

İngiltere’de Enerji Ar-Ge Harcamaları ile Enerji Tüketimi İlişkisi: Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Analizi

Mustafa NAİMOĞLU¹

Sefa ÖZBEK²

Makale Geliş Tarihi: 21.10.2021 Makale Kabul Tarihi: 05.01.2022

Makale Türü: Araştırma makalesi

Atıf: Naimoğlu, M. & Özbek, S. (2022). İngiltere’de enerji ar-ge harcamaları ile enerji tüketimi ilişkisi: yapısal kırılmalı eşbütünleşme analizi. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 10(1), 35-45.

ÖZ

Çevresel bozulmalar ve küresel ısınma enerjinin verimli kullanımının önemini artırmıştır. Enerjide artan verimlilik, daha az enerjiyle daha fazla çıktı elde edilmesini sağlamaktadır. Yüksek verimlilik ise artan teknolojik gelişmelerle paralellik göstermektedir. Teknolojik gelişmelerin bir göstergesi enerji alanında yapılan Ar-Ge harcamalarıdır. Bu çalışmada İngiltere için yenilenebilir enerji, yenilenemez enerji ve nükleer enerji alanlarında yapılan Ar-Ge harcamalarının toplam enerji tüketimi üzerindeki etkisi 1990-2018 dönemi yıllık verileriyle incelenmektedir. Ampirik yöntem olarak yapısal kırılmaların içsel olarak modele dâhil edildiği Zivot ve Andrews (1992) birim kök testi ve Gregory ve Hansen (1996) eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Ampirik bulgular eşbütünleşme ilişkisinin varlığını göstermiştir. Uzun dönem katsayılarının Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (FMOLS) ve Kanonik Koentegrasyon Regresyon (CCR) tahmincileri ile elde edildiği çalışmada; İngiltere’de uzun dönemde fosil yakıt ve nükleer enerji alanında yapılan Ar-Ge harcamalarının enerji tüketimini azalttığı, yenilenebilir enerji alanında yapılan Ar-Ge harcamalarının ise enerji tüketimini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tüketimi, Ar-Ge Harcamaları, Yenilenebilir Enerji, Fosil Yakıt, İngiltere.

Jel Kodları: K32, O32, Q26, Q35.

The Relationship Between Energy R&D Expenditures and Energy Consumption in the United Kingdom: A Cointegration Analysis With Structural Breaks

ABSTRACT

Environmental deterioration and global warming have increased the importance of efficient use of energy. Increasing efficiency in energy provides more output with less energy. High productivity, on the other hand, is in parallel with increasing technological developments. An indicator of technological developments is the R&D expenditures made in the field of energy. In this study, the effect of R&D expenditures in the fields of renewable energy, non-renewable energy and nuclear energy for the UK on total energy consumption is examined with annual data for the period 1990-2018. Zivot and Andrews (1992) unit root test and Gregory and Hansen (1996) cointegration test, in which structural breaks are internally included in the model, were used as empirical methods. Empirical findings have shown the existence of a cointegration relationship. In the study in which long-term coefficients were obtained with Fully Modified Ordinary Least Square (FMOLS) and Canonical Cointegrating Regression (CCR) estimators; It has been concluded that R&D expenditures made in the field of fossil fuel and nuclear energy in the UK in the long term reduce energy consumption, while R&D expenditures in the field of renewable energy increase energy consumption.

Key Words: Energy Consumption, R&D Expenditures, Renewable Energy, Fossil Fuel, UK.

Jel Codes: K32, O32, Q26, Q35.

¹Arş. Gör. Dr., Bingöl Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, mustafanaimoglu@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9684-159X.

²Arş. Gör., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, sefaozbek@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-1043-2056.

1. Giriş

Günümüzde üretim ve enerji arasındaki karşılıklı bağımlılık ilişkisi göz önünde bulundurulduğunda, iktisadi faaliyetin devamı için enerjinin vazgeçilmez bir unsur olduğu durum karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle enerji, insanlık tarihi boyunca en önemli ve vazgeçilmez ihtiyaçlardan biri olmuştur. Kıt olan enerji kaynakları geleceğe yönelik belirsizlikleri de beraberinde getirmektedir. Söz konusu kıt kaynakların tükenebileceği ve bazılarının çevreye zarar düşünüldüğünde enerji kaynaklarının verimli kullanılmasının önemi ortaya çıkmaktadır (Ağır vd., 2020: 40). Ekonomik karar birimlerinin refah kaybına uğramadan, toplam arz açısından sorunlar ortaya çıkmadan verimli enerji kullanımının nasıl yapılacağı sorusu sürekli olarak güncelliğini korumaktadır. Diğer bir deyişle enerjinin verimli bir biçimde kullanılması için neler yapılması gerektiği sorusu politika yapıcılar için her dönem çözülmesi gereken problemlerin başında gelmektedir. Enerjinin verimli kullanımının yanında gelecek nesillere daha temiz bir çevre bırakmak için kullanılan enerji türünün önemi de ortaya çıkmaktadır. Öyle ki yenilenebilir enerji (fosil yakıtlar) kaynaklarının, yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla çevreye daha çok zarar verdiği bilinmektedir (Özbek ve Naimoğlu, 2021: 316). Bu durum birçok ülke ekonomisi için hem maliyet unsuru hem de yaşam kalitesini düşüren etmenlerden birini oluşturmaktadır. Bu ise politika yapıcılar için önemli bir sorun teşkil etmektedir. 2018 yılı verileri göz önüne alındığında dünyada yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan kömür, petrol ve doğalgazın payı %81.20 seviyelerinde bulunmaktadır. Bu oran içerisinde petrol %32, kömür %27 ve doğalgaz %23'lük orana sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise yine aynı yıl sadece %4.54'lük bir paya sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu oran içerisinde hidro %2.54; rüzgar, güneş vd. %2.01'lik paya sahiptir (IEA, 201). Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının yüksek kullanım oranlarına sahip olması, yüksek teknolojinin mevcut olduğu günümüzde çözülmesi gereken sorunların başında gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sebep olduğu yüksek CO₂ salınımının hem insan sağlığına hem de çevrede birtakım bozulmalara yol açtığı bilinmektedir. 1900'lü yıllarda 2 milyar ton civarında gerçekleşen CO₂ salınımı, sanayileşmenin etkisiyle 2018 yılı itibarıyla 36.2 milyar tona yükselmiştir (Gürler vd., 2020: 30). Bu yükseliş yaklaşık olarak %1600'lük bir artışa denk gelmektedir. Bu durum başta küresel ısınma olmak üzere doğal düzenin bozulmasında birçok olumsuz sonuçlara neden olmuştur. Öyle ki 1990 yılında 0.636 °C olan küresel ısınma, 2019 yılına gelindiğinde 1.473 °C'lere çıkmıştır. Sıcaklık değişiminde ise %131.6'lık bir artışın meydana geldiği tespit edilmiştir (FAOSTAT, 2021). CO₂ emisyonlarında yaşanan artışlar, başta küresel ısınma ve su kıtlığı gibi olumsuz gelişmelere yol açmaktadır. Dünyada artan küresel sıcaklık ile birlikte çevre dostu olarak ifade edilen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artacağı düşünülmektedir. Ancak yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yaklaşık %56'lık paya sahip olan hidro kaynağı artan küresel ısınma ile tehdit altında kalmaktadır (IEA, 2021). Bu tehdide ek olarak dünyada artan nüfus ve petrol, kömür, gaz, biokütle, nükleer, yenilenebilir enerji girdilerinde yaşanan verimliliğin %11 seviyelerinde kalması gibi gelişmeler enerji verimliliğinin önemini somut bir şekilde ortaya koymaktadır (Gürler, 2020).

Çevre dostu enerji olarak ifade edilen yenilenebilir enerji, enerji verimliliğinin sağlanması açısından birçok fırsatlar sunmaktadır. Tüm dünyada ve özellikle enerjide dışa bağımlı olan gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji ciddi öneme sahiptir. Yenilenebilir enerji payını artıran ülke ekonomileri hem dışa bağımlılığı azaltma fırsatını elde etmekte hem de enerji verimliliğinin korunmasını ya da artırılmasını sağlayabilmektedir. Enerji bakımından dışa bağımlılığı olan ülke ekonomilerinde temel makro ekonomik dengenin sağlanabilmesi açısından cari işlemler açığının düşürülmesi ciddi öneme sahiptir. Yenilenebilir enerjinin payının artırılması bu durumu desteklemektedir. Sera gazı ve sera gazı emisyonlarının azalması da yenilenebilir enerji kullanımının önemli özellikleri arasında yer almaktadır. Geleneksel enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan jeotermal enerji (Fridleifsson, 2001), bio-malzeme enerjisi (Dias v.d. 2009), güneş enerjisi (Kabalcı, 2013), hidroelektrik enerji (Sipahutar v.d. 2013) ve rüzgâr enerjisi (Cheng ve Zhu, 2014) ön plana çıkmaktadır. Çünkü adı geçen enerjiler hem yeşil, temiz, çevre dostu hem de düşük kurulum maliyetlerine sahiptir. Dolayısıyla yenilenebilir enerji alanında yapılacak yatırımlar, bu alanda yapılan teknolojik yenilikler dünyanın geleceği için büyük önem arz etmektedir.

İngiltere, enerji konusunda dünyaya örnek olabilecek birçok önemli adımlar atmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre; İngiltere'nin 1990 yılında enerji kaynakları arasında fosil yakıtın payı yaklaşık %90.65, nükleer enerji payı %8.32 ve yenilenebilir enerji payı %0.22 iken 2019 yılına gelindiğinde ise; İngiltere'nin enerji kaynakları arasında fosil yakıt payı %77.81, nükleer enerji payı %9.68 ve yenilenebilir enerji payı %3.72 olarak gerçekleşmiştir (IEA, 2021). Dolayısıyla İngiltere 1990 yılına göre 2018 yılında fosil yakıt kullanımını %26.97 azatırken nükleer enerji kullanımını %1.05 ve yenilenebilir enerji kullanımını %1318.48 (hidro %5.36 ve rüzgâr, güneş vd. %50341.67) şeklinde artırmıştır. Ayrıca İngiltere 1990 yılına göre 2018 yılında enerji verimliliği alanında Ar-Ge harcamalarını %659.18, yenilenebilir enerji alanında Ar-Ge harcamalarını %160.47 ve nükleer enerji alanında Ar-Ge harcamalarını %18.92 artırırken; fosil yakıt Ar-Ge harcamalarını ise %36.74 azaltmıştır (IEA, 2021). Dolayısıyla İngiltere enerji kaynakları arasında fosil yakıt Ar-Ge harcamalarını azaltırken yerini yenilenebilir enerji ve nükleer enerji kullanımına bırakmıştır. Ancak yenilenebilir enerji payı yüksek artışlarla devam etmiştir. Bu durum İngiltere için 1990 yılına göre 2018 yılında CO₂ emisyonlarının %35.86 azalması konusuna olumlu yansiyarak çevre kalitesinin de artmasına sebep olmuştur (IEA, 2021). İngiltere'nin 1990 yılına göre 2018 yılında GSYİH'si %75.44 artış göstermiştir (World Bank, 2021). Ayrıca yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamaları %160.47 ve yenilenebilir enerji kullanımı %1318.478 artış gösterirken; enerji tüketimi %14.92 ve enerji kayıpları ise %18.15 oranında düşmüştür (IEA, 2021). İngiltere, yenilenebilir enerji kullanımını artırmasının yanında toplam enerji tüketimi ile toplam enerji kayıplarını azaltmayı da başarmıştır. Ayrıca aynı dönemde toplam enerji tüketimini G7 ülkeleri arasında yer alan Kanada %40.85, ABD %16.49, Fransa %10.06 ve İtalya %2.74 artırmıştır. Almanya ve Japonya ise sırasıyla %13.99, %2.89 düşürürken; İngiltere ise %14.92 gibi dikkate değer bir oranda düşürmeyi başarmıştır (IEA, 2021).

Bu çalışmada, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi ile Ar-Ge harcamaları ilişkisi incelenmektedir. İngiltere'nin son dönemde enerji verimliliği açısından elde ettiği başarı göz önüne alındığında, enerji tüketimi açısından Ar-Ge çalışmalarının hangi enerji türünde daha etkin olduğu bilgisi önemli olmaktadır. Bu amaçla İngiltere ekonomisine ait Ar-Ge bütçesi ve enerji tüketimi verileri kullanılarak yapılan çalışma ile alanyazına katkıda bulunmak amaçlanmaktadır. Bu çalışmada Aflaki vd. (2014) ve Irandoust (2016) gibi daha yüksek Ar-Ge yatırımının daha yüksek teknolojik yeniliğe neden olacağı düşüncesinden yola çıkılarak teknoloji değişkeni olarak Ar-Ge teşvikleri kullanılmıştır. Özellikle enerji ithalatına bağımlı olan ülkeler için önemli bir örnek teşkil edebilecek olan İngiltere'nin Ar-Ge harcamalarının hangi enerji türünde daha etkin olduğu ciddi önem taşımaktadır. Takip eden bölümde konu ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalara yer verilmektedir. Çalışmanın üçüncü bölümünde veri seti ve ampirik yöntem tanıtılarak analiz bulguları verilmektedir. Son bölümde ise ampirik bulgular ışığında değerlendirmeler yapılarak çalışma sonlandırılmaktadır.

2. Seçilmiş Literatür

Bu bölümde enerji etkinliği ve Ar-Ge harcamaları ile ilgili seçilmiş literatür araştırmasına yer verilmektedir. Enerji verimliliğini ve etkinliğini sağlamak açısından literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Genel olarak enerji alanındaki teknolojik gelişmelerin ve Ar-Ge harcamalarının enerji verimliliğini artırdığı ya da çevre dostu yenilenebilir enerjinin kullanım maliyetlerini azalttığı görülmektedir. Diğer yandan, artan yenilenebilir enerji kullanımı ile temiz çevrenin oluşturulması sonucunda CO₂ emisyonlarında düşüşlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Teknoloji ile enerji tüketiminin (yenilenebilir ve yenilenemez enerji) ilişkisi incelenirken teknolojiyi temsilen farklı değişkenlerin kullanıldığı sonucu elde edilmiştir. Teknolojik gelişmenin göstergesi olarak patent ve patent verilerinin kullanıldığı bazı çalışmalar Griliches (1998), Zoltan vd. (2002) ve Sohag vd (2015); doğrudan yabancı yatırımların teknoloji değişkeni olarak kullanıldığı çalışma ise Dai ve Bie (2006)'dır.

Lantz ve Feng (2006) çalışmasında, Kanada ekonomisinde teknolojik gelişme ile CO₂ emisyonu ilişkisini incelemiştir. 1970-2000 döneminin incelendiği çalışmada, sonuçlar Kanada'da enerji alanında yapılan yatırımların ve gelişmelerin üretimin kalitesi ve miktarında bir düşüşe sebep olmadan genel enerji tüketimini azaltıcı yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca bu durumun CO₂ emisyonu üzerinde azaltıcı bir etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dinda (2011) çalışmasında, 1963-2007 dönemi ABD'deki çevre kirliliği ile üretim teknolojisi ilişkisini araştırmıştır. Ampirik bulgular,

üretim sürecinde inovasyon ve Ar-Ge harcamalarının payının artmasının CO₂ emisyonlarını azaltacağını ortaya koymuştur. Ayrıca bu durumun enerji verimliliğinin ve çevre kalitesinin artmasına yardımcı olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. AB ülkelerinde petrol fiyatları, yenilenebilir enerji tüketimi, gelir ve yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkiyi araştıran Cho (2013), 1995-2006 dönemi verilerinden yararlanmıştır. Ampirik sonuçlar, artan gelirin Ar-Ge harcamalarını artıracığını; enerji fiyatlarında yaşanan artışın ise yenilenebilir enerji kullanımını artıracığını ortaya koymuştur. AB ülkelerine daha temiz, daha verimli ve sürdürülebilir enerjinin sağlanması için politika yapımcıların yenilenebilir enerji kullanımına önem vermeleri gerektiği vurgulanmıştır. Hindistan’da 2000-2011 döneminde imalat sanayiinde yenilenemez enerji kaynakları ile CO₂ kullanımı arasındaki ilişkiyi araştıran Sahu ve Narayanan (2013), artan yenilenemez enerji kullanımının CO₂ emisyonunu artırdığı sonucunu ortaya koymuştur. Diğer yandan, artan Ar-Ge faaliyetlerinin çevre dostu enerji kaynağı olan yenilenebilir enerji tüketimini artıracığı bulgusuna ulaşılmış ve bu durumun CO₂ emisyonunun düşürülmesinde etkili olacağı bulgusu elde edilmiştir. Lee ve Min (2015) çalışmasında 2001-2010 döneminde yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamaları ile çevre ve firmaların finansal performans ilişkisini Japonya ekonomisinde araştırmıştır. Ampirik sonuçlar yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamalarında ortaya çıkan artışın yenilenebilir enerji kullanımını artırdığını ortaya koymuştur. Böylece CO₂ emisyonunun düştüğü sonucu elde edilmiştir. 28 OECD ülkesinde 1994-2000 dönemi verileri kullanılarak Ar-Ge harcamaları, enerji verimliliği ve sera gazı emisyonları ilişkisini araştıran Balsalobre vd. (2015), artan Ar-Ge harcamalarının hem enerji yoğunluğunu hem de sera gazı emisyonlarını azalttığını ortaya koymuştur. Benzer çalışmayı 28 OECD ülkesi için 1990-2014 döneminde yapan Álvarez-Herránz vd. (2017b), enerji yeniliği ve sera gazı emisyonları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Bulgular, enerji konusunda yapılan her türlü inovasyonun fosil yakıtlara göre sera gazı emisyonlarını azaltıcı bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Álvarez-Herránz vd. (2017a)’da ise 17 OECD ülkesi için 1990-2012 döneminde enerji inovasyonu ve hava kirliliği ilişkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, enerji yeniliğine yapılan yatırımların hava kirliliğini azalttığını, çevre kalitesini artırdığını göstermiştir. Li vd. (2017) Çin’de bulunan 30 şehir için 1997-2014 döneminde yapılan teknolojik gelişmelerin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini incelemiştir. Sonuçlar Çin’de enerji alanında yapılan teknolojik gelişmelerin daha az enerjiyle aynı çıktıyı elde ederek CO₂ emisyonu üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Akdeniz ülkeleri için Ar-Ge yatırımları ile CO₂ emisyonları ilişkisini araştıran Kahouli (2018), 1990-2016 dönemi verilerinden yararlanmıştır. Bulgular, CO₂ emisyonları ile toplam Ar-Ge yatırımları arasında negatif ilişkinin olduğunu göstermiştir. Diğer yandan, enerji konusunda yapılan Ar-Ge harcamalarının daha temiz bir çevre için önemli olduğu belirtilmiştir. Mensah vd. (2018)’de 28 OECD ülkesine ait 1990-2014 dönemi verileri ile teknolojik gelişme ve CO₂ emisyonu ilişkisini araştırmıştır. Bulgular, OECD ülkelerinin çoğunda teknoloji alanında yapılan yeniliklerin CO₂ emisyonlarının azaltılmasında önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Toplam Ar-Ge harcamalarının, CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini araştıran Fernández vd. (2018); AB, ABD ve Çin’e ait 1994-2013 dönemi verilerinden yararlanmıştır. Sonuçlar, artan Ar-Ge harcamalarının AB ve ABD’de CO₂ emisyonunu azaltıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Fakat Çin’de bu durum ters yönde gerçekleşmiştir.

Kullanılan enerjinin verimli, etkin ve tasarruflu kullanılmasının bir tercih değil zorunluluk olduğu günümüzde tüm ekonomiler için enerji verimliliğini artırmak için yapılan çalışmalar büyük öneme sahiptir. Genel olarak literatürde enerji verimliliğini etkileyen faktörler arasında teknolojik gelişmeler yer almaktadır. Ancak teknolojik gelişmenin göstergesi olarak patent ve doğrudan yabancı yatırım değişkenlerinin kullanıldığı çalışmaların yanı sıra enerji alanında yapılan Ar-Ge harcamaları da kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmanın teknoloji değişkeni olarak enerji alanında yapılan Ar-Ge harcamalarının enerji verimliliği üzerindeki etkisini araştıran literatürün zenginleştirilmesine katkı sunacağı düşünülmektedir.

3. Veri Seti, Ekonometrik ve Bulgular

Bu bölümde İngiltere için enerji kullanımı (ET) ile yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamaları (YEN), fosil yakıt Ar-Ge harcamaları (FOS) ve nükleer enerji Ar-Ge harcamaları (NKLR) arasındaki ilişkinin tespiti için kurulacak model matematiksel olarak,

$$ET_t = f(YEN_t, FOS_t, NKLR_t)$$

şeklinde kapalı fonksiyon olarak gösterilebilir. Ekonometrik model olarak ise,

$$ET_t = \beta_1 + \beta_2 YEN_t + \beta_3 FOS_t + \beta_4 NKLR_t + u_t$$

biçiminde ifade edilmektedir.

3.1. Çalışmanın Verileri

İngiltere'nin enerji kullanımını nasıl azalttığı 1990-2018 dönemi için sınındığı bu çalışmada değişkenlerin doğal logaritmaları kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan değişkenler ile ilgili bilgiler Tablo 1'de gösterilmiştir

Tablo 1: Değişkenlerin Tanımı ve Kaynakları

Değişken	Tanım	Kaynak	Dönem
ET	Log (kişi başı petrol kilo eşdeğer yağ)	IEA	1990-2018
YEN	Log (ABD doları cinsinden teknoloji grubu başına yenilenebilir enerji için Ar-Ge bütçesi)	IEA	1990-2018
FOS	Log (ABD doları cinsinden teknoloji grubu başına yenilenemez (fosil) enerji için Ar-Ge bütçesi)	IEA	1990-2018
NKLR	Log (ABD doları cinsinden teknoloji grubu başına nükleer enerji için Ar-Ge bütçesi)	IEA	1990-2018

3.2. Çalışmanın Analiz Yöntemi

Bu bölümde yapısal kırılmalara izin veren birim kök testi kullanılacaktır. Perron (1989) durağanlık testi yapısal kırılmalara izin vermekte; ancak yapısal kırılmalar dışsal olarak belirlenmektedir. Bu durum yapısal kırılma tarihlerinin farklılık gösterebilmesine neden olacağından bu çalışmada yapısal kırılmaların içsel olarak dikkate alındığı Zivot ve Andrews (1992) durağanlık testi kullanılacaktır. Sonrasında değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki Gregory ve Hansen eşbütünleşme testi ile sınanacaktır. Çalışmanın ilerleyen kısımlarında ise kısa-uzun dönemli ilişkinin büyüklüğü ve işareti için FMOLS ve CCR gibi yapısal değişimlerin kukla değişken olarak modele dahil edildiği tahminciler kullanılacaktır.

3.2.1. Zivot ve Andrews (1992) Birim Kök Testi

Zivot ve Andrews (1992) tarafından literatüre kazandırılan birim kök testinde yapısal kırılma tarihini içsel olarak belirlenmekte;

$$y_t = \mu + \beta t + \alpha y_{t-1} + \theta_1 DT(\varphi) + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + e_t \quad (\text{Model A})$$

$$y_t = \mu + \beta t + \alpha y_{t-1} + \theta_2 DU(\varphi) + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + e_t \quad (\text{Model B})$$

$$y_t = \mu + \beta t + \alpha y_{t-1} + \theta_1 DU(\varphi) + \theta_2 DU(\varphi) + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + e_t \quad (\text{Model C})$$

şeklindeki üç model için araştırılmaktadır (Zivot ve Andrews, 1992: 254). A Modeli sabitte, B Modeli trendde, C Modeli ise hem sabitte hem de trendde meydana gelen yapısal kırılmaların yer aldığı süreci ifade etmektedir. Ayrıca A Modeli için Ho hipotezi sabitte meydana gelen bir değişimle birim köklü olması iken B Modelin de trendde, C Modelin de ise hem sabit ve hem de trendde meydana gelen bir şoktan dolayı birim köke sahip olduğunu ifade etmektedir. Burada DT ve DU sırasıyla sabit terim ve trendde yapısal kırılmanın dikkate alındığı birer kukla değişkeni ifade etmektedir. Δy_{t-i} ise hata terimlerinde ortaya çıkabilecek otokorelasyonu yok etmek için modele eklenmiştir.

Serilere ait yapısal kırılmalı Zivot ve Andrews (1992) birim kök test sonuçları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Zivot ve Andrews Birim Kök Test Sonuçları

Düzyey	Model A			Model C		
	Test İstatistiği	Gecikme Uzunluğu	Kırılma Tarihi	Test İstatistiği	Gecikme Uzunluğu	Kırılma Tarihi
ET	-3.914	0	2008	-3.395	0	1999
YEN	-3.836	4	2009	-3.599	4	2014
FOS	-4.579	0	2008	-3.897	0	2008
NKLR	-2.741	4	2014	-4.608	4	2013
Fark	Test İstatistiği	Gecikme Uzunluğu	Kırılma Tarihi	Test İstatistiği	Gecikme Uzunluğu	Kırılma Tarihi
ΔET	-5.814***	0	2013	-6.467***	0	2008
ΔYEN	-5.353***	2	2011	-5.995***	2	2008
ΔFOS	-8.267***	0	2004	-8.130***	0	2004
ΔNKLR	-9.261***	0	2011	-8.438***	0	2001
Kritik Değerler	%1=-5.34, %5=-4.93, %10=-4.58			%1=-5.57, %5=-5.08, %10=-4.82		

Not: Kritik Değerler Zivot ve Andrews (1992)’den alınmıştır.

Tablo 2’de analize dahil edilen tüm değişkenler için hem düzey hem de birinci farkları için sabitte meydana gelen değişimin yer aldığı Model A ve hem sabit hem de trendde meydana gelen değişimin yer aldığı Model C için hesaplanan birim kök test sonuçları yer almaktadır. Hem Model A hem de Model C için tüm değişkenlerin düzey değerlerinde birim kök sürece sahiptir. Tüm değişkenlerin birinci farkı alındıktan sonra durağan olduğu görülmektedir. Zivot ve Andrews (1992) birim kök test bulgularından elde edilen kırılma tarihleri incelendiğinde genel olarak 2008 ve 2011 yılının öne çıktığı görülmektedir. 2008 yılında ABD merkezli bir kriz olup küreselleşmenin etkisiyle entegrasyon derecesine göre İngiltere’nin de aralarında bulunduğu birçok ülke ekonomisini de olumsuz yönde etkilemiştir. Diğer kırılma tarihi ise 2011 yılında meydana gelen Avrupa borç krizi ile açıklanabilmektedir. 2008 küresel krizi ve 2011 borç krizi sonrası başta Avrupa ülkeleri olmak üzere İngiltere özelinde de olumsuz ekonomik sonuçlar meydana gelmiştir.

3.2.3. Gregory-Hansen (1996) Eşbütünleşme Testi

Gregory ve Hansen (1996) tarafından literatüre kazandırılan eşbütünleşme testinde yapısal kırılmaya izin vermekte ve bu kırılmayı içsel olarak belirlemektedir. Yapısal kırılmalı birim kök testlerinde olduğu gibi Gregory-Hansen (1996) eşbütünleşme testinde de;

$$y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{tr} + a^T y_{2t} + \varepsilon_t \quad (\text{Model A})$$

$$y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{tr} + \beta t + a^T y_{2t} + \varepsilon_t \quad (\text{Model B})$$

$$y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{tr} + a_1^T y_{2t} + a_2^T y_{2t} \varphi_{tr} + \varepsilon_t \quad (\text{Model C})$$

şeklinde üç farklı model ile seriler arasındaki uzun dönemli ilişki araştırılmaktadır. Burada μ_1 ve μ_2 sabitte kırılmanın olduğu, a_1 kırılma meydana gelmeden önceki eğim katsayısı, a_2 ise kırılma meydana geldikten sonra eğim parametresinde meydana gelen değişimi ifade etmektedir (Gregory ve Hansen, 1996: 103). Gregory-Hansen (1996) eşbütünleşme testi için kullanılan Philips test istatistiği denklemleri;

$$Z_a^* = \inf_{\tau \in T} Z_a(\tau)$$

$$Z_t^* = \inf_{\tau \in T} Z_t(\tau)$$

$$ADF^* = \inf_{\tau \in T} ADF(\tau)$$

biçimindedir (Gregory ve Hansen, 1996: 106). Bu testler de elde edilen Z_a^* , Z_t^* ve ADF^* test istatistikleri Gregory-Hansen (1996) çalışmasında bulunan kritik değerler ile kıyaslanmakta ve eşbütünleşme ilişkisinin bulunmadığı şeklindeki temel hipotez test edilmektedir.

Modelde eşbütünleşme ilişkisi Gregory-Hansen (1996) eşbütünleşme testi ile sınanmış ve Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Gregory-Hansen (1996) Eşbütünleşme Test Sonuçları

	Test İstatistiği	Lag	Kırılma Tarihi	Kritik Değerler
ADF	-6.001**	0	2004	1%=-6.51, %5=-6.00, %10=-5.75
Zt	-6.103**	-	2004	
Za	-33.719	-	2004	1%=-80.15, %5=-68.94, %10=-63.42

Not: ** (%5) düzeyinde anlamlılık seviyesidir.

Tablo 3 incelendiğinde ADF ve Zt test istatistiklerinin %5 anlamlılık düzeyindeki kritik değerlerden büyük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla İngiltere için enerji tüketimi ile yenilenebilir enerji, fosil yakıt ve nükleer enerji alanlarında yapılan Ar-Ge harcamaları arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığına ulaşılmaktadır. İngiltere'de 2003 yılında toplam enerji kullanımı, toplam yenilenebilir enerji kullanımı ve toplam enerji kayıpları sırasıyla 121179226403.916 (koe), 1861982421 (koe) ve 3394 (ktoe) 2004 yılında sırasıyla 122975327788.294(koe), 1842413820 (koe) ve 3682 (ktoe) 2005 yılında ise 122716874524.228 (ktoe), 1852721189 (koe) ve 3455 (ktoe) şeklinde gerçekleşmiştir. Dolayısıyla Gregory-Hansen (1996) eşbütünleşme testinde elde edilen kırılma tarihinin 2004 yılı olması, Çin'de 2003 yılında meydana gelen ve dünyaya yayılan SARS virüsü neticesinde her ülke farklı etkilenirken İngiltere, ekonomik büyüme açısından çok fazla etkilenmemiş ancak toplam enerji kaynakları içerisinde yenilenebilir enerji kullanımını azaltma yoluna gitmiştir. Böylece fosil yakıt kullanımı artmıştır. Fosil yakıt kullanımı sonucu meydana gelen yüksek enerji kayıplarından dolayı 2005 yılında tekrar yenilenebilir enerji kullanımının artırılması sağlanmış ve enerji kayıplarında azalma meydana gelmiştir. Bu şekilde İngiltere ekonomisinde 2004 yılında meydana gelen ve artan enerji kayıpları herhangi bir çıktıya dönüşmediği için enerjinin verimsiz kullanılmasına neden olmuştur. ve bunu 2005 yılı ve sonrasında telafi ederek tekrar verimliliğini artırmıştır. Gregory-Hansen (1996) eşbütünleşme bulgularına göre İngiltere ekonomisinde kırılma tarihinin 2004 yılı belirlenmesi bu şekilde açıklanabilmektedir.

3.2.4. Eşbütünleşme Katsayılarının Tahmini

İngiltere için enerji tüketimi ile enerji alanlarında yapılan Ar-Ge harcamaları arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı Gregory-Hansen (1996) eşbütünleşme testi ile gösterilmiştir. Uzun dönem katsayılarını elde etmek için yapısal kırılmaların kukla değişken olarak modele dahil edildiği Philips ve Hansen (1990) tarafından literatüre kazandırılan FMOLS ile Park (1992) tarafından önerilen CCR tahmincileri kullanılmaktadır. FMOLS, açıklayıcı değişkenler ile kalıntılar arasındaki ilişki ve içsellik sorunundan dolayı meydana gelebilecek sapmaların giderilmesi için önemli bir tahmincidir (Nazlıoğlu, 2010: 99). CCR tahmincisi ise uzun dönemde meydana gelebilecek korelasyondan kaynaklı içsellik problemini asimptotik olarak ortadan kaldırmaktadır (Mehmood vd. 2014: 9).

Model de eş bütünleşme ilişkisinin varlığı gösterilmiş ve uzun dönem katsayı tahmini için FMOLS ve CCR tahmin sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4: FMOLS ve CCR Uzun Dönem Katsayı Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken	FMOLS					CCR				
	YEN	FOS	NKLR	ECT	D2004 ^a	YEN	FOS	NKLR	ECT	D2004 ^a
ET	0.022 (0.008)	-0.030 (0.008)	-0.064*** (0.007)	-0.607*** (0.001)	-0.031* (0.013)	0.023** (0.009)	-0.030*** (0.011)	-0.064*** (0.009)	-0.636** (0.001)	-0.032* (0.011)

Not: *(%10), **(%5), *** (%1) düzeyinde anlamlılık seviyeleridir. Parantez içindekiler standart sapmaları ifade etmektedir. ^a: Gregory-Hansen (1996) eşbütünleşme bulgularından elde edilen kırılma tarihi baz alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 4’te FMOLS ve CCR tahminçileri için katsayıların büyüklüğü ve işareti birbirine benzer sonuçlar göstermiştir. İngiltere için fosil yakıt alanında yapılan Ar-Ge harcamaları ile nükleer enerji alanında yapılan Ar-Ge harcamaları (NCR) enerji tüketimini azaltırken; yenilenebilir enerji konusunda yapılan Ar-Ge harcamaları (REN) ise enerji tüketimini artırmaktadır. Katsayılar incelendiğinde fosil yakıt alanında yapılan Ar-Ge harcamaları (FOS) ile nükleer enerji alanında yapılan Ar-Ge harcamalarında (NCR) meydana gelen %1’lik bir artış enerji tüketimini sırasıyla %0.030 ve %0.064 azaltırken; yenilenebilir enerji alanında yapılan Ar-Ge harcamalarında (REN) meydana gelen %1’lik bir artış ise enerji tüketimini %0.022 artırmaktadır. Ayrıca hatalar arasındaki uzun dönem ilişkisini ifade eden hata düzeltme katsayısı (ECT) teorik beklentiye uygun olarak FMOLS/CCR için -0.607/-0.636 bulunmuştur. Dolayısıyla ECT katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum enerji tüketimi ile açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu doğrulamaktadır. ECT düzeltme oranını belirtmekte ve değişkenlerin uzun dönemde dengeye ne kadar hızlı döndüğünü ortaya koymaktadır. Böylece ECT teriminin katsayısı FMOLS (-0.607) ve CCR (-0.636) modellerine göre, t-1 dönemindeki bir varyantın sırasıyla yaklaşık % 0.61 ve %0.64’ünün t döneminde (bir dönem veya yıl içerisinde) düzeltileceğini gösterir.

4. Sonuç ve Değerlendirme

İngiltere’nin 1990 yılına göre 2018 yılında toplam enerji tüketimi %14.92, fosil yakıt alanında yapılan Ar-Ge harcamaları %36.74, nükleer enerji konusunda yapılan Ar-Ge harcamaları %11.11, fosil yakıt tüketimi %26.97 (kömür %87.26, petrol %20.85 ve doğalgaz %43.74) ve nükleer enerji kullanımı %1.05 oranında düşüş göstermiştir. Diğer taraftan GSYİH’si %75.44, yenilenebilir enerji alanında yapılan Ar-Ge harcamaları %160.47 ve yenilenebilir enerji kullanımı %1318.48 (hidro %5.36, rüzgâr, güneş vd. %50341.67) oranında artmıştır (IEA, 2021). Dolayısıyla İngiltere ilgili dönemde fosil yakıt kullanımını yavaş yavaş düşürürken; bu alandaki Ar-Ge harcamalarını ciddi oranda azaltmıştır. Fosil yakıt kullanımını nükleer enerji tüketimine göre daha hızlı düşüren İngiltere, bu alandaki Ar-Ge harcamalarını da nükleer enerjiye göre daha hızlı biçimde azaltmıştır. Bu durum 1990 yılına göre 2018 yılında İngiltere’de CO₂ emisyonunun %38.26 oranında düşmesine neden olmuştur. Yenilenebilir enerji alanındaki Ar-Ge harcamalarını artıran İngiltere, yenilenebilir enerji kullanımını çok yüksek oranda artırmayı başarmıştır. Bu çalışmada, son dönemde enerji etkinliği açısından önemli başarılar elde eden İngiltere’ye yönelik olarak 1990-2018 dönemi enerji tüketimi ve enerji alanındaki çeşitli Ar-Ge harcamaları değişkenleri kullanılarak ampirik analiz yapılmıştır. Ampirik yöntem olarak analiz edilen dönemin bir takım ekonomik krizleri ve yapısal değişiklikleri içermesinden dolayı yapısal kırılmalı birim kök testi olan Zivot ve Andrews (1992) testi ile birim kök süreç araştırılmıştır. Eşbütünleşme ilişkisi ise Gregory ve Hansen (1996) eşbütünleşme testi ile sınımlanmıştır. Uzun dönemli ilişkinin varlığı elde edilmiş ve uzun dönem katsayı tahmini için FMOLS ve CCR testleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, uzun dönemde İngiltere’de enerji kullanımını en fazla düşüren nükleer enerji için yapılan Ar-Ge harcamaları olduğunu gösterirken; enerji kullanımını en fazla artıran durumun ise yenilenebilir enerji için yapılan Ar-Ge harcamaları olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dolayısıyla İngiltere ekonomisi için enerji alanında Ar-Ge faaliyetlerine önem vermesi hem sürdürülebilir büyüme ve kalkınma açısından hem de enerji etkinliği/verimliliği açısından önemli olduğu elde edilmiştir. Elde edilen bulgular Naimoğlu (2021) tarafından Almanya için yapılan teknolojik gelişmelerin enerji tüketimi bulgularıyla örtüşmektedir. Bu çalışmayı takip eden çalışmalarda, gelişmiş ve gelişmekte olan ülke grupları için

benzer nitelikte analizler yapılarak karşılaştırmalı sonuçlar elde edilebilir. Böylece ilgili ülke grupları için politika önerileri sunularak çok daha geniş değerlendirmelerin yapılabileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Aflaki, S., Basher, S. A., & Masini, A. (2014). Does Economic Growth Matter? Technology-Push, Demand-Pull and Endogenous Drivers of Innovation in the Renewable Energy Industry. *HEC Paris Research Paper*, No. MOSI-2015-1070.
- Ağır, H., Özbek, S., & Türkmen, S. (2020). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belirleyicileri: Ampirik Bir Tahmin. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 6(4), 39-48.
- Álvarez-Herranz, A., Balsalobre, D., Cantos, J. M., & Shahbaz, M. (2017b). Energy Innovations-GHG Emissions Nexus: Fresh Empirical Evidence From OECD Countries. *Energy Policy*, 101, 90-100.
- Álvarez-Herranz, A., Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., & Cantos, J. M. (2017a). Energy Innovation and Renewable Energy Consumption in the Correction of Air Pollution Levels. *Energy Policy*, 105, 386-397.
- Balsalobre, D., Álvarez, A., & Cantos, J. M. (2015). Public Budgets for Energy RD&D and the Effects on Energy Intensity and Pollution Levels. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(7), 4881-4892.
- Cheng, M., & Zhu, Y. (2014). The State of The Art of Wind Energy Conversion Systems and Technologies: A Review. *Energy Conversion and Management*, 88, 332-347.
- Cho, C.H., Yang, L. J., Chu, Y. P. & Yang, H. Y. (2013), Renewable Energy and Renewable R&D in EU Countries: A Cointegration Analysis. *Asian Journal of Natural & Applied Sciences*, 2(1), 10-16.
- Dai, Q., & Bie, Z. (2006), *FDI*, Accumulation of Human Capital and Economic Growth, *Econ. Res. J.*, 4, 15-27.
- Dias, M. O., Ensinas, A. V., Nebra, S. A., Maciel Filho, R., Rossell, C. E., Maciel, M. R. W. (2009). Production of Bioethanol and Other Bio-Based Materials From Sugarcane Bagasse: Integration to Conventional Bioethanol Production Process. *Chemical Engineering Research and Design*, 87(9), 1206-1216.
- Dinda, S. (2011). Carbon Emission and Production Technology: Evidence from the US, *MPRA*, 31935.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of The United Nations) (2021). Temperature Change. www.fao.org (Erişim Tarihi: 06.02.2021).
- Fernández, F.Y., Lopez, F.M.A., Blanco, O.B. (2018). Innovation For Sustainability: The Impact of R&D Spending on CO2 Emissions. *J Clean Prod*, 172(3), 459-3467.
- Fridleifsson, I. B. (2001). Geothermal Energy for The Benefit of The People, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5(3), 299-312.
- Gregory, A. W., & Hansen, B. E. (1996). Residual-Based Tests for Cointegration in Models With Regime Shifts. *Journal of Econometrics*, 70, 99-126.
- Griliches, Z. (1998). Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. In *R&D and Productivity: The Econometric Evidence*. University of Chicago Press, 287-343.
- Gürler, A. Z., Budak, D. B., Ayyıldız, B. & Kaplan, U. E. (2020). *Enerji Ekonomisi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- IEA(International Energy Agency), (2015). Energy Efficiency Market Report, Paris: International Energy Agency, *Issues, Energy Policy*, 24(5), 377-390.
- Irandoost, M. (2016). The Renewable Energy-Growth Nexus with Carbon Emissions and Technological Innovation: Evidence From the Nordic Countries. *Ecological Indicators*, 69, 118-125.

- Jun, C., & Shiyuan, X. (2008). The Impact of Technical Progress over China's Energy Efficiency: 1972-2006. *Scientific Management Research*, 1.
- Kabalci, E. (2013). Design and Analysis of A Hybrid Renewable Energy Plant with Solar and Wind Power. *Energy Conversion and Management*, 72, 51-59.
- Kaholi, B. (2018). The Causality Link Between Energy Electricity Consumption, CO₂ Emissions, R&D Stocks and Economic Growth in Mediterranean Countries (MCs). *Energy*, 145, 38-399.
- Lantz, V., & Feng, Q. (2006). Assessing Income, Population, and Technology Impacts on CO₂ Emissions in Canada: Where's the EKC? *Ecol Econ*, 57, 229-238.
- Lee, K. H., & Min, B. (2015). Green R&D for Eco-Innovation and Its Impact on Carbon Emissions and Firm Performance. *Journal of Cleaner Production*, 108, 534-542.
- Li, W., Wang, W., Wang, Y., & Qin, Y. (2017). Industrial Structure, Technological Progress and CO₂ Emissions in China: Analysis based on the STIRPAT Framework. *Nat Hazards*, 88, 1545-1564.
- Mehmood, B., Feliceo, A., & Shahid, A. (2014). What Causes What? Aviation Demand and Economic Growth in Romania: Cointegration Estimation and Causality Analysis. *Romanian Economic and Business Review*, 9, 21-34.
- Mensah, CN., Long, X., Boamah, KB., Bediako, IA., Dauda, L., & Salman, M. (2018). The Effect of Innovation on CO₂ Emissions of OCED Countries from 1990 to 2014. *Environ Sci Pollut Res*, 25, 29678-29698.
- Naimoğlu, M. (2021). Enerji Alanında Yapılan Ar-Ge Harcamalarının Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisi: Almanya Örneği. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22, 97-118.
- Nazlıoğlu, Ş. (2010). Makro İktisat Politikalarının Tarım Sektörü Üzerindeki Etkileri: Gelişmiş Ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Bir Karşılaştırma. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Özbek, S. & Naimoğlu, M. (2021). Enerji Verimliliğinin Dinamikleri: Var Analizi İle Türkiye Üzerine Ampirik Bir Tahmin. *19 Mayıs Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(2), 314-326.
- Park, J.Y. (1992). Canonical Cointegrating Regressions. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 60(1), 119-143.
- Perron, P. (1989). The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. *Econometrica*, 57(6), 1361-1401.
- Phillips, P., & Hansen, B. (1990). Statistical Inference in Instrumental Variables Regression with I(1) Processes. *Review of Economic Studies*, 57, 99-125.
- Sahu, S. K., & Narayanan, K. (2013). Carbon Dioxide Emissions from Indian Manufacturing Industries: Role of Energy and Technology Intensity. *Madras School of Economics*, 82.
- Saito, S., (2010). Role of Nuclear Energy to a Future Society of Shortage of Energy Resources and Global Warming, *Journal of Nuclear Materials*. 398(1-3), 1-9.
- Sipahutar, R., Bernas, S. M., & Imanuddin, M. S. (2013). Renewable Energy and Hydropower Utilization Tendency Worldwide. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 17, 213-215.
- Sohag, K., Begum, R. A., Abdullah S. M. S., & Jaafar, M. (2015). Dynamics of Energy Use, Technological Innovation, Economic Growth and Trade Openness in Malaysia. *Energy*, 90, 1497-1507.
- Tıraşoğlu, M., & Burcu, Y. (2012). Yapısal Kırılma Durumunda Sağlık Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 2, 111-117.

- Zivot, E., & Andrews, D. (1992). Further Evidence On The Great Crash, The Oil Price Shock, and The Unit Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 251-270.
- Zoltan J. A., Anselin, L., & Varga, A. (2002). Patents and Innovation Counts as Measures of Regional Production of New Knowledge. *Research Policy*, 31(7), 1069-1085.