

Threshold Effects of Institutional Quality, Renewable Energy, and Financial Development on Global Warming Potential for Oil-Producing Countries

1. Yousef Nematzadeh : Department of Economics, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Khashayar Seyed Shokri *: Department of Economics, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: 0062488831@iau.ir (Corresponding Author)

3. Shahryar Nessabian : Department of Economics, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

4. Narsis Amin Rashti : Department of Economics, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

5. Nazi Mohammadzadeh-Asl : Department of Economics, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

Article history



Received: 26 June 2025

Revised: 20 October 2025

Accepted: 27 October 2025

Initial Publish: 02 November 2025

Final Publish: 22 November 2025

Abstract:

This study aims to examine the threshold effects of institutional quality, renewable energy, and financial development on global warming potential among selected oil-producing OPEC member countries between 2000 and 2023. The research is applied in purpose and descriptive-analytical in nature. The dataset consists of panel data from eight OPEC oil-producing countries (Algeria, Iran, Iraq, Kuwait, Libya, Nigeria, Saudi Arabia, and the United Arab Emirates) over the period 2000–2023. After conducting panel unit root and Kao cointegration tests to ensure data stability and long-run equilibrium, a Panel Smooth Transition Regression (PSTR) model was employed to estimate nonlinear threshold effects. Institutional quality was used as the transition variable, with an estimated threshold value of 0.964. The results revealed that institutional quality, financial development, foreign direct investment, and renewable energy consumption have negative and significant impacts on global warming potential. These effects become stronger once institutional quality surpasses its threshold level, indicating that improved governance and institutional efficiency enhance the effectiveness of environmental policies in mitigating global warming. In contrast, population growth and non-renewable energy consumption have positive and significant effects. The adjusted R^2 value of 0.82 confirmed the robustness and explanatory power of the model. Improving institutional quality in oil-producing countries—especially when it exceeds the threshold level—plays a pivotal role in reducing global warming. Financial development, foreign investment, and renewable energy expansion also contribute to mitigation when supported by strong and transparent institutions. Therefore, environmental policies should simultaneously strengthen institutional structures and promote renewable energy adoption to ensure sustainable progress toward climate goals.

Keywords: Institutional quality, renewable energies, global warming, financial development, foreign direct investment

Citation: Nematzadeh, Y., Seyed Shokri, K., Nessabian, S., Rashti, N. A., & Mohammadzadeh-Asl, N. (2025). Threshold Effects of Institutional Quality, Renewable Energy, and Financial Development on Global Warming Potential for Oil-Producing Countries, *Finance and Computational Intelligence*, 3(3), 1-20.



Copyright: © 2025 by the authors. Published under the terms and conditions of Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

Extended Abstract

Introduction

Global warming represents one of the most significant environmental and socioeconomic challenges of the 21st century. Rising concentrations of greenhouse gases (GHGs)—particularly carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), and nitrous oxide (N₂O)—have intensified the planet's average surface temperature, altered precipitation patterns, and triggered severe climatic disruptions worldwide (Buhaug et al., 2023). These changes not only threaten the stability of ecosystems but also impact economic development, human health, and global security. Addressing this crisis requires a multidimensional approach, integrating institutional, financial, and technological solutions capable of achieving sustainable energy transitions (Marquardt et al., 2023).

Renewable energy has emerged as a strategic alternative to fossil fuels for mitigating the effects of global warming. Solar, wind, hydro, and geothermal energy sources are environmentally friendly and play a key role in reducing dependency on nonrenewable resources (Zhang et al., 2023). Nevertheless, the diffusion and effectiveness of renewable energy technologies depend largely on institutional quality and financial system efficiency. Strong institutions foster accountability, transparency, and stability—factors that ensure the efficient allocation of resources, the successful implementation of clean energy policies, and the enforcement of environmental regulations (Ahmadi et al., 2024; Costa et al., 2022). In contrast, weak institutional frameworks characterized by corruption, bureaucratic inefficiency, and poor governance hinder the adoption of green technologies and the enforcement of emission control mechanisms (Ameer et al., 2022).

Institutional quality, therefore, functions as both a direct and an indirect determinant of environmental performance. It not only shapes national policies but also interacts with other variables such as financial development and foreign direct investment (FDI) to influence ecological outcomes. The interaction between these factors is particularly complex in oil-producing economies, where dependence on fossil fuels and rentier institutional structures often constrain policy reforms and sustainability efforts (Rehman & Rehman, 2022). The resource-dependent structure of these countries tends to amplify economic and ecological vulnerabilities, reinforcing the importance of institutional reforms in mitigating environmental degradation (Ofori et al., 2023).

Empirical research further supports this perspective. For instance, (Liu et al., 2022) found that renewable energy consumption and institutional quality jointly contribute to reducing GHG emissions in emerging economies. Similarly, (Ibrahim et al., 2022) highlighted the critical role of green financial development and innovation in achieving sustainable growth in China. Moreover, (Gyimah et al., 2023) demonstrated that renewable energy adoption promotes both environmental sustainability and economic growth when supported by sound institutional frameworks. Conversely, (Isfahani et al., 2022) showed that countries with weak governance experience slower transitions toward renewable energy despite technological advancements.

The interaction between institutional quality and renewable energy development also exhibits nonlinear characteristics. According to the “threshold effect” hypothesis, marginal improvements in institutional quality initially produce limited changes in environmental outcomes, but once a specific threshold is surpassed, the benefits increase exponentially (Rakshit & Bardhan, 2023). This notion is particularly relevant to oil-exporting countries, where the governance gap often delays the positive effects of environmental policies. Strengthening institutions beyond the critical threshold can, therefore, amplify the

impact of financial development and renewable energy consumption on reducing global warming potential (Ofori et al., 2023).

Recent studies have also explored how financial development affects the environment. Financial markets can promote green growth by channeling funds toward eco-friendly investments and renewable energy projects (J. Liu et al., 2023). However, without adequate institutional oversight, these mechanisms may lead to environmentally harmful investments in energy-intensive or polluting sectors (Ameer et al., 2022). Thus, financial development may act as a double-edged sword: it supports sustainability under efficient governance but exacerbates degradation under institutional fragility.

Building upon these perspectives, the present study aims to empirically examine the threshold effects of institutional quality, renewable energy, and financial development on global warming potential (GWP) in a group of selected oil-producing OPEC member countries (Algeria, Iran, Iraq, Kuwait, Libya, Nigeria, Saudi Arabia, and the United Arab Emirates) during the period 2000–2023. This study contributes to the literature by employing a nonlinear modeling approach to determine how improvements in institutional quality beyond a certain threshold can magnify the environmental benefits of renewable energy and financial development.

Methods and Materials

This research adopts an applied and descriptive-analytical approach, using panel data for eight oil-producing OPEC member countries over the 2000–2023 period. The dependent variable is the Global Warming Potential (GWP), calculated as the weighted sum of CO₂, CH₄, and N₂O emissions based on their respective global warming coefficients (1, 21, and 310).

Independent variables include institutional quality (GOV), financial development (FD), renewable energy consumption (RENRGY), nonrenewable energy consumption (NONRENRGY), GDP per capita (GDP), population growth (POP), natural resource abundance (NRSOURCES), and foreign direct investment (FDI). Institutional quality was measured using the Fraser Institute's composite index of governance, covering government size, legal systems and property rights, transparency, freedom to trade, and regulation.

The empirical analysis proceeded in several steps:

1. Unit root testing was conducted using the Levin–Lin–Chu (LLC) and Im–Pesaran–Shin (IPS) panel unit root tests to ensure stationarity of variables.
2. Panel cointegration analysis (Kao test) was performed to verify long-term equilibrium relationships among variables.
3. To capture nonlinear dynamics, the Panel Smooth Transition Regression (PSTR) model proposed by Teräsvirta (1994) was applied. This model allows parameters to vary smoothly between regimes depending on the value of a transition variable—in this case, institutional quality.
4. Diagnostic tests such as the Chow test, LM test, and LRT test were employed to validate the presence of nonlinearity, and the model's goodness of fit was assessed using the adjusted R².

Findings

The results of unit root and cointegration tests confirmed that all variables were stationary and cointegrated in the long run, ensuring the appropriateness of the PSTR estimation. The Chow and Wald tests indicated significant nonlinearity, validating the use of the PSTR model with institutional quality as the transition variable.

The threshold value for institutional quality was estimated at 0.964, signifying the level beyond which the effect of institutional improvement on reducing global warming becomes substantially stronger. The slope parameter ($\gamma = 6.675$)

indicated a relatively sharp transition between low- and high-quality institutional regimes, reflecting the sensitivity of environmental performance to changes in governance efficiency.

The PSTR model results revealed that institutional quality, financial development, foreign direct investment, and renewable energy consumption exert negative and statistically significant effects on global warming potential. This implies that higher institutional efficiency, deeper financial systems, and greater utilization of renewable energy collectively contribute to reducing the overall warming effect in oil-producing countries.

In the nonlinear (high-quality institutional) regime, the magnitude of these negative effects increased markedly. For instance, the coefficient of institutional quality changed from -0.047 in the linear regime to -0.266 in the nonlinear regime, suggesting that surpassing the institutional threshold amplifies environmental benefits. Similarly, renewable energy consumption exhibited a more pronounced mitigating effect on GWP under stronger governance conditions.

Conversely, variables such as GDP per capita, nonrenewable energy consumption, and population growth were found to have positive and significant effects on global warming potential, highlighting the environmental costs of rapid economic expansion and demographic pressure in oil-dependent economies. The adjusted R^2 value of 0.82 confirmed the high explanatory power and reliability of the model.

Diagnostic tests, including the Durbin–Watson statistic and Breusch–Pagan test, confirmed the absence of autocorrelation and heteroskedasticity, further validating the robustness of the estimates.

Discussion and Conclusion

The findings of this study emphasize the pivotal role of institutional quality in shaping the environmental outcomes of oil-producing economies. The evidence suggests that improvements in governance—through enhanced transparency, regulatory effectiveness, and control of corruption—can significantly reduce global warming potential, particularly after surpassing the identified institutional threshold. This aligns with the theoretical argument that institutional reforms are prerequisite conditions for sustainable energy transitions (Ahmadi et al., 2024; Marquardt et al., 2023).

Moreover, the nonlinear results demonstrate that institutional quality acts as a *moderating mechanism* that enhances the effectiveness of both renewable energy consumption and financial development in mitigating environmental degradation. In low-quality institutional environments, renewable energy policies may remain underfunded or poorly implemented due to bureaucratic inefficiencies and misallocation of resources. However, once institutional quality exceeds the threshold, these same policies become significantly more effective, confirming the “institutional amplification effect” described in previous research (Ofori et al., 2023; Rakshit & Bardhan, 2023).

The negative and significant impact of financial development on global warming indicates that well-functioning financial systems can play a constructive role in promoting environmental sustainability. Through mechanisms such as green credit allocation, environmental risk assessment, and sustainable investment funds, financial markets can facilitate the financing of clean technologies. However, this outcome is contingent on the presence of institutional integrity and policy alignment, as weak institutions may channel financial resources toward polluting industries instead (Ameer et al., 2022).

The study also highlights the detrimental influence of nonrenewable energy consumption and population growth on environmental outcomes. These findings underscore the need for oil-dependent economies to diversify their energy portfolios and adopt policies that encourage cleaner energy alternatives. Similarly, rapid population growth without

corresponding infrastructure and policy adjustments may undermine efforts to reduce GHG emissions, reinforcing the necessity for integrated planning and sustainable urbanization strategies ([Rehman & Rehman, 2022](#)).

Overall, this study contributes to the empirical literature by confirming the existence of nonlinear, threshold-dependent relationships between institutional quality, renewable energy, financial development, and global warming potential. It demonstrates that policy interventions targeting institutional strengthening can yield disproportionate environmental benefits once the institutional threshold is crossed.

From a policy perspective, the results imply that governments of oil-producing countries should prioritize institutional reforms as a foundation for effective climate governance. Policies aimed at reducing global warming cannot succeed without a robust institutional framework capable of enforcing environmental standards, allocating resources efficiently, and incentivizing sustainable investments. Strengthening institutions thus serves as both a mitigation and an adaptation strategy for addressing climate change.

In conclusion, the study underscores that institutional quality is the cornerstone of sustainable climate governance. The environmental impact of financial development and renewable energy adoption depends critically on the quality of the institutional environment. Once institutional efficiency surpasses the identified threshold, oil-producing countries can achieve meaningful reductions in global warming potential while maintaining economic growth. These findings reinforce the need for integrated policies that combine governance reforms, financial sector development, and renewable energy expansion to ensure a sustainable transition toward low-carbon economies.

Authors' Contributions

Authors equally contributed to this article.

Acknowledgments

Authors thank all participants who participate in this study.

Declaration of Interest

The authors report no conflict of interest.

Funding

According to the authors, this article has no financial support.

Ethical Considerations

All procedures performed in this study were under the ethical standards.

اثرات آستانه‌ای کیفیت نهادی، انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه مالی بر پتانسیل گرمایش جهانی برای کشورهای نفتی

تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت: ۵ تیر ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری: ۲۸ مهر ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۵ آبان ۱۴۰۴

تاریخ چاپ اولیه: ۱۱ آبان ۱۴۰۴

تاریخ چاپ نهایی: ۱ آذر ۱۴۰۴

۱. یوسف نعمت زاده^{ID}: گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. خشایار سیدشکری^{ID}: گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. ایمیل: 0062488831@iau.ir (نویسنده مسئول)

۳. شهریار نصیبیان^{ID}: گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳. ناریس امین رشتی^{ID}: گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳. نازی محمدزاده اصل^{ID}: گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

هدف این پژوهش، بررسی تأثیرات آستانه‌ای کیفیت نهادی، انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه مالی بر پتانسیل گرمایش جهانی در کشورهای منتخب نفتی عضو اوپک طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ است. این مطالعه از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت تحلیلی-توصیفی است. جامعه آماری شامل داده‌های پانل هشت کشور نفتی عضو اوپک (الجزایر، ایران، عراق، کویت، لیبی، نیجریه، عربستان سعودی و امارات متحده عربی) در دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۳ می‌باشد. پس از آزمون ریشه واحد و هم‌انباشتگی کائو برای اطمینان از پایداری و رابطه بلندمدت متغیرها، مدل رگرسیون انتقال ملایم پانل (PSTR) برای برآورد اثرات غیرخطی استفاده شد. متغیر انتقال، کیفیت نهادی بود که آستانه آن در مقدار ۰.۹۶۴ تعیین گردید. نتایج نشان داد که کیفیت نهادی، توسعه مالی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر اثر منفی و معناداری بر شاخص گرمایش جهانی دارند. همچنین، اثر این متغیرها پس از عبور کیفیت نهادی از حد آستانه شدت می‌یابد، به‌طوری‌که افزایش کیفیت نهادی و بهبود ساختار حکمرانی، توان سیاست‌های زیست‌محیطی را در کاهش گرمایش زمین تقویت می‌کند. در مقابل، رشد جمعیت و مصرف انرژی‌های فسیلی اثر مثبت و معناداری بر گرمایش جهانی دارند. مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده مدل ($R^2=0.82$) بیانگر برازش مطلوب مدل و اعتبار نتایج است. بهبود کیفیت نهادی در کشورهای نفتی، به‌ویژه زمانی که از حد آستانه عبور کند، می‌تواند نقش کلیدی در کاهش گرمایش زمین داشته باشد. توسعه مالی، افزایش سرمایه‌گذاری خارجی و گسترش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر نیز تنها در بستر نهادی کارآمد تأثیر معناداری بر کاهش اثرات زیست‌محیطی خواهند داشت. بنابراین، سیاست‌های زیست‌محیطی باید با تقویت نهادها و افزایش سهم انرژی‌های پاک در ترکیب انرژی ملی همراه شوند.

کلیدواژه‌ها: کیفیت نهادی، انرژی‌های تجدیدپذیر، گرمایش جهانی، توسعه مالی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی

شیوه استناددهی: نعمت زاده، یوسف، سیدشکری، خشایار، نصیبیان، شهریار، امین رشتی، ناریس، و محمدزاده اصل، نازی. (۱۴۰۴). اثرات آستانه‌ای کیفیت نهادی، انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه مالی بر پتانسیل گرمایش جهانی برای کشورهای نفتی. *حسابداری، امور مالی و هوش محاسباتی*، ۳(۳)، ۱-۲۰.



مقدمه

گرمایش زمین به عنوان یکی از چالش های بزرگ قرن بیست و یکم، پیامدهای گسترده ای بر اکوسیستم ها، سلامت انسان، امنیت غذایی، و پایداری اقتصادی دارد. تغییرات اقلیمی ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه ای، به ویژه دی اکسید کربن (CO_2)، متان (CH_4) و اکسید نیتروژن (N_2O)، سبب تغییر در الگوهای آب و هوایی، بالا آمدن سطح دریاها و افزایش رخدادهای اقلیمی شدید شده است (Buhaug et al., 2023). این تغییرات نه تنها جنبه های زیست محیطی بلکه ابعاد اجتماعی و سیاسی را نیز تحت تأثیر قرار داده اند، تا جایی که پژوهش ها رابطه میان بی ثباتی اقلیمی و منازعات اجتماعی را نیز تأیید کرده اند (Buhaug et al., 2023). به دلیل شدت و گستردگی آثار این پدیده، دستیابی به رشد اقتصادی پایدار بدون توجه به ملاحظات زیست محیطی دیگر ممکن نیست و کشورها به ویژه کشورهای نفتی، ناچار به بازنگری در سیاست های انرژی و حکمرانی خود شده اند (Marquardt et al., 2023).

در این میان، انرژی های تجدیدپذیر به عنوان یکی از ابزارهای کلیدی برای کاهش اثرات گرمایش جهانی مطرح شده اند. انرژی خورشیدی، بادی، زمین گرمایی و زیست توده نه تنها منابعی پایدارند، بلکه می توانند نقش مهمی در کاهش وابستگی کشورها به سوخت های فسیلی ایفا کنند (Zhang et al., 2023). در واقع، استفاده از انرژی های تجدیدپذیر منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و حرکت به سوی توسعه سبز می شود. با این حال، گسترش و بهره برداری مؤثر از این منابع انرژی نیازمند شرایط نهادی مناسب، سیاست گذاری های هماهنگ و چارچوب های مالی کارآمد است (Ahmadi et al., 2024).

بر اساس شواهد موجود، کیفیت نهادی از جمله عوامل ساختاری و بنیادی است که می تواند تأثیر چشمگیری بر میزان موفقیت سیاست های زیست محیطی و انرژی داشته باشد. نهادهای کارآمد با کاهش فساد، افزایش شفافیت، و بهبود پاسخ گوئی، زمینه اجرای سیاست های پایدار را فراهم می کنند (Costa et al., 2022). در مقابل، ضعف نهادی، بی ثباتی سیاسی و ناکارآمدی در تصمیم گیری موجب می شود که حتی بهترین سیاست های انرژی نیز به نتایج مطلوب نرسند. به همین دلیل، ارتباط میان کیفیت نهادی و گرمایش زمین یکی از محورهای اصلی پژوهش های توسعه پایدار در دهه اخیر بوده است (Marquardt et al., 2023).

در کشورهای در حال توسعه، از جمله کشورهای نفتی عضو اوپک، وابستگی شدید به درآمدهای نفتی و تمرکز اقتصاد بر صادرات انرژی فسیلی موجب شده است که مسأله تغییرات اقلیمی و کاهش گازهای گلخانه ای با چالش های پیچیده تری روبه رو شود (Rehman & Rehman, 2022). در این کشورها، ساختارهای نهادی اغلب دچار ضعف های بنیادی نظیر ناکارآمدی نظام اداری، فساد مالی، ضعف در حاکمیت قانون و فقدان برنامه ریزی بلندمدت هستند. این کاستی ها مانع از توسعه انرژی های تجدیدپذیر و اجرای سیاست های زیست محیطی اثربخش می شود (Ameer et al., 2022).

مطالعات جدید نشان داده اند که توسعه مالی و سرمایه گذاری در بخش انرژی های تجدیدپذیر می تواند به طور مستقیم و غیرمستقیم بر کاهش گرمایش زمین اثرگذار باشد (Ofori et al., 2023). توسعه مالی با فراهم کردن منابع مالی لازم برای پروژه های انرژی پاک، انتقال فناوری های نوین و افزایش سرمایه گذاری خارجی در بخش انرژی سبز، زمینه ساز کاهش آلودگی های زیست محیطی است. با این حال، این اثرگذاری تنها در حضور نهادهای قوی و پایدار قابل تحقق است (Ahmadi et al., 2024). بنابراین، تعامل میان کیفیت نهادی، توسعه مالی و انرژی های تجدیدپذیر در چارچوبی نظام مند می تواند تصویر دقیق تری از سازوکارهای کاهش گرمایش زمین ارائه دهد.

پژوهش های بین المللی متعددی به بررسی این روابط پرداخته اند. برای مثال، مطالعه (Liu et al., 2022) با استفاده از مدل رگرسیون صدکی نشان داد که مصرف انرژی های تجدیدپذیر، نوآوری فناورانه و کیفیت نهادی نقش تعیین کننده ای در تحقق اهداف توسعه پایدار دارند. یافته های این مطالعه نشان می دهد که کشورهایی که از نهادهای قوی تر برخوردارند، قادر به بهره گیری مؤثرتر از فناوری های پاک و کاهش قابل توجه انتشار گازهای گلخانه ای هستند. در همین راستا، (Ibrahim et al., 2022) تأکید می کند که توسعه مالی سبز، پیچیدگی اقتصادی و نوآوری فناورانه سه محور کلیدی در تحقق توسعه پایدار به ویژه در چین محسوب می شوند.

مطالعات مشابه دیگری نیز به بررسی پیوند میان کیفیت نهادی و پایداری محیط زیست پرداخته اند. برای نمونه، (Ameer et al., 2022) با بررسی داده های چین نشان داد که کیفیت نهادی، جهانی سازی و انرژی های تجدیدپذیر به طور معناداری در کاهش آلودگی زیست محیطی مؤثرند. در حالی که سرمایه گذاری مستقیم خارجی و مالی سازی در غیاب

حکمرانی مطلوب می‌تواند اثر خنثی یا حتی منفی بر محیط زیست داشته باشد. به همین ترتیب، (Costa et al., 2022) با مرور ادبیات پایداری شرکتی، نشان داد که همبستگی میان ساختارهای حکمرانی، پاسخ‌گویی نهادی و عملکرد زیست‌محیطی یکی از ارکان اصلی پایداری سازمانی در قرن حاضر است.

از منظر اقتصاد زیست‌محیطی، بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و گرمایش جهانی نیز همواره مورد توجه بوده است. پژوهش‌های متعددی، از جمله (Gyimah et al., 2023)، نشان داده‌اند که مصرف انرژی‌های پاک می‌تواند ضمن حمایت از رشد اقتصادی، اثرات منفی زیست‌محیطی را کاهش دهد. به گفته این پژوهشگران، سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر موجب افزایش بهره‌وری و ارتقای کیفیت زندگی می‌شود. اما این رابطه به شدت تحت تأثیر سطح توسعه نهادی کشورهاست. کشورهایی که در آن‌ها نهادهای قوی وجود دارد، در اجرای سیاست‌های انرژی پاک موفق‌تر عمل کرده‌اند (Gyimah & Yao, 2022).

در مقابل، در کشورهای دارای ساختار نهادی ضعیف، وابستگی به سوخت‌های فسیلی و ناکارآمدی در اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی همچنان مانع اصلی دستیابی به توسعه پایدار است (Isfahani et al., 2022). این کشورها معمولاً با مشکلاتی همچون فساد گسترده، فقدان چارچوب‌های قانونی کارآمد و ناهماهنگی در سیاست‌گذاری‌های مالی و انرژی مواجه هستند. به همین دلیل، حتی با وجود منابع طبیعی غنی، این کشورها نمی‌توانند از مزایای توسعه پایدار بهره‌مند شوند (J. Liu et al., 2023).

از سوی دیگر، ارتباط بین توسعه مالی و پویایی زیست‌محیطی در سال‌های اخیر به یکی از موضوعات اصلی سیاست‌گذاری اقتصادی تبدیل شده است. توسعه مالی، با گسترش دسترسی به تسهیلات بانکی، سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت و تنوع در منابع مالی، می‌تواند به عنوان موتور محرک رشد سبز عمل کند (Rakshit & Bardhan, 2023). با این حال، اگر نهادهای نظارتی و ساختارهای حاکمیتی از شفافیت و کارایی کافی برخوردار نباشند، توسعه مالی ممکن است به افزایش سرمایه‌گذاری در بخش‌های آلاینده منجر شود. از این رو، کیفیت نهادی به عنوان عامل تعدیل‌کننده در رابطه میان توسعه مالی و پایداری محیط زیست مطرح می‌شود (Ofori et al., 2023).

پژوهش (H. Liu et al., 2023) نیز به بررسی ارتباط بین شهرنشینی، مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار کربن در چین پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که رشد اقتصادی بدون اصلاح ساختار نهادی و بدون گسترش انرژی‌های پاک منجر به تشدید انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد. در حالی که ترکیب توسعه شهری با سیاست‌های نهادی کارآمد می‌تواند موجب کاهش اثرات زیست‌محیطی شود. این یافته با نتایج (Gyimah et al., 2023) و (Ibrahim et al., 2022) هم‌راستا است که هر دو بر نقش کلیدی نهادها در تعدیل اثرات اقتصادی بر محیط زیست تأکید دارند.

علاوه بر این، مطالعات داخلی در ایران نیز بر اهمیت کیفیت نهادی و انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش گازهای گلخانه‌ای تأکید دارند. برای مثال، (Eskandari et al., 2024) نشان داد که تقویت نهادهای مالی و افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران می‌تواند منجر به کاهش انتشار گازهای آلاینده و در عین حال حفظ رشد اقتصادی شود. همچنین، (Ahmadi et al., 2024) به بررسی رابطه میان سیاست‌های انرژی تجدیدپذیر و کیفیت نهادی در کشورهای در حال توسعه پرداخته و تأکید کرده است که حکمرانی مطلوب، پیش‌شرط اساسی در موفقیت سیاست‌های اقلیمی و کاهش گرمایش زمین است.

مطالعات دیگری نیز به ابعاد زیست‌محیطی توسعه اقتصادی در کشورهای در حال توسعه پرداخته‌اند. برای نمونه، (Bagheri et al., 2021) با تمرکز بر ایران، به این نتیجه رسیده‌اند که افزایش استفاده از انرژی‌های پاک می‌تواند به بهبود کیفیت محیط زیست و کاهش آلودگی منجر شود. همچنین، (Isfahani et al., 2021) با استفاده از رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) نشان داد که مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر، شهرنشینی و رشد جمعیت اثر مثبت و قابل توجهی بر ردپای اکولوژیکی دارند، در حالی که انرژی‌های تجدیدپذیر و سرمایه انسانی اثر منفی بر آن دارند.

از منظر نظری، مفهوم «اثر آستانه‌ای» در ارتباط میان کیفیت نهادی و گرمایش زمین نیز در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای یافته است. بر اساس این مفهوم، تغییرات کوچک در کیفیت نهادی ممکن است در ابتدا تأثیر محدودی بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته باشد، اما هنگامی که کیفیت نهادی از سطح معینی عبور کند، اثرات مثبت آن به صورت غیرخطی و تصاعدی افزایش می‌یابد (Rakshit & Bardhan, 2023). این بدان معناست که نهادهای کارآمد نه تنها در کاهش آلودگی نقش دارند، بلکه با ایجاد هم‌افزایی میان سیاست‌های مالی، انرژی و زیست‌محیطی، می‌توانند تأثیرگذاری اقدامات کاهش‌دهنده گرمایش زمین را چندبرابر کنند (Ofori et al., 2023).

در این راستا، کشورهای نفتی که با چالش دوگانه وابستگی به انرژی فسیلی و ضعف نهادی مواجه‌اند، باید به‌صورت هم‌زمان در دو جبهه حرکت کنند: نخست، بهبود کیفیت نهادی و مقابله با فساد و ناکارآمدی، و دوم، توسعه گسترده انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش تدریجی وابستگی به سوخت‌های فسیلی (J. Liu et al., 2023). این دو مسیر به‌صورت مکمل عمل می‌کنند و هرگونه پیشرفت در یکی بدون دیگری پایدار نخواهد بود (Gyimah & Yao, 2022).

به‌علاوه، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که اثرگذاری انرژی‌های تجدیدپذیر بر گرمایش زمین به سطح توسعه نهادی بستگی دارد. زمانی که نهادهای حاکمیتی از شفافیت، پاسخ‌گویی و نظارت کارآمد برخوردار باشند، اثر مثبت انرژی‌های پاک بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای افزایش می‌یابد (Ameer et al., 2022). برعکس، در کشورهایی با ضعف نهادی، حتی سرمایه‌گذاری‌های قابل توجه در بخش انرژی‌های پاک نیز ممکن است منجر به نتایج ملموس نشود (Isfahani et al., 2022).

در نهایت، باید تأکید کرد که بحران گرمایش زمین، صرفاً یک مسئله زیست‌محیطی نیست بلکه یک مسئله نهادی، اقتصادی و مالی نیز هست. برای مقابله با این بحران، هماهنگی میان نهادهای حاکمیتی، بخش مالی و سیاست‌گذاران انرژی ضروری است (Costa et al., 2022). نهادهای قوی قادرند سیاست‌های زیست‌محیطی را به‌گونه‌ای طراحی و اجرا کنند که علاوه بر حفاظت از محیط زیست، رشد اقتصادی را نیز پشتیبانی نمایند (H. Liu et al., 2023).

با توجه به مجموعه مطالعات و شواهد تجربی، می‌توان نتیجه گرفت که کیفیت نهادی به‌عنوان متغیر کلیدی در کاهش گرمایش جهانی، نه تنها به‌صورت مستقیم بر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای اثرگذار است، بلکه از طریق تعامل با متغیرهای دیگری مانند توسعه مالی و انرژی‌های تجدیدپذیر، نقش غیرمستقیم اما قدرتمندی در پایداری زیست‌محیطی ایفا می‌کند (Marquardt et al., 2023).

هدف پژوهش حاضر بررسی اثرات آستانه‌ای کیفیت نهادی، انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه مالی بر پتانسیل گرمایش جهانی در کشورهای نفتی منتخب عضو اوپک طی دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ است.

روش پژوهش و مواد

روش پژوهش حاضر از منظر هدف کاربردی و از منظر ماهیت تحلیلی توصیفی و از منظر جمع آوری داده‌های آماری تحقیق از نوع پس رویدادی می‌باشد. در مقاله حاضر به پیروی از مطالعات؛ مخدوم و همکاران^۱ (۲۰۲۲)، عامر و همکاران^۲ (۲۰۲۲)، لیو و همکاران^۳ (۲۰۲۲)، ژانگ و همکاران^۴ (۲۰۲۲)، علی نصیر و همکاران^۵ (۲۰۲۱) به بررسی اثرات آستانه‌ای کیفیت نهادی، انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه مالی بر پتانسیل گرمایش جهانی برای کشورهای نفتی (آزمون اثرات مالی سازی با مدل غیرخطی انتقال ملایم) پرداخته شده است. مدل تحقیق در کشورهای منتخب نفتی با بکارگیری مدل حد آستانه‌ای ملایم استار پانل پرداخته می‌شود. مدل حد آستانه‌ای ملایم استار پانل (PSTAR) توسط تراسورتا و اندرسون^۶ (۱۹۹۲) و تراسورتا^۷ (۱۹۹۴) گسترش یافته است. مدل نهایی بشکل زیر قابل تصریح است:

$$COE_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 GOV_{i,t} + \beta_2 FD_{i,t} + \beta_3 TRADE_{i,t} + \beta_4 FDI_{i,t} + \beta_5 RENRGY_{i,t} + \beta_6 NONRENRGY_{i,t} + \beta_7 NRSOURCES_{i,t} \\ + \beta_8 GDP_{i,t} + \beta_9 POP_{i,t} (\theta_1 GOV_{i,t} + \theta_2 FD_{i,t} + \theta_3 TRADE_{i,t} + \theta_4 FDI_{i,t} + \theta_5 RENRGY_{i,t} + \theta_6 NONRENRGY_{i,t} \\ + \theta_7 NRSOURCES_{i,t} + \theta_8 GDP_{i,t} + \theta_9 POP_{i,t}) F(S_t, \gamma, c) + u_t$$

1. Muhammad Sohail Amjad Makhdom et al

2. Waqar Ameer et al

3. Yaping Liu et al

4. Shaohui Zhang et al

5. Muhammad AliNasir et al

6. Ter'asvirta and Anderson

7. Ter'asvirta, T. 1994

تعریف عملیاتی متغیرهای مطالعه:

(CO_E): پتانسیل گرمایش جهانی مطابق مقاله لی و همکاران^۱ (۲۰۲۰) و رجیبی (۲۰۱۰) بشکل زیر محاسبه می‌گردد: میزان سه گاز گلخانه‌ای CO_۲، CH_۴ و N_۲O ناشی از آنها از حاصل ضرب میزان انرژی مصرفی و ضرایب تولید هر گاز، به ترتیب ۱، ۲۱ و ۳۱۰ به ازای هر ژول انرژی مصرفی از هر منبع محاسبه می‌گردد. با توجه به تفاوت گازهای N_۲O و CH_۴ در ایجاد گرمایش جهانی کل گازهای گلخانه‌ای تولیدی به صورت معادل CO_۲ محاسبه می‌شوند. هر کیلوگرم N_۲O و CH_۴ به ترتیب معادل ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO_۲ اثرات گلخانه‌ای دارند. پس از محاسبه گرمایش جهانی (GWP) کل، مقادیر GWP در واحد سطح (معادل کیلوگرم CO_۲ در هکتار)، در واحد وزن (معادل کیلوگرم CO_۲ در تن)، در واحد انرژی ورودی (معادل کیلوگرم CO_۲ در گیگاژول) و در واحد انرژی خروجی (معادل کیلوگرم CO_۲ در گیگاژول) محاسبه گردید.

$$CO_{Eit} = CO_2 + 21 * CH_4 + 310 * N_2O$$

بعد از محاسبه رابطه فوق بعنوان شاخص گرمایش جهانی در معادله جایگذاری می‌شود

کیفیت نهادی (GOV): میانگین شاخص کیفیت نهادی: برای سنجش کیفیت نهادها، پنج گروه یا فرعی مختلف با هم ترکیب می‌شوند: (۱) اندازه دولت (۲) سیستم قانونی و حقوق مالکیت (۳) پاسخگویی و شفافیت (۴) تجارت آزاد بین المللی (۵) مقررات اعتبار، کار و کسب و کار. مولفه‌های اصلی در این پنج حوزه وجود دارد و این اجزا شامل مولفه‌های فرعی هستند که منجر به شاخص کلی متغیرهای مستقل می‌شود. موسسه فریزر از مقیاسی برای هر دسته استفاده می‌کند که میانگین این پنج شاخص را محاسبه می‌کند تا شاخص کاملی برای هر کشور بدست آید. در این شاخص، صفر نشان دهنده کوچک‌ترین ارزش نهادی و پنج نماینده بالاترین کیفیت نهادی است

FD: تسهیلات اعطایی بانکها به بخش خصوصی بعنوان شاخص توسعه مالی^۲،

GDP: تولید ناخالص داخلی سرانه بر حسب دلار به قیمت ثابت سال پایه ۲۰۱۰، شاخصی برای نشان دادن رشد اقتصادی می‌باشد^۳،

TRADE: حجم تجارت بصورت درصدی از GDP^۴، اندازه گیری می‌شود.

NONRENRGY: مصرف سرانه انرژی بر حسب کیلوگرم معادل نفت خام^۵،

RENRGY: سهم مصرف انرژی حاصل از منابع تجدیدپذیر از کل انرژی مصرفی نهایی^۶ (EC) (شامل مصرف انرژی‌های خورشیدی، بادی و هیدروآبی می‌باشد)

FDI: سرمایه گذاری مستقیم خارجی

POP: نرخ رشد جمعیت

NRSOURCES: برای فراوانی منابع طبیعی؛ مطابق مقاله بیس از جمع مصرف زغال سنگ بعلاوه نفت خام بعلاوه گاز تقسیم بر جمعیت استفاده می‌شود

$$RA_t = \frac{\alpha_1 * Coal + \alpha_2 * oil + \alpha_3 * Gas}{Population}$$

جامعه آماری پژوهش حاضر عبارت از داده‌های مربوط به اقتصاد کشورهای نفتی (کشورهای نفتی منتخب تحقیق عبارتند از کشورهای منتخب عضو اوپک که شامل کشورهای

الجزایر، ایران، عراق، کویت، لیبی، نیجریه، عربستان سعودی و امارات متحده عربی) طی بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ می‌باشد.

1. Thai-Ha Le, Youngho Chang and Donghyun Park
2. Domestic general government health expenditure (% of GDP)
3. GDP per capita (constant 2010 US\$)
4. Trade (% of GDP)
5. Energy use (kg of oil equivalent per capita)
6. Renewable energy consumption (% of total final energy consumption)

یافته‌ها

در ابتدا برای اطمینان از عدم وجود رگرسیون کاذب از آزمون ریشه واحد و هم انباشتگی بهره گرفته می‌شود. در مقایسه با آزمون‌های ریشه واحد سری زمانی که توزیع‌های حدی را پیچیده می‌کنند، آزمون‌های ریشه واحد پانلی آماره‌های را ارائه می‌دهند که دارای توزیع حدی نرمال هستند. از میان آزمون‌های مختلف ریشه واحد پانلی، دو آزمون که توسط لوین و دیگران^۱ (۲۰۰۲) [معروف به LLC] ای ام و دیگران (۲۰۰۳) [معروف به IPS] رایج‌تر هستند و به طور گسترده‌ای به کار گرفته می‌شوند. این آزمونها مبتنی بر یک تصریح دیکی - فولر تعمیم یافته (ADF) می‌باشند. آزمون LLC تصریح دیکی - فولر به شکل رابطه (۱) را مینا قرار می‌دهد:

(۱)

$$\Delta y_{it} = \alpha y_{it} + \sum_{j=1}^{pi} \beta_{ij} + \Delta y_{it-j} + X'_{it} \delta + \varepsilon_{it}$$

که i مقطع و t دوره زمانی را نشان می‌دهد. P_i تعداد وقفه‌های انتخابی برای انجام آزمون ADF و X'_{it} بردار متغیرهای برونزای مدل را بازنمایی می‌کند آزمون LLC فرض می‌کند که ضریب خود رگرسیون (α) در بین همه مقاطع یکسان است فرضیه صفر و مقابل در آزمون ریشه واحد فوق عبارتند از: $H_0: \alpha = 0$ (یعنی ریشه واحد وجود دارد) و $H_1: \alpha < 0$ (به معنای عدم وجود ریشه واحد می‌باشد) بطور خلاصه آزمون LLC مبتنی بر یک معادله شاخص است که از اجزاء اختلال به دست آمده از برآورد دو رگرسیون کمکی (۲) و (۳) تشکیل می‌شود:

$$\Delta y_{it} = \sum_{j=1}^{pi} \beta_{ij} \Delta y_{it-j} + X'_{it} \delta + e_{it} \quad (2)$$

(۳)

$$y_{it-1} = \sum_{j=1}^{pi} \beta_{ij} y_{it-j} + X'_{it} \delta + V_{it}$$

پسماندهایی که از تخمین این معادلات به دست می‌آیند (یعنی $\hat{e}_{it}$ و $\hat{V}_{it}$) به کمک انحراف معیارهای برآورده شده از هر دیکی - فولر تعمیم یافته (ADF) در تصریح (۱)، S_i استاندارد سازی می‌شوند:

$$\bar{e}_i = \left(\hat{e}_{it} / S_i \right) \quad (4)$$

$$\bar{V}_i = \left(\hat{V}_{it} / S_i \right) \quad (5)$$

در نهایت معادله شاخص به صورت رابطه (۶) فرموله می‌شود:

$$\bar{e}_{it} = \alpha \bar{V}_{it} + \eta_{it} \quad (6)$$

LLC برای α تخمین زده شده ($\hat{\alpha}$) از این تصریح، که برطبق فرضیه صفر به طور مجانبی دارای توزیع نرمال می‌باشد آماره t تعدیل شده ذیل را ایجاد می‌کنند:

(۷)

$$t_{\alpha}^* = \frac{t_{\alpha} - (N\tilde{T})S_N^{\tilde{\alpha}-2}se(\hat{\alpha})\mu_{m\tilde{T}}^*}{\sigma_{m\tilde{T}}^*} \rightarrow N(0,1)$$

که t_{α} آماره t استاندارد برای $\hat{\alpha}$ ، $\tilde{T} = T - (\sum_i P_i / N) - 1$ ، $\hat{\sigma}^2$ واریانس حاصله از جزء خطا معادله شاخص (η) و $\hat{\alpha}$ خطای استاندارد $\hat{\alpha}$ می‌باشد. $\hat{\sigma}^2$

به صورت معادله (۸) تعریف می‌شود:

$$\hat{S}_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\hat{\sigma}_{yi}}{\hat{\sigma}_{\varepsilon i}} \quad (8)$$

¹ . Levin, Line and Chu

که $\hat{\sigma}_{\varepsilon i}$ یک برآورد کرتل^۱ از انحراف استاندارد بلند مدت مقطع i می‌باشد دو جزء باقی مانده μ_{mT}^* و σ_{mT}^* اجزاء تعدیل برای میانگین و انحراف استاندارد می‌باشند از طرف دیگر آزمون IPS مبتنی بر تخمین رگرسیون (۹) می‌باشد:

(۹)

$$\Delta y_{it} = \alpha_i y_{it-1} + \sum_{j=1}^{pi} \beta_{ij} \Delta y_{it-j} + \mu_{it}$$

برخلاف آزمون LLC، این آزمون به ضرایب خودرگرسیون (α_i) اجازه می‌دهد که به طور آزادانه در بین مقاطع متغیر باشند. فرضیه صفر این آزمون عدم وجود ریشه واحد می‌باشد که به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$H_0: \alpha_i = 0 \quad (\text{برای همه } i \text{ ها})$$

در حالی که فرضیه مقابل بیانگر این است که حداقل یکی از سری‌ها در پائل نالایستا هستند و می‌توان آن را به صورت زیر نمایش داد:

$$H_1: \begin{cases} \alpha_i = 0 \\ \alpha_i < 0 \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{for } i = 1, 2, \dots, N_1 \\ \text{for } i = N_1 + 1, N_1 + 2, \dots, N \end{matrix}, \quad 0 < N_1 \leq N \quad (10)$$

بنابراین در صورتی که زیر مجموعه‌ای (N_1) عضوی از مقاطع ایستا باشند، فرضیه صفر رد می‌شودای ام و دیگران (۲۰۰۳) آزمون‌های ریشه واحد را برای N واحد فردی به صورت مجاز انجام داده و سپس آماره t -bar را به عنوان میانگین ساده آماره‌های ADF مقطعی t_{iT} ها، تعریف می‌کنند آماره t -bar که به منظور آزمون فرضیه $\alpha_i = 0$ در تصریح (۹) به کار گرفته می‌شود را می‌توان به صورت معادله (۱۱) نشان داد:

$$t - bar_{NT} = \frac{\sum_{i=1}^N t_{iT}(P_i, \alpha_i)}{N} \quad (11)$$

آنها فرض می‌کنند که t_{iT} ها نوبه سفید i.i.d، می‌باشند. در این قسمت از فصل و قبل از انجام آزمون هم انباشتگی پانلی جهت تعیین رابطه بلندمدت بین شاخص‌های اصلی مطالعه آزمون ریشه واحد لوین لین چو (LLC)، صورت می‌پذیرد.

جدول ۱. نتایج آزمون ریشه واحد برای متغیرهای کشورهای منتخب

سطح پایایی	سطح احتمال	آماره محاسبه شده	آزمون	متغیر
I(۰)	۰.۰۰۰۱	-۳.۸۴۲۸۲	Levin, Lin & Chu t	COE
I(۰)	۰.۰۰۳۴	-۲.۷۰۹۴۷	Levin, Lin & Chu t	FD
I(۰)	۰.۰۰۰۰	-۶.۴۲۱۲۹	Levin, Lin & Chu t	FDI
I(۰)	۰.۰۱۴۲	-۲.۱۹۰۵۶	Levin, Lin & Chu t	GDP
I(۰)	۰.۰۰۰۰	-۷.۱۴۲۸۴	Levin, Lin & Chu t	GOV
I(۰)	۰.۰۰۰۰	-۵.۸۱۲۵۲	Levin, Lin & Chu t	NONENRGY
I(۰)	۰.۰۰۰۰	-۱۱.۶۲۳۴	Levin, Lin & Chu t	NRSOURCES
I(۰)	۰.۰۴۴۹	-۱.۶۹۶۲۷	Levin, Lin & Chu t	POP
I(۰)	۰.۰۰۰۰	-۹.۹۴۱۳۲	Levin, Lin & Chu t	RENRGY
I(۰)	۰.۰۰۶۱	-۲.۵۰۶۹۷	Levin, Lin & Chu t	TRADE

نتایج جدول فوق و بررسی مقادیر آماره‌های محاسبه شده و احتمال پذیرش آنها نشان می‌دهد که همه متغیرهای تحقیق در سطح پایا می‌باشند.

^۱.Kernel Estimation

نعمت زاده و همکاران

اغلب تئوری‌های اقتصادی رابطه بلند مدت بین متغیرها را به شکل سطح (LEVEL FORM) بیان میکند. برای اطمینان از وجود یک رابطه بلند مدت میان متغیرهای موجود در مدل لازم است که آن متغیرهای پایا بوده و در غیر این صورت (ناپایا بودن) از درجه انباشتگی یکسانی برخوردار باشند. بدین ترتیب برای پی بردن به وجود یک رابطه بلند مدت میان متغیرها باید پایایی و یا هم انباشتگی آنها را با استفاده از آزمونهای مختلف بررسی نماییم. براین اساس اگر تشخیص دهیم باقیمانده‌های حاصل از رگرسیونهای برآورده شده به صورت $I(0)$ یا ساکن باشند میتوانیم از وجودیک رابطه بلند مدت میان متغیرها اطمینان حاصل نماییم. در مطالعه حاضر برای اطمینان از وجود رابطه تعادلی بلند مدت از آزمون هم انباشتگی پانل کائو استفاده شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون هم انباشتگی کائو

KAO TEST		
احتمال متناظر	آماره آزمون	
۰.۰۰۰۰	-۵.۱۴۷۱۰۳	ADF

همانطور که در جدول فوق نشان داده شده است با انجام آزمون هم انباشتگی پانلی بین متغیرهای تخمین زده شده وجود رابطه بین متغیرها در رگرسیون برآورده شده در کشورهای منتخب تأیید می‌شود. در آزمون هم انباشتگی فرضیه‌های آزمون به صورت زیر تعریف می‌شود:

H_0 : عدم هم انباشتگی

H_1 : تایید هم انباشتگی میان متغیرها

با توجه به پایین بودن سطح معنی داری از ۰.۰۰۵، فرض صفر مبنی بر نبودن رابطه هم انباشتگی میان متغیرها قابل رد است و متغیرها در بلندمدت هم انباشته بوده و رابطه بلند مدت بین آنها وجود دارد.

برای تعیین نوع مدل بهینه مورد استفاده در داده‌های تلفیقی از آزمونهای مختلفی استفاده می‌شود. رایج ترین آنها آزمون چاو (CHOW)^۱ برای استفاده از مدل پانل دیتا در مقابل مدل برآوردی داده‌های ترکیب شده است.

آزمون معنی داری اثرات ثابت (F) :

اگر رگرسیون خطی پانل بصورت زیر باشد:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + e_{it}$$

که در آن: Y_{it} ارزش متغیر وابسته برای واحد i ام در دوره t ام، X_{jit} ارزش متغیر توضیحی j ام برای واحد i ام در دوره t ام می‌باشد. اختلاف بین مقاطع در α_i نشان داده می‌شود و در طول زمان ثابت فرض می‌شود. اگر فرض صفر بر این باشد که α_i برای تمام کشورها ثابت است، روش OLS تخمین‌های کارا و سازگاری از α و β بدست خواهد داد. ولی اگر فرض براین باشد که در بین مقاطع مختلف اختلاف وجود دارد، از روش Panel Data برای تخمین استفاده می‌شود. برای انجام آزمون فروض H_0 و H_1 بصورت زیر بیان می‌شود:

عرض از مبدا تمام مقاطع یکسان است: H_0 :

حداقل یک مقطع عرض از مبدا متفاوت دارد: H_1 :

برای تعیین وجود(عدم وجود) عرض از مبدا جداگانه برای هر یک از مقاطع از آماره F به صورت زیر استفاده می‌شود. این آزمون، یک آزمون چاو ساده^۳ می‌باشد.

^۱Chow Test.

^۲Fixed Effects Test.

^۳Chow Test.

$$F_o = \frac{(RRSS - URSS)/(N - 1)}{URSS}$$

در رابطه فوق، UR مشخص کننده مدل غیر مقید و علامت R نشان دهنده مدل مقید با یک عبارت ثابت برای کلیه گروهها می باشد. K تعداد متغیرهای توضیحی ملحوظ در مدل، n تعداد مقاطع و t بیانگر دوره زمانی می باشند. اگر F محاسبه شده از F جدول با درجه ی آزادی $N - 1$ و $N(T-1) - K$ بزرگتر باشد؛ آنگاه فرضیه صفر رد می شود و لذا رگرسیون مقید دارای اعتبار نمی باشد و باید عرض از مبدهای مختلفی را در برآورد لحاظ نمود. سوال اساسی دیگری که پیش می آید این است که آیا تفاوت در عرض از مبدها به طور ثابت عمل می کند یا اینکه عملکردهای متفاوت می توانند این اختلاف بین واحدها را به طور واضح تری بیان کنند. (اشرف زاده و مهرگان، ۱۳۸۹، ۱۰۳) نتایج حاصل از آزمون لیمر در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون انتخاب نوع مدل

نوع آزمون	نتیجه آزمون	درجه آزادی	احتمال محاسباتی	انتخاب مدل
آزمون لیمر	آماره آزمون	(۷, ۱۷۵)	۰.۰۰۰۱	پانل دیتا
	۴.۸۳۷۰۹۹	۷	۰.۰۰۰۰	
	۳۳.۹۶۰۳۳۰			

با توجه به جدول فوق و کمتر بودن احتمال محاسباتی از ۰.۰۵ می توان بیان داشت فرضیه صفر مبنی بر تخمین مدل با استفاده از روش پولینگ دیتا رد و نوع مدل تحقیق از نوع پانل دیتا انتخاب می شود.

برای تخمین مدل رگرسیون انتقال ملایم پانل، به منظور انتخاب متغیر انتقال، تمامی متغیرهای موجود در مدل توسط آزمون پایایی لوین، لین و چو مورد آزمون قرار گرفته اند و متغیرهای مطالعه پایا بوده اند. همچنین همه متغیرهای موجود در مدل برای انتخاب متغیر انتقال آزمون شدند. از میان متغیرهای آزمون شده، هر متغیری که با احتمال بیشتری فرضیه صفر خطی بودن را رد کند به عنوان متغیر انتقال انتخاب خواهد شد. برای بررسی وجود رابطه خطی یا غیرخطی بین متغیرهای مدل باید بررسی شود که آیا (m) تعداد پارامترهای رژیم) یک است یا خیر. لازم به ذکر است که در آزمون های ذیل فرض بر آن است که مدل خطی است و فرض مقابل نیز مدل PSTR لجستیک ($m=1$) یا مدل PSTR نمایی ($m=2$) خواهد بود. نتایج آزمون تشخیص در جدول (۴) نشان می دهد که خطی بودن مدل (فرض صفر) رد می شود؛ بنابراین اثر کیفیت نهادی و انرژیهای تجدید پذیر بر گرمایش زمین در کشورهای مورد بررسی وجود دارد و قاعدتاً برای برآورد پارامترهای مدل لازم است از روش PSTR استفاده شود.

جدول ۴. نتایج آزمون فرضیه خطی بودن مدل (آزمون BBC)

کشورهای منتخب نفتی	فرض صفر	آماره F	سطح معنی داری
	آزمون والد	۳/۹۵۱	۰/۰۰۰
	آزمون فیشر	۳/۷۳۹	۰/۰۰۳
	آزمون LRT	۳/۸۹۳	۰/۰۰۱

همان گونه که در نتیجه آزمون انجام شده در جدول (۴) نیز مشهود است فرضیه خطی بودن رابطه بین متغیرها مردود است، بنابراین احتمال وجود رابطه خطی بین متغیرها نفی می گردد. همچنین لازم به ذکر است که مدل (PSTR) پیشنهادی توسط متغیر انتقال انتخاب شده به عنوان مدل بهینه جهت برآورد مدل در کشورهای منتخب انتخاب می شود. برای این منظور به پیروی از گونزالز و همکاران (۲۰۰۵) و کولیتاز و هارولین (۲۰۰۶) فرضیه صفر وجود الگوی PSTR با یک تابع انتقال در مقابل فرضیه وجود الگوی PSTR با حداقل دو تابع انتقال مورد آزمون قرار گرفته که نتایج آن در جدول (۵) ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که فرضیه صفر مبنی بر کفایت لحاظ نمودن یک تابع انتقال در هر دو حالت وجود یک و دو حد آستانه ای رد نشده است؛ بنابراین یک تابع انتقال قادر به تصریح رفتار غیرخطی اثر کیفیت نهادی و انرژیهای تجدید پذیر بر گرمایش زمین است.

نعمت زاده و همکاران

جدول ۵. آزمون وجود رابطه غیرخطی باقیمانده

حالت وجود یک حد آستانه $M=1$			حالت وجود دو حد آستانه $M=2$		
LMw	LM _f	LR	LMw	LM _f	LR
۱/۳۶۹	۱/۴۷۸	۱/۴۳۹	۱/۴۲۳	۱/۳۶۷	۱/۲۹۸
(۰/۷۴۵)	(۰/۶۳۲)	(۰/۶۵۲)	(۰/۶۷۸)	(۰/۷۵۶)	(۰/۸۱۲۳)

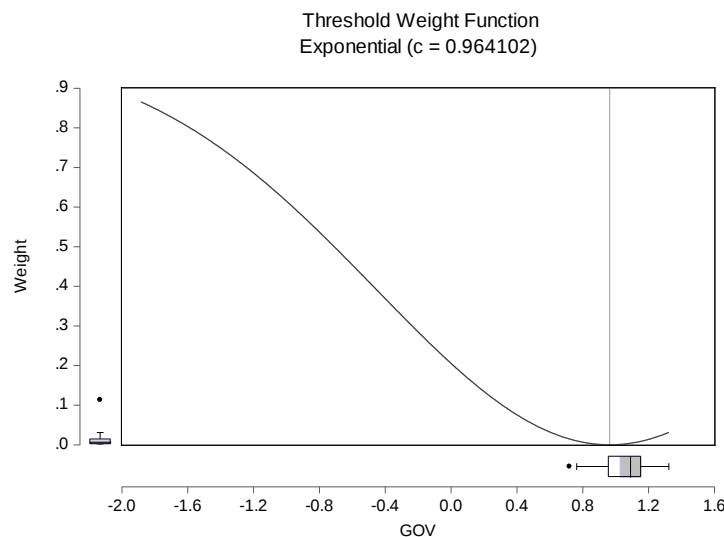
با تأیید وجود رابطه غیرخطی میان متغیرها و کفایت نمودن یک تابع انتقال برای تصریح رفتار غیرخطی در ادامه باید حالت بهینه میان تابع انتقال با یک یا دو حد آستانه‌ای انتخاب گردد. برای این منظور مدل PSTR متناظر با هر یک از این حالت‌ها برآورد خواهد شد و از میان آنها بر اساس معیارهای مجموع مجذور باقی‌مانده‌ها، شوارتز و آکائیک مدل PSTR با لحاظ یک حد آستانه‌ای مدل بهینه است؛ لذا یک مدل PSTR با یک تابع انتقال و یک حد آستانه‌ای برای بررسی رفتار غیرخطی میان متغیرهای مورد مطالعه انتخاب می‌گردد. با استفاده از یک مدل PSTR که در آن متغیر انتقال کیفیت نهادی است، تابع اثرات غیرخطی کیفیت نهادی و انرژی‌های تجدیدپذیر بر گرمایش زمین مدل سازی می‌شود. نتایج برآورد قسمت غیرخطی مدل (رژیم دوم) نشان می‌دهد که متغیرهای کیفیت نهادی (GOV)، شاخص توسعه مالی (FD)، سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI)، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (RENRGY) در گروه کشورهای منتخب تاثیر منفی و معی دار بر گرمایش زمین به عنوان متغیر وابسته داشته اند.

جدول ۶. برآورد الگو به وسیله مدل PSTR

برآورد قسمت خطی مدل				نماد
متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره آزمون	احتمال محاسباتی
عرض از مبدا	۰.۵۲۱۵۵۶	۰.۳۰۰۱۹۳	۱.۷۳۷۴۰۱	۰.۰۸۲۳
کیفیت نهادی	-۰.۰۴۷۱۸۸	۰.۰۰۷۴۲۸	-۶.۳۵۲۴۹۳	۰.۰۰۰۰
شاخص توسعه مالی	-۰.۰۳۸۰۷۶	۰.۰۰۴۸۹۹	-۷.۷۷۱۹۳۲	۰.۰۰۰۰
حجم تجارت	-۰.۰۲۹۶۳۳	۰.۰۰۳۸۱۰	-۷.۷۷۸۴۸۱	۰.۰۰۰۰
سرمایه گذاری مستقیم خارجی	-۰.۲۳۷۸۷۹	۰.۰۶۱۶۳۱	-۳.۸۵۹۶۹۱	۰.۰۰۰۱
مصرف انرژی حاصل از منابع تجدیدپذیر	۰.۱۳۹۶۹۴	۰.۰۴۸۲۹۹	۲.۸۹۲۲۹۶	۰.۰۰۳۸
مصرف سرانه انرژی	-۰.۰۳۵۸۶۲	۰.۰۱۴۳۷۲	-۲.۴۹۵۳۶۲	۰.۰۱۲۹
فراوانی منابع طبیعی	۰.۲۸۹۵۶۴	۰.۲۰۸۲۰۶	۱.۳۹۰۷۵۴	۰.۱۶۶۴
تولید ناخالص داخلی سرانه	-۰.۱۳۴۵۰۹	۰.۰۲۵۲۸۶	-۵.۳۱۹۵۶۰	۰.۰۰۰۰
نرخ رشد جمعیت	۰.۰۷۱۶۱۰	۰.۰۲۹۱۸۵	۲.۴۵۳۶۷۴	۰.۰۱۴۷
برآورد قسمت غیرخطی مدل				
عرض از مبدا	۰.۴۵۴۹۵۱	۰.۲۶۰۱۶۲	۱.۷۴۸۷۲۱	۰.۰۹۳۷
کیفیت نهادی	-۰.۲۶۵۹۷۹	۰.۰۲۱۷۸۶	-۱۲.۲۰۸۷۵	۰.۰۰۰۰
شاخص توسعه مالی	-۰.۰۷۷۴۸۲	۰.۰۰۹۵۳۷	-۸.۱۲۴۰۳۸	۰.۰۰۰۰
حجم تجارت	-۰.۱۶۴۲۱۲	۰.۰۶۱۹۷۴	-۲.۶۴۹۶۸۱	۰.۰۰۹۲
سرمایه گذاری مستقیم خارجی	-۰.۰۰۷۵۶۵	۰.۰۰۱۷۴۵	-۴.۳۳۵۴۷۸	۰.۰۰۰۰
مصرف انرژی حاصل از منابع تجدیدپذیر	۰.۱۹۹۴۵۱	۰.۰۲۴۵۵۱	۸.۱۲۴۰۳۸	۰.۰۰۰۰
مصرف سرانه انرژی	-۰.۰۹۲۹۷۵	۰.۰۱۵۳۳۶	-۶.۰۶۲۷۱۹	۰.۰۰۰۰
فراوانی منابع طبیعی	۰.۵۳۳۷۵۷	۰.۳۰۷۸۴۹	۱.۷۳۳۸۲۵	۰.۰۸۲۹
تولید ناخالص داخلی سرانه	-۰.۱۷۷۳۲۶	۰.۰۷۰۴۷۸	-۲.۵۱۶۰۷۰	۰.۰۱۲۶
نرخ رشد جمعیت	۰.۱۴۴۶۰۲	۰.۰۰۸۸۹۵	۱۶.۲۵۷۳۰	۰.۰۰۰۰
حد آستانه‌ای (C)	۰.۹۶۴۱۰۲	۰.۱۵۸۶۲۳	۶/۰۷۷۴۹۵	۰.۰۰۰۰
پارامتر شیب (γ)	۶.۶۷۵۳۲۵	۲.۹۳۴۶۲۲	۲.۲۷۴۶۷۸	۰.۰۲۸۴

ضریب تعدیل شده $(R^2) = ۰.۸۲$

مقایسه ضرایب در دو رژیم مختلف بر اساس متغیر انتقال و مقادیر آن صورت می‌پذیرد و مقدار متغیر انتقال می‌تواند تابع انتقال و در نتیجه رژیم حاکم را تعیین نماید. در تخمین فوق متغیر انتقال کیفیت نهادی می‌باشد که مقدار حد آستانه برآورد شده برای این متغیر برابر با $0/964102$ بوده است. بر اساس فاصله کیفیت نهادی از این مقدار آستانه الگو از دو رژیم حدی مختلف تبعیت می‌نماید. با مقایسه ضرایب الگو در دو رژیم مختلف ملاحظه می‌گردد که با عبور کیفیت نهادی از حد آستانه $(0/964102)$ (انتقال از بخش خطی به غیرخطی) واکنش شاخص گرمایش زمین به تغییرات این متغیر به شدت افزایش یافته، بدین ترتیب که سیاست‌گذاران زیست محیطی تلاش کرده‌اند که با عکس‌العمل مناسبتر، کیفیت نهادی را بهبود بخشند تا از گرمایش بیشتر زمین جلوگیری کنند.



شکل ۱. ارتباط بین تابع انتقال و متغیر انتقال کیفیت نهادی

در مطالعه حاضر از آزمون دوربین واتسون برای بررسی خودهمبستگی استفاده می‌شود.

جدول ۷. نتایج آزمون خودهمبستگی

کشورهای توسعه‌یافته	آماره F	Prob	دوربین واتسون
	۱/۱۲۹	۰/۶۳۲	۲/۴۱

همان‌طور که در جدول فوق مشهود است، نتایج آزمون خودهمبستگی دوربین واتسون نشان می‌دهد، بین اجزای اخلاص همبستگی وجود ندارد، بنابراین فرض سوم استاندارد کلاسیک مبنی بر عدم خودهمبستگی بین جملات خطا نقض نمی‌گردد. از این رو تخمین‌زنده‌ها از ویژگی‌های لازم (حداقل واریانس و کارایی) برخوردارند. یکی دیگر از فروض استاندارد کلاسیک فرض واریانس همسانی است، در مطالعه حاضر از آزمون بروش - پاگان - گادفری استفاده می‌شود.

جدول ۸. نتایج آزمون ناهمسانی واریانس

کشورهای توسعه‌یافته	آماره F	Prob	بروش - پاگان - گادفری
	۱/۲۹۴	۰/۴۸۱	۱/۲۱۹

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌گردد، نتایج آزمون حکایت از عدم وجود ناهمسانی واریانس دارند.

از دیگر سنج‌های مناسب برای ارزیابی کیفیت مدل تخمین زده شده، بررسی تغییرات ضرایب بین دو رژیم است. در صورتی که مدل برآورد شده تخمین مناسبی باشد، انتظار می‌رود ضرایب با تغییر رژیم ثابت و بدون تغییر باقی بمانند.

جدول ۹. نتایج آزمون ثبات پارامتر انتقال هموار

نعمت زاده و همکاران

فرض صفر	F آماره	Prob
$b_1=b_2=b_3=b_4=0$	۰/۶۱۲	۰/۷۴۱
$b_1=b_2=b_3=0$	۰/۷۹۸	۰/۵۴۱
$b_1=b_2=0$	۰/۶۳۱	۰/۷۷۱
$b_1=0$	۰/۸۹۴	۰/۵۳۲

همان طور که در جدول نیز مشهود است، آزمون ثابت ماندن ضرایب بین دو رژیم نشان می‌دهد ضرایب در اثر تغییر رژیم تغییر نمی‌کنند.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که کیفیت نهادی، توسعه مالی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر منفی و معناداری بر پتانسیل گرمایش جهانی در کشورهای منتخب نفتی دارند. این یافته‌ها بیانگر آن است که هرچه کیفیت نهادی ارتقا یابد و نظام حکمرانی از شفافیت، پاسخ‌گویی و نظارت مؤثرتر برخوردار شود، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد. این نتیجه با مطالعات متعددی هم‌راستا است که نقش نهادهای کارآمد را در کاهش اثرات زیست‌محیطی و حمایت از سیاست‌های انرژی پاک تأیید کرده‌اند (Ahmadi et al., 2024; Ameer et al., 2022; Costa et al., 2022). درواقع، تقویت نهادهای مالی و قانونی، موجب افزایش کارایی سیاست‌های زیست‌محیطی و بهبود اجرای پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود. نهادهای قوی قادرند منابع مالی را به‌صورت هدفمند در مسیر توسعه انرژی‌های پاک هدایت کرده و از اتلاف منابع یا فساد در فرایند تخصیص سرمایه جلوگیری کنند.

از منظر فنی، نتایج حاصل از مدل رگرسیون انتقال ملایم پانل (PSTR) نشان داد که تأثیر کیفیت نهادی بر گرمایش زمین پس از عبور از حد آستانه (۰.۹۶۴) شدت می‌یابد. این نتیجه تأییدی بر وجود اثر غیرخطی و تصاعدی کیفیت نهادی در کاهش گرمایش جهانی است. بر این اساس، در کشورهایی که کیفیت نهادی از یک سطح معین فراتر می‌رود، بهبود بیشتر در نهادها منجر به کاهش سریع‌تر انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. این یافته با مفهوم «اثر آستانه‌ای نهادی» هم‌خوانی دارد که در پژوهش‌های (Rakshit & Bardhan, 2023) و (Ofori et al., 2023) نیز مطرح شده است. در این مطالعات، محققان بیان می‌کنند که ارتقای تدریجی شاخص‌های حکمرانی تا زمانی که از یک سطح معین عبور نکند، تأثیر چشمگیری بر بهبود عملکرد زیست‌محیطی ندارد، اما پس از رسیدن به آن آستانه، اثرات مثبت نهادها به‌صورت نمایی افزایش می‌یابد.

از سوی دیگر، یافته‌ها نشان داد که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر رابطه معکوس و معناداری با شاخص گرمایش جهانی دارد. به عبارت دیگر، افزایش سهم انرژی‌های خورشیدی، بادی و آبی در ترکیب انرژی کشورهای نفتی منجر به کاهش معنادار انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است. این یافته‌ها با نتایج مطالعات (Eskandari et al., 2024) و (Bagheri et al., 2021) هم‌سو است که تأکید کرده‌اند توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران و سایر کشورهای در حال توسعه می‌تواند هم‌زمان با رشد اقتصادی، کاهش آلودگی زیست‌محیطی را نیز به دنبال داشته باشد. پژوهش (Gyimah et al., 2023) نیز نشان داد که انرژی‌های پاک نه تنها به کاهش دی‌اکسیدکربن کمک می‌کنند، بلکه موجب پایداری اقتصادی و اجتماعی از طریق ایجاد اشتغال سبز و کاهش وابستگی به منابع فسیلی می‌شوند.

نتیجه دیگر پژوهش حاضر آن است که توسعه مالی اثر منفی و معناداری بر گرمایش زمین دارد، به‌ویژه در شرایطی که کیفیت نهادی به سطح مطلوبی رسیده باشد. توسعه مالی، از طریق گسترش دسترسی به منابع مالی، تقویت بازارهای سرمایه و افزایش وام‌دهی به پروژه‌های انرژی پاک، می‌تواند ابزار مؤثری برای مقابله با تغییرات اقلیمی باشد. با این حال، این اثرگذاری مثبت تنها در بستر نهادی شفاف و پایدار قابل تحقق است. یافته‌های حاضر با نتایج (Liu et al., 2022) و (Ibrahim et al., 2022) همخوان است که نشان دادند در اقتصادهای نوظهور، توسعه مالی سبز و نوآوری فناورانه در کنار کیفیت نهادی می‌تواند به کاهش گازهای گلخانه‌ای منجر شود. در مقابل، زمانی که نهادها ضعیف باشند، گسترش مالی ممکن است به سرمایه‌گذاری در صنایع آلاینده منجر شود و اثر معکوس بر محیط زیست داشته باشد (Ameer et al., 2022).

علاوه بر متغیرهای فوق، یافته‌ها بیانگر تأثیر مثبت و معنادار رشد جمعیت و مصرف انرژی‌های فسیلی بر گرمایش زمین است. این نتیجه منطقی به نظر می‌رسد، زیرا افزایش جمعیت تقاضا برای انرژی، مواد غذایی و حمل‌ونقل را افزایش می‌دهد که به‌طور مستقیم با افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط است. یافته‌های

مشابه در مطالعات (Rehman & Rehman, 2022) و (H. Liu et al., 2023) نیز گزارش شده است که در کشورهای آسیایی، رشد جمعیت و توسعه شهری بدون برنامه‌ریزی زیست‌محیطی منجر به افزایش ردپای اکولوژیکی و فشار بیشتر بر منابع طبیعی شده است.

در چارچوب مدل غیرخطی مورد استفاده، مشاهده شد که در رژیم نهادی قوی، رابطه میان متغیرهای کلیدی و گرمایش زمین به‌طور محسوسی متفاوت از رژیم نهادی ضعیف است. در کشورهایی با نهادهای قوی، شاخص توسعه مالی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر همگی اثر کاهنده‌تری بر گرمایش زمین دارند، در حالی که در کشورهایی با نهادهای ضعیف، اثرگذاری این متغیرها کمتر و گاه حتی معکوس است. این یافته با نتایج پژوهش‌های (Ahmadi et al., 2024) و (Marquardt et al., 2023) هم‌راستا است که نشان دادند در کشورهای در حال توسعه، ضعف نهادی و عدم ثبات سیاسی موجب تضعیف اثربخشی سیاست‌های زیست‌محیطی و ناکامی در تحقق اهداف اقلیمی می‌شود.

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، کیفیت نهادی به‌عنوان متغیری تعدیل‌کننده، نقش برجسته‌ای در تعیین شدت و جهت اثر سایر متغیرها بر گرمایش جهانی ایفا می‌کند. همان‌طور که (Costa et al., 2022) تأکید می‌کند، نهادهای کارآمد با ایجاد بستر پاسخ‌گویی و شفافیت می‌توانند موجب هم‌افزایی میان بخش‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی شوند. نهادهایی که توانایی تنظیم قوانین مؤثر، حمایت از حقوق مالکیت و جلوگیری از فساد را دارند، محیط مناسبی برای سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک فراهم می‌کنند (Ameer et al., 2022).

نتیجه دیگر تحقیق حاضر نشان داد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) اثر منفی و معناداری بر شاخص گرمایش جهانی دارد. این امر بدین معناست که افزایش جریان سرمایه‌های خارجی در کشورهای نفتی، به‌ویژه در بخش انرژی‌های پاک و فناوری‌های نوین، می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر شود. باین‌حال، این تأثیر نیز به‌شدت وابسته به سطح کیفیت نهادی است؛ در کشورهایی با نهادهای ضعیف، سرمایه‌گذاری خارجی ممکن است به توسعه صنایع آلاینده و بهره‌برداری غیربهره‌مند از منابع منجر شود (J. Liu et al., 2023; Ofori et al., 2023). در مقابل، نهادهای کارآمد قادرند جریان سرمایه را به سمت پروژه‌های سازگار با محیط زیست هدایت کرده و از اثرات منفی آن جلوگیری نمایند.

مطالعه (Gyimah & Yao, 2022) نشان داد که جهانی‌شدن و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر زمانی بیشترین تأثیر را در کاهش انتشار کربن دارند که نهادهای نظارتی از شفافیت و اقتدار لازم برخوردار باشند. یافته‌های پژوهش حاضر نیز مؤید همین دیدگاه است؛ زیرا اثرات منفی و معنادار متغیرهای کلیدی تنها در رژیم نهادی قوی مشاهده شد. بنابراین، بهبود کیفیت نهادی نه تنها اثر مستقیم بر گرمایش زمین دارد، بلکه به‌طور غیرمستقیم نیز از طریق تعدیل روابط میان سایر متغیرها عمل می‌کند.

از جنبه نظری، نتایج تحقیق حاضر تأییدکننده فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس نیز می‌باشد. بر اساس این فرضیه، در مراحل اولیه رشد اقتصادی، افزایش تولید و مصرف انرژی‌های فسیلی موجب افزایش آلودگی و گرمایش زمین می‌شود، اما پس از رسیدن اقتصاد به سطحی از توسعه و بهبود نهادی، روند آلودگی معکوس می‌گردد (Isfahani et al., 2022; Liu et al., 2022). یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که کشورهای نفتی منتخب نیز در صورت عبور از آستانه نهادی مشخص، قادر خواهند بود در مسیر نزولی منحنی کوزنتس قرار گیرند و از طریق توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و تقویت نظام مالی سبز، روند گرمایش زمین را کنترل کنند.

از منظر تطبیقی، مطالعه (J. Liu et al., 2023) نشان داد که در کشورهای توسعه‌یافته، سطح بالای کیفیت نهادی موجب هم‌گرایی میان اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی شده است؛ در حالی که در کشورهای در حال توسعه، این هم‌گرایی هنوز به‌صورت کامل تحقق نیافته است. یافته‌های پژوهش حاضر نیز همین الگو را در کشورهای نفتی نشان داد؛ به این معنا که بهبود کیفیت نهادی می‌تواند کلید هم‌زمانی رشد اقتصادی و حفاظت از محیط زیست باشد. این امر در شرایطی اهمیت بیشتری می‌یابد که کشورهای نفتی با فشارهای بین‌المللی برای کاهش انتشار کربن و نیاز به تنوع‌بخشی به اقتصاد خود مواجه‌اند (Buhaug et al., 2023; Marquardt et al., 2023).

بر این اساس، می‌توان گفت که ارتقای نهادها و توسعه مالی سبز دو مسیر مکمل برای کاهش گرمایش زمین هستند. توسعه مالی بدون اصلاح نهادی ممکن است به تخریب محیط زیست بینجامد، در حالی که نهادهای کارآمد بدون منابع مالی کافی قادر به اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی مؤثر نخواهند بود. این هم‌افزایی در پژوهش‌های (Ahmadi

تقویت نهادهای حاکمیتی، سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر و زیرساخت‌های مالی مرتبط با توسعه پایدار را گسترش دهند. (et al., 2024; Ibrahim et al., 2022; Ofori et al., 2023)

در مجموع، نتایج تحقیق حاضر با بدنه اصلی ادبیات بین‌المللی هم‌سو است و نشان می‌دهد که کاهش گرمایش زمین نیازمند ترکیبی از اصلاحات نهادی، سیاست‌های مالی پایدار و توسعه فناوری‌های انرژی پاک است (Costa et al., 2022; J. Liu et al., 2023). این یافته‌ها به‌ویژه برای کشورهای نفتی که از نظر اقتصادی به صادرات سوخت‌های فسیلی متکی‌اند، اهمیت مضاعفی دارد؛ زیرا این کشورها در صورت عدم اصلاح نهادی و تنوع‌بخشی به منابع انرژی، در معرض خطر افزایش گرمایش زمین و بی‌ثباتی اقتصادی ناشی از آن قرار خواهند گرفت.

این پژوهش، هرچند تلاش کرده است با استفاده از مدل غیرخطی PSTR تصویری جامع از اثرات آستانه‌ای کیفیت نهادی و انرژی‌های تجدیدپذیر بر گرمایش زمین ارائه دهد، اما محدودیت‌هایی نیز دارد. نخست آنکه، به‌دلیل محدودیت داده‌ها، تنها هشت کشور نفتی عضو اوپک در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ بررسی شدند و گسترش دامنه جغرافیایی می‌تواند نتایج دقیق‌تری فراهم کند. دوم، شاخص‌های نهادی مورد استفاده از میانگین داده‌های مؤسسه فریزر استخراج شد که ممکن است در برخی سال‌ها با خطای اندازه‌گیری همراه باشد. همچنین، سایر عوامل اثرگذار مانند سیاست‌های مالیاتی، سطح نوآوری فناوری یا میزان یارانه‌های انرژی در مدل لحاظ نشده‌اند که می‌تواند بر دقت نتایج اثر بگذارد. پژوهش‌های آینده می‌توانند با گسترش دامنه کشورهای مورد مطالعه، به‌ویژه در مناطق در حال توسعه نظیر آمریکای لاتین و آسیای جنوب شرقی، تفاوت‌های منطقه‌ای در اثرات کیفیت نهادی را تحلیل کنند. علاوه بر این، پیشنهاد می‌شود از مدل‌های پیشرفته‌تری مانند ARDL دینامیک یا مدل‌های تعمیم‌یافته سیستمی (GMM) برای بررسی پویایی‌های زمانی استفاده شود. همچنین، بررسی اثر واسطه‌ای متغیرهایی مانند نوآوری فناورانه، شاخص سرمایه انسانی یا سیاست‌های مالی سبز می‌تواند تصویر کامل‌تری از سازوکار تأثیر کیفیت نهادی بر گرمایش زمین ارائه دهد.

دولت‌ها باید به تقویت نهادهای حاکمیتی، افزایش شفافیت و پاسخ‌گویی در سیاست‌های انرژی توجه ویژه‌ای نشان دهند. ایجاد چارچوب‌های قانونی برای تشویق سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک و ارائه تسهیلات مالی به پروژه‌های تجدیدپذیر می‌تواند روند کاهش گرمایش زمین را تسریع کند. همچنین، لازم است سیاست‌های مالی و بانکی به‌گونه‌ای تنظیم شوند که منابع به سمت پروژه‌های سازگار با محیط زیست هدایت گردند. در نهایت، ارتقای فرهنگ زیست‌محیطی و آگاهی عمومی از طریق آموزش و رسانه می‌تواند پشتیبانی اجتماعی لازم را برای اجرای سیاست‌های اقلیمی فراهم آورد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

References

- Ahmadi, B., Beheshtipour, & Lahouti. (2024). Studying the Relationship Between Renewable Energy Policies and Institutional Quality in Mitigating Climate Change in Developing Countries. *Quarterly Journal of Environmental Economics*, 15(3), 57-75.
- Ameer, W., Amin, A., & Xu, H. (2022). Does institutional quality, natural resources, globalization, and renewable energy contribute to environmental pollution in China? Role of financialization. *Frontiers in Public Health*, 10, 849946. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.849946>
- Bagheri, A., Ansari, & Yousefi. (2021). Analysis of the Effect of Renewable Energies on Reducing Greenhouse Gases and Environmental Conditions in Iran. *Journal of Climate Change and Energy*, 12(4), 153-172.
- Buhaug, H., Benjaminsen, T. A., Gilmore, E. A., & Hendrix, C. S. (2023). Climate-driven risks to peace over the 21st century. *Climate Risk Management*, 39, 100471. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100471>
- Costa, J., Curi, D., Bandeira, A. M., Ferreira, A., Tomé, B., Joaquim, C., & et al. (2022). Literature review and theoretical framework of the evolution and interconnectedness of corporate sustainability constructs. *Sustainability*, 14(8), 4413. <https://doi.org/10.3390/su14084413>
- Eskandari, T., Tafazoli, & Mahmoudi. (2024). Investigating the Effects of Financial and Renewable Energies on Reducing Greenhouse Gases and Economic Growth in Iran. *Sustainable Economic Research*, 27(3), 115-134.
- Gyimah, J., Hayford, I. S., Nwigwe, U. A., & Opoku, E. O. (2023). The role of energy and economic growth towards sustainable environment through carbon emissions mitigation. *PLOS Climate*, 2(3), e0000116. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000116>
- Gyimah, J., & Yao, X. (2022). Globalisation and renewable energy impact on carbon emissions in Ghana. *International Journal of Global Warming*, 28(2), 113-121. <https://doi.org/10.1504/IJGW.2022.10051024>
- Ibrahim, R. L., Al-mulali, U., Ozturk, I., Bello, A. K., & Raimi, L. (2022). On the criticality of renewable energy to sustainable development: Do green financial development, technological innovation, and economic complexity matter for China? *Renewable Energy*, 199, 262-277. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.08.101>
- Isfahani, A., Ghobadi, S., & Azarbaijani, K. (2021). The Dynamic Effect of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption on the Ecological Footprint in Selected Developing Countries (GMM Approach). *Journal of Planning and Development Research*, 3(1), 93-119.
- Isfahani, A., Ghobadi, S., & Azarbaijani, K. (2022). Analyzing the Relationship Between Institutional Quality and Renewable Energies on Global Warming in Developed and Developing Countries. *Economic Research (Growth and Sustainable Development)*, 22(4), 203-232.
- Liu, H., Anwar, A., Razzaq, A., & Yang, L. (2022). The key role of renewable energy consumption, technological innovation and institutional quality in formulating the SDG policies for emerging economies: evidence from quantile regression. *Energy Rep.*, 8, 11810-11824. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.08.231>
- Liu, H., Wong, W. K., Cong, P. T., Nassani, A. A., Haffar, M., & Abu-Rumman, A. (2023). Linkage among Urbanization, energy Consumption, economic growth and carbon Emissions. Panel data analysis for China using ARDL model. *Fuel*, 332, 126122. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126122>
- Liu, J., Loan, V. T. K., Mousa, S., Ali, A., Muda, I., & Cong, P. T. (2023). Sustainability and natural resources management in developed countries: the role of financial inclusion and human development. *Resources Policy*, 80, 103143. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103143>
- Marquardt, J., Fünfgeld, A., & Elsasser, J. P. (2023). Institutionalizing climate change mitigation in the Global South: current trends and future research. *Earth System Governance*, 15, 100163. <https://doi.org/10.1016/j.esg.2022.100163>
- Ofori, E. K., Onifade, S. T., Ali, E. B., Alola, A. A., & Zhang, J. (2023). Achieving carbon neutrality in post-COP26 in BRICS, MINT, and G7 economies: the role of financial development and governance indicators. *Journal of Cleaner Production*, 135853. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135853>
- Rakshit, B., & Bardhan, S. (2023). Bank competition and SMEs access to finance in India: evidence from World Bank enterprise survey. *Asian Review of Accounting*, 31(1). <https://doi.org/10.1108/ARA-05-2022-0124>
- Rehman, E., & Rehman, S. (2022). Modeling the nexus between carbon emissions, urbanization, population growth, energy consumption, and economic development in Asia: evidence from grey relational analysis. *Energy Rep.*, 8, 5430-5442. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.03.179>
- Zhang, H., Xiong, P., Yang, S., & Yu, J. (2023). Renewable energy utilization, green finance and agricultural land expansion in China. *Resour. Pol.*, 80, 103163. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103163>