

Araştırma Makalesi

Dijital Ekonomik Gelişmenin Tarım Sektörü Karbon Emisyon Yoğunluğu Üzerindeki Etkileri: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Panel Veri Analizi

Effects of Digital Economic Development on Agricultural Sector Carbon Emission Intensity: Panel Data Analysis in Developed and Developing Countries

Ömer Tanju DURUSOY

Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

İktisadi İdari Bilimler Fakültesi

omer.durusoy@hbv.edu.tr

<https://orcid.org/0009-0009-1299-5600>

Makale Geliş Tarihi	Makale Kabul Tarihi
17.08.2024	06.09.2024

Öz

Dijital ekonomi, tarımsal kalkınmayı hızlandırmak ve bunu yaparken CO₂ emisyonlarını azaltmak için benzersiz bir potansiyeli bünyesinde barındırmaktadır. Ancak bu argümanın doğruluğunun test edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu makalede dijital ekonomideki gelişmelerin tarımsal karbon emisyonlarını azaltıp azaltmadığını araştırmak için, STIRPAT¹ modeli yaklaşımından esinlenerek geliştirilmiş ve hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeleri ayrı ayrı ele alan panel veri analizi gerçekleştirilmiştir. Araştırma dönemi 2002-2022 yılları arasını kapsamaktadır. Dünya Bankasının Databank filtresi esas alınarak yüksek gelir grubu ve üst-orta gelir grubu ülkeler içerisinde 8'er ülke araştırmaya dahil edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre hem gelişmiş ülkelerde hem de gelişmekte olan ülkelerde dijital ekonomideki gelişmeler tarım sektöründe CO₂ emisyonlarını azaltmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal karbon emisyonları, Dijital ekonomi, Ekonomik karmaşıklık endeksi, Çevre, Panel Veri Analizi

Abstract

The digital economy holds unique potential to accelerate agricultural development and reduce CO₂ emissions in doing so. However, the accuracy of this argument needs to be tested. Therefore in this article, to investigate whether developments in the digital economy reduce agricultural carbon emissions, a panel data analysis was carried out, inspired by the STIRPAT model approach, which considers developed and developing countries separately. The research period covers the years 2002-2022. Based on the World Bank's Databank filter, 8 countries each from the high income group and upper-middle income group countries were included in the research. According to the research results, developments in the digital economy reduce CO₂ emissions in the agricultural sector in both developed and developing countries.

Keywords: Agricultural carbon emissions , Digital economy, Economic complexity index, Environment, Panel Data Analysis

¹ The STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression Population, Affluence and Technology) model.

Önerilen Atıf/Suggested Citation

Durusoy, Ö. T., 2024, Dijital Ekonomik Gelişmenin Tarım Sektörü Karbon Emisyon Yoğunluğu Üzerindeki Etkileri: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Panel Veri Analizi, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 59(3), 1738-1752.

1. Giriş

Dünya Ticaret Örgütü 2014 yılı raporunda gelişmekte olan ülkelerin çoğunda tarım sektörünün kalkınmanın itici gücü olarak göstermiştir. Zaman içerisinde tarımsal ürünlere talebin giderek artması bu yargıyı doğrulamaktadır. Tarımsal üretime talebin artması ve gelişmekte olan ülkelerde buna bağlı olarak tarımsal faaliyetlerin hızlanması beraberinde enerji talebini de artırmaktadır. Dolayısıyla daha çok enerji daha çok sera gazı emisyonları anlamına gelmektedir. Bu da süreç içerisinde tarımsal faaliyetleri küresel ısınmanın önemli sebeplerinden biri yapmaktadır.

Tarım, önemli bir çevresel etkiye sahip olan karbon emisyonlarının² önemli bir kaynağıdır. Dijital ekonomi, yenilikçi dijital çözümler aracılığıyla bu emisyonların azaltılmasında önemli bir rol üstlenebilmektedir. Bütün Dünya ülkeleri tarımsal karbon emisyonlarını (ACE) azaltma konusunda önemli bir baskıyla karşı karşıya kalmaktadırlar. Küresel boyutta iktisadi kalkınmanın hızlanması ve sürdürülebilirliği bağlamında dijital ekonomideki gelişmelerin yeni bir ivme kazandırdığı düşünülmektedir. Aynı zamanda karbon azaltma hedeflerine ulaşmada da önemli bir rol oynayacağı tahmin edilmektedir.

Avrupa Komisyonu (2023) raporuna göre, Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan, AB27, Rusya ve Brezilya, 2022 yılında dünyanın en büyük altı sera gazı salımı yapan ülkeleri olmuşlardır. Bunlar birlikte küresel nüfusun %50,1'ini, küresel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'nın (GSYİH) %61,2'sini, küresel fosil yakıtların %63,4'ünü, yakıt tüketimi ve küresel sera gazı emisyonlarının %61,6'sını oluşturmaktadırlar. 2021 yılına göre 2022 yılında Çin, ABD ve Hindistan'ın emisyonlarının arttığı görülmektedir. Göreceli olarak en büyük artış Hindistan'da (%5) gerçekleşmiştir. Tam tersine, en çok emisyon salan diğer üç ülkenin 2022'de emisyonlarını azalttığı görülmektedir. Bu ülkeler içinde en büyük düşüş Rusya'da gerçekleşmiştir (%-2,4). Yine aynı rapora göre 2022'de küresel sera gazı emisyonları esas olarak fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan CO2'den (%71,6) oluşmaktadır. CH4 (Metan) toplamın %21'ini oluştururken, emisyonların geri kalan payı N2O (Nitrus) (%4,8) ve F (Florlu) gazlarından (%2,6) oluşmaktadır.

Bir çok araştırmaya göre tarımsal üretim, çevresel bozulmayı önemli ölçüde etkilemekte ve CO2 emisyonlarına katkıda bulunmaktadır. Yakma, biokütle yakma ve ormansızlaştırma yoluyla çevresel bozulmayı tetikleyecek üretim faaliyetlerinden dolayı tarımsal girdilerin olumsuz dışsallıkları göz ardı edilemez (Khan, 2020). Küresel olarak 70 milyardan fazla canlı hayvan yetiştirildiğinden, tarım sektöründeki hayvancılık üretimi çevresel bozulmanın nedenlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Hayvancılık faaliyetlerinden ortaya çıkan metan emisyonları son 20 yılda CO2 emisyonlarının %40'ına karşılık gelmektedir. (Bakare vd. 2020; Khan 2020).

2023 FAO Raporu'na göre, 2015 yılında, hayvancılık tarımsal gıda sistemleri, yılda yaklaşık 6,2 milyar ton CO2 eşdeğeri emisyonu (GtCO2eq) neden olmaktadır. Bu miktar FAO tarafından yaklaşık 16 GtCO2eq olarak tahmin edilen, tüm insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının yaklaşık %12'sini ve tarımsal gıda sistemlerinden kaynaklanan toplam emisyonların yaklaşık %40'nı oluşturmaktadır. Tarımsal ürünlere artan talebin karşılanması için küresel hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonların 2050 yılına kadar yaklaşık 9,1 GtCO2eq'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Bilindiği üzere Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin kökenleri Grossman ve Krueger'e (1991) dayanmaktadır. Ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasında doğrusal olmayan, ters U şeklinde bir ilişki olduğunu varsayar. Bu görüş, ekonomik büyüme süreçlerinde ortaya çıkan çevresel bozucu unsurların belirli bir gelir eşiğinden sonra etkisinin hafifleyeceği senaryosuna dayanmaktadır. Dolayısıyla bu görüş belirli bir eşiğin üzerindeki gelir artışlarının çevre kalitesini artıracığı fikrini içermektedir. Bu eşikte, ekonomik büyümenin ölçek etkisi teknik etkilerle dengelenmektedir. Bu dengeleyici etki, "kirli" üretim yöntemlerinden "temiz" üretim yöntemlerine geçişten kaynaklanmaktadır (Bouvier, 2004). Bu çerçevede beklentimiz dijital ekonominin daha ileri düzeyde olduğu gelişmiş ekonomilerde, dijital gelişmenin tarımsal sera gazı emisyonlarını gelişmiş ülkelere kıyasla daha fazla azaltacağı yönündedir.

² Dünyadaki sera gazları ısıyı atmosferde hapsedir ve gezegeni ısıtır. Sera etkisinden sorumlu olan ana gazlar arasında karbondioksit, metan, nitröz oksit ve su buharı bulunur. Bu doğal bileşiklerin yanı sıra sentetik florlu gazlar da sera gazı işlevi görmektedir.

Dijital ekonomideki gelişmeler tarımsal üretimde büyük veri analizi teknolojisinin yaygınlaşmasıyla, büyük ölçekli ve standartlaştırılmış tarımsal üretimin gerçekleştirilmesini sağlayabilir. Diğer taraftan bilimsel yöntemlerle ürün yetiştirilmesi dijital teknolojilerle gerçekleştirilebilir. Benzer şekilde dijital teknolojilerin gelişmesi yetersiz ve asimetrik bilgiden kaynaklanan kaynak israfının da önüne geçecektir. Ayrıca uzaktan algılama uyduları gibi modern bilgi işlem teknolojileri sayesinde tarımsal üretim ile ilgili gerçek zamanlı veri toplanması, izlenmesi ve analizi gerçekleştirilebilir (Narin, 2024, s. 32-33). Ekolojik çevredeki değişiklikleri kavramak, karbon emisyonlarını (CE) doğru bir şekilde ölçmek ve bunları zamanında takip etmek, böylece etkili yönetimi ve yeşil kalkınmayı teşvik etmek mümkün olacaktır. Dijital teknoloji ayrıca kırsal e-ticaret ve canlı yayın gibi yeni satış modelleri oluşturarak tarım ürünlerini pazarlama yöntemlerini de zenginleştirebilir. Kırsal bölgelerde internetin yaygınlaşması, çiftçileri çevrimiçi tüketim siber uzayına bağlayacaktır. "Noktadan noktaya" işlemler gerçekleştirilebilecek ve geleneksel tarımsal satış modellerindeki bilgi asimetrisi ve yüksek işlem maliyetlerinden kaynaklanan kaynak israfını engelleyecek ve tarımsal karbon emisyonlarını azaltacaktır (Hongsheng vd., 2024).

2. Literatür

Appiah vd. (2018), yaptıkları panel veri analizinde gelişmekte olan ekonomilerde tarım üretimi ile karbondioksit emisyonları arasındaki nedensel ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma da tarımsal üretim, bitkisel üretim endeksi ve hayvancılık üretim endeksi olarak iki ayrı başlık altında incelenmiştir. Buna göre, ekonomik büyümede, bitkisel üretim endeksinde ve hayvancılık üretim endeksinde ortaya çıkacak %1'lik artışların, karbondioksit emisyonunda sırasıyla %17, %28 ve %28 oranında orantılı bir artışa neden olacağı ortaya konulmuştur. Diğer taraftan enerji tüketiminde ve nüfusta %1'lik bir artışın bu ülkelerde çevresel iyileşmeye neden olacağı gösterilmiştir.

Waheed vd. (2018)'nin Pakistan için yaptıkları 1990-2014 yıllarını kapsayan zaman serisi analizlerinde ise yenilenebilir enerji tüketiminin ve ormansızlaşmanın karbondioksit (CO₂) emisyonları üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Sonuç olarak uzun vadede yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerinde olumlu etkileri olduğunu gösterilmektedir. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kullanımı ve orman alanlarının artırılmasıyla CO₂ emisyonunun azaltılabileceğini ileri sürmektedirler. Buna karşılık, tarımsal üretim uzun vadede CO₂ emisyonunu artırmaktadır. Bu da tarım üretiminin Pakistan'da da önemli bir karbon kaynağı olduğu anlamına gelmektedir.

Doğan (2018) tarafından yapılan çalışmada ise Çin'deki tarımsal üretim ile karbondioksit (CO₂) emisyonları arasındaki uzun vadeli ilişki, 1971-2010 yıllarını kapsayan yıllık verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma, tarım ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi tahmin ederken, Çevresel Kuznet Eğrileri (EKC) hipotezine uygun olarak gerçek gelir ve enerji tüketimini de değişken olarak modele dahil etmiştir. CO₂ emisyonları ile tarım arasında uzun vadeli bir ilişkinin varlığını belirlemek amacıyla eş bütünleşme için sınır testi yaklaşımı ve otoregresif dağıtılmış gecikme (ARDL) yöntemleri kullanılmaktadır. Sonuçlar, değişkenler arasındaki eşbütünleşmeyi ve Çin için ters U şeklinde tarımın neden olduğu EKC eğrisinin varlığını doğrulamaktadır. Tarım ülkenin uzun vadeli CO₂ emisyonlarını artırmaktadır.

Ridzuan vd. (2020)'nin Malezya için yaptıkları 1978-2016 dönemini kapsayan zaman serisi analizlerinde CO₂ emisyonları ile ekonomik kalkınma arasındaki ilişkinin ters bir U biçiminde olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu bulgu uzun vadede belirli bir büyüme seviyesine ulaşıldığında ekonomik kalkınmaya bağlı olarak CO₂ emisyonlarının sonunda azaldığını göstermektedir. Bu bulgular EKC hipotezinin Malezya için tutarlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Nwaka vd. (2020) Batı Afrika Ülkelerini kapsayan panel kantil regresyon analizlerinde CO₂ emisyonlarındaki artışların belirleyicilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada, tarımsal ve ekonomik faktörler arasındaki ilişkinin düşük, orta ve yüksek CO₂ yayıcılar arasında farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, tarımsal üretimin likit enerji kaynaklarından kaynaklanan CO₂ emisyonlarını engellediği, ancak toplam emisyonları artırdığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Khan (2020), yaptığı çalışmada, 22 ülkedeki çevresel bozulmayı CO₂ emisyonlarının kaynağına göre panel regresyon yöntemiyle analiz etmiştir. Tarım ve ekonomik faktörler arasındaki bağlantı ile gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler arasındaki CO₂ salımı farkının boyutu incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, toplam emisyonlar içerisinde tarımın payı %19,12 olarak tahmin edilmiştir.

Alavijeh vd. (2023), 15 gelişmekte olan ülkede tarımsal üretimin CO2 emisyonları üzerindeki etkisini panel kantil regresyon kullanarak araştırmışlardır. Sonuçlar, tarımsal katma değerin 0.3, 0.4 ve 0.5 dilimleri dışındaki tüm dilimlerde pozitif ve anlamlı olduğunu, daha büyük dilimlerde ise daha da arttığını göstermiştir.

Dijital ekonominin gelişmesinin tarım ve tarımsal karbon emisyonları üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların çoğu Çin üzerine yapılmış çalışmalardır. Bu çalışmalardan birisi olan Liu vd. (2023) tarafından yapılan Çin’de dijital ekonominin gelişiminin karbon emisyonları üzerindeki etkileri panel veri analizi ile inceleyen çalışmadır. Bu çalışmada da dijital ekonominin gelişiminin şehirlerin karbon emisyonlarını önemli ölçüde azalttığı yönünde bulgular ortaya konulmuştur. Diğer bir çalışmada ise Zijun vd. (2024) tarafından yapılan Çin için kırsal dijital ekonominin büyümesi ile tarımsal karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmadır. Yaptıkları panel veri analizi sonuçlarına göre dijital ekonominin genişlemesi tarımsal karbon emisyonlarını azaltmaktadır. Bu bulgulara dayanarak, bu çalışma dijital altyapıyı iyileştirmek, dijital ekonomide dengeli bölgesel kalkınmayı teşvik etmek ve tarım bilimi ve teknolojisinin yönetimini optimize etmek için politika önerileri sunmaktadır. Bu öneriler, tarımı dönüştürmeyi ve tarımsal karbon emisyonlarını azaltmayı, böylece daha geniş çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Yang vd. (2024) ise ekolojik tarım teknolojilerinin ve dijital ekonomiye katılımın çiftçilerce benimsemesini içeren bir araştırma yapmışlardır. Bu makale çiftçilerin dijital ekonomiye katılımını dijital üretim, dijital satış ve dijital finans açısından analiz etmektedir. Sonuçlar, dijital ekonomiye katılımın çiftçilerin ekolojik tarım teknolojilerinin benimsemesini önemli ölçüde desteklediğini göstermektedir. Dijital ekonomiye, özellikle de dijital satışlara ve dijital finansa katılımın, tarım makineleri hizmetlerine olan talebi artırarak, bilginin kullanılabilirliğini iyileştirerek ve gıda güvenliği bilincini geliştirerek çiftçilerin ekolojik tarım teknolojilerini benimsemesini destekleyebileceğini göstermektedir.

Görüleceği üzere literatürde tarımsal üretimdeki artışların sera gazı salınımlarını artırdığı ortaya konulmaktadır. Diğer taraftan dijital ekonomideki gelişmelerin ise tarımsal sera gazı emisyonlarını azalttığı ortaya konulmaktadır. Biz de bu çalışmamızda literatürde ortaya konulan bulguların geçerliliğini kendi örneklem kümemizde sınamasını yapacağız. Diğer taraftan bu çalışmada, literatür taramamızda karşımıza çıkmayan, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler bağlamında bir karşılaştırma da yapılamaya çalışılacaktır.

3. Araştırmanın Kapsamı, Yöntemi ve Veriler

Bu makale dünya genelinde dijital ekonominin gelişmesi ile tarımsal karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamaktadır. Bu çerçevede gelişmiş ülkeleri temsil eden 8 ülkeden oluşan bir örneklem kümesi belirlenmiştir.³ Gelişmekte olan ülkeleri temsil eden örneklem kümesinde de 8 ülke yer almaktadır⁴. Ülkeler seçilirken Dünya Bankasının Databank filitresi kullanılmış ve burada yer alan yüksek gelir grubu ve üst-orta gelir grubu ülkeler içerisinde bulunan ülkeler seçilmiştir. Bu kümelerde ABD ve Çin’e özellikle yer verilmemiştir. Bu iki ülkenin büyüklüklerinin örneklem kümesini bozacağı düşünülmektedir. Araştırma dönemi 2002-2022 yılları arasını kapsamaktadır. Bu dönem için her iki örneklem kümesi için panel veri seti kullanılmaktadır. Panel veri seti içerisinde bağımlı değişkenimiz tarım sektörü CO2 emisyonlarındaki oransal değişim serileridir. Her bir ülke için doğrudan tarımsal CO2 emisyonları verilerine ulaşılamamıştır. Dolayısıyla her bir ülke için tarımsal CO2 emisyonlarına ilişkin bir endeks Dünya Bankası verilerinden türetilmiştir.

Çalışmamızda bağımlı değişken olarak kullandığımız tarımsal CO2 emisyonlarının bir göstergesi olarak Tarımsal Karbon Emisyonları Yoğunluğu Endeksi şöyle hesaplanmaktadır (Yan vd., 2023; Wang ve Mei, 2024):

$$CE = \frac{EM}{agGDP}$$

³ Gelişmiş ülkeler örneklem kümesi; Avustralya (Australia), Kanada (Canada), Almanya (Germany), İtalya (Italy), Japonya (Japan), Hollanda (Netherlands), İspanya (Spain), Birleşik Krallık (United Kingdom).

⁴ Gelişmekte olan ülkeler örneklem kümesi; Brezilya (Brazil), Meksika (Mexico), Paraguay (Paraguay), Polonya (Poland), Rusya (Russia), Türkiye, Uruguay, Arjantin (Argentina).

Burada EM tarımsal karbon emisyonlarının toplam karbon emisyonları içindeki payının değişim oranıdır. agGDP değişkeni ise Dünya Banka'sının Databank'ı içerisinde yer alan "World Development Indicators" sekmesinde bulunan seriler içerisindeki "tarımsal faaliyetler katma değerinin GDP'ye oranıdır (Agriculture, forestry and fishing value added (% of GDP))".

Dünya Bankası verilerinde doğrudan tarımsal CO2 emisyonları verilmemektedir. Bunun yerine ülkeler bazında tarımsal faaliyetler sonucunda ortaya çıkan metan (methane)⁵ ve nitroz oksit (nitrous oxide)⁶ oranları CO2 cinsinden (bin metrik ton CO2'e eşit olarak) verilmektedir. Diğer taraftan ülkelerin toplam (bütün sektörleri kapsayan) CO2 emisyonları 'kt' cinsinden verilmektedir. Her bir ülkenin metan ve nitroz oksit verileri toplanarak o ülkenin tarımsal faaliyetler CO2 emisyon oranları hesaplanmıştır. Hesaplanan tarımsal CO2 emisyonları ülkelerin toplam CO2 emisyonlarına bölünerek her bir ülkenin tarımsal CO2 emisyonlarının toplam CO2 emisyonları içindeki payları hesaplanmıştır.

Hesaplanan bu paylar ülkelerin tarımsal katma değer büyüme oranlarına bölünerek her bir ülkenin artan bir birim tarımsal katma değer başına ortaya çıkan CO2 emisyon oranları hesaplanmıştır. Aynı zamanda literatürde sunulan "Tarımsal Karbon Yoğunluğu Endeksi" hesaplaması, bu çalışmamızda biraz değiştirilerek oransal değişimler cinsinden elde edilmektedir.

GDP verileri olarak, Dünya Banka'sının Databank'ı içerisinde yer alan "World Development Indicators" sekmesinde bulunan GDP büyüme oranları kullanılmıştır. Aynı şekilde ülkelerin dijital gelişme düzeylerini ise Dünya Banka'sının Databank'ından elde ettiğimiz bireysel internet kullanımının nüfusa oranı olarak ele aldık. Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI) verileri ise OEC gözlemevi (observatory of Economic Complexity)'nin internet sekmesinden elde edilmiştir. ECI, ülkeleri ihrac ettikleri ürünlere bağlayan uluslararası ticaret verileri üzerine inşa edilmiştir.

Tablo 1. Değişken Listesi

Değişkenler	Tanımları
CE	Tarımsal Karbon Emisyonları Yoğunluğu Endeksi
agGDP	Tarımsal Katma Değer'deki Yıllık Yüzde Değişim
inet	Bireysel İnternet kullanımı nüfusa oranı
eci	Ekonomik Karmaşıklık Endeksi

4. Araştırmanın Bulguları

Araştırmanın bulguları Tablo 2 - Tablo 8 ile Grafik 1 – Grafik 6'da verilmiştir.

Tablo 2. Gelişmekte Olan Ülkeler için Özet İstatistikler

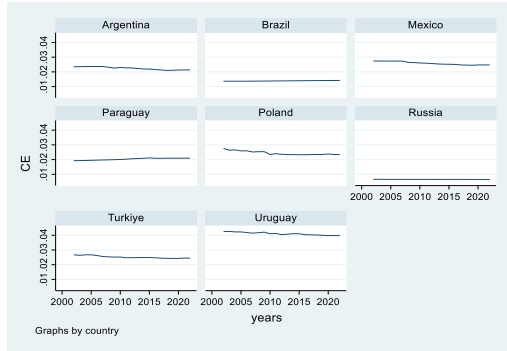
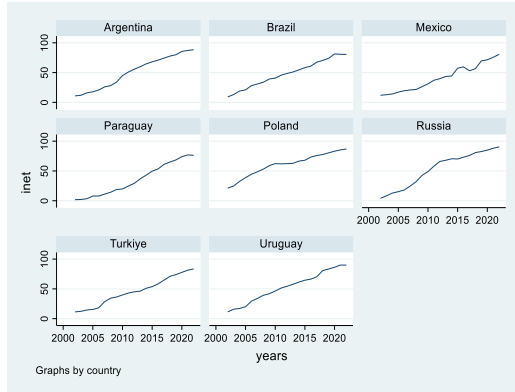
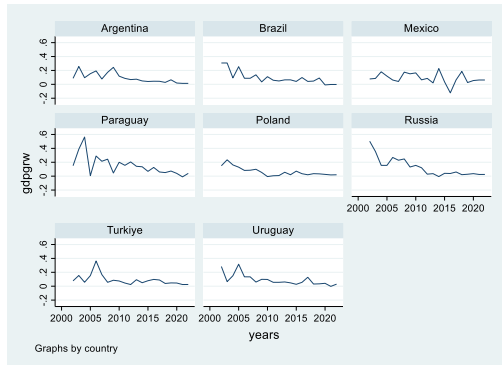
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
CE	168	.022	.009	.007	.043
inet	168	48.52	25.404	1.795	90.418
gdpgrw	168	.099	.096	-.123	.563
eci	168	.419	.508	-.84	1.196

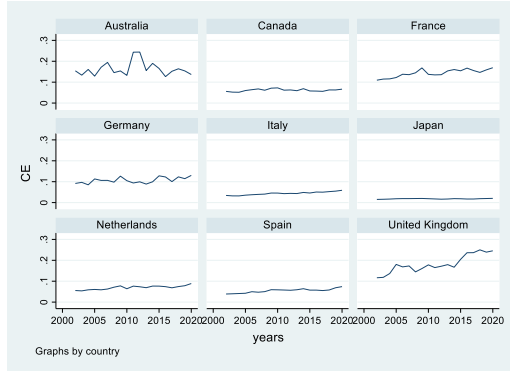
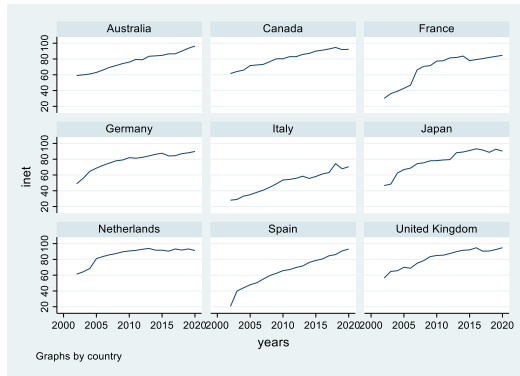
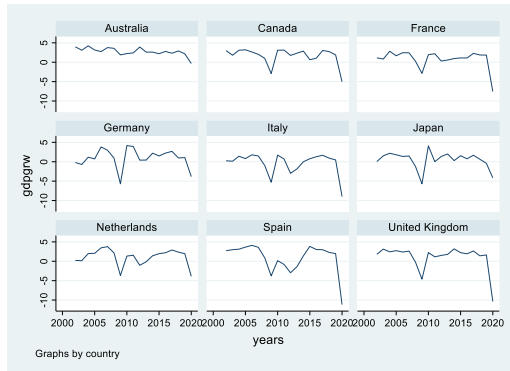
⁵ Otlama sistemlerinde üretilen ana sera gazı metandır. Ruminant hayvanların (sığır, koyun ve keçi) rumenlerinde metanojen adı verilen mikroplar bulunur. Bu mikroplar (yemin fermentasyonundan kaynaklanan) metan üretir ve bu daha sonra püskürtülür.

⁶ Nitroz oksit, sentetik ve organik gübrelerin uygulanması ve diğer mahsul uygulamaları, gübre yönetimi veya tarımsal kalıntıların yakılması gibi çeşitli tarımsal toprak yönetimi faaliyetlerinden kaynaklanabilir. Tarımsal toprak yönetimi, 2022 yılında N2O emisyonlarının en büyük kaynağıdır.

Tablo 3. Gelişmiş Ülkeler için Özet istatistikler

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
CE	171	.094	.058	.015	.25
inet	171	74.058	16.928	20.39	96.394
gdpgrw	171	1.04	2.62	-11.167	4.224
eci	171	1.265	.603	-.334	2.283

Grafik 1. Gelişmekte olan ülkelerde Tarımsal Karbon Yoğunluğu Endeksi'nin her bir ülke için zamana karşı grafiği**Grafik 2. Gelişmekte olan ülkelerde Bireysel İnternet Kullanımının Nüfusa Oranı'nın her bir ülke için zamana karşı grafiği****Grafik 3. Gelişmekte olan ülkelerde GDP Büyüme Oranı'nın her bir ülke için zamana karşı grafiği**

Grafik 4. Gelişmiş ülkelerde Tarımsal Karbon Yoğunluğu Endeksi'nin her bir ülke için zamana karşı grafiği**Grafik 5. Gelişmiş ülkelerde bireysel internet kullanımının nüfusa oranının her bir ülke için zamana karşı grafiği****Grafik 6. Gelişmiş ülkelerde GDP Büyüme Oranı'nın her bir ülke için zamana karşı grafiği**

Her iki ülke grubu içinde ayrı ayrı gözlenemeyen etkilerin sabit olduğu varsayımı altında birim ve zaman etkilerin varlığı Kısıtlı F Testi ile sınanmıştır. Sınama sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. Kısıtlı F Testi Sonuçları

	Gelişmekte Olan Ülkeler		Gelişmiş Ülkeler	
	F İst.	Olasılık (Prob> F=)	F İst.	Olasılık (Prob> F=)
Çift Yönlü Sabit Etkiler Modelinde Kısıtlı F testi	4029.76	0.000	163.57	0.0000
Tek Yönlü Birim Etkili Sabit Etkiler Modelinde Kısıtlı F testi	4249.77	0.000	173.10	0.0000
Tek yönlü zaman etkili sabit etkiler modelinde kısıtlı F testi	0.12	1.0000	0.15	1.0000

Her iki ülke grubu için de ayrı ayrı düzenlenen modelde gözlenemeyen etkilerin katsayılarının sıfıra eşit olduğu hipotezi geleneksel önem düzeylerinin tamamında reddedilebilmiştir. Bu sebeple birim ya da zaman etkilerden en az birinin modele dahil edilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Birim etkilerin katsayılarının sıfıra eşit olduğu hipotezi geleneksel önem düzeylerinin tamamında reddedilebilirken, zaman etkilerin katsayılarının sıfıra eşit olduğu hipotezi geleneksel önem düzeylerinin hiçbirinde reddedilememiştir. Dolayısıyla etkilerin sabit olduğu varsayımı altında yalnızca birim etkilerin her iki ülke grubu için ayrı ayrı düzenlenen modellere dahil edilmesi gerektiğine karar verilmiştir.

Bir sonraki aşamada her iki ülke grubu için ayrı ayrı gözlenemeyen etkilerin rassal olduğu varsayımı altında birim ve zaman etkilerin varlığı Olabilirlik Oran Testi ile sınanmıştır. Sınama sonuçları Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4. Olabilirlik Oran Testi Sonuçları

	Gelişmekte Olan Ülkeler		Gelişmiş Ülkeler	
	Ki-Kare İst.	Olasılık (Prob>chi2=)	Ki-Kare İst.	Olasılık (Prob>chi2=)
Çift yönlü rassal etkiler modelinde olabilirlik oran testi	807.59	0.000	333.72	0.0000
Tek yönlü birim etkili rassal etkiler modelinde olabilirlik oran testi	807.59	0.000	333.72	0.0000
Tek yönlü zaman etkili rassal etkiler modelinde olabilirlik oran testi	0.000	1.000	0.000	1.0000

Her iki ülke grubu için gözlenemeyen etkilerin varyansının sıfır olduğu hipotezi geleneksel önem düzeylerinin tamamında reddedilebilmiştir. Dolayısıyla birim ya da zaman etkilerden en az birinin modele dahil edilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Birim etkilerin varyansının sıfır olduğu hipotezi geleneksel önem düzeylerinin tamamında reddedilebilirken, zaman etkilerin varyansının sıfır olduğu hipotezi geleneksel önem düzeylerinin hiçbirinde reddedilememiştir. Dolayısıyla etkilerin rassal olduğu varsayımı altında yalnızca birim etkilerin modele dahil edilmesi gerektiğine karar verilmiştir.

Her iki ülke grubu için oluşturulan modellerde tek yönlü sabit etkiler modeli ve tek yönlü rassal etkiler modeli arasında tercih yapabilmek için Hausman Testi aracılığıyla rassal etkiler modeli sabit etkiler modeline karşı sınanmış, sınama sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Hausman Testi Sonuçları

	Ki-Kare İst.	Olasılık
Gelişmekte Olan Ülkeler	5.92	0.1155
Gelişmiş Ülkeler	1.71	0.6344

Hausman Testi'nde gelişmekte olan ülkeler için test istatistiğinin olasılık değeri 0.1155 ve gelişmiş ülkeler için 0.6344 bulunduğu için her iki grup için de etkilerin rassal olduğu hipotezi geleneksel önem düzeylerinin hiçbirinde reddedilememiştir. Dolayısıyla nihai model olarak tek yönlü rassal etkiler modeli seçilmiştir.

Değişen varyans, birimler arası korelasyon ve otokorelasyon sorunları katsayıların standart hatalarının yanlış tahmin edilmesine ve dolayısıyla hipotez testlerinin güvenilirliğini yitirmesine sebep olur. Bu sebeple her iki grup için de ayrı ayrı rassal etkiler modeli için tanısal testler yapılmıştır ve test sonuçları Tablo 6’da verilmektedir.

Tablo 6. Tanısal Test Sonuçları

	Gelişmekte Olan Ülkeler			Gelişmiş Ülkeler		
	Değişen Varyans	Korelasyon (Pesaran Testi)	Otokorelasyon	Değişen Varyans	Korelasyon (Pesaran Testi)	Otokorelasyon
Test ist.	18.390029	-2.337	.25810769	20.259920	-1.086	0.95687933
Olasılık	0.00000	0.00000	0.0194	0.00000	0.2776	1.1199324

Modelde değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon sorunları bulunduğu için model güçlü standart hatalarla tahmin edilmiş ve tahmin sonuçları gelişmekte olan ülkeler için Tablo 7’de ve gelişmiş ülkeler için Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 7. Gelişmekte Olan Ülkeler İçin regresyon Sonuçları

CE	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf	Interval]	Sig
inet	-.000023	9.000e-06	-2.46	.013896	-.000042	-5.000e-06	**
gdpgrw	-.002098	.000657	-3.19	.00141	-.003386	-.00081	***
eci	-.001644	.00114	-1.44	.149179	-.003877	.00059	
Constant	.024498	.003771	6.50	0	.017108	.031889	***
Mean dependent var		0.022474	SD dependent var		0.009430		
Overall r-squared		0.023076	Number of obs		168		
Chi-square		23.612246	Prob > chi2		0.000030		
R-squared within		0.396799	R-squared between		0.020713		

*** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .1$

Tablo 8. Gelişmiş Ülkeler İçin Bulgular

CE	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf	Interval]	Sig
inet	.000498	.000135	3.70	.00022	.000234	.000761	***
gdpgrw	-.000819	.000312	-2.63	.008641	-.00143	-.000208	***
eci	-.045019	.031441	-1.43	.152187	-.106644	.016605	
Constant	.114786	.042439	2.70	.006836	.031607	.197965	***
Mean dependent var		0.093817	SD dependent var		0.058193		
Overall r-squared		0.127543	Number of obs		171		

Chi-square	16.692465	Prob > chi2	0.000817
R-squared within	0.256446	R-squared between	0.113471

*** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .1$

Her iki ülke grubu içinde panel regresyon sonuçları incelendiğinde, gelişmekte olan ülkelerde tarımsal karbon emisyonları endeksi ile dijital ekonomideki gelişmeler arasında ters yönlü bir ilişki gözlenmektedir. Diğer bir değişle internet kullanımındaki artışlar tarımsal karbon emisyonları endeksini azaltmaktadır. Ancak aynı sonuçlar gelişmiş ülkeler için elde edilememiştir. Gelişmiş ülkelerde dijital ekonomideki gelişmeler tarımsal karbon emisyonları endeksini pozitif yönde etkilemektedir.

Her iki ülke grubunda da milli gelirdeki artışlar ile tarımsal karbon emisyonları endeksi arasında ters yönlü ve istatistiki olarak anlamlı bir ilişki gözlemlenmektedir. Diğer bir değişle milli gelir arttıkça tarımsal karbon emisyonları endeksi azalmaktadır. Bu nokta da Çevresel Kuznets Eğrisi yaklaşımında ortaya konulan ilişkiye benzer bir ilişkinin gözlemlendiği ifade edilebilmektedir. Her iki ülke grubunda da gelir düzeyi arttıkça tarımsal karbon emisyonları endeksi azalmaktadır. Her iki ülke içinde seçilen ülkeler örneklem kümeleri incelendiğinde, doğal olarak gelişmiş ülkelerin daha ileriki bir aşamada olduğu gerçeği altında, bu ülkelerin kalkınmalarının ileriki aşamalarında olduğu söylenebilir. Dolayısıyla her iki grup için de milli gelirdeki artışlar tarımsal karbon emisyonları endeksini azaltmaktadır.

Araştırmamızda Ekonomik Karmaşıklık Endeksinin de tarımsal karbon emisyonları endeksi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ancak her iki ülke grubu için de bu iki değişken arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişki gözlemlenememiştir.

Diğer taraftan ceteris paribus varsayımı altında her iki ülke grubu için de regresyonların sabit terimleri incelendiğinde, gelişmiş ülkelerde gelişmekte olan ülkelere nazaran, sabit terimin daha büyük olduğu görülmektedir. Diğer bir deyişle araştırmaya dahil ettiğimiz değişkenler sıfır iken, ülke gruplarındaki tarımsal karbon emisyonları endeksi sabit katsayısı gelişmiş ülkelerde daha büyüktür.

5. Sonuç

Gelişmekte olan ülkelerde dijital ekonominin gelişmesi tarımsal sera gazı emisyonlarını azaltmaktadır. Bütün dünyada dijital ekonomideki gelişmeler tarımsal üretimde “büyük (big) veri analizi” teknolojilerinin gelişmesine yol açmıştır. Dijital teknolojiler ürün yetiştirilmesi sürecinde bilimsel yöntemlerin kullanımını artırmaktadır. Diğer taraftan dijital teknolojilerin gelişmesi eksik ve yanlış bilgidan kaynaklanan kaynak israfının da önüne geçmektedir. Dolayısıyla üretim maliyetlerinde düşüşlerle faktör verimliliğindeki artışlar birlikte ortaya çıkmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde ise tam tersine dijital ekonominin gelişmesi tarımsal sera gazı emisyonlarını artırmaktadır. Bu durum beklediğimiz bir sonuç olmamakla birlikte, gelişmiş ülkelerin ulaştıkları tarımsal üretim düzeyi için açıklayıcı olabilir.

Diğer taraftan ekonomik karmaşıklık endeksi ile tarımsal karbon dioksit emisyonları arasında istatistiki olarak anlamlı bir ilişki her iki ülke grubu için de bulunamamıştır.

Günümüzde büyük veri ve yapay zekâ gibi dijital teknolojiler, Küresel olarak tarımsal endüstrilerin yapısını sürekli olarak değiştirmekte ve tarımsal ekolojik dönüşümü teşvik etmektedir. Düşük karbon emisyonlarına sahip teknolojik yeniliklerin tarım alanına uygulanması tarımsal ekolojik dönüşümü etkileyecektir.

Tarım sektörü gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için önemlidir. Dolayısıyla tarımsal üretimi azaltmak sürdürülebilir bir strateji değildir (Doğan, 2018). Çelişkili bir şekilde, daha fazla tarımsal üretim daha fazla enerji tüketimini ve dolayısıyla daha yüksek emisyonları beraberinde getirmektedir (Zhang vd. 2024). Ancak dijital ekonomideki gelişmeler tarımsal sera gazı emisyonlarını belirli bir gelişmişlik düzeyine kadar azaltabilir.

Kaynakça

- Alavijeh, N. K., Salehnia, N., & Koengkan, M. (2023). The effects of agricultural development on CO2 emissions: Empirical evidence from the most populous developing countries. *Environment, Development and Sustainability*, 25, 12011–12031. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02567-1>
- Appiah, K., Du, J., & Poku, J. (2018). Causal relationship between agricultural production and carbon dioxide emissions in selected emerging economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 24764–24777. doi: 10.1007/s11356-018-2523-z.
- Bakare, A.G., Kour, G., Akter, M., & Iji, P. A. (2020). Impact of climate change on sustainable livestock production and existence of wildlife and marine species in the South Pacific island countries: a review. *International Journal of Biometeorology*, 64, 1409–1421. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01902-3>
- Bouvier, R.A. (2004). Air pollution and per capita income. PERI Working Papers, p. 73
- Doğan, N. (2018). The Impact of Agriculture on CO2 Emissions in China. *Panoeconomicus*, 66(2), 257–271. <https://doi.org/10.2298/PAN160504030D>
- European Commission (2023). EDGAR (Emissions Database for Global Atmospheric Research) Community GHG, Database. https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023#howtocite (Erişim Tarihi: 15.07.2024).
- FAO report (2023). New FAO report maps pathways towards lower livestock emissions. <https://www.fao.org/newsroom/detail/new-fao-report-maps-pathways-towards-lower-livestock-emissions/en> (Erişim Tarihi: 22.06.2024).
- Hongsheng, Z., Kaitong, G., Zhen, L., Zheyang, J., & Jinna, Y. (2024). How has the rural digital economy influenced agricultural carbon emissions? Agricultural green technology change as a mediated variable. *Frontiers in Environmental Science* 12. URL=<https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2024.1372500>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. NBER Working Paper 3914. DOI 10.3386/w3914
- Khan, R. (2020). Agricultural production and CO2 emissions causes in the developing and developed countries: New insights from quantile regression and decomposition analysis. *BioRxiv* 1–30. <https://doi.org/10.1101/2020.11.16.384370>
- Liu, B., Li, Y., Tian, X., Sun, L., & Xiu, P. (2023). Can digital economy development contribute to the low-carbon transition? evidence from the city level in china. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2733. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph20032733>
- Narin, M. (2024). Tarımda Dijitalleşme: Dünyada ve Türkiye’de Bitki Fabrikaları. International Congress on Food Agriculture and Environment Researches in Global World, New York, USA, 1 - 03 Haziran 2024, (Ed. Assoc. Prof. Dr. Vesna Karapetkovska – Hristova), 29-42.
- Nwaka, I. D., Nwogu, M. U., Uma, K. E., & Ike, G. N. (2020). Agricultural production and CO2 emissions from two sources in the ECOWAS region: New insights from quantile regression and decomposition analysis. *Science of the Total Environment*, 748.141329
- Ridzuan, N. H. A. M., Marwan, N. F., Khalid, N., Ali, M. H., & Tseng, M. L. (2020). Effects of agriculture, renewable energy, and economic growth on carbon dioxide emissions: Evidence of the environmental Kuznets curve. *Resources, Conservation and Recycling* 160, 104879, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104879>.
- Wang, W., Mei, T. (2024). Research on the Effect of Digital Economy Development on the Carbon Emission Intensity of Agriculture. *Sustainability*, 16, 1457. <https://doi.org/10.3390/su16041457>

- Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S., Chen, W. (2018). Forest, agriculture, renewable energy, and CO2 emission. *Journal of Cleaner Production* 172, 4231-4238, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.287>.
- Yan, D. S., Sun, W., & Li, P. P. (2023). Mechanism of income gap between urban and rural residents on carbon emission intensity in China-An empirical analysis based on panel data. *Journal of Natural Resources*, 38, 2403–2417.
- Yang, C., Ji, X., Cheng, C., Liao, S., Obuobi, B., & Zhang, Y. (2024). Digital economy empowers sustainable agriculture: Implications for farmers' adoption of ecological agricultural technologies, *Ecological Indicators*, 159, 111723, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111723>.
- Zhang, H., Guo, K., Liu, Z., Ji, Z., & Yu, J. (2024), How has the rural digital economy influenced agricultural carbon emissions? Agricultural green technology change as a mediated variable. *Frontiers Environmental Science*, 12, 1372500. doi: 10.3389/fenvs.2024.1372500
- Zijun Wang, Z., Zhang, J., He, Y., & Liu, H. (2024). A Study on The Potential of Digital Economy in Reducing Agricultural Carbon Emissions. *Heliyon*, 10, e31941.
- WTO Report (2015). Agriculture. https://www.wto.org/english/tratop_e/agric_e/agric_e.htm (Erişim Tarihi: 15.06.2024).

Research Article

Digital Ekonomik Gelişmenin Tarım Sektörü Karbon Emisyon Yoğunluğu Üzerindeki Etkileri: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Panel Veri Analizi

Effects of Digital Economic Development on Agricultural Sector Carbon Emission Intensity: Panel Data Analysis in Developed and Developing Countries

Ömer Tanju DURUSOY

Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

İktisadi İdari Bilimler Fakültesi

omer.durusoy@hbv.edu.tr

<https://orcid.org/0009-0009-1299-5600>

Extended Abstract

In many reports published by the World Trade Organization, the agricultural sector is seen as the driving force of development for developing countries. The increasing demand for agricultural products over time confirms this conclusion. The increase in demand for agricultural production and the resulting acceleration of agricultural activities in developing countries also increases the demand for energy. Therefore, more energy means more greenhouse gas emissions. This makes agricultural activities one of the important causes of global warming.

As is known, carbon emissions are an important negative environmental factor. After industry and energy sectors, agriculture is an important source of carbon emissions. The digital economy can play an important role in reducing these emissions through innovative digital solutions and new digital technologies. All countries around the world face serious pressure to reduce agricultural carbon emissions (ACE). Developments in the digital economy and the rapid emergence of new technologies have given significant impetus to the acceleration and sustainability of economic development on a global scale. At the same time, it is estimated that developments in the digital economy and new technologies will play an important role in achieving carbon emissions reduction targets.

Developments in the digital economy can enable the realization of large-scale and standardized agricultural production with the widespread use of big data analysis technology in agricultural production. On the other hand, growing products using scientific methods can be achieved with digital technologies. Similarly, the development of digital technologies will prevent the waste of resources resulting from insufficient and asymmetric information. In addition, thanks to modern computing technologies such as remote sensing satellites, real-time data collection, monitoring and analysis regarding agricultural production can be carried out. It will be possible to grasp changes in the ecological environment, accurately measure Carbon Emissions (CE) and track them in a timely manner, thus promoting effective governance and green development. Digital technology can also enrich methods of marketing agricultural products by creating new sales models such as rural e-commerce and live broadcasting. Internet penetration in rural areas will connect farmers to the cyberspace of online consumption. "Point-to-point" transactions will be possible, preventing resource waste caused by information asymmetry and high transaction costs in traditional agricultural sales models and reducing agricultural carbon emissions.

This article aims to examine the relationship between the development of the digital economy and agricultural carbon emissions around the world. In this context, a sample set consisting of 8 countries representing developed countries was determined. There are 8 countries in the sample set representing

developing countries. While selecting the countries, the World Bank's Databank filter was used and the countries included in the high income group and upper-middle income group countries were selected. The USA and China were not specifically included in these sample sets. It is thought that the size of these two countries will distort the sample set. The research period covers the years 2002-2022. For this period, a panel data set was used for both sample sets and the analyzes were carried out in the Stata software program.

In order to make a choice between one-way fixed effects model and one-way random effects model in the models created for both country groups, the random effects model was tested against the fixed effects model through the Hausman Test. Since the probability value of the test statistic in the Hausman Test was found to be 0.1155 for developing countries and 0.6344 for developed countries, the hypothesis that the effects were random for both groups could not be rejected at any of the traditional significance levels. Therefore, one-way random effects model was chosen as the final model. Since the model has heteroscedasticity, autocorrelation and inter-unit correlation problems, the model was estimated with strong standard errors.

When the panel regression results are examined in both country groups, a reverse relationship is observed between the agricultural carbon emissions index and developments in the digital economy in developing countries. In other words, increases in internet use reduce the agricultural carbon emissions index. However, the same results could not be obtained for developed countries. Developments in the digital economy in developed countries positively affect the agricultural carbon emissions index.

In both country groups, a negative and statistically significant relationship is observed between increases in national income and agricultural carbon emissions index. In other words, as national income increases, the agricultural carbon emissions index decreases. At this point, it can be stated that a relationship similar to the relationship revealed in the Environmental Kuznets Curve approach is observed. As the income level increases in both country groups, the agricultural carbon emissions index decreases. When the sample sets of selected countries in both countries are examined, it can be said that these countries are in the later stages of their development, naturally under the fact that the developed countries are at a more advanced stage. Therefore, increases in national income for both groups reduce the agricultural carbon emissions index.

In our research, the effects of the Economic Complexity Index on the agricultural carbon emissions index were also examined. However, no statistically significant relationship was observed between these two variables for both country groups.

On the other hand, when the constant terms of the regressions for both country groups are examined under the *ceteris paribus* assumption, it is seen that the constant term is larger in developed countries than in developing countries. In other words, while the variables we included in the research are zero, the constant coefficient of agricultural carbon emissions index in country groups is larger in developed countries.

The development of the digital economy in developing countries reduces agricultural greenhouse gas emissions. Developments in the digital economy all over the world have led to the development of 'big data analysis' technologies in agricultural production. Digital technologies increase the use of scientific methods in the crop cultivation process. On the other hand, the development of digital technologies prevents the waste of resources resulting from incomplete and incorrect information. Therefore, decreases in production costs and increases in factor productivity occur together.

On the contrary, in developed countries, the development of the digital economy increases agricultural greenhouse gas emissions. Although this is not a result we expected, it may be explanatory for the level of agricultural production reached by developed countries.

On the other hand, no statistically significant relationship between the economic complexity index and agricultural carbon dioxide emissions was found for both country groups.

Today, digital technologies such as big data and artificial intelligence are constantly changing the structure of agricultural industries globally and promoting agro-ecological transformation. The application of technological innovations with low carbon emissions to the agricultural field will affect agricultural ecological transformation.

All countries of the world are facing the increasing effects of human-induced global warming due to increasing greenhouse gas (GHG) emissions, including carbon dioxide (CO₂). Anthropogenic activities that contribute to CO₂ emissions include deforestation, fertilizer use, and activities related to mining and energy production. It is imperative to increase renewable energy sources to reduce environmental degradation on a global scale. On the other hand, a very important issue is the destruction of forest areas. Measures should be taken quickly to compensate for this situation, and additional measures and incentives should be implemented for the development and establishment of afforestation culture. In addition, discouraging the use of conventional fertilizers and the burning of vegetation for fertilizer is an important issue for reducing carbon emissions. In this context, necessary financial support and training services should be provided to farmers and producers who use environmentally friendly agricultural methods and renewable energy resources.

The agricultural sector is an indispensable sector for developed and developing countries, so reducing agricultural production is not a sustainable strategy. Paradoxically, more agricultural production brings with it more energy consumption and therefore higher emissions. However, developments in the digital economy can reduce agricultural greenhouse gas emissions to a certain level and help keep them under control.