

GETİRİ VE VOLATİLİTENİN ETKİLEŞİMİ: AMERİKA VE TÜRKİYE TAHVİL PİYASALARI ÖRNEĞİ

Araştırma Makalesi / Research Article

Torun, E. ve Demireli, E. (2020). Getiri ve Volatilitenin Etkileşimi: Amerika ve Türkiye Tahvil Piyasaları Örneği. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 10(1), 403-424.

Geliş Tarihi: 06.08.2019
Kabul Tarihi: 04.03.2020
E-ISSN: 2149-3871

Dr. Öğr. Üyesi Erdost TORUN
Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Uluslararası İşletmecilik ve Ticaret Bölümü
erdost.torun@deu.edu.tr
ORCID No: 0000-0002-0946-2813

Prof. Dr. Erhan DEMİRELİ
Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü
erhan.demireli@deu.edu.tr
ORCID No:0000-0002-3457-0699

ÖZ

Amerika Birleşik Devletleri'nin gelişmiş ve gelişmekte olan finansal piyasalar üzerindeki etkisi ve özellikle ABD ipotek piyasasında meydana gelen kriz nedeniyle tahvil piyasaları arasındaki ilişkiye ilişkin değişimlerin analizi finansal ve makroekonomik açıdan önemli hale gelmiştir. Bu çalışmada, Amerika ve Türkiye tahvil piyasaları arasındaki getiri ve koşullu varyans serileri arasındaki korelasyon ve nedensellik ilişkilerinin gelişimi parametrik olmayan Wavelet Granger nedensellik yöntemi kullanılarak incelenmiş ve varyans serisindeki kırılmaların dinamik nedensellik örüntüsündeki değişimlerle ilişkisi araştırılmıştır. Çalışma, volatilité ve varyans kırılmalarının modellenmesi konusunda literatürde yapılan ilk çalışmadır. Çalışmada, 2006 - 2019 döneminde ABD ve Türkiye için günlük veriler kullanılmıştır. Analiz sonucunda tahvil piyasaları arasındaki farklı periyoda sahip dalgalanmalar arasındaki nedensellik ve korelasyon testlerinin zamana bağlı değişimlerini içeren frekans – zaman dağılımları tahminlenmiştir. Çalışma sonucunda getiri ve varyans serilerinde nedensellik ve korelasyon ilişkisinin global kriz ve Amerika Birleşik Devletleri para politikasından uzun vadede etkilendiği bulgulanmıştır. FED politika adımlarının atıldığı ve sonrasında düzelme görülen dönemde ise kırılmalar seyrekleşmiş, uzun dönemli varyans nedenselliği ortadan kalkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nonparametrik Granger Nedensellik Testi, Dalgacık Dönüşümü, Spektral Analiz, Tahvil Piyasası, Getiri Oynaklık İlişkisi.

THE INTERACTION OF RETURN AND VOLATILITY: USA AND TURKEY'S BOND MARKETS EXAMPLE

ABSTRACT

Analysis of the changes in the relationship between the bond markets due to the impact of the United States on developed and developing financial markets and especially the crisis in the US mortgage market has become important financially and macroeconomically. This study investigates the evolution of comovement and causal relationship between USA and Turkey Treasury bond market return and volatility through nonparametric continuous wavelet transformation based Granger causality method also investigates the relationship between breaks in conditional volatility and changes in patterns of dynamic causality. This study is the first of the literature in terms of modelling variance and break interaction in this causality framework. This study uses daily data for the period 2006 - 2019. Estimation process yield frequency – time distribution

of time dependent changes in both correlation and causality relationships between oscillations with different periods. Breaks cluster on global crisis period coincide with long run causality in variance. Breaks then become sparse in the FED policy adjustment period and the after crisis period and volatility causality disappears in the long run. Therefore, this study concludes that shocks and news are likely to contribute causality in the long run. Results indicate that direction and time dependent changes in both correlation and causality vary among oscillations with long and short periods.

Keywords: Nonparametric Granger Causality Test, Wavelet Transformation, Spectral Analysis, Bond Market, Return Volatility Relationship.

1. GİRİŞ

Finansal piyasalarda birlikte hareket etme eğiliminde olan veriler arasındaki bilgi akışının yönünün, analiz edilmesi finans bilimi açısından kritik öneme sahiptir. Sözkonusu bilgi akışını ilk kez modelleyerek çığır açan Granger (1969)'ın çalışmasından bu yana birçok çalışma, Granger Nedensellik Testi'ni uygulayarak finansal ya da ekonomik değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmıştır. Geleneksel Granger nedensellik testi verideki farklı periyodlu dalgalanmaları eşanlı olarak test edememektedir. Olayeni (2016) Sürekli Dalgacık Dönüşümü kullanan Parametrik Olmayan Granger Nedensellik Testi'nin (CWTC) bazı avantajları bulunmaktadır: CWTC testi dalgacık dönüşümünü kullanarak verideki farklı periyodlu dalgalanmalar arasındaki nedensellik ilişkisinin ve sözkonusu ilişki yapısının zamana bağlı değişiminin eşanlı analizini mümkün kılmaktadır. Böylelikle nedensellik ilişkisi hem zaman boyutunda hem de dalgalanmaların frekansı boyutunda analiz edilerek ilişki örüntüsüne ilişkin yeni bilgiler sağlanmaktadır. CWTC testinin parametrik olmaması nedeniyle otoregresif modelleme sürecinden bağımsız olup otoregresif modelleme sürecindeki gecikme değerinin hesaplanması zorunluluğu da ortadan kalkmıştır. Böylece uzun süreli dalgalanmalar içeren veya uzun hafızaya sahip verilerin analizinde kritik öneme sahip gecikme sayısının yanlış belirlenmesi durumunda ortaya çıkabilecek sahte nedensellik ilişkisi ortadan kaldırılmıştır.

Çalışma kapsamında ABD ve Türkiye tahvil piyasalarındaki günlük getiriler 04.07.2006 - 25.01.2019 döneminde analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda ABD ve Türkiye tahvil piyasaları arasındaki nedensellik ilişkisinin dinamik bir yapıda olduğu ortaya çıkmıştır. Nedensellik ve korelasyon ilişkisinin özellikle global kriz ve ABD para politikasından uzun vadede etkilendiğine dair kanıt elde edilmiştir. Dalgacık korelasyonu sonuçları da genel olarak uzun dönemde pozitif; kısa dönemde ise oldukça değişken niteliktedir. Volatilité serilerindeki ani dalgalanmalarla kırılma tarihlerinin büyük oranda örtüştüğü görülmüş olup bu durum koşullu varyans serilerinin piyasa dalgalanmalarını etkin bir biçimde yansıttığı şeklinde yorumlanabilir. Varyans serilerindeki kırılmaların yoğunlaştığı küresel kriz dönemlerinde uzun periyodlu varyans dalgalanmalarında nedensellik görülürken, kırılmaların azaldığı krizden düzelmeye döneminde ise getiri serilerinde uzun dönemde nedensellik görülmüştür. Bu durum, kriz dönemlerinde varyans serilerindeki nedensellik örüntüsünün de fiyat hareketlerinde etkin olduğu ve portföy çeşitlendirme stratejilerinde dikkate alınabilecek bilgi içerdiği şeklinde yorumlanabilir. Dolayısıyla yatırımcılar tarafından uygulanabilecek çeşitlendirme stratejisinin etkinliği uzun dönemde azalabilir.

Çalışmanın ilgili yazına temel katkısı, CWTC testini kullanarak ABD ve Türkiye tahvil piyasaları ve volatiliteleri arasındaki nedensellik ilişkisindeki zamana bağlı değişimin ilk kez analiz edilmesi ve koşullu varyans serilerindeki kırılmalarla karşılaştırılarak nedensellik ilişkisini etkileyebilecek olayların ilk kez ortaya konulmasıdır.

2. YAZIN TARAMASI

Yazında, tahvil piyasaları arasındaki nedensellik ilişkisine odaklanan çalışmaların sayısı sınırlıdır. Amerikan ekonomisinin etkisini inceleyen çalışmalar incelendiğinde genel olarak Amerika tahvil piyasasının diğer gelişmiş ve gelişmekte olan piyasalarla arasındaki uzun dönemli ilişki ya da volatiliye yayılım ilişkisine odaklanan çalışmalar mevcuttur. Laopodis (2008) Granger Nedensellik Testi kullanarak Amerika ve Avrupa tahvil piyasaları arasındaki etkileşimi 1994-2006 dönemi ile Avro öncesi ve sonrası dönemler için incelemiştir. Çalışma sonucunda incelenen dönemlerde Amerika'dan Avrupa piyasalarına doğru tek yönlü nedensellik bulgulanmıştır. Kumar ve Okimoto

(2011) Japonya hariç G7 ülkeleri tahvil piyasaları arasındaki birlikte hareket etme dinamiklerindeki değişimi kısa ve uzun dönemli devlet tahvillerine ait verileri kullanarak incelemişlerdir. 1994 – 2007 dönemi için yapılan çalışmanın sonucunda uzun dönemli faiz oranlarındaki korelasyon artışının yanında kısa dönemli korelasyon ilişkisinde anlamlı değişim tespit edilmiştir. Genel olarak kısa dönemli faiz oranlarındaki değişimin büyük ölçüde ulusal para politikası ile yerel ekonomik ve finansal piyasa koşulları tarafından yönlendirilirken uzun dönemli faiz oranlarındaki değişimin ise küresel piyasa koşulları tarafından etkilendiği belirtilerek uzun dönemde piyasalar arasında entegrasyon ilişkisinin daha şiddetli olduğu bulgulanmıştır. Ehrmann vd. (2011) ABD ve Avro bölgesi para, tahvil, hisse senetleri ve döviz piyasaları arasındaki volatilité yayılım etkisini 1989-2008 dönemi için incelemişlerdir. Çalışma sonucunda ABD'den Avro finansal piyasalara doğru direkt volatilité yayılım etkisinin şiddetli olduğu ve sözkonusu etkinin arttığı; buna karşın Avro piyasasından ABD ekonomisine volatilité yayılım etkisinin daha düşük olduğu vurgulanmıştır.

Gelişmekte olan piyasalara odaklanan çalışmaların bir kısmı söz konusu piyasaların kendi aralarındaki volatilité yayılım veya uzun dönemli ilişkilerini diğerleri ise ABD tahvil piyasası ile olan ilişkisini analiz etmiştir. Bunda (2009), 1997- 2008 dönemi için 18 adet gelişmekte olan ülkeye ilişkin tahvil piyasaları arasındaki etkileşimi analiz etmiştir. Çalışma sonucunda küresel istikrarsızlık dönemlerinde piyasalar arasındaki korelasyonun arttığı bulgulanmış, söz konusu ülkelerin tahvil piyasalarını etkileyen başlıca küresel faktörler; 1997 Asya krizi, 1998 Rusya krizi (moratoryum), 1998 varlık fonu Long-Term Capital Management LTCM iflası, 1999 Brezilya krizi (devalüasyon ve para krizi), 2000-2001 Arjantin krizi, 2002 Brezilya para krizi, 2007 ABD riskli konut piyasası krizi, 2008 Lehman Brother iflası olarak ifade edilirken 1997 Tayland bahtının devalüasyonunun etkisinin daha düşük olduğu ifade edilmiştir. Nowak vd. (2011) Ekim 2006 – Şubat 2008 dönemine ait gün içi tahvil fiyatlarını kullanarak Brezilya, Meksika, Rusya, Türkiye tahvil piyasalarına ait volatilitelerinin yerel ve küresel makroekonomik verilerden etkilenmesi sürecini incelemiştir. Çalışma sonucunda tahvil piyasalarının, yerel piyasalara ilişkin haberlere daha hızlı olmakla birlikte, küresel haberlere de yerel haberler kadar şiddetli tepki verdikleri bulgulanmıştır. Piljak (2013) tahvil piyasaları volatiliteleri arasındaki birlikte hareket etme eğilimleri ve bu eğilimleri etkileyen faktörleri incelemiştir. Aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 14 gelişmekte olan ülke tahvil piyasalarının ABD 10 yıllık devlet tahvili ile olan etkileşiminin aylık veriler kullanılarak 2000-2011 dönemi için incelendiği çalışmada küresel etkenlere nazaran ulusal makroekonomik faktörlerin tahvil korelasyonlarındaki değişimleri üzerinde daha güçlü etkilerinin olduğuna; ayrıca en güçlü faktörlerin ulusal para politikası ile enflasyon olabileceğine dair kanıt elde edilmiştir. Bununla birlikte küresel tahvil piyasasında yaşanan belirsizliklerin de tahvil piyasalarındaki birlikte hareket etme eğilimi üzerinde açıklayıcı etkisi olduğu tespit edilmiştir. ABD ile gelişmekte ve gelişme ihtimali olan tahvil piyasalarının volatiliteleri arasındaki korelasyon ilişkisi 2001-2013 dönemi için haftalık veriler kullanılarak Piljak ve Swinkels (2017) tarafından incelenmiştir. Çalışma sonucunda ABD ile gelişme ihtimali olan piyasa volatiliteleri arasındaki korelasyonun oldukça değişken olmakla birlikte ortalamada sifıra yakın olduğu, ABD piyasasının gelişmekte olan piyasalarla korelasyonunun ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gilchrist vd. (2018) ABD para politikasındaki değişimlerin dünya tahvil piyasalarına etkisini gün içi veri kullanarak Ocak 1992 – Mayıs 2014 dönemi için incelemiş ve çalışma sonucunda ABD para politikasındaki değişimlerin ve değişimlere ilişkin haberlerin dünya tahvil piyasalarındaki uzun ve kısa vadeli faiz oranlarında anlamlı bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Ahmad vd. (2018) ise ABD ile Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika BRICS ülkelerinin tahvil piyasaları arasındaki volatilité yayılım ilişkisini 1997-2016 dönemi için incelemiştir ve çalışma sonucunda küresel faktör olarak ABD ekonomisinden BRICS ülkelere volatilité yayılımına ilişkin kanıt elde edilmiştir.

Dalgacık analizi iktisadi ve finansal değişkenlerde meydana gelen dalgalanmaların birbiriyle ilişkililerinin analiz edilmesinde sıkça kullanılmaktadır. Fan ve Gençay (2010) Gençay vd. (2001), Gallegati ve Gallegati (2001), Crowley (2007), Yogo (2008), Gallegati vd. (2011) Dalgacık analizi kullanılarak geliştirilen ekonometrik testler, konjonktür dalgalanmaları analizi ya da ekonomik büyüme, işsizlik, sanayi üretimi gibi verilerin analizini gerçekleştiren çalışmalara örnek olarak gösterilebilir. Dalgacık analizine ilişkin yazın geniş olmasına rağmen, dalgacık korelasyon ve dalgacık bağdaşım ölçütlerinin son yıllarda geliştirilen yeni testler olması nedeniyle yazın oldukça

sınırlıdır. Rua ve Nunes (2012) piyasa risklerini analiz etmiştir. Vacha and Barunik (2012) enerji fiyatlarındaki birlikte hareket etme eğilimlerini araştırmıştır. Uddin vd. (2013) ve Tiwari ve Albulescu (2016) döviz kurları ile petrol fiyatlarına odaklanmıştır. Olayeni (2013) Feldstein-Horioka paradoksunu incelemiştir. Tiwari ve Olayeni (2013) tiraret dengesi ve petrol fiyatlarını analiz etmiştir. Tiwari (2013) Almanya ekonomisine ait makroekonomik faktörler ile petrol fiyatları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Tiwari vd. (2013) G7 ülkelerinin enflasyon verileri arasındaki birlikte hareket etme eğilimlerini analiz etmiştir. Tiwari vd. (2014) Fransa ekonomisinde meydana gelen enflasyon-çıktı açığını incelemiştir. Chaker ve Besma (2014) hisse senedi piyasalarındaki birlikte hareket etme eğilimlerini analiz etmiştir. Olayeni (2016) ABD ekonomik aktivite ile finansal stres arasındaki nedensellik ilişkisinin gelişimini incelemiştir. Tiwari vd. (2018) hisse senedi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmıştır. Martinez vd. (2018) petrol ürünleri arasındaki birlikte hareket etme eğilimlerini incelemiştir.

3. VERİ SETİ VE METODOLOJİ

Bu bölümde, önce araştırmada kullanılan veri setiyle ilgili genel bilgi verildikten sonra verideki değişimlerin arttığı dönemler incelenerek söz konusu değişimlerin olası nedenlerinden kısaca bahsedilmiştir. Daha sonra, veride kullanılan CWTC testinin anlaşılabilirliği amacıyla; önce zaman boyutundaki nedensellik testi açıklanmış daha sonra ise geleneksel frekans boyutundaki parametrik nedensellik testi ve parametrik olmayan CWTC nedensellik testi detaylı incelenmiştir.

3.1. Veri Seti

Bu çalışmada; ABD ve Türkiye tahvil piyasalarında işlem gören 5 yıllık devlet tahvilleri arasındaki nedensellik ilişkisinin belirlenmesi amacıyla 04.07.2006 – 25.01.2019 dönemindeki, 3157 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 internet sitesinden alınarak getiri serileri oluşturulmuş, analizler getiri serileri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Koşullu volatilité serileri, Andersen ve Bollerslev (1998) çalışması temel alınarak, GARCH(1,1) modeli kullanılarak elde edilmiştir¹. Tablo 1, Verilere ilişkin tanımlayıcı istatistikleri içermektedir. Getiri serileri incelendiğinde, ABD verisinin incelenen dönemde standard sapmasının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca seriler çarpık ve leptokurtik dağılıma sahip olup serilerin normal dağılıma sahip olduğu boş hipotezini reddeden Jarque-Bera istatistiği de bunu doğrulamaktadır.

Tablo 1: Tanımlayıcı İstatistikler

Veri	Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık	JB
ABD	-0.0001	0.0328	-0.0430	6.2121	1328.4840*
TUR	0.0000	0.0172	0.0960	14.1874	16108.4800*
VAR ABD	0.0011	0.0010	1.5122	5.8522	2223.6520*
VAR TUR	0.0003	0.0004	6.3893	57.6036	404636.7000*

*Not: J-B Jarque-Bera (1980) test istatistiğidir. ABD ve TUR, sırasıyla ABD ve Türkiye piyasalarına ilişkin tahvil getiri serilerini ifade ederken VAR ABD ve VAR TUR, söz konusu getiri serileri kullanılarak GARCH(1,1) modeli aracılığıyla elde edilmiş koşullu varyans serilerini ifade etmektedir. * 1% seviyesinde istatistiksel anlamlılığı temsil etmektedir.*

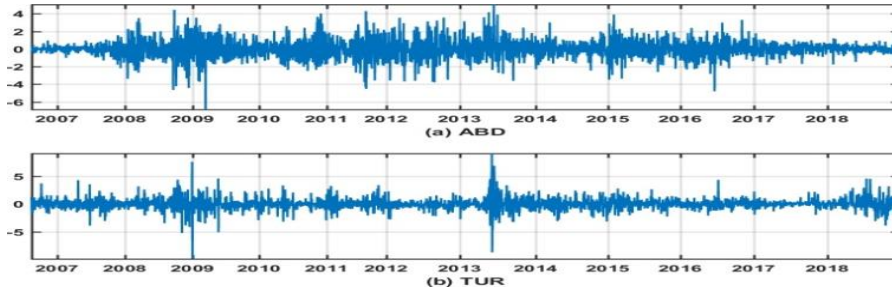
¹ Koşullu varyans serisinin, verideki dinamikleri yansıtmayı amacıyla GARCH modelinin yanında EGARCH, GJR-GARCH, APARCH, FIGARCH, FIAPARCH, FIEGARCH ve HYGARCH modelleri analiz edilmiştir. Model parametre anlamlılığı, varyans serisinin pozitif olma kriteri (model katsayı kısıtları), yakınsama kriteri, AIC, SIC, ARCH test, Ljung-Box Q test kullanılarak söz konusu modellerin değerlendirilmesi sonucunda en iyi modelin GARCH(1,1) olduğu tespit edilmiştir. Test ve model sonuçları istek üzerine yazarlardan temin edilebilir.

Tablo 2: Birim Kök Test Sonuçları

		ABD	TUR	VAR ABD	VAR TUR
ADF	η_{μ}	-60.9301*	-61.6338*	-4.3569*	-7.4508*
	η_{τ}	-60.9423*	-61.6704*	-4.5475*	-7.4837*
PP	η_{μ}	-61.0372*	-61.6338*	-4.6490*	-7.4471*
	η_{τ}	-61.0638*	-61.6704*	-4.8545*	-7.4805*
KPSS	η_{μ}	0.1626	0.2944	0.3117	0.1245
	η_{τ}	0.0290	0.0504	0.1021	0.0532

Not: ADF, PP ve KPSS sırasıyla Augmented Dickey Fuller, Phillips-Perron ve Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin birim kök testlerini ifade etmektedir. η_{μ} ve η_{τ} test kullanılırken denkleme sırasıyla trend eklenip eklenmediğini ifade eder. Testler için maksimum gecikme sayısı 20 alınmıştır. Aynı sonuçlara gecikme sayısı 10 alınarak da ulaşılmıştır.

Tablo 2 de Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) ve Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) birim kök testleri sonuçları yer almaktadır. Her iki birim kök testlerinin sonuçlarına göre getiri ve koşullu volatilité serisi durağandır ve analiz yapılmaya uygundur.

Şekil 1: ABD ve Türkiye Tahvil Getiri Serileri

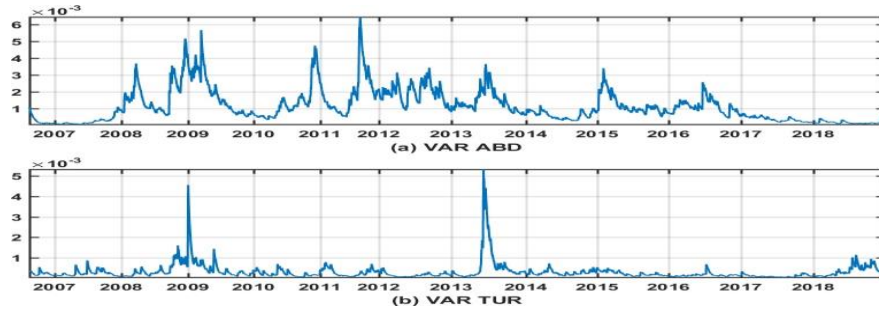
Getiri serileri Şekil 1.'de gösterilmiştir. İncelenen dönemde her iki ülkenin 5 yıllık devlet tahvilleri faizlerindeki değişimlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Sözkonusu yüksek dalgalanmalar, hem 2008 küresel finansal krizin etkisi hem ülkeye özgü finansal ve/veya makroekonomik istikrarsızlıklar ile açıklanabilir. 2007 yaz döneminde başlayan volatilité, ABD için daha fazla ve yaygın olmakla birlikte 2008-2009, 2011-2014 ve 2015-2017 dönemlerinde çok daha yüksektir. Bu dönemler, sırasıyla krizin başlangıcı ve en sert zamanına (eylül 2008 yatırım bankası Lehman Brothers'ın iflası), FED parasal genişleme dönemine (borç veren son mercii olarak finansal sektöre sağlanan likidite ve büyük ölçekli varlık alım programı (konut piyasası destekli tahvil alımı ve Hazine menkul kıymetleri alımı) kapsamında uygulanan miktarsal genişleme 1,2,3) ve FED'in politika normalleştirilmesi (faiz artırımı politikasına geçiş) sürecine denk gelmektedir. 2017 sonrasında azalan dalgalanmaların temel nedeni, uzun süre etkisini devam ettiren bu küresel finansal krizin kademeli olarak sona ermesidir. Krizin yarattığı belirsizlik ve öngörülemezlik, başta gelişen piyasalar olmak üzere tüm ülkelerdeki finansal piyasaları etkilemiştir. FED'in 2008-2012 döneminde uyguladığı genişlemeci para politikası (miktarsal genişleme1: kasım 2008; miktarsal genişleme2: 2010 sonu; miktarsal genişleme3: 2012 sonu) dalgalanmaları zaman zaman düşürse de bu etkinin kısa süreli olduğu görülmektedir.

Türkiye'de ise tahvil piyasasındaki volatilité, nispi olarak düşük olmakla birlikte 2009, 2013 ve 2018 yıllarında artmıştır. Bu durum, sırasıyla küresel finansal krizin bulaşma etkisi (2009), FED'in miktarsal genişleme politikasını sonlandırmaya başlayacağını ilan etmesi (mayıs 2013) ve 2015 yılında başlayan FED'in faiz artırımlarına devam etmesinin birikimli etkisi ile iç finansal, makroekonomik, jeopolitik istikrarsızlıklar (2018) ile açıklanabilir. 2009-2012 döneminde, ABD

ekonomisini resesyondan kurtarmak, enflasyonu canlandırmak ve tam istihdama ulaşmak amacıyla uygulanan FED'in aşırı parasal genişleme politikasının esas etkisi, gelişen piyasalara yoğun portföy girişleri ile ortaya çıkmıştır. Küresel likiditedeki artış ile birlikte ilk dönemde Türkiye'de tahvil piyasasına yoğun girişler dalgalanmaları artırmıştır.

Ayrıca, FED ile birlikte fakat gecikmeli hareket eden Avrupa Merkez Bankası (ECB), 2010 Avrupa kamu borç krizi ve 2011 Euro bölgesi bankacılık krizini çözmeye odaklanmıştır. Bu iki dışsal etkinin ABD ve Türkiye'de tahvil piyasasında oynaklığı artırdığı beklenen bir sonuçtur. Dönem içinde Japon Merkez Bankası, İngiltere Merkez Bankası gibi diğer büyük merkez bankaları da benzer politikalar uygulayarak küresel likidite ve risk iştahına pozitif katkı sağlayarak tüm finansal piyasalarda volatilitenin artmasına neden olmuştur.

Şekil 2: ABD ve Türkiye Tahvil Getiri Serilerinden Elde Edilen GARCH Koşullu Varyans Serileri



Şekil 2, GARCH(1,1) modeli uygulanarak tahvil serilerine ilişkin koşullu varyans verisini göstermektedir. Koşullu varyanstaki değişimler ile faiz verilerindeki değişimlerin örtüştüğü görülmektedir. ABD piyasası incelendiğinde, en yüksek varyans değişiminin 2009 yılı 1. Yarısı, 2011 başı ve sonunda olduğu görülmektedir. Bu dönemler, 2008 küresel finansal krizin etkilerinin en fazla görüldüğü zamanlardır. Amerikan 5 yıllıklarının volatilitesindeki artış, riskin artmasına paraleldir. 2008 – 2009 yılı ortası ve 2011 – 2013 ortası dönemlerinde genel olarak volatilité serisi yüksek düzeydedir. Ayrıca, 2008 yılı 1. Yarısı, 2013 yılı ortaları, 2015 yılı başı ve 2016 yılı ortasında volatilité düzeyinde hızlı artışlar gözlenmiştir. Bu artışlar, 2009 sonrası Fed'in genişlemeci politikalarına doların tepki vermesi ve bunun tahvil piyasasında yol açtığı sermaye giriş-çıkışlarıyla açıklanabilir. Fed'in ekim 2015 tarihinden itibaren 9 kez faiz artırması, tahvil piyasasında giderek azalan oynaklığı beraberinde getirmiştir. 2017 sonrası volatilitéde ciddi düşüş, iyi giden Amerikan ekonomisinin yansımasıdır. Dolayısıyla Küresel finansal krizi, FED parasal genişleme dönemi ve FED politika normalleştirilmesi yani faiz artırımı politikasına geçiş dönemleri getiri serisine benzer şekilde koşullu varyans serisinde de değişimlere yol açmıştır.

Türkiye tahvil serisindeki değişimler de koşullu varyans serisindeki değişimlerle örtüşmektedir. Türkiye tahvil serisi koşullu varyans serisi incelendiğinde ise, 2009 yılı başındaki ve 2013 yılı ortasındaki hızlı volatilité artışı dikkati çekmektedir. İlk artış, 2008 büyük durgunluğun etkisidir. İkinci artış ise, Fed'in parasal genişlemeye son vereceğini ilan ettiği Mayıs 2013 dönemidir. Bu dönemlerde, yoğun sermaye çıkışları tahvil piyasası ile birlikte tüm finansal piyasaları yoğun olarak etkilemiştir. 2018 yılından itibaren volatilité serisinde artış gözlenmiştir. 2018 yılında artış, Mayıs ve Ağustos'taki kur şokları, iç siyasi riskler, seçim gündemi, jeopolitik riskler, Suriye gerilimi, ticaret savaşlarının gelişen piyasalara etkisi gibi birçok değişken ile açıklanabilir. Her iki seri incelendiğinde ise 2009 yılı başı ve 2013 ortasındaki volatilité artışları birbiriyle örtüşmektedir. Bu dönemler, krizin yoğun etkisi ve Fed'in politika değişikliğinin ilanına denk gelmektedir.

3.2. Metodoloji

3.2.1. Parametrik Olmayan Dalgacık Analizi Temelli Granger Nedensellik Testi (CWTC)

CWT Granger nedensellik testi parametrik olmayan nedensellik testi olup Rua (2013) CWT korelasyon ölçütünün Olayeni (2016) tarafından faz farkı gösterge fonksiyonu kullanılarak geliştirilmesiyle oluşturulmuştur².

Dalgacık analizi verinin spektral özelliklerini frekansın yanında zamanın bir fonksiyonu olarak tanımlanmasına olanak tanır. Veriyi farklı sabit frekanslara sahip sinüsoidlere ayırıştırır Fourier dönüşümünün aksine, Dalgacık dönüşümü farklı ölçeklendirilmiş ve zaman kaydırmalı fonksiyon (ana dalgacık fonksiyonu) bileşenlerine ayırıştırılmaktadır. Böylelikle veriye ait farklı periyodik bileşenlerin zamana bağlı değişimleri analiz edilebilmektedir (Aguirar-Conraria ve Soares, 2008, s.2865). Dalgacık analizinin temel avantajı verinin frekans-zaman boyutlarında incelenbilmesidir. Dalgacık analizinde, dalgacık fonksiyonun uzunluğunun hem içsel olarak farklı uzunluklarda belirlenerek tahminlenmesi hem de dalgacık fonksiyonunun zaman boyutunda kaydırılması neticesinde verinin frekans ve zaman boyutlarında analizi mümkün olmaktadır. Dalgacık fonksiyonunun uzunluğu fonksiyonun şeklinin geniş ya da dar olmasını sağlamaktadır. Uzun dalgacık fonksiyonu verideki düşük frekanslı (uzun periyodlu) dalgalanmaları ölçerken kısa dalgacık fonksiyonu ise yüksek frekanslı (kısa periyodlu) dalgalanmaları ölçmektedir. Farklı boyutlu dalgacık fonksiyonlarının verinin zaman boyutunda kaydırılarak dönüşümün yapılmasıyla da dalgalanmaların zaman boyutundaki değişimleri tespit edilmektedir. Dhamala vd. (2018a,b) sürekli dalgacık dönüşümünün kullanılmasıyla frekans boyutunda tanımlanan nedensellik testinin parametrik olmayan hale getirilebileceğini ifade eder. Parametrik olmayan nedensellik testi aşağıdaki alt bölümde detaylı açıklanmıştır.

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 (frekans) parametreleri (s) kullanılarak dalgacık fonksiyonunun zaman boyutunda kaydırılması sonucunda (τ) lokasyonu için tahminlenmektedir.

Bu çalışmada, Dhamala vd. (2018a,b) ve Olayeni (2016) çalışmasını takiben Morlet dalgacık fonksiyonu kullanılmıştır. Morlet dalgacık fonksiyonu, $\Psi(\eta) = \pi^{-1/4} \exp(i\omega\eta) \exp(-\eta/2)$, Gaussian zarf fonksiyonu kullanılarak module edilmiş dalga fonksiyonudur. Burada $\omega = \omega_0 = 6$ olmakla birlikte Gaussian zarf fonksiyonu, $\exp(-\eta/2)$,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. Morlet Dalgacık Fonksiyonu veriye ilişkin optimum zaman-frekans dağılımı tahminlemektedir. Ayrıca Morlet Dalgacık Fonksiyonu kompleks dalgacık fonksiyonudur; verinin durağanlığını etkileyen zamana bağlı değişen kesikli ve düzensiz dalgalanmaların analizi için uygundur (Aguirar-Conraria ve Soares, 2014, s.2864). CWT Granger nedensellik testi parametrik olmayan nedensellik testi olup Rua (2013) CWT korelasyon ölçütünün Olayeni (2016) tarafından faz farkı gösterge fonksiyonu kullanılarak geliştirilmesiyle oluşturulmuştur³.

² Detaylı metodolojik tartışma için bakınız Olayeni (2016).

³ Detaylı metodolojik tartışma için bakınız Olayeni (2016).

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:

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

Burada δt uniform tahminleme adım büyüklüğünü ifade eder. 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 matrisine eş değerdir. Burada $\tilde{W}_y^m(s, \tau)$, $W_y^m(s, \tau)$ fonksiyonunun karmaşık eşleniğidir. Çapraz spektrum aracılığıyla iki zaman serisi arasındaki farklı frekanslardaki etkileşimleri ve bu etkileşimlerin zamana bağlı değişimlerinin analizi mümkün olmaktadır. Her bir zaman serisinin enerji spektrumları ise verinin varyansının farklı frekanslardaki değişiminin zamana bağlı değişimini içermektedir (Aguirar-Conraria ve Soares, 2008, s.2871).

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 $\varphi_x(s, \tau) = \tan^{-1} \left\{ \Im(W_x^m(s, \tau)) / \Re(W_x^m(s, \tau)) \right\}$ olarak tanımlanır ve lokal faz değerleri arasındaki fark veriler arasındaki öncül-ardıl ilişkisine ait bilgi içermektedir. Olayeni (2016), lokal faz fark değerlerini ve Rua (2013) tarafından geliştirilen dalgacık korelasyon formülünü kullanarak Granger nedensellik testi geliştirmiştir.

Rua (2013) dalgacık korelasyon formülü aşağıdaki biçimde tanımlanmıştır:

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

Burada $\zeta(\cdot) = \zeta_{scale}(\zeta_{time}(\cdot))$ olup ζ_{scale} ve ζ_{time} sırasıyla skala ve zaman ekseninde düzgünleştirme işlemcileridir. Dalgacık korelasyonu zaman boyutunda tanımlanmış korelasyon katsayısına benzer şekilde -1 ve +1 arasında değerler alabilmektedir. Temel olarak dalgacık korelasyonu veriler arasındaki her bir zaman ve frekans noktasındaki eş zamanlı korelasyon katsayısı olarak ifade edilebilir (Rua (2013)).

Dalgacık korelasyonu, diğer bir etkileşim ölçütü olan dalgacık bağdaşım katsayısı ile ilişkilidir. Dalgacık Bağdaşım Katsayısı aşağıdaki biçimde tanımlanabilir:

$$R_{XY}(s, \tau) = \frac{\zeta \left\{ s^{-1} W_{XY}^m(s, \tau) \right\}}{\zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{|W_X^m(s, \tau)|^2} \right\} \zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{|W_Y^m(s, \tau)|^2} \right\}} \quad (4)$$

Dalgacık bağdaşım katsayısı iki veri arasındaki etkileşimin ölçütlerinden biridir ve 0 ile 1 arasında değerler alabilmektedir ayrıca zaman boyutunda yapılan analizlerde kullanılan determinasyon katsayısının frekans boyutunda tanımlanmış biçimidir. Dolayısıyla dalgacık korelasyon ya da dalgacık bağdaşım katsayıları, nedensellik ilişkisi için gerekli olan ve ilişkinin yönüne ait bilgi içeren veri değişimlerini dikkate almakla birlikte veriler arasındaki öncül – ardıl ilişkiyi dikkate alamamaktadır. Öncül-ardıl ilişkiye ait bilgiyi faz-farkı içermektedir ve faz-farkı temel olarak iki zaman serisine ait dalgalanmaları arasındaki hareket gecikmelerine dair bilgi içeren ölçüt olarak tanımlanabilir.

Lokal faz farkı denklemi ise:

$$\phi_{xy}(s, \tau) = \phi_x(s, \tau) - \phi_y(s, \tau) = \tan^{-1} \left(\frac{\Im(W_{xy}^m(s, \tau))}{\Re(W_{xy}^m(s, \tau))} \right) \quad (5)$$

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 negative yönlü birlikte hareket etmekte ve yine Y önsel davranmaktadır. Benzer şekilde, $\phi_{xy}(s, \tau) \in (-\pi/2, 0)$ aralığı 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:

$$I_{y \rightarrow x}(s, \tau) = \begin{cases} 1, & \text{if } \phi_{xy}(s, \tau) \in (0, \pi/2) \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (6)$$

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

$$G_{y \rightarrow x}(s, \tau) = \frac{\zeta \left\{ s^{-1} |\Re(W_{xy}^m(s, \tau))| I_{y \rightarrow x}(s, \tau) \right\}}{\zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{|W_x^m(s, \tau)|^2} \right\} \zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{|W_y^m(s, \tau)|^2} \right\}} \quad (7)$$

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

CWTC testinin parametrik olmaması nedeniyle otoregresif modelleme sürecindeki gecikme değerinin hesaplanması zorunluluğu da ortadan kalkmıştır. Böylece uzun süreli dalgalanmalar içeren veya uzun hafızaya sahip verilerin analizinde kritik öneme sahip gecikme sayısının yanlış belirlenmesi durumunda ortaya çıkabilecek sahte nedensellik ilişkisi ortadan kaldırılmıştır. Bu özelliklere sahip verilerdeki süregelen yüksek korelasyon yapısının modellenmesi için fazla gecikme sayısına ihtiyaç duyulabilmekte ve gecikme değerindeki yanlışlık otoregresif model hatalarını değiştirerek nedensellik ilişkisini gerçekte olduğundan farklı hale getirebilmektedir. 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 ve Soares (2014) ve Olayeni (2016)).

3.2.2. Koşullu Varyans Modeli

Çalışmada tahvil risklerindeki değişmeyi ölçmek amacıyla koşullu varyans serileri, Andersen ve Bollerslev (1998) esas alınarak GARCH modeli kullanılarak tahminlenmiştir. GARCH modeli ekonomide meydana gelen şokları ve şokların birikimli etkisini tahminleyebilmektedir. Dolayısıyla GARCH modeli getiri varyansının dinamiklerini etkin biçimde modelleyebilmektedir.

Engle (1982) tarafından oluşturulan ARCH modeline, koşullu varyansın gecikmeli değerinin eklenmesiyle Bollerslev (1986) tarafından geliştirilen GARCH modeli aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\varepsilon_t = \sigma_t z_t, \quad z_t \stackrel{i.i.d}{\sim} f(0,1) \quad (8)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha(L)\varepsilon_t^2 + \beta(L)\sigma_t^2 \quad (9)$$

Burada $f(\cdot)$, z_t değişkenine ait sıfır ortalamalı ve varyansı 1 olan dağılım fonksiyonunu temsil etmektedir. (L) ise gecikme operatörü olup volatilité serisinin durağanlığının, $I(0)$, sağlanabilmesi için $\alpha(L)$ ve $[1 - \alpha(L) - \beta(L)]$ polinomlarına ait tüm kökler birim çemberin dışında olmalıdır.

3.2.3. Yinelenen Birikimli Kareler Metodu (Iterated Cumulative Sums of Squares Method - ICSS)

Inclan ve Tiao (1994), zaman serilerinin varyanslarında meydana gelen kırılmaları içsel olarak tespit etmek amacıyla Yinelenen Birikimli Kareler Metodu'nu (Iterated Cumulative Sums of Squares Method -ICSS) geliştirmiştir. Dolayısıyla ICSS, varsansta ani değişimler olarak kendini gösteren haber ve şokların neden olduğu kırılmaları tespit etmek için ideal bir yöntemdir. ICSS, hata terimlerinin karelerinin toplamı kullanılarak elde edilen IT testinin hesaplanmasına dayanmakta olup aşağıdaki biçimde gösterilmektedir:

$$IT = \sup_k \left| \sqrt{T/2} D_k \right| \quad (10)$$

$$D_k = \frac{C_k}{C_T} - \frac{k}{T}$$

ε_t hata terimini ifade etmektedir. C_k ise hata teriminin birikimli karesini ifade etmekte olup $C_k = \sum_{t=1}^k \varepsilon_t^2$, $k = 1, \dots, T$, $\varepsilon_t \sim iid(0, \sigma^2)$ şeklinde gösterilmektedir.

$Max_k \left| \sqrt{T/2} D_k \right|$ değerinin Inclan ve Tiao (1994) Tablo 1'de yer alan kritik değerden büyük olması durumunda sıfır hipotezi red edilerek varyansta kırılma olduğu sonucuna varılmaktadır. Çoklu kırılma durumunda serinin bütün olarak analiz edilmesi kırılma noktalarının tespitini güçleştirmektedir, dolayısıyla söz konusu gizleme etkisinin-masking effect) yok edilmesi için ICSS anlamlı kırılma tarihleri arasında (iterative) yinelemeli olarak uygulanmakta olup bulunan kırılma noktasının öncesi ve sonrası için test süreci yeni kırılma noktaları bulunmak üzere yinelenir. Yineleme süreci test istatistiği kırılma yoktur boş hipotezi reddedilemeyinceye kadar devam edilir.

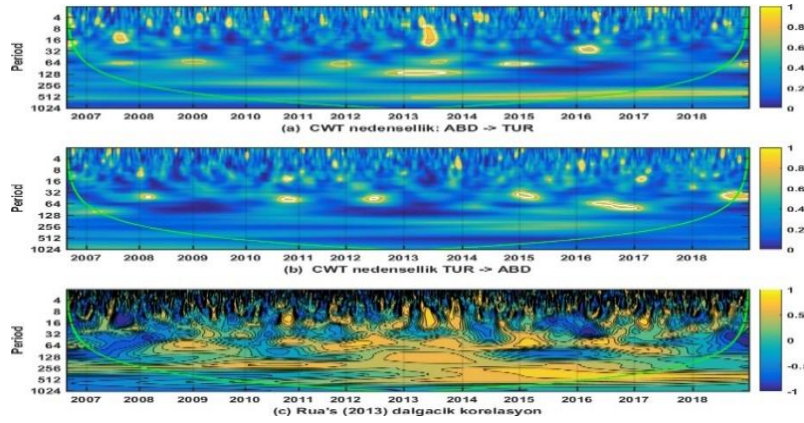
4. BULGULAR

Şekil 3. CWTC test sonuçlarını göstermektedir. Nedensellik örüntüsü incelendiğinde, 16 güne kadar periyodu olan dalgalanmalarda çift yönlü nedensellik görülmektedir. Çok kısa süreli bu nedensellik, her iki ülkenin faiz piyasasının birbirini etkilediğini göstermektedir. ABD'nin Türkiye'yi etkilemesi beklenirken aksi yöndeki nedensellik, FED kararları sonucunda diğer gelişen piyasalardan ABD'ye etkinin bir bölümü olarak düşünülebilir. Kasım 2008'de başlayan FED'in parasal genişleme politikası, çok kısa süre içinde gelişen piyasalara yoğun sermaye girişi olarak ortaya çıkmıştır. Türkiye'de portföy girişleri özellikle tahvil ve hisse senedi piyasalarına yöneliktir. Bu piyasalarda varlık fiyat balonları oluşmuştur.

Periyodu 32-64 olan dalgalanmalarda ise, süreğen olmamakla birlikte çift yönlü nedensellik görülmüştür. ABD'den Türkiye'ye olan nedensellik incelendiğinde, özellikle 60 günlük

dalgalanmalarda küresel krizin başlangıcı olan 2007 yılının ikinci yarısı, krizin en sert dönemi olan 2009, 2011 sonu, FED'in parasal genişlemeyi sonlandıracağını ilan ettiği 2013 ortaları, varlık alımlarının azalmaya başladığı 2014 sonu-2015 başı dönemlerinde görece olarak daha uzun periyodlu ve şiddetli nedensellik görülmüştür. Öte yandan, Türkiye'den ABD'ye olan nedensellik incelendiğinde, özellikle 60 günlük dalgalanmalarda küresel krizin başlangıcı 2008 başı, miktarsal genişleme² 2010 sonu, miktarsal genişleme³'e hazırlık 2012 ortası, (2012 de merkez bankası ROM uygulaması), 2015 başı, 2016 yılının tamamı, ABD Merkez Bankası (Fed) 2008'de başlattığı varlık alımlarını 2015 Ekim ayında sonlandırarak parasal genişlemeyi durdururken, ECB politika faizlerini düşürmüş, varlığa dayalı menkul kıymet alımları yoluyla para politikasını gevşetmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında 2018'in 2. yarısında nedensellik ilişkisi olduğuna dair kanıtlar da saptanmıştır. Bu periyotta, her iki ülkenin faiz piyasasının birbirini çoğu yılda etkilediği görülmektedir. Dolayısıyla krizin başlangıcının, FED parasal genişleme dönemi ve parasal genişleme dönemi sözkonusu 30- 60 günlük dalgalanmalardaki nedensellik ilişkisini etkileyen ana faktörler olduğu söylenebilir. Ayrıca 2015 yılındaki kur hareketleri neticesinde 2016 yılında Türk lirasındaki devalüasyona karşın Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nın hamleleri de 2016 yılındaki nedensellik ilişkisine ilişkin faktörlerden olabilir. 2018 yılında Türkiye ekonomisinde görülen istikrarsızlık da nedensellik ilişkisine yol açan faktörlerden biri olabilir.

Şekil 3: Genel CWTC Nedensellik Test Sonuçları – Getiri Serileri



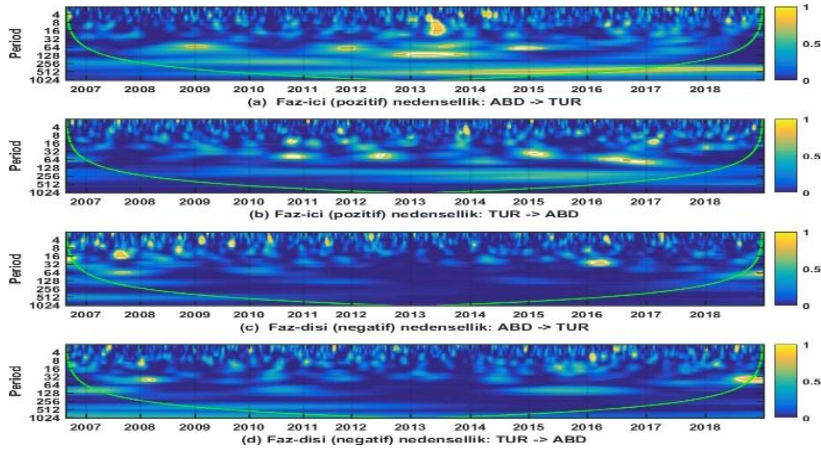
Daha uzun periyodlu dalgalanmalarda ise, sadece ABD'den Türkiye'ye tek yönlü, şiddetli ve süregelen nedensellik ilişkisi ortaya çıkmaktadır. Gelişmiş ülkeden gelişen piyasaya bu etki beklenmektedir. 128 günlük dalgalanmalarda FED'in genişlemeci politikasını sona erdireceğini ilan ettiği 2013 yılında ve 512 günlük dalgalanmalarda varlık alımlarının azaldığı 2013-2018 döneminde görülmüştür. Bu bulgu, doğrudan FED politika değişikliği ile ilgilidir. FED'in faiz artırımı politikasına geçişini ilan etmesi (2013) ve fiilen başlaması (2015 sonrası), Türkiye'de faiz oynaklığını doğrudan etkilemiştir. 2013 yılında ABD'den Türkiye'ye uzun ve kısa süreli periyodlardaki çoğu dalgalanmalarda belirgin bir nedensellik görülmüştür. Dolayısıyla parasal genişlemenin sonlandırılacağına ilişkin FED politika değişikliği haberi nedensellik ilişkisinde önemli bir etkiye sahiptir.

Korelasyon yapısı incelendiğinde oldukça karmaşık negatif ve pozitif hareketler görülmektedir. Özellikle 16 güne kadar olan dalgalanmalarda nedenselliğe benzer şekilde karmaşık nedensellik örüntüsü tespit edilmiştir. Daha uzun periyodlu dalgalanmalarda ise, -özellikle 64 günlük dalgalanmalarda- küresel krizin en sert dönemi 2009, FED'in varlık alımlarını azaltmaya başladığı 2012-2017 yıllarında görülen pozitif korelasyon dikkat çekicidir. Daha uzun dönemli dalgalanmalarda ise, yine pozitif yönlü hareket baskın niteliklidir. 2009 yılından itibaren görülen söz konusu pozitif korelasyon daha uzun periyot olan 512 günlük periyot için ise, miktarsal genişleme³'ün gerçekleştirildiği 2012 yılından itibaren şiddetlenmiştir. Varlık alımlarının ve genişlemeci politikanın hızla yavaşladığı 2013-2017 döneminde ise orta ve uzun dönemli dalgalanmalarda pozitif ve güçlü korelasyon tespit edilmiştir. Korelasyon ve nedensellik örüntüleri

tahmin edildiği gibi oldukça değişkendir. Orta ve Uzun dönemde katsayıların yüksek ve süregelen olmasına rağmen kısa dönemde hızlı artış ve düşüşler görülmektedir. Uzun dönemli korelasyon ve nedensellik piyasalarda meydana gelebilecek olumsuzluklar nedeniyle uzun dönemde birbirlerini etkileyip para politikasının istikrarını etkileyebileceklerini göstermektedir. Dolayısıyla, özellikle uzun dönemli yatırımcılar yatırım çeşitlendirme stratejilerini oluştururken söz konusu korelasyon ve nedensellik örüntüsünü dikkate almalıdır.

Amerikan 5 yıllıklarının TR 5 yıllıklarına etkisi, 2013 yılında yoğunlaşmıştır. Bu yıldan itibaren 2018'e kadar aralarında uzun dönemli pozitif korelasyon olması beklenen bir durumdur. Kırılgan ekonomilerdeki etki daha yoğun ve uzun sürelidir. TR 5 yıllıklarının Amerikan 5 yıllıklarına etkisi ise, çok sınırlıdır ve kur üzerinden olabilir. Dolar/TL kurunda hareket sermaye giriş-çıkışlarını etkileyerek tahvil piyasasında volatilitte yaratabilir.

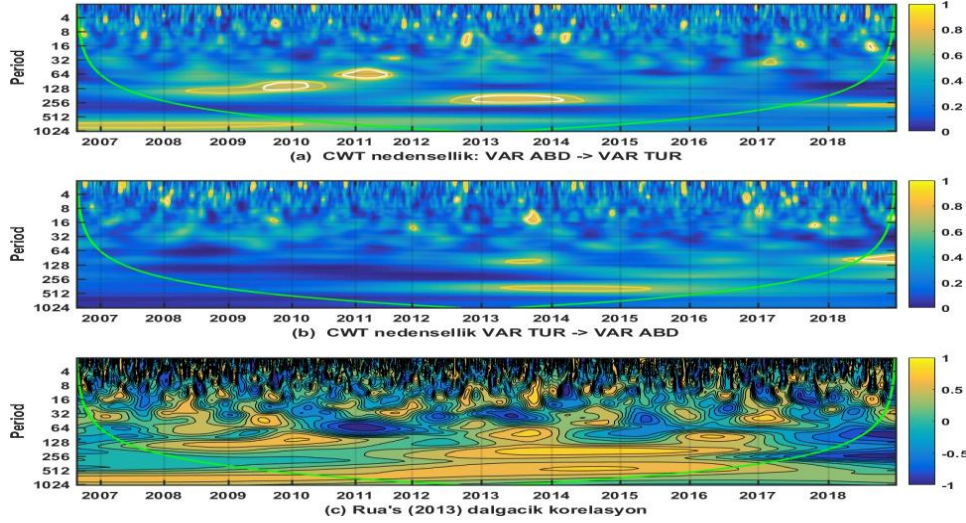
Şekil 4: İlişki Yönüne Göre Ayrıştırılmış CWTC Sonuçları – Getiri



Şekil 4. ise Şekil 3.'de gösterilen getiri serilerinde genel CWTC sonuçlarının ilişkinin yönü dikkate alınarak pozitif ve negatif olarak ayrıştırılmış detaylı CWTC sonuçlarını göstermektedir. Ayrıştırılmış nedensellik grafikleri incelendiğinde baskın nedensellik ilişkisinin pozitif yönlü olduğu görülmektedir. 16 ve daha kısa periyotlu dalgalanmalarda belirgin pozitif ya da negatif örüntü içermeyen karmaşık bir yapı görülmektedir. Bu durum, spekülasyon ve kısa dönemli fiyat hareketleri nedeniyle tahvil piyasalarının birbirini etkilediğine kanıt olabilir. FED, ECB veya diğer büyük merkez bankalarının aldığı kararlar veya politika değişiklikleri tüm gelişen finans piyasalarını etkilemektedir. Kırılgan piyasalardaki etki daha yoğun ve karmaşıktır. Türkiye ise, gelişen piyasalar arasında en kırılgan ülkeler arasındadır.

Daha uzun dönemli dalgalanmalar için ise, bir önceki bölümde tespit edilen nedensellik ağının pozitif yönlü olduğu bulunmuştur. Sadece 2008 küresel krizin başlangıcı olan 2007'nin 2. yarısında ve FED'in faiz artırımlarına başladığı ve dolayısıyla riskli konut piyasasında temerrütlerin ortaya çıkmaya başladığı 2016 yılının başında 32-64 günlük dalgalanmalarda ABD'den Türkiye'ye negatif ve oldukça kısa süreli; 2008 başı ve Türkiye kaynaklı finansal risklerin yoğun olduğu ve devalüasyonla sonuçlanan 2018 yılı 2. yarısında yine kısa süreli Türkiye'den ABD'ye negatif tek yönlü negatif nedensellik ilişkisi görülmüştür.

Şekil 5: Genel CWTC Nedensellik Test Sonuçları – Koşullu Varyans Serileri



Şekil 5., Koşullu varyans serilerinde ilişkinin yönünün dikkate alınmadan genel olarak nedensellik ilişkisini gösteren CWTC test sonuçlarını göstermektedir. Nedensellik örüntüsü incelendiğinde, 16 güne kadar periyodu olan dalgalanmalarda çift yönlü nedensellik görülmektedir. Çok kısa süreli olan bu nedensellik, her iki ülkenin faiz piyasa risklerindeki değişimin birbirini etkilediğini göstermekle birlikte kısa dönemli volatilité yayılmasına (volatility spillover) kanıt olabilir.

32 günlük dalgalanmalarda ise ABD volatilité serisinden TUR volatilité serisine nedensellik görülmektedir. Periyodu 64-128 olan dalgalanmalarda ise, 2008 - 2012 döneminde göreceli olarak daha süregelen ABD volatilitésinden TUR volatilitésine genel olarak tek yönlü nedensellik görülmüştür. Faiz verilerine paralel olarak söz konusu nedenselliğin temel nedenleri küresel krizin başlaması ve FED parasal genişleme dönemi olabilir.

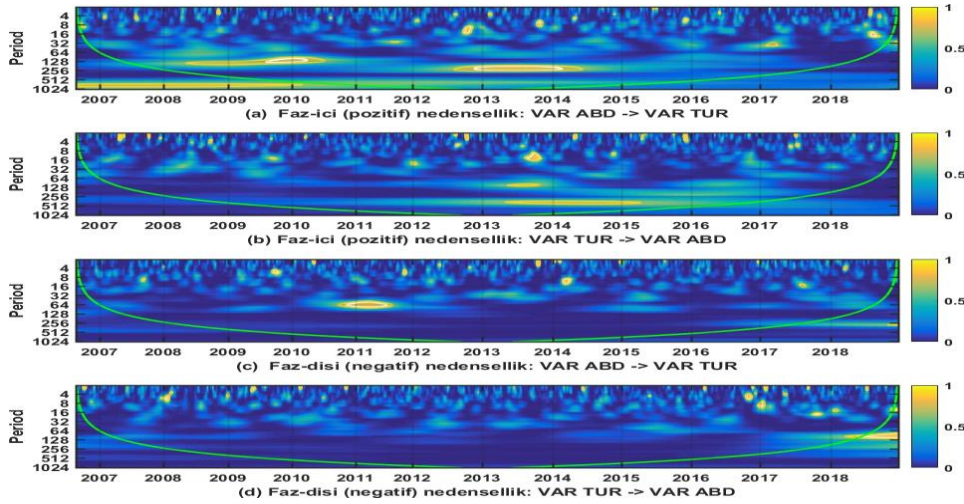
2013 yılında daha uzun periyodlu dalgalanmalarda çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Bu durum 2013 yılında her iki ülke volatilité serisinde görülen değişimden kaynaklanmış olabilir. Özellikle 2013 yılı incelendiğinde TUR volatilité serisinden ABD volatilité serisine doğru olan nedensellik periyodu 16 ile 256 arasında değişen dalgalanmalarda da tespit edilmiştir. Bu durum getiri serisine paralel olarak koşullu varyans serisindeki nedensellik yapısında da 2013 yılının önemli olduğuna işaret etmektedir. Dolayısıyla Türkiye'deki politik istikrarsızlıklar, jeopolitik olaylar ve FED politikalarının risk algılamasına etkisi bu değişimin nedenleri arasında olabilir. Genel olarak 2012 sonu - 2014 başı döneminde TUR volatilitésinden ABD volatilitésine doğru nedensellik tespit edilmiştir. 500 günden daha uzun periyodlu dalgalanmalarda ise ABD koşullu varyans serisinden TUR koşullu varyans serisine 2007 – 2010 döneminde gerçekleşen nedensellik ise küresel kriz öncesindeki risk algılamasından kaynaklanmış olabilir.

Korelasyon yapısı incelendiğinde oldukça karmaşık negatif ve pozitif hareketler görülmektedir. Özellikle 32 güne kadar olan dalgalanmalarda nedenselliğe benzer şekilde karmaşık nedensellik örüntüsü tespit edilmiştir. Daha uzun periyodlu dalgalanmalarda ise, özellikle 64 – 128 günlük dalgalanmalarda 2008 – 2011 dönemi ile 2012 – 2017 dönemlerinde görülen pozitif korelasyon dikkat çekicidir. Daha uzun dönemli dalgalanmalarda ise, yine pozitif yönlü hareket 2017 yılı ortasına kadar baskın niteliklidir.

Korelasyon örüntüleri tahmin edildiği gibi oldukça değişkendir. Orta ve Uzun dönemde katsayıları yüksek ve süreğen olmasına rağmen kısa dönemde hızlı artış ve düşüşler görülmektedir. Uzun dönemli korelasyon ve nedensellik piyasalarda meydana gelebilecek olumsuzluklar nedeniyle uzun dönemde birbirlerini etkileyip para politikasının istikrarını etkileyebileceklerini göstermektedir. Dolayısıyla, özellikle uzun dönemli yatırımcılar yatırım çeşitlendirme stratejilerini oluştururken söz konusu korelasyon ve nedensellik örüntüsünü dikkate almalıdır.

Özet olarak, Amerikan 5 yıllıklarının TR 5 yıllıklarına etkisi, küresel krizin başlangıcı olan 2007 yılından itibaren görülmektedir. Bu etki 2013-2014 döneminde yoğunlaşmış ve kısa süreli hale gelmiştir. Bu yıllarda TR tahvil piyasasına doğrudan bir etki söz konusudur. Ancak, bu etki 2014 sonrası görülmemektedir. TR 5 yıllıklarının Amerikan 5 yıllıklarına etkisi ise oldukça sınırlıdır ve 2013-2015 önemini kapsamaktadır. Diğer gelişen piyasalarda olduğu gibi TR tahvil piyasasında yoğun volatilitate, Fed politika değişikliklerinin neden olduğu sermaye hareketleriyle açıklanabilir.

Şekil 6: İlişki Yönüne göre Ayrıştırılmış CWTC Sonuçları – Koşullu Varyans Serileri

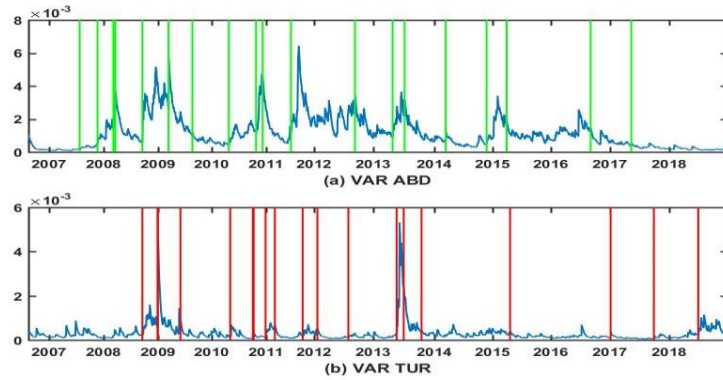


Şekil 6. ise Şekil 5.'de gösterilen koşullu varyans serilerinde genel CWTC sonuçlarının ilişkinin yönü dikkate alınarak pozitif ve negatif olarak ayrıştırılmış detaylı CWTC sonuçlarını göstermektedir. Ayrıştırılmış nedensellik grafikleri incelendiğinde baskın nedensellik ilişkinin pozitif yönlü olduğu görülmektedir. 16 ve daha kısa periyotlu dalgalanmalarda belirgin pozitif ya da negatif örüntü içermeyen karmaşık bir yapı görülmektedir. Bu durum, spekülasyon ve kısa dönemli fiyat hareketleri nedeniyle tahvil piyasalarının birbirini etkilediğine kanıt olabilir. FED, ECB veya diğer büyük merkez bankalarının aldığı kararlar veya politika değişiklikleri Türkiye başta olmak üzere tüm gelişen finans piyasalarını hızla etkilemektedir. Kırılgan piyasalardaki etki daha yoğun ve karmaşıktır. Türkiye ise, gelişen piyasalar arasında en kırılgan ülkeler arasındadır. Daha uzun dönemli dalgalanmalar için ise, bir önceki bölümde tespit edilen nedensellik ağının pozitif yönlü olduğu bulunmuştur. Sadece 2011 yılında ABD volatilitate serisinden TUR volatilitate serisine 64 günlük periyotlu dalgalanmalarda negatif nedensellik görülmüştür. 256 günlük dalgalanmalarda ise 2018 yılında 64 – 128 gün periyotlu dalgalanmalarda TUR volatilitate serisinden ABD seriesine negatif nedensellik dikkat çekicidir. TR gibi oldukça kırılgan bir ülkedeki riskler, diğer gelişen piyasaları ve para birimlerini olumsuz etkilerken sermaye çıkışına neden olmuş ve doları olumlu etkilemiştir.

Özet olarak, Amerikan 5 yıllıklarının TR 5 yıllıklarına pozitif yönlü etkisi, 2007 küresel krizin başlangıcına gitmektedir. 2013-2014 döneminde bu etki kısa süreli ve yoğundur. Bu durum, mayıs 2013'te Fed'in politika değişikliğiyle açıklanabilir. Bu durumun yarattığı sermaye hareketleri, TR 5 yıllıklarının Amerikan 5 yıllıklarına etkilemesine neden olabilir.

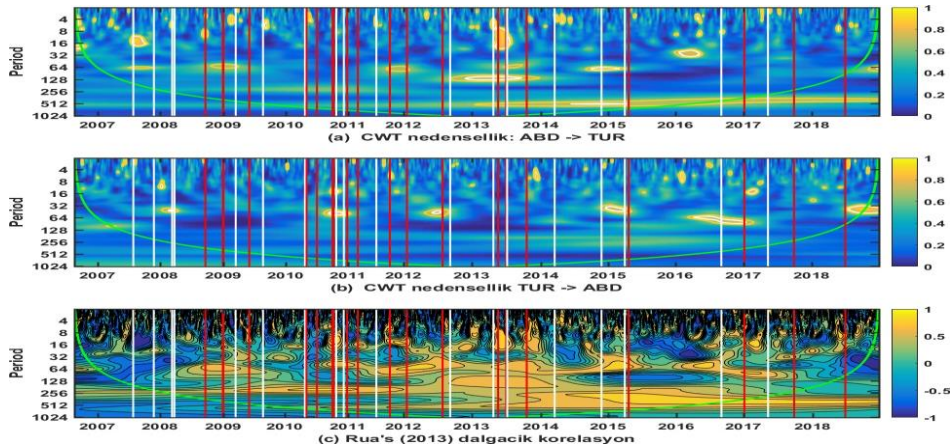
Şekil 7., koşullu varsans serileri ile ICSS algoritmasıyla bulunan varyans kırılmalarını gösterilmektedir. Bulunan kırılma tarihleri Ek. 1 ve Ek. 2’de belirtilmiştir. ICSS testi aracılığıyla bulunan kırılmaların koşullu varyans serisinde görülen dalgalanmalarla büyük oranda örtüştüğü görülmektedir. Varyans kırılma tarihleri ile getiri ve koşullu varyans serileri arasındaki nedensellik grafikleriyle birlikte Şekil 8 ve 9’da gösterilmiştir. Genel olarak kırılmalar orta ve kısa periyodlu nedensellik örüntüsüyle örtüşmektedir. Dolayısıyla nedenselliğe yol açan faktörler kırılmalara da neden olan faktörler olabilir. Özellikle koşullu varyanslardaki nedensellik incelendiğinde küresel kriz döneminde kırılmaların yoğunlaştığı ve uzun dönemli nedensellikle örtüştüğü görülmektedir; FED politika adımlarının atıldığı ve sonrasında düzelmeye görülen dönemde ise kırılmalar seyrekleşmiş ve aynı zamanda uzun dönemli varyans nedenselliği ortadan kalkmıştır. Koşullu varyans temel olarak risk göstergesi olması sebebiyle kriz öncesi ve kriz döneminde risk algısı koşullu varyans kırılmaları ve varyans serilerinde nedenselliğe yol açmış olabilir. Dolayısıyla kriz dönemindeki şok ve haberlerin uzun periyodlu nedensellik ilişkisine katkı yapmış olduğu söylenebilir. Getiri serilerindeki nedensellik ise uzun periyodlarda kriz sonrası düzelmeye döneminde yani kırılmaların azaldığı dönemde meydana gelmiştir. Sonuç olarak küresel kriz ve FED politika adımları tahvil piyasalarındaki orta ve uzun periyodlu dalgalanmalar arasındaki etkileşimlerde belirleyici olmaktadır.

Şekil 7: Koşullu Varsans Serileri ve ICSS Algoritmasıyla Bulunan Varyans Kırılmaları



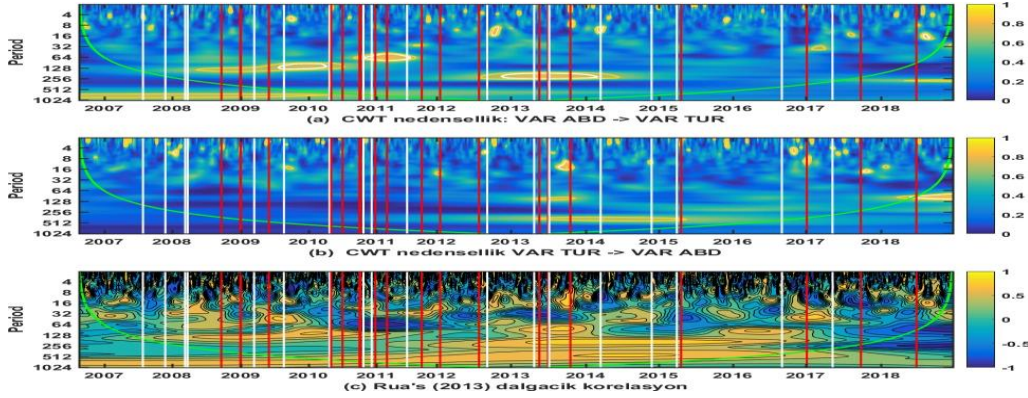
Not: Yeşil ve kırmızı doğrular sırasıyla ABD ve Türkiye koşullu varyans serilerindeki kırılmaları göstermektedir

Şekil 8: Genel CWTC nedensellik test sonuçları ve ICSS testi ile bulunan kırılmalar – Getiri Serileri



Not: Beyaz ve Kırmızı doğrular sırasıyla ABD ve Türkiye tahvil verilerinde ICSS testi ile bulunan kırılmaları ifade etmektedir.

Şekil 9: Genel CWTC Nedensellik Test Sonuçları ve ICSS Testi ile Bulunan Kırılmalar – Koşullu Varyans Serileri



Not: Beyaz ve Kırmızı doğrular sırasıyla ABD ve Türkiye tahvil verilerinde ICSS testi ile bulunan kırılmaları ifade etmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

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, döneme ve salınım şiddetine göre değişiminin analizi mümkün olmaktadır.

Çalışma sonucunda ABD ve Türkiye tahvil piyasaları arasındaki getiri ve koşullu varyans serileri arasındaki nedensellik ilişkisinin dinamik bir yapıda olduğu ortaya çıkmıştır. Elde edilen korelasyon örüntüsü Bunda (2009) çalışmasında belirtildiği gibi değişken niteliğe sahiptir. Çalışma sonucunda genel olarak nedensellik ve korelasyon ilişkisinin özellikle global kriz ve ABD para politikasından uzun vadede etkilendiğine dair kanıt elde edilmiştir. ICSS testi aracılığıyla bulunan kırılmaların koşullu varyans serisinde görülen dalgalanmalarla, orta ve kısa periyodlu nedensellik örüntüsüyle örtüşmektedir. Dolayısıyla nedenselliğe yol açan faktörler kırılmalara da neden olan faktörler olabilir. Özellikle koşullu varyanslardaki nedensellik incelendiğinde Küresel kriz döneminde kırılmaların yoğunlaştığı ve uzun dönemli nedensellikle örtüştüğü görülmektedir; FED politika adımlarının atıldığı ve sonrasında düzelmeye görülen dönemde ise kırılmalar seyrekleşmiş ve aynı zamanda uzun dönemli varyans nedenselliği ortadan kalkmıştır. Koşullu varyans temel olarak risk göstergesi olması sebebiyle kriz öncesi ve kriz döneminde risk algısı koşullu varyansta kırılmalara ve varyans serilerinde nedenselliğe yol açmış olabilir. Dolayısıyla kriz dönemindeki şok ve haberler uzun periyodlu nedensellik ilişkisine katkı yapmış denebilir. Getiri serilerindeki nedensellik ise uzun periyodlarda kriz sonrası düzelmeye döneminde yani kırılmaların azaldığı dönemde meydana gelmiştir. Sonuç olarak Küresel kriz ve FED politika adımları tahvil piyasalarındaki orta ve uzun periyodlu dalgalanmalar arasındaki etkileşimlerde belirleyici olmaktadır. Elde edilen bulgular, Novak vd. (2011), Miyajima vd. (2015), Bowman vd (2015), Piljak ve Swinkels (2017), Gilchrist vd (2018), Fratzscher vd (2018), Ahmad vd (2018) çalışmalarıyla örtüşmektedir. Vo (2009) çalışmasına benzer olarak bu çalışmanın elde ettiği bulgular neticesinde genel olarak pozitif ve çift yönlü bir nedensellik ilişkisinden söz edilebilir ancak kısa dönemde nedensellik ilişkisi oldukça dinamik yapıdadır; Uzun dönemde ise ABD piyasasından Türkiye piyasasına daha süregelen bir nedensellik ilişkisinden söz edilebilir. Dalgacık korelasyonu sonuçları

da genel olarak uzun dönemde pozitif; kısa dönemde ise oldukça değişken niteliktedir. Dolayısıyla yatırımcılar tarafından uygulanabilecek çeşitlendirme stratejisinin etkinliği uzun dönemde azalabilir. İki ülkenin politika yapımcıları ise uzun dönemli ilişkideki değişimleri yakından takip etmelidir. Gelecekte gün – içi veri kullanarak yapılabilecek getiri ve volatilité analizi tahvil piyasaları arasındaki korelasyon ve nedensellik ilişkisinin dinamikleri hakkında daha fazla bilgi sunabilir.

KAYNAKÇA

- Aguiar-Conraria, L and Soares, M. J. (2014). The Continuous Wavelet Transform: Moving Beyond Uni- And Bivariate Analysis. *Journal of Economic Surveys*, 28, 344–375.
- Ahmad, W., Mishra A. V. and Daly, K. J. (2018). Financial Connectedness Of BRICS And Global Sovereign Bond Markets. *Emerging Markets Review*, 37, 1-16.
- Andersen T. G. and Bollerslev, T. (1998). Answering the Skeptics: Yes, Standard Volatility Models do Provide Accurate Forecasts, *Economic Review*, 39(4), 885-905
- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, *Journal of Econometrics*, 31, 307-327
- Bowman, D., Londono, J. M. and Sapriza, H. (2015). U.S. Unconventional Monetary Policy And Transmission To Emerging Market Economies. *Journal of International Money and Finance*, 55, 27-59.
- Bunda, I., Hamann A. J. and Lall, S. (2009). Correlations İn Emerging Market Bonds: The Role Of Local And Global Factors. *Emerging Markets Review*, 10, 67-96.
- Chaker, A. and Besma., H. (2014). Co-Movements Of GCC Emerging Stock Markets: New Evidence From Wavelet Coherence Analysis, *Economic Modelling*, 26, 421-431.
- Crowley, P. (2007). A Guide To Wavelets For Economists. *Journal of Economic Surveys*, 21, 207-267.
- Dhamala, M., Rangarajan and G. Ding, M. (2008a). Estimating Granger Causality from Fourier and Wavelet Transforms of Time Series Data. *Physical review Letters*, 100, 018701.
- Dhamala, M., Rangarajan, G. and Ding, M. (2008b). Analyzing Information Flow in Brain Networks with Nonparametric Granger Causality. *Neuro Image*, 41, 354-362.
- Ehrmann, M. , Fratzscher and M., Rigobon, R. (2011), Stocks, Bonds, Money Markets And Exchange Rates: Measuring İnternational Financial Transmission. *J. Appl. Econ.*, 26, 948-974.
- Engle, R. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity With Estimates Of The Variance Of United Kingdom Inflation, *Econometrica*, 50(4), 987-1007.
- Fan ,Y. ve Gençay, R. (2010). Unit Root Tests With Wavelets. *Econometric Theory*, 26, 1305-1331.
- Gallegati, M. and Gallegati, M. (2001). Wavelet Variance Analysis Of Output G-7 Countries. *Studies İn Nonlinear Dynamics Econometrics*, 11, 1435-1455.
- Gallegati M, Gallegati, M., Ramsey, J. B. and Semmler, W. (2011). The US Wage Phillips Curve Across Frequencies Over Time. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 73, 489-508.
- Gençay, R., Selçuk, F. And Whicher, B. (2001). *An İnroduction To Wavelets And Other Filtering Methods İn Finance And Economic*, San Diego: CA: Akademik Press.
- Gilchrist, S., Vivian Y. and Zakrajsek, E. (2018). *US Monetary Policy And İnternational Bond Markets. Finance And Economics Discussion Series*, Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System, 2018-014.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations By Econometric Models And Cross-Spectral Methods, *Econometrica*, 37, 424-438.
- Inclan, C. and Tiao. G.C. (1994). Use of Cumulative Sums of Squares For Retrospective Detection of Changes of Variance, *Journal of the American Statistical Association*, 89, 913–923
- Kumar, M. S. and Okimoto, T. (2011) .Dynamics Of İnternational İntegration Of Government Securities' markets. *Journal of Banking & Finance*, 35, 142-154.

- Laopodis, N. T. (2008). Government Bond Market Integration Within European Union. *International Research Journal of Finance and Economics*, 19, 56-76.
- Martínez, J. M P., Abadie, L. M. and Macho, J. F. (2018). A Multi-Resolution And Multivariate Analysis Of The Dynamic Relationships Between Crude Oil And Petroleum-Product Prices. *Applied Energy*, 228, 1550-1560.
- Miyajima, K., Mohanty, M. S. and Chan, T. (2015). Emerging Market Local Currency Bonds: Diversification And Stability. *Emerging Markets Review*, 22, 2015, 126-139.
- Nowak, S., Andritzky, J., Jobst, A. and Tamirisa, N. (2011). Macroeconomic Fundamentals, Price Discovery, And Volatility Dynamics In Emerging Bond Markets. *Journal of Banking & Finance*, 35, 2584-2597.
- Olayeni, O. R. (2013). Analyzing the Feldstein-Horioka Puzzle In Continuous Wavelet Transform, *Economics Bulletin*, 33(4), 1995 - 3005
- Olayeni, O. R. (2016). Causality In Continuous Wavelet Transform Without Spectral Matrix Factorization: Theory And Application. *Computational Economics*, 47, 321-340.
- Piljak, V. (2013). Bond Markets Co-Movement Dynamics And Macroeconomic Factors: Evidence From Emerging And Frontier Markets. *Emerging Markets Review*, 17, 29-43
- Piljak, V. and Swinkels, L. (2017). Frontier and Emerging Government Bond Markets. *Emerging Markets Review*. 30, 232-255.
- Rua, A. (2013). Worldwide synchronization Since The Nineteenth Century: A Wavelet Based View. *Applied Economics Letters*, 20, 773–776.
- Rua, A. ve Nunes, N.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. (2013). Oil Prices And The Macroeconomy Reconsideration For Germany: Using Continuous Wavelet. *Economic Modelling*, 30, 636 – 642.
- Tiwari, A. K. and Bhanja, N., Dar, A. B. (2013). Analyzing Time–Frequency Based Co-Movement In Inflation: Evidence From G-7 Countries. *Comput. Econ*, 45: 91.
- Tiwari A. K. and Olayeni O. R. (2013). Oil Prices And Trade Balance: A Wavelet-Based Analysis For India. *Economics Bulletin*, 33(3), 2270-2286.
- Tiwari, A. K, Oros, C. and Albuлесcu, C. T. (2014). Revisiting The Inflation –Output Gap Relationship For France Using A Wavelet Transform Approach. *Economic Modelling*, 37, 464-475.
- Tiwari, A. K. and Albuлесcu, C. T. (2016). Oil Price And Exchange Rate In India: Fresh Evidence From Continuous Wavelet Approach And Asymmetric, Multi-Horizon Granger-Causality Tests. *Applied Energy*, 179, 272-283.
- Tiwari, A. K., Bhattacharyya, M., Das, D. and Shahbaz, M. (2018). Output And Stock Prices: New Evidence From The Robust Wavelet Approach. *Finance Research Letters*, 27, 154-160.
- Uddin, G. S., Tiwari, A. K., Arouri, M. and Teulon F. (2013). On The Relationship Between Oil Price And Exchange Rates: A Wavelet Analysis. *Economic Modelling*, 35, 502-507.
- Vacha, L. and Barunik, J. (2012). Co-Movement Of Energy Commodities Revisited: Evidence From Wavelet Coherence Analysis, *Energy Economics*, 34, 241-247.
- Vo, X. V. (2009). International Financial Integration In Asian Bond Markets. *Research in International Business and Finance*, 23, pp. 90-106.
- Yogo, M. (2008). Measuring Business Cycles: A Wavelet Analysis Of Economic Time Series. *Economics Letters*, 100, 208-212.

EXTENDED SUMMARY

Purpose

Analysis of the changes in the relationship between the bond markets due to the impact of the United States on developed and developing financial markets and especially the crisis in the US mortgage market has become important financially and macroeconomically. This study aims to investigate the evolution of comovement and causal relationship between USA and Turkey Treasury bond market return and volatility through nonparametric continuous wavelet transformation based Granger causality method also investigates the relationship between breaks in conditional volatility and changes in patterns of dynamic causality.

Methodology

This study uses continuous wavelet transform causality (CWTC), which is exempt from explicit autoregressive modeling and represents the spectral properties of a given data. CWTC 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).

A wavelet is a function of promptly decreasing, wave-like oscillation with zero mean. Wavelet spectrum of data $\{x_n : n = 1, 2, \dots, N\}$ is defined as:

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

where $\tilde{\Psi}(\cdot)$ denotes complex conjugate of $\Psi(\cdot)$. Scale parameter is defined as s and shifting along is τ , δt denotes a uniform step size. Cross-spectrum of data x_n and y_n is defined as $W_{XY}^m(s, \tau) = W_X^m(s, \tau) \tilde{W}_Y^m(s, \tau)$ where $\tilde{W}_Y^m(s, \tau)$ denotes complex conjugate of $W_Y^m(s, \tau)$. Then, wavelet transform are decomposed into real and imaginary part through $W_X^m(s, \tau) = \Re\{W_X^m(s, \tau)\} + i\Im\{W_X^m(s, \tau)\}$ Rua (2013) defines wavelet correlation as:

$$\rho_{XY}(s, \tau) = \frac{\zeta \left\{ s^{-1} \left| \Re(W_{XY}^m(s, \tau)) \right| \right\}}{\zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{|W_X^m(s, \tau)|^2} \right\} \zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{|W_Y^m(s, \tau)|^2} \right\}} \quad (2)$$

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. Phase difference is defined as:

$$\phi_{XY}(s, \tau) = \phi_X(s, \tau) - \phi_Y(s, \tau) = \tan^{-1} \left(\frac{\Im(W_{XY}^m(s, \tau))}{\Re(W_{XY}^m(s, \tau))} \right) \quad (3)$$

Where $\phi_X(s, \tau) = \tan^{-1} \left\{ \Im(W_X^m(s, \tau)) / \Re(W_X^m(s, \tau)) \right\}$ denotes local phases providing encoded lead-lag relationship information. With the range $-\pi \leq \phi_{XY}(s, \tau) \leq \pi$ that can be subdivided into four intervals and each interval gives information about the direction and lead-lag feature of the causality. Olayeni (2016) defines indicator function using phase difference sub-intervals to incorporate wavelet correlation for separating the embedded causal links from the non-causal content. Indicator function is the function takes the value of one if the phase difference is defined over the required interval and zero otherwise. Thus, Olayeni (2016) proposes a new causality measure, CWTC, with the modification of wavelet causality by the inclusion of specific indicator

function for a specific type of causality investigated. To investigate the predictive information flows from x to y , augmenting indicator function, $I_{x \rightarrow y}(s, \tau)$, yields the following CWTC measure:

$$G_{x \rightarrow y}(s, \tau) = \frac{\zeta \left\{ s^{-1} \left| \Re \left(W_{XY}^m(s, \tau) \right) I_{x \rightarrow y}(s, \tau) \right| \right\}}{\zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{|W_X^m(s, \tau)|^2} \right\} \zeta \left\{ s^{-1} \sqrt{|W_Y^m(s, \tau)|^2} \right\}} \quad (4)$$

CWTC is computationally efficient because it exempts from Fourier transformation and uses information contained in both the amplitude and phase-difference⁴. CWTC also investigates in-phase and out-of-phase causality by defining the indicator function over the required phase-difference range. CWTC does not require any assumption about order of the autoregressive model. This nonparametric approach is especially important for time series with oscillations and long memory, which requires high autoregressive order due to high correlation structure in parametric approach. Hence possibility of spurious causality due to misspecified errors are eliminated with nonparametric Granger causality approach. Volatility series are obtained through GARCH(1,1) model which is shown below:

$$y_t = \mu + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, h_t^2)$$

$$h_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta h_{t-1}^2$$

Where h_{t-1}^2 and ε_t refer to variance and residual of return series y_t . Finally breaks in conditional volatility series are obtained via IT test based on ICSS algorithm:

$$IT = \sup_k \left| \sqrt{T/2} D_k \right|, \quad D_k = \frac{C_k}{C_T} - \frac{k}{T} \quad (5)$$

Where ε_t denotes error term and C_k is the cumulative sum of squared residuals, which is formulated as:

$$C_k = \sum_{t=1}^k \varepsilon_t^2, \quad k = 1, \dots, T, \quad \varepsilon_t \sim iid(0, \sigma^2) \quad (6)$$

Findings

Estimation process yield frequency – time distribution of time dependent changes in both correlation and causality relationships between oscillations with different periods. Especially long run changes in the causality and correlation occurs in accordance with major economic events and FED policy changes. Breaks cluster on global crisis period coincide with long run causality in variance. Breaks then become sparse in the FED policy adjustment period and the after crisis period and volatility causality disappears in the long run. Therefore, this study concludes that shocks and news are likely to contribute causality in the long run. Results indicate that direction and time dependent changes in both correlation and causality vary among oscillations with long and short periods.

Conclusion and Discussion

This study concludes that Global Crisis and FED poilcy changes are the main determinants in the causality patterns among medium and long run oscillations in bond markets. This conclusion in line with the literature investigating spillover effects from USA to emerging market bond markets. Therefore, this study concludes that shocks and news are likely to contribute causality in the long

⁴ For detailed information about features of CWTC and simulation results, please see Olayeni (2016).

run. Results indicate that direction and time dependent changes in both correlation and causality vary among oscillations with long and short periods. Thus efficiency of diversification strategies of investors may diminish in the long run. Policy makers should monitor the changes in the causality patterns to adjust their policies. The future studies investigating high frequency data may reveal more detail in the changing dynamics in causality patterns of bond markets.

EK 1.**Tablo 3.** ABD tahvil serisi varyans kırılma tarihleri

Tarih	Dönem
7/25/2007	Temmuz 2007
11/23/2007	Kasım 2007
3/10/2008	Mart 2008
3/24/2008	Mart 2008
9/12/2008	Eylül 2008
3/18/2009	Mart 2009
8/24/2009	Ağustos 2009
4/26/2010	Nisan 2010
10/25/2010	Ekim 2010
12/14/2010	Aralık 2010
6/22/2011	Haziran 2011
9/14/2012	Eylül 2012
5/2/2013	Mayıs 2013
7/11/2013	Temmuz 2013
3/19/2014	Mart 2014
12/4/2014	Aralık 2014
4/6/2015	Nisan 2015
9/9/2016	Eylül 2016
5/17/2017	Mayıs 2017

EK 2.**Tablo 4.** Türkiye tahvil serisi varyans kırılma tarihleri

Tarih	Dönem
9/12/2008	Eylül 2008
1/2/2009	Ocak 2009
1/6/2009	
6/8/2009	Haziran 2009
5/4/2010	Mayıs 2010
7/1/2010	Temmuz 2010
10/4/2010	Ekim 2010
10/8/2010	Ekim 2010
1/3/2011	Ocak 2011
3/3/2011	Mart 2011
9/13/2011	Eylül 2011
1/26/2012	Ocak 2012
8/2/2012	Ağustos 2012
5/28/2013	Mayıs 2013
7/5/2013	Temmuz 2013
10/23/2013	Ekim 2013
4/28/2015	Nisan 2015
1/12/2017	Ocak 2017
10/5/2017	Ekim 2017
7/9/2018	Temmuz 2018