



The impact of income inequality and institutional factors on environmental pollution in selected countries of the MENA region: using a Kuznetsian theoretical framework

Hasan Tavakolian¹ | Zakariya Farajzadeh^{2✉}

1. Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran. E-mail: tavakolian.hsn@gmail.com

2. Corresponding Author, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: zakariafarajzadeh@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 03 December 2025

Received in revised form 06
March 2026

Accepted 16 May 2026

Keywords:

*Environment,
Income inequality,
Institutional factors,
MENA region.*

ABSTRACT

One of the most important issues confronting many developing nations today is environmental pollution, which not only leads to ecological challenges but also results in adverse economic and social consequences. While numerous studies have focused on the influence of economic factors on environmental pollution, there has been comparatively less research on the impact of infrastructural elements, including institutional factors and income inequality. An analysis of statistical data indicates that many countries within the MENA region, categorized as developing nations, exhibit weak institutional frameworks and pervasive income inequality. Consequently, investigating the effects of these variables on environmental quality could yield significant insights. Thus, the current study was conducted to explore the determinants of environmental pollution in MENA countries. Employing a panel data model and the generalized least squares method for the period of 2010 to 2022, the findings confirmed the Kuznets hypothesis for MENA nations. Furthermore, the Gini index demonstrates a positive and significant direct effect on pollution, indicating that, holding other factors constant, an increase in income inequality exacerbates pollution levels in the MENA region. Conversely, the interaction between the Gini index and per capita income was found to be negative, suggesting that income inequality can mitigate pollution when per capita income simultaneously rises. Additionally, the results indicate that institutional factors play a direct role in reducing pollution, while variables such as energy consumption, industrialization, and economic openness have contributed to increased environmental pollution in MENA countries.

Cite this article: Tavakolian, H., & Farajzadeh, Z. (2026). T The impact of income inequality and institutional factors on environmental pollution in selected countries of the MENA region: using a Kuznetsian theoretical framework. *Journal of Natural Environment*, 79 (2), 373-387. DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2026.406693.2865>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

Introduction

Environmental pollution has become one of the major challenges facing developing economies due to its adverse ecological, economic, and social consequences. Although previous studies have extensively examined the effects of economic growth, energy consumption, and industrialization on environmental degradation, the roles of income inequality and institutional quality have received increasing attention in recent years. The countries of the Middle East and North Africa (MENA) region face significant environmental challenges because of their strong dependence on fossil fuels, high energy consumption, and energy-intensive industries. In addition, institutional weaknesses and income disparities may limit the effectiveness of environmental policies and contribute to environmental degradation. The Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis suggests that economic growth initially increases environmental degradation; however, after reaching a certain income threshold, further economic development improves environmental quality. Nevertheless, the validity of this hypothesis depends on economic structures, institutional performance, and social conditions. Therefore, this study aims to investigate the effects of income inequality and institutional factors on environmental pollution in selected MENA countries within the framework of the Environmental Kuznets Curve hypothesis. The study evaluates the effects of economic growth, income inequality, institutional quality, energy consumption, industrialization, and trade openness on greenhouse gas emissions.

Material and Methods

This study applies a panel data approach to examine the determinants of environmental pollution in eleven selected MENA countries, including Iran, Algeria, Egypt, Iraq, Kuwait, Lebanon, Oman, Saudi Arabia, Tunisia, the United Arab Emirates, and Bahrain, during the period 2010–2022. The dependent variable is greenhouse gas emissions as an indicator of environmental pollution. The explanatory variables include per capita income, the squared value of income per capita to test the EKC hypothesis, income inequality measured by the Gini coefficient, institutional quality indicators, trade openness, energy consumption, and industrialization. The required data were obtained from international databases. Information related to greenhouse gas emissions, income, energy consumption, industrialization, and trade openness was extracted from the World Bank database, while institutional indicators were obtained from international governance and transparency databases. To estimate the model, several diagnostic tests were conducted, including the Pesaran cross-sectional independence test, Levin–Lin–Chu panel unit root test, F-Limer test, random effects test, Hausman specification test, Wooldridge autocorrelation test, and likelihood ratio test for heteroskedasticity. Considering the existence of autocorrelation and heteroskedasticity, the Generalized Least Squares (GLS) method was used for final estimation.

Results

The results indicate that the lagged value of greenhouse gas emissions has a positive and significant effect on current pollution levels. This finding confirms the persistence of environmental pollution and demonstrates that accumulated pollutants continue to affect environmental quality over time. The findings support the Environmental Kuznets Curve hypothesis in the selected MENA countries. The coefficient of per capita income is positive and significant, while the squared income coefficient is negative and significant. This confirms an inverted U-shaped relationship between economic growth and environmental pollution. Thus, economic growth increases environmental degradation during the early stages of development; however, after reaching a certain level of income, further economic growth contributes to improving environmental quality. The results also show that income inequality has a positive and significant impact on environmental pollution. Higher inequality increases greenhouse gas emissions, possibly because low-income groups may depend on environmentally harmful production methods, while high-income groups may have consumption patterns associated with higher energy use and pollution. However, the interaction between income inequality and income per capita has a negative and significant effect on pollution. This indicates that increasing average income levels can reduce the negative environmental consequences associated with inequality by increasing public demand for environmental protection and encouraging governments to implement

stronger environmental regulations. Furthermore, institutional quality has a negative and significant effect on environmental pollution. This result highlights the importance of effective governance, regulatory quality, corruption control, and law enforcement in reducing environmental degradation. In contrast, energy consumption, industrialization, and trade openness have positive and significant effects on pollution. The positive impact of energy consumption is mainly related to the dependence of MENA economies on fossil fuels. Moreover, the expansion of energy-intensive industries, such as oil refining and petrochemical sectors, contributes significantly to greenhouse gas emissions. Trade openness may also increase pollution when international trade is dominated by fossil fuel exports and pollution-intensive industries.

Discussion and Conclusion

The findings demonstrate that environmental pollution in MENA countries is influenced by a combination of economic, institutional, and social factors. The confirmation of the EKC hypothesis indicates that these countries experience environmental pressures during early stages of economic development and need to shift toward sustainable and low-carbon growth strategies. Reducing income inequality should be considered an important component of environmental policies because unequal societies often face greater environmental challenges. Policies aimed at improving income distribution, expanding employment opportunities, and promoting inclusive growth can contribute to both social welfare and environmental sustainability. Moreover, strengthening institutional quality is essential for achieving environmental objectives. Improving governance, reducing corruption, enhancing regulatory systems, and increasing government effectiveness can facilitate the successful implementation of environmental policies. Given the significant role of energy consumption and industrialization in increasing pollution, policymakers should promote renewable energy development, improve energy efficiency, encourage clean technologies, and support sustainable industrial transformation. Trade policies should also be aligned with environmental standards to prevent the expansion of pollution-intensive activities. Overall, achieving environmental sustainability in MENA countries requires an integrated approach that combines economic development, social equity, institutional improvement, and environmental protection.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

CRedit authorship contribution statement

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data availability statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank anonymous reviewers for their valuable suggestions in manuscript revision.

تأثیر نابرابری درآمد و عوامل نهادی بر آلودگی محیط زیست در کشورهای منتخب منطقه منا: با استفاده از چارچوب نظری کوزنتس

حسن توکلیان^۱ | زکریا فرج زاده^۲✉

۱. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: tavakolian.hsn@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: zakariafarajzadeh@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶ کلیدواژه‌ها: عوامل نهادی، محیط زیست، منطقه منا، نابرابری درآمد.	یکی از مهم ترین مشکلاتی که امروزه بیشتر کشورهای در حال توسعه با آن روبه رو هستند آلودگی محیط زیست می باشد که علاوه بر معضلات محیط زیستی دارای تبعات منفی اقتصادی و اجتماعی نیز می باشد. در بیشتر مطالعات صورت گرفته به بررسی تأثیر عوامل اقتصادی بر آلودگی محیط زیست پرداخته اند و مطالعات کمتری نقش عوامل زیرساختی مانند عوامل نهادی و نابرابری درآمد را بررسی کرده اند. بررسی آمارها نشان می دهد بیشتر کشورهای منطقه منا به عنوان کشورهای در حال توسعه دارای چارچوب نهادی ضعیف و نابرابری گسترده درآمدی هستند، بنابراین بررسی تأثیر این عوامل بر کیفیت محیط زیست می تواند نتایج مهمی در پی داشته باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی عوامل مؤثر آلودگی محیط زیست در کشورهای حوزه منطقه منا انجام شده است. با استفاده از الگوی داده تابلویی و روش حداقل مربعات تعمیم یافته برای دوره زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰، نتایج تأییدکننده فرضیه کوزنتس برای کشورهای منطقه منا می باشد. همچنین مشخص گردید ضریب جینی دارای تأثیر مثبت و معنی داری بر آلودگی است. بنابراین با فرض ثابت بودن سایر عوامل، افزایش نابرابری درآمد باعث افزایش آلودگی در کشورهای منطقه منا می شود. از طرفی، اثر بازخوردی ضریب جینی و درآمد سرانه منفی به دست آمد. بدین معنی که نابرابری درآمد در صورتی باعث کاهش آلودگی می شود که به طور همزمان درآمد سرانه افزایش یابد. همچنین نتایج نشان داد، عوامل نهادی به طور مستقیم آلودگی را کاهش می دهد در حالی که متغیرهای مصرف انرژی، میزان صنعتی شدن و باز بودن اقتصاد باعث افزایش آلودگی محیط زیست در کشورهای منطقه منا می شوند.

استناد: توکلیان، حسن؛ و فرج زاده، زکریا (۱۴۰۵). تأثیر نابرابری درآمد و عوامل نهادی بر آلودگی محیط زیست در کشورهای منتخب منطقه منا: با استفاده از چارچوب

نظری کوزنتس. محیط زیست طبیعی، ۷۹ (۲)، ۳۸۷-۳۷۳.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2026.406693.2865>



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

آلودگی محیط زیست در دهه های اخیر به یکی از مهم ترین چالش های جهانی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، تبدیل شده است. این کشورها در مسیر رشد و توسعه اقتصادی خود، به دلیل ضعف سیاست های نظارتی و اتکا به منابع فسیلی، با مشکلاتی چون تخریب محیط زیست، آلودگی آب و هوا و کاهش کیفیت محیط زیستی روبه رو شده اند. کشورهای منطقه منا (MENA)^۱ نیز از این قاعده مستثنا نیستند؛ منطقه منا، شامل کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا است که به دلیل اتکای گسترده به منابع نفت و گاز، ساختاری انرژی بر دارند. همچنین این منطقه، سهم قابل توجهی از ذخایر جهانی نفت و گاز را در اختیار دارند. وابستگی بالا به سوخت های فسیلی، یارانه های انرژی و توسعه صنایع انرژی بر موجب شده است که همزمان با رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای در این کشورها افزایش یابد (Yang et al., 2022; Khan et al., 2022). براساس داده های بانک جهانی، در بسیاری از کشورهای منا سرانه انتشار دی اکسید کربن بالاتر از میانگین جهانی بوده و روندی فزاینده داشته است که نشان دهنده شدت انرژی بالا و فشار ساختاری بر محیط زیست است. بر این اساس، انتخاب کشورهای منطقه منا به دلیل وابستگی شدید به منابع فسیلی، سهم قابل توجه در انتشار آلاینده ها و همزمانی رشد اقتصادی با تشدید چالش های محیط زیستی، دارای اهمیت است و بررسی عوامل مؤثر بر آلودگی در این کشورها می تواند به تبیین رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیستی در اقتصادهای متکی بر انرژی کمک کند.

یکی از چارچوب های نظری مهم برای تحلیل رابطه میان رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست، نظریه منحنی کوزنتس محیط زیستی (EKC) است. این نظریه فرض می کند که در مراحل اولیه توسعه، رشد اقتصادی با افزایش آلودگی همراه است، اما پس از رسیدن به سطحی از توسعه و درآمد، روند آلودگی کاهش می یابد (Grossman and Krueger, 1995). با این حال، شواهد تجربی نشان می دهد که این الگو در تمام کشورها به یک شکل صادق نیست، به ویژه در کشورهای در حال توسعه که عواملی مانند ضعف نهادی و نابرابری درآمدی مانع از اثرگذاری سیاست های محیط زیستی می شود (Atlas et al., 2022; Chen et al., 2022). در این میان، نابرابری درآمد به عنوان یکی از عوامل اجتماعی و اقتصادی کلیدی می تواند هم به صورت مستقیم بر آلودگی و هم به صورت غیرمستقیم بر رابطه بین رشد اقتصادی و آلودگی اثرگذار باشد. براساس دیدگاه Boyce (۱۹۹۴)، تخریب محیط زیست نه تنها به سطح درآمد بلکه به نحوه توزیع آن نیز وابسته است. مطالعات داخلی و بین المللی مختلفی نیز این رابطه را تأیید کرده اند؛ به طور مثال، Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۶) و Kheyri و همکاران (۲۰۱۸) در ایران نشان دادند که بهبود توزیع درآمد موجب کاهش انتشار گازهای آلاینده می شود. به همین ترتیب، Zhao و Zhang (۲۰۱۴) برای کشور چین و Baloch و همکاران (۲۰۲۰) برای کشورهای صحرای آفریقا دریافتند که افزایش نابرابری درآمد منجر به تشدید انتشار CO₂ می شود. این یافته ها مؤید آن است که نابرابری درآمد از طریق افزایش مصرف انرژی در طبقات ثروتمند و استفاده از منابع آلاینده تر در میان اقشار کم درآمد، تخریب محیط زیست را تشدید می کند (Fitoussi and Saraceno, 2010). از طرفی، در کنار متغیرهای اقتصادی، کیفیت نهادی نقش مهمی در کنترل آلودگی و اجرای سیاست های محیط زیستی دارد. بانک جهانی عوامل نهادی شامل حاکمیت قانون، کنترل فساد، اثربخشی دولت و ثبات سیاسی را از مهم ترین شاخص های مرتبط با کیفیت نهادی تعریف می کند. نهادها از طریق تعیین قواعد رسمی و غیررسمی و نظارت بر اجرای آنها، چارچوب لازم برای حکمرانی مؤثر فراهم می کنند (North, 1990). بنابراین ناکارآمدی نهادی عامل مهمی است که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه موجب ضعف در اجرای قوانین محیط زیستی شده اند. برای نمونه، در ایران با وجود تدوین مجموعه ای از قوانین محیط زیستی، به دلیل ضعف نهادی، اجرای مؤثر آنها با مشکل مواجه است. براساس داده های سازمان بین المللی شفافیت، طی دوره ۲۰۲۳-۲۰۱۰ میانگین شاخص کنترل فساد و حاکمیت قانون در ایران به ترتیب ۴/۳۶ و ۴/۲۴ بوده که نسبت به کشورهای توسعه یافته بسیار پایین تر است؛ همچنین میانگین اندازه این شاخص ها برای کشورهای مورد بررسی ۴/۷۵ و ۴/۶۱ بوده است. از این رو، ضعف نهادی در کشورهای منطقه منا از مهم ترین عوامل مؤثر بر وضعیت محیط زیست محسوب می شود. مطالعات متعددی نشان داده اند که ضعف در این شاخص ها منجر به کاهش اثربخشی سیاست های محیط زیستی می شود. برای مثال، Abdolahi و Madah

^۱Middle East and North Africa

(۲۰۱۳) نشان دادند که بهبود کیفیت نهادها موجب کاهش آلودگی در کشورهای اسلامی شده است، در حالی که Mohamadi و همکاران (۲۰۱۷) و Arabmazar Yazdi و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که فساد اداری از طریق تضعیف کنترل‌های قانونی، موجب تشدید آلودگی محیط‌زیست می‌شود. در مطالعات بین‌المللی نیز Cole (۲۰۰۷)، Chen (۲۰۱۰) و Bildirici (۲۰۲۲) دریافتند که فساد و ضعف نهادی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی دارند و نهادهای قوی می‌توانند از طریق تقویت اجرای قوانین محیط‌زیستی، انتشار آلاینده‌ها را کاهش دهند. برخی مطالعات نیز نشان دادند که اثر کیفیت نهادی ممکن است در کشورهای با درآمدهای متفاوت، جهت‌گیری گوناگونی داشته باشد. Uzar (۲۰۲۰) نشان داد نهادهای قوی در کشورهای با درآمد بالا، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را تسهیل و آلودگی را کاهش می‌دهند، در حالی که Yang و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند در کشورهای در حال توسعه، اثر عوامل نهادی می‌تواند متفاوت باشد و به سطح درآمد و ساختار اقتصادی کشورها وابسته است. همچنین، Muhammad و Long (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای مقایسه‌ای تأکید کردند که بدون وجود حاکمیت قانون و کنترل فساد مؤثر، ثبات سیاسی به‌تنهایی قادر به کاهش آلودگی نیست.

در مجموع، مرور ادبیات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که اگرچه فرضیه منحنی محیط‌زیستی کوزنتس رابطه‌ای غیرخطی میان رشد اقتصادی و آلودگی را تبیین می‌کند، اما نقش نابرابری درآمد و کیفیت نهادی در تعدیل این رابطه همچنان محل بحث است. بیشتر مطالعات پیشین برای کشورهای در حال توسعه بر آزمون فرضیه منحنی محیط‌زیستی کوزنتس در کنار برخی عوامل اقتصادی تمرکز داشته‌اند، در صورتی که بسیاری از کشورهای در حال توسعه با ضعف عوامل نهادی روبه‌رو هستند، بنابراین می‌بایست به این عامل در کنار سایر عوامل اقتصادی توجه نمود. همچنین بررسی نقش نابرابری درآمد و رابطه بازخوردی آن با درآمد سرانه در مطالعات مرتبط با کشورهای در حال توسعه دارای اهمیت است؛ به‌خصوص رابطه بازخوردی درآمد سرانه و نابرابری درآمد و تأثیر آن بر کیفیت محیط‌زیست که مطالعه کمی در این مورد صورت گرفته است. بنابراین در این مطالعه در چارچوب فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس و لحاظ کردن عوامل نهادی و نابرابری درآمد به بررسی تأثیر رشد اقتصادی، نابرابری درآمد، عوامل نهادی و همچنین رابطه بازخوردی درآمد سرانه و نابرابری درآمد بر آلودگی محیط‌زیست در کشورهای منطقه منا مورد بررسی قرار گرفت.

روش‌شناسی پژوهش

در این تحقیق از چارچوب نظریه محیط‌زیستی کوزنتس^۲ (EKC) استفاده شده است. تقریباً در اکثر مطالعات مشابه از متغیر درآمد سرانه و توان دوم آن برای بررسی فرضیه کوزنتس استفاده شده است. از طرفی، در مطالعات گذشته از متغیرهای زیادی به‌ویژه متغیرهای اقتصادی و مبتنی بر بازار برای بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت محیط‌زیست استفاده گردیده است. با بررسی مطالعات گذشته و لزوم توجه به عوامل مهمی مانند نابرابری درآمد و عوامل نهادی و تأثیر این عوامل بر کیفیت محیط‌زیست در کشورهای در حال توسعه مانند کشورهای منطقه منا، در این مطالعه از مدل تعدیل‌یافته زیر (رابطه ۱) استفاده گردیده است:

$$\begin{aligned} IGH_{it} = & \alpha_0 + IGH(-1) + \alpha_1 ly_{it} + \alpha_2 ly_{it}^2 + \alpha_3 IGINI + \alpha_4 (IGINI * ly) + \alpha_5 IQ_{it} + \alpha_6 ITO_{it} + \\ & \alpha_7 IEC_{it} + \alpha_8 IIN_{it} + \\ & \text{(رابطه ۱)} \end{aligned}$$

در رابطه فوق، IGH لگاریتم متغیر وابسته و نشان‌دهنده انتشار گازهای گلخانه‌ای برحسب متریک تن (هزار تن) است. بر اساس تعریف بانک جهانی مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای شامل منابع انسانی CH_4 ، منابع N_2O و گازهای F (HFCs، PFCs و SF_6) و همچنین سوخت‌های زیست‌توده (مانند آتش سوزی جنگل) می‌شود (World Bank, 2026). $IGH(-1)$: وقفه متغیر وابسته می‌باشد، از آنجا که کیفیت محیط‌زیستی ارتباط نزدیکی با سطوح قبلی خود دارد، از تأخیر مرتبه اول متغیر وابسته به‌عنوان یک متغیر توضیحی استفاده شده است.

²Environmental Kuznets Curve

ly و ly^2 بیانگر توان اول و دوم تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت دلار ۲۰۱۵ برای بررسی فرضیه کوزنتس است. اطلاعات مربوط به این متغیر از بانک جهانی و صندوق بین المللی پول استخراج می شود. GINI بیانگر لگاریتم ضریب جینی می باشد. شاخص ضریب جینی عددی بین صفر و یک می باشد که صفر بیانگر برابری کامل درآمدی است، جایی که همه درآمد یکسانی دارند. مقادیر بالاتر ضریب جینی بیانگر نابرابری بیشتر است. بالا بودن این ضریب در یک کشور معمولاً به عنوان شاخصی از بالا بودن اختلاف طبقاتی و نابرابری درآمدی در این کشور در نظر گرفته می شود (Arrar, 2008). $IGINI*ly$ نشان دهنده اثر متقابل یا بازخوردی نابرابری درآمد و درآمد سرانه بر انتشار آلودگی می باشد. مطالعاتی مانند Biswas و همکاران (۲۰۱۲)، Chen و همکاران (۲۰۱۸) برای نشان دادن و تفکیک اثر مستقیم و اثر بازخوردی متغیرهای اصلی تحقیق از این رویکرد بهره گرفته اند. این رابطه را می توان به شکل زیر نشان داد که α_3 اثر مستقیم نابرابری درآمد و α_4 اثر بازخوردی نابرابری درآمد و درآمد سرانه و یا به عبارت دیگر تأثیر غیرمستقیم نابرابری درآمد از طریق درآمد سرانه را نشان می دهد (رابطه ۲):

$$\frac{d(IGH)}{d(IGINI)} = \alpha_3 + \alpha_4 Ly \rightarrow IGH = \alpha_3 IGINI + \alpha_4 (IGINI * ly) \quad (\text{رابطه ۲})$$

IQ لگاریتم شاخص عوامل نهادی را نشان می دهد. این شاخص از میانگین وزنی شش شاخص زیرمجموعه آن به دست می آید که شامل بیان و پاسخگویی، ثبات سیاسی، اثربخشی دولت، کیفیت قوانین تنظیمی، حاکمیت قانون و کنترل فساد می باشد. تمامی این شاخص ها اعدادی بین صفر تا ده را شامل می شود که به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار از هر شاخص را نشان می دهد، بنابراین میانگین وزنی تمامی زیرشاخص ها نیز عددی بین صفر تا ده می باشد که برای شاخص نهایی عوامل نهادی محاسبه می شود. ITO لگاریتم حجم تجارت خارجی را نشان می دهد. این شاخص نسبت مجموع تجارت یک کشور در بخش خارجی که شامل واردات و صادرات به تولید ناخالص داخلی را نشان می دهد. اطلاعات مربوط به این متغیر از بانک جهانی استخراج شده است. IEC لگاریتم سرانه مصرف انرژی را نشان می دهد. میزان مصرف انرژی به ازای تولید هر واحد کالا یا خدمات را شدت مصرف انرژی یا شدت انرژی گویند. شدت انرژی برحسب عرضه انرژی اولیه یا مصرف نهایی انرژی محاسبه می شود. داده های مربوط به این متغیر از بانک جهانی استخراج می شود. IIN بیانگر لگاریتم صنعتی شدن می باشد. این متغیر توسط ارزش افزوده بخش صنعت (ثابت دلار ۲۰۱۵) اندازه گیری می شود. داده های مربوط به این متغیر نیز از بانک جهانی استخراج شده است. در این تحقیق از روش داده های تابلویی^۳ طی دوره ۲۰۲۲-۲۰۱۰ برای برآورد مدل برای گروه کشورهای منتخب منطقه منا استفاده شده است. روش داده های تابلویی از روش های آماری است که مشاهدات مربوط به چند مقطع را در طول چند سال ترکیب می کند. در واقع این اجازه را می دهد که داده های مربوط به تعداد زیادی از کشورها را در طول چند سال جهت تحلیل های آماری به کار برده شود. به طور کلی شکل ساختاری مدل داده ای به شکل زیر می باشد (Hsiao, 2007):

در رابطه زیر، یک مدل رگرسیونی خطی چند متغیره نشان داده می شود (رابطه ۲):

$$Y_i = \alpha + b_1 x_{it} + b_2 x_{it} + b_3 x_{it} + \dots + b_n x_{it} + e_{it} \quad (\text{رابطه ۳})$$

در رابطه فوق، x متغیر مستقل، y متغیر وابسته و e جزء خطا، i مقاطع و t زمان را نشان می دهد. برای انتخاب روش مناسب برآورد می بایست آزمون های مرتبط انجام گیرد. در گام نخست، استقلال مقطعی داده ها مورد بررسی قرار می گیرد. استقلال مقطعی به این معناست هنگامی دوره های زمانی بیشتر از مقاطع باشد، ممکن است جمله خطا در بعد مقاطع دچار وابستگی شود (Aflatoon, 2022). روش های مختلفی برای آزمون استقلال مقطعی وجود دارد؛ در این پژوهش از آزمون Pesaran (۲۰۰۴) برای بررسی این موضوع استفاده شده است. فرضیه صفر این آزمون بیانگر وجود استقلال مقطعی بین داده ها است. به منظور جلوگیری از بروز رگرسیون کاذب، بررسی مانایی متغیرهای پژوهش نیز ضروری است. از آنجا که در این تحقیق از داده های تابلویی استفاده شده، برای آزمون مانایی متغیرها از آزمون Levin و همکاران (۲۰۰۲) بهره گرفته شده است. فرض اصلی این آزمون بر استقلال واحدهای مقطعی است. در این آزمون، فرضیه صفر بیانگر وجود ریشه واحد (عدم مانایی) و فرضیه مقابل بیانگر مانایی متغیر است. بنابراین، در صورتی که فرضیه صفر رد شود، متغیر مورد نظر مانا خواهد بود. در گام بعد می بایست از چند آزمون متوالی برای تعیین نوع مدل استفاده گردد. ابتدا، آزمون F لیمر بررسی می گردد که توسط Chow (۱۹۶۰) ارائه گردید،

^۳Panel Data

این آزمون به منظور مقایسه بین مدل داده‌های تلفیقی (Pooled OLS) و مدل داده‌های تابلویی به کار گرفته شده است (Hsiao, 2007). در گام بعد، با توجه به انتخاب مدل داده‌های تابلویی، باید مشخص شود که مدل اثرات ثابت یا مدل اثرات تصادفی مناسب‌تر است. برای این منظور از آزمون آماری ضریب لاگرانژ (LM) استفاده شده است. این آزمون برای بررسی ارجحیت مدل اثرات تصادفی نسبت به مدل داده‌های تلفیقی ارائه شده است (Hsiao, 2007). در نهایت، جهت انتخاب بین مدل اثرات تصادفی و مدل اثرات ثابت از آزمون Hausman (۱۹۷۸) استفاده شده است. فرضیه صفر و مقابل به ترتیب بیانگر ارجحیت مدل اثرات تصادفی و اثرات ثابت بوده است (Hsiao, 2007). از آنجا که مدل‌های رگرسیونی مبتنی بر مجموعه‌ای از مفروضات تحت عنوان فروض کلاسیک هستند، لازم است این فروض نیز مورد بررسی قرار گیرند. از مهم‌ترین این مفروضات در الگوهای داده‌های تابلویی، بررسی وجود یا عدم وجود خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی است، زیرا نقض هر یک از آنها موجب بروز ناسازگاری و ناکارایی در ضرایب برآوردی می‌شود. برای بررسی وجود خودهمبستگی در داده‌های تابلویی، آزمون ولدریج (Weldrige) استفاده شد. مزیت اصلی این آزمون نسبت به آزمون دوربین واتسون آن است که علاوه بر شناسایی خودهمبستگی مرتبه اول، قادر به تشخیص انواع دیگر خودهمبستگی نیز می‌باشد، به‌ویژه در داده‌های تابلویی کاربرد گسترده‌ای دارد. فرضیه صفر آزمون ولدریج بیانگر عدم وجود خودهمبستگی در داده‌ها است. برای بررسی وجود واریانس ناهمسانی از آزمون LR^4 استفاده شده است. فرضیه صفر این آزمون بیانگر وجود واریانس همسانی در داده‌های تابلویی می‌باشد (Aflatooni, 2022). مبنای گزینش کشورهای منتخب در این تحقیق اطلاعات قابل دسترس بوده است. کشورهای گزینش شده منطقه‌ی مناسبت ایران، الجزایر، مصر، عراق، کویت، لبنان، عمان، عربستان سعودی، تونس، امارات متحده عربی و بحرین می‌باشد. اطلاعات سری زمانی کشورهای منتخب^۵ از منابع بین‌المللی بانک جهانی و سازمان بین‌المللی شفافیت استخراج شده‌اند. برای استخراج متغیرهای انتشار گاز گلخانه‌ای، تولید ناخالص داخلی سرانه، ضریب جینی، مصرف انرژی، تجارت بخش خارجی و صنعتی شدن از بانک جهانی استفاده شده است. همچنین داده‌های شاخص‌های عوامل نهادی از پایگاه اطلاعاتی سازمان بین‌المللی شفافیت استخراج شده است.^۶ جدول ۱ آماره توصیفی متغیرهای مورد استفاده در تحقیق برای منتخب کشورهای منطقه‌ی مناسبت در دوره‌ی زمانی ۲۰۲۲-۲۰۱۰ را نشان می‌دهد.

جدول ۱- آماره توصیفی

Table 1. Descriptive statistics

متغیر	واحد	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	چولگی
حجم گاز گلخانه‌ای (GH)	متریک تن (معادل CO2)	262.46	258.05	23.71	996.75	1.35
ضریب جینی نسبی (GINI)	بر حسب درصد	37.43	3.89	24.45	44.07	-0.91
شاخص کیفیت عوامل نهادی (Q)	شاخص (0 تا 10)	3.13	1.20	0.60	5.38	-0.14
باز بودن اقتصاد (TO)	درصد	87.52	41.19	29.85	202.33	0.90
سرانه مصرف انرژی (EC)	کیلوگرم (معادل سرانه نفت)	4489.25	3616	615.03	11311.9	0.48
صنعتی شدن (IN)	درصد	85.32	79.81	4.53	318.84	1.26
درآمد سرانه (Y)	دلار (ثابت 2015)	14639.9	12297.5	3216.38	43800.2	0.95

مأخذ: بانک جهانی و سازمان بین‌المللی شفافیت

⁴Likelihood-Ratio

^۵ ایران، الجزایر، مصر، عراق، کویت، لبنان، عمان، عربستان سعودی، تونس، امارات متحده عربی و بحرین

^۶<https://www.transparency.org/en/cpi>

یافته‌های پژوهش و بحث

نتایج ارائه شده آزمون پسران (۲۰۰۴) در جدول ۲ نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر استقلال مقطعی رد نمی‌شود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از استقلال مقطعی برخوردار هستند.

جدول ۲- آزمون استقلال مقطعی

Table 2. Cross-sectional independence test

گروه کشورها	آماره آزمون	سطح احتمال
منطقه منا	0.403	0.687

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج بخش پیشین که استقلال مقطعی مقاطع تأیید شد، استفاده از آزمون مانایی Levin و همکاران (۲۰۰۲) برای بررسی مانایی متغیرها مناسب است. نتایج آزمون مانایی متغیرها در جدول ۳ ارائه شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود، برای تمامی متغیرهای تحقیق، فرضیه صفر رد شده است؛ در نتیجه، می‌توان گفت که کلیه متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش مانا هستند.

جدول ۳- مانایی متغیرها

Table 3. Stationarity of variables

نتیجه	LLC		متغیر
	سطح احتمال	آماره آزمون	
مانا	0.000	-4.01	IGH
مانا	0.000	-3.53	IGINI
مانا	0.003	-2.68	IQ
مانا	0.046	-1.67	ITO
مانا	0.004	-2.62	IEC
مانا	0.000	-4.53	IIN
مانا	0.000	-4.79	ly
مانا	0.000	-4.78	(ly) ²

مأخذ: یافته‌های تحقیق

براساس نتایج ارائه شده در جدول ۴، فرضیه صفر آزمون F لیمر مبنی بر مناسب بودن مدل داده‌های تلفیقی رد شده است؛ بنابراین استفاده از الگوی داده‌های تابلویی بر مدل تلفیقی ارجح است. در گام بعد، آزمون آماره ضریب لاگرانژ (LM) اثرات تصادفی نشان می‌دهد که مدل با اثرات تصادفی نسبت به مدل داده‌های تلفیقی ارجحیت دارد. در نهایت، مطابق نتایج آزمون Hausman (۱۹۷۸) فرضیه صفر مبنی بر مدل اثرات تصادفی رد شده و بنابراین مدل اثرات ثابت ارجحیت دارد.

جدول ۴- نتیجه آزمون تعیین مدل

Table 4. Model determination test results

آزمون F لیمر			آزمون اثرات تصادفی			آزمون هاسمن		
تعیین الگو	سطح معنی‌داری	آماره آزمون	تعیین الگو	سطح معنی‌داری	آماره آزمون	تعیین الگو	سطح معنی‌داری	آماره آزمون
داده‌های تابلویی	0.00	26.57	اثرات تصادفی	0.00	72.56	اثرات ثابت	0.00	67.57

مأخذ: یافته‌های تحقیق

براساس نتایج جدول ۵، فرضیه صفر آزمون خودهمبستگی ولدریج مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی رد می‌شود؛ بنابراین، مدل دچار خودهمبستگی می‌باشد، همچنین نتایج آزمون LR واریانس ناهمسانی نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر وجود واریانس همسانی در مدل مذکور رد شده است، بنابراین مدل پژوهش حاضر دارای واریانس ناهمسانی است. بنابراین با وجود

خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی لازم است اصلاحات لازم در مدل انجام گیرد. از این رو مدل تحقیق با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS^۷) برآورد می شود؛ این روش از جمله روش هایی است که می تواند در صورت وجود همزمان مشکل واریانس ناهمسانی و خودهمبستگی موجود در جمله خطا از آن استفاده نمود (Aflatouni, 2021).

جدول ۵- نتایج برآورد مدل پژوهش

Table 5. Results of the research model estimation

متغیر	ضریب برآوردی	انحراف معیار	آماره t	P
IGH(-1)	0.233	0.054	4.30	0.000
ly	3.240	0.304	10.66	0.000
ly ²	-0.115	0.009	-12.58	0.000
IGINI	0.825	0.326	2.53	0.011
IGINI*ly	-0.084	0.022	-3.71	0.000
IQ	-0.288	0.010	-27.91	0.000
ITO	0.007	0.001	5.86	0.000
IEC	0.637	0.006	101.22	0.000
IIN	0.827	0.006	135.94	0.000
عرض از مبدأ	-39.780	2.582	-15/40	0.000
آزمون خودهمبستگی	F(1,17)=49.66 Prob > F = 0.000			
آزمون واریانس ناهمسانی	LR Chi2 (7) = 110.31 Prob > Chi2 = 0.000			
نکویی برازش	Wald chi2(8) = 334260.13 Prob > chi2 = 0.000			

مأخذ: یافته های تحقیق

براساس نتایج جدول ۵، متغیر وقفه متغیر وابسته (-۱) IGH دارای ضریب مثبت و معنی دار است. این یافته نشان می دهد که کیفیت محیط زیست در سال جاری ارتباط قوی و پایداری با سطح آلودگی در دوره قبل دارد^۸، که حاکی از وجود اثر پویایی و تداوم در فرآیند آلودگی در منطقه مورد مطالعه است. این ارتباط را می توان به اثرات انباشت ارتباط داد، در واقع، بسیاری از آلاینده ها (مانند برخی فلزات سنگین، پلاستیک ها، گازهای گلخانه ای) به سرعت از بین نمی روند و در خاک، آب، هوا و زنجیره غذایی انباشته می شوند. این انباشت، اثرات مخرب خود را برای مدت طولانی ادامه می دهد. این یافته همراستا با مطالعات Biswas و همکاران (۲۰۱۲)، Chen و همکاران (۲۰۱۸) است که نشان داده اند انتشار آلودگی از پویایی درونی تبعیت کرده و وقفه های زمانی آن نقش تعیین کننده ای در تداوم آلودگی دارد. در رابطه با فرضیه کوزنتس محیط زیستی، ضریب متغیر رشد اقتصادی مثبت و معنی دار است، در حالی که ضریب جمله درجه دوم آن منفی و معنی دار می باشد. این الگو تأیید کننده وجود یک رابطه غیرخطی و منحنی (معکوس U شکل) بین رشد سرانه درآمد و آلودگی است. این امر، دلالت بر این دارد که در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، افزایش درآمد منجر به تخریب بیشتر محیط زیست شده و پس از رسیدن به یک سطح آستانه، رشد اقتصادی آتی می تواند به کاهش آلودگی کمک کند. این نتیجه با یافته های Biswas و همکاران (۲۰۱۲) و Wang و همکاران (۲۰۱۸) همراستا است. در مورد تأثیر نابرابری درآمد، ضریب مربوط به شاخص جینی مثبت و معنی دار است. این نتیجه به این معناست که افزایش نابرابری درآمدی، آلودگی محیط زیستی را افزایش می دهد. در کشورهایی با نابرابری بالا، بخش بزرگی از جمعیت در فقر شدید زندگی می کنند. این افراد ممکن است مجبور به استفاده از روش های تولیدی و معیشتی ناپایدار، پرمصرف از منابع و آلوده کننده باشند. در این حالت، نابرابری به طور مستقیم منجر به آلودگی ناشی از فقر همچنین در کشورهای با نابرابری درآمدی بالا، ممکن است افراد با درآمد بالا الگوهای مصرفی داشته باشند که آلودگی بالاتری را به همراه دارد (مانند مصرف زیاد انرژی و

^۷Generalized Least Squares

^۸ از آنجا که مدل دارای خود همبستگی بوده و از روش حداقل مربعات تعمیم یافته برای کنترل این مشکل استفاده شده است، بنابراین می توان وقفه متغیر وابسته را به مدل افزود. همچنین طبق مطالعات تجربی کیفیت محیط زیست ارتباط نزدیکی با سطوح قبلی خود دارد.

مالکیت چندین خودرو). این تمرکز ثروت، تقاضا را به سمت محصولات و خدماتی سوق می‌دهد که ممکن است از نظر محیط زیستی نامطلوب باشند. از طرفی در مناطقی که نابرابری بالاست، ممکن است طبقه حاکم یا ثروتمند دارای منافع اقتصادی قوی در بخش‌های آلوده‌کننده (مانند صنایع سنگین، پالایشگاه‌ها) باشند. این امر باعث می‌شود که این صنایع، حتی پس از رسیدن به سطحی از درآمد که امکان گذار به صنایع سبز وجود دارد، همچنان از حمایت‌های سیاسی و نظارتی برخوردار باشند و روند فرار آلودگی (Pollution Haven Hypothesis) تشدید شود. اما، اثر تعاملی نابرابری درآمد و درآمد سرانه دارای ضریب منفی و معنی‌دار است. این تعامل تبیین می‌کند که افزایش همزمان درآمد سرانه می‌تواند اثر مخرب نابرابری بر آلودگی را تعدیل کرده و آن را کاهش دهد؛ به عبارتی، رشد درآمد سرانه می‌تواند پیامدهای منفی نابرابری را خنثی سازد. به عبارتی دیگر، در شرایط نابرابری بالا، افزایش کلی درآمد سرانه (تمامی افراد جامعه) باعث می‌شود که بخش قابل توجهی از جامعه به کالاهای عمومی مانند هوای پاک و محیط زیست سالم اهمیت بیشتری بدهند. این افزایش تقاضا برای کیفیت محیط زیست می‌تواند فشار عمومی بر دولت‌ها را برای اجرای سیاست‌های محیط‌زیستی افزایش دهد. ضریب متغیر کیفیت نهادها منفی و معنی‌دار بوده است. این یافته نشان‌دهنده نقش حیاتی نهادهای کارآمد در مهار آلودگی است؛ ارتقاء کیفیت نهادی به طور مستقیم با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای همبستگی دارد. این نتیجه با برخی مطالعات مانند Chen و همکاران (۲۰۲۲)، Nguyen و همکاران (۲۰۲۵) و Hayaloglu و همکاران (۲۰۲۵) همسو است. پژوهش‌های ذکر شده نشان می‌دهند که شاخص‌های نهادی همچون حاکمیت قانون، کنترل فساد و اثربخشی دولت، زمانی که به سطحی آستانه‌ای از کارایی برسند، می‌توانند از طریق بهبود نظارت، اجرای مؤثر قوانین و جلوگیری از نفوذ گروه‌های ذی‌نفع، تخریب محیط زیست را مهار کنند.

ضریب متغیر باز بودن اقتصاد ITO مثبت و و معنی‌دار بوده است، یکی از دلایل اصلی این رابطه، اتکای ساختار اقتصادی این کشورها به صادرات گسترده سوخت‌های فسیلی است. گسترش تجارت بین‌المللی در این کشورها به جای تسهیل انتقال فناوری‌های پاک، عمدتاً موجب افزایش تجارت منابع آلاینده شده است. یافته حاضر با نتایج مطالعه Yavari و همکاران (۲۰۲۳) هم‌راستا است که نشان دادند افزایش درجه باز بودن تجاری، از طریق مبادله صنایع فرسوده و آلاینده و تبدیل کشورهای منطقه منا به پناهگاه آلودگی، به افزایش تخریب محیط‌زیستی انجامیده است. بنابراین، باز بودن اقتصاد بدون همراهی با سیاست‌های سخت‌گیرانه محیط‌زیستی می‌تواند پیامدهای منفی بر کیفیت محیط‌زیست داشته باشد. ضریب مصرف انرژی IEC مثبت و معنی‌دار بوده است، از آنجا که کشورهای منطقه منا عمدتاً تولیدکننده و مصرف‌کننده بزرگ سوخت‌های فسیلی هستند، بخش عمده انرژی مصرفی در این کشورها از منابع غیرتجدیدپذیر تأمین می‌شود. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد صنعتی شدن IIN تأثیر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی محیط‌زیست داشته است. این نتیجه از واقعیت ساختاری اقتصادهای منطقه منا ناشی می‌شود که صنایع اصلی آن شامل پالایشگاه‌ها، پتروشیمی و صنایع انرژی‌بر هستند. چنین صنایعی به طور ذاتی آلاینده‌ی بالا و بازده انرژی پایین دارند. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های Edme و همکاران (۲۰۲۵) برای کشورهای آفریقایی هم‌خوانی دارد که نشان دادند رشد صنعتی، از طریق افزایش ردپای بوم‌شناختی، به کاهش پایداری محیط‌زیستی منجر می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج برآورد مدل پژوهش حاضر نشان داد که وقفه متغیر وابسته اثر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی محیط‌زیست دارند. این یافته انتشار آلودگی از پویایی درونی تبعیت کرده و وقفه‌های زمانی آن نقش تعیین‌کننده‌ای در تداوم آلودگی دارد که می‌تواند ناشی از اثرات انباشت آلودگی باشد، بنابراین در راستای کاهش این ارتباط می‌بایست در این گروه از کشورها به عوامل انباشت آلودگی توجه و در راستای کاهش آن تلاش نمود. همچنین تأیید فرضیه کوزنتس در گروه کشورهای منطقه منا نشان می‌دهد افزایش درآمد سرانه در مراحل ابتدایی توسعه موجب تشدید تخریب محیط‌زیست شده است. در حالی که در برخی مطالعات مانند Zhang و Liu (۲۰۱۹) با رد فرضیه کوزنتس در برخی کشورهای آسیایی نشان داد که توسعه فناوری‌های پاک و جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند رابطه مثبت بین رشد اقتصادی و آلودگی را از میان ببرد. بدین ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت که کشورهای توسعه‌یافته با گذر از مراحل ابتدایی رشد و اتخاذ سیاست‌های محیط‌زیستی سخت‌گیرانه، توانسته‌اند آلودگی را مهار کنند، اما

کشورهای در حال توسعه به دلیل اتکا به سوخت‌های فسیلی و ضعف در سیاست‌گذاری محیط‌زیستی همچنان در بخش سعودی منحنی کوزنتس قرار دارند.

ضریب مثبت و معنی‌دار نابرابری درآمد نشان‌دهنده آن است که نابرابری بالا، خود عامل تشدیدکننده آلودگی است. با این وجود، اثر تعاملی منفی این متغیر با درآمد سرانه حاکی از آن است که رشد درآمد سرانه، در صورت تحقق همزمان، می‌تواند اثر مخرب نابرابری بر محیط‌زیست را خنثی سازد. این یافته دلالت بر این دارد که تمرکز صرف بر کاهش نابرابری درآمد کافی نیست؛ بلکه سیاست‌های توزیع مجدد درآمد و رشد درآمد سرانه باید همزمان پیاده‌سازی شوند تا از پتانسیل رشد برای بهبود محیط‌زیست بهره‌برداری شود. همچنین نتایج نشان داد ارتقاء کیفیت نهادی، عاملی ضروری در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در منطقه مورد مطالعه است. تأثیر منفی و قوی شاخص‌های نهادی (شامل بیان و پاسخگویی، ثبات سیاسی، اثربخشی دولت، کیفیت قوانین تنظیمی، حاکمیت قانون و کنترل فساد) بر سطح آلودگی، حکایت از نقش محوری نهادهای کارآمد در تضمین اجرای موفقیت‌آمیز سیاست‌های محیط‌زیستی دارد. در واقع نهادهای قدرتمند مکانیسم‌های نظارتی لازم برای مهار تخریب محیط‌زیست را فعال می‌سازد. بنابراین، اولویت‌بندی اصلاحات نهادی باید در کانون استراتژی‌های کاهش آلودگی قرار گیرد. در خصوص باز بودن اقتصاد نتایج نشان داد، افزایش تجارت جهانی در کشورهای منطقه مناسبتاً با افزایش آلودگی ارتباط دارد، زیرا این تعاملات عمدتاً از طریق تسهیل صادرات سوخت‌های فسیلی صورت می‌گیرد. این یافته، مفهوم تبدیل منطقه به یک "پناهگاه آلودگی" را تأیید می‌کند. بنابراین لازم است سیاست‌های تجاری آینده از هرگونه اثرات جانبی آلاینده‌سازی پرهیز نموده و شفاف‌سازی شود که دستیابی به اهداف توسعه پایدار نیازمند همسویی اجباری بین تسهیلات تجاری و استانداردهای سخت‌گیرانه محیط‌زیستی است تا از وابستگی صرف به درآمدهای ناشی از منابع آلاینده جلوگیری شود. همچنین نتایج نشان داد که آلودگی در کشورهای منطقه مناسبتاً با دارای همبستگی مثبت با مصرف است. این ارتباط را می‌توان با در نظر گرفتن ساختار غالب اقتصادی این کشورها توجیه کرد؛ جایی که انرژی مورد نیاز برای فعالیت‌های اقتصادی عمدتاً از منابع سوخت فسیلی داخلی تأمین می‌گردد. این وابستگی ساختاری به منابع انرژی با انعطاف‌پذیری قیمتی پایین همراه است و در نتیجه، انگیزه اقتصادی کافی برای سرمایه‌گذاری تحول‌آفرین در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر را تضعیف می‌کند. همبستگی مثبت میان توسعه بخش صنعتی و افزایش آلودگی محیط‌زیستی در کشورهای مورد مطالعه را می‌توان به ساختار صنعتی این کشورها ارتباط داد. تمرکز تاریخی بر صنایع استخراجی و تبدیلی با ارزش افزوده پایین، از جمله پالایشگاه‌های نفت و مجتمع‌های پتروشیمی، به صورت ذاتی منجر به افزایش انتشار آلودگی در هر واحد تولید ناخالص داخلی می‌شود. این صنایع نه تنها به دلیل مصرف فزاینده انرژی، بلکه به دلیل فناوری‌های قدیمی‌تر و بازده انرژی کمتر، به عنوان اصلی‌ترین عوامل تخریب محیط‌زیست عمل می‌کنند. بنابراین، استمرار بر مسیر توسعه صنعتی کنونی، به عنوان توسعه ناپایدار تلقی می‌شود و می‌تواند ثبات بلندمدت اکوسیستم‌های منطقه را به خطر اندازد.

به‌طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر می‌توان پیشنهادهای زیر را ارائه نمود:

(۱) کاهش انباشت آلودگی: برای کاهش انباشت آلودگی، مجموعه‌ای از سیاست‌های کلیدی وجود دارد که می‌توان آنها را به کار گرفت. یکی از این سیاست‌ها، طراحی محصولات پایدار است؛ به این معنی که محصولات از ابتدا به گونه‌ای طراحی شوند که دوام بیشتری داشته باشند، قابل تعمیر باشند و در پایان عمر مفیدشان به راحتی قابل بازیافت یا استفاده مجدد باشند. در کنار این، ترویج اقتصاد چرخشی که هدف آن به حداقل رساندن زباله و حداکثر استفاده از منابع است، شامل اقداماتی مانند بازیافت گسترده و استفاده مجدد از مواد می‌شود.

(۲) توسعه پایدار و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی: سیاست‌گذاران باید مسیر رشد اقتصادی را به سوی الگوی پایدار و کم‌کربن هدایت کنند. سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر، اصلاح الگوی مصرف و استفاده از فناوری‌های پاک در صنایع و حمل‌ونقل می‌تواند وابستگی به سوخت‌های فسیلی را کاهش دهد. همچنین، سیاست‌های تشویقی برای صنایع سبز و آموزش عمومی در زمینه مصرف بهینه انرژی ضروری است.

۳) کاهش نابرابری درآمد و تقویت عدالت اجتماعی: با توجه به اثر منفی نابرابری بر محیط زیست، دولت ها باید از طریق سیاست های حمایتی، افزایش دستمزدها، گسترش اشتغال پایدار و حمایت از بنگاه های کوچک، توزیع درآمد را متعادل کنند. کاهش نابرابری علاوه بر بهبود شرایط اجتماعی، با افزایش دسترسی خانوارها به فناوری های پاک، به ارتقای کیفیت محیط زیست نیز کمک می کند. البته با توجه به تأثیر منفی رابطه بازخوردی نابرابری درآمد و درآمد سرانه بر آلودگی محیط زیست، در صورت افزایش نابرابری درآمد دولت می بایست در جهت افزایش میانگین درآمد سرانه سیاست های لازم را اتخاذ نماید.

۴) افزایش کیفیت عوامل نهادی: تأثیر منفی عوامل نهادی بر آلودگی نشان می دهد که تقویت عوامل نهادی در تمامی ابعاد ضروری است. دولت ها باید با ارتقای ثبات سیاسی، حاکمیت قانون، کنترل فساد، بهبود کیفیت قوانین، افزایش اثربخشی اداری و بهبود فرآیند پاسخگویی، زمینه اجرای مؤثر سیاست های محیط زیستی را فراهم کنند.

۵) توسعه صنعتی پاک و ارتقای فناوری تولید: رشد بخش صنعت باید همراه با کاهش شدت آلودگی باشد. به کارگیری فناوری های کم کربن، تدوین استانداردهای سخت گیرانه محیط زیستی، حمایت مالی از صنایع پاک و ایجاد سامانه های پایش برخط از جمله سیاست های مؤثر در این زمینه است.

۶) هدایت بازبودن اقتصادی در راستای پایداری محیط زیست: افزایش تجارت بین المللی باید با حمایت از صادرات محصولات کم کربن، واردات فناوری های پاک، جذب سرمایه گذاری خارجی در صنایع سبز و ارتقای استانداردهای محیط زیستی همراه باشد تا اثرات مثبت بازبودن اقتصاد بر محیط زیست تقویت شود.

۷) مدیریت مصرف انرژی و ارتقای بهره وری: با توجه به نقش مهم مصرف انرژی در افزایش آلودگی، باید سیاست هایی برای کاهش شدت انرژی و گسترش انرژی های تجدید پذیر اجرا گردد. واقعی سازی قیمت انرژی، حذف یارانه های غیر هدفمند و توسعه فناوری های پاک از اقدامات اساسی در این راستا است.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی

مقاله حاضر با حمایت مالی و معنوی معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز انجام شد.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان به طور مساوی در کلیه مراحل طراحی و انجام پژوهش، گردآوری داده ها، تجزیه و تحلیل آماری داده ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش نویس مقاله، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی سازی مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

بیانیه دسترسی به داده ها

داده های پژوهش حاضر از طریق درخواست از نویسندگان (نویسنده مسئول) قابل دسترسی است.

سپاسگزاری

از داوران محترم به خاطر ارائه نظرات ساختاری و علمی سپاسگزاری می شود.

References

- Aflatouni, A., 2021. Statistical analysis in financial and accounting research with stata software. Terme Publications, 496 p. (In Persian)
- Ahmad, M., Muslija, A., Satrovic, E., 2021. Does economic prosperity lead to environmental sustainability in developing economies? Environmental Kuznets curve theory. Environmental Science and Pollution Research 28(18), 22588-22601.

- Alataş, S., Akın, T., 2022. The impact of income inequality on environmental quality: A sectoral-level analysis. *Journal of Environmental Planning and Management* 65(10), 1949-1974.
- Arab Mazar Yazdi, A., Ghasemi, A., Rashidi Kia, M., 2017. Investigating the effects of corruption and political instability on environmental performance (case study: selected Middle Eastern countries). *Environmental Research* 8(15), 77-86. (In Persian)
- Araar, A., 2006. The absolute Gini coefficient: Decomposability and stochastic dominance. [Online] available at: <http://worldbank.org/poverty/unequal/index.htm>
- Azam, M., Liu, L., Ahmad, N., 2021. Impact of institutional quality on environment and energy consumption: Evidence from developing world. *Environment, Development and Sustainability* 23, 1646-1667.
- Baloch, M.A., Danish, Khan, S.U.D., Ulucak, Z.Ş., Ahmad, A., 2020. Analyzing the relationship between poverty, income inequality, and CO₂ emission in Sub-Saharan African countries. *Science of the Total Environment* 740, 139867.
- Bildirici, M., 2022. The impacts of governance on environmental pollution in some countries of Middle East and sub-Saharan Africa: Evidence from panel quantile regression and causality. *Environmental Science and Pollution Research* 29(12), 17382-17393.
- Biswas, A. K., Farzanegan, M., Marcel, T., 2012. Pollution, shadow economy and corruption: Theory and evidence. *Ecological Economics* 75, 114-125.
- Boyce, J. K., 1994. Inequality as a cause of environmental degradation. *Ecological Economics* 11(3), 169-178.
- Boyce, J.K., 2003. Inequality and environmental protection. PERI Working Paper Series, No. 52. Political Economy Research Institute.
- Chen, H., Hao, Y., Li, J., Song, X., 2018. The impact of environmental regulation, shadow economy, and corruption on environmental quality: Theory and empirical evidence from China. *Journal of Cleaner Production* 195, 200-214.
- Chen, Z., Hao, X., Zhou, M., 2022. Does institutional quality affect air pollution?. *Environmental Science and Pollution Research* 1-22.
- Ebrahimi, M., Babaei Agh Esmaili, M., Kafili, V., 2016. Income inequality and environmental quality: A case study of Iran. *Econometric Modeling* 2(4). (In Persian)
- Edeme, R.K., Israel, I.O., Emeka, E.T., Ogochukwu, A.C., 2025. Effect of trade and industrialization on environmental sustainability: The case of African countries. *Foreign Trade Review* 60(1), 33-53.
- Fitoussi, J.P., Saraceno, F., 2010. Inequality and macroeconomic performance. *Documents de Travail de l'OFCE* 13, 0-18.
- Grossman, G.M., Krueger, A.B., 1995. Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics* 110(2), 353-377.
- Hausman, J.A., 1978. Specification tests in econometrics. *Econometrica* 46(6), 1251-1271.
- Hayaloglu, P., Recepoglu, M., Cakir, M.A., 2025. Institutional structure and environmental pollution: An application within the framework of the Environmental Kuznets Curve hypothesis. *International Journal of Energy Economics and Policy* 15(3), 230-238.
- Hsiao, C., 2007. Panel data analysis—advantages and challenges. *Test* 16(1), 1-22.
- Khairi, M., Dehbashi, V., Esmail Pourmoghaddam, H., 2018. Analysis of the effect of income inequality on environmental quality in Iran. *New Perspectives in Human Geography* 10(2). (In Persian)
- Khan, S., Wang, Y., Zeeshan, A., 2022. Impact of poverty and income inequality on the ecological footprint in Asian developing economies. *Energy Reports* 8, 670-679.
- Levin, A., Lin, C.F., Chu, C.S.J., 2002. Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics* 108(1), 1-24.
- Li, Z. H., 2017. The income threshold effect of income gap on environmental pollution. *Inquiry into Economic Issues* 3, 63-72.
- Liu, C., Jiang, Y., Xie, R., 2019. Does income inequality facilitate carbon emission reduction in the US?. *Journal of Cleaner Production* 217, 380-387.
- Liu, Z., Zhang, H., Zhang, Y.J., Qin, C.X., 2020. How does income inequality affect energy efficiency? *Journal of Cleaner Production* 269, 122421.

- Maddah, M., Abdolahi, M., 2013. The effect of institutional quality on environmental pollution in the framework of the Kuznets Curve using static and dynamic panel data models. *Iranian Journal of Energy Economics* 2(5), 171-186. (In Persian)
- Mohammadi, T., Momeni, F., Sezideh, M., 2017. The effect of corruption on the state of the environment. *Bi-Quarterly of Economic Studies and Policies* 4(1), 107-132. (In Persian)
- Muhammad, S., Long, X., 2020. Institutional factors and CO₂ emissions nexus: A comparative analysis on the basis of income level. *Journal of Cleaner Production* 123539.
- Nguyen, T.T.H., Dang, T.T., Nguyen, T.T.N., Nguyen, T.H., Akhtar, R., Nguyen, H.C., 2025. The impact of factors on environmental pollution in ASEAN countries: The role of institutional quality. *Multidisciplinary Science Journal* 7(3), 2025086.
- North, D.C., 1990. *Institutions, institutional change, and economic performance*. Cambridge University Press.
- Pesaran, M.H., 2021. General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels. *Empirical Economics* 60(1), 13-50.
- Sultana, N., Rahman, M.M., Khanam, R., Kabir, Z., 2022. Environmental quality and its nexus with informal economy, corruption control, energy use, and socioeconomic aspects. *Heliyon* 8(6).
- Tavakolian, H., Montazer-Hojjat, A. H., Andaiesh, Y., 2024. The Impact of the Shadow Economy, Corruption, and the Rule of Law on Environmental Pollution in Selected Developing Oil-Producing Countries. *Journal of Natural Environment* 77(2), 299-309. (In Persian)
- Tavakolian, H., Montazer-Hojjat, A. H., Andaiesh, Y., 2024. The Impact of Institutional Factors and the Shadow Economy on Pollution in Selected Persian Gulf Countries. *Environment Sciences*, 50(3), 293-310. (In Persian)
- Transparency International Organization Indicators Database, 2023. CPI Index. <https://www.transparency.org/en/cpi/2023>.
- Uzar, U., Eyuboglu, K., 2019. The nexus between income inequality and CO₂ emissions in Turkey. *Journal of Cleaner Production* 227, 149-157.
- Wang, Z., Zhang, B., Wang, B., 2018. The moderating role of corruption between economic growth and CO₂ emissions: Evidence from BRICS economies. *Energy* 148, 506-513.
- Wang, Q., Yang, T., Li, R., 2023. Does income inequality reshape the Environmental Kuznets Curve hypothesis?. *Environmental Research* 216, 114575.
- World Governance Indicators, 2023. World Bank. <https://info.worldbank.org/governance/wgi/>.
- Yang, B., Ali, M., Hashmi, S. H., Jahanger, A., 2022. Do income inequality and institutional quality affect CO₂ emissions in developing economies?. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42720-42741.
- Yavari, F., Sarlak, A., Sharifnejad, M., Ghiyasi, M., 2014. Investigating the effect of trade openness on air pollution in the MENA countries. *Quarterly Journal of Energy Economics Studies* 19(77), 219-251. (In Persian)
- Zhang, C., Zhao, W., 2014. Panel estimation for income inequality and CO₂ emissions: A regional analysis in China. *Applied Energy* 136, 382-392.
- Zhang, S., Liu, X., 2019. The roles of international tourism and renewable energy in environment: New evidence from Asian countries. *Renewable Energy* 139, 385-394.