Advanced Environmental Sciences ***(Adv. Environ. Sci.)*** **2025, 23(4):1033-1056** **ISSN: 2588-6177**

Original Article

The Impact of Agricultural Growth and Energy Consumption on Greenhouse Gas Emissions and Environmental Quality in Middle Eastern Countries

Received: 2024.11.27
Accepted: 2025.04.27

Ghasem Layani,* Mehdi Karami-Dehkordi

Department of Management and Rural Development , Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: The investigation of determinants influencing greenhouse gas emissions, particularly within the realms of agricultural development and energy consumption, is critical for environmental sustainability. The agricultural sector is a primary contributor to methane and nitrous oxide emissions, significantly exacerbating environmental degradation. Additionally, the robust population growth observed in Middle Eastern nations, coupled with rising demands for food, energy, and industrial expansion, led to these countries contributing 8.30% to global carbon dioxide emissions.

Material and methods: This study aims to analyze the influences of agricultural development, energy consumption patterns, trade liberalization, and population growth on greenhouse gas emissions, utilizing data from a panel of Middle Eastern countries over the period from 2000 to 2020. In this study, the long-run relationships between the variables were determined using the Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) method, while Granger causality was also examined.

Results and discussion: The findings indicate a bidirectional causal relationship between population dynamics and greenhouse gas emissions, energy consumption, and agricultural growth. Additionally, unidirectional causal links were identified: from population to trade liberalization, from trade liberalization to methane emissions, from energy consumption to methane emissions, from population to nitrous oxide emissions, and from energy consumption to agricultural development in the region. Long-term relationship assessments revealed that development in the agricultural sector exerts the most significant impact on methane emissions while having the least effect on carbon dioxide emissions. Based on the coefficients from the three estimated models, a 1% increase in the agricultural sector's contribution to the GDP of Middle Eastern countries corresponds to an increase in emissions of 0.061% for carbon dioxide, 0.130% for methane, and 0.109% for nitrous oxide. Furthermore, the analysis highlights a positive correlation between energy consumption and emissions of both carbon dioxide and methane.

Conclusion: According to the results of this study, it is recommended that Middle Eastern countries adopt effective strategies to optimize energy consumption and increase its efficiency, develop the use of renewable energies, and adopt new technologies in agriculture in order to reduce greenhouse gas emissions. On the other hand, policies related to trade liberalization should be designed in a way that, while ensuring food security, reduces negative impacts on the environment. Finally, planning to control population growth and increasing public awareness about environmental challenges can also help improve the current situation.

Keywords: Agricultural growth, Climate change, Energy, Panel data, Trade.

How to cite this article:
Layani, Gh., and Karami-Dehkordi, M. 2026. The Impact of Agricultural Growth and Energy Consumption on Greenhouse Gas Emissions and Environmental Quality in Middle Eastern Countries. Adv. Environ. Sci. 23(4): 1033-1056.

* **Corresponding Author Email Address:** ghasem.layani@sku.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2025.237748.1461

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم محیطی نوین، ۱۰۵۶-۱۰۳۳ : (۴) ۲۳، ۱۴۰۴ شاپا: ۶۱۷۷-۲۵۸۸

مقاله پژوهشی

اثرات رشد بخش کشاورزی و مصرف انرژی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و کیفیت محیط‌زیست در کشورهای خاورمیانه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۷

قاسم لیانی* ، مهدی کرمی دهکردی

گروه مدیریت و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: بررسی عوامل تعیین‌کننده انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه در حوزه‌های توسعه کشاورزی و مصرف انرژی، برای پایداری محیط‌زیست امری حیاتی است. بخش کشاورزی یکی از منابع اصلی انتشار متان و اکسید نیتروژن است که به‌طور قابل‌توجهی تخریب محیط‌زیست را تشدید می‌کند. علاوه بر این، رشد سریع جمعیت مشاهده شده در کشورهای خاورمیانه، همراه با افزایش تقاضا برای غذا، انرژی و توسعه صنعتی، منجر به سهم ۸/۳۰ درصدی این کشورها در انتشار جهانی دی‌اکسیدکربن شده است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه با هدف تحلیل تأثیرات رشد کشاورزی، الگوهای مصرف انرژی، آزادسازی تجاری و رشد جمعیت بر انتشار گازهای گلخانه‌ای انجام شده است. برای این منظور، از داده‌های تابلویی (Panel Data) کشورهای خاورمیانه در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ استفاده شده است. در این پژوهش، روابط بلندمدت بین متغیرها با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده (FMOLS) تعیین گردید و آزمون علیت گرنجر نیز مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث: یافته‌ها نشان‌دهنده وجود یک رابطه علّی دوطرفه بین پویایی جمعیت و انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف انرژی و رشد کشاورزی است. علاوه بر این، روابط علّی یک‌طرفه از جمعیت به آزادسازی تجاری، از آزادسازی تجاری به انتشار متان، از مصرف انرژی به انتشار متان، از جمعیت به انتشار اکسید نیتروژن، و از مصرف انرژی به رشد کشاورزی در منطقه شناسایی شد. ارزیابی روابط بلندمدت نشان داد که توسعه در بخش کشاورزی بیشترین تأثیر را بر انتشار متان و کمترین تأثیر را بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. بر اساس ضرایب حاصل از سه مدل برآورد شده، افزایش ۱ درصدی سهم بخش کشاورزی در تولید ناخالص داخلی کشورهای خاورمیانه، منجر به افزایش انتشار ۰/۰۶۱ درصدی دی‌اکسیدکربن، ۰/۱۳۰ درصدی متان و ۰/۱۰۹ درصدی اکسید نیتروژن می‌شود. علاوه بر این، نتایج همبستگی مثبت بین مصرف انرژی و انتشار هر دو گاز دی‌اکسیدکربن و متان را برجسته می‌کند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این مطالعه، توصیه می‌شود کشورهای خاورمیانه استراتژی‌های مؤثری را برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری آن، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و به‌کارگیری فناوری‌های نوین در کشاورزی به‌منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اتخاذ کنند. از سوی دیگر، سیاست‌های مرتبط با آزادسازی تجاری باید به گونه‌ای طراحی شوند که ضمن تضمین امنیت غذایی، اثرات منفی زیست‌محیطی را کاهش دهند. در نهایت، برنامه‌ریزی برای کنترل رشد جمعیت و افزایش آگاهی عمومی درباره چالش‌های زیست‌محیطی نیز می‌تواند به بهبود وضعیت موجود کمک کند.

واژه‌های کلیدی: رشد کشاورزی، تغییرات اقلیمی، انرژی، داده‌های تابلویی، تجارت.

استناد به این مقاله: *لیانی، ق.، و م. کرمی دهکردی. ۱۴۰۴. اثرات رشد بخش کشاورزی و مصرف انرژی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و کیفیت محیط‌زیست در کشورهای خاورمیانه. فصلنامه علوم محیطی نوین، ۲۳(۴): ۱۰۳۳-۱۰۵۶.*

* **Corresponding Author Email Address:** ghasem.layani@sku.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2025.237748.1461

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

نرخ رشد جمعیت در کشورهای در حال توسعه به طور متوسط حدود ۲/۵ درصد در سال است که این میزان تقریباً دو برابر نرخ رشد جمعیت جهانی (۱/۰۵ درصد) می‌باشد. به علاوه، بهبود استانداردهای زندگی و افزایش طول عمر که به طور میانگین از ۶۵ سال در سال ۲۰۰۰ به ۷۲ سال در سال ۲۰۲۰ افزایش یافت، منجر به اضافه شدن حدود ۱/۲ میلیارد نفر به جمعیت این کشورها در دو دهه اخیر شده است. این افزایش جمعیت تأثیرات گسترده‌ای بر اقتصاد و منابع‌طبیعی خواهد داشت، به‌طوری که پیش‌بینی می‌شود تقاضا برای منابع آب تا سال ۲۰۳۰ در این مناطق تا ۴۰ درصد افزایش یابد (FAO, 2021). افزایش جمعیت از یک‌سو، منابع انسانی موردنیاز برای توسعه اقتصادی را فراهم می‌کند و از سوی دیگر منجر به افزایش تقاضا برای آب، انرژی، غذا و سایر منابع می‌شود که می‌تواند منجر به افزایش فشار بر محیط‌زیست و انتشار آلودگی شود. افزایش تقاضا برای موادغذایی، افزایش فعالیت‌های کشاورزی، زراعی و دامپروری، تغییر در روش‌های مرسوم کشاورزی از جمله استفاده بیشتر از مواد شیمیایی به‌منظور افزایش عملکرد محصولات نیز به‌خودی‌خود موجب انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌گردد (Rehman and Mamun., 2016). از سوی دیگر، انجام هر فعالیت اقتصادی نیازمند مصرف انواع حامل‌های انرژی است که به‌عنوان عامل محرک رشد اقتصادی و ارتقاء کیفیت زندگی انسآنها شناخته می‌شود. در دهه‌های اخیر، انرژی به همراه سایر عوامل تولید، نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد اقتصادی کشورهای مختلف ایفا کرده و اهمیت آن همچنان در حال افزایش است. به‌طور خاص، براساس آمار سازمان بین‌المللی انرژی، مصرف جهانی انرژی در سال ۲۰۲۲ به حدود ۶۰۰۰ میلیون تن معادل نفت خام رسید که نشان‌دهنده رشد ۵ درصدی نسبت به سال قبل است. با این حال، مصرف انرژی همچنین یکی از منابع اصلی تولید آلاینده‌های محیط‌زیستی در سطح جهانی محسوب می‌شود. به‌طوری که طبق گزارش‌ها، حدود ۷۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است که تأثیرات منفی قابل‌توجهی بر تغییرات اقلیمی دارد (Abdollahi *et al.*, 2016).

نتایج مطالعات مختلف نشان داد که فعالیت‌های انسانی از جمله کشاورزی منجر به افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو با اثرات مستقیم بر گرمایش جهانی شده است. بخش کشاورزی به‌عنوان یک عامل اساسی در توسعه اقتصادی و اجتماعی در سطح جهانی شناخته می‌شود و نقش مهمی در ریشه‌کنی گرسنگی و تحقق امنیت غذایی ایفا می‌کند (Hosseini *et al.*, 2013)، که این موارد به‌عنوان اهداف کلیدی توسعه پایدار در سطح بین المللی مطرح هستند. با این حال، بخش کشاورزی به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار دارد و این تغییرات به‌ویژه در دهه‌های اخیر به تهدیدی جدی برای تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی جهانی تبدیل شده است. بر اساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد، تغییرات آب‌وهوایی می‌تواند باعث کاهش ۱۰ تا ۲۵ درصدی تولید محصولات کشاورزی در برخی مناطق آسیب‌پذیر تا سال ۲۰۵۰ شود و تهدیدی جدی برای امنیت غذایی در جهان محسوب می‌شود. به‌علاوه، در سال ۲۰۲۰، حدود ۳۳ درصد از کل تولیدات کشاورزی در سطح جهانی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار گرفتند (Florea *et al.*, 2020). به‌منظور دستیابی به امنیت غذایی در کشورهای مختلف، تلاش‌هایی برای ترویج انواع محصولات پر بازده (Nazari Gooran & Borimnejad, 2015)، ارائه یارانه به نهاده‌های کشاورزی همچون آب، کود و انرژی (Kiani Feyzabad *et al.*, 2023) و توسعه سطح زیرکشت محصولات آبی صورت گرفته است. با این حال، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و افزایش مصرف منابع فسیلی، علاوه بر کمک به دستیابی به این هدف، موجب

افزایش آلودگی محیط‌زیست نیز می‌شود (Nikkhah *et al.*, 2015). بنابراین، بخش کشاورزی خود نیز به‌عنوان یکی از منابع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای شناخته می‌شود. بر اساس مطالعات گذشته، سیستم‌های کشاورزی ۱۴ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی را به خود اختصاص داده‌اند (Amiri *et al.*, 2020). این انتشارات به‌طور عمده به مدیریت خاک‌های کشاورزی، پرورش دام، تولید برنج و احتراق زیست‌توده مرتبط هستند. به‌عنوان مثال، تولید متان ناشی از دامداری و کشت برنج، به‌تنهایی مسئول حدود ۴۰ درصد از کل انتشارات گازهای گلخانه‌ای بخش کشاورزی است. سیستم‌های زراعی مقادیر قابل‌توجهی دی‌اکسیدکربن (عمدتاً از سوزاندن سوخت‌های فسیلی و گیاهان، پوسیدگی میکروبی و مواد آلی خاک)، اکسید نیتروژن (ناشی از فرآیندهای نیتریفیکاسیون و نیترات‌زدایی در خاک و کود) و متان (رها شده از تجزیه مواد آلی در شرایط بی‌هوازی) به محیط‌زیست آزاد می‌کند (Smith *et al.*, 2013). در نتیجه، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند بر اقلیم زمین (Mosavi *et al.*, 2020)، نیاز آبی گیاهان و تقاضای آب بخش کشاورزی (Gosling and Arnell, 2016) و کاهش مواد مغذی خاک و عملکرد محصول (Frenck *et al.*, 2011) تأثیر بگذارد. این واقعیت نشان می‌دهد که در حالی که بخش کشاورزی متأثر از تغییرات اقلیمی است، خود نیز به این تغییرات دامن می‌زند و بنابراین نیاز به اتخاذ رویکردهای پایدار و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در این حوزه بیش از پیش احساس می‌شود.

علاوه بر رشد جمعیت، مصرف انرژی و فعالیت‌های بشر از جمله کشاورزی، تأثیر جهانی شدن بر کیفیت محیط‌زیست نیز در ادبیات بخش انرژی و محیط‌زیست برجسته شده است. از یک سو، مصرف انرژی با ایجاد روابط تجاری و سرمایه‌گذاری افزایش می‌یابد که خود انتشار گازهای گلخانه‌ای را در پی دارد (Ghimire *et al.*, 2021). از سوی دیگر، جهانی شدن می‌تواند فرصتی برای بهبود شرایط اقتصادی و کنترل آلودگی برای کشورها فراهم آورد (Ahad and Khan, 2016). تجارت بین‌الملل می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای انتقال فناوری پایدار عمل کند، زیرا تجارت با تغییر الگوهای تقاضا و رقابتی‌تر کردن تولید، امکان تولید محصولات و خدمات با کارایی بیشتر و اثرات محیط‌زیستی کمتر را فراهم می‌آورد (Abdullahi *et al.*, 2016).

تا کنون مطالعات مختلفی به بررسی روابط بین شاخص‌های اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست پرداختند. در اکثر مطالعات در این زمینه به فرضیه محیط‌زیستی منحنی کوزنتس[1] توجه شده است. پس از آن که سیمون کوزنتس در سال ۱۹۹۵ فرضیه منحنی محیط‌زیستی کوزنتس را هدف قرار داد، به‌طور گسترده به‌عنوان چارچوبی برای بررسی روابط بین رشد اقتصادی و محیط‌زیست استفاده شد. بر اساس فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس، در مراحل ابتدایی رشد اقتصادی، افزایش آلودگی به دلیل استفاده از سوخت‌های فسیلی و فناوری‌های قدیمی اجتناب‌ناپذیر است (Ridzuan *et al.*, 2020). اما در مراحل پیشرفته‌تر، با بهره‌گیری از فناوری‌های پاک و سیاست‌های محیط‌زیستی مناسب، میزان آلودگی کاهش می‌یابد (Raihan & Tuspekova, 2022). این روند در کشورهای پیشرفته‌ای نظیر ایالات متحده و اروپا مشهود است که با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و اتخاذ سیاست‌های هوشمند محیط‌زیستی، موفق به کاهش آلودگی شده‌اند (Fakher *et al.*, 2023). اگرچه اساسا فرضیه منحنی کوزنتس بر رابطه بین درآمد و مجذور آن بر انتشار آلودگی تاکید دارد (Yusuf *et al.*, 2020) اما در برخی از مطالعات به نقش مصرف انرژی نیز در کنار درآمد بر متغیر انتشار آلودگی توجه شده است (Li *et al.*, 2023; Guo *et al.*, 2024; Abban *et al.*, 2022; Gnangoin *et al.*, 2022). به‌عنوان مثال، Gnangoin و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه خود اثرات مصرف انرژی، آزادسازی تجاری و رشد اقتصادی را بر انتشار CO_2 بررسی کردند. در این مطالعه از روش حداقل

مربعات تعمیم یافته و حداقل مربعات دو مرحله‌ای استفاده شد. نتایج مطالعه حاکی از تأثیر منفی مصرف انرژی تجدیدپذیر، صنعتی شدن و باز بودن تجارت و تأثیر مثبت مصرف انرژی تجدیدناپذیر، رشد اقتصادی و سرمایه انسانی بر انتشار آلودگی بود. همچنین Abban و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از تجزیه‌وتحلیل موجک به بررسی رابطه بلندمدت و پیوند بین انرژی تجدیدپذیر، رشد اقتصادی و انتشار CO_2 پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که یک رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیرهای مورد بررسی وجود دارد. به طور جزیی‌تر انرژی تجدیدپذیر رابطه منفی با انتشار آلودگی و جهانی شدن رابطه مثبت با انتشار آلودگی دارد. Chovancová و همکاران (۲۰۲۴) نیز در مطالعه خود نشان داد تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی انتشار CH_4 را در کشورهای OECD افزایش می‌دهد در حالی که مصرف انرژی تجدیدپذیر و توسعه انسانی رشد آن را کاهش می‌دهد. علاوه بر متغیر مصرف انرژی، نقش جمعیت بر انتشار دی‌اکسیدکربن نیز در مطالعات متعددی (Dietz and Rosa, 1997; Begum *et al.*, 2015; Dong *et al.*, 2018; Cahyo *et al.*, 2023; Ahmed *et al.*, 2024) برجسته شد. Ahmed و همکاران (۲۰۲۴) با استفاده از روش رگرسیون چندک، نشان دادند که پیری جمعیت باعث کاهش انتشار آلودگی می‌شود و رشد اقتصادی تأثیر مثبتی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. نتایج مطالعه Cahyo و همکاران (۲۰۲۳) نیز نشان داد جمعیت شهری، مساحت جنگل و صنعتی شدن بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشور اندونزی تأثیر منفی و معنادار دارد. Dong و همکاران (۲۰۱۸) نیز به تأثیر مثبت جمعیت و رشد اقتصادی بر انتشار آلودگی اشاره کردند. رابطه بین باز بودن روابط تجاری و انتشار آلودگی نیز توسط محققان مختلفی مورد مطالعه قرار گرفت. برخی از این مطالعات به تأثیر مثبت باز بودن تجارت بر انتشار آلودگی اشاره کردند (Ulucak and Bilgili, 2018; Ashraf *et al.*, 2023). در مقابل نتایج برخی دیگر از مطالعات نیز حاکی از رابطه منفی بین تجارت و انتشار آلودگی است (Destek & Sarkodie, 2019; Ahmed *et al.*, 2019; Alola *et al.*, 2019; Pan *et al.*, 2023). به‌طور مثال Alola و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از روش خودتوضیحی با وقفه‌های گسترده پنلی به بررسی تأثیر مصرف انرژی تجدیدپذیر، آزادسازی تجاری، تولید ناخالص داخلی بر ردپای اکولوژیک در کشورهای اتحادیه اروپا پرداختند. نتایج نشان داد تأثیر آزادسازی تجاری بر ردپای اکولوژیک در بلندمدت منفی و در کوتاه مدت مثبت است. در مطالعه Chovancová *et al.*, (2024) نیز هیچ اثر قابل‌توجهی از باز بودن تجارت بر انتشار متان برای کشورهای OECD یافت نشد. رابطه بین کشاورزی و محیط‌زیست، از نقطه نظر تأثیرات ناشی از تغییرات آب‌وهوایی بر کشاورزی، موردتوجه مطالعات مختلف بوده است (Simionescu *et al.*, 2021). تأثیر فعالیت کشاورزی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز در مطالعه Tubiello *et al.*, (2013) و Florea *et al.*, (2020) و Qian *et al.*, (2023) بررسی شد. نتایج این مطالعات نشان داد که انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی بین سال‌های مختلف به‌طور میانگین ۱/۱ درصد رشد داشته است. نتایج مطالعه Florea *et al.*, (2020) نیز نشان داد رابطه علّی دوطرفه‌ای بین کشاورزی- رشد اقتصادی و کشاورزی- انتشار گازهای گلخانه‌ای وجود دارد. رشد ارزش‌افزوده بخش کشاورزی در بنگلادش رشد هم‌زمان انتشار گازهای گلخانه‌ای را در پی داشته است. در حالی که رشد مصرف انرژی تجدیدپذیر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را به دنبال دارد. Sharma *et al.*, (2021) با استفاده از رگرسیون آستانه‌ای تأثیر مثبت کشاورزی در مراحل اولیه توسعه و پس از یک آستانه معین، تأثیر منفی آن را بر آلودگی محیط‌زیست گزارش کردند. Adedoyin *et al.*, (2021) با استفاده از مجموعه اطلاعات از هفت کشور در حال توسعه و روش خودتوضیحی با وقفه‌های گسترده پویا نشان دادند که یک واحد افزایش در سرانه تولید ناخالص داخلی انتشار آلودگی

را بین ۰/۵۷- ۰/۹۶ درصد در بلندمدت و ۰/۴۶- ۰/۴۸ درصد در کوتاه مدت افزایش می‌دهد. افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در بلندمدت و کوتاه‌مدت کاهش انتشار کربن بین ۰/۰۷- ۰/۰۴ درصدی را به دنبال دارد. Hassan *et al.*, (2022) در مطالعه خود تاکید کردند که کشاورزی یکی از منابع اصلی انتشار N_2O است و می‌توان انتشار آن را از طریق روش‌های خاک‌ورزی و آبیاری، مدیریت یکپارچه مواد مغذی و تناوب زراعی کاهش داد. Safwan *et al.*, (2024) نیز نشان داد در اکثر کشورهای اتحادیه اروپا کاهش قابل‌توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی ثبت شد و بیشترین کاهش نیز به کشورهای آلمان و فرانسه مربوط است.

مطالعه حاضر به بررسی تأثیر رشد بخش کشاورزی، مصرف انرژی، تجارت آزاد و رشد جمعیت بر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان شاخصی از تغییرات اقلیم و گرمایش زمین برای کشورهای خاورمیانه طی دوره ۲۰۰۰- ۲۰۲۰ می‌پردازد. این منطقه به دلیل حساسیت‌های محیط‌زیستی و اقتصادی، به‌طور خاص تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار دارد. تحقیق حاضر به دنبال پاسخگویی به این سؤال است که آیا فعالیت‌های کشاورزی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین نقشی دارد؟ و آیا نظریه محیط‌زیستی کوزنتس برای کشورهای خاورمیانه تأیید می‌شود؟ برای پاسخ‌گویی به این سؤال از روش تحلیل داده‌های ترکیبی استفاده شد. مرور مطالعات مختلف نشان داد که در اکثر مطالعات گذشته از انتشار دی‌اکسیدکربن به‌عنوان شاخص کیفیت محیط‌زیست استفاده شد. در این مطالعه تلاش شد تا علاوه بر میزان انتشار دی‌اکسیدکربن، میزان انتشار متان و اکسیدنیتروژن به‌عنوان دیگر گازهای گلخانه‌ای که منجر به گرمایش زمین و تغییر اقلیم می‌شود، مورد توجه قرار گیرد. این رویکرد جامع می‌تواند به سیاستگذاران کمک کند تا استراتژی‌های مؤثرتری برای مدیریت تغییرات اقلیمی و ترویج توسعه پایدار در این منطقه طراحی کنند.

مواد و روش

هدف اصلی این مطالعه شناسایی روابط بین رشد بخش کشاورزی، مصرف انرژی، آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای است. بنابراین در این مطالعه از داده‌های ترکیبی کشورهای خاورمیانه[۲] برای سال‌های ۲۰۰۰- ۲۰۲۰ استفاده شد. انگیزه انتخاب کشورهای خاورمیانه این است که توجه کمی به این کشورها شده است و بیشتر مطالعات بر کشورهای توسعه‌یافته در اروپای مرکزی و یا به‌طورکلی اتحادیه اروپا متمرکز بوده است. استفاده از داده‌های ترکیبی باعث می‌شود تا تعداد مشاهدات و داده‌ها در آنها عموماً بسیار بیشتر باشد و لذا اعتماد به برآوردها بیشتر شود. با این مجموعه داده‌ها می‌توان اثراتی را شناسایی و اندازه‌گیری کرد که در داده‌های مقطعی محض یا سری زمانی خالص قابل شناسایی نیست. گاهی استدلال می‌شود داده‌های مقطعی، رفتارهای بلندمدت را نشان می‌دهد (زیرا از افراد مختلف داده جمع‌آوری می‌کند که در یک برش زمانی، نشان‌دهنده رفتارهای بلندمدت آنها ست یا تحت تأثیر عادات و گرایش‌های بلندمدت قرار دارد)، در حالی که در داده‌های سری زمانی بر اثرات کوتاه‌مدت تأکید می‌شود (زیرا حرکت از یک سال‌به‌سال دیگر تحت تأثیر تجدید نظراتی قرار می‌گیرد که فرد در کوتاه‌مدت در رفتار خود ایجاد می‌کند، بنابراین پویایی میان‌دوره‌ای را به نمایش می‌گذارد و نه گرایش استاتیک یا ایستای داده‌های مقطعی را) با ترکیب این دو خصوصیت در داده‌های ترکیبی، که خصوصیت متمایز داده‌های ترکیبی است، ساختار عمومی‌تر و پویاتری را می‌توان تصریح و برآورد کرد (Al-mulali, 2012). رویکرد پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت داده‌ها از نوع کمّی است.

از زمانی که Grossman and Krueger (1995) گزارش پیشگامانه بحث برانگیز خود را در مورد نظریه محیط‌زیستی کوزنتس منتشر کردند، تلاش‌های قابل‌توجهی برای بررسی اثرات محیط‌زیستی توسعه اقتصادی با این فرضیه اختصاص یافت. مدل پایه فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس به‌صورت زیر

نوشته می‌شود (Wang and He, 2019):

$$\ln E_{it} = \beta_0 + \beta_1 lnY_{it} + \beta_2 (lnY_{it})^2 + \varepsilon_{it} \qquad (۱)$$

بر اساس فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس، E_{it} میزان انتشار آلودگی در سال t برای منطقه iام؛ Y_{it} درآمد منطقه i در سال t است. شکل لگاریتمی این مدل می‌تواند نوسانات داده‌ها و تأثیر احتمالی ناهمسانی بین مناطق را کاهش دهد (Wang and He, 2019). همچنین تبدیل همه متغیرها به لگاریتم طبیعی این امکان را فراهم می‌کند تا ضرایب تخمین زده شده به‌عنوان کشش تفسیر شود (Özokc & Özdemir, 2017). $\beta_1 > 0$ و $\beta_2 < 0$ نشان‌دهنده یک رابطه U شکل معکوس بین انتشار آلودگی و درآمد در کشورهای مورد بررسی است و اصطلاحاً فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس برقرار است. نقطه عطف منحنی کوزنتس نیز به صورت $\frac{-\beta_1}{2\beta_2}$ تعریف می‌شود (Yao *et al.*, 2019). در کنار متغیر درآمد، در مطالعات مختلف با توجه به اهداف مطالعه از متغیرهای توضیحی مختلفی بهره گرفته شد. در این مطالعه تلاش شد تا بر اساس مطالعه Florea *et al.*, (2020) و Ghimire *et al.*, (2021) از الگوی زیر استفاده شود:

$$GHG_{it} = f(AGR_{it}. AGR_{it}^2. TR_{it}. POP_{it}. ENC_{it}) \qquad (۲)$$

$$LNGHG_{it} = \alpha_i + \beta_1 lnAGR_{it} + \beta_2 (lnAGR_{it})^2 + \beta_3 lnTR_{it} + \beta_4 lnPOP_{it} + \beta_5 lnENC_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (۳)$$

به‌طوری که GHG_{it} انتشار گازهای گلخانه‌ای (شامل CO_2، CH_4 و N_2O کیلو تن) برای کشور i در سال t، AGR_{it} ارزش افزوده بخش کشاورزی به‌صورت درصدی از GDP به‌عنوان شاخصی از رشد بخش کشاورزی برای کشور i در سال t، TR_{it} شاخص آزادسازی تجاری (نسبت ارزش واردات و صادرات به GDP) برای کشور i در سال t، ENC_{it} مصرف انرژی به‌صورت سرانه (کیلوگرم نفت خام) برای کشور i در سال t و POP_{it} جمعیت برای کشور i در سال t است. به‌منظور بررسی رابطه بین رشد بخش کشاورزی و انتشار گازهای گلخانه‌ای مطابق با رابطه (۳) از فرم لگاریتمی متغیرها استفاده شد. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه طی سال‌های ۲۰۰۰- ۲۰۲۰ از سایت بانک جهانی (World Bank, 2023) بر اساس سال پایه ۲۰۱۵، جمع‌آوری شد.

آزمون‌های ایستایی داده‌های ترکیبی

در این مطالعه از آزمون‌های لوین-لین و چو[۳] (LLC)، ایم پسران و شین[۴] (IPS) و فیشر[۵] (دیکی فولر تعمیم‌یافته) به‌منظور بررسی ایستایی متغیرها استفاده شد. فرضیه صفر برای این آزمون‌ها وجود ریشه واحد (ناایستا) در سری موردنظر است.

هم‌جمعی داده‌های ترکیبی

بررسی وجود هم‌جمعی متغیرها در داده‌های ترکیبی نیز مانند داده‌های سری زمانی اهمیت دارد. زمانی که شواهدی مبنی بر وجود ریشه واحد در داده‌ها وجود داشته باشد، برای پرهیز از وقوع رگرسیون کاذب و نیز تعیین رابطهٔ بلندمدت بین متغیرها، روش هم‌جمعی می‌تواند مفید واقع شود. مهمترین نکته در تجزیه‌وتحلیل‌های هم‌جمعی آن است که با وجود غیرایستا بودن اغلب سری‌های زمانی و داشتن یک‌روند تصادفی افزایشی یا کاهشی در بلندمدت ممکن است که یک ترکیب خطی از این متغیرها همواره ایستا و بدون روند باشند. به‌عبارتی دیگر، در صورت صحیح بودن یک نظریه اقتصادی و ارتباط مجموعه‌ای از این متغیرها انتظار بر این است که ترکیبی از این متغیرها در بلندمدت ایستا و بدون روند باشند. آزمون‌های هم‌جمعی پانلی دارای قدرت و اعتبار بیشتری نسبت به آزمون‌های هم‌جمعی برای هر مقطع به‌صورت جداگانه هستند. این آزمون‌ها حتی در شرایطی که دوره زمانی کوتاه‌مدت و اندازه نمونه نیز کوچک باشد قابلیت استفاده را دارند (Maddala and Wu, 1999). به منظور وجود رابطهٔ بلندمدت در میان متغیرها از آزمون هم‌جمعی انگل- گرانجر (Engle and Granger, 1987) استفاده می‌شود. این آزمون بر مبنای پسماندهای به‌دست آمده از

یک رگرسیون کاذب است که رابطه میان متغیرهای I(1) را برآورد می‌کند. در صورتی که پسماندهای به‌دست آمده در سطح ایستا باشند، می‌توان نتیجه گرفت که رابطهٔ هم‌جمعی در میان متغیرها برقرار است و در صورتی که اجزای پسماند I(1) باشند، رابطهٔ هم‌جمعی وجود ندارد. Pedroni (2004) در آزمون‌های هم‌جمعی امکان وجود اثرات ثابت و روندهای زمانی ناهمگن در بین مقاطع را به‌صورت رابطه زیر در نظر می‌گیرد:

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_{it} + \beta_{1_i}\chi_{1_{it}} + \beta_{2i}\chi_{2it}\dots+\beta_{mi}\chi_{mit} + \varepsilon_{it} \qquad (۴)$$

که در آن $i = 1,2,\dots,N$ نشان‌دهنده کشورهای منتخب، $t = 1,2,\dots,T$ اشاره به دورهٔ زمانی داشته و m به تعداد متغیرهای توضیحی اشاره دارد. α_i و δ_i امکان بررسی اثرات ثابت خاص بخش‌ها و همچنین روندهای معین را فراهم می‌سازند. ε_{it} پسماندهای حاصل از رابطه (۴) می‌باشند. به‌منظور انجام آزمون هم جمعی، از پسماند رابطه بالا استفاده کرده و در ادامه خواهیم داشت:

$$\hat{\varepsilon}_{it} = \rho_i\hat{\varepsilon}_{it-1} + u_{it} \qquad (۵)$$

فرضیه‌های انجام آزمون هم‌جمعی داده‌های پانلی به‌صورت زیر است:

$$H_0: \rho = 1 \\ H_1: \rho < 1 \qquad (۶)$$

که فرضیه صفر بیانگر عدم وجود رابطه هم‌جمعی بین متغیرها در تمام مقاطع و فرضیه آلترناتیو نشان‌دهنده وجود هم‌جمعی بین متغیرهاست. پدرونی هفت آماره مختلف را در دو گروه متمایز جهت بررسی فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود بردار هم‌جمعی در مدل‌های پنل ناهمگن معرفی کرده است. گروه اول آزمون‌ها مشهور به درون‌گروهی[۶] است که عوامل زمانی را در نظر می‌گیرد. این گروه از آزمون‌ها امکان بررسی ناهمگنی در بین بخش‌ها را فراهم می‌آورد. این آماره‌ها بیانگر متوسط آماره آزمون‌های هم‌جمعی پانلی در طول مقاطع هستند. فرضیه‌های این دسته از آماره‌ها برای تمام iها به‌صورت زیر می‌باشد (Zoundi, 2017).

$$H_0: \lambda_i = 1 \\ H_1: \lambda_i = \lambda < 1 \qquad (۷)$$

در این‌جا λ_iها برای تمامی مقاطع ارزش یکسانی دارند و فروض انجام این آزمون به‌صورت (۵) است.

گروه دوم آزمون‌های پدرونی، بین گروهی[۷] نام دارد. فرضیه‌های این دسته از آماره‌ها برای تمام iها به‌صورت رابطه (۶) می‌باشد. لازم به ذکر است که در این‌جا λ_iها برای مقاطع مختلف دارای ارزشی یکسان نیستند و فرضیه صفر نیز بیان‌گر عدم وجود رابطهٔ بلندمدت در میان متغیرها است.

$$H_0: \lambda_i = 1 \\ H_1: \lambda_i < 1 \qquad (۸)$$

بر این اساس هفت آماره‌ای که پدرونی برای آزمون هم‌جمعی پنل به کار برد عبارتند از آماره‌های آزمون درون‌گروهی شامل:

۱- آماره- v پنل[۸]، ۲- آماره- rho پنل[۹]، ۳- آماره- pp پنل[۱۰]، ۴- آماره- ADF پنل[۱۱]

آماره‌های آزمون بین گروهی شامل:

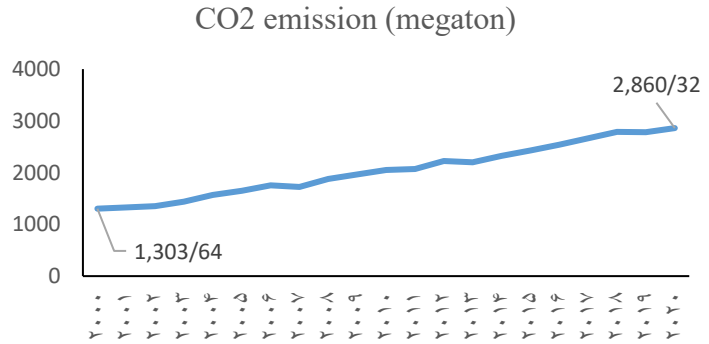
۱- آماره- rho گروهی[۱۲]، ۲- آماره- pp گروهی[۱۳]، ۳- آماره ADF گروهی[۱۴]

هدف آزمون‌های هم‌جمعی پنل در نهایت پاسخ به این پرسش است که آیا رابطهٔ بلندمدتی وجود دارد یا خیر؟ با فرض وجود هم‌جمعی پنل گام بعدی تخمین بردار هم‌جمعی پنل است. در سالیان اخیر رویکردهای محدودی برای تخمین بردار هم‌جمعی پنل‌ها مورد استفاده واقع شده است. رویکرد اول استفاده از روش حداقل مربعات اصلاح‌شده[۱۵] (FMOLS) است که توسط Pedroni (2004) برای تخمین روابط بلندمدت هم‌جمعی پنل معرفی شده است. روش دیگری که کمتر مورد استفاده واقع شده، روش حداقل مربعات معمولی پویا[۱۶] (DOLS) است که توسط Stock and Watson (2003) مطرح شده است که با اعمال

تعدیلاتی در روش حداقل مربعات معمولی واکنش متغیر وابسته را نسبت به تغییرات متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار می‌دهد. از مهمترین مزیت‌های این دو روش در مقایسه با دیگر تخمین‌زننده‌های بردار هم‌جمعی این است که در نمونه‌های کوچک نیز کاربرد داشته، از ایجاد تورش هم‌زمان جلوگیری می‌کند و از توزیع مجانبی نرمال برخوردار است. در این مطالعه برای بررسی اثرات متغیرهای توضیحی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای از روش FMOLS استفاده شد. همچنین با توجه به مطالعه Abrigo and Love (2016) و Love and Zicchino (2006) از مدل خود رگرسیون برداری (VAR) در قالب پنل دیتا برای آزمون روابط علّی بین متغیرهای مورد مطالعه استفاده شده است. این مدل تلفیقی از مدل خود رگرسیونی برداری متعارف که تمامی متغیرها در این سیستم درون‌زا هستند، با روش پنل دیتا است. به‌منظور برآورد مدل از نرم‌افزار Eviews بهره گرفته شد.

نتایج

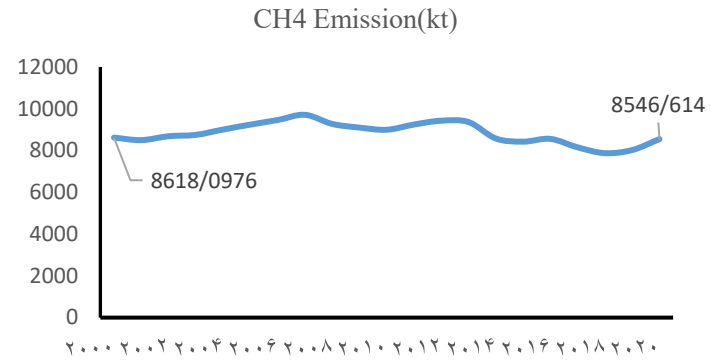
در این بخش ابتدا روند مجموع انتشار گازهای گلخانه‌های در کشورهای خاورمیانه ارائه شد. همان‌طور که در نمودار (۱) پیدا است انتشار دی‌اکسیدکربن در این منطقه روند صعودی داشته و از ۱۳۰۳/۶۳۶ مگاتن در ابتدای دوره مورد بررسی به ۲۸۶۰/۳۱۹ مگاتن در انتهای دوره می‌رسد. میانگین رشد سالانه این متغیر در دوره مورد مطالعه معادل ۴/۰۴ درصد به‌دست آمده است. میانگین سالانه میزان انتشار دی‌اکسیدکربن برای کشورهای خاورمیانه (جدول ۱) حاکی از آن است که بیشترین میزان انتشار آلودگی برای ایران (معادل ۵۷۶/۱۰ مگاتن) و کمترین آن برای لبنان (۲۰/۷۴ مگاتن) به‌دست آمده است. پس از ایران، عربستان با ۵۱۰/۵۳ مگاتن بیشترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن را به خود اختصاص داده است. پس از آن مصر با ۱۹۲/۳۰ مگاتن و امارات و عراق به‌ترتیب با ۱۷۰/۴۰ مگاتن و ۱۳۸/۲۵ مگاتن در رده‌های بعدی قرار دارند (World Bank, 2023).



شکل ۱- روند انتشار دی‌اکسیدکربن در منطقه خاورمیانه (World Bank, 2023)

Fig 1- Trends in carbon dioxide emissions in the Middle East region (World Bank, 2023)

نمودار (۲) روند تغییرات مجموع انتشار گاز گلخانه‌ای متان (CH_4) است. همان‌طور که مشخص است در سال‌های ابتدایی این متغیر روند افزایشی را تجربه کرد. در ادامه همراه با نوساناتی بوده است. به‌طور جزیی‌تر میزان انتشار CH_4 در ابتدای دوره مورد بررسی ۸۶۱۸ کیلوتن است که در انتهای دوره به ۸۵۴۶ کیلوتن می‌رسد. بیشترین میزان انتشار این نوع گاز در سال ۲۰۰۷ رقم خورده است (World Bank, 2023). میانگین تغییرات سالانه این متغیر نیز طی دوره مورد بررسی ۱/۶۵ درصد محاسبه شد. نتایج نشان داد ایران با میانگین ۳۲۵۴ کیلوتن انتشار گاز متان در سال و مصر و یمن به‌ترتیب با ۲۵۳۰ کیلوتن و ۶۹۴ کیلوتن، در رده‌های اول تا سوم کشورهای آلوده‌کننده خاورمیانه قرار دارند. کمترین میزان انتشار این نوع گاز گلخانه‌ای برای کشورهای بحرین (۳/۳۷ کیلوتن) و کویت (۲۳/۳۱ کیلوتن) به‌دست آمده است (جدول ۱).



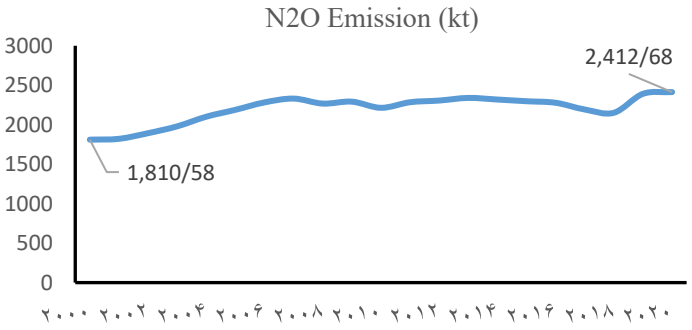
شکل ۲- روند انتشار گاز متان در منطقه خاورمیانه (World Bank, 2023)

Fig. 2- Trends in methane emissions in the Middle East region (World Bank, 2023)

نمودار (۳) روند تغییرات انتشار گاز اکسیدنیتروژن (N_2O) در منطقه خاورمیانه ارائه شد. بر اساس نتایج می‌توان بیان نمود که میزان انتشار این نوع گاز گلخانه‌ای در ابتدای دوره مورد مطالعه ۱۸۱۰ کیلوتن و در انتهای دوره معادل ۲۴۱۱ کیلوتن است. میانگین تغییرات سالانه انتشار گاز N_2O طی دوره مورد مطالعه معادل ۱/۵۱ درصد به‌دست آمده است. اطلاعات مستخرج از بانک جهانی (جدول ۱) نشان داد که میانگین انتشار سالانه این نوع گاز برای کشورهای یمن (۶۹۴ کیلوتن)، سوریه (۵۷۴ کیلوتن) و ایران (۲۹۶ کیلوتن) بیش از کشورهای دیگر است. مصر با ۲۵۱ کیلوتن و امارات با ۱۶۱ کیلوتن انتشار در سال در رده‌های بعدی قرار دارند. بحرین با ۰/۶۸ کیلوتن و کویت با ۴/۷۷ کیلوتن جزو کشورهای با کمترین میزان انتشار محسوب می‌شوند (World Bank, 2023).

در جدول (۱) میانگین متغیرهای به‌کار رفته در این مطالعه برای کشورهای خاورمیانه ارائه شد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود کشورهای قطر، بحرین و کویت از نظر میزان مصرف انرژی رده‌های اول تا سوم را به خود اختصاص داده‌اند. به طور جزیی‌تر متوسط مصرف سرانه انرژی در سال در این کشورها به ترتیب ۱۷۴۷۱ کیلوگرم نفت خام، ۱۰۸۵۵ کیلوگرم نفت خام و ۱۰۰۹۸ کیلوگرم نفت خام است. ایران از نظر سرانه مصرف انرژی با ۲۷۰۵ کیلوگرم نفت خام در بین این کشور رتبه ۹ را دارد. بررسی ارزش افزوده بخش کشاورزی به صورت درصدی از تولید ناخالص داخلی کشورها نیز نشان داد که میانگین سالانه این متغیر برای یمن، مصر و ایران بیشتر از کشورهای دیگر است. بحرین، امارات و اردن نیز از نظر شاخص آزادسازی تجاری در وضعیت بهتری نسبت به سایر کشورها قرار دارند.

در ادامه نتایج ایستایی متغیرهای مورد بررسی در جدول (۲) گزارش شد. نتایج ایستایی نشان داد تمامی متغیرهای مورد بررسی با یک‌بار تفاضل‌گیری ایستا هستند.



شکل ۳- روند انتشار گاز N_2O در منطقه خاورمیانه (World Bank, 2023)

Fig. 3- Trends in N_2O emissions in the Middle East region (World Bank, 2023)

جدول ۱- میانگین متغیرهای مورد مطالعه برای کشورهای خاورمیانه طی دوره ۲۰۰۰- ۲۰۲۰

Table 1- Average values of the studied variables for Middle Eastern countries during the period 2000–2020

کشور	سرانه مصرف انرژی (کیلوگرم نفت خام)	جمعیت (میلیون نفر)	آزاد سازی تجاری (GDP٪)	CO2 (مگاتن)	CH4 (کیلوتن)	N2O (کیلوتن)	ارزش افزوده بخش کشاورزی ٪ از GDP
بحرین	۱۰۸۵۵	۱/۱۲	۱/۴۷	۲۷/۲۳	۳/۳۷	۰/۶۸	۰/۴۶
مصر	۸۱۷	۸۲/۲۷	۰/۴۸	۱۹۲/۳۰	۲۵۳۰/۵۰	۲۵۱/۷۴	۱۲/۸۵
ایران	۲۷۰۵	۷۳/۲۴	۰/۴۷	۵۷۶/۱۰	۳۲۵۴/۹۳	۲۹۶/۷۴	۸/۳۷
عراق	۱۲۲۷	۳۰/۱۲	۰/۹۲	۱۳۸/۲۵	۶۱۷/۳۹	۵۹/۶۹	۵/۲۱
فلسطین	۲۸۸۱	۷/۵۲	۰/۶۹	۶۵/۱۲	۸۴/۰۸	۱۵/۵۲	۱/۶۳
اردن	۹۹۲	۷/۲۲	۱/۱۶	۲۳/۲۸	۷۹/۱۱	۹/۲۷	۳/۳۲
کویت	۱۰۰۹۸	۲/۹۵	۰/۹۳	۸۶/۷۲	۲۳/۳۱	۴/۷۷	۰/۳۹
لبنان	۱۱۹۳	۵/۲۴	۰/۷۹	۲۰/۷۴	۳۶/۵۶	۸/۱۶	۴/۱۰
لیبی	۲۹۳۷	۶/۰۶	۰/۹۶	۵۴/۴۹	۲۳۲/۳۲	۲۱/۰۴	۲/۹۴
عمان	۵۵۱۷	۳/۲۱	۰/۹۸	۵۴/۴۹	۱۳۲/۳۷	۹/۳۸	۱/۶۹
عربستان	۶۱۱۷	۲۶/۹۵	۰/۷۷	۵۱۰/۵۳	۴۱۲/۲۸	۶۲/۳۷	۳/۱۱
امارات	۸۶۰۶	۶/۹۲	۱/۳۹	۱۷۰/۴۰	۱۶۱/۶۴	۱۶۱/۶۴	۱/۱۲
یمن	۳۲۰	۲۲/۶۹	۰/۲۷	۲۱/۶۹	۶۹۴/۳۲	۶۹۴/۳۲	۱۶/۲۵
قطر	۱۷۴۷۱	۱/۶۴	۰/۹۳	۶۱/۲۹	۲۷/۴۲	۲۷/۴۲	۰/۱۸
سوریه	۸۷۴	۱۸/۷۰	۰/۶۱	۴۲/۹۷	۵۷۴/۸۷	۵۷۴/۸۷	۲۶/۸۹

مأخذ: بانک جهانی (Worl Bank, 2023) – سال پایه ۲۰۱۵

جدول ۲- نتایج آزمون ایستایی متغیرهای مورد بررسی

Table 2- Results of stationary test

متغیرها	لوین-لین و چو	ایم-پسران و شین	ADF فیشر	وضعیت ایستایی
لگاریتم انتشار CO_2	-7.02^{***} (0.00)	-6.57^{***} (0.00)	96.48^{***} (0.00)	I(1)
لگاریتم انتشار CH4	-8.52^{***} (0.00)	-6.32^{***} (0.00)	92.36^{***} (0.00)	I(1)
لگاریتم انتشار N2O	-6.01^{***} (0.00)	-5.64^{***} (0.00)	87.26^{***} (0.00)	I(1)
لگاریتم ارزش افزوده بخش کشاورزی	-0.24 (0.40)	-3.26^{***} (0.00)	56.91^{***} (0.00)	I(1)
لگاریتم مصرف انرژی سرانه	-4.72^{***} (0.00)	-3.93^{***} (0.00)	64.68^{***} (0.00)	I(1)
لگاریتم آزادسازی تجاری	-7.30^{***} (0.00)	-5.41^{***} (0.00)	82.32^{***} (0.00)	I(1)
لگاریتم جمعیت	-18.09^{***} (0.00)	-16.36^{***} (0.00)	212.28^{***} (0.00)	I(1)

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*** معنی‌داری در سطح ۱ درصد می‌باشد.)

نتایج ایستایی متغیرها نشان داد که شک وجود رگرسیون کاذب قابل تایید بوده و نیاز به بررسی رابطه بین متغیرها می‌باشد؛ برای این منظور به ارائه نتایج آزمون هم‌جمعی پانل بر اساس آماره‌های پدرونی و کائو پرداخته شد. آزمون پدرونی به ترتیب برای سه حالت با عرض از مبدأ، با عرض از مبدأ و روند، بدون عرض از مبدأ و روند مورد بررسی قرار گرفت. چنان چه بیشتر آماره‌های این آزمون معنی‌دار باشند، می‌توان فرضیه صفر مبتنی بر عدم وجود بردار هم‌جمعی را رد کرد. نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد برای سه مدل مورد مطالعه از بین چهار آماره درون‌گروهی، آماره‌های PP تلفیقی، ADF تلفیقی در سه مدل در حالت‌های با عرض از مبدأ، با عرض از مبدأ و روند، بدون عرض از مبدأ و روند در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشند. همچنین از بین سه آماره بین گروهی، دو آماره PP گروهی و ADF گروهی نیز برای سه حالت با عرض از مبدأ، با عرض از مبدأ و روند، بدون عرض از مبدأ و روند در سطح یک درصد معنی‌دار است. بنابراین از بین هفت آماره آزمون هم‌جمعی پدرونی، چهار آماره وجود رابطه بلندمدت را برای تایید می‌کنند.

نتایج آماره کائو در جدول (۴) نیز نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبتنی بر عدم وجود بردار هم‌جمعی برای سه مدل مورد بررسی در سطح معنی‌داری قابل قبولی رد می‌شود. به‌طورکلی نتایج آزمون هم‌جمعی پدرونی و کائو نشان می‌دهد که میان متغیرهای انتشار گازهای گلخانه‌ای، فعالیت‌های کشاورزی، مصرف انرژی، تجارت و جمعیت رابطه بلندمدت وجود دارد.

جدول ۳- نتایج آزمون هم‌جمعی پدرونی

Table 3- Results of pedroni cointegration test

آماره آزمون	مدل اول $CO2_{it} = f(AGR_{it}.TR_{it}.POP_{it}.ENC_{it})$			مدل دوم $CH4_{it} = f(AGR_{it}.TR_{it}.POP_{it}.ENC_{it})$			مدل سوم $N2O_{it} = f(AGR_{it}.TR_{it}.POP_{it}.ENC_{it})$		
	با عرض از مبدا	با عرض از مبدا و روند	بدون عرض از مبدا و روند	با عرض از مبدا	با عرض از مبدا و روند	بدون عرض از مبدا و روند	با عرض از مبدا	با عرض از مبدا و روند	بدون عرض از مبدا و روند
آماره V- تلفیقی	-0.26 (0.60)	-0.58 (0.72)	-1.43 (0.92)	-0.25 (0.60)	-1.63 (0.94)	-0.70 (0.75)	-0.61 (0.73)	-2.54 (0.99)	-0.78 (0.78)
آماره RHO- تلفیقی	0.91 (0.81)	1.71 (0.95)	-1.11 (0.86)	-0.07 (0.46)	0.86 (0.80)	0.07 (0.53)	0.93 (0.82)	2.34 (0.99)	0.60 (0.72)
آماره PP- تلفیقی	-3.56*** (0.00)	-7.24*** (0.00)	-1.10 (0.13)	-6.20*** (0.00)	-8.32*** (0.00)	-2.78*** (0.00)	-5.13*** (0.00)	-5.27*** (0.00)	-2.46*** (0.00)
آماره ADF- تلفیقی	-0.05 (0.47)	-3.57*** (0.00)	0.28 (0.61)	-2.73*** (0.00)	-1.99** (0.02)	-1.01 (0.15)	-3.94*** (0.00)	-3.58*** (0.00)	-1.89*** (0.00)
آماره RHO- گروهی	2.35 (0.99)	3.63 (0.99)	3.04 (0.99)	2.16 (0.98)	3.74 (0.99)	2.54 (0.99)	2.25 (0.98)	3.63 (0.99)	2.61 (0.99)
آماره PP- گروهی	-4.51*** (0.00)	-8.76*** (0.00)	-0.95 (0.17)	-4.65*** (0.00)	-10.8*** (0.00)	-0.35 (0.35)	-9.46*** (0.00)	-10.67*** (0.00)	-3.63*** (0.00)
آماره ADF- گروهی	-0.83 (0.20)	-2.59*** (0.00)	-1.09 (0.13)	-2.49*** (0.00)	-2.84*** (0.00)	-0.15 (0.43)	-5.92*** (0.00)	-4.34*** (0.00)	-2.38*** (0.00)

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*، **و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد می‌باشد.)

جدول ۴- نتایج آزمون هم‌جمعی کائو
Table 4- Results of KAO cointegration test

آزمون کائو	آماره
مدل اول $CO2_{it} = f(AGR_{it}.TR_{it}.POP_{it}.ENC_{it})$	-5.68***(0.00)
مدل دوم $CH4_{it} = f(AGR_{it}.TR_{it}.POP_{it}.ENC_{it})$	-1.81** (0.03)
مدل سوم $N2O_{it} = f(AGR_{it}.TR_{it}.POP_{it}.ENC_{it})$	-3.16***(0.00)

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*، **و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد می‌باشد.)

نتایج تخمین رابطه بلندمدت عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در جدول (۵) گزارش شد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ضریب برآوردی تمامی متغیرهای توضیحی در سطح قابل قبولی معنی‌دار هستند. ضریب برآوردی متغیر لگاریتم ارزش افزوده بخش کشاورزی مثبت و برابر ۰/۰۶۱ و ضریب برآوردی توان دوم این متغیر ۰/۱۷- به‌دست آمد. علامت مثبت ضریب متغیر لگاریتم ارزش افزوده بخش کشاورزی و علامت منفی توان دوم آن بیانگر پذیرش فرضیه کوزنتس در مطالعه حاضر است. بر اساس ضرایب به‌دست آمده می‌توان بیان نمود که تا سطح ۲۲۷۵/۱۶ میلیون دلار ارزش افزوده بخش کشاورزی در کشورهای خاورمیانه، انتشار دی‌اکسیدکربن افزایش می‌یابد و به حداکثر خود می‌رسد. در ادامه مسایل محیط‌زیستی از اهمیت بیشتری برخودار شده و انتشار آلودگی کاهش می‌یابد. نتایج مطالعات Reynolds *et al.*, (2015) و Ullah *et al.*, (2018) نیز نشان داد که تولید محصولات کشاورزی به‌خصوص غلات تاثیر مثبتی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. به‌نحوی که با افزایش ۱ درصدی در تولید این محصولات می‌توان انتظار داشت که انتشار دی‌اکسیدکربن ۰/۰۳ درصد افزایش یابد. تولید و استفاده از کودهای شیمیایی به‌منظور بهبود تولید در این بخش فرآیندی انرژی بر است که خود منجر به انتشار CO_2 می‌شود. ماشین‌آلات کشاورزی نیز از سوخت فسیلی استفاده می‌کنند که در فرآیند احتراق، CO_2 آزاد می‌کنند. رشد بخش کشاورزی و افزایش سطح زیرکشت، نیاز به ماشین‌آلات بیشتر را به دنبال دارد و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای افزایش می‌یابد. همچنین یکی دیگر از عوامل تشدیدکننده انتشار آلودگی، تبدیل جنگل و مراتع به زمین‌های کشاورزی است که به معنای از بین رفتن پوشش‌های گیاهی که جذب‌کننده دی‌اکسیدکربن هستند، می‌باشد. اگر چه بخش کشاورزی می‌تواند کربن را در خاک ذخیره کند و از طریق فتوسنتز CO_2 جذب کند، اما در صورت عدم مدیریت صحیح و پایدار، اثر خالص آن بر انتشار گازهای گلخانه‌ای مثبت خواهد شد. نتایج همچنین حاکی از وجود رابطه مثبت بین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و آزادسازی تجاری است. به‌طور جزیی‌تر با افزایش ۱ درصد در شاخص آزادسازی تجاری، با فرض ثابت بودن سایر شرایط، میزان انتشار آلودگی ۰/۰۷۲ درصد افزایش می‌یابد. نتایج مطالعه Ashraf *et al.*, (2023) نشان داد که آزادسازی تجاری منجر به افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن برای کشورهای بریک شده است. در مقابل Pan *et al.*, (2023) در مطالعه خود نشان دادند که افزایش تجارت منجر به کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن و کاهش تجارت منجر به افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در پاکستان شده است. آزادسازی تجاری معمولا با رشد اقتصادی همراه است. این رشد اقتصادی اغلب منجر به صنعتی شدن و افزایش تولید در بخش‌های انرژی بر می‌شود. از سوی دیگر واردات کالاهای تولیدی با شدت انرژی بالا، مصرف انرژی را بالا می‌برد. این افزایش مصرف انرژی به‌ویژه اگر از طریق سوخت‌های فسیلی تأمین شود مستقیما به افزایش انتشار CO_2 منجر خواهد شد. در برخی کشورهای خاورمیانه، وابستگی اقتصادی به منابع‌طبیعی (مانند نفت و گاز) زیاد است. آزادسازی تجاری در این کشورها ممکن است باعث

افزایش تمرکز بر صادرات منابع‌طبیعی شود و به این ترتیب، ساختار اقتصادی متنوع‌تری به‌وجود نیاید. این تمرکز بر صادرات منابع‌طبیعی می‌تواند انتشار دی‌اکسیدکربن را افزایش دهد، چرا که استخراج، تصفیه و حمل‌ونقل منابع‌طبیعی به مصرف انرژی زیاد و انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر می‌شود. ضریب برآوردی متغیر جمعیت نیز معادل ۱/۰۶۶ درصد است. بنابراین افزایش یک‌درصدی در جمعیت کشورهای خاورمیانه منجر به افزایش ۱/۰۶۶ درصدی انتشار گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود. افزایش جمعیت به معنای افزایش تقاضا برای انرژی است. افزایش تقاضا چه برای مصارف خانگی، چه برای حمل‌ونقل و چه برای فعالیت‌های صنعتی نیاز به تولید بیشتر انرژی دارد که در این گروه از کشورها بیشتر از منابع فسیلی تأمین می‌شود. همچنین رشد جمعیت نیاز به توسعه زیرساخت‌ها مانند مسکن، جاده‌ها، فرودگاه‌ها و تأسیسات شهری را افزایش می‌دهد. ساخت و نگهداری این زیرساخت‌ها مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن را به دنبال دارد. در نهایت رابطه بین میزان مصرف انرژی و انتشار CO_2 در کشورهای مورد بررسی مثبت ارزیابی شد. بنابراین، انتظار می‌رود با افزایش ۱ درصدی در میزان مصرف انرژی در کشورهای خاورمیانه، میزان آلودگی محیط‌زیست ۰/۶۰۴ درصد رشد می‌کند. نتایج مطالعه Li *et al.*, (2023) برای ۵ کشور برتر منتشرکننده دی‌اکسیدکربن نشان داد که همبستگی بالایی بین مصرف انرژی و انتشار آلودگی وجود دارد.

جدول ۵- نتایج تخمین روابط بلندمدت عوامل مؤثر بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن (FMOLS)
Table 5- Results of long-run relationships for factors affecting CO_2 emissions (FMOLS)

متغیر	ضریب	انحراف معیار	Prob
LNAGR	0.061^{*}	0.032	0.065
$LNAGR^2$	-0.17^{***}	0.047	0.000
LNTR	0.072^{**}	0.032	0.026
LNPOP	1.066^{***}	0.001	0.000
LNENC	0.604^{***}	0.006	0.000
R^2		0.97	

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*، **و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد می‌باشد.)

نتایج مربوط به عوامل مؤثر بر انتشار گاز متان در کشورهای خاورمیانه در جدول (۶) گزارش شد. بر اساس نتایج، رابطه بین افزایش ارزش‌افزوده بخش کشاورزی و انتشار گاز متان در کشورهای مورد مطالعه مثبت است. علامت ضریب برآوردی توان دوم لگاریتم ارزش‌افزوده بخش کشاورزی نیز منفی است. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان نمود که فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس برای کشورهای مورد مطالعه صادق است. نتایج محاسبه نقطه عطف منحنی انتشار گاز متان نیز برای کشورهای خاورمیانه نشان داد تا سطح ۸۹۰۵/۰۲ میلیون دلار ارزش‌افزوده بخش کشاورزی، روند انتشار گاز گلخانه‌ای روند صعودی داشته و به حداکثر خود می‌رسد. پس از آن نیز همراه با اهمیت بیشتر مسایل کیفیت محیط‌زیست، رشد بخش کشاورزی با کاهش انتشار گاز متان همراه است. نتایج مطالعه Qian *et al.*, (2023) نشان داد که ۴۸ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به زمین‌های زراعی است و افزودن مواد آلی و غرقاب مداوم شالیزارها هر دو از منابع انتشار متان هستند. توسعه بخش کشاورزی به چند دلیل مهم می‌تواند منجر به افزایش انتشار گاز متان در جو شود. دامداری‌ها مهمترین منبع انتشار متان در کشاورزی است. رشد بخش دامداری، به‌ویژه پرورش دام‌های صنعتی، به افزایش قابل‌توجه انتشار متان در جو

می‌انجامد. کشت برنج در شالیزار نیز شرایط مناسبی را برای رشد باکتری‌های متانوژن فراهم می‌کند. این باکتری‌ها در محیط‌های غرقابی و بدون اکسیژن، متان تولید می‌کند. همچنین کودهای حیوانی حاوی مقادیر زیادی مواد آلی هستند که در صورت تجزیه در شرایط بی‌هوازی (بدون اکسیژن)، متان تولید می‌کنند. اگر این کودها به‌طور مناسب مدیریت نشوند می‌توانند منبع مهمی از انتشار متان باشند. متان یک گاز گلخانه‌ای بسیار قوی است. اگرچه عمر آن در جو کوتاه‌تر از دی‌اکسیدکربن است (حدود ۱۲ سال در مقابل صدها سال برای CO_2)، اما توانایی آن در جذب گرما بسیار بیشتر از دی‌اکسیدکربن است. بنابراین افزایش انتشار متان از فعالیت‌های کشاورزی به گرمایش جهانی و تغییر اقلیم کمک می‌کند. بنابراین کاهش انتشار متان از بخش کشاورزی یکی از راهکارهای مهم مبارزه با تغییر اقلیم است که می‌تواند از طریق بهبود مدیریت دامداری‌ها، استفاده از روش‌های کشت برنج با انتشار کمتر متان، مدیریت بهتر کودهای حیوانی و مدیریت پسماندهای کشاورزی انجام شود. ضریب برآوردی متغیر تجارت در مدل موردنظر مثبت اما در سطح قابل قبولی معنی‌دار نشده است. ضریب برآوردی متغیر جمعیت و انرژی نیز به ترتیب معادل ۰/۷۱۱ و ۰/۲۱۸ درصد به‌دست آمد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که با افزایش ۱ درصد در جمعیت و مصرف انرژی در این کشورها، انتشار گاز متان به ترتیب معادل ۰/۷۱۱+ درصد و ۰/۲۱۸+ درصد تغییر کند. به‌طورکلی انتظار می‌رود که در اکثر کشورهای خاورمیانه، رابطه بین مصرف انرژی و انتشار متان مثبت باشد. نتایج مطالعه Guo *et al.*, (2024) نشان داد با افزایش مصرف نفت و واردات گاز طبیعی در چین میزان انتشار متان افزایش یافته است. کاهش نسبی انتشار متان با افزایش مصرف انرژی تنها در شرایطی خاص مانند جایگزین سوخت‌های فسیلی با منابع انرژی کم کربن، انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود قابل توجه راندمان انرژی محقق خواهد شد.

جدول ۶- نتایج تخمین روابط بلندمدت عوامل مؤثر بر انتشار گاز متان (FMOLS)
Table 6- Results of long-run relationships for methan emissions (FMOLS)

متغیر	ضریب	انحراف معیار	Prob
LNAGR	0.130^{***}	0.037	0.000
$LNAGR^2$	-0.085^{***}	0.013	0.000
LNTR	0.051	0.060	0.404
LNPOP	0.711^{***}	0.049	0.000
LNENC	0.218^{***}	0.072	0.000
R^2		0.99	

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*، **و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد می‌باشد.)

در نهایت نتایج عوامل مؤثر بر انتشار گاز اکسیدنیتروژن در کشورهای خاورمیانه در جدول (۷) گزارش شد. ضریب برآوردی متغیر لگاریتم ارزش افزوده بخش کشاورزی مثبت و بیانگر افزایش انتشار این نوع گاز گلخانه‌ای در نتیجه رشد بخش کشاورزی است. نتایج مطالعه Yusuf *et al.*, (2020) حاکی از تأثیر مثبت رشد اقتصادی بر انتشار CO_2 و متان در بلندمدت است. نتایج مطالعه Hassan *et al.*, (2022) نیز حاکی از تأثیر مثبت فعالیت‌های کشاورزی بر انتشار آلودگی است. تأثیر این متغیر بر انتشار اکسیدنیتروژن اگر چه مثبت است اما از نظر آماری ناچیز بود. افزایش انتشار اکسیدنیتروژن در نتیجه توسعه بخش کشاورزی در کشورهای خاورمیانه عمدتاً به استفاده از

کودهای نیتروژنی و مدیریت نامناسب کودهای حیوانی مرتبط است. کودهای نیتروژنی که برای افزایش بهره‌وری کشاورزی به‌طور گسترده استفاده می‌شوند، منبع اصلی انتشار N_2O هستند. گیاهان تنها بخشی از نیتروژن موجود در کود را جذب می‌کنند. بخش باقیمانده می‌تواند به اشکال مختلف از جمله اکسید نیتروژن به اتمسفر آزاد شود. این فرایند می‌تواند از طریق فرآیندهای میکروبی در خاک اتفاق بیفتد، به‌ویژه در شرایطی که خاک به‌خوبی زهکشی نشده و دارای رطوبت زیاد باشد. آبیاری بیش‌ازحد نیز می‌تواند منجر به شرایط بی‌هوازی در خاک شود که به نوبه خود، تولید و انتشار N_2O افزایش می‌دهد. انتشار این نوع گاز می‌تواند منجر به جذب گرما، تغییر در الگوی بارش و از دست رفتن تنوع‌زیستی و اختلال در زنجیره‌های غذایی شود. با توجه علامت ضرایب متغیر لگاریتم ارزش‌افزوده بخش کشاورزی و مجذور این متغیر می‌توان ادعا نمود که فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس در این شرایط نیز برای کشورهای خاورمیانه مورد تأیید است. با توجه به محاسبه نقطه عطف انتشار آلودگی برای گاز گلخانه‌ای موردنظر، می‌توان بیان نمود که میزان انتشار گاز اکسیدنیتروژن در مقایسه با گاز متان و دی‌اکسیدکربن در سطح بالاتری از ارزش‌افزوده بخش کشاورزی کشورهای مورد مطالعه (۱۰۵۴۷/۶ میلیون دلار) به حداکثر خود می‌رسد و سپس کاهش می‌یابد. ضریب برآوردی متغیر آزادسازی تجاری مثبت و معادل ۰/۱۳۱ است. این ضریب نشان می‌دهد با افزایش یک درصد در شاخص آزادسازی تجاری، انتشار آلودگی در کشورهای خاورمیانه افزایش یافته است. رشد جمعیت نیز تأثیر مثبتی بر انتشار اکسیدنیتروژن دارد. این در حالی است که افزایش مصرف انرژی در این کشورها کاهش انتشار N_2O را به دنبال داشته است. اگر افزایش مصرف انرژی از منابعی تأمین شود که در مقایسه با منابع فسیلی، انتشار N_2O کمتری داشته باشند، ضریب منفی می‌تواند نتیجه این جایگزینی باشد. همچنین اگر افزایش مصرف انرژی هم‌زمان با بهبود روش کشاورزی و مدیریت کودهای نیتروژنی باشد، می‌تواند اثر منفی بر انتشار این نوع گاز داشته باشد. نتایج مطالعه Yusuf *et al.*, (2020) نشان داد در بلندمدت مصرف انرژی تأثیر مثبتی بر انتشار CO_2، متان و اکسیدنیتروژن دارد اما در کوتاه‌مدت اثر آن ناچیز است.

در نهایت بررسی رابطه علّی بین متغیرهای مورد بررسی حاکی از وجود رابطه علّی دوطرفه بین جمعیت با انتشار دی‌اکسیدکربن، انتشار متان، مصرف انرژی و توسعه کشاورزی است. همچنین یک رابطه علّی یک‌طرفه از جمعیت به آزادسازی تجاری، آزادسازی تجاری به انتشار متان، مصرف انرژی به انتشار متان، جمعیت به انتشار اکسیدنیتروژن و مصرف انرژی به توسعه کشاورزی در مطالعه حاضر مشاهده شد. شکل (۴) رابطه علّی- معلولی بین متغیرهای مورد بررسی را بر اساس نتایج جدول (۸) برای کشورهای خاورمیانه نشان می‌دهد.

جدول ۷- نتایج تخمین روابط بلندمدت عوامل مؤثر بر انتشار گاز اکسید نیتروژن (FMOLS)

Table 7- Results of long-run relationships for N2O emissions (FMOLS)

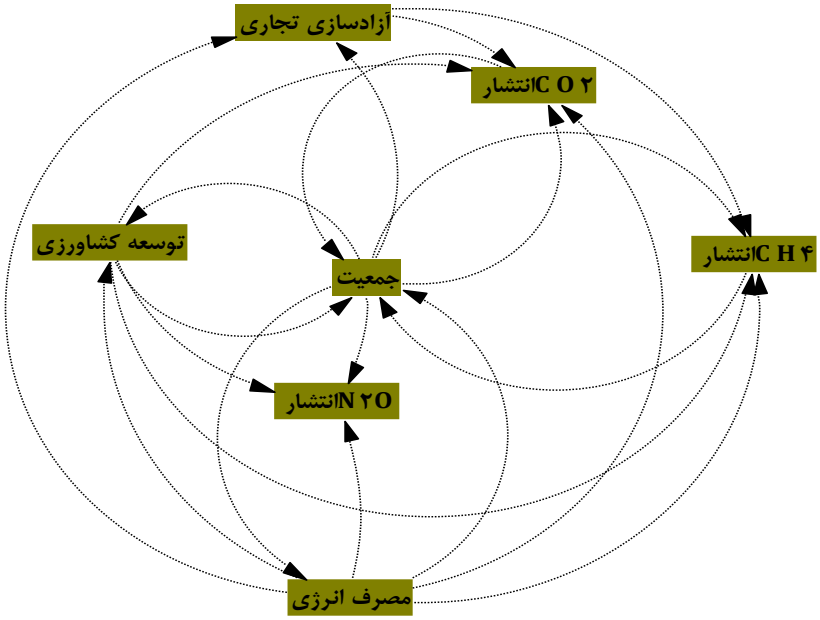
متغیر	ضریب	انحراف معیار	Prob
LNAGR	0.109^{***}	0.039	0.000
$LNAGR^2$	-0.065^{***}	0.014	0.000
LNTR	0.131^{**}	0.063	0.041
LNPOP	0.754^{***}	0.052	0.000
LNENC	-0.174^{**}	0.076	0.023
R^2		0.99	

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*، **و *** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد می‌باشد.)

جدول ۸- نتایج بررسی رابطه علّی بین متغیرهای موردبررسی

Table 8- Results of the causality analysis between the variables under investigation

نتیجه	Prob	F-Statistic	علّیت گرانجری
رد	0.045	3.13**	**LNENC does not Granger Cause LNCO2**
پذیرش	0.39	0.93	**LNCO2 does not Granger Cause LNENC**
رد	0.009	4.78***	**LNPOP does not Granger Cause LNCO2**
رد	0.016	4.14**	**LNCO2 does not Granger Cause LNPOP**
رد	0.074	2.62*	**LNTR does not Granger Cause LNCO2**
پذیرش	0.741	0.30	**LNCO2 does not Granger Cause LNTR**
رد	0.050	2.98**	**LNAGR does not Granger Cause LNCO2**
پذیرش	0.287	1.25	**LNCO2 does not Granger Cause LNAGR**
رد	0.098	0.51*	**LNENC does not Granger Cause LNCH4**
پذیرش	0.421	0.86	**LNCH4 does not Granger Cause LNENC**
رد	0.069	2.69*	**LNPOP does not Granger Cause LNCH4**
رد	0.001	6.49***	**LNCH4 does not Granger Cause LNPOP**
رد	0.061	2.82*	**LNTR does not Granger Cause LNCH4**
پذیرش	0.749	0.28	**LNCH4 does not Granger Cause LNTR**
رد	0.064	1.88*	**LNAGR does not Granger Cause LNCH4**
پذیرش	0.285	1.25	**LNCH4 does not Granger Cause LNAGR**
پذیرش	0.836	0.17	**LNN2O does not Granger Cause LNENC**
رد	0.042	1.21**	**LNENC does not Granger Cause LNN2O**
رد	..0.095	2.37*	**LNPOP does not Granger Cause LNENC**
رد	0.050	2.86**	**LNENC does not Granger Cause LNPOP**
پذیرش	0.233	1.46	**LNTR does not Granger Cause LNENC**
رد	0.030	3.54**	**LNENC does not Granger Cause LNTR**
پذیرش	0.739	0.30	**LNAGR does not Granger Cause LNENC**
رد	0.010	4.61**	**LNENC does not Granger Cause LNAGR**
رد	0.080	2.55*	**LNPOP does not Granger Cause LNN2O**
پذیرش	0.474	0.74	**LNN2O does not Granger Cause LNPOP**
رد	0.040	3.24**	**LNTR does not Granger Cause LNN2O**
پذیرش	0.647	0.43	**LNN2O does not Granger Cause LNTR**
رد	0.001	1.97***	**LNAGR does not Granger Cause LNN2O**
پذیرش	0.265	1.33	**LNN2O does not Granger Cause LNAGR**
پذیرش	0.205	1.59	**LNTR does not Granger Cause LNPOP**
رد	0.032	3.47**	**LNPOP does not Granger Cause LNTR**
رد	0.002	6.37***	**LNAGR does not Granger Cause LNPOP**
رد	0.059	2.85*	**LNPOP does not Granger Cause LNAGR**
پذیرش	0.152	1.89	**LNAGR does not Granger Cause LNTR**
پذیرش	0.400	0.919	**LNTR does not Granger Cause LNAGR**



شکل ۴- رابطه علّی- معلولی بین متغیرهای مورد بررسی بر اساس نتایج علّیت گرانجری

Fig. 4- Causal relationships among the variables under investigation based on Granger causality test results

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مطالعه و بررسی اثرات عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای از اهمیت حیاتی برای مقابله با تغییرات اقلیمی برخوردار است. درک دقیق این عوامل، چه طبیعی و چه انسانی، برای تدوین سیاست‌های مؤثر کاهش انتشار و اتخاذ اقدامات مناسب در جهت کاهش اثرات گرمایش زمین ضروری است. با شناسایی عوامل مؤثر، می‌توان استراتژی‌های کاهش انتشار را به‌طور هدفمند طراحی کرد و تأثیرگذاری آنها را به‌طور دقیق ارزیابی نمود. بدون این مطالعات، تلاش‌ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند ناکارآمد و پراکنده باشد. بنابراین در این مطالعه تلاش شد تا عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO_2، CH_4 و N_2O) با تأکید بر رشد بخش کشاورزی و مصرف انرژی در کشورهای خاورمیانه بررسی شود. برای دستیابی به هدف مطالعه از داده‌های ترکیبی برای ۱۵ کشور منطقه خاورمیانه طی سال‌های ۲۰۰۰- ۲۰۲۰ و متدلوژی پنل هم‌جمعی استفاده شد. مطالعه اثرات رشد بخش کشاورزی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا بخش کشاورزی یکی از منابع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند متان و اکسیدنیتروژن، به‌ویژه در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، است. بررسی داده‌های جمع‌آوری شده حاکی از آن است که میزان انتشار آلودگی گازهای گلخانه‌ای برای کشورهای ایران، عربستان و مصر بیش از کشورهای دیگر منطقه است. بررسی آمار جمعیت این کشورها نیز نشان داد که مصر، ایران، عراق و عربستان از نظر جمعیت در رتبه‌های اول تا چهارم کشورهای خاورمیانه قرار دارند. از نظر سرانه مصرف انرژی نیز ایران رتبه نهم، عربستان رتبه پنجم و مصر رتبه چهاردهم را در بین ۱۵ کشور خاورمیانه داراست. میانگین ارزش‌افزوده بخش کشاورزی (به‌صورت ٪ از GDP) این کشورها طی دوره مورد مطالعه نیز به‌ترتیب ۸/۳۷، ۳/۱۰ و ۱۲/۸۵ درصد تعیین شد. برای کشورهای ایران و مصر با توجه به سهم ارزش‌افزوده بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی این کشور می‌توان بیان نمود که روش‌های کشاورزی در این کشورها غیرپایدار و با استفاده زیاد از کودهای شیمیایی بوده و به افزایش آلودگی کمک کرده‌اند. کشورهای خاورمیانه با ارزش‌افزوده بالاتر بخش کشاورزی به‌عنوان سهمی از GDP، نظیر سوریه (۲۶/۸۹ درصد) و یمن

(۱۶/۲۵ درصد)، از نظر انتشار گازهای گلخانه‌ای دارای رتبه‌های پایین‌تری هستند. این دو کشور از نظر جمعیتی نیز به‌ترتیب دارای رتبه پنجم و ششم می‌باشند. این دو کشور از نظر تولید ناخالص داخلی به‌ترتیب با ۸۹۷۱۲ میلیون دلار و ۲۴۷۴۹ میلیون دلار در بین ۱۵ کشور مورد بررسی در رده‌های نهم و پانزدهم قرار دارند. بنابراین انتشار پایین آلودگی در این کشورها می‌تواند به کوچک بودن اقتصاد این دو کشور در مقایسه با دیگر کشورهای مورد مطالعه مربوط باشد. نتایج برآورد مدل نشان داد افزایش ارزش‌افزوده بخش کشاورزی در کشورهای منطقه خاورمیانه با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای رابطه مثبتی دارد. این نتیجه بیانگر آن است که فعالیت‌های کشاورزی، به‌ویژه با روش‌های سنتی و ناپایدار، به‌طور مستقیم به تشدید بحران‌های محیط‌زیستی کمک می‌کند. این وضعیت نه تنها بر تأمین امنیت غذایی و اشتغال تأثیر منفی می‌گذارد بلکه ضرورت تغییر در سیاستگذاری‌ها و پذیرش فناوری‌های سبز و شیوه‌های کشاورزی پایدار را نمایان می‌سازد. از آنجا که کشورهای خاورمیانه با چالش‌های خاصی نظیر منابع آب محدود و تغییرات اقلیمی مواجه هستند، توجه به این مسایل و اتخاذ تدابیر موثر برای کاهش اثرات منفی محیط‌زیستی، امری ضروری به نظر می‌رسد. ضریب برآوردی مجذور متغیر ارزش‌افزوده بخش کشاورزی نیز منفی و تأییدی بر فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس در این منطقه است. بر اساس نتایج مطالعه حاضر بیشترین تأثیر رشد بخش کشاورزی بر انتشار متان و کمترین تأثیر بر انتشار دی‌اکسیدکربن بوده است. با توجه به تأثیر بیشتر توسعه بخش کشاورزی بر انتشار متان، تمرکز بر مدیریت دامداری‌ها امری ضروری است. این امر شامل بهینه‌سازی خوراک دام برای کاهش تولید متان در دستگاه گوارش (استفاده از افزودنی‌های خوراک و اصلاح نژاد دام) و بهبود شرایط نگهداری دام برای کاهش تولید متان از کود حیوانی (سیستم‌های مدیریت کود و بیوگاز)، است. در این راستا حمایت مالی و فنی از کشاورزان برای اجرای این تکنیک‌ها ضروری است. ترویج استفاده از کودهای آلی به‌جای کودهای شیمیایی (که عامل اصلی انتشار گاز اکسیدنیتروژن در سطح مزرعه است) می‌تواند نقش مثبتی در کنترل انتشار آلودگی داشته باشد. همچنین، آموزش کشاورزان در مورد استفاده بهینه از کودهای شیمیایی (مانند روش‌های استفاده دقیق بر اساس تجزیه‌وتحلیل خاک، استفاده از کودهای با آزادسازی آهسته) و مدیریت بهینه کود حیوانی (تبدیل به کمپوست، استفاده در سیستم‌های بیوگاز) ضروری است. برای ارزیابی اثربخشی سیاست‌ها و برنامه‌های کاهش انتشار، پایش و نظارت منظم بر انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش کشاورزی ضروری است. استفاده از فناوری‌های جدید (از جمله هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء) برای اندازه‌گیری انتشار گازهای گلخانه‌ای و ایجاد یک سیستم پایش ملی می‌تواند به بهبود مدیریت و تصمیم‌گیری کمک کند.

ضریب برآوری متغیر مصرف انرژی در مدل‌های مربوط به انتشار دی‌اکسیدکربن و متان مثبت و به‌ترتیب برابر ۰/۶۰۴ و ۰/۲۱۸ به‌دست آمده که در سطح قابل‌قبولی نیز معنی‌دار است. بنابراین افزایش مصرف انرژی، به ویژه انرژی‌های فسیلی، با افزایش انتشار آلودگی همراه هستند. این رابطه می‌تواند ناشی از ناکارآمدی در استفاده از انرژی، رشد اقتصادی و صنعتی شدن بدون توجه به مسایل محیط‌زیستی، و عدم اجرای سیاست‌های موثر برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای باشد. در این راستا افزایش راندمان انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی، ترویج استفاده از وسایل نقلیه عمومی و یا با مصرف سوخت کمتر، استفاده از مالیات بر کربن، ارائه مشوق‌های مالی برای سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌تواند نقش مثبتی در کنترل انتشار آلودگی در این کشورها داشته باشد. با توجه به تأثیر مثبت مصرف انرژی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای خاورمیانه، سرمایه‌گذاری گسترده در انرژی‌های تجدیدپذیر مانند خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی و آبی برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و در نتیجه کاهش انتشار گازهای

گلخانه‌ای لازم است مورد توجه بیشتری قرار گیرد. آمارها حاکی از آن است که سهم انرژی تجدیدپذیر از کل مصرف انرژی در کشورهای خاورمیانه پایین‌تر از میانگین جهانی است. بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده از بانک جهانی، سهم انرژی تجدیدپذیر در این منطقه کمتر از ۱۰ درصد گزارش شده است. کشورهایی همچون مصر، لبنان و اردن در حال حاضر پیشگامان استفاده از انرژی تجدیدپذیر در خاورمیانه هستند. سهم مصرف انرژی تجدیدپذیر از کل مصرف انرژی در ایران نیز ۰/۹۱ درصد است که بیش از کشورهایی همچون امارات، عربستان صعودی، کویت و عمان گزارش شده است. در راستای توسعه کاربرد انرژی تجدیدپذیر در کشورهای خاورمیانه، مشوق‌های مالی، تسهیلات سرمایه‌گذاری و توسعه زیرساخت‌های امری ضروری است. به‌طورکلی کشورهای خاورمیانه به دلیل برخورداری از منابع غنی انرژی خورشیدی می‌توانند از این منابع بهره‌برداری بیشتری کنند و مصرف انرژی فسیلی را کاهش دهند.

ضریب برآوردی متغیر جمعیت در مدل‌های مورد بررسی مثبت و نسبت به سایر ضرایب در سطح بالاتری قرار دارد. بیشترین تاثیر رشد جمعیت در انتشار گاز دی‌اکسیدکربن مشاهده شد. به‌طوری‌که نتایج نشان داد تغییرات انتشار CO_2 نسبت به تغییرات جمعیت کشش‌پذیر است. با افزایش جمعیت نیاز به انرژی، غذا، مسکن و سایر منابع افزایش می‌یابد. این موضوع منجر به افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. جمعیت بیشتر معمولا به معنای افزایش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی است که خود آلوده‌کننده محیط‌زیست هستند. به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که این فعالیت‌ها بدون در نظر گرفتن اثرات محیط‌زیستی انجام می‌شود. بنابراین سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، افزایش آگاهی عمومی درباره اثرات منفی گازهای گلخانه‌ای، توسعه زیرساخت‌هایی همچون حمل‌ونقل عمومی کارآمد می‌تواند نقش مثبتی در کنترل انتشار آلودگی در کشورهای خاورمیانه داشته باشد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Environmental Kuznets curve hypothesis

[۲] کشورهای خاورمیانه شامل بحرین، مصر، ایران، عراق، فلسطین، اردن، کویت، لبنان، لیبی، عمان، عربستان، امارات، یمن، قطر و سوریه است.

[3] Levin, Lin & Chu

[4] Im, Pesaran, Shin

[5] ADF-Fisher

[6] Within-Dimension

[7] Between-Dimension

[8] Panel v-Statistic

[9] Panel Phillips–Perron Type r-Statistics

[10] Panel Phillips–Perron Type t-Statistic

[11] Augmented Dickey–Fuller (ADF) Type t-Statistic

[12] Group Phillips–Perron Type r -Statistic

[13] Group Philips t-Statistic

[14] Group ADF Type t-Statistic

[15] Fully Modified Ordinary Least Squares

[16] Dynamic Ordinary least Squares

منابع

.com/doi/abs/10.1177/1536867X1601600314

Adedoyin, F. F., Ozturk, I., Bekun, F. V., Agboola, P. O., & Agboola, M. O. (2021). Renewable and non-renewable energy policy simulations for abating emissions in a complex economy: evidence from the novel dynamic ARDL. Renewable Energy, 177, 1408-1420. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014812100882

Ahad, M.; Khan, W. (2016). Does Globalization Impede Environmental Quality in Bangladesh? The Role of Real Economic Activities and Energy Use. Bull. Energy Economics. 4, 258–279. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/76278/

References

Abban, O. J., Hongxing, Y., Nuta, A. C., Dankyi, A. B., Ofori, C., & Cobbinah, J. (2022). Renewable energy, economic growth, and CO2 emissions contained Co-movement in African oil-producing countries: A wavelet based analysis. Energy Strategy Reviews, 44, 100977. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X22001717

Abdullahi, A. O., Safiyanu, S. S., & Soja, T. (2016). International trade and economic growth: An empirical analysis of West Africa. IOSR Journal of Economics and Finance, 7(2), 12-15.

Abrigo, M. R., & Love, I. (2016). Estimation of panel vector autoregression in Stata. The Stata Journal, 16(3), 778-804. https://journals.sagepub

Ahmed, Z., Ahmad, M., Caglar, A. E., & Pinzon, S. (2024). Achieving carbon neutrality and SDGs: assessing roles of solar energy, government stability, and population aging in greenhouse gas emissions. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 1-15. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504509. 2024.2414377

Ahmed, Z., Wang, Z., & Ali, S. (2019). Investigating the non-linear relationship between urbanization and CO 2 emissions: An empirical analysis. Air Quality, Atmosphere & Health, 12, 945-953. https://link.springer.com/article/ 10.1007/ s11869-019-00711-x

Al-mulali, U. (2012). Factors affecting CO2 emission in the Middle East: A panel data analysis. Energy, 44(1), 564-569. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544212004422

Alola, A. A., Bekun, F. V., & Sarkodie, S. A. (2019). Dynamic impact of trade policy, economic growth, fertility rate, renewable and non-renewable energy consumption on ecological footprint in Europe. Science of the Total Environment, 685, 702-709. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719321643

Amiri, A., Ottelin, J., Sorvari, J., & Junnila, S. (2020). Cities as carbon sinks—classification of wooden buildings. Environmental Research Letters, 15(9), 094076. validate.perfdrive.com/fb803c746e9148689b3984a31fccd902

Ashraf, J., Ashraf, Z., & Javed, A. (2023). The spatial spillover effects of energy transition and trade openness on CO2 emissions. Energy and Buildings, 292, 113167. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778823003973

Begum, R. A., Sohag, K., Abdullah, S. M. S., & Jaafar, M. (2015). CO2 emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41, 594-601. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114006650

Cahyo, H., Purnomo, S. D., Octisari, S. K., Surveyandini, M., Sundari, S., & Purwendah, E. K. (2023). Environment, population, and economy on CO2 emission in Indonesia. International Journal of Energy Economics and Policy, 13(6), 295-303. https://savearchive.zbw.eu/bitstream/11159/631378/1/1871840988_0.pdf

Chovancová, J., Zambrano- Monserrate, M. A., Bergougui, B., Ahakwa, I., & Dam, M. M. (2024). Global determinants of methane emissions in OECD countries: A dynamic panel approach. Research in Globalization, 100232. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590051X24000418

Destek, M. A., & Sarkodie, S. A. (2019). Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: the role of energy and financial development. Science of the total environment, 650, 2483-2489. ww.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718338907

Dietz, T., & Rosa, E. A. (1997). Effects of population and affluence on CO2 emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences, 94(1), 175-179. https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.94.1.175

Dong, K., Hochman, G., Zhang, Y., Sun, R., Li, H., & Liao, H. (2018). CO2 emissions, economic and population growth, and renewable energy: empirical evidence across regions. Energy Economics, 75, 180-192. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988318303256

Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. Econometrica: journal of the Econometric Society, 251-276. https://www.jstor.org/stable/1913236

Fakher, H. A., Ahmed, Z., Acheampong, A. O., & Nathaniel, S. P. (2023). Renewable energy, nonrenewable energy, and environmental quality nexus: An investigation of the N-shaped Environmental Kuznets Curve based on six environmental indicators. Energy, 263, 125660. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544222025464

Fao, F. A. O. S. T. A. T. (2021). Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, URL: http://faostat. fao. org, 403-403.

Florea, N. M., Badircea, R. M., Pirvu, R. C., Manta, A. G., Doran, M. D., & Jianu, E. (2020). The impact of agriculture and renewable energy on climate change in Central and East European Countries. Agricultural economics, 66(10), 444. https://agricecon.agriculturejournals.cz/pdfs/age/2020/10/02.pdf

Frenck, G., van der Linden, L., Mikkelsen, T. N., Brix, H., & Jørgensen, R. B. (2011). Increased [CO2] does not compensate for negative effects on yield caused by higher temperature and [O3] in Brassica napus L. European Journal of Agronomy, 35(3), 127-134. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030111000578

Ghimire, A., Lin, F., & Zhuang, P. (2021). The impacts of agricultural trade on economic growth and environmental pollution: evidence from Bangladesh using ARDL in the presence of structural breaks. Sustainability, 13(15), 8336. https://www.mdpi.com/2071-1050/13/15/8336

Gnangoin, T. Y., Kassi, D. F., Edjoukou, A. J. R., Kongrong, O., & Yuqing, D. (2022). Renewable energy, non-renewable energy, economic growth and CO2 emissions in the newly emerging market economies: The moderating role of human capital. Frontiers in Environmental Science, 10, 1017721. https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2022.

1017721/full

Gosling, S. N., & Arnell, N. W. (2016). A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. Climatic Change, 134(3), 371-385. https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-013-0853-x

Guo, J., Gao, J., Gao, S., Yan, K., Zhang, B., & Guan, C. (2024). Increasing impacts of China's oil and gas demands on global CH4 emissions. Science of The Total Environment, 912, 169624. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723082542

Hassan, M. U., Aamer, M., Mahmood, A., Awan, M. I., Barbanti, L., Seleiman, M. F., ... & Huang, G. (2022). Management strategies to mitigate N2O emissions in agriculture. Life, 12(3), 439. https://www.mdpi.com/2075-1729/12/3/439

Hosseini, S., Pakravan, M., Etghaei, M. (2013). Effects of Agriculture Sector Total Support Estimate on Food Security in Iran. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 44(4), 533- 544. doi: 10.22059/ ijaedr.2013.50957

Kiani Feyzabad, Z., Yazdani, S., Salami, H., & Peykani, G. R. (2023). Analyze and identification components of instability in Iranian basins (application of water poverty index in basin scale). Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 54(2), 471-485. https://ijaedr.ut.ac.ir/article_81832_en.html?lang=fa

Li, J., Irfan, M., Samad, S., Ali, B., Zhang, Y., Badulescu, D., & Badulescu, A. (2023). The relationship between energy consumption, CO2 emissions, economic growth, and health indicators. International Journal of Environmental Research and Public Health, 20(3), 2325. https://www.mdpi.com/1660-4601/20/3/2325

Love, I., & Zicchino, L. (2006). Financial development and dynamic investment behavior: Evidence from panel VAR. The Quarterly Review of Economics and Finance, 46(2), 190-210. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1062976906000251

Maddala, G. S., & Wu, S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. Oxford Bulletin of Economics and statistics, 61(S1), 631-652. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1468-0084.0610s1631

Mosavi, S. H., Soltani, S., & Khalilian, S. (2020). Coping with climate change in agriculture: Evidence from Hamadan-Bahar plain in Iran. Agricultural Water Management, 241, 106332. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377419314799

Nazari Gooran, A., & Borimnejad, V. (2015). Bayesian Analysis of Spatial Probit Models for Investigating the Adoption of High Yielding Wheat Varieties. Economic Modeling, 7(21), 69-83. https://www.sid.ir/paper/176189/en

Nikkhah, A., Khojastehpour, M., Emadi, B., Taheri-Rad, A., & Khorramdel, S. (2015). Environmental impacts of peanut production system using life cycle assessment methodology. Journal of Cleaner Production, 92, 84-90. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614013444

Özokcu, S., & Özdemir, Ö. (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72, 639-647. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117300692

Pan, X., Wang, X., Liu, L., Kuang, S., & Zheng, H. (2023). CO2 and H2O as sweep gases elevated carbon stability and decreased phytotoxicity of biochars. Chemical Engineering Journal, 472, 145035. www.sciencedirect.com/ science/article/pii/S138589472303766

Pedroni, P. (2004). Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. Econometric theory, 20(3), 597- 625. www.cambridge.org/core/journals/ econometric-theory/article/

Qian, H., Zhu, X., Huang, S., Linquist, B., Kuzyakov, Y., Wassmann, R., ... & Jiang, Y. (2023). Greenhouse gas emissions and mitigation in rice agriculture. Nature Reviews Earth & Environment, 4(10), 716-732. https://www.nature.com/articles/s43017-023-00482-1

Rahman, M. M., & Mamun, S. A. K. (2016). Energy use, international trade and economic growth nexus in Australia: New evidence from an extended growth model. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 64, 806-816. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116302714

Raihan, A., & Tuspekova, A. (2022). The nexus between economic growth, renewable energy use, agricultural land expansion, and carbon emissions: New insights from Peru. Energy Nexus, 6, 100067. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772427122000304

Reynolds, T.W., Waddington, S.R., Anderson, C.L., Chew, A., True, Z., & Cullen, A. (2015). Environmental impacts and constraints associated with the production of major food crops in sub-Saharan Africa and South Asia. Food Security, 7(4), 795–822. https://link.springer.com/article/10.1007/s12571-015-0478-1

Ridzuan, A. R., Kumaran, V. V., Fianto, B. A., Shaari, M. S., Esquivias, M. A., & Albani, A. (2022). Reinvestigating the presence of environmental kuznets curve in Malaysia: The role of foreign direct investment. International Journal of Energy Economics and Policy, 12(5), 217-225. https://savearchive.zbw.eu/bitstream/11159/12619/

1/ 1821109023_0.pdf

Safwan, S. B., Wahid, M. A., & Ikhwali, M. F. (2024). Carbon Footprint Analysis of Residental Activities in the Kuta Alam Banda Aceh. Journal of Low Carbon Technology and Society, 1(1), 14-23.

Sharma, A., Jindal, J., Mittal, A., Kumari, K., Maken, S., & Kumar, N. (2021). Carbon materials as CO2 adsorbents: a review. Environmental Chemistry Letters, 19(2), 875-910. https://link.springer.com/article/10.1007/S10311-020-01153-Z

Simionescu, M., Bilan, Y., Zawadzki, P., Wojciechowski, A., & Rabe, M. (2021). GHG emissions mitigation in the European Union based on labor market changes. Energies, 14(2), 465. https://www.mdpi.com/1996-1073/14/2/465

Smith, K. R., Desai, M. A., Rogers, J. V., & Houghton, R. A. (2013). Joint CO2 and CH4 accountability for global warming. Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(31), E2865-E2874. https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1308004110

Stock, J. H., & Watson, M. W. (2003). Forecasting output and inflation: The role of asset prices. Journal of economic literature, 41(3), 788-829. https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/002205103322436197

Tubiello, F. N., Salvatore, M., Rossi, S., Ferrara, A., Fitton, N., & Smith, P. (2013). The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture. Environmental Research Letters, 8(1), 015009. validate.perfdrive.com/fb803c746e9148689b3984a31fccd902

Ullah, A., Khan, D., Khan, I., & Zheng, S. (2018). Does agricultural ecosystem cause environmental pollution in Pakistan? Promise and menace. Environmental Science and Pollution Research, 25, 13938-13955. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-1530-4

Ulucak, R., & Bilgili, F. (2018). A reinvestigation of EKC model by ecological footprint measurement for high, middle and low income countries. Journal of cleaner production, 188, 144-157. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261830862

Wang, Y., & He, X. (2019). Spatial economic dependency in the Environmental Kuznets Curve of carbon dioxide: The case of China. Journal of Cleaner Production, 218, 498-510.

World Bank. (2023). https://databank.worldbank.org/

Yao, S., Zhang, S., & Zhang, X. (2019). Renewable energy, carbon emission and economic growth: A revised environmental Kuznets Curve perspective. Journal of Cleaner Production, 235, 1338-1352. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619324084

Yusuf, A. M., Abubakar, A. B., & Mamman, S. O. (2020). Relationship between greenhouse gas emission, energy consumption, and economic growth: evidence from some selected oil-producing African countries. Environmental science and pollution research, 27(13), 15815-15823. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-08065-z

Zoundi, Z. (2017). CO2 emissions, renewable energy and the Environmental Kuznets Curve, a panel cointegration approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72, 1067-1075. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116306682

This page is intentionally left blank.