

Araştırma Makalesi

Türkiye'deki Ekonomik Karmaşıklık ve Sermaye Piyasası Arasındaki İlişkinin Zaman Frekans Tabanlı Nedensellik Analizi: Fourier ve Dalgacık Yaklaşımlarından Kanıtlar

Time–Frequency Based Causality Analysis of the Relationship Between Economic Complexity and Capital Markets in Turkey: Evidence from Fourier and Wavelet Approaches

Ashlı ÖZEN ATABEY

Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu

aatabey@ksu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-6122-1101>

Makale Geliş Tarihi	Makale Kabul Tarihi
16.04.2025	25.04.2025

Öz

Ülkelerin üretim çeşitliliği ve teknolojik yetkinlik düzeylerini yansıtan ekonomik karmaşıklık, finansal piyasa dinamiklerini anlamada önemli bir ölçüttür. Bu çalışmada, Türkiye'deki ekonomik karmaşıklık ile sermaye piyasası arasındaki ilişki 1995–2023 dönemi için analiz edilmektedir. Araştırmada, Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI) ile BIST100 endeksi, işlem hacmi, şirket sayısı, piyasa kapitalizasyonu ve yabancı yatırımcı işlem hacmi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Yöntem olarak Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi ile Dalgacık Tutarlılık Testi kullanılmış olup bulgular, ECI'nin BIST100, işlem hacmi ve şirket sayısı üzerinde belirgin etkiler yarattığını göstermektedir. Özellikle şirket sayısı ile ekonomik karmaşıklık arasında çift yönlü nedensellik bulunmuştur. Buna karşın, piyasa kapitalizasyonu ile ECI arasında anlamlı bir nedensellik gözlenmemiştir. Yabancı yatırımcı işlem hacmi ile ECI arasındaki ilişkinin ise sınırlı bir dönemde geçerli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 1998-2008 döneminde ECI ile BIST100 arasındaki ilişkinin güçlü olduğu, ancak 2008 krizi sonrası zayıfladığı gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular, ekonomik karmaşıklığın sermaye piyasası üzerindeki etkisinin zaman içinde değişkenlik arz ettiğini ve piyasa dinamiklerinin ekonomik çeşitliliğe hassas olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın, Türkiye'de ekonomik karmaşıklık ile sermaye piyasaları arasındaki ilişkinin zaman-frekans düzlemindeki evrimini analiz ederek, finansal piyasaların dinamik doğasının daha derinlemesine anlaşılmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik Karmaşıklık, Sermaye Piyasası, Dalgacık Tutarlılık Analizi, Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik Testi, Türkiye

Abstract

Economic complexity, reflecting a country's production diversity and technological capability, is a key indicator for understanding financial market dynamics. This study examines the relationship between economic complexity and Türkiye's capital market from 1995 to 2023. The analysis focuses on interactions between the Economic Complexity Index (ECI) and indicators such as the BIST100 index, trading volume, number of listed companies, market capitalization, and foreign investor volume. The Fourier Toda-Yamamoto causality test and Wavelet Coherence Test are employed. Results indicate that ECI significantly impacts the BIST100 index, trading volume, and number of listed companies. A bidirectional causality is found between ECI and number of firms. However, no significant causality is observed between ECI and market capitalization. The relationship between ECI and foreign investor volume exists only for a limited period. The ECI–BIST100 linkage is strong from 1998 to 2008 but weakens post-crisis. The findings suggest that the influence of economic complexity on capital markets changes over time, reflecting the sensitivity of market dynamics to economic

Önerilen Atıf /Suggested Citation

Özen Atabey, A., 2025, Türkiye'deki Ekonomik Karmaşıklık ve Sermaye Piyasası Arasındaki İlişkinin Zaman Frekans Tabanlı Nedensellik Analizi: Fourier ve Dalgacık Yaklaşımlarından Kanıtlar, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 60(2), 1589-1607.

diversity. This study contributes to the literature by examining the time–frequency evolution of the relationship between economic complexity and capital markets in Türkiye, offering deeper insight into financial market dynamics.

Keywords: *Economic Complexity, Capital Market, Wavelet Coherence Analysis, Fourier Toda-Yamamoto Causality Test, Türkiye*

1. Giriş

Ekonomik karmaşıklık, bir ülkenin üretim kapasitesinin ve sanayi çeşitliliğinin bir göstergesi olarak, finansal piyasalar ve yatırım dinamikleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Hidalgo ve Hausmann (2009) tarafından geliştirilen Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI), bir ülkenin üretim ve ihracat yapısını analiz ederek, ekonomik çeşitliliğin ve üretim karmaşıklığının boyutlarını ortaya koymaktadır. Daha karmaşık ve teknoloji yoğun üretim yapılarına sahip ülkeler, uzun vadeli büyüme potansiyeli sunarak yabancı yatırımcılar için daha cazip hale gelmekte ve bu durum finansal piyasaların derinleşmesini sağlamaktadır (Tacchella ve ark., 2018).

Finansal piyasalar açısından ekonomik karmaşıklık, daha sürdürülebilir ve çeşitli yatırım fırsatları sunarak piyasaların istikrarına katkıda bulunabilir. Özellikle gelişmekte olan ekonomilerde sermaye piyasaları, üretim yapısındaki değişimlere ve sanayi politikalarına duyarlıdır (Cristelli ve ark., 2015). Mishkin (1999) finansal istikrarın sağlanabilmesi için ekonomik yapının çeşitliliğinin ve sağlamlığının kritik bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Buna göre, üretim yapısının daha karmaşık hale gelmesi, finansal sistemde riskleri azaltarak piyasaların dalgalanmalara karşı daha dirençli olmasını sağlayabilir. Finansal istikrarın ekonomik gelişim için kritik bir unsur olduğunu vurgulayan Mishkin (1999) üretim yapısındaki çeşitliliğin finansal piyasalar üzerindeki olası etkilerine dikkat çekmektedir. Özellikle karmaşık üretim süreçlerine sahip ülkelerde, genişleyen üretim tabanı sayesinde ekonomik şoklara karşı direnç artmakta ve bu durum yatırımcıların belirsizlik algılarını azaltmaktadır. Ekonomik karmaşıklığın yüksek olduğu ülkelerde inovasyon kapasitesinin de güçlü olması, uzun vadeli yatırımları teşvik ederek piyasalardaki oynaklığı düşürebilmektedir. Ancak, ekonomik karmaşıklığın piyasa istikrarına etkisi her zaman doğrusal değildir. Finansal piyasaların gelişmişliği, kurumsal yapıların sağlamlığı ve yatırımcı davranışları gibi faktörler, bu ilişkinin yönünü ve büyüklüğünü belirleyebilir. Örneğin, teknoloji yoğun sektörlerle bağımlı ülkeler, karmaşıklık avantajına rağmen küresel krizlerde dalgalanmalara maruz kalabilir. Bu nedenle, ekonomik karmaşıklığın sermaye piyasalarına etkileri değerlendirilirken, makroekonomik yapı ve finansal sistemin dayanıklılığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Türkiye gibi yükselen piyasalar için bu ilişkiyi incelemek, finansal istikrarın korunması, yatırımcı güveninin artırılması ve uzun vadeli büyüme stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Hidalgo ve Hausmann, 2009; Tacchella ve ark., 2018; Mishkin, 1999).

Finansal piyasaların performansını belirleyen unsurlar üzerine yapılan mevcut çalışmalar genellikle makroekonomik istikrar ve büyüme (Levine, 1997), kurumsal yapı (Kanca ve ark., 2021) ve finansal serbestleşme (Demirgüç-Kunt ve Detragiache, 1998) gibi değişkenlere odaklanmaktadır. Buna karşın, ekonomik karmaşıklığın sermaye piyasalarına etkisini ele alan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Genel olarak ekonomik karmaşıklık, ülkelerin üretim yapılarının çeşitliliğini ve teknoloji yoğunluğunu artırarak uluslararası rekabet gücünü yükselten bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Daha karmaşık üretim yapısına sahip ülkeler, bilgiye dayalı sektörlerde uzmanlaşarak yabancı yatırımcılar için daha cazip hale gelmekte ve bu durum sermaye piyasalarına olan ilgiyi artırmaktadır. Bu bağlamda, ekonomik karmaşıklığın artmasıyla birlikte, piyasalardaki işlem hacmi, yatırımcı güveni ve finansal istikrarın güçlenebileceği öne sürülmektedir (Hidalgo ve Hausmann, 2009; Tacchella ve ark., 2018; Mishkin, 1999). Diğer yandan, finansal piyasaların ekonomik karmaşıklık üzerindeki etkisi de önemli bir araştırma alanıdır. Literatürde, finansal piyasaların sanayi çeşitliliğini desteklediği ve özellikle sermaye yoğun sektörlerin finansal gelişmişlikten faydalandığı belirtilmektedir (Hausmann ve ark., 2013). Ancak, bu ilişkinin gelişmekte olan ekonomilerde nasıl şekillendiği konusunda literatürde önemli bir boşluk bulunmaktadır. Ekonomik karmaşıklık ile finansal piyasalar arasındaki ilişkinin dinamik ve çok yönlü doğası, hem teorik hem de ampirik araştırmalar için zengin bir zemin sunmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, bu ilişkinin incelenmesi, finansal istikrar ve ekonomik büyüme politikalarının etkinliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, ekonomik karmaşıklığın sermaye piyasaları üzerindeki etkisini anlamak, yatırımcı güveninin artırılması, finansal sistemin derinleşmesi ve sürdürülebilir büyüme stratejilerinin oluşturulması açısından büyük bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışma, Türkiye sermaye piyasası ile ekonomik karmaşıklık arasındaki ilişkiyi 1995-2023 dönemi için analiz ederek bu alandaki araştırma boşluğunu doldurmayı amaçlamaktadır. Çalışmada, Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI) ile BIST100 endeksi, toplam işlem hacmi, borsada işlem gören şirket sayısı, piyasa kapitalizasyonu ve yabancı yatırımcı işlem hacmi arasındaki etkileşimler incelenmektedir. Daha önceki

çalışmaların aksine, bu çalışmada Fourier Toda-Yamamoto (FTY) nedensellik testi ve Dalgacık Tutarlılık Testi (WTC) yöntemleri kullanılarak, zaman içinde değişen ilişkiler ve yapısal kırılmalar dikkate alınmaktadır. Bu yöntemler, ekonomik değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri ortaya koyarak daha güvenilir ve kapsamlı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Böylece, ekonomik karmaşıklığın finansal piyasalara etkisini belirleyen faktörler daha ayrıntılı bir şekilde analiz edilerek, Türkiye bağlamında politika yapıcılar ve yatırımcılar için önemli çıkarımlar sunulmaktadır.

Bu çalışmanın literatüre katkıları üç temel noktada özetlenebilir. Birincisi, ekonomik karmaşıklığın finansal piyasalar üzerindeki etkilerini ele alan sınırlı literatüre katkı sağlayarak, ekonomik çeşitliliğin yatırım kararları üzerindeki rolünü ampirik olarak değerlendirmektedir. İkincisi, mevcut literatürde bu ilişkiyi zaman-frekans boyutunda inceleyen çalışmalara rastlanılmamış olması nedeniyle alanyazına özgün bir katkı sunan bu çalışma, aynı zamanda FTY nedensellik testi ve WTC analizi gibi ileri düzey ekonometrik yöntemler kullanarak geleneksel zaman serisi analizlerinin sınırlamalarını aşmayı hedeflemektedir. Bu sayede Türkiye’de ekonomik karmaşıklık ve sermaye piyasası arasındaki dinamik ilişkinin derinlemesine anlaşılmasına imkan tanımaktadır. Çalışmanın bir diğer önemli katkısı, elde edilen bulguların politika yapıcılar ve yatırımcılar için taşıdığı potansiyel önemi vurgulayarak, ekonomik çeşitliliğin finansal piyasa istikrarına katkı sağlayıp sağlayamayacağını ampirik olarak ortaya koymaktır. Ekonomik karmaşıklık ve finansal piyasalar arasındaki ilişkinin ampirik incelenmesi şu şekilde yapılandırılmıştır: İlk bölümde, araştırmanın temel motivasyonu ve hedefleri sunulmaktadır. İkinci bölümde, ekonomik karmaşıklık ve finansal piyasalar arasındaki ilişkiyi ele alan literatür kapsamlı bir şekilde incelenmektedir. Üçüncü bölümde, kullanılan veri seti ve ampirik metodoloji detaylı olarak açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde, elde edilen ampirik bulgular sunulmakta olup beşinci ve son bölümde ise, araştırma sonuçları değerlendirilmekte, politika yapıcılar ve yatırımcılar için öneriler sunulmaktadır.

2. Literatür Taraması

Ekonomik karmaşıklık, bir ülkenin üretim yapısının çeşitliliğini ve sofistikasyonunu ifade ederken, finansal gelişme ise finansal kurumların ve piyasaların derinliğini, erişimini ve verimliliğini kapsamaktadır. Bu alandaki literatür ekonomik karmaşıklığın finansal gelişme ve sermaye piyasası performansı üzerindeki etkilerini ve finansal piyasaların ekonomik karmaşıklığı nasıl etkilediğini çeşitli boyutlarıyla ele almaktadır.

Can ve Doğan (2018), ekonomik karmaşıklık ile finansal gelişme arasındaki ilişkiyi Türkiye örneğinde 1980-2015 yılları arasındaki verilerle ve Maki eşbütünleşme analizi ile ampirik olarak analiz etmişler ve finansal gelişmenin ekonomik karmaşıklığı pozitif yönde etkilediği, ancak bu etkinin sınırlı olduğu yönünde ampirik kanıtlar elde etmişlerdir. Benzer sonuçlara ulaşan Chu (2019), finansal gelişmenin ekonomik sofistikasyon üzerindeki etkisini 1968-2015 yılları arasında 94 ülkeye ait panel veri setini kullanarak Sistem Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) ile incelediği çalışmasında hem bankacılık sektörünün büyümesi hem de borsa piyasasının genişlemesinin ekonomik sofistikasyon üzerinde olumlu katkı sağladığını, ancak bankacılık sektörünün etkisinin yüksek gelirli ülkelerde daha belirgin olduğunu ortaya koymuştur. Ekonomik karmaşıklığın ölçülmesi ve finansal piyasalarla ilişkisi üzerine yapılan bu çalışmalar, farklı boyutlarda olsa da ekonomik karmaşıklığın önemini ve finansal sistemle olan etkileşimini vurgulamaktadır.

Ekonomik karmaşıklığın finansal piyasalar üzerindeki etkileri incelenirken, finansal piyasaların ekonomik karmaşıklığı nasıl şekillendirdiği de önemli bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Karasoy’un (2022) çalışması, bu ters yönlü etkileşimlere dair kapsamlı bir analiz sunmaktadır. Söz konusu çalışmada 1970-2017 yılları arasında Türkiye’ye ait yıllık verileri kullanılarak Fourier-Frekanslı Koentegrasyon ve Granger Nedensellik Testleri ile gerçekleştirilen analizler neticesinde; küreselleşme ve politik küreselleşmenin hem doğrudan hem de finansal kalkınma aracılığıyla ekonomik karmaşıklığı artırdığı, ekonomik küreselleşmenin finansal kalkınma aracılığıyla ekonomik karmaşıklığı etkilediği, sosyal küreselleşme ve finansal kalkınmanın doğrudan ekonomik karmaşıklığı artırdığı yönünde ampirik kanıtlar elde edilmiştir. Nguyen ve Su (2021), 2002-2017 yılları arasında 86 ülkeyi kapsayan panel veri seti ile finansal verimlilik, finansal erişim ve finansal derinlik ölçütlerini kullanarak finansal gelişimin ekonomik karmaşıklık üzerindeki etkilerini PCSE (Panel-Corrected Standard Errors) ile incelemişlerdir. Bulgular, finansal gelişimin ekonomik karmaşıklığı önemli ölçüde artırdığını, ancak finansal kurumların etkisinin finansal piyasalardan daha büyük olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde Ndoya ve ark. (2023), 1995-2018 yılları arasında 92 gelişmekte olan ülkeyi kapsayan çalışmalarında finansal gelişimin ekonomik karmaşıklık üzerindeki etkisini Sonlu Karışım Modeli (Finite Mixture Model) ile analiz etmişlerdir. Bulgular, finansal gelişimin ekonomik karmaşıklığı önemli ölçüde etkilediğini, ancak bu etkinin ülkeler arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, daha istikrarlı ülkelerin finansal gelişime bağlı olarak daha karmaşık üretim yapıları geliştirme eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Ekonomik karmaşıklık ve finansal gelişme arasındaki ilişkinin farklı coğrafyalarda nasıl

tezahür ettiğini anlamak amacıyla, araştırmacılar Afrika ülkelerine odaklanan ampirik analizler gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda Njangang ve ark. (2021), 1983-2017 yıllarında 24 Afrika ülkesini kapsayarak, finansal gelişimin ekonomik karmaşıklık üzerindeki etkisini Driscoll-Kraay ve GMM yöntemleriyle analiz etmişlerdir. Bulgular, finansal gelişimin ekonomik karmaşıklığı genel olarak artırdığını, ancak etkinin Kuzey Afrika'da daha güçlü olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bankacılık sektörünün daha belirleyici olduğu ve demokratik ülkelerde finansal sistemlerin ekonomik çeşitlenmeyi teşvik ettiği tespit edilmiştir. Yine Olaniyi ve Odhiambo (2023), 1995-2020 yılları arasında 29 Afrika ülkesi örneğinde finansal gelişimin ekonomik karmaşıklık ile olan ilişkisini Sistem GMM, Driscoll-Kraay nonparametrik kovaryans matrisi tahmini ve Moment Yöntemiyle Kantil Regresyonu (MMQR) kullanarak analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, güçlü kurumsal yapılar finansal gelişimin ekonomik karmaşıklığı artırma kapasitesini güçlendirmekte; buna karşılık, kurumsal kalitenin düşük olduğu ülkelerde bu potansiyelin sınırlı kaldığı görülmektedir.

Ekonomik karmaşıklık alanındaki çalışmaların bir kısmı da bu kavramın ölçülmesi ve analiz edilmesine yönelik metodolojik yaklaşımlara odaklanmaktadır. Hidalgo ve Hausmann (2009), ekonomik karmaşıklığın ülkelerin kalkınma seviyeleri üzerindeki etkisini araştırırken, üretim yetkinliklerinin önemini vurgulamış olup 1962-2000 yılları arasındaki ticaret verilerini kullanarak iki parçalı ağ (bipartite network) modeli ile ekonomik karmaşıklığın ülkelerin kalkınma seviyelerine etkisini analiz etmişlerdir. Ekonomik karmaşıklığın ülkelerin gelir seviyeleri ile doğrudan ilişkili olduğunu, daha fazla üretim yetkinliğine sahip ülkelerin uzun vadede daha hızlı ekonomik kalkındıklarını ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak, ekonomik karmaşıklığın ekonomik büyümeye etkisini inceleyen bu çalışmalar, karmaşıklık düzeyi yüksek ülkelerin daha sürdürülebilir büyüme oranlarına sahip olduklarını ve üretim çeşitliliğinin uzun vadeli ekonomik performansı önemli ölçüde belirlediğini göstermektedir. Tacchella ve ark. (2012), ekonomik karmaşıklığın doğrusal olmayan iteratif bir algoritma ile ölçülmesi gerekliliğini ortaya koyarak, ülkelerin üretim çeşitliliği ve sofistikasyonunu daha gerçekçi bir biçimde belirlemeye yönelik yeni bir metrik sunmuşlardır. Araştırma bulguları, ekonomik karmaşıklığın ülkelerin ihracat çeşitliliğini artırarak küresel rekabet avantajı sağladığını ve daha karmaşık üretim yapısına sahip ülkelerin ekonomik büyüme açısından daha avantajlı olduğunu, ekonomik karmaşıklığın finansal piyasaların sürdürülebilir büyümesi ve yatırımcı güveni açısından da belirleyici olabileceğini göstermektedir. Cristelli ve ark. (2015), ekonomik karmaşıklık teorisinin ekonomik büyümeye ve rekabet gücüne etkisini değerlendirmek için fitness-gelir düzlemi modelini geliştirerek, Seçici Öngörülebilirlik Şeması (SPS) yöntemini kullanmış ve ülkelerin ekonomik karmaşıklık düzeylerine göre farklı dinamiklere sahip olduklarını ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde, Abdon ve ark., (2010), 124 ülke ve 5.107 ürünü kapsayan ticaret verilerini kullanarak Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI) ve "Reflections Method" yöntemiyle ürün karmaşıklığının ekonomik kalkınma ile olan ilişkisini incelemiş ve daha karmaşık ürünleri ihraç eden ülkelerin uzun vadede daha yüksek büyüme oranlarına ulaştıklarını ortaya koymuşlardır. Hausmann ve ark. (2013), 128 ülkenin 1962-2011 dönemine ait veri setini kullanarak ekonomik karmaşıklığın uzun vadeli gelir seviyeleri ile olan ilişkisini incelemiş ve karmaşıklık seviyesi yüksek olan ülkelerin daha hızlı ekonomik kalkınma gösterdiklerini belirlemişlerdir. Ferrarini ve Scaramozzino (2016) ise 1990-2009 yılları arasında 89 ülkeden oluşan bir örneklem kullanarak içsel büyüme modeli ile üretim karmaşıklığının ekonomik büyümeye etkisini analiz etmiş ve daha karmaşık üretim yapısına sahip ülkelerin daha hızlı ekonomik büyümeye ulaştıklarını bulmuşlardır. Ancak, kısa vadede karmaşıklık artışının hata olasılığını artırarak ekonomik dengesizliklere yol açabileceğini belirtmişlerdir. Aynı tarihlerde Daude (2016), 1976-2010 yılları arasında 43 ülkeyi kapsayan bir veri seti kullanarak Bayesyen Model Ortalaması (BMA) yöntemiyle üretim kapasitelerinin belirleyicilerini incelemiştir. Bulgular, ülkelerin üretim kapasitesinin büyük ölçüde önceki üretim kapasiteleriyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, emtia ticaret koşulları, sermaye işgücü oranı ve kamu harcamalarının üretim kapasitesi üzerinde önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir. Güncel çalışmalardan Dam ve Frenken (2023), ekonomik gelişimin üretim çeşitliliği ve karmaşıklığın zaman içindeki değişimiyle nasıl şekillendiğini, ülkelerin yeni kapasiteler kazandıkça üretim çeşitliliğini nasıl değiştirdiğini kombinatorial bir model kullanarak analiz etmişlerdir. Bulgular, üretim çeşitliliğinin belirli bir noktaya kadar arttığını ancak sonrasında azalmaya başladığını ve bu durumun ülkelerin ekonomik kalkınma düzeyine bağlı olarak farklılaştığını ortaya koymaktadır. Bir diğer güncel çalışmada Uribe (2025), ekonomik karmaşıklık ile maddi olmayan varlık yatırımları arasındaki ilişkiyi inceleyerek, 27 ülke ve tüm sektör sınıflamalarını kapsayan 1995-2020 dönemi verilerini analiz etmiş ve çift makineli öğrenme (DML) ile açıklanabilir yapay zeka (XAI) yöntemlerini kullanmıştır. Bulgular, Ar-Ge yatırımlarının ekonomik karmaşıklığın en güçlü belirleyicisi olduğunu ve yüksek bilgi yoğunluklu sektörlerde yapılan yatırımların ekonomik karmaşıklığı artırdığını göstermiştir. Ancak, ekonomik karmaşıklığı artırmak için yalnızca maddi olmayan varlık yatırımı yapmak yeterli olmamakta, bu yatırımların doğru sektörlerde ve tamamlayıcı politikalarla desteklenmesi gerekmektedir. Sonuç olarak, ekonomik karmaşıklığın ekonomik büyümeye etkisini inceleyen bu çalışmalar,

karmaşıklık düzeyi yüksek ülkelerin daha sürdürülebilir büyüme oranlarına sahip olduklarını ve üretim çeşitliliğinin uzun vadeli ekonomik performansı önemli ölçüde belirlediğini göstermektedir.

3. Veri Seti ve Ampirik Yöntem

Bu çalışmada, 1995–2023 dönemi Türkiye verileri kullanılarak ekonomik karmaşıklık ile sermaye piyasası arasındaki ilişki, Dalgacık Tutarlılığı Testi (WTC) ve Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik Testi (FTY) gibi gelişmiş ekonometrik yöntemler aracılığıyla analiz edilmiştir. Aşağıda, kullanılan veri seti ve ampirik yöntemlere ilişkin detaylı bilgiler sunulmaktadır.

3.1. Veri Seti

Bu çalışmada, Türkiye’de ekonomik karmaşıklığın sermaye piyasaları üzerindeki etkisi 1995-2023 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak WTC ve FTY Nedensellik Testi ile analiz edilmiştir. Çalışmada, Türkiye’deki ekonomik karmaşıklığın sermaye piyasalarındaki dinamikleri nasıl etkilediğini ortaya koymak amacıyla Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI) ve sermaye piyasası performans göstergeleri olarak BIST100 Endeksi (BIST100), toplam işlem hacmi (HACİM), borsada işlem gören şirket sayısı (SAYI), piyasa kapitalizasyonu (CAPİTAL) ve yabancı yatırımcı işlem hacmi (YİHACİM) seçilmiştir. Bu değişkenler, finansal piyasaların büyüklüğü, likiditesi ve yatırımcı davranışları ile ilgili kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.

Değişkenlere ait bilgiler Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1: Değişkenlere Ait Bilgiler

Değişkenler	Kısaltma	Açıklama	Kaynak
Ekonomik Karmaşıklık Endeksi	ECI	Bir ülkenin üretim yapısının çeşitliliği ve sofistikasyonunu ölçen bir göstergedir.	Harvard Growth Lab., (2024).
BIST100	BIST100	Borsa İstanbul’da işlem gören en büyük 100 şirketin hisse senetlerini içeren, kapanış fiyatlarına dayalı ve günlük işlem hacmiyle desteklenen piyasa performans göstergesidir. (Ocak 1986=0,01)	Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB), (2024)
Toplam İşlem Hacmi	HACİM	Borsalarda gerçekleştirilen toplam işlem hacminin GSYH’ya oranını ifade eder.	Sermaye Piyasası Kurulu (SPK), (2024)
Şirket Sayısı	SAYI	Borsalarda işlem gören şirket sayılarının (yerli ve yabancı toplamı) toplamıdır.	SPK (2024)
Piyasa Kapitalizasyonu	CAPİTAL	Borsada işlem gören şirketlerin toplam piyasa değerinin GSYH içindeki oranını gösterir.	SPK (2024)
Yabancı Yatırımcı İşlem Hacmi	YİHACİM	Borsa İstanbul’da (BIST) işlem gören hisse senetlerinde yabancı yatırımcıların gerçekleştirdiği toplam işlem hacminin milyon ABD doları cinsinden payını ifade eder.	SPK, (n.d.). Faaliyet Raporları / İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB), (1997)

Tablo 1’de bilgileri verilen; ECI, BIST100, HACİM, SAYI, CAPİTAL ve YİHACİM gibi değişkenler Türkiye sermaye piyasasının performansında kritik bir rol oynamaktadırlar. “ECI”, Türkiye’nin üretim kapasitesinin gelişmişliğini ve rekabetçiliğini ortaya koyarak sermaye piyasalarındaki uzun vadeli yatırım potansiyelini etkileyen faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir. “BIST100 Endeksi”, piyasadaki büyük ölçekli şirketlerin performansını yansıtarak yatırımcı güveni ve piyasa yönelimi hakkında bilgi sunmaktadır. “Toplam İşlem Hacmi”, piyasadaki likiditeyi ve işlem derinliğini gösterirken, “Şirket Sayısı” piyasanın genişliği ve çeşitliliği açısından önemli bir gösterge olarak değerlendirilmektedir. “Piyasa Kapitalizasyonu”, sermaye piyasalarının büyüklüğünü ve ekonomiye entegrasyon düzeyini belirlerken, “Yabancı Yatırımcı İşlem Hacmi”, uluslararası yatırımcıların Türkiye piyasalarına olan ilgisini ve sermaye girişlerini ölçerek piyasanın dışa açıklığını ortaya koymaktadır. Ekonomik karmaşıklığın bu göstergeler üzerindeki etkisinin analizi, Türkiye sermaye piyasalarının gelişimini, yatırımcı güvenini ve finansal istikrarını daha derinlemesine ortaya konmasını mümkün kılacaktır.

3.2. Ampirik Yöntem

Çalışmada, Türkiye ekonomisinin 1995-2023 dönemine ait verileri kullanılarak, ekonomik karmaşıklık (ECI) ile sermaye piyasası performansı (BIST100, HACİM, SAYI, CAPİTAL, YİHACİM) arasındaki ilişki, ekonometrik yöntemlerle analiz edilmiştir. Analizde, değişkenlerin logaritmik dönüşümleri alınmış, durağanlık özellikleri Fourier ADF testi, birim kök testi ile incelenmiş, ardından Granger nedensellik testi ve Dalgacık Tutarlılık Testi (WTC) uygulanarak ekonomik karmaşıklığın sermaye piyasası üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

3.2.1. FourieADF Testi (FADF Testi)

Bu çalışmada kullanılan FADF birim kök testi, geleneksel Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testinin bir uzantısı olup, test denkleminde Fourier terimlerinin eklenmesiyle farklılaşmaktadır. FADF testi, serilerdeki doğrusal olmayan davranışları ve yapısal kırılmaları daha etkin bir şekilde yakalamak için Fourier serilerinden yararlanmaktadır. Bu özellik, özellikle ekonomik ve finansal zaman serilerinde yaygın olarak görülen doğrusal olmayan dinamiklerin ve yapısal değişimlerin tespit edilmesi açısından büyük avantaj sağlamaktadır. Enders ve Lee (2012) tarafından geliştirilen bu testin temel denklemi şu şekildedir:

$$\Delta y_t = \alpha_1 + \delta_t + \beta y_{t-1} + y_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + y_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{i=1}^p \theta_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (1)$$

Burada; y_t , zaman serisini, t zaman trendini, π matematiksel sabit pi sayısını, T veri setinin toplam uzunluğunu ifade etmekte olup k en küçük hata kareler toplamını minimize eden frekanstır. α , δ , β , θ_1 , y_1 ve y_2 model parametreleri olup u_t hata terimini ifade etmektedir.

Bu test, doğrusal olmayan yapıları ve yapısal kırılmaları daha iyi tespit edebilmekte olup, ekonomik ve finansal zaman serilerindeki karmaşık dinamiklerin daha doğru bir şekilde modellenmesine olanak tanımaktadır.

3.2.2. Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik Testi (FTY Testi)

Değişkenlerin durağanlık seviyeleri belirlendikten sonra, aralarındaki nedensel ilişkiyi analiz etmek için FTY nedensellik testi kullanılmıştır. FTY nedensellik testi, Toda-Yamamoto (1995) (TY) testine Fourier terimlerini ekleyerek, serilerdeki doğrusal olmayan yapıları ve yapısal kırılmaları dikkate almayı amaçlamaktadır. Bu yöntem, daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Bu testte öncelikle, her bir zaman serisinin bütünleşme derecesi (d) belirlenir. Daha sonra, belirlenen gecikme uzunluğu (p) ve Fourier terimleri kullanılarak model tahmin edilir. Wald testleri, belirlenen bütünleşme dereceleri ve gecikme uzunlukları kullanılarak gerçekleştirilir. Bu testler, ilgili gecikme uzunluklarındaki katsayıların sıfır olup olmadığını kontrol eder. Eğer Wald testi, katsayıların sıfır olmadığını gösterirse, nedensel bir ilişki olduğu sonucuna varılır. Bu test, doğrusal olmayan yapıları ve yapısal kırılmaları daha iyi yakalamakta olup, serilerin farklı bütünleşme derecelerine sahip olması durumunda bile uygulanabilmektedir (Nazlıoğlu ve ark., 2016).

Fourier yaklaşımı, zamanlaması, frekansı ve biçimi bilinmeyen yapısal değişiklikleri analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir. Uzun vadeli eğilimleri ve ani kırılmaları belirlemek için nispeten basit bir teknik olup, değişimlerin tarihini, sayısını ve biçimini önceden bilmeye gerek kalmadan analiz yapılmasına olanak tanır (Nazlıoğlu ve ark., 2016). Tek frekans bileşeni içeren Fourier açılımı Denklem (2)'de tanımlanabilmektedir (Becker ve ark., 2006):

$$\alpha(t) \cong \alpha_0 + y_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + y_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (2)$$

Nazlıoğlu ve ark. (2016), Fourier fonksiyonlarını Toda-Yamamoto (TY) nedensellik testine entegre ederek, kırılmaların sayısı, zamanlaması ve doğası hakkında önceden bilgi sahibi olma gerekliliğini ortadan kaldırmıştır. Bu bağlamda, Denklem (2)'deki Fourier denklemi, Denklem (3)'de belirtilen VAR modeline eklenerek Denklem (4) elde edilmiştir (Nazlıoğlu ve ark., 2016):

$$y_t = a(t) + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_{p+d} y_{t-(p+d)} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$y_t = \alpha_0 + y_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + y_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_{p+d} y_{t-(p+d)} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Denklem (4)'te, n , frekansların sayısını, y_1 , frekansın genliğini ve y_2 , frekansın faz kaymasını ifade etmektedir. n değerinin yüksek olması, stokastik parametrelerde dalgalanmalara neden olabilir, serbestlik derecelerini

sınırlayabilir ve aşırı uydurma riskini artırabilmektedir. Ancak, tek bir Fourier frekansı, kırılmaların zamanı, sayısı veya biçimi fark etmeksizin deterministik bileşenlerdeki farklı kırılmaları modelleyebilmektedir. n değerinin artırılması, stokastik parametrelerde değişikliklere yol açarak serbestlik derecelerinin azalmasına ve aşırı uydurmaya neden olabilir. Bununla birlikte, tek bir Fourier frekansı, kırılmaların zamanlaması, sayısı ve şekli fark etmeksizin deterministik bileşenlerde meydana gelen farklı kırılmaları taklit edebilir (Becker ve ark., 2006).

Bu bilgiler doğrultusunda, $\alpha(t)$ fonksiyonu tek bir frekans bileşeni kullanılarak şu şekilde tanımlanabilmektedir:

$$\alpha(t) \cong \alpha_0 + y_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + y_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (5)$$

Denklem (2) ve (5) birlikte ele alındığında, aşağıda ifade edilen Denklem (6) elde edilmektedir:

$$y_t = \alpha_0 + y_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + y_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_{p+d} y_{t-(p+d)} + \varepsilon_t \quad (6)$$

FTY testinde, "nedensellik ilişkisi yoktur" şeklindeki sıfır hipotezi, alternatif hipoteze karşı Wald istatistiği kullanılarak test edilmektedir. Wald istatistiği, asimptotik olarak ki-kare (χ^2) dağılımlıdır ve p serbestlik derecesi ile değerlendirilir. Eğer Wald istatistiği kritik değerden büyükse, sıfır hipotezi reddedilmekte ve bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna varılmaktadır. Eğer Wald istatistiği kritik değerden küçükse, sıfır hipotezi reddedilemez ve bir nedensellik ilişkisi olmadığı kanaatine ulaşılmaktadır (Nazlioglu vd, 2016).

3.2.3. Dalgacık Tutarlılığı Testi (Wavelet Coherence Test, WTC)

WTC testi, iki zaman serisi arasındaki zamana ve frekansa bağlı ilişkinin değişimini analiz eden güçlü bir yöntemdir. Geleneksel zaman serisi analizleri, değişkenler arasındaki bağıntıyı sabit bir zaman dilimi içinde değerlendirirken, WTC analizi bu ilişkinin farklı zaman aralıklarında ve ölçeklerde nasıl değiştiğini ortaya koyar. Bu özellik, özellikle ekonomik belirsizlikler, finansal piyasalar ve çevresel değişkenler gibi zaman içinde dalgalanmalara maruz kalan süreçleri anlamak için büyük önem taşımaktadır (Torrence & Compo, 1998; Grinsted ve ark., 2004).

Dalgacık analizi, geleneksel Fourier dönüşümüne kıyasla zaman-frekans çözünürlüğü sunarak, sinyallerin ve zaman serilerinin hem zaman hem de frekans boyutlarında incelenmesine olanak tanır (Aguiar-Conraria & Soares, 2014). Fourier dönüşümü, bir sinyalin frekans bileşenlerini ortaya çıkarırken, zaman bilgisini kaybetme dezavantajına sahiptir. Oysa dalgacık dönüşümü, zaman-frekans düzleminde sinyalin değişimlerini daha ayrıntılı bir şekilde belirlemektedir (Torrence ve Webster, 1999). Dalgacık analizi, sinyal işleme ve istatistiksel analiz yöntemlerinin birleşimiyle zamansal ve frekans boyutlarını aynı anda dikkate alarak iki zaman serisi arasındaki korelasyonu belirlemektedir. Bu yöntem, geleneksel korelasyon analizlerinden farklı olarak ilişkinin kuvveti ve yönünün zaman içinde nasıl değiştiğini ortaya koymaktadır (Grinsted ve ark., 2004).

Dalgacık teorisi temelde Fourier dönüşümüne dayansa da, ondan farklı olarak sinyallerin veya serilerin hem zaman hem de frekans boyutlarında incelenmesine olanak tanımaktadır. Geleneksel olarak Fourier uyumluluğu, iki zaman serisi arasındaki ilişkili frekans bantlarını belirlemek için kullanılmaktadır. Ancak, yalnızca frekans boyutundaki ilişkileri belirlemek yeterli değildir; ilişkili zaman aralıklarını da belirleyebilecek bir dalga kesişimi yöntemi geliştirilmesi gereklidir (Liu, 1994). Fourier analizinde, uyumluluğun doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için çapraz spektrumun düzgünleştirilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, uyumluluk değeri her zaman 1 olarak hesaplanır ve bu durum, değişkenler arasındaki gerçek ilişkinin belirlenmesini zorlaştırır. Ancak, önceki çalışmalar çapraz-dalga spektrumunun nasıl düzgünleştirilmesi gerektiği konusunda belirsizlikler içermektedir. Bu nedenle, dalga kesişimi analizinin doğru bir şekilde uygulanabilmesi için uygun bir düzgünleştirme stratejisi tanımlanması gerekmektedir (Liu, 1994).

Torrence ve Webster çalışmalarında dalga kesişimini hem zaman hem de ölçek (scale) düzeyinde düzgünleştirme uygulayarak tanımlanmaktadır. Düzgünleştirmenin miktarı, kullanılan dalga fonksiyonunun türüne ve ölçeğe bağlı olarak değişmektedir. Bu yaklaşım, yalnızca frekans bileşenlerini değil, aynı zamanda zaman içinde değişen ilişkileri de inceleme olanağı sunarak, geleneksel Fourier yöntemlerine kıyasla daha kapsamlı bir analiz yapılmasını sağlamaktadır. İki zaman serisi X ve Y olmak üzere, bu serilerin dalga dönüşümleri, $W_n^X(s)$ ve $W_n^{Y*}(s)$ Y ile gösterildiğinde (burada n zaman indeksini, s ise ölçeği temsil etmektedir), çapraz-dalga spektrumu Denklem (7)'deki gibi tanımlanabilmektedir (Torrence ve Webster, 1999):

$$W_n^{XY}(s) = W_n^X(s) \cdot W_n^{Y*}(s), \quad (7)$$

Bu denklemde; $W_n^{XY}(s)$ çapraz-dalga spektrumunu, * karmaşık eşlenik işlemini göstermektedir. Çapraz-dalga spektrumu, Fourier analizinde kullanılan ko-spektrum ve kuadratik spektrumun zaman ve ölçek uzayında ayrıştırılmasını sağlamaktadır. Dalgacık analizinde, iki zaman serisi arasındaki ilişkiyi farklı zaman ölçeklerinde incelemek için dalgacık koherensi kullanılmaktadır. Dalgacık koherensi, çapraz dalgacık spektrumunun düzgünleştirilmiş halinin, her bir serinin dalgacık güç spektrumlarının düzgünleştirilmiş halleriyle normalize edilmesiyle hesaplanır. Bu hesaplama, iki serinin belirli bir ölçekte ne kadar tutarlı bir şekilde birlikte hareket ettiğini göstermekte olup matematiksel olarak, dalgacık kare koherensi Denklem (8)'de ifade edilmektedir (Torrence & Webster, 1999):

$$R_n^2(s) = \frac{|S(s^{-1}W_n(x,\tau))|^2}{S(s^{(-1)}|W_nx|^2) \cdot S(s^{(-1)}|W_ny|^2)}, \quad (8)$$

Pay kısmında, çapraz dalgacık spektrumunun hem reel hem de sanal kısımları, mutlak değer alınmadan önce ayrı ayrı düzgünleştirilirken, paydada düzgünleştirilenler dalgacık güç spektrumlarıdır (karesi alındıktan sonra). s^{21} faktörü, enerji yoğunluğuna dönüştürmek için kullanılır. Bu tanımlar kullanılarak, $0 \leq R_n^2(s) \leq 1$ elde edilir. Sıfıra yakın bir değer, düşük güçlü bir korelasyonu gösterirken, bire yakın bir değer yüksek güçlü bir korelasyonu gösterir. Diğer bir deyişle bu değer 1'e yaklaşması, analiz edilen dönemde zaman serilerinin belirli bir ölçekte senkronize hareket ettiğini ve aralarındaki ilişkinin güçlü olduğunu göstermektedir. Görselleştirme açısından bu durum genellikle kırmızı tonlarla ifade edilir. Buna karşılık, değer 0'a yaklaşması, iki zaman serisi arasındaki ilişkinin zayıfladığını ve ortak hareket etme eğilimlerinin azaldığını gösterir; bu durum grafiklerde genellikle mavi renk ile temsil edilir. Grafiklerde, maviden kırmızıya doğru geçişin artması, değişkenler arasındaki ilişkinin güçlendiğini ifade etmektedir (Pal ve Mitra, 2017).

Dalgacık-koherens faz farkı ise Denklem (9)'da tanımlanmaktadır:

$$\phi_n(s) = \tan^{-1} \left(\Im\{s^{-1}W_n^{XY}(s)\} / \Re\{s^{-1}W_n^{XY}(s)\} \right). \quad (9)$$

Burada, düzeltilmiş reel ($\Re$) ve sanal ($\Im$) bileşenler önceden hesaplanmış olmalıdır. Hem $\phi_n(s)$ hem de $R_n^2(s)$, zaman indeksi n ve ölçek s değişkenlerinin bir fonksiyonudur. Düzeltme işlemi hem zaman hem de ölçek yönlerinde, ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Tıpkı Fourier uyumluluğunda olduğu gibi, dalgacık koherensi de seçilen düzgünleştirme fonksiyonuna bağlıdır. Ancak Morlet dalgacık fonksiyonunun hem zaman hem de Fourier uzayındaki genişliği, doğal bir düzeltme fonksiyonu sağlar. Zaman eksenindeki düzeltme, her bir ölçekte dalgacık fonksiyonunun mutlak değeri kullanılarak yapılır ve toplam ağırlığın birim olacak şekilde normalize edilmesi sağlanır. Morlet dalgacığı için bu, standart bir Gauss filtresiyle ifade edilir (Torrence & Compo, 1998):

$$e^{-t^2/(2s^2)} \quad (10)$$

Ölçek yönündeki düzeltme ise genişliği δj_0 olan bir kutu fonksiyonu ile gerçekleştirilir. Morlet dalgacığı için bu genişlik, ölçek-dekorelasyon uzunluğu olan $\delta j_0 = 0.60$ olarak belirlenmiştir. Yukarıda tanımlanan filtreleme yöntemi, hem zaman hem de ölçek boyutlarında en az iki bağımsız noktayı içerecek şekilde minimal düzeyde düzgünleştirme yaparak optimal bir denge sunmaktadır (Torrence & Compo, 1998; Torrence & Webster, 1999).

Eşitlik 6'dan yararlanılarak oluşturulan dalgacık grafiklerinde, siyah oklar dalgacık tutarlılığı faz farkının analiz sonuçlarını temsil etmektedir. Grafiklerdeki okların yönü, incelenen zaman serileri arasındaki ilişkinin yapısını ve yönünü belirlemeye yardımcı olmaktadır. Eğer oklar sağa doğru (180°) yönelmişse, bu durum iki zaman serisi arasında pozitif bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir. Tam tersine, okların sola doğru (180°) eğilmesi, negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ayrıca, okların yukarı yönelmesi (90°), ilk değişkenin ikinci değişken üzerinde nedensel bir etkisinin olduğunu ifade ederken, aşağı yönelmesi (90°), ikinci değişkenin ilk değişkeni etkilediğini ve bu etkinin tek yönlü olduğunu göstermektedir (Pal ve Mitra, 2018: 3-4).

4. Bulgular

Tablo 2'de sunulan FADF birim kök testi sonuçları, değişkenlerin durağanlık seviyelerini belirlemek için kullanılmaktadır. Test sonuçları hem sabitli model hem de sabitli ve trendli model için ayrı ayrı verilmiştir. Düzey değerleri ile yapılan analiz sonuçlarına göre, sabitli model altında yalnızca LnCAPİTAL ve LnYİHACİM değişkenleri sırasıyla %1 ve %10 anlamlılık seviyelerinde durağan bulunmuştur. Diğer değişkenlerin test istatistikleri kritik değerlerden büyük olduğu için bu değişkenlerin birim kök içerdiği, yani durağan olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Sabitli ve trendli modelde Ln BIST100 (-5.2744), LnHACİM (-

4.7503) ve LnCAPİTAL (-5.1832) değişkenleri %1 anlamlılık seviyesinde durağan bulunmuştur. Bu sonuç, bu değişkenlerin zaman içindeki yapısal değişikliklerden bağımsız olarak durağan olduğunu göstermektedir.

Tablo 2: FADF Test Sonuçları

Değişken	Test İst. Değ.	k	l	Sabitli Model		
				Kritik Değerler		
				%1	%5	%10
LnECI	-1.6191	2	0	-3.97	-3.27	-2.91
Ln BIST100	-1.3540	1	1	-4.42	-3.81	-3.49
LnHACİM	-1.7965	2	1	-3.97	-3.27	-2.91
LnSAYI	-0.7579	2	0	-3.97	-3.27	-2.91
LnCAPİTAL	-5.3238***	2	1	-3.97	-3.27	-2.91
LnYİHACİM	-3.7467*	1	1	-4.42	-3.81	-3.49
ΔLnECI	-6.2384***	1	0	-4.42	-3.81	-3.49
ΔLn BIST100	-4.7946***	1	1	-4.42	-3.81	-3.49
ΔLnHACİM	-9.6999***	2	0	-3.97	-3.27	-2.91
ΔLnSAYI	-3.7671**	2	0	-3.97	-3.27	-2.91
ΔLnYİHACİM	-4.2404**	1	1	-4.42	-3.81	-3.49
Değişken	Test İst. Değ.	k	l	Sabitli ve Trendli Model		
				Kritik Değerler		
				%1	%5	%10
LnECI	-3.1545	1	0	-4.95	-4.35	-4.05
LnBIST100	-5.2744***	1	1	-4.95	-4.35	-4.05
LnHACİM	-4.7503***	2	0	-4.69	-4.05	-3.71
LnSAYI	-2.9304	2	1	-4.69	-4.05	-3.71
LnCAPİTAL	-5.1832***	2	1	-4.69	-4.05	-3.71
LnYİHACİM	-3.2584	1	1	-4.95	-4.35	-4.05
ΔLnECI	-5.4316***	1	0	-4.95	-4.35	-4.05
ΔLn BIST100	-4.3127*	1	1	-4.95	-4.35	-4.05
ΔLnHACİM	-9.4862***	2	0	-4.69	-4.05	-3.71
ΔLnSAYI	-3.8566*	2	0	-4.69	-4.05	-3.71
ΔLnYİHACİM	-4.2182*	1	1	-4.95	-4.35	-4.05

Not: Tabloda yer alan ***, ** ve * sembolleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı sonuçları ifade etmektedir.

Tablo 2’de sunulan FADF birim kök testi sonuçları, değişkenlerin durağanlık seviyelerini belirlemek için kullanılmaktadır. Test sonuçları hem sabitli model hem de sabitli ve trendli model için ayrı ayrı verilmiştir. Düzey değerleri ile yapılan analiz sonuçlarına göre, sabitli model altında yalnızca LnCAPİTAL ve LnYİHACİM değişkenleri sırasıyla %1 ve %10 anlamlılık seviyelerinde durağan bulunmuştur. Diğer değişkenlerin test istatistikleri kritik değerlerden büyük olduğu için bu değişkenlerin birim kök içerdiği, yani durağan olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Sabitli ve trendli modelde Ln BIST100 (-5.2744), LnHACİM (-4.7503) ve LnCAPİTAL (-5.1832) değişkenleri %1 anlamlılık seviyesinde durağan bulunmuştur. Bu sonuç, bu değişkenlerin zaman içindeki yapısal değişikliklerden bağımsız olarak durağan olduğunu göstermektedir.

Tablo 2’deki sonuçlara göre değişkenlerin birinci farkları alındığında, gerek sabitli gerekse de sabitli ve trendli modelde tüm değişkenlerin durağan hale geldiği görülmektedir. Tüm bu test sonuçlarından yola çıkarak LnCAPİTAL, LnBIST100 ve LnHACİM değişkenlerinin düzeyde durağan olduğu ve uzun dönem analizlerinde düzey değerleri ile analizlerde kullanılabileceği kanaatine varılmıştır. Diğer değişkenler ise düzey değerlerinde durağan olmayıp ekonometrik analizlerde kullanmadan önce birinci farklarının alınması uygun bulunmaktadır.

Tablo 3: FTY Nedensellik Testi Sonuçlar

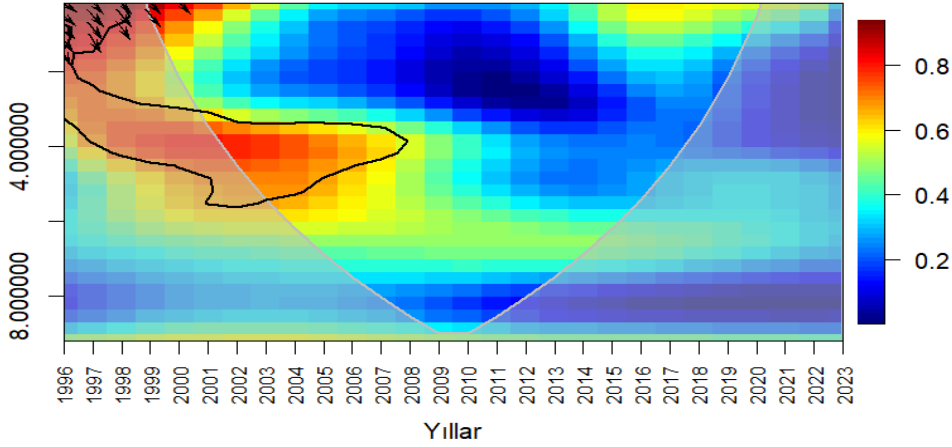
Null Hypothesis	Optimal Frekans	Test İstatistiği	Bootstrap Olasılık Değeri
LnECI → Ln BIST100	3	20.691***	0.001
Ln BIST100 ⇌ LnECI	3	2.905	0.246
LnECI → LnHACİM	3	5.668*	0.096
LnHACİM ⇌ LnECI	3	0.453	0.801
LnECI → LnSAYI	3	29.515***	0.000
LnSAYI → LnECI	3	8.050**	0.042
LnECI ⇌ LnCAPİTAL	3	2.348	0.146
LnCAPİTAL ⇌ LnECI	3	0.065	0.803
LnECI ⇌ LnYİHACİM	3	2.836	0.839
LnYİHACİM ⇌ LnECI	3	0.602	0.720

Not: Tabloda yer alan ***, ** ve * sembolleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı sonuçları ifade etmektedir. Bootstrap p-değerleri, 1000 tekrara dayanmaktadır.

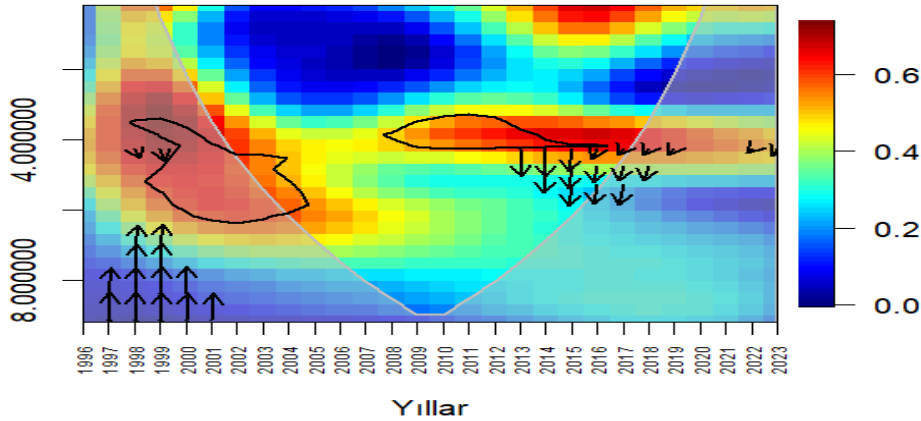
Durağanlık seviyeleri belirlendikten sonra, nedensellik ilişkilerini incelemek amacıyla değişkenlere FTY nedensellik testi uygulanmış olup elde edilen sonuçlar Tablo 3’te sunulmaktadır. FTY nedensellik testi sonuçları, LnECI ile LnBIST100, LnHACİM, LnSAYI, LnCAPİTAL ve LnYİHACİM arasındaki nedensellik ilişkilerini ortaya koymaktadır. Buna göre; LnECI’den LnBIST100’e, LnHACİM’e ve LnSAYI’ya doğru istatistiksel olarak anlamlı nedensellik ilişkileri bulunmaktadır. Özellikle, LnECI’den LnSAYI’ya olan nedensellik ilişkisi %1 anlamlılık düzeyinde oldukça güçlüdür. Ayrıca, LnSAYI’dan LnECI’ye doğru da %5 anlamlılık düzeyinde bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ancak, LnBIST100, LnHACİM, LnCAPİTAL ve LnYİHACİM’den LnECI’ye doğru herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Aynı şekilde, LnECI’den LnCAPİTAL ve LnYİHACİM’e doğru da anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir.

Şekil 1’deki WTC grafiği, ECI ile BIST100 endeksi değişkenleri arasındaki zaman ve frekans boyutundaki ilişkinin nasıl değiştiğini göstermektedir. Renk skalasına göre, mavi bölgeler değişkenler arasındaki ilişkinin zayıf olduğunu, kırmızı ve turuncu bölgeler ise ilişkinin güçlü olduğunu ifade etmektedir. Özellikle 1998-2010 döneminde kırmızı ve turuncu tonların yoğun olduğu görülmekte, bu da ECI ile BIST100 arasındaki ilişkinin bu yıllarda daha güçlü olduğunu göstermektedir. 2001-2008 dönemi boyunca, özellikle 4 periyot çevresinde, bu ilişkinin belirgin olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu gözlemlenmektedir. Ancak, 2008 küresel finans krizinin ardından ilişkinin zayıfladığı ve renklerin maviye döndüğü dikkat çekmektedir. Bu durum, kriz sonrası piyasa dinamiklerinin değiştiğini ve ekonomik karmaşıklık ile BIST100 endeksi arasındaki ilişkinin zayıfladığını göstermektedir.

Şekil 1’de yer alan siyah konturlar, istatistiksel olarak anlamlı bölgeleri ifade etmektedir. 1996-2005 yılları arasında bu konturların yoğunlaştığı görülmekte olup, bu dönemde ECI ile BIST100 arasında güçlü ve anlamlı bir etkileşim bulunduğu anlaşılmaktadır. Dikey ekseninde ölçekler yer almakta ve farklı frekans düzeylerini temsil etmektedir. 4 periyot civarında belirgin bir ilişki bulunması, orta vadeli (yaklaşık 4 yıl) bir etkileşim olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, 8 periyot civarında önemli bir hareketlilik bulunmaması, uzun vadeli ilişkilerin zayıf olduğuna işaret etmektedir.

ECI ve BIST100**Şekil 1: ECI-BIST100 İlişkisi: WTC Testi Sonuçları**

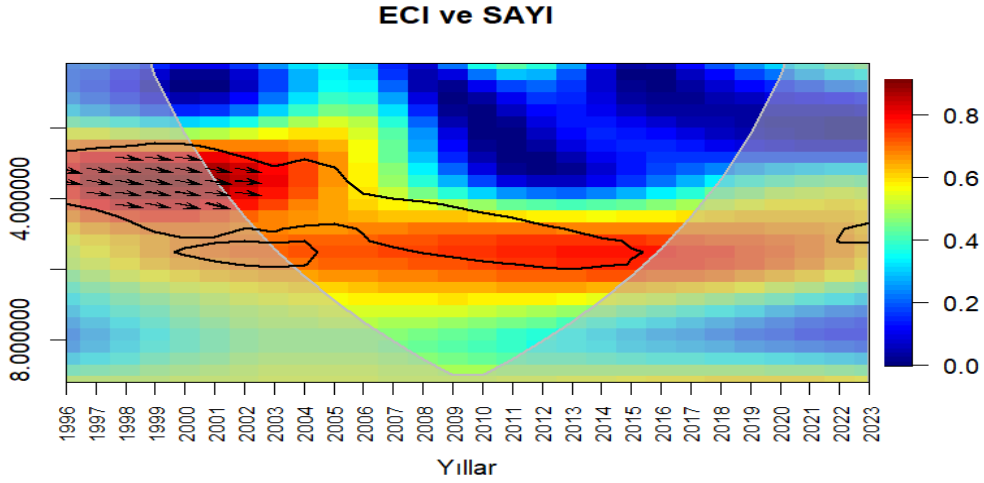
Genel olarak değerlendirildiğinde, ECI ve BIST100 endeksi arasındaki ilişki dönemsel olarak değişiklik göstermektedir. 1998-2008 döneminde güçlü bir etkileşim söz konusu iken, 2010 sonrası bu ilişkinin zayıfladığı görülmektedir. 2015 sonrası ise mavi bölgelerin baskın olduğu ve değişkenler arasında belirgin bir korelasyon bulunmadığı dikkat çekmektedir.

ECI ve HACİM**Şekil 2: ECI-HACİM İlişkisi: WTC Testi Sonuçları**

Şekil 2'deki WTC grafiği, ECI ile HACİM değişkenleri arasındaki zaman-frekans boyutundaki ilişkiyi göstermektedir. Şekilde, mavi bölgeler ilişkinin zayıf olduğunu, sarı, turuncu ve kırmızı bölgeler ise ilişkinin güçlendiğini göstermektedir. Bu çerçevede, 1997-2005 ve 2012-2016 yıllarında ECI ile HACİM arasında güçlü bir ilişki olduğu dikkat çekmektedir. Özellikle 1997-2002 döneminde kısa periyotlarda (4 civarında) belirgin bir ilişki gözlemlenirken, 2012-2016 döneminde de orta ölçekli periyotlarda (yaklaşık 4-6 periyot) güçlü bir korelasyon olduğu söylenebilmektedir. Şekildeki siyah oklar, faz farkı analizini temsil etmekte olup yukarı yönlü oklar (↑) ECI'nin HACİM üzerinde nedensel bir etkisi olduğunu, aşağı yönlü oklar (↓) ise HACİM'in ECI'yi etkilediğini göstermektedir. Grafikte özellikle 1997-2002 döneminde okların yukarı yönelmesi, bu dönemde ECI'nin HACİM üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu göstermektedir. Öte yandan, 2012-2016 döneminde ise oklar daha çok aşağı yönelmiş, bu da HACİM'in ECI üzerindeki etkisinin arttığını düşündürmektedir.

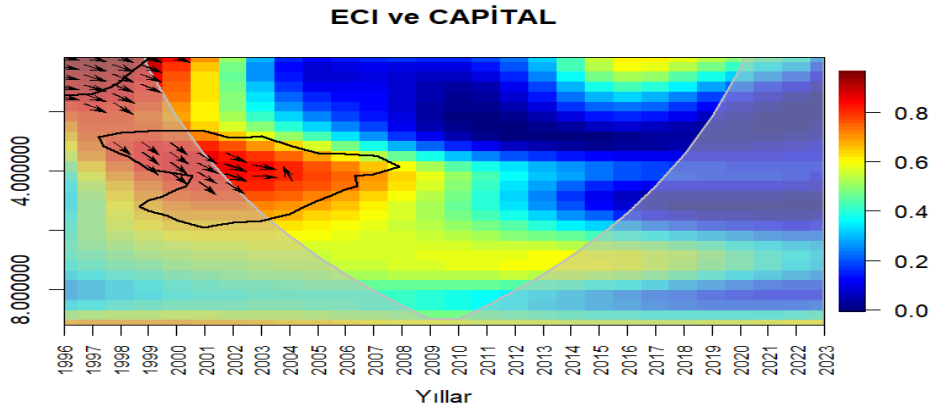
Şekil 2'de 1998-2002 ve 2012-2016 yılları arasında siyah konturların yoğunlaşması, bu dönemlerde ECI ile HACİM arasındaki ilişkinin güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. 2016 sonrası dönemde ise ilişki zayıflamış ve grafik üzerindeki renkler maviye dönerek etkileşimin azaldığını göstermiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, ECI ve HACİM arasındaki ilişki, belirli dönemlerde güçlenirken, bazı

dönemlerde zayıflamaktadır. 1998-2002 ve 2012-2016 yılları arasında bu ilişkinin güçlendiği, 2016 sonrasında ise zayıfladığı görülmektedir. Okların yönü zaman içinde değişmektedir, bu da ECI ve HACİM arasındaki ilişkinin dinamik olduğunu göstermektedir.



Şekil 3: ECI-SAYI İlişkisi: WTC Testi Sonuçları

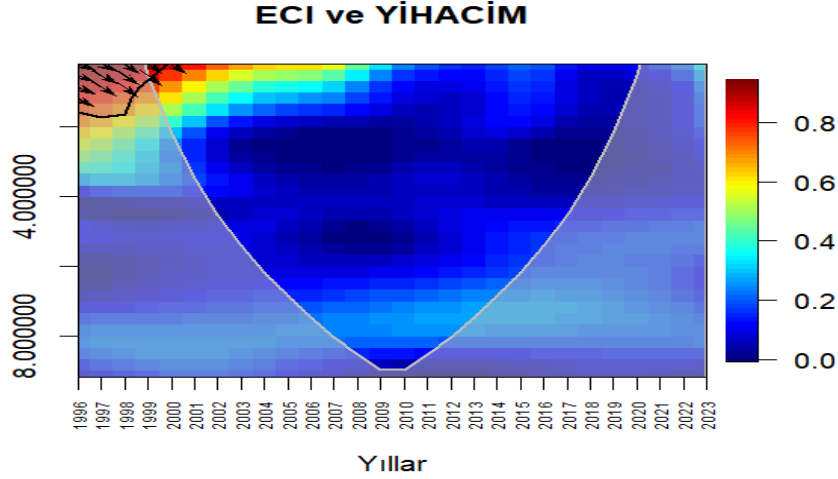
Şekil 3'teki WTC grafiği, ECI ile SAYI arasındaki zaman-frekans boyutundaki ilişkiyi göstermektedir. Özellikle 1996-2004 ve 2008-2018 yılları arasında ECI ile SAYI değişkeni arasında güçlü bir korelasyon olduğu dikkat çekmektedir. 1996-2004 döneminde daha kısa periyotlarda (yaklaşık 4 periyot) etkili bir ilişki gözlemlenirken, 2008-2018 döneminde orta ölçekli periyotlarda (yaklaşık 4-8 periyot) güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir. 1996-2004 döneminde okların sola ve aşağı yönelmesi, SAYI değişkeninin ECI'yi etkilediğini göstermektedir. 1998-2004 ve 2008-2018 yıllarında anlamlı bölgelerin geniş olması, bu dönemlerde ECI ve SAYI arasındaki ilişkinin güçlü ve anlamlı olduğunu göstermektedir. 2018 sonrası dönemde ise bu ilişki zayıflamış ve mavi alanlar artarak korelasyonun düştüğünü göstermektedir.



Şekil 4: ECI-CAPİTAL İlişkisi: WTC Testi Sonuçları

Genel olarak değerlendirildiğinde, ECI ile SAYI arasındaki ilişki belirli dönemlerde güçlenirken, bazı dönemlerde zayıflamaktadır. 1998-2004 ve 2008-2018 yılları arasında güçlü bir ilişki varken, 2018 sonrası bu ilişkinin zayıfladığı görülmektedir.

Şekil 4'teki WTC grafiği, ECI ile CAPITAL değişkenleri arasındaki zaman-frekans boyutundaki ilişkiyi göstermektedir. Şekilde, 1996-2005 yılları arasında belirgin bir yüksek tutarlılık bölgesi görülmektedir; bu dönemde ekonomik karmaşıklığın sermaye piyasasındaki CAPITAL değişkeniyle güçlü bir ilişki içinde olduğu söylenebilmektedir. Okların yönü dikkate alındığında ECI'nin sermaye piyasasındaki CAPITAL değişkeni üzerinde belirleyici bir rol oynadığı görülmektedir. Buna karşılık, 2010 sonrası dönemde grafik üzerindeki renklerin maviye dönmesi, iki değişken arasındaki ilişkinin zayıfladığını ve birlikte hareket etme eğilimlerinin azaldığını göstermektedir. Genel olarak, 1996-2005 dönemi ECI ile CAPITAL değişkeni arasında güçlü bir ilişki olduğu, sonraki yıllarda bu ilişkinin azaldığı söylenebilmektedir.



Şekil 5: ECI-YİHACİM İlişkisi: WTC Testi Sonuçları

Şekil 5'teki WTC grafiği, ECI ile YİHACİM değişkenleri arasındaki zaman-frekans boyutundaki ilişkiyi göstermektedir. 1996-2000 döneminde kısa periyotlarda (4 yıl civarında) güçlü bir ilişki gözlemlenmektedir. Bu, ECI'deki kısa vadeli dalgalanmaların YİHACİM üzerinde anlık etkileri olduğunu göstermektedir. ECI'deki artışlar YİHACİM'i de artırmıştır. 2000'li yılların başından itibaren ilişki zayıflamış (mavi tonlar) ve kararsızlaşmıştır. Okların yönü, ECI'nin YİHACİM üzerinde başlangıçta kısa dönemli bir etkisinin olduğunu, ancak bu etkinin azaldığını göstermektedir. 2000'li yılların ortalarından itibaren söz konusu değişkenler arasındaki ilişki ortadan kalkmakta, okların olmaması, anlamlı bir faz kaymasının veya güçlü bir bağıntının mevcut olmadığını göstermektedir. 2005 sonrası dönemde ise tamamen mavi tonlar hâkim, yani bu süreçte ECI ile YİHACİM arasında zayıf bir ilişki veya hiçbir anlamlı ilişki olmadığı sonucuna varılabilmektedir.

Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, ekonomik karmaşıklık ile Türkiye sermaye piyasası göstergeleri arasındaki ilişki, 1995-2023 dönemi için Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi ve Dalgacık Tutarlılık Testi yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, Türkiye sermaye piyasasının ekonomik karmaşıklıkla olan dinamik ve dönemsel ilişkisini ortaya koymaktadır.

Nedensellik testi bulguları, ekonomik karmaşıklığın BIST100 endeksi, toplam işlem hacmi ve borsada işlem gören şirket sayısı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle ekonomik karmaşıklık ile borsada işlem gören şirket sayısı arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunması, ekonomik karmaşıklığın sermaye piyasasının yapısal dinamikleri ile doğrudan etkileşim içinde olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, Njangang ve ark., (2021) ve Olaniyi ve Odhiambo (2023) tarafından yapılan çalışmalarda da vurgulanan, finansal gelişmişliğin ekonomik çeşitlenme üzerindeki olumlu etkileri ile uyumludur. Ancak çalışma kapsamında gerçekleştirdiğimiz analizler neticesinde piyasa kapitalizasyonu ve yabancı yatırımcı işlem hacmi ile ekonomik karmaşıklık arasında anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Söz konusu değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin bulunmaması, finansal piyasaların gelişmişliği ve küresel sermaye hareketlerinin bu ilişkiyi zayıflatabileceğini göstermektedir. Bu durum, özellikle Ndoya Hegueu ve ark., (2023) tarafından geliştirilen modelde de öne sürüldüğü gibi, ekonomik istikrarın ve kurumsal kalitenin finansal piyasalar üzerindeki belirleyici rolü ile açıklanabilir.

Dalgacık tutarlılık analizi sonuçları, değişkenler arasındaki ilişkinin zaman içinde dalgalandığını ve belirli dönemlerde güçlenirken diğer dönemlerde zayıfladığını göstermektedir. 1998-2008 döneminde ekonomik karmaşıklık ile BIST100 endeksi arasındaki ilişkinin güçlü olduğu, ancak 2008 küresel finans krizi sonrası zayıfladığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, toplam işlem hacmi ile ekonomik karmaşıklık arasındaki ilişkinin 1997-2005 ve 2012-2016 yıllarında güçlü olduğu, ancak 2016 sonrası anlamlılığını kaybettiği gözlemlenmiştir. Borsada işlem gören şirket sayısı ile ekonomik karmaşıklık arasındaki güçlü korelasyon 1996-2004 ve 2008-2018 yıllarında belirginleşirken, 2018 sonrası ilişki zayıflamıştır. Piyasa kapitalizasyonu ile ekonomik karmaşıklık arasındaki bağın 1996-2005 döneminde güçlü olduğu, ancak sonraki yıllarda belirgin şekilde zayıfladığı tespit edilmiştir. Yabancı yatırımcı işlem hacmi ile ekonomik karmaşıklık arasındaki ilişki ise yalnızca 1996-2000 arasında kısa süreli olarak gözlemlenmiş, 2000'li yılların başından itibaren ortadan kalkmıştır. Bu bulgular, ekonomik karmaşıklığın sermaye piyasasındaki bazı temel göstergelerle doğrudan

etkileşim içinde olduğunu ancak bu etkinin zaman içinde değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ekonomik karmaşıklık, BIST100 endeksi ve işlem hacmi gibi göstergeler üzerinde belirli dönemlerde etkili olurken, yabancı yatırımcı işlem hacmi ve piyasa kapitalizasyonu ile daha zayıf ve geçici bir ilişki sergilemektedir. Literatürde, ekonomik karmaşıklığın uzun vadeli ekonomik büyümeyi desteklediği ve rekabet avantajı sağladığı vurgulanırken (Hidalgo ve Hausmann, 2009; Abdon ve ark., 2010; Ferrarini ve Scaramozzino, 2016), bu çalışmada ekonomik karmaşıklığın kısa vadeli finansal dalgalanmalar üzerindeki etkisinin daha sınırlı olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle 2008 Küresel Finans Krizi sonrası ekonomik karmaşıklık ile BIST100 arasındaki ilişkinin zayıflaması, piyasa duyarlılığının küresel ekonomik belirsizliklere bağlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, Ferrarini ve Scaramozzino'nun (2016) ekonomik karmaşıklık artışının kısa vadede piyasa oynaklığını artırabileceği yönündeki bulgularıyla örtüşmektedir. Bu doğrultuda çalışmamız Türkiye sermaye piyasasının küresel ekonomik dalgalanmalara ve finansal krizlere duyarlılığını ortaya koymakta ve politika yapıcılar için piyasa dinamiklerinin daha iyi anlaşılmasını gerektirmektedir.

Nedensellik testi bulguları ile Dalgacık Tutarlılık Testi sonuçları karşılaştırıldığında, iki yöntemin genel eğilimler açısından tutarlılık gösterdiği görülmektedir. Ekonomik Karmaşıklık Endeksi'nin BIST100 Endeksi, toplam işlem hacmi ve borsada işlem gören şirket sayısı üzerinde güçlü bir etkisinin olduğu hem FTY testi hem de WTC analizinde doğrulanmıştır. Ancak, FTY testi Ekonomik Karmaşıklık Endeksi'nden toplam işlem hacmine doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit ederken, dalgacık analizinde bu ilişkinin belirli dönemlerde güçlü, belirli dönemlerde zayıf olduğu gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, FTY testi ile Ekonomik Karmaşıklık Endeksi'nden yabancı yatırımcı işlem hacmi üzerinde anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilmezken, dalgacık analizi bulguları söz konusu değişkenle Ekonomik Karmaşıklık Endeksi arasındaki ilişkinin oldukça kısa bir dönem geçerli olduğu ve 2000 sonrasında bu ilişkinin tamamen ortadan kalktığını destekler niteliktedir. Dolayısıyla bu iki test, Ekonomik Karmaşıklık Endeksi ile yabancı yatırımcı işlem hacmi ilişkisine dair paralel sonuçlar vermektedir. Ancak, FTY testi ile Ekonomik Karmaşıklık Endeksi ile piyasa kapitalizasyonu arasında bir nedensellik ilişkisi tespit edilmezken dalgacık analizinde bu değişkenle Ekonomik Karmaşıklık Endeksi arasındaki ilişkinin belirli dönemlerde önemli ölçüde değiştiği ortaya konulmuştur. Bu bağlamda, FTY testi ve WTC analizi sonuçları piyasa kapitalizasyonu için örtüşmemektedir. Literatürde, ekonomik karmaşıklığın finansal gelişim üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar genellikle ekonomik karmaşıklığın finansal piyasaları destekleyici bir unsur olduğu ve uzun vadede piyasa derinliğini artırdığı yönünde bulgular sunmaktadır (Can ve Doğan, 2018; Chu, 2019). Ancak, bu çalışmanın bulguları, bu ilişkinin tüm sermaye piyasası göstergeleri için geçerli olmadığını ve ekonomik karmaşıklığın yalnızca belirli göstergeler üzerinde güçlü bir etki yarattığını ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular ışığında, ekonomik karmaşıklığın sermaye piyasası üzerindeki etkilerinin belirli dönemlerde güçlendiği, ancak bu etkinin istikrarlı olmadığı söylenebilmektedir. Özellikle Ekonomik Karmaşıklık Endeksi'nin şirket sayısı ve toplam işlem hacmi ile ilişkisi dikkat çekicidir. Şirket sayısı ile çift yönlü nedensellik ilişkisinin bulunması, ekonomik karmaşıklığın piyasa dinamizmine etkisini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, sermaye piyasasının derinleşmesi ve daha fazla şirketin borsada işlem görmesi için politika yapıcılar tarafından sanayi çeşitliliğini ve yenilikçi üretimi artırmaya yönelik teşviklerin artırılması önerilmektedir.

BIST100 ve Ekonomik Karmaşıklık Endeksi arasındaki ilişkinin belirli dönemlerde güçlenip zayıflaması, piyasa duyarlılığının makroekonomik belirsizliklere bağlı olduğunu göstermektedir. 2008 Küresel Finans Krizi ve 2010 sonrası küresel ekonomik dalgalanmalar gibi faktörler, bu ilişkiyi olumsuz yönde etkilemiştir. Bu nedenle, sermaye piyasalarının ekonomik karmaşıklık artışlarına daha iyi yanıt verebilmesi için finansal istikrarı güçlendiren politikaların geliştirilmesi fayda sağlayabilecektir.

Öte yandan, piyasa kapitalizasyonu ve yabancı yatırımcı işlem hacmi ile Ekonomik Karmaşıklık Endeksi arasındaki ilişkinin zaman içinde kaybolması, küresel yatırımcıların yatırım kararlarını yalnızca içsel ekonomik faktörlere değil, uluslararası piyasa koşullarına da bağlı olarak şekillendirdiğini göstermektedir. Bu bağlamda, yabancı yatırımcıların Türkiye sermaye piyasasına daha fazla ilgi göstermesi için finansal şeffaflığın artırılması ve yatırımcı güvenini sağlayacak makroekonomik istikrar politikalarının sürdürülmesi önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, ekonomik karmaşıklığın Türkiye sermaye piyasası üzerindeki etkisini ortaya koyarak, politika yapıcılar ve yatırımcılar için önemli bilgiler sunmaktadır. Gelecekteki araştırmalarda, daha geniş bir veri seti kullanılarak farklı ekonometrik yöntemlerle bu ilişkilerin doğrulanması, sektörel bazda analizler yapılarak, ekonomik karmaşıklığın belirli endüstriler üzerindeki etkisinin incelenmesi ve ülke

düzeyindeki sanayi politikalarının sermaye piyasası üzerindeki uzun vadeli etkilerinin değerlendirilmesi önerilmektedir.

Kaynakça

- Abdon, A., Bacate, M. L., Felipe, J., & Kumar, U. (2010). Product Complexity and Economic Development. SSRN Electronic Journal. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1677442>
- Aguiar-Conraria, L., & Soares, M. J. (2014). The Continuous Wavelet Transform: A Primer. *Journal of Economic Surveys*, 28(2), 344–375. <https://doi.org/10.1111/joes.12011>
- Becker, R., Enders, W. and Lee, J. (2006). A Stationarity Test In The Presence Of An Unknown Number of Smooth Breaks. *Journal of Time Series Analysis*, 27(3), 381-409.
- Can, M., ve Doğan, B. (2018). Ekonomik Kompleksite ve Finansal Gelişme İlişkisi: Türkiye Örneğinde Ampirik Bir Analiz. *Finans Politik Ve Ekonomik Yorumlar* (638), 5-16.
- Chu, L. K. (2019). The Effects Of Financial Development On Economic Sophistication: Evidence From Panel Data. *Applied Economics Letters*, 1–4. <https://doi.org/10.1080/13504851.2019.1676866>
- Cristelli, M., Tacchella, A., Pietronero, L., (2015). The Heterogeneous Dynamics Of Economic Complexity. *Plos One* 10 (2), e0117174. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117174>.
- Dam, A. V., & Frenken, K. (2022). Variety, Complexity And Economic Development. *Research Policy*, 51(8), Article 103949. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.103949>
- Daude, C., Nagengast, A. & Perea, J. R. (2016). Productive Capabilities: An Empirical Analysis Of Their Drivers, *The Journal of International Trade & Economic Development*, Taylor & Francis Journals, 25(4), 504-535, June.
- Demirgüç-Kunt, A., & Detragiache, E. (1998). *Financial Liberalization And Financial Fragility*. IMF Working Paper, 98/83. <https://doi.org/10.5089/9781451851314.001>
- Enders, W., & Lee, J. (2012). A Unit Root Test Using A Fourier Series To Approximate Smooth Breaks. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 74(4), 574-599. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2011.00662.x>
- Ferrarini, B., & Scaramozzino, P. (2016). Production Complexity, Adaptability And Economic Growth. *Structural Change and Economic Dynamics*, 37, 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2015.12.001>
- Grinsted, A., Moore, J. C., & Jevrejeva, S. (2004). Application Of The Cross Wavelet Transform And Wavelet Coherence To Geophysical Time Series. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11(5/6), 561–566. <https://doi.org/10.5194/npg-11-561-2004>
- Harvard Growth Lab. (2024). *Atlas of Economic Complexity - Country Rankings*. Harvard University. Erişim adresi: <https://atlas.hks.harvard.edu/rankings>
- Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Simoes, A., & Yıldırım, M. A. (2013). *The Atlas Of Economic Complexity: Mapping Paths To Prosperity*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9647.001.0001>
- Hidalgo, C.A. & Hausmann, R., (2009). The Building Blocks Of Economic Complexity. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106 (26), 10570–10575. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>.
- Kanca, S., Çankaya, F. ve Dinç, E. (2021). Kurumsal Yönetim Uygulamalarının Finansal Performansa Etkisi: BİST Şirketlerinde Bir Uygulama. Karadeniz Teknik Üniversitesi *Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(22), 203-225.
- Karasoy, A. (2022). Examining the Globalization-Economic Complexity-Financial Development Nexus in Türkiye. *Akademik Araştırmalar Ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 14(27), 485-499. <https://doi.org/10.20990/kilisiibfakademik.1164750>
- Levine, R. (1997). Financial Development And Economic Growth: Views And Agenda. *Journal of Economic Literature*, 35(2), 688-726.
- Liu, P. C. (1994). Wavelet Spectrum Analysis and Ocean Wind Waves, Wavelet Analysis and Its Applications. *Akademik Press*, 4: 151-166. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-052087-2.50012-8>

- Mishkin, F. S. (1999). Financial Consolidation: Dangers And Opportunities. *Journal of Banking & Finance*, 23(2-4), 675–691. [https://doi.org/10.1016/s0378-4266\(98\)00084-3](https://doi.org/10.1016/s0378-4266(98)00084-3)
- Nazlioglu, S., Gormus, N. A., & Soytas, U. (2016). Oil Prices And Real Estate Investment Trusts (Reits): Gradual-Shift Causality And Volatility Transmission Analysis. *Energy Economics*, 60, 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.09.009>
- Ndoya, H., Ongo Nkoa, B. E., Kemeze, F. H., & Nchofoung, T. N. (2024). Financial Development And Economic Complexity: The Role Of Country Stability. *Economics of Transition and Institutional Change*, 32(2), 415–447. <https://doi.org/10.1111/ecot.12392>
- Nguyen, C.P., Su, T.D. 2021 Financing The Economy: The Multidimensional Influences Of Financial Development On Economic Complexity. *J. Int. Dev.* 2021; 33: 644–684. <https://doi.org/10.1002/jid.3541>
- Njangang, H., Asongu, S. A., Tadadjeu, S., & Nounamo, Y. (2021). *Is Financial Development Shaping Or Shaking Economic Sophistication In African Countries?* Munich Personal RePEc Archive (MPRA), Working Paper No. 110132.
- Olaniyi, C. & Odhiambo, N. (2023). Does Institutional Quality Matter in the Financial Development-Economic Complexity Nexus? Empirical Insights from Africa. *Research in Globalization*. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2023.100173>.
- Pal, D. & Mitra, S. K. (2017). Time-Frequency Contained Co-Movement of Crude Oil and World Food Prices: A Wavelet-Based Analysis. *Energy Economics*, 62: 230-239.
- Pal, D. & Mitra, S. K. (2018). Oil Price and Automobile Stock Return Co-Movement: A Wavelet Coherence Analysis. *Economic Modelling*, XXX: 1-10.
- Sermaye Piyasası Kurulu (SPK). (2024, Eylül). Uluslararası Ekonomik Ve Finansal Göstergeler. Araştırma Dairesi. Erişim tarihi: 17 Aralık 2024, The World Bank Group (BIS-IMF-OECD) web sitelerinden ve <http://www.ceicdata.com/en> adresinden alındı.
- Sermaye Piyasası Kurulu (SPK). (n.d.). İdare faaliyet raporları. SPK Resmi Web Sitesi. Erişim adresi: <https://spk.gov.tr/yayinlar/spk-idare-faaliyet-raporlari>
- Tacchella, A., Cristelli, M., Caldarelli, G., Gabrielli, A., & Pietronero, L. (2012). A New Metrics for Countries' Fitness and Products' Complexity. *Scientific Reports*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/srep00723>
- Tacchella, A., Mazzilli, D., & Pietronero, L. (2018). A Dynamical Systems Approach To Gross Domestic Product Forecasting. *Nature Physics*, 14(8), 861–865. <https://doi.org/10.1038/s41567-018-0204-y>
- Torrence, C., & 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)
- Torrence, C., & Webster, P. J. (1999). Interdecadal Changes In The ENSO-Monsoon System. *Journal of Climate*, 12(8), 2679–2690. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<2679:ICITEM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<2679:ICITEM>2.0.CO;2)
- Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB). (2024). Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS) - BIST 100 Endeksi ve Finansal Veriler. Erişim adresi: https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/serieMarket/#collapse_44
- Uribe, J. M. (2025). Investment In İntangible Assets And Economic Complexity. *Research Policy*, 54, 105133. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2024.105133>

Research Article

Türkiye'deki Ekonomik Karmaşıklık ve Sermaye Piyasası Arasındaki İlişkinin Zaman Frekans Tabanlı Nedensellik Analizi: Fourier ve Dalgacık Yaklaşımlarından Kanıtlar

Time–Frequency Based Causality Analysis of the Relationship Between Economic Complexity and Capital Markets in Turkey: Evidence from Fourier and Wavelet Approaches

Aslı ÖZEN ATABEY

Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu

aatabey@ksu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-6122-1101>

Extended Abstract

Economic complexity has emerged as a key concept in modern economic analysis, serving as a proxy for a country's productive knowledge, industrial diversification, and technological capability. It reflects the embedded capabilities within an economy that enable the production of sophisticated goods and services. Capital markets, on the other hand, function as crucial mechanisms for resource allocation, investment financing, and economic signaling. Understanding the dynamic interplay between these two domains is vital, especially for emerging economies like Türkiye, where structural transformation and financial development often evolve simultaneously. This study aims to examine the relationship between economic complexity and capital markets in Türkiye for the period 1995–2023, employing advanced econometric methodologies grounded in time-frequency analysis.

The study utilizes the Economic Complexity Index (ECI), developed by Hidalgo and Hausmann, as the main indicator of economic complexity. In parallel, five core variables are used to represent the Turkish capital market: the BIST100 stock index, total trading volume, the number of listed companies, market capitalization, and foreign investor trading volume. These indicators jointly provide a multidimensional assessment of market activity, liquidity, depth, and international integration. The interaction among these variables is examined through the application of the Fourier Toda-Yamamoto (FTY) causality test and the Wavelet Coherence (WTC) method, both of which allow for structural breaks, non-linearities, and time-varying dynamics in the data.

The Fourier Toda-Yamamoto causality test is an extension of the traditional Granger causality framework that accommodates smooth structural breaks and avoids pre-testing for unit roots and cointegration. It enhances the robustness of causal inference in the presence of non-stationarity and low-frequency shocks. Complementing this, the Wavelet Coherence method offers a time-frequency domain analysis that can detect co-movements between two variables across different time horizons. The combination of these two methods allows for a comprehensive understanding of both the direction and the strength of causality over time.

Empirical findings reveal several important insights. First, there is a statistically significant and persistent causality from ECI to the BIST100 index. This suggests that improvements in Türkiye's productive structure and technological capabilities positively affect the overall performance of the stock market. As the economy becomes more complex, stock valuations rise, likely reflecting increased investor confidence in long-term growth prospects. Second, the ECI significantly influences total trading volume and the number of listed companies. This is interpreted as evidence that economic diversification and industrial upgrading foster higher market participation and listing activity on the stock exchange.

One of the most notable findings is the bidirectional causality between ECI and the number of listed firms. This result highlights a reinforcing cycle: while increased complexity promotes new firm listings, an expanding capital market, in turn, facilitates diversification and technological innovation by providing financial resources

to emerging sectors. However, the study does not find strong causality between ECI and market capitalization, possibly indicating that aggregate valuations are influenced more by global financial conditions and investor sentiment than by domestic structural characteristics.

Regarding foreign investor trading volume, the relationship with ECI appears weak and largely confined to a limited time frame in the late 1990s. This finding may reflect shifts in geopolitical risk perception, macroeconomic volatility, and changes in global capital flows that overshadow the effects of domestic economic structure on foreign investment behavior.

The wavelet coherence analysis complements these results by shedding light on the time-varying nature of the observed relationships. For instance, high coherence between ECI and BIST100 is evident between 1998 and 2008—a period characterized by EU accession talks, macroeconomic reforms, and improved political stability in Türkiye. However, after the global financial crisis of 2008, coherence weakens, suggesting that external shocks and domestic political uncertainties have disrupted the previous pattern of interaction. Similar patterns are observed in the coherence between ECI and other market indicators such as trading volume and firm listings, reinforcing the view that the relationship between economic complexity and financial markets is both dynamic and context-dependent.

From a theoretical perspective, the study provides empirical support for the hypothesis that structural transformation, as captured by economic complexity, is a significant determinant of financial market development. The evidence indicates that the accumulation of productive capabilities not only drives GDP growth but also influences the behavior and structure of financial markets. In this context, the findings contribute to the growing literature that seeks to bridge the gap between the real and financial sectors by incorporating measures of productive knowledge and technological sophistication.

Policy implications arising from this research are also noteworthy. The positive influence of economic complexity on capital market development suggests that policies aimed at enhancing industrial diversification, investing in research and development, and fostering high-skill human capital can yield benefits that extend beyond the real economy. A more complex economic structure attracts greater investor interest, facilitates deeper financial intermediation, and supports the growth of capital markets. Moreover, the observed feedback mechanism implies that strengthening capital markets can help finance the innovation and expansion necessary for further increases in economic complexity.

Given these interdependencies, policymakers are advised to adopt an integrated strategy that concurrently promotes technological upgrading and financial deepening. Efforts should focus on improving institutional quality, streamlining regulatory frameworks, and enhancing transparency in capital markets. Creating supportive ecosystems for innovation—through university-industry collaboration, entrepreneurship programs, and strategic sectoral policies—can further strengthen the virtuous cycle between economic complexity and capital market development.

The study also addresses methodological gaps in the existing literature. While numerous studies have examined the drivers of capital market development or the macroeconomic effects of economic complexity separately, few have investigated their interaction within a time-frequency domain. The application of the Fourier Toda-Yamamoto and Wavelet Coherence methods marks a methodological innovation by enabling a more nuanced analysis of causality and co-movement. These techniques are particularly well-suited for emerging markets like Türkiye, where structural reforms, policy shifts, and external shocks often produce non-linear and time-varying effects.

Another contribution of the study lies in its use of multiple financial indicators. By going beyond a single market proxy (e.g., the stock index) and incorporating variables such as trading volume, firm count, market capitalization, and foreign investor activity, the analysis provides a richer and more granular understanding of how economic complexity influences different dimensions of capital market performance. This multidimensional approach enhances the robustness and generalizability of the findings, making them relevant for comparative analysis in other emerging economies.

In summary, the results of this study demonstrate that economic complexity exerts a multifaceted and evolving influence on capital markets in Türkiye. While the strongest effects are seen in market activity and firm participation, other areas such as foreign investment and market valuation are more contingent on external conditions. These findings underscore the importance of aligning industrial and financial policies to foster inclusive and resilient growth. Recognizing the feedback loop between capital markets and structural

transformation can help policymakers design interventions that generate long-term benefits for both economic and financial development.

Future research may expand upon these findings in several ways. Sector-specific analysis could be conducted to determine which industries are most sensitive to changes in economic complexity. Cross-country studies involving other emerging or middle-income economies would help assess the generalizability of the observed patterns. Additionally, exploring the role of institutional quality, political stability, and global integration in mediating the complexity–finance nexus could yield further valuable insights. As economic systems become increasingly interconnected and technology-driven, understanding the dual role of complexity and finance will remain a central challenge for both scholars and policymakers.