Journal of Environmental Research
Vol. 17, No. 33, Spring & Summer 2026

Journal Homepage: www.iraneiap.ir
Print ISSN: 2008-9597 Online ISSN 2008-9590

The Relationship Between CO2 Emissions, Economic Growth, Health Expenditure, and Renewable and Non Renewable Energy Consumption

Document Type
Research Paper

Received:
2025/10/14

Accepted:
2026/06/08

Ali Fallahi[1], Bahaedin Najafi[*2], Nematollah Mousavi[3]

1. PhD Student, Department of Agricultural Economics, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran. Email: falahiali0098@gmail.com
2. Professor of Agricultural Economics, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran. Email: banajfi@gmail.com
3. Professor of Agricultural Economics, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran. Email: mousavi.n1979@fmail.com

Abstract

Rapid economic growth has attracted considerable attention, as it has driven an increasing demand for energy, with the predominant share of the country's energy consumption being supplied by non-renewable sources. In recent decades, environmental challenges—particularly escalating carbon dioxide (CO_2) emissions—have emerged as fundamental concerns for economic researchers and policymakers. This issue is directly intertwined with economic growth trajectories, energy consumption patterns, and public health outcomes. This study investigates the interrelationships among economic growth, healthcare expenditures, and renewable and non-renewable energy consumption with CO_2emission levels to provide a comprehensive perspective on the dynamics between economic development and environmental sustainability. Specifically, the study examines both the short-run and long-run effects of Gross Domestic Product (GDP), health expenditures, renewable energy consumption, and non-renewable energy consumption on CO_2emissions in Iran over the period 1990–2023. An Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model is employed to analyze these dynamics. The empirical results of the ARDL bounds testing approach confirm the existence of a long-run cointegration relationship among the variables. The findings reveal that GDP and non-renewable energy consumption have a statistically positive and significant impact on CO_2emissions, whereas health expenditures and renewable energy consumption significantly mitigate environmental degradation. Consequently, policymakers are urged to pursue strategies that decouple economic expansion from fossil fuels by promoting renewable resources and to increase investments in public health initiatives and green energy projects to combat environmental pollution effectively.

Keywords: Carbon Dioxide (CO_2) Emissions, Economic Growth, Health Expenditures, Renewable Energy Consumption, Non-Renewable Energy Consumption, ARDL Model.

Cite this article: Fallahi, A., Najafi, B., & Mousavi, N. (2026). The Relationship Between CO2 Emissions, Economic Growth, Health Expenditure, and Renewable and Non Renewable Energy Consumption. *Journal of Environmental Research*, *17* (33), 211-231. https://doi.org/10.22034/eiap.2026.442114.2560
© The Author(s).
Publisher: Iranian Association for Environmental Assessment

DOI: https://doi.org/10.22034/eiap.2026.442114.2560

Introduction

Achieving sustainable economic growth alongside environmental quality preservation and public health improvement constitutes one of the most critical policy objectives in developing countries. Although economic growth can enhance social welfare through expanded production, employment, and national income, it frequently leads to heightened energy demand and intensified pressure on natural resources. In Iran, the vast majority of energy consumed across productive, industrial, transportation, and residential sectors is derived from non-renewable sources, particularly fossil fuels. This heavy reliance, coupled with surging energy intensity, serves as a primary driver of rising carbon dioxide (CO_2) emissions and deteriorating air quality.

The escalating trajectory of CO_2emissions extends beyond ecological degradation, amplifying respiratory and cardiovascular diseases, diminishing labor productivity, and increasing healthcare demand, thereby imposing substantial medical expenditures on both households and the public sector. Conversely, healthcare spending can influence environmental quality through the development of healthcare infrastructure, enhancement of hospital operational efficiency, adoption of advanced medical technologies, and the strategic transition toward green healthcare facilities. Furthermore, substituting renewable energy for fossil fuels represents a cornerstone strategy for mitigating greenhouse gas emissions while simultaneously fostering economic growth, public health, and environmental sustainability.

Given the significance of these dynamics, the present study investigates the nexus among carbon dioxide emissions, gross domestic product (GDP), healthcare expenditures, renewable energy consumption, and non-renewable energy consumption in Iran. By examining both short-run and long-run dynamics among these variables, this study provides empirical evidence to evaluate the compatibility of Iran's economic growth path with environmental constraints and tests the validity of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis. Under this framework, initial stages of economic expansion are posited to intensify environmental pollution; however, upon surpassing a critical income threshold, structural shifts, technological innovation, heightened environmental awareness, and increased societal demand for clean environments are expected to decelerate pollutant emissions.

Methodology

This empirical study adopts an applied and causal-comparative (ex-post facto) design utilizing annual time-series data for Iran spanning the period 1990–2023. Data on CO_2emissions, gross domestic product, renewable energy consumption, and non-renewable energy consumption were compiled from the World Development Indicators (WDI) and reputable international statistical databases. Time series on healthcare expenditures were extracted from national official sources, including the Central Bank of the Islamic Republic of Iran, annual state budget laws, and official national accounts.

In the empirical specification, CO_2emissions serve as the dependent variable, while gross domestic product, healthcare expenditures, renewable energy consumption, and non-renewable energy consumption constitute the explanatory variables. To mitigate heteroskedasticity, standardize variable scales, and enable the interpretation of estimated coefficients as elasticities, natural logarithmic transformations were applied. The empirical model is specified as follows:

$$\ln \mathrm{CO}_{2t} = \alpha + \beta_1 \ln \mathrm{GDP}_t + \beta_2 \ln \mathrm{HE}_t + \beta_3 \ln \mathrm{NREC}_t + \beta_4 \ln \mathrm{REC}_t + \varepsilon_t$$

Where CO_2represents carbon dioxide emissions, GDPdenotes real gross domestic product, HEindicates healthcare expenditures, NRECsignifies non-renewable energy consumption, and RECrepresents renewable energy consumption.

The stationarity properties of the series were evaluated using the Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) unit root tests. Additionally, to account for potential structural breaks in Iran's

macroeconomic series, the Zivot-Andrews unit root test was employed. To examine long-run cointegrating relationships, the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds testing approach developed by Pesaran et al. was utilized. This technique is well-suited for finite sample sizes and allows for the simultaneous estimation of short-run and long-run dynamics regardless of whether the regressors are purely $I(0)$, purely $I(1)$, or mutually cointegrated. Finally, a battery of diagnostic tests for serial correlation, heteroskedasticity, and non-normality of residuals, along with the cumulative sum (CUSUM) and cumulative sum of squares (CUSUMSQ) stability tests, were conducted to verify model adequacy and parameter stability.

Empirical Findings

Descriptive statistics reveal that average annual CO_2emissions in Iran over the study period stood at 437,177 kilotons. The relatively high standard deviation reflects pronounced volatility in emissions trajectories across the analyzed timeframe. Mean real GDP was recorded at approximately 286 billion USD. Renewable energy consumption accounted for an average of merely 0.98% of total final energy consumption, underscoring its marginal share within the national energy matrix; conversely, non-renewable energy sources accounted for an average share of 99.06%, highlighting the economy's deep structural fossil-fuel dependency. Healthcare spending averaged approximately 1,801 USD per capita with a standard deviation of 777 USD, exhibiting significant fluctuations over the sample period.

Unit root test outcomes confirmed a mixed order of integration among the variables, with some series stationary at level, $I(0)$, and others attaining stationarity after first differencing, $I(1)$. Importantly, no variable exhibited second-order integration, $I(2)$, confirming the statistical validity of the ARDL bounds testing methodology.

Based on the Schwarz Bayesian Criterion (SBC), the optimal lag specification was determined as ARDL (1,0,0,0). The bounds test yielded an F-statistic of 11.907, substantially exceeding the upper critical bound at the 1% and 5% significance levels. Consequently, the null hypothesis of no cointegration was rejected, establishing a robust long-run equilibrium relationship among CO_2emissions, GDP, healthcare expenditures, renewable energy consumption, and non-renewable energy consumption.

Long-run elasticities indicate that economic growth exerts a statistically significant positive effect on CO_2emissions. Specifically, a 1% increase in GDP leads to an estimated 0.19% increase in long-run CO_2emissions. This result underscores that Iran's economic growth trajectory remains heavily reliant on energy-intensive industrial, manufacturing, and transport activities primarily powered by fossil fuels, thereby failing to conform to a low-carbon growth paradigm during the analyzed period.

Non-renewable energy consumption also demonstrated a positive and statistically significant impact on environmental degradation. A 1% increase in non-renewable energy consumption increases CO_2emissions by 26.36%. The magnitude of this elasticity illustrates the extreme sensitivity of national carbon emissions to fossil-fuel utilization across power generation, industrial processing, transportation, and residential heating, corroborating earlier empirical findings in the literature (e.g., Dogan & Seker; Al-Mulali & Ozturk).

Conversely, renewable energy consumption yielded a negative coefficient in the long run. The point estimate suggests that a 1% increase in renewable energy consumption is associated with a 0.063% reduction in CO_2emissions. Although this coefficient did not achieve statistical significance, its negative sign aligns with theoretical expectations. The lack of statistical significance is largely attributable to the negligible baseline share of renewables in Iran's total energy mix and underutilized solar, wind, geothermal, and biomass capacities, which prevents clean energy from exerting a statistically decisive mitigating impact at the macroeconomic scale.

Similarly, healthcare expenditures demonstrated a negative long-run relationship with CO_2emissions. A 1% expansion in healthcare expenditures reduces CO_2emissions by 0.187%, although this effect remained statistically insignificant. This inverse association may reflect the indirect role of health investments in human

capital enhancement, overall productivity gains, healthcare infrastructure modernization, and the gradual adoption of green hospital protocols. Furthermore, rising public health expenditures incentivize policymakers to prioritize environmental protection and air quality management to curb pollution-induced morbidity, highlighting that health spending serves as a productive socio-environmental investment rather than purely consumptive expenditure.

The error correction model (ECM) estimation revealed a negative and statistically significant error correction coefficient of -0.155. This indicates that approximately 15.5% of short-run deviations from the long-run equilibrium path are corrected each year. This finding validates the stability of the long-run cointegrating vector and confirms a steady, gradual speed of adjustment toward the long-term equilibrium following external macroeconomic or environmental shocks.

Conclusion and Policy Implications

The empirical findings demonstrate that economic growth and non-renewable energy consumption systematically exacerbate CO_2 emissions in Iran, whereas renewable energy consumption and healthcare expenditures display an inverse association with environmental degradation. The confirmation of a long-run cointegrating relationship underscores that economic output, energy utilization, healthcare investments, and environmental outcomes are deeply interconnected, necessitating integrated cross-sectoral policy frameworks.

پژوهش‌های محیط‌زیست

سال ۱۷، شماره ۳۳، بهار و تابستان ۱۴۰۵

Journal Homepage: www.iraneiap.ir
Print ISSN: 2008-9597 Online ISSN 2008-9590

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن، رشد اقتصادی، هزینه‌های بهداشتی، و مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر

علی فلاحی[۱]، بهاءالدین نجفی[*۲]، سید نعمت اله موسوی[۳]

۱. دانش آموخته دکتری گروه اقتصاد کشاورزی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران. رایانامه: falahiali0098@gmail.com
۲. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران. رایانامه: banajfi@gmail.com
۳. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران. رایانامه: mousavi.n1979@fmail.com

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۷/۲۲
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۵/۰۳/۱۸

چکیده

رشد سریع اقتصادی باعث جلب توجه شده، زیرا این رشد منجر به افزایش تقاضا برای انرژی شده است؛ در حالی که بخش عمده انرژی مصرفی کشور از منابع تجدیدناپذیر تأمین می‌شود. در دهه‌های اخیر، چالش‌های محیط‌زیستی و به‌ویژه افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن به یکی از دغدغه‌های اساسی سیاست‌گذاران و پژوهشگران اقتصادی تبدیل شده است. این مسئله به‌طور مستقیم با روند رشد اقتصادی، الگوهای مصرف انرژی و پیامدهای سلامت عمومی‌در ارتباط است. در این مطالعه، به بررسی رابطه میان رشد اقتصادی، هزینه‌های بهداشتی، و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر با سطح انتشار دی‌اکسیدکربن پرداخته می‌شود تا تصویری جامع از پویایی‌های میان توسعه اقتصادی و پایداری محیط‌زیست ارائه شود. در زمینه مصرف انرژی، این مطالعه اثرات بلندمدت و کوتاه‌مدت تولید ناخالص داخلی[۱]، هزینه‌های بهداشتی[۲]، و مصرف انرژی تجدیدپذیر[۳] و انرژی‌های تجدیدناپذیر[۴] بر انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۲۳ را بررسی می‌کند. روش الگوی پویای خود توضیح با وقفه‌های توزیعی (ARDL) برای بررسی اثرات بلند مدت و کوتاه مدت کوتاه‌مدت تولید ناخالص داخلی[۵]، هزینه‌های بهداشتی[۶]، و مصرف انرژی تجدیدپذیر[۷] و انرژی‌های تجدیدناپذیر[۸] بر انتشار دی‌اکسیدکربن استفاده می‌شود. نتایج روش ARDL نشان می‌دهد که متغیرها دارای یک رابطه هم‌انباشتگی هستند. یافته‌ها نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی تجدیدناپذیر با افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن رابطه مثبت دارند، در حالی که هزینه‌های بهداشتی و مصرف انرژی تجدیدپذیر باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شوند. متعاقبا، سیاست‌گذاران تشویق می‌شوند تا سیاست‌هایی را دنبال کنند که باعث رشد اقتصادی از طریق استفاده از منابع تجدیدپذیر شود و سرمایه‌گذاری بیشتری در پروژه‌های سلامت و انرژی‌های تجدیدپذیر برای مبارزه با آلودگی محیط‌زیست انجام دهند.

کلید واژه‌ها: انتشار دی‌اکسیدکربن، رشد اقتصادی، هزینه‌های بهداشتی، و مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر

استناد: فلاحی، علی؛ نجفی، بهاءالدین و موسوی، سید نعمت‌اله (۱۴۰۵). رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن، رشد اقتصادی، هزینه‌های بهداشتی، و مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر. *نشریه پژوهش‌های محیط‌زیست*، ۱۷ (۳۳)، ۲۱۱-۲۳۱ . https://doi.org/10.22034/eiap.2026.442114.2560

ناشر: انجمن ارزیابی محیط‌زیست ایران.

© نویسندگان.

1. Gross Domestic Product (GDP)
2. Health Expenditure (HE)
3. Renewable Energy Consumption (REC)
4. Non-Renewable Energy Consumption (NREC)
5. Gross Domestic Product (GDP)
6. Health Expenditure (HE)
7. Renewable Energy Consumption (REC)
8. Non-Renewable Energy Consumption (NREC)

سرآغاز

در دهه‌های اخیر، دستیابی به رشد پایدار اقتصادی به یکی از اهداف کلیدی سیاست‌گذاران در سراسر جهان تبدیل شده است. این هدف، در کنار افزایش رفاه و بهبود کیفیت زندگی، نیازمند کاهش یا تثبیت سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه دی‌اکسیدکربن است (Karaaslan & Çamkaya, 2022). گذار از اقتصاد مبتنی بر سوخت‌های فسیلی به سمت اقتصاد پایدار با محوریت فناوری‌های پاک و مصرف انرژی تجدیدپذیر، راهکاری اساسی برای مقابله با بحران‌های محیط‌زیستی و اقلیمی شناخته می‌شود.

افزایش چشمگیر مصرف انرژی و رشد اقتصادی طی چند دهه اخیر، پیامدهایی چون گرم شدن زمین، آلودگی هوا و تغییرات اقلیمی را در پی داشته است. این روند به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران، که با چالش‌های محیط‌زیستی و بهداشتی فزاینده مواجهند، اهمیت مضاعفی دارد. بر اساس گزارش‌های جهانی، مصرف انرژی تجدیدناپذیر و گسترش فعالیت‌های صنعتی از مهمترین عوامل افزایش انتشار CO_2 محسوب می‌شوند. (Masoudi et al., 2023) از سوی دیگر، تخریب محیط‌زیست نه‌تنها تأثیرات اقتصادی، بلکه پیامدهای منفی بسیاری بر سلامت عمومی‌داشته و منجر به افزایش هزینه‌های بهداشتی در سطح ملی و جهانی شده است.(Danish et al., 2017)

با توجه به این روندها، بسیاری از کشورها به توسعه و بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر روی آورده‌اند. انرژی‌های تجدیدپذیر نه‌تنها به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک می‌کنند، بلکه نقش مهمی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (Aboui Mehrizi et al., 2019; Asgari, 2023). علاوه بر آن، سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2021) تاکید دارد که بخش انرژی و مسکن مسئول درصد قابل‌توجهی از انتشار دی‌اکسیدکربن در جهان است و استفاده از انرژی‌های پاک می‌تواند سهم بسزایی در کاهش تهدیدات محیط‌زیستی و بهبود وضعیت سلامت عمومی ایفا کند.

بر اساس گزارش منتشر شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO)، بخش انرژی و مسکن مسئول ۱۸ درصد از انتشار دی‌اکسیدکربن در سراسر جهان بوده که در حال افزایش است و تهدیدی بزرگ برای محیط‌زیست و سلامت انسان است. بر اساس این گزارش، یکی از راه‌های رفع این خطر، ادغام منابع انرژی پاک از طریق تولید انرژی‌های تجدیدپذیر است. پیش‌بینی می‌شود که انتشار دی‌اکسیدکربن می‌تواند به میزان ۰/۹–۰/۴ میلیارد تن در نتیجه پذیرش منابع انرژی تجدیدپذیر بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ کاهش یابد. در کشورهای توسعه یافته، مؤسسات مراقبت‌های بهداشتی پیش‌بینی می‌شود که ۳ تا ۸ درصد از ردپای جهانی تغییرات آب‌وهوا[9] را تشکیل دهند (WHO, 2021).

مطالعات متعددی رابطه بین مصرف انرژی تجدیدپذیر و مصرف انرژی تجدیدناپذیر و انتشار دی‌اکسیدکربن را بررسی کرده‌اند. به‌عنوان مثال، (Dogan & Seker, 2016) عوامل تعیین‌کننده انتشار دی‌اکسیدکربن را در کشورهای اتحادیه اروپا بر اساس مصرف انرژی تجدیدپذیر و مصرف انرژی تجدیدناپذیر با استفاده از داده‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۲ و روش پانل DOLS، مصرف انرژی تجدیدپذیر برای کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن بررسی کردند، در حالی که مصرف انرژی تجدیدناپذیر، انتشار دی‌اکسیدکربن را افزایش می‌دهد. (Al-Mulali & Ozturk. 2016) تأثیر مصرف انرژی تجدیدپذیر و مصرف انرژی تجدیدناپذیر بر انتشار دی‌اکسیدکربن را در ۲۷ کشور توسعه یافته طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۲ بررسی کردند و نشان دادند که مصرف انرژی تجدیدپذیر تأثیر منفی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد، در حالی که مصرف انرژی تجدیدناپذیر تأثیر مثبت دارد. علاوه بر این، مطالعات متعدد نشان داده‌اند که افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود، در حالی که افزایش مصرف انرژی تجدیدناپذیر باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود (Dogan, 2016; Dong, 2018; Chen & Lei, 2018; Sinha & Shahbaz, 2015).

محققان اخیراً بر رابطه بین هزینه‌های بهداشتی و انتشار دی‌اکسیدکربن تمرکز کرده‌اند. تنها چند مطالعه این رابطه را بررسی کرده‌اند و می‌توان آنها را به دو گروه تقسیم کرد. دسته اول شامل مطالعات بررسی اثر انتشار دی‌اکسیدکربن بر هزینه‌های بهداشتی است. به‌عنوان مثال، (Khoshnevis Yazdi & Ghorchi Beygi, 2018) رابطه بین شاخص‌های آلودگی هوا و هزینه‌های بهداشتی در کشورهای منا را با استفاده از روش ARDL از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴ بررسی کردند و شاخص‌های آلودگی هوا را برای افزایش هزینه‌های بهداشتی در بلندمدت یافتند. (Yang & Liu, 2018) با استفاده از یک مدل رگرسیون سلسله مراتبی، رابطه بین آلودگی هوا و هزینه‌های بهداشتی در

9. The global climate change footprint

چین را بررسی کردند و نشان دادند که آلودگی هوا تأثیر مثبتی بر هزینه‌های بهداشتی دارد. (Zaidi & Saidi, 2018) از روش ARDL پانل برای بررسی اثر انتشار دی‌اکسیدکربن بر هزینه‌های بهداشتی در کشورهای جنوب صحرای آفریقا برای دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ استفاده کردند و تعیین کردند که افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن اثر منفی بلندمدتی بر هزینه‌های بهداشتی خواهد داشت.

روابط بین انتشار دی اکسیدکربن، تولید ناخالص داخلی مصرف انرژی تجدیدپذیر، مصرف انرژی تجدیدناپذیر، و هزینه‌های بهداشتی یک موضوع تحقیقاتی ضروری برای کشورهای در حال توسعه است. روابط بین این متغیرها چند وجهی و پیچیده بوده و می‌توان آن را به سه حوزه تحقیقاتی تقسیم کرد (Ben Mbarek et al., 2024).

در ادبیات موجود، سه محور اصلی تحقیقاتی قابل تشخیص هستند: نخست، بررسی فرضیه منحنی کوزنتس محیطزیستی (EKC) که رابطه غیرخطی میان رشد اقتصادی و آلودگی محیطزیستی را مطرح می‌کند (Grossman & Krueger, 1991) . دوم، مطالعه رابطه میان مصرف انرژی (تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر) و دی‌اکسیدکربن (Al-Mulali et al., 2021; Namahoro et al., 2015)، سوم، تحلیل اثرات محیطزیستی و بهداشتی انتشار دی‌اکسیدکربن، به‌ویژه تأثیر آن بر هزینه‌های سلامت (Ullah et al., 2020) .

ایران به‌عنوان کشوری با منابع قابل توجه انرژی تجدیدپذیر، طی دهه گذشته سرمایه‌گذاری‌هایی در این حوزه انجام داده است (IRENA, 2021; Zahedi et al., 2022). همچنین، به دنبال همه‌گیری کووید-۱۹، توجه بیشتری به حوزه سلامت شده و سرمایه‌گذاری‌هایی در زمینه بیمه سلامت و زیرساخت‌های درمانی انجام گرفته است (WHO, 2021)؛ این تحولات، زمینه‌ای مناسب برای بررسی رابطه بین هزینه‌های سلامت، رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار کربن در ایران فراهم آورده است.

با توجه به پیامدهای گسترده تغییرات اقلیمی و نقش انتشار دی‌اکسیدکربن به‌عنوان یکی از مهمترین گازهای گلخانه‌ای، تحلیل عوامل مؤثر بر آن در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، ضرورتی انکارناپذیر دارد. این مطالعه با هدف بررسی روابط میان انتشار دی‌اکسیدکربن، رشد اقتصادی، هزینه‌های بهداشتی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در ایران انجام شده است. در این راستا، تلاش شده است تا با بهره‌گیری از روش ARDL، روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیرهای مذکور شناسایی شود. این تحقیق به‌ویژه به‌دنبال آزمون فرضیه منحنی کوزنتس محیطزیستی (EKC) در بستر اقتصاد ایران است که بیان می‌دارد رابطه‌ای-U شکل معکوس میان رشد اقتصادی و آلودگی محیطزیستی وجود دارد. از سوی دیگر، با توجه به روند رو به رشد هزینه‌های بهداشتی در کشور و احتمال تأثیرگذاری آنها بر پیامدهای محیطزیستی، این مطالعه می‌کوشد نقش متغیر سلامت را نیز در مدل لحاظ کند. همچنین، تمایز بین انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر و ارزیابی اثر هر یک بر سطح انتشار کربن، از نوآوری‌های این پژوهش محسوب می‌شود. هدف نهایی ارائه شواهد تجربی برای حمایت از سیاست‌گذاری در حوزه انرژی پاک، کاهش آلودگی، بهبود سلامت عمومی و دستیابی به رشد اقتصادی پایدار است.

با توجه به کاستی‌های مطالعات قبلی در تفکیک منابع انرژی و لحاظ اثر هزینه‌های سلامت، مطالعه حاضر با هدف بررسی هم‌زمان تأثیر تولید ناخالص داخلی، هزینه‌های بهداشتی، مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران انجام شده است. این مطالعه ضمن پر کردن شکاف موجود در ادبیات، می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای سیاست‌گذاران و پژوهشگران در ایران و سایر کشورهای در حال توسعه مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، پیشنهادهای سیاستی ارائه شده در این تحقیق می‌تواند در طراحی راهکارهای جامع برای کاهش آلودگی و بهبود سلامت عمومی‌مؤثر واقع شود.

مروری بر مطالعات گذشته

مطالعات متعددی رابطه بین مصرف انرژی تجدیدپذیر و مصرف انرژی تجدیدناپذیر و انتشار دی‌اکسیدکربن را بررسی کرده‌اند. به‌عنوان مثال، (Dogan & Seker, 2016) عوامل تعیین‌کننده انتشار دی‌اکسیدکربن را در کشورهای اتحادیه اروپا بر اساس مصرف انرژی تجدیدپذیر و مصرف انرژی تجدیدناپذیر با استفاده از داده‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۲ و روش پانل DOLS، مصرف انرژی تجدیدپذیر برای کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن بررسی کردند، در حالی که مصرف انرژی تجدید ناپذیر، انتشار دی‌اکسیدکربن را افزایش می‌دهد. (Al-Mulali & Ozturk. 2016) تأثیر مصرف انرژی تجدیدپذیر و مصرف انرژی تجدیدناپذیر بر انتشار دی‌اکسیدکربن را در ۲۷ کشور توسعه یافته طی سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۲ بررسی کردند و نشان دادند که مصرف انرژی تجدیدپذیر تأثیر منفی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد، در حالی که

مصرف انرژی تجدیدناپذیر تأثیر مثبت دارد. علاوه بر این، مطالعات متعدد نشان داده‌اند که افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود، در حالی که افزایش مصرف انرژی تجدیدناپذیر باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود (Dogan, 2016; Dong, 2018; Chen & Lei, 2018; Sinha & Shahbaz, 2015).

(Farhani & Shahbaz, 2014) رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن، مصرف انرژی تجدیدپذیر و مصرف انرژی تجدیدناپذیر را در ۱۰ کشور خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA) با استفاده از روش‌های FMOLS و DOLS بررسی کردند و دریافتند که مصرف هر دو انرژی تجدیدپذیر و انرژی تجدیدناپذیر باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. (Al-Mulali & Ozturk, 2016) مطالعه مشابهی را با بررسی اثر مصرف انرژی تجدیدپذیر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در ۲۳ کشور اروپایی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ انجام داد. در حالی که آزمون هم انباشتگی پدرونی یک رابطه بلندمدت بین متغیرها را نشان داد، یافته‌های FMOLS نشان داد که مصرف انرژی تجدیدپذیر دارای یک رابطه بلندمدت است. اثر منفی بر انتشار دی‌اکسیدکربن بولوک و مرت (۱۹ یورو) از روش ARDL برای بررسی اثر مصرف انرژی تجدیدپذیر بر بین انتشار دی‌اکسیدکربن در ترکیه از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ استفاده کردند و دریافتند که مصرف انرژی تجدیدپذیر اثر منفی طولانی مدت بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد.

(Al-Mulali et al., 2015) با استفاده از روش ARDL اثر مصرف انرژی تجدیدپذیر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در ویتنام را از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۱ بررسی کرد و هیچ اثر آماری معنی‌داری از مصرف انرژی تجدیدپذیر بر انتشار دی‌اکسیدکربن، بر خلاف سایر مطالعات، پیدا نکردند. (Pata, 2018) از داده‌های سالانه ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۴، آزمون‌های هم‌انباشتگی شکست گرگوریهانسن و حاتمی-جی و برآوردگرهای هم‌انباشتگی ARDL، FMOLS و CCR برای بررسی رابطه مشابه در ترکیه استفاده کرد. یافته‌ها نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدیدپذیر اثر آماری معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسیدکربن ندارد.

مطالعات همچنین رابطه علّی بین انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی تجدیدپذیر و مصرف انرژی تجدیدناپذیر را بررسی کرده‌اند. به‌عنوان مثال (Ben Jebli et al., 2016) از داده‌های ۲۵ کشور سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ استفاده کرد و یک رابطه علیت دو طرفه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی تجدیدپذیر و مصرف انرژی تجدید ناپذیردر بلندمدت پیدا کرد. (Solarin et al., 2017) یک رابطه علیت دو طرفه بین متغیرهای مرتبط برای هند و چین پیدا کردند و (Ben Mbareket al., 2018) همین امر را برای تونس تعیین کردند. در مقابل (Saidi & Omri, 2020)، علیت دو طرفه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی تجدیدپذیر در کوتاه مدت را تایید کردند. با این حال، (Khoshnevis Yazdi & Ghorchi Beygi, 2018) یک رابطه علیت یک طرفه از مصرف انرژی تجدیدپذیر به انتشار دی‌اکسیدکربن پیدا نمودند. مطالعات اخیر پیشنهاد کرده‌اند که مصرف انرژی تجدیدپذیر اثر نامتقارن بر انتشار دی‌اکسیدکربن داشته و مشخص می‌کند که افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود.

محققان اخیراً بر رابطه بین هزینه‌های بهداشتی و انتشار دی‌اکسیدکربن تمرکز نموده‌اند. تنها چند مطالعه این رابطه را بررسی کرده‌اند و می‌توان آنها را به دو گروه تقسیم کرد. دسته اول شامل مطالعات بررسی اثر انتشار دی‌اکسیدکربن بر هزینه‌های بهداشتی است. به‌عنوان مثال، (Khoshnevis Yazdi & Ghorchi Beygi, 2018) رابطه بین شاخص‌های آلودگی هوا و هزینه‌های بهداشتی در کشورهای منا را با استفاده از روش ARDL از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴ بررسی کردند و شاخص‌های آلودگی هوا را برای افزایش هزینه‌های بهداشتی در بلندمدت یافتند. (Yang & Liu, 2018) با استفاده از یک مدل رگرسیون سلسله مراتبی، رابطه بین آلودگی هوا و هزینه‌های بهداشتی در چین را بررسی کردند و نشان دادند که آلودگی هوا تأثیر مثبتی بر هزینه‌های بهداشتی دارد. (Zaidi & Saidi, 2018) از روش ARDL پانل برای بررسی اثر انتشار دی‌اکسیدکربن بر هزینه‌های بهداشتی در کشورهای جنوب صحرای آفریقا برای دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ استفاده کردند و تعیین کردند که افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن اثر منفی بلندمدتی بر هزینه‌های بهداشتی خواهد داشت.

(Wang et al., 2019) رابطه پویا بین انتشار دی‌اکسیدکربن و هزینه‌های بهداشتی در پاکستان را از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۷ با استفاده از روش ARDL بررسی و نشان دادند که انتشار دی‌اکسیدکربن تأثیر مثبتی بر هزینه‌های بهداشتی دارد. به طور مشابه، (Ullah et al., 2020) رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و هزینه‌های بهداشتی در پاکستان را از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷ با استفاده از مدل برابری همزمان بررسی و تعیین کردند که انتشار دی‌اکسیدکربن تأثیر مثبتی بر هزینه‌های بهداشتی دارد.

در مقابل، تعداد مطالعات در گروه دوم که اثر هزینه‌های بهداشتی بر انتشار دی‌اکسیدکربن را بررسی می‌کنند، کمتر از گروه اول است. به‌عنوان مثال، (Apergis et al., 2018) از روش‌های FMOLS و DOLS برای بررسی تأثیر پویای مخارج بهداشتی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در ۴۲ کشور آفریقای جنوب صحرا از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۱ استفاده و نشان دادند که هزینه‌های بهداشتی اثر منفی طولانی‌مدتی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد.

برعکس، (Khan et al., 2020) از روش‌های FMOLS و GMM برای بررسی تأثیر هزینه‌های بهداشتی بر کیفیت محیطی در کشورهای ابتکاری کمربند و جاده از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۶ استفاده کردند و افزایش هزینه‌های بهداشتی را بر کیفیت محیطی تأثیر منفی دادند. به طور مشابه، (Zaman & Abd-el Moemen, 2017) دریافتند که افزایش هزینه‌های بهداشتی بر آلودگی هوا تأثیر منفی می‌گذارد.

تحقیقات حداقلی رابطه علّی بین انتشار دی‌اکسیدکربن و هزینه‌های بهداشتی را بررسی کرده است، از جمله (Chaabouni et al., 2016)، که از یک نمونه جهانی از ۵۱ کشور از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۳ استفاده نمودند. کشورها به‌طورکلی مورد بررسی قرار گرفتند و به گروه‌های با درآمد پایین، متوسط و بالا طبقه‌بندی شدند و یک رابطه علیت یک طرفه از انتشار دی‌اکسیدکربن به هزینه‌های بهداشتی را به استثنای کشورهای کم درآمد آشکار کردند. (Chaabouni, K. Saidi, 2017) همچنین یک رابطه علیت یک طرفه از انتشار دی‌اکسیدکربن به هزینه‌های بهداشتی پیدا نمودند.

(Masoudi et al., 2023)، در مطالعه‌ای تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر و نوآوری‌های فنی و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسیدکربن طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶ مورد بررسی قرار دادند که نتایج این مطالعه نشان داد که نوآوری فنی و انرژی‌های تجدیدناپذیر منفی و معنی‌دار بوده است. تأثیر رشد اقتصادی نیز بر انتشار دی‌اکسیدکربن اثر داشته است اما اثر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار دی‌اکسیدکربن تأثیر مثبتی بر انتشار دی‌اکسیدکربن مثبت و معنی‌دار دارد.

(Kalantarzadeh, 2022)، اثرات متقابل حمل‌ونقل، رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران را در دوره زمانی ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۷ بررسی کردند که یافته‌ها ارتباط متقابل مثبت بین حمل‌ونقل (راه‌آهن و هوا) و رشد اقتصادی و همچنین بین حمل‌ونقل (راه‌آهن و هوا) و انتشار دی‌اکسیدکربن نشان می‌دهد. یکی دیگر از یافته‌های این پژوهش این است که رشد اقتصادی تاثیر به‌سزایی بر افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن دارد، اما افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن تاثیری بر رشد اقتصادی ندارد.

(Mehdizadeh rayeni, 2021)، تاثیر آلودگی هوا و رشد اقتصادی بر مخارج مراقبت‌های بهداشتی در گروه کشورهای منتخب عضو اوپک با تاکید بر ایران را بررسی کرد که نتایج این مطالعه نشان داد که طی دوره مورد بررسی، تاثیر آلودگی هوا دی‌اکسیدکربن به‌عنوان شاخص‌های آلودگی هوا و محیطزیست و لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه (رشد اقتصادی سرانه) بر مخارج مراقبت‌های بهداشتی در گروه کشورهای منتخب عضو اوپک تاثیر مثبت و معنی‌داری دارد.

(Nahidi amir khiz, 2021)، بررسی رابطه رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را در کشورهای منتخب سازمان همکاری اسلامی‌انجام داد که تایج حاصل از برآورد مدل با تکنیک پانل دیتا نشان داد که در سطح معناداری ۵ درصد، وجود فرضیه u معکوس کوزنتس در کشورهای مورد مطالعه صادق می‌باشد. زیرا ضریب مربوط به متغیر رشد تولید ناخالص داخلی و مجذور آن به‌ترتیب دارای علامت مثبت و منفی می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که مصرف انرژی در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵ بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن تاثیر مثبت و به لحاظ آماری معنادار داشته است.

(Amiri, 2020)، در مطالعه بررسی ارتباط هم‌زمان رشد اقتصادی، مخارج بهداشتی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در کشورهای عضو منا در فاصله سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴ نتیجه گرفت که بین رشد اقتصادی و مخارج بهداشتی و بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن ارتباط دو طرفه مثبت و معنادار برقرار است. از سوی دیگر مخارج بهداشتی اثر منفی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد.

(Mitić, 2023)، رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن، رشد اقتصادی، انرژی در دسترس و اشتغال در هشت کشور اروپای جنوب‌شرقی مورد بررسی قرار داد که نتایج یک علیت پانل دو طرفه کوتاه مدت بین انتشار و اشتغال و بین انرژی موجود و اشتغال را نشان داد. نتایج بیشتر نشان‌دهنده یک علیت یک طرفه از انرژی و اشتغال موجود به تولید ناخالص داخلی است. نتایج رابطه علّی بلندمدت نشان می‌دهد که ضرایب تخمینی ECT تأخیر در معادلات انتشار، تولید ناخالص داخلی و اشتغال از نظر آماری معنی‌دار است، که نشان می‌دهد این متغیرها می‌توانند نقش مهمی در فرایند تعدیل سیستم داشته باشند، زیرا از زمان طولانی خارج می‌شوند.

(Dritsak & Dritsaki, 2023)، طی مطالعه‌ای رابطه بین هزینه‌های بهداشتی، انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی در G7: شواهدی از داده‌های پانل ناهمگن را انجام دادند که تجزیه‌وتحلیل‌های اولیه نشان داد که متغیرها وابسته به مقطع و ناهمگن هستند و مرتبه اول ثابت می‌باشند. آزمون هم‌انباشتگی نشان داد که یک رابطه پایدار و بلندمدت بین متغیرها وجود دارد. علاوه بر این، ضرایب بلندمدتی که با رویکرد AMG تخمین زده شد، برای تولید ناخالص داخلی سرانه از نظر آماری معنی‌دار و مثبت و در مورد انتشار گازهای گلخانه‌ای سرانه منفی است. در نهایت، آزمون علیت توسط دومیترسکو و هورلین (۲۰۱۲) علیت یک جانبه از انتشار گازهای گلخانه‌ای سرانه نسبت به هزینه‌های بهداشتی سرانه برای همه کشورهای G7 را نشان داد.

(Li, 2023)، رابطه بین مصرف انرژی، انتشار دی‌اکسیدکربن، رشد اقتصادی و شاخص‌های سلامت طی بازه زمانی ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار داد که نتایج ماتریس همبستگی نشان‌دهنده همبستگی مثبت قوی بین انتشار و مصرف انرژی است. همچنین نشان‌دهنده یک همبستگی ضعیف با مرگ‌ومیر و امید به زندگی در ژاپن و روسیه است. نتایج آزمون دیکی فولر نشان داد که سری‌ها در اولین تفاوت ثابت هستند و شواهدی برای استفاده از آزمون هم‌جمعی جوهانسن برای روابط بلندمدت و کوتاه مدت بین سری‌های مستقل ارائه کرد. عبارت تصحیح خطای برداری و روش ECT برای یافتن روابط بلندمدت بین سری‌های هم‌انباشته و پارامترهای تنظیم استفاده می‌شود. برای شکست‌های ساختاری شاخص‌های سلامت و مطالعه مصرف انرژی، از شکست ساختاری گریگوری هانسون استفاده کردیم. نرخ مرگ‌ومیر و نرخ امید به زندگی در چین، ایالات متحده، روسیه، هند و ژاپن تغییرات سیاست‌های مرتبط با سیاست‌های اقتصادی هر کشور را نشان می‌دهد.

توسعه اقتصادی، انرژی، انتشار دی‌اکسیدکربن و هزینه‌های بهداشتی در سال‌های اخیر برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به‌طور فزاینده‌ای حیاتی شده است. بررسی تعاملات بین تولید ناخالص داخلی، انرژی، انتشار دی‌اکسیدکربن و هزینه‌های بهداشتی بسیار مهم است. اگرچه بسیاری از مطالعات اثر تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی تجدیدپذیر و مصرف انرژی تجدیدناپذیر بر انتشار دی‌اکسیدکربن را بررسی کرده‌اند، تنها تعداد کمی اثر هزینه‌های بهداشتی بر انتشار دی‌اکسیدکربن را بررسی کرده‌اند. مطالعات موجود به سه بخش فرعی تقسیم شده است که عبارتند از: ۱. رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و تولید ناخالص داخلی[10]، ۲. رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی تجدیدپذیر، مصرف انرژی تجدیدناپذیر، ۳. رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و هزینه‌های بهداشتی.

روش تحقیق

از نظر تقسیم‌بندی بر حسب هدف، پژوهش حاضر کاربردی بوده و از نظر طبقه‌بندی بر اساس روش در زمره تحقیقات علّی جای می‌گیرد. از آنجا که در این تحقیق رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته بررسی می‌شود لذا در میان تحقیقات توصیفی، از نوع علّی است. به علاوه می‌توان این پژوهش را، از نظر شیوه جمع‌آوری داده‌ها در طبقه تحقیقات شبه تجربی- پس رویدادی[11] قرار داد. چرا که امکان کنترل کلیه متغیرهای نامربوط در مطالعه، مقدور نیست و در طول پژوهش از اطلاعات تاریخی برای آزمون فرضیه‌ها استفاده شده است. در این پژوهش‌ها، فراهم کردن داده‌ها به دو صورت زیر است: ۱. توسط رویدادهایی که بدون دخالت مستقیم محقق اتفاق افتاده یا ۲. از محیطی که به گونه طبیعی وجود داشته است.

جامعه آماری این پژوهش شامل بخش انرژی کشور ایران است. داده‌های مورد استفاده، به‌صورت سالانه و در قالب سری زمانی ۳۰ ساله، طی بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳ گردآوری شده‌اند و متغیرهای کلان اقتصادی مرتبط با موضوع تحقیق را در بر می‌گیرند.

روش‌های گردآوری اطلاعات شامل دو روش کلی روش‌های میدانی و روش اسنادی است. در این تحقیق از روش اسنادی برای گردآوری داده‌ها استفاده می‌شود؛ از میان روش اسنادی (متن خوانی و استفاده از فیش، آمارخوانی با استفاده از جدول، تصویرخوانی و استفاده از نقشه و کروکی و سند خوانی)، از روش آمارخوانی از جداول و نمودار از سایت‌های آماری بین‌المللی و داخلی از جمله بانک جهانی، بانک مرکزی و مرکز آمار ایران استفاده خواهد شد.

10. Gross Domestic Product (GDP)
11. Quasi-experimental ex post facto

در این تحقیق با استفاده از روش تحلیل سری زمانی الگوی پویای خود توضیح با وقفه‌های توزیعی[۱۲] به رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن، رشد اقتصادی، هزینه‌های بهداشتی (درصد از تولید ناخالص داخلی)، و مصرف انرژی تجدیدپذیر (مصرف انرژی تجدیدپذیر به‌صورت درصدی از کل مصرف نهایی انرژی) و غیرقابل تجدید در ایران پرداخته می‌شود. اطلاعات متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق شامل روابط بین انتشار CO2، تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی تجدیدپذیر، مصرف انرژی تجدیدناپذیر از (OECD, 2023) و اطلاعات داده‌های هزینه‌های بهداشتی از پایگاه آماری بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، قانون بودجه و محاسبات کشور برای سال‌های ۱۹۹۰ الی ۲۰۲۳ به‌دست آمدند.

این تحقیق چارچوبی را برای بررسی رابطه بین روابط بین انتشار دی‌اکسیدکربن، تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی تجدیدپذیر، مصرف انرژی تجدیدناپذیر، و هزینه‌های بهداشتی در ایران با ارجاع به رویکردهای (Apergis et al., 2018; Alola, 2019; Wang et al., 2019; Khan et al., 2020) ایجاد می‌کند. مدل به صورت زیر ساخته شده است:

$$CO_{2t} = (GDP_t, HE_t, NREC_t, REC_t)$$

لگاریتم‌های طبیعی متغیرها برای جلوگیری از چند خطی بودن بین متغیرها گرفته شده است (Gujarati & Porter, 2009) و تبدیل لگاریتمی‌طبیعی زیر را در عبارت فوق ایجاد می‌کند (معادله ۱):

$$lnCO_{2t} = \alpha + \beta_1 lnGDP_t + \beta_2 lnHE_t + \beta_3 lnNREC_t + \beta_4 lnREC_t + \varepsilon_t \quad (۱)$$

که در آن ln نشان‌دهنده این است که لگاریتم طبیعی متغیرهای وابسته و مستقل، و t نشان‌دهنده سال‌های بین ۱۹۸۰ و ۲۰۱۶ است، و εt نشان‌دهنده عبارت خطای مستقل و به‌طور مساوی توزیع شده $(idd)\sim N(\mu, r^2)$ است. در معادله، β_1 نشان‌دهنده ضریب تولید ناخالص داخلی است و انتظار می‌رود علامت آن مثبت باشد. β_2 ضریب هزینه بهداشتی است و انتظار می‌رود علامت آن مثبت یا منفی باشد. β_3 ضریب مصرف انرژی تجدیدناپذیر، β_4 ضریب مصرف انرژی تجدیدپذیر است که انتظار می‌رود نشانه‌های آن به ترتیب مثبت و منفی باشد.

رویکرد ARDL

در این تحقیق از مدل ARDL توسعه یافته توسط (Pesaran et al., 2001) برای بررسی روابط پویا بلند مدت و کوتاه مدت بین متغیرها استفاده شده است. این رویکرد مزایایی را نسبت به سایر روش‌های پیشنهادی ارائه می‌دهد (Johansen, 1990; Engel & Granger, 1987). اولین مزیت این است که وقتی یک سری شامل ثابت بودن مرتبه‌های مختلف I(0) و I(1) باشد، امکان بررسی روابط هم‌انباشتگی[۱۳] را فراهم می‌کند. دوم، روابط بلندمدت و کوتاه‌مدت را می‌توان با افزودن یک پارامتر تصحیح خطا به این معادله هم‌انباشتگی به‌طور هم‌زمان مورد بررسی قرار داد (Pesaran et al., 2001). در نهایت، با توجه به (Alola, 2019) این مدل نتایج پیش‌بینی دقیق را حتی با تعداد محدودی از نمونه‌ها به‌دست می‌آورد. بر اساس این مزایا، در این مطالعه از روش ARDL استفاده شد. معادله ARDL برای متغیرهای مطالعه به شرح زیر است:

$$\Delta lnCO_{2t} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \beta_1 \Delta lnCO_{t-i} + \sum_{i=1}^{q} \beta_2 \Delta lnGDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{q} \beta_3 \Delta lnHE_{t-i} + \sum_{i=1}^{q} \beta_4 \Delta lnNREC_{t-i} + \sum_{i=1}^{q} \beta_5 \Delta lnREC_{t-i} + \lambda_1 lnCO_{t-1} + \lambda_2 lnGDP_{t-1} + \lambda_3 lnHE_{t-1} + \lambda_4 lnNREC_{t-1} + \lambda_5 lnREC_{t-1} + \varepsilon_t \quad (۲)$$

در مدل ARDL، هدف مدل‌سازی هم‌زمان روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی است. به همین دلیل، هم متغیر وابسته و هم متغیرهای توضیحی باید با وقفه وارد مدل شوند تا پویایی[۱۴] سیستم به‌درستی لحاظ شود.

دلایل استفاده از وقفه در متغیرهای توضیحی:

12. Auto Regressive Distributed Lag (ARDL)
13. Cointegration Relationships
14. Dynamics

در دنیای واقعی، اثر یک متغیر اقتصادی (مثل GDP یا HE) بر متغیر وابسته (CO_2) فوراً ظاهر نمی‌شود، بلکه در طول زمان توزیع می‌شود (distributed lag).

وارد کردن وقفه‌ها کمک می‌کند که رابطه علّی بین متغیرها در طول زمان بهتر شناسایی و تخمین زده شود. از نظر اقتصادسنجی، لحاظ‌کردن وقفه‌ها در متغیرها می‌تواند به کاهش خودهمبستگی باقیمانده‌ها کمک کند و ساختار مناسب پویایی مدل را فراهم نماید.

تایید همگرایی این آزمون فرضیه بر اساس مقدار آماره F انجام می‌شود. مقدار آماره F محاسبه شده با مقادیر جدول بحرانی I(0) پایین‌تر و I(1) بالا که توسط (Pesaran et al., 2001; Narayan, 2005) یافت شده است مقایسه می‌شود. فرضیه صفر رد می‌شود و اگر مقدار آماره F محاسبه شده از مقدار بحرانی بالایی بیشتر باشد، یک رابطه هم‌انباشتگی تعیین می‌شود. به‌طورکلی، مقادیر بحرانی محاسبه شده با استفاده از روش (Pesaran et al., 2001) برای نمونه‌های بزرگ و مقادیر محاسبه شده با رویکرد (Narayan, 2005) برای نمونه‌های کوچک استفاده می‌شود. دراین تحقیق از مقادیر بحرانی محاسبه شده توسط (Narayan, 2005) به دلیل حجم نمونه کوچک خود استفاده شد.

معادله تحقیق را می‌توان به راحتی با افزودن پارامتر تصحیح خطا[15] به یک مدل تصحیح خطا[16] تبدیل کرد (Kripfganz, 2023) که در آن Δ عملگر تفاوت مقادیر پویایی کوتاه مدت و سطح بلند مدت را نشان می‌دهد. t نشان‌دهنده زمان، p و q نشان‌دهنده طول تاخیر، ECT نشان‌دهنده پارامتر تصحیح خطا، و ε عبارت خطا است. معیار اطلاعات آکائیک[17] یا معیار اطلاعات شوارتز[18] معمولاً برای تعیین طول تاخیر استفاده می‌شود و برای این منظور به‌کار گرفته شد.

روش ARDL در چندین مرحله اجرا می‌شود که ابتدا سطوح ثابت سری را تعیین می‌کند. از آنجایی که اگر سری‌ها در سطح I(0) یا در اختلاف اول ساکن[19] باشند، اما در اختلاف دوم I(2) ساکن نباشند، می‌توان از این روش استفاده کرد، در این تحقیق از دیکی فولر تعمیم یافته[20] و فیلیپس[21] و آزمون ریشه واحد[22] برای بررسی ایستایی[23] استفاده شد. این آزمون‌ها که به‌عنوان آزمون‌های ریشه واحد کلاسیک نیز شناخته می‌شوند، ممکن است یافته‌های نادرستی ایجاد کنند زیرا شکست‌های ساختاری[24] در یک سری را در نظر نمی‌گیرند (Perron, 1997; Lumsdaine & Papell, 1989).

با در نظر گرفتن این موضوع، تست‌های ثابتی را برای مدل‌های ثابت و روند با استفاده از آزمون‌های ADF و PP انجام شد. در مرحله بعد از آزمون ریشه واحد زیوت اندروز[25] استفاده شد که امکان یک شکست ساختاری واحد را در این سری فراهم می‌کند. این آزمایش در مقایسه با آزمایش‌های ریشه واحد ADF و PP نتایج قابل اعتمادتری به‌دست می‌آورند زیرا شکست ساختاری را در نظر می‌گیرند (Zivot & Andrews, 1992).

در مرحله دوم، فرضیه صفر $H_0 = \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0$ که عدم هم‌انباشتگی را نشان می‌دهد در برابر فرضیه جایگزین $H_1 \neq \lambda_1 \neq \lambda_2 \neq \lambda_3 \neq \lambda_4 \neq \lambda_5 \neq 0$ آزمون می‌شود که هم‌انباشتگی را تایید می‌کند. در این آزمون فرضیه بر اساس مقدار آماره F[26] انجام می‌شود. مقدار آماره F محاسبه شده با مقادیر جدول بحرانی I(0) پایین‌تر و I(1) بالا که توسط (Pesaran et al., 2005) یافت شده است مقایسه می‌شود. (Pesaran et al., 2001) یا (Narayan, 2005) فرضیه صفر رد می‌شود و اگر مقدار آماره F محاسبه شده از مقدار بحرانی بالایی بیشتر باشد، یک رابطه هم‌انباشتگی تعیین می‌شود. به‌طورکلی، مقادیر بحرانی محاسبه شده با استفاده از روش (Pesaran et al., 2001) برای نمونه‌های بزرگ و مقادیر محاسبه شده با رویکرد (Narayan, 2005) برای نمونه‌های کوچک

15. Error Correction Term (ECT)
16. Error Correction Model (ECM)
17. Akaike Information Criterion (AIC)
18. Schwarz Information Criterion (SIC)
19. Tationary at first difference
20. Augmented Dickey-Fuller (ADF)
21. Phillips-Perron (PP) unit root
22. Unit Root Test
23. Stationary
24. Structural Breaks
25. Zivot-Andrews Unit Root Test
26. F-statistic

(Akarauchi & Ozturk, 2010) استفاده می‌شود. از مقادیر بحرانی محاسبه شده توسط (Narayan, 2005) به دلیل حجم نمونه کوچک خود استفاده شد. برای اثبات وجود رابطه بلندمدت و هم‌انباشتگی بین متغیرها از فرم بلندمدت و آزمون F-Bounds استفاده می‌شود (Pesaran et al., 2001). برای این منظور، ابتدا مدل‌ها با استفاده از روش ARDL برآورد و سپس این آزمون انجام می‌شود. در مرحله سوم، برخی از آزمون‌های تشخیصی[۲۷] (توزیع نرمال[۲۸]، خودهمبستگی[۲۹]، و ناهمگونی[۳۰]) مدل ARDL برآورد شده اعمال می‌شود. اگر این تست‌های تشخیصی تحت شرایط مطلوب انجام شوند، مشخص می‌شود که مدل به درستی ساخته شده و برای پیش بینی مناسب است. در مرحله آخر، پایداری پارامترها با استفاده از آزمون‌های CUSUM (Brown et al., 1975)[۳۱] و CUSUMSQ بررسی می‌شود. آزمون CUSUM بر اساس جمع تجمعی باقیمانده‌های مدل رگرسیونی کار می‌کند. اگر ضرایب مدل در طول زمان ثابت باشند، جمع تجمعی باقیمانده‌ها باید حول صفر نوسان کند. اگر جمع تجمعی باقیمانده‌ها از یک آستانه مشخص (که معمولاً با استفاده از خطوط مرزی مشخص می‌شود) بیشتر یا کمتر شود، نشان‌دهنده ناپایداری ضرایب مدل است. آزمون CUSUMSQ بر اساس جمع تجمعی مربعات باقیمانده‌های مدل رگرسیونی عمل می‌کند. این آزمون نیز برای بررسی پایداری ضرایب مدل استفاده می‌شود، اما به‌طور خاص برای تشخیص تغییرات در واریانس باقیمانده‌ها حساس است (Gujarati & Porter, 2009).

نتایج

آمار توصیفی

جهت توصیف داده‌های پژوهش در روش‌های توصیفی، سعی می‌شود از ابزارهای آمار توصیفی نظیر شاخص‌های مرکزی و پراکندگی و ارائه جدول استفاده شود؛ به جهت اینکه این موضوع کمک موثری به شفافیت موضوع دارد. جدول (۱) بیانگر آمار توصیفی متغیرهای پژوهش است که می‌توان با توجه به آماره توصیفی، شاخص‌های مرکزی، پراکندگی و سایر شاخص‌ها را طبقه‌بندی کرد، به‌طوری که شاخص‌های مرکزی عبارتند از: شاخص‌های میانگین، میانه، شاخص پراکندگی و شاخص انحراف معیار. جدول (۱) آمار توصیفی داده‌های پژوهش را نشان می‌دهد.

بر اساس نتایج آماره‌های توصیفی ارائه شده در جدول (۱)، انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران طی دوره مورد بررسی به‌طور متوسط برابر با ۴۳۷/۱۷۷ بوده که با انحراف معیار نسبتاً بالایی معادل ۱۴۸/۳۳۷ همراه است. این امر بیانگر نوسانات قابل توجه در سطح انتشار دی‌اکسیدکربن در طول زمان است. مقدار چولگی منفی اندک و کشیدگی نسبتاً بالا نیز نشان می‌دهد که توزیع این متغیر به‌صورت نسبتاً نرمال و با اندکی تمایل به مقادیر پایین‌تر بوده است.

تولید ناخالص داخلی (GDP) نیز با میانگین ۲۸۶ میلیارد دلار، یکی از متغیرهای کلیدی اقتصادی در تحلیل‌های پژوهش محسوب می‌شود. چولگی مثبت آن (۰/۴۰) دلالت بر وجود داده‌های با مقادیر بالا در برخی سال‌ها دارد که می‌تواند ناشی از جهش‌های اقتصادی یا افزایش قیمت نفت در مقاطع خاصی باشد. کشیدگی نزدیک به ۲ نیز حاکی از توزیعی نه‌چندان دور از نرمال است.

در خصوص مصرف انرژی، میانگین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (REC) برابر با ۰/۹۷ درصد از کل مصرف نهایی انرژی بوده که مقدار بسیار ناچیزی است و بیانگر سهم اندک این منابع در ترکیب انرژی ایران است. انحراف معیار پایین (۰/۲۶) نیز نشان می‌دهد که این الگو طی دوره سی‌ساله تغییر محسوسی نداشته است. در مقابل، مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر (NREC) با میانگین ۹۹/۰۶ درصد، حاکی از وابستگی تقریباً کامل کشور به این منابع است. چولگی منفی اندک و کشیدگی در حد نرمال برای این متغیر نیز نشان‌دهنده ثبات نسبی در ساختار مصرف انرژی کشور طی دوره مورد بررسی می‌باشد.

در نهایت، هزینه‌های بهداشتی (HE) نیز با میانگین سرانه‌ای معادل ۱/۸۰۱ دلار و انحراف معیار نسبتاً بالا (۷۷۷ دلار)، نشان‌دهنده

27. Diagnostic tests
28. Normality
29. Autocorrelation
30. Heteroscedasticity
31. Cumulative Sum of Squares

اختلافات قابل‌توجه در میزان این هزینه‌ها در طول سال‌هاست. مقادیر بالای چولگی مثبت (۱/۰۲) و کشیدگی (۲/۸۶) نیز حاکی از توزیع نامتقارن این متغیر و وجود داده‌هایی با مقادیر بسیار بالا در برخی سال‌هاست که احتمالاً مربوط به افزایش هزینه‌های سلامت در دوره‌هایی نظیر همه‌گیری کووید-۱۹ یا اجرای برنامه‌های خاص سلامت بوده است.

جدول ۱. آمار توصیفی متغیرهای مورداستفاده در مدل

متغیرها	انتشار دی‌اکسیدکربن (CO2 (kt))	تولید ناخالص داخلی (GDP (current US$))	مصرف انرژی تجدیدپذیر (REC (% of total final energy consumption))	مصرف انرژی تجدیدناپذیر (NREC (% of total))	هزینه‌های بهداشتی (HE (current US$))
آماره‌ها	انتشار دی‌اکسیدکربن	تولید ناخالص داخلی	مصرف انرژی تجدیدپذیر	مصرف انرژی تجدیدناپذیر	هزینه‌های بهداشتی
میانگین	۴۳۷۱۷۷/۹	۲/۸۶E+۱۱	۰/۹۷۸۳۸۷	۹۹/۰۶۵۱	۱۸۰۱/۷۱
میانه	۴۵۰۷۹۵/۷	۲/۶۶E+۱۱	۰/۹۸	۹۹/۰۵۸۷۳	۱۵۵۵
حداکثر	۶۳۷۴۳۳/۷	۶/۴۴E+۱۱	۱/۵۳	۹۹/۶۶۵۲	۳۵۰۸
حداقل	۱۹۸۴۷۱/۷	۶/۳۷E+۱۰	۰/۴۴	۹۸/۳۴۱۱۸	۸۹۴
انحراف استاندارد	۱۴۸۳۳۷/۳	۱/۷۲E+۱۱	۰/۲۶۶۳۰۹	۰/۳۸۰۶۹۷	۷۷۷/۶۱
چولگی	-۰/۱۲۷۳۹	۰/۴۰۳۲۶۵	۰/۱۸۰۹۸۳	-۰/۱۹۵۶۹	۱/۰۲۱۰۶۷
کشیدگی	۱/۴۹۱۵۷۷	۱/۹۸۷۹۱۵	۲/۷۱۵۶۵۱	۲/۰۱۸۳۵۲	۲/۸۶۲۷۰۶

*Source: Research calculations

در مجموع، تحلیل شاخص‌های توصیفی بیانگر وجود نوسانات معنادار در برخی متغیرها از جمله انتشار دی‌اکسیدکربن و هزینه‌های بهداشتی بوده و بر اهمیت بررسی‌های بیشتر با استفاده از روش‌های تحلیل هم‌انباشتگی و مدل‌های پویای اقتصادسنجی تأکید دارد.

نتایج آزمون پایایی و سایر آزمون‌های مورد نیاز

بدون بررسی آزمون پایایی و برآورد متغیرها، معناداری ضرایب برآوردی مورد تایید قرار نمی‌گیرد. بنابراین، به منظور بررسی آزمون پایایی در متغیرها، از آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته (ADF) استفاده می‌شود. نتایج آزمون پایایی متغیرها در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲. آزمون ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم یافته روی سطح متغیرها

متغیرها	سطح		با یک وقفه	
	آماره t	سطح احتمال	آماره t	سطح احتمال
لگاریتم انتشار دی اکسید کربن (lnCO2)	-۳/۴۳۱**	۰/۰۱۷	۴/۴۶۲***	۰/۰۰۱
لگاریتم تولید ناخالص داخلی (lnGDP)	۰/۹۳۰	۰/۷۶۴	-۵/۶۵۴***	۰/۰۰۰۱
لگاریتم مصرف انرژی تجدیدپذیر (lnREC)	-۲/۲۴۰	۰/۱۹۷	۴/۹۰۴***	۰/۰۰۰۵
لگاریتم مصرف انرژی تجدیدناپذیر (lnNREC)	-۱/۸۳۹	۰/۳۵۵	-۴/۵۰۹***	۰/۰۰۱
لگاریتم هزینه‌های بهداشتی (lnHE)	۰/۱۸۶	۰/۹۶۶	-۵/۵۳۳***	۰/۰۰۰۱

جدول (۲) نتایج آزمون‌های ریشه واحد ADF را برای مدل‌های با عرض از مبدأ و مدل‌های با عرض از مبدأ و روند خطی ارائه می‌دهد. یافته‌ها نشان می‌دهند که همه سری‌ها در سطح، غیرساکن هستند، اما پس از اولین تفاضل‌گیری، ساکن می‌شوند.

نتایج آزمون ریشه واحد که یک شکست واحد را در نظر می‌گیرد، در جدول (۱) نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، آزمون پایایی، ایستا بودن متغیر لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن (CO2) در سطح و متغیرهای لگاریتم تولید ناخالص داخلی (lnGDP)، لگاریتم مصرف انرژی تجدیدپذیر (lnREC)، لگاریتم مصرف انرژی تجدیدناپذیر (lnNREC) و لگاریتم هزینه‌های بهداشتی (lnHE) با یک بار تفاضل‌گیری از متغیرها، آمارهٔ دیکی- فولر تعمیم یافته (ADF) مربوط به آنها، از آمارهٔ بحرانی بزرگ‌تر شده و پایا بودن متغیرها به اثبات می‌رسد. بنابراین متغیرهای موجود در مدل، پایا از درجه صفر I(0) و پایا از درجه یک [I(1)][32] وجود دارد.

برآورد مدل رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن، رشد اقتصادی، هزینه‌های بهداشتی، و مصرف انرژی تجدیدپذیر و غیرقابل تجدید

برای انتخاب وقفه بهینه از معیار شوارتز-بیزین، استفاده شده است. نتایج به‌دست آمده از این آماره معنی‌داری بالاتری را نشان می‌دهد که با توجه به این آماره، وقفه بهینه دو است. تخمین مدل ARDL در جدول (۳) ارائه شده است که وقفه بهینه براساس معیار شوارتز- بیزین به‌صورت ARDL(1,0,0,0) است.

جدول ۳. نتایج تخمین به روش ARDL (1,0,0,0) مدل برآورد شده

متغیرها	ضریب β	انحراف معیار	آماره t
لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن (lnCO2(-1))	-۰/۸۴۴***	۰/۱۶۸	۱۳/۹۴۲
لگاریتم تولید ناخالص داخلی (lnGDP)	۰/۰۲۹	۰/۰۲۲	۱/۳۳۹
لگاریتم هزینه‌های بهداشتی (lnHE)	۰/۰۲۹	۰/۰۳۰	۰/۹۶۱
لگاریتم مصرف انرژی تجدیدپذیر (lnREC)	-۰/۰۰۹	۰/۰۲۱	-۰/۴۵۹
لگاریتم مصرف انرژی تجدیدناپذیر (lnNREC)	۴/۱۰۲*	۲/۰۷۴	-۱/۹۷۷
C	-۱۷/۸۰۱	۹/۳۰۷	-۱/۹۱۲
R-Squared	۰/۹۹		
DW-Statistic	۲/۳		
آماره F	۸۸۱/۲۷۲(۰/۰۰۰)		

***، ** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد

جدول ۴ تخمین ضرایب بلند مدت و کوتاه مدت به‌دست آمده از مدل ARDL را ارائه می‌دهد. انتشار دی‌اکسیدکربن به ازای هر ۱ درصد افزایش تولید ناخالص داخلی ۰/۰۲۹ درصد افزایش می‌یابد. زیرا بر اساس داده‌های تولید ناخالص داخلی منتشر شده توسط بانک مرکزی، دو بخش مهم صنعت تولید و خدمات حمل‌ونقل به‌عنوان عامل رشد اقتصادی ظهور کرده‌اند. بر اساس گزارش وزارت نیرو انرژی حاصل از منابع تجدیدناپذیر (فسیلی) در صنعت تولید عموماً گاز طبیعی، زغال‌سنگ سخت، کک، نفت و زغال‌سنگ است. آشکار است که عمدتاً از منابع انرژی تجدیدناپذیر در این بخش‌ها استفاده می‌شود. بنابراین، این بخش‌ها باید انرژی بیشتری برای افزایش تولید و حمایت از رشد اقتصادی مصرف کنند. فشار منفی بر محیطزیست احتمالا افزایش می‌یابد، زیرا بیشتر انرژی مصرف شده از منابع انرژی تجدیدناپذیر به‌دست می‌آید. نتایج مشابهی توسط (Tang & Tan, 2015) برای ویتنام، (Boznet & Pablo Romero, 2016) برای الجزایر، (Liu et al., 2019) برای غنا، (Ragad, 2020) برای عربستان سعودی، و (Mojtaba & Jena, 2021) برای هند و (Ampofo, 2021) برای ترکیه یافت شد.

افزایش ۱ درصد در مصرف انرژی تجدیدناپذیر (NREC) منجر به افزایش ۴/۱۰۲ درصد در انتشار CO2 می‌شود. تسلط منابع فسیلی در بخش انرژی ایران وجود دارد. بنابراین، این یافته تعجب‌آور نیست، زیرا مصرف انرژی در ایران در درجه اول از منابع فسیلی است. این نتیجه با نتایج (Dogan & Seker, 2016; Danish et al., 2017; Zafa et al., 2019; Becken et al., 2019) همسو است.

32. 1-Integrated of Degree One

افزایش ۱ درصد در مصرف انرژی تجدیدناپذیر باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن به میزان ۰/۰۰۹ درصد شد. منابع انرژی تجدیدپذیر عموماً از زمین گرمایی، خورشیدی، بادی و زیست‌توده به‌دست می‌آیند که می‌توانند به‌عنوان انرژی پاک یا منابع انرژی سازگار با محیط‌زیست تعریف شوند. در این زمینه، انتظار می‌رود که منابع انرژی تجدیدپذیر اثر کاهش انتشار کربن داشته باشند.

یافته‌های این نتیجه با (Danish et al., 2017; Sinha & Shahbaz, 2018; Ahmad et al., 2020) همسو هستند. به طور مشابه، افزایش ۱ درصد در هزینه‌های بهداشتی منجر به کاهش ۰/۰۲۹ درصد در انتشار دی‌اکسیدکربن شد. یافته‌های (Zaman & Abd-el Moemen., 2017; Khan et al., 2020) عکس این نتایج می‌باشد ولی با یافته‌های (Apergiset al., 2019) همسو است، که اثر کاهشی افزایش هزینه بهداشتی بر آلودگی را توضیح داد، زیرا بخش بهداشت در مقایسه با سایر بخش‌ها آلودگی کمتری دارد. به‌عنوان توجیهی برای این موضوع، نشان داده شده است که انرژی فسیلی به‌طور کارآمدتر و/یا انرژی‌های تجدیدپذیر بیشتری در بخش سلامت استفاده می‌شود.

برای اثبات وجود رابطه بلندمدت و هم‌انباشتگی بین متغیرها از فرم بلندمدت و آزمون F-Bounds استفاده می‌شود (Pesaran et al., 2001). برای این منظور، ابتدا مدل‌ها با استفاده از روش ARDL برآورد و سپس این آزمون انجام می‌شود. نتایج این آزمون در سطح معناداری ۵ درصد، در جدول (۴) درج شده است. بر اساس مقادیر بحرانی آزمون کرانه‌های پسران (Pesaran Bounds Test) برای سطح اطمینان مربوطه و با در نظر گرفتن ۱۰۰۰ مشاهده، وجود رابطه بلندمدت میان متغیرها تأیید می‌شود. جدول زیر نتایج آزمون کرانه‌های نارایان (Narayan, 2005) را برای نمونه‌ای شامل ۴۰ متغیر ارائه می‌دهد.

جدول ۴. آزمون رابطه بلندمدت و هم انباشتگی بین متغیرها

مدل/ آزمون F-Bounds	F-statistic	نمونه محدود ۵ درصد		نمونه محدود ۱ درصد	
		I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
(تعداد نمونه واقعی = ۳۰)	۱۱/۹۰۷	۳/۲۹	۴/۳۷	۴/۲۸	۵/۸۴

*Source: Research calculations

این آزمون دو باند بالا و پایین دارد. چنانچه آماره F بالاتر این باند بالایی قرار گیرد، رابطه هم‌انباشتگی تأیید می‌شود (Pesaran et al., 2001)، اگر پایین‌تر از باند پایینی باشد، هم‌انباشتگی وجود ندارد و اگر بین این دو باند قرار گیرد نمی‌توان به‌طور دقیق مشخص کرد که رابطه هم‌انباشتگی وجود دارد یا نه. بر اساس معیاره F به‌دست آمده در هر دو مدل، مقدار این آماره بالاتر از باند بالایی قرار گرفته است، لذا وجود بردارهای هم‌انباشتگی مورد تأیید قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان رابطه بلندمدت بین متغیرها را استخراج نمود.

در ادامه تحلیل بلندمدت به روش ARDL ارائه شده است. همان‌طور که بیان شد، نکته مهم در برآورد هم‌جمعی از روش ARDL موجود بودن رابطهٔ بلندمدت در متغیرها است. به منظور تایید نهایی بردار هم‌جمعی در روش ARDL، نتیجه برآورد معادله بلندمدت در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵. نتایج تخمین بلند مدت به روش ARDL

نام متغیر	ضریب λ	انحراف معیار	آماره t
لگاریتم تولید ناخالص داخلی (lnGDP)	۰/۱۹۰*	۰/۰۹۲	۲/۰۶۹
لگاریتم هزینه‌های بهداشتی (lnHE)	-۰/۱۸۷	۰/۱۴۱	-۱/۳۲۵
لگاریتم مصرف انرژی تجدیدپذیر (lnREC)	-۰/۰۶۳	۰/۱۲۹	-۰/۴۹۴
لگاریتم مصرف انرژی تجدیدناپذیر (lnNREC)	۲۶/۳۶۰	۱۴/۰۲۳	۱/۸۷۹
عرض از مبدا (C)	-۱۱۴/۳۸۵	۶۲/۵۱۱	-۱/۸۲۹

***، ** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد

نتایج تخمین بلند مدت در جدول (۵) مشاهده می‌شود که با توجه به این که تابع برآورد شده به‌صورت لگاریتمی تخمین زده شده است، ضرایب تابع برآورد شده همان کشش‌های مورد تحلیل هستند. نتایج نشان می‌دهد که به ازای هر ۱ درصد لگاریتم تولید ناخالص داخلی و

لگاریتم مصرف انرژی تجدیدناپذیر در بلندمدت انتشار دی‌اکسیدکربن را به‌ترتیب ۰/۱۹۰ درصد و ۲۶/۳۶۰ درصد افزایش می‌دهد. در مقابل افزایش ۱ درصد لگاریتم هزینه‌های بهداشتی و مصرف انرژی تجدیدپذیر در بلندمدت انتشار دی‌اکسیدکربن را به ترتیب ۰/۱۸۷ درصد و ۰/۰۶۳ درصد کاهش می‌دهد.

در ادامه جهت مطالعه رفتار کوتاه‌مدت متغیرها و نشان دادن سرعت تعدیل به سمت تعادل بلندمدت در بین متغیرهای الگو به برآورد مدل با استفاده از الگوی تصحیح خطا پرداخته خواهد شد. نتایج حاصل از تخمین مدل در جدول (۶) ارائه شده است.

وجود هم‌انباشتگی بین مجموعه‌ای از متغیرها، مبنای آماری استفاده از الگوهای تصحیح خطا را فراهم می‌کند. عمده‌ترین دلیل شهر این الگوها آن است که نوسانات کوتاه مدت متغیرها را به مقادیر تعدلی بلندمدت ارتباط می‌دهد. نتایج حاصل از برآورد Ecm در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ۶. نتایج حاصل از برآورد مدل تصحیح خطا(Ecm)

متغیرها	ضریب β	انحراف معیار	آماره t
لگاریتم تولید ناخالص داخلی D(lnGDP)	۰/۲۲***	۰/۰۲۲	۱۰/۹۵۱
لگاریتم تولید ناخالص داخلی D(lnGDP)	۰/۰۲۹	۰/۰۲۲	۱/۳۳۹
لگاریتم هزینه‌های بهداشتی D(lnHE)	−۰/۰۲۹	۰/۰۳۰	−۰/۹۶۱
لگاریتم مصرف انرژی تجدیدپذیر D(lnREC)	−۰/۰۰۹	۰/۰۲۱	−۰/۴۵۹
لگاریتم مصرف انرژی تجدیدناپذیر D(lnNREC)	۴/۱۰۲*	۲/۰۷۴	۱/۹۷۷
ECM(-1)	−۰/۱۵۵***	۰/۰۱۶	−۹/۲۹۱

*****، ** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد**

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۶، ضریب جمله تصحیح خطا (ECM) مطابق انتظارات دارای علامت منفی و از نظر آماری معنادار است، که مؤید وجود رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها می‌باشد. مقدار این ضریب برابر با ۰/۱۵۵− نشان می‌دهد که در هر دوره حدود ۱۵/۵ درصد از انحراف کوتاه‌مدت از مسیر تعادلی بلندمدت تصحیح می‌گردد.

همان‌گونه که در جدول (۶) مشاهده می‌شود، ضرایب اکثر متغیرها در کوتاه مدت، همانند بلندمدت معنی دارند. همان‌طور که از برآورد الگوی تصحیح خطا مشاهده می‌شود، مهمترین پارامتر ارائه شده در الگوی تصحیح خطا، یعنی ضریب جز تصحیح خطا (۱−)ecm منفی و برابر ۰/۱۵ به‌دست آمده که نشان‌دهنده این است که تعدیل نوسانات کوتاه مدت به سمت تعادل بلندمدت صورت می‌گیرد، بدین‌معنی که در صورت انحراف از تعادل بلندمدت، در هر دوره (سال) ۱۵ درصد از عدم تعادل‌های به‌وجود آمده تصحیح خطا شده و به تعادل بلندمدت نزدیک می‌شود.

بحث و جمع‌بندی

در بلندمدت، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی تجدیدناپذیر تاثیر مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی تجدیدپذیر و هزینه‌های بهداشتی تاثیر منفی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارند.

مطابق با یافته‌های تحقیق، توصیه‌های سیاستی زیر ارائه می‌شود.

نتایج نشان داد که رشد تولید ناخالص داخلی (GDP) با افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن همراه است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران رشد اقتصادی را به سمت فعالیت‌های کم‌کربن نظیر خدمات، فناوری اطلاعات، و تولیدات سبز هدایت کنند تا اثرات محیطزیستی منفی کاهش یابد.

مصرف انرژی تجدیدناپذیر اثر مثبت و معناداری بر افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. بنابراین، سیاست کاهش یارانه سوخت‌های فسیلی، قیمت‌گذاری واقعی انرژی، و توسعه زیرساخت‌های انرژی پاک مانند انرژی خورشیدی و بادی در دستور کار قرار گیرند.

گرچه اثر مصرف انرژی تجدیدپذیر بر کاهش دی‌اکسیدکربن در این تحقیق از نظر آماری معنادار نبود، اما علامت ضریب منفی بود. این

امر می‌تواند نشانه‌ای از اثر بلندمدت مطلوب انرژی‌های تجدیدپذیر باشد. بنابراین، سرمایه‌گذاری در این بخش باید ادامه یابد و مشوق‌های مالیاتی و اعتباری برای آن در نظر گرفته شود.

نتایج نشان داد افزایش هزینه‌های بهداشتی با کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن همراه است. این موضوع می‌تواند به بهره‌گیری بیشتر از منابع انرژی پاک در بخش سلامت و نیز بهبود کارایی انرژی در بیمارستان‌ها و مراکز درمانی مرتبط باشد. بنابراین، توسعه نظام سلامت پایدار و سبز توصیه می‌شود.

ضریب تصحیح خطا (ECM) برابر با ۰/۱۵۵ نشان داد که ۱۵/۵درصد از انحراف‌ها در هر سال به تعادل بلندمدت باز می‌گردند. این یافته تأکید می‌کند که سیاست‌گذاری‌ها باید با ثبات و استمرار همراه باشد تا سازوکارهای تعادلی فرصت اصلاح کافی داشته باشند.

رشد اقتصادی ابزار مهمی برای مبارزه با گرمایش جهانی است. بر اساس فرضیه EKC معکوس U شکل، فرض می‌شود که با رشد اقتصادی مستمر به سطح درآمد معینی می‌رسد و در نتیجه انتشار دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد. از این منظر باید رشد اقتصادی را پیش برد. علاوه بر این، با رشد مداوم اقتصادی، خدمات بهداشتی و سرمایه گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر که اثر کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن دارند، می‌توانند با درآمد عمومی اضافی به‌دست آمده حمایت شوند.

همچنین می‌توان مکانیسم‌های تشویقی را برای نگهداری و گسترش سازه‌های موجود آغاز کرد. به‌عنوان مثال، در بخش تولید، که در آن انرژی به شدت مصرف می‌شود و منابع انرژی تجدیدناپذیر تا حد زیادی استفاده می‌شوند، می‌توان از اعضای صنعتی که مایل به ایجاد نیروگاه‌های تجدیدپذیر برای رفع نیازهای انرژی هستند، حمایت مالی کرد. همچنین می‌توان از خانواده‌ها و صاحبان مشاغل کوچک حمایت نمود و نیازهای انرژی تأسیسات بهداشتی که در حال حاضر با منابع فسیلی تامین می‌شوند، می‌تواند توسط فناوری‌های تجدیدپذیر، مانند انرژی خورشیدی، تامین شود. این ابتکارات علاوه بر کمک به کاهش انتشار کربن در کوتاه مدت و بلند مدت، به تضمین امنیت تامین انرژی، کمک خواهد کرد. علاوه بر این، افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با صادرات انرژی است و به حداقل رساندن اثرات منفی نوسانات قیمت انرژی، از رشد اقتصادی حمایت خواهد کرد.

پیشبرد افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر نه تنها انتشار دی‌اکسیدکربن را کاهش می‌دهد، بلکه به سلامت شهروندان نیز کمک می‌کند.

این گونه سیاست‌ها و ابتکارات بدون شک می‌تواند توسط سیاست‌گذاران حاکم بر دولت اجرا شود. صرف‌نظر از رویکرد، برای تصمیم‌گیرندگان مهم است که در پیشبرد کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن مشارکت داشته باشند. با اعتراف به جنگل‌زدایی به‌عنوان یک تهدید جدی می‌توان از ایده‌های محیط‌زیستی در این زمینه حمایت کرد. با پیشرفت تکنولوژی می‌توان عادات مصرف و زباله را که به سرعت در حال گسترش است تحت کنترل درآورد و تاکید ویژه‌ای بر تولید دستگاه‌های الکترونیکی در چارچوب استراتژی انرژی کارآمد و قابلیت بازیافت داشت.

منابع

Aboui Mehrizi, A. (2019). The Distributional Effects of Increasing the Price of Energy Carriers in Iran: Comparison of Input-Output Price Models. *Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research*, Vol. 8, No. 30, 167-187. (in Persian).

Al-Mulali, U., & Ozturk, I. (2016). The investigation of environmental Kuznets curve hypothesis in the advanced economies: the role of energy prices. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 54, 1622-1631.

Al-Mulali, U., Ozturk, I., & Lean, H.H. (2015). The influence of economic growth, urbanization, trade openness, financial development, and renewable energy on pollution in Europe. *Nat. Hazards*, 79, 621-644.

Amiri, F. (2020). Investigating the simultaneous relationship between economic growth, health expenditures and carbon dioxide emissions in MENA member countries. *Tolooebehdasht Journal*, Vol: 18, Issue: 1. (in Persian).

Apergis, N., & Payne, J.E. (2010). The emissions, energy consumption, and growth nexus: evidence from the commonwealth of independent states. *Energy Pol.*, 38, 650-655.

Apergis, N., Ben Jebli, M., & Ben Youssef, S. (2018). Does renewable energy consumption and health expenditures decrease carbon dioxide emissions? Evidence for sub-Saharan Africa countries. *Renew. Energy*, 127, 1011-1016.

Asgari, A. (2023). Factors Affecting the Consumption of Renewable Energy in OPEC member countries using the Panel data Approach. *Iranian Energy Economy Research Journal*, 4. (in Persian).

Begum, R.A., Sohag, K., Abdullah, S.M.S., & Jaafar, M. (2015). CO2 emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 41, 594-601.

Bekun, F.V., Alola, A.A., & Sarkodie, S.A. (2019). Toward a sustainable environment: nexus between CO2 emissions, resource rent, renewable and nonrenewable energy in 16-EU countries. *Sci. Total Environ.*, 657, 1023-1029.

Ben Jebli, M., Ben Youssef, S., & Ozturk, I. (2016). Testing environmental Kuznets curve hypothesis: the role of renewable and non-renewable energy consumption and trade in OECD countries. *Ecol. Indicat.*, 60, 824-831.

Ben Mbarek, M., Saidi, K., & Rahman, M.M. (2018). Renewable and non-renewable energy consumption, environmental degradation and economic growth in Tunisia. *Qual. Quantity*, 52, 1105-1119.

Chaabouni, S., & Saidi, K. (2017). The dynamic links between carbon dioxide (CO2) emissions, health spending and GDP growth: a case study for 51 countries. *Environ. Res.*, 158, 137-144.

Chaabouni, S., Zghidi, N., & Ben Mbarek, M. (2016). On the causal dynamics between CO2 emissions, health expenditures and economic growth. *Sustain. Cities Soc.*, 22, 184-191.

Chen, Y., Wang, Z., & Zhong, Z. (2019). CO2 emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China. *Renew. Energy*, 131, 208-216.

Çıtak, F., Uslu, H., Batmaz, O., & Hos ,, S. (2020). Do renewable energy and natural gas consumption mitigate CO2 emissions in the USA? New insights from NARDL approach. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 1-12.

Danish, Zhang, B., & Wang, Z. (2017). Role of renewable energy and nonrenewable energy consumption on EKC: evidence from Pakistan. *J. Clean. Prod.*, 156, 855-864.

Dogan, E., & Seker, F. (2016). Determinants of CO2 emissions in the European Union: the role of renewable and non-renewable energy. *Renew. Energy*, 94.

Dogan, E., & Turkekul, B. (2016). CO2 emissions, real output, energy consumption, trade, urbanization and financial development: testing the EKC hypothesis for the USA. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23, 1203-1213.

Dogan, E., & Seker, F. (2016). The influence of real output, renewable and non-renewable energy, trade and financial development on carbon emissions in the top renewable energy countries. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 60.

Dong, K., Sun, R., & Dong, X. (2018). CO2 emissions, natural gas and renewables, economic growth: assessing the evidence from China. *Sci. Total Environ.*, 640-641.

Dritsaki, M., & Dritsaki, Ch. (2023). The Relationship Between Health Expenditure, CO2 Emissions, and Economic Growth in G7: Evidence from Heterogeneous Panel Data. *Journal of the Knowledge Economy*.

Farhani, S., & Shahbaz, M. (2014). What role of renewable and non-renewable electricity consumption and output is needed to initially mitigate CO2 emissions in MENA region? *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 40, 80-90.

Galeotti, M., & Lanza, A. (2005). Desperately seeking environmental Kuznets. *Environ. Model. Software*, 20, 1379-1388.

Gokmenoğlu, K., & Taspinar, N. (2016). The relationship between CO2 emissions, energy consumption, economic growth and FDI: the case of Turkey. *J. Int. Trade Econ. Dev.*, 25, 706-723.

Grossman, G.M., & Krueger, A.B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *NBER Working Paper*, No. 3914.

Gujarati, D.N., & Porter, D.C. (2009). *Basic Econometrics* (5th ed.). McGraw-Hill.

Inglesi-Lotz, R., & Dogan, E. (2018). The role of renewable versus non-renewable energy to the level of CO2 emissions: A panel analysis of sub-Saharan Africa's Big 10 electricity generators. *Renew. Energy*, 123, 36-43.

IRENA. (2023). *Renewable Energy Market Analysis: The GCC and Iran*. International Renewable Energy Agency.

Kalantarzadeh, M. (2022). Interactions of Transportation, Economic Growth and Carbon Dioxide Emission in Iran. *Quarterly Journal of Economic Modeling*, Volume 15, Issue 54, 105-127. (in Persian).

Kanjilal, K., & Ghosh, S. (2013). Environmental Kuznets curve for India: evidence from tests for cointegration with unknown structural breaks. *Energy Pol.*, 56, 509-515.

Karaaslan, A., & Gezen, M. (2022). The evaluation of renewable energy resources in Turkey by integer multi-objective selection problem with interval coefficient.

Karaaslan, A., Adar, T., & Delice, E.K. (2021). Regional evaluation of renewable energy sources in Turkey by new integrated AHP-MARCOS methodology: a real application. *Int. J. Sustain. Energy*, 1-23.

Khan, A., Hussain, J., Bano, S., & Chenggang, Y. (2018). The repercussions of foreign direct investment, renewable energy and health expenditure on environmental decay? An econometric analysis of B&RI countries. *J. Environ. Plann. Manag.*

Khoshnevis Yazdi, S., & Khanalizadeh, B. (2017). Air pollution, economic growth and health care expenditure. *Econ. Res. Istrazivanja*, 30, 1181-1190.

Li, J. (2023). The Relationship between Energy Consumption, CO2 Emissions, Economic Growth, and Health Indicators. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20(3).

Liu, D., & Xiao, B. (2018). Can China Achieve its Carbon Emission Peaking? A Scenario Analysis Based on STIRPAT and System Dynamics Model. *Ecological Indicators*, 93, 647–657.

Liu, J., Qu, J., & Zhao, K. (2019). Is China's development conforms to the Environmental Kuznets Curve hypothesis and the pollution haven hypothesis? *J. Clean. Prod.*, 234, 787-796.

Masoudi, N., Dahmardeh, N., & Esfandiyari, M. (2023). Impact of Renewable Energies, Technical Innovations and Economic Growth on Carbon Dioxide Emissions. *Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research*, Vol. 10, No. 40, 35-54. (in Persian).

Mehdizadeh Rayeni, M. (2021). The Impact of Air Pollution and Economic Growth on Health Care Expenditures in OPEC Selected Countries with Emphasis on Iran (PANEL ARDL Approach). *Journal of Environmental Sciences Studies*, Volume 6, Issue 1, 3302-3309. (in Persian).

Mikayilov, J.I., Galeotti, M., & Hasanov, F.J. (2018). The impact of economic growth on CO2 emissions in Azerbaijan. *J. Clean. Prod.*, 197, 1558-1572.

Mitić, P. (2023). The relationship between CO2 emissions, economic growth, available energy, and employment in SEE countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 16140–16155.

Mujtaba, A., & Jena, P.K. (2021). Analyzing asymmetric impact of economic growth, energy use, FDI inflows, and oil prices on CO2 emissions through NARDL approach. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 28, 30873-30886.

Nahidi Amirkhiz, M. (2021). Investigating the relationship between economic growth, energy consumption and greenhouse gas emissions in selected countries of the Organization of Islamic Cooperation. *Environmental Science and Technology Quarterly*, 22(3), 13-26. (in Persian).

Namahoro, J.P., Wu, Q., Xiao, H., & Zhou, N. (2021). The impact of renewable energy, economic and population growth on CO2 emissions in the East African region: evidence from common correlated effect means group and asymmetric analysis. *Energies*, 14, 312-329.

Neequaye, N.A., & Oladi, R. (2015). Environment, growth, and FDI revisited. *Int. Rev. Econ. Finance*, 39, 47-56.

Pao, H.T., & Tsai, C.M. (2011). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): evidence from a panel of BRIC countries. *Energy*, 36, 685-693.

Pata, U.K. (2018). Renewable energy consumption, urbanization, financial development, income and CO2 emissions in Turkey: testing EKC hypothesis with structural breaks. *J. Clean. Prod.*, 187, 770-779.

Perron, P. (1989). The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. *Econometrica*, 57(6), 1361–1401.

Pesaran, M.H., Shin, Y., & Smith, R.J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326.

Pesaran, M.H., & Pesaran, B. (1997). *Working with Microfit 4.0: Interactive Econometric Analysis*. Oxford University Press.

Robalino-López, A., Mena-Nieto, A., García-Ramos, J.E., & Golpe, A.A. (2015). Studying the relationship between economic growth, CO2 emissions, and the environmental Kuznets curve in Venezuela (1980-2025). *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 41, 602-614.

Saidi, K., & Omri, A. (2020). The impact of renewable energy on carbon emissions and economic growth in 15 major renewable energy-consuming countries. *Environ. Res.*, 186, 109-167.

Shahbaz, M., Sbia, R., Hamdi, H., & Ozturk, I. (2014). Economic growth, electricity consumption, urbanization and environmental degradation relationship in United Arab Emirates. *Ecol. Indicat.*, 45, 622-631.

Sinha, A., & Shahbaz, M. (2018). Estimation of environmental Kuznets curve for CO2 emission: role of renewable energy generation in India. *Renew. Energy*, 119, 703-711.

Solarin, S.A., Al-Mulali, U., Musah, I., & Ozturk, I. (2017). Investigating the pollution haven hypothesis in Ghana: an empirical investigation. *Energy*, 124, 706-719.

Ullah, I., Rehman, A., Khan, F.U., Shah, M.H., & Khan, F. (2020). Nexus between trade, CO2 emissions, renewable energy, and health expenditure in Pakistan. *Int. J. Health Plann. Manag.*, 35, 818-831.

Wang, Z.X., & Li, Q. (2019). Modelling the nonlinear relationship between CO2 emissions and economic growth using a PSO algorithm-based grey Verhulst model. *J. Clean. Prod.*, 207, 214-224.

Wang, Z., Asghar, M.M., Zaidi, S.A.H., & Wang, B. (2019). Dynamic linkages among CO2 emissions, health expenditures, and economic growth: empirical evidence from Pakistan. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 26, 15285-15299.

WHO. (2021). *Health, The Green Economy: Co-benefits to Health of Climate Change Mitigation Household Energy Sector in Developing Countries*. World Health Organization.

Yang, T., & Liu, W. (2018). Does air pollution affect public health and health inequality? Empirical evidence from China. *J. Clean. Prod.*, 203, 43-52.

Zahedi, R., Zahedi, A., & Ahmadi, A. (2022). Strategic Study for Renewable Energy Policy, Optimizations and Sustainability in Iran. *Sustainability*, 14(4).

Zaidi, S., & Saidi, K. (2018). Environmental pollution, health expenditure and economic growth in the Sub-Saharan Africa countries: panel ARDL approach. *Sustain. Cities Soc.*, 41, 833-840.

Zaman, K., & Abd-el Moemen, M. (2017). The influence of electricity production, permanent cropland, high technology exports, and health expenditures on air pollution in Latin America and the Caribbean Countries. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 76, 1004-1010.

Zivot, E., & Andrews, D.W.K. (1992). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 251–270.

Zoundi, Z. (2017). CO2 emissions, renewable energy and the Environmental Kuznets Curve, a panel cointegration approach. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 72, 1067-1075.