

# Likidite Riski Yönetiminde Vadesiz ve Vadeli Mevduatların Davranışsal Modellenmesi

Celal Öztürk\*  
Cemal İbiş\*\*

## Öz

Bu çalışmada, Jarrow-Deventer (1998) Modeli yaklaşımı üzerinden mevduat hacimleri makro ekonomik ve finansal değişkenlerle modellenmiştir. Kalkbrener-Willing (2014) metodolojisine göre Monte Carlo simülasyon yöntemi uygulanarak gelecek beş yıllık dönem için %99 güven düzeyinde çekirdek mevduat tutarları ve davranışsal vade yapıları tahmin edilmiştir. Ocak 2012 – Aralık 2019 dönemi arasındaki aylık veriler kullanılmıştır. Ampirik bulgular, mevduat hacminin Amerikan Doları Türk Lirası (USD/TRY) döviz kuru ve piyasa faiz oranı değişkenleriyle istatistiksel olarak açıklandığını ve gerçek kişi mevduatların ticari kişi mevduatlara oranla çekirdek mevduat oranlarının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, vadeli mevduatların vadesiz mevduatlara, Türk Parası (TP) mevduatlarının ise Yabancı Para (YP) mevduatlara oranla daha yüksek çekirdek mevduat oranına sahip olduğu bulgularına ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Likidite riski, çekirdek mevduat, davranışsal model.

**JEL Sınıflandırması:** G21, G32, C53.

## Abstract - Behavioral Modelling of Non-Maturing and Time Deposits in Liquidity Risk Management

In this study, deposit volumes have been modelled with macro-economic and financial variables using the Jarrow-Deventer (1998) Model. Core deposits and liquidity term structure, similarly the Kalkbrener-Willing (2014) methodology, have been estimated at 99% confidence level for the next five-year period using the Monte Carlo simulation techniques. The study covers monthly data between January 2012 and December 2019. As a result, empirical evidence indicates that the deposit volumes have been statistically explained with United States (US) Dolar/Turkish Lira foreign exchange rate and market interest rate variables. The results also show that the core deposit ratios of retail are higher than corporate's. Likewise, it has been proven that time deposits have a higher core ratio than non-maturing deposits and, similarly Turkish currency deposit ratio compared with foreign currency deposit.

**Keywords:** Liquidity risk, core deposit, behavioral modelling.

**JEL Classification:** G21, G32, C53.

\* Sorumlu Yazar, Piyasa Riski Müdürü, AnadoluBank, Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, Bankacılık Doktora Programı - E-Posta: celalozturk@marun.edu.tr - ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2957-8175>

\*\* İstanbul Altınbaş Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü - E-posta: cemal.ibis@altinbas.edu.tr - ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9808-2347>

## 1. Giriş

Bankalar faaliyetleri dolayısıyla birçok finansal ve operasyonel risklere maruz kalmaktadır (Hull, 2015). Söz konusu riskler sermaye yeterliliği açısından kredi riski, piyasa riski ve operasyonel risk olarak sınıflandırılmaktadır. Bu risklere karşılık oluşabilecek potansiyel zararlar Basel kriterlerine göre sermaye bulundurularak önlenmektedir. Ancak, likidite riski gibi aktif pasif uyumsuzluğu kaynaklı oluşan riskler için sermaye ayrılması olası zararları önlemede yetersizdir (Fiedler, 2012; Matz ve Neu, 2007). Bu nedenle likidite riski, yeterli düzeyde likit varlık bulundurularak aktif pasif uyumsuzluğu, nakit akış ve likidite riski yaratan bilanço içi ve bilanço dışı kalemlerin davranışsal analizleriyle yönetilmelidir (BDDK, 2016).

Bu doğrultuda, likidite riskinin likit varlıkların değerinin değişimine ve nakit akışları kaynaklı yükümlülüklerinin yerine getirilememesine bağlı iki bileşeni bulunmaktadır. İlk bileşen piyasa likidite riskini diğeri ise fonlama likiditesi riskini ifade etmektedir (Nikolaou, 2009).

Likidite riski bankacılık krizlerinin temel kaynağı olmamasına karşın genellikle sonucu olmaktadır (Chiaramonte, 2018). Özellikle 2008 küresel finansal krizin nedenlerine bakıldığında temel kaynak likidite riski olmamasına karşın Bear Stearns ve Lehman Brothers iflasının en büyük nedeni aktif pasif uyumsuzluğu, likiditesi düşük varlıklardaki aşırı yoğunlaşma ve yükümlülüklerini yerine getirebilecek düzeyde yeterli likit varlıklarının olmamasından kaynaklanmıştır. Bilanço yapılarının yanı sıra fonlama sağladıkları karşı tarafların güvenlerini kazanamaması nedeniyle yeterli likiditeyi piyasadan da sağlayamamışlardır (Lehman Brothers Examiner's Report, 2010; Mishkin, 2011). Aynı zamanda, Türkiye 2001 bankacılık krizinde Demirbank'ın aşırı derecede bono ve tahvil portföyüne yatırım yapması, bankanın gerekli likiditeyi piyasadan ve Merkez Bankasından sağlayamaması nedeniyle likidite sıkışıklığı yaşamış ve iflasıyla sonuçlanmıştır (BDDK, 2010). Bu örnekler başlı başına likidite riskinin banka yönetimleri açısından en önemli konulardan biri olması gerektiğini göstermektedir.

Bu doğrultuda küresel finansal krizle birlikte denetim otoriteleri ve hükümetler likidite riskine ilişkin çeşitli düzenlemeler getirerek bankaların likidite şoklarına karşı daha dayanıklı olmasını amaçlamışlardır (Bank for International Settlements, 2008). Bunlardan biri şüphesiz Basel tarafından yayımlanan "Sağlam Likidite Riski Yönetimi ve Gözetimi İlkeleri" bir diğeri ilerleyen yıllarda getirilen "Likidite Karşılama Oranı" ve "Net İstikrarlı Fonlama Oranı" düzenlemeleridir. Söz konusu oranlar her ne kadar bankacılık sektörü açısından stratejik metrikler olsa da likidite riskinin yönetimi için stres testi uygulamaları, çeşitli içsel metriklerin takibi ve nakit akışlarına ilişkin davranışsal analizlerin yapılması gerektiği açıktır (Choudhry, 2012).

Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu (BDDK) tarafından yayımlanan “Likidite Riskinin Yönetimine İlişkin Uygulama Rehberi”nde açıkça görülmektedir ki; likidite riskini etkileyen faktörlerin davranışsal kalıplarının izlenmesi, analiz edilmesi ve kullanılan modellerin ampirik kanıtlarla desteklenmesi önemlidir. Ancak, yine aynı rehberde belirtildiği gibi bu tür modeller için standart teknikler ve varsayımlar bulunmamaktadır. Bu durum bize göstermektedir ki; başarılı bir şekilde likidite riskini ölçmek ve yönetmek için içsel modeller kullanılmalı, varsayımlar istatistiksel modellerle desteklenmelidir (BDDK, 2016). Ayrıca, düzenleyici kuruluşlar içsel modellerin standart modellere göre daha iyi sonuç verdiğini ve içsel modellerin kullanılması gerektiğini belirtmektedir (European Central Bank, 2021). Likidite riskinin ölçülmesinin yanı sıra etkin bir likidite riski yönetimi için söz konusu rehberde tam uyum göstermek önemlidir. Likidite riskinin yönetimine ilişkin alınabilecek tedbirler “Likidite Acil Eylem Planı” ile kapsamlı bir şekilde oluşturulmalıdır.

Mudilerin mevduatlarını istediği anda çekebilme hakkına sahip olması risk yönetimi açısından en büyük sorunu oluşturmaktadır. Bu durum mevduatların gömülü bir opsiyon (embedded options) içerdiğini göstermektedir (Gilkeson vd.,1999). O’Brien vd. (1994), Hutchison ve Pennacchi (1996), Selvaggio (1996), Jarrow ve Deventer (1998), O’Brien (2000), Elkenbracht ve Nauta (2006) vadesiz mevduatların tahmini-ne yönelik çalışmalar yapmıştır. Kalkbrenner ve Willing (2004) ise diğerlerinden farklı olarak hem mevduat hacim modellerine hem de çekirdek mevduat ve likidite vade yapısına ilişkin metodoloji önermektedir. Vadeli mevduat tarafında ise Edmister ve Merriken (1989), Hannan ve Berger (1991), Cooperman vd. (1991), Neumark ve Sharpe (1992), Hutchison ve Pennacchi (1996), Gilkeson ve Porter (1998) ve Gilkeson, Porter, vd. (2000) mevduat fiyatlamasını ve mevduat hacmini etkileyen faktörlerin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapmıştır. Bunların yanı sıra mudilerin vadesinde mevduatı yenileyip yenilemeyeceğine ilişkin “Müşteri Kayıp Analizi”ne (Churn Analysis) dayalı çeşitli model çalışmaları bulunmaktadır. Ancak, söz konusu analizler risk yönetimi faaliyetlerinden ziyade müşteriyi elde tutmaya ve yeni müşteri kazanımına yönelik pazarlama stratejisi çalışmalarına destek amaçlı yapılmaktadır (Guliyev ve Tatoğlu, 2021).

Mevcut model çalışmalarında mevduat hacmi, mevduat faiz oranı ve piyasa faiz oranlarının çeşitli stokastik yöntemler kullanarak tahmin edilmesine dayanmaktadır. Ancak, Türk bankacılık sisteminde vadesiz mevduatlara faiz ödenmemektedir. Diğer taraftan vadeli mevduatlara ilişkin yapılan modellerde müşteri kayıp oranı hesaplanmaktadır. Yapılan ampirik çalışmalarda uzun vadeli mevduatların erken çekme opsiyonuna daha duyarlı olduğu görülmektedir (Gilkeson, Porter, vd., 2000). Türk ban-

kacılık sisteminde mevduatların kalan vadesinin 30 günün altında seyretmesi erken çekme opsiyonun düşük olduğunu göstermektedir (TBB, 2020). Bankalar tarafından tarihsel veri üzerinden yapılan vadeli mevduat analizleri de bu durumu desteklemektedir (Ziraat Bankası, 2020; Halk Bankası, 2020). Aynı zamanda, mevduatların davranışsal analizlerinin segmentler bazında yapılması gerekmektedir (BDDK,2016).

Bu çerçevede, banka bilançolarının pasif tarafta büyük kısmını oluşturan vadesiz ve vadeli mevduatlara ilişkin likidite riski perspektifiyle davranışsal modeller kurgulanarak çekirdek mevduat ve mevduat erime profillerinin tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Yöntem olarak Jarrow-Deventer (1998) Modeli yaklaşımı üzerinden gerçek kişi ve ticari kişi ile TP ve YP segmentleri bazında mevduat hacimleri makro ekonomik ve finansal değişkenlerle analiz edilmiştir. Çekirdek mevduat ve davranışsal vade yapısı, Kalkbrener-Willing (2014) metodolojisine göre Monte Carlo simülasyon yöntemi uygulanarak gelecek beş yıllık dönem için %99 güven düzeyinde çekirdek mevduat tutarları ve davranışsal vade yapıları tahmin edilmiştir. Çalışma dönemi Ocak 2012 – Aralık 2019 arasındaki aylık verileri kapsamaktadır.

Çalışma sonucunda, segment farketmeksizin vadesiz mevduatların gelişiminde USD/TRY döviz kurunun etkili olduğu görülmüştür. Vadeli mevduat tarafında ise Türk lirası gerçek kişi vadeli mevduatların piyasa faiz oranları ile açıklanırken Türk lirası ticari vadeli mevduatlar hem USD/TRY döviz kuru hem de piyasa faiz oranları ile istatistiksel olarak açıklanmıştır. YP vadeli mevduatların ise otoregresif süreç izlediği bulgularına ulaşılmıştır.

Türk bankacılık sisteminde vadesiz ve vadeli mevduatların davranışsal modellenmesine ilişkin yayımlanmış ampirik bir model çalışmasına rastlanılmamıştır. Bu çalışmanın hem Türkçe literatüre hem de risk yöneticilerine uygulama açısından katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, kavramsal çerçeve sunulmuştur. Üçüncü bölümde, literatür taraması yapılmıştır. Dördüncü bölümde veri, değişkenler ve metodoloji açıklanmıştır. Beşinci bölümde ampirik sonuçlara yer verilmiştir. Altıncı ve son bölümde de sonuç ve gelecek çalışmalara ilişkin değerlendirmelerde bulunarak çalışma tamamlanmıştır.

## 2. Kavramsal Çerçeve

Likidite riski yönetimi açısından vadesiz ve vadeli mevduat modellemesindeki temel amaç, toplam mevduat portföyünün çekirdek ve değişken olarak ayrıştırılması ve erime profilinin çıkarılmasına dayanmaktadır. Mevduatlar ürün tipine ve segmentlere göre farklı karakteristik özellikler gösterebilmektedir. Bankaların fiyatlama davranışlarında müşterinin bireysel, ticari resmi olması, mevduatın vadesi ve mevduat tutarı belirleyici olmaktadır. Yurt dışı bankalardan farklı olarak Türk bankacılık sisteminde vadesiz mevduatlara genellikle faiz ödenmemektedir. Bu nedenle vadesiz mevduatların faize olan hassasiyeti çok düşük seviyede bulunmaktadır.

Yeni müşteri kazanımı ve fiyatlama politikalarına göre bankalar farklı mevduat faizi sunabilmekte ve bu durum müşteri tercihlerini etkileyerek mevduat büyüklüğünün artmasına ya da azalmasına neden olmaktadır. Ancak, bankaların uyguladığı fiyatlama stratejilerinin yanı sıra, müşterilerin bankayla olan ilişkisi, bankanın itibar riskinin artması, finansal koşullarının kötüleşmesi gibi nedenlerle müşteriler faiz oranının aynı ya da daha düşük sunulmasına rağmen kamu bankalarını ya da daha büyük ölçekli özel bankaları tercih edebilmektedir. Özellikle yatırımcıların risk iştahının azaldığı dönemlerde daha düşük faiz sunulmasına rağmen müşterilerin daha güvenilir ürünlere yatırım tercihi nedeniyle mevduat hacminin arttığı gözlenebilmektedir. Bu tür davranışların modellenmesinin zorluğu nedeniyle olağanüstü durumlarda model sonuçlarında sapmalar söz konusu olabilmektedir.

Akademik literatür incelendiğinde genellikle modellerin vadesiz mevduatların üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Genel olarak vadesiz mevduatların modellenmesinde Portföy Replikasyon Modeli ve OAS (Option Adjusted Spread) Modeli olarak iki farklı yaklaşım bulunmaktadır (Castagna ve Fede, 2013). Portföy Replikasyon Modelini kısaca şu şekilde açıklayabiliriz. İlk olarak toplam mevduat çekirdek ve çekirdek olmayan şekilde ayrılmaktadır. Çekirdek mevduat bono ve para piyasası portföyü ile durasyon dikkate alınarak hedge edilir. Çekirdek olmayan kısım ise çok kısa sürede çıkacağı varsayıldığı için durasyonu genellikle bir gün olarak kabul edilir. Portföy Replikasyon Modelinde mevduat gelişimini etkileyen risk faktörler (mevduat faiz oranı, piyasa faiz oranı vb.) sabit olarak kabul edilirken OAS yaklaşımında söz konusu değişkenler stokastik modeller ile gelecekteki hareketi tahmin edilir. Bankalarda en çok kullanılan ve akademik literatürde sıkça rastlanan modeller aşağıda listelenmiştir (Moody's Analytics, 2014):

- Hutchinson ve Pennacchi (1996)
- Jarrow ve Van Deventer (1998)
- Schurle (1998)
- O'Brien (2000)
- Replicating Model (Antoine Frachot, 2003)
- Kalkbrenner ve Willing (2004)
- Elkenbracht ve Nauta (2006)

Kısa vadeli faiz oranlarının modellenmesinde ise literatürde bir çok model bulunmakla birlikte temel olarak denge ve arbitraj modelleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Faktör modelleri, tam getiri eğrisi modelleri, piyasa modelleri gibi çeşitli amaçlar için kullanılan kısa vadeli faiz oranları modelleri bulunmaktadır (Şişman, 2007). Tuckman ve Serrat (2012) "Fixed Income Securities" ve Hull (2017) "Options, Futures and Other Derivatives" adlı eserlerinde kısa vadeli faiz oranlarının modellenmesine detaylı bir şekilde yer vermişlerdir. Vadesiz mevduatların modellenmesine ilişkin literatürde ve banka uygulamalarında kısa vadeli faiz oranlarının modellenmesinde Vasicek ve Hull-White modellerinin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

Belirli bir zamandaki risksiz faiz oranı çok kısa süreli döneme uygulanan faiz oranı olarak kabul edilir. Bu nedenle risksiz faiz oranı sıklıkla anlık faiz oranı (instantaneous short rate) olarak tanımlanır (Hull, 2017). Finansal araçların fiyatlamasında kullanılan risksiz faiz oranlarının risk nötral sürece uygun olarak hareket ettiği varsayımı üzerinden faiz oranları aşağıdaki şekilde formüle edilir.

$$R(t, T) = -\frac{1}{T-t} \ln \hat{E} [e^{-\bar{r}(T-t)}] \quad (1)$$

$R(t, T)$  vadeye kalan süreye (T-t) göre (t) anındaki sürekli bileşik faizi gösterirken ( $\hat{E}$ ) beklenen değeri, ( $\bar{r}$ ) ise (T-t) zaman aralığındaki ortalama faiz oranını ifade eder.

Bu formül üzerinden faiz oranı (r) aşağıdaki şekilde hareket ettiği varsayılır.

$$dr = m(r)dt + s(r)dz \quad (2)$$

(dr) faiz oranı değişimi, (dt) zaman değişimi (yıl), (dz) ortalaması (0) ve standart sapması  $\sqrt{dt}$  olan normal dağılıma uygun rassal değişkeni ifade etmektedir.

Denkleimde ilk değişken deterministik hareket meyili (drift) iken, ikinci değişken stokastik volatilitite değişkenini göstermektedir. Deterministik ve stokastik volatilitite değişkeni parametrelerinin değiştirilerek modeller farklılaştırılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan modellerin denklemleri aşağıda gösterilmiştir (Hull, 2017).

$$m(r) = a(b - r); s(r) = \sigma \quad \text{Vasicek Modeli}$$

$$m(r) = a(b - r); s(r) = \sigma\sqrt{r} \quad \text{CIR Modeli}$$

$$m(r) = \theta(t) + ar; s(r) = \sigma \quad \text{Hull - White Modeli}$$

Çekirdek mevduatın tahmin edilmesine yönelik ise literatürde ve uygulamada çeşitli yöntemler bulunmaktadır (Moody's Analytics, 2014; Bank of Japan, 2014; Kalkbrenner ve Willing, 2004).

**Hareketli Ortalama Yöntemi:** Belirli bir geçmiş dönem dikkate alınarak hesaplanan hareketli ortalama değeri çekirdek mevduat olarak kabul edilmektedir. Örneğin son altı ayın hareketli ortalaması çekirdek mevduat kabul edilirken toplam mevduattan, hesaplanan çekirdek mevduatın çıkarılmasıyla da değişken mevduat elde edilir. Bu yöntem herhangi bir istatistiksel varsayıma dayanmaması ve tamamen öznel kararlara göre ilgili periyotun seçilmesi nedeniyle tavsiye edilmemektedir.

**Normal Dağılım Yaklaşımı:** Ay sonları mevduat bakiyesinin ortalama ve standart sapmasının hesaplanmasına dayanan bir yöntemdir. Örneğin son bir yıllık tarihsel veri üzerinden hesaplanan ortalama ve standart sapma değerlerine göre %99 alt bant değeri çekirdek mevduat tutarı olarak kabul edilir. Toplam mevduatın çekirdek mevduata bölünmesiyle çekirdek mevduat rasyosu hesaplanır.

**En Küçük Kareler Yöntemi:** Tarihsel veri üzerinden mevduat büyüklüğü, faiz oranları, makro ekonomik değişkenler kullanılarak regresyon tahmin modeline dayanmaktadır. Toplam mevduat büyüklüğüne verilen %99 (2.33 standart sapma) çok sonucunda hesaplanan değer çekirdek mevduat olarak hesaplanır.

### 3. Literatür Taraması

Literatürde likidite ve faiz riski açısından vadesiz mevduat hacimlerinin davranışsal vadelerinin tahmin edilmesine ilişkin birçok model bulunmaktadır. Hutchison ve Pennacchi (1996) mevduat faiz oranları ile mevduatın durasyonunu tahmin etmişlerdir. Jarrow ve Deventer (1998), Hutchison ve Pennacchi (1996) yaklaşımından farklı olarak kısa vadeli faiz oranlarının tahmininde Heath-Jarrow-Morton (HJM) modelini baz almışlardır. O'Brien (2000) mevduat faizleri asimetric davranış sergilediğini belirterek

piyasa faiz oranları hareketlerini modele dahil ederek mevduat faizlerini tahmin etmiştir. Kısa vadeli faiz oranlarının tahmininde Cox, Ingersoll, Ross (CIR) modeli kullanırken mevduat hacim modelinde gelir değişkenini de dahil etmiştir. Elkenbracht ve Nauta (2006) faiz riskinden korunmak amacıyla mevduat faiz oranları ile yatırım getirisi (investment return) arasındaki marjı dengelemeye çalışan iki yeni dinamik hedge stratejisi geliştirmişlerdir. Kalkbrenner ve Willing (2004) geçmiş çalışmalara benzer olarak üç yapısal bloğu olan (piyasa faiz oranları, mevduat faiz oranları ve mevduat hacmi) likidite ve faiz riski yönetimi için stokastik model geliştirmişlerdir. Geliştirilen mevduat hacim modeli Hutchison ve Pennacchi (1996) ve Selvaggio (1996) çalışmalarına benzerlik göstermektedir. Kalkbrenner ve Willing (2004) mevcut modellerden farklı olarak Monte Carlo simülasyonu yöntemiyle mevduatın likidite vade yapısını hesaplamıştır.

Vadeli mevduatların modellenmesine ilişkin olarak ise Gilkeson, Porter, vd. (2000) erken çekilişlerin faiz oranlarına ve seviyesine olan duyarlılığını analiz etmişlerdir. Müşteri davranışlarına yönelik olarak mevduat faiz oranları ve mevduatın vadesinin arttıkça erken çekilme oranlarının da arttığına dair önemli bulgulara ulaşmışlardır. Edmister ve Merriken (1989), Hannan ve Berger (1991), Cooperman vd. (1991) piyasa faiz oranlarının yükselmesine karşın mevduat faizlerinin daha yapışkan olduğunu ispatlamışlardır. Gilkeson, Porter, vd. (2000) mevduat sertifikası (Certificate of Deposit) ile hazine bonusu faizleri arasındaki marjın beklenen faizlerin seviyesi ve faiz oranlarının zimni oynaklığı (implied volatility) ile negatif ilişkili olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır. Diğer taraftan, banka mevduatlarını etkileyen faktörlerin belirlenmesine yönelik olarak literatürde çeşitli ekonometrik ve istatistiksel yaklaşımların kullanıldığı görülmektedir. Ngula (2012), Eriemo (2014), Mashamba vd. (2014), Pitonakava (2016), Özen, Grima, vd. (2018), Yakubu ve Abakor (2020) çalışmalarında piyasa faiz oranı, enflasyon, ekonomik büyüme, reel faiz oranı, kullanılabilir gelir, geniş para arzı değişkenlerinin mevduat hacimlerini arttırdığı sonuçlarına ulaşmışlardır. Öte yandan, Mashamba vd. (2014) enflasyon ile piyasa faiz oranlarındaki marjın mevduat hacimlerini negatif etkilediğini göstermiştir. Paraschiv ve Schürle (2010) vadesiz mevduatları, piyasa faizi ile mevduat faizi arasındaki marjla açıklamışlardır.

## 4.2. Değişkenler

Mevduat hacmini açıklaması beklenen bağımsız değişkenlere Tablo 1’de yer verilmiştir.



**Tablo 1. Mevduat Modelinin Oluşturulmasında Kullanılacak Olası Değişkenler**

Değişken	Açıklama	Gösterim
V_1	Mevduat Büyüklüğünün Logaritması	$\log(V_t)$
V_2	Mevduat Büyüklüğü Bir Dönem Gecikmesinin Logaritması	$\log(V_{t-1})$
V_3	Türk Lirası Piyasa Faiz Oranı	$r_{t\_TRY}$
V_4	Türk Lirası Piyasa Faiz Oranı Değişimi	$r_t - r_{t-1\_TRY}$
V_5	Türk Lirası Piyasa Faiz Oranı Bir Dönem Gecikmesi	$r_{t-1\_TRY}$
V_6	Amerikan Doları Piyasa Faiz Oranı	$r_{t\_USD}$
V_7	Amerikan Doları Piyasa Faiz Oranı Değişimi	$r_t - r_{t-1\_USD}$
V_8	Amerikan Doları Piyasa Faiz Oranı Bir Dönem Gecikmesi	$r_{t-1\_USD}$
V_9	Türk Lirası Azami Aylık Mevduat Faiz Oranı	$\max\_d_t^{1m\_TRY}$
V_10	Türk Lirası Azami 3 Aylık Mevduat Faiz Oranı	$\max\_d_t^{3m\_TRY}$
V_11	Amerikan Doları Azami Aylık Mevduat Faiz Oranı	$\max\_d_t^{1m\_USD}$
V_12	Amerikan Doları Azami 3 Aylık Mevduat Faiz Oranı	$\max\_d_t^{3m\_USD}$
V_13	Türk Lirası Kamu Bankaları Azami Aylık Mevduat Faiz Oranı	$\max\_d_t^{State\_1m\_TRY}$
V_14	Türk Lirası Kamu Bankaları Azami 3 Aylık Mevduat Faiz Oranı	$\max\_d_t^{State\_3m\_TRY}$
V_15	Amerikan Doları Kamu Bankaları Azami Aylık Mevduat Faiz Oranı	$\max\_d_t^{State\_1m\_USD}$
V_16	Amerikan Doları Kamu Bankaları Azami 3 Aylık Mevduat Faiz Oranı	$\max\_d_t^{State\_3m\_USD}$
V_17	Türk Lirası Kamu -Mevduat Azami Aylık Mevduat Faiz Oranı Marjı	$\max\_d_t^{State\_1m\_TRY} - \max\_d_t^{1m\_TRY}$
V_18	Türk Lirası Ortalama Aylık Mevduat Faiz Oranı	$d_t^{1m\_TRY}$
V_19	Türk Lirası Ortalama 3 Aylık Mevduat Faiz Oranı	$d_t^{3m\_TRY}$
V_20	Amerikan Doları Ortalama Aylık Mevduat Faiz Oranı	$d_t^{1m\_USD}$
V_21	Amerikan Doları Ortalama 3 Aylık Mevduat Faiz Oranı	$d_t^{3m\_USD}$
V_22	Türk Lirası Piyasa Faiz Oranı Aylık Mevduat Faiz Oranı Marjı	$r_{t\_TRY} - d_t^{1m\_TRY}$
V_23	Amerikan Doları Piyasa Faiz Oranı Aylık Mevduat Faiz Oranı Marjı	$r_{t\_USD} - d_t^{1m\_USD}$
V_24	TCMB Fonlama Miktarı	$TCMB.F_t$

V_25	TCMB Fonlama Maliyeti	$TCMB.r_t$
V_26	TCMB Fonlama Maliyeti Aylık Mevduat Faiz Oranı Marjı	$TCMB.r_t - d_t^{1m}$
V_27	TCMB Fonlama Maliyeti Enflasyon Marjı	$TCMB.r_t - cpi_t$
V_28	Amerikan Doları Türk Lirası Kuru	$USDTRY_t$
V_29	Amerikan Doları Türk Lirası Kuru Gecikmesi	$USDTRY_{t-1}$
V_30	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla Büyüme Oranı	$gdp_t$
V_31	Enflasyon Oranı	$cpi_t$
V_32	Trend Faktörü	$t$

### 4.3. Kısa Vadeli Faiz Oranlarının Modellenmesi

Uygulamada yaygın olarak kullanılması ve ortalamaya dönüş hareketi (mean reverting) içermesi nedeniyle Vasicek Modeli tercih edilmiştir (Kördel, 2017; Domin ve Stavren, 2019; Önalın,2009). Denklem (2) üzerinden model parametreleri tekrar yazılırsa;

$$dr = a(b - r)dt + \sigma dz \quad (3)$$

şeklinde Vasicek Modeli oluşturulur. Modelde görüldüğü üzere öncelikli olarak tahmin edilmesi gereken parametreler bulunmaktadır. Modelde (a) ortalama geri dönüş hızını, (b) faiz oranının uzun dönem ortalamasını ve ( $\sigma$ ) volatiliteyi göstermektedir.

Model parametrelerinin tahmin edilmesinde farklı yaklaşımlar bulunmakla birlikte "Geleneksel Akademik Yaklaşım" yöntemi tercih edilmiştir.

Bu yöntemde parametreler regresyon denklemi ile ifade edilmekte olup yeni denklem

$$dr = A + Br + \epsilon \quad (4)$$

şeklinde oluşturulabilir.

Modelin parametre tahmininde Ocak 2009 – Aralık 2017 dönemleri arasında Türk lirası faiz oranı için USD/TRY Swap verim eğirisine ait gün sonu kapanış değerleri kullanılmıştır. Regresyon tahmini yapılırken verilerin aylık ortalamaları alınarak frekans dönüşümü yapılmıştır. Modelin validasyonu için Ocak 2018 – Aralık 2019 dönemi arasındaki model sonuçları analiz edilmiştir. Kısa dönem faiz oranlarının seçiminde faiz oranlarının mevduat büyüklüğünü açıklama gücü ve regresyon tahmin sonuçları dikkate alınmıştır.

#### 4.4. Mevduat Büyüklüğünün Modellenmesi

Jarrow ve Van Deventer modelinde mevduat büyüklüğünün lognormal dağılıma göre hareket ettiği varsayılmaktadır (Jarrow ve Deventer, 1998). Bu model üzerinden hareketle mevduat büyüklüğünün modellenmesinde çoklu regresyon modeli kullanılmıştır.

Genelleştirilmiş denklem aşağıdaki şekilde ifade edilirse,

$$\log (V_t) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_{n-2} X_{n-2} + \beta_{n-1} t + \beta_n \log (V_{t-i}) + \sigma Z ,$$
$$Z \sim N(0,1) \quad (5)$$

$\alpha$ ,  $\beta_i$  ve  $\sigma$  model parametrelerini, X açıklayıcı değişkenler (finansal, makro ekonomik ve demografik değişkenler),  $V_{t-i}$  mevduat büyüklüğü gecikmesini göstermektedir.

Mevduat büyüklüğünün modellenmesine ilişkin olası değişkenler üzerinden "Adımsal Seçim Yöntemi" ile mevduat büyüklüğünü en iyi açıklayan değişkenler belirlenmeye çalışılmıştır. Model bazında değişkenlerin korelasyon analizleri yapılarak en yüksek korelasyonlu değişkenden başlanarak regresyon denklemleri oluşturulmuştur.

Modelin parametre tahmini Ocak 2012 – Aralık 2018 dönemleri arasındaki 84 gözlem ile yapılırken 2019 yılı içindeki 12 gözlem ile modelin validasyonu gerçekleştirilmiştir. Model parametre tahmininde "En Küçük Kareler Yöntemi" kullanılmıştır. Modelde kullanılan değişkenlerin seçiminde istatistiksel olarak anlamlı olmalarının yanı sıra model seçiminde F istatistiği ve R-kare değerleri dikkate alınmıştır. Ayrıca, modellerin örneklem dışı tahmin gücü dikkate alınarak uygun değişkenler modele dahil edilmiştir.

Modeller vadeli ve vadesiz mevduat, gerçek kişi ve ticari segmenti ile TP ve YP bazında kurgulanmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan modeller aşağıda listelenmiştir:

- Model\_1: Gerçek Kişi Vadesiz Mevduat TP
- Model\_2: Gerçek Kişi Vadeli Mevduat TP
- Model\_3: Gerçek Kişi Vadesiz Mevduat YP
- Model\_4: Gerçek Kişi Vadeli Mevduat YP
- Model\_5: Ticari Vadesiz Mevduat TP
- Model\_6: Ticari Vadeli Mevduat TP
- Model\_7: Ticari Vadesiz Mevduat YP
- Model\_8: Ticari Vadeli Mevduat YP

## 4.5. Çekirdek Mevduat ve Mevduat Likidite Profilinin Oluşturulması

Model parametreleri Ocak 2012 – Aralık 2019 dönemleri arasındaki veri setine göre tekrar tahmin edilmiştir. Tahmin edilen parametrelere göre Monte Carlo simülasyonu yöntemiyle gelecek 60 ay için 10.000 simülasyon oluşturulmuştur. USD/TRY döviz kuru simülasyonu ise Geometric Brownian Motion (GBM) modeline göre yapılmıştır. Bu kapsamda, Kalkbrener ve Willing (2014) metoduna benzer olarak mevduat büyüklüğünün zaman ve simülasyonlara göre matrisi oluşturularak mevduatın belirli bir güven düzeyine göre en düşük ulaşabileceği değeri hesaplanmaktadır (Kalkbrener ve Willing, 2014). Matematiksel olarak ifade edilirse,

$$M^i(t) = \min_{0 \leq s \leq t} V^i(s) \quad (6)$$

$V^i(s)$  s vadesinde i' ninci simülasyona göre hesaplanan mevduat büyüklüğünü,  $M^i(t)$  her bir vadeye denk gelen minimum mevduat büyüklüğünü göstermektedir. Mevduat büyüklüğünün vadeye göre simülasyonları aşağıdaki matris formunda gösterilirse,

$$M_t = [M^1(t), \dots, M^N(t)] \quad (7)$$

$M_t$  vektörü [0,t] periyodu boyunca olası mevduat büyüklüklerinden meydana gelmektedir.

Mevduat likidite profili ise,

$$TSL(t,p) = m_{[Np]}(t) \quad (8)$$

denklemleri ile ifade edilebilir. Burada  $m_{[Np]}(t)$ ,  $M_t$  vektörünün [Np]:inci elementindeki değerini göstermektedir. TSL(t,p) vade periyotlarına göre (1-p) olasılıkla en düşük mevduat büyüklüğünü göstermektedir. Bu çalışmada p değeri 0,01 olarak kabul edilip %99 güven düzeyinde olası en düşük mevduat büyüklükleri modellenmiştir.

Modellerin parametre tahminlerinde, simülasyon ve grafiklerin oluşturulmasında (R) yazılımı kullanılmıştır.

## 5. Ampirik Sonuçlar

### 5.1. Kısa Vadeli Faiz Oranlarının Modellenmesi

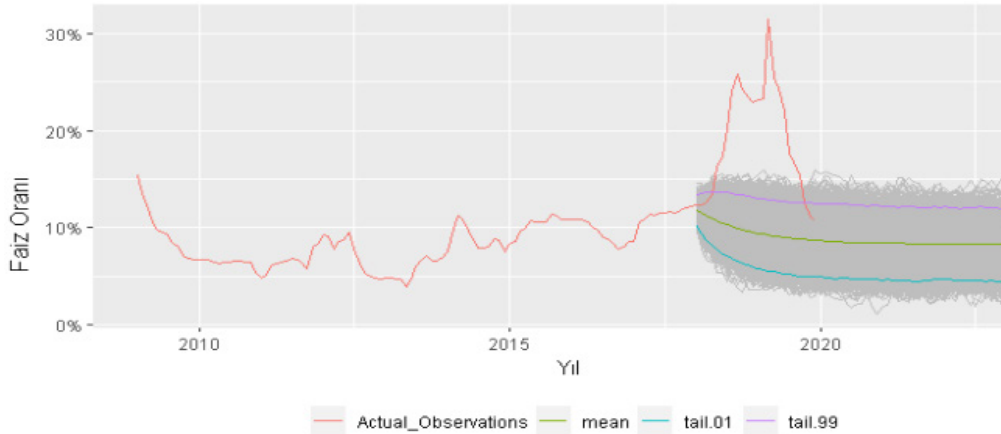
Yapılan analizler sonucunda kısa dönem faiz oranı olarak gecelik faiz oranları (O/N) seçilmiş ve aşağıdaki tabloda modelin parametre sonuçları gösterilmiştir.

**Tablo 2. Vasicek Modeli Parametre Sonuçları**

Model	Ortalamaya Dönüş (a)	Uzun Vadeli Faiz Oranı (b)	Oynaklık ( $\sigma$ )
TRY-O/N	1,0508	0,0821	0,0231

Vasicek Modeli ile tahmin edilen parametreler simülasyona sokulurken Cholesky ayrıştırması uygulanmıştır. Simülasyon beş yıllık dönem için 10.000 kez tekrarlanmış, ortalama (mean), en yüksek (tail.99) ve en düşük (tail.01) %1'lik değerler elde edilmiştir. 2018 yılı Ağustos ayında yaşanan kur şoku nedeniyle swap faizleri ve piyasa faizlerinde hızlı yükselişler yaşanmış ve yıl boyu devam etmiştir. Grafik 1'de görüleceği üzere 2018 yılı öncesine göre yapılan tahmin sonuçları, faiz oranlarını %8-9 seviyelerinde beklenirken hızlı bir yükseliş ile %30 seviyelerinin üzerine çıkmıştır. 2019 yılı itibariyle uzun dönem ortalamalarına geri dönüş eğiliminde olduğu gözlenmektedir. Vasicek Modeline göre oluşturulan simülasyon sonuçlarının konjoktürel değişiklikler ve geçici şokları dışında uzun dönem beklentilerini yansıttığı ve gerçekleşen piyasa faiz oranlarını yakaladığı görülmektedir.

**Grafik 1. Faiz Oranı Simülasyonu**



## 5.2. Mevduat Hacminin Modellenmesi

Çalışmada regresyon tahminleri yapılmadan önce açıklayıcı değişkenler ile mevduat hacimlerinin etkileşimleri kapsamlı olarak korelasyon analizi ile incelenmiştir. Türk lirası vadeli mevduatlar piyasa faiz oranları ile yüksek korelasyona sahip iken mevduat faiz oranları ile daha düşük korelasyonlu olduğu görülmektedir. Öte yandan, vadesiz mevduatlar ile piyasa faizleri arasında düşük korelasyon bulunmaktadır. Enflasyon ve GSYH değişkenleri ise mevduatlar ile çok düşük korelasyona sahiptir. Modeller kurgulanırken söz konusu korelasyon etkileri ve ilgili değişkenlerin dönem gecikmeleri de dikkate alınarak regresyon tahminleri yapılmıştır.

Tablo 3'te regresyon sonuçları yer almaktadır. Vadesiz mevduat modelleri USD/TRY döviz kuru ve trend faktörü değişkenleriyle istatistiksel olarak açıklanmıştır. USD/TRY döviz kurunun artması Türk lirası vadesiz mevduatları azaltırken YP mevduatları arttırmaktadır. Gerçek kişi mevduatlarda söz konusu etki daha yüksek görülmektedir. Diğer taraftan, YP ticari vadesiz mevduatlar USD/TRY döviz kuru artışlarına bir dönem gecikmeli olarak tepki vermektedir. Türk lirası vadeli mevduatlar hem piyasa faiz oranları hem de USD/TRY döviz kuru değişkenleriyle açıklanmaktadır. Ancak, YP vadeli mevduatlar otoregresif süreç izlemektedir.

**Tablo 3. Regresyon Tahmin Sonuçları**

Bağımsız Değişkenler	Model_1	Model_2	Model_3	Model_4	Model_5	Model_6	Model_7	Model_8
Sabit Terim	6,387*** (1,736)	2,499* (1,323)	1,871*** (0,8142)	1,164* (0,448)	16,999*** (2,425)	10,264*** (2,019)	5,583*** (1,621)	2,346** (0,926)
$\log(V_{t-1})$	0,737*** (0,072)	0,906*** (0,050)	0,917*** (0,035)	0,954*** (0,018)	0,298*** (0,101)	0,595*** (0,079)	0,757*** (0,071)	0,905*** (0,037)
$USDTRY_t$	-0,052*** (0,009)		0,020** (0,011)		-0,071*** (0,021)			
$USDTRY_{t-1}$						0,042*** (0,015)	0,036*** (0,013)	
$r_{t-TRY}$						-1,024*** (0,262)		
$r_{t-1-TRY}$		0,08** (0,051)						
$t$	0,006*** (0,001)	0,001** (0,001)			0,012*** (0,001)	0,004*** (0,001)		
<b>Model Performans Ölçütleri</b>								
Hataların Standart Sapması (RSE)	0,035	0,011	0,053	0,023	0,075	0,029	0,086	0,047
$R^2$	0,9935	0,9976	0,969	0,972	0,9434	0,987	0,822	0,877
F İstatistiği	4081	10930	1266	2843	444	1495	187,2	584,7

Not: \*\*\*, \*\*, \* sırasıyla %99, %95 ve %90 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı gösterirken parantez içerisindeki değerler standart hataları ifade etmektedir.

Tahmin edilen parametre sonuçlarına göre regresyon denklemleri aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

Model\_1 : Gerçek Kişi Vadesiz Mevduat TP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,737} \exp(6,387 - 0,052USDTRY_t + 0,006t + 0,0367Z_t) \quad (9)$$

Model\_2 : Gerçek Kişi Vadeli Mevduat TP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,906} \exp(2,449 + 0,086r_{t-1}-TRY_t + 0,001t + 0,011Z_t) \quad (10)$$

Model\_3 : Gerçek Kişi Vadesiz Mevduat YP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,917} \exp(1,870 + 0,020USDTRY_t + 0,053Z_t) \quad (11)$$

Model\_4 : Gerçek Kişi Vadeli Mevduat YP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,953} \exp(1,164 + 0,023Z_t) \quad (12)$$

Model\_5 : Ticari Vadesiz Mevduat TP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,298} \exp(16,999 - 0,0715USDTRY + 0,011t + 0,075Z_t) \quad (13)$$

Model\_6 : Ticari Vadeli Mevduat TP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,595} \exp(10,264 - 0,042USDTRY_t - 1,024r_{t-1}-TRY_t + 0,004t + 0,029Z_t) \quad (14)$$

Model\_7 : Ticari Vadesiz Mevduat YP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,75742} \exp(5,583 + 0,036USDTRY_t + 0,086Z_t) \quad (15)$$

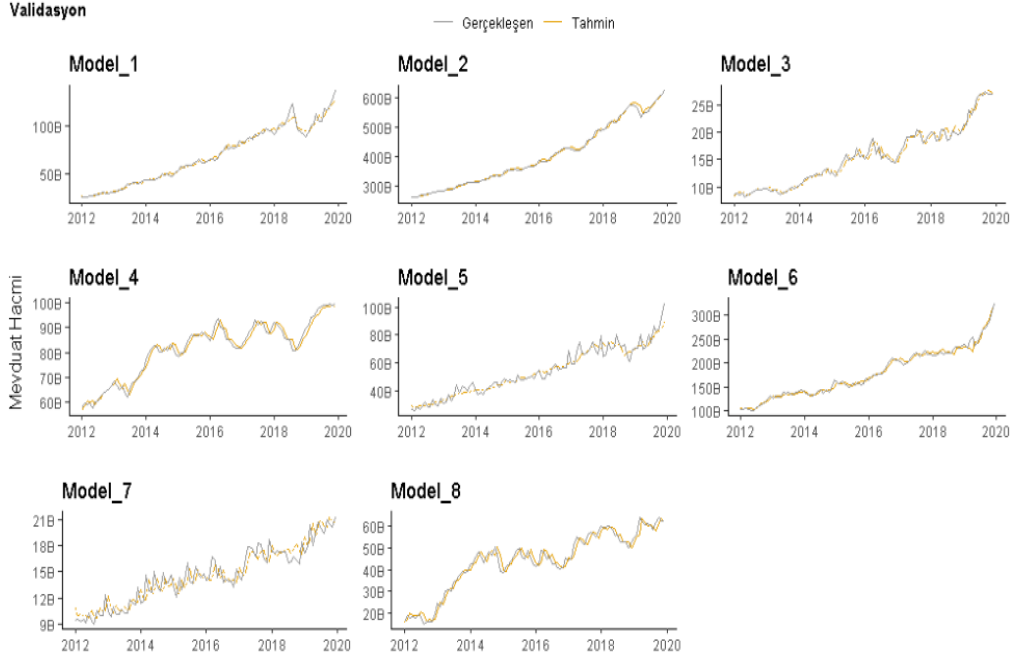
Model\_8 : Ticari Vadeli Mevduat YP

$$V_t = V_{t-1}^{0,905} \exp(2,346 + 0,047Z_t) \quad (16)$$

### 5.3. Model Validasyonu

Çalışma kapsamında oluşturulan modellerin geçerliliği örneklem içi ve örneklem dışında geriye dönük olarak test edilmiştir. Tablo 3'te yer verilen RSE değerleri modelin standart sapmasını göstermektedir. RSE değerinin yüksek olması gerçekleşenler ile tahmin edilenler arasındaki sapmaların yüksek olduğunu göstermektedir. Örneğin, Model\_5 ve Model\_7'de RSE değeri yüksek olması nedeniyle gerçekleşen ile tahmin edilen arasındaki farklar açılmaktadır. Ancak, Grafik 2'de gösterildiği üzere gerçekleşen ile tahmin edilen değerlerin büyük ölçüde tutarlı olduğu görülmektedir.

## Grafik 2. Model Bazında Gerçekleşme ve Tahmin Değerleri



### 5.4. Çekirdek Mevduat ve Mevduat Vade Profiline Oluşturulması

Piyasa faiz oranları simülasyonu için Vasicek Model parametreleri tekrar tahmin edilmiş ve parametre değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir. Uzun vadeli faiz oranları %9,84 olarak tahmin edilirken aylık oynaklık değeri %4,59 olarak hesaplanmıştır.

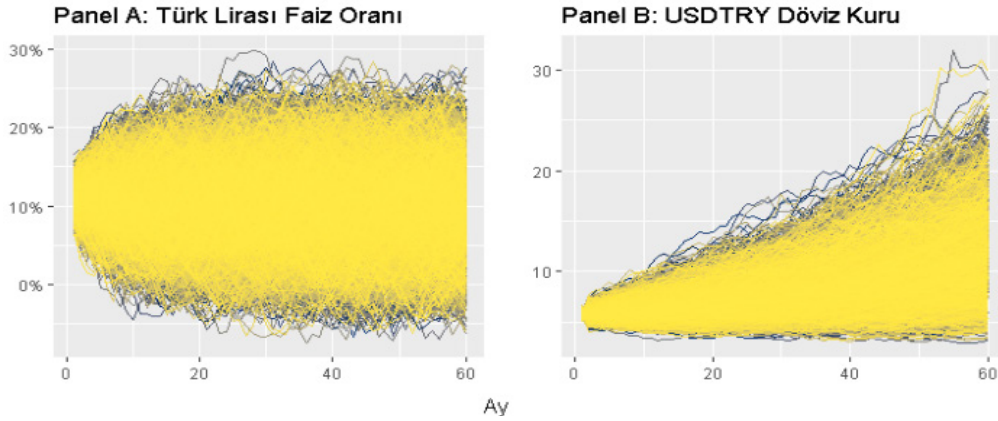
Tablo 4. Piyasa Faiz Oranı Simülasyon Model Parametreleri

Parametre	TRY Faiz Oranı
Ortalamaya Dönüş (a)	0,5026
Uzun Vadeli Faiz Oranı (b)	0,0984
Oynaklık ( $\sigma$ )	0,0459

Tahmin edilen parametrelere göre oluşturulan piyasa faiz oranı ve USD/TRY döviz kuru simülasyonu grafiklerine aşağıda yer verilmiştir.



**Grafik 3. Piyasa Faiz Oranları ve Döviz Kuru Simülasyonu**



### Mevduat Büyüklüğü Simülasyonu

Regresyon parametreleri Ocak 2012 – Aralık 2019 dönemleri arasındaki veri seti için tekrar tahmin edilmiş ve yeni parametrelere göre oluşturulan modeller aşağıda listelenmiştir:

Model\_1 : Gerçek Kişi Vadesiz Mevduat TP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,711} \exp(7,013 - 0,051USDTRY_t + 0,007t + 0,038Z_t) \quad (17)$$

Model\_2 : Gerçek Kişi Vadeli Mevduat TP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,898} \exp(2,671 - 0,008r_{t-1-TRY_t} + 0,0001t + 0,01Z_t) \quad (18)$$

Model\_3 : Gerçek Kişi Vadesiz Mevduat YP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,906} \exp(2,118 + 0,024USDTRY_t + 0,051Z_t) \quad (19)$$

Model\_4 : Gerçek Kişi Vadeli Mevduat YP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,966} \exp(0,842 + 0,022Z_t) \quad (20)$$

Model\_5 : Ticari Vadesiz Mevduat TP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,284} \exp(17,312 - 0,069USDTRY_t + 0,012t + 0,076Z_t) \quad (21)$$

Model\_6 : Ticari Vadeli Mevduat TP

$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,676} \exp(8,221 + 0,021USDTRY_t - 0,541r_{t-1-TRY_t} + 0,003t + 0,032Z_t) \quad (22)$$

Model\_7 : Ticari Vadesiz Mevduat YP

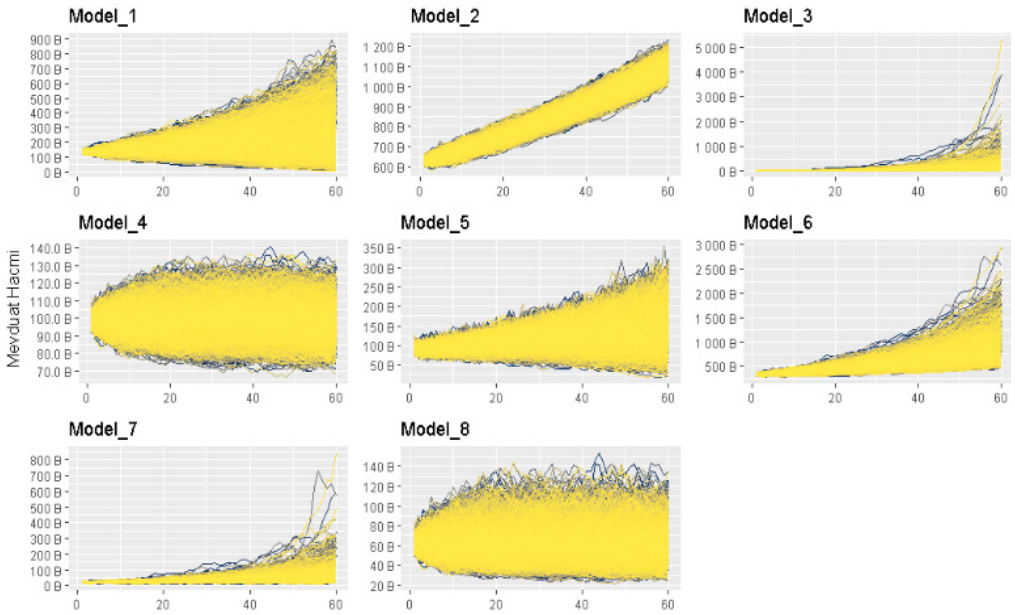
$$\hat{V}_t = V_{t-1}^{0,734} \exp(6,083 + 0,039USDTRY_t + 0,083Z_t) \quad (23)$$

Model\_8 : Ticari Vadeli Mevduat YP

$$V_t = V_{t-1}^{0,9565} \exp(1,0773 + 0,06787Z_t) \quad (24)$$

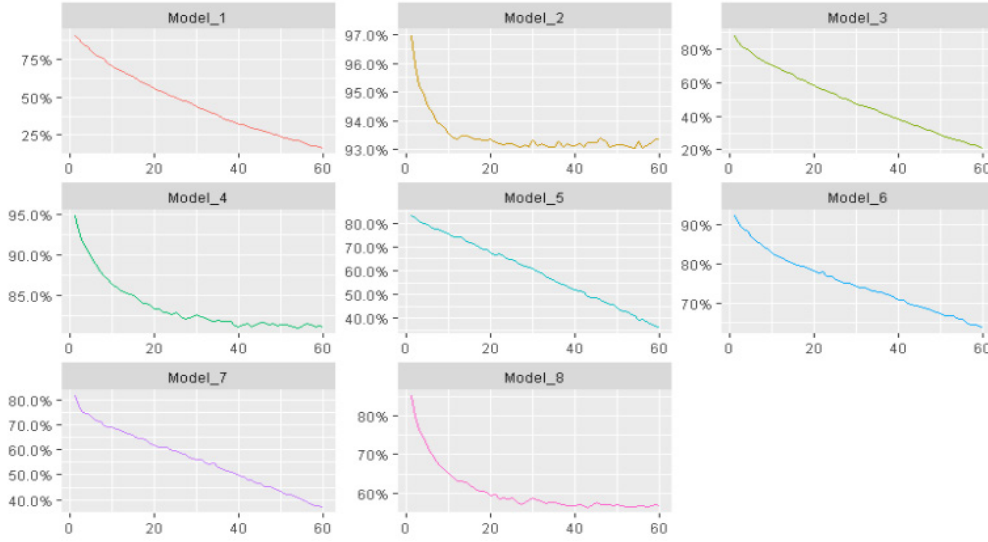
Yeni oluşturulan parametre tahminlerine göre model bazında simülasyon sonuçları Grafik 4'te gösterilmiştir.

**Grafik 4. Model Bazında Mevduat Simülasyon Sonuçları**



Model simülasyon sonuçları üzerinden metodoloji bölümünde belirtildiği şekilde olası mevduat büyüklüklerinin (t) anındaki %99 güven düzeyindeki en düşük mevduat tutarları hesaplanmış ve (t) anındaki ortalama mevduat büyüklüklerine bölünerek erime yüzdeleri bulunmuştur. Grafik 5'de model bazında likidite riski erime yüzdeleri gösterilmiştir. Likidite riski erime yüzdeleri üzerinden her bir vade grubundaki olası çıkış yüzdelerine Tablo 5'te yer verilmiştir. "1M Vade Dilimi"nde yer alan oranlar bir aya kadar olan değişken mevduat yüzdelerini göstermektedir. Bir ay sonrası vade dilimindeki oranlar ise çekirdek mevduatın vadeler bazındaki erime yüzdelerini ifade etmektedir. Örneğin, Model\_1 kapsamında çekirdek mevduat %91,03 olarak hesaplanırken değişken mevduat %8,97 olarak hesaplanmıştır. Çekirdek mevduatın iki aylık vade diliminde %2,84'nün çıkabileceği, üç aylık vade diliminde ilave %2,45 çıkabileceği ve izleyen aylarda çıkış oranları tabloda gösterilmektedir.

## Grafik 5. Model Bazında Likidite Riski Erime Profili



**Tablo 5. Model Bazında Vadeye Göre Mevduat Çıkış Yüzdeleri**

	Model_1	Model_2	Model_3	Model_4	Model_5	Model_6	Model_7	Model_8
1M	8,97%	3,01%	11,44%	5,13%	16,67%	7,53%	18,00%	14,70%
2M	2,84%	1,05%	4,20%	1,99%	1,20%	2,08%	4,47%	5,23%
3M	2,45%	0,68%	2,56%	1,45%	1,48%	1,08%	2,37%	3,65%
6M	2,73%	0,36%	1,58%	0,96%	0,61%	0,95%	0,56%	2,34%
9M	6,54%	0,95%	5,87%	2,59%	2,76%	3,13%	3,20%	5,96%
12M	6,07%	0,40%	3,72%	1,45%	1,96%	2,23%	2,33%	3,01%
18M	4,50%	0,08%	3,78%	1,09%	1,08%	1,88%	2,22%	1,83%
2Y	7,37%	0,15%	6,23%	1,38%	5,24%	2,09%	3,02%	2,77%
3Y	8,74%	0,11%	7,67%	1,05%	4,13%	2,98%	4,20%	1,81%
4Y	14,60%	0,10%	12,10%	1,10%	10,40%	3,80%	8,00%	1,60%
5Y	35,20%	93,07%	40,82%	81,78%	54,47%	72,24%	51,63%	57,09%

Model çalışması özetlenirse, 2012-2019 yılları arasında aylık veriler üzerinden gerçek ve ticari, vadeli ve vadesiz ile TP ve YP ayrımlarında toplam sekiz model kurgulanmıştır. Modelde logaritmik mevduat hacimleri, mevduat hacimlerinin bir dönem gecikmeli logaritması, makro ekonomik değişkenler ve trend faktörü ile çoklu regresyon yöntemi kullanılarak açıklanmaya çalışılmıştır. Parametre tahmini yapıldıktan sonra mevduat hacimleri Monte Carlo simülasyonu yöntemiyle gelecek 60 ay için 10.000 kez simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçları üzerinden her bir ay için %99 güven düzeyinde en kötü olası mevduat bakiyeleri tahmin edilmiş ve tahmin edilen

değerler ilgili dönemdeki beklenen ortalama bakiyelere oranlanarak çekirdek mevduat oranları hesaplanmıştır. Model çalışmasında elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir.

- Makro ekonomik değişkenlerden USD/TRY döviz kuru ve piyasa faiz oranları dışındaki değişkenler mevduat hacmini açıklamada yetersiz olduğu görülmüştür.
- Vadesiz mevduatların beklendiği gibi piyasa faiz oranlarına duyarsız olduğu teyit edilmiştir.
- Trend faktörü TP mevduatların açıklanmasında etkili iken YP mevduatlarda anlamsız olduğu görülmüştür.
- TP ticari mevduatlar, piyasa faiz oranları artarken yatay seyir izlemesine rağmen faizlerin düşüş trendi patikasına girdiğinde yüksek korelasyon ile arttığı görülmüştür.
- Gerçek kişi ve ticari segment fark etmeksizin YP vadeli mevduatlar herhangi bir makro ekonomik değişkenle açıklanamamıştır. Bu nedenle YP vadeli mevduatlar otoregresif stokastik süreç izlemektedir.
- Çekirdek mevduat oranları (aylık) aşağıdaki şekilde tahmin edilmiştir.
  - TP Gerçek Kişi Vadesiz Mevduat %91,03
  - TP Gerçek Kişi Vadeli Mevduat %96,99
  - YP Gerçek Kişi Vadesiz Mevduat %88,56
  - YP Gerçek Kişi Vadeli Mevduat %94,87
  - TP Ticari Vadesiz Mevduat %83,33
  - TP Ticari Vadeli Mevduat %92,47
  - YP Ticari Vadesiz Mevduat %82,0
  - YP Ticari Vadeli Mevduat %85,30
- Vadeli mevduatların beklendiği gibi çekirdek mevduat oranları daha yüksek iken vadesiz mevduatların ise daha oynak olması nedeniyle çekirdek mevduat oranlarının daha düşük olduğu görülmüştür.

- Benzer şekilde gerçek kişi mevduatların beklendiği gibi çekirdek mevduat oranları daha yüksek iken ticari mevduatların daha oynak olması nedeniyle çekirdek mevduat oranlarının daha düşük olduğu teyit edilmiştir.
- Benzer sonuçlar TP ve YP ayrımı içinde geçerli olup TP mevduatın çekirdek mevduat oranları YP mevduatlara göre daha yüksek hesaplanmıştır.

## 6. Sonuç

Bu çalışmada banka mevduatlarının segmentler bazında çekirdek mevduat ve likidite vade yapıları tahmin edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda USD/TRY döviz kuru ve piyasa faiz oranları dışındaki makro ekonomik değişkenlerin mevduat hacmini açıklayamadığı tespit edilmiştir. Söz konusu bulgular Paraschiv (2012) ile Prandan ve Paneru (2017) çalışmalarının sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Vadesiz mevduatlar beklendiği gibi piyasa faiz oranlarına karşı duyarsızdır. Ancak, son yıllarda bankalar yeni müşteri kazanımına yönelik olarak belirli bir süre için geçerli vadesiz mevduatlara faiz ödedikleri ürünler çıkarmaktadır. Bu tür ürünlerin yaygınlaşması vadesiz mevduatların faize olan duyarlılığını değiştirecektir. Öte yandan, segment fark etmeksizin vadesiz mevduatlar USD/TRY döviz kuru ile açıklanabilmektedir. Türk bankacılığında mevduat sahiplerinin döviz kuruna olan duyarlılığı bu sonucu doğrulamaktadır. TCMB (2021)'in bulguları bu sonuçları desteklemektedir. Diğer taraftan, Türk lirası vadeli mevduatlarda piyasa faiz oranları ile açıklanmakta iken yabancı para mevduatlar otoregresif süreç izlemektedir. Özen, Grima, vd. (2018)'in piyasa faiz oranları ile mudi davranışlarını incelediği çalışmalarda benzer bulgulara ulaşılmıştır. Çekirdek mevduat oranlarında ise beklendiği gibi gerçek kişilerin ticari segmente, vadeli mevduatın vadesiz mevduata, TP hesapların YP hesaplara göre daha yüksek olduğu teyit edilmiştir. Benbachir (2016)'in bireysel ve ticari segmentleri kapsamında yaptığı sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Bankalar içsel verilerle yapacakları risk kontrol amaçlı model çalışmalarında söz konusu bulguları dikkate alarak analizler yapması önemlidir. Özellikle, USD/TRY döviz kuru ve piyasa faiz oranları değişkenlerine modellerde yer verilmelidir. Bankalar, mevduatlar için davranışsal modeller oluştururken kendi tarihsel verilerini kapsamlı bir şekilde analiz edip uygun gözlem aralığını belirlemelidir. Tüm modele dayalı tahminlerde olduğu gibi hangi veriyle çalışılacağı çok önemli bir konudur. Model girdisini oluşturan veride problem olması durumunda, en iyi model kurgulanmış olsa bile hatalı sonuç elde edilmesi kaçınılmazdır. Bu nedenle bankalar mevcut teknik alt yapılarını tüm müşteri bilgilerini içeren tarihsel mevduat verisine ulaşabilecek şekilde geliştirmelidir.

Banka bazında kurgulanacak modellerde veri frekansı, modele dahil edilecek makro ekonomik değişkenler, makro ekonomik değişkenlerin modellenmesi ve stokastik süreçlerin seçimi model sonuçlarını etkilemesi olasıdır. Bankalar daha sağlıklı sonuçlar elde etmek için içsel raporlama amacıyla kullandıkları müşteri segmentleri (Bireysel, Ticari, KOBİ, Kurumsal, Özel Bankacılık vb.), belirli vade dilimleri ve yeni kazandıkları müşteriler gibi farklı gruplar bazında model çalışması gerçekleştirebilir. Aynı zamanda, söz konusu model kurgularında bankanın mevduat fiyatlama politikalarını ve büyüme stratejilerini, olası regülasyon değişikliklerini modele dahil etmesi, daha tutarlı sonuçlar elde etmesini sağlayacaktır.

Çalışmamızda normal koşullar altında likidite riski açısından vadesiz ve vadeli mevduatların çekirdek oranları ve erime profilleri tahmin edilmiştir. Stres koşulları altında model kurgulanmak istendiğinde stres periyodunun belirlenerek şoklara göre modeller oluşturulabilir ve stresli çekirdek mevduat oranları elde edilebilir. İlave olarak çalışmamızda %99 güven düzeyinde hesaplamalar yapılmıştır. İçsel veriler analiz edilerek daha düşük güven düzeyi (%95) ya da kuyruk riskini kapsayacak şekilde daha yüksek güven düzeyiyle de tahminler yapılabilir. Verilerin istatistiksel dağılımı tahmin edilerek stokastik süreci normal dağılıma göre uygulamak yerine kuyruk olasılıkları dikkate alan Student'in t dağılımına göre simülasyonlar oluşturulabilir.

Bu çalışmada kullanılan veri seti kapsam itibarıyla yüzyılın salgını olarak nitelendirilen COVID-19 etkilerini içermemektedir. Salgın döneminde alınan regülasyonların müşteri davranışlarını etkilediği beklenmektedir. Ancak, yeni düzenlemelerin uygulamaya alınıyor olması ve para politikasına ilişkin belirsizlikler nedeniyle salgın dönemi çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Özellikle 2021 yılı sonu itibarıyla getirilen kur korumalı mevduat düzenlemesinin vadesiz ve vadeli mevduatlardaki gömülü opsiyonun fiyatlamasına yönelik yapılacak çalışmalar literatüre önemli katkı sağlayacaktır.

## Kaynakça

1. Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, (2010). Krizden İstikrara Türkiye Tecrübesi. Çalışma Tebliği, <https://www.bddk.org.tr/Duyuru/EkGetir/400?ekId=411> (17/02/2022).
2. Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, (2016). Likidite Riskinin Yönetimine İlişkin Rehber, <https://www.bddk.org.tr/>
3. Bank for International Settlements, (2008). Principles for Sound Liquidity Risk Management And Supervision, <https://www.bis.org/>
4. Benbachir, S. ve Hamzi, M.. (2016). Non-Maturity Deposit Modeling in The Framework of Asset Liability Management. International Journal of Economics And Financial Research, 2(5), 79-98.
5. Bank of Japan, (2014). Survey on Core Deposit Modeling in Japan: Toward Enhancing Asset Liability Management. [https://www.boj.or.jp/en/research/brp/ron\\_2014/data/ron140331a.pdf](https://www.boj.or.jp/en/research/brp/ron_2014/data/ron140331a.pdf) (19/04/2017).
6. Castagna, A. ve Fede F.. (2013). Measuring And Managing Liquidity Risk. John Wiley & Sons.
7. Chiamonte, L..(2018). Bank Liquidity and the Global Financial Crisis the Causes and Implications of Regulatory Reform. Palgrave Macmillan Studies in Banking and Financial Institutions, Palgrave Macmillan.
8. Choudhry, M.. (2012). The Principles of Banking. John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd.
9. Domin, N. ve Stavrén, F.. (2019). Modeling of Non-Maturing Deposits. Kth Royal Institute of Technology School of Engineering Sciences, Sweden.
10. European Central Bank (2021). What are internal models?. [https://www.bankingsupervision.europa.eu/about/ssmexplained/html/internal\\_models.en.html#:~:text=Internal%20models%2C%20on%20the%20other,capital%20and%20better%20risk%20management.](https://www.bankingsupervision.europa.eu/about/ssmexplained/html/internal_models.en.html#:~:text=Internal%20models%2C%20on%20the%20other,capital%20and%20better%20risk%20management.) (07.02.2022).
11. Elkenbracht, M. ve Nauta, B-J.. (2006). Managing interest rate risk for non-maturity deposits. <https://www.risk.net/risk-management/1500326/managing-interest-rate-risk-non-maturity-deposits> (20.02.2022).
12. Edmister, R.O. ve Merriken, H.E.. (1989). Measuring interest rate sensitivity of consumer depositors. Journal of Financial Services Research 2, 133–145.

<https://doi.org/10.1007/BF00351650> (20.02.2022).

13. Eriemo, N.O. (2014). Macroeconomic determinants of bank deposits in Nigeria. *Journal of Economic and Sustainable Development*, 5(10), 49-58.
14. Federal Deposit Insurance Corporation, (2011). Study on Core Deposits and Brokered Deposits. <https://www.fdic.gov/regulations/reform/coredeposit-study.pdf> (22/01/2022).
15. Fiedler, R.. (2012). *Liquidity Modelling*. London, UK, Risk Books.
16. Gatev, E. ve Diğerleri. (2004). How Do Banks Manage Liquidity Risk? Evidence From Equity and Deposit Markets In The Fall Of 1998. <http://www.nber.org/papers/w10982> (22/01/2022).
17. Gilkeson, J. H. ve Ruff, C. K..(1996). Valuing the Withdrawal Option in Retail CD Portfolios. *Journal of Financial Services Research*, 10, 333-358.
18. Guliyev, H.ve Tatoğlu, Y.F.. (2021). Customer Churn Analysis in Banking Sector: Evidence From Explainable Machine Learning Models. *Journal of Applied Microeconometrics (JAME)*. 1(2), 85-99.
19. Halk Bankası, (2020) 2020 Entegre Faaliyet Raporu, <https://www.halkbank.com.tr/>
20. Hannan, T. H. ve Berger, A.N..(1991). The Rigidity of Prices: Evidence from the Banking Industry. *American Economic Review*, American Economic Association, 81(4), 938-945.
21. Hull, J.. (2017). *Options, Futures, and Other Derivatives*. 10th Edition, New York, NY: Pearson.
22. Hull, J.. (2015). *Risk Management and Financial Institutions*. 4th Edition, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons.
23. Hutchison, D. ve Pennacchi, G.. (1996). Measuring rents and interest rate risk in imperfect financial markets: the case of retail bank deposits. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 31, 399- 417.
24. Jarrow, R. A. ve Diğerleri. (1999). An Empirical Analysis of The Jarrow-Van Deventer Model for Valuing Non-Maturity Demand Deposits. <https://www.researchgate.net/publication/240315680> (22/01/2021).
25. Jarrow, R. A. ve Deventer D. R.. (1998). The Arbitrage-Free Valuation and Hedging of Demand Deposits and Credit Card Loans. *Journal Of Banking*



- and Finance, 22.
26. Kalkbrenner, M. ve Willing J.. (2014). Risk Management of Non-Maturing Liabilities. *Journal of Banking and Finance*, 28.
  27. Kördel, A.. (2017). Modeling Deposit Rates of Non-Maturity Deposits. <https://www.math.kth.se/matstat/seminarier/reports/m-exjobb17/170529.pdf> (22/01/2022).
  28. Lehman Brothers Examiner’s Report, <https://web.stanford.edu/~jbulow/lehmandocs/volume%201.pdf> (22/01/2022).
  29. Matz, L. ve Neu, P.. (2007). Liquidity Risk Measurement and Management A Practitioner’s Guide to Global Best Practices. John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd.
  30. Mashamba, T., Magweva, R. ve Gumbo, L.C.. (2014). Analysing the relationship between banks’ deposit interest rate and deposit mobilization: empirical evidence from Zimbabwean commercial banks (1980-2006). *IOSR Journal of Business and Management*, 16(1), 64-75.
  31. Mishkin, F.S.. (2011). Over the Cliff: From the Subprime to the Global Financial Crisis. *Journal of Economic Perspectives*, 25(1), 49-70.
  32. Moody’s Analytics, (2014). Asset And Liability Management: Applications for The Management and Modeling of Non-Maturing Deposits. <https://www.moodyanalytics.com/-/media/whitepaper/2014/2014-22-05-asset-liability-management-applications-modeling-non-maturing-deposits.pdf> (29/05/2021).
  33. Nikolaou, K..(2009). Liquidity Risk Concepts Definition and Interactions. ECB Working Paper Series, 1008.
  34. Ngula, I.B.. (2012). Determinants of deposit mobilization and its role in economic growth in Ghana. Yüksek Lisans Tezi, Kwame Nkrumah University of Science and Technology.
  35. O’Brien, J., Orphanides, A. ve Small, D.. (1994). Estimating the interest rate sensitivity of liquid retail deposit values. *Proceedings 42, Federal Reserve Bank of Chicago*.
  36. O’Brien, J..(2000). Estimating the Value and Interest Rate Risk of Interest-Bearing Transactions Deposits, Division of Research and Statistics Board of Governors Federal Reserve System.

37. Önalan, Ö..(2009). Vasicek ve CIR Modellerinin Kullanılarak Oyanklık ve Faiz Oranlarının Modellenmesi, Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi, 27(2), 329-344.
38. Özen, E., Grima, S. ve Vurur, S..(2018). Investigation of Causality between Interest Rate and Deposit Investor's Behaviour. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience, 9(4).
39. Paraschiv, F ve Schürle, M..(2010). Modeling Client Rate and Volumes of Non-Maturing Accounts. Institute for Operations Research and Computational Finance.
40. Pradhan, R. S. ve Paneru, D..(2017). Macroeconomic Determinants of Bank Deposit of Nepalese Commercial Banks. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3044098>.
41. Selvaggio, R.. (1996). Using the OAS methodology to value and hedge commercial bank retail demand deposit premiums. Fabozzi, F., Konishi, A. (Ed.), The Handbook of Asset/ Liability Management.
42. Şişman, M. Ö..(2007). Faiz Oranı Getiri Eğrisi Simülasyonu Yöntemleri ve Bankacılıkta Aktif Pasif Yönetimi Üzerine Etkileri:Türkiye'de Ticari Bankalar Üzerine Bir Uygulama. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
43. Türkiye Bankalar Birliği, (2020) Banka ve Sektör Bilgileri İstatistik Raporlar, <https://www.tbb.org.tr/>
44. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, (2021) Enflasyon Raporu 2021-1, <https://www.tcmb.gov.tr/>
45. Yakubu, I.N. ve Abokor, A. H..(2020). Factors Determining Bank Deposit Growth in Turkey: An Empirical Analysis. Rajagiri Management Journal, 14(2), 121-132.
46. Ziraat Bankası, (2020) 2020 Entegre Faaliyet Raporu, <https://www.ziraat-bank.com.tr/tr>