

-ARAŞTIRMA MAKALESİ-

SÜREKLİ DALGACIK DÖNÜŞÜMLÜ GRANGER NEDENSELLİK ANALİZİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Erdost TORUN¹ & Erhan DEMİRELİ²

Öz

Finansal veriler genellikle iç içe geçmiş salınım, ani değişimler ve görece olarak daha yavaş değişen trend bileşenlerini içeren karmaşık bir yapıya sahiptir. Dalgacık analizi ile söz konusu bileşenler ayrıştırılarak verinin sahip olduğu bileşenlerdeki değişimleri içeren zaman-frekans grafikleri oluşturulmaktadır. Böylelikle verideki dinamiklerin ortaya çıkarılması amacıyla salınımların zamana, döneme ve salınım şiddetine göre değişiminin analizi mümkün olmaktadır. Bu çalışmada küresel kriz sonrası 03.01.2008 - 09.11.2018 dönemi için, BIST (Borsa İstanbul AŞ.) 100 Endeksi, Dolar (USD), Euro (EUR) ve serbest piyasa altın getirileri (GOLD) arasındaki ilişkiler analize konu edilmiştir. Çalışma kapsamında; BIST-100 Endeksi ile Dolar, Euro ve Altın getiri verileri arasındaki nedensellik ilişkisi, sürekli dalgacık dönüşümünü (Continuous Wavelet Transform - CWT) temel alan Granger nedensellik testi ile analiz edilmiştir. CWT Granger nedensellik testi, parametrik olmayan nedensellik testi olup Rua (2003) CWT korelasyon ölçütünün Olayeni (2016) tarafından faz farkı gösterge fonksiyonu kullanılarak geliştirilmesiyle oluşturulmuş ve literatürde son dönemlerde kullanılmaya başlanmıştır. Çalışma sonucunda BIST 100 Endeks - Dolar, BIST 100 Endeks - Euro arasında negatif ve çift yönlü bir nedensellik saptanmakla birlikte, BIST 100 Endeks - Altın getiri serileri arasında kalıcı, baskın bir nedensellik görülmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürekli Dalgacık Dönüşümü, Granger Nedensellik Testi, Yatırım Araçları Nedensellik İlişkisi

JEL Kodlar: C58, G10

Başvuru: 25.12.2018

Kabul: 09.04.2019

NONPARAMETRIC CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM (CWT) GRANGER CAUSALITY ANALYSIS: THE CASE OF TURKEY

Abstract

Financial data frequently usually have complex nature consisting slowly changing trends, oscillations interspersed with abrupt changes. Wavelet analysis is useful to distract oscillations and produce time – frequency visualization of data efficiently. Thus, changes in data can be evaluated based on the changes in timing, frequency, and amplitudes of oscillations to reveal the dynamics of data.

1- Dr. Öğr. Üyesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Uluslararası İşletmecilik ve Ticaret Bölümü,

e-mail: erdost.torun@deu.edu.tr, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-946-2813>

2- Prof. Dr, Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,

e-mail: erhan.demireli@deu.edu.tr, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3457-0699>

This study investigates the relationship between BIST 30 index return with foreign exchange rates of US dollar (USD), Euro (EUR), and gold market returns for the post global crisis era of 03.01.2008 - 09.11.2018. This study uses novel Granger causality test based on Nonparametric Continuous Wavelet Transform (CWT). Recently developed causality test is the modified version of the correlation measure in continuous wavelet transform proposed by Rua (2003) by introducing phase difference indicator function of Olayeni (2016). Results indicate the negative bivariate spectral causality between BIST 30 and USD, and BIST 30 and Euro. However, this study does not find persistent spectral causality between BIST 30 and GOLD.

Keywords: *Nonparametric Continuous Wavelet Transform (CWT), Granger Causality Test, Financial Instruments Causality.*

JEL Codes: *C58, G10.*

Çalışmanın değerlendirilmesinde ve yayımlanmasında emeği geçenlere teşekkür ederiz.

1. GİRİŞ

Küreselleşme olgusuyla birlikte yatırımcıların tasarruf güdüsü de değişmiştir. Uluslararası ticarete kullanılan rezerv paralar, ticaretteki ağırlığını korumakla birlikte birer yatırım aracı haline gelmiştir. Yatırım araçlarındaki oynaklık kaynaklı risklerden korunmak için altın da zaten bir yatırım aracı olarak uzun dönemlerden beri kullanılmaktadır. Tüm bunların sonucunda piyasalarda en yüksek işlem hacmine sahip finansal enstrümanlar, hisse senetleri ile birlikte Dolar, Euro ve Altın olmuştur. Öyle ki özellikle gelişmekte olan ekonomilerde yatırımcılar, hisse senedi yatırım kararı verirken birçok ekonomik değişkenle birlikte döviz ve altındaki gelişimin seyrini de izlemek zorunda kalmaktadırlar. Döviz ve altındaki nakit akışının sürekli ve yüksek olması, hisse senedi piyasasını belirgin düzeyde etkilemekte bu noktadan hareketle hem hisse senedi piyasalarında hem döviz, hem de altın piyasalarında anlık fiyat değişimleri ortaya çıkmakta, sonuç olarak ani fiyat değişimleri gelişmekte olan tüm ülke piyasalarında yatırımcılar için birer fırsat haline gelmektedir. Ampirik çalışmalar da bu görüşleri desteklemektedir. Örneğin Türkiye’de BIST-100 Endeksini etkileyen değişkenler içerisinde döviz ve altın fiyatlarının önemli bir ağırlığı olduğu bilinmektedir. Başka bir ifadeyle Türkiye’de; yatırımcıların tercihleri nedeniyle döviz kurları ve altın fiyatları, gösterge borsa endeksini dönemsel olarak etkilemekte buna bağlı olarak borsada dalgalanma ortaya çıkmaktadır. Birbirlerinin değerlerini olumlu veya olumsuz olarak etkileyen finansal yatırım araçları arasındaki nedensellik ilişkilerinin tespiti, bu çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, BIST-100 Endeks, Dolar, Euro ve serbest piyasa altın fiyatları, getiri serileri arasındaki nedensellik ilişkisi sürekli dalgacık dönüşümünü temel alan Granger nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Dalgacık analizi ile yatırım araçları ayrıştırılarak verinin sahip olduğu bileşenlerdeki değişimleri içeren zaman-frekans grafikleri oluşturulmuştur. Verilerdeki dinamiklerin ortaya çıkarılmasıyla salınımların zamana, dalgalanmaların

dönemine ve salınım şiddetine göre değişiminin analizi gerçekleştirilebilmektedir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümleri şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde konuya ilişkin yapılan literatür sunulmuştur. Üçüncü bölümde analizler sırasında kullanılan yöntem hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölüm çalışmada kullanılan veri setine ve analize ayrılmış, ardından ampirik sonuçlara yer verilmiştir. Son olarak, beşinci bölümde çalışmanın sonuçları değerlendirilmiş, öneriler geliştirilmiştir.

Sürekli dalgacık dönüşümünü temel alan Granger nedensellik testi, literatürde çok çeşitli araştırmalara konu olmuştur. Yöntemin literatüre yeni kazandırılması nedeniyle, yapılan çalışmaların sayısı görece olarak az sayıdadır. Çalışmanın bu kısmında sürekli dalgacık dönüşümünü temel alan Granger nedensellik testi kullanılarak gerçekleştirilen çeşitli araştırmalara yer verilmiştir.

Gündüz ve Hatemi-J (2005) ise günlük veriler kullanarak 1996-2000 dönemi için yaptıkları araştırmada hisse senedi piyasası endeksinden döviz kuruna tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu belirtmiştir. Yılmaz ve diğerleri (2006) çalışmalarında 1990-2003 dönemine ait aylık veriler kullanarak İstanbul Menkul Kıymetler Borsası endeksi, tüketici fiyat endeksi, para arzı, faiz oranı, dolar kuru, dış ticaret dengesi ve sanayi üretim endeksi değişkenlerine değişkenleri arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiştir. Araştırma sonucuna göre İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Endeksi ile dolar kuru ve para arzı değişkenleri arasında çift yönlü bir nedensellik bulunmaktadır. Tüketici fiyat endeksi ve faiz oranından İstanbul Menkul Kıymetler Borsası endeksine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. sanayi üretim endeksi ve dış ticaret dengesi değişkenleri ile İstanbul Menkul Kıymetler Borsası endeksi değişkeni arasında ise herhangi bir nedensellik ilişkisi mevcut değildir. Kasman (2006) çalışmasında 1986-2003 döneminde İMKB100 endeksi ile para arzı, döviz kuru, tüketici fiyat endeksi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisini tespit etmekle birlikte sanayi üretim endeksinden İMKB100 endeksine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu vurgulamıştır. Erbaykal ve Okuyan (2007) ise 1990-2007 döneminde döviz kuru ile hisse senedi fiyat endeksi arasında nedensellik ilişkisine ait kanıt bulamamıştır. Aydemir ve Demirhan (2009), döviz kurları ile BIST100 endeksi arasında 2001-2008 dönemi için çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmiştir. Kıran (2009), döviz kuru ve hisse senedi fiyat endeksi arasında 1990-2008 ve 1995-2008 dönemlerinde çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğuna ait kanıt elde etmiştir. Conraria vd. (2008) ekonomik yapılanma sürecinde para politikası araçları ile makroekonomik faktörlerin etkileşimini dalgacık analizi ile incelemiştir. Çalışmada dalgacık analizinin ekonomik ilişkilerin açıklanmasında Fourier dönüşümünden daha başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiş, dalgacık analizinin üstünlüklerine yer verilmiştir. Özer ve diğerleri (2011) BIST100 endeksi ile makroekonomik değişkenler arasındaki ilişkiyi 1996-2009 dönemi için inceledikleri çalışmaları sonucunda; İstanbul Menkul Kıymetler Borsası endeksi ile dolar kuru arasında nedensellik ilişkisi bulunmamıştır. Buna rağmen tüketici fiyat endeksi, dış ticaret dengesi ve faiz değişkenleri borsa endeksinin tek yönlü granger nedeni olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde borsa endeksi de altın fiyatları, para arzı ve sanayi üretim endeksinin tek yönlü Granger nedeni olduğu bulunmuştur. Conraria ve Soares (2011) çalışmalarında sürekli dalgacık dönüşümü, çapraz dalgacık, eş zamanlı dalgacık gibi sürekli dalgacık araçları üzerine çalışmışlar, sonuç olarak Genelleştirilmiş

Morse dalgacıklarını tanımlamışlardır. Rua ve Nunes (2012) çalışmalarında sürekli dalgacık dönüşümü temelinde piyasa riskini ölçmek için yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Çalışmada ölçülebilen risklerin dalgacık dönüşümleri ortaya konulmuştur. Şentürk ve Akbaş (2012) ise 2000-2011 dönemini kapsayan ve aylık dolar bazlı İMKB getirisi, mevduat faiz oranları, Doları kuru ile altın fiyatları arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışma sonucunda Dolar kuru ve İMKB getirisi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisini tespit etmekle birlikte mevduat faiz oranlarından İMKB getirisine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisine ait kanıt elde edilmiştir. Ayrıca İMKB'den altın fiyatlarına doğru bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Aktaş ve Akdağ (2013) ise, 2008-2012 dönemini kapsayan araştırmaları sonucunda tüketici fiyat endeksi, dolar kuru, ve tüketici güven endeksi değişkenlerinden BIST100 endeksine tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Faiz oranı ve kapasite kullanım oranı ile borsa endeksi arasında ise çift yönlü nedensellik ilişkisine ait kanıt bulunmuştur. Tiwari (2013) çalışmasında petrol fiyatlarındaki değişikliklerin zaman-frekans etkilerini ayırtmak için dalgacık analizini kullanmıştır. Çalışmada Alman ekonomisi için, petrol fiyatları ile endüstriyel üretim arasındaki ilişki tartışılmış, petrol fiyatlarının getirileri arasında hem faz hem de anti-faz ilişkilerinin olduğu bulgulanmıştır. Tiwari vd. (2013) çalışmalarında TÜFE ve ÜFE getiri serileri arasındaki ilişkiyi, 1991- 2011 döneminde Romanya için sürekli dalgacık dönüşümünü temel alan Granger nedensellik testi ile incelemişlerdir. Çalışma, TÜFE ve ÜFE bazlı enflasyon arasındaki zaman-frekans ilişkisini ayırtmaktadır. Altınbaş vd (2015) BIST-100 endeksi ile enflasyon, faiz oranı, döviz kuru, sanayi üretim endeksi ve petrol fiyatları arasındaki nedensellik ilişkisini aylık veriler kullanarak 2003-2012 döneminde incelemiş; araştırma sonucunda döviz ve sanayi üretim endeksinin BIST100'un tek yönlü granger nedeni olduğuna ilişkin kanıt elde edilmiştir. Ayrıca, BIST100 endeksi, döviz kurlarına ve sanayi üretim endeksine nedensellik açısından incelendiğinde bir gösterge olarak kullanılamayacağı belirtilmiştir. Ayrıca BIST100 yalnızca petrol faktörü değişkeninin Granger nedeni olduğu belirtilmiştir. Xiao-Lin Li (2015) çalışmasında ABD'deki konut fiyatları ile hisse senedi piyasaları arasındaki ilişkileri 1890-2012 dönemi için dalgacık analizi ile incelemiştir. Çalışma sonucunda incelenen dönem için 1998-2002 yılları arası hariç, her iki piyasanın son dönemlerde pozitif ilişki içerisinde oldukları bulgulanmıştır. 1998-2002 döneminde ise negatif yönlü ilişki ortaya çıkmıştır. Lu Yang vd. (2017) çalışmalarında ham petrol fiyatları ile borsa endekslerinin birlikte hareketini incelemişlerdir. Dalgacık analizi ile yapılan çalışmada, ham petrol fiyatları ve borsa endekslerinin birlikte hareketinin sapma dereceleri bulgulanmıştır. Çalışmada ayrıca ham petrol fiyatlarındaki getiriler ile döviz kurlarının getirileri arasında OECD ülkeleri için negatif ilişkiler saptanmıştır. Ürkmez ve Karataş (2017), 2002-2015 dönemi için aylık veriler kullanarak BIST100 endeksi ile Dolar ve Avro kurları arasındaki nedensellik ilişkisini incelenmiş; Dolar kurundan BIST100 endeksine doğru tek yönlü Granger nedenselliğin olduğu tespit edilmiş, dolar kurundan Avro kuruna doğru çift yönlü Granger nedensellik ilişkisi olduğu belirlenmesine karlın BIST100 endeksi ile Avro kuru arasında herhangi bir yönde Granger nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Antonakakis vd. (2018) çalışmalarında emtia fiyatları ile getirileri arasındaki ilişkileri aylık verilerle 1997 Mayıs – 2015 Ağustos dönemi için incelemişlerdir. Çalışmada doğrusal olmayan yapılar ve yapısal kırılmalar tespit edilmiş, iki değişken arasında hem zamana hem de sıklığa bağlı nedensellik, dalgacık analizi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda bu iki değişkenin temel olarak kısa vadede ve 2008–2015 dönemi boyunca pozitif ilişkili

olduğu ortaya konulmuş, bu dönemdeki faz farklılıkları ile geri dönüşlerin 2008–2012 dönemi boyunca ortaya çıktığı ve nedenselliğin daha sonra başka bir yönde ilerlediği saptanmıştır. Aviral Kumar Tiwari vd. (2018), çalışmalarında ekonomik büyüme ile hisse senedi fiyatları arasındaki ilişkileri 215 yıllık dönem için incelemişlerdir. Çalışmada dalgacık analizi kullanılarak iki değişken arasındaki zaman ve frekansa bağlı çift yönlü nedensellik bulgulanmıştır. Çalışmada ayrıca Gayrisafi Milli Hasıla (GSMH)'dan hisse senedi fiyatlarına doğru güçlü bir nedensellik olduğu, GSMH'deki negatif şokların hisse senedi fiyatlarını pozitif şoklardan daha şiddetli etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

2. YÖNTEM

Çalışmada, BIST-100 Endeksi ile Dolar, Euro ve serbest piyasa altın fiyatları üzerinden getiri serileri oluşturulmuş, daha sonra getiri serileri arasındaki nedensellik ilişkisinin analiz edilmesi amacıyla sürekli dalgacık dönüşümünü (Continuous Wavelet Transform - CWT) temel alan Granger nedensellik testi kullanılmıştır.

CWT Granger nedensellik testi parametrik olmayan nedensellik testi olup Rua (2003) CWT korelasyon ölçütünün Olayeni (2016) tarafından faz farkı gösterge fonksiyonu kullanılarak geliştirilmesiyle oluşturulmuştur³.

Finansal veriler genellikle iç içe geçmiş salınımlar, ani değişimler ve görece olarak daha yavaş değişen trend bileşenlerini içeren karmaşık bir yapıya sahiptir. Dalgacık analizi ile söz konusu bileşenler ayrıştırılarak verinin sahip olduğu bileşenlerdeki değişimleri içeren zaman-frekans grafikleri oluşturulmaktadır. Böylelikle verideki dinamiklerin ortaya çıkarılması amacıyla salınımların zamana, dalgalanmaların periyoduna ve salınım şiddetine göre değişiminin analizi mümkün olmaktadır.

Dalgacık fonksiyonu, ortalaması sıfır ve genliği hızla azalan dalga şekline sahip bir fonksiyon olarak tanımlanabilir. Verinin farklı skalalara sahip ana dalgacık fonksiyonunun, $\Psi_{s,\tau}(t) = \Psi(t-\tau) / s$ / \sqrt{s} , zaman boyutunda kaydırılarak çarpılması sonucunda aşağıda belirtilen sürekli dalgacık fonksiyon (CWT) katsayıları elde edilmektedir:

$$W_X(s, \tau) = (x * \Psi_{s,\tau})(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{s}} \tilde{\Psi}\left(\frac{t-\tau}{s}\right) dt \quad (1)$$

Burada $\tilde{\Psi}(\cdot)$ $\Psi(\cdot)$, fonksiyonunun karmaşık eşleniğidir. Veriye ilişkin zaman-frekans matrisi farklı skala parametreleri kullanılarak dalgacık fonksiyonunun zaman boyutunda kaydırılması sonucunda elde edilmektedir.

3- Detaylı metodolojik tartışma için bakınız Olayeni (2016).

Bu çalışmada, Olayeni (2016) çalışmasını takiben Morlet dalgacık fonksiyonu kullanılmıştır. Morlet dalgacık fonksiyonu, $\Psi(\eta) = \pi^{-1/4} \exp(i\omega\eta) \exp(-\eta^2/2)$, Gaussian zarf fonksiyonu kullanılarak module edilmiş dalga fonksiyonudur. Burada $\omega = \omega_0 = 6$ olmakla birlikte Gaussian zarf fonksiyonu, $\exp(-\eta^2/2)$, ve radian frekans, ω , sırasıyla zaman – frekans çözünürlüklerinin yerini ve değerlerini etkin biçimde belirleyerek analizi mümkün kılmaktadır. Skala ve frekans terimleri aynı anlama gelmektedir. Dalgacık fonksiyonun genişliği skala değeri “s” ile değiştirilmektedir, bu nedenle $\eta = s.t$ olmaktadır. Sürekli niteliğe sahip Denklem 1’in veri analizi için kesikli hale getirilmesi sonucunda $\{x_n : n = 1, 2, \dots, N\}$ verisi için spectrum, diğer bir ifadeyle zaman-frekans gösterimi, elde edilir:

$$W_x^m(s, \tau) = \frac{\delta t}{\sqrt{s}} \sum x_n \tilde{\Psi}\left((m-n)\frac{\delta t}{s}\right), m = 1, 2, \dots, N-1 \tag{2}$$

Dalgacık enerji spektrumu, $|W_x^m(s, \tau)|^2$, verinin zaman ve frekans boyutlarındaki değişimlerini tespit etmektedir. x_n ve y_n verilerine ilişkin çapraz-spektrum $W_{xy}^m(s, \tau) = W_x^m(s, \tau)\tilde{W}_y^m(s, \tau)$ olarak tanımlanır ve zaman boyutundaki kovaryans matrise eş değerdir. Burada $\tilde{W}_y^m(s, \tau)$, $W_y^m(s, \tau)$ fonksiyonunun karmaşık eşleniğidir.

Çapraz-spektrum hesaplanmasının ardından lokal faz değerlerinin hesaplanması amacıyla her bir veriye ilişkin spektrum $W_x^m(s, \tau) = \Re\{W_x^m(s, \tau)\} + i\Im\{W_x^m(s, \tau)\}$ formülü aracılığıyla gerçel ve sanal kısımlarına ayrıştırılır. Lokal faz fonksiyonu $\phi_x(s, \tau) = \tan^{-1}\left\{\frac{\Im(W_x^m(s, \tau))}{\Re(W_x^m(s, \tau))}\right\}$ olarak tanımlanır ve lokal faz değerleri arasındaki fark veriler arasındaki öncül-ardıl ilişkisine ait bilgi içermektedir. Olayeni (2016), lokal faz fark değerlerini ve Rua (2003) tarafından geliştirilen dalgacık korelasyon formülünü kullanarak Granger nedensellik testi geliştirmiştir.

Rua (2003) dalgacık korelasyon formülü aşağıdaki biçimde tanımlanmıştır:

$$\rho_{xy}(s, \tau) = \frac{\zeta\left\{s^{-1}|\Re(W_{xy}^m(s, \tau))|\right\}}{\zeta\left\{s^{-1}\sqrt{|W_x^m(s, \tau)|^2}\right\}\zeta\left\{s^{-1}\sqrt{|W_y^m(s, \tau)|^2}\right\}} \tag{3}$$

Burada $\zeta(\cdot) = \zeta_{scale}(\zeta_{time}(\cdot))$ olup ζ_{scale} ve ζ_{time} sırasıyla skala ve zaman ekseninde düzgünleştirme işlemcileridir.

Lokal faz farkı denklemleri ise:

$$\phi_{xy}(s, \tau) = \phi_x(s, \tau) - \phi_y(s, \tau) = \tan^{-1}\left(\frac{\Im(W_{xy}^m(s, \tau))}{\Re(W_{xy}^m(s, \tau))}\right) \tag{4}$$

Burada toplam faz aralığı, $-\pi \leq \phi_{xy}(s, \tau) \leq \pi$, dört alt aralığa bölünebilir ve her bir aralık nedensellik yönü ve öncül-ardıl ilişkiye ait bilgi barındırmaktadır. $\phi_{xy}(s, \tau) \in (0, \pi/2)$ aralığındaki faz farkı değerleri, verilerin pozitif yönlü birlikte hareket ettiği ve Y’in önsel hareket ettiğini ifade etmektedir. $\phi_{xy}(s, \tau) \in (-\pi, -\pi/2)$ aralığında ise negatif yönlü birlikte

pozitif yönlü ve X 'in önsel hareketini içermekte; $\phi_{xy}(s, \tau) \in (\pi/2, \pi)$ aralığında ise veriler negatif yönlü birlikte hareket etmekte ve yine X önsel hareket etmektedir. Olayeni (2016) faz farkı gösterge fonksiyonunu tanımlayıp dalgacık korelasyon fonksiyonu ile birleştirerek sürekli dalgacık dönüşümünü temel alan Granger nedensellik testini (CWTC) geliştirmiştir. Böylece nedensellik içeren ve içermeyen hareketler ayrıştırılmıştır. Gösterge fonksiyonu, spesifik faz aralığında 1, diğer aralıklarda ise 0 değerini alan fonksiyondur. Böylelikle, dalgacık korelasyon fonksiyonunda araştırılmak istenen belirli nedensellik yönü ve öncül-ardıl ilişki için kısıtlama getirilebilmektedir. Örneğin Y verisinin önsel hareket ettiği ve pozitif yönlü nedensellik için aşağıdaki gösterge fonksiyonu kullanılmaktadır:

$$I_{y \rightarrow x}(s, \tau) = \begin{cases} 1, & \text{if } \phi_{xy}(s, \tau) \in (0, \pi/2) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

(5)

Böylelikle Y verisinden X verisine pozitif Granger nedenselliğe yol açan bilgi akışını inceleyen CWTC testi aşağıdaki biçimde tanımlanır:

$$G_{y \rightarrow x}(s, \tau) = \frac{\zeta \left\{ s^{-1} \left| \Re \left(W_{xy}^m(s, \tau) \right) I_{y \rightarrow x}(s, \tau) \right| \right\}}{\zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{|W_x^m(s, \tau)|^2} \right\} \zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{|W_y^m(s, \tau)|^2} \right\}}$$

(6)

Burada $\zeta(\cdot) = \zeta_{\text{min}}(\zeta_{\text{max}}(\cdot))$ olup ζ_{min} ve ζ_{max} sırasıyla skala ve zaman ekseninde düzgünleştirme işlemcileridir.

Sonuç olarak CWTC, nedensellik ilişkisinin zaman, frekans ve şiddet değişimlerinin analizini mümkün kılarak geleneksel nedensellik testine oranla nedensellik ilişkisini daha detaylı inceleyebilmektedir. Örneğin X 'in önsel hareket etmesi, belirli bir frekansa sahip salınımında ve belirli bir zaman noktasında X verisinden Y verisine doğru nedensellik ilişkisini ifade etmektedir (CWTC testine ilişkin detaylı teknik bilgi için bakınız Aguirar-Conraria, and Soares (2014) ve Olayeni (2016)).

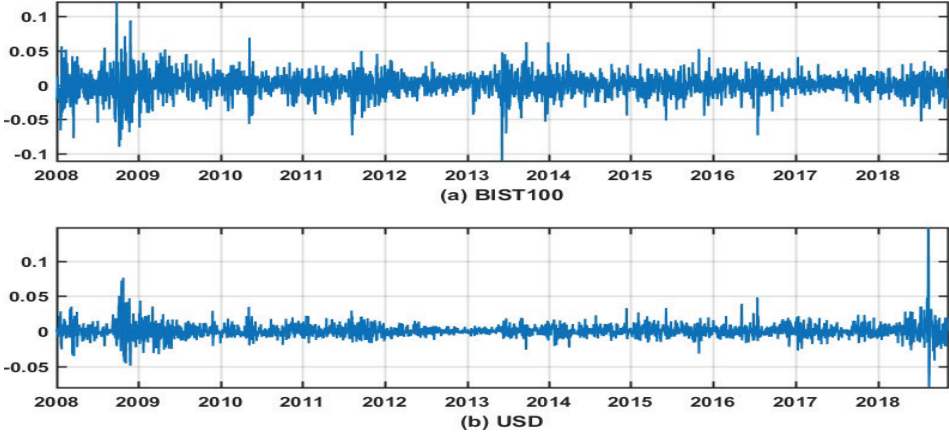
3. BULGULAR

Bu çalışmada; BIST-100 Endeks, Dolar, Euro ve Altın fiyatları arasındaki nedensellik ilişkisinin belirlenmesi amacıyla 03.01.2008 - 09.11.2018 dönemindeki, 2732 adet günlük veri için sürekli dalgacık dönüşümünü temel alan Granger nedensellik testi yapılmıştır. Verilerin analiz sürecinde MATLAB programından yararlanılmıştır. Fiyat serilerine ilişkin veriler www.investing.com sitesinden alınarak getiri serileri oluşturulmuş, analizler getiri serileri üzerinden gerçekleştirilmiştir.

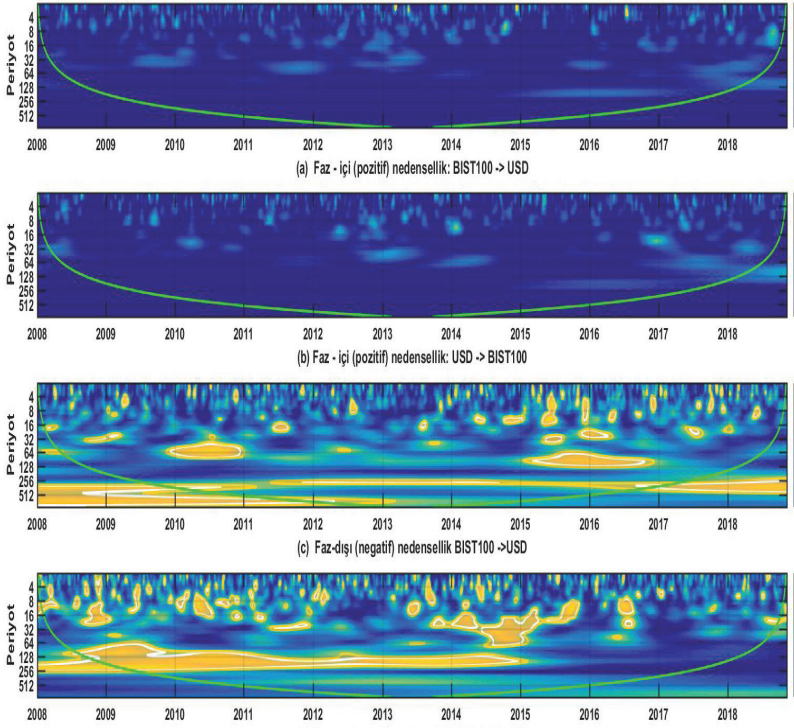
Tablo 1: Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

	BIST100	USD	EUR	GOLD
Ortalama	0.0002	0.0006	0.0005	0.0001
Standart Sapma	0.0162	0.0099	0.0094	0.0119
Maksimum	0.1213	0.1476	0.1375	0.0985
Minimum	-0.1106	-0.0799	-0.0857	-0.0959
Çarpıklık	-0.2766	1.5579	1.2064	-0.2413
Basıklık	7.4664	27.1001	25.8480	11.0896
Gözlem Sayısı	2732	2732	2732	2732

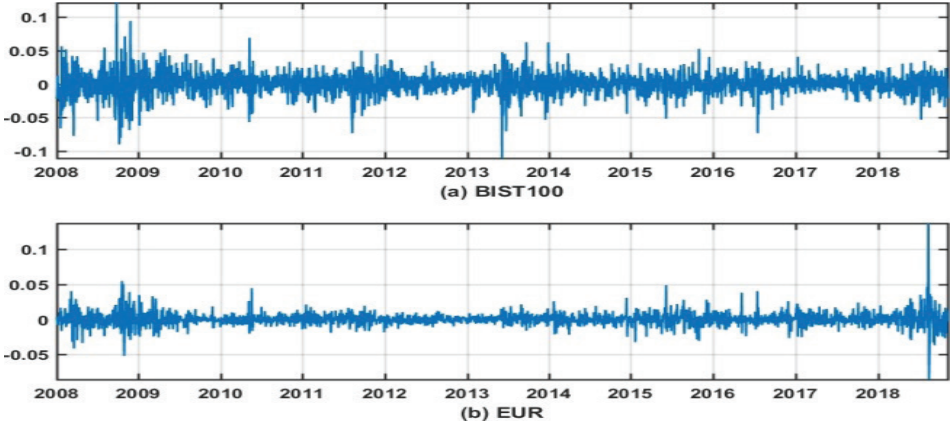
Tablo 1. incelendiğinde verilerin tümü kalın kuyruklu dağılım (leptokurtic) göstermiş olup BIST-100 Endeks ve altın getirileri sola çarpık, Dolar ve Euro getirileri ise sağa çarpık dağılıma sahiptir. Standart sapma BIST-100 endeks getirileri için en yüksek olup incelenen dönemde en yüksek ortalama ve maksimum getiri Dolar verisinde görülmektedir.



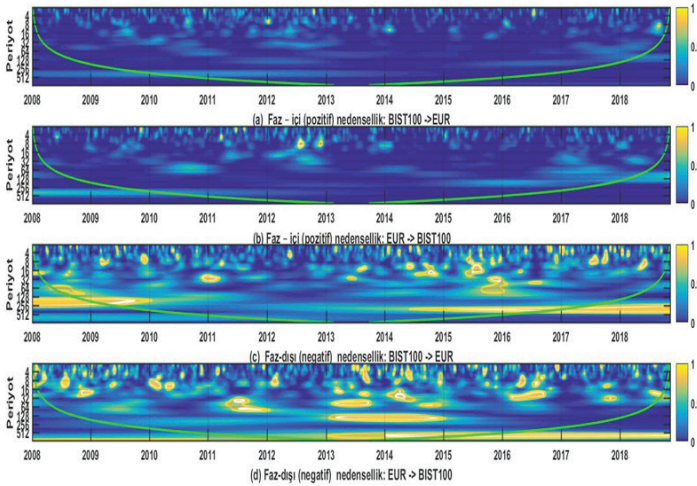
Şekil 1: BIST 100 Endeks – Dolar Getiri Serileri ve Sürekli Dalgacık Dönüşümlü Nedensellik Grafikleri



Dalgacık dönüşümünü (Continuous Wavelet Transform - CWT) temel alan Granger nedensellik testi, zaman-frekans nedensellik grafikleri incelendiğinde BIST 100 Endeks ve Dolar getirileri arasında negatif ve çift yönlü bir nedensellik olduğu görülmektedir. Genel olarak 250 günlük dalgalanmaların Dolar'dan BIST 100 Endeks getirilerine doğru daha güçlü özellikle-çalışmada günlük veri kullanıldığından çok uzun dönemli bir dalgalanma demek yerine ortalama nedensellik denilebilir-, çift yönlü ve negatif şekilde gerçekleştiği söylenebilir. Ayrıca 2015 ve 2016 yıllarında BIST 100 Endeks getirilerinin, Dolar getirilerini 64 günlük dalgalanmalarda etkilemiş olduğu da çalışmanın ilgi çekici sonuçları arasındadır. Çalışma kapsamında 8 güne kadar olan nedensellik incelendiğinde yine çift yönlü bir nedensellik olabileceğine ilişkin kanıtlar bulunmakla birlikte nedenselliğin kesikli bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun birçok farklı dinamik nedenselliğe sebep olabileceği söylenebilmekle birlikte nedenselliğin süregelen olmadığı sonucuna da varılabilir. 64 günlük dalgalanmalarda ise 2010, 2015, 2016 yıllarında BIST 100 Endeks getiri serisinden Dolar getiri serisine negatif belirgin bir nedensellik görülmektedir. 2014 ve 2015 yılları için 32 gün ve daha kısa süreli dalgalanmalarda Dolar'dan BIST 100 Endeks getiri serisine doğru negatif nedensellik görülmekte olduğundan 2010 ve 2014 yıllarında orta dönemli çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu söylenebilir. 16 gün ve daha kısa dönemlerde ise yine çift yönlü negatif nedensellik ilişkisi bulunmakta ancak Dolar'ın, BIST 100 Endeks getirilerini daha güçlü ve sık etkilemiş olduğu izlenmektedir.

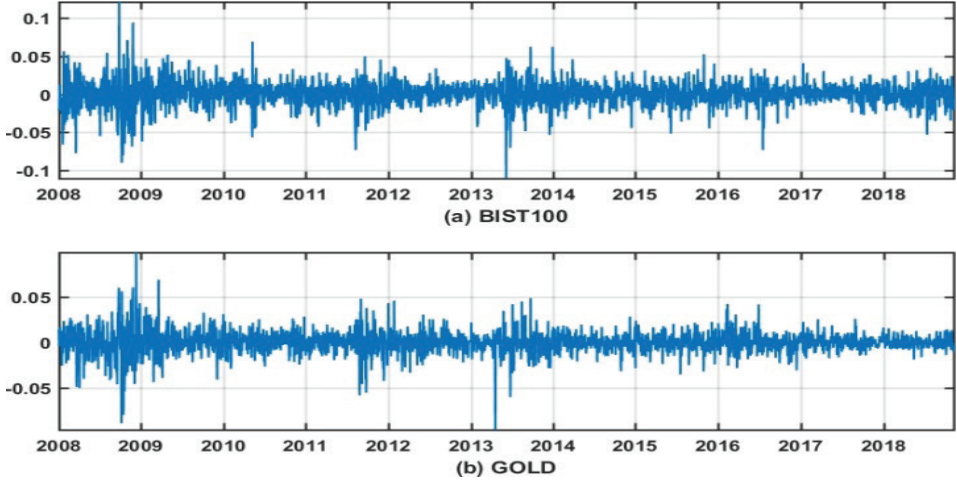


Şekil 2: BIST 100 Endeks – Euro Getiri Serileri ve Sürekli Dalgacık Dönüştümlü Nedensellik Grafikleri

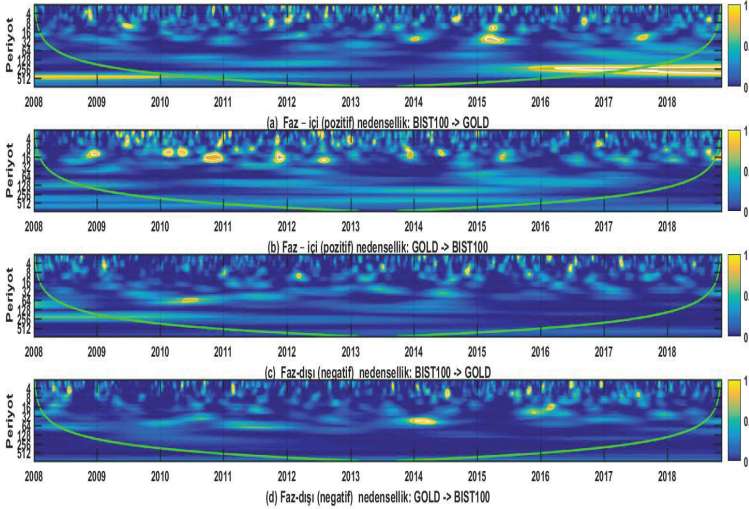


BIST 100 Endeks getirileri ile Euro fiyatları arasındaki ilişkiler incelendiğinde, yine negatif ve çift yönlü ilişkiler tespit edilmekte, ilgili dönemde Euro'nun daha baskın olduğu gözlemlenmektedir. BIST 100 Endeks getirileri ile Euro getirileri arasında orta ve uzun vadede çok fazla nedensellik içeren alan bulunmaktadır. Bu nedenle getiri serileri arasında uzun vadede nedensellik olabileceğine ilişkin bulgular, çalışmanın diğer bir ilgi çekici sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışma sonuçlarına göre 2011 ve 2015 yıllarında, orta vadede (128 gün ve daha kısa süreli dalgalanmalarda) Euro getiri serileri, BIST 100 Endeks getiri değerlerinin nedeni olmakla birlikte genel olarak çift yönlü ve negatif nedensellik bulunmaktadır. Dolar getiri serilerine benzer şekilde 16 gün ve daha kısa dönemli dalgalanmalarda çift yönlü nedensellik bulunmakta ancak Euro getiri serilerinden BIST 100 Endeks'e doğru negatif yönlü nedensellik daha fazla görülmektedir.

Dolayısıyla buradan hareketle Euro getiri serilerinin BIST 100 Endeks getirilerini, Dolar getiri serilerine göre daha çok etkilediği sonucuna varılabilir. Çalışmada 2012, 2013 ve 2014 yıllarındaki 128 – 32 gün dönemli dalgalanmalarda Euro’dan BIST 100 Endeks getirilerine doğru tek yönlü nedensellik bulunmakta, benzer nedensellik 2016 yılında da 32 gün dönemli dalgalanmalarda da görülmektedir. 2014 yılı ikinci yarısı ile 2015 yılında ise BIST 100 Endeks getirilerinden Euro getirilerine 64 gün ve daha kısa dönemli dalgalanmalarda nedensellik görülmektedir.



Şekil 3: BIST 100 Endeks – Altın Getiri Serileri ve Sürekli Dalgacık Dönüştümlü Nedensellik Grafikte



BIST 100 Endeks getirileri ile Altın getiri serileri arasındaki nedensellik incelendiğinde

ise iki değişken arasında kalıcı ve baskın bir nedensellik görülmemekle birlikte, pozitif yönlü olarak Altın getiri serilerinden BIST 100 Endeks getirilerine 16 güne kadar olan dalgalanmalarda nedensellik görülmektedir. Ayrıca 2016 yılından itibaren BIST 100 Endeks getirilerinden Altın getiri serilerine doğru görülen 256 günlük dalgalanmalardaki pozitif nedensellik de çalışmanın bir diğer ilgi çekici bulgusu olarak karşımıza çıkmaktadır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Dalgacık analizi ile finansal bileşenler ayrıştırılarak verinin sahip olduğu bileşenlerdeki değişmeleri içeren zaman-frekans grafikleri oluşturulmaktadır. Böylece salımların zamana, döneme ve salınım şiddetine göre değişiminin analizi mümkün olmaktadır. Bu çalışmada BIST-100 Endeks getirileri ile Dolar, Euro, Altın getirileri arasındaki nedensellik ilişkileri sürekli dalgacık dönüşümünü temel alan Granger nedensellik testi ile incelenmiştir. Çalışma sonucunda BIST 100 Endeks - Dolar, BIST 100 Endeks - Euro arasında negatif ve çift yönlü bir nedensellik saptanmakla birlikte, BIST 100 Endeks - Altın getiri serileri arasında kalıcı, baskın bir nedensellik görülmemiştir.

2016 yılına kadar 250 günlük dalgalanmaların Dolar'dan BIST-100 Endeks getirilerine doğru negatif, 2015 ve 2016 yıllarında ise 64 günlük dalgalanmaların BIST-100 Endeks getirilerinden Dolar getirilerine doğru yine negatif yönlü gerçekleştiği görülmüştür. 8 güne kadar olan nedenselliklerde ise çift yönlü kesikli nedensellik yapılarının olduğu sonucuna varılmıştır. 2014 ve 2015 yılları için 32 gün ve daha kısa süreli dalgalanmalarda Dolar'dan BIST 100 Endeks getiri serisine doğru negatif nedensellik görülmekte olduğundan 2010 ve 2014 yıllarında orta dönemli çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğuna çalışmanın ilgi çekici sonuçları arasındadır.

2011 ve 2015 yıllarında, orta vade için Euro getiri serileri, BIST 100 Endeks getiri değerleri arasında çift yönlü ve negatif nedensellik olduğuna sonucuna varılmıştır. 16 gün ve daha kısa dönemli dalgalanmalarda yine çift yönlü nedensellik bulunmakta ancak Euro getiri serilerinden BIST-100 Endeks'e doğru negatif yönlü nedenselliğin daha fazla olduğuna sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın ilgi çekici bir sonucu olarak Euro getiri serilerinin BIST-100 Endeks getirilerini, Dolar getiri serilerine göre daha çok etkilediği söylenebilir. Çalışmada 2012, 2013 ve 2014 yıllarındaki 128 – 32 gün dönemli dalgalanmalarda Euro'dan BIST 100 Endeks getirilerine doğru tek yönlü nedensellik bulgulanmış, benzer nedensellik 2016 yılında da 32 gün dönemli dalgalanmalarda da görülmüştür.

Ayrıca BIST -100 Endeks getirileri ile Altın getirileri arasında kalıcı ve baskın bir nedensellik görülememiş Altın getiri serilerinden BIST 100 Endeks getirilerine 16 güne kadar olan dalgalanmalarda nedensellik görülmektedir.

Yukarıda belirtildiği gibi birbirlerinin değerlerini olumlu veya olumsuz olarak etkileyen finansal yatırım araçları arasındaki nedensellik ilişkilerinin tespiti yatırım tercih süreçlerinde önem arz etmektedir. Bu açıdan yatırımcıların karar süreçlerine çeşitli ekonometrik yöntemleri de katarak tahminleme modelleri geliştirmeleri gelişmekte olan ülkelerde yapılacak yatırım tercihleri için bir zorunluluk haline gelmiştir. Özellikle hisse senedi piyasaları geliştirilmeye açık piyasalar olarak değerlendirildiğinde, BIST-100

Endeks getirilerinin alternatif yatırım araçlarından etkilendiği ve bu yatırım araçlarının ülke içindeki fiyatlarına yön verdiği kısa ve uzun dönemli olarak görülmektedir.

Finansal piyasaların etkinliğinin artırılarak yatırımcılar için finansal enstrümanların artırılması sağlanmalıdır.

Finansal piyasa etkinliği, bilginin yatırımcılar arasında eşit ve tam dağılımını ifade etmektedir. Piyasalarda yeni gelen bilginin tüm katılımcılar tarafından bilindiği ve piyasa fiyatlarının, bilginin farklı yorumlanması ile oluşması anlamına gelmektedir. Finansal piyasa etkinliğinin sağlandığı ortamda, yatırımcılar farklı yatırım seçeneklerine yönelme imkanı elde etmektedirler.

Halka arz koşulları iyileştirilerek firmalar, halka arza özendirilerek sermaye piyasalarının derinliği artırılmalı, böylece hem firmaların finansman olanakları genişletilmeli, hem yatırımcıların korunması sağlanmalıdır.

Sermaye piyasalarında 2010 yılında sağlanan halka arz seferberliği yoluyla halka açılma şirketler arasında özendirilmeye başlanmış, böylece firmalar halka açılmayı bir finansman ve kurumsallaşma metodu olarak algılamaya başlamışlardır. Halka açılma imkanlarının genişletilerek yatırımcının korunması ile birlikte piyasa oluşumunun sağlanması yatırımcıları sermaye piyasasına yöneltecektir.

Finansal istikrar ortamı sağlanarak ve sürdürülerek döviz kurlarındaki oynaklık azaltılmalı böylece cari açık azaltılmalıdır.

Finansal istikrarın sağlanması yoluyla cari açığın azaltılması sağlanacak, böylece döviz piyasasında etkinliğin sağlanmasına yönelik önemli bir adım atılacaktır.

KAYNAKÇA

- Aguira, C.L.veSoares, M. J. (2014). “The continuous wavelet transform: Moving beyond uni- and bivariate analysis”, *Journal of Economic Surveys*, 28: 2, 344-375
- Antonakakis N., Chang T., Cunado J. veGupta R. (2018). “The relationship between commodity markets and commodity mutual funds: A wavelet-based analysis”, *Finance Research Letters*, 24, 1-9
- Conraria, L. A. Azevedo N ve Soares, M. J. (2008). “Using wavelets to decompose the time–frequency effects of monetary policy”, *Physica A*, 387, 2863–2878
- Conraria, L. A. ve Soares, M. J. (2011). “Oil shocks and the Macroeconomy: Econometric estimation, economic modeling and policy implications”. PTDC/ECO/64750/2006.
- Li X.L., Chang, T, Miller, S. M., Balcilar ve M., Gupta R. (2015). “The co-movement and causality between the U.S. housing and stock markets in the time and frequency domains”, *International Review of Economics and Finance*, 38,220–233
- Olayeni, O.R. (2016). “Causality in Continuous Wavelet Transform Without Spectral Matrix Factorization: Theory and Application”, *Computational Economics*, 47(3), 321.
- Rua, A. (2013). “Worldwide synchronization since the nineteenth century: A wavelet based view.” *Applied Economics Letters*, 20(8), 773–776.
- Rua, A. ve Nunes, L.C. (2012). “A wavelet-based assessment of market risk: The emerging markets case”, *The Quarterly Review of Economics and Finance* 52,84– 92.
- Tiwari, A.K., Mutascu, M. ve Andries, A. M.,(2013). “Decomposing time-frequency relationship between producer price and consumer price indices in Romania through wavelet analysis”, *Economic Modelling*, 31, 151–159.
- Tiwari, A.K. (2013). “Oil prices and the macroeconomy reconsideration for Germany: Using continuous wavelet”, *Economic Modelling*, 30, 636–642.
- Tiwari, A.K. (2018). *Finance Research Letters*,<https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.02.005>
- Yang,L., Cai,X. J. ve Hamori S. (2017). “Does the crude oil price influence the exchange rates of oil importing and oil-exporting countries differently? A wavelet coherence analysis”, *International Review of Economics and Finance* 49, 536-547.
- Altınbaş, H., Kutay, N.ve Akkaya, C. (2015), “Makroekonomik Faktörlerin Hisse Senedi Piyasaları Üzerindeki Etkisi: Borsa İstanbul Üzerine Bir Uygulama”, *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonomi Ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4: 2, 30-48
- Yılmaz, Ö., Güngör, B ve Kaya, V. (2006), “Hisse Senedi Fiyatları ve Makroekonomik Değişkenler Arasındaki Eşbütünleşme ve Nedensellik”, *İMKB Dergisi*, 9: 34, 1-16.
- Ürkmez, E., Karataş, T., (2017), Borsa İstanbul 100 Endeksi İle Döviz Kurları Arasındaki Dinamik İlişkinin Belirlenmesi, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5: 45, 393-409
- Özer, A., Kaya, A. ve Özer, N. (2011), Hisse Senedi Fiyatları ile Makroekonomik Değişkenlerin Etkileşimi, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26:1,163-182

- Aktaş, M., Saffet A. (2013). “Türkiye’de Ekonomik Faktörlerin Hisse Senedi Fiyatları İle İlişkilerinin Araştırılması”, *International Journal Social Science Research*, 2:2, 50-67.
- Erbaykal, E., Okuyan, H.A., (2007), “Hisse Senedi Fiyatları ile Döviz Kuru ilişkisi: Gelişmekte Olan Ülkeler Üzerine Ampirik Bir Uygulama”, *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi* 1:1, 77-89.
- Aydemir O., Demirhan E. (2009), The Relationship Between Stock Prices and Exchange Rates Evidence from Turkey , *International Research Journal of Finance and Economics*, 23, 207-215
- Gündüz L., Hatemi-J, A., (2005), On the Causal Relationship Between Stock Prices and Exchange Rates Evidence from MENA Region, Focus on Economic Growth and Productivity Editor: L. A. Finley, 85-97, ISBN: 1-69454-272-4, Nova Science Publishers, Inc.
- Şentürk, M., Yusuf, A. (2012). “Finansal Aktif Fiyatları Ve Borsa Getirisi İlişkisi: Türkiye Örneği Üzerine Bir Uygulama”, *Finansal Araştırmalar Dergisi*, 3:6, 41-53.
- Kıran, B., (2009), “Türkiye’de Döviz Kuru ve Hisse Senedi Fiyatlarının Sınır Testi Analizi”, *İktisat İşletme ve Finans Dergisi*, 275, 66–88.

NONPARAMETRIC CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM (CWT) GRANGER CAUSALITY ANALYSIS: THE CASE OF TURKEY

1. INTRODUCTION

Saving motivation of investors has changed based on globalization. Reserve currencies have become investment instruments while maintaining their importance on international trade. Gold has already been used as investment instrument against volatility risks for a long time. Hence, most widely traded financial instruments are stocks, US dollar, euro and gold in financial markets. Intense and continuous nature of exchange rate and gold trade affects stock markets. These interactions cause abrupt changes in the price of aforementioned financial instruments. Empirical studies show that these price changes become opportunity for investors

2. METHODOLOGY

This study investigates the causality relationship between BIST 30 index return with foreign exchange rates of US dollar, Euro, and gold market returns via novel Granger causality test based on Nonparametric Continuous Wavelet Transform (CWT). Wavelet analysis is efficient tool to distract components in data and produce time – frequency visualization of changes in the components of data. Thus, changes in data can be evaluated based on the changes in timing, frequency, and amplitudes of oscillations to reveal the dynamics of data.

CWT Granger causality is nonparametric causality test, which is the the modified version of the correlation measure in continuous wavelet transform proposed by Rua (2003) by

introducing phase difference indicator function of Olayeni (2016) ⁴.

Financial data usually have complex nature consisting slowly changing trends, relatively faster oscillations interspersed with abrupt changes. Wavelet analysis is useful to distract oscillations and produce time – frequency visualization of data efficiently. Thus, changes in data can be evaluated based on the changes in timing, frequency, and amplitudes of oscillations to reveal the dynamics of data.

A wavelet is a function of promptly decreasing, wave-like oscillation with zero mean.

Rua (2003) defines wavelet correlation function as follows:

$$\rho_{xy}(s, \tau) = \frac{\zeta \left\{ s^{-1} \left| \Re \left(W_{xy}^m(s, \tau) \right) \right| \right\}}{\zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{\left| W_x^m(s, \tau) \right|^2} \right\} \zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{\left| W_y^m(s, \tau) \right|^2} \right\}} \tag{3}$$

Thus, CWTC test investigating information flow leading positive Granger causality from Y to X is defined as:

$$G_{Y \rightarrow X}(s, \tau) = \frac{\zeta \left\{ s^{-1} \left| \Re \left(W_{xy}^m(s, \tau) \right) I_{Y \rightarrow X}(s, \tau) \right| \right\}}{\zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{\left| W_x^m(s, \tau) \right|^2} \right\} \zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{\left| W_y^m(s, \tau) \right|^2} \right\}} \tag{6}$$

Where $\zeta(\cdot) = \zeta_{scale}(\zeta_{time}(\cdot))$ with ζ_{scale} and ζ_{time} as the smoothing operator along scale axis and time axis, respectively.

CWTC allows for investigating the changes of the causality relationship in terms of time, frequency, and amplitude. Thus CWTC provides deeper insight on the evolution of granger causality relationship. For example, when X leads Y in a given time and frequency denotes the granger causality from X to Y in that time and frequency. (For detailed technical discussion of CWTC, please see Aguirar-Conraria, and Soares (2014) ve Olayeni (2016))

To investigate the causality relationship between BIST 30 index return with foreign exchange rates of US dollar, Euro, and gold market returns, this study uses Granger causality test based on Nonparametric Continuous Wavelet Transform (CWTC) for the period era of 03.01.2008 - 09.11.2018 consisting 2732 observations. MATLAB program is used for computation. Data are obtained via www.investing.com. Data are transformed

4- For technical discussion, please see Olayeni (2016).

into return series for analysis.

3. RESULTS

Results indicate the negative bivariate spectral causality between BIST 100 and US dollar, and BIST 100 and Euro. However, this study does not find persistent spectral causality between BIST 100 and gold.

Investigation of causality among financial instruments affecting each other in positive or negative direction is of crucial important in the investment decision process. Thus, investors should develop investment decision making approach consisting econometric methods to evaluate investment alternatives in emerging markets. In the light of the fact that stock markets are open to improvement, Findings indicate that BIST 100 is affected and directed by alternative financial instruments in both long and short run.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

Consequently this study comes to following conclusions:

- The efficiency of the financial markets and number of the financial instruments should be increased for investors.
- To motivate corporations for public offerings, the conditions of public offerings should be improved. Thus, financing alternative should be provided for corporations and investors should be protected.
- Volatility in foreign exchange should be decreased via maintaining and ensuring financial stability to decrease current account deficit.