

TODA-YAMAMOTO TESTİ İLE NEDENSELLİK İLİŞKİSİ TESPİTİ: DEĞERLİ METALLER ÜZERİNE BİR UYGULAMA^{1 2}

DETERMINATION OF CAUSALITY RELATIONSHIP WITH TODA-YAMAMOTO TEST: AN APPLICATION ON PRECIOUS METALS

Batuhan MEDETOĞLU  * **Ercüment DOĞRU**  **

*Araştırma Makalesi / Geliş Tarihi: 02.10.2022
Kabul Tarihi: 31.12.2022*

Öz

Tasarruf kavramı, gelir ile gider arasındaki olumlu fark şeklinde; yatırım kavramı gelecekte kullanılmak üzere bugünden fon ayırma işlemi şeklinde tanımlanmaktadır. Tasarruf imkânlarının yatırıma dönüştürülmesi, enflasyona karşı koruma sağlama, portföy değerini artırma ve gelecekteki belirsizliklere karşı güvence oluşturma gibi avantajlar sağlamaktadır. Yatırımcıların, yatırım yapabilecekleri çeşitli enstrümanlar bulunmaktadır. Bu enstrümanlar, döviz, değerli metallere, hisse senedi, tahvil, mevduat, para ve sermaye piyasası araçları şeklinde sınıflandırılabilir. Yatırımcılar, vermiş olduğu yatırım kararlarını risk algılarına göre vermektedir. Yatırımcıları döviz, borsa, kripto paralar gibi alternatiflerinin dışında, değerli metallere yatırım yapma imkânı bulunmaktadır. Bu çalışma, değerli metallere arasında nedensellik olup olmadığının tespiti amacıyla gerçeleştirilmiştir. Çalışmada yer alan değerli metallere, altın, gümüş, platin ve paladyum şeklindedir. Çalışmada elde edilen veriler, 01.01.2015-30.09.2021 dönemini kapsamaktadır. Çalışmada yöntem olarak Toda-Yamamoto kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, değerli metallere arasındaki nedensellik ve ilişkiler gösterilerek değerlendirilmiştir. Daha sonra gerçeleşecek çalışmalarda, değerli metallere arasındaki ilişkilerin, farklı analiz yöntemleri ve dönemler kullanılarak analiz edilmesi değerli araştırmacılara önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Değerli Metaller, Nedensellik, Toda-Yamamoto

JEL Sınıflaması: G11, G12, N20

Abstract

The concept of saving is in the form of a positive difference between income and expenditure; The concept of investment is defined as the process of allocating funds today for use in the future. Conversion of savings opportunities into investments provides advantages such as protecting against inflation, increasing portfolio value and providing assurance against future uncertainties. There are various instruments that investors can invest in. These instruments can be classified as foreign exchange, precious metals, stocks, bonds, deposits, money and capital market instruments. Investors make their investment decisions according to their risk perceptions. Investors have the opportunity to invest in precious metals, apart from alternatives such as foreign exchange, stock market, and cryptocurrencies. This study was carried out to determine whether there is causality between the returns of precious metals. The precious metals included in the study are gold, silver, platinum and palladium. The data obtained in the study covers the period of 01.01.2015-30.09.2021. Toda-Yamamoto was used as a method in the study. As a result of the study, the causality and relationships between precious metals were evaluated by showing. In future studies, it is recommended to valuable researchers to analyze the relations between precious metals by using different analysis methods and periods.

Keywords: Precious Metals, Causality, Toda-Yamamoto

JEL Classification: G11, G12, N20

¹ **Bibliyografik Bilgi (APA):** FESA Dergisi, 2022; 7(4) , 747-757 / DOI: 10.29106/fesa.1183279

² Bu çalışma, 02.10.2022 tarihinde ASEES II. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi'nde sözlü olarak sunulan ve özet bildiri olarak yayımlanan, 'Değerli Metaller Arasındaki İlişkinin Toda-Yamamoto Nedensellik Testi ile Analizi' başlıklı tebliğin revize edilerek genişletilmiş hâlidir.

* Öğr. Gör., Dr., Batuhan MEDETOĞLU, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Ağlasun Meslek Yüksekokulu, Finans, Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, bmedetoglu@mehmetakif.edu.tr, Burdur-Türkiye, ORCID: 0000-0002-8400-1232

** Dr. Öğr. Üyesi Ercüment DOĞRU, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Ağlasun Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, ercumentdogru@mehmetakif.edu.tr, Burdur-Türkiye, ORCID: 0000-0003-2650-9326

1. Giriş

Yatırımcılar, yatırım risklerini azaltmak ve farklı finansal varlıkların getiri potansiyellerinden faydalanmak için birden fazla finansal varlığı portföylerine dahil etmektedir. Portföye alınacak varlıklar belirlenirken, beklenen getirileri ile her bir varlığın riski ve risklerden korunma kabiliyeti de göz önünde bulundurularak yatırım kararı verilmektedir. Emtia fiyatları ve emtia fiyatları arasındaki ilişkiler, emtiaların kullanım alanlarının artması, volatilité ve fiyat değişimlerinde gözlenen eş anlı hareketler nedeniyle üretim, tüketim, tasarruf ve yatırım gibi ekonomik kararları etkilemektedir (Yıldırım vd., 2020:1).

Altın ve gümüş, Bretton Woods sisteminin çöküşüne kadar değer saklama ve değişim aracı olarak görülmüş, sonrasında yatırımcılar ve devletler tarafından rezervlerinin bir parçası olarak elde tutulmuştur. Altın ve gümüş gibi emtialar, parasal değeri nedeniyle aynı zamanda enflasyon riskinden koruma işlevi görmektedir. Yatırımcılar, son dönemlerde altına alternatif olarak platine de yatırım yapmaya başlamıştır. Bu durum, kıymetli metal fiyatlarının ortak hareket etmesine neden olmaktadır (Jain ve Ghosh, 2013:88).

Bir değer deposu olan altın, merkez bankaları tarafından belirlenen para politikalarının uygulanmasında önemli rol oynamaktadır. Gümüş, platin ve paladyum gibi diğer değerli metaller ise taşıtlar, elektrik iletkenleri ve tıbbi cihaz imalatı gibi çok sayıda endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Değerli metaller, endüstriyel bir emtia olmakla birlikte, olağan ekonomik şartlarda yatırımcılar tarafından çeşitlendirici ve riskten korunma amaçlı bir varlık olarak kabul edilirken; ekonomik durgunluğun ve siyasi belirsizliklerin arttığı dönemlerde güvenli liman olarak kabul görmektedir. Söz konusu emtia grubundaki varlıkların fiyatlarındaki artış ve düşüşler ekonomi hakkında sinyaller üretmektedir (Mensi vd., 2021:73-74). Finansal piyasalarda artan oynaklık ve yatırımcıların piyasa riskleri karşısında güvenli liman arayışları piyasalar arasındaki entegrasyon düzeyinin artmasına neden olmuştur (Fasanya ve diğ., 2021:2).

Değerli metal fiyatları hem kısa dönemli hem de uzun vadeli faktörlerden etkilenmektedir. Diğer değerli metallerden farklı olarak, arz edilen miktar esas olarak endüstriyel kullanımlara yönelik olduğundan, platin arzı endüstriyel taleplere göre şekillenmektedir. Talep ise ekonomik büyüme ve refah düzeyinden doğrudan etkilenmektedir. Bu nedenle, uzun dönemde endüstriyel faaliyetler artarsa platin fiyatları da yükselmektedir. Platin, merkez bankaları tarafından rezerv olarak tutulmadığından, merkez bankalarının uyguladıkları politikaların platin piyasası üzerine etkileri sınırlı olmaktadır (Hillier vd., 2006:99).

Değerli metallere yapılan yatırım bölgesel veya ulusal bir olgu olmayıp, ender bulunmaları ve ekonomik değerlerinin yüksek olmasından dolayı dünya geneline yayılan küresel bir eğilim göstermekte, yatırımdan elde edilen yüksek getiri nedeniyle de daha fazla yatırımcıya hitap etmektedir (Sharma vd., 2013:93).

Literatür incelendiğinde, altın ve diğer değerli metallerin finansal piyasalardaki rolüne ilişkin çalışmaları beş başlık altında sınıflandırmak mümkündür (Hillier vd., 2006:98). Bu çalışmalar;

- Borsa ve diğer yatırım araçları ile portföye dahil edilen değerli metallerin yatırım ve çeşitlendirme özellikleri,
- Dönemler arası varlık fiyatlandırma modellerinde potansiyel riskten korunma aracı olarak altının rolü,
- Altın ve gümüş piyasalarında getiri dağılımının özellikleri ve fazla getiri elde etme olanakları,
- Altın ve diğer değerli metallerin makroekonomik değişkenler ve hükümet politikaları ile ilişkileri,
- Altın ve gümüşün üretimi ve piyasa işlemlerinin belirli özellikleri ve karakteristikleri

şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Dünya Bankası tarafından yayımlanan rapora göre altının, 2022 yılı üçüncü çeyreğinde yüzde 8 değer kaybettiği ifade edilmektedir. Değer kaybının nedeni olarak da pandemi süreci, faiz artışı ve risksiz varlıklara yönelim gösterilmektedir. Aynı dönemde gümüş fiyatının yüzde 15, platin fiyatının ise yüzde 8 düştüğü ifade edilmektedir. Rapora göre yüksek faiz oranlarının, Rusya-Ukrayna savaşının, otomotiv talebinin değerli metal fiyatlarına etki ettiği ifade edilmektedir (World Bank, 2022). Değerli metal fiyatlarını etkileyen değişkenler yanında, bu varlıklar arasındaki nedensellik ilişkilerinin tespit edilmesinin de yatırımcılara yol göstereceği bilinmektedir. Güncel makroekonomik değişkenlerin takip edilmesi yanında nedensellik ilişkilerinin tespit edilmesi, varlık fiyatlarının oluşumunu açıklamada önem arz eden bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışma esas olarak üç bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünü takiben, literatür taraması ile çalışmaya devam edilmiştir. Literatür çalışmasında, finansal varlıklar ve piyasalar arasındaki ilişkilerin tespitine yönelik gerçekleştirilen çalışmalara ve çalışmalardan elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Sonraki bölümde, çalışmanın amacı ile metodolojisine yer verilmiş ve Toda Yamamoto yöntemi anlatılmıştır. Son bölümde, değerli metaller arasındaki nedensellik ilişkileri analiz edilmiş ve bulgulara yer verilmiştir. Sonuç bölümünde ise elde edilen

bulgulara yönelik değerlendirmeler ile önerilerde bulunulmuştur. Çalışmanın, değerli metallerin güncel verileri kullanılarak analiz gerçekleştirilmesi, alternatif yatırım araçlarının gösterilmesi ve portföy çeşitlendirmenin önemini ortaya koyması yönleriyle literatüre katkı sunması hedeflenmektedir.

2. Literatür Taraması

Chua vd. (1990), değerli metallerden olan altının, çeşitlendirme amacıyla kullanılıp kullanılamayacağını tespiti amacıyla çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, 1971-1978 dönemi arası getiriler ile regresyon analizi kullanılarak çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda portföy çeşitlendirme amacıyla, altının alternatif bir yatırım aracı olarak kullanılabilceği sonucuna ulaşılmıştır.

Lawrance (2003), çeşitli finansal varlıklar ve endeksler arasındaki ilişkinin tespit amacıyla çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, 1975-2001 yılları arasındaki veriler ile VAR modeli kurularak analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, enflasyon, büyüme oranı, faiz oranı, para arzı gibi makroekonomik değişkenler; çeşitli endeksler ve alton, emtia, alüminyum, bakır gibi değerli metallerin getirileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, değişkenler arasındaki ilişkiler tespit edilmiş ve yorumlanmıştır. Elde edilen bulgular ile altının varlık çeşitlendirilmesinde kullanılabilceği sonucu elde edilmiştir.

Soytaş vd. (2009), 2 Mayıs 2003 ile 1 Mart 2007 yılları arasında gram/TL cinsinden altın ve gümüş fiyatları, Brent petrol, Dolar/TL döviz kuru ve gösterge faiz oranı arasındaki kısa ve uzun dönemli etkileşimi incelemek için çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, gümüş fiyatlarında meydana gelen bir şokun, kısa dönemde altın fiyatları üzerinde anlamlı etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ulaşılan sonucun, uzun dönemde farklı sonuçlar oluşturduğu ifade edilmiştir.

Nangolo ve Musingwini (2011), seçilmiş değerli metaller ile dokuz piyasa endeksi kullanılarak ilişki tespit edilmesi ve maden hisselerindeki hisselerin fiyatlarının incelenmesi amacıyla çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, 2004-2010 dönemi verileri ile çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, seçilen endeks fiyatları ile değerli metaller arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bir diğer bulgu ise spot ve forward fiyatların uzun dönem fiyatlara göre daha güçlü bir korelasyon sergilediği şeklindedir.

Elmas ve Polat (2013), 1 Ocak 1973-16 Haziran 2013 dönemine ait günlük verileri kullanarak altın, gümüş ve petrol fiyatları arasındaki uzun dönemli ilişkiyi test etmiştir. Çalışma kapsamında, Johansen eşbütünlüme ve Granger nedensellik analizi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, altın fiyatları ile gümüş fiyatları arasında uzun dönemli bir ilişki ile değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulguları elde edilmiştir.

Jain ve Ghosh (2013), 2 Ocak 2009-30 Aralık 2011 dönemine ait günlük veriler ile petrol fiyatları, değerli metaller (altın, gümüş ve platin) ve Hindistan rupisi/ABD doları döviz kuru arasındaki eşbütünlüme ve nedensellik ilişkisini incelemişlerdir. Toda-Yamamoto nedensellik testinden elde edilen bulgular, altın ile platin arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin olduğunu, bu nedenle platinin altına alternatif bir yatırım aracı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Çalışmadan elde edilen diğer sonuçlar ise gümüş ile altın ve gümüş ile platin arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin bulunmadığıdır.

Gazel (2017), BIST Sınai Endeksi ile bakır, alüminyum, nikel ve kurşun arasındaki ilişkinin tespiti amacıyla çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, 2004-2016 yılları arasındaki veriler ile Toda Yamamoto nedensellik testi kullanılarak çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, alüminyum ve bakır metallere BIST Sınai Endeksine doğru nedensellik tespit edilmiş ve diğer metallere BIST Sınai endeksine doğru nedensellik tespit edilmemiştir. Çalışmadan elde edilen bir diğer bulgu da BIST Sınai Endeksinden alüminyum ve bakıra bir nedenselliğin olmadığıdır.

Başarır (2018), altın ve BIST 100 arasındaki ilişkinin tespiti amacıyla çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, Nisan 2006 – Ağustos 2018 tarihleri arası veriler ile Toda Yamamoto yöntemi kullanılarak çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, altın getirisinden BIST 100 hisse senetleri getirisine ve BIST 100 hisse senetleri getirisinden altın getirisine doğru herhangi bir nedensellik tespit edilmemiştir.

Çelik vd. (2019), 01.01.2010-19.02.2019 dönemi için altın, gümüş, platin ve paladyum arasında getiri ve volatilité yayılımını VAR-EGARCH modeli ile inceledikleri çalışmalarında, altın, gümüş ve platin fiyatları arasında getiri yayılımı olduğu ve paladyum dışındaki değerli metallere kaldıraç etkisinin pozitif olduğu, pozitif şokların etkisinin negatif şoklara göre daha baskın olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Açacak vd. (2020), değerli metaller (altın, gümüş, platin, paladyum, iridyum, osmiyum, renyum, rodyum ve rutenyum) arasındaki ilişkiyi, 08.09.2009-12.02.2019 tarihleri arasındaki haftalık kapanış fiyatlarını kullanarak çeşitli nedensellik testleri ile incelemişlerdir. Analiz sonucunda, altın ile gümüş ve gümüş ile platin arasında çift

yönlü; gümüş ile platin arasında ise tek yönlü bir ilişki tespit edilmiş, paladyumdaki negatif şokların ise altında aynı yönlü bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Kocabıyık ve Tuncel (2020), kıymetli madenler arasındaki nedenselliği test etmek amacıyla çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, 10.01.2014-02.01.2020 dönemine ait verilere çeşitli istatistiksel testler ile Toda-Yamamoto nedensellik testi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, altın değişkeninden gümüş, platin ve paladyum değişkenlerine doğru nedensellik tespit edilmiştir.

Diler (2020), altın yatırımının enflasyonist dönemlerde koruma aracı olup olmadığını tespiti amacıyla çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada 1994-2019 yılları arasındaki veriler kullanılarak, çeşitli istatistiksel testler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, incelenen dönemlerde altın yatırımının enflasyonist dönemde avantaj sağlayan bir yatırım aracı olduğu bulgusu elde edilmiştir.

Tunçel vd. (2021), VIX volatilité endeksi ile altın, gümüş, platin ve paladyum arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiştir. Çalışma kapsamında Toda-Yamamoto nedensellik testi uygulanmış ve ilgili endeksten altın, platin ve paladyuma doğru nedensellik ilişkisinin olduğunu ve kıymetli metallere ilgili volatilité endeksine doğru ise nedensellik ilişkisinin olmadığını belirlemiştir.

Işıldak (2022), bitcoin, dolar ve altın arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında, 15.09.2015-21.09.2021 tarihleri arasındaki veriler ile Toda Yamamoto, Granger Nedensellik Testi yöntemleri kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, altından dolar ve bitcoine doğru tek yönlü Granger nedensellik olduğu tespit edilmiştir. Dolardan bitcoin ve altına doğru tek yönlü Granger nedensellik olduğu ve altınla dolar arasında çift yönlü Granger nedensellik ilişkisi olduğu bulguları elde edilmiştir.

Literatür taraması genel olarak değerlendirildiğinde, değerli metallere fiyatlandırılmasının, getirisinin, volatilitésinin; çeşitli varlık ve endekslerle karşılaştırılarak tespit edilmeye çalışıldığı görülmektedir. Akademik çalışmalarda değerli metal olarak altın, gümüş, paladyum, platin, bakır gibi varlıkların farklı dönemlerdeki verilerinin kullanıldığı gözlemlenmektedir. Değerli metallere ile dolar, petrol, kripto para ve farklı endekslerin kullanılarak ilişki tespiti sağlandığı gözlemlenmektedir. Çalışmalarda regresyon analizi, korelasyon analizi, Toda Yamamoto yöntemi, Granger Nedensellik Testi, VAR modelleri ve volatilité tespiti amacıyla çeşitli istatistikler testlerin kullanıldığı görülmektedir. Elde edilen bulgular ise değerli metallere, endeksler, farklı dövizler ve kripto paralar arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi, nedenselliğin sınanması, alternatif yatırım araçlarının gösterilmesi ve volatilité ilişkilerinin varlığı şeklinde sonuç ile öneriler şeklinde sıralanabilmektedir.

3. Çalışmanın Amacı ve Metodolojisi

Bu çalışmada değerli metallere arasında nedensellik ilişkisinin olup olmadığını Toda-Yamamoto nedensellik testi ile incelenmiştir. Bu amaçla altın, gümüş, platin ve paladyumun Amerikan doları (USD) cinsinden günlük ons fiyatları kullanılmıştır.

Çalışmada, değerli metallere arasında en çok işlem gören altın, gümüş, platin ve paladyumun Amerikan Doları (USD) cinsinden ons fiyatlarının doğal logaritması alınmış, dönüşümü yapılan logaritmik değerler kullanılarak veri seti oluşturulmuştur.

İnceleme dönemi olarak 01.01.2015 ile 30.09.2021 tarihleri arası günlük kapanış fiyatları dikkate alınmış ve veriler <https://tr.investing.com/commodities/metals> adresinden elde edilmiştir. Çalışmamızda söz konusu dönemde değerli metallere arasındaki nedensellik ilişkisi Toda-Yamamoto nedensellik testi ile incelenmiştir.

3.1. Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

İki veya daha fazla değişken arasındaki nedensel ilişkiyi tespit etmek için kullanılan en yaygın yöntem 1969 yılında Granger tarafından geliştirilen Granger Nedensellik Testidir. Y değişkeninin şimdiki tahmin hatası Y'nin geçmiş değerleri ile X'in geçmiş değerlerine bağlı olarak da azalıyor; X değişkeninin Y değişkeninin Granger nedeni olduğu sonucuna ulaşılır (Jain ve Ghosh, 2013:90).

Durağan olmayan verilerle yapılan analizler sahte nedensellik ilişkisine sebep olabileceği için serilerin durağan olması şartı aranmaktadır. Durağan olmayan serilerin durağanlaştırılması için birinci ya da ikinci farklarının alınması ise bilgi kaybına neden olmaktadır. Granger nedensellik testi ile düzeyde durağan olmayıp farkı alınan seriler arasında eşbütünlük ilişkisi de incelenebilmektedir. Ancak, Granger nedensellik testinde kullanılan F-istatistiğinin, değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin olması halinde normal dağılıma uymayarak geçerliliğini kaybettiği görülmektedir. Belirtilen problemler nedeniyle Toda-Yamamoto (1995), VAR modeline dayanan ve seriler arasındaki durağanlık seviyesi ve eşbütünlük ilişkisini dikkate almadan, seviye değerleri

kullanılarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin WALD testi ile tahmin edilmesine imkân tanıyan Toda-Yamamoto nedensellik analizini geliştirmişlerdir (Toda ve Yamamoto, 1995:227; Gazel, 2017:291; Mert ve Çağlar, 2019:344).

Granger nedensellik testinin farklı bir versiyonu olan Toda-Yamamoto modeli bir serinin I(0), I(1) veya I(2) olmasına, herhangi bir dereceden eşbütünleşik ya da eşbütünleşik olmamasına bakılmaksızın uygulanabilmektedir (Jain ve Ghosh, 2013:90).

Aynı durağanlık derecesine sahip olmayan seriler için en uygun yöntem olarak değerlendirilen Toda-Yamamoto nedensellik testinin prosedür adımları aşağıdaki gibidir (Yuan vd., 2014:172-173).

1- Tüm değişkenlerin maksimum bütünleşme derecesinin (d_{max}) hesaplanması için birim kök testi yapılmalıdır.

2- Seçim kriterlerine göre VAR modeli kurularak optimum gecikme uzunluğu (k) belirlenmelidir. Takip eden istatistiksel sonuçlar VAR modelinin özelliklerine bağlı olacağından gecikme uzunluğunun seçimi önemlidir.

3- Değişken seviyelerinde VAR ($k+d_{max}$) model tahmini yapılmalıdır.

4- VAR modelinin güvenilirliğini kontrol etmek amacıyla otokorelasyon, normallik, değişen varyans ve spesifikasyon hatası için tanı testleri yapılmalıdır.

5- Her bir değişkenin ilk k gecikmelerinin birlikte anlamlılığını belirlemek için Wald testi yapılmalıdır. Eğer anlamlı ise, nedenselliğin olmadığını belirten sıfır hipotezi reddedilmelidir.

Y ve X değişkenleri için Toda-Yamamoto nedensellik testinde tahmin edilen VAR ($k+d_{max}$) modeli aşağıdaki gibidir (Gazel, 2017:292).

$$Y_t = \omega + \sum_{i=1}^k \alpha_{1i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \delta_{1j} X_{t-j} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \theta_{1j} Y_{t-j} + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$X_t = \varphi + \sum_{i=1}^k \alpha_{2i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{2i} Y_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \delta_{2j} X_{t-j} + \sum_{j=k+1}^{d_{max}} \theta_{2j} Y_{t-j} + \varepsilon_{2t} \quad (2)$$

Denklemlerde ε_{1t} ve ε_{2t} ile gösterilen hata terimlerinin white noise süreci sergilediği ve sıfır ortalama ve sabit kovaryans matrisine sahip olduğu varsayılmaktadır. 1 ve 2 numaralı denklemler dikkate alınarak modelde kullanılacak hipotezler aşağıdaki gibi gösterilebilir:

H_0 : Y değişkeninden X değişkenine doğru nedensellik ilişkisi yoktur.

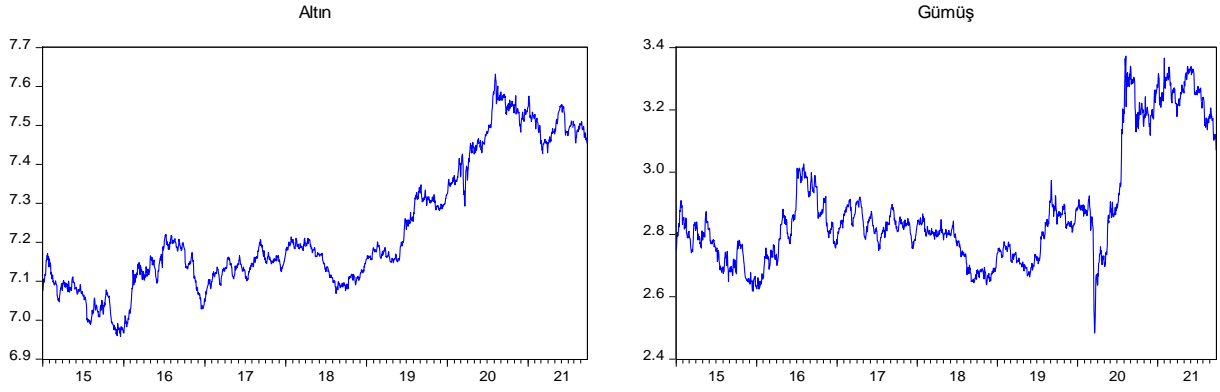
H_1 : Y değişkeninden X değişkenine doğru nedensellik ilişkisi vardır.

Değişkenler arasında karşılıklı nedensellik ilişkisinin varlığını belirlemek amacıyla katsayıların sıfıra eşit olup olmadığını ifade eden $H_0: \alpha_{1i} = 0$ ve $H_0: \alpha_{2i} = 0$ hipotezleri düzeltilmiş (modified) WALD test istatistiği yardımıyla sınanmaktadır. Düzeltilmiş WALD test istatistiğinin χ^2 tablosundaki k serbestlik dereceli değerden büyük olması halinde bu hipotezler reddedilmektedir (Gazel, 2017:292).

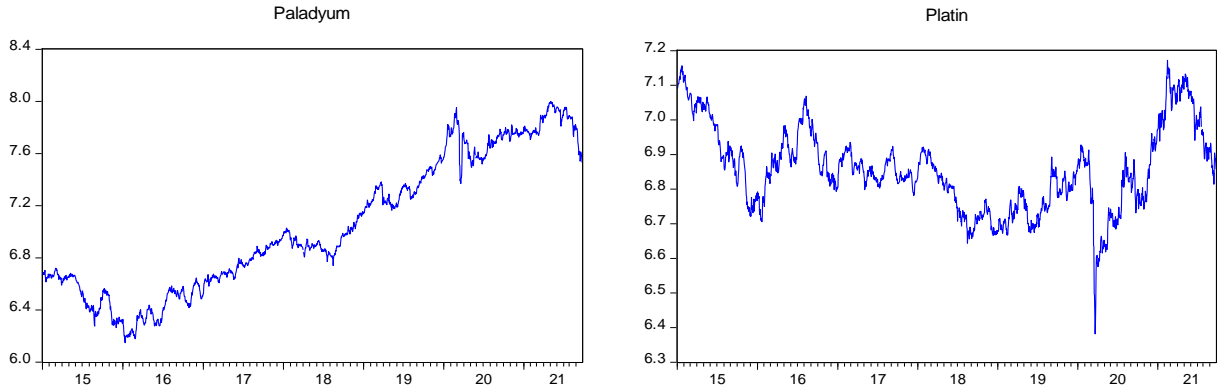
4.Analiz ve Bulgular

Çalışmada, değerli metallerden olan altın, gümüş, platin ve paladyumun, 01.01.2015-30.09.2021 dönemleri verileri kullanarak, Toda- Yamamoto nedensellik testi gerçekleştirilmiştir. Doğal logaritması alınan altın, gümüş, platin ve paladyuma ait grafikler Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 1. Doğal Logaritması Alınan Serilere (Altın, Gümüş) Ait Grafikler



Şekil 2. Doğal Logaritması Alınan Serilere (Paladyum, Platin) Ait Grafikler



Şekil 1 ve Şekil 2’de, dört değerli metalin doğal logaritması alınarak oluşturulmuş serilerine ait grafikler gösterilmektedir. Grafiklerde de görüldüğü üzere 2020 yılında COVID-19 pandemisi ile ortaya çıkan belirsizlik nedeniyle değerli metallerin fiyatı azalmıştır. İncelenen dönem içerisinde gümüş ile platinin benzer hareket sergileme eğilimde olduğu; altın ve paladyum serilerinin ise trende sahip olduğu görülmektedir.

VAR modeline dayanan Toda-Yamamoto nedensellik testinde uygun modelin seçimi için optimal gecikme uzunluğu (k) ile maksimum bütünleşme derecesinin (d_{max}) tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla öncelikle, birim kök testi ile maksimum bütünleşme derecesi belirlenecektir. Augmented Dickey Fuller birim kök testi sonuçları Tablo 1.’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Değişkenlere Ait ADF Birim Kök Testi

			ALTIN	GÜMÜŞ	PALADYUM	PLATİN
DÜZEY	Sabitli	Test İstatistiği	-0.8456	-1.7407	-0.7405	-3.2868**
		Olasılık	0.8053	0.4105	0.8345	0.0157
	Sabitli-Trendli	Test İstatistiği	-2.2937	-2.3170	-3.0259	-3.2321*
		Olasılık	0.4366	0.4239	0.1253	0.0785
1. FARK	Sabitli	Test İstatistiği	-40.8688***	-40.7485***	-39.1233***	-26.7578***
		Olasılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Sabitli-Trendli	Test İstatistiği	-40.8603***	-40.7377***	-39.1136***	-26.7594***
		Olasılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sabitli-Trendsiz	Test İstatistiği	1.0354	0.3498	0.8996	-0.4251	
	Olasılık	0.9216	0.7859	0.9018	0.5300	
Sabitli-Trendsiz	Test İstatistiği	-40.8560***	-40.7555***	-39.1126***	-26.7624***	
	Olasılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
MacKinnon Kritik değerler: %1 anlamlılık düzeyi			-3,433882			

%5 anlamlılık düzeyi	-2,862987
%10 anlamlılık düzeyi	-2,567587

(*) %10, (**) %5 ve (***) %1 anlamlılık düzeyinde seride birim kök vardır şeklinde oluşturulan boş hipotezin reddedildiğini ifade etmektedir. ADF testindeki değerler AIC bilgi kriterine göre elde edilmiştir.

Tablo 1.'de görüldüğü üzere, dört değişkene ait doğal logaritmik serilerin ADF birim kök testi sonuçlarına göre sadece platinin %5 anlamlılık düzeyinde t-istatistik değeri MacKinnon kritik değerlerinden büyük olduğu için düzeyde durağan I(0) olduğu tespit edilmiştir. Maksimum bütünleşme derecesinin (d_{max}) belirlenmesi amacıyla diğer değişkenlerin durağanlık seviyelerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla değişkenlerin birinci farkı alınmıştır. Farkı alınan değişkenlere yapılan birim kök testi sonuçlarına göre ise altın, gümüş ve paladyum serilerinin birinci farklarında I(1) durağan olduğu belirlenmiştir.

Platinin I(0); altın, gümüş ve paladyumun ise I(1) olması nedeniyle maksimum bütünleşme derecesi (d_{max}) 1 olarak alınmıştır.

Bir sonraki adımda, değişkenler arasındaki uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi için VAR modeli tahmin edilmiş ve elde edilen bulgular Tablo 2.'de sunulmuştur.

Tablo 2. Uygun Gecikme Uzunluğu

Gecikme	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	4366.236	NA	7.90	-5.002564	-4.990032	-4.997930
1	21331.74	33833.73	2.86	-24.44007	-24.37741*	-24.41690*
2	21352.81	41.92218	2.84	-24.44588	-24.33310	-24.40418
3	21375.62	45.27821	2.82*	-24.45369*	-24.29078	-24.39346
4	21383.79	16.18206	2.84	-24.44471	-24.23167	-24.36595
5	21402.14	36.25127	2.84	-24.44740	-24.18423	-24.35010
6	21411.45	18.36644	2.86	-24.43974	-24.12644	-24.32391
7	21424.53	25.72365	2.87	-24.43639	-24.07296	-24.30202
8	21441.43	33.15273*	2.86	-24.43742	-24.02386	-24.28452

LR: Sequential modified LR test statistics, **FPE:** Final prediction error, **AIC:** Akaike information criterion, **SC:** Schwarz information criterion, **HQ:** Hannan-Quinn information criterion

Tablo 2.'de görüldüğü üzere, VAR modelinden elde edilen bulgulara göre; en uygun gecikme uzunluğu SC ve HQ kriterlerine göre 1, AIC ve FPE kriterlerine göre ise 3 olarak tespit edilmiştir. Birim kök testinde Akaike bilgi kriteri (AIC) kullanıldığı için gecikme uzunluğu seçiminde de AIC dikkate alınmış ve uygun gecikme uzunluğu (k) 3 olarak belirlenmiştir. Bir sonraki aşamada, ters köklerin birim çemberin iç bölgesinde bulunması ve tamamının 1'den küçük olması şartı bulunduğu için AR karakteristik polinomlarının ters köklerinin incelenmesi gerekmektedir. Bu durum değişkenlerin birim köke sahip olmadığı, dolayısıyla durağan olduğu anlamına gelmektedir.

Tablo 3. AR Karakteristik Polinomlarının Ters Kök Değerleri

Kök	Modül
0.999282	0.999282
0.992868 - 0.007466i	0.992896
0.992868 + 0.007466i	0.992896
0.984229	0.984229
-0.451837	0.451837
0.224842 - 0.332682i	0.401536

0.224842 + 0.332682i	0.401536
0.338708 - 0.065438i	0.344972
0.338708 + 0.065438i	0.344972
-0.334349	0.334349
-0.187538 - 0.263222i	0.323197
-0.187538 + 0.263222i	0.323197

Tablo 3'e göre, AR karakteristik polinomlarının ters kök modül değerlerinin hepsi 1'den küçük olduğu için serilerin durağanlığı ile ilgili bulgu desteklenmektedir. Bununla birlikte hata terimleri arasındaki ilişkinin varlığı otokorelasyon LM testi ile sınanmış ve sonuçlar Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Otokorelasyon LM Testi Sonuçları

Gecikme	LM İstatistiği	Olasılık
1	34.36643	0.0048
2	26.49481	0.0475
3	16.51871	0.4174

Tablo 4'te otokorelasyon LM testi sonuçları gösterilmiş olup, modeldeki uygun gecikme uzunluğu olan 3. gecikme değerine bakılarak hipotez test edilmelidir. LM testinde H_0 : Uygun gecikme düzeyinde otokorelasyon yoktur şeklinde kurulmaktadır. 3. gecikme uzunluğunda olasılık değeri 0,4174 olduğundan, H_0 reddedilememiş ve değişkenlerde otokorelasyon sorunu olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Analizde, nedensellik ilişkisinin incelenebilmesi için yukarıdaki analizler yapılarak modelin uygun olup olmadığı tespit edilmiştir. $k+d_{max} = 4$ olarak belirlendiği için analizde kullanılan dört değişken arasında VAR (4) modeli tahmin edilmiştir. Her bir değerli metal için gecikme değerlerinin katsayılarına WALD testi uygulanarak nedensellik olup olmadığı tespit edilmiş ve Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları

Nedenselliğin Yönü	Ki-Kare Test İstatistiği	Ki-Kare Olasılık Değeri	Karar
Gümüş → Altın	9.327001	0.0252	Nedensellik Var
Paladyum → Altın	3.441604	0.3284	Nedensellik Yok
Platin → Altın	3.010172	0.3901	Nedensellik Yok
Altın → Gümüş	25.188987	0.0000	Nedensellik Var
Paladyum → Gümüş	12.338527	0.0063	Nedensellik Var
Platin → Gümüş	2.437924	0.4866	Nedensellik Yok
Altın → Paladyum	6.219369	0.1014	Nedensellik Yok
Gümüş → Paladyum	1.822089	0.6101	Nedensellik Yok
Platin → Paladyum	9.108249	0.0279	Nedensellik Var
Altın → Platin	12.022132	0.0073	Nedensellik Var
Gümüş → Platin	5.592217	0.1332	Nedensellik Yok
Paladyum → Platin	5.674889	0.1285	Nedensellik Yok

%5 seviyesinde istatistiki olarak anlamlıdır.

Toda-Yamamoto nedensellik testinde 1. değişkenden 2. değişkene doğru nedenselliğin olmadığını belirten sıfır hipotezi test edilmektedir. Olasılık değerinin %5'ten dūřuk olması halinde sıfır hipotezi reddedilirken, olasılık değerinin %5'ten būyuk olması halinde nedenselliğin olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilememektedir.

Tablo 5'te gōrūldūęu ūzere; gūmūřten altına, altından gūmūře, paladyumdan gūmūře, platinden paladyuma ve altından platine doęru nedensellięin olmadıęını belirten sıfır hipotezleri, Ki-Kare olasılık deęeri %5'ten dūřuk olduęu için reddedilmiřtir.

Altın ile gūmūř arasında %5 anlamlılık dūzeyinde çift yōnlū bir nedensellik iliřkisinin varlıęı tespit edilmiřtir. Her iki deęerli metalin fiyatlarındaki deęiřimin karřılıklı olarak birbirlerinin nedeni olduęu gōrūlmektedir.

Bununla birlikte, paladyumdan gūmūře doęru bir nedensellik iliřkisinin olduęu, gūmūřün fiyatındaki deęiřimin paladyumun fiyatındaki deęiřimden kaynaklandıęı belirlenirken; platinden paladyuma doęru nedensellik iliřkisinin olduęuna dair bulgular elde edilmiřtir.

Ayrıca, platin fiyatındaki değişimin nedeni olarak altın fiyatındaki değişimin anlamlı bir etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Finansal sistem, fon arz eden birimler ile fon talep eden birimlerin bir araya geldiği ve varlık ile fon değişiminin gerçekleştiği ortamlardır. Finansal sistemde, finansal piyasalar, finansal kurumlar ve finansal varlıklar yer almaktadır. Finansal piyasalar, finansal varlıkların değişiminin gerçekleştiği organize ve organize olmayan yerleri ifade etmektedir. Finansal kurumlar, finansal varlıklar ile fonların değişimine aracılık eden kuruluşlardır. Finansal varlıklar ise fon arz eden birimler tarafından yatırım amaçlı elde tutulan ve getiri sağlama amaçıyla alım satımı gerçekleştirilen enstrūmanlardır. Finansal varlıklara bakıldığında, hisse senedi, tahvil, bono, mevduat sertifikası, gayrimenkul sertifikası, tūrev ūrūnler, varantlar, değerli metaller gibi tūrlerin olduğunu gōrmek mūmkündür. Finansal varlıklar, yatırımcılar tarafından tercih edilmekte ve yatırımcıların risk algılarına gōre yatırım kararı verilmektedir.

Yatırımcılar risk algılarına gōre riskten kaçınan, riske karşı nōtr ve riski seven olmak ūzere ū tūre ayrılmaktadır. Yatırım araçlarının risklerine gōre yatırımcılar karar vermektedir. Yatırım kararı verilirken bir diğer değişken de beklenen getiridir. Yatırımcılar tarafından beklenen getirisi yūksek olan varlıklar, risk algılarına gōre tercih sebebi olmaktadır. Hisse senedi, tahvil, bono, dōviz gibi yatırım araçları dışında, çeşitlendirme yapılabilmesi ve riskin dūřūrūlebilmesi amaçıyla, değerli metaller yatırım aracı olarak kullanılmaktadır. Deęerli metallere gerçekleştirilen yatırımlarda, yatırımcılar tarafından getiri elde edilmesi ve ilgili varlıkların yatırımcıların servetlerine değer katması beklenmektedir.

Bu alışma, değerli metaller arasında nedensellik ilişkisi olup olmadığının tespiti amaçıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yer alan değerli metaller, altın, gūmūř, platin ve paladyumdur. Çalışmada dōrt değerli metalin kullanılma sebebi, en çok işlem gōren araçlar olmasıdır. Çalışma kapsamında, altın, gūmūř, platin ve paladyum fiyatları, Amerikan Doları cinsinden ons fiyatları kullanılarak elde edilmiş ve logaritmik seriler alınarak örnekleme oluşturulmuştur. Çalışmada yer alan değerli metallere ait veriler, 01.01.2015-30.09.2021 tarihlerini kapsamaktadır. Çalışmada verilere yōnelik yōntem olarak Toda-Yamamoto kullanılmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen analizler sonucunda, nedensellik ilişkilerinin tespitine yōnelik çeşitli bulgular elde edilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen analizler sonucunda, elde edilen bulgular;

- Altın ile gūmūř arasında çift yōnlū bir nedensellik iliřkisi olduęu,
- Paladyumdan gūmūře doęru bir nedensellik olduęu,
- Gūmūřün fiyatındaki deęiřimin paladyumdaki deęiřimden kaynaklandıęı,
- Platinden paladyuma doğru bir nedensellik olduğu,
- Platin fiyatındaki değişimin nedeninin, altın fiyatındaki değişim ile anlamlı olduğu şeklinde dir.

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular ile değerlendirmeler gerçekleştirildiğinde, ilk olarak değerli metallerin tamamının birbirinden bağımsız şekilde hareket etmediği gōrūlmektedir. Nedensellik ilişkileri değerlendirildiğinde, fiyatlar arasında etkileşim olduğu gōrūlmektedir. İkinci olarak, bazı dōnemlerde değerli metallerin birbirinin alternatifi olduğu gōrūlmektedir. Alternatif araçlar arasında gerçekleştirilecek portfōy çeşitlendirme, riski azaltıcı etki gōsterecektir. Son olarak altın dışında değerli metallerin de kullanımının yatırım alternatifi oluşturduğu gōrūlmektedir. Portfōylerde sadece bir değerli metal yerine birden fazla değerli metalin kullanımı, oluşturulacak portfōylerin optimum olmasını sağlayacaktır.

Çalışmada ele alınan dönem, kullanılan veriler ve gerçekleştirilen analizler itibariyle; değerli metaller ile yatırım yapan, değerli metaller konusunda akademik çalışma gerçekleştiren ve değerli metallerle portföy oluşturan kişiler için yol gösterici nitelik taşıyacağı amaçlanmakta ve düşünölmektedir. Değerli metallere ait endeksler ile güncel dönemlerin kullanılarak çalışma gerçekleştirilmesi, değerli arařtırmacılarā öneri olarak sunulmaktadır.

Kaynakça

- Açacak, A., Gülsar, E. ve Meriç, E., (2020), Kıymetli Madenlerin Birbirleriyle İlişkisi: Asimetrik Nedensellik, Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakölteı Dergisi, 21(1), 28-37.
- Başarı, Ç. (2019). Altın ve Hisse Senedi Getirileri Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(2), 475-490.
- Chua, J. H., Sick, G., & Woodward, R. S. (1990). Diversifying with gold stocks, *Financial Analysts Journal*, 46(4), 76-79.
- elik, İ., Akkuş, H. T. ve Gülcen, N., (2019), Investigation of Rational Bubbles and Volatility Spillovers in Commodity Markets: Evidences From Precious Metals, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakölteı Dergisi, 6(3), 936-951.
- Diler, H. G. (2020). Enflasyondan Korunma Aracı Olarak Altın Yatırımı. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 11(2), 370-384.
- Elmas, B. ve Polat, M., (2013), Gümüş Fiyatları ve Dow Jones Endeksi'nin Altın Fiyatlarına Etkisi Üzerine Eşbütöleşme ve Nedensellik Analizi, Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Yıl:3, 3 (6), 33-48.
- Fasanya, I. O., Oliyide, J. A., Adekoya, O. B. ve Agbatogun, T., (2021), How does economic policy uncertainty connect with the dynamic spillovers between precious metals and bitcoin markets?, *Resources Policy*, 72, 102077. (<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102077>)
- Gazel, S., (2017), BİST Sınai Endeksi ile Çeşitli Metaller Arasındaki İlişki: Toda-Yamamoto Nedensellik Testi, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 52, 287-299.
- Hillier, D., Draper, P. ve Faff, R., (2006), Do Precious Metals Shine? An Investment Perspective, *Financial Analysts Journal*, 62(2), 98-106.
- Işıldak, M. S. (2022). Bitcoin, Altın ve Dolar Nedensellik Analizi: Toda Yamamoto Yaklaşımı Uygulaması. *Uluslararası Muhasebe ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 1-15.
- Investing. (2022, Temmuz). Kıymetli Madenler. Investing: <https://tr.investing.com/> adresinden alındı
- Jain, A. ve Ghosh, S., (2013), Dynamics of global oil prices, exchange rate and precious metal prices in India, *Resources Policy*, 38 (1), 88-93.
- Kocabıyık, T., & Tuncel, M. B. (2020). Kıymetli Metaller Arası Nedensellik İlişkisi Üzerine Ekonometrik Bir alışma. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 366-379.
- Lawrence, C. (2003). Why is gold different from other assets? An empirical investigation. The World Gold Council. London.
- Mensi, W., Nekhili, R., Vo, X. V. ve Kang, S. H., (2021), Oil and precious metals: Volatility transmission, hedging, and safe haven analysis from the Asian crisis to the COVID-19 crisis, *Economic Analysis and Policy*, 71, 73-96.
- Mert, M. ve Çağlar, A. E., (2019), Eviews ve Gauss Uygulamalı Zaman Serileri Analizi, Detay Yayıncılık, 1. Baskı, Ankara.
- Nangolo, C., Musingwini, C., (2011), "Empirical Correlation Of Mineral Commodity Prices With Exchange-Traded Mining Stock Prices", *The Journal Of The Southern African Institute of Mining And Metallurgy*, Volume 111, S. 459-468.
- Sharma, M., Prashar, E., Aggarwal, R. ve Kaur, G., (2013), Gold and Precious Metals: A Comparative Analysis, *The Journal of Private Equity*, 16(4), 93-97.

Soytaş, U., Sarı, R., Hammoudeh, S. ve Hacıhasanoğlu, E. (2009). World Oil Prices, Precious Metal Prices and Macroeconomy in Turkey, *Energy Policy*, 37(12), 5557-5566.

Toda, H. Y. ve Yamamoto, T., (1995), Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes, *Jornal of Econometrics*, 66, 225-250.

Tunçel, M. B., Alptürk, Y., Yılmaz, T. ve Bekçi, İ., (2021), Korku Endeksi (VIX) ile Kıymetli Madenler Arasındaki İlişki Üzerine Ekonometrik Bir Çalışma, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(3), 1069-1083.

Yıldırım, D., Ç., Cevik, E. İ. ve Esen, Ö., (2020), Time-Varying Volatility Spillovers Between Oil Prices and Precious Metal Prices, *Resources Policy*, 68, 101783.

World Bank (2022), Commodity Market Outlook: Pandemic, War, Recession: Drivers of Aluminum and Copper Prices, Reports, URL: <https://reliefweb.int/report/world/october-2022-commodity-market-outlook-pandemic-war-recession-drivers-aluminum-and-copper-prices-enarjaptruzh>

Yuan, J., Xu, Y. ve Zhang, X., (2014), Income Growth, ENergy Consumption, and Carbon Emissions: The Case of China, *Emerging Markets Finance and Trade*, 50(5), 169-181.