin fiyatlaması, diğer opsiyon ürünlerinde olduğu gibi, Black-Scholes modeli kullanılarak yapılmaktadır (Cieleback, 2002). Aşağıda söz konusu model hakkında özet bilgi verilmektedir.

1. Black-Scholes Modeli

Temel Black-Scholes denklemi;

² Şekil 2, Bertsch ve Laux (1993), Wichern (2001), Cieleback (2002) ve Chevalier (2005)'den faydalanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

w: Opsiyonun değeri,
x: Dayanak varlık fiyatı,
r: Risksiz faiz oranı,
T: Vade,
 σ : volatilité ve
c: Uygulama fiyatı olmak üzere,

$$w(x, t) = xN(d_1) - ce^{r(t-T)}N(d_2) \quad (1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{x}{c}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (2)$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{x}{c}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (3)$$

şeklindedir (Black ve Scholes, 1973).

Black-Scholes modelinin çözümlenmesi Itô stokastik diferansiyel denklem (SDD) sürecine dayanmaktadır. Ancak Itô SDD çözümüne geçmeden önce, faiz oranı modeline uygun stokastik süreç sınıfı tanımlanmasının yapılmalıdır. Bunun için ise “Wiener süreci” terimine değinilmesi gerekmektedir. Wiener süreci, fizikte, çok sayıda küçük moleküler şoklara maruz kalan parçacık hareketini tanımlamak için kullanılmıştır. Brownian hareketi olarak da adlandırılan Wiener süreci, her δ sayıda, bağımsız, her yöne eşit, $\pm h$ genişlikte hareketi içeren rastgele yürüyüş limit formudur ve

$$X_\delta(t) = d(D_1 + D_1 + \dots + D_{t/\delta}) = h(S_n) \quad (4)$$

ile gösterilir. Bu eşitliğin çözümü için Itô SDD uygulanır. Burada SDD,

$$dX_t = \mu(X_t, t)dt + \sigma(X_t, t)dW_t \quad (5)$$

şeklinde tanımlanır (Hull, 2012). Eşitlikte yer alan

- $\mu(X_t, t)dt$ sürüklenme (drift),
- $\sigma(X_t, t)dW_t$ ise yayılma (difüzyon) terimidir.

Denklemin drift terimi “deterministik” bileşenini, difüzyon terimi ise “volatilité” bileşenini ifade etmektedir. Deterministik bileşen tamamen zamana bağı bir hareket izlerken, volatilité bileşeni Brownian Hareketi ya da Wiener süreci izlemekte yani hareketin “stokastik” kısmını oluşturmaktadır (Oksental, 2000).

Denklemin Itô integral çözümlemesinin gösterimi ise şu şekildedir:

$$X_t = X_0 + \int_0^t \mu(X_s, s) ds + \int_0^t \sigma(X_t, t) dW_s. \quad (6)$$

$(X_t; t \geq 0)$ koşunu sağlayan çözüm “Itô işlemi” olarak adlandırılmaktadır. Itô işleminin SDD’i ise;

$$dY_t = dg(X_t, t) = \left[\frac{\partial g(X_t, t)}{\partial t} + \frac{1}{2} (\sigma^2(X_t, t)) \frac{\partial^2 g(X_t, t)}{\partial X_t^2} \right] dt + \sigma(X_t, t) \frac{\partial g(X_t, t)}{\partial X_t} dW_t \quad (7)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial X^2} \sigma^2 X^2 - r \frac{\partial c}{\partial X} X - rc = 0 \quad (8)$$

eşitlikleri ile gösterilmektedir.

Black-Scholes denkleminin Itô SSD çözümü türev araçların değerlemesinde yaygın şekilde kullanılmakla beraber faiz oranına ilişkin türevler söz konusu olduğunda bazı farklı yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum esas olarak faiz oranı ölçüsünden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle öncelikle faiz oranı yapısı kavramı üzerinde durulacaktır.

Black-Scholes denkleminde yer alan “r”, sonsuz derecede kısa bir zaman dilimine uygulanan oranı ifade etmektedir. Bu nedenle r, “kısa dönem faiz oranı” olarak adlandırılmakta ve söz konusu oran için genellikle tasarruf mevduatı veya hazine tahvili gibi sabit getirili yatırım araçlarının getiri oranları esas alınmaktadır. Bahse konu sabit getirili piyasa enstrümanları “risk-bağımsız ölçüm” (risk-neutral measure) olarak kabul edilmekte ve “Q” ile gösterilen bu ölçüm standardı (numeraire) Black-Scholes modelinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Diğer taraftan, “P” olarak gösterilen ve gerçek dünya ölçümü (real-world measure) olarak adlandırılan diğer bir ölçüm standardı daha bulunmaktadır. “P” finansal gerçekleştirmelerin gerçek dünya olasılığını vermektedir (Burgess, 2014b). Diğer taraftan, Black-Scholes denkleminde yer alan “kısa dönem faiz oranı” (r) yalnızca “risk-bağımsız ölçüm” (Q) için geçerlidir ve gerçek dünya (P) için geçerliliği bulunmamaktadır. Bu nedenle de faiz oranı opsiyonu fiyatlama modeline dâhil edilecek bir “faiz yapısı modeline” ihtiyaç duyulmaktadır (Hull, 2012).

Kısa vadeli risksiz faiz oranları maliyet göstergesi olarak farklı vadelerdeki oranlar için temel oluşturmaktadır. Söz konusu oranların gelişimlerini analiz etmek için ise stokastik modeller kullanılmaktadır. Faiz oranı modelleri, faiz oranının gelişimini belirleyen faktör sayısına bağlı olarak “tek faktörlü” ve “iki faktörlü” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tek faktörlü modeller, çok küçük bir zaman aralığında faiz oranında oluşan belirsizliğin tüm faiz oranı yapısı için açıklayıcı değişken olarak kabul edildiği varsayımına dayanmaktadır. Bu modellerde faiz oranı “çok kısa dönem” veya “anlık” faiz oranı olarak adlandırılır ve yatırım araçlarının verim eğrileri bu oran ile tanımlanır. Aşağıda sıfır kuponlu bir bono fiyatı ile faiz oranı arasındaki ilişki gösterilmektedir;

$$P_{t,T} = e^{R_{t,T}(T-t)} \quad (9)$$

$P_{t,T}$, vadesi T olan sıfır kuponlu bononun t zamanındaki fiyatı olup, bunun Q 'da yani risk-bağımsız olasılık ölçümü ile gösterimi;

$$P_{t,T} = E^Q \left[e^{-\int_t^T r_s ds} \mid \mathcal{F}_t \right] \quad (10)$$

şeklindedir.

Faiz modelleri ayrıca, faiz oranı volatilitésinin (σ) belirlenmesi bakımından önemlidir. Bir finansal varlığın getirisinin standart sapması olan volatilité sabit bir değer olmayıp, zaman içerisinde değişiklik göstermektedir (Önalán, 2009). Volatilitenin modellenmesi hem sabit getirili varlıklara dayalı opsiyonların hem de faiz oranı opsiyonlarının fiyatlandırması bakımından temel teşkil etmektedir (Tahani ve Li, 2011). Literatürde, faiz yapısının belirlenmesine ilişkin olarak Vasicek (1977), Cox, Ingersoll ve Ross (1985), Ho ve Lee (1986) ve Hull ve White (1990) gibi birçok model önerisi yapılmıştır. Söz konusu modellerin her birinin farklı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Bu çalışmada, ilk stokastik faiz modellerinden birisi olan Vasicek (1977) yaklaşımı kullanılarak ülkemiz piyasalarındaki faiz oranı modellenmeye çalışılacaktır. Bu şekilde ülkemiz koşulları çerçevesinde YT faaliyetine ilişkin bir fiyatlama yöntemi geliştirilmesi için bir giriş yapılması hedeflenmektedir. Ancak uygulamaya geçmeden önce model hakkında temel düzeyde teorik bilgi verilmesinde fayda bulunmaktadır.

2. Vasicek Kısa Vadeli Faiz Oranı Modeli

Vasicek modeli, bazı dezavantajlarına rağmen, analitik izlenebilirlik ve ortalamaya dönme özelliği gibi birçok avantaja sahip olmasının yanı sıra diğer birçok kısa vadeli faiz oranı modelinin temel modeli olması (Burgess, 2014a) nedeniyle tercih edilmiştir.

Model, Black-Scholes (1973) opsiyon fiyatlama modeli gibi, arbitrajın olmaması varsayımına dayanmaktadır (Vasicek, 1977). Buradaki arbitraj olmaması argümanı, risk-bağımsız değerleme yaklaşımı ile aynı anlama gelmektedir (Hull, 2012).

Vasicek modelinin temel formu;

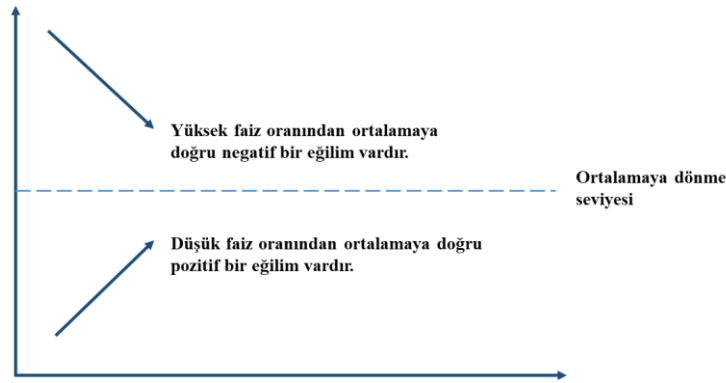
- r_t : Kısa vadeli faiz oranı,
- α : Ortalama seviyeye dönme hızı,
- θ : Ortalamaya dönme seviyesi,
- σ : Kısa vadeli faiz oranı volatilités ve
- W_t : Standart Brownian hareket olmak üzere,

$$dr_t = \alpha(\theta - r_t)dt + \sigma dW_t \quad (11)$$

şeklindedir (Burgess, 2014b).

Modelde faiz oranı, uzun vadeli ortalama faiz oranı düzeyinde salınan stokastik bir süreç olarak ele alınmakta ve bu oran ortalamaya dönme özelliği sergilemektedir (Joshi ve Swertloff, 1999). Faiz getirili varlıklar ile hisse senetleri gibi diğer finansal varlıklar arasındaki en önemli farklardan biri faiz oranlarının zaman içinde uzun vadeli ortalama seviyelere çekilmesidir. Bu fenomen “ortalamaya dönme” (mean reversion) olarak bilinmektedir. Şekil 3’de gösterilen ortalamaya dönme hareketi faiz seviyesi (r) yüksek olduğunda, faiz oranında negatif kaymaya, (r) düşük olduğunda ise pozitif bir kaymaya neden olma eğilimindedir.

Şekil 3: Ortalamaya Dönme



Ortalamaya dönme özelliğinin sonucu olarak, kısa dönem faiz oranı (r_t) uzun dönem ortalama seviyeye (θ) çekilmektedir. Bu hareketin üzerine eklenen "çekme" normal dağılım, stokastik bir σdW_t terimidir (Hull, 2012). Buradan Vasicek denkleminin³ SSD çözümü $0 \leq s < t$ olmak üzere;

$$r_t = r_s e^{-\alpha(t-s)} + \theta(1 - e^{-\alpha(t-s)}) + \sigma \int_s^t e^{-\alpha(t-u)} dW_u \quad (12)$$

şeklinde gösterilmektedir.

Her ne kadar Denklem (12)’de belirtilen işlem SDD tarafından sürekli olarak tanımlansa da mevcut veriler tipik olarak belirli zaman aralıklarında elde edilebilmektedir (Bu vd., 2011). Bu nedenle Vasicek modelinin uygulanabilmesi için (r_t) sürecinin kesikli hale getirilmesi gerekmektedir. Bunun için zaman aralıkları $\Delta t = t_i - t_{i-1}$ şeklinde alınır. Bu durumda, Vasicek modeline göre, r_t , aşağıdaki gibi bir AR(1) otoregresif süreci izler:

$$r_t = c + \theta (r)_{t_{i-1}} + \delta \varepsilon_{t_i} \quad (13)$$

Denklem (13)’ün katsayıları ise

³ Vasicek modelinin detaylı açıklamasına ve ispatına (Vasicek, 1977), (Brigo vd., 2007), (Önalın, 2009) ve (Hull, 2012)’den ulaşılabilir.

$$c = \theta(1 - e^{-\alpha\Delta t}) \quad (14)$$

$$b = e^{-\alpha\Delta t} \quad (15)$$

$$\delta = \sigma\sqrt{(1 - e^{-\alpha\Delta t})/2\alpha} \quad (16)$$

eşitlikleri ile hesaplanmaktadır.

Denklem (13), AR (1) sürecini gösterdiğinden “ $0 < \alpha$ ” ve “ $0 < b < 1$ ” koşullarının sağlanması durumu söz konusu AR (1) sürecinin durağan olduğunu ve θ ile verilen uzun vadeli ortalamaya geri dönme özeliğinin geçerli olduğunu gösterir. Diğer taraftan, Vasicek modelindeki kısa vadeli faiz oranı normal dağılıma sahiptir ve herhangi bir $r(s)$ değeri için r_t' nin koşullu ortama değeri ve varyansı, Denklem (12) kullanılarak, aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir (Pereira, 2015);

$$E_s(r_t) = \theta + (X_s - \theta)e^{-\alpha(t-s)} \quad (17)$$

$$Var_s(r_t) = \frac{\sigma^2}{2\alpha} (1 - e^{-2\alpha(t-s)}) \quad (18)$$

Vasicek modelini kalibre etmek için sürecin Denklem (13) yer alan kesikli formu kullanılır. Aynı şekilde c , b ve δ katsayıları Denklem (13) kullanılarak belirlenir. Esasında kalibrasyon işlemi, $r(t)$ zaman serisinin bir dönem gecikmeli sersiyile yapılan en küçük kareler (OLS) regresyonudur. OLS regresyonu, c , b ve δ parametreleri için “Maksimum Olabilirlik” (Maximum Likelihood-MLE) tahmincisini sağlar. Buradan da Vasicek simülasyonu için gereken α , θ ve σ parametreleri, aşağıdaki denklemler yardımıyla hesaplanabilir (Brigo vd., 2007);

$$\alpha = \frac{-\ln(b)}{\Delta t} \quad (19)$$

$$\theta = c/(1 - b) \quad (20)$$

$$\sigma = \delta/\sqrt{(b^2 - 1)\Delta t/2 \ln(b)} \quad (21)$$

Yukarıdaki parametreler kullanılarak faiz oranı vade yapısı simülasyonu gerçekleştirilebilir. Ayrıca söz konusu parametreler kullanılarak opsiyon ve bono fiyatları da modellenebilmektedir. Sıfır kuponlu bir bonunun Vasicek modeli altında hesaplaması;

$$A(t, T) = \exp \left[\frac{(B(t, T) - T + t) \left(\alpha^2 b - \frac{\sigma^2}{2} \right)}{\alpha^2} - \frac{\sigma^2 B(t, T)^2}{4\alpha} \right] \quad (22)$$

ve

$$B(t, T) = \frac{1 - e^{-\alpha(T-t)}}{\alpha} \quad (23)$$

olmak üzere,

$$P(t, T) = A(t, T)e^{-B(t, T)r(T)} \quad (24)$$

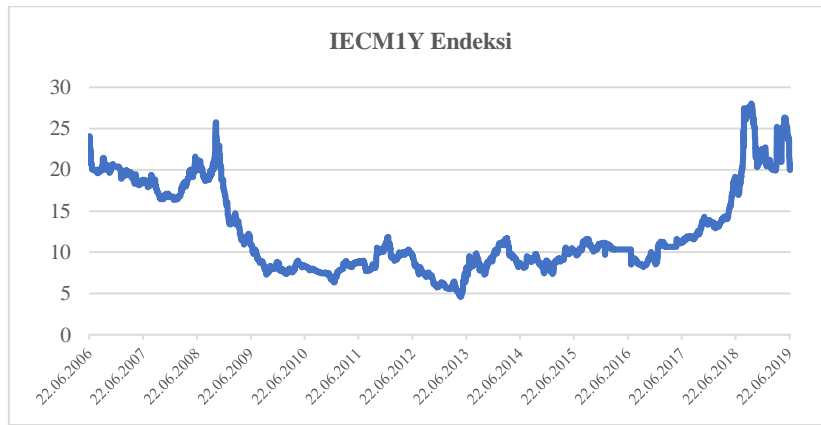
eşitliği ile yapılabilmektedir (Hull, 2012).

3. Veri

Vasicek modelinin simülasyonu için “risk-bağımsız ortama” ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde, risk-bağımsız ortam, tüm yatırımcılar tarafından tüm yatırımlarda ihtiyaç duyulan beklenen getirinin “risksiz faiz oranı” olduğu varsayımsal bir piyasa olarak tanımlanmaktadır. Risksiz faiz oranı ise yatırımcıların sıfır risk taşıyan bir yatırımda kazanmayı bekleyebileceği faiz oranı olarak ifade edilmektedir. Uygulamada yatırımcılar tarafından en güvenli yatırım aracı olarak görülen hazine bonolarının getirisi risksiz faiz oranı olarak kabul edilmektedir (Hull, 2012).

Literatürde, risksiz faiz oranı olarak, sıklıkla kamu hazineleri tarafından ihraç edilen kısa vadeli bonoların getirileri veya LIBOR faiz oranları esas alınmaktadır. Buna ilave olarak, gecelik swap (Overnight Indexed Swap) oranlarının risksiz oran olarak alınmasının daha uygun bir yaklaşım olabileceği de ifade edilmektedir (Hull, 2012). Ülkemizde ise bir veya üç ay vadeli hazine bonolarının getirilerinin risksiz olarak alınmasının, bu menkul kıymetlerin geçmişte oldukça riskli görünmeleri nedeniyle çok anlamlı olmadığı belirtilmektedir (Özçam, 2005). Bu nedenle, çalışmada ülkemiz şartlarına en uygun ve en kısa vadeli olduğu değerlendirilen Hazine ve Maliye Bakanlığı tarafından ihraç edilen 1 yıl vadeli TL tahvillerin bileşik getirisini gösteren IECM1Y endeksi, risksiz faiz oranı olarak kabul edilmiş ve model, günlük sıklıktaki söz konusu zaman serisi üzerinde uygulanmıştır. IECM1Y endeksinin 11.06.2006-28.06.2019 tarihleri arasında gelişimi Grafik 1’de gösterilmektedir.

Grafik 1: IECM1Y Endeksinin Gelişimi



Kaynak: Bloomberg Veri Terminali

Grafik 1 incelendiğinde, 1 yıl vadeli hazine tahvili faiz oranlarının 2009 Ocak ve 2018 Haziran dönemleri arasında nispeten daha düşük volatiliteye sahip olduğu, ancak bu dönemin öncesinde ve sonrasında hem faiz oranlarının hem de oranlardaki değişimin görece yüksek olduğu görülmektedir. IECM1Y serisine ilişkin temel istatistikler Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1: IECM1Y zaman serisi Temel İstatistikleri:

Ortalama	12.14
Standart hata	0.09
Medyan	10.34
Mod	10.34
Standart Sapma	4.99
Varyans	24.89
Kurtosis	-0.09
Skewness	0.97
Minimum	4.59
Maximum	28.03
Gözlem sayısı	3297

V. UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde, IECM1Y serisinin Vasicek parametreleri hesaplanmakta, daha sonra belirlenen faiz oranı modeli çerçevesinde Monte Carlo simülasyonu ile tahmin yapılmaktadır. Elde edilen sonuçlar piyasa faiz oranı yapısıyla karşılaştırılarak modelin geçerliliği sınanmaktadır.

Çalışmada faiz vade yapısı tahmini için “R” programlama dili kullanılarak yazılmış kod ile Monte Carlo simülasyonu uygulanmıştır. Ayrıca, yine R dilinde yazılmış kod kullanılarak Vasicek modelinde “bono opsiyon fiyatı” tahmini yapılmıştır.

1. Parametrelerin Tahmini:

Yukarıda da ifade edildiği üzere, parametrik stokastik diferansiyel denklemlerin (SDD) çözümünde tahmin edici olarak sıklıkla maksimum olabilirlik (MLE) yöntemi kullanılmaktadır (Bu vd., 2011). Literatürde MLE metodu ile parametre hesaplaması için uygulanan çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada parametre tahmini için Hull (2012) çözüm manüelinde sunulan yöntem izlenmiş ve adı geçen kaynaktaki Excel şablonu kullanılmıştır.

Diğer taraftan, bono ve tahvil gibi faiz getirili finansal varlıklar değerlendirirken yatırımcıların risksiz faiz oranı üzerinde bekledikleri ilave getiri olarak tanımlanan “piyasa risk fiyatının” dikkate alınması gerekmektedir. Piyasa faiz oranları ile tahvil

fiyatları arasında negatif yönlü bir ilişki bulunmaktadır ve bu nedenle tahvil varlıklarının piyasa risk fiyatı negatiftir.

Kısa vadeli faiz oranı “ r ”, piyasa risk primi “ λ ” olmak üzere, “Vasicek modeline göre r ” için risk-bağımsız süreç

$$dr_t = \alpha(\theta - r_t)dt + \sigma dW_t \quad (25)$$

ile, gerçek dünya süreci ise

$$dr_t = \alpha(\theta - r_t + \lambda\sigma)dt + \sigma dW_t \quad (26)$$

olarak ifade edilmektedir. “ λ ” sabit olarak alınması halinde süreç;

$$dr_t = \alpha(\hat{\theta} - r_t)dt + \sigma dW_t \quad (27)$$

şeklinde gösterilir. Buradan gerçek dünya ortalamaya dönme seviyesi ($\hat{\theta}$),

$$\hat{\theta} = \theta + \frac{\lambda\sigma}{\alpha} \quad (28)$$

eşitliği ile hesaplanır (Hull, 2012).

Bu çalışmada, piyasa risk primi (λ) olarak TÜİK tarafından açıklanan, tasarruf mevduatının yıllık nominal getirisi ile devlet iç borçlanma senetleri yıllık nominal getiri oranı arasındaki fark esas alınmıştır. IECM1Y serisinin MLE yöntemi uygulanarak tahmin edilen parametreleri, sözü geçen piyasa fiyatı ile Denklem (28)’deki gibi düzeltilmiştir. Buna göre hesaplanan Vasicek parametreleri aşağıda verilmektedir.

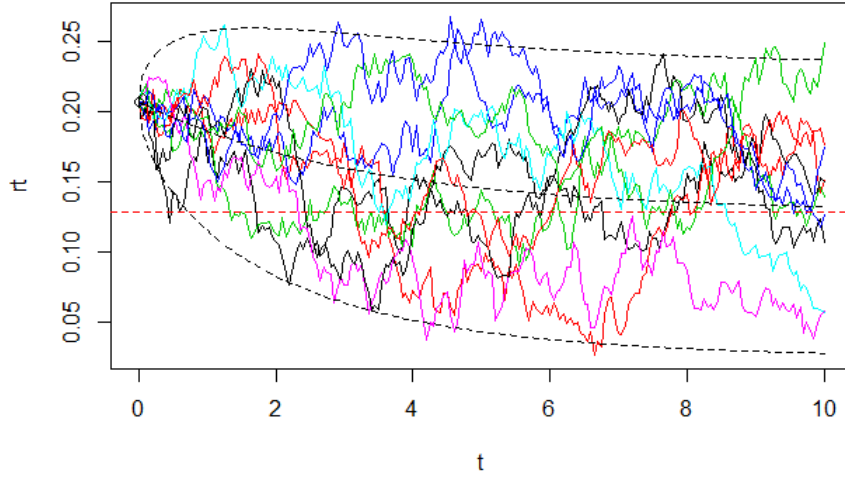
Tablo 2: IECM1Y Serisi Vasicek Parametreleri:

r_0	α	θ	λ	$\hat{\theta}$	σ
0.207	0.309	0.124	-0.044	0.129	0.041

2. Faiz Yapısının Simülasyonu

Tablo 2’deki parametreler kullanılarak yapılan simülasyon sonucu Grafik 2’de sunulmaktadır. Grafikte kısa vadeli faiz oranının (r_t) izleyebileceği olası yollar ve alt, üst ve orta güzergâh düzeyleri yer almaktadır.

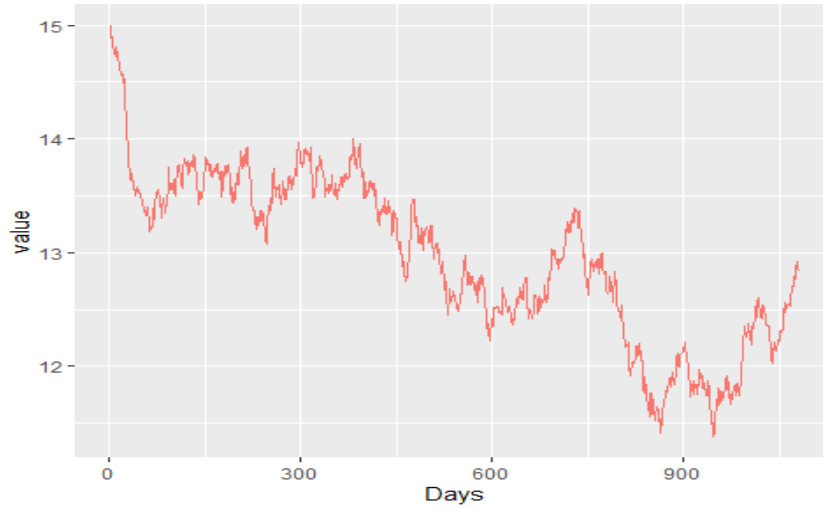
Grafik 2: Vasicek Kısa Vadeli Faiz Oranı Modeli Simülasyonu



Grafik 2’de $r_t = \% 20,7$ başlangıç faiz oranından ortalamaya dönme seviyesine geçiş, orta güzergâhta açık bir şekilde görülmektedir.

Vasicek modeli ile gerçekleştirilebilecek diğer bir simülasyon sıfır kuponlu tahvil fiyat gelişiminin tahminidir. Söz konusu simülasyon için R programlama dili SMFI5 paketi kullanılmıştır (Pereira, 2015). Vasicek parametreleri ile hesaplanan tahvil getiri eğrisi, Grafik 2’deki negatif eğimli faiz oranı gelişimi ile uyumludur.

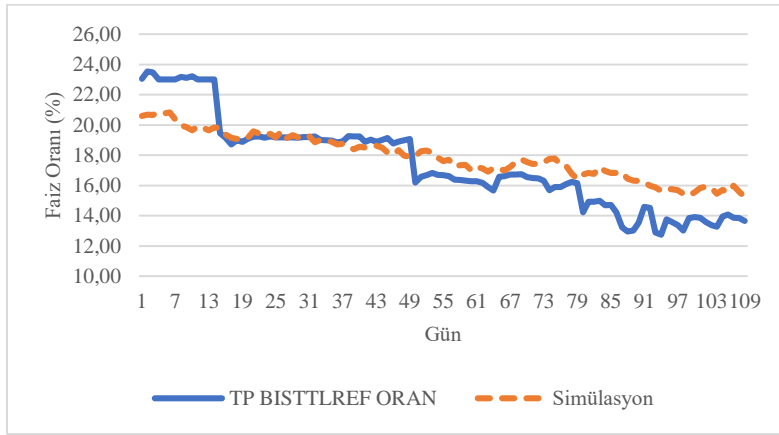
Grafik 3: Sıfır Kuponlu Tahvil Getiri Eğrisi Simülasyonu



3. Modelin Kalibrasyonu

Modelin geçerliliğinin sınanması için Grafik 4’de, Grafik 2’de yer alan simülasyon sonuçları Haziran 2019’den sonra gerçekleşen piyasa verileri ile karşılaştırılmaktadır.

Grafik 4: Referans Faiz Oranı Gelişimi ve Vasicek Model Simülasyonunun Karşılaştırması



Kaynak: TCMB, EVDS

Karşılaştırmada, gerçek piyasa verisi olarak TCMB tarafından yayımlanan devlet iç borçlanma senetlerinin Borsa İstanbul’da oluşan günlük referans faiz oranları kullanılmıştır. Grafik 4’de referans faiz oranının Vasicek Modelinde tahmin edilen eğriyi yakınsadığı, diğer taraftan gerçek piyasa oranlarının TCMB politika müdahaleleri ile meydana gelen keskin düşüşler sonucu ortalamaya dönme seviyesine simülasyondan daha hızlı düştüğü görülmektedir. Simülasyon ve gerçek piyasa verilerinin birbirine yakın seyretmesi modelin tutarlılığını ve Vasicek modelinin bu çalışmada yer alan döneme ilişkin kısa vadeli faiz oranı yapısını tahmin etmek için uygun bir yaklaşım olduğunu göstermektedir.

4. Opsiyon Fiyatının Hesaplanması

Vasicek modeli, faiz oranına bağlı türev finansal araçların değerlemesinde de kullanılmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde YT sisteminde fiyatlama uygulamasına örnek oluşturmak üzere, Tablo 2’deki Vasicek parametreleri kullanılarak YT sözleşmesini temsil eden varsayımsal bir Avrupa tipi bono satım (call) opsiyonunun değerlendirilmesi yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3’de sunulmaktadır.

Tablo 3: Örnek Bono Opsiyon Fiyat Hesaplaması

T \ K	K					
	95	90	85	80	75	70
1	4,90	9,80	14,71	19,61	24,52	29,42
2	3,48	8,19	13,10	18,01	22,91	27,81
3	3,14	7,05	11,78	16,68	21,58	26,49
4	3,07	6,41	10,79	15,60	20,49	25,40
5	3,04	6,02	10,07	14,73	19,59	24,49

Fiyat hesaplamaları için Brandimarte (2014)'nin çalışmasında yer alan R kodları kullanılmıştır. Analizde varlık fiyatı 100 birim alınmış, farklı uygulama fiyatları ve farklı vadeler için hesaplanan opsiyon fiyatlarındaki değişim ortaya konulmuştur. Tablo 3'den görüldüğü üzere, opsiyon fiyatı ile uygulama fiyatı (K) arasında doğru, vade (T) ile ise ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Bu örnek analizin, YT sözleşmelerinin fiyatlamasına ilişkin yapılacak ileriki çalışmalara yol gösterici bir nitelik taşıdığı değerlendirilmektedir.

VI. SONUÇ

Konut finansmanı sosyal, ekonomik ve finansal özellikleri itibarıyla her zaman politika yapımcıların gündeminde olan bir konudur. Neredeyse tüm dünyada kabul gören ipotekli konut finansmanı sistemi, özellikle gelişmekte olan ülkeler için, yeterli düzeyde uygun vadeli fon kaynağı olmaması, yasal altyapı eksikliği ve aşırı finansallaşma gibi çeşitli sorunlar barındırmaktadır. Söz konusu sorunlara çözüm alternatifi olarak önerilen yöntemlerden biri olan YT sistemi, faiz oranı opsiyonuna ve müşteri davranış kalıplarının modellenmesine dayanan, karmaşık bir risk yönetim sistemine sahip olması gibi bazı özellikleri nedeniyle literatürde eleştirilmiştir. Ülkemizde de uygulanması planlanan kapalı YT sisteminin sağlıklı bir şekilde hayata geçirilebilmesi için uygun risk yönetim modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada sistemin temel risk yönetim unsurlarından biri olan faiz oranı modeli incelenmiş ve ilk stokastik modellerden biri olan Vasicek (1977) yaklaşımı ile ampirik bir uygulama gerçekleştirilerek, bahse konu yöntemin ülkemiz piyasaları için uygunluğu araştırılmıştır.

Modelde gerçekleştirilen Monte Carlo simülasyonu sonuçları, çalışmada kullanılan 1 yıl vadeli hazine tahvili faiz oranı serisi için gerçek piyasa verileri ile tutarlı bir sonuç üretmiştir. Ancak, son dönemlerde TCMB tarafından uygulanan politika faizi indirimleri nedeniyle, ortalama faiz oranına modelin öngördüğünden daha kısa bir sürede dönülmüştür. Bununla birlikte, simülasyon ve gerçekleşme trend eğilimlerinin uyumlu olması nedeniyle bu farklılığın model açısından kabul edilebilir bir düzeyde olduğu değerlendirilmektedir. Bu çerçevede Vasicek kısa vadeli faiz oranı modelinin YT sisteminin fiyatlama ve risk yönetimi süreçlerine ilişkin sonraki çalışmalarda dikkate alınabileceği, ayrıca YT faaliyetine ilişkin müşteri davranışlarından kaynaklanan risklerin azaltılması için risk analizi süreçlerinde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Diğer taraftan, risk modelleme çalışmalarında en iyi sonuca ulaşmak için mutlaka farklı yaklaşım veya veri setlerinin de analiz edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle de YT uygulamasına uygun faiz oranı modelinin belirlenebilmesi için farklı faiz oranı serilerinin ve ayrıca üssel Vasicek, CIR (1985), Ho ve lee (1986) veya Hull ve White (1990) gibi daha gelişmiş modellerinin test edilmesine ihtiyaç bulunduğu değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, sonraki çalışmalarda YT fiyatlama modeline ilişkin farklı yaklaşımlarının analiz edilmesi, diğer taraftan YT sistemi müşteri davranış modellerine ilişkin teorik altyapının araştırılması planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Bertsch, E.O., Laux H.. (1993). Forecasting the Development of a German Building Society -Different Methods of Mathematical Approach and Computer Simulation. Springer.
- Black, F., Scholes, M.. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, Vol. 81, issue 3, 637-54.
- Börner, C. J. , Harnischmacher, P., Katernberg, R.. (2018). The Self-Selection Effects of Retail Financial Products. The Case of Contractual Savings for Housing in Germany. *Journal of Accounting and Finance*, Vol. 18, ss. 1, pp. 94-116.
- Brandimarte, P.. (2014). Handbook in Monte Carlo Simulation Applications in Financial Engineering, Risk Management, and Economics. John Wiley & Sons Inc.
- Brigo D., Dalessandro, A., Neugebauer, M., Triki, F.. (2007). A Stochastic Processes Toolkit for Risk Management. Working Paper: 29.
- Bu, R., Giet, L., Hadri, K., Lubrano, M.. (2011). Modeling Multivariate Interest Rates Using Time-Varying Copulas and Reducible Nonlinear Stochastic Differential Equations, *Journal of Financial Econometrics*, 2011, Vol. 9, No. 1, pp.198–236.
- Burgess, N.. (2014a) An Overview of the Vasicek Short Rate Model. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2479671>.
- Burgess, N.. (2014b). Bond Option Pricing using the Vasicek Short Rate Model. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2479636>.
- Chevalier, T.. (2005). Ein Risikomodell für Bausparkollektive. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln.
- Cieleback, M.. (2002). Bausparen und Optionstheorie. Müller, Köln.
- Cieleback, M.. (2003a). Prepayment of mortgage borrowers having a Bauspar-Loan. *Property Management*, Vol. 21 Issue: 4, pp.242-259.
- Cieleback, M.. (2003b). Prepayment of German Bauspar-Loans: A look at the importance of portfolio considerations and borrower characteristics. *Property Management*, Vol. 21 Issue: 4, pp.242-259.
- Cox, J.C., Ingersoll, J.E., Ross, S.A.. (1985). A theory of the term structure of interest rates. *Econometrica* 53, 385-407.
- Demir, E.. (2014). Konut Alımları İçin Yeni Bir Finansman Yöntemi: Yapı Tasarruf Sandığı Sistemi. İş Bankası, İktisadi Araştırmalar Bölümü.
- Deutsch, E., Tomann, H. (1995). “Home Ownership Finance in Austria and Germany”. *Real Estate Economics*, Vol:23- 4, pp. 441-474.
- Diamond, D. B., Lea, M. J.. (1992). The Decline of Special Circuits in Developed Country Housing Finance. *Housing Policy Debate*, 3, 3.

Dinç, Y..(2019). Tasarrufa Dayalı Finans: Faizsiz Finansal Kurumlar ve Araçlar Üzerine Bir Araştırma, Beta Yayınları, İstanbul.

Drews, G.. (1991). Der Bauspar-Ratgeber. Friedrich-Ebert-Stiftung-2002, Zukunftsperspektiven für eine nachhaltige Wohnungs- und Städtebaupolitik, Bonn.

Dübel, H. J.. (2003). Housing Policy in Central European Countries in Transition Czech Republic, Hungary, Poland, and Slovakia. Center of Legal Competence.

Dübel, H. J.. (2009). Contractual Savings for Housing. In Loic Chiquier & Michael Lea (Eds.) Housing Finance Policy in Emerging Markets, DOI: 10.1596/978-0-8213-7750-5, World Bank, Washington, DC.

Dübel, H. J.. (2011). Back to the Roots: Can Contractual Savings for Housing Help Terminating the High-Leverage Housing Finance System? A missing piece in the U.S. housing finance reform debate. Study Comissioned By bausparkasse Schwäbisch Hall. https://www.bausparkassen.de/fileadmin/user_upload/international/Duebel_US_Leverage_and_Savings_for_Housing_1_21_11.pdf

Hardt, J., Manning, D.. (2000). European Mortgage Markets: Structure, Funding and Future Developments. OECD and European Mortgage Federation Policy Paper, Brussels.

Hazine ve Maliye Bakanlığı. (2019). Yeni Ekonomi Programı 2020-2022. <https://ms.hmb.gov.tr/uploads/2019/04/Yeni-Ekonomi-Program%C4%B1-2019-v5.pdf>

Hegedüs, J., Struyk, R. J.. (2005). Divergences and Convergences in Restructuring Housing Finance in Transition Countries. In József Hegedüs & Raymond J. Struyk (Eds.), Housing Finance New and Old Models in Central Europe, Russia, and Kazakhstan, Local Government and Public Service Reform Initiative, (pp: 3-39), Budapest.

Ho, T.S.Y., Lee, S.B.. (1986) Term Structure Movements and Pricing Interest Rate Contingent Claims. The Journal of Finance, 41, 1011-1029. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-6261.1986.tb02528.x>.

Hull, J. C.. (2012). Options, Futures, and Other Derivative Securities. Pearson, 8th Edition, (1th Edition: 1992), Toronto.

Hull, J., White, A.. (1990). Pricing Interest Rate Derivative Securities. The Review of Financial Studies, Volume: 3, Number: 4, pp. 573-592.

Impavido, G., Musalem, A. G.. (2000). Contractual Savings, Stock and Asset Markets. The World Bank, Policy Research Working Paper Series.

Joshi J. P., Swertloff L.. (1999). A User's Guide to Interest Rate Models: Applications for Structured Finance. The Journal of Risk Finance, Vol. 1 Issue: 1, pp.106 114, <https://doi.org/10.1108/eb022940>.

- Kılıç, S.. (2007). Konut Finansman Modeli Olarak Yapı Tasarruf Sandıkları; Almanya ve Türkiye'deki Uygulamaları. Celal Bayar Üniversitesi, Yönetim ve Ekonomi, Yıl:2007 Cilt:14 Sayı:1.
- Lea, M. J.(1994).. Efficiency and Stability of Housing Finance Systems: A Comparison of the United. Kingdom and the United States. Housing Policy Debate.
- Lea, M., Laszek, J., Chiquier, L.. (1998). Analysis of Contract Savings for Housing Systems in Poland. Report prepared for USAID, The Urban Institute.
- Lea, M. J., Renaud B.. (1995). Contractual Savings for Housing: How Suitable Are They for Transitional Economies?. The World Bank, Financial Sector Development Department, September 1995.
- Oksendal, B.. (1992). Stochastic Differential Equations. Springer, Berlin.
- Önalan, Ö.. (2009). Vasicek ve CIR Modelleri Kullanılarak Oynaklık ve Faiz Oranlarının Modellenmesi. Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi Cilt XXVII, Sayı II, ss: 329-344.
- Özçam, M.. (2005). Türkiye'de Üç Finansal Varlığa (Kamu Kağıtları, Hisse Senetleri ve Döviz) Dayalı fiyatlama Modeli. Sermaye piyasası Kurulu, Çalışma Raporu <https://www.spk.gov.tr/SiteApps/Yayin/YayinGoster/938>, (Erişim tarihi: 17.02.2020).
- Pereira, T. (Ed.). (2015). Mastering R for Quantitative Finance. Packt Publishing.
- Peynircioğlu, N.. (1988). Türkiye'de Konut Finansmanında Uygulanan Yöntemlerin Değerlendirilmesi. DPT, Ankara.
- Plaut, P. O., Plaut, S. E.. (2004). The Economics of Housing Savings Plans. The Journal of Real Estate Finance and Economics.
- Roy, F.. (2004). The Implementation of Contract Savings Schemes for Housing (Bausparen) in Belarus Features, Recommendations and Examples. IPM Research Center, German Economic Team in Belarus.
- Roy, F.. (2005). Mortgage Lending and Risk Management in Germany. In József Hegedüs & Raymond J. Struyk (Eds.), Housing Finance New and Old Models in Central Europe, Russia, and Kazakhstan, Local Government and Public Service Reform Initiative, (pp:279-308), Budapest.
- Schlueter, T., Sievers, S., Wendels, T. H.. (2012). How can banks effectively stabilize their retail customers' saving behavior? The impact of contractual rewards on saving persistence and cash flow volatility. Annual Conference 2012 (Goettingen), New Approaches and Challenges for the Labor Market of the 21st Century 62057, Verein für Socialpolitik , German Economic Association.
- Struyk, R. J.. (2000). A Regional Policy Report. In Raymond J. Struyk (Eds.) Homeownership And Housing Finance Policy In The Former Soviet Bloc:Costly Populism, The Urban Institute, ss:1-74.

Tahani, N., Li, X.. (2011). Pricing interest rate derivatives under stochastic volatility. *Managerial Finance*, Vol. 37 Issue: 1, pp.72-91, <https://doi.org/10.1108/03074351111092157>.

UNECE. (2005). *Housing Finance Systems for Countries in Transition - Principles and Examples*. United Nations, Economic Commission for Europe, Geneva.

Vasicek, O.. (1977). An equilibrium characterization of the term structure. *Journal of Financial Economics*, vol. 5, issue 2, 177-188.

Vittas, D., Skully, M.. (1991). *Overview of Contractual Savings Institutions*. Working Paper Series: 605, The World Bank.

Wichern, B.. (2001). *Hidden-Markov-Modelle zur Analyse und Simulation von Finanzzeitreihen*. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln.