

KONUT FİYATLARINDA SERMAYE PİYASASININ ETKİLERİ: DİNAMİK NEDENSELLİK İLE TÜRKİYE ÜZERİNE BİR İNCELEME

Effect Mechanisms of Capital Markets on Housing Prices through Dynamic Causality: The Case of Turkey

Erdost TORUN* & Erhan DEMİRELİ**

Öz

Konut piyasaları ve borsalar, servetin önemli bileşenlerinden olmaları nedeniyle sözkonusu piyasalarda meydana gelen dalgalanmalar ekonomik büyümeyi etkileyerek sosyo-ekonomik değişimlere neden olmaktadır. Sözkonusu nedensellik ilişkilerinin zamana bağlı değişiminin incelenmesi, piyasalar arası bilgi akışının doğasının anlaşılması açısından yararlı bilgiler sunması nedeniyle yatırımcı ve politika yapımcılar için zorunluluk halini almıştır. Çalışmanın temel amacı, zamana bağlı değişen nedensellik testlerinin kullanılmasını öngören ampirik yaklaşım aracılığıyla konut fiyatları ve borsa endeksi arasındaki zamana dayalı nedensellik etkisinin zamana ve zaman skalasına göre değişiminin ortaya çıkarılarak ilgili ilişkiye ait teorilerin geçerliliğine dair kanıt bulmak ve sözkonusu teorilerin geçerli olabileceği zaman ve frekans dönemlerini incelemektir. Çalışmada durağan olmayan verilerin analizine izin veren CWTC (Continuous Wavelet Transformation Based Granger Causality Test) ve SPH (Shi – Hurn – Phillips (2020) test) testleri kullanılarak, konut piyasası ve borsa endeksi arasındaki nedenselliğin zamana bağlı değiştiği ve zaman skalasına göre değişen dinamiklere sahip olduğuna ilişkin kanıtlar bulunmuştur. Bununla birlikte ilgili piyasalarda yapısal kırılmalar meydana geldiğine dair kanıt elde edilmiştir. Nedensellik örüntüsündeki değişimlerin olduğu dönemlerin incelenmesi sonucunda; büyüme modeli, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) faiz politikası, Amerikan Merkez Bankası (FED) faiz politikası, jeopolitik riskler ve pandemi sürecinin olduğu dönemlerde nedensellik tespit edilmiştir.

Abstract

Fluctuations in housing and stock markets affect economic growth, thus causing socio-economic changes in economies. In this context, examining the temporal variations of causality relations in these markets has become a necessity for investors and policymakers, as it provides useful insights in terms of understanding the nature of the inter-market information flows. The main purpose of this study is to reveal the time-based and scale-based causality information flow between housing price and stock market index, and to find evidence for both whether and when theories regarding the relationship between housing and stock markets are valid empirically by using the empirical approach proposing the use of SPH and CWTC tests. Through using the CWTC (Continuous Wavelet Transformation Based Granger Causality Test) and SPH, which allow for the analysis of non-stationary data directly, evidence that the causality between the housing and stock markets varies over time and has dynamics varying based on the time scale is found in this study. Moreover, results indicate that structural changes exist in the causality relationship. The growth model, Central Bank of Turkey (CBT) interest rate policy, Federal Reserve Bank (FED) interest policy, geopolitics risk factors and pandemics are possible factors affecting the causality relationship.

Anahtar

Kelimeler:

Nedensellik
Testi, Durağan
Olmayan Veri
Analizi,
Konut Piyasası,
Borsa Endeksi,
Dalgacık Analizi,
LA-VAR.

JEL Kodları:

R2, R21, R30,
R31.

Keywords:

Causality Test,
Non-stationary
Data Analysis,
Housing Market,
Stock Market
Index,
Wavelet
Analysis,
LA-VAR.

JEL Codes:

R2, R21, R30,
R31.

* Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Türkiye. erdost.torun@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-946-2813

** Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Türkiye. erhan.demireli@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3457-0699

Makale Geliş Tarihi (Received Date): 21.04.2022 Makale Kabul Tarihi (Accepted Date): 29.06.2022

Bu eser Creative Commons Atıf-Gayri Ticari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.



1. Giriş

Konut piyasaları ve borsalar, servetin önemli temel bileşenlerinden olmaları nedeniyle söz konusu piyasalarda meydana gelen dalgalanmalar ekonomik büyümeyi etkileyerek sosyo - ekonomik değişimlere neden olmaktadır. Dolayısıyla söz konusu piyasalardaki ilişki örüntüsü hane halkı ve işletmelerin ekonomik durumları açısından kritik öneme sahiptir.

Konut piyasaları ve borsa endeksleri arasındaki ilişki yerel ekonomileri etkilediği kadar gelişmiş ekonomileri de etkileyerek küresel çapta etkiler meydana getirebilmektedir. Örneğin ABD konjonktür dalgalanmalarında görülen yükseliş ve düşüşlerde konut sektörü önemli bir rol oynamaktadır. Büyük resesyon ve finansal kriz döneminde, tüm ekonomiyi etkileyen konut balonu ve ardından meydana gelen borsa çöküşü ABD ve diğer ekonomilerde büyük kayıplara neden olmuştur (Li vd., 2015). Ayrıca söz konusu piyasalar arasındaki ilişki, yatırımcı ve politika yapıcılar açısından yararlı bilgiler sunmaktadır. Örneğin geçtiğimiz yıllarda Çin ekonomisinde meydana gelen hızlı büyüme konut fiyatlarında ve borsa endekslerinde hızlı yükselişi beraberinde getirmiştir. Bununla birlikte birçok yatırımcı borsada büyük kayıplar yaşamış ve konut piyasasındaki hızlı yükselişten yararlanma fırsatını kaçırmıştır. Yatırımcıların söz konusu piyasalar arasındaki ilişkiye, olası risklere dair derin bilgiye ve etkin yatırım stratejilerine sahip olmamaları büyük kayıpların nedenleri arasındadır. Ayrıca konut ve borsanın yatırım alternatifleri olması sebebiyle söz konusu piyasalar arasındaki dinamik ilişkinin varlığı politika açısından da önem arz etmektedir. Söz konusu piyasalar arasındaki güçlü bir ilişki hükümetlerin piyasalara müdahalelerinin gerekliliği ve başarısı açısından güçlü sonuçlar doğurmaktadır (Li vd., 2017).

Konut piyasası ve borsaların ekonominin önemli bileşenlerinden olmaları nedeniyle söz konusu piyasalar arasındaki ilişkiye dair teorik yapı ekonomi literatüründe oluşturulmaya çalışılmıştır. Finans bilimine göre, hisse senedi ve konut piyasaları arasındaki nedensellik örüntüsünün doğası ve yönünü açıklamaya çalışan üç temel teorik etki mekanizması bulunmaktadır. Servet etkisi (wealth effect), konutun tüketim malı olduğu varsayımına dayanarak hisse senedi piyasasında meydana gelen artışların, hisse senetlerinin beklenmeyen getirilerinde artışa neden olarak gayrimenkul tüketimini dolayısıyla fiyatlarını artırdığını ileri sürmektedir. Kredi – fiyat etkisi (Credit-price effect), gayrimenkul piyasasındaki fiyat artışlarının hisse senedi piyasasında fiyat artışlarına yol açacağı hipotezine dayanır. Modern portföy teorisine dayanan ikame etkisi (substitution effect) ise portföyü oluşturan finansal varlıkların piyasa değerlerinde meydana gelen değişimler neticesinde portföydeki varlıkların ağırlıklarının yeniden düzenlenmesi sonucunda finansal varlıkların birbirini etkilediklerini savunmaktadır.

Konut piyasası ve borsa endeksi arasındaki ilişkiyi oluşturan bilgi akışı; son yıllarda geliştirilen nedensellik testleri kullanılarak analiz edilmiştir. Granger nedensellik konseptinin nedenselliğe dayalı bilgi akışının tespitinde sosyal ve beşeri bilimlerde yaygın olarak kullanılmasının iki ana nedeni konseptin yapısal modelleme sürecinden ve değişkenlerin bağımlı - bağımsız değişken olarak belirlenmesi zorunluluğundan bağımsız olmasıdır (Shi vd., 2020).

Deterministik ya da stokastik trendin varlığı nedensellik test sürecini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Eichenbaum ve Singleton (1986) nedensellik test sürecinin, verinin sahip olduğu trend bileşeninden ayrıştırılması durumunda daha duyarlı olduğunu; buna karşın verinin birinci farkı alınarak VAR (vektör otoregresif) modelinin tahmininde kullanıldığında ise daha az

duyarlı hale geldiğini gözlemlenmiştir. Sims (1987) belirgin trend bileşeni içeren VAR modellerinin doğaları itibariyle güvenilir olarak kabul edilmesi gerektiği; buna karşın istatistiksel olarak anlamlı deterministik trendin model belirtim probleminin işareti olarak dikkate alınması ve bu problemin trend bileşeninin ayrıştırılması halinde görmezden gelinebileceği sonucuna varmıştır. Christiano ve Ljungqvist (1988) ise geleneksel Granger nedensellik test sürecinden önce verinin farkının alınmasının, test sürecinin gücünün azalması sebebiyle model belirtim hatasına yol açtığını belirtmiştir. Stock ve Watson (1989) nedensellik test sürecinin birim kök ve zaman bağlı trend bileşen varlıklarına karşı duyarlı olduğunu belirtmiş ancak zamana bağlı trendin ayrıştırılmasının daha güvenilir tahmin sürecine yol açacağını savunmuşlardır. Tüm bu tartışmalara rağmen, nedensellik test süreci için kesin bir veri belirtim kuralı geliştirilmemiştir. Shi vd. (2020) literatürdeki çelişkili bulguları dikkate alarak nedensellik ilişkisinin incelenen örneklem periyoduna duyarlı olduğu sonucuna varmış ve nedensellik test sürecinde trend bileşeninden ayrışma ya da fark alma süreçlerinden muaf olarak bu olgulardan etkilenmeyen metotların kullanılmasını önermiştir. Ayrıca VAR model sonuçlarının kullanılan gecikme sayısına duyarlı olduğu bilinen bir gerçektir. Dolayısıyla trend ayrıştırma süreci, birim kök varlığı ve modelde kullanılacak gecikme değeri kesin olarak belirlenememesi olguları özellikle geleneksel VAR temelli güvenilir nedensellik test yaklaşımlarının geliştirilmesi için çözülmesi gereken kritik sorunlar arasındadır.

Shi vd. (2020) nedensellik ilişkisindeki zamana bağlı değişimleri tespit etmek amacıyla modifiye edilmiş Wald testlerini temel alan üç algoritma (kısaca SHP) geliştirmiştir. Parametrik SHP testleri, nedensellik ilişkisinde meydana gelen değişikliklerin tespitine imkan verirken test sürecinden önce trend bileşeninden ayrışma ya da verinin farkını alma gibi zorunluluklara da ihtiyaç duymamaktadır. Ayrıca, SHP testleri gecikme artırımlı vektör otoregresyon modelini (LA-VAR) kullanması nedeniyle incelenen veri setleri arasındaki entegrasyon yapısına karşı dayanıklıdır. Dolayısıyla, SHP testleri zaman serileri arasındaki koentegrasyon ya da birim kök varlığına ilişkin önsel bir bilgi ihtiyacı olmadan kullanılabilir. Vektör Hata Düzeltim Modeli (VECM) modelinin aksine, LA-VAR modeli önsel olarak koentegrasyon test sürecini gerektirmemesi nedeniyle sorunlu parametre bağımlılığı ya da standart olmayan limit teorisinden etkilenmemektedir. Dolayısıyla SHP testleri zamana bağlı trend içeren ve olası entegrasyon ilişkisine sahip veriler arasındaki nedensellik ilişkisinin zamana bağlı değişiminin analizinde kullanılabilir.

Öte yandan durağan olmayan verilerin nedensellik analizinde kullanılan diğer yöntemler dalgacık fonksiyonunu temel alan yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır. Dalgacık fonksiyonu, temel olarak belirli bir zaman aralığında kısa süreli ve şiddeti önce artıp sonra azalan küçük bir dalga fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Verilerin birinci farkının alınması durumunda uzun dönemli etkinin yok olmasına rağmen, dalgacık analizi ile veri seti doğrudan analiz edilerek trend, dönemsel ve rassal değişiklikler içeren bileşenlerine ayrılabilen ve söz konusu bileşenlerdeki değişimler zamana ve frekans boyutuna bağlı olarak incelenebilmektedir (Altarturi vd., 2016). CWTC'nin diğer testlere göre önemli avantajları bulunmaktadır: CWTC, sürekli dalgacık dönüşümünü kullanması nedeniyle nedensellik ilişkisindeki frekans boyutunun yanında zaman boyutunda görülen değişimlerin analizini mümkün kılmaktadır. CWTC testinin parametrik olmaması nedeniyle otoregresif modelleme sürecindeki gecikme değeri 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 de ortadan kaldırılmıştır.

Bu özelliklere sahip verilerdeki süregelen yüksek korelasyon yapısının modellenmesi için fazla gecikme sayısına ihtiyaç duyulabilmekte ve gecikme değerindeki yanlılık otoregresif model hatalarını değiştirerek nedensellik ilişkisini gerçekte olduğundan farklı hale getirebilmektedir. Sonuç olarak CWTC testi, nedensellik ilişkisinin zaman, frekans ve şiddet değişimlerinin analizini parametrik olmayan tahminleme süreci aracılığıyla mümkün kılarak geleneksel nedensellik testine oranla nedensellik ilişkisini zaman – frekans boyutlarında daha detaylı inceleyebilmektedir¹

Çalışmanın ana amacı, SPH ve CWTC testlerinin kullanılmasını öngören ampirik yaklaşım aracılığıyla konut fiyatları ve borsa endeksi arasındaki zamana dayalı nedensellik etkisinin zamana ve zaman skalasına göre değişiminin ortaya çıkarılarak söz konusu ilişkiye ait teorilerin ampirik olarak geçerliliğine dair kanıt bulmak ve söz konusu teorilerin geçerli olabileceği zaman ve frekans dönemlerini incelemektir. Söz konusu nedensellik ilişkisinin analizinde uzun dönemli dalgalanmalar ve trend bileşeninin nedensellik analizine dahil edilmesi amaçlanmıştır. Çünkü SPH ve CWTC testlerinde serinin durağan olma zorunluluğu ortadan kalktığı için trend ve uzun dönemli dalgalanmaların da analize dahil edilmesine olanak sağlamaktadır. Çalışmanın literatüre katkısı, yukarıda belirtilen testleri içeren ampirik yaklaşım kullanılarak konut fiyatları ve borsa endeksi arasındaki nedenselliğe yol açan bilgi akışını analiz eden ilk çalışma olmasıdır.

Konut fiyatları ve borsa endeksi arasındaki ilişkinin niteliğine dair kesin ve temel teoriklerin geliştirilememesine rağmen ampirik çalışmalar aracılığıyla yeni ve aydınlatıcı bilgilere ulaşılabilir. Ayrıca durağan olmayan verilerin analizine izin veren SPH ve CWTC testlerinin detaylı tartışılması sonucunda araştırmacılar için söz konusu testlerin tanıtılması amaçlanmıştır. Konut fiyatları ve borsa endeksi arasındaki karmaşık ilişki ağına ışık tutması yanında söz konusu testlerin kullanılmasından oluşan ampirik yaklaşım aracılığıyla ilişki örüntüsündeki değişimlerin meydana geldiği zamanların tespiti, yatırımcılar tarafından benzer nitelikli olaylar karşısında piyasalar arası ilişkilerdeki olası değişimler hakkında öngörü sahibi olabilmek için de kullanılabilir. Ayrıca ampirik yaklaşım, politika değişimlerinin finansal piyasalar arası ilişkilerdeki zamana bağlı etkilerinin tespitinde yararlı bilgiler sunabilir. Piyasalar arası ilişkilerin, içerdikleri dinamiklerin zamana bağlı değişimlerinin ortaya çıkarılması dinamik stratejilerin belirlenmesi ya da politikaların etkinliğinin kontrolü açısından yararlı bilgiler sunmaktadır. Önerilen ampirik yaklaşım; diğer finansal varlıklar arası ilişkilerdeki değişimlerin dinamik analizinde kullanılabilir olması nedeniyle finansal varlık ilişkilerine ait diğer hipotezlerin değerlendirilmesi konusunda araştırmacılar açısından da faydalanılabilecek niteliktedir.

Söz konusu piyasalardaki zaman ve zaman skalasına bağlı olarak değişen ilişkinin ortaya çıkarılması özellikle makro ekonomik politikalar açısından önem arz etmektedir. Çünkü servet ekonominin önemli faktörlerinden birisidir ve varlık fiyatları konjonktür dalgalanmalarının önemli belirleyicilerindendir. Zamana bağlı değişim ilişki örüntüsü, söz konusu değişkenlerin farklı zaman noktalarında konjonktür dalgalanmalarını etkilediği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla politika yapımcılar ve yatırımcılar söz konusu değişkenleri konjonktür dalgalanmalarının belirleyicileri olarak dikkate almalıdır. Ayrıca ilişkide zaman skalasında meydana gelen değişimler ise kısa ve uzun dönemli politika ve yatırım kararlarının oluşturulmasında farklı zaman skalalarının dikkate alınmasının gerekliliğine işaret etmektedir.

¹ CWTC testine ilişkin detaylı teknik bilgi için bakınız Olayeni (2016).

Ayrıca zaman boyutunda uzun dönemli nedensellik örüntüsünde meydana gelen değişimler söz konusu piyasalarda meydana gelen yapısal değişimlere ilişkin kanıt sunmaktadır (Li vd., 2015).

Söz konusu testlerin ortak sonucu konut piyasası ve borsa arasında karmaşık ve zamana bağlı değişen nedensellik örüntüsü meydana geldiğidir. Dolayısıyla söz konusu piyasalarda zamana bağlı değişen ikame, servet ve kredi-fiyat mekanizmalarının varlığına dair kanıt bulunmuştur. Son olarak söz konusu piyasalarda yapısal kırılmalar meydana geldiğine dair kanıt elde edilmiştir. Söz konusu piyasalar arasındaki ilişki örüntüsünde yapısal değişimler meydana geldiğine dair kanıt elde edilmiştir. Büyüme modeli, TCMB faiz politikası, FED faiz politikası, jeopolitik riskler ve pandemi sürecinin nedensellik üzerindeki olası etkileri tespit edilmiştir. Söz konusu olası faktörlerden kaynaklanan iç ve dış beklenmedik ani değişimlerin nedensellik ilişkisi üzerinde yapısal değişimlere yol açan temel faktörler olabilir. Konjonktür dalgalanmaları, konut ve borsadan etkilenmektedir. Bu nedenle politika yapıcılar makroekonomi politikalarını uzun vadeli ve kısa vadeli olarak oluştururken söz konusu ilişki ağındaki zaman skalasına bağlı değişimleri izleyerek zaman skalasına göre dinamik (proaktif-önden yüklemeli) politikalar geliştirebilirler. Aynı şekilde yatırımcılar da söz konusu değişkenlerle ilgili yatırım kararlarını alırken, bu çalışmada önerilen ampirik yaklaşımda olduğu gibi, zaman-skalasını temel alan analizleri kullanarak elde ettikleri yeni kanıtlardan faylanarak zamana skalasına bağlı yeni ve değişen stratejiler gerçekleştirebilirler.

2. Hisse Senedi ve Konut Piyasasına İlişkin Temel Teoriler

Finans bilimine göre, hisse senedi ve konut piyasaları arasındaki nedensellik örüntüsünün doğası ve yönünü açıklamaya çalışan üç temel teorik etki mekanizması bulunmaktadır. Servet etkisi (wealth effect), konutun tüketim malı olduğu varsayımına dayanıp hisse senedi piyasasında meydana gelen artışların, hisse senetlerinin beklenmeyen getirilerinde artışa neden olarak gayrimenkul tüketimini dolayısıyla fiyatlarını artırdığını ileri sürmektedir. Kredi – fiyat etkisi (credit-price effect), gayrimenkul piyasasındaki fiyat artışlarının hisse senedi piyasasında fiyat artışlarına yol açacağı hipotezine dayanır. Modern portföy teorisine dayanan ikame etkisi (substitution effect) ise portföyü oluşturan finansal varlıkların piyasa değerlerinde meydana gelen değişimler neticesinde portföydeki varlıkların ağırlıklarının yeniden düzenlenmesi sonucunda finansal varlıkların birbirini etkilediklerini savunmaktadır (Li vd., 2015; Li vd., 2017).

2.1. Servet Etkisi

Temel olarak servet etkisi hipotezi, toplam tüketim seviyesinin, toplam servet ve vergi sonrası cari işgücü gelirin artan bir fonksiyonu olduğunu varsaymaktadır. Toplam servet, finansal servet, konut serveti ve işgücü geliri gibi beşeri servetin toplamını ifade etmektedir. Dolayısıyla, teori, menkul kıymet fiyat artışları neticesinde öngörülmeleyen getirinin hane halkının konut tüketimini artırması olarak özetlenebilir (Kapopoulos ve Siokis, 2005).

Servet etkisi teorisine göre varlık fiyatlarındaki değişim hane halkının net zenginliğini etkileyerek hane halkı tüketiminde değişime neden olmaktadır. Hane halkına ait net servetin büyük kısmının menkul kıymetler ve hisse senetlerinden oluşması sebebiyle söz konusu varlıkların fiyatlarındaki değişim tüketimi etkilemektedir. Servet etkisi teorisi konutların tüketim malı olduğu varsayımı altında konut fiyatlarının arz ve talebe göre şekillendiğini

savunmaktadır. Konut arzının kısa dönemde sabit olması sebebiyle konut talebindeki artış konut fiyatlarının artmasına sebep olacaktır (Li vd., 2017). Cari tüketim seviyesi ise servet seviyesine ilişkin gelecek beklentileri tarafından belirlenmektedir. Hayat döngüsü hipotezine (life-cycle hypothesis) göre hane halkı, farklı yaşam döngüsü aşamalarında gelirleri değişse bile mevcut tüketim seviyelerini korumak istemektedir. Bu nedenle, hane halkının konut tüketimi üzerine düşünülerek önceden karar verilmiş olmakta; sadece net servetteki beklenmeyen değişimler konut tüketimini etkilemektedir. Dolayısıyla hisse senedi piyasasındaki beklenmeyen değişimler ve/veya konut piyasası konut tüketimini etkilemektedir. Tüketiciler beklenen zenginliklerinde meydana gelen artışları zaman içinde çeşitli portföylere dağıtmakta; hisse senedi, konut gibi enstrümanlara yatırılan söz konusu servetten kaynaklanan marjinal tüketim eğilimleri ise birbirleriyle aynı olup reel faiz oranının biraz üzerinde gerçekleşmektedir (Case vd., 2005).

Sürekli gelir teorisine göre (permanent income theory) net servetin tüketimi etkileyebilmesi için sürekli nitelikte olmalıdır. Teori, hisse senedi piyasalarının rassal yürüyüş dinamiğine sahip olduğunu varsaymakta; dolayısıyla varlıkların gelecek değerinin en iyi tahminin bugünkü değerleri aracılığıyla hesaplanabildiğini savunmaktadır. Bu nedenle, hisse senedi piyasasındaki değişimlerin de kalıcı ve tahmin edilemez olduğunu savunmaktadır. Hisse senetleri ve/veya konut değerlerinde meydana gelen kalıcı ve beklenmedik değişimler hane halkı servetini etkileyerek konut tüketiminde değişime yol açacak; konut talebini ve fiyatını da etkileyecektir. Menkul kıymetlerin niteliklerinin tüketim malı değil yatırım aracı olmaları nedeniyle fiyatları net servette meydana gelen değişimlerden etkilenmeyecektir. Yukarıda kısaca ifade edilen teorik mekanizmalar aracılığıyla servet etkisi, menkul kıymetler piyasasından konut piyasasına doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığını savunmaktadır (Li vd., 2017).

2.2. Kredi-Fiyat Etkisi

Kredi-fiyat etkisi, Konut piyasasından hisse senedi piyasasına baskın bir nedensellik ilişkisine vurgu yapmaktadır. Kredi-fiyat etkisi, temel olarak, bilanço yapısının önemine ve kredi-kısıtlı (credit constrained) firmaların teminat değerine (collateral value) önem atfetmektedir. Artan gayrimenkul değerleri ekonomiyi canlandırabilmekte ve teminat değerini artırarak borçlanma maliyetini azaltabilmektedir. Böylelikle firmalar ve hane halkı için finansman bulunabilirliği (availability of finance) artabilmektedir. Elinde gayrimenkul ya da arazi bulunduran şirketler yüksek oranda gerçekleşmemiş sermaye gelirleri (huge unrealized capital gains) elde edebilmekte ve dolayısıyla daha güçlü bilanço pozisyonuna sahip olabilmektedir. Bu yatırımlar firmanın performansını yükselterek nakit akışını artırmakta ve hisse senedi piyasasında şirkete olan talebi artırabilmektedir. Ayrıca söz konusu şirketler için sermaye kazancının gerçekleşmesinden (realizing capital gains) kaynaklanan beklenen karlar ile yatırımdan kaynaklanan beklenen getiriler yatırımcıları söz konusu şirketlere yatırıma teşvik ederek öz sermaye değerlerinin (equity value of the firm) artmasına yol açabilmektedir. Söz konusu etki ile konut piyasasından hisse senedi piyasasına nedensellik ilişkisi meydana gelmektedir. Şirketlerin daha fazla arazi ve gayrimenkul talep etmeleri neticesinde ticari ve yerleşim mülklerinin fiyatında artış meydana gelmektedir. Böylelikle gayrimenkul ve konut piyasaları arasındaki etkileşim; karşılıklı fiyatların artmasına neden olarak meydana gelen dışsal şokların etkisinin süregelen nitelikli olmasına yol açabilmektedir (Kapopoulos ve Siokis 2005; Li vd., 2017).

2.3. İkame Etkisi

Konut ve arazi, tüketime malı olduğu gibi yatırım malı da olabilmektedir. Dolayısıyla hisse senedi ve konut fiyatları arasındaki ilişki, portföy düzeltim etkisi nedeniyle de güçlü olabilmektedir. Hisse senedi fiyatlarının yükselmesi, menkul kıymet piyasasındaki hane halkına ait portföyde yer alan hisselerin artmasına yol açmaktadır. Böylece hane halkı, hisseleri satıp diğer varlıkları alarak portföylerini yeniden dengeleme isteğine sahip olacaktır (Kapopoulos ve Siokis, 2005).

Modern portföy teorisine göre yatırımcı, portföye konu olan her bir varlığın risk ve getirisinden ziyade söz konusu varlıkların portföyün toplam risk ve getirisine olan katkısını değerlendirmelidir. Böylelikle, beklenen getiri ve portföy varyansının kontrolü sağlanabilmektedir. Dolayısıyla yatırımcı, yatırım amacını gerçekleştirmek için portföydeki varlıkları farklı oranlarda ağırlıklandırarak söz konusu kontrolü sağlamalıdır. Hisse senedi ya da konut değerindeki değişim, portföy ağırlıklarını değiştirerek portföyün beklenen getirisi ve varyansın etkilemektedir. Söz konusu teoremin varsayımları ise hane halkının portföyünün sadece hisse senedi ve konut varlıklarından oluşması ve portföy ağırlıklarındaki değişimin sadece söz konusu iki varlığın miktarlarındaki değişim ile gerçekleşebilmesidir. Dolayısıyla, portföy sahibi sabit risk ve getiri dağılımına sahip bir portföye sahip olmayı amaçlamaktadır. Söz konusu varsayımlar altında, hisse senedi fiyatında meydana gelen artışlar ağırlıkların değişmesine sebep olacaktır. Portföydeki ağırlıkların yeniden dengeye getirilerek sabit ağırlıkların varlığının sürdürülebilmesi amacıyla, portföy yöneticisi hisse senedinin ağırlıklarını azaltırken konut varlığının ağırlığını artıracaktır. Dolayısıyla artan konut talebi ve fiyatı nedeniyle de söz konusu iki piyasa birbirlerini etkileyeceklerdir. Hisse senedi ve konut spekülasyon varlıkları olmaları sebebiyle birbirlerinin yatırım alternatifleri olabilmektedirler. Böylesi bir durumda, varlıklar arasındaki nedensellik ilişkisi ikame etkisi olarak yorumlanabilmektedir. Bununla birlikte, konutun daha az likit bir varlık olması sebebiyle, konut piyasasından hisse senedi piyasasına olan etki kısa dönemde zayıf niteliklidir. Uzun dönemde ise, yatırımcının portföyünde yeniden dengeyi sağlayabilmesi için gerekli zamana sahip olmakta ve konut piyasası da kendi uzun dönemli denge noktasına ulaşabilmektedir (Li vd., 2017).

Makroekonomi açısından bakıldığında servet, ekonominin gelişimi açısından önemli bir faktör olup varlık fiyatları iş döngüsünün (business cycle) önemli belirleyicilerinden biri olarak görülmektedir (Li vd., 2015). Hisse senedi piyasalarında görülen dalgalanmalar gelecekteki ekonomik aktivitelerde meydana gelebilecek değişimlere ilişkin beklentilerden etkilenerek oluşabilmekte ve iş döngüsünü yönlendirebilmektedir (Chauvet, 1999). Hisse senedi fiyatlarındaki genel eğilimin değişimi genel olarak iş döngüsündeki genel eğilimin değişiminden önce gerçekleşmektedir. Dolayısıyla hisse senedi fiyatları, iş döngüsünün aşamalarını etkilemekte ve iş döngüsü açısından öncü gösterge olarak ele alınmaktadır. Genellikle iş döngüsü zirve (dip) noktasına ulaştığında, hisse senedi fiyatları birkaç ay olarak ifade edilebilecek bir zaman diliminden beri düştüğu (yükseldiği) görülmektedir (Moore, 1983). Konut sektörü de özellikle ekonomik resesyona etkileyen en önemli faktörlerden biri olup iş döngüsünün kontrol edilebilmesi için konut sektörüne odaklanması gerekmektedir çünkü ekonomideki resesyondan önce konut sektöründe genellikle gerileme görülebilmekle birlikte söz konusu konut fiyatlarındaki düşüş ani ve büyük oranda olabilmektedir. (Leamer, 2007, 2015). Dolayısıyla konut piyasasından ekonominin tümüne doğru meydana gelen yayılım etkisi giderek daha önemli bir faktör haline gelmiştir (Iacoviello ve Neri, 2010). Sonuç olarak yukarıda özetlenen teori ve hipotezlerin zamana bağlı olarak değişiminin analiz edilmesi

politika yapıcılar ve yatırımcılar için söz konusu piyasalar arasındaki nedensellik mekanizmalarının anlaşılabilir olarak zamana bağlı değişen politika ve yatırım kararlarının daha etkin alınması açısından önem arz etmektedir.

3. Metodoloji

Çalışmada SPH (Shi vd., 2020) testi ve durağan olmayan verilerin analizine izin veren CWTC (Continuous Wavelet Transformantion Based Granger Casuality Test) testleri uygulanmıştır.

3.1. Shi – Hurn – Phillips (2020) Testi - (SHP)

Toda – Yamamoto modifiye edilmiş Wald (W) nedensellik testinin uygulama kolaylığı, parametrik önsel-test sürecinden kaynaklanan bozulmalardan bağımsız olması ve verinin birim-kök sayısı /eşbütünleşme karakteristiğinden bağımsız asimptotik dağılıma sahip olması testin temel avantajlarını oluşturmaktadır.

Toda Yamamoto (1995) olası entegrasyon ilişkisine sahip veriler arasındaki nedensellik ilişkisinin test edilmesi amacıyla gecikme artırılmış vektör otoregresyon modelinin (LA-VAR) (lag(s) – augmented VAR) kullanılmasını önermektedir. Örnek olarak, k dereceden bilinen otoregresive sürece sahip ve gecikme sayısı (k+d) olan VAR(k+d) modeli aşağıdaki biçimde tanımlanabilir:

$$y_t = \alpha + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_k y_{t-k} + \dots + \phi_{k+d} y_{t-k-d} + \varepsilon_t \quad (1)$$

burada y_t , α , ve ε_t n-boyutlu vektörler olup ve ϕ_i , i-gecikme sayısına sahip nxn boyutlu parametre matrisini ifade etmektedir. Burada d, değişkenler arasındaki maksimum entegrasyon derecesini ifade etmekte olup söz konusu ekstra d-gecikmesine sahip parametreler nedensellik testinde asimptotik dağılım teorisinin kullanılmasını olanaklı kılmaktadır. Dolayısıyla y_t vektörüne ait i.-sıra elementinin yine aynı vektöre ait j.-sıra elementinin Granger nedeni olmaması aşağıdaki boş hipotez aracılığıyla test edilebilir hale gelmektedir:

$$H_0: \phi_i \text{ matrisine ait } j\text{-sıra, } i\text{-sütunda yer alan değer sıfırdır; } r = 1, \dots, k$$

Modeli daha detaylı açıklamak amacıyla, iki değişkenli LA-VAR(k+d) modeli aşağıdaki biçimde yazılabilir:

$$y_{1t} = \alpha_{10} + \alpha_{11}t + \sum_{i=1}^{k+d} \beta_{1i} y_{1t-i} + \sum_{i=1}^{k+d} \delta_{1i} y_{2t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (2)$$

$$y_{2t} = \alpha_{20} + \alpha_{21}t + \sum_{i=1}^{k+d} \beta_{2i} y_{1t-i} + \sum_{i=1}^{k+d} \delta_{2i} y_{2t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (3)$$

Burada t zamana bağlı trend bileşenini, ε_{it} ise bağımsız özdeşçe dağılmış ve tekil olmayan kovaryans matrisine sahip hata sürecini ifade etmektedir. y_{2t} değişkeninin kendi geçmişine koşullu olarak gerçekleşen öngörü değerlerinin, k-gecikmeli y_{1t} değişkenlerin modele dahil edilmesi ile güçlenmesi durumunda y_{1t} değişkeninden y_{2t} değişkenine doğru meydana gelen Granger-nedenselliğinden söz edilebilir. Diğer bir ifade ile yukarıda ifade edilen boş hipotez aşağıdaki biçimde yazılabilmektedir:

$$H_0: \delta_{11} = \dots = \delta_{1k} = 0$$

İki değişkenli modelden hareketle n-değişkenli LA-VAR(k+d) model aşağıdaki şekilde genelleştirilebilir:

$$y_t = \gamma_0 + \gamma_1 t + \sum_{i=1}^k J_i y_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{k+d} J_j y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Burada $J_{k+1} = \dots = J_{k+d} = 0$ ve y_t n-boyutlu vektörü ifade etmektedir. Denklem [4] kompakt olarak aşağıdaki biçimde gösterilebilir:

$$y_t = \Gamma \tau_t + \Phi x_t + \Psi z_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

Burada $\Gamma = (\gamma_0, \gamma_1)_{n \times (q+1)}$, $\tau_t = (1, t)'_{2 \times 1}$, $x_t = (y'_{t-1}, \dots, y'_{t-k})_{nk \times 1}$,

$z_t = (y'_{t-k-1}, \dots, y'_{t-k-d})_{nd \times 1}$, $\Phi = (J_1, \dots, J_k)_{n \times nk}$, ve $\Psi = (J_{k+1}, \dots, J_{k+d})_{n \times nd}$.

Granger-nedenselliğinin olmamasını ifade eden boş hipotez aşağıda ifade edilen kısıt kullanılarak test edilebilmektedir:

$$H_0: \mathbf{R}\phi = 0$$

Burada \mathbf{R} , m adet kısıta sahip $m \times n^2 k$ boyutlu matrisi, $\phi = \text{vec}(\Phi)$, vec ise satır-vektörleşme sürecini ifade etmektedir. Denklem [5] daha kompakt biçimde aşağıda ifade edilmiştir:

$$Y = \tau \Gamma' + X \Phi' + Z \Psi' + \varepsilon \quad (6)$$

Burada;

$$Y = (y_1, \dots, y_T)'_{T \times n}, \tau = (\tau_1, \dots, \tau_T)'_{T \times 2}, X = (x_1, \dots, x_T)'_{T \times nk}, Z = (z_1, \dots, z_T)'_{T \times nd},$$

$$\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_T)'_{T \times n}, Q_\tau = I_T - \tau(\tau' \tau)^{-1} \tau', \text{ ve } Q = Q_\tau - Q_\tau Z (Z' Q_\tau Z)^{-1} Z' Q_\tau$$

matrislerinin kullanılması durumunda Φ matrisinin sıradan en küçük kareler yöntemi tahmincisi T örneklem hacmi için $\hat{\Phi} = Y' Q X (X' Q X)^{-1}$ biçiminde tanımlanabilir. Granger nedenselliğinin olmadığını ifade eden boş hipotezin testi amacıyla Toda ve Yamamoto (1995) aşağıda ifade belirtilen modifiye edilmiş Wald test istatistiğinin (W) kullanılmasını önermektedir:

$$W = (\mathbf{R}\hat{\phi})' [\mathbf{R} \{ \hat{\Sigma}_\varepsilon \otimes (X' Q X)^{-1} \} \mathbf{R}']^{-1} \mathbf{R}\hat{\phi} \sim \chi_k^2 \quad (7)$$

Burada $\hat{\phi} = \text{vec}(\hat{\Phi})$, $\hat{\Sigma}_\varepsilon = (1/T) \hat{\varepsilon}' \hat{\varepsilon}$, ve \otimes kronecker çarpım sürecini ifade etmektedir. Granger nedensellik test sürecinde, tahmin edilmiş hata terimlerine ait vektörel çarpım matrisi, $\hat{\Sigma}_\varepsilon$, Denklem [6]'da gösterilen kısıtlanmamış model kullanılarak elde edilmektedir. Yukarıda ifade edilen test istatistiği kısıt sayısı olarak ifade edilen m serbestlik derecesiyle asimptotik olarak dağılmakla birlikte W testi temel alınarak hesaplanan yeniden örnekleme dağılımı, asimptotik dağılıma oranla daha düşük boyut deformasyonuna maruz kalmaktadır.

Nedensellik ilişkisindeki değişimleri tespit etmek amacıyla Shi vd. (2020), W istatistiğini kullanarak ileri-özyinelemeli algoritma (forward recursive algorithm) (FRA), kayar-pencereli algoritma (rolling window algorithm) (RWA) ve özyinelemeli-gelişen algoritma (recursive evolving algorithm) (REA) olmak üzere üç algoritma geliştirmiştir. Söz konusu algoritmalar

temel olarak farklı pencerelerden faydalanarak altörneklem test prosedürlerini nedensellik örüntüsündeki değişimleri tespit etmek amacıyla kullanmaktadır.

Regresyona konu olan örneklemin veri sekansına ait kesirsel başlangıç ve bitiş noktaları f_1 ve f_2 ile ifade edilmekte olup altörneklem uzunluğu $f_w = f_1 - f_2$ aracılığıyla tanımlanmaktadır. $W_{f_1}^{f_2}$ ise söz konusu altörneklem için LA-VAR modeli kullanılarak elde edilen modifiye edilmiş Wald istatistiğini ifade etmektedir. LA-VAR modelinin tahminlenmesi için gerekli minimum gözlem sayısı $\tau_0 = \lfloor f_0 T \rfloor$ ile tanımlanmakta olup T toplam gözlem sayısını ifade etmektedir. Yukarıda belirtilen değişkenler kullanılarak örneklem başlangıç ve bitiş koordinatları ile altörneklem uzunluğu gözlem sayısı cinsinden sırasıyla $\tau_1 = \lfloor f_1 T \rfloor$, $\tau_2 = \lfloor f_2 T \rfloor$, ve $\tau_w = \lfloor f_w T \rfloor$ ile ifade edilmektedir.

FRA prosedüründe başlangıç noktası , τ_1 , veri sekansının birinci gözlemi olarak sabitlenmiştir. Sonrasında regresyon pencere uzunluğu τ_0 veri noktasından T noktasına doğru kesirsel olarak genişletilmektedir. Diğer bir ifadeyle bu süreçte altörneklem bitiş noktası olan τ_2 , τ_0 noktasından T noktasına doğru hareket etmektedir. Dolayısıyla tahmine konu olan gözlemin kesirsel ifadesi , f , f_0 oranından 1 oranına hareket ederken regresyon pencere uzunluğu kesirsel olarak f_0 oranından 1 oranına artmaktadır.

RWA prosedüründe ise regresyon pencere büyüklüğü τ_0 değerinde sabitlenmiştir. Dolayısıyla söz konusu prosedürde başlangıç noktası, τ_1 , birinci gözlem yerine $T - \tau_0 + 1$ olarak belirlenmekte; ilk regresyona konu olan altörneklem bitiş noktası ise $\tau_2 = \tau_1 + \tau_0 - 1$ olmaktadır. Başka bir ifade ile başlangıç ve bitiş noktaları matematiksel olarak $\tau_2 = \{\tau_0, \dots, T\}$ ve $\tau_1 = \tau_2 + \tau_0 + 1$ şeklinde ifade edilebilir. Bu yaklaşımda regresyon bitiş noktaları τ_0 noktasından veri setinin son noktası olan T noktasına doğru ilerlerken altörneklem başlangıç noktaları da τ_0 sabit aralığına uyacak şekilde ilerlemektedir.

REA temel olarak olası altörneklem kullanılarak hesaplanan test istatistiklerinin en küçük üst sınırının (eküs-supremum) (sup) tespit edilmesine dayanır. Diğer bir ifade ile REA geriye doğru artan altörneklem kullanılarak hesaplanan istatistiklerin supremumuna dayanır. Altörneklem sekansının bitiş noktası geçici olarak ilgilenilen son gözlem olarak seçilmekte, $f = f_2$, ve pencere bu gözlem noktasından ileriye doğru genişletilmekle birlikte söz konusu regresyona konu olan altörneklem başlangıç noktası $f_1 = (f_2 - f_0)$ noktasından ilk gözleme kadar geriye doğru genişletilmektedir. Alternatif olarak, regresyona konu olan altörneklem bitiş noktaları matematiksel olarak $\tau_2 = \{\tau_0, \dots, T\}$ şeklinde ifade edilmekte ve başlangıç noktaları ilk gözlemden olası tüm gözlemleri içerek çekilde $\tau_1 = \tau_2 - \tau_0 + 1$ gözlem noktasına kadar değişmektedir.

Dolayısıyla her bir alt örneklem için, alt örneklem büyüklük oranı kullanılarak elde edilen regresyon aracılığıyla her bir gözlem noktası için, modifiye edilmiş wald test istatistikleri elde edilmektedir

Dolayısıyla, ilgilenilen her bir gözlem noktası, f , için modifiye edilmiş wald test istatistiği sekansı $\{W_{f_1, f_2}^{f_1 \in [0, f_2 - f_0]} \}_{f_2 = f}$, altörneklem aralığı $[f_1, f_2]$ ve altörneklem büyük oranı $f_w = f_1 - f_2 \geq f_0$ kullanılarak elde edilen her bir altörneklem regresyonu aracılığıyla hesaplanmaktadır. Söz konusu Wald test istatistiğinin supremumu REA test istatistiği olmaktadır:

$$SW_f(f_0) = \sup_{f_2=f, f_1 \in [0, f_2 - f_0]} \{W_{f_1, f_2}\} \quad (8)$$

Yukarıda açıklanan algoritmalar birçok farklı altörnekemler için fazla sayıda test istatistiği hesaplamaları neticesinde Tip 1 hata olasılığı, test sekansına ait hipotezlerin fazlalığı sebebiyle artmakta olup bu durum çokluk sorunu (multiplicity issue) olarak adlandırılmaktadır. Algoritmalar kullanılması durumunda test edilmesi gereken hipotez sayısı, test sürecine $\tau_0 = [f_0 T]$ noktasından başlanarak T noktasına test yapılması neticesinde, $T - \tau_0 + 1$ olmaktadır. Dolayısıyla özyinelemeli pencere kullanılması neticesinde oluşan dağılım büyüklük bozulununun kontrol altına alınması amacıyla bootstrap metoduna ihtiyaç duyulmaktadır. Test sürecinde, çokluk sorununun çözülmesi amacıyla bootstrap kritik değerler elde edilerek kullanılmıştır. Bootstrap süreci temel olarak yaratılan bootstrap örnekleri kullanılarak elde edilen kritik değerlerin kullanılmasına dayanır. Algoritmalara ait bootstrap kritik değerlerinin elde edilmesi aşamalarını basit olarak açıklamak amacıyla süreç aşamaları iki değişkenli VAR(1) modeli üzerinden aşağıdaki biçimde özetlenebilir:

Aşama 1. y_2 değişkeninden y_1 değişkenine Granger nedenselliği olmadığı boş hipotezi kısıtı altında VAR(1) modeli aşağıdaki biçimde tahmin edilir:

$$\begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{11} & 0 \\ \phi_{12} & \phi_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t-1} \\ y_{2t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix} \quad (9)$$

yukarıda ifade edilen modelin tahminlenmesi sonucunda $\hat{\phi}_{11}$, $\hat{\phi}_{12}$ ve $\hat{\phi}_{22}$ tahminlenmiş katsayıları ile e_{1t} ve e_{2t} tahminlenmiş hata terimi serileri elde edilir.

Aşama 2. yukarıda elde edilen tahminlenmiş katsayılar ve tahminlenmiş hata terimi serilerinden rassal olarak seçilen hata terimleri, e_{1t}^b ve e_{2t}^b , kullanılarak $T_b = \tau_0 + \tau_b - 1$ örneklem büyüklüğü için aşağıda ifade edilen model aracılığıyla bootstrap serileri y_{1t}^b ve y_{2t}^b elde edilir:

$$\begin{bmatrix} y_{1t}^b \\ y_{2t}^b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{\phi}_{11} & 0 \\ \hat{\phi}_{12} & \hat{\phi}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t-1}^b \\ y_{2t-1}^b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t}^b \\ e_{2t}^b \end{bmatrix} \quad (10)$$

veri seti başlangıç değerleri $y_{11}^b = y_{11}$ ve $y_{21}^b = y_{21}$ olarak belirlenmiştir.

Aşama 3. Elde edilen her bir bootstrap serisi kullanılarak algoritmalar aracılığıyla bootstrap test istatistiği sekansları elde edilir. Her bir bootstrap test istatistiği sekansının maksimum değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\begin{aligned} \text{FRA: } M_{1,t}^b &= \max_{t \in [\tau_0, \tau_0 + \tau_b - 1]} (W_{1,t}^b) \\ \text{RWA: } M_{t-\tau_0+1,t}^b &= \max_{t \in [\tau_0, \tau_0 + \tau_b - 1]} (W_{t-\tau_0+1,t}^b) \\ \text{REA: } SM_t^b(\tau_0) &= \max_{t \in [\tau_0, \tau_0 + \tau_b - 1]} (SW_t^b(\tau_0)) \end{aligned} \quad (11)$$

Burada $\{W_{1,t}^b\}_{t=\tau_0}^{\tau_0+\tau_b-1}$, $\{W_{t-\tau_0+1,t}^b\}_{t=\tau_0}^{\tau_0+\tau_b-1}$ ve $\{SW_t^b(\tau_0)\}_{t=\tau_0}^{\tau_0+\tau_b-1}$ sırasıyla FRA, RWA ve REA algoritmaları kullanılarak elde edilen test istatistik sekanslarını ifade etmektedir.

Aşama 4. Aşama 2 ve aşama 3, B sayısı kadar tekrar edilir.

Aşama 5. FRA, RWA ve REA algoritmalarına ait kritik değerler sırasıyla $\{M_{1,t}^b\}_{b=1}^B$, $\{M_{t-\tau_0+1,t}^b(\tau_0)\}_{b=1}^B$ ve $\{SM_t^b(\tau_0)\}_{b=1}^B$ sekanslarının %95 yüzdebirlik (95% percentiles) değerlerinin hesaplanmasıyla elde edilir. Söz konusu kritik değerler çokluk sorunu nedeniyle oluşabilecek olası dağılım bozulmalarını kontrol altına almaktadır.

Test istatistiklerinin dayanıklılık kontrolü Shi vd. (2020) değişen varyansla tutarlı supremum Wald test istatistiğinin kullanılabileceğini belirtmiştir. Söz konusu test istatistiğinin kullanılması değişen varyans olgusunun test sonuçlarında anlamlı bir etki gösterip göstermediğinin analiz edilmesinde kullanılabilir. Değişen varyansla tutarlı altörneklem Wald test istatistiği aşağıda gösterilmektedir:

$$W_{f_1,f_2}^* = T_w (\mathbf{R}\hat{\Phi}_{f_1,f_2})' [\mathbf{R}\{\hat{V}_{f_1,f_2}^{-1}\hat{\Sigma}_{f_1,f_2}\hat{V}_{f_1,f_2}^{-1}\}\mathbf{R}']^{-1} \mathbf{R}\hat{\Phi}_{f_1,f_2} \quad (12)$$

Burada $\hat{\Phi}_{f_1,f_2} = \text{vec}(\hat{\Phi}_{f_1,f_2})$ olup $\hat{\Phi}_{f_1,f_2}$, Φ matrisinin başlangıç noktası f_1 ile bitiş noktası f_2 olan altörneklem kullanılarak elde edilen en küçük kareler tahminidir. Ayrıca,

$$\hat{V}_{f_1,f_2} = I_n \otimes \hat{Q}_{f_1,f_2} \text{ ile } \hat{Q}_{f_1,f_2} = (1/T_w) \sum_{t=[f_1T]}^{[f_2T]} x_t x_t'; \text{ ve } \hat{\Sigma}_{f_1,f_2} = (1/T_w) \sum_{t=[f_1T]}^{[f_2T]} \xi_t \xi_t'$$

ile $\xi_t = \hat{\varepsilon}_t \otimes x_t$ olarak tanımlanmıştır. Değişen varyansla tutarlı supremum Wald test istatistiğinin, $SW_f^*(f_0)$, ile gösterilmekte olup aşağıdaki biçimde ifade edilebilir:

$$SW_f^*(f_0) = \sup_{f_2=f, f_1 \in [0, f_2 - f_0]} \{W_{f_1,f_2}^*\} \quad (13)$$

Bu çalışmada, Shi vd. (2020) çalışmasını takiben, minimum pencere uzunluğu 36 ay olarak alınmıştır. Ayrıca, kontrol pencere uzunluğu ise 12 ay olarak belirlenmiştir. VAR modeli için maksimum gecikme sayısı 12 olarak belirlenmiş ve optimum VAR gecikme sayısı BIC kriteri uygulanarak 2 tespit edilmiştir.

4. Sürekli Dalgacık Dönüşümünü Temel Alan Parametrik Olmayan Nedensellik Testi – CWTC Testi

Parametrik olmayan Granger nedensellik testine ilişkin ilk çalışma Dhamala vd. (2018a, 2018b) tarafından gerçekleştirilen NWGC testi olup Geweke (1982) nedensellik testini dalgacık analizi kullanarak geliştirmiş ve tahminleme sürecinde matris çarpanlara ayırma aşamasını Wilson-Burg çarpanlara ayırma metodu ile gerçekleştirmiştir.

Dalgacık fonksiyonu, ortalaması sıfır ve genliği hızla azalan dalga şekline sahip bir fonksiyon olarak tanımlanabilir. $X(t)$ zaman serisi ile 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:

$$W_x(s, \tau) = (X * \Psi_{s,\tau})(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{s}} \tilde{\Psi}\left(\frac{t - \tau}{s}\right) dt \quad (14)$$

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 alışma kapsamında, Dhamala vd. (2018a, 2018b) ve Olayeni (2016) alışmasını takiben Morlet Dalgacık Fonksiyonu kullanılacaktır. Morlet Dalgacık Fonksiyonu, $\Psi(\eta) = \pi^{-1/4} \exp(i\omega\eta) \exp(-\eta/2)$, Gaussian zarf fonksiyonu kullanılarak modüle 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 (Aguiar-Conraria vd., 2008).

Morlet Dalgacık Fonksiyonu ve Sürekli Dalgacık Dönüşümü (Continuous Wavelet Transform – CWT) kullanılarak Geweke (1982) nedensellik testinin yapılabilmesi için gerekli spektral matris W , kovaryans matris Σ ve H transfer matrisi Wilson-Burg matrisi kullanılarak elde edilir (Wilson-Burg algoritmasına ait detaylı bilgi için bkz. Wilson, 1972,1978; Olayeni, 2016; Dhamala vd., 2018a, 2018b). Dhamala vd. (2018a, 2018b) nedensellik testi, Geweke (1982) nedensellik formülünün W , Σ ve H matrisleri kullanılarak geliştirilmeyle oluşturulmuş olup aşağıdaki biçimde tanımlanmaktadır:

$$G_{X_2 \rightarrow X_1}(s, \tau) = \log \left(\frac{W_{11}(\omega, \tau)}{W_{11}(\omega, \tau) - \left\{ \Sigma_{11} - \frac{\Sigma_{12}^2}{\Sigma_{11}} \right\} |H_{12}(\omega, \tau)|^2} \right) \quad (15)$$

Burada $W_{11}(\omega, \tau)$, x değişkeninin spektral enerji spektrumunu; ω ise radian cinsinden frekans değerini ifade etmektedir. Testin önemli dezavantajları bulunmaktadır. Test, öncelikle matris çarpanlara ayırma sürecine ihtiyaç duymaktadır. Wilson Algoritması aşamasında çarpanlara ayırma işlemi için yakınsama koşulu sağlanması gerekmektedir ve yakınsama koşulu genellikle sağlanamamakta; bu durumda tahminleme yapılamamaktadır. Olayeni (2016) tarafından geliştirilen sürekli dalgacık dönüşümlü parametrik olmayan Granger nedensellik testi (CWTC) bu dezavantajı ortadan kaldırmaktadır. CWTC testi parametrik olmayan nedensellik testi olup Rua (2010, 2013) CWT korelasyon ölçütünün Olayeni (2016) tarafından faz farkı gösterge fonksiyonu kullanılarak geliştirilmesiyle oluşturulmuştur Detaylı metodolojik tartışma için bakınız Olayeni (2016). Gözlem sayısı N olan ve düzenli δt zaman aralığında oluşan kesikli zaman serilerinin, $\{x_n: n = 1, 2, \dots, N\}$, CWT dönüşümünün gerçekleştirilebilmesi için Denklem (12), ayrıklaştırma (discretization) süreci uygulanarak integral işlemi toplama işlemine dönüştürölür. Ayrıklaştırma işlemi sonunda spektrum, diğer bir ifadeyle zaman-frekans gösterimi, elde edilir:

$$W_X^m(s, \tau) = \frac{\delta t}{\sqrt{s}} \sum x_n \tilde{\Psi} \left((m - n) \frac{\delta t}{\sqrt{s}} \right), m = 1, 2, \dots, N - 1 \quad (16)$$

Burada δt uniform tahminleme adım büyüklüğüdür. Dalgacık enerji spektrumu, $|W_X^m(s, \tau)|^2$, verinin zaman ve frekans boyutlarındaki enerji değişimlerini tespit etmektedir. x_n ve y_n verilerine ilişkin çarpaz-spektrum $W_{XY}^m(s, \tau) = W_X^m(s, \tau) \tilde{W}_Y^m(s, \tau)$ olarak tanımlanır ve zaman boyutundaki kovaryans matrise eş değerdir. Burada $\tilde{W}_Y^m(s, \tau)$, $W_Y^m(s, \tau)$ fonksiyonunun karmaşık eşleniğidir. CWT dönüşümü kullanılarak elde edilebilen çarpaz 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 (Aguiar-Conraria vd., 2018).

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 $\varphi_X(s, \tau) = \tan^{-1}\{\Im W_X^m(s, \tau)/\Re\{W_X^m(s, \tau)\}$ olarak tanımlanır ve lokal faz değerleri arasındaki fark veriler arasındaki öncül-ardıl ilişkisine ait bilgi içermektedir. Olayeni (2016), lokal faz fark değerlerini ve Rua (2010, 2013) tarafından geliştirilen dalgacık korelasyon formülünü kullanılarak Granger nedensellik testi geliştirmiştir.

Rua (2010, 2013) Dalgacık Korelasyon formülü aşağıdaki biçimde tanımlanmıştır:

$$\rho_{XY}(s, \tau) = \frac{\zeta\{s^{-1}|\Re(W_X^m(s, \tau))|\}}{\zeta\{s^{-1}\sqrt{|W_X^m(s, \tau)|^2}\}\zeta\{s^{-1}\sqrt{|W_Y^m(s, \tau)|^2}\}} \quad (17)$$

Burada $\zeta(\cdot) = \zeta_{scale}(\zeta_{time}(\cdot))$ olup ζ_{scale} ve ζ_{time} sırasıyla skala ve zaman ekseninde düzgünleştirme işlemcileridir. Dalgacık korelasyonu kospektrumun sadece gerçel kısmını kullanması nedeniyle 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 2010, 2013).

Dalgacık korelasyonu, diğer bir etkileşim ölçütü olan dalgacık bağdaşım katsayısından farklıdır. Dalgacık Bağdaşım Katsayısı aşağıdaki biçimde tanımlanabilir:

$$R_{XY}(s, \tau) = \frac{\zeta\{s^{-1}W_{XY}^m(s, \tau)\}}{\zeta\{s^{-1}\sqrt{|W_X^m(s, \tau)|^2}\}\zeta\{s^{-1}\sqrt{|W_Y^m(s, \tau)|^2}\}} \quad (18)$$

Bağdaşım katsayısı, korelasyonun frekans boyutundaki tanımlanmış hali olarak düşünülebilmekle birlikte korelasyon katsayısına tam olarak karşılık gelememektedir. Bağdaşım katsayısı zaman boyutunda yapılan analizlerde kullanılan determinasyon katsayısının (coefficient of determination) frekans boyutunda tanımlanmış biçimidir. Bağdaşım katsayısı 0 ile 1 arasında yer almakta ve birlikte hareket etme şiddetini göstermek; ilişkinin yönü hakkında bilgi içermemektedir. Dolayısıyla bağdaşım katsayısı veri setlerindeki senkronizasyonuna dair bilgi sunmakta, korelasyon ilişkisine dair bir bilgi içermemektedir. Grinsted vd. (2004), bağdaşım katsayısının korelasyon katsayısına “benzediğini”; zaman – frekans boyutunda tanımlanmış korelasyon ölçütü gibi “düşünmenin yararlı olduğunu” belirtmiştir. Sonuç olarak, veri setleri arasındaki korelasyon ilişkisinin zaman – frekans boyutunda incelenmesi amacıyla Rua (2010, 2013) tarafından geliştirilen dalgacık korelasyonu kullanılmalıdır. (Dinamik korelasyon ve Kohezyon bağdaşım hakkında detaylı bilgi için bkz: Aguiar-Conraria vd., 2008; Rua ve Nunes, 2012; Olayeni, 2016; Aguiar-Conraria vd., 2018).

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 denklemini aşağıdaki biçimde tanımlanır:

$$\phi_{XY}(s, \tau) = \phi_X(s, \tau) - \phi_Y(s, \tau) = \tan^{-1}\{\Im W_X^m(s, \tau)\} / \Re\{W_X^m(s, \tau)\} \quad (19)$$

Burada toplam faz aralığı, $-\pi \leq \phi_{XY}(s, \tau) \leq \pi$, dört alt aralığa bölünebilmekte ve her bir aralık nedensellik yönü ve öncül-ardıl ilişkiye ait bilgi barındırmaktadır. $\phi_{XY}(s, \tau) \in (0, \pi/2)$ ya da $\phi_{XY}(s, \tau) \in (-\pi/2, 0)$ aralıkları iki verinin faz içi hareket ettiğini, diğeri bir deyişle iki serinin aynı yönde hareket ettiğini ifade etmektedir. Faz farkının $\phi_{XY}(s, \tau) \in (\pi/2, \pi)$ ya da $\phi_{XY}(s, \tau) \in (-\pi, -\pi/2)$ aralıklarında olması ise iki verinin faz-dışı hareket ettiğini yani verilerin ters yönde hareket ettiği anlamına gelmektedir.

Eğer faz farkı $\phi_{XY}(s, \tau) \in (-\pi/2, 0)$ ya da $\phi_{XY}(s, \tau) \in (\pi/2, \pi)$ aralıklarında yer alıyorsa bu durumda X'in öncül hareket ettiği; diğeri bir ifadeyle X verisinin Y verisine ait kestirimci bilgi içerdiği ve dolayısıyla Y verisinin Granger nedeni olduğu anlamına gelmektedir. Buna karşın $\phi_{XY}(s, \tau) \in (0, \pi/2)$ ya da $\phi_{XY}(s, \tau) \in (-\pi, -\pi/2)$ aralıkları Y verisinin öncül hareket ettiği dolayısıyla X verisinin Granger nedeni olduğu anlamına gelmektedir. Dalgacık analizinde belirli bir frekans ve zaman noktasında Y nin önsel hareket etmesi söz konusu frekans ve zaman noktasında Y verisinden X verisine doğru nedensellik ilişkisi anlamına gelmektedir (Faz farkı ve gösterge fonksiyonu konusunda detaylı bilgi için bkz. Aguiar-Conraria vd., 2008; Aguiar-Conraria vd., 2018).

Yukarıda ifade edilen faz farkı ayrıştırılmasının gerçekleştirilebilmesi için Olayeni (2016) tarafından geliştirilen gösterge fonksiyonu kullanan nedensellik testi kullanılmalıdır. Sadece faz farkının tahmin edilmesi durumunda pozitif / negatif nedensellik ilişkisi birbirinden ayrıştırılmamakta sadece genel önsel / ardıl ilişki tahminlenebilmektedir. Sonuç olarak Olayeni (2016) yaklaşımı dalgacık korelasyonu ve gösterge fonksiyonu aracılığıyla nedensellik ilişkisini zaman serisi ekonometrisi testi olan Granger-nedensellik testine benzer biçimde negatif / pozitif olarak ayrıştırılmasını gerçekleştirmiştir.

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 değişimler ayrıştırılmıştır. Gösterge fonksiyonu, spesifik faz aralığında 1, diğeri aralıklarda ise 0 değerini alan fonksiyondur. Böylelikle, dalgacık korelasyon fonksiyonunda araştırılmak istenen belirli nedensellik yönü ve öncül-ardıl ilişki için kısıtlama getirilerek test edilebilmektedir. Örneğin nedensellik ilişkisinin aynı yönlü (pozitif) ya da ters yönlü (negatif) olması dikkate alınmaksızın sadece Y verisinden X verisine nedensellik test edilmesi durumunda, Y verisinin öncül hareketine ilişkin bilgiyi test eden faz fark fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanmalıdır:

$$I_{Y \rightarrow X}(s, \tau) = \begin{cases} 1, & \text{if } \phi_{XY}(s, \tau) \in (0, \pi/2) \cup (-\pi, -\pi/2) \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (20)$$

Benzer şekilde Y verisinin aynı yönde (pozitif) önsel hareket ettiği nedensellik için aşağıdaki gösterge fonksiyonu kullanılmaktadır:

$$I_{Y \rightarrow X}(s, \tau) = \begin{cases} 1, & \text{if } \phi_{XY}(s, \tau) \in (0, \pi/2) \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (21)$$

Böylelikle yukarıda ifade edilen gösterge fonksiyonu kullanılarak Y verisinden X verisine pozitif Granger nedenselliğe yol açan bilgi akışını inceleyen CWTC testi aşağıdaki biçimde tanımlanır:

$$G_{Y \rightarrow X}(s, \tau) = \frac{\zeta\{s^{-1}|\Re(W_X^m(s, \tau))I_{Y \rightarrow X}(s, \tau)|\}}{\zeta\{s^{-1}\sqrt{|W_X^m(s, \tau)|^2}\}\zeta\{s^{-1}\sqrt{|W_Y^m(s, \tau)|^2}\}} \quad (22)$$

Denklem (20), Dhamala vd. (2018a, 2018b) nedensellik testinin Wilson algoritması yerine dalgacık korelasyonu ile faz farkı gösterge fonksiyonu kullanılarak Olayeni (2016) tarafından geliştirilmiş halidir. Katsayılara ilişkin anlamlılık testi, vekil veri test süreci ile gerçekleştirilmektedir. Vekil veri sürecinin ilk aşamasında test edilmek istenilen veriler ARMA(1,1) modeli aracılığıyla modellenerek verilere ilişkin hata terimleri elde edilmektedir. İkinci aşamada ise tahminlenmiş hata terimi varyansına sahip normal dağılan hata serileri türetilip kullanılarak yeni veri seti örneklemeleri oluşturulmaktadır. Yukarıdaki Monte Carlo süreci kullanılarak kritik değerler elde edilmektedir (Anlamlılık test sürecinin teknik detayları için bkz. Torrence ve Compo, 1998; Grinsted vd., 2004; Aguiar-Contraria vd., 2018). CWT dönüşümü, çok düşük frekanstaki dalgalanmaların incelenen verinin başlangıç ve bitiş noktalarında dalgalanmalar tamamlanmadan kesilmesi nedeniyle düşük frekanslı dalgalanmalar verinin sınır noktalarında kesin sonuç vermeyebilmektedir. Bu etki sınır etkisi olarak adlandırılmaktadır. Sınır etkisinin meydana gelerek dalgalanmaları etkileyebilme olasılığı olan bölgeye etki konisi (cone of influence - COI) olarak adlandırılmaktadır. COI, başlangıç ve bitiş bölgelerinde dalgacık spektrum enerjisinin azalarak enerji değerinin e^{-2} katı seviyesine indiği sınır bölgeleri ifade etmektedir (Torrence ve Compo, 1998). Üç boyutlu CWTC nedensellik haritasında COI dışında kalan alan yorumlanırken dikkatli olunmalıdır; COI dışında kalan ani nedensellik değişimleri sınır etkisi nedeniyle meydana gelmiş olabilir. COI sınırları içinde başlayan bir nedensellik testinin COI sınırından sonra devam etmesi durumunda söz konusu nedensellik örüntüsünün sınır etkisinden etkilenmediği sonucuna varılabilir.

CWTC'nin diğer testlere göre önemli avantajları bulunmaktadır. Öncelikle fourier dönüşümü yerine sürekli dalgacık dönüşümünü kullanması nedeniyle nedensellik ilişkisindeki frekans boyutunun yanında zaman boyutunda görülen değişimlerin analizini mümkün kılmaktadır.

Ayrıca Wilson dönüşümü kullanma gerekliliğini ortadan kaldırarak tahminleme sürecindeki yakınsama zorunluluğunu ortadan kaldırmıştır; böylelikle tahminleme süreci daha etkin hale getirilmiş ve frekans-zaman-nedensellik boyutlarının birlikte üç boyutlu analizi mümkün kılınmıştır.

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 parametrik olmayan tahminleme süreci aracılığıyla mümkün kılarak geleneksel nedensellik testine oranla nedensellik ilişkisini zaman – frekans boyutlarında daha detaylı inceleyebilmektedir. (CWTC testine ilişkin detaylı teknik bilgi için bkz. Olayeni, 2016).

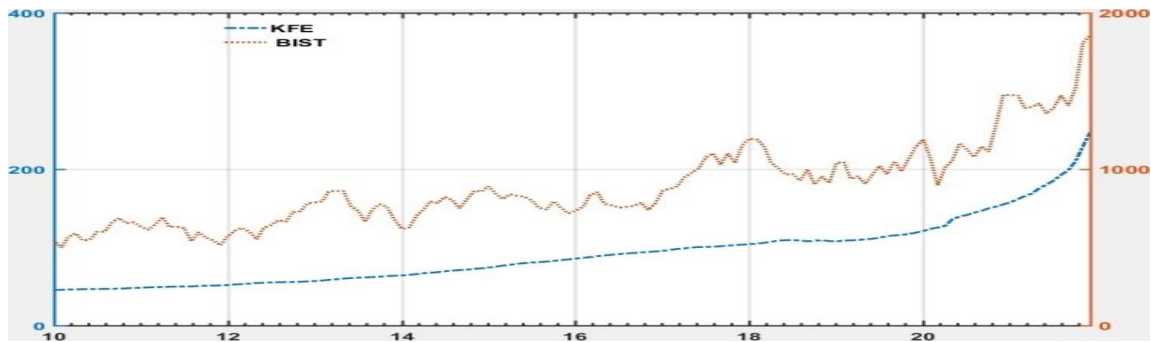
CWTC nedensellik ve korelasyon haritalarını NWGC testinin sahip olduğu hesaplamalar sorunlarına yakalanmadan üç boyutlu olarak tahmin edilmesine olanak sağlayarak daha zengin bilgi içerecek şekilde tahmin edebilmektedir. Sürekli dalgacık dönüşümü – CWT) , normal dağılım varsayımına bağı kalmadan bağımsız yerel düzensiz dalgalanmaların (localized intermittent oscillations) analizinde etkin analiz yapılmasına imkan sağlamaktadır. Ayrıca veriler arasındaki ilişkideki değışimlerin frekans boyutunda analiz edilmesini de mümkün kılmaktadır. Kesikli dalgacık dönüşümleri (DWT) belirlenmiş frekans aralığına verileri bileşenlerine ayırabilirken CWT verinin içerdiği tüm frekans örüntüsünü tespit edebilmektedir (Crowley ve Mayes, 2009). Bu nedenle CWT temel alan CWTC ve korelasyon testleri birbiriyle ilişkili olduğu düşünölen veri setlerinin birbirleriyle olan ilişkisinin analizi için DWT dönüşümünden daha etkin sonuç vermekte ve zaman skalasındaki değışimleri daha etkin belirlemektedir (Grinsted vd., 2004; Rhif vd., 2019). DWT dönüşümünden elde edilen spektrumların anlaşılması zor olmakta ve analizlerin CWT ile yapılması hem hesaplamaları daha kolay hem de anlaşılır hale getirmektedir (Aguiar-Conraria vd., 2008). Geweke (1982) nedensellik testi gibi sadece frekans boyutunda nedensellik analizi yapan diğer spektral testler ise zaman boyutunu ihmal ederek zaman boyutunda statik analiz gerçekleştirmektedir. DWT kullanan testler ise veriyi sadece bileşenlerine ayırmakta ve tıpkı Geweke (1982) nedensellik testinde olduğu gibi nedensellik örüntüsünün zamana bağı değışimini ihmal etmektedir. CWTC, gösterge fonksiyonu kullanması sebebiyle nedensellik ilişkisinin pozitif ve negatif olarak ayrılmasına imkân vermesi ve Wilson algoritmasının yakınsama problemini ortadan kaldırarak daha etkin hesaplanma yapılmasına olanak sağlaması bakımından NWGC testinden daha üstündür. Literatürde bağıdaşım katsayılarının öncöl ardıl ilişki analizi için kullanıldığı görölmektedir (Andries vd., 2014; Andries vd., 2017; Tiwari vd., 2013; Albuiescu vd., 2015; Albuiescu vd., 2017). Belirleme katsayısının (coefficient of determination) frekans boyutundaki hali olarak tanımlanabilen bağıdaşım katsayısı birlikte hareket etme eğıliminin şiddetini göstermekte olup eğılimin yönünün gösterememektedir (Dinamik korelasyon ve Kohezyon hakkında detaylı bilgi için bkz. Aguiar-Conraria vd., 2008; Rua, 2010; Rua ve Nunes, 2012; Rua, 2013; Olayeni, 2016; Aguiar-Conraria vd., 2018). CWTC ise nedensellik doğrudan hem frekans hem de zaman boyutunda aynı anda analiz edilmesini sağlarken nedensellik ilişkisinin yönünün de tespitini mümkün hale getirmiştir (Olayeni, 2016).

CWTC haricinde son 30 yılda bazı gelişmiş nedensellik testleri de geliştirilmiştir. Eichler (2007) frekans boyutunda hesaplanan spektral dağılım matrisini kullanan grafiksel bir yaklaşım geliştirmiştir; ancak test verilerin durağan olması varsayımına dayanmaktadır. Benzer şekilde Diks ve Panchenko (2006) tarafından geliştirilen parametrik olmayan nedensellik testi de durağanlık varsayımına dayanmaktadır. Ayrıca test, VAR model kullanılarak elde edilen hata terimlerini kullanmakta olup veri dinamiklerini yansıtan doğru VAR modelinin kurulamaması durumunda doğru nedensellik test sonucuna ulaşılamayabilir. Breitung ve Candelon (2006) eşbütünleşik sistemlerde kullanılabilir nedensellik testi geliştirmişlerdir. Parametrik VAR modeli kullanılarak uygulanabilecek söz konusu testte dalgacık analizi kullanılarak sadece uzun dönemli nedensellik tek bir frekans için tespit edilebilmektedir. Hong vd. (2009), veri setlerinde meydana gelen şiddetli değışimler arasındaki ilişkiyi tespit edebilen nedensellik testi geliştirmiştir. Kernel fonksiyonları aracılığıyla çarpaz spektrum (cross-spectrum) hesaplandığı test koşullu otoregresif riske maruz değer (CAViaR) benzeri parametrik modellere ihtiyaç duymakta ve sadece aşağı yönlü büyük risk değışimlerinin etkileşimini test edebilmektedir.

Dalgacık değişiminin veri filtrelemesi için kullanıldığı çalışmalar son yıllarda oldukça artmıştır. Nedensellik testlerini konu alan çalışmalarda, veri önce dalgacık dönüşümü aracılığıyla bileşenlerine ayrılmakta sonrasında ise nedensellik testleri uygulanmaktadır (Örn: Almasri ve Shukur, 2003; Kim ve In, 2003; In ve Kim, 2006; Mitra, 2006; Durai ve Bhaduri, 2009; Chou ve Chen, 2011; Benhmad, 2012; Mannson, 2012; Bekiros ve Marcellino, 2013; Polanco-Martinez ve Abadie, 2016). Bu çalışmalar yukarıda belirtilen DWT, bağdaşım ve kullanılan diğer testlerin dezavantajlarından etkilenmekte ve parametrik olmaktadır. Ayrıca NWGC yaklaşımının tamamen parametrik olmaması ve yukarıda bahsedilen tüm avantajları nedeniyle bu çalışmada CWTC testinin kullanılmasına karar verilmiştir.

5. Veri

Analizde kullanılan veri seti, aylık konut fiyat endeksi (KFE) ve BIST 100 endeksini (BIST) içermektedir. Her bir zaman serisinin uzunluğu Ocak 2010 – Aralık 2021 dönemi için 144 gözlemden oluşmaktadır. EVDS veri tabanı ve www.investing.com internet sitesinden edinilen aylık verilerin grafiği aşağıda yer almaktadır.



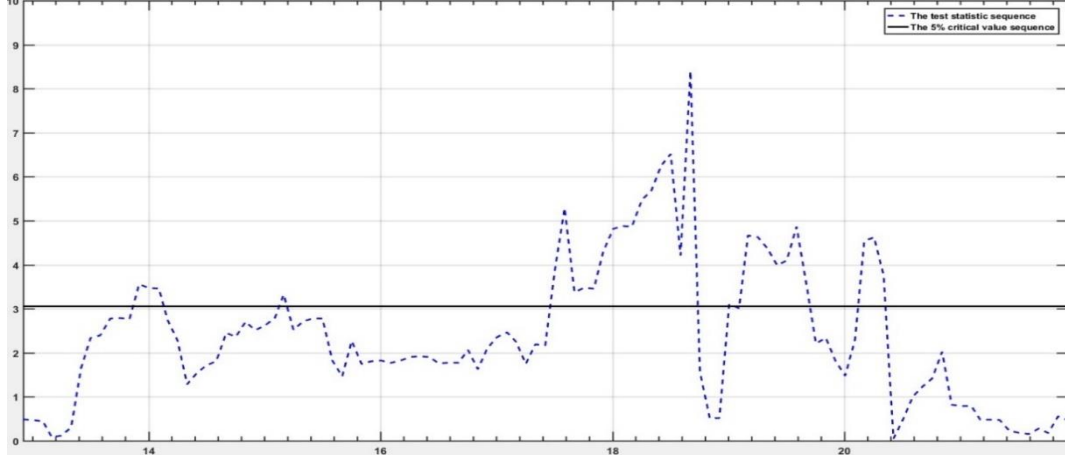
Şekil 1. Ocak 2008 – Aralık 2020 Dönemi için Haftalık Logaritmik Petrol (BIST) ve Avro/Dolar Döviz Kuru (KFE) Serileri

6. Ampirik Sonuçlar

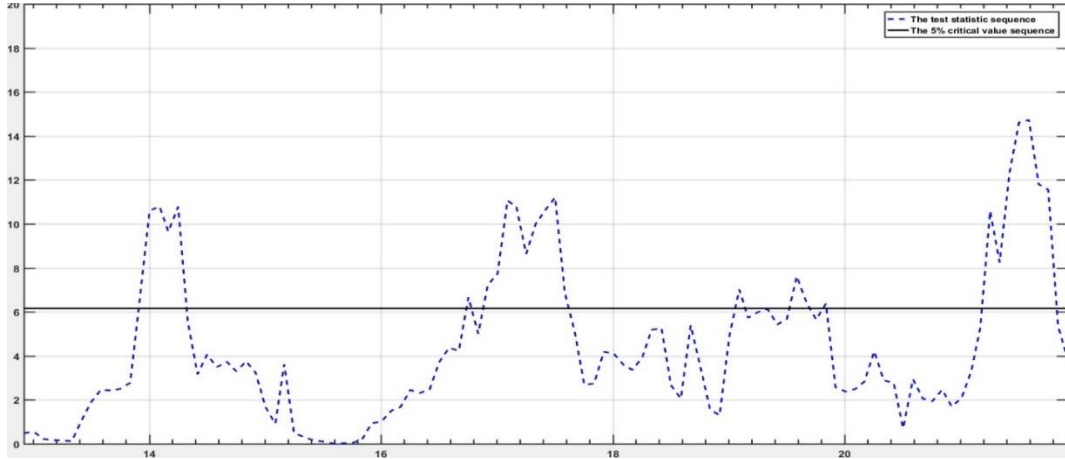
Çalışma kapsamında elde edilen ampirik sonuçlar yapılan testler bazında aşağıda sunulmuştur.

6.1. SHP Testi – KFE Serisinden BIST Serisine Nedensellik Sonuçları

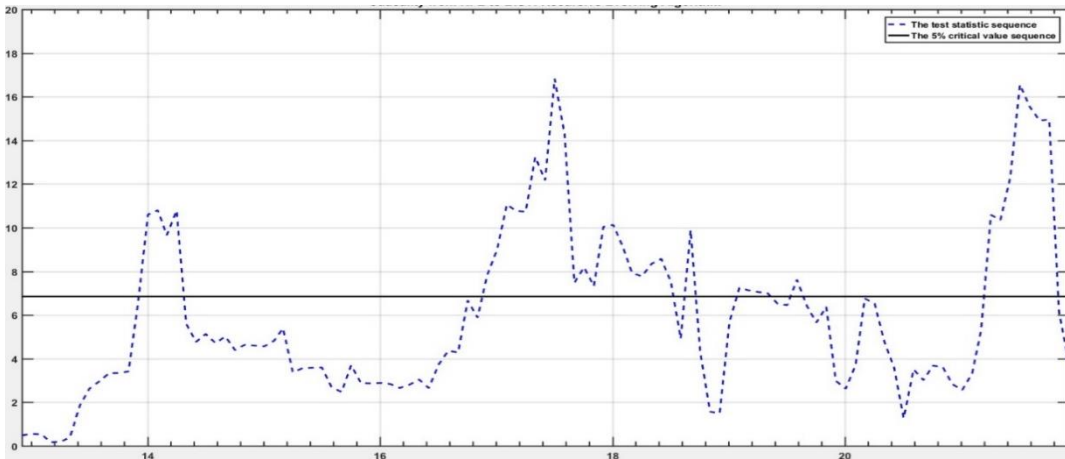
Şekil 2. Panel (a), (b) ve (c); KFE serisinden BIST serilerine doğru sırasıyla ileri-özyinelemeli algoritma (Forward Recursive Algorithm) (FRA), kayar-pencereli algoritma (Rolling Window Algorithm) (RWA) ve özyinelemeli-gelişen algoritma (Recursive Evolving Algorithm) (REA) kullanılarak elde edilen nedensellik test sonuçlarını göstermektedir.



Panel (a). KFE Serisinden BIST Serisine Doğru Nedensellik: FRA



Panel (b). KFE Serisinden BIST Serisine Doğru Nedensellik: RWA



Panel (c). KFE Serisinden BIST Serisine Doğru Nedensellik: REA

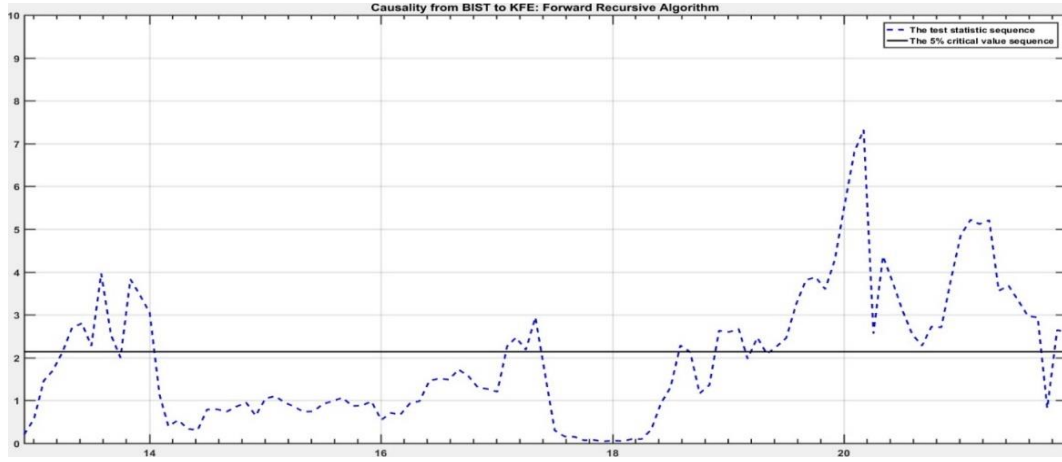
Şekil 2. KFE Serisinden BIST Serisine SHP Algoritmaları Kullanılarak Elde Edilen Nedensellik Sonuçları²

² Siyah yatay doğru %5 anlamlılık seviyesinde 1000 tekrar kullanılarak elde edilen bootstrapped kritik değerleri göstermektedir.

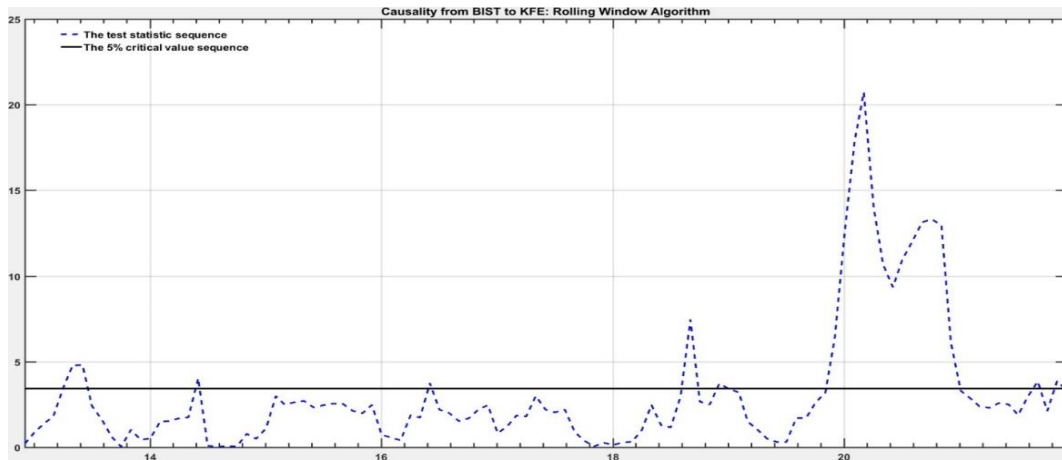
Panellerde yer alan yatay doğru istatistiksel olarak % 5 anlamlılık sınır doğrusunu göstermekte olup sınır doğrusunu geçen nedensellik ilişki katsayısı istatistiksel olarak anlamlıdır. SHP test algoritmalarının grafikleri incelendiğinde KFE den BIST e nedensellik ilişkisi: a) FRA algoritmasına göre 2014, 2015 yılları ile 2017-2021 döneminde; b) RWA algoritmasına göre sadece 2014, 2017, 2019 ve 2011 yılı ve sonrasında; c) REA Algoritmasına göre ise 2014, 2017-2019 dönemi ve 2011 yılı ve sonrasında nedensellik tespit edilmiştir. Her üç algoritmanın da nedensellik tespit ettiği dönemler, 2014, 2017 – 2019 ve 2021-2022 dönemleridir. Dolayısıyla SHP algoritmalarının genel olarak 2014-2022 döneminde KFE’den BIST’e nedensellik ilişkisine dair kanıt tespit ettikleri söylenebilir.

6.2. SHP Testi – BIST Serisinden KFE Serisine Nedensellik Sonuçları

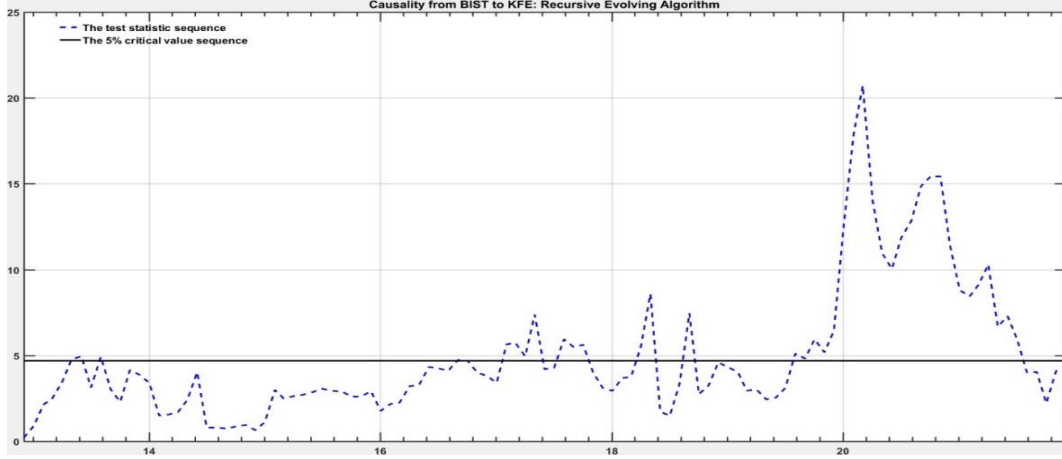
Şekil 3. Panel (a), (b) ve (c); BIST serisinden KFE serilerine doğru sırasıyla sırasıyla ileri-özyinelemeli algoritma (FRA), kayar-pencereli algoritma (RWA) ve özyinelemeli-gelişen algoritma (REA) kullanılarak elde edilen nedensellik test sonuçlarını göstermektedir.



Panel (a). BIST Serisinden KFE Serisine Doğru Nedensellik: Forward Recursive Algorithm



Panel (b). BIST Serisinden KFE Serisine Doğru Nedensellik: Rolling Window Algorithm



Panel (c). BIST Serisinden KFE Serisine Doğru Nedensellik: Recursive Evolving Algorithm
Şekil 3. BIST Serisinden KFE Serisine SHP Algoritmaları Kullanılarak Elde Edilen Nedensellik Sonuçları³.

Not: Siyah yatay doğru %5 anlamlılık seviyesinde 1000 tekrar kullanılarak elde edilen bootstrapped kritik değerleri göstermektedir.

Panellerde yer alan yatay doğru istatistiksel olarak % 5 anlamlılık sınır doğrusunu göstermekte olup sınır doğrusunu geçen nedensellik ilişki katsayısı istatistiksel olarak anlamlıdır. SHP test algoritmalarının grafikleri incelendiğinde BIST'den KFE'ye nedensellik ilişkisi: a) FRA algoritmasına göre nedensellik ilişkisi 2013-2014 dönemi, 2017 yılı ve 2018 yılı ve sonrasında tespit edilememiştir; b) RWA algoritmasına göre sadece 2013-2014 yılları ile 2016 yılında, 2018-2019 dönemi ve 2020 yılı ve sonrasında; c) REA Algoritmasına göre ise 2023 yılı ve 2017 yılı ve sonrasında nedensellik tespit edilmiştir. Her u algoritmanın da nedensellik tespit ettiği dönemler, 2013-2014, 2016 yılı ve sonrasıdır. Dolayısıyla SHP algoritmalarının genel olarak 2015-2020 döneminde BIST'den KFE'ye nedensellik ilişkisine dair kanıt tespit ettikleri söylenebilir. Özetlemek gerekirse, 2013 ve 2016 yıllarında KFE'den BIST'e tek yönlü nedensellik, 2014 yılı, 2017 – 2019 dönemi ve 2021 yılında ise çift yönlü nedensellik örüntüsüne dair kanıt elde edilmiştir.

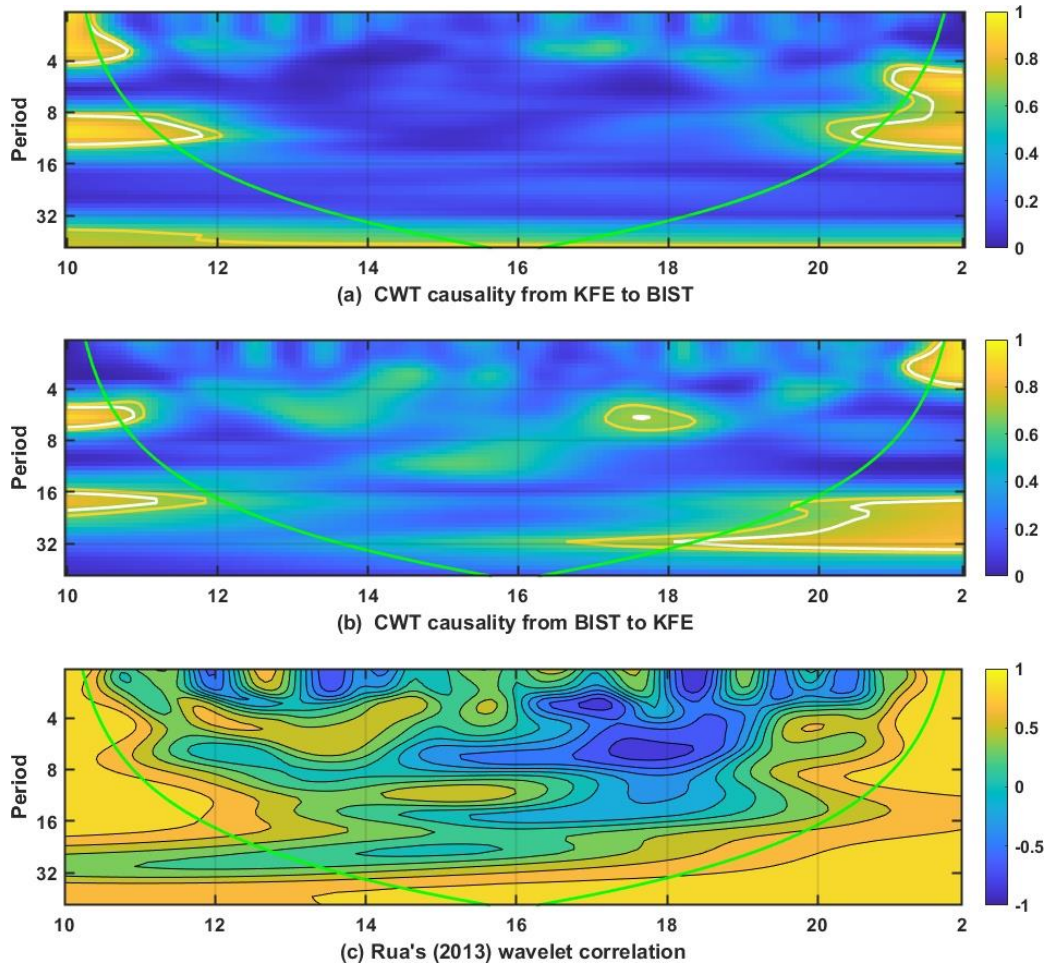
6.3. CWTC Testi

Çalışmada, CWTC testinde 24 aydan daha kısa süreli periyoda sahip dalgalanmalar arasındaki nedensellik kısa dönemli nedensellik; 24 haftadan daha uzun süreli dalgalanmalar arasındaki nedensellik ise uzun dönemli nedensellik olarak adlandırılmıştır.

CWTC grafiklerinde yatay eksen zaman eksenini; dikey eksen ise CWT dönüşümü ile elde edilen dalgalanmaların zaman skalalarını göstermektedir. Grafiklerin yanında yer alan renk skalası ise nedensellik örüntüsünün Şiddetini ifade etmektedir. Sarı ve beyaz çizgiyle çevrili alanlar %5 ve %1 istatistiksel anlamlılık alanlarıdır. Grafiklerde görülen yeşil konik yapı, eğri konisi olarak adlandırılmaktadır. CWT dönüşümü, çok düşük frekanstaki dalgalanmaların incelenen verinin başlangıç ve bitiş noktalarında dalgalanmalar tamamlanmadan kesilmesi

³ Siyah yatay doğru %5 anlamlılık seviyesinde 1000 tekrar kullanılarak elde edilen bootstrapped kritik değerleri göstermektedir.

nedeniyle düşük frekanslı dalgalanmalar verinin sınır noktalarında kesin sonuç vermeyebilmektedir. Bu etki sınır etkisi olarak adlandırılmaktadır. Sınır etkisinin meydana gelerek dalgalanmaları etkileyebilme olasılığı olan bölgeye etki konisi (cone of influence - COI) olarak adlandırılmaktadır. COI, başlangıç ve bitiş bölgelerinde dalgacık spektrum enerjisinin azalarak enerji değerinin e^{-2} katı seviyesine indiği sınır bölgeleri ifade etmektedir (Torrence ve Compo, 1998). Eğer anlamlı bir nedensellik örüntüsü koninin dışında meydana gelmişse söz konusu nedenselliğin kesin olarak doğru olduğu ifade edilememekle birlikte bir nedensellik örüntüsü koninin içinde oluşarak koni dışına taşmışsa söz konusu nedenselliğin varlığından söz edilebilir (Aguiar-Conraria vd., 2008, 2018). Genel CWTC test sonuçları incelendiğinde;



Şekil 4. CWTC Nedensellik ve Dalgacık Korelasyon Test Sonuçları

Şekil 4. Panel (a) KFE serisinden BIST serisine CWTC nedensellik örüntülerini içermektedir. KFE'den BIST'e kısa dönemde: 2010-2012 dönemi ile 2020-2022 döneminde kısa vadeli nedensellik ilişkisine dair kanıt bulunmuştur. Uzun dönemde ise incelenen tüm dönem boyunca nedensellik ilişkisine dair kanıt bulunmuştur. Şekil 4. Panel (b) BIST serisinden KFE serisine CWTC nedensellik örüntülerini içermektedir. BIST'den KFE'e kısa dönemde: 2010-2012 dönemi, 2017-2018 dönemi ile 2020-2021 döneminde kısa vadeli nedensellik ilişkisine dair kanıt bulunmuştur. Uzun dönemde ise 2017 yılı ve sonrasında nedensellik ilişkisine dair kanıt bulunmuştur.

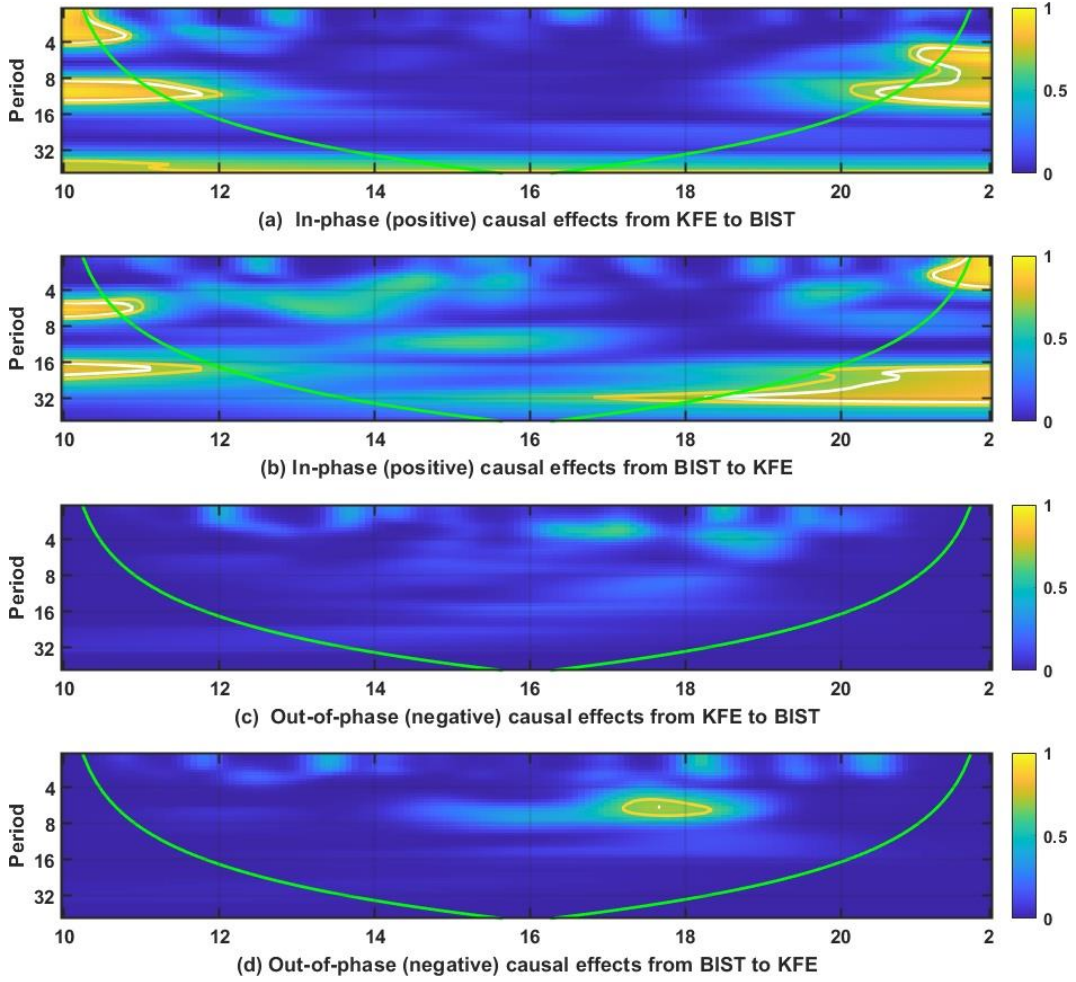
Şekil 4. panel (c) KFE ve BIST serisi arasındaki dalgacık korelasyon örüntüsünü göstermektedir. CWTC nedensellik örüntülerini içermektedir. Korelasyon haritası da nedensellik örüntüsü ile paralellik göstermektedir. 2010 – 2015 dönemi ile 2018 – 2022 döneminde güçlü pozitif korelasyon tespit edilmiştir. İncelenen tüm dönem için uzun dönemli pozitif korelasyon örüntüsü görülmekle birlikte söz konusu korelasyon yapısı 2018 yılından baŐlayarak kısa dönemli dalgalanmalarda da yayılması dikkat çekicidir. 2017-2018 yılındaki kısa dönemli negatif korelasyon bir başka dikkat çekici husustur.

Özetlemek gerekirse, KFE ve BIST arasında kısa dönemde incelenen süreli meydana gelen çift yönlü nedensellik ilişkisi örüntüsünden bahsedilebilir. Uzun dönemde ise 2017 – 2022 döneminde çift yönlü; 2010-2016 döneminde ise KFE'den BIST'e tek yönlü nedensellik ilişkisine dair kanıt elde edilmiştir.

Çok zayıf nedensellik iliŐkileri göz ardı edilerek iki test genel olarak karŐılaŐtırıldıėında ise SHP ve CWTC testleri KFE'den BIST'e nedensellik ilişkisi tespit etmiştir. BIST'den KFE'e nedensellik sonuçları karŐılaŐtırıldıėında, her iki test de 2015 yılı ve sonrasında dair nedensellik ilişkisi tespit etmiştir. CWTC ek olarak 2008 – 2010 döneminde de nedensellik tespit etmiştir. Forward Recursive algoritmasına benzer olarak CWTC testi de KFE'den BIST'e uzun dönemli nedensellik tespit edememiŐtir.

SHP ve CWTC testlerini nedensellik ilişkisi ve kısa/uzun dönemli olması açısından ortak noktalarını özetlemek gerekirse; KFE'den BIST e nedensellik ilişkisi incelendiğinde FRA, RWA ve REA algoritmaları, CWTC testinin uzun ve kısa dönemli sonuçlarıyla 2020 – 2022 dönemi için benzer nitelikli nedensellik tespit etmiştir. BIST'den KFE'e nedensellik ilişkisi incelendiğinde ise REA algoritması CWTC testinin uzun dönemli sonuçlarıyla benzer olup 2017-2022 dönemi için nedensellik tespit etmiştir. Ayrıca incelendiğinde FRA, RWA ve REA algoritmaları, CWTC testinin uzun ve kısa dönemli sonuçlarıyla 2020 – 2022 dönemi için benzer nitelikli nedensellik tespit etmiştir.

CWTC Testi nedensellik ilişkisinin yönünü yanında pozitif ya da negatif olacağına dair bilgiler de içermektedir. Şekil 5, panel (a), (b), (c) ve (d) pozitif/negatif yönlerine ayrılmış CWTC nedensellik test sonuçlarını göstermektedir. Nedensellik dönemlerinin büyük kısmında nedensellik ilişkisi pozitif olarak tespit edilmiştir. İstinai olarak sadece 2018 yıllarında görülen ve kısa süre için etkili olan BIST'ten KFE'ye kısa dönemli nedensellik ilişkisi negatif olarak ortaya çıkmıŐtır.



Şekil 5. Pozitif/Negatif Yönlerine Ayrılmış CWTC Nedensellik Test Sonuçları

Araştırma sonuçları iktisat teorisi açısından ele alındığında; Konut piyasası ve borsa endeksi arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışan teorilerin geçerli olduğu dönemler ortaya çıkmaktadır. Söz konusu piyasalar arasında çift yönlü nedensellik ilişkisini açıklayan İkame etkisi (substitution effect) zamana bağlı olarak değişmektedir. CWTC testine göre çift yönlü nedensellik ilişkisinin görüldüğü dönemler 2010 – 2012 dönemi ve 2017 – 2021 dönemidir (KFE serisinden BIST serisine uzun dönemli nedensellik ilk bakışta 2010 – 2012 dönemi ile 2020 – 2021 döneminde görülmekle birlikte dikkat edildiğinde çok uzun dönemde ise incelenen tüm dönem boyunca nedensellik görülmektedir. Bu nedenle ikame etkisinin geçerli olduğu dönemler 2010 – 2012 dönemi ve 2017 – 2021 dönemi olarak alınmıştır.) Konut piyasasından borsaya uzun dönemli süregelen nedensellik etkisi konut sektörüne dayalı büyüme modelinin söz konusu nedensellik ilişkisi aracılığıyla borsayı etkilediğine dair kanıt olarak yorumlanabilir. Konut sektörüne dayalı büyüme modeli makroekonomik verileri etkileyerek borsayı etkilemiş olabilir. 2010 – 2012 yılındaki ikame etkisi ise 2010 – 2011 döneminde TCMB tarafından yürütülen genişlemeci politika sonucunda yurt içinde faizlerin düşmesi ve yurt dışında FED’in 2008 küresel finansal kriz sonrasında faizleri düşürerek yarattığı küresel likidite bolluğu nedeniyle konut yatırım talebi ve fiyatlarının artması sonucunda - konutların finansal varlık olabilmesi nitelikleri nedeniyle - finansal portföy içerisindeki ağırlıklarının değişmesi son söz konusu ilişkinin temel nedeni olabilir. 2017 – 2021 incelendiğinde ise; 2017 yılından sonra

artan enflasyon faiz artış beklentisine sebep olarak borsadan faiz ya da konut gibi alternatif piyasalara fon akışı gerçekleşmiş olabilir. Ayrıca artan enflasyon sonucunda sabit sermaye yatırımı yerine gayrimenkul talebi artırması, konut fiyatlarının artışına sebep olarak portföydeki varlık ağırlıklarının değişmesi neticesinde ikame etkisi meydana gelmiş olabilir. SHP testine göre ise 2014 yılı ile 2017 – 2021 döneminde ikame etkisi gözlemlenmiştir. Burada 2014 yılındaki ikame etkisi komşu ülkelerde artan jeopolitik risklerin etkisinden kaynaklanmış olabilir. Artan jeopolitik riskler sonrasında borsadan fon çıkışı nedeniyle portföy ağırlıklarında değişiklik meydana gelmiş olabilir. Servet etkisi de zamana bağlı değişmektedir. Borsadan konut piyasasına nedenselliği açıklayan servet etkisi CWTC testine göre 2010 – 2012 ve 2017-2021 dönemlerinde geçerli olabilir. 2010 – 2012 döneminde servet etkisi mekanizmasına yol açacak yerel ve küresel ekonomik faktörler incelendiğinde ise temel olarak faiz oranlarındaki değişimin nedensellik ilişkisini etkileyen temel faktör olabileceği söylenebilir. 2009 sonrasında FED faiz düşürülmesi neticesinde meydana gelen likidite bolluğu ve TCMB faiz indirimi neticesinde fon girişı ve düşük borçlanma maliyeti nedeniyle borsada yükselişler görülmüştür. Borçlanma maliyetinin azalması kredi talebini artırarak finansal varlık yatırım talebini artırmıştır. Dolayısıyla artan hisse senedi fiyatları, getirileri artırarak servet etkisi meydana getirmiş olabilir. 2017 – 2021 döneminde ise yine artan enflasyon sonucunda paranın “servet birikim aracı” (store of value) fonksiyonunun korunması amacıyla yatırımcıların Türk Lirası yerine borsaya ya da faize yatırım yapması sonucunda yatırımlar artmış; dolayısıyla hisse senetlerinin değerlerinde meydana gelen artış servet etkisi yaratmış olabilir. SHP tesine göre ise servet etkisi 2014 yılı ile 2017 – 2021 döneminde geçerli olabilir. Burada 2014 yılında görülen servet etkisi yukarıda ifade edilen faiz politikalarının birikimli etkisi nedeniyle meydana gelmiş olabilir. Mayıs 2013 tarihinde FED’in faiz artırımı sinyali ile gelişen piyasalardan fon çıkışı meydana gelmiştir. Dolayısıyla FED ve TCMB politikalarının gecikmeli etkileri neticesinde borsalardaki fon çıkışı servet etkisi aracılığıyla konut fiyatlarında nedensellik etkisi meydana getirmiş olabilir. Aynı şekilde kredi-fiyat etkisi de zamana bağlı değişmektedir. Konut piyasasından borsaya nedensellik etkisini açıklayan kredi-fiyat etkisi CWTC testine göre uzun dönemde 2010 – 2012 dönemi ve 2020 – 2021 döneminde etkilidir. 2010 – 2012 döneminde FED ve TCMB tarafından uygulanan düşük faiz politikaları konut sektörünü canlandırarak ekonomik aktivitenin artmasına neden olmuştur. Dolayısıyla şirket bilançolarında meydana gelen iyileşmeler hisse senetlerinin değerlerinin yükselmesini sağlayarak kredi-fiyat etkisini meydana getirmiş olabilir. 2020 – 2021 döneminde ise COVID-19 pandemisi kredi – fiyat mekanizmasını etkilemiş olabilir. Pandemi sonucunda toplumun tüketim ve yatırım kararlarında değişim meydana gelmiştir. Pandemi ile ortaya çıkan uzaktan çalışma modeli konut sahipliğinin önemini ortaya koymuştur. Ayrıca söz konusu dönemde sabit sermaye yatırımının önemi azalmış konut yatırımı ise yerli yatırımcı açısından önemli hale gelmiştir. Dolayısıyla gayrimenkul satışlarında meydana gelen artış şirketlerin karlılığını artırıp hisse senetlerinin değerlerinin artmasına neden olarak kredi-fiyat etkisine yol açmış olabilir. Ayrıca pandemi kamu politikalarını da etkilemiştir. 2020 Temmuz – Ağustos döneminde kamu bankalarının konut faizlerini dramatik bir şekilde düşürerek konut kredi hacmini artırması şirket hisse senetlerini etkilemiş ve kredi- fiyat etkisini meydana getirmiş olabilir. Çok uzun dönem dikkate alındığında ise incelenen tüm dönem için kredi-fiyat etkisinden söz edilebilir. SHP testine göre ise kredi-fiyat etkisi 2014 yılı ile 2017 – 2021 döneminde geçerli olabilir. 2009 – 2012 döneminde iç ve dış borçlanma maliyetlerinin düşük olması sebebiyle meydana gelen konut talebi artışının birikimli etkisi neticesinde artan konut fiyatlarının şirket bilançolarına olumlu yansımaları sonucunda kredi – fiyat etkisi 2014 yılında tespit edilmiş olabilir. 2017 – 2021

dönemi incelendiğinde ise yukarıda ifade edilen faktörlere ek olarak 2017 yılından sonra artan enflasyon neticesinde konut talebi artarak konut fiyatları yükselmiştir; dolayısıyla bilançolarda meydana gelen iyileşme kredi –fiyat etkisini meydana getirmiş olabilir.

Ayrıca uzun dönemli nedensellik örüntüsünde meydana gelen değişimler söz konusu piyasalarda meydana gelen yapısal değişimlere ilişkin kanıt sunmaktadır. Dolayısıyla CWTC testine göre 2012, 2016-17 ve 2020 yıllarında söz konusu piyasalarda yapısal değişim meydana gelmiş olabilir. SHP testi algoritmaları ise 2013-14, 2017-2019 ve 2020-21 yıllarında piyasalarda yapısal kırılma olabileceğine ilişkin kanıt elde etmiştir. 2012 yılından itibaren hemen hemen her yıl için yapısal değişimin varlığına dair kanıt elde edilmiştir. Yukarıdaki analizde bahsedilen iç ve dış kaynaklı beklenmedik ani değişimler, nedensellik ilişkisi örüntüsünü karmaşık hale getirerek yapısal değişimlere yol açtığı düşünülmektedir.

7. Sonuç

Bu çalışma Türkiye konut piyasası ve borsası endeksi arasındaki ilişkiye dair yeni kanıtlar sunmaktadır. Araştırma sonucunda, konut piyasası ve borsa endeksi arasındaki nedenselliğin zamana bağlı değiştiği ve zaman skalasına göre değişen dinamiklere sahip olduğuna ilişkin kanıtlar bulunmuştur. Söz konusu testlerin ortak sonucu konut piyasası ve borsa endeksi arasında karmaşık ve zamana bağlı değişen nedensellik örüntüsü meydana geldiğidir. Dolayısıyla söz konusu piyasalarda zamana bağlı değişen ikame, servet ve kredi-fiyat mekanizmalarının varlığına dair kanıt bulunmuştur.

Araştırma sonuçları iktisat teorisi açısından ele alındığında; Konut piyasası ve borsa endeksi arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışan teorilerin geçerli olduğu dönemler ortaya çıkmaktadır. Söz konusu piyasalar arasında çift yönlü nedensellik ilişkisini açıklayan ikame etkisi (substitution effect) zamana bağlı olarak değişmektedir. CWTC testine göre çift yönlü nedensellik ilişkisinin görüldüğü dönemler 2010 – 2012 dönemi ve 2017 – 2021 dönemidir (KFE serisinden BIST serisine uzun dönemli nedensellik ilk bakışta 2010 – 2012 dönemi ile 2020 – 2021 döneminde görülmekle birlikte dikkat edildiğinde çok uzun dönemde ise incelenen tüm dönem boyunca nedensellik görülmektedir. Bu nedenle ikame etkisinin geçerli olduğu dönemler 2010 – 2012 dönemi ve 2017 – 2021 dönemi olarak alınmıştır.). SHP testine göre ise 2014 yılı ile 2017 – 2021 döneminde ikame etkisi gözlemlenmiştir. Servet etkisi de zamana bağlı değişmektedir. Borsadan konut piyasasına nedenselliği açıklayan servet etkisi CWTC testine göre 2010 – 2012 ve 2017- 2021 dönemlerinde geçerli olabilir. SHP testine göre ise servet etkisi 2014 yılı ile 2017 – 2021 döneminde geçerli olabilir. Aynı şekilde kredi-fiyat etkisi de zamana bağlı değişmektedir. Konut piyasasından borsaya nedensellik etkisini açıklayan kredi-fiyat etkisi CWTC testine göre uzun dönemde 2010 – 2012 dönemi ve 2020 – 2021 döneminde etkilidir. Çok uzun dönem dikkate alındığında ise incelenen tüm dönem için kredi-fiyat etkisinden söz edilebilir. SHP testine göre ise kredi-fiyat etkisi 2014 yılı ile 2017 – 2021 döneminde geçerli olabilir.

Ayrıca uzun dönemli nedensellik örüntüsünde meydana gelen değişimler söz konusu piyasalarda meydana gelen yapısal değişimlere ilişkin kanıt sunmaktadır. Dolayısıyla CWTC testine göre 2012, 2016-17 ve 2020 yıllarında söz konusu piyasalarda yapısal değişim meydana gelmiş olabilir. SHP testi algoritmaları ise 2013-14, 2017-2019 ve 2020-21 yıllarında piyasalarda yapısal kırılma olabileceğine ilişkin kanıt elde etmiştir.

Dolayısıyla söz konusu piyasalar arasındaki ilişki örüntüsünde yapısal değişimler meydana geldiğine dair kanıt elde edilmiştir. Büyüme modeli, TCMB faiz politikası, FED faiz politikası, jeopolitik riskler ve pandemi sürecinin nedensellik üzerindeki olası etkileri tespit edilmiştir. Söz konusu olası faktörlerden kaynaklanan iç ve dış beklenmedik ani değişimlerin nedensellik ilişkisi üzerinde yapısal değişimlere yol açan temel faktörler olabilir. Konjonktür dalgalanmaları, konut ve borsadan etkilenmektedir. Bu nedenle politika yapıcılar makroekonomi politikalarını uzun vadeli ve kısa vadeli olarak oluştururken söz konusu ilişki ağındaki zaman skalasına bağlı değişimleri izleyerek zaman skalasına göre dinamik (proaktif-önden yüklemeli) politikalar geliştirebilirler. Aynı şekilde yatırımcılar da söz konusu değişkenlerle ilgili yatırım kararlarını alırken, bu çalışmada önerilen ampirik yaklaşımda olduğu gibi, zaman-skalasını temel alan analizleri kullanarak elde ettikleri yeni kanıtlardan faydalanarak zamana skalasına bağlı yeni ve değişen stratejiler gerçekleştirebilirler.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Etik kurul izni ve/veya yasal/özel izin alınmasına gerek olmayan bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Araştırmacıların Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Aguiar-Conraria, L., Azevedo, N. and Soares, M.J. (2008). Using wavelets to decompose the time–frequency effects of monetary policy. *Physica A*, 387, 2863–2878. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2008.01.063>
- Aguiar-Conraria, L., Soares, M.J. and Sousa, R. (2018). California’s carbon market and energy prices: A wavelet analysis. *Philosophical Transactions of the Royal Society Mathematical Physical and Engineering Sciences*, 376, 1-16. <https://doi.org/10.1098/rsta.2017.0256>
- Albulescu, C.T., Goyeau, D. and Tiwari, A.K. (2017). Co-movements and contagion between international stock index futures markets. *Empirical Economics*, 52(4), 1529-1568. <https://doi.org/10.1007/s00181-016-1113-5>
- Almasri, A. and Shukur, G. (2003). An illustration of the causality relationship between government spending and revenue using wavelets analysis on Finnish data. *Journal of Applied Statistics*, 30(5), 571–584. <https://doi.org/10.1080/0266476032000053682>
- Andries, A.M., Căpraru, B., Ichnatov, I. and Tiwari, A.K. (2017). The relationship between exchange rates and interest rates in a small open emerging economy: The case of Romania. *Economic Modelling*, 67, 261-274. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.12.025>
- Andries, A.M., Ichnatov, I. and Tiwari, A.K. (2014). Analyzing time–frequency relationship between interest rate, stock price and exchange rate through continuous wavelet. *Economic Modelling*, 41, 227-238. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.05.013>
- Bekiros, S.D. and Diks, C.G.H. (2008). The relationship between crude oil spot and futures prices: Cointegration, linear and nonlinear causality. *Energy Economics*, 30, 2673–2685. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.03.006>
- Benhmad, F. (2012). Modeling nonlinear Granger causality between the oil price and U.S. dollar: A wavelet based approach. *Economic Modelling*, 29, 1505–1514. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.01.003>
- Breitung, J. and Candelon, B. (2006). Testing for short- and long-run causality: A frequency-domain approach. *Journal of Econometrics*, 132(2), 363-378. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.02.004>
- Case, K.E., Quigley, J.M. and Shiller, R.J. (2005). Comparing wealth effects: The stock market versus the housing market. *Advances in Macroeconomics*, 5, 1–32. <https://doi.org/10.2202/1534-6013.1235>
- Chauvet, M. (1999). Stock market fluctuations and the business cycle. *Journal of Economic and Social Measurement*, 25, 235–257. doi:10.3233/JEM-1999-0166
- Chou, C.C. and Chen S.-L. (2011). Integrated or segmented? A wavelet transform analysis on relationship between stock and real estate markets. *Economics Bulletin*, 31(4), 3030-3040. Retrieved from <http://www.accessecon.com/pubs/EB/>
- Christiano, L.J. and Ljungqvist, L. (1988). Money does Granger-cause output in the bivariate money–output relation. *Journal of Monetary Economics*, 22, 217–235. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90020-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90020-7)
- Crowley, P.M. and Mayes, D.G. (2009). How fused is the euro area core? *Journal of Business Cycle Measurement and Analysis*, 1, 63-95. <https://doi.org/10.1787/19952899>
- Dhamala, M., Rangarajan, G. and Ding, M. (2008a). Estimating Granger causality from Fourier and wavelet transforms of time series data. *Physical Review Letters*, 100(1), 018701. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.100.018701>
- Dhamala, M., Rangarajan, G. and Ding, M. (2008b). Analyzing information flow in brain networks with nonparametric Granger causality. *NeuroImage*, 41, 354–362. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.02.020>
- Diks, C. and Panchenko, V. (2006). A new statistic and practical guidelines for nonparametric Granger causality testing. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 30, 1647–1669. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2005.08.008>

- Durai, S.R.S. and Bhaduri, S.N. (2009). Stock prices, inflation and output: Evidence from wavelet analysis. *Economic Modelling*, 26(5), 1089-1092. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2009.04.005>
- Eichenbaum, M. and Singleton, K.J. (1986). Do equilibrium real business cycle theories explain postwar U.S. business cycles. *NBER Macroeconomics Annual*, 1, 91–146. Retrieved from <http://www.nber.org/>
- Eichler, M. (2007). Granger causality and path diagrams for multivariate time series. *Journal of Econometrics*, 137(2), 334-353. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.06.032>
- Geweke, J. (1982). Measurement of linear dependence and feedback between multiple time series. *Journal of the American Statistical Association*, 77(378), 304-313. doi:10.1080/01621459.1982.10477803
- Grinsted, A., Moore, J.C. and Jevrejeva, S. (2004). Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11, 561–566 <https://doi.org/10.5194/npg-11-561-2004>
- Hong, Y., Liu, Y. and Wang, S. (2009). Granger causality in risk and detection of extreme risk spillover between financial markets. *Journal of Econometrics*, 150(2), 271-287. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2008.12.013>
- Iacoviello, M. and Neri, S. (2010). Housing market spillovers: Evidence from an estimated DSGE model. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2, 125–164. doi:10.1257/mac.2.2.125
- In, F. and Kim, S. (2006). The hedge ratio and the empirical relationship between the stock and futures markets: A new approach using wavelet analysis. *The Journal of Business*, 79(2), 799-820. <https://doi.org/10.1086/499138>
- Kapopoulos, P. and Siokis, F. (2005). Stock and real estate prices in Greece: Wealth versus ‘credit-price’ effect. *Applied Economics Letters*, 12(2), 125–128. <https://doi.org/10.1080/1350485042000307107>
- Kim, S. and In, F.H. (2003). The relationship between financial variables and real economic activity: Evidence from spectral and wavelet analyses. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 7(4). <https://doi.org/10.2202/1558-3708.1183>
- Leamer, E.E. (2007). *Housing is the business cycle* (NBER Working Paper No. 13428). Retrieved from https://www.nber.org/system/files/working_papers/w13428/w13428.pdf
- Leamer, E.E. (2015). Housing really is the business cycle: What survives the lessons of 2008–09? *Journal of Money, Credit and Banking*, 47(1), 53-50. <https://doi.org/10.1111/jmcb.12189>
- Li, J-P., Fan, J-J., Su, C-W. and Lobont, O-R. (2017). Investment coordinates in the context of housing and stock markets nexus. *Applied Economics Letters*, 24(20), 1455-1463. <https://doi.org/10.1080/13504851.2017.1284978>
- Li, X.L., Tsangyao, C., Miller, S.M., Balcilar, M. and Gupta, R. (2015). The Co-movement and causality between the U.S housing and stock markets in the time and frequency domains. *International Review of Economics and Finance*, 38, 220–233. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2015.02.028>
- Månsson, K. (2012). A wavelet-based approach of testing for Granger causality in the presence of GARCH effects. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 41(4), 717-728. <https://doi.org/10.1080/03610926.2010.529535>
- Mitra, S. (2006). A wavelet filtering based analysis of macroeconomic indicators: The Indian evidence. *Applied Mathematics and Computation* 175, 1055–1079. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.08.019>
- Moore, G.H. (1983). Security markets and business cycles. In G.H. Moore (Ed.), *Business cycles, & forecasting inflation* (pp .139–160). California: Ballinger
- Olayeni, O.R. (2016). Causality in continuous wavelet transform without spectral matrix factorization: Theory and application. *Computational Economics*, 47(3), 321-340. <https://doi.org/10.1007/s10614-015-9489-4>

- Polanco-Martínez, J.M. and Abadie, L.M. (2016). Analyzing crude oil spot price dynamics versus long term future prices: A wavelet analysis approach. *Energies*, 9(12), 1089. 1-19, <https://doi.org/10.3390/en9121089>
- Rhif, M., Ben Abbes, A., Farah, I.R., Martínez, B. and Sang, Y. (2019). Wavelet transform application for/in non-stationary time-series analysis: A review. *Applied Sciences*, 9(7), 1345. <https://doi.org/10.3390/app9071345>
- Rua, A. (2010). Measuring comovement in the time frequency space. *Journal of Macroeconomics*, 32, 685–91. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2009.12.005>
- Rua, A. (2013). Worldwide synchronization since the nineteenth century: A wavelet-based view. *Applied Economics Letters*, 20(8), 773-776. <https://doi.org/10.1080/13504851.2012.744129>
- Rua, A. and Nunes, L.C. (2012). A wavelet-based assessment of market risk: The emerging markets case. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 52(1), 84-92. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2011.12.001>
- Shi, S., Hurn, S. and Phillips, P.B. (2020). Causal change detection in possibly integrated systems: Revisiting the money- income relationship. *Journal of Financial Econometrics*, 18(1), 158-180. <https://doi.org/10.1093/jjfinec/nbz004>
- Sims, C.A. (1987). Vector Autoregressions and reality: Comment. *Journal of Business & Economic Statistics*, 5(4), 443–449. <https://doi.org/10.2307/1391993>
- Stock, J.H. and Watson, M.W. (1989). Interpreting the evidence on money–income causality. *Journal of Econometrics*, 40(1), 161–181. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(89\)90035-3](https://doi.org/10.1016/0304-4076(89)90035-3)
- Tiwari, A.K., Mutascu, M.I. and Albuлесcu, C.T. (2013). The influence of the international oil prices on the real effective exchange rate in Romania in a wavelet transform framework. *Energy Economics*, 40, 714-733. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.08.016>
- Toda, H.Y. and Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressive with possibly integrated process. *Journal of Econometrics*, 66, 225-250. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01616-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01616-8)
- Torrence, C. and Compo, G.P. (1998). A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1), 61-78. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2)
- Wilson, G.T. (1972). The factorization of matricial spectral densities. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 23(4), 420-426. <https://doi.org/10.1137/0123044>
- Wilson, G.T. (1978). A convergence theorem for spectral factorization. *Journal of Multivariate Analysis*, 8(2), 222 - 232. [https://doi.org/10.1016/0047-259X\(78\)90073-8](https://doi.org/10.1016/0047-259X(78)90073-8)

EFFECT MECHANISMS OF CAPITAL MARKETS ON HOUSING PRICES THROUGH DYNAMIC CAUSALITY: THE CASE OF TURKEY

EXTENDED SUMMARY

Introduction – Purpose of the Study

This study investigates the time dependent evolution of the causality relationship between housing and stock markets. Relationship among financial and commodity markets have dynamic nature. In this dynamic structure, proposing new insights and evidence to policy makers, researchers and investors based on the results obtained from empirical analysis provides critical contributions to economic stability today. Fluctuations in these markets affects economic growth, thus causes socio-economic changes in economies. In this context, examining the temporal variations of causality relations in these markets has become a necessity for investors and policy makers, as it provides useful insights in terms of understanding the nature of the inter-market information flows. The main purpose of this study is to reveal the time-based and scale based causality information flow between housing price and stock market index, and to find evidence for both whether and when theories regarding relationship between housing and stock markets are valid empirically by using the empirical approach proposing the use of SPH (Shi – Hurn – Phillips (2020) test) and CWTC (Continuous Wavelet Transformation Based Granger Causality Test) tests.

Literature

Li et al. 2015 states that the housing sector plays an important role in the boom and bust of the US business cycle. During the great recession, the housing bubble and the subsequent stock market crash affected the entire global economy and caused great losses in the US and other economies. Similarly, Li et al. 2017 emphasizes that rapid growth in the Chinese economy in the past years leads to rapid rises in the both housing and stock market. However, many investors suffered great losses in the stock market and missed the opportunity to benefit from the rapid rise in the housing market because the fact that investors do not have deep knowledge of the relationship between these markets, possible risks, and that they do not have effective investment strategies. Li et al 2015 and Li et al. 2017 find that there exist complicated time dependent causal information flow between housing and stock markets. They indicate that theoretical mechanisms of wealth effect, credit-price effect, and substitution effect are valid empirically for the causal relationship between housing and stock markets.

Data Set and Method

The data set used in the analysis includes monthly housing price index (KFE) and BIST 100 index (BIST) for the period of January 2010 – December 2021. The length of each time series consists of 144 observations.

The empirical approach of this study is to employ CWTC and SPH tests to reveal hidden causality information flow between KFE and BIST indices. Shi et al. (2020) developed three algorithms (short for SHP) based on modified Wald tests to detect time-dependent changes in

the causality relationship. Parametric SHP allows for the detection of changes in the causality relationship. Moreover, SPH exempts from the necessity of de-trending process or taking the difference of the data before the testing procedure. In addition, SHP tests are robust to the possible integration structure between the datasets since they use the lag augmented vector autoregressive model (LA-VAR). Therefore, SHP tests can be employed without the need for prior knowledge of the existence of unit root or cointegration between time series. Unlike the VECM (Vector Error Correction Model) model, the LA-VAR model does not affected by nuisance parameter dependency or non-standard limit distribution since it does not require a priori cointegration testing process. Therefore, SHP tests can be used to analyse the time-dependent variation of the causality relationship between data with a time-dependent trend and a possible integration relationship. CWTC has significant advantages over other tests: For it uses the continuous wavelet transform, it allows for analysing the changes in the causality relationship in the time dimension as well as the frequency dimension. Since the CWTC test is non-parametric causality test, it exempt from the necessity of determining the lag number in the autoregressive modelling process. Thus, the possibility of the spurious causality relationship arising due to lag structure, which is critical in the analysis of data with long-term fluctuations or long memory, is also eliminated. As a result, the CWTC test can examine the causality relationship in time-frequency dimensions in more detail than the traditional causality test, by enabling the analysis of the time, frequency and magnitude changes of the causality relationship through the non-parametric estimation process.

Empirical Findings

Through using the CWTC and SPH, which allow for the analysis of non-stationary data directly, evidence that the causality between the housing and stock markets varies over time and has dynamics varying based on time scale is found in this study. Overall result of aforementioned tests indicates that causality between housing and stock market has time dependent and complex nature. This study finds evidence in favour of time dependent wealth, substitution, and credit-price mechanisms between markets. Moreover, results indicate that structural changes exist in causality relationship. Growth model, Central Bank of Turkey (CBT) interest rate policy, Federal Reserve Bank (FED) interest policy, geopolitical risk factors and pandemics are possible factors affecting causality relationship. Local and global unexpected changes due to these factors may lead to structural changes in causality relationship. Housing market and stock market affects the business cycles.

Discussion and Conclusion

While developing long and short run macroeconomic policies, policy makers may develop both long and short run time scale based proactive dynamic policies by monitoring the changes depending on the time scale in the causality relationship patterns. Likewise, while making investment decisions about these instruments, investors may develop time-scale based strategies though new evidence obtained by employing time-scale based analyzes, such as the empirical approach proposed in this study.