BANKA KREDİ PORTFÖYLERİNİN YÖNETİMİNDE ÖDEMEME RİSKİ ANALİZİ: *KALMAN FİLTRESİNE DAYANAN ALTERNATİF BİR YÖNTEM ÖNERİSİ*

K. Batu TUNAY [*]

ÖZ

Ödememe riski banka kredilerini ve bankaların kredi portföylerini etkiler. Bundan ötürü analiz edilmesine ve ölçülmesine, hem banka yöneticileri hem de yasal otoriteler büyük önem vermektedirler. Bu çalışmada, Duffee (1999) ve Bohn ve Stein'ın (2009) çalışmaları temel alınarak ödememe riski analiz edilmektedir. Gözlenemeyen bir değişken olarak durum-uzay anlayışında modellenen ödememe riski, kredi spread'i kullanılarak Kalman filtresi yöntemiyle tahmin edilmiştir. Yapılan tahminlerin sonuçları oldukça başarılıdır.

Anahtar Kelimeler: Portföy yönetimi, kredi portföyü, ödememe riski, durum-uzay modelleri, Kalman filtresi
JEL Kodları: C13, C22, G11, G17, G21

DEFAULT RISK ANALYSIS IN MANAGEMENT OF BANK CREDIT PORTFOLIOS: ALTERNATIVE METHOD SUGGESTION BASED ON KALMAN FILTER

ABSTRACT

The risk of default affects bank credits and credit portfolios of the banks. Therefore the analysing and the measuring of default risk has received much attention both from bank managers and regulatory authorities. In this study is analized default risk by based on Duffee (1999) and Bohn and Stein's (2009). Default risk that modeling in state-space approach as an unobservable variable is estimated by Kalman filter method. Estimation findings are quite successful.

Keywords: Portfolio management, credit portfolio, default risk, state-space models, Kalman filter
JEL Codes: C13, C22, G11, G17, G21

GİRİŞ

Ödememe riski, kuşkusuz banka kredi yönetiminin en temel unsurlarından birisidir. Banka kredilerinin bir portföy şeklinde yönetildiği ve bu çerçevede etkin bir çeşitlendirmeyle ödememe riskinin indirgenmeye çalışıldığı bir kredi yönetimi anlayışının günümüzde genel kabul gördüğü ortadadır. Fakat farklı türdeki ve elbette yapıdaki kredilerin ödememe olasılıklarını tahmin etmenin güçlüğü, bu kredi yönetimi stratejisinin temel sorunudur. Çünkü hemen her banka yöneticisi kredi portföyünü idare ederken, portföyün maruz kalabileceği ödememe riskini öngörmek ve bu doğrultuda kararlar almak isteyecektir.

Bu çalışmada, Duffee (1999) ve O'nu izleyenlerin özellikle de Bohn ve Stein'ın (2009) geliştirdikleri bir analiz yönteminden hareketle Türk Bankacılık sisteminde ödememe riski araştırılmaktadır. Duffee'nin firma tahvillerinin ödeme süreci için geliştirdikleri model, Bohn ve Stein tarafından banka kredilerine uygulanmıştır. Söz konusu modelin hareket noktası, farklı tür ve yapıda unsurlardan meydana gelen kredi portföylerinde ödememe riskinin gözlenemeyen bir değişken olduğu ve bu nedenle kredi spread'inden hareketle gözlenebilen kazançların Kalman filtresi yardımıyla

[*] Doç.Dr., Y.T.Ü. Meslek Yüksekokulu, İ.İ.P. Bölümü, Bankacılık ve Sigortacılık Programı, btunay@yildiz.edu.tr

belirlenebileceğidir. Böylece ödememe yoğunluğu tespit edilebilecek ve kredi portföyünün yönetimi sürecinde karar alıcılara rehberlik edecektir.

Oldukça ilginç ve yenilikçi olan bu yaklaşımın banka kredilerine uygulanması konusunda yeterince çalışma yapıldığından söz etmek güçtür. Ülkemizde de, bu tarzda bir deneysel çalışmaya ilgili yazında rastlanmamıştır. Bu tespitler ışığında, söz konusu yaklaşım Türk ticari bankacılık sistemine uygulanmıştır. Böylece ticari banka sistemimizde kredi yönetimi ve ödememe riski konusunda değerlendirmeler yapılması hedeflenmiştir. Her ne kadar uygulanan analiz bütün bankaları kapsıyorsa da, her banka yöneticisinin kendi bankasının kredi portföyü bağlamında veya otoritelerin sektörün belirli bir alt grubu bağlamında ödememe riskini analiz etmekte kullanabileceği ölçüde esnek ve kullanışlı bir yapısı vardır. Bu da her halde ele alınan yöntemin de en önemli avantajını teşkil etmektedir.

Çalışmada öncelikle, kredi portföylerinin yönetimi açısından ödememe riski ve bunun modellemesine dair teorik açıklamalar yapılacaktır. Ardından kullanılan analiz yöntemi açıklanacak ve Türk ticari bankacılık sektörü verileri kullanılarak tahminler ve değerlendirmeler yapılacaktır.

1. Teorik Çerçeve: *Kredi Portföylerinin Yönetimi ve Ödememe Riski*

Ödememe riski hemen her finansal sözleşmeyi olduğu gibi banka kredilerini de etkiler. Dolayısıyla ödememe riskinin fiyatlandırılmasına, bankacılık yazınında büyük bir önem verilmektedir. Kredi riskinin modellenmesi, bilindik Black ve Scholes yaklaşımına dayandırılabilir. İlgili yazında genellikle Merton'un (1974) ünlü çalışması çerçevesinde firmanın aktiflerinin değerindeki oynaklıkla firmanın ödememe riski ilişkilendirilerek modellemeler yapılmaktadır. Merton yaklaşımı çerçevesinde yapılan yapısal kredi riski modellemelerinde firmaların hisse fiyatları ile borçlarının kredi spread'i arasındaki negatif ilişki de kullanılmaktadır.

Banka kredilerinin geri ödenmemesi riski de bu çerçevede değerlendirilebilir. Duffee'nin (1999) çalışması banka kredileri açısından geri ödememe riski ve bunun fiyatlandırılması açılarından oldukça önemli bir katkı yapmıştır. Duffee, bir firmanın anlık ödememe olasılığını yeni bir yaklaşımla modellemiştir. Bu bağlamda, ödememe riski olmayan faiz oranları ile bağlantılı bir süreci izleyecek şekilde dönüştürülmüş bir karekök yayılım süreci geliştirmiştir. Sürecin parametrelerini 161 firma için test eden Duffee, tüm firmaları birlikte ele alacak şekilde tahvil fiyatlarının zaman ve kesit verilerini birlikte kullanarak bir Kalman filtresi tahmini yapmıştır. Elde ettiği sonuçlar, son derece başarılıdır. Ele aldığı firmaların tahvil kazançlarını başarılı şekilde tahmin etmiştir. Bu arada, kazanç spread'lerinin vade yapısının özelliklerini araştırmış, işaret ve büyüklük açılarından tutarlı parametre tahminlerine ulaşmıştır.

Duffee'nin tahvil fiyatlarının hem zaman serisi hem de kesit özelliklerini birleştiren (1999) bu analizini; Duffie ve Singleton (1999), Duffie v.d. (2003), Berardi v.d. (2004), Berardi ve Trova (2005) gibi araştırmacıların çalışmaları izlemiştir. Tüm bu çalışmalarda risksiz faiz oranı ve kredi spread'i dinamikleri modellenerek ödenmeyen tahvillerin vade yapısı için çıkarsamalar yapılmaktadır.

Bu bağlamda, risksiz faiz oranı (r) iki gözlenemeyen değişkenin (x_1 ve x_2) toplamı olarak ifade edilmektedir:

$$r = x_1 + x_2 \qquad (1)$$

Anlık ödememe spread'ininse (s) x_1 ve x_2'ye ek olarak gözlenemeyen öznel bir unsur olan x_3'e bağlı olduğu varsayılmaktadır. Bankaların ayrı ayrı ele alındıkları çalışmalarda x_3 ele alınan bankanın kendine has (idiosyncartic) özelliklerini yansıtmaktadır. Ancak bu çalışmada sektör bir bütün olarak ele alınacağından bu değişken belirli bir bankayı değil tüm sektörü niteleyecektir. Elbette orijinal modeldeki kesit boyutu böylece ihmal edilmiş olacaktır. Öte yandan, x_1 ve x_2'in risksiz vade yapısını da ifade ettikleri kabul edilir. Bu kabuller altında s aşağıdaki gibi tanımlanır (Berardi v.d., 2004; Berardi ve Trova, 2005):

$$s = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + x_3 \qquad (2)$$

Gözlenemeyen unsurların dinamiklerinin aşağıdaki gibi esnek bir "rastsal yürüyüş" (random walk) süreci tanımlanarak ölçülebileceği varsayılmaktadır (Berardi v.d., 2004):

$$dX = \mathrm{K}(\Theta - X)dt + \Sigma dw \qquad (3)$$

(3) numaralı ifadede w Browniyan hareketi simgeler, bu ifadede yer alan değişkenler ise aşağıdaki gibi tanımlanabilirler:

$$X \equiv \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}, \ \Theta \equiv \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix}, \ \mathrm{K} \equiv \begin{bmatrix} \kappa_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \kappa_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \kappa_{33} \end{bmatrix}, \ \Sigma \equiv \begin{bmatrix} \sigma_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{33} \end{bmatrix}$$

Duffee'nin analizleri (1998 ve 1999), riskli kazanç oranına (spread'e) bağımlılığı gösteren parametrelerin negatif olduğunu ortaya koymuştur. Oysa aynı çalışmalarda diğer durum değişkenlerinin parametreleri pozitiftir. Bu bulgular, risksiz ödememe oranı ile riskli tahvil spread'nin negatif olarak ilişkili olduklarını göstermektedir. Duffee'nin bu bulgularından hareketle, Bohn ve Stein (2009: 322, 354-357) banka kredi portföyleri için ödememe yoğunluğunu araştırmışlar ve bu bağlamda Kalman filtresi ile tahmin edilebilecek bir durum-uzay modeli geliştirmişlerdir. Bohn ve Stein'ın yaklaşımı, yapısı itibariyle menkul değer portföylerine benzeyen ve bu nedenle aynı esaslara göre analiz edilen kredi portföylerinin ödememe yoğunluklarının belirlenmesidir. Fiyatlama fonksiyonu içinde ödememe yoğunluğunun, hatta geri dönüş oranı ve likidite gibi buna bağlı unsurların gizli olduğu varsayımı onların temel hareket noktasıdır. Ancak bir bankanın portföyündeki farklı tür ve yapıdaki kredilerin kuşkusuz ödememe dinamikleri de farklı olacaktır ve bu da tahmini zorlaştıracaktır. Eğer kredi spread'i temel alınarak gözlenmiş kazançlar uygun bir şekilde analiz edilirse, gözlenmemiş ya da bu veri içinde gizli olan ödememe olasılığı belirlenebilir.

2. Ekonometrik Yöntem: *Kalman Filtresi ve Ödememe Yoğunluğunun Belirlenmesi*

İndirgenmiş yapıdaki modeller tek bir süreç içinde borçlunun ödememe riski konusunda bütünsel bir bilgi verdiğinden tercih edilmektedir. Dahası, sadece ödememe yoğunluğu (intensity) süreci tahmin edilmekle kalmayıp, geri dönüş oranı ve likidite de tahmin edilmektedir. Veri temin etme zorlukları ve tutarlı zaman serilerinin olmaması gibi nedenlerle kesit tahminleri yapmak her zaman çok mümkün değildir. Ödememe yoğunluğunu belirlemek için kullanılabilecek elverişli yöntemlerden birisi, bir fiyatlama fonksiyonu yardımıyla "gizli" (latent) değişken olarak ödememe yoğunluğunun tahmin edilmesidir. Bu yaklaşım, kesikli (discrete) olarak gözlenen verileri bir "sürekli zaman" (continuous time) anlayışı içinde tahmin edebilecek bir yöntemin kullanılmasını gerektirir. Tahviller konu olduğunda ödememe, kupon ödemesinin gecikmesiyle tanımlanmaktadır. Gözlenen sıkıntı sinyallerine dair veriler, bir yoğunluk süreci kullanılması yaklaşımının en önemli zayıf noktasıdır. Bununla birlikte, yasal ve teknik açılardan ödememe zamanları birbirinden farklı olabilir ve bu da ödememe tahminlerini büyük ölçüde zorlaştırır (Bohn ve Stein, 2009: 354).

Bir gizli değişken olarak ödememe yoğunluğunun incelenmesinde Kalman filtresinin kullanılması, değinilen tahmin sorunlarını önemli oranda ortadan kaldırmaktadır. Θ'nin parametreler vektörü olduğunu ve bunun değerinin $(X_1 \ldots X_T, Y_1 \ldots Y_T)$ tesadüfi değişkenler vektörünün dağılımından elde edildiği varsayılmaktadır. Kalman filtresi, belirli bir Θ vektörünün olabilirlik fonksiyonunu tahmin edebilmemize imkân vermektedir. Böylece, her Θ vektörü için gizli değişkenlerin en küçük kareler tahminleri yapılabilecektir. Buradaki ana sorun, Θ için en yüksek olabilirlik fonksiyonunun olası en yüksek değerinin bulunmasıdır.

X'in aşağıda belirtilen geçiş yoğunlukları (transition densities) grubu tarafından yönlendirilen gizli Markov süreci olduğunu varsayalım (Bohn ve Stein, 2009: 354):

$$P(X_t \,|\, X_{t-1};\Theta) \tag{4}$$

Durum değişkenleri, kendi başlarına toplam ödememe yoğunluğu (yani banka sektörü düzeyinde) olabileceği gibi yoğunluklar durum değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak da ifade edilebilir. Bu bağlamda, **Y**'nin kredi spreadlerinden hareketle elde edilen gözlenmiş kazançların bir vektörü olduğunu ve aşağıdaki gibi tanımlandığını kabul edelim (Bohn ve Stein, 2009: 355):

$$\mathbf{Y}_t = f(X_t;\Theta) + \varepsilon_t \tag{5}$$

Θ parametreler vektörü, hem durum değişkenlerinin hem de fiyatların (kazançların) gelişimini belirler. Böylece, hem fiyat denklemine hem de geçiş yoğunluklarına dâhil edilmesi gerekir. Bu açıklamalar ışığında geliştirilen aşağıdaki durum-uzay sistemine Kalman filtresi uygulanabilir (Bohn ve Stein, 2009: 355):

$$\begin{aligned}
&\mathbf{Y}_t = \mathbf{A_t}(\Theta) + \mathbf{B_t}(\Theta)\mathbf{X_t} + \varepsilon_t \\
&\mathbf{X_t} = \mathbf{C_t}(\Theta) + \mathbf{D_t}(\Theta)\mathbf{X_{t-1}} + u_t \\
&\varepsilon_t \approx \phi(0, \Sigma_Y(\Theta)) \\
&u_t \approx \phi(0, \Sigma_X(\Theta))
\end{aligned} \tag{6}$$

Σ_Y ve Σ_X uygun boyutlardaki varyans-kovaryans matrisleridir. (6) numaralı model bu model türünün en yalın halidir ve önceden belirtildiği gibi kazançlar durum değişkenlerinin fonksiyonu olduğu sıfır kuponlu (basit) bir tahvili temel almaktadır. İndirgenmiş yapıdaki modellerin herhangi birisi, gözlenen fiyatlama bilgisi ile durum değişkeninin bağlantısının belirlenmesi için kullanılabilir. Gözlenen fiyatlama bilgisi, kazanç yada spread olabilir (Bohn ve Stein, 2009: 355).

A ve B seçilen fiyatlama denkleminden elde edilir. C ve D ise, Gausyan yayınım (Gausian diffusion) durumunda kesikli zaman aralıkları boyunca geçiş yoğunluklarından hareketle elde edilir. Süreç Gausyan olmadığında, ilişkili süreçler (affine processes) sürecin kesikli zamanda koşullu ortalamalarının ve varyanslarının hesaplanmasına olanak verir. Bu ortalama ve varyanslar, geçiş yoğunluklarının Gausyan hale dönüştürülmesinde ya da buna benzetilmesinde kullanılabilir. Sistemdeki dağılımlar, fiziksel ölçüye karşılık gelmektedir. Bununla birlikte riske bağışık ölçüt, fiyatlama denklemi için daha uygundur.

Bu teorik açıklamaların Kalman filtresi tahmini sürecine çevrilmesi gerekir. Kalman filtresinin tahmin edilmesi için, başlangıç değeri $\hat{x}_0$ olan X'i ve bununla bağlantılı bir varyans kovaryans matrisini ($\hat{\Sigma}_0$) içeren bir olabilirlik fonksiyonuna gereksinim vardır. Bu değerler bilinmediğinden, veri parametrelerle X'in koşuldışı dağılımından hareketle bir seçim yapılır. Tahmin sürecine, ortalama kare hata matrisi olan $\hat{\Sigma}_{t-1}$ ile bağlantılı $\hat{x}_{t-1}$ tahmin edilerek başlanır. Sürecin kilit unsuru, aşağıdaki yinelemeli (recursive) sistemi kurabilmektir. Aşağıda belirtilen denklemlerin her biri, parametre vektörünü düşürür, ancak hala hesaplamanın bir parçasıdır (Bohn ve Stein, 2009: 356):

$$\begin{aligned}
&\hat{\mathbf{X}}_{t|t-1} = \mathbf{C}_t + \mathbf{D}_t \hat{\mathbf{X}}_{t-1} \\
&\hat{\Sigma}_{t|t-1} = \mathbf{D}_t \hat{\Sigma}_{t-1} \mathbf{D}' + \Sigma\mathbf{X} \\
&\Gamma_{\mathbf{Y}} = \varepsilon_t = Y_t - (A_t + B_t \hat{X}_{t|t-1}) \\
&\mathbf{V}_\varepsilon = \operatorname{cov}(\Gamma_{\mathbf{Y}}) = \mathbf{B}_t \hat{\Sigma}_{t|t-1} \mathbf{B} + \Sigma_{\mathbf{Y}}
\end{aligned}$$

Yukarıdaki denklem sisteminde $\Gamma_{\mathbf{Y}}$, $\varepsilon_t = Y_t - (A_t + B_t \hat{X}_{t|t-1})$ ifadesinin matris halidir. Bu denklem sistemi aşağıdaki çekirdek yineleme mekanizması kurularak kullanılabilir:

$$\begin{aligned}
&\hat{\mathbf{X}}_t = \hat{\mathbf{X}}_{t|t-1} + \hat{\Sigma}_{t|t-1} \mathbf{B}_t' \mathbf{V}_\varepsilon^{-1} \Gamma_{\mathbf{Y}} \\
&\hat{\Sigma}_t = \hat{\Sigma}_{t|t-1} - \hat{\Sigma}_{t|t-1}^{-1} \mathbf{B}_t' \mathbf{V}_\varepsilon^{-1} \mathbf{B}_t \hat{\Sigma}_{t|t-1}^{-1}
\end{aligned}$$

T sayıda gözlemle tek bir Θ parametre vektörü için aşağıdaki olabilirlik fonksiyonu hesaplanabilir:

$$\begin{aligned}
\log L\left(\Theta \middle| Y_1 \dots Y_T\right) &= \sum_{t=1}^{T} \left(-\frac{1}{2} N_t \log(2\pi) - \frac{1}{2} \log\left|\mathbf{V}_\varepsilon\right| - \frac{1}{2} \Gamma_{\mathbf{Y}}' \mathbf{V}_\varepsilon^{-1} \Gamma_{\mathbf{Y}} \right) \\
N_t &= \dim(\Gamma_{\mathbf{Y}})
\end{aligned} \tag{7}$$

Son aşamada, bir Θ parametre vektörü olabilirlik fonksiyonu ile maksimize edilerek katsayılar elde edilir. Bu maksimizasyon süreci, önemli ve kimi zaman kredi değerleme modellerinin tahmininde ortaya çıkan beyaz gürültü özelliği taşıyan hata terimlerinden ötürü oldukça zordur (Bohn ve Stein, 2009: 356).

Zaman içinde Kalman filtresi yaklaşımından alınan bazı önemli dersler olmuştur. Bunların ilki, Kalman filtresinin sıfır kuponlu tahviller için bir Vasicek sürecinin geçerli olduğu kabulü altında indirgenmiş formda tahmin edilmesinin daha doğru olduğudur. Bu takdirde kazançlar durum değişkenlerinin fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Ancak kupon ödemeli tahvillerde böyle bir kabul yapılamayacağından Kalman filtresinin kullanımı da daha zor olacaktır. Böyle bir durumda Kalman filtresi kullanabilmek için durum tahmininde birinci mertebeden Taylor yaklaştırması (Taylor approximation) yapılması gerekir (Bohn ve Stein, 2009: 356).

İkincisi, bir CIR modeli tahmin edildiğinde, kovaryans matrisinin yapısı sonuçları yansıtmakla birlikte, bunu bazen tersine yapmaktadır. Uygulamada, kovaryans matrisinin filtre içinde zamana göre değiştirilmesi yoluna gidilmektedir. Tahmin değeri ile durum değeri değiştirilmekte ve kovaryans matrisini elde etmek için ifadenin içine geri konulmaktadır.

Duffee (1999: 218-219), gözlenen serinin (6) numaralı model çerçevesinde Kalman filtresi ile tahmin edilmesiyle elde edilen yeniliklerin veya ölçüm denklemi kalıntılarının ödememe riskine dair bilgiyi sakladığını ve üçüncü dereceden bir ardışık bağlanım (AR(3)) süreci ile modellendiğinde bu riskin tahmin edilebileceğini belirtmiştir. Bu bağlamda, "gözlemin bir adım sonraki tahmin serisi, t zamanındaki bilgiyi (gözlenen seride saklı olan) öncül (prior) olarak esas alarak anlık ödememe riskine dair bilgiyi içermektedir" gibi bir kabul yapmaktadır. Bu bağlamda kalıntılara uyguladığı analizde aşağıdaki iki alternatif modeli kullanmıştır:

$$\zeta_t = a_0 + \sum_{i=1}^{3} a_i \zeta_{t-i} + e_i \tag{8}$$

$$|\zeta_t| = b_0 + \sum_{i=1}^{3} b_i |\zeta_{t-i}| + \lambda \zeta_{t-1} + u_i \tag{9}$$

(8) ve (9) numaralı modeller, Duffee'ye göre ödememe riskini içeren kalıntı serisindeki oynaklığı belirlemektedir. Duffee (1999:220), her iki modelde de, ama özellikle (9) numaralı modelde AR(1) katsayısının GARCH etkisine eş bir etkisi olduğunu ileri sürmüştür. Bu katsayının istatistik açıdan anlamlı olması beklenmektedir.

3. Ekonometrik Analiz ve Bulgular

3.1. Kullanılan Veri Seti

Çalışmada TCMB Elektronik Veri Dağıtım Sistemi kanalıyla elde edilen bankacılık verileri kullanılmıştır. Bankaların kazançlarını yansıtan kredi spread'i banka kredi faiz oranları ile mevduat faiz oranları arasındaki fark olarak hesaplanmıştır. Bu çerçevede, bankalarca TL üzerinden açılan kredilere uygulanan ağırlıklı faiz oranları ve mevduat faiz oranları dizileri kullanılarak spread hesaplanmıştır. Kredi faiz oranları haftalık frekansta elde edilebildiğinden, model verileri de haftalık frekansta oluşturulmuş ve 2002:1 ile 2010:52 dönemini kapsayan 468 gözlemden meydana gelen bir örneklem elde edilmiştir.

TCMB kaynaklarında, nakit, taşıt, konut ve ticari kredi oranlarına ulaşılabilmektedir. Ancak, konut kredilerinin vade yapısının diğer üç kredi türünden farklı olması ve bu nedenle oran olarak diğerlerinden farklılaşması gibi nedenlerle; nakit, taşıt ve ticari kredi oranlarının ortalaması spread hesabında dikkate alınmıştır. Diğer yandan, mevduat faizleri de mudilerin en fazla rağbet ettikleri vadeler olan aylık, üç aylık ve yıllık mevduatların faiz oranlarının bir ortalaması olarak hesaplamaya dâhil edilmiştir.

3.2. Tahmin Sonuçları ve Bulguların Değerlendirilmesi

Modelin ekonometrik analizi, 2. bölümde yapılan teorik açıklamalar ışığında (6) numaralı durum-uzay sisteminin Kalman filtresi yoluyla tahmin edilmesi ve Θ parametreler vektörünün elde edilmesi esasına dayanmaktadır. Ardından gözlenen serinin Kalman filtresi yardımıyla elde edilen bir adım sonraki beklentisi ve varyansı kullanılarak ödememe riski analiz edilecektir.

Bu bağlamda, (7) numaralı eşitlikle ifade edilen olabilirlik fonksiyonu hesaplanmış ve bu fonksiyonu maksimize eden katsayılar arasından Θ parametreler vektörünün katsayıları elde edilmiştir. Tahmin sonuçları Tablo 1'de sunulmaktadır. Tablo 1'deki sonuçların istatistik açıdan anlamlı oldukları son derece yüksek z testi değerlerinden anlaşılmaktadır. Grafik 1'de ise (6) numaralı modelin tahmin sonuçları sunulmaktadır. Grafiğin A panelinde gözlenen seri ve Kalman filtresiyle elde edilen bir adım sonraki tahmin, B panelinde ise kalıntılar veya yenilikler ile ±2 karekök standart hatalar yer almaktadır.

Analizin ikinci aşaması Kalman filtresi tahmininden elde edilen gözlem denklemi kalıntıları veya yeniliklere uygulanan AR(3) sürecidir. Duffee'nin (1999) önerdiği iki alternatif şekilde, yani (8) ve (9) numaralı modeller tahmin edilmiş ve ödememe riski öngörülmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 1. (6) numaralı Durum-Uzay Modelinin Tahmin Sonuçları

Ölçüm (Gözlem) Denklemi				
Parametreler	Katsayılar	Std. Hata	z Testleri	Anlamlılık
β_1	-0.347680	0.026895	-12.92728	0.0000
β_2	0.975588	0.008770	111.2418	0.0000
θ_3 (σ^2)	0.189079	0.032302	5.853482	0.0000
Durum (Geçiş) Denklemi				
Parametreler	Nihai Durum	Karekök Ort.Std. Hata	z Testleri	Anlamlılık
θ_1	-3.971111	1.099152	-3.612885	0.0003
θ_2	-4.070479	1.49E-08	-2.73E+08	0.0000
Log. Olabilirlik	-709.4817			

$$\hat{\Sigma}_0 = \begin{bmatrix} 0.00072 & -9.94E-06 & -8.00E-05 \\ 0 & 0.0010 & 6.52E-06 \\ 0 & 0 & 7.69E-05 \end{bmatrix}$$

Tablo 2. (8) ve (9) Numaralı Modellerin Tahmin Sonuçları:
Spread'deki Oynaklık ve Ödememe Riski

$$\zeta_t = a_0 + \sum_{i=1}^{3} a_i \zeta_{t-i} + e_i$$

a_0	a_1	a_2	a_3	
-0.030 (-0.623)	0.001 (0.041)	0.043 (0.956)	-0.065 (-1.471)	--
R^2	0.006	F Testi	1.070	(0.361)

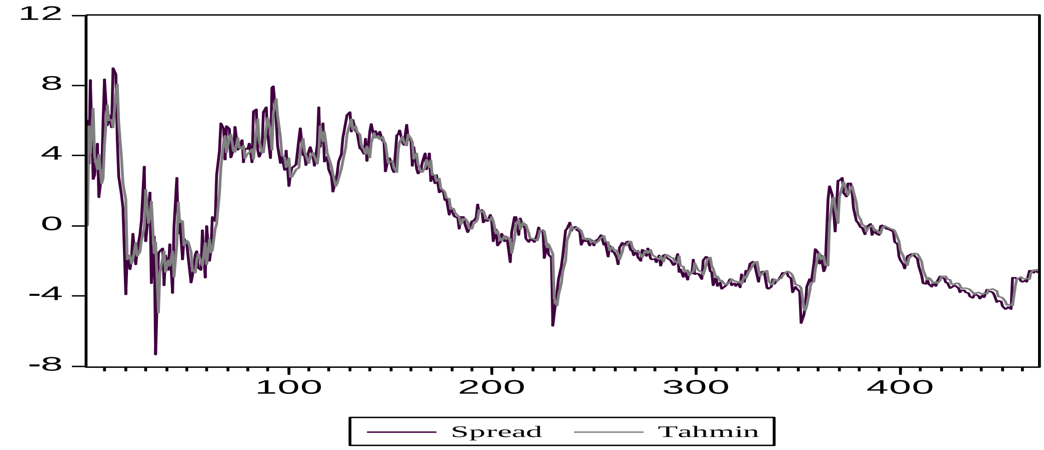
$$|\zeta_t| = b_0 + \sum_{i=1}^{3} b_i |\zeta_{t-i}| + \lambda \zeta_{t-1} + u_i$$

b_0	b_1	b_2	b_3	λ
0.663 (7.972)*	0.302 (6.615)*	0.110 (2.328)**	0.190 (4.250)	0.114 (3.988)*
R^2	0.250	F Testi	38.320	(0.000)

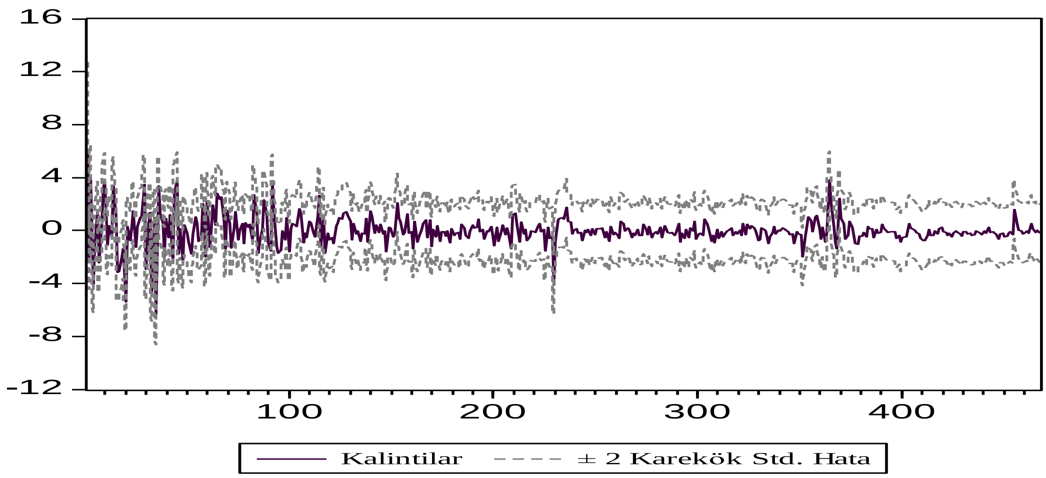
Tablo 2'de sunulan (8) ve (9) numaralı modellerin istatistik anlamlılık ve bağımlı değişkeni açıklama güçleri birbirlerinden farklıdır. (8) numaralı modelin tahmini istatistik açıdan anlamsız ve açıklama gücü yok denecek kadar düşüktür. Buna karşılık, (9) numaralı modelin tüm katsayıları %1 ve %5 düzeylerinde anlamlı, açıklama gücü makul sayılabilecek ölçüde yüksektir. Bu nedenle (9) numaralı modelin, ödememe riskini de tasvir etmekte daha başarılı olduğu söylenebilir. (9) numaralı modelin tahmin sonuçları Grafik 2'de sunulmuştur. Bu grafiğin A panelinde yenilikler tek başına, B panelinde ise yenilikler ile tahmin serileri birlikte yer almaktadır.

Grafik 1. Spread ve Bir Adım Sonraki Kalman Filtresi Tahmini

Panel –A- Cari Seri ve Tahmin



Panel –B- Kalıntılar (Yenilikler) ve ±2 Karekök Standart Hataları



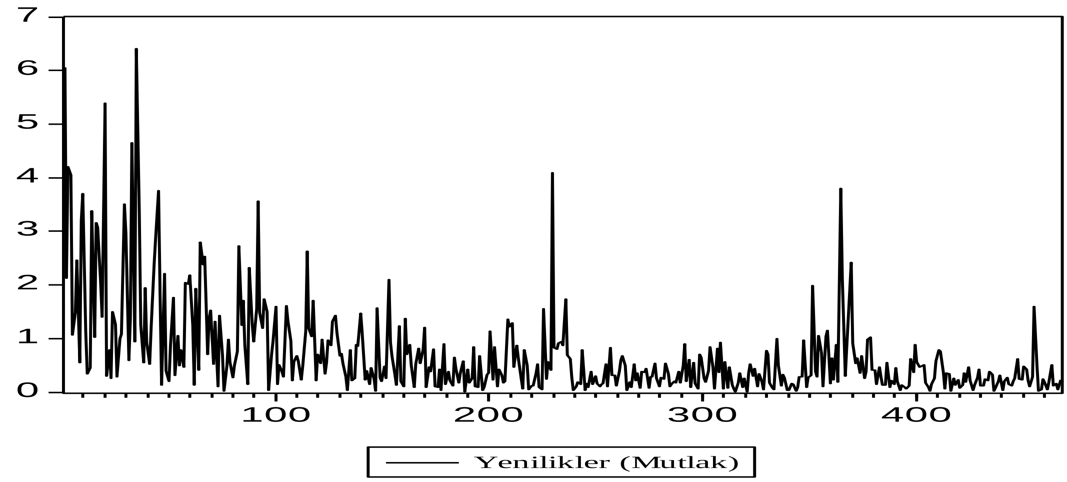
Tablo 2'deki sonuçlar Duffee'nin (1999:220) belirttiği şekilde incelendiğinde, gözlenen değişkenin bir adım sonraki Kalman tahminlerinden hareketle ulaşılan yeniliklerdeki oynaklığa açıkça işaret etmekte ve böylece anlık ödememe riskini başarıyla yansıtmaktadır. Duffee; bu tür modellemelerde AR(1) katsayısının değerinin GARCH katsayısı gibi değerlendirileceğini ifade etmiştir. O halde anlamlı bulunan (9) numaralı model b_1 katsayısı bu anlamda incelenmelidir. Söz konusu katsayı anlamlı ve sıfırdan farklıdır. Ayrıca bir hayli yüksek olmasına bakılarak, GARCH etkisinin güçlü olduğu da söylenebilir.

SONUÇ

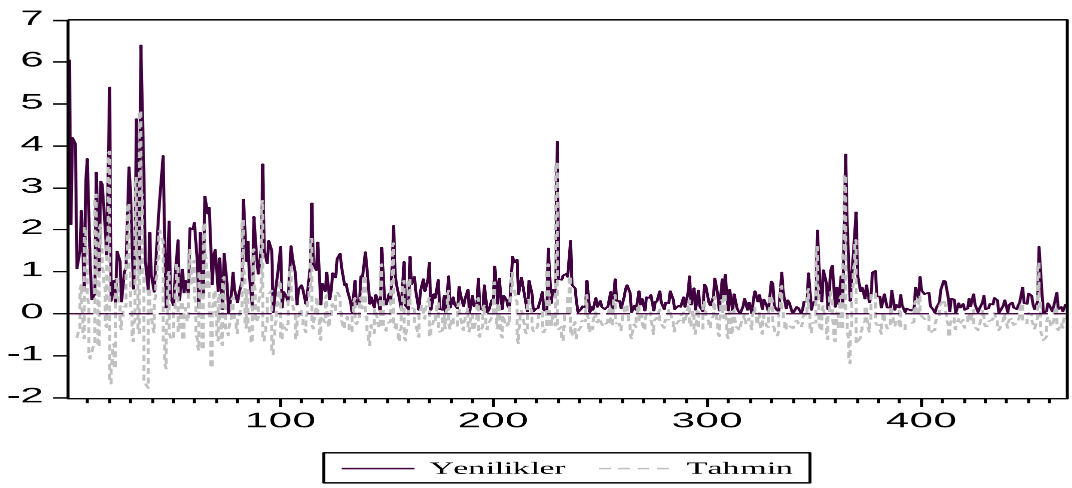
Bu çalışmada banka kredi yönetiminde temel bir unsur olan ve banka performansını doğrudan etkileyen ödememe riskinin tahmini için alternatif bir model kullanılarak bazı ekonometrik analizler yapılmıştır. Banka kredileri, diğer sabit getirili menkuller gibi değerlendirilebilir. Buna bağlı olarak da bir portföy anlayışı içinde yönetilerek ve maruz kalınabilecek ödememe riski çeşitlendirilerek indirgenebilir. Ama farklı tür ve yapıdaki kredilerin bir bileşimi olan banka kredi portföylerinde, ödememe riski portföyde yer alan krediden krediye değişecektir. Dolayısıyla gözlenmesi ve elbette ölçümü zordur.

Grafik 2. Ödememe Riski ve Tahmini

Panel –A- Mutlak Yenilikler (Kalıntılar)



Panel –B- Yenilikler ve (9) Numaralı Model Tahmini



Bununla birlikte, kredi portföylerinin ödememe riskinin gözlenemeyeceği peşinen kabul edilerek ve gözlenebilen değişkenlerden hareketle modellenmesi mümkün olabilir. Bu bakımdan bankaların operasyonel kazançlarının bir ölçütü olan kredi spread'i kullanılabilir. Kredi spread'i teorik olarak ödememe riskine dair gözlenemeyen bilgiyi içinde barındırmaktadır ve durum-uzay anlayışında modellendiğinde ödememenin yoğunluğunu belirleyerek buna dayalı riskin ölçümüne yardımcı olacaktır. Çalışmanın hareket noktası da budur.

Yapılan Kalman filtresi tahminleri ile kredi spread'inden hareketle, tüm ticari bankacılık sektörü için gözlenemeyen ödememe riski tahmin edilmiştir. Cari dönemdeki bilgiyle bir dönem sonra meydana gelecek değişme tespit edilebilmektedir. Gözlemler ile bir dönem sonraki tahmin arasındaki farktan elde edilen yenilikler veya kalıntılar ödememe riskine dair bilgiyi içermektedir. Çalışmada gözlem denkleminden hareketle elde edilen kalıntı serisi AR(3) süreci şeklinde tahmin edilerek, bilindik GARCH ölçütüne benzer bir oynaklık değeri hesaplanmıştır. Elde edilen bu değer incelendiğinde, kredi spreadi'nde oldukça yüksek bir oynaklık ve riske işaret ettiği belirlenmiştir.

Durum-uzay modelleri ve Kalman filtresi, banka kredileri ve ödememe riski örneğinde olduğu gibi, gözlenemeyen değişkenlerin tahmin edilmesinde önemli avantajlar sunmaktadır. Bu yönleriyle bilinen ve sık kullanılan oynaklık ve risk tahmini yöntemlerine de bir alternatif oluşturmaktadırlar. Çalışmada kullanılan yaklaşım, firmadan sektöre farklı boyutlarda kullanılabilecek kadar esnek ve güçlü bir analiz aracıdır. Bu yönüyle banka yöneticilerinin ve otoritelerin karar alma süreçlerindeki etkinliği arttırabilir ve yeni bakış açıları sunabilir.

KAYNAKÇA

BERARDI, Andrea – CİRAOLO, Stefania ve TROVA, Michele. (2004), "The Term Structure of Credit Spreads on Sovereign Bonds", Katholike Universiteit Leuven, Faculty of Business and Economics Papers (http://www.econ.kuleuven.be/ew/academic/intecon/Stefania/term%20 structure.pdf).

BERARDI, Andrea ve TROVA, Michele. (2005), "Credit Spreads and Default Probabilities in Emerging Market Bond Prices", University of Verona, Department of Economics Papers, (http://dse.univr.it/berardi/csdp.pdf).

BOHN, R. Jeffrey ve STEİN, Roger M. (2009), Active Credit Portfolio Management in Practice, New Jersey: Wiley.

DUFFEE, Gregory R. (1998), "The Relation between Treasury Yields and Corporate Bond Yield Spreads", Journal of Finance, 53(6), 2225-2241.

DUFFEE, Gregory R. (1999), "Estimating the Price of Default Risk", Review of Financial Studies, 12(1), 197-226.

DUFFIE, Darrell ve SINGLETON, Kenneth. (1999), "Modeling Term Structures of Defaultable Bonds", Review of Financial Studies, 12(4), 687-720.

DUFFIE, Darrell. (1996), Dynamic Asset Pricing Theory, Second Edition, Princeton: Princeton University Press.

DUFFIE, Darrell - PEDERSEN, Lasse H. ve SINGLETON, Kenneth J. (2002), "Modeling Sovereign Yield Spreads: Acase Study of Russian Debt", Journal of Finance, 58(1), 119-159.

MERTON, Robert C. (1974). "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates", Journal of Finance, 29(2), 449-470.