

Uluslararası Kıymetli Metal Piyasalarının Rejim Dinamikleri¹

Ayben KOY² - Güldenur ÇETİN³ - İhsan ERSAN⁴

Makale Gönderim Tarihi: 05.11.2016

Makale Kabul Tarihi: 03.03.2017

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, kıymetli metal piyasalarının doğrusal olmayan yapılarını Çok Değişkenli Markov Rejim Değişim Modelleriyle (MMS-VAR) analiz etmektir. Çalışmanın gözlem aralığı 02 Ocak 2002 – 28 Mart 2016 olup, spot altın, gümüş, paladyum ve platine ait günlük kapanış fiyatlarını içermektedir. Araştırma sonuçları, uluslararası kıymetli metal piyasasının daralma, ılımlı büyüme ve genişleme rejimlerinden oluşan bir yapıya sahip olduğuna dair kanıtlar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kıymetli Metal Piyasaları, Doğrusal Olmama, Markov Rejim Değişim Vektör Otoregresif Modeli.

Jel Sınıflandırması: G11, G13, G15

Regime Dynamics of International Precious Metal Markets

ABSTRACT

The aim of this study is to analyze whether the precious metals have a nonlinear pattern by using Multivariate Markov Switching

¹ Çalışma, 19-22 Ekim 2016 tarihlerinde Trabzon'da düzenlenen 20. Ulusal Finans Sempozyumu'nda bildiri olarak sunulmuştur.

² Yrd. Doç. Dr., İstanbul Ticaret Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Bankacılık ve Finans Bölümü, akoy@ticaret.edu.tr

³ Dr., İstanbul Ticaret Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İktisat Bölümü, gadiguzel@ticaret.edu.tr

⁴ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Finans Bilim Dalı.

Vector Autoregressive Models (MMS-VAR). The observation period is between 02 January 2002 and 28 March 2016 and includes daily closed prices of gold, silver, palladium and platinum. Research results have evidence that the international precious metal market have a structure with three regimes as depression, moderate growth and expansion.

Keywords: Precious Metals Markets, Nonlinearity, Markov Switching Vector Autoregressive Model.

1. Giriş

Uluslararası metal piyasalarındaki varlıklar ve bu varlıkların dayanak alan menkul kıymetler, volatilité ve getiri farklılıkları ve pay piyasaları ile düşük korelasyonları nedeniyle uluslararası yatırımcılar tarafından portföylerinde değerlendirilirler (Arouri ve diğ.: 2013; Arouri ve Nguyen: 2010; Conover ve diğ.:2010; Daskalaki ve Skiadopoulos: 2011; Hammoudeh ve diğ.:2013). Finansal krizler, geçmiş yıllarda 1997 Asya Krizi'nde olduğu gibi bölgesel etkileri yüksek iken, 2000 yılında NASDAQ'taki payların büyük değer kaybına uğradığı Dot-com balonu, 2008 Mortgage Krizi ile başlayan Küresel Kriz ve sonrası dönemde, Dünya'da pay piyasalarının ortak hareketleri, yatırımcılar için alternatif yatırım araçlarını ön plana çıkarmıştır. Portföy çeşitlendirmede, pay piyasasına göre daha düşük volatilitéye sahip olan bu piyasaların fiyat değişimlerini modellemek, literatüre sağlayacağı katkıların yanında yatırımcılara vereceği bilgi açısından da önemli bir değere sahiptir. Bu çalışma, uluslararası kıymetli metal piyasalarını, doğrusal olmayan modellerden Çok Değişkenli Markov Rejim Değişim Vektör Otoregresif Modeliyle (Multivariate Markov Regime Vector Autoregressive Model - MMS-VAR) analiz eden ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır. Finansal zaman serilerinde gözlenen zamanla değişen varyans; kalın kuyruklu dağılım, çarpıklık gibi özellikleri yakalayan bu model (Ang and Timmermann:2011), küreselleşen piyasalardaki dalgalanmaları farklı rejimler altında belirleyip analiz etmekte oldukça başarılıdır.

Markov değişim modelinde, birbirinden bağımsız rassal değişkenlerden oluşan bir Markov zinciri aracılığıyla bir durumdan

veya rejimden diğere olan değişimi belirleyen stokastik süreç açıklanmaktadır. Markov zinciri, hangi rejimin mevcut olduğunu belirleyen ve doğrudan gözlemlenemeyen bir durum değişkeninin ya da değişkenler kombinasyonunun davranışını modellemek için kullanılır (Bildirici ve diğ.:2010). Markov Rejim Değişim Modelleri, doğrusal olmayan zaman serileri arasında ilk olarak 1989 yılında Hamilton'ın çalışması ile yer almıştır. Hamilton, ekonomideki dalgalanmaları MS-AR modeli ile incelemiştir. Doğrusal olmayan zaman serileri ile ilgili literatür, Hamilton'ın 1989 makalesinde iş döngüsü (business cycle)'ne uyguladığı bu modele çok yakın bir dönemde gelişme göstermiştir. Zaman serilerinin doğrusal olmayan modellerle test edildiği ilk çalışmalarda Tong (1983) gözlenen değerin hesaplanmış bir eşik değerinin altında veya üstünde olması ile rejim değişimlerini açıklarken, piyasalarda hızlı değişen volatiliteler, zaman serilerinde gözlenen ani sıçramalar, frekans genişliğine olan bağımlılık, döngü limitleri gibi doğrusal yöntemlerle açıklanamayan özellikler, doğrusal olmayan yöntemlerin gelişmesine neden olmuştur (Brockwell:2011).

Markov Rejim Değişim Modelinin ilk örneğinde Hamilton, ekonominin genişleme ve daralma dönemlerine geçişlerinin bir Markov süreci özelliği taşıdığını savunarak, ABD reel Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) verilerini modellemiştir. Hamilton'ın çalışmasında tanımladığı rejimler, ABD işsizlik oranlarının hızlı yükseliş (rejim 1) ve yavaş düşüş (rejim 2) olarak gözlemlenen asimetric davranışlarını bir Markov sürecinde modelleyen Neftçi'nin 1984 çalışmasındaki rejimlerden farklı olarak ifade edilmiştir. Neftçi, işsizlik oranının yükseldiği, diğere bir anlamda ekonominin küçüldüğü dönemleri rejim 1 olarak tanımlarken Hamilton, gözlemlenemeyen rejimin yalnızca ekonomideki çıktı düzeyini etkileyen faktörlerden biri olup, ekonomi hızlı büyüme sürecindeyken de çıktı düzeyinde düşüş gözlenebileceğini dile getirmiştir (Hamilton 1989).

2. Literatür

Literatürde, kıymetli metal ve/veya metal piyasalarının fiyat değişimleri, getiri ve volatilitelerini, bu piyasaların birbiri ile veya diğere finansal varlık fiyatları/getirileri/volatiliteleri ile ilişkilerini

açıklayan çok sayıda çalışma yer almaktadır. Kıymetli metal piyasalarını doğrusal olmayan modeller ile analiz eden çalışmalar, literatürde son yıllarda yer bulmaya başlamıştır. Doğrusal olmayan ekonometrik modellerden Markov Rejim Değişim modelleriyle ilgili olarak kıymetli metal piyasasına yönelik yapılan az sayıda çalışma bulunmaktadır.

Arouri ve diğ. (2013), petrol ve kıymetli metal piyasalarını doğrusal olmayan modellerden iki rejimli Yumuşak Geçişli Üstel Hata Doğrulama Modeli (ESTECM) ile analiz etmiştir. Doğrusal yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar da eş zamanlı olarak literatürde yer bulmaya devam etmektedir. Altın, gümüş, platin ve paladyum spot piyasalarını karşılaştırmalı olarak analiz eden ilk çalışmalardan biri ise 2015 yılında Caporin ve diğ.'ne aittir.

Charlot ve Marimoutou (2014), Euro/ABD Doları döviz kuru, S&P 500 pay endeksi, ham petrol ve değerli metallerin (altın, gümüş ve platin) 2005-2012 dönemi fiyatları için volatilité ve korelasyonlarını incelemiştir. Çalışmada volatilité ve korelasyonlar için ayrı Markov Rejim Değişim modelleri uygulanmıştır. Platin için en iyi volatilité modelinin Genelleştirilmiş Markov Rejim Değişim Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (MS-GARCH); petrol, altın ve gümüş için ise Markov Rejim Değişim Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (MS-ARCH) olduğu ifade edilmiştir. Rejim Değişim Dinamik Korelasyon Modelinin de (RSDC) uygulandığı çalışmada, iki rejimli korelasyon yapıları ortaya konulmuştur.

Petrol ve Altın pay endeksleri üzerindeki etkisini Malezya, Singapur, Tayland ve Endonezya piyasaları için Markov Rejim Değişim Vektör Otoregresif Modeli (MS-VAR) ile analiz eden Seuk Wai, İsmail ve Sek (2013) yumuşak geçişli ve iki rejimli MSI(2)-VAR modelinin ekonomik ilişkileri analiz etmekte başarılı olduğuna dair kanıtlar sunmuşlardır.

Çin Bakır fiyatlarının Markov Rejim modelleriyle hızlı yükselen, yavaş yükselen ve hızlı düşen üç rejim dalgalanması olarak belirleyen Cheng ve diğerlerinin 2013 çalışmasında, 2001-2011 dönemi günlük logaritmik getiri verileri ile çalışılmıştır. Çalışmada elde edilen rejimlerin, bu piyasayı etkileyen yerel veya uluslararası

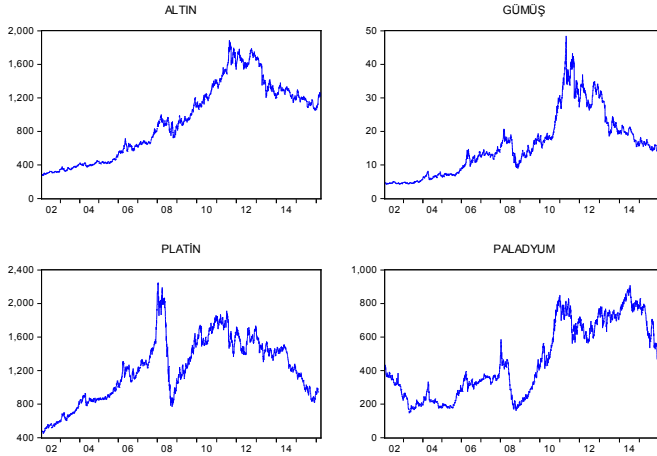
sı, sektörel veya küresel ekonomiyi etkileyen nedenlerle açıklanabildiği görülmüştür.

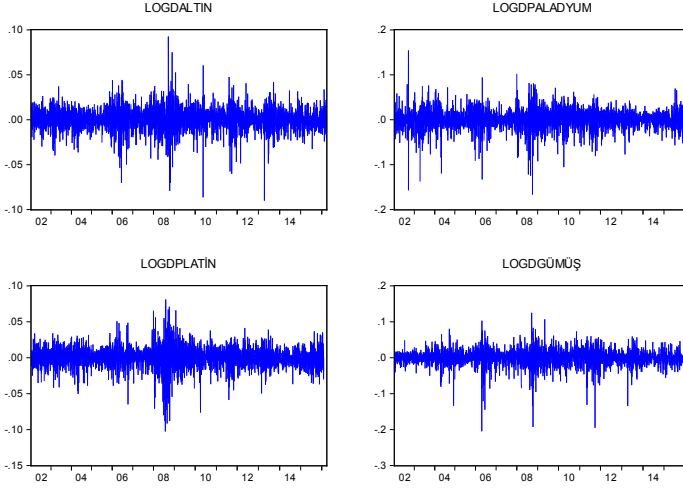
Spot petrol fiyatları, kıymetli metaller ve USD dolar/Euro kuru arasındaki dinamik ilişkileri analiz eden Balcılar ve diğ. (2015), Markov Rejim Değişim Vektör Hata Doğrulama (MS-VEC) modellerini kullanmışlardır. 1987-2012 döneminin incelendiği çalışmada yüksek ve düşük volatiliteli iki rejimli model ilişkileri açıklamada başarılı bulunmuştur.

Uluslararası metal vadeli işlem piyasasını, Markov Rejim Değişim Otoresif (MS-AR) modelleri ile analiz eden Koy ve Çetin (2016)'in çalışmasında, altın, gümüş, bakır, paladyum ve platine ait veriler kullanılmıştır. Bu çalışmada, ayrı ayrı yapılan analizlerde beş farklı kıymetli metal için de en doğru modelin iki rejimli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3. Veri

02 Ocak 2002 – 28 Mart 2016 dönemini kapsayan spot altın, gümüş, paladyum ve platine ait zaman serileri günlük gözlem aralıklarından oluşmaktadır. 3634 gözlemden hesaplanmış, her değerli metal için 3633'er gözlemden oluşan logaritmik fiyat değişim serileri ile çalışılmıştır. Veriler, A-Mark Precious Metals'in internet sitesinden alınmıştır. Aşağıdaki şekilde değerli metallerin fiyatları ve logaritmik fiyat değişimleri yer almaktadır.





Şekil 1: Kıymetli Metal Fiyatları ve Logaritmik Fiyat Değişimleri

4. Yöntem

Markov değişim modellerinde, ekonominin içinde bulunduğu durum doğrudan gözlenememektedir. y_t olarak ifade edilen zaman serisi değişkeni ise gözlemlenebilmektedir. Ekonominin her bir periyodunda içinde bulunduğu durum, özellikleri rejimine bağlı olduğu varsayılan gözlem değerleri kullanılarak, olasılıksal olarak elde edilmektedir (Bildirici ve diğ.:2010). Markov sürecinde ekonominin içinde bulunduğu durum s_0 elde edildiği zaman, bir dönem sonrasını ifade eden s_1 ve diğer rejimler geçiş olasılığına dayalı olarak elde edilir (Bildirici ve diğ.:2010).

K boyutlu zaman serisi değişkeni olan y_t 'yi, gözlemlenemeyen rejim değişkeni $s_t \in \{1, \dots, M\}$ (Krolzig 2000):

$$p(y_t | Y_{t-1}; X_t; s_t) \quad (1)$$

$$f(y_t | Y_{t-1}; X_t; \theta 1) \quad \text{eğer } s_t = 1$$

$$f(y_t | Y_{t-1}; X_t; \theta M) \quad \text{eğer } s_t = M$$

X_t = egzojen değişken

$\theta = M$ rejimiyle bağlantılı parametre vektörü

Markov Rejim modellerinde rejim üreten süreç, geçiş olasılıkları ile tanımlanan sonlu sayıda durumdan oluşan ergodik bir Markov zinciridir.

$$p_{ij} = \Pr(s_{t+1} = j | s_t = i); \sum_{j=1}^M P_{ij} = 1; i, j = \{1, \dots, M\}$$

s_t , indirgenemez bir geçiş matrisli M durumlu Markov süreci izler:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & \dots & p_{1M} \\ \dots & \dots & \dots \\ p_{M1} & \dots & p_{MM} \end{bmatrix} \quad (2)$$

İki rejimli bir modelde, bir rejimden diğerine geçiş olasılıkları:

$$P(s_{t+1}=1 | s_t = 1) = p_{11},$$

$$P(s_{t+1}=2 | s_t = 1) = p_{12},$$

$$P(s_{t+1}=1 | s_t = 2) = p_{21},$$

$$P(s_{t+1}=2 | s_t = 2) = p_{22}.$$

Rejimler arasındaki geçiş olasılıkları pozitif değerler alıp, toplamları da 1'e eşit olmalıdır. (P_{ij}) $p_{11} + p_{12} = 1$ ve $p_{21} + p_{22} = 1$ (Franses and Dijk 2000).

1993 yılında Granger ve Terasvirta tarafından popüler hale getirilen smooth transition autoregressive (STAR) modelde rejimlerin ağırlıkları dışsal değişkenlere bağlıdır. Self-exciting threshold autoregressive (SETAR) modelde ise rejim üreten süreç dışsal olmasa da içsel değişkenin gecikmeli değerine bağlıdır. Markov rejim değişim modellerinde ise geçiş olasılıkları içsel değişkene bağlı olup, gözlemlenmiş zaman serisi vektörünün bir fonksiyonu olup son rejime bağlıdır. Ayrıca, rejim 2 de kalma olasılığı ile rejim 1'den rejim 2'ye geçme olasılıkları da birbirinden farklıdır (Krolzig 1998). t zamanındaki ulaşılabilir tüm bilgi ile daralma (recession) rejiminde olma ihtimali, (1) gözlemlenen y_t değerinin maximum likelihood yöntemine göre genişleme (expansion) rejimi yerine daralma rejiminde olma ihtimali ile (2) bir önceki dönemin (y_{t-1}) bilgi seti ile tahmin edilen gelecek dönem daralma rejiminde olma ihtimaline bağlıdır (Krolzig 2001).

Markov değişim vektör otoregresif modeli (MS-VAR), Hamilton (1989,1990) tarafından geliştirilen tek değişkenli Markov değişim modelinin Krolzig (1997) tarafından çok değişkenli duruma genelleştirilmiş halidir. MS-VAR modeli, sistem rejim değişikliği ile karşı karşıya ise VAR sürecinin parametrelerinin rejim değişikliği ile beraber değişebilmesini mümkün kılar (Bildirici ve diğ.:2010). MS-VAR modeli, VAR modelini rejimlere göre tahmin etmek için oluşturulmuştur (Krolzig 1998).

Aşağıdaki tabloda, MS-VAR modellerinin sınıflandırılmasına yer verilmiştir. MS-VAR modelleri, ortalamanın veya sabit terimin rejime bağlı olup olmasına göre iki ana sınıfa ayrılır. Modelin hata teriminin değişen varyans özelliği taşıyıp taşıyamamasına veya otoregresif parametrelerin rejimlere göre değişip değişmemesine göre alt sınıflar oluşur.

Tablo 1: MS(M)-VAR(q) Modelleri

| μ değişir | | MSM | MSI | | |
|---------------|---|-------------|---------------|-----------|--------------|
| | | μ sabit | c değişir | c sabit | |
| A_1 sabit | <input checked="" type="checkbox"/> sabit | MSM-VAR | Doğrusal MVAR | MSI-VAR | Doğrusal VAR |
| | <input checked="" type="checkbox"/> değişir | MSMH-VAR | MSH-MVAR | MSIH-VAR | MSH-VAR |
| A_1 değişir | <input checked="" type="checkbox"/> sabit | MSMA-VAR | MSA-MVAR | MSIA-VAR | MSA-VAR |
| | <input checked="" type="checkbox"/> değişir | MSMAH-VAR | MSAH-MVAR | MSIAH-VAR | MSAH-VAR |

Kaynak: Krolzig, (1998)

Tablodaki kısaltmalar aşağıdaki gibidir:

M= Markov değişim ortalaması

I=Markov değişim sabiti

A= Markov değişim otoregresif parametresi

H= Markov değişim değişen varyans (heteroscedasticity)

MS-VAR modelinin en genel biçimi aşağıdaki gibidir:

$$y_t = c(s_t) + [A_1(s_t)y_{t-1} + \dots + A_p(s_t)y_{t-p}] + u_t \quad (3)$$

Markov rejim modelinde, rejimi belirleyen unsur ortalama (μ) olduğunda model kısaca MSM(M)-VAR(q) olarak gösterilirken, formülü aşağıdaki gibi ifade edilir (Krolzig: 1998):

$$y_t = \mu(s_t) + A_1(s_t)(y_{t-1} - \mu(s_{t-1})) + \dots + A_p(s_t)(y_{t-p} - \mu(s_{t-p})) + u_t \quad (4)$$

$$u_t \sim \text{NID}(0, \Sigma(s_t))$$

Sabitin (v), rejimler arasında değiştiği model kısaca MS(M)-VAR(q) olarak gösterilir. Bu modelin açık formülü aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$y_t = c(s_t) + A_1(s_t)y_{t-1} + \dots + A_p(s_t)y_{t-p} + u_t \quad (5)$$

Modellerde $\mu(s_t)$, $c(s_t)$, $A_1(s_t)$, $A_2(s_t)$, ... $A_p(s_t)$ ve $\Sigma(s_t)$, gerçekleşen rejim s_t üzerine μ , v , A_1 , A_2 , ... A_p ve Σ parametrelerinin bağımlılığını tanımlayan parametre değişim fonksiyonlarıdır (Krolzig: 1998). MS-AR modellerinde olduğu gibi MS-VAR modellerinde de $\mu(s_t)$, ortalamadaki bir değişim gözlemlenen zaman serisinde ani bir sıçrayışa neden olur iken; $c(s_t)$, sabitteki bir değişime olan cevap u_t , beyaz gürültü (white noise)'deki değişime olan cevap kadardır (Krolzig: 1998).

Yumuşak geçişli bir model olup, volatilitiyi de dikkate alan MS-VAR modeli, kısaca MSIH-VAR olarak gösterilip, aşağıdaki gibi formülize edilmektedir:

$$y_t = c(s_t) + A_1(s_t)y_{t-1} + \dots + A_p(s_t)y_{t-p} + u_t + \Omega_{1/2} \quad (6)$$

\mathbf{x}_{t-1} , bütün geçmiş gözlem ve durumlardaki bilgiyi ifade etmek üzere $\Omega_{1/2}$ matrisi aşağıdaki gibidir:

$$\Omega_{st} = \text{Var}[y_t | \mathbf{x}_{t-1, st}] \quad (7)$$

Kısaca MSIH-VAR modeli, Markov geçişli, Sabite bağımlı rejim, Vektör otoregresif ve değişen varyans (heteroskedasticity) özelliklerini birarada gösterir. (Guidolin:2016)

Markov Rejim Değişim modellerinde doğrusal olmama özelliği, Davies bilgi kriteri ile belirlenmektedir. Davies bilgi kriteri 0,05 değerinden küçük olan modeller doğrusal olmama özelliği gösterir. Çalışmanın uygulama kısmında, Davies bilgi kriteri 0,05'ten küçük olan modeller incelenmiştir.

5. Uygulama

Bu çalışmada, farklı rejim sayılarına (2 ve 3) ve farklı otoregresif gecikme derecesine (AR: 0-6) sahip, varyansın rejimlere

göre değiştiği veya değişmediği durumları içeren, çok Değişkenli Markov Rejim Değişim Otoresif modelleri uygulanmıştır.

OxMetrics programının kullanıldığı çalışmada, doğrusal olmama özelliğini gösteren anlamlı modellerden bir kısmı aşağıdaki tabloda sunulmuştur. Davies kriteri 0,05'ten kk olan modeller arasında MSIH-VAR modellerinin LR değerlerinin diğer modellere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. LR değerinin yüksekliği, modelin açıklama gücünün de yüksek olduğunu göstermektedir. Akaike (AIC), Hannan Quin (HQ) ve Schwarz (SIC) bilgi kriterleri ile dikkate alındığında,  rejimli ve bir gecikme derecesine sahip olan MSIH(3)-VAR(1) modeli diğer modellerden daha uygun görülmektedir. Otoresif değerken sayısı arttıka, bilgi kriterlerinin zayıfladığı ve modelin açıklama gücünün düştüğü görülmüştür. Daralma, ılımlı büyüme ve genişleme olarak üç rejime sahip olan MSIH(3)-VAR(1) modelindeki daralma ve genişleme rejimleri, finans piyasalarındaki ayı (daralma) ve boğa (genişleme) piyasaları olarak da ifade edilebilir.

Tablo 2: MSIH(3)-VAR(1) Modeli Bilgi Kriterleri

| MODEL | log-likelihood | AIC | HQ | SIC | LR linearity test | Davies (%5) |
|-----------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|--------------|
| MSI(2)-VAR(0) | 39940,9339 | -22,3459 | -22,3336 | -22,3113 | 426,5629 | 0,000 |
| MSI(3)-VAR(0) | 40231,7492 | -22,5042 | -22,4869 | -22,4558 | 1008,1935 | 0,000 |
| MSIH(2)-VAR(0) | 41378,8218 | -23,1452 | -23,1267 | -23,0933 | 3302,3387 | 0,000 |
| MSIH(3)-VAR(0) | 41705,9358 | -23,3182 | -23,2886 | -23,2351 | 3956,5668 | 0,000 |
| MSIH(3)-VAR(1) | 42040,0268 | -23,5160 | -23,4765 | -23,4052 | 3798,7462 | 0,000 |
| MSIH(3)-VAR(2) | 42061,8832 | -23,5127 | -23,4633 | -23,3742 | 3793,2152 | 0,000 |
| MSIH(3)-VAR(3) | 42040,0268 | -23,5074 | -23,4481 | -23,3412 | 3782,0888 | 0,000 |

Aşağıdaki tabloda modelin katsayıları yer almaktadır. Kullanılan program, getirilerin negatif olduğu daralma rejimini birinci rejime, pozitif olduğu ılımlı büyüme ve genişleme rejimlerini ikinci ve nc rejimlere atamaktadır. İkinci rejim ılımlı büyüme, nc rejim ise genişleme rejimidir. Çok değerkenli MS-VAR modellerinde ikinci rejimde bazı değerkenlerin katsayıları negatif olabilmekte iken bu çalışmada dört değerkenin de katsayıları pozitifdir. Bu sonuç, aynı zamanda, kıymetli metal piyasasında fiyat değerimlerinin piyasaya gelen bilgiye benzer yanıt verdiğine dair kanıtlar sunmaktadır.

Modelde rejimler birbirinden ayrılırken geçmiş tüm gözlem ve durumların volatilité bilgisi kullanılmıştır. Bu modelde birinci ve üçüncü rejimlerin volatilitesi yüksek iken görelî olarak ikinci rejimin volatilitesi düşüktür. Katsayılar, yüksek volatilitéye sahip olan genişleme rejiminde özellikle gümüş ve paladyumda fiyat değişimlerinin yüksek olduğunu da göstermektedir.

Tablo 3: MSIH(3)-VAR(1) Modeli Katsayılar

| MSIH(3)-VAR(1) Değişken | Katsayılar | | | |
|----------------------------|------------|---------|---------|----------|
| | ALTIN | GÜMÜŞ | PLATİN | PALADYUM |
| Sabit (Rej. 1) | -0,0034 | -0,0001 | -0,0040 | -0,0060 |
| Sabit (Rej. 2) | 0,0006 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0002 |
| Sabit (Rej. 3) | 0,0008 | 0,0015 | 0,0005 | 0,0008 |
| ALTIN_1 | -0,1268 | 0,0105 | 0,0360 | -0,0840 |
| GÜMÜŞ_1 | 0,0619 | -0,0253 | -0,0090 | 0,0606 |
| PLATİN_1 | 0,0325 | 0,0331 | 0,0286 | 0,6267 |
| PALADYUM_1 | 0,0055 | -0,0061 | -0,0174 | -0,0600 |
| SE (Rej. 1) | 0,0255 | 0,0495 | 0,0318 | 0,0381 |
| SE (Rej. 2) | 0,0066 | 0,0102 | 0,0084 | 0,0097 |
| SE (Rej. 3) | 0,0123 | 0,0209 | 0,0137 | 0,0209 |

Aşağıdaki tabloda modelin geçiş olasılıkları matrisi yer almaktadır. Aynı rejimde kalma olasılıkları %69'un üzerinde iken, en yüksek olasılık (%76) ılımlı büyüme rejimindedir. Modelde, birinci rejimdeyken ikinci rejime geçiş olasılığı yaklaşık sıfır iken, birinci rejimdeyken üçüncü rejime geçiş olasılığı % 30,71'tir. Bu durum, piyasa daralma rejiminde iken bir sonraki rejimin %30 ihtimal ile yine volatilitesi yüksek, fakat getirilerin pozitif olduğu genişleme rejimi olacağını göstermektedir.

İkinci rejimden birinci ve üçüncü rejimlere geçiş olasılıkları, sırası ile $p_{21} = \% 0,03$ ve $p_{13} = \% 23,95$ 'tir. Üçüncü rejimden birinci ve ikinci rejimlere geçiş olasılıkları, sırası ile $p_{31} = \% 4,15$ ve $p_{32} = \% 20,64$ 'tür. Birinci ve ikinci rejimler arasındaki geçiş olasılıkları karşılıklı olarak sıfıra yakındır. Tüm rejimler için aynı rejimde kalma olasılıkları % 69 ve üzeri olarak gerçekleşmiştir. Piyasa daralma veya ılımlı büyüme rejimindeyken, aynı rejimde kalma olasılığı yüksek olduğu gibi, ikinci sırada ise genişleme rejimine geçmesi ($p_{13} = 0,30$, $p_{23} = 0,24$) beklenmektedir.

Tablo 4: MSIH(3)-VAR(1) Modeli Geçiş Olasılıkları Matrisi

| Model | Rejim | Rejim 1 | Rejim 2 | Rejim 3 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|
| MSIH(3)-VAR(1) | Rejim 1 | 0,6929 | 0,0000 | 0,3071 |
| | Rejim 2 | 0,0003 | 0,7602 | 0,2395 |
| | Rejim 3 | 0,0415 | 0,2064 | 0,7521 |

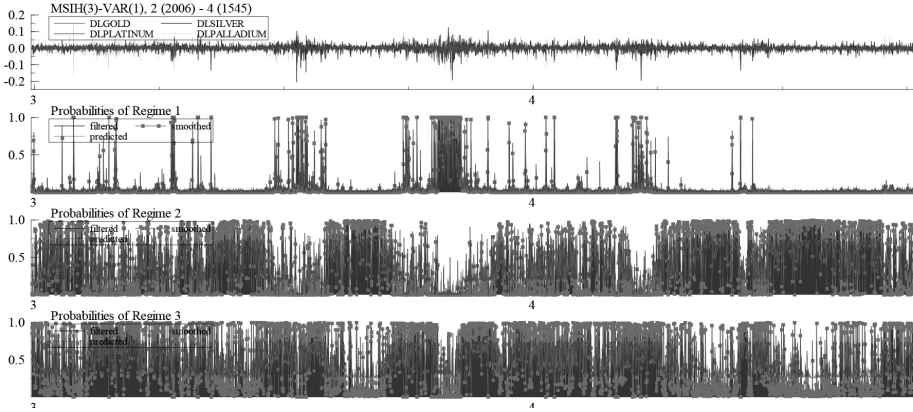
Aşağıdaki tabloda, modelin rejim olasılıkları yer almaktadır. Örneklem döneminde herhangi bir gözlem değerinin en son hangi rejimde yer aldığı bilinmiyor ise, gözlemin % 6 olasılıkla birinci, % 43 olasılıkla ikinci ve % 50 olasılıkla üçüncü rejimdedir. Örneklem döneminde en yüksek gözlem sayısı, üçüncü rejimde, ikinci yüksek gözlem sayısı ise ikinci rejimdedir.

Daralma rejiminin durasyonu 3,26 gün olup, ılımlı büyüme (4,17) ve genişleme (4,03) rejimlerinin durasyonları da birbirine oldukça yakın hesaplanmıştır. Kıymetli metal piyasasında getiriler pozitif ve volatilité yüksek (üçüncü rejim) olduğunda, bu durumun yaklaşık 4 gün sürmesi beklenir.

Tablo 5: MSIH(3)-VAR(1) Modeli Rejim Olasılıkları

| Model | Rejim | Gözlem Sayısı | Olasılık | Durasyon |
|----------------|---------|---------------|----------|----------|
| MSIH(3)-VAR(1) | Rejim 1 | 244 | 0,0681 | 3,26 |
| | Rejim 2 | 1536 | 0,4310 | 4,17 |
| | Rejim 3 | 1790 | 0,5009 | 4,03 |

Aşağıdaki şekilde modelin rejim olasılıkları görsel olarak yer almaktadır. Tabloda yatay eksendeki veriler, kaçınıcı gözlem olduğunu belirtmektedir.



Şekil 2: MSIH(3)-VAR(1) Modeli Rejim Olasılıkları

SONUÇ

Uluslararası pay piyasalarının entegrasyonu ve artan volatilité, bu piyasalarda düşük korelasyonları nedeniyle güvenli liman olarak görünen kıymetli metal piyasasının yatırımcılar açısından önemini giderek arttırmaktadır. Özellikle 2000'li yıllarda yaşanan finansal krizlerin, bölgesel etkilerin ötesine geçerek küresel finans piyasalarında yaşattıkları kayıplar, kıymetli metal piyasalarına olan ilgiyi arttırmaktadır. Zira, yatırımcıların uluslararası portföy çeşitlendirmede daha düşük volatilitéye de sahip olan bu varlıklara olan ilgileri, kıymetli metal piyasalarının fiyat değişimlerini modellemeyi önemli kılmaktadır.

Zaman serilerinin gözlemlenebilen bir değişken etkisi ile dalgalanma dönemleri arasında geçiş yaptığı çalışmalarda eşikli (treshold) modeller kullanılırken, gözlemlenemeyen bir stokastik (rastlantısal) değişken nedeniyle farklı rejimler arasında geçiş yaptığı yapı, Markov Rejim Değişim Modelleri ile analiz edilmektedir. Markov Rejim Değişim Modelleri, finansal zaman serilerinde gözlenen zamanla değişen varyans; kalın kuyruklu dağılım, çarpıklık gibi özellikleri yakalamakta başarılıdır (Ang and Timmermann:2011).

Bu çalışmada, Altın, Gümüş, Platin ve Paladyum'un temsil ettiği kıymetli metaller piyasasındaki spot fiyatların, rejimler arasında bir Markov sürecine bağlı olarak beraber geçiş yapmasına neden olan bir ortak rejim değişimi hareketinin varlığı araştırılmıştır. Çalışmada elde edilen çok sayıda doğrusal olmama özelliğine sahip modeller arasında, daralma, ılımlı büyüme ve genişleme olarak üç rejime sahip modellerin, iki rejimli modellerden daha başarılı olduğu görülmüştür. Çalışmanın diğer önemli bir bulgusu, varyans faktörünün yer aldığı modellerin, spot metal piyasasına ait dinamikleri açıklamada diğer modellerden daha güçlü olduğudur. Üç rejimli ve tek otoregresif değişkenli $MSIH(3)-VAR(1)$ modelinin katsayıları incelendiğinde, her rejim için katsayıların dört farklı metal fiyatında da aynı işarete (pozitif/negatif) sahip olduğu görülmüştür. Farklı varlık fiyatlarının, her rejim için benzer davranış sergilemesi de modelin gücünü arttıran diğer bir unsurdur.

Altın, gümüş, platin ve paladyumun beraber rassal bir şekilde aralarında geçiş yaptığı ortak daralma, ılımlı büyüme ve genişleme rejimlerinin ortaya konulduğu çalışma, olasılık ve durasyon verileri ile uluslararası piyasalarda işlem yapan yatırımcılara bilgiler vermektedir.

KAYNAKLAR

- Ang, A., Timmermann A. G. 2011. Regime Changes and Financial Markets. Netspar Discussion Papers, DP 06/2011-068.
- Arouri, M. vd. 2013. On the short- and long-run efficiency of energy and precious metal markets. *Energy Economics*. 40, 832–844
- Arouri, M. H., D. N. Nguyen. 2010. Oil prices, stock markets and portfolio investment: evidence from sector analysis in Europe over the last decade. *Energy Policy*. 38, 4528–4539.
- Balcılar, M. vd. 2015. A regime-dependent assessment of the information transmission dynamics between oil prices, precious metal prices and exchange rates. *International Review of Economics and Finance*. 40, 72-89.
- Bildirici, M. vd. 2010. İktisatta Kullanılan Doğrusal Olmayan Zaman Serisi Yöntemleri. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Brockwell, P. 2011. Discussion of Threshold models in time series analysis-30 years on. *Statistics and Its Interface*. 4, 129-130.
- Caporin, M., A. Ranaldo and G. G. Velo. 2015. Precious metals under the microscope: a high-frequency analysis. *Quantitative Finance*. 15(5), 743–759.
- Charlot, P. and V. Marimoutou. 2014. On the relationship between the prices of oil and the precious metals: Revisiting with a multivariate regime-switching decision tree, *Energy Economics*. 44, 456-467.
- Cheng, H., L. Shao, and Y. Guo. 2013. State Transition Behaviors of SHFE Copper Prices Based on Markovswitching Model, *Journal of Convergence Information Technology*. 8(6).
- Conover, C. M., G. R. Jensen, R. R. Johnson, J. M. Mercer. 2010. Is now the time to add commodities to your portfolio? *Journal of Invest*. 19, 10–19.
- Daskalaki, C., G. S. Skiadopoulos. 2011. Should investors include commodities in their portfolios after all? New evidence. *Journal of Banking and Finance*. 35, 2606–2626.
- Franses P.H. and D. van. Dijk. 2000. *Nonlinear Time Series Models in Empirical Finance*. Cambridge University Press.
- Guidolin, M. Modelling, Estimating and Forecasting Financial Data under Regime (Markov) Switching. Lecture 7. Department of Finance. Bocconi University. http://didattica.unibocconi.it/mypage/download.php?nomefile=Lecture_7_-_Markov_Switching_Models20130520235704.pdf, 30.03.2016.

- Hamilton, J. D. 1989. A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle. *Econometrica*. 57(2), 357-384.
- Hammoudeh, S. P. Araújo-Santos, A. Al-Hassan, 2013. Downside risk management and VaR-based optimal portfolios for precious metals, oil and stocks. *The North American Journal of Economics and Finance*. 25, 318–334.
- Neftçi, S. N. 1984. Are Economic Time Series Asymmetric over the Business Cycle? *The Journal of Political Economy*. 92(2), 307-328.
- Koy, A., G. Çetin, 2016. Metal Vadeli İşlem Piyasaları ve Doğrusal Olmayan Dinamikleri. *İşleme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*. 4(4), 165-176.
- Krolzig, H. M. 1997. *Markov Switching Vector Autoregressions: Modeling, Statistical Inference, and Application to Business Cycle Analysis*. Springer Verlag.
- Krolzig, H. M. 1998. Econometric Modeling of Markov-Switching Vector Autoregressions using MSVAR for OX. Institute of Economics and Statistics and Nuffield College. Oxford.
- Krolzig, H. M. 2000. Predicting Markov-Switching Vector Autoregressive Processes. Oxford University. Working Paper 2000W31.
- Krolzig, H. M. 2001. Markov-Switching Procedures for Dating the Euro-Zone Business Cycle. *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung*. 70(3), 339-351.
- Seuk Wai, P., M. T. Ismail, S. K. Sek. 2013. A Study of Intercept Adjusted Markov Switching Vector Autoregressive Model in Economic Time Series Data. *Information Management and Business Review*. 5(8), 379-384.
- Tong, H. 1983. *Threshold Models in Non-linear Time Series Analysis. Lecture Notes in Statistics*. New York: Springer-Verlag.
- A-Mark Precious Metals, <http://www.amark.com/>