

ULUSLARARASI DÖVİZ PİYASALARINDA FİNANSAL BULAŞICILIK VE KARŞILIKLI BAĞIMLILIK: WAVELET UYUM ANALİZİ*

Sinem Güler KANGALLI UYAR

Gönderim tarihi: 27.03.2020 Kabul tarihi: 30.04.2021

Öz

Çalışmada uluslararası döviz piyasaları arasındaki ilişki türlerini belirleyebilmek amacı ile zaman-frekans uzayında piyasalar arasındaki ilişkilerin incelenmesine olanak sağlayan wavelet uyum analizi gerçekleştirilmiştir. Son iki küresel krizi de kapsayan Ocak 4, 2000-Ekim 17, 2019 dönemi için majör döviz kurlarına ait getiri serileri kullanılarak uluslararası döviz piyasaları arasındaki ilişkilerin farklı frekanslara göre zaman içerisinde değişimi incelenmiştir. Buna göre, küresel finansal kriz dönemi boyunca Japon Yeni ve Yeni Zelanda doları ve Avrupa borç krizi dönemi boyunca Japon Yeni ve diğer majör döviz kurları için finansal bulaşıcılık olduğu bulgusuna ulaşılamamıştır. Avustralya Doları-Kanada Doları, Avustralya Doları-Yeni Zelanda Doları ve İsviçre Frangı-Euro döviz kuru çiftleri için neredeyse tüm zaman ölçeklerinde güçlü ilişkiler vardır. Japon Yeni-İsviçre Frangı hariç, Japon Yeni ve diğer majör döviz kurları arasında karşılıklı bağımlılığın olmadığı gözlemlenmiştir. Tamamlayıcı bir analiz olan evre farklılığı analizi ile piyasalar arasındaki nedensellik ilişkileri incelenerek uluslararası sermaye (fon) akımlarının yönü hakkında bilgi edinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Finansal Bulaşıcılık, Karşılıklı Bağımlılık, Wavelet Uyum Analizi, Uluslararası Döviz Piyasaları

JEL Sınıflaması: F31, C22, C14

FINANCIAL CONTAGION AND INTERDEPENDENCE IN FOREIGN EXCHANGE MARKETS: WAVELET COHERENCE ANALYSIS

Abstract

In this study, to determine the types of relationships between foreign exchange markets, wavelet coherence analysis was performed. For the period of January 4, 2000-October 17, 2019, using the major exchange rate returns, the variations in the market relationships according to different frequencies over time were examined. Accordingly, there is no evidence of financial contagion for the Japanese Yen-New Zealand Dollar during the period of the global financial crisis and the Japanese Yen-other major exchange rates during the European debt crisis period. There are strong relationships at almost all time-scales for the Australian Dollar-Canadian Dollar, Australian Dollar-New Zealand Dollar, and Swiss Franc-Euro. Except for the pair of Japanese Yen-Swiss Franc, there is no interdependence between the Japanese Yen and other major exchange rates. Through the complementary phase difference analysis, the direction of international capital flows was examined by determining causality relationships between foreign exchange markets.

Keywords: Financial Contagion, Interdependence, Wavelet Coherence Analysis, Foreign Exchange Markets

JEL Classification: F31, C22, C14

* Bu çalışmanın önceki versiyonu, 12-14 Şubat 2020'de Ankara'da Hacı Bayram Veli Üniversitesi tarafından düzenlenen 20. Uluslararası Ekonometri, Yöneyim ve İstatistik sempozyumunda özet bildirisi olarak sunulmuştur.

Doç. Dr. Pamukkale Üniversitesi Ekonometri Bölümü. E-Posta: skangalli@pau.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-3694-150X

1. Giriş

Son otuz yıl boyunca küresel ve bölgesel düzeyde sonuçları olan bir dizi finansal ve parasal kriz meydana gelmiştir. Ancak krizler tarihinde en çok tartışılanı 1929'daki Büyük Buhran'dan sonra 2007'deki küresel finansal kriz ve sonrasında 2009'un sonlarında ortaya çıkan Avrupa borç krizi olmuştur. Bu krizlerin 1990'lı yıllarda artarda gerçekleşen krizlerden (1992 Avrupa Para Krizi, 1994 Meksika Krizi, 1997 Asya Krizi, 1998 Rusya Krizi, 1999 Brezilya devalüasyonu, 2000 İnternet Balonu Patlaması ve 2001 Arjantin Krizi) en önemli farkı hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin piyasalarını etkilemesidir. Bunda ülkeler arasında finansal entegrasyonun sağlanmasıyla birlikte güçlenen finansal bağlar ve küreselleşme etkili olabilir. 1990'ların sonuna doğru araştırmacıların dikkatini çekmeye başlayan finansal *bulaşıcılık kavramı*, dünya çapında farklı büyüklük ve yapılarıdaki piyasaları etkileyen küresel finansal kriz ve Avrupa borç krizi ile daha çok önem kazanmıştır. Ancak, literatürde finansal bulaşıcılığın tanımına ve dolayısıyla tespitine ilişkin görüş birliği bulunmamaktadır. Dünya Bankası² finansal bulaşıcılığın tanımlarına ilişkin görüşleri *geniş, kısıtlı ve çok kısıtlı* olmak üzere üç farklı gruba ayırmıştır. Geniş tanıma göre finansal bulaşıcılık, bir ülkede ya da piyasada meydana gelen negatif ya da pozitif şokların diğer ülke ya da piyasalara, kriz dönemlerinden bağımsız olarak, aktarılmasıdır. Bu tanıma göre, şokların hangi kanallarla diğer piyasa ya da ülkelere aktarıldığı önemli değildir, önemli olan herhangi bir kanaldan gerçekleşen yayılma etkisidir. Kısıtlı tanıma göre finansal bulaşıcılık, şokların diğer piyasa ya da ülkelere aktarımı ülkeler arasındaki ekonomik temellere dayalı ilişkilerin ötesinde bir kanal ile gerçekleşir. Bu tanıma göre, bulaşma kanalı yatırımcı davranışları ile ilgilidir. Yatırımcılar piyasalar hakkındaki bilgi eksikliği ya da bilgi eksikliği olmasa bile diğer yatırımcıları takip ederek sürü davranışına uymaları nedeniyle, aralarında ekonomik bağlar bulunmayan ülkeleri birbiriyle bağlantılı olarak değerlendirip şokların diğer ülkelere de yayılmasına neden olabilirler. Çok kısıtlı tanıma göre finansal bulaşıcılık, bir ülke ya da ülke grubunda meydana gelen şokla birlikte piyasalar arasındaki ilişkilerin stabil dönemlere göre kriz dönemlerinde önemli ölçüde artış göstermesidir.

Bulaşıcılığın tanımı bulaşıcılığın tespit edilebilmesi açısından oldukça önemlidir. Geniş ve kısıtlı tanımların piyasalar arasındaki ilişkiyi bulaşıcılık olarak adlandırmak için net bir kriter sunmaması bu tanımların çalışmalarda benimsenmemesine yol açmıştır. Ancak, Forbes ve Rigobon (2002), bulaşıcılığın çok kısıtlı tanımına ilişkin iki önemli avantajdan

² <http://siteresources.worldbank.org/INTMACRO/Resources/ClaessensDornbusch-Park.pdf>

bahsetmiştir. Bunlardan ilki, bulaşıcılığın gerçekleşmesi durumunda bu tanımlamanın bulaşıcılığın tespitine yönelik doğrudan bir çerçeve sunması; ikincisi ise, iki piyasa arasındaki ilişkileri kriz dönemi ve stabil olan dönem için karşılaştırma imkânı sunmasıdır. Yazarlar piyasalar arasındaki ilişkinin sadece kriz dönemlerinde değil, stabil dönemlerde de güçlü olması durumunda bulaşıcılık olarak tanımlanamayacağını ifade etmiştir. Buna göre, ekonomik temellere dayalı güçlü bağlantıları olan ülkeler ya da piyasalar arasındaki ilişki hem kriz hem de stabil dönemlerde varlığını sürdüreceğinden *karşılıklı bağımlılık* olarak tanımlanmıştır. Sonuç olarak, finansal bulaşıcılık şoktan sonra piyasa bağlantılarının geçici olarak güçlenmesi iken, karşılıklı bağımlılık piyasalar arasındaki kriz öncesi ve sonrasında da var olan uzun süreli güçlü bağlantıları kapsamaktadır. Forbes ve Rigobon (2002)'un bulaşıcılığın çok kısıtlı tanımına ilişkin avantajları ortaya koyması ve finansal bulaşıcılığın ne olmadığını net bir biçimde belirtmesi ile finansal bulaşıcılığın tespitine yönelik literatürde yer alan neredeyse tüm çalışmalarda çok kısıtlı tanımın benimsendiği gözlemlenmiştir. Kriz dönemlerinde finansal piyasalardaki dalgalanmalar piyasalar arasındaki bulaşıcılık etkisinden ya da karşılıklı bağımlılıktan kaynaklanabilir. Bulaşıcılık etkisinden kaynaklanması durumunda piyasalarda artan dalgalanmalar ve piyasalar arasındaki ilişki kısa süre içerisinde kaybolacak iken, piyasalar arasında karşılıklı bağımlılıktan kaynaklanan dalgalanmalar ve piyasaların birlikte hareketi uzun süre devam edecektir. Dolayısıyla, şokların piyasalar arası aktarımı sadece kriz dönemlerinde beliren kanallarla ya da her dönemde etkili olabilecek kanallarla gerçekleşebilir. Bu ayrımın yapılabilmesi uluslararası yatırımcılara portföy risk yönetiminde, etkin para ve maliye politikalarının üretilmesinde ve varlık fiyatlama stratejilerinin geliştirilmesinde yol gösterici olacaktır (Yang vd., 2016: 7). Bu ayrım, özellikle yüksek volatilitenin olduğu dönemlerde uluslararası yatırımcılar için portföy çeşitlendirme konusunda kilit öneme sahiptir. Finansal piyasalar arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişki ayrımı, yatırımcıların rasyonel varlık dağıtım stratejilerini geliştirebilmesine ve optimal portföy seçimi yapabilmesine yardımcı olacak önemli bilgiler sağlar. Benzer şekilde, politikacılar riskten kaçınmak amacı ile daha güvenilir kriz yönetim stratejileri geliştirebilirler. Sonuç olarak, finansal piyasalar arasındaki kısa dönemli ilişkiden kaynaklanan geçici dalgalanmalar ya da uzun dönemli ilişkiye dayalı kalıcı dalgalanmaları belirlemek, portföy risk yönetimi, varlık dağıtımı ve fiyatlama stratejileri ile para ve maliye politikaları açısından küresel ekonomi üzerinde meydana gelebilecek olumsuz etkileri azaltmaya yardımcı olabilir.

Finansal bulaşıcılık etkisini inceleyen çalışmalar kullandıkları bulaşıcılık tanımına bağlı olarak bu etkinin tespiti için farklı yaklaşımlar kullanmıştır. Piyasaların birlikte hareketini incelemek amacıyla kullanılan piyasalar arası *korelasyon katsayıları*, piyasalar arası volati-

lite yayılımını incelemek amacıyla kullanılan *koşullu değişen varyans modelleri*, bir piyasada yaşanan şokun diğer piyasaya aktarım olasılığını etkileyen faktörleri incelemek amacıyla uygulanan *logit-probit modelleri* yaygın olarak kullanılan yaklaşımlar arasındadır. Ancak, kriz dönemlerinde piyasalardaki dalgalanmaların bulaşıcılık etkisinden mi yoksa karşılıklı bağımlılıktan mı kaynaklandığı konusunda net bir ayrım yapabilmemiz için farklı zaman ölçeklerinde piyasalar arasındaki ilişkilerin analiz edilmesine izin veren yaklaşımların kullanılması gerekebilir. Buna göre, daha önce yapılan tanımlamalara bağlı olarak kriz dönemlerinde sadece kısa zaman ölçeklerinde piyasalar arasındaki ilişkinin gücünün artması bulaşıcılık etkisiyle ilişkilendirilirken, uzun zaman ölçeklerinde piyasalar arasındaki ilişki karşılıklı bağımlılıkla ilişkilendirilmektedir. Yaygın olarak kullanılan yaklaşımlar ise ya sadece zamana ya da sadece frekansa bağlı yöntemlerden oluşmaktadır. *Wavelet analizi* finansal zaman serilerinin hem frekans hem de zamana göre birlikte hareketini incelemeye izin veren bir yaklaşımdır. Bu çalışmada son iki krizi de içeren Ocak 4, 2000-Ekim 17, 2019 dönemi için yabancı döviz piyasaları arasındaki ilişkiler incelenecektir. Diğer finansal piyasalarda olduğu gibi döviz kuru piyasalarında beklenen getiriler kriz dönemlerinde normal dönemlere göre farklılaşmakta ve döviz kurlarında aşırı değer kayıplarına neden olarak yatırımcının riskinin artmasına ve carry trade stratejisinin³ çökmesine neden olabilmektedir. Buna göre, kriz dönemlerinde yabancı döviz kuru piyasaları arasındaki ilişkilerin ve bu piyasalarda meydana gelen dalgalanmaların bulaşıcılık etkisinden mi yoksa karşılıklı bağımlılıktan mı kaynaklandığının incelenmesiyle elde edilen bulgular yatırımcının karşılaştılabileceği risklere karşı etkin koruma stratejileri geliştirmesinde yol gösterici olacaktır. Çalışmada piyasa ilişkilerinin doğasını daha iyi anlamak amacıyla zaman içerisinde ilişkilerin farklı frekanslara göre nasıl değiştiğini incelememize olanak veren *wavelet uyum (wavelet coherence) analizi* kullanılacaktır. Ayrıca, yabancı döviz kuru piyasaları arasındaki nedensellik ilişkileri ile karşılıklı bağımlılık ve bulaşıcılığın yönü *wavelet evre farkı (wavelet phase difference) analizi* ile belirlenecektir.

2. Literatür

Literatürde finansal bulaşıcılık ve karşılıklı bağımlılığı, kabul edilen bulaşıcılık tanımına da bağlı olarak, farklı yöntemlere göre inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda krizlerin bulaşma kanalı olarak genellikle hisse senedi piyasalarına odaklanılsa da krizler hisse senedi piyasaları dışındaki diğer finansal piyasalar aracılığıyla bulaşarak ülke ekonomilerini etkileyebilmektedir. Dolayısıyla, farklı finansal piyasalar için farklı yöntemlere

³ Literatürde düşük faizli ülkenin para birimi cinsinden borçlanılarak, yüksek faizli ülkenin para birimi cinsinden finansal yatırım yapılmasına dayanan bir strateji olarak tanımlanmaktadır.

göre bulaşıcılık etkisinin ve karşılıklı bağımlılığın incelendiği çalışmalar mevcuttur. Bu bölümde özellikle döviz kuru piyasaları için bulaşıcılık ve karşılıklı bağımlılık ilişkisini araştıran çalışmalar ele alınacaktır. Literatürde yer alan çalışmalar genel olarak iki gruba ayrılabilir. İlk grupta yer alan çalışmalar kriz dönemi ile stabil dönemler arasında herhangi bir karşılaştırma yapmadan şokların bir piyasadan diğerine aktarımını incelemektedir. Dolayısıyla, ilk grupta yer alan çalışmalarda bulaşıcılığın çok kısıtlı tanımına uyan bulaşıcılık tanımlamaları benimsenmemektedir. Bu çalışmalardan bazıları bulaşıcılığın tespiti için bir ülkede gerçekleşen krizin başka bir ülkedeki ya da ülke grubundaki krizi tetikleme olasılığını incelemek amacıyla logit/probit modellerini kullanmıştır. Eichengreen vd. (1996), 1959-1993 dönemi için 20 sanayi ülkesini kapsayan araştırmada finansal bulaşıcılık etkisini probit modeli ile döviz kurları için araştırmış ve bir ülkede gerçekleşen spekülasyonun başka bir ülke ya da ülkelerde spekülasyonun arttırma olasılığını %8 olarak belirlemişlerdir. Glick ve Rose (1999) çok değişkenli probit modeli ile döviz kurları için beş farklı spekülasyonun arttırma olasılığını (1971, 1973, 1992, 1994-95 ve 1997) 161 ülkede incelemiş ve spekülasyonun başka ülkelerde spekülasyonun arttırma olasılığını makroekonomik faktörlerin değil, ülkeler arasındaki ticari bağlantıların etkilediğini belirlemişlerdir.

Bu grupta yer alan çalışmaların bulaşıcılığın tespitine yönelik kullandıkları bir diğer yaklaşım piyasalar arasındaki volatilité yayılımını incelemeye kullanılan genelleştirilmiş koşullu değişen varyans (GARCH) modelleridir. Kriz dönemlerinde birden fazla piyasanın volatilitésinin yükselmesi piyasaların birlikte hareket ettiğinin göstergesi olabilir, bu nedenle volatilité yayılımı bulaşıcılığın ölçümünde kullanılabilir (Budak, 2017: 466). Engle vd. (1990), döviz kurlarının sadece piyasadaki şoklardan değil, şokların piyasalar arası aktarımından da etkilenebileceğini ifade ederek GARCH modeli ile piyasalar arası volatilité yayılımını incelemiştir.

İkinci grupta yer alan çalışmalar ise, kriz dönemi ile stabil dönem arasında karşılaştırma yaparak şokların piyasaya aktarımını incelemektedir. Dolayısıyla, bu gruptaki çalışmalarda kabul edilen bulaşıcılığın tanımının çok kısıtlı tanıma daha yakın olduğu söylenebilir. İkinci gruptaki çalışmalar kriz dönemlerinde döviz kurlarındaki önemli değişimleri korelasyon katsayıları yardımıyla inceleyerek bulaşıcılık olup olmadığını belirlemeye çalışmışlardır. Buna göre, normal dönemlere göre kriz dönemlerinde piyasalar arasındaki korelasyonlarda önemli artış bulaşıcılığın bir kanıtı olarak kabul edilmiştir. Baig ve Goldfajn (1999), 1997-1998 krizi boyunca beş Asya ülkesinin döviz kuru, hisse senedi ve borç piyasalarında bulaşıcılık etkisinin olup olmadığını korelasyon katsayıları ile incelemiş ve döviz piyasaları ile borç piyasalarında stabil dönemlere göre kriz dönemlerinde korelasyon katsayılarının önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Ancak, Forbes ve Rigobon (2002) kriz dönemlerinde

artan volatilitenin (değişen varyansın) piyasalar arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayılarını yanıtıcı bir biçimde arttıracığını, bu nedenle bulaşıcılığın korelasyon katsayıları ile tespitinde mutlaka değişen varyans etkisinden arındırılması gerektiğini ifade etmiştir. Buna göre yazarlar, basit korelasyon katsayılarının değişen varyansa göre düzeltilmesi ile elde edilen *düzeltilmiş korelasyon katsayılarını* önermişlerdir. Kriz dönemlerinde düzeltilmiş korelasyon katsayılarındaki önemli artışı bulaşıcılığın bir göstergesi olarak yorumlamışlardır. Bulaşıcılık etkisini tespit etmek amacı ile basit korelasyon ile düzeltilmiş korelasyon katsayılarını kullanan çalışmalarda piyasalar arasındaki korelasyonların zamana bağlı olarak değişmediği varsayılmaktadır. Ancak piyasalar arasındaki korelasyon piyasaya gelen yeni haberlerin etkisiyle zamana göre değişim gösterebilir. Engle (2002), basit ve düzeltilmiş korelasyon katsayılarının bu dezavantajını ortadan kaldırmak amacıyla alternatif olarak *GARCH temelli dinamik koşullu korelasyon modelini* (DCC-GARCH) önermiştir. Bu yaklaşım volatiliteler arasındaki korelasyonu modelleyerek koşullu korelasyon katsayılarının kriz dönemi ile normal dönemlere göre nasıl değiştiğini gözlemleme imkânı sunmaktadır. Pérez-Rodríguez (2006), DCC-GARCH yaklaşımını kullanarak ABD doları karşısında Euro, İngiliz Sterlini ve İsviçre Frangı döviz kurları arasındaki korelasyonların 1999-2004 döneminde önemli ölçüde dalgalandığını ve Euro ile İngiliz Sterlini arasındaki dinamik korelasyonun özellikle yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ada vd. (2019), DCC-GARCH modeli ile Avrupa borç krizi boyunca yabancı döviz piyasaları arasında finansal bulaşıcılık etkisinin olup olmadığını incelemiştir. Buna göre, kriz dönemi boyunca Euro Bölgesi'nin yabancı döviz piyasaları ile Türkiye, Meksika ve Brezilya'nın döviz piyasaları arasında finansal bulaşıcılık etkisinin olduğu bulgusu elde edilirken, Euro Bölgesi'nin yabancı döviz piyasaları ile Çin, Hindistan, Endonezya ve Rusya'nın döviz piyasaları arasında finansal bulaşıcılık etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Tamakoshi ve Hamori (2014), döviz kurları arasındaki korelasyonlarda asimetrik ilişkileri incelemek amacıyla Cappiello vd. (2006) tarafından geliştirilen *GARCH temelli asimetrik dinamik koşullu korelasyon modelini* (ADCC-GARCH) kullanmıştır. Yazarların bu yaklaşımı kullanmasının altında yatan temel sebep uluslararası yatırımcı davranışları nedeniyle döviz kurlarının ABD doları karşısında değer kaybettiği dönemlerde, değer kazandığı dönemlere göre daha yüksek derecede bağımlılık göstermesidir. Buna göre yazarlar, ADCC-GARCH yaklaşımını kullanarak ABD doları karşısında Euro, İngiliz Sterlini ve İsviçre Frangı döviz kurları arasındaki korelasyonlarda asimetrik ilişkilerin olduğu bulgusuna ulaşmıştır. Patton (2006), döviz kurları arasındaki bağımlılığın asimetrik olup olmadığını *copula* yaklaşımı ile incelemiştir. Yazar, *copula* yaklaşımının basit korelasyon katsayısına göre iki ya da daha fazla değişken arasındaki bağımlılığa ilişkin daha fazla detay bilgi verdiğini ve özellikle değişkenlerin ortak dağılımının eliptik olmaması durumunda basit korelasyon katsayısının bağımlılık yapısını

tanımlayabilecek yeterli bir ölçü olmadığını ifade etmiştir. Patton (2006), ABD doları karşısındaki Alman Markı ile Japon Yeni döviz kurları arasında asimetrik bir ilişkinin olduğunu, buna göre döviz kurlarının ABD doları karşısında değer kaybettiği dönemlerde değer kazandığı dönemlere göre daha yüksek derecede ilişkili olduğunu göstermiştir. Dias ve Embrechts (2010), *zamana göre değişen copula-GARCH modeli* (time-varying copula-GARCH model) ile ABD doları karşısındaki Euro ile Japon Yeni döviz kurları arasındaki bağımlılığı incelemiştir. Finansal zaman serileri genellikle GARCH tipi modellerle modellenerek, bu modellerde koşullu çok değişkenli dağılımın Gaussian ya da Student-t olduğu varsayılmaktadır. Ancak, finansal değişkenlerin dağılımları genellikle kalın kuyrukludur ve dolayısıyla Gaussian dağılıma uymaz. Yazarlar, copula temelli modellerin değişkenler arasındaki bağımlılıkta farklı koşullu marjinal dağılımların birleştirilmesine izin veren esnek modeller olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, copula-GARCH modeli değişkenler arasındaki bağımlılığın parametrelerinin zamana göre değişmesine izin vererek farklı riskler arasındaki korelasyonun dinamik davranışını incelemeye olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, yazarlar diğer GARCH temelli modellere alternatif olarak zamana göre değişen copula-GARCH modelini kullanarak Euro ile Japon Yeni döviz kurları arasındaki bağımlılığı incelemiş ve alternatifleriyle karşılaştırıldığında zamana göre değişen copula temelli GARCH modelinin daha iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Orlov (2009) ve Bodart ve Candelon (2009) çalışmalarında bulaşıcılık etkisi ve karşılıklı bağımlılık arasındaki farklılıkları net bir şekilde ortaya koyabilmede zaman içerisinde ilişkilerin frekansa göre değişimini incelemeye izin veren yaklaşımların sadece zaman bağlı yaklaşımlara göre daha etkili olduğunu ifade etmiştir. Bu çalışmalarda yüksek frekanstaki ilişkiler (kısa dönem) bulaşıcılık etkisi olarak tanımlanırken, düşük frekanstaki ilişkiler (uzun dönem) karşılıklı bağımlılık olarak tanımlanmaktadır. Wavelet analizi zamana ve frekansa dayalı bir analiz olup piyasa ilişkilerinin doğasını anlamada sezgisel ve basit bir yaklaşım sunmaktadır (Gallegati, 2012: 3492). Nikkinen vd. (2011), *wavelet çapraz korelasyon (wavelet cross corelation)* yaklaşımı ile döviz kuru beklentileri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Bu yaklaşım ile döviz kuru beklentilerinin dinamik yapısının farklı zaman ölçekleri için değişip değişmediği gözlemlenebilir. Çalışmada, farklı zaman ölçekleri için ABD doları karşısındaki İngiliz Sterlini, Japon Yeni ve Euro döviz kurlarının volatilité beklentileri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışmanın bulguları, kısa dönemde döviz kuru beklentileri arasındaki bağlantılar incelendiğinde Japon Yeni'nin döviz kuru üçlüsü arasında öncü bir rol oynadığını, uzun zaman ölçeğinde ise, İngiliz Sterlini'nin volatilité beklentilerinin Japon Yeni volatilité beklentilerini etkilediğini göstermiştir.

Son zamanlarda bazı araştırmacılar kriz dönemlerinde döviz kuru piyasalarındaki bulaşıcılık etkisi ve karşılıklı bağımlılık arasındaki farklılıkları net bir şekilde ortaya koyabilmek, bulaşıcılığın ya da karşılıklı bağımlılığın derecesi ve yönüne ilişkin detaylı bilgiler edinebilmek amacıyla wavelet uyum analizini uygulamaya başlamıştır. Bu yaklaşım ile global ve yerel faktörlerden kaynaklanan farklı krizlerin finansal piyasalar üzerindeki etkilerini karşılaştırmak, farklı zaman ölçeklerine göre piyasalar arasındaki dinamik ilişkileri ortaya koyarak yatırımcılar açısından risk yöntemi ve carry trade ilgili çıkarımlarda bulunmak mümkündür. Yang vd. (2016), küresel finansal kriz ve Avrupa borç krizini de içeren Ocak 1, 2002- Aralık 31, 2013 dönemi için ABD doları karşısındaki İngiliz Sterlini, Japon Yeni ve Euro döviz kuru getiri serilerini kullanarak döviz piyasaları arasındaki ilişkiyi wavelet uyum analizi ile incelemiştir. Çalışmanın bulguları, kriz dönemleri boyunca Euro ile Yen ve Euro ile Sterlin arasında finansal bulaşıcılık olduğunu, ancak Yen ile Sterlin arasında böyle bir etkinin olmadığını göstermiştir. Dahası, tüm zaman ölçeklerinde Sterlin ile Euro yüksek derecede karşılıklı bağımlılık, Yen ile Sterlin arasında ise sadece uzun zaman ölçeğinde düşük derecede karşılıklı bağımlılık olduğu belirlenmiştir.

3. Metodoloji

Ekonomik ve finansal zaman serilerinin analizinde wavelet yaklaşımı son zamanlarda uygulanmaya başlanan ve popülerliği gittikçe artan bir yaklaşımdır. Bunun nedenlerinden biri, wavelet yaklaşımının durağan olmayan zaman serilerinin herhangi bir dönüşüm uygulamadan ve gözlem kaybı olmadan analiz edilmesine olanak sağlamasıdır (Schleicher, 2002: 27; Uyar, 2019: 141). Diğeri ise, zaman serileri davranışının hem zaman hem de frekans uzayında incelenmesine olanak sağlamasıdır. Böylece, *orijinal zaman serilerinin* davranışına ya da özelliklerine ilişkin elde edilemeyen bilgiler zaman serilerinin zaman içerisinde farklı frekanslara ayrıştırılmasıyla elde edilebilir. Böylece, değişkenler arasındaki ilişkiler de toplulaştırılmış bir seviyeden ziyade frekansa dayalı yani ölçek seviyesinde incelenebilir (Crowley, 2007: 256). Son olarak wavelet yaklaşımının parametrik olmayan yapısı herhangi bir bilgi kaybı yaşamadan değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin de dikkate alınmasını sağlar. Bu bölümde wavelet yaklaşımının yabancı döviz kuru piyasaları arasındaki ilişkilerin doğasını anlamada neden uygun bir yaklaşım olduğu açıklanmaya çalışılacaktır.

3.1. Wavelet Analizi

Wavelet analizi için *father wavelet* (ϕ) ve *mother wavelet* (ψ) olmak üzere iki temel wavelet fonksiyonu tanımlanabilir. Father wavelet orijinal verinin düşük frekanslı bileşenlerini içerir ve verinin *düzgün* (*smooth*) kısmını gösterir, mother wavelet ise orijinal verinin yüksek frekanslı bileşenlerini içerir, bu nedenle veriyle ilgili detayları yansıtır. Father ve mother wavelet eşitlik (1) ve eşitlik (2)'de olduğu gibi tanımlanabilir:

$$\phi_{j,k}(t) = 2^{-\frac{j}{2}} \phi(2^{-j} * t - k), \quad j = 1, 2, \dots, J; \quad k = 0, 1, \dots, 2^j - 1 \quad (1)$$

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{-\frac{j}{2}} \psi(2^{-j} * t - k), \quad j = 1, 2, \dots, J; \quad k = 0, 1, \dots, 2^j - 1 \quad (2)$$

Eşitlik (1) ve (2)'deki wavelet fonksiyonları j ile gösterilen *ölçek* veya *frekans* parametresi ile k ile gösterilen *lokasyon* parametresine bağlıdır. Ölçek parametresi wavelet'in uzunluğunu kontrol ederken, lokasyon parametresi wavelet'in konumunu belirler. Ölçek parametresinin 1'den J 'ye kadar olması zaman serisinin J farklı zaman ölçeğine ayrıldığını ve J 'nin en yüksek seviyedeki zaman ölçeği olduğunu gösterir. $\phi(\cdot)$ ve $\psi(\cdot)$, $(-\infty, +\infty)$ reel ekseninde tanımlı reel değerli fonksiyonlar olup aşağıdaki normalizasyon koşullarını sağlamaktadırlar:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \phi(t) dt = 1 \quad (3)$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (4)$$

Buna göre, $L^2(R)^4$ 'de tanımlı $y(t)$ zaman serisi wavelet fonksiyonları cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$y(t) = \sum_{k=0}^{2^j-1} s_{j,k} \phi_{j,k}(t) + \sum_{j=1}^J \sum_{k=0}^{2^j-1} d_{j,k} \psi_{j,k}(t) \quad (5)$$

Burada $s_{j,k} = \int_{-\infty}^{+\infty} y(t) \phi_{j,k}(t) dt$ ve $d_{j,k} = \int_{-\infty}^{+\infty} y(t) \psi_{j,k}(t) dt$ şeklinde tanımlanmaktadır. $s_{j,k}$, *smooth katsayılar* olarak adlandırılırken, $d_{j,k}$ *detay katsayıları* olarak adlandırılır. Bu katsayılar ($s_{j,k}$, $d_{j,k}$), genel olarak *wavelet dönüşüm katsayıları* olarak adlandırılıp karşılık gelen wavelet fonksiyonunun orijinal veri içindeki payını ölçer.

Eşitlik (5)'teki ifade yeniden eşitlik (6)'daki gibi ifade edilebilir:

$$y(t) = S_J(t) + \sum_{j=1}^J D_j(t) \quad (6)$$

⁴ $\int_{-\infty}^{+\infty} y(t)^2 dt < \infty$ ise $y(t)$ karesi integrallenebilir fonksiyon olarak adlandırılır.

Burada $S_j(t) = \sum_{k=0}^{2^j-1} s_{j,k} \phi_{j,k}(t)$ ve $D_j(t) = \sum_{k=0}^{2^j-1} d_{j,k} \psi_{j,k}(t)$, $j = 1, 2, \dots, J$ dir. Eşitlik (6)'daki ifade bir zaman serisinin farklı zaman ölçeklerine ayrıştırılan bileşenlerini içerir. $S_j(t)$, verinin smooth olan kısmını gösterir; çünkü en yüksek seviyedeki zaman ölçeğine ait bileşendir. $D_j(t) = (D_1(t), D_2(t), \dots, D_J(t))$ ise sırasıyla 2-4, 4-8, ..., $2^J - 2^{J+1}$ zaman ölçeklerindeki veriyle ilgili dalgalanmaları içeren detaylardır.

3.2. Kesikli ve Sürekli Wavelet Dönüşümleri

Wavelet analizinde genellikle kesikli ve sürekli olmak üzere iki tür wavelet dönüşümünden bahsedilebilir. $y(t)$ zaman serisi için *kesikli wavelet dönüşümü* (*discrete wavelet transform, DWT*) aşağıdaki gibi uygulanır⁵:

$$v = W * y, \quad (7)$$

Burada y zaman serisine ait N gözlemden oluşan $N \times 1$ boyutlu vektörü; v , $N \times 1$ boyutlu wavelet katsayı vektörünü; W , y zaman serisine uygulanan wavelet dönüşümlerini içeren $N \times N$ boyutunda ortonormal matris olarak tanımlanır. v vektöründe katsayılar smooth katsayılardan detay katsayılarına doğru sıralanmaktadır:

$$v = \begin{pmatrix} s_J \\ d_J \\ d_{J-1} \\ \vdots \\ d_2 \\ d_1 \end{pmatrix}, \quad (8)$$

Gözlem sayısı N 'nin ölçek faktörü 2^J 'ye bölünebilir olması gerekir. Buna göre, her bir ölçekteki katsayı setleri aşağıdaki gibi ifade edilir ve wavelet dilinde *kristal* (*crystal*) olarak adlandırılır:

$$\begin{aligned} s_J &= (s_{J,1}, s_{J,2}, \dots, s_{J,N/2^J})'; \frac{N}{2^J} \text{ tane } s_{J,k} \text{ katsayısı} \\ d_J &= (d_{J,1}, d_{J,2}, \dots, d_{J,N/2^J})'; \frac{N}{2^J} \text{ tane } d_{J,k} \text{ katsayısı} \\ d_{J-1} &= (d_{J-1,1}, d_{J-1,2}, \dots, d_{J-1,N/2^J})'; \frac{N}{2^{J-1}} \text{ tane } d_{J-1,k} \text{ katsayısı} \\ &\vdots \\ d_2 &= (d_{2,1}, d_{2,2}, \dots, d_{2,N/2^2})'; \frac{N}{2^2} \text{ tane } d_{2,k} \text{ katsayısı} \\ d_1 &= (d_{1,1}, d_{1,2}, \dots, d_{1,N/2^1})'; \frac{N}{2^1} \text{ tane } d_{1,k} \text{ katsayısı} \end{aligned} \quad (9)$$

⁵ Zaman serilerinin kesikli wavelet dönüşümünde farklı özelliklere sahip wavelet fonksiyonları (Daubechies wavelet filtreleri: D(4), D(8), LA(8) ve Haar wavelet filtresi) kullanılabilir (detaylı bilgi için bkz. Gençay Selçuk ve Whitcher, 2002: 113-116).

Her bir ölçekteki katsayıların sayısı toplandığında $\frac{N}{2^1} + \frac{N}{2^2} + \dots + \frac{N}{2^{J-1}} + \frac{N}{2^J} + \frac{N}{2^J} = N$ tane wavelet katsayısı elde edilir (Ramsey, 2002: 7).

Grinsted (2004), kesikli wavelet dönüşümünün verideki dalgalanmaları azaltarak veriyle ilgili daha smooth bir görünüm sunduğunu böylece verinin farklı zaman ölçeklerine ayrılan bileşenlerinden yola çıkarak verinin bütünüyle ilgili çıkarım yapılmasını sağladığını ifade etmektedir. *Sürekli wavelet dönüşümünün (continuous wavelet transform, CWT)* ise veriyle ilgili detay özelliklerin ortaya çıkarılmasında daha iyi olduğunu belirtmektedir. Ayrıca sürekli wavelet dönüşümü ilişkili olması beklenen iki zaman serisi arasındaki ilişkilerin incelenmesinde de yaygın olarak kullanılan araçlardan biridir. İki zaman serisine ait sürekli wavelet dönüşümlerinden yararlanarak oluşturulan *çapraz wavelet dönüşümü (cross wavelet transform, XWT)* ve wavelet uyum (WTC) yaklaşımı ile farklı frekanslarda iki zaman serisi arasındaki ilişkinin zamana göre değişimi incelenebilir. Sürekli wavelet dönüşümünün kesikli olana en önemli üstünlüklerinden biri de kesikli wavelet dönüşümünde zaman serisinin kaç zaman ölçeğine ayrıştırılması gerektiği önemli bir sorun iken, sürekli wavelet dönüşümünde veri setindeki gözlem sayısına göre bu ayrıştırmanın doğrudan belirlenmesidir. Bu çalışmada karşılaştırma amacıyla kesikli wavelet dönüşümü uygulamasına da yer vermekle birlikte, son iki önemli krizi kapsayan örneklem dönemi için döviz kuru piyasaları arasındaki ilişkilerin yapısı incelenmek istendiğinden temel olarak wavelet dönüşümünde sürekli wavelet dönüşümü tercih edilecektir.

Bir $y(t) \in L^2(\mathbb{R})$ zaman serisinin sürekli wavelet dönüşümü Aguiar-Conraria (2008), Rua ve Nunes (2009), Vacha ve Barunik (2012), Aloui ve Hkiri (2014)'nin çalışmalarına göre aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$W_y(u, s) = \int_{-\infty}^{+\infty} y(t) \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-u}{s}\right) dt, \quad (10)$$

Burada, $\frac{1}{\sqrt{s}}$ normalizasyon faktörüdür ve wavelet dönüşümünün farklı zaman ölçeklerine göre karşılaştırılabilir olmasını sağlar (Rua ve Nunes, 2009: 633). $\psi(\cdot)$ mother wavelet fonksiyonunun parametreleri olan u parametresi waveletin konumunu belirleyen lokasyon parametresini, s ise ölçek parametresini ifade eder. $\psi(\cdot)$ wavelet fonksiyonunun sağlaması gereken bazı koşullar vardır, bunlardan en önemlisi *kabul edilebilirlik (admissibility) koşuludur*: $C_\psi = \int_0^{+\infty} \frac{|\psi(f)|^2}{f} df < \infty$, burada $\psi(f)$ wavelet fonksiyonunun Fourier dönüşümüdür. Bu koşul waveletin sıfır frekanslı bileşeninin olmadığını ve waveletin ortalamasının sıfır olduğunu ifade eder: $\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t) dt = 0$. Dahası, waveletin birim varyansa sahip olmasını garanti eder: $\int_{-\infty}^{+\infty} \psi^2(t) dt = 1$.

Çok sayıda farklı wavelet fonksiyonu mevcut olmakla birlikte, bunların her birinin kendine özgü özellikleri vardır ve farklı amaçlar için kullanılırlar (detaylı bilgi için bkz. Percival ve Walden, 2002: 499). Bu çalışmada mother wavelet fonksiyonu olarak *Morlet wavelet fonksiyonu* kullanılacaktır: $\psi^M(t) = \frac{1}{\pi^{1/4}} e^{iw_0 t} e^{-t^2/2}$, burada w_0 wavelet'in merkez frekansını ifade eder ve literatürde genellikle $w_0=6$ olarak belirlenir, böylece zaman-frekans uzayındaki optimal denge sağlanmış olur (Aloui ve Hkiri, 2014: 424). Çünkü Morlet wavelet fonksiyonu hem sanal hem de reel kısımlara sahip kompleks wavelet ailesine aittir ve bu özelliği nedeniyle zaman serileri arasındaki ilişkileri farklı zaman ölçeklerine göre hem büyüklük hem de ilişkinin yönü açısından incelememize olanak sağlar (Vacha ve Barunik, 2012: 242).

Sürekli wavelet dönüşümünün önemli bir özelliği zaman serisini farklı zaman ölçeklerine ayırabildiği gibi, bileşenlerine ayrılmış $L^2(R)$ 'de tanımlı zaman serisini yeniden oluşturabilmesidir:

$$y(t) = \frac{1}{c_\psi} \int_0^\infty \left[\int_{-\infty}^{+\infty} W_y(u, s) \psi_{u,s}(t) du \right] \frac{ds}{s^2}, \quad s > 0. \quad (11)$$

Sürekli wavelet dönüşümü her bir zaman ölçeğine ait varyansların toplamının incelenen orijinal zaman serisinin varyansına eşit olduğunu varsayar, sürekli wavelet dönüşümünün bu özelliği *enerji koruma (energy preserving) özelliği* olarak adlandırılır (Berger, 2016: 426). Bu özellik kullanılarak sürekli wavelet dönüşümü ile yeniden oluşturulan zaman serisinin varyansı aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\|y\|^2 = \frac{1}{c_\psi} \int_0^\infty \left[\int_{-\infty}^{+\infty} |W_y(u, s)|^2 du \right] \frac{ds}{s^2}. \quad (12)$$

Bu özellik daha sonra farklı zaman ölçekleri için iki zaman serisi arasındaki *lokal korelasyon katsayısının* büyüklüğünü ölçmeye yardımcı olan wavelet uyum analizinin tanımında da kullanılacaktır.

3.3. Wavelet Uyum Analizi

İki zaman serisi arasındaki ilişkinin farklı frekanslara göre zaman içerisinde nasıl evrildiğini incelemek amacıyla wavelet uyum (WTC) analizi uygulanabilir. Bu çalışmanın amacı da döviz kuru piyasaları arasındaki etkileşimin zaman ve frekans uzayında nasıl değiştiğini incelemektir. Ancak bu analiz için Torrence ve Compo (1998)'nin çalışmasında olduğu gibi *wavelet güç spektrumu (wavelet power spectrum, WPS)* ve çapraz wavelet dönüşümü (XWT) ölçülerinin öncelikle tanımlanması gerekir. Buna göre, WPS farklı frekanslar için bir zaman serisinin varyansının zamana göre nasıl değiştiğini gösterir ve farklı zaman ölçeklerindeki varyansların büyüklüğü gücün büyüklüğü olarak tanımlanır. XWT

ölçüsü her bir zaman ölçeği için iki zaman serisi arasındaki lokal kovaryansın hesaplanmasını sağlayan ölçü olarak tanımlanır ve bu ölçü zaman-frekans uzayında zaman serilerinin ortak varyanslarının yüksek olduğu (*high common power*) alanları belirlemede yardımcı olabilir. Son olarak, WTC analizi ile zaman-frekans uzayında iki zaman serisinin birlikte hareket ettiği ya da etkileşim içinde olduğu tüm bölgeler belirlenebilir. Buna göre, zaman-frekans uzayında iki zaman serisi arasındaki lokal korelasyon katsayısının hesaplanmasını sağlar. Torrence ve Compo (1998), $x(t)$ ve $y(t)$ gibi iki zaman serisi için XWT ölçüsünü eşitlik (13)'te olduğu gibi tanımlamıştır:

$$W_{xy}(u, s) = W_x(u, s) * W_y^*(u, s), \quad (13)$$

Burada $W_x(u, s)$ ve $W_y(u, s)$ sırasıyla, x ve y 'nin sürekli wavelet dönüşümleridir; u , konum ve s , ölçek parametresidir; $*$ sembolü karmaşık sayının eşleniğini (*complex conjugate*) temsil eder.

$x(t)$ ve $y(t)$ gibi iki zaman serisi için WTC ölçüsü eşitlik (14)'te olduğu gibi tanımlanabilir:

$$R(u, s) = \frac{|S(s^{-1}W_{xy}(u, s))|}{S(s^{-1}|W_x(u, s)|^2)^{1/2} * S(s^{-1}|W_y(u, s)|^2)^{1/2}}, \quad (14)$$

Burada, S zaman ölçeklerindeki düzgünleştirme işlemcisini ifade eder. Düzgünleştirme işlemi tüm zaman ölçekleri için gerekli bir işlemdir, bu işlem olmadan wavelet uyum katsayısı (*wavelet coherence coefficient*) olarak adlandırılan $R(u, s)$, her bir zaman ölçeği için 1'e eşit olurdu (Rua ve Nunes, 2009: 634; Vacha ve Barunik, 2012: 243). Bu katsayının karesi alınmış ifadesi eşitlik (15)'te olduğu gibi ifade edilir ve karesi alınmış wavelet uyum katsayısı⁶, 0 ile 1 arasında değerler alır: $0 \leq R^2(u, s) \leq 1$.

$$R^2(u, s) = \frac{|S(s^{-1}W_{xy}(u, s))|^2}{S(s^{-1}|W_x(u, s)|^2) * S(s^{-1}|W_y(u, s)|^2)}, \quad (15)$$

$R^2(u, s)$ 'nin 0'a yakın değerler alması iki zaman serisi arasındaki lokal korelasyonun zayıf olduğunu, 1'e yakın değerler alması ise güçlü olduğunu gösterir (Rua ve Nunes, 2009: 634). Bu katsayının farklı zaman ölçekleri için hesaplanmasıyla birlikte yabancı döviz piyasaları arasındaki ilişkinin doğası incelenebilir. Özellikle belli dönemler (örneğin, kriz dönemleri) için yüksek frekanslardaki önemli bir artış bulaşıcılık etkisinin bir göstergesi olarak değerlendirilirken, düşük frekanslarda da ilişkinin hala güçlü olması piyasalar arasındaki karşılıklı bağımlılığın bir göstergesi olarak yorumlanır.

⁶ Bu katsayının dağılımı henüz bilinmediğinden, istatistiksel anlamlılığının incelenmesinde Monte Carlo simülasyon yöntemleri kullanılır.

3.4. Wavelet Evre Farklılığı Analizi

Evre farklılığı analizi, wavelet uyum analizi için tamamlayıcı bir analiz olup iki zaman serisi arasındaki nedensellik ilişkileri ve ilişkilerin yönü ile ilgili inceleme yapılmasına olanak sağlar. *Karesi alınmış* wavelet uyum katsayısının (*squared wavelet coherence coefficient*) ise, zaman serileri arasındaki ilişkilerin negatif ya da pozitif yönlü olduğuna ilişkin bilgi sağlaması olanaklı değildir. Torrence ve Webster (1999)'in yaklaşımı ile *evre farkı* aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$\varphi_{xy}(u, s) = \tan^{-1} \left(\frac{\Im\{S(s^{-1}W_{xy}(u, s))\}}{\Re\{S(s^{-1}W_{xy}(u, s))\}} \right). \quad (16)$$

Burada, $\Im$ ve $\Re$ düzgünleştirilmiş XWT'nin sırasıyla sanal ve reel kısımlarını göstermektedir. *Evre farkları*, wavelet uyum grafiklerinde *oklar (arrows)* ile gösterilir. Okların yönü zaman serileri arasındaki ilişkilerin yönü ile ilgili bilgiler vermektedir. Buna göre, okların yönünün sağ tarafı göstermesi durumunda zaman serileri arasındaki ilişkinin pozitif yönlü olduğu, okların yönünün sol tarafı göstermesi durumunda ise ilişkinin yönünün negatif olduğu ifade edilir. Okların yönü aynı zamanda zaman serileri arasındaki nedensellik ilişkilerini de incelememize olanak sağlar. Buna göre, yukarı dönük oklar zaman serilerinden ilkinin ikinciye etkilediğini, aşağı dönük oklar ise ikinci zaman serisinin ilk zaman serisini etkilediğini ifade eder. Evre farklılığı analizi ile iki zaman serisi arasındaki ilişkinin farklı frekanslara göre zaman içindeki evrimi tam anlamıyla incelenmiş olur. Bu analizle yabancı döviz piyasaları arasındaki nedensellik ilişkileri ve bu ilişkilerin yönü incelenerek, eğer varsa bulaşıcılık etkisi ya da karşılıklı bağımlılığa ilişkin daha detaylı bilgiler elde edilebilir.

4. Veri Seti ve Tanımlayıcı İstatistikler

Çalışmadaki analizler majör döviz kurları olarak adlandırılan ABD doları karşısındaki Euro (EUR), İsviçre Frangı (CHF), İngiliz Sterlini (GBP), Japon Yeni (JPY), Avustralya Doları (AUD), Kanada Doları (CAD) ve Yeni Zelanda Doları (NZD)'na ait günlük döviz kuru getirileri kullanılarak yapılmıştır. Bloomberg veri tabanından elde edilen döviz kuru fiyat serileri için örneklem dönemi olarak Ocak 3, 2000- Ekim 17, 2019 dönemi seçilmiştir. Örneklem dönemi mümkün olduğunca geniş tutulmaya çalışılıp, tüm döviz kuru fiyat serileri için verilere Ocak 2000'den itibaren ulaşılabilmiştir. Çalışmada döviz kurlarının 1 ABD doları cinsinden fiyat serileri kullanılarak getiri serileri⁷ (CHFUSD, EURUSD, GBPUSD,

⁷ Getiri serileri, günlük döviz kuru fiyat serilerinin logaritmalarının birinci farkının alınmasıyla elde edilmiştir.

JPYUSD, AUDUSD, CADUSD ve NZDUSD) elde edilmiştir. Tablo 1’de incelenen döviz kuru getiri serilerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır. Bu tabloda Jarque-Bera test istatistiklerine ait değerler her bir getiri serisi dağılımının normal dağılıma uymadığını göstermektedir. Tablo 2’de ise, döviz kuru getiri serileri için korelasyon matrisine yer verilmiştir. Bu tabloya göre, GBPUSD ile JPYUSD arasındaki korelasyon katsayısı hariç diğer tüm Pearson korelasyon katsayıları ya da basit korelasyon katsayıları istatistiksel olarak anlamlı olup, en yüksek korelasyon AUDUSD ile CADUSD arasında iken, en düşük korelasyon GBPUSD ile CHFUSD arasındadır.

Tablo 1: Tanımlayıcı İstatistikler

	AUDUSD	CADUSD	CHFUSD	EURUSD	GBPUSD	JPYUSD	NZDUSD
Ortalama	6,46E-06	1,85E-05	8,93E-05	1,68E-05	-4,67E-05	-1,33E-05	3,64E-05
Medyan	0,0002	0,0000	-8,92E-05	8,42E-05	5,95E-05	0,0000	0,0002
Std, Sapma	0,0078	0,0055	0,0067	0,0059	0,0058	0,0062	0,0080
Çarpıklık	-0,6873	0,1657	1,2506	0,1104	-0,5333	0,2278	-0,3312
Basıklık	14,8431	8,2397	41,7995	5,1716	13,5742	6,8431	7,6366
Jarque-Bera	30579***	5930***	325196***	1025***	24299***	3222***	4719***
Gözlem Sayısı	5163	5163	5163	5163	5163	5163	5163

*** Jarque-Bera test istatistiği sonuçları Normal dağılımın geçerli olduğunu ifade eden sıfır hipotezinin %1 anlamlılık düzeyine göre reddedildiğini ifade etmektedir.

Tablo 2: Korelasyon Matrisi

	AUDUSD	CADUSD	CHFUSD	EURUSD	GBPUSD	JPYUSD	NZDUSD
AUDUSD	1	0,942 (0,00)	0,7939 (0,00)	0,8205 (0,00)	0,2843 (0,00)	0,7519 (0,00)	0,9142 (0,00)
CADUSD	0,942 (0,00)	1	0,6567 (0,00)	0,8813 (0,00)	0,436 (0,00)	0,6975 (0,00)	0,8243 (0,00)
CHFUSD	0,7939 (0,00)	0,6567 (0,00)	1	0,6117 (0,00)	-0,1487 (0,00)	0,5471 (0,00)	0,87 (0,00)
EURUSD	0,8205 (0,00)	0,8813 (0,00)	0,6117 (0,00)	1	0,5634 (0,00)	0,5416 (0,00)	0,7814 (0,00)
GBPUSD	0,2843 (0,00)	0,436 (0,00)	-0,1487 (0,00)	0,5634 (0,00)	1	-0,0021 (0,88)	0,2486 (0,00)
JPYUSD	0,7519 (0,00)	0,6975 (0,00)	0,5471 (0,00)	0,5416 (0,00)	-0,0021 (0,88)	1	0,5171 (0,00)
NZDUSD	0,9142 (0,00)	0,8243 (0,00)	0,87 (0,00)	0,7814 (0,00)	0,2486 (0,00)	0,5171 (0,00)	1

Parantez içindeki değerler Pearson korelasyon katsayılarına ait olasılık değerlerini göstermektedir.

5. Ampirik Bulgular

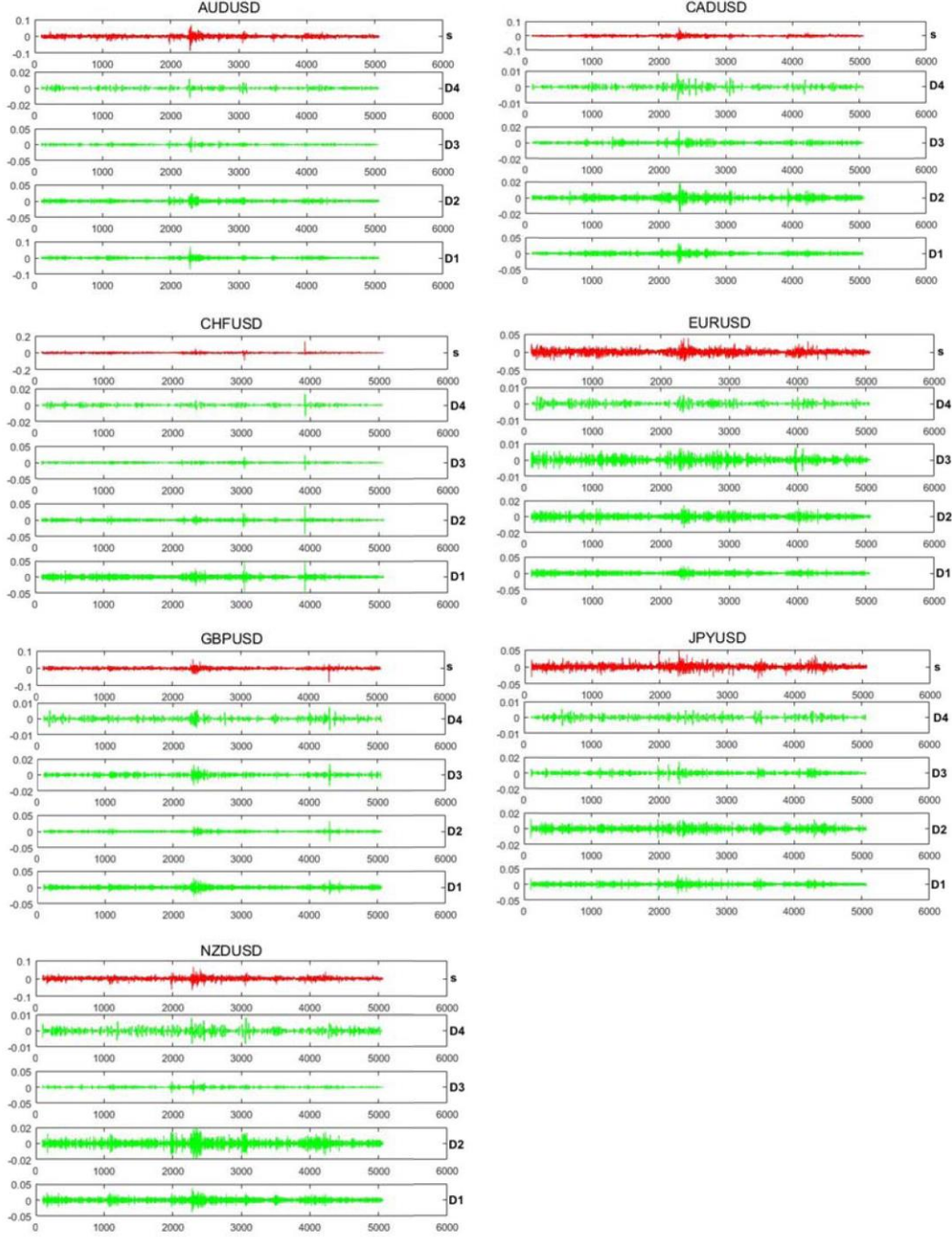
5.1. Kesikli Wavelet Dönüşümü (DWT)

Bu bölümde kesikli wavelet dönüşümü uygulanarak farklı zaman ölçeklerine ayrıştırılan döviz kuru getiri serilerine ilişkin sonuçlara yer verilecektir. Kesikli wavelet dönüşümü için farklı wavelet fonksiyonları (Haar, D(4), D(8), LA(8)) kullanılmıştır, ancak elde edilen sonuçlar farklı wavelet fonksiyon seçimlerine karşı duyarlı olmadığından en temel wavelet fonksiyonu olan Haar wavelet fonksiyonu kullanılarak elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

Farklı zaman ölçeklerine ayrıştırılan döviz kuru getiri serileri arasındaki korelasyonlar hesaplanarak yabancı döviz piyasaları arasındaki etkileşimin derecesinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla, orijinal döviz kuru getiri serileri dört farklı zaman ölçeğine ayrıştırılmıştır: D1, D2, D3 ve D4. Buna göre D1, D2, D3 ve D4 sırasıyla 2-4 günlük, 4-8 günlük (1 haftalık), 8-16 günlük (yarım aylık) ve 16-32 günlük (1 aylık) frekanslarda gerçekleşen şoklardan kaynaklanan değişimleri gösterir. Döviz kurlarındaki değişimler çoğunlukla kısa dönemde gerçekleştiğinden (Gençay vd., 2001: 250; Yang vd., 2016: 11) bu çalışmada döviz kuru getiri serileri dört farklı zaman ölçeğine ayrılmıştır. D1 ve D2, kısa dönemdeki ya da yüksek frekanslardaki değişimleri; D3 ve D4, görece olarak orta vadedeki değişimleri yansıtır. Şekil 1'deki grafikler orijinal döviz kuru getiri serilerinin dört farklı zaman ölçeğine ayrıştırıldığı serilerin (D1-D4) grafiklerini ve orijinal döviz kuru getiri serilerinin (s) grafiğini göstermektedir. Bu grafikler incelendiğinde, CHFUSD haricinde farklı zaman ölçeklerinde döviz kuru getiri serilerindeki önemli değişimlerin küresel finansal krizin gerçekleştiği 2007 yılının sonlarında⁸ yoğunlaştığı görülmektedir.

⁸ Orijinal veri setinde 2086. gözleme karşılık gelmektedir.

Şekil 1: Haar Wavelet Filtresi ile Kesikli Wavelet Dönüşümü



Tablo 3 farklı zaman ölçeklerine ayrıştırılmış döviz kuru getiri serileri arasındaki korelasyon katsayılarını ifade etmektedir. Buna göre, zaman ölçeği arttıkça (daha düşük frekanslara doğru) genel olarak yabancı döviz piyasaları arasındaki ilişkinin derecesi artmaktadır. Bu da günlük döviz kurlarıyla ilgili öngörü yapmanın daha düşük frekanslardaki döviz kurlarının öngörüsüne göre daha zor olduğunun bir göstergesidir. Yatırımcıların uzun dönemde farklı para birimleriyle ilgili beklentileri birbirine yakınsayacağından zaman ölçeği arttıkça döviz kurları arasındaki ilişki de kuvvetlenecektir.

Tablo 3: Farklı Zaman Ölçeklerine Göre Korelasyon Katsayıları

	EURUSD1	EURUSD2	EURUSD3	EURUSD4		EURUSD1	EURUSD2	EURUSD3	EURUSD4
AUDUSD1	0,5814 (0,00)				CADUSD1	0,4996 (0,00)			
AUDUSD2		0,5537 (0,00)			CADUSD2		0,4485 (0,00)		
AUDUSD3			0,5531 (0,00)		CADUSD3			0,4531 (0,00)	
AUDUSD4				0,6577 (0,00)	CADUSD4				0,5038 (0,00)
CHFUSD1	0,6967 (0,00)				GBPUSD1	0,6378 (0,00)			
CHFUSD2		0,6795 (0,00)			GBPUSD2		0,6363 (0,00)		
CHFUSD3			0,6121 (0,00)		GBPUSD3			0,6310 (0,00)	
CHFUSD4				0,7587 (0,00)	GBPUSD4				0,6969 (0,00)
JPYUSD1	0,2966 (0,00)				NZDUSD1	0,5485 (0,00)			
JPYUSD2		0,2169 (0,00)			NZDUSD2		0,5348 (0,00)		
JPYUSD3			0,2843 (0,00)		NZDUSD3			0,5532 (0,00)	
JPYUSD4				0,2268 (0,00)	NZDUSD4				0,5866 (0,00)
	CHFUSD1	CHFUSD2	CHFUSD3	CHFUSD4		CHFUSD1	CHFUSD2	CHFUSD3	CHFUSD4
AUDUSD1	0,3906 (0,00)				CADUSD1	0,3242 (0,00)			
AUDUSD2		0,3399 (0,00)			CADUSD2		0,2714 (0,00)		
AUDUSD3			0,3119 (0,00)		CADUSD3			0,2429 (0,00)	
AUDUSD4				0,5021 (0,00)	CADUSD4				0,3210 (0,00)
GBPUSD1	0,4490 (0,00)				JPYUSD1	0,3729 (0,00)			
GBPUSD2		0,4452 (0,00)			JPYUSD2		0,3436 (0,00)		
GBPUSD3			0,4152 (0,00)		JPYUSD3			0,3196 (0,00)	
GBPUSD4				0,5258 (0,00)	JPYUSD4				0,3342 (0,00)
NZDUSD1	0,3892 (0,00)								
NZDUSD2		0,3707 (0,00)							
NZDUSD3			0,3574 (0,00)						
NZDUSD4				0,4618 (0,00)					

Parantez içindeki değerler korelasyon katsayılarına ait olasılık değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 3: Farklı Zaman Ölçeklerine Göre Korelasyon Katsayıları (Devam)

	GBPUSD1	GBPUSD2	GBPUSD3	GBPUSD4		GBPUSD1	GBPUSD2	GBPUSD3	GBPUSD4
AUDUSD1	0,5025 (0,00)				CADUSD1	0,4292 (0,00)			
AUDUSD2		0,5622 (0,00)			CADUSD2		0,4633 (0,00)		
AUDUSD3			0,5124 (0,00)		CADUSD3			0,4322 (0,00)	
AUDUSD4				0,5678 (0,00)	CADUSD4				0,5232 (0,00)
JPYUSD1	0,1254 (0,00)				NZDUSD1	0,5030 (0,00)			
JPYUSD2		0,0756 (0,00)			NZDUSD2		0,5488 (0,00)		
JPYUSD3			0,1121 (0,00)		NZDUSD3			0,5054 (0,00)	
JPYUSD4				0,0739 (0,00)	NZDUSD4				0,5708 (0,00)
	JPYUSD1	JPYUSD2	JPYUSD3	JPYUSD4		JPYUSD1	JPYUSD2	JPYUSD3	JPYUSD4
AUDUSD1	0,0820 (0,00)				CADUSD1	0,0335 (0,00)			
AUDUSD2		0,0049 (0,72)			CADUSD2		-0,0483 (0,00)		
AUDUSD3			0,0255 (0,08)		CADUSD3			0,0334 (0,02)	
AUDUSD4				0,1322 (0,00)	CADUSD4				0,0007 (0,96)
NZDUSD1	0,1120 (0,00)								
NZDUSD2		0,0622 (0,00)							
NZDUSD3			0,0678 (0,00)						
NZDUSD4				0,1110 (0,00)					
	NZDUSD1	NZDUSD2	NZDUSD3	NZDUSD4		NZDUSD1	NZDUSD2	NZDUSD3	NZDUSD4
AUDUSD1	0,8152 (0,00)				CADUSD1	0,5707 (0,00)			
AUDUSD2		0,8161 (0,00)			CADUSD2		0,6041 (0,00)		
AUDUSD3			0,8181 (0,00)		CADUSD3			0,5873 (0,00)	
AUDUSD4				0,8023 (0,00)	CADUSD4				0,5863 (0,00)
	AUDUSD1	AUDUSD2	AUDUSD3	AUDUSD4					
CADUSD1	0,6371 (0,00)								
CADUSD2		0,6759 (0,00)							
CADUSD3			0,6698 (0,00)						
CADUSD4				0,6615 (0,00)					

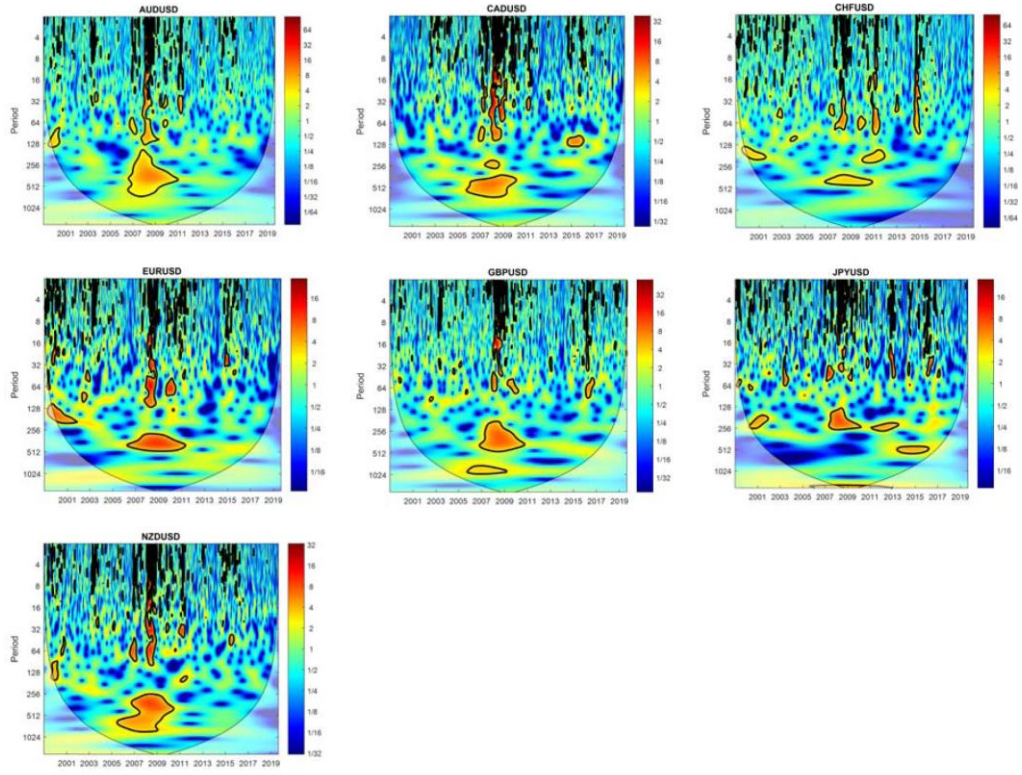
Parantez içindeki değerler korelasyon katsayılarına ait olasılık değerlerini ifade etmektedir.

5.2. Sürekli Wavelet Dönüşümü: WPS, WTC ve Evre Farklılığı Analizleri

5.2.1. WPS Grafiklerinin Yorumu

Şekil 2'deki haritalar her bir döviz kuru getiri serisi için WPS'leri yani döviz kuru getiri varyansı ya da volatilitenin farklı frekanslar için zamana göre nasıl değiştiğini gösterir. Grafiklerde yatay eksen zaman dönemini, sol taraftaki dikey eksen günlük frekansları ve sağ taraftaki dikey eksen varyans ya da volatilité ile ölçülen gücün büyüklüğünü göstermektedir. Sağ taraftaki dikey eksen renk skalası maviden kırmızıya doğru gittikçe volatilitenin ya da varyansın arttığını göstermektedir.

Şekil 2: Wavelet Güç Spektrumu (WPS) Grafikleri



Grafiklerde siyah kontur, Monte Carlo simülasyonlarından elde edilen %5 anlamlılık seviyesini göstermektedir. Huni şeklindeki alanın altında yer alan siyah çizgi ise bir tür sınır etkisini⁹ (edge effect) ifade eder. Şekil 2'deki grafikler incelendiğinde özellikle küresel finansal kriz döneminde AUDUSD, GBPUSD ve NZDUSD için bir yıllık (256 günlük), iki yıllık (512 günlük) ve daha düşük frekanslarda (16-64 günlük) volatilitenin arttığı gözlemlenmektedir. Bununla birlikte, küresel finansal kriz döneminde CADUSD, CHFUSD için iki yıllık (512 günlük) ve daha düşük (16-64 günlük) frekanslarda; EURUSD için yarım yıllık (128 günlük), iki yıllık ve daha düşük (16-64 günlük) frekanslarda önemli değişimler vardır. EURUSD, kriz döneminde diğer döviz kuru getiri serileriyle karşılaştırıldığında en çok değişim gösteren döviz kuru getiri serisidir. Son olarak, JPYUSD küresel finansal kriz dönemi boyunca 1 yıllık (256 günlük) ve daha düşük frekanslarda (32-64 günlük) önemli değişimler göstermektedir. Buna göre elde edilen bulgular, küresel finansal krizin döviz kuru piyasaları üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir. Ancak, Avrupa borç krizi dönemi için JPYUSD hariç incelenen döviz kuru getiri serilerinde farklı frekanslarda genel olarak önemli değişimler gözlemlenmemektedir. Dahası, JPYUSD'nin volatilitesi Avrupa borç krizi dönemi boyunca 1 yıllık frekansta (256 günlük) artış göstermektedir. Her bir döviz kuru getiri serisi için elde edilen WPS grafikleri verilerdeki ilginç özellikler (zaman içerisinde frekansa göre değişen özellikler gibi) ortaya koymada yardımcı olsa da iki zaman serisi arasındaki ilişkilerin zaman içerisinde farklı frekanslara göre değişimini incelemede yetersiz kalmaktadır. WPS grafiklerine göre zaman serilerine ait önemli değişimler aynı dönemde ve frekanslarda meydana gelse bile, bu durum zaman serilerinin birlikte hareket ettikleri anlamına gelmeyebilir. WPS'ye alternatif başka bir araç olan XWT ölçüsü, zaman-frekans uzayında zaman serilerinin ortak varyanslarının *yüksek* olduğu alanları belirlemede yardımcı olabilir.

Ancak, XWT grafikleri döviz kuru getiri serileri arasındaki nedensellik ilişkileri konusunda bilgi vermez. Dahası, ilişkilerin yorumlanmasında yanıltıcı çıkarımlar yapılmasına neden olabilir. Nitekim, iki zaman serisinden biri incelenen dönem için farklı frekanslarda yüksek volatilité gösteriyorsa ve diğeri için böyle bir durum söz konusu değilse, gerçekte

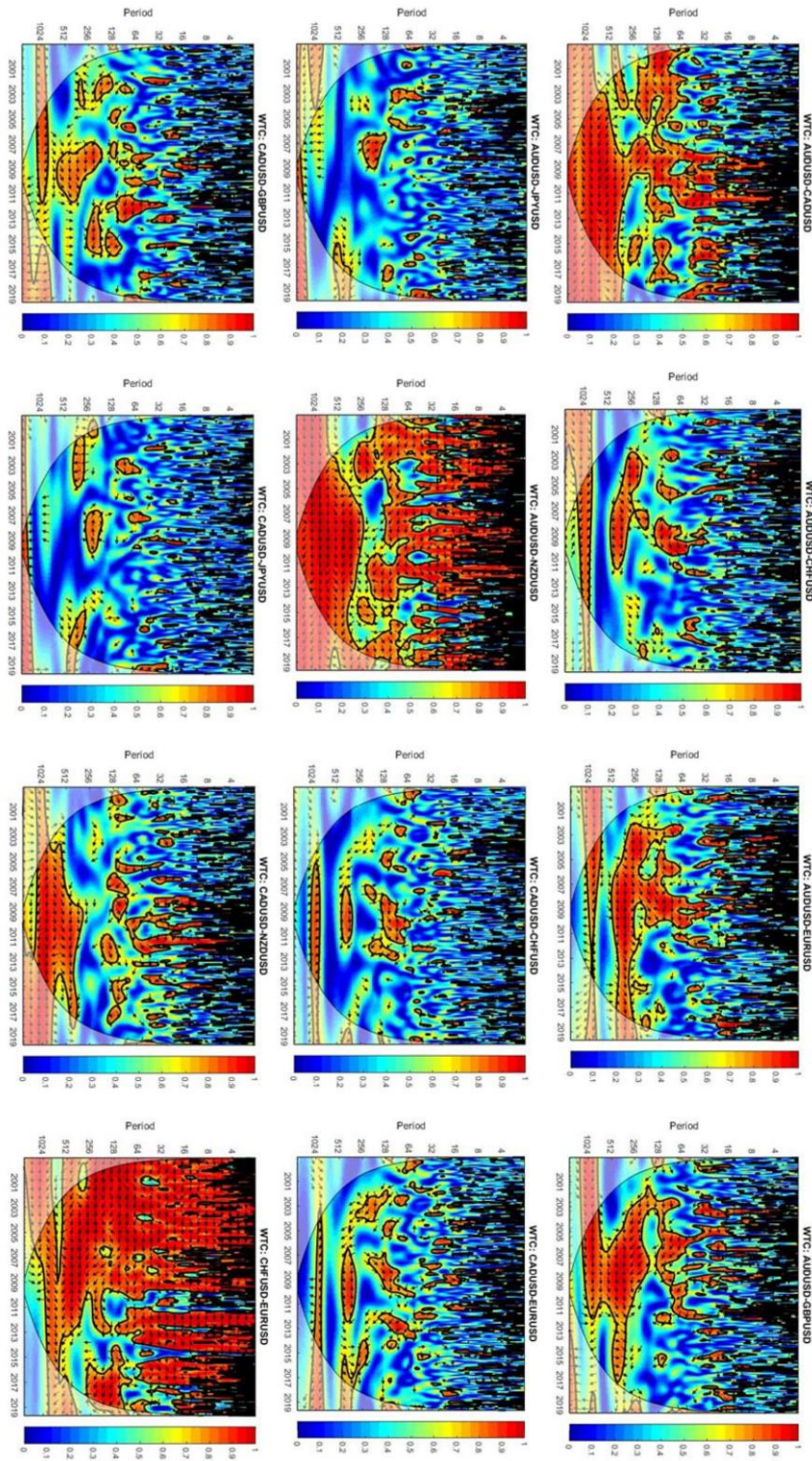
⁹ Sürekli wavelet dönüşümü zaman serilerinin döngüsel olduğunu varsayar, ancak bu varsayım wavelet dönüşümünün sonlu zaman serilerine uygulanması durumunda wavelet güç spektrumu ve wavelet uyum analizlerinde bazı problemlere neden olur. Buna göre dönüşüm uygulanan zaman serilerinin başlangıç ve bitiş değerleri yanlış hesaplanabilir ve bu problemlerden kurtulmak için uygulanan bir yaklaşım dönüşüm uygulanmış serilerin bitiş değerlerine sıfır değerini vermektir. Ancak bu yaklaşımın önemli bir dezavantajı düşük frekanslara ya da daha uzun zaman ölçeklerine doğru seride süreksizliklere neden olmasıdır. Bu yaklaşım aynı zamanda düşük frekanslara doğru varyansın ya da volatilitenin gerçekten azalıp azalmadığıyla ilgili yanılgıya neden olabilir. Varyans gerçekten azalıyor olabilir ya da dönüştürülmüş seriye verilen sıfır değeri nedeniyle de varyans azalabilir. Bu nedenle, huni şeklindeki alanı çevreleyen ince siyah çizgilerin altında kalan bölgeler (cone of influence) yorumlanırken yanlış çıkarımlar yapmamak için çok dikkatli yorumlanmalıdır (Jiang vd., 2015: 255).

ilişkili olmayan iki zaman serisi ilişkililiymiş gibi görünebilir (Tiwari vd., 2013: 472). Bu nedenle, zaman serileri arasındaki ilişkilerin zaman-frekans uzayına göre incelenmesinde XWT ölçüsü tek başına yeterli değildir. XWT'nin bahsedilen dezavantajlarını ortadan kaldırmak ve ilişkinin doğasına ait daha fazla bilgi edinmek amacıyla zaman içerisinde frekanslara göre değişen lokal korelasyon katsayıları üreten WTC analizi ve bu analizin tamamlayıcısı olan evre farklılığı analizi zaman serileri arasındaki nedensellik ilişkilerini belirlemek amacı ile uygulanabilir. WTC analizi ile yabancı döviz piyasaları arasındaki bağlantıların finansal bulaşıcılıktan mı ya da karşılıklı bağımlılık ilişkisinden mi kaynaklandığı belirlenebilecektir. Buna göre yüksek frekanslarda ya da kısa zaman ölçeklerinde kriz dönemlerindeki yüksek lokal korelasyon katsayıları finansal bulaşıcılığın bir göstergesi olarak düşünülebilir. Kriz dönemi öncesi ve sonrasında da düşük frekanslarda ya da uzun zaman ölçeklerindeki yüksek korelasyon katsayıları ise yabancı döviz piyasaları arasındaki karşılıklı bağımlılığın bir kanıtı olabilir (Bodart ve Candelon, 2009: 140-141; Yang vd., 2016: 12). Dahası, evre farklılığı analizi ile varsa finansal bulaşıcılık ya da karşılıklı bağımlılık ilişkisinin yönü belirlenebilecektir.

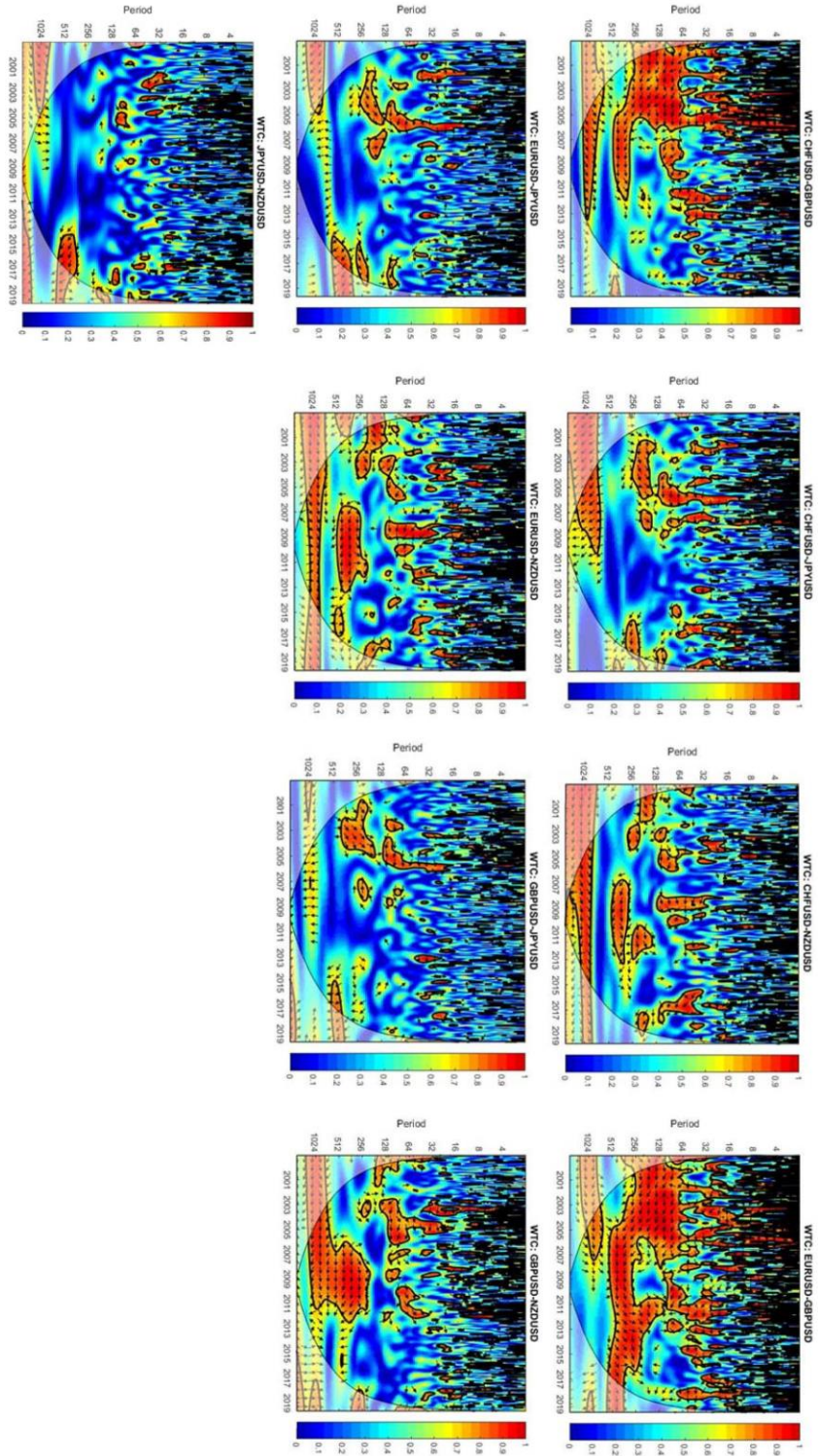
5.2.2. WTC Grafiklerinin Yorumu

Şekil 3'te farklı döviz kuru getiri serisi çiftleri için WTC grafiklerine yer verilmiştir. WTC grafiklerindeki oklar, evre farklılığı analizinin çıktısıdır. Daha önce de belirtildiği gibi okların yönü zaman serileri arasındaki ilişkilerin yönü ile ilgili bilgiler vermektedir. Sağ tarafı gösteren oklar döviz kuru getiri serileri arasındaki ilişkinin pozitif yönlü olduğunu, sol tarafı gösteren oklar ise ilişkinin yönünün negatif olduğunu ifade eder. Okların yönü aynı zamanda döviz kuru getiri serileri arasındaki nedensellik ilişkilerini de incelememize olanak sağlar. Buna göre, yukarıyı gösteren oklar döviz kuru getiri serilerinden ilkinin ikinciye etkilediğini, aşağıyı gösteren oklar ise ikinci döviz kuru getiri serisinin ilkinin etkilediğini ifade eder.

Şekil 3: Wavelet Uyum (WTC) Analizi Grafikleri



Şekil 3: Wavelet Uyum (WTC) Analizi Grafikleri (Devam)



Şekil 3'teki WTC grafiklerinde yatay eksenle incelenen dönem, sol taraftaki dikey eksenle frekanslar ya da zaman ölçekleri sağ taraftaki dikey eksenle ise 0 ile 1 arasında değerler alan karesi alınmış wavelet uyum katsayısına ait değerler yer almaktadır. Sıfıra yakın değerler iki döviz kuru getiri serisi arasındaki lokal korelasyonun zayıf olduğunu, 1'e yakın değerler alması ise güçlü olduğunu gösterir. AUDUSD ve diğer döviz kuru getiri serileri için WTC grafikleri incelendiğinde, AUDUSD-JPYUSD hariç, AUDUSD'nin döviz kuru getiri serileriyle arasında uzun dönemde (üç yıllık zaman ölçeğinde ya da 1024 günlük frekansta) anlamlı ve güçlü ilişki nedeniyle karşılıklı bağımlılık olduğu gözlemlenebilir. Ayrıca, 1-2 yıllık zaman ölçeğinde (256-512 günlük frekansta) yine anlamlı ve güçlü ilişkilerden bahsedilebilir. AUDUSD-CADUSD için küresel finansal kriz döneminde ve Avrupa borç krizi döneminde yüksek frekanslardaki güçlü ilişki nedeniyle finansal bulaşıcılık etkisinin olduğu söylenebilir. AUDUSD-CHFUSD için özellikle küresel finansal kriz döneminde AUDUSD'den kaynaklanan bulaşıcılık etkisi söz konusudur, ancak Avrupa borç krizinin bulaşıcılığı bu döviz kuru çifti için oldukça düşük seviyelerdedir. AUDUSD-EURUSD için Avrupa borç krizine göre küresel finansal krizin bulaşıcılık derecesi oldukça yüksektir. Benzer şekilde AUDUSD-GBPUSD için finansal bulaşıcılığın derecesi küresel finansal kriz döneminde, Avrupa borç krizine göre, yüksek frekanslarda AUDUSD ve GBPUSD arasındaki güçlü ilişki nedeniyle daha yüksektir. Yüksek frekanslardaki okların yönünün genellikle aşağıya doğru olması hem küresel finansal krizin hem de Avrupa borç krizinin GBPUSD'den AUDUSD'ye yayıldığına bir göstergesidir. AUDUSD ve NZDUSD için incelenen dönem boyunca neredeyse tüm frekanslarda güçlü ilişkilerin olması bu iki döviz piyasası arasındaki bütünleşme derecesinin oldukça yüksek olduğunu gösterir. AUDUSD-JPYUSD için özellikle küresel finansal kriz döneminde yarım yıllık ve 1 yıllık zaman ölçeği arasında anlamlı ve güçlü bir ilişki vardır. Bu dönemde okların yönüne göre, ilişkinin negatif olduğu ve etki yönünün AUDUSD'den JPYUSD'ye doğru olduğu söylenebilir, yani küresel finansal kriz AUDUSD'den JPYUSD'ye yayılmış olabilir. İncelenen dönem boyunca AUDUSD-JPYUSD için ilişkilerin genellikle yüksek frekanslarda anlamlı ve güçlü olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle, AUDUSD ve JPYUSD arasında özellikle küresel finansal kriz döneminde finansal bulaşıcılıktan kaynaklanan bir ilişki olduğundan bahsedebiliriz.

CADUSD ve diğer döviz kuru getiri serileri için WTC grafikleri incelendiğinde, CADUSD-JPYUSD hariç, CADUSD'nin döviz kuru getiri serileriyle arasında uzun zaman ölçeğindeki (üç yıllık zaman ölçeğinde ya da 1024 günlük frekansta) anlamlı ve güçlü ilişki nedeniyle karşılıklı bağımlılık olduğu gözlemlenebilir. Ayrıca, 1-2 yıllık zaman ölçeğinde (256-512 günlük frekansta) özellikle küresel finansal kriz dönemini kapsayan dönemde yine anlamlı ve güçlü ilişkilerden bahsedilebilir. CADUSD-GBPUSD için yüksek frekans-

lardaki ilişkinin gücüne göre, Avrupa borç krizi yıllarında bulaşıcılığın derecesinin küresel finansal krizin bulaşıcılığına göre daha yüksek olduğu söylenebilir. CADUSD-JPYUSD için özellikle küresel finansal kriz döneminde (2007-2009) 1 yıllık zaman ölçeğinde (256 günlük) çok güçlü olmasa da anlamlı bir ilişki vardır. Bu dönemde okların yönüne göre, ilişkinin negatif olduğu ve etki yönünün CADUSD'den JPYUSD'ye doğru olduğu söylenebilir. İncelenen dönem boyunca CADUSD-JPYUSD için ilişkilerin genellikle yüksek frekanslarda ya da kısa zaman ölçeklerinde anlamlı ve güçlü olduğu gözlemlenmektedir. Sonuç olarak, CADUSD ve JPYUSD arasında özellikle küresel finansal kriz döneminde finansal bulaşıcılıktan kaynaklanan bir ilişki olduğundan bahsedebiliriz. Avrupa borç krizi yıllarında krizin bulaşıcılık etkisi bu döviz kuru çifti için oldukça önemsiz seviyededir. CADUSD-NZDUSD için hem küresel finansal krizin hem de Avrupa borç krizinin bulaşıcılık derecesinin yüksek olduğunu kısa zaman ölçeklerindeki güçlü ilişkilerden gözlemleyebiliriz.

CHFUSD ve diğer döviz kuru getiri serileri için WTC grafikleri incelendiğinde, CHFUSD ve EURUSD arasında incelenen dönem için neredeyse tüm frekanslarda anlamlı ve çok güçlü ilişkilerin olduğu gözlemlenmektedir. Bu sonuç, her iki döviz piyasası arasındaki bütünleşme derecesinin oldukça yüksek olduğunun bir göstergesidir. CHFUSD-EURUSD için ilişkinin yönü pozitif olup ilişkideki etki yönü frekanslara göre farklılık gösterse de uzun dönemde ya da üç yıllık zaman ölçeğinde CHFUSD'den EURUSD'ye doğrudur. Karşılıklı bağımlılık ilişkisi CHFUSD-GBPUSD ve CHFUSD-NZDUSD için de gözlemlenebilmektedir. CHFUSD-GBPUSD için incelenen dönem boyunca üç yıllık zaman ölçeğinde anlamlı ve güçlü ilişkiler olduğu gözlemlenmektedir. Uzun dönemde ilişkinin yönü pozitif olup, etki yönü CHFUSD'den GBPUSD'ye doğrudur. Ayrıca, küresel finansal krizin ve Avrupa borç krizinin bulaşıcılık etkileri nedeniyle kriz dönemlerine karşılık gelen kısa zaman ölçeklerinde CHFUSD ve GBPUSD için güçlü ilişkiler söz konusudur. Benzer şekilde, CHFUSD-NZDUSD için incelenen dönem boyunca üç yıllık zaman ölçeğinde anlamlı ve güçlü ilişkiler olduğu gözlemlenmektedir. Bu ilişkinin yönü pozitif olup, etki yönü CHFUSD'den NZDUSD'ye doğrudur. Hem küresel finansal kriz döneminde hem de Avrupa borç krizi döneminde kısa zaman ölçeklerindeki güçlü ilişkiler de finansal bulaşıcılığın bir göstergesidir. Ayrıca, finansal bulaşıcılığın derecesinin küresel finansal kriz için daha önemli olduğu söylenebilir. Ancak, CHFUSD-JPYUSD için incelenen dönem boyunca uzun zaman ölçeğinde anlamlı ilişkiden bahsedilemez. Buna göre, küresel finansal kriz dönemini kapsayacak şekilde üç yıllık zaman ölçeğinde anlamlı ve güçlü ilişkiden bahsedilebilir. Bu ilişkinin yönü pozitif ve ilişkideki etki yönü JPYUSD'den CHFUSD'ye doğrudur. Ancak, 2009 yılından sonra, uzun zaman ölçeğinde anlamlı bir ilişki yoktur. Başka bir deyişle, 2009 yılından sonra CHFUSD ve JPYUSD arasında karşılıklı bağımlılık ilişkisi

bulunmamaktadır. Ayrıca, 2008 yılında küresel finansal krize bağlı olarak CHFUSD ve JPYUSD arasında kısa dönemli güçlü ilişki olduğu yani bulaşıcılık etkisinin de olduğu gözlemlenebilir. Avrupa borç krizi döneminde ise, CHFUSD ve JPYUSD arasındaki yüksek frekanslarda ya da kısa zaman ölçeklerindeki ilişkiler, başka bir deyişle bulaşıcılık etkisi oldukça düşük seviyelerdedir.

EURUSD ve diğer döviz kuru getiri serileri için WTC grafikleri incelendiğinde, EURUSD-GBPUSD için sadece 2006-2007 dönemi için üç yıllık ölçekte pozitif yönlü ilişki olduğu söylenebilir. 2007'den sonra EURUSD ve GBPUSD arasında karşılıklı bağımlılık ilişkisinden söz edilemez. Ancak, incelenen dönem boyunca 1-2 yıllık zaman ölçeğinde EURUSD ve GBPUSD arasında güçlü ve pozitif yönlü ilişki vardır. Bu ölçekte, incelenen dönemin başlarında ilişkideki etki yönü GBPUSD'den EURUSD'ye doğru iken, dönemin sonlarına doğru EURUSD'den GBPUSD'ye doğrudur. Hatta Avrupa borç krizinin başlangıç yıllarından itibaren 1-2 yıllık zaman ölçeğindeki ilişkinin etki yönü EURUSD'den GBPUSD'ye doğrudur. İncelenen dönemin başlarında yarım yıllık zaman ölçeğinde pozitif yönlü ve GBPUSD'den EURUSD'ye doğru bir ilişki söz konusudur. Her iki kriz döneminde de yüksek frekanslarda ya da kısa zaman ölçeklerindeki güçlü ilişkiler nedeniyle bulaşıcılık etkisi vardır. EURUSD ve JPYUSD arasında finansal bulaşıcılıktan kaynaklanan bir ilişki olduğu gözlemlenmektedir. Bu bulgular, Yang vd.'nin (2016) çalışmasındaki bulgular ile tutarlıdır. Buna göre Yang vd. (2016), EURUSD-GBPUSD ve EURUSD-JPYUSD arasında küresel finansal kriz ve Avrupa borç krizi dönemleri boyunca finansal bulaşıcılık etkisinin olduğuna dair kanıtlar elde etmişlerdir. Dahası, EURUSD-JPYUSD için yarım yıllık ve bir yıllık zaman ölçeği arasında küresel finansal kriz dönemi için güçlü ve anlamlı bir ilişkiden bahsedilebilir. Burada, ilişkideki etki yönü EURUSD'den JPYUSD'ye doğrudur. Ancak, Avrupa borç krizi yıllarında kısa zaman ölçeğinde (32 günlük frekansta) anlamlı ilişkiler olsa da finansal bulaşıcılık derecesinin güçlü olduğu söylenemez. EURUSD-NZDUSD için uzun zaman ölçeğinde (1024 günlük frekansta) güçlü ilişkiden bahsedilebilir. Bu ilişkinin yönü pozitif olmakla birlikte etki yönü EURUSD'den NZDUSD'ye doğrudur. Sonuç olarak, EURUSD ve NZDUSD arasındaki ilişki karşılıklı bağımlılık olarak tanımlanabilir. Dahası, her iki kriz dönemini de kapsayacak şekilde 1-2 yıllık zaman ölçeğinde güçlü ve pozitif yönlü ilişkiden bahsedilebilir. Küresel finansal kriz döneminde daha yüksek frekanslarda ya da kısa zaman ölçeklerindeki (32-64 günlük) güçlü ilişkiler nedeniyle bulaşıcılık etkisinin olduğu gözlemlenebilir ve okların yönüne göre, bulaşıcılığın etki yönü NZDUSD'den EURUSD'ye doğrudur. Avrupa borç krizi dönemi için de bulaşıcılık etkisi vardır ancak etki derecesi küresel finansal kriz kadar yüksek değildir.

GBPUSD ve diğer döviz kuru getiri serileri için WTC grafikleri incelendiğinde, GBPUSD ve JPYUSD için karşılıklı bağımlılık ilişkisinin olmadığı, kısa zaman ölçeklerindeki anlamlı ilişkiler nedeniyle finansal bulaşıcılıktan kaynaklanan bir ilişki olduğu söylenebilir. Yang vd. (2016) ise, JPYUSD ve GBPUSD arasında karşılıklı bağımlılık ilişkisinin olduğunu, ancak ilişkinin gücünün oldukça düşük olduğuna dair kanıtlar sunmuşlardır. Küresel finansal kriz döneminde finansal bulaşıcılığın derecesi yüksek olmamakla birlikte bulaşıcılıktan kaynaklanan ilişkinin yönü negatiftir. Avrupa borç krizi yıllarında ise bulaşıcılığın derecesi daha güçlü olmakla birlikte ilişkinin yönü pozitiftir. Sonuç olarak, JPYUSD ve NZDUSD arasında sadece finansal bulaşıcılıktan kaynaklanan ilişkilerin olduğu gözlemlenebilir.

GBPUSD ve NZDUSD için incelenen dönemin başından 2011 yılına kadar karşılıklı bağımlılık ilişkisinden bahsedilebilir. Buna göre, üç yıllık zaman ölçeğinde güçlü ve pozitif yönlü GBPUSD-NZDUSD ilişkisinden bahsedilebilir. 2009'un sonlarından 2011'e kadar olan dönemde yüksek frekanslarda güçlü ilişkinin olduğu, ilişkinin yönünün pozitif ve etki yönünün GBPUSD'den NZDUSD'ye doğru olduğu ifade edilebilir. Elde edilen bu bulgu, Avrupa borç krizi yıllarında bulaşıcılık etkisinin olduğunun bir göstergesidir. Avrupa borç krizi kadar olmasa da küresel finansal kriz döneminde de yüksek frekanslardaki ilişkiler nedeniyle bulaşıcılığın etkisinden bahsedilebilir, ancak etki derecesinin yüksek olmadığı söylenebilir.

Son olarak, JPYUSD-NZDUSD için elde edilen WTC grafiğine göre karşılıklı bağımlılıktan kaynaklanan bir ilişkinin olmadığı hatta kriz dönemlerinde kısa zaman ölçeklerindeki ilişkilerin güçlü olmaması nedeniyle bulaşıcılık etkileri olsa da derecesinin oldukça düşük olduğu söylenebilir. Bu grafikte en dikkat çekici bulgu ise, 2014 yılı ve sonrasında iki yıllık zaman ölçeğindeki pozitif yönlü ve güçlü ilişkidir. İki yıllık zaman ölçeğindeki ilişkinin etki yönünün ise, okların yönüne göre NZDUSD'den JPYUSD'ye doğru olduğu söylenebilir.

6. Bulguların Tartışılması

Sürekli wavelet dönüşümüne bağlı olarak yapılan WTC ve evre farklılığı analizi yabancı döviz piyasaları arasındaki ilişkilerin doğasını anlamaya yönelik daha net bilgiler vermektedir. Bu analizlere göre piyasalar arasındaki ilişkileri tanımlarken, karşılıklı bağımlılık ve finansal bulaşıcılık arasındaki ayrım yapılmakta ve hangi tür ilişki olursa olsun ilişkinin yönü, gücü ve ilişkideki etki yönü konusunda bilgi sahibi olunmaktadır. WTC analizine ilişkin bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, incelenen majör döviz kuru çiftleri için hem uzun dönemli ilişkilerden hem de kriz dönemlerinde bulaşıcılık olarak ta-

nımlanan kısa dönemli güçlü ilişkilerden bahsedilebilir. Özellikle, birçok döviz kuru çifti için küresel finansal kriz döneminde Avrupa borç krizine göre bulaşıcılık derecesinin daha yüksek olduğu söylenebilir. Ancak, Japon Yeni ile diğer döviz kuru getiri serileri için WTC grafikleri incelendiğinde ilişkilerin karşılıklı bağımlılıktan değil de kriz dönemlerindeki finansal bulaşıcılık etkisinden kaynaklandığı gözlemlenmektedir. Japonya'nın döviz piyasası ile diğer yabancı döviz piyasaları arasında genellikle küresel finansal krizden kaynaklanan kısa dönemli ilişkiler söz konusudur. Bu durum, Japonya'nın döviz piyasası ile diğer yabancı döviz piyasaları arasındaki entegrasyonun oldukça düşük olduğunu gösterir. Japon Yeni'nin farklı zaman ölçeklerinde en fazla ilişkili olduğu döviz kuru ise İsviçre Frangı'dır. Bunda, her iki para biriminin de diğerlerine göre daha istikrarlı olarak görülmesinin etkisi olabilir.

Yabancı döviz kuru piyasaları arasında entegrasyonu en yüksek olan döviz piyasaları İsviçre Frangı ve Euro döviz piyasalarıdır. İsviçre'nin bir Avrupa ülkesi olması ve sadece Avrupa Birliği ile sınırının olması bu entegrasyonun önemli bir nedeni olabilir. Bu nedenle, İsviçre Avrupa Birliği'ne (AB) üye olmamasına rağmen AB ile yakın ekonomik ilişkileri mevcuttur. Avustralya ve Yeni Zelanda ile Avustralya ve Kanada döviz piyasaları için de entegrasyonun oldukça yüksek olduğu söylenebilir. Bunda, Avustralya'nın en önemli ticaret partnerleri arasında Yeni Zelanda ve Kanada'nın olması etkili olabilir. Avustralya-Yeni Zelanda arasındaki ticaret anlaşmalarının dünyadaki en geniş ve en kapsamlı ticaret anlaşmalarından biri olduğu bilinmektedir. Diğer taraftan, Avustralya'nın Kanada ile olan ticareti oldukça güçlü ve çeşitlidir. 2014 yılından sonra Yeni Zelanda ve Japonya arasındaki ilişkilerin orta vadede güçlenmesi, 2014 yılında uzun zaman sonra ilk kez Japonya Başbakanı'nın Yeni Zelanda'yı ziyaret etmesi ile ilişkili olabilir. Bu görüşmede Japonya'nın Asya-Pasifik Bölgesi'ndeki stratejik ortağı olan Yeni Zelanda ile Japonya arasında ekonomi, güvenlik, savunma, seyahat gibi uluslararası ilişkileri ilgilendiren konularda anlaşmalar yapılmıştır.

7. Sonuç

Yabancı döviz piyasaları arasındaki ilişkilerin yapısını belirlemek özellikle piyasalarda dalgalanmaların yüksek olduğu dönemlerde optimal portföylerin seçiminde önemlidir. Finansal piyasalar arasındaki ilişkilerin geçici olması ya da uzun dönemli olması noktasındaki ayırım yatırımcıların optimal portföy seçiminde uygun stratejiler belirlemede ve politikacıların kriz dönemlerinde riskten kaçınmak için güvenilir ve etkin politikalar geliştirmesine yardımcı olabilir.

Bu çalışmada zaman-frekans uzayında yabancı döviz piyasaları arasındaki ilişkilerin nasıl değiştiği incelenmektedir. Wavelet uyum analizi ile frekanslara bağlı olarak döviz piyasaları arasındaki finansal bulaşıcılıktan ya da karşılıklı bağımlılıktan kaynaklanan ilişkiler belirlenmiştir. Buna göre kısa zaman ölçeklerindeki ya da yüksek frekanslardaki güçlü ilişkiler finansal bulaşıcılık ve uzun zaman ölçeklerindeki ya da düşük frekanslardaki güçlü ilişkiler karşılıklı bağımlılık ile ilişkilendirilmiştir. Küresel finansal kriz dönemi boyunca Japon Yeni ve Yeni Zelanda doları haricinde tüm döviz kuru çiftleri için finansal bulaşıcılık olduğuna dair bulgular elde edilmiştir. Benzer şekilde, Avrupa borç krizi dönemi boyunca Japon Yeni ile diğer majör döviz kurları için elde edilen ilişkiler dışındaki döviz kuru çiftleri için finansal bulaşıcılık olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Özellikle, Japon Yeni ve Yeni Zelanda doları arasında finansal bulaşıcılık olduğuna dair kanıtlar yeterince güçlü değildir. Avustralya Doları-Kanada Doları, Avustralya Doları-Yeni Zelanda Doları ve İsviçre Frangı-Euro döviz kuru çiftleri için neredeyse tüm zaman ölçeklerinde ya da frekanslarda güçlü ilişkiler vardır. Başka bir deyişle, hem kısa zaman ölçeklerinde hem de uzun zaman ölçeklerindeki ilişkiler bahsedilen döviz kuru çiftleri için oldukça güçlüdür. Japon Yeni ile İsviçre Frangı hariç, Japon Yeni ve diğer majör döviz kurları arasında karşılıklı bağımlılığın olmadığı gözlemlenmiştir. Ancak diğer majör döviz kuru çiftleri için güçlü derecede karşılıklı bağımlılık olarak tanımlanabilecek ilişkilerin olduğu söylenebilir. Avustralya Doları-İsviçre Frangı, Kanada Doları-Sterlin, Sterlin-Yeni Zelanda Doları, İsviçre Frangı-Japon Yeni için 2011 yılından sonra karşılıklı bağımlılık ilişkileri kaybolmaktadır. Yabancı döviz piyasaları arasında karşılıklı bağımlılık ilişkisinin ya da orta vadede ilişkilerin oluşmasında ve güçlenmesinde ülkeler arasındaki yerel faktörler olarak adlandırılacak politik ve ticari gelişmeler de önemli bir rol oynamaktadır. Çalışmada elde edilen bulgulardan, 2014 yılından sonra Yeni Zelanda ve Japon Yeni arasında orta ölçekte ilişkinin güçlenmesi bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Karşılıklı bağımlılık ilişkisinin güçlü olduğu majör döviz kurları için faiz oranı paritesi, uzun dönemde döviz kurlarının öngörüsünde yardımcı olabilir. Bu da hem döviz kuru değişimlerinden kaynaklanan risklere karşı koruma sağlar hem de *carry trade* stratejisinin uygulanabilmesine olanak sağlayabilir. Sadece uzun zaman ölçeklerinde değil, wavelet analizinin farklı zaman ölçeklerine ya da frekanslara göre değişen ilişkileri bütün bir resim olarak sunması yatırımcılar için farklı para birimlerine karşı riski çeşitlendirmede ve optimal portföy oluşturmada yardımcı olur. Dahası, evre farklılığı analizinden elde edilen bulgular uluslararası sermaye (fon) akımlarının yönü hakkında bilgi vermektedir. Bu da uluslararası yatırımcıların yatırım stratejilerini belirlemede yardımcı olmaktadır.

Kaynakça

- ADA, Ayşe A., Sibel ÇELİK ve Yasemin D. KOÇ; (2019), “Testing for financial contagion: New evidence from the European debt crisis”, *Panoeconomicus*, 66(5), pp.611-632.
- AGUIAR-CONRARIA, Luis, Nuno AZEVEDO ve Maria J. SOARES; (2008), “Using wavelets to decompose the time–frequency effects of monetary policy”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(12), pp. 2863-2878.
- ALOUI, Chaker ve Bisma HKIRI; (2014), “Co-movements of GCC emerging stock markets: New evidence from wavelet coherence analysis”, *Economic Modelling*, 36, pp. 421-431.
- BAIG, Taimur ve Ilan GOLDFAJN; (1999), “Financial market contagion in the Asian crisis”, *IMF Staff Papers*, 46(2), pp. 167-195.
- BERGER, Theo; (2016), “Forecasting based on decomposed financial return series: A wavelet analysis”, *Journal of Forecasting*, 35(5), pp. 419-433.
- BODART, Vincent ve Bertrand CANDELON; (2009), “Evidence of interdependence and contagion using a frequency domain framework”, *Emerging Markets Review*, 10(2), pp. 140-150.
- BUDAK, Zeynep H.; (2017), “Finansal bulaşma üzerine bir literatür incelemesi”, *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 39(2), pp. 451-472.
- CAPPIELLO, Lorenzo, Robert F. ENGLE ve Kevin SHEPPARD; (2006), “Asymmetric dynamics in the correlations of global equity and bond returns”, *Journal of Financial Econometrics*, 4(4), pp. 537-572.
- CROWLEY, Patrick M.; (2007), “A guide to wavelets for economists”, *Journal of Economic Surveys*, 21(2), pp. 207-267.
- DIAS, Alexandra ve Paul EMBRECHTS; (2010), “Modeling exchange rate dependence dynamics at different time horizons”, *Journal of International Money and Finance*, 29(8), pp. 1687-1705.
- DORNBUSCH, Rudiger, Yung C. PARK ve Stijn CLAESSENS; (2000), “Contagion: How it spreads and how it can be stopped”, *World Bank Research Observer*, 15(2), pp. 177-197.
- EICHENGREEN, Barry ve Charles WYPLOSZ; (1996), “Contagious currency crises: First tests”, *The Scandinavian Journal of Economics*, 98(4), pp. 463-484.
- ENGLE, Robert; (2002), “Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models”, *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), pp. 339-350.

- ENGLE, Robert F., Takatoshi ITO ve Wen-Ling LIN; (1990), "Meteor showers or heat waves? Heteroskedastic intra-daily volatility in the foreign exchange market", *Econometrica*, 58(3), pp. 525-542.
- FORBES, Kristin J. ve Roberto RIGOBON; (2002), "No contagion, only interdependence: measuring stock market comovements", *The Journal of Finance*, 57(5), pp. 2223-2261.
- GALLEGATI, Marco; (2012), "A wavelet-based approach to test for financial market contagion", *Computational Statistics & Data Analysis*, 56(11), pp. 3491-3497.
- GENÇAY, Ramazan, Faruk SELÇUK ve Branson WHITCHER; (2002), *An introduction to wavelets and other filtering methods in finance and economics*, Academic Press, USA.
- GENÇAY, Ramazan, Faruk SELÇUK ve Branson WHITCHER; (2001), "Scaling properties of foreign exchange volatility", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 289(1-2), pp. 249-266.
- GLICK, Reuven ve Andrew K. Rose; (1999), "Contagion and trade: Why are currency crises regional?", *Journal of International Money and Finance*, 18(4), pp. 603-617.
- GRINSTED, Aslak, John Carrick MOORE ve Svetlana JEVREJEVA; (2004), "Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series", *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11, pp. 561-566.
- JIANG, Chun, Tsangyao CHANG ve Xiao-Lin Lİ; (2015), "Money growth and inflation in China: New evidence from a wavelet analysis", *International Review of Economics & Finance*, 35, pp. 249-261.
- NIKKINEN, Jussi, Seppo PYNNÖNEN, Mikko RANTA ve Sami VÄHÄMAA; (2011), "Cross - dynamics of exchange rate expectations: A wavelet analysis", *International Journal of Finance & Economics*, 16(3), pp. 205-217.
- ORLOV, Alexei G.; (2009), "A cospectral analysis of exchange rate comovements during Asian financial crisis", *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 19(5), pp. 742-758.
- PATTON, Andrew J.; (2006), "Modelling asymmetric exchange rate dependence", *International Economic Review*, 47(2), pp. 527-556.
- PERCIVAL, Donald W. ve Andrew T. WALDEN; (2002), *Wavelet methods for time series analysis*, Cambridge University Press, New York, USA.
- PÉREZ-RODRÍGUEZ, Jorge V.; (2006), "The euro and other major currencies floating against the US dollar", *Atlantic Economic Journal*, 34(4), pp. 367-384.
- RAMSEY, James B. (2002). Wavelets in economics and finance: Past and future. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 6(3), pp. 1-27.

- RUA, António ve Luís NUNES; (2009). International comovement of stock market returns: A wavelet analysis. *Journal of Empirical Finance*, 16(4), pp. 632-639.
- SCHLEICHER, Christoph; (2002), “An introduction to wavelets for economists”, *Staff Working Papers*, No. 02-3, Bank of Canada.
- TAMAKOSHI, Go, ve Shigeyuki HAMORI; (2014), “Co-movements among major European exchange rates: A multivariate time-varying asymmetric approach”, *International Review of Economics & Finance*, 31, pp. 105-113.
- TIWARI, Aviral K., Arif B. DAR ve Niyati BHANJA; (2013), “Oil price and exchange rates: A wavelet based analysis for India”, *Economic Modelling*, 31, pp. 414-422.
- TORRENCE, Christopher ve Gilbert P. COMPO; (1998), “A practical guide to wavelet analysis”, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1), pp. 61-78.
- TORRENCE, Christopher ve Peter J. WEBSTER; (1999), “Interdecadal changes in the ENSO–monsoon system”, *Journal of Climate*, 12(8), pp. 2679-2690.
- UYAR, Umut; (2019), “Sistematik risk davranışında yatırım döngüsü: Wavelet analizi”, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 37(1), pp. 135-168.
- VACHA, Lukas ve Jozef BARUNIK; (2012), “Co-movement of energy commodities revisited: Evidence from wavelet coherence analysis”, *Energy Economics*, 34(1), pp. 241-247.
- YANG, Lu, Xiaojing CAI, Huimin ZHANG ve Shigeyuki HAMORI; (2016), “Interdependence of foreign exchange markets: A wavelet coherence analysis”, *Economic Modelling*, 55, pp. 6-14.