



Article Info/Makale Bilgisi

✓Received/Geliş:01.09.2022 ✓Accepted/Kabul:13.05.2023

DOI:10.30794/pausbed.1169890

Research Article/Araştırma Makalesi

Kızılkaya, O. ve Mike, F. (2023). "İklim Değişikliğinin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Değerlendirme", *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı 57, Denizli, ss. 403-411.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: TÜRKİYE ÜZERİNE AMPİRİK BİR DEĞERLENDİRME

Oktay KIZILKAYA*, Faruk MİKE**

Öz

Bu çalışma Türkiye için iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini 1990-2021 dönemi yıllık gözlemler doğrultusunda, kesirli frekans değerleri dikkate alabilen Fourier ADL eşbütünleşme testiyle araştırmayı amaçlamaktadır. Bu anlamda Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan hareketle, iklim değişikliğinin en önemli parametrelerinden birisi olan sıcaklık düzeyi ile temel ekonomik parametreler (sermaye stoku, işgücü miktarı ve kentleşme) analizlere dâhil edilmiştir. Fourier ADL eşbütünleşme sonuçları seriler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır. Elde edilen uzun dönem katsayılar ise Türkiye için sıcaklık düzeyi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde negatif bir ilişkinin bulunduğu işaret etmektedir. Bu durum küresel ısınmanın neden olduğu iklim krizinin Türkiye'nin ekonomik büyüme performansını olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Bu anlamda iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltacak yönde küresel işbirliklerine dâhil olunması ve ayrıca özellikle üretim süreçlerinin uyum ve sınırlama politikaları ile desteklenmesi, Türkiye ekonomisinin geleceği açısından oldukça kritik bir önem arz etmektedir. Son olarak sıcaklık parametresi dışında kalan sermaye stoku, işgücü miktarı ve kentleşme değişkenlerinin ise Türkiye'nin ekonomik büyüme performansı üzerinde pozitif etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, Ekonomik büyüme, Fourier ADL eşbütünleşme testi, Türkiye.

JEL Sınıflandırması: Q54, O47, C32

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON ECONOMIC GROWTH: AN EMPIRICAL EVALUATION ON TÜRKİYE

Abstract

This study aims to investigate the impact of climate change on economic growth in Türkiye by using Fourier ADL cointegration analysis, which considers the fractional frequency values, for yearly observation from 1990 to 2021. Following the Cobb-Douglas production function, the analysis included main economic parameters (capital stock, labour force and urbanization) and also temperature which is one of the most important indicators of climate change. The Fourier ADL cointegration results reveal the existence of a long run relationship between the series. The long-run coefficients indicate that there is a negative relationship between the temperature level and economic growth in Türkiye in the long run. This means that the climate crisis caused by global warming negatively affects Türkiye's economic growth performance. In this context, it is of critical importance for the future of the Turkish economy to be included in global cooperation to reduce the negative effects of climate change, and also to support especially the production processes with adaptation and mitigation policies. Finally, capital stock, labour force and urbanization parameters have positive and statistically significant effects on Türkiye's economic growth performance in the long run.

Keywords: Climate change, Economic growth, Fourier ADL cointegration test, Türkiye.

JEL Classification: Q54, O47, C32

*Doç. Dr., Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Finansman Bölümü, MALATYA.
e-posta: oktay.kizilkaya@ozal.edu.tr, (<https://orcid.org/0000-0002-3412-5616>)

**Doç. Dr., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Bahçe Meslek Yüksekokulu, Bankacılık ve Finans Bölümü, OSMANİYE.
e-posta: farukmike@osmaniye.edu.tr, (<https://orcid.org/0000-0002-9194-1679>)

1. GİRİŞ

Ekonomik büyümenin önemi ve sürdürülebilirliği konularına yönelik olarak ekonomi literatüründe yıllardır yoğun bir araştırma alanının oluştuğu ve halen de oluşmaya devam ettiği gözlemlenmektedir. Gelişen test yöntemleri ve modelleme teknikleri sayesinde, araştırmacılar ekonomik büyümenin temel unsurlarını en ince ayrıntılarına kadar analiz etmekte ve nihayetinde daha iyi bir büyüme performansı için gerekli olan uygulamaları çalışmalarında politika önerileri olarak sunmaktadır. Bu durum kuşkusuz ülke refahını arttırmayı ve ülkelerinin uluslararası alanda rekabet üstünlüğü sağlamasını hedefleyen politika yapıcılar için vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Ancak diğer taraftan günümüzde, özellikle de uluslararası kamuoyunda, ekonomik faaliyetlerin önemli bir alternatif maliyete sahip olduğu görüşünün ağırlık kazanmaya başladığı dikkat çekmektedir. Bu maliyetin adı, şu aralar sıklıkla duyduğumuz ve bundan sonra daha fazla duymaya devam edeceğimiz, “iklim değişikliği” kavramı ile açıklanmaktadır.

İklim değişikliği temel olarak hava koşullarındaki düzensiz ve uzun dönemli değişiklikleri (sıcaklık ortalamalarındaki artışlar ve yağış miktarındaki ani değişimler gibi) ifade etmektedir. Özellikle son dönemlerde sıklıkla karşılaştığımız buzulların erimesi, deniz suyu seviyelerinin ve sıcaklıkların artması, biyolojik çeşitliliğin azalması, seller, taşkınlar ve kuraklıklar gibi pek çok olumsuz doğa olayı iklim değişikliğinin temel göstergeleri arasında sıralanmaktadır. Bu etkiler kuşkusuz iklim değişikliğinin coğrafi, biyolojik ve çevresel boyutlarını daha fazla ön plana çıkaran bir sürece işaret etmektedir. Ancak iklim değişikliği kapsamında doğa odaklı olayların yanı sıra ayrıca ekonomik, sosyal ve politik etkileri de barındıran önemli bir süreci ifade etmektedir. Bu çalışmanın kapsamı itibarı ile iklim değişikliğinin ekonomik etkileri üzerinde durulması amaçlanmaktadır.

İklim değişikliği ekonomisi (Stern (2006) ve Stern (2008)’in ifade ettiği üzere) temel olarak hava olaylarındaki düzensiz değişimlerin (sıcaklıklarda yaşanan kalıcı yükselişler ve/veya yağış düzenindeki değişiklikler) ekonomik faaliyetler (tarımsal üretim, ekonomik büyüme, işgücü verimliliği vb.) üzerindeki etkilerini incelemektedir. Küresel sıcaklık düzeylerinde meydana gelen artışlar ve şiddetli hava olayları; (i) tarımsal üretimde kayıpların yaşanmasına, (ii) sanayi üretimi için gerekli olan hammadde girdilerinin tedarik edilememesine, (iii) işgücü verimliliğinin azalmasına, (iv) sermaye stokunun gerilemesine ve (v) insan sağlığına zarar verilmesine neden olarak, yatırımlar ve çıktı düzeyleri üzerinde doğrudan ve oldukça önemli makroekonomik etkiler meydana getirebilmektedir (Kahn vd. 2019; Tol, 2018). Bu etkilerin kısa dönemde özellikle az gelişmiş ülkeler için yıkıcı ve telafi edilemez boyutlarda gerçekleşebileceği, buna karşın uzun dönemde uyum (adaptation) ve sınırlama (mitigation) politikaları ile bir nebze azaltılabileceği kabul edilmektedir (Doğanlar vd., 2022: 73).

İklim değişikliğinin makroekonomik etkilerine yönelik yaklaşımlar literatürde büyük oranda zengin ve yoksul ülke ayrımıyla açıklanmaktadır. Söz konusu etkilerin ise yine zengin ve yoksul ülke grupları için farklı kanallar aracılığıyla gerçekleştiği kabul edilmektedir. Buna göre birinci grup çalışmalar iklim değişikliğinin (veya küresel ısınmanın) özellikle tarımsal üretime dayalı yoksul ekonomiler üzerinde (özellikle Afrika bölgesi) doğrudan ve oldukça olumsuz etkilere sahip olduğunu öne sürmektedir (Stern, 2006: 2; Tol, 2018: 8-10). Bu yaklaşıma göre iklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık artışlarının emek yoğun (tarımsal) üretime dayalı ve alternatif bir gelir kaynağı bulunmayan ülkeler üzerinde üretim ve verimlilik alanında oldukça ağır etkiler yaratması beklenmektedir. Bu durumun söz konusu ülkelerin sosyoekonomik yapılarında ve refah seviyelerinde ciddi hasarlara neden olacağı ileri sürülmektedir (Lanzafame, 2014: 2; Barrios vd., 2010: 351-352). Diğer taraftan ikinci grup çalışmalar ise iklim değişikliklerinin sermaye gücüne dayalı ve alternatif üretim imkânlarına sahip olan zengin ülkeler üzerinde dolaylı etkiler meydana getireceğini ileri sürmektedir. Buna göre, iklim değişikliği zengin ülkelerdeki doğrudan üretimi etkileyerek değil, yoksul ülkelere ithal edilen mal miktarında azalma ve bu malların fiyatlarında yaşanan artışlar nedeniyle refah seviyelerinde azalmaya neden olmaktadır (Jones ve Olken, 2010: 458).

Bununla birlikte iklim değişikliğinin özellikle tarihsel olarak soğuk olan bölgelerde işgücü verimliliğini ve beraberinde ekonomik büyümeyi arttıracaklarını savunan yaklaşımlar da bulunmaktadır (Kahn vd. 2019). Bu kapsamda özellikle bu bölgelerde iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini sınırlamaya ve yine iklim değişikliği ile mücadele etmeye yönelik uygulanacak uyum ve sınırlama politikalarının ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkiler sağlaması beklenebilir.

Söz konusu teorik bilgilerden hareketle bu çalışma iklim değişikliğinin Türkiye ekonomisi üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Spesifik olarak ifade etmek gerekirse, bu çalışmada iklim değişikliğinin temel parametrelerinden birisi olan sıcaklık düzeylerindeki değişimlerin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri incelenecektir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonundan hareketle, çalışmada ayrıca toplam sermaye stoku ve toplam işgücü miktarı parametrelerine de yer verilecektir. Analizler, yapısal kırılmaları Fourier yaklaşımı ile

dikkate alan ekonometrik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilecektir. Fourier yaklaşımı doğrusal olmayan yapıda ve bilinmeyen sayıda çoklu yapısal kırılmanın varlığı durumunda oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Fourier birim kök testlerinde az sayıda parametre kullanıldığından, çok sayıda kukla değişken kullanan birim kök testlerinde bulunabilecek güç kaybı probleminden kaçınılmaktadır (Enders ve Lee, 2012: 199). Söz konusu çalışmanın ele aldığı konu ve uygulama yöntemi itibarıyla Türkiye ekonomisi için ilk çalışma olduğu düşünülmektedir.

Çalışmanın planlaması şu şekildedir: İkinci bölümde iklim değişikliğinin ekonomik faaliyetler üzerindeki etkilerine yönelik literatürde sınırlı sayıda yer alan ampirik çalışmalar özetlenecektir. Üçüncü bölümde analizler için uygulanacak model tercihi ve beraberinde gerekli olan veri seti tanımlanacaktır. Dördüncü bölümde Fourier ADF birim kök ve Fourier ADL eşbütünlük testlerine yönelik metodolojik açıklamalara yer verilecektir. Beşinci bölümde ampirik bulgular tartışılacak ve çalışma sonuç ve politika önerileri ile tamamlanacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Çevre ekonomisi alanına özgü literatür, iklim değişikliğinin çeşitli ekonomik faaliyetler (ekonomik büyüme, tarımsal üretim, işgücü verimliliği vb.) üzerindeki etkilerini büyük oranda farklı kirlilik göstergeleri (karbondioksit ve sera gazı emisyonları gibi) ile açıklamaya çalışmakta ve söz konusu literatüre yönelik önemli bir tartışma alanının oluşmasına katkı sağlamaktadır. Ancak bu durum iklim değişikliğinin temel göstergeleri olarak kabul edilen sıcaklık ve yağış miktarları parametrelerinin göz ardı edilmesine yol açmaktadır. Literatürde söz konusu parametreleri dikkate alarak ampirik analiz gerçekleştiren sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmaların önemli bir kısmı iklim değişikliğinden en fazla etkilenen ve yoksul ülke sınıflandırmalarına dahil edilebilecek olan Afrika ülkeleri için gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda Barrios vd. (2010), 22 Sahra Altı Afrika ülkesi için yağış trendlerinin zayıf ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini panel En Küçük Kareler ve sabit etkiler yöntemleri ile incelemiştir. Elde edilen bulgular yağış miktarındaki azalmanın Afrika ülkelerinin zayıf büyüme performansları üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğunu, fakat diğer gelişmekte olan ülkeler için önemli bir etki yaratmadığını ortaya koymaktadır. Diğer taraftan Abidoye ve Odusola (2015), 34 Afrika ülkesi için iklim değişikliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1961-2009 yıllık veriler doğrultusunda Bayesian yaklaşımı ile incelemiştir. Yazarlar çalışmalarında iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Buna göre sıcaklıktaki 1°C'lik artış gayrisafi yurtiçi hasıla büyüme oranı üzerinde %0.67 oranında bir azalmaya neden olmaktadır. Bu etkinin ülkeler arasındaki dağılımı homojen değildir. Son olarak Alagidede vd. (2016), 22 Sahra Altı Afrika ülkesi için iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel eşbütünlük analizleri (Pedroni, Kao ve Fisher) ile incelemiştir. Elde edilen bulgular, sıcaklık ve yağış miktarı değişkenleri ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir ilişkinin bulunmadığına işaret etmektedir. Buna karşın kısa dönemde sıcaklık düzeyinde meydana gelecek %1'lik artışın ekonomik büyümeyi yaklaşık %0.13 oranında azaltacağı bulguları elde edilmiştir. Diğer taraftan doğrusal dışılığın modellendiği bir diğer tahminde ise kısa dönemde sıcaklığın ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Uzun dönemde ise sıcaklık düzeyinin pozitif ve anlamlı ve quadratic sıcaklık değeri katsayısının ise negatif ve anlamlı olduğu bulgularına ulaşılmıştır. Bunun anlamı sıcaklık düzeylerindeki artışların belirli bir eşik değere (24.9°C) kadar ekonomik büyümeyi artırdığı, ancak bu eşik seviyenin ardından büyüme üzerinde olumsuz etkiler meydana getirdiği yönündedir.

Afrika ülkeleri dışında yapılan diğer çalışmalarda ise zengin-yoksul ülke ayrımlarına veya bireysel/bölgesel ülke analizlerine dayanan araştırmaların gerçekleştirildiği gözlemlenmektedir. Bu çalışmalardan Dell vd. (2008), iklim değişikliğinin ekonomik faaliyetler üzerindeki kısa ve uzun dönemli etkilerini zengin ve yoksul ayrımından hareket ederek 136 ülke için 1950-2003 yıllık gözlemler doğrultusunda incelemiştir. Dinamik panel veri analizlerinin kullanıldığı çalışmada temel olarak üç temel sonuç elde edilmiştir: (i) Yüksek sıcaklıklar yoksul ülkelerdeki ekonomik büyümeyi önemli ölçüde azaltırken, zengin ülkelerde düşük bir etkiye sahiptir. (ii) Yüksek sıcaklıklar yoksul ülkelerdeki çıktı seviyesinden ziyade, büyüme oranlarını azaltmaktadır. (iii) Yüksek sıcaklıklar yoksul ülkelerdeki tarımsal üretimi, endüstriyel üretimi, toplam yatırım miktarını azaltan ve siyasi istikrarsızlığı artıran geniş çaplı etkilere sahiptir. Diğer taraftan Jones ve Olken (2010)'de çalışmasında zengin ve yoksul ülke ayrımına yönelerek iklim değişikliğinin ihracat üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Esnek Genelleştirilmiş En Küçük Kareler yönteminin kullanıldığı çalışmada temel olarak iki sonuç elde edilmiştir: (i) yoksul ülkelerdeki yüksek sıcaklıklar, ihracat büyüme oranları üzerinde büyük ve negatif etkilere neden olmaktadır. Buna göre veri bir yılda sıcaklıklarda yaşanacak 1°C'lik artış, söz konusu ülkenin ihracat büyüme oranını %2.0 ve %5.7 arasında azaltmaktadır. Buna karşın zengin ülkeler için böyle bir etki bulunmamaktadır. (ii) yüksek sıcaklıklar ağır sanayi

veya hammadde üretimi üzerinde çok az bir etkiye sahipken, tarımsal ihracat ve hafif imalat ihracatı üzerinde önemli olumsuz etkiler meydana getirmektedir.

Bölgesel anlamda ise Nordhaus (2006), coğrafi faktörlerin makroekonomik faaliyetler üzerindeki etkisini, G-Econ veri tabanını kullanarak küresel ölçekte (ve spesifik olarak Afrika ile 6 diğer bölge için) mekânsal analizler ile incelemiştir. Söz konusu çalışma üç temel sonuca işaret etmektedir: (i) Sıcaklık düzeyi ile kişi başına düşen çıktı miktarı arasında negatif, buna karşın sıcaklık düzeyi ve alan başına çıktı miktarı arasında güçlü bir pozitif ilişki bulunmaktadır. (ii) Coğrafi faktörler, Afrika ve yüksek gelirli ülkeler arasındaki gelir eşitsizliğinin önemli bir kaynağıdır. (iii) Sera gazı emisyonu, geçmiş çalışmaların aksine, ekonomik faaliyetler üzerinde çok daha büyük zararlar vermektedir. Diğer taraftan Cashin vd. (2017), El Niño hava şokunun büyüme, enflasyon, enerji ve yakıt-dışı emtia fiyatları üzerindeki etkisini 21 ülke/bölge için 1979:2-2013:1 çeyreklik dönemleri doğrultusunda VAR modelleri yardımıyla incelemiştir. Elde edilen bulgular El Niño hava şokları sonrasında Avustralya, Şili, Endonezya, Hindistan, Japonya, Yeni Zelanda ve Güney Afrika'nın ekonomik faaliyetlerinde kısa vadeli düşüş yaşadıklarını, bu karşın ABD, Avrupa ve Çin'in büyümeyi artırıcı etkilerle karşılaştıklarını ortaya koymaktadır. Temel bulgu, (i) bir ülke ne kadar geniş coğrafik alana sahipse, (ii) birincil sektörlerin GSYİH içerisindeki payı ne kadar küçükse ve (iii) ekonomilerindeki çeşitlilik ne kadar fazla ise El Niño şoklarının GSYİH üzerindeki etkisi o kadar küçük olacağına yöneliktir.

Son olarak bireysel ülkeleri dikkate alan çalışmalardan Tebaldi ve Beaudin (2016), yağış kalıplarındaki değişimlerin reel GSYİH büyüme oranları üzerindeki etkilerini Brezilya eyaletleri için incelemiştir. Analizler 1970-2011 yılları için aylık veriler doğrultusunda dinamik panel veri yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Brezilya için 5 bölge dikkate alınmıştır: Kuzey, Kuzeydoğu, Güney, Güneydoğu ve İç Batı. Temel bulgu; ilkbahar mevsiminde yaşanan kuraklıklar ile yaz aylarında meydana gelen sellerin özellikle ülkenin Kuzeydoğu bölgesini etkilediğini, bu bölgenin tarihsel bağlamda ülkenin ekonomik olarak en yoksun bölgesi olduğunu ve bu nedenle iklim olaylarının ülke genelinde eşitsizliği artırabileceğini ortaya koymaktadır. Diğer taraftan Kahn vd. (2019), 174 ülkeyi dikkate aldıkları çalışmalarında ayrıca 48 ABD Eyaleti için iklim değişikliğinin ekonomik faaliyetler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 1963-2016 yıllık dönemleri için Chudik vd. (2018) tarafından önerilen half-panel Jackknife FE (HPJ-FE) tahmincisini kullandıkları çalışmalarında, iklim değişikliğinin farklı eyalet ve sektörlerdeki reel çıktı miktarı, işgücü verimliliği ve istihdam üzerinde uzun süreli olumsuz bir etkiye sahip olduğu bulgularına ulaşmışlardır.

3. VERİ SETİ VE ANALİTİK ÇERÇEVE

Bu çalışmada Türkiye için iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri Cobb-Douglas üretim fonksiyonu yardımıyla araştırılmaktadır. Bu anlamda uygulanacak model, Doğanlar vd. (2022)'nin çalışmasından hareketle, (1) numaralı denklemde yer almaktadır:

$$\ln Y_t = \alpha + \beta_1 \ln K_t + \beta_2 \ln L_t + \beta_3 \ln T_t + \beta_4 \ln U_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Burada Y toplam çıktı miktarının bir göstergesi olarak reel gayrisafi yurtiçi hasıla düzeyini (sabit fiyatlarla 2015 US\$); K sermaye birikiminin bir göstergesi olarak reel gayrisafi sabit sermaye oluşumunu (sabit fiyatlarla 2015 US\$); L işgücü arzının bir göstergesi olarak toplam işgücü miktarını; T iklim değişikliğinin temel parametresi olan sıcaklık düzeyini ve son olarak U demografik faktörlerin önemli bir göstergesi olan toplam kent nüfusunu ifade etmektedir. Ayrıca 1 numaralı denklemde yer alan α sabit terimi ve ε_t ise hata terimini ifade etmektedir. β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 ise sırasıyla sermaye stoku, işgücü miktarı, sıcaklık düzeyi ve kent nüfusu parametrelerine ilişkin esneklik katsayılarına işaret etmektedir.

Modelde yer alan tüm değişkenler toplam değerler olarak çalışmaya dâhil edilmiş ve verilerin tamamı Dünya Bankası veri tabanından temin edilmiştir. Çalışma dönemi ise 1990-2021 arasındaki yıllık gözlemleri kapsamaktadır. Özellikle işgücü miktarı (L) verisinin veri tabanlarında 1990 yılından itibaren mevcut bulunması, bu dönemlerin dikkate alınmasındaki en önemli neden olarak karşımıza çıkmaktadır. Son olarak tüm seriler doğal logaritmaları alınarak analizlere dâhil edilmişlerdir.

4. EKONOMETRİK YÖNTEM

Ekonometrik analizin ilk aşamasında, ele alınan serilerin durağanlık özellikleri Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) ve kesirli frekans değerleri alabilen Fourier ADF birim kök testleri kullanılarak incelenmiştir. İkinci aşamada; seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı kesirli frekans değerleri alabilen Fourier ADL eşbütünleşme testiyle sınınanmıştır. Son aşamada ise seriler arasındaki uzun dönem ilişkiler, Tam Modifiye Edilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) yöntemiyle tahmin edilmiştir.

4.1. Fourier ADF Birim Kök Testi

Christopoulos ve Leon-Ledesma (2011), Fourier yaklaşımı ile yapısal kırılmaları dikkate almak amacıyla kesirli frekans değerleri alabilen Fourier ADF birim kök testini geliştirmişlerdir. Christopoulos ve Leon-Ledesma (2011), tamsayı değerli frekansların geçici kırılmaları, kesirli frekansların ise fonksiyon tam bir salınımı tamamlayamayacağı için kalıcı kırılmaları ifade ettiğini göstermiştir. Zamanla değişen deterministik bir bileşen $d(t)$ ve $v_t \sim N(0, \sigma)$ olmak üzere bir y_t stokastik değişkeni Denklem (2) ile ifade edilebilmektedir:

$$y_t = d(t) + v_t \quad (2)$$

Christopoulos ve Leon-Ledesma (2011), çalışmalarında $d(t)$ değişkeni için Denklem (3) ile verilen Fourier serilerini kullanmışlardır:

$$d(t) = \gamma_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (3)$$

Burada k Fourier fonksiyonunun frekans sayısını, t zaman terimini, T ise örneklem boyutunu göstermektedir. Kesirli frekans değerleri alabilen Fourier ADF testinin ilk aşamasında uygun frekans değeri (k^*) belirlenmektedir. Bunun için $0.1 \leq k \leq 5$ olacak şekilde ve 0.1'lik artışlarla k 'nin her bir kesirli değeri için En Küçük Kareler yöntemi kullanılarak Denklem (3) tahmin edilmekte ve kalıntı kareler toplamını minimum yapan k değeri k^* olarak seçilmektedir. Daha sonra modelin En Küçük Kareler kalıntıları hesaplanmaktadır:

$$\hat{v}_t = y_t - \hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 \sin\left(\frac{2\pi k^* t}{T}\right) + \hat{\gamma}_2 \cos\left(\frac{2\pi k^* t}{T}\right) \quad (4)$$

Testin ikinci aşamasında elde edilen kalıntılara birim kök testi uygulanmaktadır. Denklem (5) ile verilen model ile standart ADF regresyonu kullanılmaktadır:

$$\Delta v_t = \alpha_1 v_{t-1} + \sum_{j=1}^p \beta_j \Delta v_{t-j} + u_t \quad (5)$$

Burada birim kökün varlığını ifade eden $H_0: \alpha_1 = 0$ boş hipotezi test edilmektedir.

Fourier ADF testinin üçüncü ve son aşamasında ise y_t 'nin veri yaratma sürecinde bilinmeyen (pürüzsüz) kırılmaların varlığı $H_0: \gamma_1 = \gamma_2 = 0$ boş hipotezi kullanılarak araştırılmaktadır. Burada boş hipotezi test etmek için F-istatistiği kullanılmaktadır.

4.2. Fourier ADL Eşbütünleşme Testi

Banerjee vd. (2017), çalışmalarında deterministik terimde Fourier fonksiyonu içeren otoregresif gecikmesi dağıtılmış (ADL) modele dayalı Fourier ADL eşbütünleşme testini önermişlerdir. Fourier ADL eşbütünleşme testi, tahmin edilen çok sayıda kukla değişkenin olduğu eşbütünleşme testlerinde ortaya çıkan güç kaybını önleyebilmektedir (Banerjee vd., 2017: 120). Fourier ADL test prosedürünü açıklamak için aşağıdaki koşullu model kullanılmaktadır:

$$\Delta y_{1t} = d(t) + \delta_1 y_{1,t-1} + \gamma' y_{2,t-1} + \varphi' \Delta y_{2t} + \epsilon_t \quad (6)$$

Burada γ , φ ve $y_{2t} \times 1$ boyutlu parametre vektörleri ve açıklayıcı değişkenlerdir. $d(t)$, Denklem (3) ile verilen deterministik terimdir. Fourier ADL eşbütünleşme testinin ilk aşamasında Denklem (6) tahmin edilerek kalıntı kareler toplamını minimum yapan k^* değeri belirlenmektedir. İlkay vd. (2021), Christopoulos ve Ledesma (2011) tarafından önerilen kalıcı yapısal değişimleri dikkate almak amacıyla, $0.1 \leq k \leq 5$ olacak şekilde ve 0.1'lik artışlarla kesirli değerleri dikkate alarak k^* seçilmesini önermiştir. Kesirli frekans değerleri alabilen Fourier ADL testinde eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını ifade eden boş hipotez ($H_0: \delta_1 = 0$) test edilmektedir. Fourier ADL

eşbütünleşme testinde boş hipotezi test etmek için t testi kullanılmakta ve test istatistiği Denklem (7) kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$t_{ADL}^F = \frac{\hat{\delta}_1}{se(\hat{\delta}_1)} \quad (7)$$

Burada $\hat{\delta}_1$, Denklem (6)'da yer alan δ_1 'in En Küçük Kareler tahmincisini, $se(\hat{\delta}_1)$ terimi ise $\hat{\delta}_1$ 'in standart hatasını göstermektedir.

5. BULGULAR

Eşbütünleşme analizine geçmeden önce değişkenlerin durağanlık özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan değişkenlerin durağanlık özelliklerini ortaya koymak adına ADF birim kök testine ve Christopoulos ve Leon-Ledesma (2011) tarafından geliştirilen ve kesirli frekans değeri alabilen FADF birim kök testine yer verilmiştir. ADF ve Fourier ADF birim kök testi sonuçları Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1: Birim kök analizi

| Değişken | ADF | Min KKT | Frekans (k*) | Fourier ADF | F-istatistiği |
|------------|---------|---------|--------------|-------------|---------------|
| Y | 0.487 | 0.056 | 0.2 | -3.243 | 1429.868* |
| ΔY | -5.526* | 0.045 | 3.7 | -7.116* | 4.383*** |
| K | -0.720 | 0.560 | 0.5 | -3.245 | 275.824* |
| ΔK | -3.867* | 0.480 | 3.5 | -7.572* | 3.298 |
| L | 0.199 | 0.039 | 0.2 | -2.128 | 320.326* |
| ΔL | -5.523* | 0.017 | 1.4 | -6.957* | 2.918 |
| T | -1.158 | 0.066 | 0.1 | -2.593 | 15.616* |
| ΔT | -9.320* | 0.144 | 5 | -9.811* | 0.373 |
| U | -2.493 | 0.001 | 0.1 | -0.921 | 45802.040* |
| ΔU | -1.120 | 0.001 | 2.5 | -2.842*** | 13.455* |

Not: *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlılığını ifade etmektedir.

Tablo 1'de yer alan F-istatistiği değerleri incelendiğinde, tüm serilerin düzey değerleri ile ekonomik büyüme (Y) ve kent nüfusu (U) değişkenlerinin birinci farklarında Fourier fonksiyonunun istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. ADF ve Fourier ADF birim kök testi sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, bu testlere ait test istatistikleri serilerin düzey hallerinde durağan olmadıklarını ortaya koymaktadır. Serilerin birinci farkları alındığı zaman ise durağan hale geldikleri görülmektedir. Birim kök testi sonuçları tüm serilerin I(1) olduğunu ve Fourier ADL eşbütünleşme analizinin uygulanabilmesi için gerekli ön koşulun sağlandığını göstermektedir.

Tablo 2: Eşbütünleşme analizi

| Min AIC | Frekans (k) | Fourier ADL Test İstatistiği | Sonuç | |
|------------------|-------------|------------------------------|------------------|------------|
| -4.198 | 1.5 | -5.160** | Eşbütünleşme var | |
| Gecikme Sayıları | | | | |
| ΔY | ΔK | ΔL | ΔT | ΔU |
| 2 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| Kritik Değerler | | | | |
| | %1 | %5 | %10 | |
| Fourier ADL | -5.678 | -5.023 | -4.665 | |

Not: *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlılığını ifade etmektedir. Maksimum gecikme uzunluğu 2 olarak alınmıştır.

Tablo 2 kesirli frekans değeri alabilen Fourier ADL eşbütünleşme testi sonuçlarını göstermektedir. Öncelikle uygun frekans değeri kesirli (1.5) olarak elde edilmiş ve bu sayede yapısal kırılmaların etkisinin kalıcı olduğu tespit edilmiştir. Fourier ADL eşbütünleşme testine ait test istatistiği -5.160 olarak elde edilmiştir. Bu değer Fourier ADL eşbütünleşme testine ait %5 kritik değeri aştığı için eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını ifade eden boş hipotez reddedilmektedir. Bu durum değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığını ortaya koymaktadır. Buna göre ele alınan seriler uzun dönemde birlikte hareket etmektedir ve bu serilerin düzey değerleriyle yapılacak uzun dönem analizi sahte regresyon içermeyecektir.

Uzun dönem eşbütünlük parametreleri Phillips ve Hansen (1990) tarafından geliştirilen FMOLS yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. İçsellik ve serisel korelasyon sorunlarına çözüm bulmak amacıyla geliştirilen FMOLS yöntemi, En Küçük Kareler yönteminin modifiye edilmiş halidir.

Tablo 3: Uzun dönem eşbütünlük katsayıları

| Değişkenler | Katsayılar | Standart Hata | t-istatistiği | p-değeri |
|-------------|------------|---------------|---------------|----------|
| K | 0.33 | 0.020 | 16.966 | 0.000 |
| L | 0.47 | 0.108 | 4.403 | 0.000 |
| T | -0.10 | 0.051 | -2.007 | 0.056 |
| U | 0.71 | 0.119 | 6.008 | 0.000 |
| Sin | 0.00 | 0.008 | 0.230 | 0.820 |
| Cos | -0.01 | 0.004 | -4.725 | 0.000 |
| C | -1.86 | 0.511 | -3.638 | 0.001 |

Not: "Cos" kosinüs, "Sin" ise sinüs Fourier fonksiyonlarını göstermektedir.

Tablo 3'te trigonometrik terimlerinde modele dâhil edildiği FMOLS sonuçları yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara göre sıcaklık (T) değişkenine ait katsayının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı, sermaye stoku (K), işgücü miktarı (L) ve kentleşme (U) değişkenlerine ait katsayıların ise pozitif istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Çalışmada Türkiye için sıcaklık düzeyini gösteren "T" değişkenin katsayısı -0.10 olarak elde edilmiştir. Bu durum Türkiye'deki sıcaklık ortalamalarında yaşanan artışlar ile ekonomik büyüme performansı arasında negatif bir ilişkinin bulunduğu işaret etmektedir. Buna göre uzun dönemde Türkiye'nin sıcaklık düzeylerinde meydana gelecek %1'lik bir artış, ekonomik büyümesi üzerinde yaklaşık %0.10 oranında azalmaya neden olmaktadır.

Diğer taraftan ekonomik büyümenin temel belirleyicileri olan sermaye stoku (K) ve işgücü miktarı (L) değişkenleri için ise pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulgular elde edilmiştir. Buna göre uzun dönemde sermaye stoku ve işgücü miktarında meydana gelecek %1'lik artışlar, Türkiye'nin ekonomik büyüme performansı üzerinde sırasıyla ve yaklaşık olarak %0.33 ve %0.47 oranında artışa neden olmaktadır. Bu durum sermaye ve işgücü arzı parametrelerinin Türkiye ekonomisi için halen önemli katkılar sağladığına işaret etmektedir. Son olarak kentleşme düzeyini gösteren (U) değişkenin katsayısı ise 0.71 olarak elde edilmiştir. Buna göre, uzun dönemde kentleşme düzeyinde (ya da kent nüfusunda) meydana gelecek %1'lik bir artış, büyümeyi ortalama % 0.71 oranında artırmaktadır.

6. SONUÇ

İklim değişikliğinin küresel ölçekte gösterdiği olumsuz etkiler (kuraklık, sel, taşkın vs.) uluslararası kamuoyunun son dönemlerde endişelerini arttırmakta ve başta Birleşmiş Milletler olmak üzere iklim krizi tehdidinde yönelik uluslararası işbirliği çabalarının artmasına katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda düzenli olarak düzenlenen uluslararası kongrelerde siyasetçiler, bilim insanları ve iş dünyasının önde gelen isimleri iklim krizinin uluslararası düzeyde farkındalığını arttırmaya ve çözümler geliştirmeye yönelik faaliyetler gerçekleştirmektedir. Her ne kadar iklim krizinin etkilerini azaltmaya yönelik hedefler yazılı metinler ile belgelendiriliyor olsa da bu sürecin tam olarak nasıl uygulanacağı ile ilgili net bir yol haritası çizilememektedir. Bunun en önemli nedeni kuşkusuz dünyanın en büyük ekonomilerine sahip olan Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Çin Halk Cumhuriyeti gibi ülkelerin çevre odaklı büyüme politikalarına uyum sağlama konusundaki isteksizlikleri ile ilgilidir. Bir taraftan uluslararası rekabet üstünlüğü ve küresel güç devinimi gibi amaçlar ile diğer taraftan küresel iklim krizinin meydana getireceği olumsuzluklar arasında hangisinin daha tercih edilebilir olduğu zamanla daha iyi anlaşılacaktır.

İklim krizinin ekonomik etkileri elbette sadece dünyanın en gelişmiş ülkelerinin problemleri değildir. Özellikle ekonomik yapıları oldukça kırılabilir olan gelişen piyasa ekonomileri için karşılaşılabilecekleri yeni bir olumsuzluk refah kaybına neden olabilecektir. Bu koşullar altında Türkiye'nin ekonomik anlamda nasıl bir performans sergileyeceği de kuşkusuz önemli bir anlam taşımaktadır. Bu durum özellikle ülkemizin geleceğine yönelik tedbirlerin alınması ve politika önerileri geliştirilmesi açısından başta bilim insanları ve siyasetler olmak üzere her bireyin görevidir.

Bu kapsamda bu çalışmada Türkiye için iklim değişikliğinin ekonomik büyüme performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Mevcut veriler doğrultusunda 1990-2021 yıllarını dikkate alarak Fourier ADF birim kök testi,

Fourier ADL eşbütünlük testi ve FMOLS uzun dönem katsayı tahminine başvurulmuştur. Fourier ADL eşbütünlük testi sonuçları ekonomik büyüme ile sermaye stoku, işgücü miktarı, sıcaklık düzeyi ve kentleşme değişkenleri arasında uzun dönemli ilişkinin varlığına işaret etmektedir. Uzun dönem katsayıları ise özellikle çalışmamızın ana temasını oluşturan sıcaklık düzeyi ile ekonomik büyüme arasında negatif ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır. Bu durum küresel ısınmanın neden olduğu iklim krizinin Türkiye'nin ekonomik büyüme performansını olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Söz konusu etki Türkiye ekonomisinin bundan sonraki performansına yönelik önemli çıkarımlar sağlayabilir.

Türkiye'nin küresel ölçekte yaşanan sıcaklık artışlarına tek başına doğrudan müdahale edebilmesi veya engelleyebilmesi elbette mümkün değildir. Bu doğal olarak uluslararası bir işbirliği ile gerçekleştirilecek bir eylemdir. Ayrıca sıcaklık düzeylerindeki artışların en önemli nedeni olan karbondioksit emisyonu salınımlarında Türkiye, BP Statistical Review (2021) verilerine göre %1.14 ile 16. sırada yer almaktadır. İlk iki sırayı yaklaşık %30.66 ve %13.81'lik oranlar ile paylaşan Çin ve ABD'nin verileri ile karşılaştırıldığında Türkiye'nin iklim krizine yönelik sorumluluğunun nispeten daha az olduğu söylenebilir. Ancak bu durum Türkiye'nin iklim krizinin neden olacağı olumsuzluklardan alacağı payın da nispeten düşük olacağı anlamına gelmemektedir. Kendisi gibi bu krize en az katkı sağlayan diğer pek çok ülke gibi şiddetini giderek daha fazla hissedeceği doğa olaylarıyla karşılaşacak ve bunun ekonomik yapısı üzerindeki etkilerini de yine aynı şiddette hissedecektir. Bu kapsamda Türkiye'nin öncelikle iklim krizine yönelik uluslararası işbirliklerini önemsemesi ve bu süreçlere dâhil olması önem arz etmektedir. Dahası ve belki de en önemlisi, başta tarım sektörü olmak üzere üretim süreçlerinin tamamında uyum ve sınırlama politikalarının hızlı şekilde desteklenmesi kritik bir öneme sahiptir.

Bu konu özelinde gelecekte yapılacak çalışmalar için ise özellikle ikinci dereceli terimlerin (quadratic term) ekonometrik modellere dahil edilmesi önerilmektedir. Bu sayede hava olaylarının doğrusal olmayan etkilerinin de incelenmesi mümkün olabilecektir.

KAYNAKÇA

- Abidoye, B. O., ve Odusola, A. F. (2015). "Climate Change and Economic Growth in Africa: An Econometric Analysis". *Journal of African Economies*, 24(2), 277-301.
- Alagidede, P., Adu, G., ve Frimpong, P. B. (2016). "The Effect of Climate Change on Economic Growth: Evidence from Sub-Saharan Africa". *Environmental Economics and Policy Studies*, 18(3), 417-436.
- Banerjee, P., Arčabić, V., ve Lee, H. (2017). "Fourier ADL Cointegration Test to Approximate Smooth Breaks with New Evidence from Crude Oil Market". *Economic Modelling*, 67, 114-124.
- Barrios, S., Bertinelli, L., ve Strobl, E. (2010). "Trends in Rainfall and Economic Growth in Africa: A Neglected Cause of the African Growth Tragedy". *The Review of Economics and Statistics*, 92(2), 350-366.
- BP (2019). *Statistical Review of World Energy* (68th edition). London.
- Cashin, P., Mohaddes, K., ve Raissi, M. (2017). "Fair Weather or Foul? The Macroeconomic Effects of El Niño". *Journal of International Economics*, 106, 37-54.
- Christopoulos, D. K., ve León-Ledesma, M. A. (2010). "Smooth Breaks and Non-linear Mean Reversion: Post-Bretton Woods Real Exchange Rates". *Journal of International Money and Finance*, 29(6), 1076-1093.
- Dell, M., Jones, B. F., ve Olken, B. A. (2008). "Climate Change and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century (No. w14132)". *National Bureau of Economic Research*.
- Doğanlar, M., Mike, F., ve Kızılkaya, O. (2022). "The Impact of Climate Change on Aggregate Output in Middle- and High-Income Countries". *Australian Economic Papers*, 61(1), 72-86.
- Enders, W., ve J. Lee (2012). "The Flexible Fourier Form and Dickey-Fuller Type Unit Root Tests". *Economics Letters*, 117(1), 196-199.
- Ilkay, S. C., Yilanci, V., Ulucak, R., ve Jones, K. (2021). "Technology Spillovers and Sustainable Environment: Evidence from Time-Series Analyses with Fourier Extension". *Journal of Environmental Management*, 294, 113033.
- Jones, B. F., ve Olken, B. A. (2010). "Climate Shocks and Exports". *American Economic Review*, 100(2), 454-59.
- Kahn, M. E., Mohaddes, K., Ng, R. N., Pesaran, M. H., Raissi, M., ve Yang, J. C. (2019). "Long-Term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis (No. w26167)". *National Bureau of Economic Research*.
- Lanzafame, M. (2014). "Temperature, Rainfall and Economic Growth in Africa". *Empirical Economics*, 46(1), 1-18.
- Nordhaus, W. D. (2006). "Geography and Macroeconomics: New Data and New Findings". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(10), 3510-3517.

- Phillips, P. C., ve Hansen, B. E. (1990). "Statistical Inference in Instrumental Variables Regression with I (1) Processes". *The Review of Economic Studies*, 57(1), 99-125.
- Stern, N. (2006). "What is the Economics of Climate Change?". *World Economics*, 7(2), April-June 2006, 1-10.
- Stern, N. (2008). "The Economics of Climate Change". *American Economic Review*, 98(2), 1-37.
- Tebaldi, E., ve Beaudin, L. (2016). "Climate Change and Economic Growth in Brazil". *Applied Economics Letters*, 23(5), 377-381.
- Tol, R. S. (2018). "The economic Impacts of Climate Change". *Review of Environmental Economics and Policy*, 12(1), 4-25.

Beyan ve Açıklamalar (Disclosure Statements)

1. Bu çalışmanın yazarları, araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyduklarını kabul etmektedirler (The authors of this article confirm that their work complies with the principles of research and publication ethics).
2. Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir (No potential conflict of interest was reported by the authors).
3. Bu çalışma, intihal tarama programı kullanılarak intihal taramasından geçirilmiştir (This article was screened for potential plagiarism using a plagiarism screening program).