



JOEEP

Journal Homepage: <http://dergipark.org.tr/joep>



Araştırma Makalesi • Research Article

Yeşil Karmaşıklık Endeksi ve Hava Kirliliği: Türkiye’de Düzey 3 Bölgeleri Üzerine Bir Analiz*

Green Complexity Index and Air Pollution: An Analysis on NUTS 3 Regions in Turkey

İbrahim Tuğrul Çınar^a, İlhan Korkmaz^{b**} & Muhammet Yunus Şişman^c

^a Anadolu Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, Eskişehir/Türkiye

ORCID: 0000-0001-8913-7166

^b Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Kütahya/Türkiye

ORCID: 0000-0002-7503-6505

^c Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Finans Bölümü, Kütahya /Türkiye

ORCID: 0000-0002-9791-1382

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 27 Mayıs 2021

Düzeltilme tarihi: 4 Kasım 2021

Kabul tarihi: 26 Kasım 2021

Anahtar Kelimeler:

Yeşil Karmaşıklık

Hava Kirliliği

Ekonomik Karmaşıklık

Çevre

ARTICLE INFO

Article history:

Received: May 27, 2021

Received in revised form: Nov 4, 2021

Accepted: Nov 26, 2021

Keywords:

Green Complexity

Air Pollution

Economic Complexity

Environment

ÖZ

Ekonomik büyüme ve kalkınma literatüründe artan çevresel kaygılar, ekonomik kalkınma ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiye yönelik araştırmalarda yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesine neden olmuştur. Bunlardan biri yeşil ürün karmaşıklığı kavramıdır. Ekonomik karmaşıklık metodolojisinin WTO, OECD ve APEC gibi uluslararası kuruluşların yeşil ürün listelerine uygulanmasına dayanan bu yaklaşım genellikle ülkeler düzeyinde yeşil ürün karmaşıklığı ve çevre kirliliği ilişkisinin test edilmesinde kullanılmaktadır. Yeşil ürün karmaşıklığı ile ilgili gerek ülke gerekse bölgesel düzeyde yapılan çalışmaların sayısı ise henüz çok azdır. Buradan hareketle, çalışmanın amacı Yeşil Karmaşıklık Endeksinin Türkiye’de Düzey 3 Bölgeleri için hesaplanması ve bu endeksin SO₂ ve PM₁₀ gibi iki hava kirliliği göstergeleri ile ilişkisini incelemektir. Bunun yanında çalışmada yeşil olmayan ürünler için de ekonomik karmaşıklık endeksi hesaplanmıştır. Bulgulara göre, Yeşil Karmaşıklık Endeksi ile hava kirliliği arasında anlamlı bir ilişki yoktur. Araştırmada ayrıca, Yeşil Karmaşıklık Endeksi değeri yüksek olan illerin aynı zamanda yeşil olmayan ürünlerde de karmaşıklık değerinin yüksek olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

Increasing environmental concerns in the economic growth and development literature have led to the development of innovative approaches in researches on the relationship between economic development and environmental pollution. One of them is the concept of green product complexity. Based on the application of the economic complexity methodology to the green product lists of international organizations such as WTO, OECD and APEC, this approach is often used to test the relationship between green product complexity and environmental pollution at the country level. The number of studies on green product complexity at both country and regional level is still very few. From this point of view, the aim of the study is to calculate the Green Complexity Index for NUTS3 Regions in Turkey and to examine the relationship between this index and two air pollution indicators such as SO₂ and PM₁₀. In addition, the economic complexity index for non-green products has also been calculated in the study. According to the findings, there is no significant relationship between the Green Complexity Index and air pollution. It has also been shown in the study that provinces with high Green Product Complexity have high complexity values in non-green products.

1. Giriş

Günümüz ekonomilerinin karşılaştığı belki de en önemli zorluk, çevresel kirlenmeyi azaltarak ekonomik büyümeyi

gerçekleştirmektir. Bu zorluğun üstesinden gelebilmek için bir ekonomide nelerin üretildiğinin yanı sıra nasıl üretildiği de önemli hale gelmiştir. Bu bağlamda ortaya çıkan yeşil ekonomi, yeşil büyüme ve yeşil ürünler gibi kavramlar son

* Bu çalışma 9-11 Nisan 2021 tarihlerinde Türkiye’de Türkiye Ekonomi Kurumu tarafından gerçekleştirilmiş olan 7th International Conference on Economics (ICE-TEA2021)’de sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

** Sorumlu yazar/Corresponding author.

e-posta: ilhan.korkmaz@dpu.edu.tr

Atf/Cite as: Çınar, İ.T., Korkmaz, İ., & Şişman, M.Y. (2021). Yeşil Karmaşıklık Endeksi ve Hava Kirliliği: Türkiye’de Düzey 3 Bölgeleri Üzerine Bir Analiz. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 6(2), 319-332.

e-ISSN: 2651-5318. © 2021 TÜBİTAK ULAKBİM DergiPark ev sahipliğinde. Her hakkı saklıdır. [Hosting by TÜBİTAK ULAKBİM JournalPark. All rights reserved.]

zamanlarda popüler bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır.

Yeşil ekonomi ve yeşil büyüme genellikle birbirinin yerine kullanılan kavramlar olup ikisi de genel olarak düşük karbonlu ekonomik büyümeyi ifade eder (Barbier, 2012). Bu düşük karbonlu büyüme sürecinde üretimin çevre dostu haline gelmesi yeşil ürünler kavramını ortaya çıkarmıştır. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ve Avrupa Birliği İstatistik Ofisi'nin (Eurostat) üzerinde mutabık kaldığı tanıma göre "Hava, su, toprak kirliliğinin ölçülmesi, önlenmesi veya sınırlandırılmasına imkan veren güneş panelleri, elektrikli otomobiller veya atık su arıtma ekipmanları gibi ürünler" yeşil ürün olarak tanımlanmaktadır (Steenblik, 2005, s.7). Söz konusu yeşil ürünleri üretebilmek için ülkelerin belli bir bilgi birikimi ve teknolojik gelişme seviyesine sahip olması gerekmektedir.

Mealy ve Teytelboym (2020) ülkelerin rekabetçi bir şekilde yeşil ürün üretme kabiliyetlerini belirleyebilmek için *yeşil ürün karmaşıklığı* kavramını geliştirmişlerdir. Kavram esasen, Hidalgo-Hausmann (2009) tarafından ortaya konulan ekonomik karmaşıklık (economic complexity) yaklaşımının uluslararası kuruluşlar tarafından yayımlanan yeşil ürün listelerine uygulanmasından ibarettir. Bu bakımdan yeşil ürün karmaşıklığı, ülkelerin ihracat verilerine dayalı olarak ortaya konan yeşil ürün üretebilme kabiliyeti veya yapabilirliği olarak tanımlanabilir.

Mealy ve Teytelboym (2020), 122 ülke için yeşil ürün karmaşıklığı endeksini hem Hidalgo-Hausmann'ın (2009) ekonomik karmaşıklık yöntemiyle, hem de Tacchella vd.'nin (2012) ekonomik seçim yöntemiyle hesaplamışlardır. Ardından bu endeks değerleri ile çevresel patentler, kişi başı karbondioksit emisyonu ve Çevresel Politikaların Sıklık Endeksi değişkenleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma sonucunda ülkelerin yeşil ürün karmaşıklığı arttıkça, karbondioksit salınımlarının azaldığını ve daha sıkı çevre politikalarına yöneldiklerini tespit etmişlerdir. Mealy ve Teytelboym'un (2020) ulaştığı bu sonuç bazı açılardan sorunlu görünmektedir. Bir ülkenin yeşil ürün üretebilme kabiliyetinin artması, o ülkenin çevresel duyarlılığının yüksek olması veya sıkı çevre politikalarına sahip olmasının gerektirmeyebilir. Çünkü, bir ülkenin karmaşıklık düzeyinin artması, sadece yeşil ürünler ile sınırlı kalmayabilir. Dolayısıyla bir ülke her ne kadar yeşil ürün üretimini artırsa da eğer yeşil olmayan ürün üretimi daha fazla artıyorsa söz konusu ülkede hava kirliliği konusunda bir iyileşme yaşanmayabilir.

Buradan hareketle, Mealy ve Teytelboym'dan (2020) farklı olarak bu çalışmada yeşil ürün karmaşıklığıyla hava kirliliği arasında negatif ve doğrusal bir ilişkinin olmadığı ileri sürülmektedir. Çalışmanın amacı, Tacchella vd. (2012) tarafından geliştirilen *ekonomik seçim* metodolojisini kullanarak Mealy ve Teytelboym (2020) tarafından ortaya konan yeşil ürün karmaşıklığı endeksinin Türkiye'de iller düzeyinde hesaplanması ve bu endeksin Sülfür Dioksit (SO₂) ve 10 mikron altı partikül madde kirleticisi (PM₁₀) gibi iki hava kirliliği göstergeleri ile ilişkisini incelemektir.

Çalışmanın literatüre iki açıdan katkı sağlaması beklenmektedir. İlk olarak, Yazarların bildiği kadarıyla yeşil karmaşıklık endeksini bölgesel düzeyde hesaplayan tek çalışma Perez-Hernandez vd.'ne (2021) aittir. Söz konusu çalışmada da Hidalgo-Hausmann'ın (2009) metodolojisine sadık kalmış fakat yeşil karmaşıklık endeksinin çevresel değişkenlerle ilişkisi üzerinde hiç durulmamıştır. Bu açıdan, çalışmanın, uluslararası literatürde yeşil ürün karmaşıklığını bölgesel düzeyde Tacchella vd. (2012) tarafından geliştirilen ekonomik seçim metodolojisi ile hesaplayan ve bunu çevre kirliliği ile ilişkilendiren ilk çalışmalardan olması beklenmektedir. İkinci katkı ise yerli literatür ile ilgilidir. Türkiye ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde bölgelerin yeşil ürün üretme kabiliyeti ve bunun çevre üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma ile iller düzeyinde hesaplanan Yeşil Karmaşıklık Endeksi ile yeşil ürün üretme kabiliyeti ilk defa bölgesel düzeyde tespit edilmiş olacaktır (Yazarların bildiği kadarıyla Türkiye'de bölgesel düzeyde ekonomik karmaşıklık endeksini hesaplayan iki çalışma mevcuttur. Bunlardan biri Tuncer vd.'nin (2017), 26 Düzey 2 bölgesi için Hidalgo ve Hausmann'a (2009) göre ekonomik karmaşıklık endeksini hesapladıkları çalışmadır. Diğeri ise Çınar vd.'nin (2021) Düzey 3 bölgeleri için hem Hidalgo ve Hausmann'a (2009) göre ekonomik karmaşıklık hem de Tacchella vd.'ne (2012) göre ekonomik seçim endeksini hesaplayarak karşılaştırdıkları çalışmadır. Ancak iki çalışmada da yeşil ürün karmaşıklığından bahsedilmemiştir).

Çalışmanın geri kalan kısmı şu şekilde tasarlanmıştır: İkinci kısımda ekonomik karmaşıklık ve yeşil ürün karmaşıklığı kavramına ilişkin teorik arka plan anlatılırken üçüncü kısımda ekonomik karmaşıklık, yeşil ürün karmaşıklığı ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalara yönelik literatür taramasına yer verilmiştir. Dördüncü kısımda çalışmada kullanılan veriler tanıtıldıktan sonra yeşil ürün karmaşıklığının Düzey 3 bölgeleri için hesaplanma yöntemi ve değişkenler arası ilişkileri analiz etmek üzere kullanılan ekonometrik model açıklanmıştır. Beşinci kısım bulguların aktarılmasından oluşurken sonuç kısmında, elde edilen bulgular doğrultusunda yapılan değerlendirmelere yer verilmiştir.

2. Ekonomik Karmaşıklık ve Yeşil Ürün Karmaşıklığı

Yeşil ürün karmaşıklığının teorik altyapısını kavrayabilmek için öncelikle Hidalgo ve Hausmann'ın (2009) ekonomik karmaşıklık yaklaşımını incelemek gerekmektedir. Hidalgo ve Hausmann'a (2009) göre bir ekonominin karmaşıklığını, çeşitlilik ve sıradanlık kavramları belirler. Çeşitlilik, bir ülkenin belirli bir dönemde açıklanmış karşılaştırmalı üstünlüğe (Revealed Comparative Advantage - RCA) sahip olarak ihraç ettiği ürün sayısı ile basit şekilde ölçülebilir. Sıradanlık ise, bir ürünün, açıklanmış karşılaştırmalı üstünlüğe sahip kaç ülke tarafından ihraç edildiğine bağlıdır. Yani bir ürün ne kadar çok ülke tarafından ihraç ediliyorsa o kadar sıradandır. Fakat, Hausmann vd.'ne (2014) göre

ürün çeşitliliği ve sıradanlığı tek başlarına ülkelerin sahip olduğu kabiliyetlerin ancak kaba bir kestirimi olabilir. Yani, eğer bir ülke çok farklı ürünler üretirken, ürettiği bu ürünler çok sıradan ürünlerse söz konusu ülkenin karmaşık bir üretim yapısına sahip olduğu söylenemez. Çeşitlilik ve sıradanlık üzerinden elde edilen bilgiler birlikte kullanılarak yansımaya metodolojisi ile düzeltilmeli ve bu yöntem ile elde edilen ortalama çeşitlilik ve ortalama sıradanlık değerleri üzerinden ekonomik karmaşıklık endeksi hesaplanmalıdır. Yansımaya metodu, Hausmann vd.'nin (2014) Pakistan ve Singapur üzerinden verdiği örnekle açıklanabilir. Pakistan ve Singapur'un ihraç ettiği ürün sayısı ve çeşitliliği hemen hemen aynıdır. Fakat Singapur, Pakistan'a kıyasla yaklaşık 38 kat daha zengindir. Pakistan'ın ihraç ettiği ürünler, ortalama olarak 28 farklı ülke tarafından daha ihraç edilirken, Singapur'un ihraç ettiği ürünler ortalama olarak 17 farklı ülke tarafından daha ihraç edilmektedir. Dolayısıyla aynı çeşitliliğe sahipken, Pakistan'ın ihraç ettiği ürünler daha sıradandır. Buna ilaveten Singapur'un ihraç ettiği ürünler genellikle yüksek çeşitliliğe sahip ülkeler tarafından ihraç edilirken, Pakistan'ın ihraç ettiği ürünler genellikle daha az çeşitliliğe sahip ülkeler tarafından ihraç edilmektedir. Dikkat edilirse ilk aşamada ülkelerin çeşitliliği ve sıradanlığı bilgilerinin kullanımının ardından, Singapur ve Pakistan tarafından ihraç edilen ürünleri ihraç eden diğer ülkelerin çeşitliliği bilgisi kullanılmaktadır. Yani ülkelerin çeşitliliğine ait bilgi ikinci aşamada tekrar analize yansıtılarak mevcut bilgide bir düzeltme yapılmaktadır. Bu şekilde ülkelerin çeşitlilik ve sıradanlık bilgilerinin ikinci, üçüncü ve daha fazla aşamada yansıtılması bize her defasında yeni bilgiler vermektedir (Hidalgo ve Hausmann, 2009; Hausmann vd. 2014).

Ekonomik karmaşıklık ölçüm metodolojisi, doğrusal bir hesaplama dayandığı ve aslında ürünlerin çeşitliliği bilgisini tam olarak hesaba katmadığı yönünde çeşitli eleştiriler almıştır (Tacchella vd. 2012; Tacchella vd., 2013; Cristelli vd., 2013). Tacchella vd. (2012), Hidalgo ve Hausmann'ın (2009) ekonomik karmaşıklık ölçümüne alternatif bir yöntem olarak ekonomik seçim (fitness) adını verdikleri doğrusal olmayan sabit nokta iterasyonuna dayalı yeni bir endeks geliştirmişlerdir. Tacchella vd. (2012) tarafından geliştirilen ekonomik seçim yaklaşımı Hidalgo ve Hausmann'da (2009) olduğu gibi kompleks ağ yapısına dayanmaktadır. Bu ağ yapısı sayısal ölçüm yapabilmek amacıyla bir bitişiklik matrisi tarafından temsil edilmektedir. Bitişiklik matrisinin satırlarında ülkeler, sütunlarında ise ihraç edilen ürünler yer almaktadır. Bu bakımdan n adet p ürününün ihraç edildiği, m tane c ülkesinin yer aldığı bir bitişiklik matrisi $m \times n$ boyutlarında ve her bir elemanı M_{cp} olmak üzere 1 ve 0'lardan oluşan bir ülke-ürün matrisi olacaktır. Ülkeler ve bunlara karşılık gelen ürünler arasında bir bağlantı varsa ilgili M_{cp} elemanı 1 değerini alırken, bağlantı olmaması durumunda 0 değerini alacaktır.

Ekonomik karmaşıklık ve ekonomik seçim yaklaşımlarının ikisi de ülkeler ve ürünler arasındaki bağlantının varlığını veya yokluğunu gösteren 1 ve 0 değerlerini, Balassa (1965)

tarafından geliştirilen RCA indeksini kullanarak elde etmektedirler. Bu sayede hangi ülkelerin hangi ürünlerin önemli birer ihracatçısı olduğu bilgisine ulaşılabilmektedir. Buna göre bir c ülkesinin ihraç ettiği q ürünü için RCA indeksi, Eşitlik (1)'de gösterildiği şekliyle, c ülkesi tarafından ihraç edilen q ürününün söz konusu c ülkesinin toplam ihracatı içindeki payının, tüm ülkeler tarafından ihraç edilen q ürününün toplam dünya ihracatı içindeki payına oranı olarak hesaplanacaktır.

$$RCA_{cp} = \frac{\frac{q_{cp}}{\sum_{c'} q_{c'p}}}{\frac{\sum_{p'} q_{cp'}}{\sum_{c'p'} q_{c'p'}}} \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlikten elde edilen değer 1'den büyük veya eşitse M_{cp} 1 değerini alırken, aksi durumda 0 değerini alacaktır. Bu durum aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$RCA_{cp} \geq 1 \Rightarrow M_{cp} = 1$$

$$RCA_{cp} < 1 \Rightarrow M_{cp} = 0 \quad (2)$$

Tacchella vd. (2012), daha az gelişmiş ülkelerin ihraç ettikleri ürünlerin genellikle sıradan ürünler olduğunu, gelişmiş ülkelerin ise hem sıradan hem de sofistike ürünlerin ihracatını gerçekleştirdiklerini bu bitişiklik matrisinin üçgen bir yapıya sahip olmasına dayanarak göstermişlerdir. Böylece gelişmiş ülkelerin ihraç etmekte olduğu ürünler bize bu ürünlerin sofistیکasyon düzeyiyle ilgili hemen hemen hiç bilgi vermemektedir. Çünkü gelişmiş ülkeler tüm ürünleri ihraç edebilmektedir. Oysa gelişmekte olan ülkelerin ihraç ettiği ürünler genellikle sıradan ürünlerdir. Benzer anlama gelmek üzere, bir ürünün yüksek sofistیکasyona sahip olması, o ürünün gelişmiş bir ülke tarafından ihraç edildiğini gösterebilirken, sıradan bir ürün gelişmiş ya da gelişmekte olan herhangi bir ülke tarafından ihraç edilebilir. Böylece, Hidalgo ve Hausmann (2009) tarafından iddia edildiği gibi, ürünlerin sofistیکasyon düzeyini belirlemek için, o ürünleri ihraç eden ülkelerin ortalama çeşitlilik düzeylerinden hareket etmek anlamsızdır. Burada açıklanan yapıyı matematiksel olarak gösterebilmenin yolu doğrusal olmayan bir ilişki tanımlamaktan geçmektedir. Tacchella vd. (2012) tarafından önerilen yöntemin temel düşüncesi, seçim değeriyle (F_c) ürün karmaşıklığını (Q_p) bağlaşıklık olarak doğrusal olmayan bir denklem sisteminde tanımlayarak, sistemin sabit nokta değerlerini elde eden bir iterasyon sürecinin uygulanmasıdır. Doğrusal olmayan bu bağlaşıklık denklem sisteminde F_c , bir ülkenin ürün karmaşıklığı değerleriyle ağırlıklandırılmış ihraç malları toplamıyla orantılıyken Q_p , ürünü ihraç eden ülke sayısı ters orantılıdır. Q_p aynı zamanda daha düşük seçim değerine sahip ülkelerin ürün karmaşıklığını düşüren etkisini de içermelidir. Buradan hareketle Tacchella vd. (2012), Eşitlik (3)'de gösterilen bağlaşıklık denklem sistemini önermişlerdir.

$$\left. \begin{aligned} \tilde{F}_c^{(n)} &= \sum_p M_{cp} Q_p^{(n-1)} \\ \tilde{Q}_p^{(n)} &= \frac{1}{\sum_c M_{cp} F_c^{(n-1)}} \end{aligned} \right\} \rightarrow F_c^{(n)} = \frac{F_c^{(n)}}{\left(\tilde{F}_c^{(n)}\right)_c} Q_p^{(n)} = \frac{\tilde{Q}_p^{(n)}}{\left(\tilde{Q}_p^{(n)}\right)_p} \quad (3)$$

Eşitlik (3), iki aşamalı bir iterasyon sürecini göstermektedir. İlk olarak ilgili formüller kullanılarak $\tilde{F}_c^{(n)}$ ve $\tilde{Q}_p^{(n)}$ ara değişkenleri hesaplanır ve ardından bu ara değişkenler her iterasyon aşamasında normalize edilerek $F_c^{(n)}$ ve $Q_p^{(n)}$ değerlerine ulaşılır. Eşitlik (3)'de verilen bağlaşıklık denklem sisteminin çözümü için başlangıç koşulu olarak $F_c^{(0)} = 1$ ve $Q_p^{(0)} = 1$ verilir. Tacchella vd. (2012), Eşitlik (3) ile hesaplanan bağlaşıklık denklem sisteminin sabit nokta çözümlerinin istikrarlı ve başlangıç koşulundan bağımsız olduğunu ifade etmişlerse de Morrison vd. (2017) sistemin istikrarsızlığı hususunu gündeme getirmişlerdir.

Servedio vd. (2018) ve Tacchella vd. (2012) tarafından geliştirilen ve eşitlik (3)'te verilen orijinal ekonomik seçim algoritmasının farklı yıllar için ülkelerin sıralamasını başarılı bir şekilde ortaya koyduğunu belirtirken, yine de Morrison vd.'nin (2017) ifade ettiği gibi sistemin geliştirilmeye açık bazı kısımlarının olduğunu ifade etmektedirler. Servedio vd. (2018) tarafından iyileştirilme yapılması gerektiği ifade edilen hususlardan birisi hiç ihracat yapmayan ülkelere ilişkindir. Buna göre belli bir yılda hiç ihracatı olmayan ülkelerde M_{cp} tüm ürünler için sıfır değerini alacağından seçim değeri de sıfır olacaktır. Oysaki her ülke yaptığı ya da yapmadığı ihracattan bağımsız olarak belli bir seviyede öz seçim değerine (intrinsic fitness) sahiptir. Sistemdeki gelişime açık bir diğer konuya her bir ülkenin, diğer ülkelerin hiçbir tarafından ihraç edilmeyen sadece bir ürünü ihraç ettiği varsayımsal durumun çözülmesidir. Böyle bir durumda seçim değeri algoritması tüm ülkelere ve ürünlere 1 değerini atfedecektir. Buradan hareketle Servedio vd. (2018) tarafından geliştirilen yeni ekonomik seçim algoritması eşitlik (4)'te gösterilmektedir.

$$\begin{aligned} F_c^{(n)} &= \phi_c + \sum_{p'} M_{cp'}/P_{p'}^{(n-1)} \\ P_p^{(n)} &= \pi_p + \sum_c M_{c'p}/F_{c'}^{(n-1)} \end{aligned} \quad (4)$$

Eşitlik (4)'te ürün karmaşıklığı artık P_p^{-1} tarafından verilmektedir. $F_c^{(0)} = P_p^{(0)} = 1$ olacak şekilde başlangıç koşulu verilen sistemde her bir eşitliğe sıfırdan büyük ϕ_c ve π_p gibi iki değer eklenerek sistemin çarpımsal sabitle tanımlanmayan bir yapıya kavuşturulması sağlanır. Bu şekilde sistemin daha önce yapıldığı gibi her aşamada normalize edilmesine gerek kalmamış olmaktadır (Servedio vd., 2018). Eşitlik (4)'de ϕ_c , bir ülkenin sahip olduğu öz seçim değerini ifade etmektedir. Buna göre bir ülke hiç ihracat yapmasa bile ϕ_c kadar seçim değerine sahip olmuş olacaktır. π_p ifadesi ise bir ürünün hiçbir ülke tarafından ihraç edilmediği ($M_{cp} = 0$, $\forall c$) durumda P_p 'nin alacağı minimum değeri, dolayısıyla $P_p = Q_p^{-1}$ olarak ifade edilen ürün karmaşıklığının herhangi bir ürün için alabileceği

maksimum değeri ifade etmektedir. Servedio vd. (2018), eşitlik (4)'te $\phi_c = \pi_p = \theta$; $\forall c, p$ olacak şekilde ve $\tilde{P}_p = P_p/\theta$ ve $\tilde{F}_c = F_c\theta$ olarak yeniden düzenleyerek aşağıdaki eşitliğe ulaşmaktadırlar.

$$\begin{aligned} \tilde{F}_c^{(n)} &= \theta^2 + \sum_{p'} M_{cp'}/\tilde{P}_{p'}^{(n-1)} \\ \tilde{P}_p^{(n)} &= 1 + \sum_c M_{c'p}/\tilde{F}_{c'}^{(n-1)} \end{aligned} \quad (5)$$

Eşitlik (5)'te θ parametresine sıfıra çok yakın bir değer verildiği takdirde, denklem θ 'ya bağlı olmaktan çıkacak ve Morrison vd. (2017) tarafından ifade edilen sistem istikrarsızlığına dayanıklı bir algoritma elde edilmiş olacaktır (Servedio vd. 2018).

Operti vd. (2018), ekonomik seçim yaklaşımının bölgesel düzeyde sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için dışsal seçim değeri ve içsel seçim değeri olmak üzere iki ölçüt geliştirmişlerdir. İçsel seçim; s ili tarafından ihraç edilen bir p ürününün, s ilinin toplam ihracatına oranıyla, söz konusu p ürününün tüm ülkenin toplam ihracatı içindeki payına oranlanmasıyla elde edilen RCA endeksine dayalı il-ürün matrisi kullanılarak hesaplanmaktadır. Söz konusu il-ürün matrisi haricinde Eşitlik (3)'te gösterilen standart ekonomik seçim değeri algoritması aynen uygulanmaktadır. İçsel seçim algoritması, sadece ele alınan ülkeye ait ihracat verilerini kullanmakta, dünyanın geri kalanına ait ihracat verilerini dikkate almamaktadır. Bunun yanında dışsal seçim; ürün karmaşıklığı değerlerinin tüm dünya genelinde değişiklik göstermemesi gerektiği varsayımından hareketle standart yöntemle dünya ülkeleri için ekonomik seçim değerinin hesaplanmasına ve buradan küresel bazda elde edilen ürün karmaşıklığı verilerinin iller için seçim değeri hesaplamasında kullanılmasına dayanmaktadır. Bu sayede yerel düzeyde üretimi yapılmayan veya çok az il tarafından üretilen ancak dünyada yaygın şekilde üretimi gerçekleştirilen ürünler için sapmalı ürün karmaşıklığı değerlerinin elde edilmesinin önüne geçilmiş olmaktadır. Buna göre il düzeyinde hesaplayacağımız ekonomik seçim endeksi için, Eşitlik (5)'te gösterilen ve Servedio vd. (2018) tarafından geliştirilen ekonomik seçim endeksi algoritmasına göre hesaplanmış ülkeler bazında ürün karmaşıklığı vektörü ile ($Q_p=(P_p-1)^{-1}$), iller bazında hazırlanan M il-ürün matrisi aşağıdaki şekilde çarpılarak iller bazında dışsal seçim endeksi hesaplaması yapılmaktadır.

$$F_{iller} = \sum_p M_{sp} Q_p \quad (6)$$

3. Literatür İncelemesi

Ekonomik büyümenin bir sonucu olarak ortaya çıkan çevre kirliliği sorunu ekonomik büyüme ve kalkınma literatüründe uzunca bir süredir araştırmacıların ilgisini çeken bir konu olmuştur. Çevre kirliliğine ilişkin uluslararası verilerin erişilebilir olmasını izleyen dönemde Grossman ve Krueger (1991), Shafik ve Bandyopadhyay (1992) ve Panayotou (1993) tarafından yapılan öncü çalışmalarda çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasında ters U şeklinde bir ilişki

olduğu ileri sürülmüştür. Bu ilişki Panayotou (1993) tarafından, Kuznets'in (1955) gelir eşitsizliği ve ekonomik büyüme arasında tespit ettiği ters U şeklindeki ilişkiye benzerliği nedeniyle Çevresel Kuznets Eğrisi (Environmental Kuznets Curve – EKC) hipotezi olarak adlandırılmıştır. EKC hipotezine göre sanayileşmenin ilk aşamasında ekonomik büyüme ve çevre kirliliği arasında negatif bir ilişki söz konusudur. Bu aşamada temel amaç öncelikle büyümeyi sağlamak olduğundan çevresel endişeler ikinci planda kalır. Ayrıca bu aşamada büyüme oranlarının yüksek olması kaçınılmaz olarak doğal kaynakların daha fazla kullanılmasına neden olmakta ve bu da çevresel bozulma üzerinde daha fazla baskı oluşturmaktadır. Sanayileşmenin sonraki aşamalarında, ekonomik büyüme sürecinde belli bir gelir seviyesi aşıldıktan sonra artan teknoloji ve gelir düzeyi daha çevre dostu üretim tekniklerini kullanmaya imkân sağlamaktadır. Bununla birlikte toplumda çevresel sorunlara karşı bir farkındalık da ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak ekonomi daha düşük oranlarda büyümeye devam ederken çevre kirliliği de azalmaya başlamaktadır (Dinda 2004).

Literatürde gerek ülkeler arası panel veriler gerekse ülkeler özelinde zaman serisi verileri ile EKC hipotezini test eden çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalara, son yıllarda, Hidalgo ve Hausmann (2009) tarafından geliştirilen ve gelir düzeyinin önemli bir belirleyicisi olarak görülen ekonomik karmaşıklık kavramı ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiye yönelik çalışmalar da eklenmiştir. Ekonomik karmaşıklık ve çevre kirliliği ilişkisini inceleyen çalışmalarda temel olarak ekonomik karmaşıklık düzeyinin artmasının çevre kirliliğini azaltacağı ileri sürülmektedir. Buna göre, ekonomik karmaşıklığın artması daha yüksek bilgi, teknoloji düzeyi ve yetenek isteyen ürünlerin üretilmesi anlamına geldiğinden, belli bir karmaşıklık düzeyinden sonra tıpkı EKC hipotezinde olduğu gibi çevre kirliliğinin azalması beklenmektedir (Can ve Gözgör 2017; Swart ve Brikmann, 2020). Son yıllarda bu iki değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların sayısı giderek artmaktadır. Literatürde EKC hipotezini destekleyen sonuçlara ulaşan çalışmalar olduğu gibi (Can ve Gözgör, 2017; Neagu 2019; Doğan vd. 2019; Lapatinas vd. 2019; Yilanci ve Pata, 2020; Pata, 2021) EKC hipotezinin geçersiz olduğunu ortaya koyan çalışmalar da mevcuttur (Neagu ve Teodoru, 2019; Doğan vd. 2019). EKC hipotezinin geçerliliğini test eden bu çalışmaların farklı bulgular elde etmesinin en önemli nedeni çalışmaların örneklemi oluşturan ülkeler arasındaki gelir düzeyi farklılıklarıdır. Örneğin Doğan vd. (2019) farklı gelir gruplarında olan ülkeler üzerine yaptıkları çalışmada ekonomik karmaşıklık için EKC hipotezinin yüksek gelirli ülkelerde geçerli olduğu sonucuna ulaşırken düşük-orta gelirli ve yüksek-orta gelirli ülkelerde geçerli olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Mealy ve Teytelboym (2020) *yeşil ürün karmaşıklığı* kavramını ortaya atarak ekonomik karmaşıklık ve çevre kirliliğini inceleyen literatüre önemli bir katkıda bulunmuştur. Esasen, Hidalgo-Hausmann (2009) tarafından ortaya konulan ekonomik karmaşıklık (economic

complexity) yaklaşımının uluslararası kuruluşlar tarafından yayımlanan yeşil ürün listelerine uygulanmasından ibaret olan yeşil ürün karmaşıklığı ülkelerin rekabetçi bir şekilde yeşil ürün üretme kabiliyetlerini belirleyebilmeyi amaçlamaktadır. Mealy ve Teytelboym (2020), 122 ülke için bir yeşil ürün karmaşıklığı endeksi geliştirerek bu endeks değerleri ile çevresel patentler, kişi başı karbondioksit emisyonu ve Çevresel Politikaların Sıklık Endeksi değişkenleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bulgulara göre ülkelerin yeşil ürün karmaşıklığı arttıkça, karbondioksit salınımlarının azaldığı ve daha sıkı çevresel politikalara yöneldikleri görülmüştür.

Buraya kadar aktarılan çalışmaların tamamı ülkeler düzeyinde gerçekleştirilmiş olup gerek ekonomik karmaşıklık gerekse yeşil karmaşıklık ve çevre kirliliği ilişkisini bölgesel düzeyde inceleyen çalışmalar çok az sayıdadır. Swart ve Brikmann, (2020) ekonometrik karmaşıklığın çevre kirliliği üzerine etkilerini Brezilya eyaletleri için incelemiş ancak iki değişken arasında anlamlı bir ilişki bulamamışlardır. Yazarların bildiği kadarıyla literatürde Mealy ve Teytelboym'un (2020) ülkeler düzeyinde geliştirdiği yeşil ürün karmaşıklığı endeksini bölgesel düzeyde hesaplayan tek çalışma ise Perez-Hernandez vd.'ne (2021) aittir. Söz konusu çalışmada 2004-2018 yıllarını kapsayan dönemde 32 Meksika bölgesi için yeşil karmaşıklık endeksi geliştirilmiş ancak araştırmada sadece endeksin bölgesel dağılımı analiz edilmiş olup endeksin çevre kirliliği üzerine etkileri incelenmemiştir.

Türkiye açısından bakılacak olursa ülke düzeyinde gelir seviyesi ve çevre kirliliği ilişkisini EKC çerçevesinde inceleyen çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen bu ilişkiyi bölgesel düzeyde analiz eden çalışmaların sayısı oldukça azdır. Bu kapsamdaki ilk çalışma Akbostancı vd.'nin (2009) çalışmasıdır. Çalışma 1992 – 2001 yılları arasını kapsamakta olup EKC hipotezi 58 il için test edilmiştir. Çevre kirliliği göstergeleri olarak SO₂ ve PM 10 verilerinin kullanıldığı çalışmada, EKC hipotezinin aksine çevre kirliliği ile gelir arasında N şeklinde bir ilişki bulunmuştur. Çatık vd. (2016) da benzer şekilde 1990-2001 yılları için Türkiye'de EKC hipotezinin geçerliliğini test etmişlerdir. Akbostancı vd.'nden (2009) farklı olarak bu çalışmada mekansal ekonometrik yöntemlerden yararlanılarak iller arası yayılma etkileri de analize dahil edilmiştir. Bulgulara göre gelir ve kirlilik arasındaki ilişki, EKC hipotezinde belirtildiği gibi ters bir U şeklini takip etmektedir. Çatık vd.'ne (2016) göre kirlilik ve kişi başına gelir arasındaki ilişki aynı zamanda bölgelerin mekansal konumundan da etkilenmektedir.

Türkiye'de EKC hipotezini bölgesel düzeyde test eden bir başka çalışma da Güçlü (2016) tarafından yapılmıştır. Önceki iki çalışmadan farklı olarak daha güncel veri seti kullanılması nedeniyle bu çalışmada analizler 81 il için gerçekleştirilmiştir. 2008-2013 dönemini kapsayan çalışmada elde edilen sonuçlar, Türkiye için geleneksel EKC ilişkisini tam olarak desteklememekte, ancak doğrusal monoton azalan bir ilişki olduğuna işaret etmektedir.

Güçlü'nün (2016) çalışmasında gelir ve çevresel kalite ilişkisinde mekânsal etkilerin rolü de incelenmiştir. Bulgulara göre mekânsal bağımlılığın varlığı, belirli bir bölgenin çevre kalitesinin komşu bölgelerin çevre kalitesinden de etkilendiğini göstermektedir. Ayrıca mekansal etkileşimin çevre kalitesi üzerindeki etkisinin, ekonomik büyüme etkisinden daha fazla olduğu görülmüştür. Tuzcu ve Usupbeyli (2018) ise 2007-2013 yılları arasını kapsayan bir periyod için Türkiye'de 81 il düzeyinde hava kirliliği ile gelir düzeyi ilişkisini incelemiş ve EKC hipotezinin aksine iki değişken arasında zayıf da olsa U şeklinde bir etkinin varlığını tespit etmişlerdir. Çalışmada ayrıca iller arası mekânsal etkiler de hesaba katılmış olup bir şehirdeki hava kirliliği göstergelerindeki bir bozulmanın, komşu şehirlerin hava kalitesini de aynı yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Türkiye'de çevre kirliliği konusunu bölgesel düzeyde analiz eden çalışmaların hiçbirinde ekonomik karmaşıklık, çevre kirliliğini açıklayıcı bir değişken olarak kullanılmamıştır. Bu durum görece daha yeni bir kavram olan yeşil karmaşıklık için de geçerlidir. Yazarların bildiği kadarıyla Türkiye'de bölgesel düzeyde ekonomik karmaşıklık veya yeşil karmaşıklığın çevresel bozulma üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmaya henüz rastlanmamıştır. Bu açıdan çalışmanın literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

4. Veri ve Yöntem

İller bazında Yeşil Karmaşık Endeksi'nin hesaplanabilmesi için illerin sektör düzeyinde ihracat verilerine ve ayrıca ülkeler arası gerçekleştirilen uluslararası ihracat verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Araştırmanın analiz dönemi olan 2007-2017 yılları arasını kapsayan dönemde 206 ülkeye ait ihracat verileri Ürün Bazında Uluslararası Ticaret Veri Tabanı (BACI) veri setinden 6 kırılımlı Harmonize Sistem'e (HS6) göre elde edilmiştir. Türkiye'de illere ait ürün bazında ihracat verileri ise Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) 4 kırılımlı Uluslararası Standart Ticaret Sınıflandırması'na (SITC revizyon 3) göre temin edilmiştir. Bu iki veri seti arasındaki uyumsuzluk, Eurostat Metadata Server (RAMON) tarafından sunulan sınıflama dönüşüm tabloları kullanılarak giderilmiştir. Tablolar sayesinde BACI veri setinden HS6'ya göre temin edilen veriler SITC revizyon 3'e dönüştürülmüştür. Yapılan tüm analizler yıllık bazda veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sektörel ihracat verileri ilgili önemli bir husus yeşil ürünlerin belirlenmesi ile ilgilidir. Mealy ve Teytelboym, OECD, Dünya Ticaret Örgütü (WTO) ve Asya-Pasifik Ekonomik İşbirliği Örgütü'nün (APEC) yeşil ürün listelerini bir araya getirerek 293 ürün içeren bir liste oluşturmuşlardır. Bu listelerdeki ürünlerin tamamı HS6'ya göre sınıflandırılmaktadır. Ancak Türkiye'de iller düzeyindeki sektörel ihracat verileri 4 kırılımlı SITC rev. 3 sınıflamasına göre elde edilebildiğinden, uluslararası kuruluşların yayımladığı yeşil ürün listeleri için de yukarıda belirtildiği gibi bir sınıflama dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Bu dönüşüm sonrasında Türkiye için, SITC sınıflamasına göre

135 yeşil ürün belirlenmiştir.

Türkiye'de iller bazında ihracat verileri hakkında bahsedilmesi gereken bir diğer nokta da verinin TÜİK tarafından girişim merkezleri bazında toplanmasıdır. Bu durum, bir ürünün üretildiği ve ihraç edildiği il ile söz konusu ürünün ihraç kayıtlarına girdiği ilin farklılaşmasına sebep olabilmektedir. Fakat bu Türkiye'ye özgü bir problem değildir. Boschma ve diğerlerinin (2012) İspanya için yaptıkları çalışmada ve Gao ve Zhou'nun (2018) Çin için yaptıkları çalışmalar benzer kısıtlar içermektedir. Örneğin Gao ve Zhou (2018), kullandıkları ihracat verisinin Çin firmalarının çok az bir kısmını kapsadığını ve hatta büyük ihracatçı firma verilerinin pek çoğunun veri seti içerisinde yer almadığını ifade etmişlerdir.

Çalışmada hava kirliliğini temsilen sülfür dioksit (SO₂) ve 10 mikron altı partiküler madde verileri (PM10) kullanılmıştır. Bu verilerin kullanılmasının temel sebebi, Türkiye'de iller düzeyinde analiz yapmaya imkân verecek başka ulaşılabilir hava kirliliği değişkenlerinin (karbonsioksit (CO₂) gibi) mevcut olmamasıdır. Veriler, Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan temin edilmiştir.

Pek çok çalışma, ülkelerin hava kirliliği emisyonu ölçümünde kullandıkları yöntemlerin birbirinden farklı olması nedeniyle, ülkeler arası çalışmalardan elde edilen bulguların sorgulandığını ifade etmektedir (Stern vd. 1996; List ve Gallet, 1999; Dijkgraaf ve Vollebergh, 2001; De Groot vd. 2004; Carson, 2010; Churchill vd. 2020). Bu çalışmada ise analiz edilen örneklemin bir ülkenin illerinden oluşması hava kirliliği verisini daha homojen kılmaktadır. Dolayısıyla ülkeler arası veri güvenilirliği ve ölçüm farklılıklarından kaynaklanabilecek problemlerinin minimize edildiği söylenebilir.

4.1. Yeşil Karmaşık Endeksi'nin Hesaplanması

İller bazında dışsal seçim endeksinin hesaplaması için kullanılacak M_p matrisinin ve global ürün karmaşıklığı vektörünü hesaplayabilmek için hazırlanan M_{cp} ülke-ürün matrislerinin her yıl için ayrı ayrı oluşturulması ve sırasıyla Eşitlik (5) ve Eşitlik (6)'da verilen hesaplamaların her yıl için tekrar yapılması gerekmektedir. Yapılan ölçümler 500 iterasyon ve $\theta=10^{-6}$ değeri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Eşitlik (6)'da M ile gösterilen matris, satırlarında 81 ilin, sütunlarında ise bu iller tarafından 4 kırılımlı SITC revizyon 3 sınıflamasına göre ihraç edilen yeşil ürünlerin yer aldığı RCA matrisidir. Burada ifade edilen yeşil ürünler, Mealy ve Teytelboym (2020) metodolojisi takip edilerek Dünya Ticaret Örgütü (WTO Core List), Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD customized product list of environmental goods ve OECD illustrative product list of environmental goods) ve Asya-Pasifik Ekonomik İşbirliği Forumu (APEC list) tarafından yayımlanan listeler baz alınarak belirlenmiştir. Buna göre bir il, herhangi bir çevreci ürünün ihracatında karşılaştırmalı üstünlüğe sahipse ilgili M_p elemanı 1 değeri alırken, aksi durumda 0 değerini alacaktır. Q_p ise 206 ülke tarafından yapılan ve yine Mealy

ve Teytelboym (2020) metodolojisi takip edilerek oluşturulmuş, ülkelerin çevreci ürün ihracat verileri kullanılarak hesaplanan küresel ürün karmaşıklığı vektörüdür.

4.2. Ekonometrik Model

Çalışmada, Tachella vd.'nin (2012) ekonomik seçim metodolojisine göre hesaplanan iller bazında Yeşil Karmaşıklık Endeksi değişkenleri ile PM₁₀ ve SO₂ gibi hava kirliliği göstergeleri arasındaki ilişkinin incelenmesi için sabit etkiler panel veri yöntemi kullanılmıştır. Baltagi (2005), büyük bir popülasyondan rastgele şekilde seçilen N gözlem üzerinde çalışılacaksa rassal etkiler modelini tercih etmenin uygun olduğunu; bunun yanında spesifik olarak belirlenmiş benzer koşullardaki N sayıda il, şirket veya ülke üzerinde çalışılacaksa sabit etkiler modelinin uygun olduğunu ifade etmektedir. Ülkeler bazında yapılan analizlerde; ülkelerin çevre politikalarındaki ve yasalarındaki farklılıklardan kaynaklanan heterojenite, tahmin edilen modelin bağımlı değişkeni üzerinde etkili olabilir. Bu sebeple rassal etkiler modeli kullanılabilir. Fakat çevresel politikalar ve yasalar bakımından çok daha homojen bir yapı sergileyen iller arası çalışmada sabit etkiler modelini kullanmak daha uygun olacaktır. Buna ek olarak, çalışmada hava kirliliğini temsilen kullanılan SO₂ ve PM₁₀ verilerinin 81 il için 2007 yılından itibaren temin edilebilmesi çalışmamızın zaman serisi boyutunu kısıtlamaktadır. Bu nedenle büyük zaman boyutu için uygulanan analiz yöntemlerini bu çalışmada uygulamak yanlış sonuçlar elde edilmesine neden olabilir.

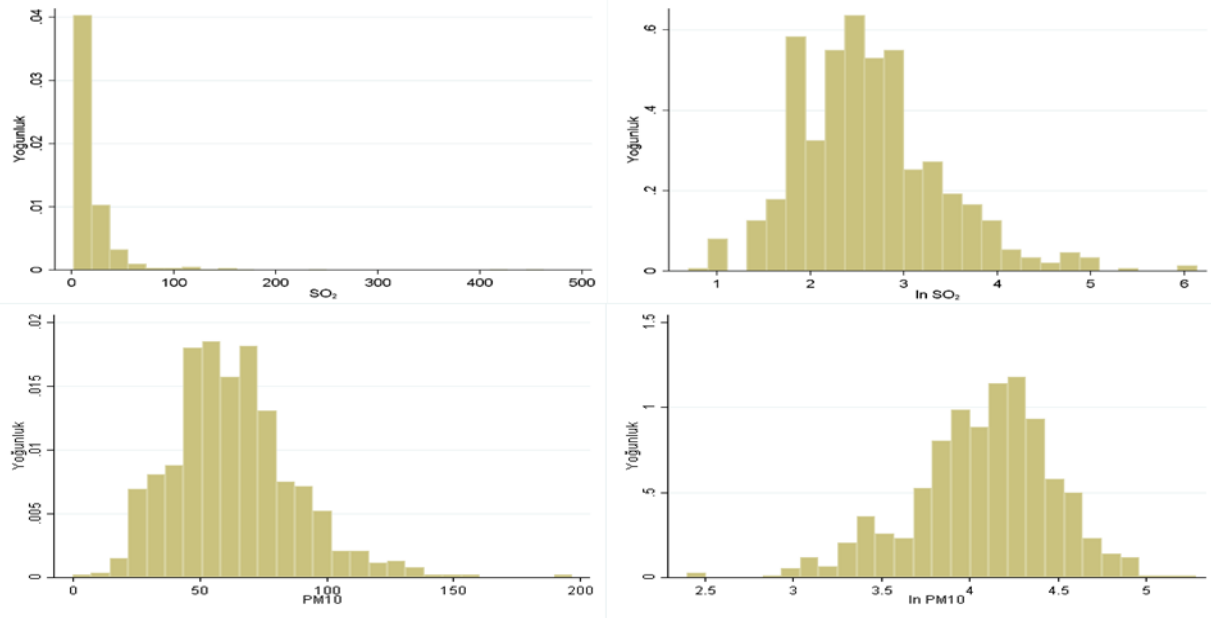
$$\ln SO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 \ln YK_{it} + \beta_2 \ln KBG_{it} + \beta_3 Termik_{it} + \xi_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$\ln PM_{10it} = \beta_0 + \beta_1 \ln YK_{it} + \beta_2 \ln KBG_{it} + \beta_3 MTaşıt_{it} + \xi_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

Analizde, yukarıdaki eşitlik (7) ve eşitlik (8)'de gösterilen iki model sabit etkiler modeliyle tahmin edilmiştir. Buna göre ξ_t yıllara ilişkin gölge değişken olarak modellere eklenmiştir. ε_{it} hata terimlerini göstermektedir. Modellerde SO₂, PM₁₀, Yeşil Karmaşıklık Endeksi (YK) ve kontrol değişkeni olarak kullanılan kişi başına gelirin (KBG) doğal logaritması alınmıştır. Eşitlik (7) ve Eşitlik (8)'de verilen modellerde verilen değişkenler ayrıca tek tek analiz edilmiş ve bu kapsamda elde edilen tek değişkenli regresyon sonuçları ayrı tahmin bulguları olarak tablolarda raporlanmıştır.

Analizlerimizde logaritmik modellerin kullanılmasının temel gerekçesi, SO₂ ve PM₁₀ değişkenlerimizin logaritmik dönüşümlerinin normal dağılıma daha yakın olmalarıdır. Bilindiği gibi, En Küçük Kareler Yöntemi'ne (EKKY) dayanan istatistiksel analizler için önemli bir varsayım kullanılan verilerin normal dağılımıdır. Ne var ki, gerçek yaşamda bu varsayım çoğu kez yerine getirilemez. Normal dağılım yapmayan verileri normalleştirmenin bir yolu verilerin doğal logaritmasını almaktır. Bu sayede yapılan analizlerin daha sağlıklı sonuçlar vermesi beklenir. Özellikle SO₂ değişkenimizin histogram grafiğine bakıldığında, normal dağılımın karakteristik özelliği olan çan eğrisinin görünmediği, aksine SO₂ değişkeninin doğal logaritması alındığında ise çan eğrisi şeklinin elde edildiği görülmektedir.

Şekil 1. SO₂ ve PM₁₀ değişkenleri için histogram grafiği



Çalışmamızda ayrıca SO₂'nin bağımlı değişken olarak alındığı eşitlik (7)'de, SO₂ kirleticisinin en temel kaynaklarından biri olan termik santraller ilde termik santral

bulunuyorsa 1 bulunmuyorsa 0 değerini alacak şekilde modele gölge değişken olarak dahil edilmek istenmiştir. Fakat illerdeki termik santrallere ilişkin gölge değişken,

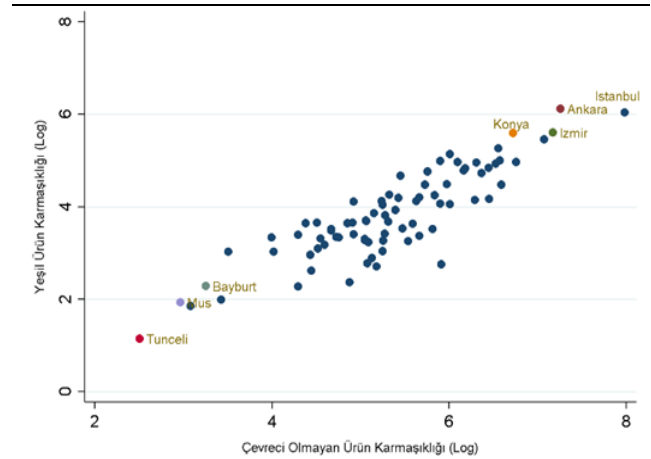
zamana bağlı olarak değişmediği için, termik santral değişkeni yine hava kirliliğiyle arasında pozitif bir ilişki beklenen illerin nüfus yoğunluğu verisiyle çarpılmış şekilde bir etkileşim terimi olarak eklenmiştir (*Termik*). PM_{10} 'un bağımlı değişken olduğu eşitlik (8)'e ise, PM_{10} kirleticisinin temel kaynaklarından biri olan motorlu taşıt sayısı (*MTaşıt*) modele eklenmiştir. Motorlu taşıt sayısı, Türkiye İstatistik Kurumu tarafından yayımlanan illerde bulunan motorlu taşıt sayıları olarak modellere dahil edilmiştir.

Panel veri literatürü giderek artan bir şekilde, gözlemlenemeyen ortak şoklar nedeniyle hata terimlerinin yatay kesit bağımlılığı sergileyebileceğini ifade etmektedir (De Hoyos ve Safaridis, 2006). Yatay kesit bağımlılığının varlığını test etmek üzere, zaman periyodunun yatay kesitlerden büyük olduğu durumda ($T > N$) Breusch ve Pagan (1980) tarafından geliştirilen Lagrange çarpanı (LM) testi kullanılabilir. Diğer durumda ($N > T$), ki bu durum panel veri analizlerinde sıklıkla karşılaşılmaktadır, LM test istatistiği arzu edilen istatistiksel özelliklere sahip değildir. Yatay kesit boyutunun zaman periyodundan büyük olduğu durumda Friedman (1937), Frees (1995) ve Pesaran (2015) tarafından geliştirilen yatay kesit bağımlılığı testleri daha sağlıklı sonuçlar vermektedir (De Hoyos ve Safaridis, 2006). Bu kapsamda, çalışmamızda yatay kesit bağımlılığının varlığına ilişkin olarak Pesaran (2015) tarafından geliştirilen test istatistiği kullanılmış ve bulgularımıza ilişkin tabloların altında raporlanmıştır.

5. Bulgular

Çalışmada 135 yeşil ürün için ekonomik karmaşıklığın hesaplanmasının yanında, yeşil ürünler dışında kalan diğer ürünler için de iller bazında ekonomik karmaşıklık hesaplanmış, buna da çevreci olmayan ürün karmaşıklığı adı verilmiştir. Bu sayede yeşil ürün karmaşıklığı yüksek illerin aynı zamanda çevreci olmayan ürünlerin ihracatında ne durumda oldukları incelenmiştir.

Şekil 2. Yeşil ve Çevreci Olmayan Karmaşıklık Endeksine Göre İller



Tablo 1 ve Şekil 2'den görülebileceği gibi Yeşil Karmaşıklık Endeksi en yüksek olan İstanbul, Ankara ve İzmir gibi iller, aynı zamanda çevreci olmayan ürün karmaşıklığı açısından da en üstte yer almaktadır. Benzer durum Yeşil Karmaşıklık Endeksi düşük iller için de geçerlidir. Yeşil ürün karmaşıklığında Samsun, Eskişehir ve Düzce gibi iller ilk on içerisine girerken, Çevreci olmayan ürün karmaşıklığında bu illerin yerini Adana, Mersin ve Van almaktadır. İller düzeyinde 2007 yılı Yeşil Karmaşıklık Endeksi değerleri, 2017 yılı Yeşil Karmaşıklık Endeksi değerleri ve 2007-2017 yılları arasında kapsayan 11 yıllık döneme ait ortalama Yeşil Karmaşıklık Endeksi değerleri Ek'te sunulmuştur.

Burada Ağrı ve Van gibi illerin sıralamadaki durumu dikkat çekmektedir. Sınır Ticaretinin Düzenlenmesine İlişkin Kararname kapsamına dahil edilen ve komşu ülkelerle sınır ticaretine izin verilen Ağrı ve Van'ın da dahil olduğu 13 il bulunmaktadır. Bu illerin, beklenenden daha yukarı sıralarda olduğu görülmesinin sebebinin Sınır Ticareti Düzenlemesi'nden elde ettikleri avantaj olduğu düşünülmektedir.

Tablo 1. Yeşil ve Çevreci Olmayan Karmaşıklık Endeksi En Yüksek 10 il

Sıra No	İller	Yeşil Karmaşıklık Endeksi Değeri	Sıra No	İller	Çevreci Olmayan Karmaşıklık Endeksi Değeri
1	Ankara	6.12	1	İstanbul	7.98
2	İstanbul	6.04	2	Ankara	7.26
3	İzmir	5.61	3	İzmir	7.17
4	Konya	5.60	4	Ağrı	7.08
5	Ağrı	5.46	5	Adana	6.76
6	Kocaeli	5.26	6	Konya	6.72
7	Samsun	5.14	7	Mersin	6.59
8	Bursa	5.00	8	Bursa	6.57
9	Eskişehir	4.98	9	Kocaeli	6.56
10	Düzce	4.97	10	Van	6.53

Tablo 2. Yeşil Karmaşıklık Endeksi ve SO₂ Arasındaki İlişki İçin Sabit Etkiler Modeli

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
YK	0.037 (0.035)			0.036 (0.035)	0.037 (0.035)	0.036 (0.035)
KBG		0.308 (0.549)		0.274 (0.561)		0.254 (0.566)
Termik			0.010** (0.003)		0.010** (0.003)	0.010** (0.003)
<i>R</i> ²	0.195	0.194	0.202	0.196	0.203	0.204
<i>F</i> _{ist yıllar}	8.80	8.85	9.06	8.26	9.28	8.72
<i>F</i> _{prob yıllar}	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>F</i> _{ist pooled-FE}	13.01	12.79	13.19	12.81	13.20	12.96
<i>F</i> _{prob pooled-FE}	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>Pesaran (2015) ist.</i>	-1.49	-1.47	-1.44	-1.49	-1.47	-1.47
<i>Pesaran (2015) prob.</i>	(0.135)	(0.140)	(0.148)	(0.134)	(0.141)	(0.141)
<i>N</i>	721	721	721	721	721	721

Değişen varyans ve otokorelasyona göre düzeltilmiş standart hatalar parantez içerisinde. Sabit terim ve yıllar için gölge değişkenler raporlanmamıştır. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Analiz kapsamında SO₂ ve Yeşil Karmaşıklık Endeksi arasındaki ilişkiyi incelemek üzere altı model çalıştırılmıştır. Bunlardan ilk üçü tek değişkenli, son üçü ise yeşil karmaşıklık endeksinin, diğer kontrol değişkenleriyle beraber analize dahil edildiği çok değişkenli modellerdir. Yeşil Karmaşıklık Endeksi ve SO₂ arasındaki ilişkiye baktığımız ve Tablo 2’de raporlanan sonuçlara göre dört modelde de istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmemektedir. Beklendiği gibi termik santral değişkeniyle SO₂ arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülmüştür. Ayrıca modele eklenen bir diğer kontrol değişkeni olan kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Tablo 2’nin altında, yıllara ait gölge değişkenlerin modele dahil edilip edilmemesine ilişkin olarak gölge değişkenlerin sıfıra eşitliğine yönelik boş hipotezi test eden Wald testi istatistiği

(*F*_{ist yıllar}) ve buna ait olasılık değeri (*F*_{prob yıllar}) ile modelin havuzlanmış ve sabit etkiler tahmincilerinin karşılaştırmasına imkân veren F testi istatistiği (*F*_{ist pooled-FE}) ve buna ait olasılık değeri (*F*_{prob pooled-FE}) raporlanmıştır. Bu istatistik değerleri, SO₂ için yapılan tahminimizde havuzlanmış tahmin yerine sabit etkiler modelinin kullanılmasını, aynı zamanda modele yıllara ait gölge değişkenlerin eklenmesi gerektiğine yönelik değerler ortaya koymaktadır. Pesaran (2015) tarafından geliştirilen metodoloji doğrultusunda hesaplanan yatay kesit bağımlılığı testleri, yatay kesitlerin zayıf yatay kesit bağımlılığı gösterdiği boş hipotezine karşılık, yatay kesitlerin güçlü yatay kesit bağımlılığı gösterdiği alternatif hipotezini test etmektedir. Buna göre, SO₂ için tahmin edilen tüm modellerimizde güçlü yatay kesit bağımlılığının olmadığı görülmektedir.

Tablo 3. Yeşil Karmaşıklık Endeksi ve PM₁₀ Arasındaki İlişki İçin Sabit Etkiler Modeli

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
YK	-0.019 (0.018)			-0.017 (0.017)	-0.019 (0.018)	-0.017 (0.017)
KBG		-0.660* (0.280)		-0.648* (0.278)		-0.599* (0.278)
MTaşıt			0.030* (0.013)		0.030* (0.013)	0.026* (0.012)
<i>R</i> ²	0.289	0.296	0.292	0.297	0.293	0.300
<i>F</i> _{ist yıllar}	9.01	9.39	8.51	9.32	8.32	8.78
<i>F</i> _{prob yıllar}	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>F</i> _{ist pooled-FE}	11.93	11.98	12.06	11.89	12.05	11.91
<i>F</i> _{prob pooled-FE}	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>Pesaran (2015) ist.</i>	-1.09	-1.14	-1.08	-1.15	-1.10	-1.16
<i>Pesaran (2015) prob.</i>	(0.272)	(0.253)	(0.277)	(0.249)	(0.268)	(0.245)
<i>N</i>	732	732	732	732	732	732

Değişen varyans ve otokorelasyona göre düzeltilmiş standart hatalar parantez içerisinde. Sabit terim ve yıllar için gölge değişkenler raporlanmamıştır. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

PM₁₀ için de bir önceki analize benzer şekilde altı model çalıştırılmış ve sonuçlar Tablo 3’te raporlanmıştır. Tablo 2’den farklı olarak burada, motorlu kara taşıtları sayısını kontrol değişkeni olarak kullanılması uygun görülmüştür. Çünkü motorlu kara taşıtları, PM₁₀’un en önemli kaynaklarından birisi olarak gösterilmektedir. Buna göre

yine Yeşil Karmaşıklık Endeksi ve PM₁₀ arasında anlamlı bir ilişki elde edilememiştir. Beklendiği gibi motorlu kara taşıtları sayısı ve PM₁₀ arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Önceki analizden farklı olarak, kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasıla negatif işaretli ve anlamlıdır. Swart ve Brickmann da 2020 yılında Brezilya için eyaletler

bazında PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂ ve CO₂ gibi değişkenler ile ekonomik karmaşıklık arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmada, ekonomik karmaşıklık ve hava kirliliği arasında bir ilişkinin varlığına yönelik yeterli kanıt olmadığını ifade etmiştir. Tablo 3'ün altında yer alan yıllara ait gölge değişkenler ile havuzlanmış ve sabit etkiler tahminlerinin karşılaştırmasına yönelik olarak yapılan test istatistikleri, Tablo 2'ye benzer şekilde PM₁₀ değişkeni için de yıllara ait gölge değişkenlerin modele dahil edilmesi ve sabit etkiler tahmincinin tercih edilmesi gerektiğini işaret etmektedir. Ayrıca, Pesaran (2015) yatay kesit bağımlılığı testi, tahminlenen modellerde güçlü bir yatay kesit bağımlılığı olmadığını göstermektedir.

Elde ettiğimiz bulgular, Mealy ve Teytelboym (2020) tarafından yapılan ülkeler arası analizle örtüşmemektedir. Bunun temel sebebi olarak, ülkeler bazında hava kirliliği verilerinin ölçüm yöntemleri bakımından farklılıklar içermesi gösterilebilir. Buradan hareketle, Tablo 2 ve Tablo 3'te raporladığımız sonuçlar doğrultusunda yeşil ürün karmaşıklığıyla hava kirliliği arasında negatif ve doğrusal bir ilişkinin olmadığına yönelik temel hipotezimizi destekleyen bulgulara eriştiğimiz söylenebilir.

6. Sonuç

Bu çalışmada ilk olarak Yeşil Karmaşıklık Endeksi Türkiye'de iller düzeyinde hesaplanmış sonrasında da bu endeksin SO₂ ve PM₁₀ gibi iki hava kirliliği göstergeleri ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışmada, Türkiye için iller düzeyinde ilk kez Yeşil Karmaşıklık Endeksi'nin, ekonomik seçim algoritması kullanılarak hesaplanmış olması ve Yeşil Karmaşıklık Endeksi ile hava kirliliği ilişkisinin bölgesel düzeyde bir analizinin ortaya konması açısından literatüre bir katkı yapması ümit edilmektedir.

Çalışmada elde edilen bulgulara dayanarak Yeşil Karmaşıklık Endeksi ile, SO₂ ve PM₁₀ gibi lokal düzeydeki kirleticiler arasında Türkiye'de iller düzeyinde bir ilişkinin varlığına yönelik kanıt elde edilemediği söylenebilir. Tacchella vd. (2012) tarafından ifade edildiği gibi "veriler açıkça göstermektedir ki ülkeler, teknoloji düzeyleri veriyken, üretebildikleri tüm ürünleri üretme eğilimindedirler." Yeşil ürün karmaşıklığı yüksek illerin çoğunun aynı zamanda çevreci olmayan ürün karmaşıklığı yüksek iller arasında yer alması, Tacchella vd.'nin bu tespiti ile örtüşmektedir.

Buna ek olarak, yeşil ürünlerin üretim sürecinin çok çevreci olduğunun bir garantisi yoktur. Örneğin, rüzgar enerjisi elde etmek üzere üretilen rüzgar tribünlerinin üretim sürecinde, herhangi bir ürünün üretiminde olduğu gibi çevreye zararlı gazlar ve atıklar çıkmaktadır. Ayrıca, çevreci bir ürünün birden fazla kullanım amacı olabilir ve bunlardan bazıları hiç de çevreci olmayabilir. Örneğin, atık su arıtma için kullanılan santrifüj, OECD, APEC ve WTO tarafından yayımlanan çevreci ürünler listesinde yer alırken, bu santrifüjler gıda endüstrisinde çevreci olmayan amaçlarla kullanılabilir. Dolayısıyla çevreci ürün kategorisinde sınıflanan bir ürünün çevreci amaçlarla kullanılacağına bir

garantisi yoktur. Bu sebeple, yeşil ürün karmaşıklığı ve hava kirliliği arasında anlamlı bir ilişkinin varlığına yönelik yeterli dayanağımız bulunmamaktadır.

Ekonomik karmaşıklık arttıkça bilgi-yoğun endüstrilerin üretimdeki payı artarak, daha çevreci teknolojilere dayanan yeşil ürünlerin üretimi için fırsat doğurabilir. Diğer taraftan çevresel iyileşme, yeşil olmayan ürünlerin üretim hızındaki artışa da bağlıdır. Bu nedenle yeşil ürün karmaşıklığı ve çevre kirliliği arasındaki ilişki hakkında daha kesin bir kaniya varmak için bu alanda gerek ülkeler arası gerekse bölgesel düzeyde yapılan çalışmaların sayısının artması gerekmektedir.

Kaynakça

- Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S., & Tunç, G. İ. (2009). The relationship between income and environment in Turkey: is there an environmental Kuznets curve?. *Energy Policy*, 37(3), 861-867.
- Balassa, B. (1965). Trade Liberalisation and "Revealed" Comparative Advantage. *The Manchester School*, 33(2), 99-123. doi:10.1111/j.1467-9957.1965.tb00050.x
- Baltagi, B. (2005). *Econometric analysis of panel data*. John Wiley & Sons.
- Barbier, E. B. (2012). The green economy post Rio+ 20. *Science*, 338(6109), 887-888.
- Boschma, R., Minondo, A., & Navarro, M. (2012). Related variety and regional growth in Spain. *Papers in Regional Science*, 91(2), 241-256.
- Breusch, T., & Pagan, A. (1980). The Lagrange multiplier test and its application to model specification in econometrics. *Review of Economic Studies*, 47, 239-253.
- Can, M., & Gözgör, G. (2017). The impact of economic complexity on carbon emissions: evidence from France. *Environ Sci Pollut Res Int*, 24(19), 16364-16370. doi:10.1007/s11356-017-9219-7
- Carson, R. T. (2010). The environmental Kuznets curve: seeking empirical regularity and theoretical structure. *Review of environmental Economics and Policy*, 4(1), 3-23.
- Churchill, S. A., Inekwe, J., Ivanovski, K., & Smyth, R. (2020). The environmental Kuznets curve across Australian states and territories. *Energy Economics*, 90, 104869.
- Cristelli, M., Gabrielli, A., Tacchella, A., Caldarelli, G., & Pietronero, L. (2013). Measuring the Intangibles: A Metrics for the Economic Complexity of Countries and Products. *PLoS ONE*, 8(8), 1-20.
- Çatık, A. N., Karaçuka, M., & Kışla, G. H. (2016). Air pollution and income relationship in Turkish provinces: A spatial approach. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(1), 127-146.

- Çınar, İ. T., Korkmaz, İ., & Baycan, T., (2021). Ekonomik Karmaşıklık ve Ekonomik Seçim Üzerine Türkiye'de Bölgesel Düzeyde Bir Değerlendirme, İçinde: M. Tahsin Şahin ve Fatih Altuğ (Ed.), *Yerel ve Bölgesel Kalkınmada Değişen Dinamikler - Teori, Politikalar ve Uygulamalar*. Nobel Yayınevi.
- De Groot, H. L., Withagen, C. A., & Minliang, Z. (2004). Dynamics of China's regional development and pollution: an investigation into the Environmental Kuznets Curve. *Environment and Development Economics*, 507-537.
- De Hoyos, R. E., & Sarafidis, V. (2006). Testing for cross-sectional dependence in panel-data models. *The Stata journal*, 6(4), 482-496.
- Dijkgraaf, E., & Vollebergh, H. R. (2001). *A note on testing for environmental Kuznets curves with panel data* (No. 63.2001). Nota di Lavoro.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431-455.
- Doğan, B., Saboori, B., & Can, M. (2019). Does economic complexity matter for environmental degradation? An empirical analysis for different stages of development. *Environ Sci Pollut Res Int*, 26(31), 31900-31912. doi:10.1007/s11356-019-06333-1
- Eurostat (2020). *RAMON - Reference and Management of Nomenclatures: Index of Correspondence Tables: HS 2007-SITC rev 3*. (Accessed on 15.01.2020) [https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/relations/index.cfm?](https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/rerelations/index.cfm?)
- Frees, E. W. (1995). Assessing cross-sectional correlation in panel data. *Journal of Econometrics*, 69, 393-414.
- Friedman, M. (1937). The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association*, 32, 675-701.
- Gao, J., & Zhou, T. (2018). Quantifying China's regional economic complexity. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 492, 1591-1603.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement (0898-2937). https://www.nber.org/system/files/working_papers/w3914/w3914.pdf
- Güçlü, M. (2016). The environmental Kuznets curve for Turkish Nuts-3 regions: a spatial econometric analysis. *Inclusive and Sustainable Development and the Role of Social and Solidarity Economy*, 67.
- Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., & Simoes, A. (2014). *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. Mit Press.
- Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The Building Blocks of Economic Complexity. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106(26), 10570-10575.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1-28.
- Lapatinas, A., Garas, A., Boleti, E., & Kyriakou, A. (2019). *Economic complexity and environmental performance: Evidence from a world sample*. MPRA Paper No. 92833.
- List, J. A., & Gallet, C. A. (1999). The environmental Kuznets curve: does one size fit all?. *Ecological Economics*, 31(3), 409-423.
- Mealy, P., & Teytelboym, A. (2020). Economic complexity and the green economy. *Research Policy*, 103948.
- Morrison, G., Buldyrev, S. V., Imbruno, M., Doria Arrieta, O. A., Rungi, A., Riccaboni, M., & Pammolli, F. (2017). On Economic Complexity and the Fitness of Nations. *Scientific Reports*, 7(1), 15332.
- Neagu, O. (2019). The Link between Economic Complexity and Carbon Emissions in the European Union Countries: A Model Based on the Environmental Kuznets Curve (EKC) Approach. *Sustainability*, 11(17). doi:10.3390/su11174753
- Neagu, O., & Teodoru, M. (2019). The Relationship between Economic Complexity, Energy Consumption Structure and Greenhouse Gas Emission: Heterogeneous Panel Evidence from the EU Countries. *Sustainability*, 11(2). doi:10.3390/su11020497
- Operti, F. G., Pugliese, E., Jr.Andrade, J. S., Pietronero, L., & Gabrielli, A. (2018). Dynamics in the Fitness-Income plane: Brazilian states vs World countries. *PLoS ONE*, 13(6), 1-20.
- Panayotou, T. (1993). *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. ILO Working Papers 992927783402676, International Labour Organization.
- Pata, U. K. (2021). Renewable and non-renewable energy consumption, economic complexity, CO2 emissions, and ecological footprint in the USA: testing the EKC hypothesis with a structural break. *Environ Sci Pollut Res Int*, 28(1), 846-861. doi:10.1007/s11356-020-10446-3
- Pérez-Hernández, C. C., Salazar-Hernández, B. C., Mendoza-Moheno, J., Cruz-Coria, E., & Hernández-Calzada, M. A. (2021). Mapping the Green Product-Space in Mexico: From Capabilities to Green Opportunities. *Sustainability*, 13(2), 945.
- Pesaran, M. H. (2015). Testing weak cross-sectional dependence in large panels. *Econometric Reviews*, 34, 1089-1117.
- Servedio, V. D., Buttà, P., Mazzilli, D., Tacchella, A., & Pietronero, L. (2018). A new and stable estimation

- method of country economic fitness and product complexity. *Entropy*, 20(10), 783.
- Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic growth and environmental quality: time series and cross section evidence*. Policy research working paper N° WPS904, World Bank.
- Sınır Ticaretinin Düzenlenmesine İlişkin Karar (2009, 16, Mayıs). Resmi Gazete (Sayı: 27230). (Erişim Tarihi: 05.12.2020.), <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/05/20090516-8.htm>
- Steenblik, R. (2005). *Environmental Goods: A Comparison of the APEC and OECD Lists*. (OECD Trade and Environment Working Paper No. 2005-04).
- Stern, D. I., Common, M. S., & Barbier, E. B. (1994). Economic growth and environmental degradation: a critique of the environmental Kuznets curve (No. 2049-2017-5030).
- Swart, J., & Brinkmann, L. (2020). Economic complexity and the environment: Evidence from Brazil. In *Universities and Sustainable Communities: Meeting the Goals of the Agenda 2030* (pp. 3-45). Springer, Cham.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2021). 5.3 Hava Kalitesinde PM₁₀ ve SO₂ Ortalamaları. (Erişim Tarihi: 12.01.2021), <http://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/hava-kalitesinde-pm10-ve-so2-ortalamalari-i-85734>
- Tacchella, A., Cristelli, M., Caldarelli, G., Gabrielli, A., & Pietronero, L. (2012). A new metrics for countries' fitness and products' complexity. *Scientific reports*, 2, 723.
- Tacchella, A., Cristelli, M., Caldarelli, G., Gabrielli, A., & Pietronero, L. (2013). Economic complexity: Conceptual grounding of a new metrics for global competitiveness. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(8), 1683-1691.
- Tuncer, I., Lopcu, K., Coşkun, N., & Arıcıoğlu, E. (2017). Türkiye bölgelerinde yapısal değişim: kümeleme ve ekonomik karmaşıklık analizleri bağlamında öneriler. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 9(2), 59-74.
- Tuzcu, S. E., & Usupbeyli, A. (2018). Çevresel Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Gece Işıkları ile Mekansal bir Modelleme. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 141-164.
- TÜİK (2020). Bölgesel İstatistikler. (Erişim Tarihi: 20.10.2020), <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/degiskenlerUzerindenSorgula.do#>
- Yilanci, V., & Pata, U. K. (2020). Investigating the EKC hypothesis for China: the role of economic complexity on ecological footprint. *Environ Sci Pollut Res Int*, 27(26), 32683-32694. doi:10.1007/s11356-020-09434-4

Ekler

Ek 1: İllerin Yeşil Karmaşıklık Endeksi Değerleri (2007, 2017 ve 2007-2017 ortalamaları)

İller	Yeşil Karmaşıklık Endeksi (2007)	İller	Yeşil Karmaşıklık Endeksi (2017)	İller	Yeşil Karmaşıklık Endeksi (2007-2017 Ortalama)
Ankara	533,83	Ankara	443,18	Ankara	459,96
Istanbul	438,26	Istanbul	404,12	Istanbul	420,64
Izmir	293,42	Izmir	337,70	Izmir	274,13
Konya	256,86	Konya	326,87	Konya	270,91
Agri	191,69	Kocaeli	300,32	Agri	236,55
Samsun	177,31	Eskisehir	261,65	Kocaeli	200,77
Eskisehir	152,16	Agri	232,25	Samsun	172,31
Kocaeli	145,86	Tekirdag	216,71	Eskisehir	152,55
Artvin	134,64	Igdir	211,22	Bursa	151,61
Kayseri	133,06	Bursa	190,44	Duzce	148,54
Manisa	131,51	Duzce	180,83	Van	147,82
Duzce	121,85	Samsun	170,87	Tekirdag	147,59
Bursa	117,10	Antalya	165,30	Adana	144,58
Corum	105,67	Manisa	154,38	Igdir	133,97
Adana	104,30	Adana	145,35	Artvin	128,33
Erzurum	99,20	Aydin	125,18	Kayseri	121,07
Osmaniye	97,71	Van	117,60	Antalya	120,16
Hakkari	94,64	Kayseri	116,21	Manisa	119,96
Mardin	90,72	Corum	114,29	Corum	112,02
Sanliurfa	85,92	Artvin	108,18	Erzurum	96,91
Igdir	85,15	Edirne	106,12	Aydin	90,51
Bolu	83,34	Mersin	102,05	Mersin	89,05
Mersin	82,73	Sanliurfa	100,29	Hakkari	82,51
Tekirdag	78,80	Gaziantep	93,09	Kirikkale	78,62
Yalova	77,94	Kirikkale	78,79	Sakarya	73,09

Karabuk	77,37	Isparta	77,13	Mardin	72,74
Hatay	76,07	Aksaray	76,77	Sanliurfa	70,15
Diyarbakir	74,34	Rize	65,02	Diyarbakir	68,15
Kirklareli	69,20	Balikesir	63,39	Yozgat	67,25
Nigde	68,42	Kilis	61,78	Gaziantep	66,13
Sivas	66,77	Kutahya	61,67	Rize	63,05
Sakarya	61,48	Tunceli	59,98	Aksaray	62,42
Amasya	60,59	Erzurum	59,01	Yalova	61,62
Van	57,98	Batman	55,09	Hatay	59,82
Sirnak	52,41	Zonguldak	54,21	Batman	59,22
Aksaray	52,21	Amasya	53,48	Balikesir	59,10
Erzincan	52,07	Hatay	53,09	Edirne	50,52
Aydin	52,05	Sakarya	50,51	Kilis	46,72
Zonguldak	51,47	Diyarbakir	50,51	Kastamonu	46,62
Balikesir	47,07	Sirnak	47,27	Isparta	45,30
Gaziantep	45,31	Bilecik	41,56	Sivas	43,01
Antalya	43,83	Bingol	39,70	Siirt	42,69
Kirikkale	42,79	Canakkale	38,70	Osmaniye	41,97
Rize	41,77	Sivas	38,19	Amasya	41,22
Bingol	40,82	Kastamonu	37,59	Nevesehir	41,12
Malatya	38,68	Karaman	36,83	Malatya	40,87
Kilis	37,70	Nigde	36,55	Zonguldak	40,84
Bilecik	36,13	Nevesehir	35,53	Bilecik	40,20
Nevesehir	33,36	Karabuk	34,94	Karabuk	37,77
Yozgat	32,00	Osmaniye	34,30	Sirnak	35,88
Kirsehir	30,22	Yozgat	33,62	Bolu	34,69
Denizli	28,01	Cankiri	33,42	Bitlis	33,92
Batman	27,47	Siirt	32,92	Canakkale	33,14
Karaman	25,04	Malatya	32,32	Kirsehir	31,46
Kahramanmaras	24,53	Tokat	31,93	Nigde	29,83
Afyonkarahisar	23,96	Kirsehir	31,57	Karaman	29,62
Edirne	20,08	Bolu	30,57	Kutahya	28,60
Canakkale	19,61	Adiyaman	27,75	Kahramanmaras	27,74
Cankiri	19,42	Mardin	27,67	Usak	27,61
Bartın	18,26	Denizli	27,35	Bartın	27,44
Kastamonu	18,25	Yalova	27,02	Cankiri	26,60
Isparta	17,48	Sinop	26,09	Afyonkarahisar	26,55
Elazig	16,79	Kahramanmaras	25,59	Bingol	26,09
Trabzon	15,90	Bartın	24,06	Kirklareli	24,61
Tokat	15,70	Usak	23,80	Elazig	24,20
Bayburt	14,43	Erzincan	23,42	Erzincan	21,66
Kutahya	14,12	Afyonkarahisar	23,04	Giresun	21,48
Burdur	13,63	Kirklareli	21,62	Adiyaman	20,15
Adiyaman	11,59	Giresun	20,27	Sinop	19,30
Bitlis	11,19	Bitlis	18,03	Trabzon	18,23
Giresun	9,58	Ardahan	16,59	Mugla	17,80
Mugla	8,37	Hakkari	16,42	Ordu	17,46
Mus	8,20	Elazig	14,49	Denizli	16,86
Ordu	8,11	Ordu	12,67	Tokat	14,14
Siirt	5,64	Trabzon	10,01	Burdur	11,50
Sinop	3,27	Burdur	9,07	Ardahan	9,87
Tunceli	1,28	Mugla	7,37	Bayburt	8,99
Gumushane	0,00	Kars	2,95	Kars	8,89
Kars	0,00	Gumushane	0,00	Tunceli	7,98
Usak	0,00	Mus	0,00	Mus	4,80
Ardahan	0,00	Bayburt	0,00	Gumushane	0,00

Extended Summary

Purpose

This study aims to explore the relationship between provincial green product complexity and two air pollution indicators such as Sulfur Dioxide (SO₂) and particulate matter (PM₁₀) in Turkey for the 2007-2017 period.

Literature Review

Perhaps the most important challenge faced by today's economies is to achieve economic growth by reducing the environmental pollution. Green economy, green growth, and green products concepts that emerged in this context have recently come to the fore as a popular research area. Mealy and Teytelboym (2020) developed the concept of green product complexity to determine the ability of countries to produce green products competitively. Mealy and Teytelboym (2020) calculated the green product complexity index for 122 countries using both Hidalgo-Hausmann's (2009) economic complexity method and Tacchella et al.'s (2012) economic fitness method. As a result, they found that as the green product complexity of the countries increased, their carbon dioxide emissions decreased and they turned to more stringent environmental policies. However, many studies state that the findings obtained from cross-country studies are questioned because the methods used by countries to measure air pollution emissions are different from each other (Stern et al. 1996; List and Gallet, 1999; Dijkgraaf and Vollebergh, 2001; De Groot et al. 2004; Carson, 2010; Churchill et al. 2020). The only study that calculates the green complexity index at the regional level to eliminate this disadvantage of studies using cross-country data belongs to Perez-Hernandez et al. (2021). In the aforementioned study, the Hidalgo-Hausmann (2009) methodology was adhered to, but the relationship between the green complexity index and environmental variables was not emphasized at all.

Our study is expected to contribute to the literature in two ways. First, the study analyzes green product complexity at the regional level in the international literature by Tacchella et al. (2012). Thus, the fact that the analyzed sample consists of the provinces of a country makes the air pollution data more homogeneous. Therefore, it can be said that the problems that may arise from data reliability and measurement differences between countries are minimized. The second contribution is related to literature in Turkish. When the studies on Turkey are examined, no study has been found that examines the ability of regions to produce green products and their effects on the environment. With this study, the ability to produce green products will be determined at the regional level for the first time with the Green Complexity Index calculated at the provincial level.

Design/methodology/approach

The theoretical background of green product complexity is based on the application of the economic complexity approach introduced by Hidalgo and Hausmann (2009) to

green product lists published by OECD, WTO, and APEC. However, the economic complexity methodology has received various criticisms for its linear approach (Tacchella et al., 2012; Tacchella et al., 2013; Cristelli et al., 2013). Tacchella et al. (2012) developed the economic fitness algorithm based on a nonlinear fixed-point iteration as an alternative to the economic complexity approach.

In this study, using annual provincial export data for the 2007-2017 period and green product lists published by OECD, WTO, and APEC, we calculated the green product complexity of 81 provinces for Turkey by using the economic fitness algorithm based on the fixed-point iteration. Then, the relationship between provincial-level green product complexity index and air pollution measures such as SO₂ and PM₁₀ is estimated using the Fixed Effects estimator.

Findings

Based on the findings obtained in the study, it can be said that there is no evidence of a relationship between the Green Complexity Index and air pollutants such as SO₂ and PM₁₀ at the provincial level in Turkey. The reason for this might be that there is no guarantee that the production process of green products is very environmentally friendly. Also, a green product may have multiple uses, some of which may not be green at all. Therefore, there is no guarantee that a product classified in the environmental product category will be used for environmental purposes. Thus, we do not have sufficient grounds for the existence of a meaningful relationship between green product complexity and air pollution.