

Beta Risklerinin Modellenmesi ve Tahmini: Türkiye'deki Döviz Portföyü Örneği¹

Serdar NESLİHANOĞLU

Sorumlu Yazar, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi,
sneslihanoglu@ogu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8451-8023

Merve PAKER

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi,
mervepaker@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-7017-5066

Öz

Araştırmada, Türkiye'deki döviz yatırımcılarının oluşturacakları döviz portföylerinin modellenmesi ve gelecek tahmininin yapılması için; temel model olarak, Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeli (SVFM) ile tutarlı ve durağan beta riskine olanak sağlayan, Doğrusal Piyasa Modeli (DPM) kullanılmıştır. SVFM'nin performansı ise, Koşullu Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeliyle (K-SVFM) tutarlı ve zamana bağlı değişen beta riskine olanak sağlayan Zamana bağlı değişen Doğrusal Piyasa Modeli (Z-DPM) ile karşılaştırılmıştır. Z-DPM'nin modellenmesi için, tek değişkenli (GARCH) ve çok değişkenli (DCC-GARCH) GARCH-tipi modeller ve durum uzayı formundaki Kalman filtresi (KFMR) kullanılmıştır. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nda (TCMB) efektif alış-şatışa konu olan, 9 ülkenin son 15 yıllık haftalık döviz kurlarının Türk Lirası (TL) cinsinden fiyatları, araştırma verisi olarak kullanılmıştır. Sonuçta, Z-DPM'nin KFMR ile modellenmesi durumunda, döviz kurlarının modellenmesi ve gelecek tahmini konusunda diğerlerine karşı daha iyi performans gösterdiği; fakat Z-DPM'nin GARCH ve DCC-GARCH ile modellenmesi durumunda ise DPM'ye göre yetersiz kaldığı görülmüştür. Döviz kurlarındaki beta risklerinin durağan olmadığı temel sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beta Riski, DCC-GARCH, GARCH, Kalman Filtresi, Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeli (SVFM)

JEL Sınıflandırma Kodları: C53, G12, G17

Modeling and Forecasting of Beta Risks: The Case of Foreign Currency Portfolio in Turkey² Abstract

In this study, Linear Market Model (LMM) is used which is consistent with the Capital Asset Pricing Model (CAPM) and enables the beta risk as the benchmark model for the purposes of perform the modeling and forecasting of the foreign currency portfolios to be established by the foreign currency investors in Turkey. Performance of Capital Asset Pricing Model is compared with the Time-varying Linear Market Model (Tv-LMM) is used which is consistent with the Conditional Capital Asset Pricing Model (C-CAPM) and enables the time-varying beta risk. For the modeling of Tv-LMM, univariate (GARCH) and multivariate (DCC-GARCH) GARCH-type models and state space form via Kalman filter algorithm (KFMR) are used. The prices of the weekly foreign currency exchange rates in Turkish Liras (TL) of the period of last 15 years for 9 countries subject to effective purchase-sales as an indicator at Central Bank of the Republic of Turkey (CBRT) based on these prices are used as the research data. To sum up, in the case of modeling of Tv-LMM with KFMR, it is shown that it shows much better performance compared to the other models in modeling of foreign currency exchange rates and future estimation; whereas, in case of modeling of Tv-LMM with GARCH and DCC-GARCH, it is shown to be insufficient compared to OLS. It is concluded that the beta risks of exchange rates are not stable.

Keywords: Beta Risk, DCC-GARCH, GARCH, Kalman Filter, Capital Asset Pricing Model (CAPM)

JEL Classification Codes: C53, G12, G17

¹ Bu makale Dr. Öğr. Üyesi Serdar NESLİHANOĞLU danışmanlığında Merve PAKER tarafından Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İstatistik Bölümünde tamamlanan "Türkiye'deki döviz piyasalarında beta riskinin tek ve çok değişkenli GARCH modelleri ile modellenmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

² Extended abstract is presented at the end of the article.

Geliş Tarihi (Received): 03.10.2020 – Kabul Edilme Tarihi (Accepted): 01.12.2021

Atıfta bulunmak için / Cite this paper:

Neslihanoglu, S. ve Paker, M. (2021). Beta risklerinin modellenmesi ve tahmini: Türkiye'deki döviz portföyü örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11 (2), 467-491. Doi: 10.18074/ckuiibfd.804693.

1. Giriş

Ekonomik globalleşmenin bir sonucu olan, ülkeler ve şirketler arasındaki ticari iş birlikleri ve anlaşmalardan kaynaklanan ekonomik olaylar ile küresel finansal piyasalardaki belirsizlikler, gün geçtikçe artmaktadır. Bu gibi durumlarda, yatırımcılar tarafından oluşturulan portföy ile bu portföye dahil edilen varlıklar arasındaki ilişkinin modellenmesi ve gelecek tahmini, yatırımcılar tarafından önem kazanmaktadır. Finansal piyasalardaki portföy tasarımları ve risklerinin yönetimi konusunda modern portföy yönetimi, sıklıkla tercih edilmektedir.

Modern portföy yönetiminin merkezinde, Markowitz (1952) tarafından geliştirilen Modern Portföy Teorisi (MPT) yer almaktadır. MPT'ye göre, finansal piyasalarda oluşturulan portföy ve bu portföye dahil edilen varlıkların getirisi ile risk seviyesi için varlığın varyans riski edilmektedir. Bu teoriyi temel alarak; Sharpe (1964), Lintner (1965) ve Mossin (1966) tarafından geliştirilen Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeli (SVFM) uygulama kolaylığı ve parametrelerinin esnekliği sebebiyle sıklıkla kullanılmaktadır. SVFM, sistematik riskin bir ölçüsü olarak tanımlanan durağan beta risk parametresine olanak sağlamaktadır. SVFM'deki durağan beta risk parametresinin tahmini ve döviz portföyü alanındaki çalışmalar için Atanasov ve Nitschka (2014) örnek olarak verilebilir.

Araştırmalarda, SVFM'nin en önemli varsayımlarından birisi olan, modeldeki değişkenler arasındaki doğrusallığın portföy modellemesi ve tahmini konusunda yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir (örn., Brooks, Faff ve McKenzie, 1998; Faff, Hiller ve Hiller, 2000; Choudhry ve Wu, 2009; Baillie ve Cho, 2016; Broadstock, Fan ve Zhang, 2016; Tzang, Wang ve Yu, 2016; Chevallier, Urom ve Zhu, 2020). Bu sebeple; doğrusallık varsayımı, yerel doğrusallık olarak araştırmalarda değiştirilmiş ve zamana bağlı değişen beta risk parametrelerinin modellenmesine olanak sağlayan Koşullu Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeli (K-SVFM) geliştirilmiştir (Jagannathan ve Wang, 1996). K-SVFM'de, portföy ile bu portföye dahil edilen varlıklar arasındaki dinamik ilişkinin modellenmesi için, SVFM'deki sabit varyans yerine, zamana bağlı değişen varyanslara olanak sağlayan koşullu varyans modelleri kullanılmıştır. Koşullu varyans modellerinden biri olan ve sıklıkla kullanılan tek değişkenli genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans (GARCH) modeli, 1986 yılında Bollerslev tarafından geliştirilmiştir. Finansal piyasalarda oluşturulan portföy ile bu portföye dahil edilen varlık arasındaki dinamik ilişki için, tek değişkenli GARCH tipi modellerinin aksine, birden fazla varlık arasındaki dinamik ilişkiyi ölçmeye olanak sağlayan, çok değişkenli genelleştirilmiş koşullu değişen varyans (MGARCH) tipi modeller ileri sürülmüştür. Bu araştırmada, portföy ile bu portföye dahil edilen varlıklar arasındaki dinamik ilişkileri ölçmek için dinamik koşullu korelasyonlara olanak sağlayan ve finansal krizlerin varlığında zaman serilerinin ortak hareketlerindeki değişkenliği açıklamak için, 2002 yılında Engle tarafından geliştirilen DCC-GARCH modeli kullanılmıştır. Literatürde, GARCH ve DCC-GARCH

modellerindeki, durağan olmayan varyanslar ile oluşturulmuş zamana bağlı değişen beta risk parametrelerine olanak sağlayan K-SVFM ile ilgili döviz portföy çalışmalarına örnek olarak; Malliaropoulos (1997), Mark (1998), Tai (2001) ve Mundra ve Bicchal (2020) çalışmaları verilebilmektedir.

Zamana bağlı değişen beta risk parametresine olanak sağlayan K-SVFM, aynı zamanda durum uzayı modeli formunda 1960 yılında Kalman tarafından geliştirilen Kalman filtresi algoritması ile de modellenmektedir. Kalman filtresi, filtreleme özelliğinin yanı sıra modellenen sistemin verilerini baz alarak, gelecek tahmini yapan bir tahmin yöntemi olarak tanımlanabilmektedir. Literatürde, durum uzayı modeli ile oluşturulmuş zamana bağlı değişen beta risklerine olanak sağlayan K-SVFM ile yapılan döviz portföy çalışmalarına örnek olarak; Goto, Xu ve Zhang (2014) ve Wang, Han, Huang ve Yost-Bremm (2020)'nin çalışmaları verilebilmektedir.

Bu araştırma ile Türkiye'deki döviz yatırımcısının portföylerinin SVFM ve K-SVFM ile modellenmesi ve gelecek tahmini konusundaki döviz portföyü uygulama literatürüne katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, SVFM ile tutarlı Doğrusal Piyasa Modeli (DPM), En Küçük Kareler (EKK) yöntemiyle ve K-SVFM ile tutarlı ve zamana bağlı değişen Doğrusal Piyasa Modeli (Z-DPM) ise tek değişkenli (GARCH) ve çok değişkenli (DCC-GARCH) GARCH-tipi modeller ve durum uzayı formundaki Kalman filtresi algoritması (KFMR) ile modellenmiştir. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nda (TCMB) gösterge niteliğindeki döviz ve efektif alış-satışa konu olan, 9 ülkenin son 15 yıllık dönemine ait eksik gözlem içermeyen Türk Lirası (TL) cinsinden haftalık döviz kuru fiyatları ve bunlardan eşit ağırlıklı olarak oluşturulmuş sepet kur, araştırma verisi olarak kullanılmıştır. Araştırma verilerinin modellenmesi ve bir yıllık gelecek tahmini aşamasında, bahsedilen modeller ile elde edilen DPM ve Z-DPM'nin performanslarının karşılaştırılması, Ortalama Mutlak Hata (HMO) ve Hata Kareler Ortalaması (HKO) kriterleri ile yapılmıştır.

Makalenin geri kalan kısımları şu şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 2'de, çalışmada kullanılan finansal ve istatistiksel yöntemlere; Bölüm 3'te, verinin temel istatistiksel özellikleri ve grafiksel gösterimlerine; Bölüm 4'te, modellerin veriyi modelleme ve tahmin analiz bulgularına; Bölüm 5'te ise bu araştırmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

2. Yöntem

2.1. Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeli (SVFM)

Araştırmanın temel modeli olarak tercih edilen ve Sharpe (1964), Lintner (1965) ve Mossin (1966) tarafından geliştirilen Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeli (SVFM) bir varlığın sistematik riski ile beklenen getirisi arasındaki ilişkiyi ortaya

koyan sabit katsayılı aşırı getiri modeli olarak tanımlanabilmektedir. SVFM aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$E(R_i) - R_f = \beta_{im}[E(R_m) - R_f] \quad i \in \{1, \dots, N\} \quad (1)$$

Buradaki, R_i ve $E(R_i)$ i . varlığın getirisi ve beklenen getirisi, R_m ve $E(R_m)$ ise portföyün getirisi ve beklenen getirisi olarak ifade edilir. R_f ise risksiz getiri oranıdır. β_{im} ise i . varlığın sistematik riskini gösteren bir parametredir ve beta risk parametresi olarak ifade edilir. Beta riski (β_{im}) aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$\beta_{im} = \frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)} \quad (2)$$

Buradaki, $Cov(R_i, R_m)$ i . varlık ile portföyün getirisi arasındaki kovaryansı ve $Var(R_m)$ ise portföyün varyansıdır.

SVFM ile tutarlı ve durağan beta risk parametrelerine olanak sağlayan Doğrusal Piyasa Modeli (DPM) aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. SVFM ile DPM arasındaki tutarlılık ile ilgili detaylar Neslihanoglu, Sogiakas, McColl ve Lee (2017) da bulunmaktadır.

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_i + \beta_{im}(R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{it} \quad t \in \{1, \dots, T\} \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_i^2) \quad (3)$$

Buradaki, $R_{mt} - R_{ft}$ portföyün t . zamandaki aşırı getirisini ve $R_{it} - R_{ft}$ ise i . varlığın t . zamandaki aşırı getirisini vermektedir. β_{im} ise i . varlığın beta riski olarak tanımlanır. ε_{it} ise i . varlığın t . zamandaki $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_i^2)$ ve $E(\varepsilon_{it}\varepsilon_{tk}) = 0$ için $i \neq k$ ve $E(\varepsilon_{it}\varepsilon_{i,t+j}) = 0$ için $j > 0$ artıklarıdır. DPM'nin sabit terimi olan α_i ise "0" olarak kabul edilecektir. Buradaki DPM, En Küçük Kareler (EKK) yöntemi ile modellenecektir.

2.2. Koşullu Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeli (K-SVFM)

SVFM'deki (Denklem 1) durağan beta risk parametresini zamana bağlı değişen parametre (β_{imt}) olarak tanımlayan model Koşullu Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeli (K-SVFM) (Jagannathan ve Wang, 1996) olarak ifade edilmektedir. K-SVFM ile tutarlı ve zamana bağlı değişen beta risk parametrelerine olanak sağlayan Zamana bağlı değişen Doğrusal Piyasa Modeli (Z-DPM) aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. K-SVFM ile Z-DPM arasındaki tutarlılık ile ilgili detaylar Neslihanoglu vd. (2017) da bulunmaktadır.

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_i + \beta_{imt}(R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{it} \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_i^2) \quad (4)$$

Buradaki, $R_{mt} - R_{ft}$ portföyün t . zamandaki aşırı getirisini ve $R_{it} - R_{ft}$ ise i . varlığın t . zamandaki aşırı getirisini vermektedir. β_{imt} ise i . varlığın t . zamandaki beta riski olarak tanımlanır. ε_{it} ise i . varlığın t . zamandaki $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_i^2)$ ve $E(\varepsilon_{it}\varepsilon_{tk}) = 0$ için $i \neq k$ ve $E(\varepsilon_{it}\varepsilon_{i,t+j}) = 0$ için $j > 0$ artıklarıdır. Z-DPM'nin sabit terimi olan α_i "0" olarak kabul edilecektir (Choudhry ve Wu, 2009).

Bu çalışmada, Z-DPM'deki zamana bağlı değişen beta risk parametreleri tek ve çok değişkenli GARCH-tipi modeller ve durum uzayı formunda Kalman filtresi algoritması ile modelleneyecektir.

2.2.1. Tek ve Çok Değişkenli GARCH-tipi Modeller

Z-DPM'deki zamana bağlı değişen beta risk parametreleri koşullu varyanslara olanak sağlayan tek ve çok değişkenli Genelleştirilmiş Otoresgresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) tipi modeller ile elde edilebilmektedir. GARCH-tipi modeller ile oluşturulan zamana bağlı değişen beta riski aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$\beta_{imt} = \frac{Cov(R_{it}, R_{mt})}{Var(R_{mt})} \quad (5)$$

Buradaki, $Cov(R_{it}, R_{mt})$ i . varlık ile portföyün t . zamandaki getirisi arasındaki kovaryansı ve $Var(R_{mt})$ ise portföyün t . zamandaki varyansıdır.

2.2.1.1. GARCH

Araştırmada finansal zaman serilerindeki dalgalanmaları (volatilité) koşullu varyanslar yardımıyla modellemek için en yaygın olarak kullanılan tek değişkenli GARCH-tipi modellerden, 1986 yılında Bollerslev tarafından geliştirilen GARCH (1,1) modeli tercih edilmiştir ve çalışmada model GARCH olarak ifade edilecektir. GARCH modeliyle i . varlığın ve portföyün t . zamandaki koşullu varyans ve kovaryansları aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$h_{iit} = \omega_{ii} + \psi_i \varepsilon_{it-1}^2 + \theta_i h_{it-1} \quad (6)$$

$$h_{mmt} = \omega_{mm} + \psi_m \varepsilon_{mt-1}^2 + \theta_m h_{mt-1} \quad (7)$$

$$h_{imt} = \rho_{im} \sqrt{h_{iit}} \sqrt{h_{mmt}} \quad i \neq m \quad (8)$$

Buradaki, h_{iit} i . varlığın t . zamandaki koşullu varyansını, h_{mmt} portföyün t . zamandaki koşullu varyansını ve h_{imt} ise i . varlık ile portföyün t . zamandaki kovaryanslarını ifade etmektedir. Ayrıca, koşullu varyansların t . zamanda pozitif

olmasını sağlamak için Nelson ve Cao (1992) tarafından $\omega > 0$, $\psi \geq 0$ ve $\theta \geq 0$ kısıtları ve durağanlığını sağlamak için ise $\psi + \theta < 1$ koşulu tanımlanmıştır.

GARCH ile elde Z-DPM'deki zamana bağlı değişen beta risk parametresi (Denklem 5) aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$\beta_{imt} = \frac{Cov(R_{it}, R_{mt})}{Var(R_{mt})} = \rho_{im} \frac{\sqrt{h_{iit}}}{\sqrt{h_{mmt}}} \quad (9)$$

Buradaki, ρ_{im} i . varlık ile portföy getirisi arasındaki sabit korelasyon katsayısıdır.

2.2.1.2. DCC-GARCH

Çok değişkenli GARCH-tipi modellerden birisi olan ve 2002 yılında Engle tarafından varlıklar ile portföy getirisi arasındaki dinamik koşullu korelasyonlara olanak sağlayan DCC-GARCH modeline ait koşullu kovaryans matrisi (H_t) aşağıdaki şekilde Tony-Okeke, Ahmadu-Bello, Niklewski ve Rodgers (2018) tarafından tanımlanmıştır.

$$H_t = D_t^{1/2} Z_t D_t^{1/2} \quad (10)$$

$$D_t = \text{diag}(h_{11t} \dots h_{NNt}) \quad (11)$$

$$Z_t = \text{diag}(q_{11t}^{-1/2} \dots q_{NNt}^{-1/2}) Q_t \text{diag}(q_{11t}^{-1/2} \dots q_{NNt}^{-1/2}) \quad (12)$$

$$Q_t = (1 - \eta - \theta) \bar{Q} + \eta u_t u_{t-1}' + \theta Q_{t-1} \quad (13)$$

Buradaki, u_t ise $u_{it} = \frac{\varepsilon_{it}}{\sqrt{h_{iit}}}$ ($i \in \{1, \dots, N\}$)'nin elemanları vektörü ve \bar{Q} ise u_t 'nin koşulsuz kovaryans matrisidir. η ve θ değerlerinin negatif değer alması için $\eta + \theta < 1$ kısıtı tanımlanmıştır. Koşullu korelasyon matrisi ise Z_t olarak tanımlanmıştır. DCC-GARCH modelindeki koşullu varyanslar (h_{iit}) bu araştırmada GARCH modelinden elde edilmiştir.

DCC-GARCH ile elde Z-DPM'deki zamana bağlı değişen beta risk parametresi (Denklem 5) aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$\beta_{imt} = \frac{Cov(R_{it}, R_{mt})}{Var(R_{mt})} = \frac{h_{imt}}{h_{mmt}} \quad (14)$$

Bu araştırmadaki, tek ve çok değişkenli GARCH-tipi modellerdeki koşullu varyansların modellenmesi için R programlama dilindeki (R Core Team, 2018) *rugarch* ve *rmgarch* paketleri kullanılmıştır.

2.2.2. KFMR

Durum uzayı formundaki zamana bağlı değişen beta risk parametrelerine olanak sağlayan Z-DPM (Denklem 4) aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Neslihanoglu vd., 2017)

$$R_{it} - R_{ft} = \beta_{imt}(R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{it} \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, H_i) \quad (15)$$

$$\beta_{imt} = \bar{\beta}_{im} + \phi_i(\beta_{imt-1} - \bar{\beta}_{im}) + w_{it} \quad w_{it} \sim N(0, Q_i) \quad (16)$$

Burada, $R_{mt} - R_{ft}$ portföyün t . zamandaki aşırı getirisi ve $R_{it} - R_{ft}$ ise i . varlığın t . zamandaki aşırı getirisidir. ε_{it} ortalaması 0, varyansı H_i olan bağımsız ve aynı dağılıma sahip rastgele değişkendir. ($\varepsilon_{it} \sim N(0, H_i)$). Beta risk parametresi modelinin (β_{imt}) artık terimi olan w_{it} 'nin ortalaması 0, varyansı Q_i olan bağımsız ($w_{it} \sim N(0, Q_i)$). ϕ_i ise i . varlığın hız parametresidir ve i . varlığın zamana bağlı değişen beta tahminlerinin durağan beta ortalaması etrafından ne hızla değiştiğini ifade etmek için kullanılır ve $0 \leq \phi_i \leq 1$ olarak tanımlanır.

Bu çalışmada, KFMR'deki parametreler 1960 yılında Kalman tarafından geliştirilen Kalman filtresi algoritması ile elde edilmiştir. Kalman Filter algoritması Shumway ve Stoffer (2006)'da detaylı şekilde anlatılmıştır. Bu çalışmadaki KFMR kodları tarafımızdan R programlama dilinde (R Core Team, 2018) yazılmıştır.

2.3. Model Karşılaştırma Kriterleri

DPM ve Z-DPM'yi modellemek için tanımlanan modellerin, modelleme ve gelecek tahmini performanslarını karşılaştırmak için kullanılan Ortalama Mutlak Hata (HMO) ve Hata Kareler Ortalaması (HKO) kriterleri aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$HMO_i = \sum_{t=1}^T \frac{|(R_{it} - R_{ft}) - \widehat{(R_{it} - R_{ft})}|}{T} \quad (17)$$

$$HKO_i = \sum_{t=1}^T \frac{\left((R_{it} - R_{ft}) - \widehat{(R_{it} - R_{ft})} \right)^2}{T} \quad (18)$$

Burada, $R_{it} - R_{ft}$ ve $\widehat{(R_{it} - R_{ft})}$ sırasıyla i . varlığın t . zamandaki gözlem değerini ve modelleme (gelecek tahmin) değerini göstermektedir.

3. Verinin Tanımı

Araştırma verileri 2 Ocak 2005 ile 2 Ocak 2020 tarihleri arasında Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB)'ndaki gösterge niteliğindeki döviz kurlarından sadece efektif alış-satışa konu olan ve belirlenen zaman periyodunda eksik gözlem içermeyen 9 ülkenin haftalık döviz kuru fiyatlarına ait kapanış fiyatları Türk Lirası (TL) cinsinden değerlerinden oluşmaktadır. Sepet kur ise bu döviz kurlarının eşit olarak ağırlıklandırılmasından elde edilmiştir. Risksiz faiz oranı olarak 3 aylık Türk Lirası Referans Faiz Oranı (TRLIBOR) tercih edilmiştir. Araştırmadaki döviz kurları verileri <https://www.investing.com/> ve risksiz faiz oranı verileri ise <http://www.trlibor.org/veriler.aspx> adreslerinden elde edilmiştir. Araştırma verilerinin kısaltmalarına Tablo 1'de yer verilmiştir.

Tablo 1: Verilerinin Kısaltmaları

Kısaltmalar	Döviz Kodu	Döviz Açıklama
SPT	SEPET	Sepet Kur
AUD	AUD/TRY	Avustralya Doları
CAD	CAD/TRY	Kanada Doları
CHF	CHF/TRY	İsviçre Frangı
DKK	DKK/TRY	Danimarka Kronu
EUR	EUR/TRY	Euro
GBP	GBP/TRY	İngiliz Sterlini
NOK	NOK/TRY	Norveç Kronu
SAR	SAR/TRY	Suudi Arabistan Riyali
USD	USD/TRY	ABD Doları

Araştırmadaki, 9 ülkenin döviz kuru getirisi (R_{it}) ve bunlardan eşit ağırlıklandırılarak oluşturulan sepet kur getirisi (R_{mt}) aşağıdaki şekilde ele edilmiştir.

$$R_{it} = \ln(P_{it}) - \ln(P_{it-1}) \quad (19)$$

Burada, P_{it} ve P_{it-1} t . ve $t-1$. zamandaki döviz kurlarının kapanış fiyatlarını göstermektedir. Bu araştırmada, R_{ft} t . haftadaki haftalık risksiz faiz oranı ve $TRLIBOR_t$ ise yıllık olarak yüzde cinsinden 3 aylık faiz oranıdır.

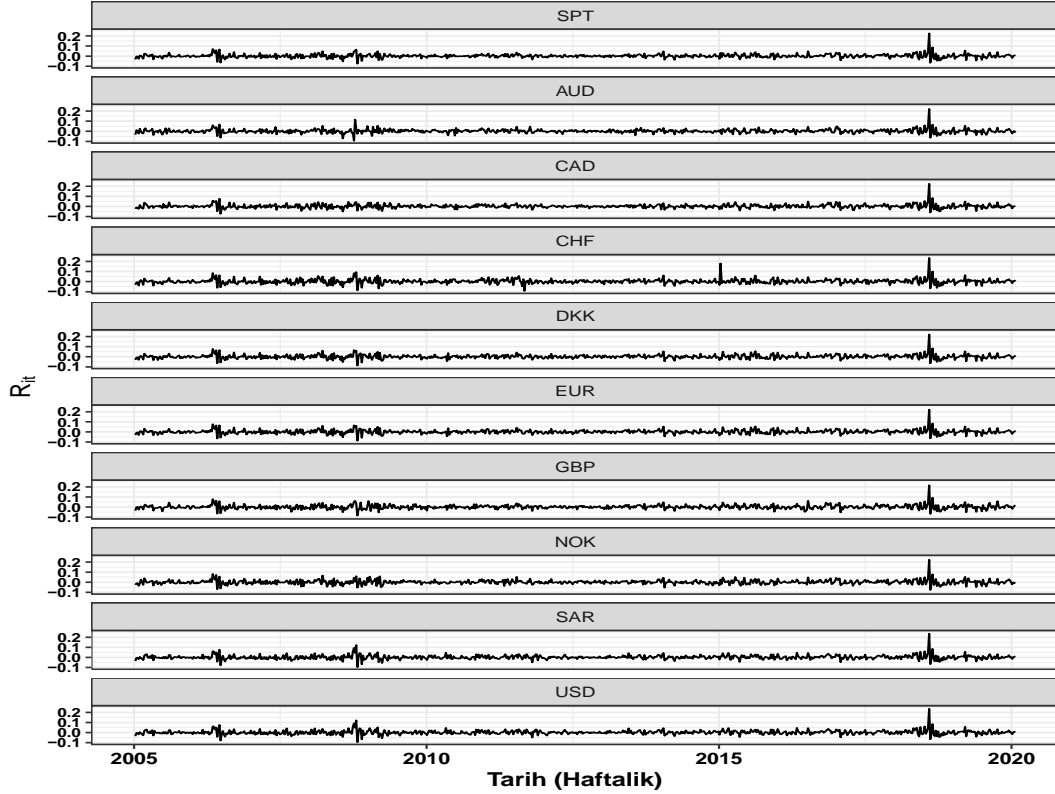
Tablo 2: Verilerin Tanımlayıcı ve Test İstatistikleri

	Ortalama	Std. Sp.	Çarpıklık	Basıklık	Jarque-Bera	Ljung-Box
SPT	0,171	1,904	2,184	28,046	21288,36*	56,11*
AUD	0,169	1,971	1,918	24,589	15836,86*	41,30*
CAD	0,176	1,947	2,002	24,534	15802,26*	53,02*
CHF	0,211	2,375	1,808	19,044	8911,08*	44,80*
DKK	0,164	2,068	1,630	19,799	9647,60*	60,43*
EUR	0,164	2,065	1,636	19,883	9743,29*	60,48*
GBP	0,141	2,118	1,420	17,074	6792,52*	43,31*
NOK	0,137	2,099	1,623	18,819	8591,53*	46,42*
SAR	0,185	2,134	1,980	23,136	13872,75*	46,00*
USD	0,185	2,131	1,976	23,142	13878,60*	45,99*
TRLIBOR	0,228	0,083	0,640	2,663	57,49*	16725,48*

Not: Tablodaki Ortalama ve Std. Sp. (Standart Sapma) değerleri hesaplanan değerlerin 100 katı alınarak oluşturulmuş değerlerdir. Jarque-Bera istatistiği, sıfır hipotezin (H_0) serinin dağılımı ile normal dağılım arasında fark yoktur şeklinde tanımlandığı Jarque-Bera normallik testi istatistiğini; Ljung-Box istatistiği ise sıfır hipotezinin (H_0) seride otokorelasyon yoktur şeklinde kurulduğu Ljung-Box otokorelasyon test istatistik test sonuçlarını göstermektedir. Tablodaki "*" işaretli olanlar %95 güven düzeyinde sıfır hipotezinin (H_0) reddedildiğini göstermektedir.

Tablo 2’de 9 ülkenin haftalık döviz kurunun eşit ağırlıklandırılması ile oluşturulan sepet kur (SPT) ve bu döviz kurlarının haftalık getirilerine ait tanımlayıcı ve test istatistikleri sonuçlarına yer verilmiştir. Tablo 2’deki sonuçlara göre SPT ortalamasının pozitif olması araştırmadaki zaman periyodunda sepet kura yatırım yapacak olan yatırımcıların maddi kazanç elde edeceğinin göstergesidir. Ortalama değerlerinin standart sapma değerlerine kıyasla SPT ve 9 ülke döviz kurlarında düşük olması, incelenen zaman periyodunda sepet kurdaki aşırı dalgalanmaların (volatilite) bir göstergesi olarak kabul edilebilmektedir. Standart sapmanın riskin bir ölçüsü olarak düşünüldüğü durumda standart sapması en yüksek olan İsviçre Frangı (CHF) ise riski en yüksek olan döviz kuru iken en düşük standart sapmaya sahip olan SPT’nin ise en düşük riske sahip olduğu söylenebilir. Suudi Arabistan Riyali (SAR) ile ABD Doları (USD) ve Danimarka Kronu (DKK) ile Euro (EUR) döviz kurlarına ait tanımlayıcı istatistik değerlerinin yaklaşık değerlere sahip olması, bu döviz kurlarının gözlemlenen zaman periyodunda benzer hareketler izleyebileceğini göstermektedir. Jarque-Bera test istatistiği sonuçlarına göre döviz kurlarına ait haftalık getirilerin normal dağılımdan farklı bir dağılım gösterdiği ve Ljung-Box test istatistiği sonuçlarına göre döviz kurlarına ait haftalık getirilerin istatistiksel olarak anlamlı bir otokorelasyona sahip olduğu %95 güven düzeyinde söylenebilmektedir. Bu yorumlara paralel olarak döviz kuru getirilerine ait basıklık değerlerine bakıldığında değerlerin 3’ten büyük olması getirilere ait

dağılımın normal dağılıma göre basık ve kalın kuyruklu olduğunu göstermektedir. En yüksek basıklık değerine sahip olan SPT kurunun yatırımcılarının, diğer döviz yatırımcılarına kıyasla daha fazla maddi kayıp ve/veya kazanca bu zaman periyodunda sahip olduğu söylenebilir. Döviz kuru getirilerinin pozitif çarpıklık katsayısına sahip olması ise maddi kazançlarda kayıplara kıyasla aşırı artışlar gözlemlenebileceği şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 1: Sepet Kur (R_{mt}) ve 9 Ülkenin Döviz Kurunun Haftalık Getirilerine (R_{it}) Ait Zaman Serisi Grafikleri

Şekil 1’de SPT ile 9 ülkenin döviz kurunun haftalık getirilerine ait zaman serisi grafikleri verilmiştir. Buradaki, grafikler incelendiğinde döviz kurlarında trend gözlemlenmemiş ve Tablo 2’deki tanımlayıcı istatistiklere ait yorumlarla tutarlı döviz kuru hareket sonuçları olduğu gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, SPT ve 9 farklı döviz kurunda özellikle 2008’in Eylül ayındaki dünyadaki mortgage krizi ve 2018’nin Ağustos ayındaki Türkiye ekonomisinde gözlemlenen ekonomik krizin bir sonucu olarak döviz kurlarında aşırı dalgalanmalar olduğu net olarak gözlemlenmiştir.

4. Bulgular

4.1. Verilerin Modellenmesi

Bu bölümde, SVFM ile tutarlı DPM'deki (Denklem 3) durağan beta riskinin modellenmesine olanak sağlayan EKK yöntemi ve K-SVFM ile tutarlı Z-DPM'deki (Denklem 4) zamanla değişen beta riskinin modellenmesini koşullu varyanslar yardımıyla modelleyen tek değişkenli (GARCH) ve çok değişkenli (DCC-GARCH) GARCH-tipi modeller ile ortalama etrafında dönen betaların durum uzayı formundaki Kalman filtresi ile modellenmesinin performanslarının karşılaştırılmasında, HMO (Ortalama Mutlak Hata, Denklem 17) ve HKO (Ortalama Kare Hatası, Denklem 18) model karşılaştırma kriterleri kullanılmaktadır.

Tablo 3: HMO ($\times 10^2$) Kriteri ile Modellerin Modelleme Performanslarının Karşılaştırmaları

Döviz Kuru	DPM	Z-DPM		
	EKK	GARCH	DCC-GARCH	KFMR
AUD	0,815	0,856	0,821	0,611
CAD	0,680	0,699	0,688	0,654
CHF	0,650	0,739	0,727	0,459
DKK	0,501	0,525	0,512	0,489
EUR	0,504	0,529	0,516	0,491
GBP	0,582	0,601	0,592	0,563
NOK	0,776	0,808	0,798	0,731
SAR	0,682	0,694	0,689	0,589
USD	0,680	0,692	0,687	0,593
Ortalama	0,652	0,683	0,670	0,576
Artış/Azalış (+/- %)		-0,048	-0,028	0,117

Tablo 3'te HMO kriteri ile araştırmada tanımlanan modellerin 9 farklı döviz kuru için modelleme performanslarının karşılaştırılması sonuçlarına yer verilmiştir. Tablo 3'te HMO model karşılaştırma kriterine göre her bir döviz kuru için en küçük HMO değerine sahip olan model en iyi modelleme performansına sahip model olarak seçilmiş ve koyu renk ile belirtilmiştir. HMO sonuçlarının ortalamalara göre DPM'yi modelleyen EKK'ye göre % 0,117'lik artışın Z-DPM'yi modelleyen KFMR tarafından olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Fakat, EKK'nin Z-DPM'yi modelleyen GARCH-tipi modellere kıyasla daha iyi performansa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, DCC-GARCH'nın GARCH'a

kıyasla daha iyi modelleme performansına sahip olduğu HMO sonuçlarının ortalamalarına göre söylenebilmektedir.

Tablo 4'te HKO kriteri ile araştırmada tanımlanan modellerin 9 farklı döviz kuru için modelleme performanslarının karşılaştırılması sonuçlarına yer verilmiştir. Tablo 4'te HKO model karşılaştırma kriterine göre en küçük HKO değerine sahip olan model en iyi modelleme performansına sahip model olarak seçilmiş ve koyu renk ile belirtilmiştir. HKO sonuçlarının ortalamalara göre DPM'yi modelleyen EKK'ye göre % 0,263'lük artışın Z-DPM'yi modelleyen KFMR tarafından olduğu sonucuna ulaşılırken Z-DPM'yi modelleyen GARCH ve DCC-GARCH'ın ise EKK'ye kıyasla daha kötü performansa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, HKO ortalamaları sonuçlarına göre DCC-GARCH'ın GARCH'a kıyasla daha iyi modelleme performansına sahip olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 4: HKO (x10⁴) Kriteri ile Modellerin Veri Modelleme Performanslarının Karşılaştırmaları

Döviz Kuru	DPM	Z-DPM		
	EKK	GARCH	DCC-GARCH	KFMR
AUD	1,416	1,560	1,636	0,712
CAD	0,803	0,844	0,816	0,739
CHF	1,026	1,407	1,334	0,448
DKK	0,458	0,521	0,497	0,443
EUR	0,464	0,528	0,503	0,447
GBP	0,638	0,686	0,665	0,600
NOK	1,038	1,119	1,087	0,914
SAR	0,832	0,863	0,864	0,606
USD	0,826	0,859	0,858	0,617
Ortalama	0,833	0,932	0,918	0,614
Artış/Azalış (+/- %)		-0,119	-0,102	0,263

Sonuç olarak, K-SVFM ile tutarlı olan Z-DPM'nin, KFMR ile modellenmesi durumunda SVFM ile tutarlı DPM'ye kıyasla daha iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu durumda sistematik riskin bir ölçüsü olarak tanımlanan beta parametresinin durağan olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.2. Verilerin Gelecek Tahminleri

Bu bölümde, DPM'deki (Denklemler 3) durağan beta riskinin modellenmesine olanak sağlayan EKK ve Z-DPM'deki (Denklemler 4) zamanla değişen beta riskini

modellenmesini koşullu varyanslar yardımıyla modelleyen GARCH, DCC-GARCH ve KFMR'nin tahmin performanslarının karşılaştırılmasında, HMO ve HKO model karşılaştırma kriterleri kullanılmaktadır. Burada, verilerin gelecek tahmini için kayar pencere yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin uygulanması sırasında, modelleme periyodu 8 seçilerek gelecek 1 yıllık haftalık döviz kuru tahminleri yapılmıştır.

Tablo 5: HMO (x10²) Kriteri ile Modellerin Veri Tahmin Performanslarının Karşılaştırmaları

Döviz Kuru	DPM	Z-DPM		
	EKK	GARCH	DCC-GARCH	KFMR
AUD	0,540	0,531	0,545	0,493
CAD	0,416	0,415	0,420	0,369
CHF	0,463	0,533	0,467	0,341
DKK	0,329	0,251	0,338	0,316
EUR	0,335	0,249	0,344	0,360
GBP	0,767	0,587	0,778	0,354
NOK	0,708	0,649	0,717	0,520
SAR	0,449	0,467	0,453	0,356
USD	0,447	0,464	0,451	0,356
Ortalama	0,495	0,461	0,501	0,385
Artış/Azalış (+/- %)		0,069	-0,012	0,222

Tablo 5'te HMO kriteri ile tanımlanan modellerin 9 farklı döviz kuru için veri tahmin performanslarının karşılaştırılma sonuçlarına yer verilmiştir. Tablo 5'te HMO kriterine göre en küçük HMO değerine sahip olan model en iyi tahmin performansına sahip model olarak seçilmiş ve koyu renk ile belirtilmiştir. HMO sonuçlarının ortalamalarına göre DPM'yi modelleyen EKK'ye göre % 0,222'lik artışın Z-DPM'yi modelleyen KFMR tarafından olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Z-DPM'yi modelleyen DCC-GARCH'ın ise EKK'ye kıyasla daha kötü performansa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, HKO ortalamaları sonuçlarına göre GARCH'ın DCC-GARCH'a kıyasla daha iyi tahmin performansına sahip olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 6'da HKO kriteri ile tanımlanan modellerin 9 farklı döviz kuru için veri tahmin performanslarının karşılaştırılma sonuçlarına yer verilmiştir. Tablo 6'da HKO kriterine göre en küçük HMO değerine sahip olan model en iyi tahmin performansına sahip model olarak seçilmiş ve koyu renk ile belirtilmiştir. HKO sonuçları ortalamalarına göre DPM'yi modelleyen EKK'ye göre % 0,432'lik artışın Z-DPM'yi modelleyen KFMR tarafından olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Z-DPM'yi modelleyen DCC-GARCH'ın ise EKK'ye kıyasla daha kötü performansa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, HKO ortalamaları sonuçlarına göre GARCH'ın DCC-GARCH'a kıyasla daha iyi tahmin performansına sahip olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 6: HKO (x10⁴) Kriteri ile Modellerin Veri Tahmin Performanslarının Karşılaştırmaları

Döviz Kuru	DPM	Z-DPM		
	EKK	GARCH	DCC-GARCH	KFMR
AUD	0,438	0,429	0,446	0,415
CAD	0,283	0,288	0,290	0,212
CHF	0,337	0,624	0,347	0,177
DKK	0,189	0,095	0,202	0,085
EUR	0,194	0,091	0,207	0,090
GBP	0,924	0,637	0,947	0,200
NOK	0,791	0,652	0,808	0,568
SAR	0,316	0,332	0,322	0,201
USD	0,313	0,328	0,319	0,203
Ortalama	0,421	0,386	0,432	0,239
Artış/Azalış (+/- %)		0,083	-0,026	0,432

Sonuç olarak, K-SVFM ile tutarlı Z-DPM'nin durum uzayı modeli olan KFMR ile modellenmesi durumunda SVFM ile tutarlı DPM'ye kıyasla daha iyi gelecek tahmini performansına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda, beta risklerinin zamana bağlı olarak değiştiği sonucuna ulaşılmaktadır.

4.3. KMFR Modeli Parametreleri

Araştırma verilerini en az hata payıyla modelleyen ve gelecek tahminini gerçekleştiren Z-DPM'nin KFMR algoritmasının modelleme aşamasındaki parametre tahminlerine Tablo 7'de yer verilmiştir. Tablo 7'deki sonuçlara göre döviz kurlarının \hat{Q}_i değerlerinin \hat{H}_i değerlerine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum verideki dalgalanmaları yakalamada beta tahminlerinin (Denklem 16) gözlem tahminlerinden (Denklem 15) daha etkin olduğu söylenebilir. Döviz kurlarının zamana bağlı değişen betalarının ortalama tahminleri ($\hat{\beta}_{im}$) sonuçlarına göre $\hat{\beta}_{im}$ 'nin 1'den küçük olması durumunda döviz kurunun SPT'ye göre daha az dalgalandığı ve 1'den büyük olması durumunda ise döviz kurunun SPT'ye göre daha fazla dalgalandığı söylenebilmektedir. Bu durumda $\hat{\beta}_{im}$ tahmini 1'den küçük döviz kurlarının, 1'den büyük döviz kurlarına göre daha az riskli olduğu söylenebilir. Beta tahminlerindeki dalgalanma hızlarını

kontrol eden $\hat{\phi}_i$ değerinin 0'ya yakın olması durumunda beta tahmin değerlerinin $\hat{\beta}_{im}$ etrafında daha hızlı hareket ettiği söylenebilir. Araştırmada kullanılan durum uzayı modelleri formundaki Kalman Filter algoritmasının artık testleri Mergner (2009) tarafından tanımlanmıştır. Test sonuçlarına bakıldığında Jarque-Bera test istatistiği sonuçlarına göre, 9 adet döviz kurundaki artıkların normal dağılımdan farklı bir dağılıma sahip olduğu % 95 güven düzeyinde söylenebilmektedir. Het test istatistiği sonuçlarına göre, 9 döviz kurunun artıklarında heterodastisite (değişen varyanslılık) sorunu olmadığı % 95 güven düzeyinde söylenebilmektedir. Ljung-Box test istatistiği sonuçlarına göre, 5 döviz kurunun artıkları arasında otokorelasyon sorunu olmadığı % 95 güven düzeyinde söylenebilmektedir.

Tablo 7: Z-DPM'yi Modelleyen KFMR'nın Parametre Tahminleri Ve Artıkların Testi

Döviz Kuru	Parametre Tahminleri				Artık Testleri		
	$\hat{Q}_i \times 10^2$	$\hat{H}_i \times 10^2$	$\hat{\phi}_i$	$\hat{\beta}_{im}$	Jarque-Bera	Het	Ljung-Box
AUD	15.711 (2.028)	0.009 (0.001)	0.000 (0.000)	0.781 (0.024)	332.811* (0.000)	0.659 (0.999)	23.977 (0.683)
CAD	0.140 (0.142)	0.008 (0.000)	0.936 (1.614)	0.880 (0.027)	41.784* (0.000)	0.596 (0.999)	66.037* (0.000)
CHF	15.577 (2.355)	0.006 (0.000)	0.090 (0.018)	1.154 (0.033)	3495.698* (0.000)	0.924 (0.738)	42.647* (0.037)
DKK	0.027 (0.039)	0.004 (0.000)	0.950 (1.952)	1.040 (0.021)	354.188* (0.000)	1.042 (0.369)	43.595* (0.031)
EUR	0.037 (0.047)	0.005 (0.000)	0.943 (1.571)	1.037 (0.021)	492.274* (0.000)	1.018 (0.441)	42.379* (0.040)
GBP	0.604 (0.576)	0.006 (0.000)	0.963 (1.204)	1.045 (0.018)	641.373* (0.000)	0.865 (0.879)	39.260 (0.077)
NOK	2.270 (1.380)	0.010 (0.001)	0.795 (1.054)	0.963 (0.022)	34.341* (0.000)	0.655 (0.966)	35.304 (0.161)
SAR	4.326 (1.470)	0.007 (0.000)	0.253 (0.081)	0.988 (0.023)	77.776* (0.000)	0.556 (0.999)	32.546 (0.253)
USD	3.808 (1.555)	0.007 (0.000)	0.314 (0.116)	0.986 (0.023)	77.522* (0.000)	0.560 (0.998)	31.420 (0.299)

Not: Parametre tahminleri bölümündeki (...) parantez içindeki değerler Z-DPM'yi modelleyen KFMR'nın parametre tahminlerinin standart sapma değerlerini, Artık testleri bölümündeki italic (...) parantez içindeki değerler testlerin *p-value* değerlerini göstermektedir. Jarque-Bera istatistiği, normallik testi test istatistiğini; Het istatistiği heterodastisite test istatistiği ve Ljung-Box istatistiği ise otokorelasyon test istatistiği sonuçlarını göstermektedir. Tablodaki "*" işaretli olanlar %95 güven düzeyinde sıfır hipotezinin (H_0) reddedildiğini göstermektedir.

4.4. Beta Risklerinin Modellenme Tahminleri

Bu bölümde, DPM'deki (Denklem 3) durağan beta riskinin modellenmesine olanak sağlayan EKK ve Z-DPM'deki (Denklem 4) zamanla değişen beta riskinin GARCH (Denklem 9), DCC-GARCH (Denklem 14) ve KFMR (Denklem 15 ve 16) ile modellenme aşamasındaki beta riski tahminlerinin tanımlayıcı istatistiklerine Tablo 8'de ve beta riski tahmin grafiklerine ise Şekil 2'de yer verilmiştir.

Tablo 8: DPM ve Z-DPM'nin Modellemesindeki Beta Riski ($\hat{\beta}_{im}$) Tahmini Tanımlayıcı İstatistikleri

Model	Yöntem	Min.	Ortanca	Ortalama	Mak.	Std. Sp.	Çarpıklık	Basıklık
AUD								
DPM	EKK			0,826				
Z-DPM	GARCH	0,496	0,850	0,871	1,697	0,165	1,585	7,546
	DCC-GARCH	-0,072	0,808	0,762	1,351	0,217	-0,783	3,476
	KFMR	0,002	0,778	0,781	1,923	0,165	0,245	9,165
CAD								
DPM	EKK			0,908				
Z-DPM	GARCH	0,547	0,921	0,942	1,669	0,141	1,043	6,058
	DCC-GARCH	0,292	0,867	0,855	1,262	0,152	-0,155	2,932
	KFMR	0,671	0,877	0,880	1,013	0,058	-0,191	3,437
CHF								
DPM	EKK			1,127				
Z-DPM	GARCH	0,509	1,192	1,211	3,768	0,319	1,872	14,898
	DCC-GARCH	0,557	1,184	1,198	2,423	0,257	0,351	3,562
	KFMR	0,213	1,156	1,154	2,004	0,157	0,043	7,839
DKK								
DPM	EKK			1,026				
Z-DPM	GARCH	0,789	1,071	1,097	1,893	0,161	0,893	4,393
	DCC-GARCH	0,680	1,046	1,058	1,529	0,123	0,348	3,342
	KFMR	0,971	1,038	1,040	1,124	0,024	0,644	5,202
EUR								
DPM	EKK			1,023				
Z-DPM	GARCH	0,799	1,061	1,093	1,894	0,164	0,868	4,247
	DCC-GARCH	0,669	1,040	1,052	1,538	0,124	0,349	3,428
	KFMR	0,965	1,034	1,037	1,133	0,026	0,837	5,445

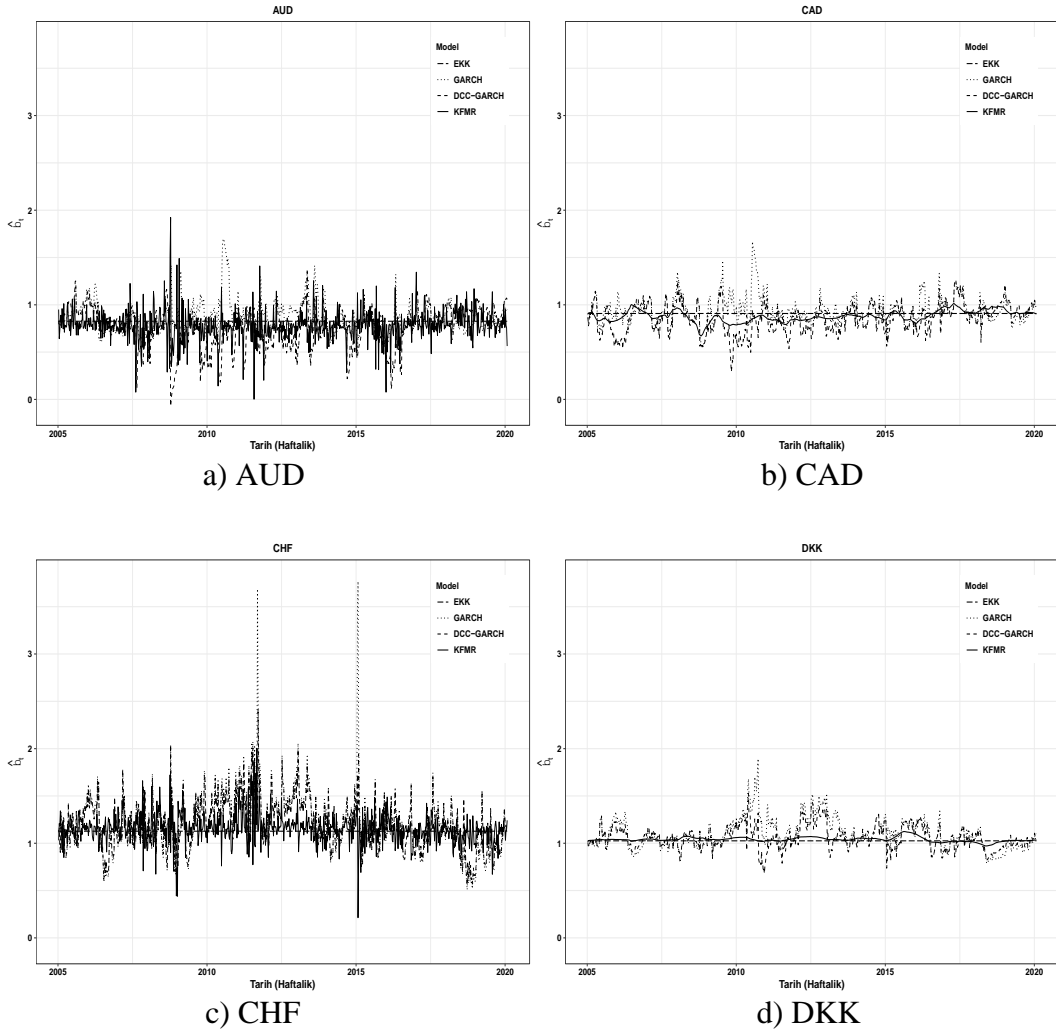
**Tablo 8 (Devam): DPM ve Z-DPM'nin Modellemesindeki Beta Riski ($\hat{\beta}_{im}$)
Tahmini Tanımlayıcı İstatistikleri**

GBP								
DPM	EKK			1,031				
Z-DPM	GARCH	0,805	1,079	1,106	1,895	0,171	1,151	5,150
	DCC-GARCH	0,764	1,070	1,085	1,705	0,139	0,816	4,643
	KFMR	0,916	1,045	1,045	1,101	0,013	-2,032	22,617
NOK								
DPM	EKK			0,965				
Z-DPM	GARCH	0,602	1,003	1,015	1,674	0,145	0,536	3,544
	DCC-GARCH	0,239	0,943	0,926	1,412	0,164	-0,594	4,143
	KFMR	0,609	0,963	0,963	1,127	0,035	-1,142	19,953
SAR								
DPM	EKK			1,013				
Z-DPM	GARCH	0,683	1,004	1,033	1,675	0,167	0,753	3,314
	DCC-GARCH	0,587	0,967	0,968	1,566	0,144	0,471	3,801
	KFMR	0,639	0,986	0,988	1,670	0,078	1,591	18,196
USD								
DPM	EKK			1,011				
Z-DPM	GARCH	0,684	1,006	1,034	1,682	0,167	0,730	3,264
	DCC-GARCH	0,577	0,967	0,966	1,563	0,144	0,429	3,687
	KFMR	0,669	0,984	0,986	1,623	0,074	1,543	17,106

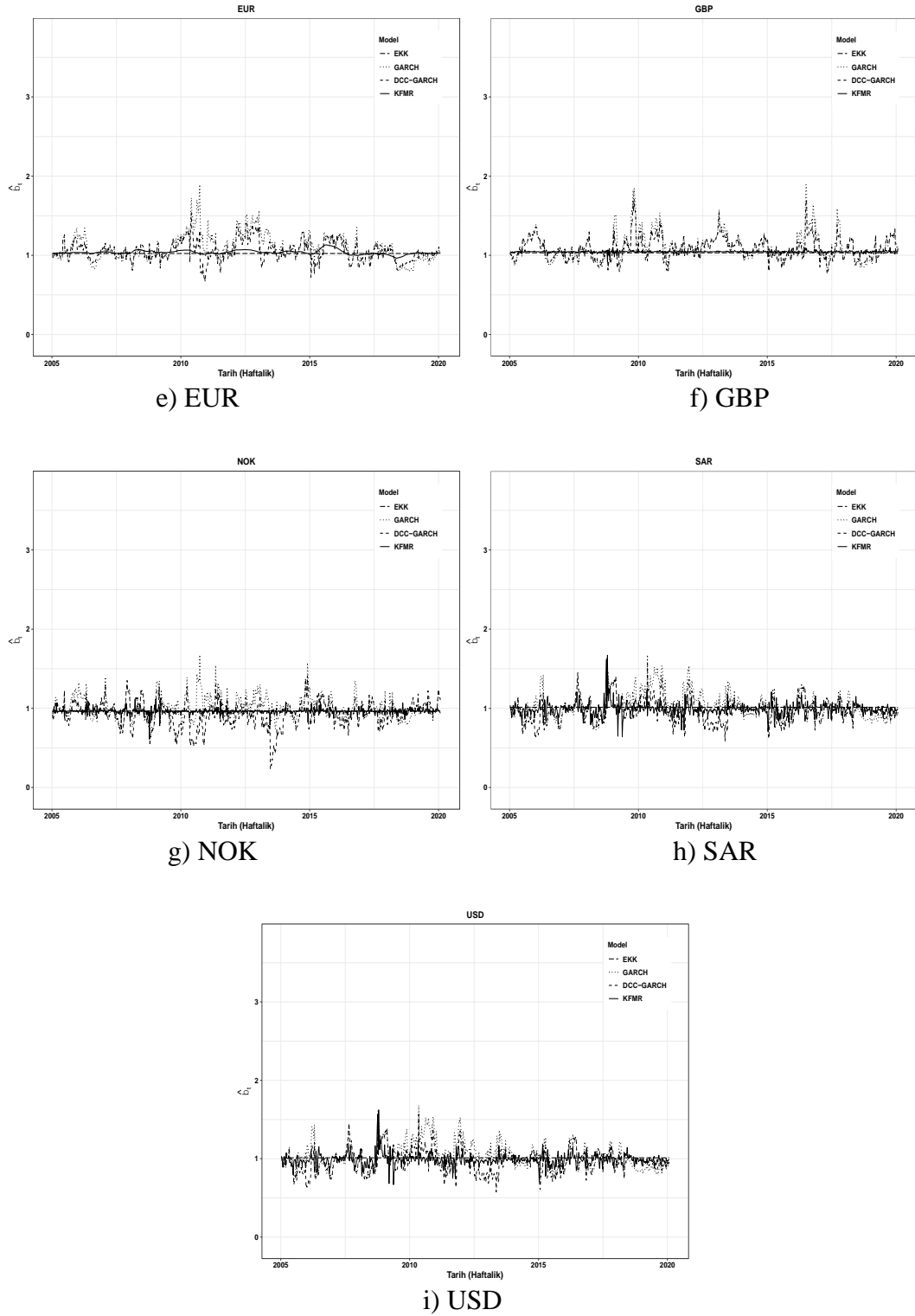
Not: Tablodaki Min. minimum, Mak. maksimum ve Std. Sp. standart sapma değerlerini göstermektedir.

Tablo 8'de verilen DPM ve Z-DPM'ye ait beta riski tahmini tanımlayıcı istatistiklerine bakıldığında, 9 döviz kuruna ait durağan olmayan beta riski tahminlerine olanak sağlayan GARCH, DCC-GARCH ve KFMR'a ait durağan olmayan beta riski tahminlerinin ortalama değerlerinin, EKK ile tahmin edilen ortalama beta riski tahmin değerinin etrafında değerler aldığı görülmektedir. Zamana bağlı değişen beta riski tahminlerinin standart sapma değerlerine göre en yüksek sapmaya sahip olan İsviçre Frangı (CHF), standart sapma riskin bir ölçüsü olarak kabul edildiğinde Tablo 2'deki sonuçlarla tutarlı olarak diğer döviz kurlarına göre riski en yüksek olan döviz kuru olduğu söylenebilir. Zamana bağlı beta riski tahminleri riskin ölçüsü olarak düşünüldüğünde ve beta riski ortalama tahminleri göz önüne alındığında 1'den küçük değer alan Avustralya Doları (AUD), Kanada Doları (CAD) ve Norveç Kronu (NOK) dövizlerine yapılan

yatırımların sepet kura (SPT) yapılan yatırımlara göre daha düşük riskli; beta katsayısı tahminleri 1'den büyük olan İsviçre Frangı (CHF), Danimarka Kronu (DKK), Euro (EUR), İngiliz Sterlini (GBP), Suudi Arabistan Riyali (SAR) ve ABD Doları (USD) dövizlerine yapılan yatırımların yapılan sepet kura (SPT) yapılan yatırımlara göre daha yüksek riskli yatırımlar olduğu söylenebilmektedir. Buna ek olarak, Suudi Arabistan Riyali (SAR) ile ABD Doları (USD) ve Danimarka Kronu (DKK) ile Euro (EUR) döviz kurlarına ait beta riski tahminleri tanımlayıcı istatistik değerlerine bakıldığında benzer değerlere sahip olduğu ve Tablo 2'deki tanımlayıcı istatistikleri ile tutarlı sonuçlar gözlemlenerek ilgilenilen zaman periyodunda belirtilen döviz kurlarının benzer hareketler izleyeceği söylenebilir.



Şekil 2: 9 Ülkenin Döviz Kurunun DPM ve Z-DPM'ye Ait Beta Riski Tahmini Grafikleri



Şekil 2 (Devam): 9 Ülkenin Döviz Kurunun DPM ve Z-DPM'ye Ait Beta Riski Tahmini Grafikleri

Şekil 2’de verilen 9 döviz kurunun DPM ve Z-DPM’ye ait beta riski tahminlerinin zaman serisi grafiklerine göre GARCH-tipi modeller ve KFMR ile modellenen Z-DPM’deki zamana bağlı değişen betaların, EKK ile modellenen DPM’deki durağan beta riski tahmininin etrafında dalgalandığı görülmektedir. Beta parametresi risk ölçüsü olarak kabul edildiğinde diğer döviz kurlarına kıyasla dalgalanmanın daha fazla olduğu yani en yüksek dalgalanmaya (volatiliteye) sahip dövizin İsviçre Frangı (CHF)’na ait olduğu görülmektedir. Aynı şekilde Tablo 2 ve 8’deki sonuçlar ile tutarlı olarak İsviçre Frangı (CHF)’nın diğer döviz kurlarına oranla daha riskli olduğu söylenebilir.

5. Sonuç

Bu araştırmada, Türkiye’deki yatırımcıların oluşturacakları döviz portföylerinin modellenmesi ve tahmini ile sistematik riskin bir ölçüsü olan, beta risk parametresine odaklanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, SVFM ile tutarlı ve durağan beta risk parametresine olanak sağlayan DPM, EKK yöntemi ve K-SVFM ile tutarlı ve zamana bağlı değişen beta risk parametresine olanak sağlayan Z-DPM ise tek değişkenli (GARCH) ve çok değişkenli (DCC-GARCH) GARCH-tipi modeller ve durum uzayı formunda Kalman filtresi algoritması (KFMR) ile modellenerek, modelleme ve tahmin performanslarının karşılaştırmaları yapılmıştır. TCMB’de gösterge niteliğindeki döviz ve efektif alış-satışa konu olan, 9 ülkenin son 15 yıllık dönemine ait Türk Lirası (TL) cinsinden haftalık döviz kuru fiyatları ve bu fiyatlardan eşit ağırlıklı olarak oluşturulan sepet kur, araştırma verisi olarak kullanılmıştır.

Bu araştırmada, üç temel sonuca ulaşılmıştır. İlk olarak, Z-DPM için durum uzayı formundaki KFMR kullanılması durumunda döviz kuru verilerinin modellenmesi ve gelecek tahmini konusundaki performansının, DPM’ye göre açık olarak daha iyi olduğu gözlemlenmiştir ve buradan da beta riskinin durağan olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Mergner ve Bulla (2008), Choudhry ve Wu (2009) ve Mergner (2009)’in çalışmalarının temel sonuçlarıyla tutarlıdır. Bununla birlikte Z-DPM’deki zamana bağlı değişen beta risk parametrelerinin GARCH ve DCC-GARCH tarafından modellenmesi ve gelecek tahmini konusunda, DPM’deki durağan beta risk parametrelerine olanak sağlayan EKK’ye göre çoğunlukla yetersiz kaldığı görülmüştür. Son olarak, Z-DPM’nin GARCH ve DCC-GARCH ile modellenme ve tahmin performanslarının karşılaştırılması durumunda ise, kesin bir ayırım yapılabilmesi mümkün görülmemiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlar ile döviz portföyü uygulama literatürüne katkıda bulunulmuştur.

Kaynakça

- Atanasov, V. ve Nitschka, T. (2014). Currency excess returns and global downside market risk. *Journal of International Money and Finance*, 47, 268-285.
- Baillie, R. T. ve Cho, D. (2016). Assessing Euro crises from a time varying international CAPM approach. *Journal of Empirical Finance*, 39, 197–208.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-327.
- Broadstock, D. C., Fan, Y., Ji. Q. ve Zhang D. (2016). Shocks and stocks: A bottom-up assessment of the relationship between oil prices, gasoline prices and the returns of chinese firms. *The Energy Journal*, 37 (China Special Issue), 55-86.
- Brooks, R. D., Faff, R. W. ve McKenzie, M. D. (1998). Time-varying beta risk of Australian industry portfolios: A Comparison of Modelling Techniques. *Australian Journal of Management*, 23(1), 1–22.
- Chevallier, J., Urom, C. ve Zhu, B. (2020). A dynamic conditional regime-switching GARCH CAPM for energy and financial markets, *Energy Economics*, 104577.
- Choudhry, T. ve Wu, H. (2009). Forecasting the weekly time-varying beta of UK firms: GARCH models vs Kalman filter method. *The European Journal of Finance*, 15(4), 437–444.
- Engle, R. (2002). Dynamic conditional correlation. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339-350.
- Faff, R. W., Hillier, D. ve Hillier, J. (2000). Time varying beta risk: An analysis of alternative modelling Techniques. *Journal of Business Finance & Accounting*, 5(6), 523-554.
- Goto, S. Xu, Y. ve Zhang, Y. (2014). Currency Risk Premium, Interest Rate Differentials, and the Holding Period, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2399492>.
- <https://www.investing.com/>, Erişim tarihi:01.02.2020.
- <http://www.trlibor.org/veriler.aspx>, Erişim tarihi:01.02.2020.

- Jagannathan, R. ve Wang, Z. (1996). The conditional CAPM and the cross-section of expected returns. *Journal of Finance*, 51(1), 3-53.
- Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. *Transactions of the ASME—Journal of Basic Engineering*, 82, Series D, 35–45.
- Lintner, J. (1965). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *The Review of Economics and Statistics*, 47(1), 13-37.
- Malliaropulos, D. (1997). A multivariate GARCH model of risk premia in foreign exchange markets. *Economic Modelling*, 14(1), 61–79.
- Mark, N. C. (1988). Time-varying betas and risk premia in the pricing of forward foreign exchange contracts. *Journal of Financial Economics*, 22(2), 335–354.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- Mergner, S. (2009). *Applications of State Space Model in Finance*, Universitätsverlag Göttingen.
- Mergner, S. ve Bulla, J. (2008). Time-varying beta risk of Pan-European industry portfolios: A comparison of alternative modeling techniques. *The European Journal of Finance*, 14(8), 771–802.
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in capital asset market. *Econometrica*, 35, 768–783.
- Mundra, S. ve Bicchal, M. (2020). Evaluating financial stress indicators: Evidence from Indian data. *Journal of Financial Economic Policy*. <http://dx.doi.org/10.1108/JFEP-11-2019-0232>.
- Nelson, D.B. ve Cao, C.Q. (1992). Inequality constraints in the univariate GARCH model. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(2), 229–235.
- Neslihanoglu, S., Sogiakas, V., McColl, J. ve Lee, D. (2017). Nonlinearities in the CAPM: evidence from developed and emerging markets. *Journal of Forecasting*, 36(8), 867-897.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

- Sharpe, W. F. (1964). A Theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, 19(3), 425-442.
- Shumway, R. ve Stoffer, D. (2006). *Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples*, Springer texts in statistics, Springer.
- Tai, Chu-S. (2001). A multivariate GARCH in mean approach to testing uncovered interest parity: vidence from Asia-Pacific foreign exchange markets. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 41(4), 2001, 441-460.
- Tony-Okeke, U., Ahmadu-Bello, J., Niklewski, J. ve Rodgers, T. (2018). Financial contagion and capital asset pricing in Africa: The impact of the 2007–09 and Euro-Zone crises on natural resources sector Beta in African emerging markets. *Research in International Business and Finance*, 45, 54-61.
- Tzang S. W., Wang, C. W. ve Yu, M. T. (2016). Systematic risk and volatility skew. *International Review of Economics and Finance*, 43, 72–87.
- Wang, J., Han, X., Huang, E. J. ve Yost-Bremm, C. (2020). Predictability in international stock returns using currency fluctuations and forward rate forecasts. *The North American Journal of Economics and Finance*, 52(C).

Modeling and Forecasting of Beta Risks: The Case of Foreign Currency Portfolio in Turkey

Extended Abstract

1. Introduction

For portfolio designs and risk management in accordance with financial markets, the Modern Portfolio Theory (MPT) developed by Markowitz (195) is frequently preferred. Founded on this theory, the Capital Asset Pricing Model (CAPM) was developed by Sharpe (1964), Lintner (1965), and Mossin (1966), and is used frequently in portfolio management due to the feasibility of its application and the flexibility of its parameters. Furthermore, CAPM provides a stable beta risk parameter that is defined as a measurement of systematic risk. CAPM's linearity assumption is modified in research as local linearity, and Conditional CAPM (C-CAPM) is developed providing the modeling of time with varying beta risk parameters (Jagannathan and Wang, 1996).

The aim of this research is to model the portfolios of foreign currency investors in Turkey with CAPM and C-CAPM, contributing to the foreign currency portfolio application literature under the subject of future estimations. In this regard, CAPM, being consistent with the Linear Market Model (LMM), is modeled with Ordinary Least Squares (OLS). Additionally, C-CAPM is consistent with the time-varying Linear Market Model (Tv-LMM) and is modeled with univariate (GARCH) and multivariate GARCH-type models (DCC-GARCH) with the state space form via the Kalman filter (KFMR). The weekly foreign currency exchange rates of 9 countries (Australian Dollars (AUD), Canadian Dollars (CAD), Swiss Francs (CHF), Danish Krone (DKK), Euro (EUR), British Pound (GBP), Norwegian Krone (NOK), Saudi Arabian Riyal (SAR), US Dollars (USD)) are contrasted with Turkish Liras (TL), as reported by the Republic of Turkey's Central Bank (TCMB), between 2/01/2005 to 2/01/2020. The currency basket is also created from equally weighted currency values. Both in the modeling and one year forecasting procedure, the performance comparison of LMM and Tv-LMM via the proposed models are performed. The R programming language (R Core Team, 2018) was used in these research analyses.

2. Method

The benchmark model, LMM, being consistent with CAPM, allows for stable beta risk parameters and are defined as follows:

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_i + \beta_{im}(R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{it} \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_i^2) \quad (1)$$

Here, $R_{mt} - R_{ft}$ is the excess return of a portfolio at time t and $R_{it} - R_{ft}$ is the excess return of currency i ($i = 1, \dots, 9$) at time t ($t = 1, \dots, T$). β_{im} accounts for the beta risk of currency i . ε_{it} are residuals, with $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_i^2)$ and $E(\varepsilon_{it}\varepsilon_{tk}) = 0$ for $i \neq k$ and $E(\varepsilon_{it}\varepsilon_{i,t+j}) = 0$ for $j > 0$. The constant term of LMM, α_i , is assumed to be 0. LMM is modeled with the OLS method throughout this research.

Tv-LMM, being consistent with C-CAPM, allows for time-varying beta risk parameters, which are defined as follows:

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_i + \beta_{imt}(R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{it} \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_i^2) \quad (2)$$

Here, β_{imt} is defined as the beta risk parameter of currency i at time t . The constant term of Tv-LMM, α_i , is assumed to be 0 (Choudhry and Wu, 2009). Time-varying beta risk parameters in Tv-

LMM (Equation 2) are modeled with univariate and multivariate GARCH-type and state space forms via the Kalman filter (KFMR) throughout this research.

The time-varying beta risk parameter in Tv-LMM obtained with GARCH is defined as follows:

$$\beta_{imt} = \frac{Cov(R_{it}, R_{mt})}{Var(R_{mt})} = \rho_{im} \frac{\sqrt{h_{iit}}}{\sqrt{h_{mmt}}} \quad (3)$$

Here, ρ_{im} is the constant correlation coefficient between currency i and the portfolio. h_{iit} stands for the conditional variances of currency i at time t and h_{mmt} stands for the conditional variances of the portfolio at time t .

The time varying beta risk parameter in Tv-LMM, obtained with DCC-GARCH, is defined as follows:

$$\beta_{imt} = \frac{Cov(R_{it}, R_{mt})}{Var(R_{mt})} = \frac{h_{imt}}{h_{mmt}} \quad (4)$$

Here, h_{imt} and h_{mmt} are the conditional variance of the portfolio and the conditional covariance of the portfolio and currency i at time t , respectively.

The state space form of Tv-LMM via Kalman filter (KFMR) is defined as follows:

$$R_{it} - R_{ft} = \beta_{imt}(R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{it} \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, H_i) \quad (5)$$

$$\beta_{imt} = \bar{\beta}_{im} + \phi_i(\beta_{imt-1} - \bar{\beta}_{im}) + w_{it} \quad w_{it} \sim N(0, Q_i) \quad (6)$$

Here, the observation (ε_{it}) and state (w_{it}) errors are assumed to be independent of each other and independent at time t . Furthermore, they are normally distributed with a mean of 0 with respect to observation variance (H_i) and state variance (Q_i), respectively. ϕ_i also quantifies over the temporal autocorrelation in β_{imt} in currency i .

3. Results and Discussion

According to the findings of this research, in the case of modeling and making future estimations with the C-CAPM-consistent KFMR of the Tv-LMM, it has been demonstrated that the aforementioned model produces a superior performance when compared with the CAPM-consistent LMM. Therefore, it is inferred that the beta parameter, defined as a measurement of systematic risk, is unstable.

When time-varying beta risk estimates and risk measurements are all taken into consideration, the investments made on the Australian Dollars (AUD), the Canadian Dollar (CAD), and the Norwegian Krone (NOK), which all had beta coefficient estimates of less than 1, can be said to have lower risk compared to the investments made on the currency basket (SPT); moreover, the investments made on the Swiss Franc (CHF), the Danish Krone (DKK), the Euro (EUR), the British Pound (GBP), the Saudi Arabian Riyal (SAR) and the US Dollar (USD), which all had beta coefficient estimates of greater than 1, can be described as being higher risk investments when compared to the investments made on the currency basket (SPT).

4. Conclusion

To conclude, it has been observed in this research that the performance in foreign currency exchange rate data modeling and forecasting when using the state space form of the Tv-LMM via KFMR is apparently superior when compared to the LMM. Thus, it was derived that the beta risk is unstable. Moreover, regarding the modeling of the time-varying beta risk parameters in the Tv-LMM with GARCH and DCC-GARCH, it is observed to be generally insufficient compared to the OLS method, which provides for stable beta risk parameters in the LMM. Finally, in the case of the Tv-LMM's modeling and forecasting with GARCH and DCC-GARCH, it was not possible to make any accurate distinctions. The results acquired in this research have therefore provided significant contributions to the literature of foreign currency portfolio applications.