Environmental Sciences *(Environ. Sci.)* Vol 22, Issue 2, 2024: 245-272 **ISSN: 2588-6177**

Original Article

Assessment of the Relationship Between Environmental Pollution, Economic Growth and Agricultural Production in Iran

Received: 2023.10.01
Accepted: 2024.04.09

Abolfazl Deylami, Elnaz Nejatiyanpour,* Mahmoud Sabouhi Sabouni

Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture., Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Improving living standards in developing countries and rapid population growth have significant effects on the economy and environment. Population growth leads to an increase in demand for agricultural products, which increases environmental pollution, reduces the productivity of natural resources, and has a negative effect on economic growth. Therefore, the aim of this research is to investigate the short-term and long-term relationship between agricultural production, economic growth, and environmental pollution in Iran.

Material and Methods: In this research, time series data for the period of 1991-2020 were collected from the database of the World Bank and Food and Agriculture Organization (FAO), and the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) models were used. First, the augmented Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron tests were performed to test the stationarity. Then, according to the values of Akaike, Schwarz, and Bayesian information criterion, the optimal number of lags was selected. *ARDL* bounds test was used to test the presence of the long-run relationship between the variables, and then short and long-run relationships and error correction models (ECM) were estimated. Finally, the causality between pairwise variables was investigated by using the Granger causality test.

Results and Discussion: The results of short-term relationships show that a one percent increase in economic growth, rural population, gross capital formation, and agricultural production increases CO_2 emissions by 0.307%, decreases by 2.937%, and increases by 0.087%, and 0.065%, respectively. The effect of foreign direct investment on CO_2 emissions in the short term was not significant. However, a one percent increase in the lag of foreign direct investment will increase CO_2 emissions by 0.01%. The long-term results show that a one percent increase in economic growth, rural population, agricultural products, foreign direct investment, and gross capital formation will increase CO_2 emissions by 0.662%, decrease by 3.807%, and increase by 0.141%, by 0.024% and 0.188%, respectively. The results of the Granger causality test show the bidirectional causality relationship between economic growth, agricultural production, foreign direct investment, and CO_2 emissions, as well as foreign direct investment and agricultural production. Also, there is causality in only one direction between gross capital formation and CO_2 emissions, agricultural production and economic growth, foreign direct investment and economic growth, agricultural production and rural population, rural population and foreign direct investment, and rural population and CO_2 emissions. In addition, there is a long-term positive and significant relationship between CO_2 emissions and economic growth, gross capital formation, agricultural production, and foreign direct investment. The long-run result demonstrated by the FMOLS and DOLS methods was the same as the finding of the ARDL approach.

Conclusion: In Iran, enhancing agricultural mechanization, promoting renewable energy, enforcing environmental regulations, adopting green technologies, investing in R&D, and attracting foreign investments are crucial to reduce CO2 emissions and pollution. Fossil fuel-dependent industries, capital formation, and rural populations also impact environmental pollution, emphasizing the need for employment opportunities in rural areas to mitigate these effects.

Keywords: CO_2 emission, Agricultural products, GDP, ARDL, Granger causality

How to cite this article:
Deylami, A., Nejatiyanpour, E. and Sabouhi Sabouni, M., 2024. Assessment of the Relationship Between Environmental Pollution, Economic Growth and Agricultural Production in Iran. Environ. Sci. 22(2): 245-272

* **Corresponding Author Email Address:** nejatianpour84@mail.um.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2024.1342

Copyright: © 2024 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، ۲۷۲-۲۴۵ : (۲) ۲۲، ۱۴۰۳ شاپا: ۶۱۷۷-۲۵۸۸

مقاله پژوهشی

بررسی رابطه بین آلودگی محیط‌زیست، رشد اقتصادی و تولیدات کشاورزی در ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۱

ابوالفضل دیلمی، الناز نجاتیان‌پور*، محمود صبوحی صابونی

گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: بهبود استانداردهای زندگی در کشورهای در حال توسعه باعث رشد جمعیت و تأثیرات قابل توجهی بر اقتصاد و محیط‌زیست شده است. افزایش تولیدات کشاورزی به دنبال تقاضای رو به رشد جمعیت، باعث افزایش آلودگی محیط زیست می‌شود که این موضوع می‌تواند باعث کاهش بهره‌وری منابع طبیعی، افزایش هزینه‌های بهداشتی - درمانی و کاهش کیفیت زندگی افراد شود و بطور کلی تأثیر منفی بر رشد اقتصادی داشته باشد. بنابراین، لزوم توجه به ارتباط بین آلودگی محیط‌زیست، تولیدات کشاورزی و رشد اقتصادی بیش از پیش احساس می‌شود. هدف این پژوهش درک رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت بین تولیدات کشاورزی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست در ایران است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از داده‌های سری زمانی دوره ۲۰۲۰ - ۱۹۹۱ گردآوری شده از پایگاه داده بانک جهانی و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و روش خود توضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) استفاده شده است. در مرحله اول مانایی متغیرها با کمک آزمون‌های دیکی فولر تعمیم یافته و فیلیپس پرون مورد بررسی قرار گرفت. سپس با توجه به مقادیر آماره‌های آکائیک، شوارتز و بیزین تعداد وقفه بهینه انتخاب شد. در ادامه از آزمون کرانه‌های ARDL برای بررسی وجود هم‌انباشتگی بلندمدت بین متغیرها استفاده و پس از آن روابط کوتاه‌مدت، بلندمدت و مدل تصحیح خطا برآورد شدند. در نهایت نیز با استفاده از آزمون علیت گرنجری رابطه علی زوجی بین متغیرها بررسی شد.

نتایج و بحث: بعد از اثبات وجود هم‌انباشتگی بین متغیرهای مورد بررسی، نتایج روابط کوتاه مدت نشان می‌دهد که افزایش یک درصدی در رشد اقتصادی، جمعیت روستایی، تشکیل سرمایه ناخالص و تولیدات کشاورزی به ترتیب انتشار CO_2 را ۰/۳۰۷ درصد افزایش، ۲/۹۳۷ درصد کاهش، ۰/۰۸۷ درصد و ۰/۰۶۵ درصد افزایش می‌دهد. در این مطالعه اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار CO_2 در کوتاه‌مدت معنی‌دار نشد. اما یک درصد افزایش وقفه آن باعث افزایش ۰/۰۱۰ درصدی انتشار دی‌اکسیدکربن خواهد شد. این در حالیست که نتایج تخمین بلندمدت ثابت می‌کند افزایش یک درصدی رشد اقتصادی، جمعیت روستایی، تولید محصولات کشاورزی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تشکیل سرمایه ناخالص سطح انتشار CO_2 را به ترتیب ۰/۶۶۲ درصد افزایش، ۳/۸۰۷ درصد کاهش، ۰/۱۴۱ درصد، ۰/۰۲۴ درصد و ۰/۱۸۸ درصد افزایش می‌دهد. نتایج آزمون علیت گرنجری نشان دهنده، رابطه علیت دوطرفه بین رشد اقتصادی، تولیدات کشاورزی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با انتشار CO_2 و همچنین بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تولیدات کشاورزی است. همچنین رابطه علیت یک‌طرفه بین تشکیل سرمایه ناخالص و انتشار CO_2، تولیدات کشاورزی و رشد اقتصادی، سرمایه گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی، تولیدات کشاورزی و جمعیت روستایی، جمعیت روستایی و سرمایه گذاری مستقیم خارجی، جمعیت روستایی و انتشار CO_2 وجود دارد. علاوه بر این، بین انتشار CO_2 با رشد اقتصادی، تشکیل سرمایه ناخالص، تولیدات کشاورزی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی ارتباط طولانی‌مدت مثبت و معناداری وجود دارد. روابط بلندمدت این بررسی، در روش‌های FMOLS و DOLS نیز اثبات شد که سازگاری و استحکام یافته‌های رهیافت ARDL را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری: در ایران، تقویت مکانیزاسیون کشاورزی، ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر، اجرای مقررات محیط زیستی، اتخاذ فناوری‌های سبز، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و جذب سرمایه‌گذاری‌های خارجی برای کاهش انتشار CO2 و آلودگی بسیار مهم است. صنایع وابسته به سوخت فسیلی، تشکیل سرمایه و جمعیت روستایی نیز بر آلودگی محیط زیست تأثیر می‌گذارند و بر نیاز به فرصت‌های شغلی در مناطق روستایی برای کاهش این اثرات تأکید می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: انتشار CO_2، محصولات کشاورزی، تولید ناخالص داخلی، ARDL، علیت گرانجری

استناد به این مقاله: *دیلمی، ا.، ا. نجاتیان‌پور و م. صبوحی صابونی. ۱۴۰۳. بررسی رابطه بین آلودگی محیط‌زیست، رشد اقتصادی و تولیدات کشاورزی در ایران. فصلنامه علوم محیطی. ۲۲(۲): ۲۴۵-۲۷۲*

* **Corresponding Author Email Address:** nejatianpour84@mail.um.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2024.1342

Copyright: © 2024 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

طبق پیش‌بینی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد[1] در مورد کشورهای در حال توسعه، انتظار می‌رود که نرخ رشد جمعیت، بهبود استانداردهای زندگی و افزایش طول عمر، تا پایان قرن بیست و یکم منجر به افزایش قابل توجه جمعیت شود که این امر تأثیرات گسترده‌ای بر اقتصاد و منابع طبیعی خواهد داشت. افزایش جمعیت از یک سو، با افزایش نیروی کار می‌تواند منابع انسانی مورد نیاز برای توسعه اقتصادی را فراهم کرده، تقاضا برای خدمات و محصولات را افزایش داده و به رشد اقتصادی منجر شود. از سوی دیگر، ترکیب آن با رشد اقتصادی و فعالیت‌های صنعتی، باعث کاهش منابع طبیعی، تخریب محیط‌زیست و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد (FAO, 2021).

دی‌اکسیدکربن (CO_2) مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است که حدود ۷۶/۶ درصد از آثار گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های بشر مربوط به انتشار این گاز است (Kang, 2016) و جامعه بین-المللی در تلاش برای کندکردن روند تغییرات اقلیم بعنوان پیامد اصلی انتشار دی‌اکسیدکربن، است. بنابراین ضرورت توجه به عوامل موثر بر انتشار CO_2 بیش از پیش نمایان می-شود (Nayak *et al*., 2015). مصرف انرژی در بخش‌های مهم اقتصادی، صنعتی و همچنین توسعه سریع بخش کشاورزی، انتشار دی‌اکسیدکربن را افزایش می‌دهد (Dogan *et al*., 2016). علاوه بر این، تغییرات اقلیمی می‌تواند باعث تغییر در روش‌های مرسوم کشاورزی، از جمله استفاده بیشتر از مواد شیمیایی و تغییر در نوع محصولات و روش‌های آبیاری شود، که خود به افزایش بیشتر انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی منجر می‌شود (Lobell and Gourdji, 2012; Vermeulen *et al*., 2012; Smith *et al*., 2014).

آلودگی محیط زیست می‌تواند تأثیر منفی قابل ملاحظه‌ای بر کشاورزی و توسعه اقتصادی داشته باشد. انواع آلودگی، مانند آلودگی هوا و آب و فرسایش خاک، موجب کاهش کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی، به خطر افتادن سلامت دام و در نهایت کاهش تولید کشاورزی می‌شوند. این امر نه تنها امنیت غذایی را به خطر می‌اندازد، بلکه بر اقتصاد کشورهایی که وابستگی زیادی به کشاورزی دارند، اثرات منفی می‌گذارد. علاوه بر این، هزینه‌های بهداشتی و تلاش‌ها برای بهبود محیط‌زیست و حفظ خدمات اکوسیستم، هزینه‌های اقتصادی زیادی را به جامعه تحمیل می‌کنند. آلودگی همچنین می‌تواند بر سلامتی انسان‌ها اثر بگذارد، افزایش بیماری‌های تنفسی و مرگ و میر را به دنبال داشته باشد و به این ترتیب، بهره‌وری نیروی کار را کاهش دهد و به پیشرفت اقتصادی لطمه بزند (Yuan *et al*., 2023).

آلودگی هوا، از جمله سطوح بالای CO_2، یک موضوع مهم در شهرهای بزرگ ایران است (Madani, 2021). علیرغم افزایش نگرانی‌ها در مورد تأثیر افزایش غلظت CO_2 بر تغییرات آب و هوایی، سوخت‌های فسیلی همچنان سهم عمده‌ای در رشد تولید ناخالص داخلی و انتشار CO_2 ایران دارند (Hosseini *et al*., 2019). ایران با تولید ۰/۷ میلیارد تن در سال ۲۰۱۹ رتبه هشتم جهان را از نظر انتشار کل CO_2 دارد و با ۸/۵ تن در رتبه دوازدهم انتشار CO_2 سرانه قرار دارد (Olivier and Peters, 2020) و بخش کشاورزی در این کشور حدود ۲/۴۸ درصد از انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را به خود اختصاص داده است (Statistical Center of Iran, 2015).

مطالعات متعددی رابطه بین محیط زیست، کشاورزی و رشد اقتصادی را در سراسر جهان بررسی کرده‌اند. در نیجریه، تولید کشاورزی اثر ثابت و مثبتی بر آلودگی داشت (Agboola and Bekun, 2019). مشاهدات مشابهی در پاکستان از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۴ (Gokmenoglu and Taspinar, 2018) و در بنگلادش (Raihan *et al*., 2022) وجود داشت. Sharma *et al*. (2021) نشان دادند که اثر کشاورزی بر آلودگی در مراحل ابتدایی توسعه می‌تواند مثبت باشد اما پس از رسیدن به آستانه‌ای خاص، اثر منفی دارد. Adedoyin *et al*. (2021) در بررسی هفت کشور در حال توسعه به این نتیجه رسیدند که کشاورزی در آلودگی محیط زیست نقش دارد. در ترکیه، تاثیر منفی کشاورزی بر آلودگی بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۹

مشخص شد (Bas *et al*., 2021) و در کشورهای G7 بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۷ اثر کاهنده کشاورزی بر آلودگی محیط زیست گزارش شد (Wang *et al*., 2020). بین سال-های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ در کشور پرو، افزایش زمین‌های کشاورزی منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای شد، در حالی که در نپال، کاهش آلودگی مشاهده شد (Raihan and Tuspekova, 2022). به همین ترتیب، نتایج پژوهش علی و همکاران اثر کاهشی تولید محصولات کشاورزی بر آلودگی محیطزیست را نشان داد (Ali *et al*., 2019).

در بررسی ارتباط بین رشد اقتصادی و آلودگی محیطزیست در سطح بین المللی چندین مطالعه شواهد متناقضی در سطح کشور و منطقه ارائه داده اند (Salahuddin *et al*., 2019; Dogan and Karay 2019; Alharthi *et al*., 2021; Mehmood *et al*., 2021Maduka *et al*., 2022; Zanjani *et al*., 2022; Addai *et al*., 2022). نتایج برخی مطالعات نشان داد که رشد اقتصادی باعث افزایش آلودگی‌محیط زیست می-شود (Szymczyk *et al*., 2021; Baydoun and Aga, 2021; Yang *et al*., (2021; Ge *et al*., 2022; Ali *et al*., 2021; Mohanty and Sethi, 2022. در کشورهای در حال توسعه مشاهده شد که رشد اقتصادی باعث تشدید آلودگی محیط زیست می‌شود (Sahoo and Sethi, 2021; Haldar and Sethi, 2021). بطور مشابه، در کشورهای آسیا و اقیانوسیه رشد اقتصادی با افزایش آلودگی در بلندمدت، کیفیت محیط-زیست را کاهش می‌دهد (Bhujabal *et al*., 2021). Li *et al*. (2021) برای کشورهای *G20* و کشورهای *E7* اثر تشدید کننده رشد اقتصادی بر آلودگی محیطزیست را گزارش کردند. Musah *et al*., (2021a, b) در دو مطالعه برای هشت کشور در حال توسعه و غرب آفریقا گزارش دادند که رشد اقتصادی بر آلودگی محیطزیست تأثیر مثبت دارد. در مقابل Ozturk *et al*. (2021) دریافتند که در عربستان سعودی رشد اقتصادی تأثیر منفی بر آلودگی محیطزیست دارد. این نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی کیفیت محیطزیست را در عربستان سعودی ارتقا می‌دهد. در چین، Aslam *et al*. (2021) مشاهده کردند که در بلندمدت رشد اقتصادی آلودگی محیطزیست را کاهش می‌دهد. Ahmed *et al*. (2021) اثر کاهش آلودگی محیطزیست بر رشد اقتصادی در کشورهای G7 را ثبت کرد. همچنین، برای آسنا-۲۴ گزارش شد که رشد اقتصادی با کاهش آلودگی محیطزیست، کیفیت محیط زیست را افزایش می‌دهد (Sahoo and Sethi, 2022). تحقیقات در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران نشان می‌دهد که انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از کشاورزی رو به افزایش است، در حالی که در کشورهای توسعه یافته، روندی کاهشی دارد (Smith *et al*., 2008). در ایران، تولید و ارزش افزوده در بخش کشاورزی با افزایش مصرف فرآورده‌های نفتی و انرژی همراه بوده است(Nasrniya and Esmaili, 2009) . این افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی مانند بنزین و دیزل به آلودگی هوا در مناطق کشاورزی و حتی شهری منجر شده است. یک مطالعه که به بررسی اثرات فضایی توسعه کشاورزی بر انتشار CO_2 در استان‌های ایران از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۷ پرداخته، نشان داد که عواملی چون انرژی، جمعیت و شهرنشینی، تأثیر مثبتی بر انتشار آلودگی داشته‌اند. همچنین، این مطالعه تأکید دارد که سرریزهای فضایی ناشی از CO_2، انتشار این گاز را در استان‌های مختلف به خوبی تبیین می‌کنند (Shafie and Salehi Kamroudi, 2020). در چند دهه اخیر، مصرف انرژی و انتشار CO_2 ناشی از احتراق سوخت در ایران سالانه شش درصد افزایش یافته، که این رشد نسبت به استانداردهای بین المللی بالا است (Nunjad and Rozi Talab, 2017) و مطالعات زیادی به بررسی کیفیت محیطزیست در سطح اقتصاد ایران پرداختند. نتایج مطالعه Pejuyan and Tabrizian, (2009) بر روی ارتباط رشد اقتصادی و آلودگی محیطزیستی نشان داد با افزایش درآمد برخی شاخص‌های محیطزیستی بهبود یافته این در حالی است که برخی دیگر از شاخص‌ها ابتدا بدتر شده و سپس بهبود یافته است. همچنین، نتایج بررسی رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت بین تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن برای سال‌های ۲۰۰۸ - ۱۹۵۶ در ایران نشان داد که انتشار دی‌اکسیدکربن

نسبت به تولید ناخالص داخلی بی‌کشش بوده و مقدار آن در بلندمدت بیشتر از کوتاه‌مدت است (Mohammad Bagheri, 2009). یافته‌های مطالعه دیگری در ایران برای سال‌های ۱۳۹۱ - ۱۳۵۸ نشان داد افزایش درآمد ملی، آزادسازی تجاری، تولید برق، مصرف کل فرآورده‌های نفتی، مصرف گاز طبیعی و سرمایه‌گذاری داخلی بر انتشار دی‌اکسیدکربن اثر مثبت و معناداری دارد (Nunjad and Rozi Talab, 2017).

مرور ادبیات نتایج متناقضی را در مورد تأثیر تولید کشاورزی بر آلودگی محیط‌زیست نشان می‌دهد. همچنین، این بررسی‌ها رابطه‌ای پیچیده بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست را در بلند مدت نشان می‌دهند که می‌تواند مستقیم، معکوس یا یک ترکیب از هر دو باشد. در سطوح بالای فعالیت‌های اقتصادی، تقاضا برای انرژی و مواد اولیه افزایش می‌یابد، که این امر به استخراج بیشتر منابع طبیعی و تجمع زیاد مواد زائد منجر می‌شود، و این افزایش بار بر زیست‌کره می‌تواند به تخریب محیط‌زیست منجر شود. این تغییرات در نهایت می‌توانند بر سطح رفاه انسان‌ها تأثیر منفی بگذارند و فعالیت‌های اقتصادی را با خطر مواجه کند (Nunjad and Rozi Talab, 2017). با توجه به این روابط پیچیده، ضرورت تبیین شیوه‌های کشاورزی پایدار، استفاده از فناوری‌های کارآمد در بهره‌برداری از منابع و اجرای قوانین محیط زیستی بیش از پیش احساس می‌شود. حفظ تعادل بین تولیدات کشاورزی و حفاظت از محیط‌زیست برای دستیابی به رشد اقتصادی پایدار و تضمین بهره‌وری برای آینده اهمیت فراوان دارد. علاوه بر این، مطالعات موجود در ایران که به بررسی ارتباط میان رشد اقتصادی، تولیدات کشاورزی و آلودگی محیط‌زیست پرداخته‌اند، محدود هستند و به دلیل تنوع در روش‌شناسی‌های مدل‌سازی اقتصادسنجی و پیچیدگی‌های موضوعی، اجماعی در این زمینه بوجود نیامده است. این پژوهش قصد دارد با پر کردن این خلاء، به سیاست‌گذاران در اتخاذ تصمیم‌گیری‌های کلان کمک کند. هدف از این مطالعه، بررسی رابطه میان تولیدات کشاورزی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیستی در ایران است، با استفاده از مدل خود توضیح با وقفه‌های گسترده[۳] (ARDL) برای دوره‌ای از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰. در ادامه، روش‌شناسی مورد استفاده در این تحقیق تشریح شده و پس از آن به ارائه نتایج و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

هدف مطالعه حاضر درک رابطه کوتاه مدت و بلند مدت بین آلودگی محیط‌زیستی، رشد اقتصادی و تولیدات کشاورزی است. به این منظور از داده‌های سری زمانی کیفی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ از پایگاه داده بانک جهانی[۴] (WDI) و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد جمع‌آوری شد. متغیرهای مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- متغیرها

Table 1. Variables

نماد Symbol	متغیرها Variable	منبع Source
CO_2	CO_2 emissions (metric tons) انتشار (CO_2) میلیون تن	WDI
GDP	GDP (constant 2015 US$) تولید ناخالص داخلی (به قیمت ثابت ۲۰۱۵، دلار آمریکا)	WDI
AP	Agricultural production (tons) تولیدات کشاورزی (تن)	FAO
L	Rural population جمعیت روستایی	WDI
FDI	Foreign direct investment (constant 2015 US$) سرمایه گذاری مستقیم خارجی (به قیمت ثابت ۲۰۱۵، دلار آمریکا)	WDI
K	Gross capital formation (constant 2015 US$) تشکیل سرمایه ناخالص (به قیمت ثابت ۲۰۱۵، دلار آمریکا)	WDI

مسئله اصلی در مسیر توسعه پایدار، جستجو برای دستیابی به تعادل بین حفاظت از محیط زیست و افزایش رشد اقتصادی است. بر اساس تحقیقات اخیر (Ali *et al.*, 2023) تحقق هم‌زمان این دو هدف با چالش‌های بسیاری همراه است. در این میان کشورهایی مانند ایران گاهی مجبور به اولویت‌بخشی به یکی از این اهداف به زیان دیگری می‌شوند که این انتخاب می‌تواند به کاهش رشد اقتصادی یا آسیب به محیط زیست منجر گردد. در نظر گرفتن نقش کلیدی کشاورزی در اقتصاد ایران که هم‌زمان بر منابع طبیعی و محیط زیست تأثیر می‌گذارد، اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. بنابراین بررسی رابطه میان این سه عامل و یافتن راهکارهایی برای ایجاد تعادل بین آن‌ها از اهمیت برخوردار است. در این پژوهش، از انتشار CO_2 (شاخص آلودگی محیط زیست)، تولید ناخالص داخلی (شاخص رشد اقتصادی) و تولیدات کشاورزی استفاده می‌شود.

طبق مطالعات مختلف، تأثیر نیروی کار بر محیط زیست و رشد اقتصادی به ترتیب منفی (Lasis *et al.*, 2020) و مثبت گزارش شده است (Ahmed and Shimada, 2019). نیروی کار بعنوان یک عنصر حیاتی در فرایندهای تولیدی، و بالاخص در بخش کشاورزی، نقش مهمی در رشد اقتصادی ایفا می‌کند (Ali *et al.*, 2018). در ایران، بخش عمده‌ای از تولیدات کشاورزی توسط جمعیت روستایی انجام می‌شود، که این جمعیت بطور مستقیم با منابع طبیعی و کشاورزی در ارتباط هستند از این رو، تأثیر آن‌ها بر محیط زیست قابل توجه است. بنابراین داده‌های جمعیت روستایی به شکل موثرتری رابطه بین کشاورزی، آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی در ایران را نشان می‌دهند.

سرمایه‌گذاری‌های لازم برای توسعه زیرساخت‌ها و فناوری‌هایی که منجر به بهبود رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست می‌شوند، به یک رژیم قوی تشکیل سرمایه وابسته هستند (Etokakpan *et al.*, 2020 a, b). از این رو می‌توان تشکیل سرمایه ناخالص را بعنوان شاخصی برای ارزیابی توسعه سرمایه در نظر گرفت.

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) یک عامل کلیدی برای توسعه اقتصادی محسوب می‌شود (Radmehr *et al.*, 2022) اما ممکن است تأثیرات متفاوتی بر کیفیت محیط زیست داشته باشد. FDI می‌تواند با معرفی فناوری‌های نوین، به افزایش رشد اقتصادی از طریق تولیدات کشاورزی کمک کند و هم‌زمان کیفیت محیط زیست را بهبود ببخشد یا به آن آسیب برساند. در این مطالعه، تأثیر FDI بر انتشار آلودگی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با استفاده از مبانی نظری و مطالعات تجربی Ali *et al.* (2022) , Agboola *et al.* (2023) و Chandio *et al.* (2022)پژوهش حاضر در قالب رابطه (۱) مدل سازی شد:

$$CO_2 = f(GDP, AP, L, FDI, K) \qquad (۱)$$

رابطه (۱) را به صورت زیر می‌توان بازنویسی کرد:

$$Ln\ CO_2 = a_0 + a_1 Ln\ GDP + a_2 Ln\ AP + a3\ Ln\ L + a_4 Ln\ FDI + a_5 Ln\ K + \text{et} \qquad (۲)$$

در معادله فوق:

Ln لگاریتم طبیعی متغیرها و et جملات خطا است. ضرایب a اثرات بلندمدت هریک از متغیرها را بر روی CO_2 را اندازه‌گیری می‌کند.

روش خود توضیح با وقفه‌های توزیعی (ARDL) و آزمون هم انباشتگی[۵]

قبل از تخمین مدل برای بررسی مانایی متغیرها از آزمون‌های دیکی فولر تعمیم یافته[۶] (ADF) و فیلیپس پرون[۷] (PP) استفاده شده است. با توجه به این که تأثیر متغیرها در دوره‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت ممکن است متفاوت باشد، برای تخمین روابط بین متغیرهای الگو و تحلیل‌های پویا از روش خودرگرسیونی با وقفه توزیعی (ARDL) ارائه شده توسط Pesaran *et al.* (1996, 2001), Pesaran and Pesaran and Smith (2014), Shin (1999) استفاده می‌شود.

رویکرد ARDL برای بررسی هم‌انباشتگی بر دیگر روش‌های

مرسوم برتری دارد. اولین مزیت رویکرد ARDL این است که اگر متغیرها در I(0)، I(1) یا I(0)/I(1) انباشته باشند، هم‌انباشتگی قابل مشاهده است. همچنین در این روش علاوه بر امکان محاسبه روابط بلندمدت بین متغیرها، امکان محاسبه روابط پویا و کوتاه‌مدت نیز وجود دارد (Bouznit and Romero, 2016). به‌علاوه سرعت تعدیل عدم تعادل کوتاه‌مدت در هر دوره نیز برای رسیدن به تعادل بلندمدت قابل محاسبه است. مدل *ARDL* مورد استفاده در این تحقیق به شرح زیر است:

$$\begin{aligned}\Delta \ln CO2_t = {} & \emptyset_0 + \emptyset_1 \sum_{j=1}^{p} \Delta \ln CO2_{t-1} + \\ & \emptyset_2 \sum_{j=1}^{p} \Delta \ln GDP_{t-1} + \emptyset_3 \sum_{j=1}^{p} \Delta \ln AP_{t-1} + \\ & \emptyset_4 \sum_{j=1}^{p} \Delta \ln L_{t-1} + \emptyset_5 \sum_{j=1}^{p} \Delta \ln FDI_{t-1} + \\ & \emptyset_6 \sum_{j=1}^{p} \Delta \ln K_{t-1} + \gamma_1 \ln CO2_{t-i} + \\ & \gamma_2 \ln GDP_{t-i} + \\ & \gamma_3 \ln AP_{t-i} + \gamma_4 lnL_{t-i} + \gamma_5 FDI_{t-i} + \gamma_6 lnK_{t-i} + \\ & \varepsilon_t\end{aligned} \qquad (۳)$$

برای انتخاب وقفه بهینه نیز از آماره‌های آکائیک[۸](AIC) ، شوارتز[۹] (SIC) و بیزین[۱۰] (BIC) استفاده می‌شود. رویکرد ARDL شامل دو مرحله برای تخمین روابط بلندمدت است. مرحله اول، بررسی وجود رابطه بلندمدت میان تمام متغیرهای معادله تحت تخمین است. در مرحله دوم ضرایب بلندمدت و کوتاه‌مدت معادله یکسان، تخمین زده می شود (Pesaran *et al*., 1999).

برای بررسی هم‌انباشتگی بلندمدت بین متغیرها، از آزمون معرفی شده توسط Pesaran and Shin (1999) استفاده می‌شود. آماره این آزمون (F) شامل دو حد حداکثر و حداقل است. اگر آماره F محاسبه شده از حد بالای ارزش بحرانی بزرگتر باشد، فرضیه صفر یعنی عدم وجود رابطه بلندمدت رد می‌شود. اگر آماره آزمون کوچکتر از حد پایین ارزش بحرانی باشد، فرضیه صفر یا عدم وجود رابطه بلندمدت را نمی‌توان رد کرد. نهایتاً اگر آماره بین حد بالا و حد پایین ارزش‌های بحرانی قرار گیرد، نتیجه غیرقطعی است.

$$\begin{aligned} H_0 &: = \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4 = \varphi_5 \\ &\quad = \varphi_6 = 0 \\ H_1 &: \neq \varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \varphi_3 \neq \varphi_4 \neq \varphi_5 \\ &\quad \neq \varphi_6 \neq 0 \end{aligned} \qquad (۴)$$

در ادامه برای تجزیه و تحلیل روابط بلندمدت، از مدل تصحیح خطا[۱۱] (*ECM*) استفاده می‌شود.

$$\begin{aligned}\Delta \ln CO2_t = {} & \emptyset_0 + \emptyset_1 \sum_{j=1}^{p} \Delta \ln CO2_{t-1} + \\ & \emptyset_2 \sum_{j=1}^{p} \Delta \ln GDP_{t-1} + \\ & \emptyset_3 \sum_{j=1}^{p} \Delta \ln AP_{t-1} + \emptyset_4 \sum_{j=1}^{p} \Delta \ln L_{t-1} + \\ & \emptyset_5 \sum_{j=1}^{p} \Delta \ln FDI_{t-1} + \\ & \emptyset_6 \sum_{j=1}^{p} \Delta \ln K_{t-1} + \varphi ECT_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned} \qquad (۵)$$

در روابط فوق:

Δ تفاضل متغیرها، $\emptyset_0$ عرض از مبدا، $\emptyset_1$ تا $\emptyset_6$ پارامترهای کوتاه مدت و γ_1 تا γ_6 پارامترهای بلندمدت است. همچنین φ ضریب ECT است که مقادیر منفی و معنادار آن نشان دهنده این است که یک شوک کوتاه‌مدت با چه سرعتی به سمت تعادل بلندمدت تعدیل می‌شود. در انتها، برای پایداری پارامترهای مدل تخمین زده شده Pesaran *et al.* (2001)با استفاده از آزمون‌های جمع تجمعی (CUSUM) و جمع تجمعات (CUSUMSQ)، ارائه شده توسط Brown *et al.* (1975)، آزمایشی را پیشنهاد می‌دهند، تا بتوان به ثبات مدل پی برد و از آن برای تفسیر نهایی استفاده کرد.

در نهایت، وجود هم انباشتگی نشان دهنده یک ارتباط علی بین متغیرها است ولی جهت علیت مشخص نیست. بنابراین، از آزمون علیت Granger (1969) برای بررسی رابطه علی زوجی استفاده می‌شود.

نتایج و بحث

جدول (۲) آمار توصیفی متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه را ارائه می‌دهد. با توجه به نتایج آزمون‌های چولگی[۱۲]، کشیدگی[۱۳] و همچنین جارک‌برا[۱۴] که آزمون استاندارد مربوط به نرمال بودن توزیع متغیرها است، فرضیه صفر این آزمون پذیرفته می‌شود و نشان می‌دهد که همه متغیرهای فهرست شده به غیر از LFDI به‌طور نرمال توزیع شده‌اند.

جدول ۲- آماره‌های توصیفی
Table 2. Descriptive statistics

	LCO_2	LGDP	LK	LL	LFDI	LAP
میانگین Mean	19.83	26.47	25.43	16.94	20.63	18.02
میانه Median	19.92	26.53	25.59	16.94	21.50	18.11
حداکثر Maximum	20.27	26.84	25.81	17.04	22.77	18.26
حداقل Minimum	19.10	25.95	24.62	16.86	15.58	17.62
انحراف معیار Std. dev.	0.37	0.29	0.33	0.05	1.83	0.196
چولگی Skewness	-0.41	-0.25	-0.78	0.22	-1.09	-0.49
کشیدگی Kurtosis	1.75	1.51	2.44	1.87	3.18	1.88
جارک برا Jarque-Bera	2.88	3.18	3.54	1.89	6.29	2.89
ارزش احتمال Probability	0.23	0.20	0.16	0.38	0.04**	0.23
مجموع Sum	614.81	820.68	788.56	525.32	639.58	558.66
تعداد مشاهدات Observations	31	31	31	31	31	31

منبع: یافته‌های تحقیق(*، **، ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)
Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

همانطور که در پیش‌تر ذکر شد این مطالعه از آزمون‌های ریشه واحد ADF و PP برای بررسی مانایی متغیرها استفاده می‌کند. نتایج تخمین زده شده آزمون‌های ADF و PP در جدول (۳) ارائه شده است. نتایج نشان داد که متغیرهای LL و LK در سطح و متغیرهای LCO_2، LGDP، LAP و LFDI بعد از اولین تفاضل ایستا می‌شوند. بنابراین، با توجه به این که تعدادی از متغیرها (۰) I و تعدادی دیگر (۱) I می‌باشد، هر دو آزمون استفاده از مدل ARDL را برای بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت پیشنهاد می‌کند.

جدول ۳- آزمون ریشه واحد
Table 3. Unit root test

متغیرها Variables	آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته ADF unit root test					آزمون فیلیپس پرون PP unit root test				
	در سطح At level		اولین تفاضل 1st difference		نتیجه Result	در سطح At level		اولین تفاضل 1st difference		نتیجه Result
	t-Statistic	Prob	t-Statistic	Prob		t-Statistic	Prob	t-Statistic	Prob	
LCO_2	0.026	0.99	-5.80	0.00***	I (1)	0.20	0.99	-5.80	0.00***	I (1)
LGDP	-1.13	0.90	-4.92	0.00***	I (1)	-1.33	0.86	-4.92	0.00***	I (1)
LAP	-2.42	0.36	-6.53	0.00***	I (1)	-2.42	0.36	-12.19	0.00***	I (1)
LL	-2.99	0.00***	-	-	I (0)	-8.10	0.00***	-	-	I (0)
LFDI	-1.23	0.88	-13.80	0.00***	I (1)	-4.62	0.00***	-	-	I (0)
LK	-3.55	0.00***	-	-	I (0)	-3.23	0.00***	-	-	I (0)

منبع: یافته‌های تحقیق(*، **، ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)
Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

از یک معیار طول تاخیر، که بر اساس مشخصات خودرگرسیون برداری (VAR) است، برای تعیین طول تاخیر بهینه آزمون علیت گرنجر، آزمون کرانه‌های ARDL و تخمین کلی و مدل‌های پویای ARDL استفاده شد. جدول (۴) نتایج تمام معیارها را برای انتخاب طول تاخیر بهینه ارائه می‌دهد. بر اساس معیارهای اطلاعات شوارتز (SIC)، طول تاخیر بهینه، یک انتخاب می‌شود.

برای بررسی رابطه هم‌انباشتگی بلندمدت بین متغیرهای مدل، از آزمون کرانه‌های ARDL استفاده می‌شود که بر اساس یک آماره F مشترک است. نتایج این آزمون در جدول (۵) ارائه شده است. با توجه به اینکه ارزش آماره آزمون کرانه‌های ARDL (۹/۷۳) بیشتر حد بالای مقادیر بحرانی در سطح یک درصد (۴/۶۸) است، بنابراین وجود یک پیوند هم‌انباشتگی تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مدل پذیرفته می‌شود و فرض صفر مبنی بر عدم دسترسی به هم‌انباشتگی بلندمدت بین متغیرهای مطالعه حاضر را رد می‌کند.

جدول ۴- انتخاب وقفه بهینه

Table 4. Lag order selection criteria

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	178.3194	NA	2.78E-13	-11.88409	-11.60121	-11.7955
1	337.65	241.7431*	5.96e-17*	-20.3896*	-18.4094*	-19.7694*
2	360.6367	25.36462	2.08E-16	-19.49219	-15.81463	-18.34042

منبع: یافته های تحقیق

Source: research findings

جدول ۵- آزمون باند

Table 5. Bounds test

آماره آزمون Test statistic	ارزش Value	سطح معنی داری Signif.	مقادیر بحرانی Critical value bounds	
			I0 Bound	I1 Bound
F-statistic	9.73	10%	2.26	3.35
k	5	5%	2.62	3.79
		2.50%	2.96	4.18
		1%	3.41	4.68

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول (۶) نتایج کوتاه‌مدت و بلندمدت روش ARDL را نشان می‌دهد.

تحلیل نتایج کوتاه روش ARDL

با توجه به ضرایب کوتاه مدت رشد اقتصادی (LGDP) تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار CO_2 دارد، به این معنی که افزایش ۱ درصدی در LGDP در ایران انتشار CO_2 را ۰/۳۰۷درصد افزایش خواهد داد. که این نتایج با یافته‌های Dagmawe Tenaw (2021) مطابقت دارد. Dagmawe Tenaw (2021) در مطالعه خود نشان داد که در کوتاه‌مدت با افزایش یک درصدی رشد اقتصادی، انتشار CO_2 در اتیوپی به میزان ۰/۹۶۵ افزایش پیدا می‌کند. همچنین Nonejad and Roozitalab (2018) نیز در پژوهش خود دریافتند که یک درصد افزایش رشد اقتصادی باعث ۷/۱۶۱ درصد افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران خواهد شد. در تجزیه و تحلیل کوتاه‌مدت، جمعیت روستایی (LL) نقش کلیدی در کاهش انتشار CO_2 خواهد داشت. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش یک درصدی LL، انتشار CO_2 به میزان ۲/۹۳۷ درصد کاهش پیدا می‌کند. این نتیجه با یافته‌های Voumik *et al.* (2022) در بنگلادش، Alam *et al.* (2016) در برزیل، Wang *et al.* (2017) در چین و Hussain and Rehman (2021) در پاکستان مطابقت دارد. علاوه بر این، نتایج مطالعه حاضر در کوتاه مدت حاکی از آن است که تشکیل سرمایه ناخالص (LK) تأثیر مثبتی بر انتشار CO_2 در کشور دارند. با توجه به ضریب برآوردی می‌توان بیان نمود که افزایش یک درصدی LK،

انتشار CO_2 را ۰/۰۸۷ درصد افزایش می‌دهد. Adebayo *et al.* (2021) نیز نشان دادند که با افزایش یک درصدی LK، سطح انتشار CO_2 در تایلند به میزان ۰/۰۹۱ درصد افزایش پیدا می‌کند. ضریب کوتاه‌مدت تولیدات کشاورزی (LAP) نشان دهنده این است که افزایش یک درصدی در تولیدات کشاورزی باعث افزایش حدود ۰/۰۶۵ درصد انتشار CO_2 می‌شود. این نتایج با مطالعه Reynolds *et al.* (2015) مطابقت دارد که تولید محصولات کشاورزی اثرات مثبتی بر آلودگی محیط‌زیست دارد. همچنین Ullah *et al.* (2018) نشان دادند که تولید غلات تأثیر مثبتی بر انتشار CO_2 دارد. این بدان معناست که افزایش یک درصدی در تولید غلات منجر به انتشار ۰/۰۳ درصد CO_2 می‌شود. به‌طور مشابه نتایج آن‌ها ثابت کرد که سایر تولیدات زراعی (غیر از غلات) تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار CO_2 می‌گذارد. به‌طوری که یک درصد در افزایش تولید سایر تولیدات زراعی، منجر به افزایش سطح ۰/۶۵ درصدی انتشار CO_2 می‌شود. در این مطالعه اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (LFD) بر انتشار CO_2 در کوتاه‌مدت معنی‌دار نیست. اما یک درصد افزایش وقفه LFDI باعث افزایش ۰/۰۱۰ درصدی انتشار دی‌اکسیدکربن خواهد شد. با این وجود با توجه به عدم معنی‌داری ضریب مربوطه لازم است در تفسیر این ضریب احتیاط شود. Shahid *et al.* (2022) در مطالعه خود به رابطه منفی بین FDI و GTFEP[15] در کوتاه‌مدت در چین تاکید کردند. همچنین در مطالعه Voumik and Ridwan (2023) رابطه معنی‌داری بین FDI و انتشار CO_2 در آرژانتین گزارش نشد.

همچنین ضریب تصحیح خطا در سطح معنی‌داری یک درصد منفی است. این ضریب، نشان‌دهنده سرعت بهینه برای بازگرداندن تعادل در مدل پویا است، یعنی اثر یک شوک طی یک دوره تقریبا تا حدود ۰/۴۶ درصد اصلاح می‌شود.

جدول ۶- نتایج تخمین‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت

Table 6. Long-run and short-run estimates

متغیر Variable	ضرایب Coefficient	انحراف معیار Std. error	آماره آزمون t-Statistic	ارزش احتمال Prob.
		تخمین بلندمدت Long run estimation		
LGDP	0.662	0.135	4.904	0.0001***
LAP	0.141	0.169	-0.834	0.0413**
LL	-3.807	1.216	-3.130	0.0051*
LFDI	0.024	0.011	2.038	0.0543*
LK	0.188	0.07061	2.672	0.0143**
		تخمین کوتاه مدت Short run estimation		
LCO2(-1)	0.536	0.112	4.77	0.000***
LGDP	0.307	0.096	3.18	0.004**
LAP	0.065	0.086	-7.60E-01	0.055*
LL	-2.937	1.055	2.784	0.011**
LL (-1)	-4.704	0.964	-4.877	0.000***
LFDI	0.0011	0.004	0.289	0.775
LFDI (-1)	0.010	0.004	2.16	0.042**
LK	0.087	0.049	1.772	0.090*
C	29.766	16.537	1.799	0.086*
CointEq (-1)	-0.463	0.054	-8.505	0.000***

منبع: یافته‌های تحقیق(*، **، ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)

Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

تحلیل نتایج بلندمدت روش ARDL

در بلندمدت رشد اقتصادی با انتشار CO_2 در ایران همبستگی مثبت دارد. ضریب تخمینی LGDP نشان می‌دهد که افزایش یک درصدی در LGDP سطح انتشار CO_2 را ۰/۶۶۲ درصد افزایش می‌دهد. این نتایج در مطالعات Ali and Anufriev (2020), Gyamfi *et al*. (2021), Bekun *et al*. (2021), Adedoyin *et al* (2021) نیز مورد تاکید قرار گرفته است. همچنین نتایج مطالعه Ghimire *et al*. (2021) نشان داد در بلندمدت، یک درصد افزایش رشد اقتصادی آلودگی محیط‌زیستی را ۰/۰۳ درصد افزایش می‌دهد. Boamah *et al*. (2018) و Rahman *et al*. (2020) نیز در مطالعات خود به رابطه مثبت رشد اقتصادی و انتشار آلودگی محیط‌زیستی اشاره کردند.

نتایج تخمین بلندمدت ثابت می‌کند که جمعیت روستایی متغیر تاثیرگذار مهمی بر انتشار CO_2 در ایران است. ضریب LL نشان می‌دهد افزایش یک درصد در LL منجر به کاهش ۳/۸۰۷ درصدی سطح انتشار CO_2 می‌شود. این نتیجه همسو با Usman *et al*. (2022) در کشورهای توسعه‌یافته و Baba Ali *et al*. (2023) در کشورهای آفریقایی می‌باشد.

علاوه بر این، در مطالعه حاضر، متغیر متمایز دیگری که انتشار CO_2 ایران را تعیین می‌کند، تولید محصولات کشاورزی است که با ضریب ۰/۱۴۱ در بلندمدت تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار CO_2 دارد. به این معنی است که افزایش یک درصدی در *LAP* منجر به افزایش انتشار ۰/۱۴۱ درصدی CO_2 می‌شود. این نتایج با مطالعه Reynolds *et al.* (2015) مطابقت دارد. Reynolds *et al.* (2015) در مطالعه خود نشان دادند که تولید محصولات کشاورزی اثرات مثبتی بر آلودگی محیط‌زیست دارد. با این وجود، این نتایج، با یافته‌های Dogan (2016) متناقض است. Dogan (2016) در مطالعه خود نشان داد که افزایش یک درصدی در تولید کشاورزی باعث کاهش ۴/۸ درصدی انتشار CO_2 در ترکیه می‌شود. این رابطه منفی ممکن است به دلیل تغییرات در الگوی کشت، سیستم تولید، استراتژی‌های سازگاری، مدیریت و استفاده بهینه از نهاده‌ها مانند ماشین‌آلات، آفت‌کش‌ها و کود باشد. یافته‌های ما در مورد تولیدات کشاورزی با یافته‌های Agboola and Bekun (2019) و Gokmenoglu and Taspinar (2018) نیز در تضاد است. Edoja *et al.* (2016) نیز به‌طور مشابه در نیجریه، رابطه منفی و معناداری بین بهره‌وری کشاورزی، امنیت غذایی و انتشار CO_2 پیدا کردند. به‌طور مشابه Owusu and Asumadu-Sarkodie (2017) رابطه علی بین تولید کشاورزی و انتشار CO_2 در غنا را بررسی کردند و دریافتند که افزایش یک درصد در تولید ارزن و سورگوم باعث کاهش انتشار CO_2 به میزان ۰/۱۳ و ۰/۱۱ در کوتاه مدت می‌شود. Adedoyin *et al*. (2020) در توجیه نتایج خود، این تناقض را با تفاوت در روش‌های برآورد و تلاش‌ها برای دستیابی به پایداری محیط‌زیستی در آفریقا مرتبط کردند. اگرچه این دلایل منطقی به نظر می‌رسد، اما قابل قبول‌ترین دلیل می‌تواند استفاده محدود از ماشین آلات پیشرفته کشاورزی در فعالیت‌های تولیدی در اکثر کشورهای آفریقایی باشد. در این کشورها تولیدات کشاورزی هنوز در مرحله ابتدایی خود بوده و اکثر کشاورزان به کشاورزی در مقیاس کوچک مشغول هستند. بیشتر این مزارع در مقیاس کوچک برای فعالیت‌های کشاورزی خود به شدت به ابزارهای ابتدایی متکی هستند، بدون اینکه دسترسی کافی به فناوری‌های پیشرفته مانند تراکتور و دروگر داشته باشند (Baba Ali *et al.*, 2023). از طرفی بهره‌وری ماشین‌آلات کشاورزی در ایران به دلیل فرسوده و مستهلک بودن، پایین است. بنابراین با افزایش تولیدات کشاورزی، انتشارات در این بخش افزایش پیدا می‌کند. این موضوع با نتایج Killebrew and Wolff (2010) مطابقت دارد. آن‌ها نشان دادند که ماشین آلات کشاورزی انتشار CO_2 را با سوزاندن گازوئیل یا مصرف سوخت افزایش می‌دهند.

ضریب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر مثبت و معنادار آماری را بر انتشار CO_2 نشان می‌دهد که به این

معنی است که افزایش یک درصدی در LFDI منجر به افزایش ۰/۰۲۴ درصدی LCO_2 می‌شود. این نتیجه با کار Li *et al.* (2020) برای اقتصادهای G20 و Baba Ali *et al.* (2023) مطابقت دارد. همچنین در مطالعه Ghimire *et al.* (2021) سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) یک عامل مهم در انتشار آلودگی محیطزیستی در بنگلادش بود. ضریب ۰/۰۲ FDI نشان می‌دهد که افزایش یک درصد در FDI منجر به افزایش بیش از ۰/۰۲ درصد در آلودگی محیطزیستی در بلندمدت می‌شود. در نتیجه، این مطالعه نیز تایید کننده نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. Shahid *et al.* (2022) نیز نشان دادند که یک درصد افزایش در FDI منجر به کاهش ۰/۴۲۸ درصدی GTFEP در چین خواهد شد. این نشان‌دهنده کاهش GTFEP با افزایش FDI است. رشد GTFEP ممکن است با سطوح بالاتر FDI مهار شود زیرا اثر سرریز فناوری بر محیطزیست ناشی از افزایش FDI از طریق افزایش هزینه‌های کنترل آلودگی منجر به بدتر شدن وضعیت محیط زیست می‌شود (Hu *et al.*, 2021). نتایج Adebayo *et al.* (2021) در مطالعه‌ای دیگر نشان داد که FDI تأثیر مثبتی بر انتشار CO_2 دارد. به این معنی که افزایش ۰/۲۴۳ در انتشار CO_2 بدلیل افزایش یک درصد در FDI است. همچنین نتایج مطالعات Yazdi and Shakouri (2014); Bekhet *et al.* (2017); Haseeb *et al.* (2018) نیز از یافته پژوهش حاضر پشتیبانی می‌کند. تاثیر منفی FDI بر انتشار CO_2 در مطالعات Zia *et al.* (2021) برای چین، Yang *et al.* (2021a, b) برای کشورهای گروه BICS[16]، Weili *et al.* (2020) برای کشورهای B&R[17]، Usman and Hammar (2021) برای کشورهای APEC[18]، Tahir *et al.* (2021) برای اقتصادهای جنوب آسیا، Sharma *et al.* (2021) برای هشت کشور جنوب و جنوب شرقی آسیا، Musa *et al.* (2021) برای کشورهای اتحادیه اروپا، Lie *et al.* (2022) برای کشورهای B&R، Kumar *et al.* (2021) برای ۳۳ کشور در حال توسعه، Khaskheli *et al.* (2021)، برای کشورهای کم درآمد، Kahouli *et al.* (2022) برای عربستان صعودی، drees and Majeed (2022) برای پاکستان، Habiba *et al.* (2021) برای کشورهای G20[19]، Ganda (2021) برای کشورهای BRICS[20]، Fakher *et al.* (2021b) برای کشورهای عضو OPEC[21] و Dagar *et al.* (2022) برای کشورهای OECD[22] نیز مورد تاکید قرار گرفته است. با این وجود یافته‌های ما با یافته‌های Zeeshan *et al.* (2021) ناسازگار است. که نشان دادند تعمیق مالی یکپارچگی اکولوژیکی را در ۲۰ کشور توسعه‌یافته از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ بهبود بخشید. Xuezhou *et al.* (2022) مشاهده کردند که توسعه مالی با کاهش انتشار CO_2 به محیطزیست کشورهای جنوب صحرای آفریقا کمک می‌کند. به همین ترتیب، Usman *et al.* (2021) نشان دادند که توسعه مالی به کاهش آلودگی در ۵۲ کشور توسعه‌یافته و در حال توسعه کمک می‌کند. علاوه بر این، Li *et al.* (2022) تأثیر نامتقارن توسعه مالی بر کیفیت محیطزیستی در چین را بررسی کردند و تعیین نمودند که توسعه مالی منجر به انتشار کمتر CO_2 می‌شود. Le and Hoang (2022) نتیجه مشابهی را برای کشورهای در حال توسعه، در حال توسعه و توسعه یافته، یافتند. Khan *et al.* (2022a) در سطح جهانی، Khan *et al.* (2022b) برای ۱۸۴ کشور، (2021) Godil *et al.* برای پاکستان و Li *et al.* (2020) در مورد کشورهای *E7* نیز به نتایجی در تضاد با نتایج مطالعه حاضر رسیدند.

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که تشکیل سرمایه ناخالص تأثیر مثبت قابل توجهی بر آلودگی محیطزیست دارد. این بدان معناست که افزایش یک درصدی در LK منجر به افزایش انتشار CO_2 به میزان ۰/۱۸۸ درصد می‌شود. بنابراین افزایش سرمایه ممکن است آلودگی زیست محیطی بیشتری ایجاد کند. این نتیجه با مطالعه Rej and Nag (2022) مطابقت دارد. همچنین Baba Ali *et al.* (2023) نیز در مطالعه خود نشان دادند که با افزایش یک

درصدی LK سطح انتشار دی‌اکسیدکربن به میزان ۰/۰۱۵۹ درصد افزایش پیدا می‌کند. مطالعه Adebayo *et al*. (2021) نیز تایید کننده این موضوع است که تشکیل سرمایه ناخالص تأثیر مثبتی بر انتشار CO_2 دارد. به‌طوریکه در نتیجه افزایش یک درصد در تشکیل سرمایه ناخالص، انتشار CO_2 به میزان ۰/۰۹ درصد در تایلند افزایش می‌یابد. Li *et al*. (2018), Etokakpan *et al.* (2020b), Tariq *et al.* (2016), Liu (2014) نیز به نتایجی مشابه دست یافتند.

پس از آزمایش ضرایب کوتاه‌مدت و بلندمدت مدل ARDL، شش تست تشخیصی باقیمانده انجام شد (جدول ۷). نتایج آزمون‌های Breusch-Godfrey Serial Correlation LM نشان می‌دهد که باقی‌مانده‌ها در مدل ARDL مشکل همبستگی خودکار ندارند. مقدار ارزش احتمال آماره Jarque-Bera نشان می‌دهد که باقیمانده‌ها بطور معمول توزیع شده‌اند. پایداری پارامترها نیز با استفاده از آزمون‌های CUSUM و CUSUMSQ مورد بررسی قرار گرفت. هر دو نمودار در سطح معنی‌داری پنج درصد قرار دارند (شکل ۱). مقدار R-squared نشان می دهد که حدود ۹۹ درصد از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل مدل توضیح داده می‌شود و همچنین با توجه به نتایج آزمون F فرض صفر این آزمون مبنی بر عدم معنی‌داری کل رگرسیون رد می‌شود. بنابراین یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که مدل ARDL به درستی برازش شده است.

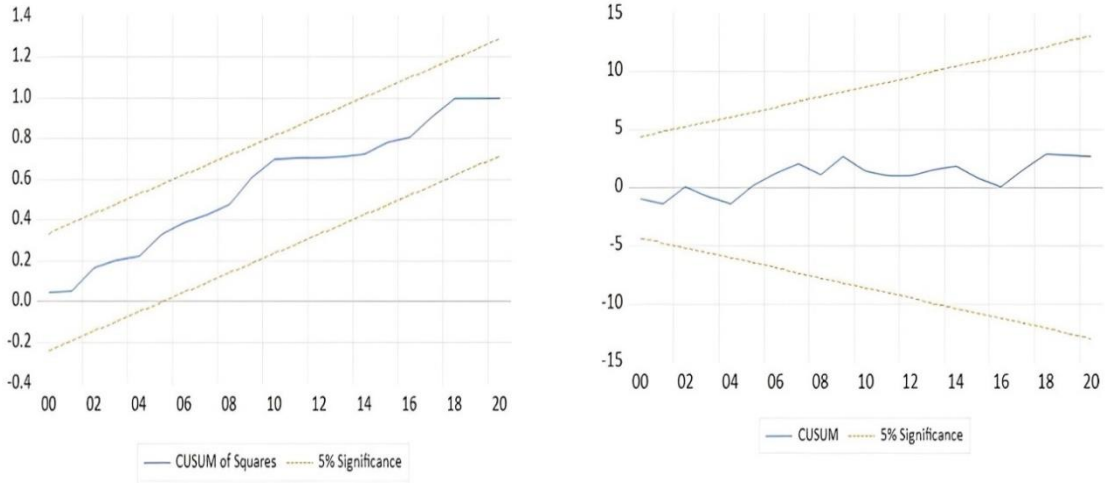
جدول ۷- آزمون‌های تشخیص

Table 7. Diagnostic tests

آزمون نرمال بودن جز خطا **Normality test**	
ارزش احتمال Probability	جارک برا Jarque-Bera
0.641	0.888
آزمون ناهمسانی واریانس: بروش پاگان گادفری Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	
ارزش احتمال Prob. F (8,21)	آماره آزمون F-statistic
0.8826	0.441184
Prob. Chi-Square (8)	Obs*R-squared
0.827	4.316
آزمون خودهمسبتگی سریالی: بروش گادفری Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	
ارزش احتمال Prob. F (2,19)	آماره آزمون F-statistic
0.355	1.092
Prob. Chi-Square (8)	Obs*R-squared
0.212	3.094
0.997	ضریب تعیین R-squared
0.996	ضریب تعیین تعدیل شده Adjusted R-squared
1105.054	معنی داری کل رگرسیون F-statistic
0.000^{****}	ارزش احتمال Prob (F-statistic)

باشد)داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌نشان دهنده سطوح معنی ***، **، *منبع: یافته‌های تحقیق(

Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)



شکل ۱- آزمون جمع تجمعی و جمع تجمعات مربعات

Fig. 1- CUSUM & CUSUM of squares test

تحلیل نتایج آزمون علیت گرانجری

علاوه بر این، برای آزمون جهت علیت بین متغیرها، این مطالعه از آزمون علیت گرنجر زوجی بر اساس VAR استفاده می‌کند. علیت گرنجر دارای سه نوع است، یعنی علیت یک‌طرفه، علیت دوطرفه و بدون علیت. نتایج آزمون علیت گرنجری در جدول (۸) گزارش شده است. همانطور که در جدول (۸) مشاهده می‌شود، رابطه علیت دوطرفه‌ای بین LCO_2-LGDP، LAP-LCO_2، LFDI-LCO_2، LFDI- LAP برقرار است و فرض صفر این آزمون در مورد متغیرهای ذکر شده پذیرفته نخواهد شد. همچنین شواهدی مبنی بر وجود رابطه علیت یک طرفه بین LK-LCO_2، LGDP- LAP، LGDP-LFDI، LL-LAP، LL-LFDI و LL-LCO2 وجود دارد. در مورد سایر روابط علیت زوجی، فرض صفر پذیرفته خواهد شد.

در این تحقیق همچنین از روش‌های FMOLS و DOLS برای بررسی استحکام نتایج برآوردهای بلندمدت رویکرد ARDL استفاده شده است. نتایج این دو روش در جدول (۹) نشان داده شده است.

جدول ۸-آزمون علیت زوجی گرنجر

Table 8. Pairwise Granger causality test

فرض صفر Null hypothesis	مشاهدات Obs	آماره آزمون F-Statistic	ارزش احتمال Prob.
LGDP علت گرنجری Lco2 نیست LGDP does not cause Granger LCO2	30	0.687	0.041**
LCO2 علت گرنجری LGDP نیست LCO2 does not cause Granger LGDP		4.042	0.054*
LAP علت گرنجری Lco2 نیست LAP does not cause Granger LCO2	30	5.618	0.025**
LCO2 علت گرنجری LAP نیست LCO2 does not cause Granger LAP		5.079	0.032**
LFDI علت گرنجری Lco2 نیست LFDI does not cause Granger LCO2	30	11.388	0.002***
LCO2 علت گرنجری LFDI نیست LCO2 does not cause Granger LFDI		9.393	0.004***
LK علت گرنجری Lco2 نیست LK does not cause Granger LCO2	30	3.334	0.078*
LCO2 علت گرنجری LK نیست LCO2 does not cause Granger LK		0.213	0.647

ادامه جدول ۸-آزمون علیت زوجی گرنجر

Table 8. Pairwise Granger causality test

فرض صفر Null hypothesis	مشاهدات Obs	آماره آزمون F-Statistic	ارزش احتمال Prob.
LL علت گرنجری Lco2 نیست LL does not cause Granger LCO2	30	0.171	0.081*
LCO2 علت گرنجری LL نیست LCO2 does not cause Granger LL		0.690	0.413
LAP علت گرنجری LGDP نیست LAP does not cause Granger LGDP	30	2.073	0.161
LGDP علت گرنجری LAP نیست LGDP does not cause Granger LAP		3.200	0.084*
LFDI علت گرنجری LGDP نیست LFDI does not cause Granger LGDP	30	0.0552	0.815
LGDP علت گرنجری LFDI نیست LGDP does not cause Granger LFDI		8.589	0.006***
LK علت گرنجری LGDP نیست LK does not cause Granger LGDP	30	0.530	0.472
LGDP علت گرنجری LK نیست LGDP does not cause Granger LK		0.511	0.480
LL علت گرنجری LGDP نیست LL does not cause Granger LGDP	30	0.511	0.480
LGDP علت گرنجری LL نیست LGDP does not cause Granger LL		2.547	0.122
LFDI علت گرنجری LAP نیست LFDI does not Cause Granger LAP	30	7.287	0.011**
LAP علت گرنجری LFDI نیست LAP does not cause Granger LFDI		8.397	0.007***
LK علت گرنجری LAP نیست LK does not cause Granger LAP	30	1.135	0.296
LAP علت گرنجری LK نیست LAP does not cause Granger LK		0.014	0.906
LL علت گرنجری LAP نیست LL does not cause Granger LAP	30	3.894	0.058*
LAP علت گرنجری LL نیست LAP does not cause Granger LL		0.049	0.826
LK علت گرنجری LFDI نیست LK does not cause Granger LFDI	30	2.484	0.126
LFDI علت گرنجری LK نیست LFDI does not cause Granger LK		0.011	0.916
LL علت گرنجری LFDI نیست LL does not cause Granger LFDI	30	6.912	0.014**
LFDI علت گرنجری LL نیست LFDI does not cause Granger LL		0.030	0.862
LL علت گرنجری LK نیست LL does not cause Granger LK	30	0.314	0.579
LK علت گرنجری LL نیست LK does not cause Granger LL		2.145	0.154

منبع: یافته‌های تحقیق(*، **، ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)

Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

جدول ۹- بررسی استحکام نتایج

Table 9. Robustness checks

متغیر Variable	ضرایب Coefficient	انحراف معیار Std. error	آماره آزمون t-Statistic	ارزش احتمال Prob.
حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده Fully Modified Least Squares (FMOLS)				
LGDP	0.721	0.091	7.877	0.000***
LAP	0.081	0.075	-1.080	0.0907*
LL	-5.511	0.669	-8.226	0.000***
LFDI	0.010	0.005	-2.033	0.0532*
LK	0.298	0.052	5.69	0.000***
C	88.230	12.723	6.934	0.000***
R-squared			0.992	
Adjusted R-squared			0.990	
حداقل مربعات پویا Dynamic Least Squares (DOLS)				
LGDP	0.723	0.097	7.396	0.000***
LAP	0.095	0.081	-1.172	0.0719*
LL	-5.658	0.710	-7.962	0.000***
LFDI	0.010	0.005	-2.0009	0.0564*
LK	0.309	0.056	5.474	0.000***
C	90.646	13.466	6.731	0.000***
R-squared			0.992	
Adjusted R-squared			0.991	

منبع: یافته‌های تحقیق(*، **، ***نشان دهنده سطوح معنی‌داری ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ می‌باشد)

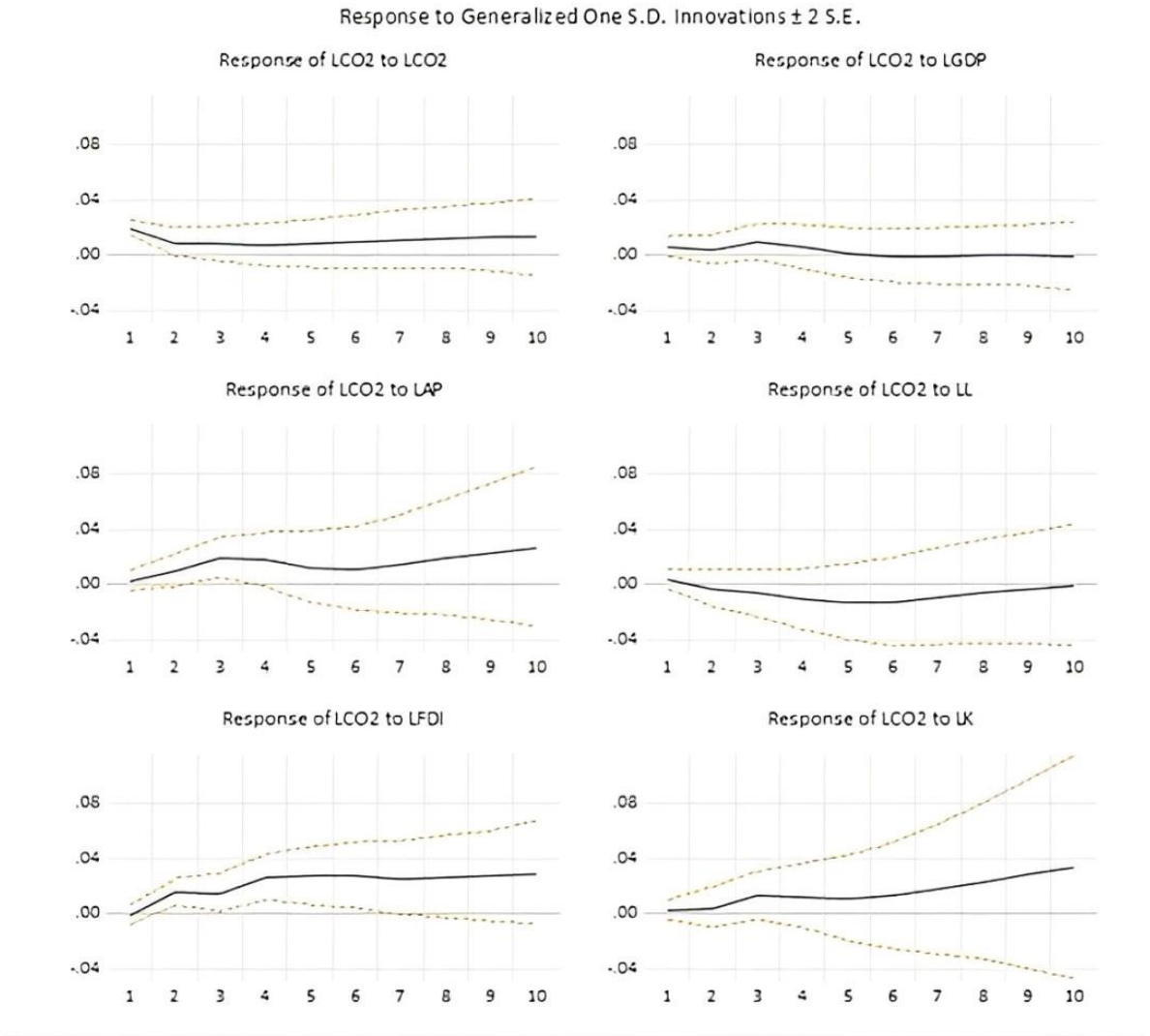
Source: Research findings (*, **, *** indicate the levels of 10%, 5% and 1% confidence)

طبق یافته‌ها، بین LCO_2 با LGDP، LK، LAP و LFDI ارتباط طولانی‌مدت مثبت و معناداری وجود دارد. همچنین رابطه معکوس و معنی دار LCO_2 با LL در روش‌های FMOLS و DOLS نیز اثبات شد. این روش‌ها نتایج یکسانی را با رویکرد قبلی داشت که سازگاری و استحکام یافته‌های رهیافت ARDL را نشان می‌دهد.

شکل (۲) تحلیل توابع واکنش ضربه‌ای (IRF)[۲۳] LCO_2 را نسبت به سایر متغیرها نشان می‌دهد.

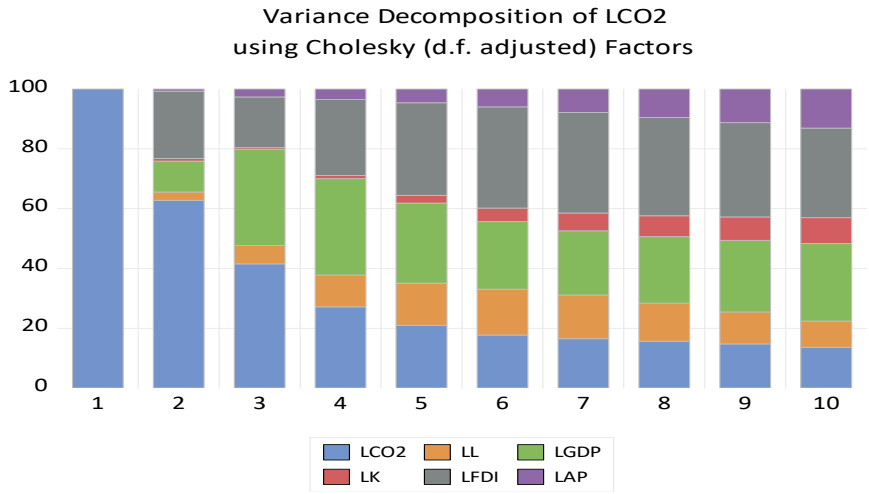
همانطور که از شکل (۲) مشخص است، شوک انحراف استاندارد LCO_2 به انتشار CO_2 تا یک افق تقریبا ۱۰ دوره‌ای قابل توجه است و باعث می‌شود LCO_2 به تدریج با روند کاهشی کاهش یابد تا به تعادل برسد. واکنش انتشار CO_2 به شوک FDI،AP و K در ابتدا افزایشی، بعد کاهشی و سپس افزایشی است تا به تعادل برسد. بطور مشابه واکنش انتشار CO_2 به شوک GDP در ابتدا کاهشی، سپس افزایشی و پس از آن کاهشی است تا به تعادل برسد.

نتایج تجزیه واریانس تجزیه واریانس بین LGDP, LAP, LK, LFDI, LL, و انتشار CO_2 در یک افق ۱۰ دوره‌ای در شکل (۳) ارائه شده است.



شکل ۲- توابع واکنش ضربه‌ای

Fig. 2- Impulse response functions



شکل ۳- تجزیه واریانس

Fig. 3- Variance decomposition

نتایج نشان می‌دهد که تغییر در انتشار CO_2 توسط شوک‌های خود و بطور قابل‌توجهی توسط متغیرهای دیگر در مطالعه توضیح داده می‌شود. شکل (۳) نشان می‌دهد که ۳۰/۰۸، ۱۳/۰۶، ۱۱/۳۸، ۲۹/۹ و ۱/۸ درصد از نوسانات افق ۱۰ دوره آتی در انتشار CO_2 به ترتیب ناشی از شوک‌های LGDP, LAP, LL, LFDI, LK است.

نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم و تخریب محیط‌زیست از مهم‌ترین چالش‌های جهان امروز است. از آنجایی که افزایش انتشار CO_2 نیروی محرکه همه این تغییرات است، سوال اساسی این است که چگونه می‌توان با تغییرات آب و هوایی بدون قربانی کردن رشد اقتصادی مقابله کرد. یکی از اولین و موثرترین اقدامات، بررسی روابط بین هریک از بخش‌های موثر در این زمینه است. بنابراین در مطالعه حاضر برای بررسی رابطه بین آلودگی محیط‌زیستی، رشد اقتصادی و تولیدات کشاورزی در ایران طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۰ از مدل ARDL استفاده شده است.

بر اساس یافته‌های این مطالعه می‌توان گفت که تولیدات کشاورزی در ایران باعث افزایش انتشار CO_2 بعنوان شاخصی برای آلودگی محیط‌زیستی می‌شود. از دلایل این امر می‌توان به عدم سرمایه‌گذاری مناسب و اعطای اعتبارت کافی به کشاورزان در راستای نوسازی مکانیزاسیون کشاورزی اشاره کرد. به‌طوریکه کشاورز به اعتبارات لازم دسترسی ندارد و یا در صورت دسترسی، با انبوهی از قوانین دست و پاگیر و سازوکار اداری ناکارآمد که با جامعه کشاورزی ایران مطابقت ندارد، روبه‌رو خواهد شد. از طرف دیگر عدم نظارت مناسب در تخصیص اعتبارات و رانت و فساد موجود در فرآیند اعطای اعتبارات، سبب می‌شود که اعتبارات تخصیص‌یافته در این زمینه به کشاورز تعلق پیدا نکند و به همین دلیل انگیزه مالی و عملی برای نوسازی و افزایش بهره‌وری ماشین‌آلات و به تبع آن کاهش انتشارات ناشی از فعالیت‌های کشاورزی از بین می‌رود. بنابراین پیشنهاد می‌شود دولت در کنار افزایش اعتبارات بخش کشاورزی، با ایجاد ساز وکار اداری شفاف، به دور از فساد و کارا، باعث نوسازی مکانیزاسیون کشاورزی شود تا با افزایش بهره‌وری محیط‌زیستی ناشی از مکانیزاسیون پیشرفته، در جهت نیل به دو هدف حفظ امنیت غذایی و محیط‌زیست قدم بردارد.

رابطه مثبت بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن که از دیگر نتایج این مطالعه است. از یک سو، با توجه به اینکه ایران در مراحل گذار به توسعه یافتگی قرار دارد، اولویت بر تخصیص منابع محدود برای دستیابی به رشد اقتصادی در مقابل سرمایه‌گذاری در راهبردهای کاهش آلودگی محیط زیستی بوده و از سوی دیگر، در شرایط کنونی استفاده و فروش سوخت‌های فسیلی و فراورده های نفتی راهگشای رشد اقتصادی است. لذا رشد اقتصادی بر کیفیت محیط زیستی ترجیح داده می‌شود. اگرچه می‌توان ادعا کرد که آلودگی محیط زیستی از طریق تغییرات آب و هوایی این پتانسیل را دارد که بر بهره‌وری نیروی کار تأثیر منفی بگذارد و در نتیجه رشد اقتصادی را کاهش دهد. بنابراین پیشنهاد می‌شود تصمیم‌گیران کشور گام‌های بیشتری در جهت تسهیل اجرای برنامه‌های استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر برداشته تا ضمن بهبود کارایی تولید، پایداری محیط زیستی را افزایش دهند. با توجه به اینکه فعالیت‌های تجاری صنایع در ایران نقش قابل توجهی در افزایش میزان آلاینده‌های کشور دارد، سرمایه گذاری‌های بیشتر دولت و بخش خصوصی در تحقیق و توسعه برای کاهش انتشار کربن، اعطای منابع مالی کم‌بهره و کمک به گسترش شرکت‌هایی تولید کننده تجهیزات صرفه‌جویی در انرژی، حیاتی بنظر می‌رسد. بعلاوه انتظار می‌رود، استفاده از معافیت‌های مالیاتی یا سایر مشوق‌های غیرقیمتی برای ارتقای بهره‌وری انرژی، وضع قوانین محیط زیستی سخت‌گیرانه، بخش‌ها با آلایندگی بالا را به استفاده از فناوری‌های سبز و نوآورانه، سرمایه گذاری بیشتر در تحقیق و توسعه، حفاظت از ثبت اختراع و تکنیک‌های کم‌آلاینده تشویق کند. تا سرآغازی

برای تغییر تدریجی از مصرف انرژی‌های فسیلی به سمت منابع جایگزین انرژی باشد.

نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده تاثیر مثبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار دی‌اکسیدکربن است. صادرات کشاورزی و باز بودن تجارت از عوامل مهم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی هستند (Wu *et al*., 2015). آزادسازی تجارت پتانسیل افزایش و کاهش سطح آلودگی را دارد. دست نامرئی آزادسازی تجاری به منظور افزایش اندازه تولید و تخصص است. در نتیجه، یکپارچگی بیشتر به فعالیت‌های تولیدی اجازه می‌دهد تا در مقیاس بزرگ‌تری گسترش یابند و کیفیت محیط‌زیست را کاهش دهند. از سوی دیگر، تجارت آزاد با افزایش جریان فناوری کارآمد و سازگار با محیط‌زیست می‌تواند به بهبود کیفیت محیط-زیست کمک کند (Nosheen *et al*., 2021). در کشورهای در حال توسعه مثل ایران، رابطه انتشار گازهای گلخانه‌ای با جریان ورودی سرمایه گذاری مستقیم خارجی نشان می‌دهد که این سرمایه‌گذاری‌ها توسط استانداردهای محیطی پایین‌تر جذب شده است. افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، پروژه‌های مالی بیشتری را فراهم می‌کند که شرکت‌ها و صنعت‌گران را قادر می‌سازد با توجه به ارزان بودن سوخت‌های فسیلی در ایران به محصولات با تقاضای انرژی بالا دسترسی پیدا کنند. افزایش مصرف انرژی منجر به افزایش آلودگی محیط‌زیست می‌شود. بنابراین در ایران توسعه مالی به بدتر شدن کیفیت محیط‌زیستی از طریق مصرف انرژی کمک می‌کند. با این حال بدون جریان پایدار سرمایه به سوی دولت و بازیگران تجاری تغییر از سرمایه‌گذاری‌های آلاینده به انرژی سبز غیرممکن خواهد بود. تنها یک معماری مالی پایدار که هزینه واسطه‌های مالی در اقتصاد را کاهش می‌دهد، می‌تواند تامین چنین سرمایه‌های عظیمی را تضمین کند. بنابراین دولت نباید تجارت خارجی یا جذب سرمایه‌گذاری خارجی را برای بهبود پایداری محیط‌زیست به دلیل سناریوی "بهشت یا پناهگاه آلودگی[۲۴]" محدود کند. در واقع، توسعه مالی و استفاده مولد از سرمایه‌گذاری خارجی می‌تواند به کاهش پیامدهای منفی محیط زیستی آن کمک کند. در نتیجه، یک بخش مالی تثبیت شده هم از تجارت و هم از جریان ورودی سرمایه سود می‌برد و در نتیجه اکوسیستم بهبود-یافته در ایران ایجاد می‌شود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ارزیابی تأثیر هر گونه سیاست در سطح کلان، به عنوان مثال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر پایداری محیط-زیستی نباید به پیامدهای مستقیم آن صرفاً برای ملاحظات سیاست‌گذاری محدود شود. تنها اتکا به مسیرهای مستقیم ممکن است اثربخشی کامل اکولوژیکی این متغیرهای کلان اقتصادی را نادرست نشان دهد، که حتی می‌تواند در شرایط خاص به توصیه‌های سیاستی نادرست منجر شود.

تشکیل سرمایه ناخالص نیز باعث افزایش انتشار CO_2 در ایران خواهد شد. این نتیجه ناشی از عدم انطباق تشکیل سرمایه ایران با برنامه‌های جهانی محیط‌زیستی مانند اهداف توسعه پایدار سازمان ملل می‌باشد، زیرا درصد بالایی از سرمایه‌گذاری و تشکیل سرمایه به سمت صنایع انرژی‌بر است. که این امر به دلیل ماهیت اقتصاد وابسته به نفت، ارزان بودن قیمت سوخت فسیلی، عدم نظارت و خلاهای قانونی موجود در برخورد با صنایع آلاینده در ایران است.

جمعیت روستایی که در مطالعه حاضر بعنوان نماینده ای از نیروی کار کشاورزی در نظر گرفته شده است، در کوتاه-مدت و بلندمدت تاثیر منفی قابل توجهی بر انتشار دی-اکسیدکربن دارد. این امر می‌تواند ناشی از الزامات پرمصرف انرژی زندگی شهری باشد. به طوریکه با افزایش جمعیت روستایی، تقاضای کلی برای انرژی کاهش پیدا می‌کند و این امر به خودی خود باعث کاهش انتشارات خواهد شد. بنابراین با سرمایه گذاری در بخش اشتغال‌زایی در روستا، دولت می‌تواند انگیزه مهاجرت از روستا به شهر را از بین ببرد و حتی می‌تواند مشوق مهاجرت معکوس (از شهر به روستا) باشد. این سیاست‌ها می‌تواند به منظور

کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن در دستور کار دولت قرار گیرد.

در نهایت بر اساس نتایج آزمون علیت گرنجری، رابطه علیت دوطرفه‌ای بین انتشار CO_2 و رشد اقتصادی، انتشار CO_2 و تولید محصولات کشاورزی، انتشار CO_2 و سرمایه گذاری مستقیم خارجی و همچنین بین سرمایه گذاری مستقیم خارجی و تولید محصولات کشاورزی برقرار است. بنابراین هرگونه سیاست‌گذاری در هریک از بخش‌های مذکور بدون در نظر گرفتن تاثیر روی سایر متغیرها با شکست مواجه خواهد شد و حتی ممکن است اثر معکوس با اهداف اولیه سیاست داشته باشد. لازم به ذکر است که کلیه نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر از پشتیبانی مبانی نظری و مطالعات پیشین برخوردار است.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از هیچ سازمان یا ارگانی کمک مالی دریافت نکرده‌اند.

منابع

Agboola, M.O., Bekun, F.V., Osundina, O.A. and Kirikkaleli, D., 2022. Revisiting the economic growth and agriculture nexus in Nigeria: Evidence from asymmetric cointegration and frequency domain causality approaches. Journal of Public Affairs, 22(1). https://doi.org/10.1002/pa.2271

Ahmed, M. M. and Shimada, K., 2019. The effect of renewable energy consumption on sustainable economic development: Evidence from emerging and developing economies. Energies, 12(15), 2954. https://doi.org/10.3390/en12152954

Ahmed, Z., Cary, M. and Le, H. P., 2021. Accounting asymmetries in the long-run nexus between globalization and environmental sustainability in the United States: An Aggregated and Disaggregated Investigation. Environmental Impact Assessment Review, 86, 106511. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106511.

Alam, J. 2015. Impact of agriculture, industry and service sector's value added in the GDP on CO2 emissions of selected South Asian countries. World Review of Business Research, 5(2), 39-59.

Alam, M.M., Murad, M.W., Noman, A.H. M. and Ozturk, I., 2016. Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption

پی‌نوشت‌ها

[1] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
[2] ASENA-4
[3] Autoregressive distributed lag (ARDL)
[4] World Development Indicators
[5] Cointegration
[6] Augmented Dickey–Fuller
[7] Phillips–Perron
[8] Akaike information criterion
[9] Schwartz information criterion
[10] Bayesian information criterion
[11] Error Correction Model
[12] Skewness
[13] Kurtosis
[14] Jarque-Bera
[15] Green Total Factor Energy Productivity
[16] Brazil, India, China, and South Africa (BICS)
[17] Belt and Road Initiative (B&R)
[18] Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC)
[19] Argentina, Australia, Brazil, Canada, China, France, Germany, India, Indonesia, Italy, Japan, Republic of Korea, Mexico, Russia, Saudi Arabia, South Africa, Türkiye, the United Kingdom, the United States, and the European Union.
[20] Brazil, Russia, India, China, and South Africa
[21] Organization of the Petroleum Exporting Countries
[22] Organisation for Economic Co-operation and Development
[23] Impulse Response Functions
[24] Pollution haven

References

Addai, K., Serener, B. and Kirikkaleli, D., 2022. Empirical analysis of the relationship among urbanization, economic growth and ecological footprint: evidence from Eastern Europe. Environmental Science and Pollution Research, 29, 27749–27760. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17311-x

Adebayo, T. S., Akinsola, G. D., Odugbesan, J. A. and Olanrewaju, V.O., 2021. Determinants of environmental degradation in Thailand: Empirical evidence from ARDL and wavelet coherence approaches. Pollution, 7(1), 181-196. doi: 10.22059/poll.2020.309083.885

Adedoyin, F.F., Bein, M.A., Gyamf, B.A. and Bekun, F.V., 2021. Does agricultural development induce environmental pollution in E7? A myth or reality. Environmental Science and Pollution Research, 28(31), 41869-41880. https://doi.org/10.1007/s11356-021-13586-2.

Agboola, M.O. and Bekun, F.V., 2019. Does agricultural value added induce environmental degradation? Empirical evidence from an agrarian country. Environmental Science and Pollution Research, 26, 27660-27676. https://doi.org/10.1007/s11356-019-05943-z

and population growth: testing Environmental Kuznets Curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. Ecological Indicators, 70, 466-479. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.06.043

Alharthi, M., Dogan, E. and Taskin, D., 2021. Analysis of CO2 emissions and energy consumption by sources in MENA countries: evidence from quantile regressions. Environmental Science and Pollution Research, 28, 38901-38908. https://doi.org/10.1007/s11356-021-13356-0.

Ali, E.B. and Anufriev, V.P., 2020. The causal relationship between agricultural production, economic growth, and energy consumption in Ghana. R-Economy, 6(4), 231-241. https://doi.org/ 10.15826/recon.2020.6.4.020.

Ali, E.B., Awuni, J. A. and Danso-Abbeam, G., 2018. Determinants of fertilizer adoption among smallholder cocoa farmers in the Western Region of Ghana. Cogent Food and Agriculture, 4(1), 1538589. https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1538589

Ali, E.B., Gyamfi, B.A., Bekun, F.V., Ozturk, I and. Nketiah, P., 2023. An empirical assessment of the tripartite nexus between environmental pollution, economic growth, and agricultural production in Sub-Saharan African countries. Environmental Science and Pollution Research, 30, 71007-71024. https://doi.org/10.1007/s11356-023-27307-4

Ali, S., Ying, L., Anjum, R., Nazir, A., Shalmani, A., Shah, T. and Shah, F., 2021. Analysis on the nexus of CO2 emissions, energy use, net domestic credit, and GDP in Pakistan: an ARDL bound testing analysis. Environmental Science and Pollution Research, 28, 4594-4614. https://doi.org/10.1007/ s11356-020-10763-7

Ali, S., Ying, L., Shah, T., Tariq, A., Chandio, A. A. and Ali, I., 2019. Growth, land under cereal crops and agriculture. Ernergies, 12(4590), 1-18.

Aslam, B., Hu, J., Shahab, S., Ahmad, A., Saleem, M., Shah, S. S. A., Javed, M. S., Aslam, M. K., Hussain, S., and Hassan, M., 2021. The nexus of industrialization, GDP per capita and CO2 emission in China. Environmental Technology and Innovation, 23, 101674. https://doi.org/10.1016/ j.eti.2021.101674

Baydoun, H. and Aga, M., 2021. The effect of energy consumption and economic growth on environmental sustainability in the GCC countries: Does financial development matter? Energies, 14, 5897. https://doi.org/10.3390/en14185897.

Bekhet, H.A., Matar, A. and Yasmin, T., 2017. CO2 emissions, energy consumption, economic growth, and financial development in GCC countries: Dynamic simultaneous equation models. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 70, 117-132. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.089.

Bekun, F.V., Alola, A.A., Gyamfi, B.A. and Ampomah, A.B., 2021. The environmental aspects of conventional and clean energy policy in Sub-Saharan Africa: Is N-shaped hypothesis valid? Environmental Science and Pollution Research, 28(47), 66695-66708. https://doi.org/10.1007/ s11356-021-14758-w.

Bhujabal, P., Sethi, N. and Padhan, P.C., 2021. ICT, foreign direct investment and environmental pollution in major Asia Pacific countries. Environmental Science and Pollution Research, 28(31), 42649-42669. https://doi.org/10.1007/ s11356-021-13619-w.

Boamah, K. B., Du, J., Boamah, A. J. and Appiah, K., 2018. A Study on the Causal Effect of Urban Population Growth and International Trade on Environmental Pollution: Evidence from China. Environmental Science and Pollution Research, 25, 5862-5874. https://doi.org/10.1007/s11356-017-0882-5.

Bouznit, M., and Pablo-Romero, M., 2016. CO2 emissions and economic growth in Algeria. Journal of Energy Policy, 96, 93-104. doi: 10.1016/j.enpol.2016.05.036.

Brown, R. L., Durbin, J., and Evans, J. M. (1975). Techniques for testing the constancy of regression relationships over time. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), 37(2), 149-192. doi: 10.1111/j.2517-6161. 1975.tb01532.

Chandio, A.A., Akram, W., Bashir, U., Ahmad, F., Adeel, S. and Jiang, Y., 2022. Sustainable maize production and climatic change in Nepal: Robust role of climatic and non-climatic factors in the long-run and short-run. Environmental Development and Sustainability. https://doi.org/10.1007/S10668-022-02111-1

Dagar, V., Khan, M.K., Alvarado, R., Rehman, A., Irfan, M., Adekoya, O. B., and Fahad, S., 2022. Impact of renewable energy consumption, financial development and natural resources on environmental degradation in OECD countries with dynamic panel data. Environmental Science and Pollution Research, 29(12), 18202-18212. https://doi.org/ 10.1007/s11356-021-16861-4.

Dagmawe, T. (2021). Getting into the details: structural effects of economic growth on environmental pollution in Ethiopia. Heliyon, 7(7), e07688. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07688.

Dogan, E., Sebri, M. and Turkekul, B., 2016. Exploring the relationship between agricultural electricity consumption and output: new evidence from Turkish regional data. Energy Policy, 95, 370-377. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.05.018.

Dogan, N., 2016. Agriculture and environmental Kuznets curves in the case of Turkey: evidence from the ARDL and bounds test. Agricultural Economics - Czech, 62(12), 566-574. https://doi.org/

10.17221/112/2015-AGRICECON¬.

Dogan, N. and Karay, M., 2019. The impact of renewable energy consumption and energy intensity on CO2 emissions from fuel combustions for the case of Turkey: a cointegration analyses. BİLTÜRK Journal of Economics and Related Studies, 1, 169-187.

Edoja, P.E., Aye, G.C., and Abu, O., 2016. Dynamic relationship among coemission, agricultural productivity and food security in Nigeria. Cogent Economics and Finance, 4(1), 1204809. https://doi.org/10.1080/23322039.2016.

Etokakpan, M.U., Adedoyin, F.F., Vedat, Y., Bekun, F.V. and Sarkodie, S.A. 2020a. Does globalization in Turkey induce increased energy consumption: Insights into its environmental pros and cons. Environmental Science and Pollution Research, 27, 26125–26140. https://doi.org/10.1007/s11356-020-08714-3

Etokakpan, M.U., Solarin, S.A., Yorucu, V., Bekun, F.V. and Sarkodie, S.A., 2020b. Modeling natural gas consumption, capital formation, globalization, CO2 emissions and economic growth nexus in Malaysia: Fresh evidence from combined cointegration and causality analysis. Energy Strategy Reviews, 31, 100526. https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100526.

Fakher, H.A., Panahi, M., Emami, K., Peykarjou, K. and Zeraatkish, S.Y., 2021. New insight into examining the role of financial development in economic growth effect on a composite environmental quality index. Environmental Science and Pollution Research, 28(43), 61096-61114. https://doi.org/10.1007/s11356-021-15047-2.

FAO, 2021. The future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050. Retrieved from http://www.fao.org/3/ca9692en/CA9692EN.pdf

Ganda, F., 2021. The non-linear influence of trade, foreign direct investment, financial development, energy supply and human capital on carbon emissions in the BRICS. Environmental Science and Pollution Research, 28(41), 57825-57841. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14704-w.

Ge, M., Kannaiah, D., Li, J., Khan, N., Shabbir, M.S., Bilal, K., and Tabash, M. I., 2022. Does foreign private investment affect the clean industrial environment? Nexus among foreign private investment, CO2 emissions, energy consumption, trade openness, and sustainable economic growth. Environmental Science and Pollution Research, 29(18), 26182-26189. https://doi.org/10.1007/s11356-022-18814-x.

Ghimire, A., Lin, F. and 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. doi:10.3390/su13158336.

Godil, D. I., Ahmad, P., Ashraf, M.S., Sarwat, S., Sharif, A., Shabib-ul-Hasan, S. and Jermsittiparsert, K., 2021. The step towards environmental mitigation in Pakistan: Do transportation services, urbanization, and financial development matter? Environmental Science and Pollution Research, 28(17), 21486-21498. DOI:10.1007/s11356-020-11839-0.

Gokmenoglu, K.K. and Taspinar, N., 2018. Testing the agriculture-induced EKC hypothesis: The case of Pakistan. Environmental Science and Pollution Research, 25(23), 22829-22841. doi:10.1007/s11356-018-2330-6.

Granger, C.W.J. 1969. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. Econometrica, 37, 424-438. https://doi.org/10.2307/1912791.

Gyamfi, B.A., Adedoyin, F.F., Bein, M.A., Bekun, F.V. and Agozie, D.Q., 2021. The anthropogenic consequences of energy consumption in E7 economies: Juxtaposing roles of renewable, coal, nuclear, oil and gas energy: Evidence from panel quantile method. Journal of Cleaner Production, 295, 126373. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126373.

Habiba, U., Xinbang, C. and Ahmad, R.I., 2021. The influence of stock market and financial institution development on carbon emissions with the importance of renewable energy consumption and foreign direct investment in G20 countries. Environmental Science and Pollution Research, 28(47), 67677-67688. https://doi.org/10.1007/s11356-021-15321-3.

Haldar, A. and Sethi, N., 2021. Effect of institutional quality and renewable energy consumption on CO2 emissions: An empirical investigation for developing countries. Environmental Science and Pollution Research, 28(12), 15485-15503. doi:10.1007/s11356-020-11532-2.

Haseeb, A., Xia, E., Baloch, M.A., and Abbas, K., 2018. Financial development, globalization, and CO2 emission in the presence of EKC: evidence from BRICS countries. Environmental Science and Pollution Research, 25(31), 31283-31296. https://doi.org/10.1007/s11356-018-3034-7.

Hosseini, S.M., Saifoddin, A., Shirmohammadi, R. and Aslani, A., 2019. Forecasting of CO2 emissions in Iran based on time series and regression analysis. Energy Reports, 5, 619-631. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.05.004

Hu, D., Jiao, J., Tang, Y., Han, X. and Sun, H., 2021. The effect of global value chain position on green technology innovation efficiency: from the perspective of environmental regulation. Ecological Indicators, 121, 107195. doi: 10.1016/j.ecolind.2020.107195.

Hussain, I. and Rehman, A., 2021. Exploring the

dynamic interaction of CO2 emission on population growth, foreign investment, and renewable energy by employing ARDL bounds testing approach. Environmental Science and Pollution Control Series, 28(29), 39387–39397. https://doi.org/10.1007/s11356-021-13502-8.

Idrees, M. and Majeed, M.T., 2022. Income inequality, financial development, and ecological footprint: fresh evidence from an asymmetric analysis. Environmental Science and Pollution Research, 29(19), 27924-27938. https://doi.org/10.1007/s11356-021-18288-3.

Kahouli, B., Alrasheedy, B.B., Chaaben, N. and Triki, R., 2022. Understanding the relationship between electric power consumption, technological transfer, financial development, and environmental quality. Environmental Science and Pollution Research, 29(12), 17331-17345. https://doi.org/10.1007/s11356-021-16900-0.

Kang, Y., Zhao, T. and Yang, Y., 2016. Environmental Kuznets curve for CO2 emissions in China: A spatial panel data approach. Ecological Indicators, 63, 231-239. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.12.011.

Khan, H., Weili, L. and Khan, I., 2022a. Institutional quality, financial development, and the influence of environmental factors on carbon emissions: evidence from a global perspective. Environmental Science and Pollution Research, 29(9), 13356-13368. https://doi.org/10.1007/s11356-021-16626-z.

Khan, M.K., Babar, S.F., Oryani, B., Dagar, V., Rehman, A., Zakari, A. and Khan, M.O., 2022b. Role of financial development, environmental-related technologies, research and development, energy intensity, natural resource depletion, and temperature in sustainable environment in Canada. Environmental Science and Pollution Research, 29(1), 622-638. https://doi.org/10.1007/s11356-021-15421-0.

Khaskheli, A., Jiang, Y., Raza, S.A., Khan, K.A. and Qureshi, M.A., 2021. Financial development, international trade, and environmental degradation: a nonlinear threshold model based on panel smooth transition regression. Environmental Science and Pollution Research, 28(21), 26449-26460. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11912-8.

Killebrew, K. and Wolff, H., 2010. Environmental impacts of agricultural technologies. Agricultural Policy and Statistics Team of the Bill and Melinda Gates Foundation, EPAR Brief No 65. Retrieved from https://econ.washington.edu/sites/econ/files/old-site-uploads/2014/06/2010-Environmental-Impacts-of-Ag-Technologies.pdf

Kumar, A., Kalhoro, M.R., Kumar, R., Bhutto, N.A. and Shaikh, R. 2021. Environmental quality: examining the role of financial development, institutional capacity, and corruption. Environmental Science and Pollution Research, 28(38), 53781-53792. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14430-3.

Lasisi, T.T., Alola, A.A., Eluwole, K.K., Ozturen, A., and Alola, U.V. 2020. The environmental sustainability effects of income, labour force, and tourism development in OECD countries. Environmental Science and Pollution Research, 27, 21231–21242. https://doi.org/10.1007/s11356-020-08486-w.

Le, H.T., and Hoang, D.P. 2022. Economic sanctions and environmental performance: the moderating roles of financial market development and institutional quality. Environmental Science and Pollution Research, 29(13), 19657-19678. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17103-3.

Li, J., Jiang, T., Ullah, S. and Majeed, M.T., 2022. The dynamic linkage between financial inflow and environmental quality: evidence from China and policy options. Environmental Science and Pollution Research, 29(1), 1051-1059. https://doi.org/10.1007/s11356-021-15616-5.

Li, K., Hu, E., Xu, C., Musah, M., Kong, Y., Mensah, I. A., Zu, J., Jiang, W. and Su, Y., 2021. A heterogeneous analysis of the nexus between energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Evidence from the Group of Twenty (G20) countries. Energy Exploration and Exploitation, 39(2), 815-837. doi:10.1177/0144598720980198.

Li, K., Zu, J., Musah, M., Mensah, I. A., Kong, Y., Owusu-akomeah, M., Shi, Sh., Jiang, Q., Antwi, S.K. and Agyemang, J.K., 2022. The link between urbanization, energy consumption, foreign direct investments, and CO2 emissions: empirical evidence from the emerging seven (E7) countries. Energy Exploration and Exploitation, 40(2), 477-500. doi:10.1177/01445987211023854

Li, Y., Zhang, Y., Zhao, X. and Tian, X., 2018. The influence of US and China's CO2 transfer embodied in final consumption on global emission. Energy Procedia, 152, 835-840. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.09.187.

Liu, L.C., Cao, D. and Wei, Y. M., 2016. What drives intersectoral CO2 emissions in China? Journal of Cleaner Production, 133, 1053-1061. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.126.

Liu, Z., 2014. An Empirical Analysis of the Environmental Effects of China’s Agricultural Products Trade. Exploration of Economic Problems, 12, 110–117.

Lobell, D.B. and Gourdji, S.M., 2012. The influence of climate change on global crop productivity. Plant physiology, 160(4), 1686-1697. https://doi.org/10.1104/pp.112.208298.

Madani, K., 2021. Have international sanctions

impacted Iran's environment? World, 2, 231-252. https://doi.org/10.3390/world2020015.

Maduka, A.C., Ogwu, S. O. and Ekesiobi, C.S., 2022. Assessing the moderating effect of institutional quality on economic growth—carbon emission nexus in Nigeria. Environmental Science and Pollution Research, 1-15. https://doi.org/10.1007/s11356-022-20346-3.

Mehmood, U., Tariq, S., Ul-Haq, Z. and Meo, M.S., 2021. Does the modifying role of institutional quality remains homogeneous in GDP-CO2 emission nexus? New evidence from ARDL approach. Environmental Science and Pollution Research, 28, 10167-10174. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11293-y

Mohammadi Bagheri, A., 2010. Short-term and Long-term Relationships between Gross Domestic Product, Energy Consumption, and Carbon Emissions in Iran. Journal of Energy Economics Studies, 7(27), 101-129. (In Persian with English abstract).

Mohanty, S. and Sethi, N., 2022. The energy consumption-environmental quality nexus in BRICS countries: the role of outward foreign direct investment. Environmental Science and Pollution Research, 29(13), 19714-19730. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17180-4.

Musa, M. S., Jelilov, G., Iorember, P. T. and Usman, O., 2021. Effects of tourism, financial development, and renewable energy on environmental performance in EU-28: does institutional quality matter? Environmental Science and Pollution Research, 28(38), 53328-53339. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14450-z

Musah, M., Kong, Y., Mensah, I.A., Antwi, S.K., and Donkor, M., 2021a. The connection between urbanization and carbon emissions: panel evidence from West Africa. Environmental Development and Sustainability, 23, 11525-11552. https://doi.org/10.1007/s10668-020-01124-y.

Musah, M., Kong, Y., Mensah, I. A., Li, K., Vo, X. V., Bawuah, J., et al. 2021b. Trade openness and CO2 emanations: a heterogeneous analysis on the developing eight (D8) countries, Environ Sci Pollut Res, 44200-44215. https://doi.org/10.1007/s11356-021-13816-7

Nasrnia, F. and Esmaeili, A., 2009. The Ali Relationship between Energy and Employment, Investment, and Value Added in the Agricultural Sector. In Proceedings of the 7th Iranian Agricultural Economics Conference. Iran Agricultural and Natural Resources University. (In Persian with English abstract).

Nayak, D., Saetnan, E., Cheng, K., Wang, W., Koslowski, F., et al. 2015. Management opportunities to mitigate greenhouse gas emissions from Chinese agriculture. Agricultural Ecosystems and Environment, 209, 108-124. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.04.035

Nonejad, M. and Roozitalab, A., 2018. The Effects of Economic Growth and Energy Consumption on Environmental Pollution: A Case Study of Iran. Journal of Environmental and Natural Resource Economics, 2(3), 99-124. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22054/eenr.2017.9069

Nosheen, M., Iqbal, J. and Khan, H.U., 2021. Analyzing the Linkage among CO2 Emissions, Economic Growth, Tourism, and Energy Consumption in the Asian Economies. Environmental Science and Pollution Research, 28, 16707-16719. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11759-z

Olivier, J.G. and Peters, J.A., 2020. Trends in global CO2 and total greenhouse gas emissions, 2020 report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Retrieved from https://www.pbl.nl/en/publications/trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2020-report

Owusu, P.A. and Asumadu-Sarkodie, S., 2017. Is there a causal effect between agricultural production and carbon dioxide emissions in Ghana? Environmental Engineering Research, 22(1), 40-54. https://doi.org/10.4491/eer.2016.092

Ozturk, I., Aslan, A. and Altinoz, B., 2021. Investigating the nexus between CO2 emissions, economic growth, energy consumption and pilgrimage tourism in Saudi Arabia. Economic Research-Ekonomska Istraživanja, 1-16. https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1985577

Persson, T. and Tabellini, G., 1994. Is inequality harmful for growth? The American Economic Review, 84(3), 600-621. http://www.jstor.org/stable/2118070.

Pesaran, M.H. and Shin, Y., 1999. An autoregressive distributed lag modeling approach to cointegration analysis. In Econometrics and Economic Theory in the 20th Century (Chapter 11). The Ragnar Frisch Centennial Symposium. https://doi.org/10.1017/CCOL521633230.011

Pesaran, M.H. and Smith, R., 2014. Signs of Impact Effects in Time Series Regression Model. Economics Letters, 122(2), 150-153. https://doi.org/10.1016/j.econlet.2013.11.015

Pesaran, M.H., Shin, Y. and Smith, R.J., 1996. Testing for the existence of a long-run relationship. Cambridge: Department of Applied Economics, University of Cambridge.

Pesaran, M.H., Shin, Y. and Smith, R.J., 2001. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. Journal of Applied Econometrics, 16(3), 289-326. https://www.jstor.org/stable/2678547

Pezhoyan, J. and Tabrizian, B., 2010. Investigating the Relationship between Economic Growth and Environmental Pollution Using a Dynamic Simulation Model. Economic Research Journal, 10(3), 203-175.

Radmehr, R., Ali, E.B., Shayanmehr, S., Saghaian, S., Darbandi, E., Agbozo, E. and Sarkodie, S.A., 2022. Assessing the global drivers of sustained economic development: The role of trade openness, financial development, and FDI. Sustainability, 14(21), 14023. http://dx.doi.org/10.3390/su142114023

Rahman, M.M., Saidi, K. and Mbarek, M.B., 2020. Economic Growth in South Asia: The Role of CO2 Emissions, Population Density and Trade Openness. Heliyon, 6. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03903

Raihan, A. and Tuspekova, A., 2022. Nexus between economic growth, energy use, agricultural productivity, and carbon dioxide emissions: new evidence from Nepal. Energy Nexus, 7(April), 100113. https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100113

Raihan, A., Ahmed, D., Farhana, S., Ul, A., Islam, M., Faruk, O. and Mahmood, A., 2022. Nexus between economic growth, energy use, urbanization, agricultural productivity, and carbon dioxide emissions: new insights from Bangladesh. Energy Nexus, 8, 100144. https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100144

Ramzan, M., Iqbal, H.A., Usman, M. and Ozturk, I., 2022. Environmental pollution and agricultural productivity in Pakistan: New insights from ARDL and wavelet coherence approaches. Environmental Science and Pollution Research, 29, 28749–28768. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17850-3.

Rej, S. and Nag, B., 2022. Investigating the role of capital formation to achieve carbon neutrality in India. Environmental Science and Pollution Research. https://doi.org/10.1007/S11356-022-20109-0

Reynolds, T.W., Waddington, S.R., Anderson, C.L., Chew, A., True, Z. and 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://doi.org/10.1007/s12571-015-0478-1

Sahoo, M., and Sethi, N., 2021. The intermittent effects of renewable energy on ecological footprint: evidence from developing countries. Environmental Science and Pollution Research, 28(40), 56401–56417. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14600-3

Sahoo, M. and Sethi, N., 2022. The dynamic impact of urbanization, structural transformation, and technological innovation on ecological footprint and PM2.5: evidence from newly industrialized countries. Environment, Development and Sustainability, 24(3), 4244–4277. https://doi.org/10.1007/s10668-021-01614-7

Salahuddin, M., Gow, J., Ali, M.I., Hossain, M.R., Al-Azami, K.S., Akbar, D. and Gedikli, A., 2019. Urbanization-globalization-CO2 emissions nexus revisited: empirical evidence from South Africa. Heliyon, 5, E01974. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01974

Shafiei, S. and Salehi Kamroodi, M., 2020. Spatial Effects of Agricultural Sector Development on Environmental Quality. Environmental Science Studies, 5(2), 2528-2521. (In Persian with English abstract).

Shahid, R., Li, S., Ning, Y. and Gao, J., 2022. Pathway to green growth: A panel-ARDL model of environmental upgrading, environmental regulations, and GVC participation for the Chinese manufacturing industry. Frontiers in Environmental Science, 10. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.972412.

Sharma, G.D., Shah, M.I., Shahzad, U., Jain, M. and Chopra, R., 2021. Exploring the nexus between agriculture and greenhouse gas emissions in BIMSTEC region: the role of renewable energy and human capital as moderators. Journal of Environmental Management, 297(July), 113316. https://doi.org/10.1016/J.Jenvman.2021.113316.

Sharma, R., Sinha, A. and Kautish, P., 2021. Does financial development reinforce environmental footprints? Evidence from emerging Asian countries. Environmental Science and Pollution Research, 28(8), 9067–9083. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11295-w

Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A., Haberl, H., Harper, R., House, J. I., Jafari, M., Masera, O., Mbow, C., Ravindranath, H., Rice, C.W., Abad, C.R., Romanovskaya, A., Sperling, F. and Tubiello, F.N, 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Szymczyk, K., Şahin, D., Bağcı, H., and Kaygın, C.Y., 2021. The effect of energy usage, economic growth, and financial development on CO2 emission management: An analysis of OECD countries with a high environmental performance index. Energies, 14, 4671. https://doi.org/10.3390/en14154671

Tahir, T., Luni, T., Majeed, M.T. and Zafar, A., 2021. The impact of financial development and globalization on environmental quality: Evidence from South Asian economies. Environmental Science and Pollution Research. 28(7), 8088–8101. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11198-w.

Tariq, S., Ul-Haq, Z., Imran, A., Mehmood, U., Aslam, M.U. and Mahmood, K., 2017. CO2 emissions from Pakistan and India and their relationship with economic variables. Applied Ecology and Environmental Research, 15(4), 1301-1312. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1504_13011312.

Tekce, M. and Deniz, P., 2016. The impacts of climate change on agricultural trade in the MENA region. Research in World Economy, 7. https://doi.org/10.5430/rwe.v7n2p1.

Tian, X., Geng, Y., Sarkis, J. and Zhong, S., 2018. Trends and features of embodied flows associated with international trade based on bibliometric analysis. Resources, Conservation and Recycling, 131, 148-157. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.002.

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

Usman, A., Ozturk, I., Muhammad, S., Abbas, M., Ullah, S. and Imran, M., 2022. Progress in nuclear energy revealing the nexus between nuclear energy and ecological footprint in STIRPAT model of advanced economies: Fresh evidence from novel CS-ARDL model. Progress in Nuclear Energy, 148, 104220. https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2022.104220.

Usman, M. and Hammar, N., 2021. Dynamic relationship between technological innovations, financial development, renewable energy, and ecological footprint: Fresh insights based on the STIRPAT model for Asia

Pacific Economic Cooperation countries. Environmental Science and Pollution Research, 28(12), 15519-15536. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11640-z.

Usman, M., Yaseen, M.R., Kousar, R. and Makhdum, M.S.A., 2021. Modeling financial development, tourism, energy consumption, and environmental quality: Is there any discrepancy between developing and developed countries? Environmental Science and Pollution Research, 28(41), 58480-58501. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14837-y.

Vermeulen, S.J., Campbell, B.M. and Ingram, J.S. 2012. Climate change and food systems. Annual Review of Environment and Resources, 37, 195-222.

Voumik, L.C., Rahman, M.H. and Hossain, M.S. 2022. Investigating the subsistence of Environmental Kuznets Curve in the midst of economic development, population, and energy consumption in Bangladesh: imminent of ARDL model. Heliyon, 8(8), e10357. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e10357

Voumik, L.C. and Ridwan, M., 2023. Impact of FDI, industrialization, and education on the environment in Argentina: ARDL approach. Heliyon, 9(1), e12872. doi: 10.1016/j.heliyon. 2023.e12872

Wang, L., Vo, X.V., Shahbaz, M. and Ak, A., 2020. Globalization and carbon emissions: Is there any role of agriculture value-added, financial development, and natural resource rent in the aftermath of COP21? Journal of Environmental Management, 268, 110712. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110712.

Wang, Y., Kang, Y., Wang, J. and Xu, L., 2017. Panel estimation for the impacts of population-related factors on CO2 emissions: A regional analysis in China. Ecological Indicators, 78, 322-330. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.032.

Weili, L., Khan, H. and Han, L., 2022. The impact of information and communication technology, financial development, and energy consumption on carbon dioxide emission: Evidence from the Belt and Road countries. Environmental Science and Pollution Research, 29(19), 27703-27718. https://doi.org/10.1007/s11356-021-18448-5.

Wu, L., Wang, H., Zhu, D., Wang, H. and Zhu, D., 2015. Analysis of consumer demand for traceable pork in China based on a real choice experiment. China Agricultural Economic Review. https://doi.org/10.1108/CAER-02-2014-0018

Xuezhou, W., Manu, E.K., and Akowuah, I.N., 2022. Financial development and environmental quality: The role of economic growth among the regional economies of Sub-Saharan Africa. Environmental Science and Pollution Research, 29(16), 23069-23093. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17271-2.

Yang, B., Jahanger, A. and Ali, M., 2021a. Remittance inflows affect the ecological footprint in BICS countries: Do technological innovation and financial development matter? Environmental Science and Pollution Research, 28(18), 23482-23500. https://doi.org/10.1007/s11356-021-12400-3.

Yang, B., Jahanger, A., Usman, M. and Khan, M.A. 2021b. The dynamic linkage between globalization, financial development, energy utilization, and environmental sustainability in GCC countries. Environmental Science and Pollution Research, 28(13), 16568-16588. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11576-4.

Yang, X., Li, N., Mu, H., Pang, J., Zhao, H. and Ahmad, M., 2021. Study on the long-term impact of economic globalization and population aging on CO2 emissions in OECD countries. Science of The Total Environment, 787, 147625. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147625.

Yazdi, S.K., and Shakouri, B., 2014. The impact of energy consumption, income, trade, urbanization and financial development on carbon emissions in Iran. Advances in Environmental Biology, 8(21), 1293-1301.

Yuan R, Xu C, Kong F. Decoupling agriculture pollution and carbon reduction from economic growth in the Yangtze River Delta, China. PLoS One. 2023 Jan 20;18(1): e0280268. doi: 10.1371/journal.pone.0280268. PMID: 36662737; PMCID: PMC9858329

Zanjani, Z., Soares, I. and Macedo, P., 2022. The nexus between CO2 emissions from electricity generation, GDP and energy intensity using a complete maximum entropy approach: The case of Iran. Energy Reports, 8, 319-324. https://doi.org/ 10.1016/j.egyr.2022.01.058.

Zeeshan, M., Han, J., Rehman, A., Ullah, I. and Alam Afridi, F.E., 2021. Exploring determinants of financial system and environmental quality in high-income developed countries of the world: The demonstration of robust penal data estimation techniques. Environmental Science and Pollution Research, 28(43), 61665-61680.

Zia, S., Noor, M.H., Khan, M.K., Bibi, M., Godil, D.I., Quddoos, M.U. and Anser, M.K., 2021. Striving towards environmental sustainability: How natural resources, human capital, financial development, and economic growth interact with ecological footprint in China. Environmental Science and Pollution Research, 28(37), 52499-52513. doi: 10.1007/s11356-021-14342-2.

This page is intentionally left blank.