New Economy and Trade, Institute for Humanities and Cultural Studies (IHCS)
Quarterly Journal, Vol. 21, No. 1, Spring 2026, 201-249
https://www.doi.org/10.30465/jnet.2026.53735.2267

The Role of Good Governance in Modulating the Impact of Human Development on Carbon Dioxide Emissions (A Case Study of Selected OPEC Member Countries)

Maryam Gahramzehi*
Gholamreza Zamanian**
Marziyeh Esfandiari***

Abstract

This study examines whether good governance changes the effect of human development on carbon dioxide (CO_2) emissions in selected OPEC member countries. Annual data for 2002–2022 were analyzed using the Generalized Method of Moments (GMM) to account for dynamic effects and potential endogeneity, followed by Panel Threshold Regression (PTR) to identify nonlinear governance regimes. The results show that the environmental effect of human development depends on governance quality. The estimated governance threshold is −0.0320. Below this threshold, HDI has a positive and statistically significant effect on CO_2 emissions, with a coefficient of 5.94 ($P<0.05$). Above the threshold, the effect becomes negative and significant, with a coefficient of −48.97 ($P<0.05$). Thus, stronger governance can reverse the environmental effect of human development and

* PhD Candidate in Economics, Faculty of Economics and Administrative sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. maryam.gahramzehi.student.um.ac.ir
** Associate Professor, Department of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahdan, Iran, zamanian@eco.usb.ac.ir
*** Associate Professor, Department of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahdan, Iran (Corresponding Author), m.esfandiari@eco.usb.ac.ir
Date received 29/12/2025 Date of acceptance 04/06/2026

contribute to lower carbon emissions. The findings are applicable primarily to the selected OPEC countries and their specific institutional conditions.

Keywords: Good Governance, Human Development, Carbon Dioxide Emissions, GMM, Panel Threshold Regression, OPEC Countries, Environmental Quality.

JEL Classification: O15, Q53, D73, C23.

Introduction: CO_2 emissions are a major environmental challenge, while their relationship with economic and human development depends on energy use, production structures, technology, and environmental policies (Arrow et al., 1995; Stern, 2004). HDI, which reflects health, education, and income, can influence emissions through changes in economic activity, consumption, energy demand, and technology adoption. Therefore, its environmental effect may differ across institutional settings (Costa et al., 2011; Hossain & Chen, 2021).

Good governance can affect this relationship by strengthening environmental regulation, accountability, resource allocation, and the adoption of cleaner technologies. Conversely, weak institutions may allow development to remain dependent on fossil fuels and carbon-intensive production (Dasgupta et al., 2006; Zhang et al., 2022). This issue is particularly relevant to OPEC economies because of their dependence on oil and natural resources and associated institutional challenges (Auty, 2001; Ross, 2013). Previous studies have reported mixed evidence on the HDI–CO_2 relationship, while recent research suggests that governance quality may condition the environmental consequences of development (Leitão, 2024; Rahman & Sultana, 2024; Mawutor et al., 2025). However, limited attention has been given to whether this relationship changes when governance crosses a critical threshold. This study addresses this gap by examining the role of good governance in the HDI–CO_2 relationship in selected OPEC countries.

Materials & Methods: The study uses annual data for 2002–2022 for nine OPEC countries: Algeria, Angola, and the Republic of the Congo, Gabon, Iran, Iraq, Libya, Saudi Arabia, and the United Arab Emirates. Equatorial Guinea, Kuwait, Nigeria, and Venezuela were excluded because of insufficient data, resulting in a balanced panel. CO_2 emissions per capita were obtained from the World Development Indicators (World Bank, 2019), and HDI data were obtained from the United Nations Development Programme (UNDP, 2019).

Good governance (GG) was constructed as the simple average of the six Worldwide Gov-

ernance Indicators: Voice and Accountability, Political Stability and Absence of Violence, Government Effectiveness, Regulatory Quality, Rule of Law, and Control of Corruption. Economic growth, trade openness, and energy consumption were included as control variables. GMM was used to account for the dynamic nature of emissions and potential endogeneity, while PTR based on Hansen (1999) was employed to identify nonlinear effects of HDI across governance regimes. Diagnostic results support the model specification: the Kao cointegration test indicates a long-run relationship ($t = -3.125481$; $P = 0.0009$), the Sargan test supports instrument validity (217.3753; $P = 0.1102$), and the Arellano–Bond AR(2) test indicates no second-order serial correlation ($P = 0.4039$).

Discussion & Result: The GMM results indicate that HDI has a negative and significant effect on CO_2 emissions (−0.6319262; $P = 0.007$). Lagged CO_2 emissions are positive and significant (0.8855578), confirming substantial persistence. Good governance also reduces emissions (−0.1764637; $P = 0.032$), whereas economic growth (0.0269618; $P<0.001$), trade openness (0.0021999; $P = 0.046$), and energy consumption (0.0003278; $P<0.001$) increase CO_2 emissions. The positive effect of energy consumption is consistent with previous evidence emphasizing the role of energy structure in environmental performance (Dogan & Ozturk, 2017; Zhu et al., 2016).

The PTR analysis identifies one statistically significant governance threshold at −0.0320, with a 95% confidence interval of −0.2078 to 0.4382. The threshold effect is significant ($F = 98.83$; $P = 0.0000$). Below the threshold, HDI has a positive and significant effect on CO_2 emissions (5.94; $P<0.05$), indicating that under weak governance, improvements in health, education, and income may be accompanied by greater fossil-fuel consumption and carbon-intensive production. Above the threshold, the effect becomes negative and significant (−48.97; $P<0.05$). Thus, crossing the governance threshold reverses the HDI–CO_2 relationship from pollution-enhancing to pollution-reducing. This result indicates that institutional quality can determine whether human development generates additional environmental pressure or contributes to environmental improvement (Dasgupta et al., 2006; Rahman & Sultana, 2024).

Conclusion: The findings demonstrate that the environmental consequences of human development in selected OPEC countries are conditional on governance quality. Although the baseline GMM estimation shows a negative effect of HDI on CO_2 emissions, the PTR results reveal a nonlinear relationship: HDI increases emissions when governance

is below −0.0320 but reduces emissions when governance exceeds this threshold. Good governance therefore represents a critical institutional condition for translating human development into improved environmental outcomes.

The results suggest that OPEC countries should strengthen transparency, accountability, government effectiveness, regulatory quality, rule of law, and control of corruption alongside environmental policies. Promoting renewable energy, improving energy efficiency, reducing fossil-fuel dependence, strengthening environmental standards, and developing green human capital can help ensure that improvements in health, education, and income are accompanied by lower carbon emissions. Given the limited sample, the findings should be interpreted within the institutional and economic context of the selected OPEC countries and generalized cautiously.

References

Arefian, M., Faraji Dizji, S., & Ghasemi, S. (2020). The role of renewable energy, non-renewable energy, and economic growth in carbon emissions in OECD countries. *Journal of Modern Economics and Trade*, 15(3), 109–137. [in Persian].

Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., ... & Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological Economics*, 15(2), 91–95.

Auty, R. M. (Ed.). (2001). *Resource abundance and economic development*. Oxford University Press.

Azami, S., & Mahjoubi, M. (2024). Examining the impact of good governance on environmental quality: Emphasizing the role of institutional quality in achieving sustainable development. *Journal of Industrial Economics Research*, 8(30), 59–82. [in Persian].

Bahraminia, E., Nouraniazad, S., Izadi, S. H., & Shamsollahi, R. (2023). Threshold effect of financial development on carbon dioxide emissions with emphasis on the role of good governance. *Iranian Energy Economics Research*, 13(19), 11–42. [in Persian].

Ballantyne, A. G., Wibeck, V., & Neset, T. S. (2016). Images of climate change: A pilot study of young people's perceptions of ICT-based climate visualization. *Climatic Change*, 134(1), 73–85.

Barbier, E. B. (2021). The evolution of economic views on natural resource scarcity. *Review of Environmental Economics and Policy*, 15(1), 24–44.

Coondoo, D., & Dinda, S. (2002). Causality between income and emission: A country group-specific econometric analysis. *Ecological Economics*, 40(3), 351–367.

Costa, L., Rybski, D., & Kropp, J. P. (2011). A human development framework for CO_2 reductions. *PLoS ONE*, 6(12), e29262.

Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260.

Cracolici, M. F., Cuffaro, M., & Nijkamp, P. (2010). The measurement of economic, social and environmental performance of countries: A novel approach. *Social Indicators Research*, 95(2), 339–356.

Dasgupta, S., Hamilton, K., Pandey, K. D., & Wheeler, D. (2006). Environment during growth: Accounting for governance and vulnerability. *World Development*, 34(9), 1597–1611.

Dimitriou, K., & Kassomenos, P. (2017). Aerosol contributions at an urban background site in the Eastern Mediterranean—Potential source regions of PAHs in PM10 mass. *Science of the Total Environment*, 598, 563–571.

Dogan, E., & Ozturk, I. (2017). The influence of renewable and non-renewable energy consumption and real income on CO_2 emissions in the USA: Evidence from structural break tests. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11), 10846–10854.

Gahramzehi, M., Esfandiari, M., & Zamanian, G. (2023). Examining the role of corruption control in the effect of government expenditure on economic growth: A case study of selected OPEC member countries. Master's thesis, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Sistan and Baluchestan. [in Persian].

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement.

Hajamini, M., & Falahi, M. A. (2018). Economic growth and government size in developed European countries: A panel threshold approach. *Economic Analysis and Policy*, 58, 1–13.

Hansen, B. E. (1999). Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference. *Journal of Econometrics*, 93(2), 345–368.

Hossain, M. A., & Chen, S. (2021). Nexus between Human Development Index (HDI) and CO_2 emissions in a developing country: Decoupling study evidence from Bangladesh. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(41), 58742–58754.

IPCC. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Chapter 1—Introduction*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Islam, S., & Khan, M. Z. R. (2017). A review of the energy sector of Bangladesh. *Energy Procedia*, 110, 611–618.

Jbara, B. W., & Brian, W. (2007). Exploring the causality between the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve. *Honors Projects*, 1–21.

Kassahun, S. (2011). Good governance: An antidote to corruption in Africa. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 13(5), 201–224.

Khodabakhshi, A. (2011). Relationship between GDP and human development indices in India. In *Proceedings of the Society of Interdisciplinary Business Research (SIBR) 2011 Conference on Interdisciplinary Business Research*.

Khoshnevis, M., & Pejvian, J. (2012). Examining the effect of environmental pollution on the Human Development Index (HDI) in developed countries. *Journal of Economic Sciences*, 6(20), 39–67. [in Persian].

Leitão, N. C. (2024). The link between human development, foreign direct investment, renewable energy, and carbon dioxide emissions in G7 economies. *Energies*, 17(5), 978.

Lin, B., & Ahmad, I. (2017). Analysis of energy-related carbon dioxide emissions and reduction potential in Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 143, 278–287.

Lotfali Pour, M. R., Falahi, M. A., & Ashna, M. (2011). Examining the relationship between carbon dioxide emissions, economic growth, energy, and trade in Iran. *Economic Research*, 46(94), 151–173. [in Persian].

Mahmoudi, M., & Dahmardeh Ghal'eh-No, N. (2021). Examining the effects of renewable and non-renewable energy consumption, economic growth, and governance quality on CO_2 emissions in Asian countries. *Economics and Modeling Quarterly*, 12(4), 181–2015. [in Persian].

Mawutor, J. K. M., Sogah, E., & Gborse, F. C. (2025). Circular economy and carbon emissions: Threshold effect of quality of governance. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 36(4), 948–970.

Minh, N. H. (2023). Impact of human development on CO_2 emissions in Vietnam. *Hue University Journal of Science: Economics and Development*, 132(5B), 53–66.

Mirzaei, M., & Bekri, M. (2017). Energy consumption and CO_2 emissions in Iran, 2025. *Environmental Research*, 154, 345–351.

Mohammadi, M., & Shahreki, M. (2025). The dynamic relationship between health expenditure, carbon dioxide emissions, and the Human Development Index: Evidence from OPEC member countries. *Social Welfare Quarterly*, 25(96), 9–35. [in Persian].

Nahidi Amirkhiz, M. R., Rahimzadeh, F., & Shokouhifar, S. (2017). Examining the relationship between economic growth, energy consumption, and greenhouse gas emissions: Evidence from selected Organization of Islamic Cooperation countries. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(3), 13–26. [in Persian].

Najati, M., Jalaei, S. A., & Bavagar Za'imi, P. (2017). Examining the effect of production growth and energy consumption on carbon dioxide emissions with emphasis on different economic sectors of Iran. *Scientific Research Journal of Geography and Planning*, 23(69), 257–280. [in Persian].

Nikkhah Saranaghi, A., Azarbaijani, K., & Daei Karimzadeh, S. (2022). The relationship between economic growth, trade openness, and carbon dioxide emissions in developed countries: A dynamic panel-data approach using GMM. *Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research*, 13(49), 94–108. [in Persian].

Pablo-Romero, M. D. P., & De Jesús, J. (2016). Economic growth and energy consumption: The energy-environmental Kuznets curve for Latin America and the Caribbean. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1343–1350.

Polat, B., & Çil, N. (2025). Investigating the environmental Kuznets curve modified with HDI: Evidence from a panel of eco-innovative countries. *Environment, Development and Sustainability*, 27(7), 16655–16682.

Rahman, M. M., & Sultana, N. (2024). Nexus of human development and environmental quality in low-income and developing countries: Do renewable energy and good governance matter? *Sustainability*, 16(13), 5382.

Ross, M. L. (2013). *The oil curse: How petroleum wealth shapes the development of nations*. Princeton University Press.

Saee, A., Kabiri, A., Salar Kasraei, M., & Sadeghi, H. (2011). Social capital and good governance: A fuzzy comparative cross-country analysis from 2000 to 2008. *Iranian Journal of Social Problems*, 2(2), 63–94. [in Persian].

Sarkar, M. S. K., Sadeka, S., Sikdar, M. M. H., & Zaman, B. (2015). Energy consumption and CO_2 emissions: Trends and policy implications. *Asia Pacific Journal of Energy and Environment*, 2(3), 220–227.

Sartibi, A., Tohidfam, M., Ardestani, A. B., & Amini, A. A. (2022). The position of good governance in Iran from the perspective of human development indicators during the years 2000–2010. *International Journal of Political Science*, 12(2), 151–168.

Shabani, Z. D., Shahnazi, R., & Sadati, S. M. (2025). The effects of spatial spillover of good governance and renewable energy on CO_2 emissions. *Environment, Development and Sustainability*, 27(5), 10857–10894.

Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic growth and environmental quality: Time-series and cross-country evidence*. World Bank Publications.

Shawulu, P. T., Bidda, J. A., & Emmanuel, K. O. (2022). Democracy, good governance and anti-corruption war in Nigeria. *VEJOH–Veritas Journal of Humanities*, 4(1–2).

Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439.

United Nations Development Programme (UNDP). (2019). *Human Development Reports*. United Nations Development Programme.

Varhami, V. (2023). Examining the effects of good governance indicators on economic growth with emphasis on the environment and energy consumption in developing countries: A dynamic panel approach. *Computational Economics Quarterly*, 2(3), 25–43. [in Persian].

World Bank. (2019). *World Development Indicators Database*. World Bank.

Zara'nezhad, M., Abdollahian, H. R., Amirnia, A., & Saidian, S. (2015). The effects of economic growth, energy consumption, and urbanization on carbon dioxide emissions in selected OPEC member countries: A spatial econometric approach. *Iranian Energy Economics Research*, 11(43), 61–83. [in Persian].

Zhang, D., Ozturk, I., & Ullah, S. (2022). Institutional factors–environmental quality nexus in BRICS: A strategic pillar of governmental performance. *Economic Research–Ekonomska Istraživanja*, 35(1), 5777–5789.

Zhu, H., Duan, L., Guo, Y., & Yu, K. (2016). The effects of FDI, economic growth and energy consumption on carbon emissions in ASEAN-5: Evidence from panel quantile regression. *Economic Modelling*, 58, 237–248.

اقتصاد و تجارت نوین، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
فصل‌نامه علمی (مقالهٔ علمی پژوهشی)، سال ۲۱، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۵

بررسی نقش حکمرانی خوب در تأثیرگذاری شاخص توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن (مطالعه موردی: کشورهای منتخب عضو اوپک)

مریم گهرام زهی*
غلامرضا زمانیان**
مرضیه اسفندیاری***

چکیده

رابطه میان توسعه انسانی و کیفیت محیط‌زیست از موضوعات مهم توسعه پایدار است و کیفیت حکمرانی می‌تواند در تعدیل این رابطه نقش تعیین‌کننده‌ای داشته باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش تعدیل‌گری حکمرانی خوب در تأثیر شاخص توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منتخب عضو اوپک انجام شده است. برای این منظور، داده‌های سالانه دوره ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۲ گردآوری و از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) برای کنترل درون‌زایی و مدل

* دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، maryam.gahramzehi.student.um.ac.ir
** دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران، zamanian@eco.usb.ac.ir
*** دانشیارگروه اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران، (نویسنده مسئول)، m.esfandiari@eco.usb.ac.ir، ۰۹۱۵۳۴۳۸۲۳۰.

مقاله حاضرمبتنی بر پایان نامه نویسنده اول در مقطع کارشناسی ارشد در دانشگاه سیستان و بلوچستان است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۴

CC BY

رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR) برای بررسی روابط غیرخطی استفاده شد. نتایج نشان داد اثر توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن به سطح حکمرانی خوب وابسته و دارای الگوی غیرخطی آستانه‌ای است. آستانه حکمرانی خوب برابر با ۰/۰۳۲۰- در سطح اطمینان ۹۵ درصد برآورد شد. در رژیم زیر آستانه، افزایش توسعه انسانی موجب افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن با ضریب ۵/۹۴ (P<۰,۰۵)شد؛ درحالی‌که بالای آستانه، توسعه انسانی اثر کاهنده با ضریب ۴۸/۹۷- داشت (P<۰,۰۵). بنابراین، حکمرانی خوب می‌تواند جهت اثر توسعه انسانی بر انتشار کربن را تغییر دهد و ارتقای کیفیت نهادی زمینه کاهش فشارهای زیست‌محیطی را فراهم سازد. با توجه به محدودیت کشورهای مورد بررسی، یافته‌ها صرفاً در چارچوب کشورهای منتخب عضو اوپک و سطوح حکمرانی آن‌ها قابل تفسیر است.

کلیدواژه‌ها: حکمرانی خوب، توسعه انسانی، انتشار دی‌اکسیدکربن، گشتاورهای تعمیم یافته (GMM) و مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR).

طبقه‌بندی JEL: O15, Q53, D73, C23.

۱. مقدمه

دستیابی به رفاه و توسعه پایدار، هدف اصلی کشورهاست و مستلزم ایجاد توازن میان ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است. یکی از چالش‌های مهم در این مسیر، تعارض میان ارتقای توسعه انسانی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌ویژه انتشار دی‌اکسیدکربن است. تغییرات اقلیمی ناشی از انتشار CO_2 یکی از مهم‌ترین تهدیدات زیست‌محیطی محسوب می‌شود (بالانتاین (Ballantyne) و همکاران، ۲۰۱۶، لین و احمد (Lin and Ahmad)، ۲۰۱۷ و دیمیتریو و کاسومنوس (Dimitriou and Kassomenos)، ۲۰۱۷) و کاهش آن به یکی از اهداف کلیدی سیاست‌های جهانی تبدیل شده است (هیئت بین دولتی تغییرات اقلیمی (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC))، ۲۰۰۶). شاخص توسعه انسانی (Human Development Index (HDI)) که توسط برنامه توسعه ملل متحد معرفی شده، ترکیبی از درآمد سرانه، امید به زندگی و آموزش است و از سال ۱۹۹۰ به‌عنوان جایگزینی برای GDP در سنجش رفاه مورد استفاده قرار گرفته است (کراکولیچی (Cracolici) و همکاران، ۲۰۱۰، خدابخشی (Khodabakhshi)، ۲۰۱۱ و خوشنویس و پژویان، ۱۳۹۱). با این حال، HDI قادر به پوشش کامل ابعاد نهادی، مشارکت سیاسی و پایداری زیست‌محیطی نیست (گزارش برنامه توسعه ملل متحد (United Nations Development Programme (UNDP))، ۲۰۱۹). در همین راستا، شاخص توسعه انسانی تعدیل‌شده با فشارهای سیاره‌ای (Planetary Pressures-adjusted Human Development Index (PHDI)) نیز برای لحاظ‌کردن اثرات زیست‌محیطی معرفی شده است (گزارش برنامه توسعه ملل متحد ((United Nations Development Programme (UNDP))، ۲۰۲۰). از نظر تجربی، رابطه بین توسعه انسانی و انتشار CO_2 پیچیده و دوگانه است؛ به‌گونه‌ای که بهبود HDI می‌تواند از طریق افزایش درآمد و مصرف انرژی، موجب رشد انتشار آلاینده‌ها شود (کاستا (Costa) و همکاران، ۲۰۱۱). شواهد نشان می‌دهد در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، رشد سریع توسعه انسانی با افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار CO_2 همراه بوده است؛ برای مثال در بنگلادش طی ۱۹۹۱–۲۰۱۲ انتشار CO_2بیش از ۱۴۰ درصد افزایش یافته است (سرکار (Sarkar) و همکاران، ۲۰۱۵). که نشان‌دهنده پیوند قوی میان توسعه و تخریب محیط‌زیست در غیاب سیاست‌گذاری مناسب است (اسلام و خان (Islam and Khan)، ۲۰۱۷). در این میان، حکمرانی خوب به‌عنوان یک عامل نهادی مهم می‌تواند این رابطه

را تعدیل کند. بانک جهانی حکمرانی را مجموعه‌ای از فرایندها و نهادهایی تعریف می‌کند که از طریق آن‌ها قدرت در جهت منافع عمومی اعمال می‌شود و شامل شش شاخص اصلی نظیر کنترل فساد، کیفیت مقررات و حاکمیت قانون است (بانک جهانی (World development indicators (WDI))، ۲۰۱۹). حکمرانی کارآمد با افزایش شفافیت، بهبود کیفیت سیاست‌گذاری و تقویت سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک می‌تواند فشارهای زیست‌محیطی ناشی از توسعه را کاهش دهد (حسین و چن (Hos-sain and Chen)، ۲۰۲۱، اعظمی و محجوبی، ۱۴۰۳ و محمدی و شهرکی، ۱۴۰۴).

تحلیل نقش حکمرانی کارآمد در شکل‌دهی تأثیر شاخص توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن از جمله موضوعاتی است که در پژوهش‌های تجربی کمتر مورد توجه قرار گرفته است و همچنان با خلأهای نظری و روش‌شناختی مواجه است. مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که اغلب پژوهش‌ها رابطه میان توسعه انسانی، حکمرانی و انتشار دی‌اکسیدکربن را با استفاده از الگوهای خطی بررسی کرده‌اند و فرض ضمنی آن‌ها ثابت بودن شدت و جهت اثر متغیرها در تمام سطوح کیفیت نهادی بوده است. در حالی که این فرض ممکن است با واقعیت کشورهای در حال توسعه و به‌ویژه کشورهای متکی بر منابع طبیعی سازگار نباشد؛ زیرا کارایی سیاست‌های توسعه انسانی و پیامدهای زیست‌محیطی آن می‌تواند تحت تأثیر کیفیت حکمرانی تغییر کند. به بیان دیگر، مدل‌های خطی متعارف قادر نیستند تغییرات ساختاری و نقاط تغییر رفتار (Regime Switching) را که در اثر تفاوت سطوح حکمرانی ایجاد می‌شود شناسایی کنند و در نتیجه ممکن است برآوردهای تورش‌دار یا تعمیم‌های نادقیق ارائه دهند. در چنین شرایطی، این احتمال وجود دارد که توسعه انسانی در سطوح پایین حکمرانی به افزایش فشارهای زیست‌محیطی منجر شود، اما در سطوح بالاتر حکمرانی همان توسعه انسانی بتواند از طریق بهبود کارایی نهادی، ارتقای سیاست‌های محیط‌زیستی و توسعه فناوری‌های پاک، موجب کاهش انتشار دی‌اکسید کربن شود. بنابراین انتظار می‌رود رابطه میان توسعه انسانی و انتشار دی‌اکسیدکربن ماهیتی غیرخطی و وابسته به سطح حکمرانی داشته باشد. بر این اساس، خلأ اصلی پژوهش حاضر نه‌تنها در بررسی هم‌زمان توسعه انسانی و حکمرانی خوب، بلکه در آزمون وجود رفتار آستانه‌ای در این رابطه نهفته است. برای رفع این محدودیت، مطالعه حاضر با بهره‌گیری از مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR) هانسن (Hansen) (۱۹۹۹)، حکمرانی خوب را به‌عنوان متغیر آستانه‌ای وارد مدل کرده تا

امکان شناسایی سطوح متفاوت اثرگذاری توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن فراهم شود. همچنین به‌منظور کنترل ناهمسانی‌های مقطعی، پویایی زمانی و احتمال درون‌زایی متغیرها، از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) نیز استفاده شده است. این رویکرد امکان ارائه شواهد تجربی دقیق‌تری نسبت به الگوهای خطی متعارف را فراهم می‌کند.

بر این اساس، سؤال اصلی پژوهش حاضر به شرح زیر مطرح می‌شود:

– آیا حکمرانی خوب بر تأثیرگذاری شاخص توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منتخب عضو اوپک اثر معناداری دارد؟

مطالعه حاضر با بهره‌گیری از گشتاورهای تعمیم‌یافته (Generalized Method of Moments (GMM)) و مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (Panel Threshold Regression Model (PTR)) هانسن (۱۹۹۹)، به بررسی نقش حکمرانی خوب در تعدیل اثر شاخص توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منتخب عضو اوپک طی دوره ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۲ می‌پردازد. نوآوری پژوهش در تمرکز بر رفتار آستانه‌ای این رابطه و بررسی وابستگی اثر توسعه انسانی به سطوح مختلف کیفیت حکمرانی در کشورهای منتخب عضو اوپک است. در راستای هدف مطالعه حاضر، در ادامه بخش دوم به ارائه مبانی نظری پژوهش، بخش سوم به مرور برخی از مطالعه‌های انجام شده در داخل و خارج از کشور و بخش چهارم به روش‌شناسی تحقیق می‌پردازد و در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه می‌شود.

۲. ادبیات موضوع

۲-۱. مبانی نظری تحقیق

دی‌اکسیدکربن، به‌عنوان عامل اصلی گرمایش جهانی، نه‌تنها نتیجه فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی است، بلکه تحت تأثیر کیفیت حکمرانی، شاخص توسعه انسانی و سیاست‌های اقتصادی و انرژی کشورها قرار دارد. حکمرانی خوب با ارتقاء شفافیت، پاسخگویی، مشارکت شهروندان و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک، مسیرهایی مؤثر برای کاهش فشارهای زیست‌محیطی فراهم می‌کند. هم‌زمان، شاخص توسعه انسانی که شامل ابعاد اقتصادی، آموزشی و سلامت است، بر رشد اقتصادی و الگوی مصرف انرژی تأثیر گذاشته و در نهایت پیامدهایی بر انتشار CO_2 دارد. همچنین، عوامل اقتصادی و

انرژی مانند رشد اقتصادی، بازبودن تجارت و الگوی مصرف انرژی نقش مهمی در تعیین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن ایفا می‌کنند. بررسی هم‌زمان این کانال‌ها، امکان درک جامع مکانیسم‌های اثرگذاری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و مسیرهای تحقق توسعه پایدار را فراهم می‌آورد.

۲-۱-۱. کانال اثرگذاری حکمرانی خوب بر انتشار دی‌اکسیدکربن

حکمرانی خوب مفهومی گسترده است که به توصیف نظام‌های حکومتی می‌پردازد که بر پایه اصول نهادگرایی فعالیت می‌کنند. در منابع مختلف تعاریف متفاوتی برای حکمرانی ارائه شده است. به‌عنوان نمونه، بانک جهانی در سال ۱۹۹۸ حکمرانی را به شیوه‌ای تعریف می‌کند که در آن قدرت برای مدیریت منابع اقتصادی و اجتماعی کشور و ارتقای توسعه به‌کار گرفته می‌شود (کساهون (Kassahun)، ۲۰۱۱). به‌طور کلی، حکمرانی به تعامل و همکاری میان جامعه مدنی و نظام سیاسی، یا رابطه میان دولت و شهروندان اشاره دارد. همچنین، این مفهوم فرایندهای تصمیم‌گیری جمعی، نحوه استفاده از قدرت و ارتباطات میان افراد و گروه‌ها را نیز در بر می‌گیرد (ساعی و همکاران، ۱۳۹۰).

حکمرانی خوب شامل مجموعه‌ای از اصول و مؤلفه‌ها است که رعایت آن‌ها به دولت‌ها امکان می‌دهد به‌طور مؤثر در مسیر توسعه و پیشرفت حرکت کنند. این مؤلفه‌ها شامل حاکمیت قانون، عدالت، شفافیت، مبارزه با فساد، مسئولیت‌پذیری، پاسخگویی، ایجاد اجماع، مشارکت و کارایی و اثربخشی هستند (سرتیبی (Sartibi) و همکاران، ۲۰۲۲). پیاده‌سازی این اصول می‌تواند به مدیریت بهتر منابع، تقویت دموکراسی، کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن و ارتقای توسعه پایدار منجر شود. همچنین، حکمرانی مطلوب می‌تواند کیفیت زندگی شهروندان را بهبود بخشد و نقش مؤثری در توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور ایفا کند (گهرام زهی و همکاران، ۱۴۰۲ و شاولو (Shawulu) و همکاران، ۲۰۲۲).

حکمرانی مطلوب با محوریت شفاف‌سازی و دخیل کردن ذی‌نفعان در فرایند تصمیم‌سازی، بستر لازم را برای شکل‌گیری سیاست‌های کارآمد در جهت صیانت از منابع طبیعی و مهار روند تخریب محیط‌زیست فراهم می‌آورد. در این چارچوب، مقررات زیست‌محیطی قادرند با وضع ضوابط مشخص، از گسترش آلاینده‌ها، آسیب به اکوسیستم‌ها و استفاده ناپایدار از منابع طبیعی جلوگیری کنند (داستاگوپتا (Dasgupta) و همکاران، ۲۰۰۶). شفافیت در حکمرانی همچنین می‌تواند آگاهی عمومی نسبت به

مسائل محیطی را افزایش دهد و مشارکت مردم در حفاظت از محیط‌زیست را تقویت کند؛ به‌عنوان مثال، دسترسی شهروندان به اطلاعات محیطی و فرایندهای تصمیم‌گیری، فشار اجتماعی لازم برای وضع سیاست‌های زیست‌محیطی مناسب را افزایش می‌دهد (استرن (Stern)، ۲۰۰۴). نظارت اجتماعی موجب می‌شود تصمیمات زیست‌محیطی بیشتر با منافع عمومی همسو شوند و تضمین می‌کند که مسئولین دولتی وظایف خود را به درستی انجام دهند (باربیر (Barbier)، ۲۰۲۱). علاوه بر این، در حکمرانی مطلوب، دولت‌ها می‌توانند با سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک و نوآوری‌های محیط‌زیستی، کیفیت محیط‌زیست را ارتقا دهند. این موضوع به ویژه در حوزه‌هایی مانند انرژی‌های تجدیدپذیر، مدیریت پسماند و حمل و نقل سبز اهمیت دارد؛ توسعه این فناوری‌ها باعث کاهش آلودگی و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی می‌شود (ارو (Arrow) و همکاران، ۱۹۹۵). با توجه به ماهیت جهانی مسائل زیست‌محیطی، از جمله تغییرات اقلیمی، حکمرانی خوب می‌تواند همکاری‌های بین‌المللی را برای مقابله با چالش‌های محیطی تقویت کند. سیاست‌های زیست‌محیطی در سطح جهانی نیز باید مبتنی بر اصول حکمرانی خوب باشند تا کشورها بتوانند در دستیابی به اهداف مشترک مانند کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و حفاظت از تنوع زیستی همکاری کنند (کوستانزا (Costanza) و همکاران، ۱۹۹۷).

۲-۱-۲. کانال اثرگذاری شاخص توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن

در تبیین نظری رابطه میان توسعه انسانی و تخریب محیط‌زیست، می‌توان از چارچوب نظری منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (Environmental Kuznets Curve: EKC) بهره گرفت. بر اساس این نظریه، رابطه میان توسعه و آلودگی محیط‌زیست ماهیتی غیرخطی و به شکل U وارونه دارد؛ به این معنا که در مراحل اولیه توسعه، افزایش سطح درآمد، بهبود آموزش، توسعه زیرساخت‌ها و ارتقای شاخص‌های توسعه انسانی معمولاً با افزایش مصرف انرژی، گسترش فعالیت‌های صنعتی و در نتیجه رشد انتشار آلاینده‌ها همراه است؛ با این حال، پس از عبور از سطح معینی از توسعه، تغییر در ساختار اقتصادی، ارتقای فناوری، افزایش آگاهی‌های اجتماعی و تقویت سیاست‌های محیط‌زیستی موجب کاهش تدریجی تخریب محیط‌زیست می‌شود (گروسمن و کروگر (Grossman and Krueger)، ۱۹۹۱؛ استرن، ۲۰۰۴ و دوغان و اوزتورک (Dogan & Ozturk)، ۲۰۱۷).

با وجود این، مطالعات جدید نشان می‌دهند که تحقق بخش نزولی منحنی زیست‌محیطی کوزنتس به صورت خودکار رخ نمی‌دهد و کیفیت نهادها و سازوکارهای حکمرانی در این فرایند نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. در واقع، نهادهای کارآمد از طریق بهبود کیفیت سیاست‌گذاری، افزایش شفافیت، تقویت نظارت، کاهش فساد، حمایت از فناوری‌های پاک و مدیریت کارآمد منابع، شرایط لازم برای تبدیل آثار توسعه انسانی از افزایش‌دهنده آلودگی به کاهنده آلودگی را فراهم می‌کنند. در مقابل، ضعف نهادی می‌تواند موجب تداوم وابستگی به الگوهای رشد آلاینده و تأخیر در دستیابی به نقطه بازگشت منحنی شود (حسین و چن، ۲۰۲۱ و ژانگ (Zhang) و همکاران، ۲۰۲۲).

بر این اساس، انتظار می‌رود رابطه میان شاخص توسعه انسانی و انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منتخب عضو اوپک تحت تأثیر سطح حکمرانی قرار داشته باشد؛ به‌گونه‌ای که در سطوح پایین کیفیت نهادی، توسعه انسانی با افزایش انتشار همراه باشد، اما با ارتقای حکمرانی و عبور از سطح آستانه‌ای مشخص، اثر توسعه انسانی به سمت کاهش فشارهای زیست‌محیطی تغییر جهت دهد. این چارچوب نظری با رویکرد آستانه‌ای پژوهش حاضر هم‌راستا بوده و مبنای استفاده از مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی را فراهم می‌کند (هانسن، ۱۹۹۹؛ حسین و چن، ۲۰۲۱).

۲-۱-۳. کانال‌های اثرگذاری سایر عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن

موارد زیر را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن ذکر کرد:

الف) رابطه رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن

برای بررسی رابطه میان درآمد و انتشار آلاینده‌ها، دو دیدگاه اصلی وجود دارد: یکی که درآمد تابعی از انتشار باشد و دیگری که انتشار تابعی از درآمد در نظر گرفته شود. رابطه نخست را می‌توان به‌عنوان منحنی انگل برای انتشار تفسیر کرد، چرا که انتشار معمولاً به‌عنوان کالایی نامطلوب از دیدگاه مصرف‌کننده شناخته می‌شود. بر اساس این تفسیر، فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس)(Environmental)(EKC Cuznets Curve بیان می‌کند که با افزایش درآمد، کشش انتشار کاهش یافته و پس از رسیدن به یک سطح درآمد آستانه‌ای، این کشش به مقدار منفی می‌رسد. به عبارت دیگر، هم‌زمان با افزایش سطح

درآمد، انتشار آلاینده‌ها به‌تدریج از جایگاه یک نیاز اجتناب‌ناپذیر خارج شده و به رفتاری نامطلوب و کم‌ارزش تبدیل می‌شود. فرضیهٔ EKC یکی از مفاهیم پرکاربرد در تحلیل رابطه بین آلودگی و درآمد است که به شکل U معکوس مطرح می‌شود. این مفهوم برای اولین بار در اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی مطرح شد و در تحقیقات گروسمن و کروگر (۱۹۹۱) درباره تأثیرات زیست‌محیطی تجارت آزاد در آمریکای شمالی (North American Free Trade Agreement (NAFTA)) و همچنین در مطالعه شافیک و باندیوپدیا (Shafik & Bandyopadhyay) (۱۹۹۲) به آن پرداخته شد.

در رابطه دوم، انتشار آلاینده‌ها به‌عنوان عامل تأثیرگذار و درآمد به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود؛ امری که می‌تواند بیانگر وجود یک ارتباط تولیدی باشد. بر این اساس، آلودگی محیط‌زیست به‌منزله یکی از نهاده‌های لازم برای ایجاد درآمد تلقی می‌شود. مقایسه این برداشت با فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) حاکی از وجود دو الگوی متفاوت تولید است. الگوی نخست مربوط به سطوح درآمدی پایین‌تر از حد آستانه بوده و در آن افزایش درآمد مستلزم رشد انتشار آلاینده‌هاست. در مقابل، الگوی دوم به سطوح درآمدی بالاتر از آستانه اختصاص دارد که در آن، افزایش درآمد هم‌زمان با کاهش انتشار آلودگی رخ می‌دهد (کوندو و دیندا (Coondoo and Dinda)، ۲۰۰۲ و لطفعلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۰).

ب) رابطه بازبودن تجارت و انتشار دی‌اکسیدکربن

گسترش صنایع و مکانیزه شدن فعالیت‌های اقتصادی موجب افزایش آلودگی‌ها شده است، که اهمیت بررسی تأثیر سیاست‌های اقتصادی مختلف، از جمله سیاست‌های تجاری، بر کیفیت محیط‌زیست را دوچندان کرده است. این مسئله تا حدی اهمیت دارد که در جوامع صنعتی پیشرفته، مقررات بسیار سختگیرانه‌ای برای کنترل آلاینده‌ها وضع شده است. چنین سختگیری‌هایی باعث شده است فناوری تولید در این کشورها به سمت فرایندهایی با آثار جانبی منفی کمتر و کاهش آلودگی هدایت شود (نیکخواه سرنقی و همکاران، ۱۴۰۱).

گروسمن و کروگر آثار آزادسازی تجاری بر کیفیت محیط‌زیست را به سه دسته اثر مقیاس، اثر ترکیبی و اثر فنی تقسیم کرده‌اند. اثر مقیاس به تغییرات در اندازه و وسعت فعالیت‌های تولیدی اشاره دارد و

افزایش سطح تولید معمولاً باعث تشدید تخریب محیط‌زیست می‌شود. اثر فنی بیانگر تغییر در شیوه‌های تولید، به ویژه به‌کارگیری فناوری‌های سازگار با محیط‌زیست است که می‌تواند منجر به کاهش تخریب محیط‌زیست شود. اثر ترکیبی نیز وابسته به مزیت نسبی تولید است و ممکن است در برخی شرایط آثار مثبت و در شرایط دیگر آثار منفی بر محیط‌زیست داشته باشد (گروسمن و کروگر، ۱۹۹۱). علاوه بر این، برخی مطالعات رابطه میان تجارت آزاد و کیفیت محیط‌زیست را از طریق فرضیه پناهگاه آلودگی ((PHH) Pollution Haven Hypothesis) مورد بررسی قرار داده‌اند. طبق این فرضیه، جریان تجارت بین‌الملل صنایع آلاینده تمایل دارد به کشورهایی هدایت شود که در آن‌ها مقررات زیست‌محیطی کمتر سختگیرانه است. این موضوع می‌تواند الگوی تجاری جهانی را تحت تأثیر قرار دهد (جبارا و برایان (Jbara and Brian)، ۲۰۰۷).

ج) رابطه مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن

یکی از عوامل اصلی آلودگی و تخریب محیط‌زیست، افزایش تدریجی دمای جهانی در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای، به ویژه دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در فرایند رشد اقتصادی کشورها است. احتراق سوخت‌های فسیلی منجر به آزادسازی کربن به جو می‌شود و هر نوع سوخت به ازای هر واحد انرژی حرارتی مقدار متفاوتی از این گاز را تولید می‌کند. با افزایش سریع فعالیت‌های صنعتی و شهرنشینی، مصرف انرژی در بخش‌های مختلف، نقش مهمی در اثرگذاری بر محیط‌زیست محلی و تغییرات آب و هوایی جهانی دارد، به‌گونه‌ای که بخش عمده آلودگی هوای شهری در سال‌های اخیر ناشی از حمل و نقل درون‌شهری است. علاوه بر این، سوخت‌های فسیلی مصرفی در حمل و نقل و فرایندهای صنعتی و همچنین استفاده از مواد خام و محصولات تولیدی، از عوامل اصلی آلودگی شهرها به شمار می‌آیند (زراءنژاد و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین، یکی از اولویت‌های مهم در سیاست‌های انرژی، تأمین انرژی ایمن، ارزان و کم‌انتشار گازهای گلخانه‌ای است (ناهیدی امیرخیز، ۱۳۹۶).

مصرف انرژی یکی از عوامل کلیدی تأثیرگذار بر انتشار آلاینده‌ها است. برخی مطالعات نشان می‌دهند که مصرف انرژی تأثیر مستقیمی بر انتشار دی‌اکسیدکربن ندارد، در حالی که تحقیقات دیگر حاکی از اثرگذاری مصرف انرژی بر انتشار این گاز است (زو (zhu) و همکاران، ۲۰۱۶). مصرف

انرژی را می‌توان به‌عنوان شاخصی برای سنجش فشار وارد بر محیط‌زیست در نظر گرفت، زیرا انتشار دی‌اکسیدکربن به‌طور مستقیم با مصرف انرژی مرتبط است. شواهد حاکی است که علت اصلی افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن، سوزاندن سوخت‌های فسیلی است و تقریباً ۷۷٪ از کل انتشار این گاز ناشی از مصرف انرژی است. همچنین، تمامی فعالیت‌های اقتصادی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به مصرف سوخت‌های فسیلی، گرما یا برق وابسته‌اند (پابلو (Pablo) و همکاران، ۲۰۱۶). رشد سریع مصرف انرژی، به‌ویژه انرژی‌های فسیلی، مشکلات زیست‌محیطی را تشدید کرده است. یکی از مهم‌ترین این مشکلات، آلودگی هوا ناشی از انتشار و نشت گازهای آلاینده در اثر احتراق سوخت‌های فسیلی است (نجاتی و همکاران، ۱۳۹۶). انرژی مصرفی شامل سوخت‌های فسیلی مانند زغال‌سنگ، نفت و فرآورده‌های نفتی و همچنین گاز طبیعی است که همه آن‌ها موجب انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شوند (میرزایی و بکری (Mirzaei and Bekri)، ۲۰۱۷).

با توجه به ماهیت چندبعدی انتشار دی‌اکسیدکربن، انتخاب متغیرهای کنترلی در این پژوهش بر اساس چارچوب نظری «مدل‌های تعیین‌کننده انتشار آلاینده‌ها» و همچنین ادبیات تجربی گسترده در حوزه اقتصاد محیط‌زیست صورت گرفته است. هدف اصلی از گنجاندن این متغیرها، کنترل اثرات عوامل ساختاری و کلان اقتصادی مؤثر بر انتشار CO_2 و جلوگیری از تورش ناشی از حذف متغیرهای مهم (Omitted Variable Bias) است.

مطابق ادبیات موجود، انتشار دی‌اکسیدکربن تابعی از ترکیب عوامل اقتصادی، نهادی و انرژی است و در صورت حذف هر یک از این کانال‌ها، برآورد اثر متغیرهای اصلی (به‌ویژه HDI و حکمرانی خوب) دچار سوگیری و تورش خواهد شد. بر این اساس، متغیرهای انتخاب‌شده در این پژوهش به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که مهم‌ترین کانال‌های اثرگذاری را پوشش دهند (رحمان و سلطانه (Rahman and Sultana)، ۲۰۲۴):

- **رشد اقتصادی (GDP):** به‌عنوان نماینده اثر مقیاس فعالیت‌های اقتصادی در چارچوب فرضیه EKC، که افزایش تولید معمولاً با افزایش تقاضای انرژی و انتشار همراه است؛
- **باز بودن تجارت (Trade):** به‌عنوان کانال انتقال ساختار تولید و فناوری در سطح بین‌المللی و آزمون فرضیه‌هایی مانند «پناهگاه آلودگی» و «اثر تکنیکی تجارت»؛

- **مصرف انرژی (EC):** به‌عنوان مهم‌ترین متغیر مستقیم توضیح‌دهنده انتشار CO_2 که نقش کلیدی در ادبیات انتشار آلاینده‌ها دارد؛
- **شاخص توسعه انسانی (HDI):** به‌عنوان متغیر اصلی توسعه‌ای که اثر غیرخطی آن بر محیط‌زیست در مطالعات EKC تأکید شده است؛
- **حکمرانی خوب (GG):** به‌عنوان متغیر نهادی کلیدی که نقش آن در تعیین کیفیت سیاست‌گذاری محیط‌زیستی و تغییر مسیر اثر توسعه انسانی بر انتشار CO_2 در ادبیات جدید برجسته شده است. در این چارچوب، حکمرانی خوب از طریق چهار کانال اصلی بر رابطه توسعه انسانی و انتشار دی‌اکسیدکربن اثرگذار است: ۱) بهبود کارایی انرژی از طریق سیاست‌گذاری و استانداردهای مصرف؛ ۲) تقویت اجرای مقررات زیست‌محیطی و کاهش تخلفات آلاینده؛ ۳) هدایت ترکیب انرژی به سمت منابع پاک و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و ۴) ارتقای کیفیت نهادها و کاهش فساد که منجر به افزایش اثربخشی سیاست‌های محیط‌زیستی می‌شود.

در مجموع، ترکیب این متغیرها موجب می‌شود مدل پژوهش از نظر نظری، حداقل مجموعه متغیرهای لازم برای توضیح رفتار انتشار دی‌اکسیدکربن را در بر گیرد و از تورش ناشی از حذف متغیرهای مؤثر جلوگیری شود. همچنین انتخاب این متغیرها با مطالعات کلاسیک و معاصر در حوزه اقتصاد محیط‌زیست از جمله گروسمن و کروگر (۱۹۹۱) و استرن (۲۰۰۴) در زمینه حکمرانی و انتشار آلاینده‌ها هم‌راستا است.

بر این اساس، می‌توان چارچوب نظری پژوهش را به‌صورت یک رابطه ساختاری تعدیل‌شده در نظر گرفت که در آن اثر HDI بر انتشار CO_2 تابعی از سطح حکمرانی و متغیرهای کنترلی اقتصادی و انرژی است. بنابراین، ساختار مفهومی مدل به صورت زیر قابل نمایش است:

$$CO_2 = f(HDI \times GG, GDP, Trade, EC)$$

معادله ۱، نشان می‌دهد که اثر شاخص توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن تابعی از سطح حکمرانی بوده و سایر متغیرهای اقتصادی و انرژی نیز به‌عنوان عوامل کنترلی در مدل لحاظ شده‌اند. این چارچوب مبنای استفاده از مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR) و روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) در بخش تجربی پژوهش قرار گرفته است.

انتخاب کشورهای عضو اوپک علاوه بر ملاحظات داده‌ای، دارای پشتوانه نظری در ادبیات اقتصاد رانتی است. بر اساس نظریه دولت رانتی، اقتصادهای متکی بر منابع طبیعی به‌ویژه نفت، معمولاً با ضعف در پاسخگویی نهادی، وابستگی بودجه به رانت منابع و ناکارایی سیاست‌گذاری زیست‌محیطی مواجه‌اند (آوتی (Auty)، ۲۰۰۱ و راس (Ross)، ۲۰۱۳). این ویژگی‌ها موجب می‌شود کیفیت حکمرانی نقش پررنگ‌تری در تعیین پیامدهای زیست‌محیطی توسعه انسانی داشته باشد. بنابراین، کشورهای اوپک بستر مناسبی برای آزمون روابط غیرخطی و آستانه‌ای میان حکمرانی، توسعه انسانی و انتشار CO_2 هستند.

۲-۲. پیشینه پژوهش

با توجه به نوآورانه بودن موضوع تحقیق، مطالعات داخلی و خارجی محدودی در زمینه نقش حکمرانی خوب در تأثیرگذاری شاخص توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منتخب عضو اوپک انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

اعظمی و محجوبی (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر حکمرانی خوب در کیفیت محیط‌زیست تأکیدی بر نقش کیفیت نهادی در حصول توسعه پایدار با استفاده از مدل پانل آستانه‌ای (PTR) در طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲ پرداختند. نتایج برآورد مدل نشان می‌دهد با ارتقای شاخص‌های حکمرانی خوب و عبور از سطح آستانه‌ای، رابطه میان متغیرهای تولید و انتشار CO_2 تغییر می‌کند، به‌گونه‌ای که تولید هر واحد کالا با انتشار کربن کمتری همراه خواهد بود. بیشترین کاهش در انتشار دی‌اکسیدکربن معمولاً با بهبود کیفیت مقررات و افزایش نظارت حاصل می‌شود. همچنین، در سطوح بالاتر تولید بهبود شاخص‌های حکمرانی منجر به کاهش بیشتر انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. در همه شاخص‌ها به جزء شاخص ثبات سیاسی حد آستانه‌ای کمتر از متوسط شاخص است. به عبارتی در سطوح بالاتر شاخص ثبات سیاسی می‌توان شاهد تأثیرگذاری مثبت آن بر کیفیت محیط‌زیست بود. وجود منحنی زیست‌محیطی کوزنتس Nشکل برای این گروه از کشورها نگران‌کننده و بیانگر آن است که تولید در بلندمدت حل‌کننده مسایل زیست‌محیطی نیست. آلودگی با رشد اقتصادی به‌طور خودکار از بین نمی‌رود و حکمرانی خوب می‌تواند راه حلی برای توسعه پایدار باشد.

بهرامی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) در مقاله‌ای به بررسی تأثیر توسعه مالی بر انتشار دی‌اکسیدکربن با

تأکید بر نقش حکمرانی خوب پرداختند و از تکنیک رگرسیون پانل آستانه‌ای برای داده‌های سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که رابطه میان توسعه مالی و انتشار دی‌اکسیدکربن غیرخطی است؛ به‌طوری‌که در ابتدا توسعه مالی تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار CO_2 دارد، اما پس از عبور از حد آستانه، این اثر به سمت منفی تغییر می‌کند. در زمینه تأثیر شیوه حکمرانی دولت مشاهده شد که در بسیاری از کشورهای صادرکننده نفت، به دلیل درآمدهای بالای نفتی، امکان تسلط بر بازار برای دولت‌ها فراهم است. علاوه بر این، بسیاری از بنگاه‌های نفتی تحت مالکیت دولتی یا شبه‌دولتی هستند و به دلیل برخورداری از امنیت نسبی و نبود رقابت جدی، کمتر تابع قوانین و مقررات می‌باشند؛ این مسئله باعث افزایش میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در هر دو رژیم آستانه‌ای می‌شود.

ورهامی (۱۴۰۲) در تحقیق خود، با بهره‌گیری از روش پنل پویا و در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱، تأثیر شاخص‌های حکمرانی خوب بر رشد اقتصادی با تمرکز بر محیط‌زیست و مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه را مورد بررسی قرار داد. یافته‌ها بیانگر آن است که انتشار دی‌اکسیدکربن (CO_2)، کارایی دولت (GE)، میزان مصرف انرژی (EC) و حاکمیت قانون (RL) اثر مثبتی بر رشد اقتصادی دارند. همچنین نتایج حاصل از برآورد مدل دوم نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی (GDP) و مصرف انرژی (EC) موجب افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شوند، در حالی که شاخص‌های اثربخشی دولت (GE) و ثبات سیاسی (PAV) نقش کاهنده‌ای در میزان انتشار این آلاینده ایفا می‌کنند.

نیکخواه سرنقی و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای رابطه میان رشد اقتصادی، باز بودن تجاری و انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای توسعه‌یافته را با استفاده از داده‌های تابلویی پویا و روش GMM برای دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که ارتقای میزان باز بودن تجاری همراه با افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن به تقویت رشد اقتصادی منجر می‌شود. همچنین رشد اقتصادی خود عاملی مؤثر در گسترش تجارت خارجی است، اگرچه انتشار دی‌اکسیدکربن می‌تواند این تأثیر را تضعیف کند. از سوی دیگر، افزایش سطح فعالیت‌های اقتصادی باعث رشد انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود، در حالی که توسعه تجارت خارجی قادر است از شدت انتشار این گاز بکاهد.

محمودی و دهمرده قلعه‌نو (۱۴۰۰) در یک مطالعه، تأثیر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، رشد اقتصادی و کیفیت حکمرانی بر انتشار CO_2 در کشورهای آسیایی بررسی شد و از

داده‌های تابلویی مربوط به سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۹ استفاده گردید. نتایج حاصل از برآوردگر حداقل مربعات معمولی پویا نشان داد که رشد اقتصادی و مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر تأثیری مثبت بر انتشار CO_2 دارند، در حالی که افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود شاخص کیفیت حکمرانی موجب کاهش انتشار CO_2 و ارتقای کیفیت محیط‌زیست می‌شود. بر اساس این نتایج، پیشنهاد شده است که منابع انرژی تجدیدناپذیر با انرژی‌های تجدیدپذیر جایگزین شوند و سیاست‌هایی برای محدود کردن مصرف انرژی تجدیدناپذیر و تشویق استفاده از انرژی تجدیدپذیر دنبال گردد. همچنین برنامه‌ریزی و هدف‌گذاری در توجه به شاخص‌های حکمرانی و حرکت به سوی حکمرانی خوب توسط حکومت، نهادهای دولتی و بخش خصوصی که می‌تواند موجب حرکت در مسیر توسعهٔ پایدار نیز شود.

عارفیان و همکاران (۱۳۹۹) در یک مطالعه، تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر و رشد اقتصادی بر انتشار کربن در کشورهای OECD بررسی شد و برای داده‌های سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ از روش پنل ور استفاده گردید. نتایج نشان داد که مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر رابطه‌ای مثبت و معنادار با افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن دارد، در حالی که رشد اقتصادی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، آزادی تجارت و توسعه مالی نقش مؤثری در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن و بهبود وضعیت محیط‌زیست ایفا می‌کنند.

پولات و چیل& Polat (Çil, 2025) در مقاله‌ای به بررسی فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی (EKC) تعدیل‌شده با شاخص توسعه انسانی در ۳۹ کشور نوآور در حوزه محیط‌زیست طی دوره زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۸ پرداختند. برخلاف مطالعات کلاسیک که رشد تولید ناخالص داخلی را به‌عنوان شاخص توسعه اقتصادی در نظر می‌گیرند، در این پژوهش شاخص توسعه انسانی (HDI) به‌عنوان معیار توسعه استفاده شده است. همچنین برای بررسی اعتبار فرضیه EKCاز دو شاخص انتشار آلاینده، یعنی انتشار متان و انتشار دی‌اکسیدکربن، استفاده گردید. روش‌شناسی پژوهش بر پایه مدل داده‌های تابلویی با اثرات ثابت و برآوردهای مقاوم و همچنین آزمون U قرار دارد. نتایج تجربی حاکی از وجود شواهد قوی مبنی بر رابطه U وارونه بین انتشار CO_2 و شاخص توسعه انسانی است، هرچند نتایج برای CH_4 ترکیبی و غیرقطعی بود. علاوه بر این، یافته‌ها نشان دادند که نوآوری‌های فناورانه مرتبط با محیط‌زیست رابطه منفی و معناداری با انتشار آلاینده‌ها دارند، که اهمیت ترویج فناوری‌های نوین در مقابله با گرمایش جهانی را برجسته می‌سازد.

شعبانی و همکاران (Shabani et al, 2025) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل پویای فضایی دوربین (Dynamic Spatial Durbin Model) به بررسی رابطه میان انرژی‌های تجدیدپذیر، حکمرانی خوب و انتشار دی‌اکسیدکربن در ۱۷۹ کشور طی دوره ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ پرداختند. نتایج این پژوهش علاوه بر تأیید فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی، نشان داد که حکمرانی خوب اثر منفی و معناداری بر انتشار CO_2 در داخل کشورها دارد، اما اثرات سرریز آن بر کشورهای همسایه مثبت و معنادار است. این یافته در راستای فرضیه پناهگاه آلودگی تفسیر می‌شود، به این معنا که بهبود حکمرانی در یک کشور موجب کاهش انتشار داخلی اما افزایش انتشار در کشورهای همسایه می‌شود. همچنین اثرات بلندمدت انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO_2 منفی برآورد شد و نتایج بیانگر آن است که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در یک کشور، از طریق الگوگیری و یادگیری، منجر به کاهش انتشار کربن در کشورهای همسایه نیز می‌شود.

ماوتور و همکاران (Mawutor et al, 2025) در پژوهشی به بررسی رابطه اقتصاد چرخشی و انتشار دی‌اکسیدکربن و همچنین شناسایی آستانه‌ای از کیفیت حکمرانی بر مدیریت محیط‌زیست در غنا با استفاده از رویکرد خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی (ARDL) طی دوره زمانی Q1 ۲۰۰۶ تا Q4 ۲۰۰۶ پرداختند. یافته‌ها نشان داد که اقتصاد چرخشی اثر مثبت و معناداری بر انتشار کربن دارد، اما متغیر تعاملی کیفیت حکمرانی تأثیری منفی و معنادار بر انتشار کربن بر جای می‌گذارد. این نتایج حاکی از آن است که برای کاهش انتشار کربن، وجود کیفیت بالای نهادی و حکمرانی کارآمد ضروری است. همچنین آستانه کیفیت حکمرانی ۱/۱۵۵ شناسایی شد که فراتر از آن، گذار به اقتصاد چرخشی منجر به کاهش انتشار کربن می‌شود.

رحمان و سلطانه (۲۰۲۴) در پژوهشی به بررسی رابطه بین توسعه انسانی و کیفیت محیط‌زیست در ۶۰ کشور با سطوح درآمدی پایین، پایین–متوسط و متوسط پرداختند. در این مطالعه نقش انرژی‌های تجدیدپذیر و برخی عوامل اقتصادی و نهادی نظیر تولید ناخالص داخلی، حاکمیت قانون، کیفیت مقررات و کنترل فساد نیز در این رابطه مورد بررسی قرار گرفت. برای تحلیل تجربی، از روش‌های گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)، اثرات ثابت و تصادفی استفاده شد و روابط بلندمدت بین متغیرها با بهره‌گیری از روش‌های حداقل مربعات معمولی کاملاً تعدیل‌شده (FMOLS) و حداقل مربعات معمولی

پویا (DOLS)برآورد گردید. نتایج قوی این مطالعه نشان‌دهنده وجود رابطه مبادله‌ای (Trade-off) بین توسعه انسانی و کیفیت محیط‌زیست در کشورهای منتخب است. همچنین شواهدی از وجود منحنی کوزنتس زیست‌محیطی بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست به دست آمد. یافته‌ها بیانگر آن است که اقدامات صورت‌گرفته برای ارتقای سطح توسعه انسانی، در این کشورها به افزایش انتشار CO_2 منجر شده است. با این حال، افزایش تقاضا برای انرژی‌های تجدیدپذیر، اجرای مؤثر حاکمیت قانون و بهبود کنترل فساد اثر کاهنده‌ای بر انتشار کربن داشته‌اند.

لایتائو (Leitão, 2024) در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر بر انتشار آلاینده‌ها با تمرکز بر شاخص توسعه انسانی، تجارت بین‌الملل، انرژی‌های تجدیدپذیر و سرمایه‌گذاری خارجی مستقیم (FDI) در کشورهای عضو گروه G7 طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ پرداخت. این مطالعه با بهره‌گیری از رویکردهای اقتصادسنجی متنوع شامل اثرات ثابت و تصادفی، مدل خطی تعمیم‌یافته (گاما)، مدل‌های هم‌انباشتگی پنلی مانند FMOLS و DOLS، مدل ARDL پنلی و رگرسیون‌های صدکی پنلی و با استناد به آزمون‌هایی نظیر ریشه واحد و هم‌انباشتگی، به تحلیل داده‌ها پرداخت. نتایج نشان داد که توسعه انسانی منجر به کاهش انتشار آلاینده‌ها می‌شود. همچنین، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر کیفیت هوا را بهبود داده و در کاهش تغییرات اقلیمی نقش مؤثری دارد. این یافته‌ها با فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی معکوس نیز هم‌خوانی دارد و بیانگر آن است که با ارتقای توسعه انسانی، پس از گذر از یک مرحله خاص، روند انتشار دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد.

مینه (Minh, 2023) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر توسعه انسانی بر انتشار CO_2 در ویتنام با استفاده از روش علیت گرنجر طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ پرداخت. نتایج نشان داد که هیچ رابطه علّی میان توسعه انسانی و انتشار CO_2 در ویتنام وجود ندارد، اما توسعه انسانی تأثیر مثبت و معناداری بر کاهش انتشار CO_2 داشته و در نتیجه، نقش مثبتی در حفاظت از محیط‌زیست ایفا می‌کند. این یافته با این توضیح تبیین شده است که با ارتقای توسعه انسانی، نیاز افراد به زندگی و سرمایه‌گذاری در محیطی پاک‌تر برای بهبود سلامت و رفاه افزایش می‌یابد.

بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که پژوهش‌های انجام‌شده را می‌توان از نظر رویکرد تحلیلی و روش‌شناختی در سه دسته کلی طبقه‌بندی کرد.

دسته نخست شامل مطالعاتی است که رابطه میان توسعه اقتصادی، توسعه انسانی و انتشار دی‌اکسیدکربن را با استفاده از الگوهای خطی و متعارف اقتصادسنجی بررسی کرده‌اند (مانند نیکخواه سرنقی و همکاران، ۱۴۰۱؛ رحمان و سلطانه، ۲۰۲۴؛ لایتائو، ۲۰۲۴ و مینه، ۲۰۲۳). این مطالعات عمدتاً از روش‌هایی نظیر GMM، اثرات ثابت و تصادفی، DOLS، FMOLS و ARDL استفاده کرده‌اند و به‌طور ضمنی فرض کرده‌اند که شدت و جهت اثر توسعه انسانی یا متغیرهای اقتصادی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در تمام کشورها و سطوح نهادی یکسان است. با وجود مزیت این رویکردها در کنترل پویایی متغیرها، ناتوانی آن‌ها در شناسایی تغییرات ساختاری و تفاوت رفتار کشورها در سطوح مختلف کیفیت نهادی، از مهم‌ترین محدودیت‌های آن‌ها محسوب می‌شود؛

دسته دوم شامل مطالعاتی است که نقش نهادها، حکمرانی و کیفیت نهادی را در تحلیل کیفیت محیط‌زیست وارد کرده‌اند (از جمله محمودی و دهمرده قلعه‌نو، ۱۴۰۰؛ ورهامی، ۱۴۰۲؛ شعبانی و همکاران، ۲۰۲۵ و ماوتور و همکاران، ۲۰۲۵). نتایج این گروه از مطالعات عموماً نشان می‌دهد که بهبود کیفیت حکمرانی موجب کاهش انتشار آلاینده‌ها می‌شود؛ با این حال، این مطالعات اغلب اثر مستقیم حکمرانی را بررسی کرده‌اند و کمتر به نقش تعدیل‌گر آن در تغییر رابطه میان توسعه انسانی و انتشار دی‌اکسیدکربن پرداخته‌اند؛

دسته سوم شامل مطالعاتی است که با استفاده از رویکردهای غیرخطی و آستانه‌ای تلاش کرده‌اند وابستگی نتایج به سطح متغیرهای نهادی را تبیین کنند (اعظمی و محجوبی، ۱۴۰۳ و بهرامی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۲). یافته‌های این مطالعات نشان می‌دهد که عبور از سطوح آستانه‌ای می‌تواند موجب تغییر جهت اثر متغیرها بر انتشار کربن شود؛ با این وجود، تمرکز این پژوهش‌ها عمدتاً بر توسعه مالی، تولید یا شاخص‌های کلان اقتصادی بوده و نقش آستانه‌ای حکمرانی در رابطه میان توسعه انسانی و انتشار دی‌اکسیدکربن همچنان کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین مرور نتایج مطالعات نشان‌دهنده نوعی ناهم‌گرایی و تناقض تجربی است؛ به‌گونه‌ای که برخی پژوهش‌ها توسعه انسانی را عامل افزایش انتشار کربن معرفی کرده‌اند (رحمان و سلطانه، ۲۰۲۴)، در حالی که برخی دیگر به اثر کاهنده توسعه انسانی بر انتشار آلاینده‌ها دست یافته‌اند (لایتائو، ۲۰۲۴ و مینه، ۲۰۲۳). این تفاوت نتایج می‌تواند ناشی از تفاوت در کیفیت نهادی، سطح توسعه کشورها و محدودیت الگوهای خطی در شناسایی رفتارهای غیرخطی باشد.

بر این اساس، خلأ اصلی پژوهش حاضر در دو بعد قابل طرح است: نخست، فقدان بررسی هم‌زمان توسعه انسانی و حکمرانی خوب در تبیین انتشار دی‌اکسیدکربن؛ و دوم، کمبود مطالعاتی که بتوانند تغییر جهت اثر توسعه انسانی را در سطوح متفاوت کیفیت نهادی شناسایی کنند. از این رو، پژوهش حاضر با ترکیب روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) و مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR)، تلاش می‌کند ضمن کنترل پویایی داده‌ها، نقش آستانه‌ای حکمرانی خوب را در رابطه میان شاخص توسعه انسانی و انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منتخب عضو اوپک بررسی کند.

۳. روش تحقیق

این پژوهش از لحاظ روش، علّی-تحلیلی و از نظر هدف، کاربردی بوده و روش جمع آوری اطلاعات نیز از نوع اسنادی-کتابخانه‌ای است، دوره مورد استفاده با توجه به داده‌های در دسترس، از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۲ با تواتر سالانه در نظر گرفته شده است. جامعه آماری این پژوهش شامل کشورهای منتخب عضو اوپک است که ۹ کشور را در بر می‌گیرد: الجزایر، آنگولا، جمهوری کنگو، گابن، ایران، عراق، لیبی، عربستان سعودی و امارات متحده عربی. به دلیل فقدان داده‌های لازم برای متغیرهای مورد بررسی، کشورهای گینه استوایی، کویت، نیجریه و ونزوئلا از مطالعه حذف شدند. متغیرهای کنترلی با هدف پوشش ابعاد اصلی مؤثر بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در کشورهای منتخب عضو اوپک انتخاب شده‌اند. بر این اساس، تنها سه متغیر کلیدی شامل رشد اقتصادی (به‌عنوان شاخصی از سطح فعالیت‌های تولیدی)، درجه باز بودن تجاری (به‌عنوان کانال انتقال کالاها و فناوری‌های انرژی‌بر) و مصرف انرژی (به‌عنوان اصلی‌ترین عامل مستقیم انتشار CO_2) در مدل لحاظ شده‌اند. سایر متغیرهای ساختاری نظیر رشد جمعیت، شهرنشینی و صنعتی‌شدن به دلیل همپوشانی بالا با متغیرهای کلان اقتصادی و جذب اثرات آن‌ها در ترکیب متغیرهای موجود، از مدل حذف شده‌اند. با توجه به ساختار داده‌های پانلی پژوهش (۹ کشور و دوره زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۲)، از دو رویکرد مکمل استفاده شد؛ به‌طوری‌که روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) با هدف کنترل درون‌زایی احتمالی میان متغیرها و مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR) برای بررسی روابط غیرخطی و شناسایی تغییر رژیم‌ها به‌کار گرفته شد. از مدل‌های میانگین گروهی (MG) و میانگین گروهی تلفیقی (PMG) استفاده نشد، زیرا هدف پژوهش

بر تحلیل اثر آستانه‌ای کیفیت حکمرانی و ناهمگنی ساختاری میان رژیم‌ها متمرکز بوده است. جدول (۱)، منبع استخراج متغیرهای وابسته و مستقل به‌کار رفته در این تحقیق را توصیف می‌کند.

جدول (۱): تعریف و منبع استخراج متغیرهای تحقیق

متغیر	تعریف	واحد متغیرها	منبع
CO_2	انتشار دی‌اکسیدکربن	(انتشار دی‌اکسیدکربن (تن معادل به ازای هر نفر))	(World Development Indicators) WDI https://data.worldbank.org
HDI	شاخص توسعه انسانی	شاخص ترکیبی شامل امید به زندگی، سطح آموزش و درآمد سرانه (عدد بین ۰ و ۱ بدون واحد اندازه‌گیری)	UNDP Human Development Reports Database (accessed 2025) https://ourworldindata.org
GG	حکمرانی خوب	(درصدی از واحدهای توزیع نرمال استاندارد است که بین محدوده ۲/۵- تا ۲/۵ قرار دارد)	(Worldwide Governance Indicators) WGI https://www.worldbank.org
GDP	رشد اقتصادی	(درصد تغییر تولید ناخالص داخلی سرانه)	(World Development Indicators) WDI https://data.worldbank.org
Trade	باز بودن تجارت	(سهم تجارت از تولید ناخالص داخلی (درصد))	(World Development Indicators) WDI https://data.worldbank.org
EC	مصرف انرژی	مصرف انرژی (کیلوگرم معادل نفت به ازای هر نفر)	(World Development Indicators) WDI https://data.worldbank.org

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در این پژوهش، شاخص حکمرانی خوب (GG) بر اساس داده‌های شاخص‌های حکمرانی جهانی بانک جهانی (WGI) محاسبه شده است. این شاخص از میانگین ساده شش بعد حکمرانی شامل حق اظهارنظر و پاسخگویی (Voice and Accountability)، ثبات سیاسی و نبود خشونت (Political Stability & Absence of Violence)، اثربخشی دولت (Government Effectiveness)، کیفیت مقررات (Regulatory Quality)، حاکمیت قانون (Rule of Law) و کنترل فساد (Control of Corruption)

استخراج شده است. مقدار این شاخص در بازه تقریبی ۲/۵- تا ۲/۵+ قرار دارد؛ به‌طوری‌که مقادیر بالاتر نشان‌دهنده کیفیت نهادی و حکمرانی مطلوب‌تر هستند.

به‌منظور ارائه تصویری کلی از ویژگی‌های اساسی متغیرهای مورد بررسی، جدول (۲) شاخص‌های منتخب آمار توصیفی این متغیرها را شامل میانگین، میانه، انحراف معیار، مقادیر حداقل و حداکثر و نحوه توزیع آن‌ها برای کشورهای منتخب عضو اوپک در دوره زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۲ با داده‌های سالانه، که با استفاده از نرم‌افزار Eviews13 محاسبه شده‌اند، نشان می‌دهد.

جدول (۲): شاخص‌های آماری استفاده شده برای کشورهای منتخب اوپک

Mean	Median	Maximum	Minimum	.Std. Dev	Observations	Variables
میانگین	میانه	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	مشاهدات	متغیرها
۷/۹۳۹۳۸۱	۴/۱۱۳۲۹۴	۲۶/۲۵۲۳۹	۰/۶۱۹۱۳۹	۷/۷۴۶۰۷۴	۱۸۹	
۰/۷۱۲۷۸۸	۰/۷۲۷۰۰۰	۰/۹۲۱۰۰۰	۰/۴۱۷۰۰۰	۰/۱۰۱۱۱۹	۱۸۹	HDI
-۰/۸۰۷۴۲۱	-۰/۹۱۵۰۴۱	۰/۶۶۶۰۵۹	-۱/۹۰۹۶۱۶	۰/۶۲۴۰۴۰	۱۸۹	GG
۰/۵۸۳۱۷۴	۰/۶۹۳۲۹۷	۹۱/۷۸۱۳۷	-۴۹/۱۲۷۸۶	۱۰/۸۶۳۴۶	۱۸۹	GDP
۸۶/۸۵۹۸۴	۷۹/۳۳۲۹۲	۱۸۸/۹۴۵۵	۳۹/۴۲۲۵۹	۳۵/۲۰۸۲۷	۱۸۹	Trade
۳۰۶۹/۹۳۱	۲۱۴۰/۱۱۶	۱۰۸۶۶/۲۵	۲۳۹/۲۴۰۰	۲۹۶۱/۲۱۰	۱۸۹	EC

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بررسی شاخص‌های توصیفی نشان می‌دهد که متغیرهای پژوهش از پراکندگی مناسبی برخوردار بوده و تفاوت قابل توجهی میان کشورهای مورد مطالعه وجود دارد؛ موضوعی که استفاده از روش‌های داده‌های پانلی را توجیه می‌کند. همچنین دامنه تغییرات متغیر حکمرانی خوب نشان دهنده وجود ناهمگنی نهادی میان کشورهای منتخب بوده که می‌تواند زمینه بروز رفتار آستانه‌ای در رابطه بین توسعه انسانی و انتشار دی‌اکسیدکربن را فراهم سازد. بنابراین، برآورد مدل PTR در این پژوهش نه به‌عنوان جایگزین GMM، بلکه به‌عنوان رویکرد مکمل برای بررسی وابستگی اثر توسعه انسانی به سطوح مختلف حکمرانی مورد استفاده قرار گرفته است.

۳-۱. توجیه انتخاب مدل آستانه‌ای پانلی (PTR) و متغیر آستانه

انتخاب مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR) در این پژوهش مبتنی بر محدودیت‌های مدل‌های خطی در تحلیل روابط میان متغیرهای اقتصادی و نهادی است. مدل‌های خطی مانند GMM اگرچه قادر به کنترل درون‌زایی و پویایی داده‌ها هستند، اما فرض می‌کنند که اثر متغیرهای توضیحی در تمامی سطوح متغیرهای نهادی ثابت است. این فرض در مطالعات توسعه–محیط‌زیست می‌تواند منجر به سوگیری در برآورد نتایج شود، زیرا اثر توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن به شدت وابسته به کیفیت نهادی کشورها است و این اثر در سطوح مختلف حکمرانی می‌تواند تغییر جهت دهد.

در مقابل، مدل PTR هانسن (۱۹۹۹) امکان شناسایی تغییر رژیم‌ها و شکست‌های ساختاری در رابطه بین متغیرها را فراهم می‌کند و به پژوهش اجازه می‌دهد تا اثرات متفاوت یک متغیر توضیحی را در سطوح مختلف متغیر آستانه‌ای به‌صورت جداگانه برآورد نماید. از این رو، این مدل نسبت به رویکردهای خطی، توانایی بالاتری در شناسایی روابط غیرخطی و ناهمگنی‌های پنهان دارد.

در این پژوهش، متغیر حکمرانی خوب (GG) به‌عنوان متغیر آستانه‌ای انتخاب شده است، زیرا بر اساس مبانی نظری و شواهد تجربی، کیفیت نهادی یکی از عوامل کلیدی تعیین‌کننده در تبدیل اثر توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن از حالت افزایشی به کاهشی است. به عبارت دیگر، این متغیر می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در تغییر رژیم رابطه میان توسعه و محیط‌زیست ایفا کند.

به‌منظور اطمینان از اعتبار آماری مقدار آستانه، از روش بوت‌استرپ (Bootstrap) در چارچوب آزمون هانسن (۱۹۹۹) استفاده شده است تا معناداری وجود آستانه و کفایت تفکیک رژیم‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج این آزمون نشان‌دهنده وجود یک مقدار آستانه معنادار برای شاخص حکمرانی خوب بوده است که مبنای تفکیک رژیم‌های خطی و غیرخطی در مدل تحقیق قرار گرفته است.

۴. نتایج و بحث

این پژوهش برای برآورد مدل‌ها از دو رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) و رگرسیون آستانه‌ای پانل (PTR) بهره گرفته است.

انتخاب روش GMM به دلیل توانایی آن در کاهش مشکلاتی نظیر هم‌خطی و تورش احتمالی در

داده‌های پانلی بوده است. از آنجا که متغیر انتشار دی‌اکسیدکربن ممکن است به مقادیر گذشته خود وابستگی داشته و ساختاری پویا را نشان دهد، این روش توانسته است ویژگی پویایی مدل را به‌خوبی پوشش دهد. علاوه بر این، GMM به‌طور ویژه برای مدل‌هایی که متغیرهای تأخیری دارند مناسب است، زیرا می‌تواند همبستگی بین متغیر وابسته و خطاها را کنترل کرده و تخمین‌هایی سازگار و کارا ارائه دهد. بر همین اساس، با توجه به ویژگی‌های داده‌ها و ساختار مدل، استفاده از این روش باعث شده است که نتایج از اعتبار و دقت بیشتری برخوردار باشند.

در کنار آن، برای بررسی روابط غیرخطی بین شاخص توسعه انسانی و انتشار دی‌اکسیدکربن با در نظر گرفتن نقش حکمرانی خوب به‌عنوان یک متغیر آستانه‌ای، از مدل رگرسیون آستانه‌ای پانل (PTR) استفاده شده است. این رویکرد داده‌ها را به دو یا چند رژیم تفکیک می‌کند که مرز آن‌ها بر اساس مقدار بهینه متغیر آستانه‌ای تعیین می‌شود. اهمیت این مدل زمانی آشکار می‌شود که فرض شود رابطه بین توسعه انسانی و انتشار دی‌اکسیدکربن بسته به سطح حکمرانی خوب متفاوت است؛ به‌گونه‌ای که در سطوح بالاتر حکمرانی خوب، توسعه انسانی می‌تواند منجر به کاهش انتشار شود، اما در سطوح پایین‌تر، ممکن است اثر معکوس داشته باشد. استفاده از PTR این امکان را فراهم می‌کند که اثرات متغیرهای توضیحی در رژیم‌های مختلف به‌طور جداگانه بررسی شده و ناهمگونی موجود در داده‌ها به شکل مؤثری تحلیل گردد. مدل‌های این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار Stata 17 تخمین زده شده است.

تخمین GMM از طریق استفاده از ماتریسی شامل متغیرهای ابزاری انجام می‌شود که با متغیرهای درون‌زا همبستگی دارند، اما با اجزای خطای مدل همبستگی ندارند (حاج امینی و فلاحی (Hajamini and Falahi)، ۲۰۱۸). این روش باعث می‌شود که مسئله درون‌زایی در مدل کنترل شده و اطمینان از قابلیت اعتماد نتایج تخمین حاصل گردد:

$$CO_{2_{it}} = \beta_0 + \beta_1 CO_{2_{it-1}} + \beta_2 HDI_{it} + \beta_3 GG_{it} + \beta_4 GDP_{it} + \beta_5 Trade_{it} + \beta_6 EC_{it} + e_{it} \quad (۲)$$

در معادله ۲، انتشار دی‌اکسیدکربن متغیر وابسته است که با یک وقفه، به‌عنوان جزء پویای مدل در برآورد GMM لحاظ شده است. شاخص توسعه انسانی متغیر مستقل و برداری از متغیرهای حکمرانی خوب، رشد اقتصادی، باز بودن تجارت و مصرف انرژی با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته مورد بررسی قرار می‌گیرند. انتخاب متغیرها بر اساس مطالعات رحمان و سلطانه (۲۰۲۴)، صورت گرفته است.

با توجه به تأثیر متفاوت شاخص توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن و نقش کلیدی حکمرانی خوب در بهینه‌سازی اثرگذاری این شاخص، از مدل رگرسیون پانلی با آستانه (PTR) ارائه شده توسط هانسن (۱۹۹۹) برای شناسایی وجود متغیر آستانه‌ای (GG) در مدل تحقیق استفاده شد. این روش امکان بررسی نقش حکمرانی خوب در تأثیر شاخص توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن کشورهای منتخب عضو اوپک را فراهم می‌کند. در صورت وجود مقدار آستانه‌ای برای متغیر (GG)، می‌توان اثر شاخص توسعه انسانی (HDI) بر CO_2 را در سطوح مختلفGG ، یعنی قبل و بعد از مقدار آستانه، تحلیل کرد. این رویکرد امکان بررسی دقیق‌تر اثر HDI بر CO_2 را فراهم می‌آورد، که در تخمین GMM به‌طور مستقیم میسر نیست. علاوه بر این، تخمین مقدار متغیر آستانه‌ای (GG) در داده‌های تابلویی معمولاً نتایجی قابل اعتمادتر نسبت به داده‌های سری زمانی یا مقطعی ارائه می‌دهد (حاج امینی و فلاحی، ۲۰۱۸). بنابراین، در این پژوهش، ترکیبی از تخمین GMM و مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR) به‌کار گرفته شده است، به ویژه در شرایطی که تعداد کشورها (N) کمتر از طول دوره زمانی (T) باشد. در صورتی که یک آستانه (λ) شناسایی شود، مدل معادله آن به شکل زیر خواهد بود:

$$CO_{2_{it}} = \alpha + \delta_1 HDI_{it} I(GG_{it} \leq \lambda) + \delta_2 HDI_{it} I(GG_{it} > \lambda) + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (۳)$$

در معادله ۳، λ بیانگر مقدار متغیر آستانه‌ای (GG) بوده و X مجموعه متغیرهای کنترلی را نشان می‌دهد. چنانچه مدل شامل دو مقدار آستانه‌ای (λ1 و λ2) باشد، ساختار آن به‌صورت معادله زیر قابل بیان است:

$$CO_{2_{it}} = \alpha + \delta_1 HDI_{it} I(GG_{it} \leq \lambda_1) + \delta_2 HDI_{it} I(\lambda_1 < GG_{it} \leq \lambda_2) + \delta_3 HDI_{it} I(GG_{it} > \lambda_2) + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (٤)$$

در معادله ۴، λ1 و λ2 به‌عنوان مقادیر متغیر آستانه‌ای (GG) تعریف شده‌اند و X بیانگر مجموعه متغیرهای کنترلی است. در صورتی که مدل از چند آستانه (آستانه j) برخوردار باشد، فرم کلی آن را می‌توان به‌صورت معادله زیر نمایش داد:

$$CO_{2_{it}} = \alpha + \delta_1 HDI_{it} I(GG_{it} \leq \lambda_1) + \sum_{j=2}^{j=1} \delta_2 HDI_{it} I(\lambda_{j-1} < GG_{it} \leq \lambda_j) + \delta_3 HDI_{it} I(GG_{it} > \lambda_j) + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (۵)$$

در معادله ۵، λj (آستانه‌های j) مقادیر متغیر آستانه‌ای (GG) و X نشان‌دهندهٔ متغیرهای کنترلی است.

۴-۱. آزمون مانایی متغیرها

در این مطالعه، به‌منظور جلوگیری از بروز رگرسیون کاذب و اطمینان از پایایی متغیرها، از آزمون‌های ریشه واحد برای داده‌های تلفیقی سری زمانی و مقطعی استفاده شده است. این آزمون‌ها شامل آزمون لوین، لین و چو(LLC) ، آزمون ایم، پسران و شین (IPS) و آزمون فیشر - دیکی فولر (ADF) می‌باشند. استفاده از این سه آزمون به پژوهش کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود که متغیرها دارای مانایی لازم برای تحلیل‌های بعدی هستند.

جدول (۳): آزمون‌های ریشه واحد

متغیرها	آزمون‌های ریشه واحد پانل	مقدار آماره و احتمال	
		مقدار آماره	سطح احتمال
	آزمون لوین، لین و چو (LLC)	-۲/۸۹۱۲۲	۰/۰۰۱۹
	آزمون ایم، پسران و شین (IPS)	-۴/۶۸۲۲۰	۰/۰۰۰۰
	آزمون فیشر- دیکی فولر (ADF)	-۴/۶۶۹۷۱	۰/۰۰۰۰
HDI	آزمون لوین، لین و چو (LLC)	-۳/۰۷۸۷۶	۰/۰۰۱۰
	آزمون ایم، پسران و شین (IPS)	-۳/۸۹۰۱۹	۰/۰۰۰۱
	آزمون فیشر- دیکی فولر (ADF)	-۳/۸۴۷۶۵	۰/۰۰۰۱
GG	آزمون لوین، لین و چو (LLC)	-۳/۳۸۰۰۷	۰/۰۰۰۴
	آزمون ایم، پسران و شین (IPS)	-۵/۲۰۵۲۷	۰/۰۰۰۰
	آزمون فیشر- دیکی فولر (ADF)	-۵/۲۸۲۹۰	۰/۰۰۰۰
GDP	آزمون لوین، لین و چو (LLC)	-۶/۷۱۵۲۳	۰/۰۰۰۰
	آزمون ایم، پسران و شین (IPS)	-۶/۶۸۵۸۳	۰/۰۰۰۰
	آزمون فیشر- دیکی فولر (ADF)	-۵/۸۱۸۴۹	۰/۰۰۰۰
Trade	آزمون لوین، لین و چو (LLC)	-۳/۸۰۸۸۰	۰/۰۰۰۱
	آزمون ایم، پسران و شین (IPS)	-۱/۸۰۲۶۳	۰/۰۳۵۷
	آزمون فیشر- دیکی فولر (ADF)	-۵/۱۷۶۲۵	۰/۰۰۰۰
EC	آزمون لوین، لین و چو (LLC)	-۶/۵۴۹۲۸	۰/۰۰۰۰
	آزمون ایم، پسران و شین (IPS)	-۶/۴۱۲۴۲	۰/۰۰۰۰
	آزمون فیشر- دیکی فولر (ADF)	-۶/۳۰۰۹۵	۰/۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس جدول (۳) و نتایج آزمون‌های انجام شده برای متغیرهای کشورهای مورد مطالعه، مشخص شد که تمامی متغیرها مانا هستند. به عبارت دیگر، فرض صفر مبنی بر وجود ریشه واحد در متغیرهای پژوهش در سطح معناداری مورد بررسی، رد شده است.

۴-۲. آزمون هم‌انباشتگی

برای بررسی وجود رابطه بلندمدت میان متغیرهای مدل، از آزمون‌های هم‌انباشتگی در داده‌های پانلی استفاده شده است. در ادبیات اقتصادسنجی، آزمون‌هایی مانند کائو (Kao)، پدرونی (Pedroni) وفیشر (Fisher) ازرایج‌ترین روش‌ها برای بررسی هم‌انباشتگی محسوب می‌شوند. با این حال، به دلیل محدودیت‌های ساختاری داده‌ها و همچنین تعداد متغیرهای وارد شده در مدل، اجرای آزمون پدرونی در این پژوهش امکان‌پذیر نبود. همچنین آزمون فیشر به دلیل محدودیت در ابعاد نمونه و ناهمسانی ساختار داده‌ها قابلیت اجرا نداشت. با توجه به این محدودیت‌ها و در راستای افزایش دقت نتایج، از آزمون کائو به‌عنوان آزمون پایه هم‌انباشتگی استفاده شد. علاوه بر این، با توجه به احتمال وجود وابستگی مقطعی میان کشورهای عضو اوپک، استفاده از رویکردهای نسل دوم آزمون‌های پانلی در ادبیات اقتصادسنجی توصیه می‌شود که نسبت به ناهمگنی و وابستگی مقطعی مقاوم‌تر هستند. در این راستا، آزمون کائو به‌عنوان یکی از آزمون‌های مبتنی بر رویکرد تصحیح‌شده، به‌کار گرفته شد که در شرایط وجود همبستگی مقطعی نیز نتایج قابل اتکاتری ارائه می‌دهد. این آزمون امکان بررسی وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای تحقیق را فراهم می‌سازد. با توجه به احتمال وجود وابستگی مقطعی میان کشورهای عضو اوپک، نتایج آزمون کائو به‌عنوان یک آزمون پایه و در کنار نتایج آزمون مانایی، نشان‌دهنده وجود رابطه تعادلی بلندمدت میان متغیرها است. از آنجا که هدف پژوهش بررسی روابط ساختاری و غیرخطی بوده است، وجود هم‌انباشتگی به‌عنوان شرط کفایت برای جلوگیری از رگرسیون کاذب تأیید می‌شود.

جدول (۴): نتایج آزمون هم‌انباشتگی کائو

نام آزمون	Prob	t-statistic
آزمون هم‌انباشتگی کائو	۰/۰۰۰۹	-۳/۱۲۵۴۸۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد، مقدار آماره t برابر با ۳/۱۲۵۴۸۱- و سطح احتمال ۰/۰۰۰۹ بوده که بیانگر رد فرض صفر مبنی بر عدم وجود هم‌انباشتگی است. بنابراین، وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل تأیید می‌شود و نتایج برآوردها از احتمال رگرسیون کاذب مصون هستند.

۴-۳. برآورد مدل تحقیق

۴-۳-۱. روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)

برای بررسی انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منتخب عضو اوپک، از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) که توسط آرنالو و باند (۱۹۹۱) پیشنهاد شده است، استفاده می‌شود. در این پژوهش از روش GMM سیستمی (System GMM) استفاده شده است، زیرا در مدل‌های پویا با N کوچک و T متوسط، کارایی بالاتری نسبت به Difference GMM دارد. این روش امکان کنترل مسائل درون‌زایی در مدل را فراهم می‌کند و هم‌زمان به اطمینان از استحکام و قابل اعتماد بودن نتایج کمک می‌نماید. درون‌زایی زمانی ایجاد می‌شود که متغیرهای توضیحی با اجزای خطای مدل همبستگی داشته باشند؛ این متغیرها به‌عنوان متغیرهای درون‌زا شناخته می‌شوند. به‌منظور اطمینان از اعتبار نتایج برآورد GMM، آزمون‌های تشخیصی شامل آزمون سارگان برای اعتبار ابزارها و آزمون‌های خودهمبستگی آرلانو–باند AR(1) و AR(2) گزارش و بررسی شدند. نتایج این آزمون‌ها نشان می‌دهد که ابزارهای مورد استفاده معتبر بوده و مشکل خودهمبستگی مرتبه دوم در مدل وجود ندارد. نتایج تخمین متغیرهای مورد بررسی در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول (۵): نتایج برآورد مدل با روش GMM

متغیرهای تحقیق	نماد متغیرها	مقدار آماره و احتمال		
		ضریب	z مقدار آماره	سطح احتمال
انتشار دی‌اکسیدکربن (با یک وقفه)	CO_2	۰/۸۸۵۵۵۷۸	۳۰/۹۳	۰/۰۰۰
شاخص توسعه انسانی	HDI	-۰/۶۳۱۹۲۶۲	-۲/۷۱	۰/۰۰۷

حکمرانی خوب	GG	-۰/۱۷۶۴۶۳۷	-۲/۱۴	۰/۰۳۲
رشد اقتصادی	GDP	۰/۰۲۶۹۶۱۸	۱۱/۰۳	۰/۰۰۰
باز بودن تجارت	Trade	۰/۰۰۲۱۹۹۹	۱/۹۹	۰/۰۴۶
مصرف انرژی	EC	۰/۰۰۰۳۲۷۸	۳/۸۷	۰/۰۰۰
F statistics			۱۱۸۴۰۶/۶۱	
Prob			۰/۰۰۰۰	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ضرایب به‌دست‌آمده از آزمون GMM، در جدول (۵) را می‌توان به صورت زیر تفسیر کرد:

ضریب متغیر وابسته با یک وقفه نشان می‌دهد که انتشار دی‌اکسیدکربن دارای پویایی درونی بالایی است؛ به‌گونه‌ای که مقدار آن در دوره گذشته اثر مثبت و قابل توجهی بر مقدار فعلی دارد. به عبارت دیگر، افزایش یک درصدی در انتشار دی‌اکسیدکربن در دوره قبل، منجر به افزایش حدود ۰/۸۸ درصدی در دوره جاری می‌شود که بیانگر ماهیت انباشتی انتشار آلاینده‌ها در طول زمان است. در میان متغیرهای توضیحی، شاخص توسعه انسانی اثر منفی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد؛ به‌طوری‌که افزایش یک واحد در این شاخص، انتشار دی‌اکسیدکربن را حدود ۰/۶۳ واحد کاهش می‌دهد. همچنین حکمرانی خوب نیز اثر کاهنده بر انتشار دارد (۰/۱۷ واحد کاهش به ازای یک واحد افزایش در GG). در مقابل، رشد اقتصادی اثر مثبت بر انتشار دارد، به‌گونه‌ای که افزایش آن موجب افزایش ۰/۰۲ واحدی انتشار می‌شود. (۰/۰۰۲ واحد افزایش)، و در نهایت مصرف انرژی نیز اثر مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد (۰/۰۰۰۳ واحد افزایش).

۴-۳-۲. آزمون سارگان

آزمون سارگان یکی از روش‌های متداول برای بررسی اعتبار و کفایت متغیرهای ابزاری در تخمین‌های مبتنی بر روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) است. این آزمون پس از برآورد مدل اجرا شده و بررسی می‌کند که آیا ابزارهای مورد استفاده با جمله خطای مدل همبستگی ندارند یا خیر. در صورت عدم

معناداری آماره آزمون، فرض صفر مبنی بر معتبر بودن ابزارها پذیرفته می‌شود؛ در غیر این صورت، ابزارها نامعتبر تلقی خواهند شد. نتایج این آزمون در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول (۶): نتایج آزمون سارگان

نوع آزمون	مقدار آماره	سطح احتمال
آزمون سارگان	۲۱۷/۳۷۵۳	۰/۱۱۰۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج جدول (۶) مقدار آماره سارگان در مدل برابر با ۲۱۷/۳۷۵۳ و سطح معناداری آن ۰/۱۱۰۲ است. با توجه به مقدار احتمال به‌دست‌آمده (بزرگ‌تر از سطح خطای ۵ درصد)، فرض صفر مبنی بر معتبر بودن ابزارهای مورد استفاده در مدل رد نمی‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ابزارهای به‌کار رفته در تخمین مدل GMM از اعتبار لازم برخوردار بوده و به درستی انتخاب شدند.

۴-۳-۳. آزمون خودهمبستگی

به‌منظور بررسی اعتبار ساختار پویای مدل و کنترل وجود خودهمبستگی در جملات اخلال، از آزمون آرلانو-باند (Arellano–Bond) استفاده شد. در این آزمون، فرض صفر (H0) بیانگر عدم وجود خودهمبستگی در جملات اخلال تفاضل‌گیری‌شده است. در چارچوب روش GMM، معیار اصلی اعتبار مدل، عدم وجود خودهمبستگی مرتبه دوم ((AR(2)) است.

جدول (۷): نتایج آزمون خودهمبستگی آرلانو- باند

مرتبه خودهمبستگی	مقدار آماره Z	مقدار احتمال (P-Value)
(AR(1	-۱/۱۵۱	۰/۲۲۶۷۴
(AR(2	-۰/۸۷۶۳۸	۰/۴۰۳۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج جدول (۷)، مقدار احتمال آزمون AR(2) برابر با ۰/۴۰۳۹ بوده که بزرگ‌تر از سطح

خطای ۵درصد است؛ بنابراین فرض صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی مرتبه دوم رد نمی‌شود. از آنجا که نبود خودهمبستگی مرتبه دوم یکی از شروط اصلی اعتبار برآورد GMM محسوب می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که ساختار مدل از نظر پویایی مناسب بوده و ابزارهای مورد استفاده قابلیت اتکای لازم را دارند.

۴-۳-۴. مدل رگرسیون آستانه‌ای

مدل رگرسیون آستانه‌ای (PTR) یکی از روش‌های پیشرفته برای شناسایی روابط غیرخطی و تغییر رژیم در داده‌های پانلی است که بر اساس آن، اثر متغیرهای توضیحی در سطوح مختلف یک متغیر آستانه‌ای متفاوت خواهد بود. در این پژوهش، پیش از برآورد مدل، مناسب بودن متغیر حکمرانی خوب (GG) به‌عنوان متغیر آستانه‌ای از طریق آزمون‌های آماری معتبر مورد بررسی قرار گرفته است.

در گام نخست، آزمون وجود اثر آستانه‌ای با استفاده از روش بوت‌استرپ هانسن (۱۹۹۹) انجام شد و نتایج آن در جداول (۸) و (۹) ارائه شده است.

جدول (۸): برآورد مقدار آستانه‌ای (سطح=۹۵)

نوع مدل	مقدار آستانه	حد پایین	حد بالا
تک آستانه	-۰/۰۳۲۰	-۰/۲۰۷۸	۰/۴۳۸۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۹): آزمون اثر مقدار آستانه‌ای

Prob	F- stat	RSS	Threshold
۰/۰۰۰۰	۹۸/۸۳	۷۲/۵۱۴۴	Single

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مطابق نتایج جدول (۸)، مقدار آستانه برابر با ۰/۰۳۲۰- بوده و در بازه اطمینان ۹۵ درصدی (۰/۲۰۷۸- و ۰/۴۳۸۲) قرار دارد که بیانگر پایداری و معناداری آماری نقطه شکست است. با توجه به اینکه شاخص WGI در بازه استاندارد ۲/۵- تا ۲/۵+ تعریف می‌شود، این مقدار در محدوده نزدیک

به مرکز توزیع قرار گرفته و بیانگر آن است که عبور از سطوح پایین حکمرانی به سطوح متوسط و بالاتر می‌تواند جهت اثر توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن را تغییر دهد. بر این اساس، کشورهایی با مقادیر کمتر از آستانه در رژیم حکمرانی ضعیف‌تر و کشورهای بالاتر از آستانه در رژیم حکمرانی قوی‌تر طبقه‌بندی شده‌اند. همچنین نتایج جدول (۹) نشان داد فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود اثر آستانه‌ای رد می‌شود و وجود یک آستانه معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید می‌گردد (F = 98.83, Prob = 0.0000). این نتیجه بیانگر آن است که استفاده از مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR) از کفایت تجربی بالاتری نسبت به مدل‌های خطی برخوردار است.

در ادامه، با تأیید وجود اثر آستانه‌ای، مدل تحقیق بر اساس تفکیک دو رژیم «زیر آستانه» و «بالای آستانه» برآورد شده و نتایج آن در جدول (۱۰) ارائه شده است.

جدول (۱۰): تخمین مدل با در نظر گرفتن سطح آستانه‌ای

متغیرهای تحقیق	نماد متغیرها	مقدار آماره و احتمال		
		مقدار آماره t	ضریب	سطح احتمال
رشد اقتصادی	GDP	۱/۵۹	۰/۰۰۶۹۹۳۷	۰/۱۱۴
باز بودن تجارت	Trade	۲/۹۲	۰/۰۰۸۸۱۷۴	۰/۰۰۴
مصرف انرژی	EC	۶/۷۲	۰/۰۰۰۹۶۷۷	۰/۰۰۰
cat#c.ge				
HDI (GG ≤0320/0-)	0	۳/۵۲	۵/۹۴۸۳۲	۰/۰۰۱
HDI (GG>0320/0-)	1	-۱۰/۵۴	-۴۸/۹۷۲۱۷	۰/۰۰۰
F آماره (۸/۱۷۵)			۷۹/۳۱	۰/۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول ۱۰ بیان می‌کند که؛ اثر شاخص توسعه انسانی (HDI) در دو رژیم از نظر علامت، اندازه و تفسیر اقتصادی متفاوت است؛ به‌گونه‌ای که در رژیم اول (GG ≤۰/۰۳۲۰-) اثر HDI بر انتشار دی‌اکسیدکربن مثبت و معنادار است و افزایش یک واحد در HDI موجب افزایش حدود ۵/۹۴ واحدی در انتشار CO_2 می‌شود. این نتیجه نشان می‌دهد که در سطوح پایین حکمرانی، بهبود توسعه انسانی

عمدتاً از مسیر افزایش فعالیت‌های اقتصادی و مصرف انرژی به افزایش انتشار منجر می‌شود. در این شرایط، ضعف نهادی و فناورانه مانع از هدایت رشد به سمت فناوری‌های پاک شده و اثر مقیاس بر اثر تکنیکی غلبه می‌کند. این نتیجه را می‌توان از منظر ساختاری اقتصاد کشورهای با حکمرانی ضعیف توضیح داد. در این کشورها، ارتقای شاخص توسعه انسانی عمدتاً از مسیر افزایش درآمد سرانه، گسترش فعالیت‌های تولیدی و رشد مصرف انرژی حاصل می‌شود، در حالی که زیرساخت‌های نهادی و فناورانه لازم برای کنترل آلودگی به اندازه کافی توسعه نیافته‌اند. به بیان دیگر، در این مرحله، رشد آموزش و سلامت و درآمد، به جای حرکت به سمت فناوری‌های پاک، بیشتر به افزایش تقاضای انرژی‌های فسیلی و توسعه صنایع آلاینده منجر می‌شود. بنابراین، اثر مقیاس فعالیت‌های اقتصادی بر اثر تکنیکی غلبه کرده و نتیجه نهایی، افزایش انتشار CO_2 است.

در مقابل، در رژیم دوم ($GG>-۰/۰۳۲۰$) اثر HDI در انتشار دی‌اکسیدکربن منفی و معنادار است؛ به‌طوری‌که افزایش یک واحد در HDI موجب کاهش حدود ۴۸/۹۷ واحد در انتشار CO_2 می‌شود. این اختلاف در علامت و شدت اثر نشان می‌دهد که در سطوح بالاتر حکمرانی، توسعه انسانی از طریق ارتقای کیفیت نهادی، افزایش آگاهی زیست‌محیطی و گسترش فناوری‌های پاک به کاهش انتشار منجر می‌شود. این تفاوت نه‌تنها از نظر علامت بلکه از نظر شدت اثر نیز بسیار قابل توجه است؛ به‌طوری‌که اثر منفی HDI در رژیم بالای آستانه به‌مراتب قوی‌تر از اثر مثبت آن در رژیم پایین آستانه است. این موضوع بیانگر وجود یک تغییر ساختاری قاطع در رفتار متغیر توسعه انسانی نسبت به کیفیت حکمرانی است.

در مورد متغیرهای کنترلی نیز نتایج نشان می‌دهد رشد اقتصادی در هر دو رژیم اثر مثبت اما غیرمعنادار بر انتشار دارد. در مقابل، باز بودن تجارت اثر مثبت و معنادار ۰/۰۰۸ درصد و مصرف انرژی اثر مثبت و معنادار ۰/۰۰۰۹ بر انتشار CO_2 دارد. در مجموع، نتایج مدل آستانه‌ای نشان می‌دهد که اثر HDI به‌شدت وابسته به سطح حکمرانی بوده و تغییر رژیم موجب تغییر کامل جهت اثر آن می‌شود؛ به‌طوری‌که نتایج به‌دست‌آمده هم‌راستا با فرضیه تغییر رژیم در چارچوب مدل PTR و مبانی نظری تحقیق است.

۵. نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مطالعه بررسی تأثیر حکمرانی خوب بر رابطه شاخص توسعه انسانی با انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منتخب عضو اوپک در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۲ با داده‌های سالانه است. برای آزمون فرضیات پژوهش، با توجه به طول دوره ۲۰ ساله و وجود داده‌های مقطعی برای کشورهای منتخب عضو اوپک، از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)و مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR) استفاده شد. همچنین، چهار کشور به دلیل نبود داده‌های مورد نیاز از تحلیل حذف گردیدند. لازم به ذکر است که نتایج این پژوهش به دلیل ساختار داده‌ها و تمرکز بر کشورهای منتخب عضو اوپک، صرفاً در چارچوب همین کشورها و با توجه به سطح حکمرانی و ویژگی‌های نهادی آن‌ها قابل استناد بوده و قابلیت تعمیم به سایر کشورها بدون احتیاط روش‌شناختی ندارد. نتایج حاصل از روش GMM نشان داد که شاخص توسعه انسانی تأثیری منفی و معنادار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد؛ این یافته با نتایج لایتائو (۲۰۲۴) و مینه (۲۰۲۳) همسو است، اما با نتایج رحمان و سلطانه (۲۰۲۴) مغایرت دارد.

در مقابل، مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR) نشان داد که شاخص توسعه انسانی در سطوح پایین‌تر از حد آستانه‌ای حکمرانی خوب (GG) تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار دی‌اکسیدکربن و در سطوح بالاتر تأثیر منفی و معناداری دارد. بنابراین کشورهایی که حکمرانی خوب آن‌ها در رژیم زیر آستانه قرار می‌گیرند، شاخص توسعه انسانی اثری مثبت و معنادار بر انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است که نشان می‌دهد ارتقاء HDI در شرایط حکمرانی ضعیف، عمدتاً با افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، توسعه زیرساخت‌های پرمصرف و رشد صنعتی وابسته به کربن همراه است و منجر به افزایش انتشار می‌شود. در مقابل، کشورهایی که حکمرانی خوب آن‌ها در رژیم بالای آستانه قرار می‌گیرند، شاخص توسعه انسانی اثری منفی و معنادار بر انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است که حاکی از آن است که در شرایط حکمرانی قوی، بهبود توسعه انسانی همراه با ارتقاء کیفیت نهادی، سرمایه‌گذاری را به سمت فناوری‌های پاک هدایت کرده، بهره‌وری انرژی را ارتقاء می‌دهد و با اجرای سیاست‌های محیط‌زیستی مؤثر، انتشار کربن را کاهش می‌دهد. این نتایج با فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی هم‌خوانی دارد؛ به این معنا که در مراحل اولیه توسعه (به‌ویژه در رژیم زیر آستانه)، رشد توسعه انسانی با افزایش انتشار همراه است، اما پس از عبور از سطح معینی از کیفیت حکمرانی و توسعه نهادی، روند معکوس شده و توسعه انسانی به

کاهش انتشار منجر می‌شود. با بررسی حکمرانی خوب در کشورهای مورد بررسی می‌توان بیان کرد که همه کشورهای منتخب اوپک به جز امارات متحده عربی در رژیم زیر آستانه قرار دارند. این امر بیانگر آن است که کیفیت حکمرانی در این کشورها هنوز به حدی نرسیده که اثر کاهنده توسعه انسانی بر انتشار کربن فعال شود؛ بنابراین، ارتقاء حکمرانی و اصلاح نهادی، پیش‌شرط ضروری برای تحقق بخش نزولی منحنی کوزنتس در این کشورهاست. این یافته در راستای نتایج ورهامی (۱۴۰۲)، نیکخواه سرنقی و همکاران (۱۴۰۱) و محمودی و دهمرده قلعه‌نو (۱۴۰۰) است. اما بر خلاف نتایج لایتائو (۲۰۲۴) و عارفیان و همکاران (۱۳۹۹) است.

در خصوص متغیر باز بودن تجارت، نتایج حاصل از هر دو روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) و مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR) نشان داد که این متغیر تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. این یافته حاکی از آن است که افزایش سطح تجارت با سایر کشورها، علی‌رغم مزایای اقتصادی، می‌تواند منجر به افزایش مصرف انرژی و در نتیجه افزایش انتشار آلاینده‌ها شود. این نتیجه با فرضیه پناهگاه آلودگی هم‌خوانی دارد، که بیان می‌کند کشورهایی با باز بودن بیشتر تجارت ممکن است صنایع آلاینده و پرمصرف را جذب کرده یا تولیدات خود را به سمت بازارهای جهانی افزایش دهند و در نتیجه فشارهای زیست‌محیطی تشدید شود. علاوه بر این، نتایج مدل PTR نشان داد که اثر مثبت باز بودن تجارت بر انتشار دی‌اکسیدکربن در تمام رژیم‌ها (زیر و بالای آستانه حکمرانی خوب) مشاهده می‌شود، که بیانگر این است که حتی در شرایط حکمرانی قوی، گسترش تجارت به دلیل رشد فعالیت‌های اقتصادی و افزایش جریان کالا و انرژی، همچنان باعث افزایش انتشار کربن می‌گردد. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که برای کشورهای عضو اوپک، ادغام اقتصاد با تجارت جهانی باید هم‌زمان با سیاست‌های محیط‌زیستی و مدیریت انرژی صورت گیرد تا اثرات منفی زیست‌محیطی آن کاهش یابد. در خصوص متغیر مصرف انرژی، نتایج حاصل از هر دو روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) و مدل رگرسیون آستانه‌ای پانلی (PTR) نشان داد که این متغیر تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. این یافته نشان می‌دهد که افزایش مصرف انرژی، به ویژه انرژی‌های فسیلی، مستقیماً باعث افزایش انتشار CO_2 می‌شود و فشارهای زیست‌محیطی را تشدید می‌کند. همچنین، تحلیل مدل PTR بیانگر این است که اثر مثبت مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در تمام رژیم‌های حکمرانی (زیر و بالای

آستانه) مشاهده می‌شود، که نشان می‌دهد حتی در شرایط حکمرانی خوب، بدون جایگزینی فناوری‌های پاک و بهینه‌سازی مصرف انرژی، افزایش مصرف انرژی همچنان اثر مستقیمی بر انتشار کربن دارد. این یافته با نتایج محمودی و دهمرده قلعه‌نو (۱۴۰۰) و عارفیان و همکاران (۱۳۹۹) هم‌خوانی دارد و تأکید می‌کند که کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن نیازمند سیاست‌های کارآمد در حوزه انرژی، ارتقاء بهره‌وری انرژی و ترویج منابع انرژی پاک است.

شایان ذکر است که یافته‌های این پژوهش، با توجه به ساختار مدل، ویژگی نمونه آماری و تمرکز بر کشورهای منتخب عضو اوپک، صرفاً در چارچوب همین کشورها و در دوره زمانی مورد بررسی قابل تفسیر و استناد است. با وجود مزایای روش‌های مورد استفاده در این پژوهش، برخی محدودیت‌های روش‌شناختی نیز وجود دارد. نخست، تعداد کشورهای مورد بررسی (Nمحدود) حذف بخشی از کشورها به دلیل نبود داده‌های کامل، می‌تواند بر قدرت تعمیم‌پذیری نتایج اثرگذار باشد؛ دوم، در برآورد مدل GMM، علی‌رغم استفاده از آزمون‌های تشخیصی، محدودیت‌هایی نظیر حساسیت نتایج به انتخاب ابزارها و احتمال تورم ابزارها وجود دارد که می‌تواند بر دقت برآوردها اثر بگذارد؛ سوم، آزمون‌های مانایی و هم‌انباشتگی مورد استفاده، هرچند معتبر هستند، اما در حضور وابستگی مقطعی بین کشورها ممکن است دارای محدودیت دقت باشند. همچنین در مدل رگرسیون آستانه‌ای، نتایج نسبت به انتخاب و برآورد مقدار آستانه حساس بوده و تغییرات کوچک در نمونه می‌تواند بر محل شکست اثرگذار باشد. از سوی دیگر، به دلیل وابستگی مستقیم برآوردها به سطح حکمرانی خوب و شرایط نهادی کشورهای مورد مطالعه، تعمیم نتایج به سایر کشورها یا گروه‌های اقتصادی باید با احتیاط صورت گیرد؛ بنابراین نتایج این مطالعه بیش از آنکه ماهیتی جهانی داشته باشد، بیانگر الگوهای رفتاری خاص در کشورهای منتخب و شرایط نهادی آن‌ها است.

در راستای رفع محدودیت‌های این مطالعه، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی از روش‌های اقتصادسنجی پیشرفته‌تری مانند مدل‌های پانلی با وابستگی مقطعی (CS-ARDL یا AMG)، یا رویکردهای بیزی در داده‌های پانلی استفاده کنند. همچنین به‌کارگیری GMMبا کنترل دقیق‌تر ابزارها یا روش‌های Robust GMM می‌تواند دقت نتایج را افزایش دهد. از سوی دیگر، گسترش دامنه کشورها و دوره زمانی و همچنین افزودن متغیرهای نهادی تکمیلی مانند کیفیت مقررات زیست‌محیطی یا نوآوری فناورانه می‌تواند درک

دقیق‌تری از رابطه بین توسعه انسانی و انتشار کربن ارائه دهد. در نهایت، بررسی پویایی اثرات آستانه‌ای در چارچوب مدل‌های غیرخطی جایگزین نیز می‌تواند به غنای ادبیات این حوزه کمک کند.

با توجه به نتایج پژوهش و نقش آستانه‌ای حکمرانی خوب در تغییر اثر شاخص توسعه انسانی بر انتشار دی‌اکسیدکربن، مجموعه‌ای از اقدامات سیاستی مشخص برای کشورهای منتخب عضو اوپک پیشنهاد می‌شود:

- در حوزه بهبود شفافیت نهادی، لازم است دولت‌ها نظام گزارش‌دهی عمومی در بخش انرژی و انتشار آلاینده‌ها را توسعه دهند؛ به‌گونه‌ای که داده‌های مرتبط با مصرف انرژی، یارانه‌های سوخت و انتشار کربن به‌صورت دوره‌ای و قابل دسترس منتشر شود. این اقدام می‌تواند زمینه نظارت عمومی و کاهش رفتارهای آلاینده را فراهم کند؛
- در راستای کاهش فساد و افزایش کارایی حکمرانی، دیجیتالی‌سازی فرایندهای اداری در حوزه‌های انرژی، گمرک و تجارت پیشنهاد می‌شود. اجرای دولت الکترونیک در این بخش‌ها می‌تواند امکان رانت‌های انرژی‌بر و تخصیص ناکارآمد منابع را کاهش داده و بهره‌وری نهادی را افزایش دهد؛
- در بخش سیاست‌گذاری انرژی، اصلاح ساختار یارانه‌های سوخت‌های فسیلی و جایگزینی تدریجی آن با مشوق‌های مالی برای انرژی‌های تجدیدپذیر ضروری است. این سیاست به‌طور مستقیم شدت انتشار CO_2 را کاهش داده و وابستگی به انرژی‌های آلاینده را کم می‌کند؛
- در حوزه کیفیت مقررات زیست‌محیطی، لازم است استانداردهای سخت‌گیرانه‌تری برای صنایع پرکربن (نفت، گاز و پتروشیمی) اعمال شود و سازوکار جریمه-پاداش بر اساس میزان انتشار واقعی طراحی گردد. این اقدام می‌تواند رفتار تولیدکنندگان را به سمت فناوری‌های پاک هدایت کند؛
- در راستای تقویت سرمایه انسانی پایدار (HDI سبز)، سرمایه‌گذاری در آموزش‌های محیط‌زیستی، توسعه مهارت‌های مرتبط با اقتصاد سبز و ارتقای آگاهی عمومی درباره مصرف انرژی بهینه پیشنهاد می‌شود تا اثرات منفی رشد انسانی بر محیط‌زیست کاهش یابد؛
- ایجاد چارچوب‌های هماهنگ بین حکمرانی و توسعه انسانی ضروری است؛ به‌گونه‌ای که هرگونه بهبود در شاخص‌های توسعه انسانی (آموزش، سلامت و درآمد) هم‌زمان با سیاست‌های کنترل انتشار کربن و ارتقای بهره‌وری انرژی همراه باشد تا اثر معکوس توسعه انسانی بر محیط‌زیست در رژیم‌های حکمرانی ضعیف تکرار نشود.

کتاب نامه

اعظمی، سمیه و محجوبی، مهسا (۱۴۰۳). «بررسی تأثیر حکمرانی خوب در کیفیت محیط‌زیست: تأکیدی بر نقش کیفیت نهادی در حصول توسعه پایدار»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصاد صنعتی، ۸(۳۰)، ص۵۹-۸۲.

بهرامی‌نیا، ابراهیم، نورانی آزاد، سمانه، ایزدی، سیدحسین و شمس اللهی، رضا (۱۴۰۲). «تأثیر آستانه‌ای توسعه مالی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن با تأکید بر نقش حکمرانی خوب»، نشریه پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۱۳(۱۹)، ص۱۱-۴۲.

خوشنویس، مریم و پژویان، جمشید (۱۳۹۱). «بررسی تأثیر آلودگی محیط‌زیست بر شاخص توسعه انسانی (HDI) در کشورهای توسعه یافته»، فصلنامه علوم اقتصادی، ۶(۲۰)، ص۳۹-۶۷.

زراءنژاد، منصور، عبدالهیان، حمیدرضا، امیرنیا، آرام و سعیدیان، سهیل (۱۳۹۴). «تأثیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای منتخب عضو اوپک: با رویکرد اقتصادسنجی فضایی»، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۱۱(۴۳)، ص۶۱-۸۳.

ساعی، علی، کبیری، افشار، سالار کسرایی، محمد و صادقی، حسین (۱۳۹۰). «سرمایه اجتماعی و حکمرانی خوب، تحلیل تطبیقی فازی بین کشوری از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸»، مجله علمی بررسی مسائل اجتماعی ایران، ۲(۲)، ص۶۳-۹۴.

عارفیان، محمدضا، فرجی دیزجی، سجاد و قاسمی، سحر (۱۳۹۹). «بررسی نقش انرژی تجدیدپذیر، انرژی تجدیدناپذیر و رشد اقتصادی بر انتشار کربن در کشورهای OECD»، نشریه اقتصاد و تجارت نوین، ۱۵(۳)، ص۱۰۹-۱۳۷.

گهرام زهی، مریم، اسفندیاری، مرضیه، زمانیان، غلام رضا (۱۴۰۲). «بررسی نقش کنترل فساد در تأثیرگذاری مخارج دولت بر رشد اقتصادی (مطالعه موردی: کشور های منتخب عضو اوپک)»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد و علوم اداری، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

لطفعلی‌پور، محمدرضا، فلاحی، محمدعلی و آشنا، ملیحه (۱۳۹۰). «بررسی رابطهٔ انتشار دی‌اکسیدکربن با رشد اقتصادی، انرژی و تجارت در ایران»، فصلنامه تحقیقات اقتصادی، ۴۶(۹۴)، ص۱۵۱-۱۷۳.

محمدی، مریم و شهرکی، مهدی (۱۴۰۴). «ارتباط پویا بین هزینه‌های سلامت، انتشار دی‌اکسیدکربن و شاخص توسعه انسانی: شواهدی از کشورهای عضو اوپک»، فصلنامهٔ علمی ـ پژوهشی رفاه اجتماعی، ۲۵(۹۶)، ص۹-۳۵.

محمودی، مجید و دهمرده قلعه‌نو، نظر (۱۴۰۰). «بررسی تأثیر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، رشد اقتصادی و کیفیت حکمرانی بر انتشار CO_2 در کشورهای آسیایی»، فصلنامه اقتصاد و الگوسازی، ۱۲(۴)، ص۱۸۱-۲۱۵.

ناهیدی امیرخیز، محمدرضا، رحیم زاده، فرزاد و شکوهی فرد، سیامک (۱۳۹۶). «بررسی رابطه رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (مطالعه موردی: منتخب سازمان همکاری اسلامی)»، فصلنامه علوم وتکنولوژی محیطزیست، ۲۲(۳)، ص۱۳-۲۶.

نجاتی، مهدی، جلایی، سید عبدالمجید و باوقار زعیمی، پگاه (۱۳۹۶). «بررسی اثر رشد تولیدات و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن با تأکید بر بخش‌های مختلف اقتصادی ایران»، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۳(۶۹)، ص۲۵۷-۲۸۰.

نیکخواه سرنقی، اکبر، آذربایجانی، کریم و دایی کریم زاده، سعید (۱۴۰۱). «ارتباط رشد اقتصادی، باز بودن تجاری و انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای توسعه‌یافته (رهیافت داده‌های تابلویی پویا با روش GMM)»، فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۱۳(۴۹)، ص۹۴-۱۰۸.

ورهامی، ویدا (۱۴۰۲). «بررسی اثر شاخص‌های حکمرانی خوب بر رشد اقتصادی با تأکید بر محیط‌زیست و مصرف انرژی در کشورهای درحال توسعه (با رویکرد پنل پویا)»، فصلنامه اقتصاد محاسباتی، ۲(۳)، ص۲۵-۴۳.

Auty, R. M. (Ed.). (2001). *Resource abundance and economic development*. OUP Oxford.

Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., ... & Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological economics*, *15*(2), 91-95.

Ballantyne, A. G., Wibeck, V., & Neset, T. S. (2016). Images of climate change–a pilot study of young people's perceptions of ICT-based climate visualization. *Climatic change*, *134*(1), 73-85.

Barbier, E. B. (2021). The evolution of economic views on natural resource scarcity. *Review of Environmental Economics and Policy*, *15*(1), 24-44.

Coondoo, D., & Dinda, S. (2002). Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis. *Ecological Economics*, *40*(3), 351-367.

Costa, L., Rybski, D., & Kropp, J. P. (2011). A human development framework for CO_2 reductions. *PloS one*, *6*(12), e29262.

Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, *387*(6630), 253-260.

Cracolici, M. F., Cuffaro, M., & Nijkamp, P. (2010). The measurement of economic, social and environmental performance of countries: A novel approach. *Social indicators research*, *95*(2), 339-356.

Dogan, E., & Ozturk, I. (2017). The influence of renewable and non-renewable energy consumption and real income on CO_2 emissions in the USA: evidence from structural break tests. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(11), 10846-10854.

Dasgupta, S., Hamilton, K., Pandey, K. D., & Wheeler, D. (2006). Environment during growth: accounting for governance and vulnerability. *World development*, *34*(9), 1597-1611.

Dimitriou, K., & Kassomenos, P. (2017). Aerosol contributions at an urban background site in Eastern Mediterranean–Potential source regions of PAHs in PM10 mass. *Science of The Total Environment*, *598*, 563-571.

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement.

Hossain, M. A., & Chen, S. (2021). Nexus between Human Development Index (HDI) and CO_2 emissions in a developing country: decoupling study evidence from Bangladesh. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(41), 58742-58754.

Hajamini, M., & Falahi, M. A. (2018). Economic growth and government size in developed European countries: A panel threshold approach. *Economic Analysis and Policy*, *58*, 1-13.

Hansen, B. E. (1999). Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference. *Journal of Econometrics*, *93*(2), 345-368.

IPCC, (2006). Chapter 1: guidelines, Ipcc greenhouse, national inventories, gas. Available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/ 2006gl/pdf/2Volume2/V2.1.Ch1. Introduction.pdf.

Islam, S., & Khan, M. Z. R. (2017). A review of energy sector of Bangladesh. *Energy Procedia, 110*, 611-618.

Jbara, B. W., & Brian, W. (2007). Exploring the causality between the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve. *Honors Projects*, 1-21.

Kassahun, S. (2011). Good governance: An antidote to corruption in Africa. *Journal of Sustainable Development in Africa*, *13*(5), 201-224.

Khodabakhshi, A. (2011). Relationship between GDP and human development indices in India. In *Society of interdisciplinary business research (SIBR) 2011 conference on interdisciplinary business research*.

Leitão, N. C. (2024). The link between human development, foreign direct investment, renewable energy, and carbon dioxide emissions in G7 economies. *Energies*, *17*(5), 978.

Lin, B., & Ahmad, I. (2017). Analysis of energy related carbon dioxide emission and reduction potential in Pakistan. *Journal of cleaner production*, *143*, 278-287.

Mawutor, J. K. M., Sogah, E., & Gborse, F. C. (2025). Circular economy and carbon emissions: Threshold effect of quality of governance. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, *36*(4), 948-970.

Minh, N. H. (2023). Impact of human development on CO_2 emissions in Vietnam. *Hue University Journal of Science: Economics and Development*, *132*(5B), 53-66.

Mirzaei, M., & Bekri, M. (2017). Energy consumption and CO_2 emissions in Iran, 2025. *Environmental research*, *154*, 345-351.

Pablo-Romero, M. D. P., & De Jesús, J. (2016). Economic growth and energy consumption: The energy-environmental Kuznets curve for Latin America and the Caribbean. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *60*, 1343-1350.

Polat, B., & Çil, N. (2025). Investigating the environmental Kuznets curve modified with HDI: evidence from a panel of eco-innovative countries. *Environment, Development and Sustainability*, *27*(7), 16655-16682.

Ross, M. L. (2013). *The oil curse: How petroleum wealth shapes the development of nations*. Princeton University Press.

Rahman, M. M., & Sultana, N. (2024). Nexus of human development and environmental quality in low-income and developing Countries: Do renewable energy and good governance matter?. *Sustainability*, *16*(13), 5382.

Sarkar, M. S. K., Sadeka, S., Sikdar, M. M. H., & Zaman, B. (2015). Energy consumption and CO_2 emissions: trends and policy implications. *Asia Pac J Energy Environ*, *2*(3), 220-227.

Sartibi, A., Tohidfam, M., Ardestani, A. B., & Amini, A. A. (2022). The Position of Good Governance in Iran from the Perspective of Human Development Indicators during the Years 2000-2010. *International Journal of Political Science*, *12*(2), 151-168.

Shabani, Z. D., Shahnazi, R., & Sadati, S. M. (2025). The effects of spatial spillover of good governance and renewable energy on CO_2 emissions. *Environment, Development and Sustainability*, *27*(5), 10857-10894.

Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence* (Vol. 904). World Bank Publications.

Shawulu, P. T., Bidda, J. A., & Emmanuel, K. O. (2022). Democracy, Good Governance and Anti-Corruption War in Nigeria. *VEJOH-VERITAS JOURNAL OF HUMANITIES*, *4*(1 & 2).

Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World development*, *32*(8), 1419-1439.

UNDP, (2019). United Nations Development Programme: Human Development Reports. http://hdr.undp.org/en/humandev

UNDP, (2020). United Nations Development Programme: Human Development Reports. http://hdr.undp.org/en/humandev

WDI, (2019). World development indicators DataBank. The World Bank. Available at: http://databank.worldbank.org/data/reports. aspx ? source=world-development-indicators# advancedDownloadOptions.

Zhang, D., Ozturk, I., & Ullah, S. (2022). Institutional factors-environmental quality nexus in BRICS: a strategic pillar of governmental performance. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, *35*(1), 5777-5789.

Zhu, H., Duan, L., Guo, Y., & Yu, K. (2016). The effects of FDI, economic growth and energy consumption on carbon emissions in ASEAN-5: evidence from panel quantile regression. *Economic Modelling*, *58*, 237-248.