Agricultural Economics and Development
Vol. 33, No. 132, Winter 2026

Research Paper

Investigating the Impact of Renewable Energy Consumption and Environmental Pollution on Economic Growth of OPEC Member Countries

F. Sakhi [1], *A. Fattahi Ardakani* [2], *Y. Bostan* [3]

Received: 19 January, 2025 Accepted: 4 November, 2025

Introduction: Sustainable economic growth remains a paramount challenge for developing nations, particularly those heavily reliant on non-renewable energy resources. The complex interplay between economic development, environmental sustainability, and energy consumption is central to this challenge. This study aimed at investigating the impact of renewable energy consumption and environmental pollution on the economic growth of Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) member countries. The OPEC member countries, characterized by their abundant fossil fuel reserves and economies deeply intertwined with hydrocarbon revenues, face unique challenges in reconciling economic expansion with environmental stewardship. While these countries have emphasized responsible environmental oversight, a persistent tension exists between growth objectives and ecological imperatives. This research employed the framework of "green economy", integrating four key pillars (economy, environment, energy, and health) to provide a holistic analysis. By focusing on the OPEC member countries from 1990 to 2020, this study elucidated the long-term relationships and policy implications of transitioning from a pollution-intensive growth model to a sustainable, low-carbon development path.

Materials and Methods: This empirical study utilized panel data from ten OPEC member countries (Iran, Algeria, Ecuador, Nigeria, Venezuela, Libya, United

1. PhD Graduate in Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran (Fatemesakhi@yahoo.com).
2. Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Yazd, Iran.
3. PhD Student in Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Sari, Iran.

DOI: 10.30490/aead.2025.367371.1653

Arab Emirates, Iraq, Angola, and Indonesia) over the period 1990-2020. The required data were collected from the World Development Indicators (WDI) database. The methodology involved the advanced panel econometric techniques. First, the panel unit root tests including Levin, Lin & Chu (LLC) and Im, Pesaran & Shin (IPS) were conducted to determine the stationarity properties of the variables. Second, the panel cointegration tests, including Kao's residual-based test and the Johansen-Fisher panel cointegration test, were employed to examine the existence of a long-run equilibrium relationship among the non-stationary variables. Finally, to estimate the long-run coefficients robustly, Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) and Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS) estimators were applied. These methods effectively address potential issues of serial correlation and endogeneity, providing efficient and consistent parameter estimates for the cointegrated panel data.

Results and Discussion: The panel unit root tests confirmed that all variables were integrated of order one, I(1). Subsequent cointegration tests (Kao and Johansen-Fisher) strongly rejected the null hypothesis of no cointegration, confirming a stable long-run relationship among the variables. The FMOLS and DOLS estimation results, which showed remarkable consistency in the direction of effects, revealed the following key findings: Renewable Energy Consumption (REC) had a positive and statistically significant relationship with per capita GDP. This indicated that increasing the share of renewables in the energy mix acted as a catalyst for economic growth in OPEC member countries, supporting the transition towards 'green growth'. CO_2 emissions (CO_2) had a negative and significant impact on economic growth. This result underscores the tangible economic costs associated with environmental degradation in these nations, challenging the perception that carbon-intensive growth is cost-free and confirming the downward-sloping segment of an Environmental Kuznets Curve (EKC) relationship in this context. Population Density (POPDEN) had a significantly negative coefficient, suggesting that the strain on resources and infrastructure in the studied OPEC member countries would outweigh any potential positive agglomeration effects, thereby hindering per capita growth. Infant Mortality Rate (MORT) had a significantly negative relationship with the economic growth. This affirms that investments in health, leading to a healthier and more productive workforce, are crucial for a long-term economic development. Total Fertility Rate (FERT): The results of FERT were mixed. The FMOLS estimator showed a positive and significant effect, while the DOLS result was statistically insignificant. This suggests a potentially complex and context-dependent relationship where the positive impact of fertility on growth (through

expanding the labor force potential) may be contingent on complementary investments in education and health. Totally, the study findings indicated that the traditional oil-dependent growth model in OPEC member countries would entail a significantly environmental and demographic costs. The path to sustainable economic growth lies not in increased population density or reliance on polluting activities, but in strategic investments in human capital (health) and natural capital (renewable energy).

Conclusion and Suggestions: This study confirmed significant long-run relationships between green economy components and economic growth in OPEC nations. The results highlight that the renewable energy consumption and the improved health outcomes (lower infant mortality) are positive drivers of growth, whereas CO_2 emissions, high population density, and poor health indicators act as the impediments. The findings offer clear policy implications for achieving sustainable development in resource-rich economies as follows: diversifying the energy mix and promoting the renewables; that is, the OPEC member countries should accelerate the transition from fossil fuels by implementing supportive policies, incentives, and regulations to foster renewable energy industries. This would reduce internal dependency on hydrocarbons, cut carbon emissions, and create new engines for the green growth; internalizing environmental costs; that is, given the negative economic impact of CO_2 emissions, policymakers should consider implementing carbon pricing mechanisms or emission caps for major industries, particularly oil and gas, to incentivize pollution reduction; investing in health and human capital; that is, prioritizing healthcare systems to reduce infant mortality is not only a social imperative but a sound economic investment that would enhance labor productivity and long-term growth potential; managing demographic pressures; that is, policies should address the challenges of high population density through the improved urban planning, infrastructure development, and creating productive employment opportunities beyond the hydrocarbon sector; finally, future research; that is, subsequent studies should directly test the EKC hypothesis for the OPEC member countries by including a squared CO_2 emissions term and explore the role of institutional quality, governance, and technological innovation in facilitating the green transition. In conclusion, for the OPEC member countries, reconciling economic aspirations with planetary boundaries necessitates a fundamental shift towards a diversified, knowledge-based, and low-carbon economy centered on the pillars of environmental health, clean energy, and human well-being.

Keywords: *Environmental Pollution, Economic Growth, OPEC Member Countries, Panel Econometric, Renewable Energy.*

JEL Classification: O13, O43, Q43, C23

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۳، شماره ۱۳۲، زمستان ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر مصرف انرژی تجدیدپذیر و آلودگی محیط زیست بر رشد اقتصادی کشورهای عضو اوپک

فاطمه سخی[۱]، احمد فتاحی اردکانی[۲]، یدالله بستان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۳

چکیده

رشد اقتصادی پایدار از مهم‌ترین دغدغه‌های کشورهای در حال توسعه و به‌ویژه کشورهایی است که اقتصاد آنها به منابع انرژی تجدیدناپذیر وابسته است. از این‌رو، شناخت عوامل مؤثر بر رشد، با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی و انرژی، اهمیتی دوچندان می‌یابد. در پژوهش حاضر، با هدف بررسی تأثیر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و شاخص‌های آلودگی محیط زیست بر رشد اقتصادی کشورهای عضو اوپک در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، از رویکردهای اقتصادسنجی پیشرفته شامل حداقل مربعات کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS) و حداقل مربعات پویا (DOLS) بهره گرفته شد تا تحلیلی دقیق‌تر از رابطه بلندمدت میان متغیرهای کلیدی محیط زیست، انرژی، سلامت و اقتصاد صورت گیرد. نتایج پژوهش نشان داد که انتشار

۱- نویسندهٔ مسئول و دانش‌آموختهٔ دکتری اقتصاد کشاورزی، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. (Fatemesakhi@yahoo.com)

۲- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد، ایران.

۳- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

DOI: 10.30490/aead.2025.367371.1653

دی‌اکسید کربن، تراکم جمعیت و نرخ مرگ‌ومیر نوزادان اثر منفی و معنی‌دار بر رشد اقتصادی دارند، که بیانگر هزینه‌های اجتماعی، بهداشتی و اقتصادی ناشی از تخریب محیط زیست و ضعف سرمایه انسانی در این کشورهاست؛ در مقابل، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر رابطه‌ای مثبت و معنی‌دار با رشد اقتصادی دارد و نقش یک موتور محرک برای گذار به سمت رشد سبز را ایفا می‌کند. همچنین، نرخ باروری کل اثر مثبت بر رشد اقتصادی دارد که البته، شدت و پایداری اثر این متغیر کمتر از سایر متغیرهاست. بر اساس این یافته‌ها، ضروری است که کشورهای عضو اوپک برای دستیابی به توسعه پایدار، راهبردهایی همچون ارتقای کارآیی انرژی، کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، کنترل انتشار کربن، سرمایه‌گذاری در سلامت و توسعه فناوری‌های پاک را در دستور کار خود قرار دهند. این نتایج به‌گونه‌ای شفاف گویای اهمیت حرکت از الگوی رشد آلاینده به سمت اقتصاد کم‌کربن است.

کلیدواژه‌ها: *آلودگی زیست‌محیطی، انرژی تجدیدپذیر، رشد اقتصادی، مدل‌های اقتصادسنجی پانل، کشورهای عضو اوپک.*

طبقه‌بندی JEL : O13, O43, Q43, C23

مقدمه

آلودگی محیط زیست از جمله مسائل پیچیده‌ای است که دنیای امروز را با چالش‌های متعدد مواجه ساخته و بر سلامت و حیات جانداران به‌طور جدی تأثیرگذار بوده است. در میان انواع آلودگی‌های زیست‌محیطی، انتشار دی‌اکسید کربن (CO_2) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تشکیل‌دهنده گازهای گلخانه‌ای شناخته می‌شود که نقشی مخرب در تشدید پدیده گرمایش جهانی ایفا می‌کند (Abdollahi Arani et al., 2023). به دیگر سخن، تغییر اقلیم ناشی از آلودگی‌های زیست‌محیطی، به‌عنوان چالشی برجسته در عصر حاضر، توجه سازمان‌های بین‌المللی، سیاست‌گذاران و محققان را به خود جلب کرده است. با توجه به ماندگاری و تأثیرات طولانی‌مدت دی‌اکسید کربن (CO_2) و سهم حدود ۷۵ درصدی آن در حجم گازهای گلخانه‌ای، بسیاری از نهادهای بین‌المللی می‌کوشند که از انتشار گستردهٔ آن بکاهند (Mahmood, 2020). همچنین، با توجه به اهمیت ویژه دی‌اکسید کربن (CO_2) در آلودگی هوا و همبستگی بالای آن با سایر گازهای آلاینده، این گاز می‌تواند به‌عنوان شاخصی کلیدی برای سنجش آلودگی هوا در نظر گرفته شود. از این‌رو، در تحقیق حاضر، دی‌اکسید کربن (CO_2) به‌عنوان یکی از معیارهای آلودگی محیط زیست در نظر گرفته شده است (Zaman et al., 2016). کل انتشار کربن که منجر به گرمایش زمین می‌شود، تحت تأثیر عواملی همچون رشد اقتصادی، شدت مصرف انرژی، رشد جمعیت و شدت انتشار کربن است. از سوی دیگر، محققان و سیاست‌گذاران شدت بالای انتشار کربن را به مصرف انرژی– ناشی از رشد سریع اقتصادی و افزایش استفاده از سوخت‌های

فسیلی- نسبت می‌دهند (Ahmad et al., 2017; Andreoni & Galmarini, 2016; Sohag et al., 2015). در نتیجه، برای کاهش انتشار کربن، باید نیاز به انرژی کاهش یابد (Martinho, 2016). از سوی دیگر، این استدلال وجود دارد که تلاش برای کاهش مصرف انرژی- به‌عنوان نهاده‌ای کلیدی در فرآیند تولید- می‌تواند فشار منفی بر رشد اقتصادی وارد آورد (Omri et al., 2014). همچنین، هزینه‌های کلان اقتصادی کاهش انتشار کربن نیز از دیگر دغدغه‌ها محسوب می‌شود (Fan et al., 2010). این استدلال‌های متقابل، در عمل، سیاست‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و حفاظت از انرژی را در تقابل با یکدیگر قرار داده و البته، همین استدلال‌های متضاد به شکل‌گیری دو رشته اصلی از مطالعات تجربی منجر شده است: رشته اول به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و محیط زیست می‌پردازد و هدف آن آزمون اعتبار «منحنی کوزنتس زیست‌محیطی [1]» است. بر اساس این منحنی، کیفیت محیط زیست در مراحل اولیه توسعه با افزایش درآمد افت می‌کند؛ اما پس از عبور از یک حد آستانه، با افزایش بیشتر درآمد، بهبود می‌یابد (Grossman & Krueger, 1995)[2]. رشته دوم مطالعات، که توسط کرافت و کرافت (Kraft & Kraft, 1978) پایه‌گذاری شد، به واکاوی رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی اختصاص دارد. با این همه، مطالعات تجربی گسترده در هر دو حوزه اغلب به یافته‌هایی متناقض دست یافته‌اند[3]. با توجه به مباحث یادشده، بررسی این روابط در بین کشورهای دارای اقتصاد متکی به منابع انرژی از اهمیت ویژه برخوردار است. سازمان کشورهای صادرکننده نفت (اوپک)[4]، به‌عنوان بزرگ‌ترین اتحادیهٔ انحصاری یا همان کارتل نفتی جهان، نمونه‌ای بارز از این کشورهاست. وفور منابع انرژی فسیلی و قیمت پایین آن در کشورهای عضو اوپک منجر به وابستگی شدید اقتصادی بدین منابع و در عین حال، پایین آمدن کیفیت محیط زیست در این کشورها شده است (Fotros et al., 2010). از این‌رو، بررسی ارتباط رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست در این گروه

1. Environmental Kuznets Curve (EKC)

۲- بدین مطالعات مراجعه شود:

Ahmad et al., 2017; Al-Mulali et al., 2016; Alam et al., 2016; Anastacio, 2017; Apergis & Ozturk, 2015; Awad & Abugamos, 2017; Ben Jebli et al., 2016; Dinda, 2004; Dogan & Ozturk, 2017; Jardon et al., 2017; Keho, 2017; Narayan & Narayan, 2010; Ozcan, 2013; Özokcu & Özdemir, 2017.

۳- بدین مطالعات مراجعه شود:

Apergis & Payne, 2010; Cong et al., 2011; Dagher & Yacoubian, 2012; Dergiades et al., 2013; Kandemir Kocaaslan, 2013; Mutascu, 2016; Ozturk, 2010; Li & Zheng, 2012; Zhixin & Xin, 2011.

4. Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC)

از کشورها حائز اهمیت است. اگرچه اوپک مدت‌هاست که روی نظارت مسئولانه بر محیط زیست تأکید دارد و همه کشورهای عضو آن «کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییرات آب‌وهوا[1]» را امضا کرده‌اند، اما همچنان چالش آشتی دادن اهداف رشد اقتصادی با الزامات زیست‌محیطی در این کشورها پابرجاست.

در پژوهش حاضر، برای دستیابی به تحلیلی جامع‌تر، علاوه بر متغیرهای مرسوم اقتصادی و انرژی، نقش شاخص‌های سلامت و جمعیت نیز به‌عنوان مؤلفه‌های اساسی سرمایه انسانی بررسی شده است. بهبود سلامت- که با شاخص‌هایی چون «نرخ مرگ‌ومیر کودکان» سنجیده می‌شود- از یک سو، به‌طور مستقیم، بر بهره‌وری نیروی کار اثر می‌گذارد و از سوی دیگر، با افزایش امید به زندگی، انگیزه برای پس‌انداز و سرمایه‌گذاری را تقویت می‌کند که در نهایت، محرک رشد اقتصادی خواهد بود (Bakhshi Dastjerdi & Najafabadi, 2011). همچنین، ساختار جمعیتی، با تأثیرپذیری از «نرخ باروری»، بر مسیر توسعه اقتصادی کشورها تأثیرگذار است (Rabiei et al., 2013). بنابراین، ارزیابی هم‌زمان این متغیرها در کنار متغیرهای انرژی و محیط زیست، به درک جامع‌تر الگوی رشد در کشورهای عضو اوپک خواهد انجامید. با این توصیفات، هدف نهایی تحقیق حاضر بررسی رابطه میان شاخص‌های انرژی (مصرف انرژی)، تخریب محیط زیست (با محوریت انتشار دی‌اکسید کربن)، سلامت (نرخ مرگ‌ومیر کودکان و نرخ باروری) و رشد اقتصادی در گروه کشورهای عضو اوپک- که ایران نیز در زمره آنهاست – بوده است. امید است که یافته‌های تحقیق نیز بتواند در تدوین راهکارهای سیاستی مناسب برای دستیابی به توسعه پایدار در این کشورها، بدون نادیده گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی، مفید واقع شود.

پیشینه تحقیق

در زمینهٔ روابط میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و شاخص‌های زیست‌محیطی (به‌ویژه انتشار کربن)، مطالعات گسترده در سطوح مختلف ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی صورت گرفته است. این پژوهش‌ها را می‌توان بر اساس متغیرهای محوری و یافته‌های کلیدی، به چند دسته تقسیم کرد که در پی، تشریح می‌شود.

بخش عمدهٔ پژوهش‌ها بر بررسی جهت و پویایی رابطهٔ میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی تمرکز دارد. در این دسته، مطالعاتی مانند هوشمند و همکاران (Houshmand et al., 2013)، فلاحی و همکاران

1. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)

(Fallahi et al., 2022)، اوزتورک و صـلاح‌الدین (Ozturk & Salah Uddin, 2012)، اومیری و همکاران (Omri et al., 2015) و آچیمپونگ (Acheampong, 2018)، در سـطح بین‌المللی، رابطهٔ دوسویه یا یک‌سویه بین انرژی و رشد را بررسی کرده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد جهت علیت نه‌تنها به ساختار اقتصادی و سطح توسعهٔ کشورها بلکه به بازه زمانی آن (دورهٔ کوتاه‌مدت یا بلندمدت) بستگی دارد. در کشورهای وابسته به منابع انرژی (مانند اعضای اوپک)، این رابطه اغلب دوسویه و قوی است، در حالی که در اقتصـادهای در حال گذار با تنوع تولیدی بیشـتر، در بلندمدت، تضـعیف می‌شـود. این دسته نشان‌دهندهٔ مرحلهٔ نخست در سیر تحول مطالعات انرژی- رشد است، زمانی که انرژی محور اصلی رشد تلقی می‌شد.

بخش دیگری از پژوهش‌ها به‌سوی تعامل سه‌گانهٔ انرژی، آلودگی و رشد حرکت کرده، که از آن جمله‌اند: مطالعاتی مانند پئو و سای (Pao & Tsai, 2011)، پئو و فو (Pao & Fu, 2013)، شـهباز و همکاران (Shahbaz et al., 2015)، عبدشـاهی و همکاران (Abdeshahi et al., 2022)، حسـین و همکاران (Hussain et al., 2023) و زمان و همکاران (Zaman et al., 2016)؛ این مطالعات نشان می‌دهند که مصـرف انرژی (به‌ویژه انرژی‌های تجدیدناپذیر)، اگرچه در کوتاه‌مدت رشـد اقتصـادی را تقویت می‌کند، اما در بلندمدت با افزایش آلودگی و تهدید پایداری اقتصـادی همراه بوده و این یافته‌ها بیانگر آثار منفی زیست‌محیطی رشد پرمصرف و تأکید بر انتقال به «رشد سبز» از طریق سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر اسـت. وجود شـواهد تجربی از منحنی کوزنتس زیسـت‌محیطی (EKC) نیز مؤید این دیدگاه است که با افزایش سـطح توسـعه، کشـورهای مختلف می‌کوشـند که رشـد و کیفیت محیطی را به تعادل برسانند.

در دسـته دیگری از مطالعات نیز مانند سـونگ و همکاران (Song et al., 2013) و سـونگ و همکاران (Song et al., 2015)، تمرکز از صـرف کمیت مصـرف انرژی به سـمت کیفیت و بهره‌وری آن تغییر کرده است. این مطالعات، ضمن استفاده از ابزارهایی همچون تحلیل پوششی داده‌ها[1]، نشان می‌دهند که بهره‌وری انرژی در بسیاری از کشورها (به‌ویژه اعضای بریکس[2]) پایین اما در مسیر بهبود اسـت؛ و در نتایج این مطالعات، تأکید می‌شـود که افزایش کارآیی انرژی به‌عنوان راهبردی دوگانه می‌تواند هم به حفظ رشد اقتصادی و هم به جلوگیری از تخریب محیط زیست بینجامد؛ یعنی، گذار از «مصرف بیشتر برای رشد بیشتر» به «مصرف هوشمند برای رشد پایدار».

1. Data Envelopment Analysis (DEA)
2. Brazil, Russia, India, China and South Africa (BRICS)

در برخی دیگر از مطالعات، انرژی تنها یکی از عوامل در کنار سرمایهٔ فیزیکی، سرمایهٔ انسانی، نهادهای حکمرانی و جریان‌های جهانی‌سازی شناخته می‌شود. پژوهش‌هایی مانند انگوین (Nguyen, 2024) در کشورهای جنوب شرقی آسیا و یاوری و همکاران (Yavary et al., 2021) در کشورهای غیرنفتی در حال توسعه نشان می‌دهند که سرمایه انسانی و کیفیت نهادی از نقش میانجی مهم در تبیین کارآیی مصرف انرژی و رشد اقتصادی برخوردارند. همچنین، مطالعه دگبدجی و همکاران (Degbedji et al., 2024)، با تمرکز بر اتحادیه غرب آفریقا، تأکید می‌کند که کیفیت نهادی به‌طور مستقیم رشد اقتصادی سبز را ارتقا می‌دهد. این مجموعه از مطالعات مسیر پژوهش‌های انرژی- رشد را از یک رابطهٔ صرف فنی به یک رابطهٔ نهادی- سیاستی ارتقا داده‌اند که در آن، حکمرانی خوب، جهانی‌سازی و سرمایه انسانی محرک اصلی رشد پایدار محسوب می‌شوند.

بر اساس یافته‌های برخی دیگر از مطالعات، متغیرهای جمعیتی و انسانی در نسبت با رشد و پایداری تحلیل شده است. مطالعهٔ پترسون (Peterson, 2017) در همین زمینه مؤثر بوده و نشان‌دهندهٔ آن است که کاهش رشد جمعیت در کشورهای توسعه‌یافته و افزایش بیش از اندازهٔ آن در کشورهای فقیر هر دو می‌توانند تعادل رشد اقتصادی را برهم بزنند، در حالی که مهاجرت می‌تواند تا حدودی این نابرابری‌ها را تعدیل کند. در این دیدگاه، بُعد انسانی رشد برجسته می‌شود، بیانگر آنکه پایداری واقعی، فراتر از صرف متغیرهای سرمایه و انرژی، مستلزم توجه به ساختار جمعیت و کیفیت اجتماعی توسعه است.

بررسی یافته‌های مطالعات تجربی نیز نشان‌دهندهٔ پیوند قوی میان محیط زیست، انرژی، و رشد اقتصادی در سراسر جهان است. مطالعه حاضر، با هدف پر کردن شکاف‌های پژوهش، از چند جهت با مطالعات بررسی‌شده متمایز است. بیشتر مطالعات پیشین، با تمرکز بر رابطه سنتی (کلاسیک) انرژی- رشد، کمتر به تفکیک نقش انرژی‌های پاک و آلوده در چارچوب رشد سبز پرداخته‌اند. همچنین، عدم توجه هم‌زمان به متغیرهای سلامتی، زیست‌محیطی و انرژی در یک مدل یکپارچه از جمله کاستی‌های پژوهش‌های پیشین است. بسیاری از پژوهش‌ها، با بهره‌گیری از روش‌های سنتی اقتصادسنجی، از روش‌های جدید داده‌های پانلی/ تابلویی[1] که قابلیت کنترل ناهمگنی و درون‌زایی را دارند، کمتر بهره برده‌اند. تمرکز اغلب مطالعات بر کشورهای توسعه‌یافته یا کلان‌منطقه‌ها بوده و شکاف مطالعاتی برای گروه‌های خاص کشورهای نفتی مشهود است.

1. panel data

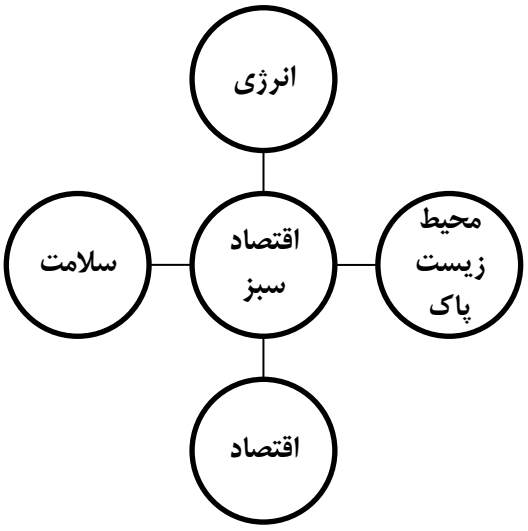
مبانی نظری تحقیق

در این بخش، ابتدا به‌منظور آشـنایی با کشـورهای مورد مطالعه، به معرفی کشـورهای عضـو اوپک پرداخته شـده اسـت. سـازمان کشـورهای صـادرکنندۀ نفت، با نام اختصـاری اوپک، یک اتحادیۀ انحصـاری نفتی متشـکل از کشـورهای الجزایر، ایران، عراق، کویت، لیبی، نیجریه، عربسـتان سـعودی، امارات متحده عربی، کنگو، گینه استوایی، گابن و ونزوئلاست[1]. سازمان اوپک، با امضای توافقنامه‌ای در سپتامبر ۱۹۶۰ توسط پنج کشور ایران، عراق، کویت، عربستان سعودی و ونزوئلا در بغداد، پایتخت عراق، تأسـیس شـد و پس از این زمان، قطر (۱۹۶۱)، اندونزی (۱۹۶۲)، لیبی (۱۹۶۲)، امارات متحده عربی (۱۹۶۷)، الجزایر (۱۹۶۹)، نیجریه (۱۹۷۱)، اکوادور (۱۹۷۳)، گابن (۱۹۷۵)، آنگولا (۲۰۰۷)، گینه استوایی (۲۰۱۷) و کنگو (۲۰۱۸) بدین کشورها پیوستند. البته، اکوادور در دسامبر ۱۹۹۲ عضویت خود را به حالت تعلیق درآورد و بار دیگر، در اکتبر ۲۰۰۷ به اوپک پیوسـت، اما تصـمیم گرفت که از اول ژانویه ۲۰۲۰، از این سازمان خارج شود. همچنین، اندونزی در ژانویه ۲۰۰۹ عضـویت خود را به حالت تعلیق درآورد و در ژانویه ۲۰۱۶، مجدداً آن را فعال کرد؛ اما در ۱۷۱امین نشـسـت کنفرانس اوپک در ۳۰ نوامبر ۲۰۱۶، تصـمیم به تعلیق مجدد عضـویت خود گرفت. گابن نیز در ژانویه ۱۹۹۵ به عضـویت خود پایان داد؛ با این حال، در ژوئیه ۲۰۱۶، دوباره به سازمان ملحق شد. همچنین، قطر در اول ژانویه ۲۰۱۹ به عضـویت خود پایان داد و آنگولا نیز از اول ژانویه ۲۰۲۴ عضـویت خود را لغو کرد. به دیگر سخن، در حال حاضر، سازمان اوپک دوازده کشور عضو دارد. اساسنامه اوپک بین اعضای مؤسس و اعضای کامل (کشورهایی که درخواست عضویت آنها توسط کنفرانس پذیرفته شده)، تمایز قائل شده اسـت؛ و تصـریح می‌کند که «هر کشـوری با صـادرات خالص قابل توجه نفت خام، که اساسـاً منافعی مشـابه منافع کشـورهای عضـو دارد، در صـورت پذیرش اکثریت سـه‌چهارم آرای موافق همه اعضـای بنیانگذار، می‌تواند عضـو کامل سـازمان شـود». در اسـاسـنامه، همچنین، پیش‌بینی شـده که اعضـای وابسته شامل کشورهای فاقد شرایط عضویت کامل نیز ممکن است در شرایط خاص، منوط به تجویز کنفرانس اوپک، پذیرفته شوند (OPEC, 2025).

چارچوب نظری پژوهش حاضـر تلفیقی از منحنی کوزنتس زیسـت‌محیطی (EKC) و مفاهیم نظری رشـد درون‌زاسـت. از منظر EKC، فرض بر این اسـت که رابطه بین رشـد اقتصـادی (سـرانه) و آلودگی محیط زیسـت به شـکل U وارونه اسـت. از سـوی دیگر، با الهام از نظریۀ رشـد درون‌زا، که بر

۱- قابل دسترسی در وبگاه رسمی سازمان اوپک به نشانی:
https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/25.htm

نقش سرمایه انسانی، جمعیت و فناوری در رشد بلندمدت تأکید دارد، متغیرهای سلامت (مرگ‌ومیر و باروری) به‌عنوان شاخص‌های سرمایه انسانی و متغیر انرژی تجدیدپذیر به‌عنوان نماینده‌ای از فناوری پاک در مدل گنجانده شده‌اند. بنابراین، تحقیق حاضر یک مدل رشد توسعه‌یافته را به‌کار گرفته است که در آن، رشد اقتصادی بلندمدت نه‌تنها توسط عوامل مرسوم، بلکه توسط متغیرهای کلیدی اقتصاد سبز شامل محیط زیست، انرژی و سلامت توضیح داده می‌شود. از این‌رو، شاخص‌های محیط زیست، انرژی و سلامت به‌عنوان متغیرهای توضیحی (پس‌رونده) در نظر گرفته شدند که بر رشد اقتصادی کشورهای اوپک مؤثرند. در شکل ۱، چهار عنصر اقتصاد سبز شامل محیط زیست، انرژی، سلامت و اقتصاد ارائه شده است.



مأخذ: زمان و همکاران (Zaman et al., 2016)

شکل ۱- عناصر اقتصاد سبز

شکل ۱ نشان می‌دهد که اقتصاد سبز به محیط زیست سالم، منابع انرژی تجدیدپذیر، امکانات مراقبت‌های بهداشتی بهتر و اقتصاد قوی بستگی دارد، که روش‌های تولید را برای تحریک عوامل اقتصادی به سمت سیاست‌های توسعه پایدار در اقتصادها تقویت می‌کند.

در مطالعات مختلف، ارتباط میان متغیرهای ارائه‌شده در شکل ۱ بررسی شده است. برای نمونه، در مطالعهٔ قریشی و همکاران (Qureshi et al., 2014)، پیوندهای محیط زیست، انرژی و

سلامتی با اقتصاد سبز (یا محیط زیست پاک) در مالزی ایجاد شد. اخمت و همکاران (Akhmat et al., 2014) توسعه پایدار در منطقه سارک را بررسی کردند و دریافتند که مصرف انرژی بر آلودگی محیط زیست در منطقه تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین، برای شیوه‌های سازگار با محیط زیست سبز، به برنامه‌ریزی سیاست بلندمدت نیاز است. علم و همکاران (Alam et al., 2014)، بر نقش سیاست‌های مقرون‌به‌صرفهٔ حفاظت از محیط زیست مالزی تأکید کردند. در مطالعهٔ حسن و همکاران (Hassan et al., 2014)، نتیجه‌گیری شد که اجرای اصلاحات مالیاتی مناسب، قیمت مواد غذایی باثبات و ارتقای تجارت تجهیزات پزشکی کم‌هزینه برای منطقه سارک[1] ضروری است. این مطالعه، همچنین، اهمیت امکانات مراقبت‌های بهداشتی را نشان می‌دهد، که اقتصادها را به سمت محیط زیست سبز هدایت می‌کند. در نتایج مطالعهٔ رفیندادی و همکاران (Rafindadi et al., 2014)، روی نیاز به منابع انرژی تجدیدپذیر در کشورهای منتخب آسیایی اقیانوس آرام تأکید شد. همچنین، مالک و همکاران (Malik et al., 2014) تأیید می‌کنند که منابع انرژی تجدیدپذیر به ابزارهای پایه سیاست بیشتری برای تسهیل اقتصاد پاکستان نیاز دارند. علم و همکاران (Alam et al., 2015) نیز بر نقش توسعه مالی برای افزایش تقاضای انرژی در منطقه سارک (SAARC) تأکید کردند. جابین و همکاران (Jabeen et al., 2014) بر اهمیت انرژی‌های تجدیدپذیر به‌ویژه استفاده از انرژی خورشیدی تأکید کردند، که خود نیاز به اصلاحات قوی در سیاست دارد تا شکاف عرضه و تقاضای انرژی پاکستان را برآورده سازد. این مطالعات قبلی بر نقش چهار عاملی که به اقتصاد سبز در سرتاسر جهان کمک می‌کنند، تأکید دارد.

سازوکار اثرگذاری متغیرها بدین شرح زیر است: تراکم جمعیت از دو مسیر (کانال) می‌تواند بر رشد اثرگذار باشد؛ از یک سو، تراکم بالاتر می‌تواند با ایجاد صرفه‌های ناشی از مقیاس، کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و تسهیل انتشار دانش، به رشد اقتصادی کمک کند و از سوی دیگر، می‌تواند با افزایش فشار بر منابع و زیرساخت‌ها، اثر منفی داشته باشد. هدف پژوهش حاضر آزمون این اثر دوگانه در کشورهای عضو اوپک است. شاخص‌های سلامت (نرخ مرگ‌ومیر کودکان و نرخ باروری) نماینده کیفیت سرمایه انسانی و ساختار جمعیتی به‌شمار می‌روند. کاهش نرخ مرگ‌ومیر کودکان نشان‌دهنده سرمایه انسانی سالم‌تر و مولدتر است که بهره‌وری و در نتیجه، رشد اقتصادی را افزایش می‌دهد. نرخ باروری نیز بر ساختار سنی جمعیت و نسبت جمعیت در سنین کار تأثیر می‌گذارد و از این طریق، می‌تواند بر رشد اقتصادی اثر بگذارد. انرژی تجدیدپذیر، به‌عنوان نماینده‌ای از فناوری پاک، وابستگی

1. South Asian Association for Regional Cooperation (SAARC)

به سوخت‌های فسیلی را کاهش داده، می‌تواند از مسیرهای کاهش آلودگی و افزایش امنیت انرژی، به رشـد پایدار بلندمدت بینجامد. متغیر دی‌اکسـید کربن نیز به‌عنوان عامل تخریب محیط زیسـت برای سنجش هزینه‌های زیست‌محیطی رشد اقتصادی در نظر گرفته شده است (Zaman et al., 2016).

شـایان یادآوری اسـت که در تحقیق حاضـر، متغیرهای سـنتی رشـد مانند سـرمایه فیزیکی و مخارج آموزش، به‌منظور رعایت قلت متغیرهای توضیحی و حفظ تمرکز بر بررسی رابطه مستقیم بین حیطه‌های نوین «چهارگانه اقتصاد سبز (محیط زیست، انرژی، سلامت و اقتصاد)»، لحاظ نشده و اثر آنها در قالب اثرات مقطعی خاص هر کشور در مدل داده‌های تابلویی لحاظ شده است.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر، از رویکرد اقتصادسنجی استفاده شده و رابطه محیط زیست با رشد اقتصادی بر اساس شکل ۱ در کشورهای عضو اوپک بررسی شده که به‌صورت رابطه (۱) است:

$$ECO = \beta_0 + \beta_1\gamma + \beta_2\lambda + \beta_3\delta + \epsilon \qquad (۱)$$

که در آن، ECO اقتصـــاد، γ مجموعه متغیرهای محیطی، λ مجموعه منابع انرژی، δ متغیرهای سلامت، و ϵ نیز جزء اخلال معادله است. البته، رابطه (۱) به‌صورت کلی‌تر در قالب رابطه (۲) بازنویسی شده است (Zaman et al.,2016):

$$\begin{aligned}\ln(GDPPC)_{it} = {} & \beta_0 + \beta_1 \ln(CO2)_{it} + \beta_2 \ln(REC)_{it} \\ & + \beta_3 \ln (POPDEN)_{it} + \beta_4 ln(FERT)_{it} \\ & + \beta_5 ln(MORT)_{it} + \varepsilon_{it}\end{aligned} \qquad (۲)$$

که در آن، GDPPC متغیر وابسته (یعنی، تولید ناخالص داخلی سرانه) به‌عنوان شاخص رشد اقتصادی به قیمت ثابت سـال ۲۰۱۵ بر حسـب دلار آمریکاسـت. همچنین، CO2 متغیر آلودگی زیسـت‌محیطی، دی‌اکسید کربن (تن متریک سرانه)، REC مصرف انرژی تجدیدپذیر (بر حسب درصدی از کل مصرف انرژی نهایی)، POPDEN تراکم جمعیت (نفر به ازای هر کیلومتر مربع از زمین)، FERT نرخ باروری کل (تولد به ازای هر زن)، و MORT نرخ مرگ‌ومیر نوزادان (به ازای هر هزار تولد زنده) نشـان‌دهنده متغیرهای سـلامت، ε جزء اخلال و ln لگاریتم طبیعی هر متغیر، و $i = 1, \dots, n$ تعداد مقاطع (تعداد کشورهای عضو اوپک) و $t = 1, \dots, T$ نیز دوره زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۰ است.

در تحقیق حاضر، به تجزیه‌وتحلیل ترکیب سری زمانی و مقطعی و به دیگر سخن، به روش داده‌های تابلویی (ترکیبی) به‌عنوان یکی از موضوعات کاربردی در اقتصادسنجی، پرداخته شده است. در این روش، با در نظر گرفتن تغییرات متغیرها در هر مقطع و هر زمان به‌طور مشترک، از تمامی داده‌های در دسترس استفاده می‌شود و بنابراین، خطای مشاهدات کمتر و قدرت آماری ضرایب بیشتر می‌شود. هرچند، در تجزیه‌وتحلیل داده‌های آماری مقطعی، دامنهٔ آمار گسترده است، اما در روش بررسی داده‌های ترکیبی، از اطلاعات به‌مراتب بیشتری استفاده می‌شود. بنابراین، با افزایش دامنهٔ آمار و اطلاعات، درجه آزادی افزایش می‌یابد و در برآورد صورت‌گرفته درباره جامعه آماری، برآوردها به‌مراتب کارآتر خواهد بود (Gujarati & Porter, 2009). از دیگر مزیت‌های کاربرد داده‌های ترکیبی حل مشکل تورش برآورد معادلات مقطعی است. تورش معادلات مقطعی به‌دلیل لحاظ نکردن بسیاری از متغیرهای توضیح‌دهندهٔ مدل و خطای اندازه‌گیری متغیرها پدیدار می‌شود. استفاده از این روش، به‌دلیل افزایش درجه آزادی و بررسی متغیرها در طول زمان، می‌تواند تورش معادلات را کاهش دهد.

آزمون‌های ریشه واحد داده‌های پانلی به‌دلیل ساختارهای مختلف داده‌های پانلی متفاوت بوده، که عبارت‌اند از: الف) آزمون ریشه واحد مشترک، و ب) آزمون ریشه واحد مقطعی.

از آزمون‌هایی همچون لوین، لین و چوی[1] (Levin et al., 2002)، برایتونگ (Breitung, 2000) و هادری برای بررسی آزمون ریشه واحد مشترک در داده‌های پانلی استفاده می‌شود. فرض مهم این آزمون‌ها وجود یک ریشه واحد مشترک برای همه مقاطع و یا خوشه‌هاست، به‌گونه‌ای که پارامتر Φ_i در بین همه مقاطع یکسان باشد؛ به دیگر سخن، $\Phi_i = \Phi$ است. بنابراین، این آزمون‌ها با فرض وجود ریشه واحد مشترک در بین مقاطع به‌کار گرفته می‌شوند. به معادله زیر توجه کنید:

$$\boldsymbol{Y_{it} = \Phi_i Y_{it-1} + \alpha_i + \beta_i X_{it} + \gamma_i t + u_{it}, i = 1, \dots, n\ t = 1, \dots, T} \qquad (۳)$$

در این معادله، چنانچه $|\Phi_i| < 1$ باشد، سری Y_{it} ایستا و در غیر این‌صورت، اگر $|\Phi_i| = 1$ باشد، آنگاه سری Y_{it} ناایستا خواهد بود. در آزمون ریشه واحد مقطعی، برخلاف حالت قبلی، فرض بر این است که پارامتر Φ_i برای مقاطع مختلف یکسان نیست و در واقع، این مقاطع از پارامتر Φ_i متفاوت برخوردارند. از مهم‌ترین آزمون‌هایی که برای بررسی ریشه واحد در حللت مقطعی به‌کار می‌روند، عبارت‌اند از: ایم، پسران و شین (IPS)، فیشر– دیکی‌فولر تعمیم‌یافته (ADF-F) و فیشر، فیلیپس و پرون (PP-F).

1. Levin, Lin and Chu (LLC)

در مطالعهٔ حاضر، از آزمون‌های ریشه واحد پانل LLC و IPS برای ارزیابی وجود ریشه واحد در سری متغیرها استفاده شده و در فرضیه صفر، عدم وجود ریشه واحد در سری داده‌ها و در مقابل، در فرضیه جایگزین وجود ریشه واحد در سری متغیرها ارزیابی شده است. از آزمون ریشه واحد پانل (Breitung, 2000) فقط برای آن دسته از متغیرهایی می‌توان استفاده کرد که فرضیه عدم وجود ریشه واحد را در سری متغیرها در آزمون ریشه واحد پانل LLC تأیید شوند. در مرحله بعد مطالعهٔ حاضر، برای یافتن رابطه بلندمدت بین متغیرها، از آزمون هم‌انباشتگی پانل (Kao, 1999) و آزمون هم‌انباشتگی پانل جوهانسن- فیشر[1] برای ارزیابی فرضیه صفر عدم هم‌انباشتگی در برابر فرضیه جایگزین رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها استفاده شده است. آزمون‌های کائو (Kao, 1999) و پدرونی (Pedroni, 1997) بر اساس آزمون باقی‌مانده‌های رگرسیون بوده و مشابه اجرای آزمون هم‌انباشتگی انگل- گرنجر در داده‌های سری زمانی است. کائو (Kao, 1999) آزمون هم‌انباشتگی تعمیم‌یافته دیکی‌فولر را با فرض همگن بودن بردارهای هم‌انباشتگی در هر مقطع ارائه کرده است. هم‌انباشتگی جوهانسن- فیشر مبتنی بر شیوهٔ هم‌انباشتگی مرسوم جوهانسن شامل آماره اثر و حداکثر مقدار ویژه است. فرضیه صفر عدم هم‌انباشتگی در مقابل فرضیه جایگزین هم‌انباشتگی بین متغیرها ارزیابی شده است. لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر، از آزمون هم‌انباشتگی پانل پدرونی (Pedroni, 1997)، به‌دلیل لزوم وجود تعداد رگرسیون‌های بیش از شش عدد، استفاده نشده و برای این محدودیت، از آزمون هم‌انباشتگی پانل کائو و آزمون هم‌انباشتگی پانل فیشر استفاده شده است؛ در مرحله بعد، از رویکردهای حداقل مربعات کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS) پیشنهادی پدرونی (Pedroni, 1999) و حداقل مربعات پویا (DOLS) پیشنهادی کائو و چیانگ (Kao & Chiang, 1997) برای تعیین رابطه میان متغیرها استفاده شده است.

در تحقیق حاضر، آزمون روش‌های رگرسیون حداقل مربعات تلفیقی از جمله رگرسیون اثر ثابت و رگرسیون اثر تصادفی صورت نگرفت، زیرا همه متغیرها از نظر ایستایی متفاوت بودند و نتایج آزمون هم‌انباشتگی پانل وجود رابطه بلندمدت میان متغیرها را نشان می‌داد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که روش‌های حداقل مربعات تلفیقی به‌دلیل مشکلات احتمالی خودهمبستگی و درون‌زایی در مدل مناسب نباشند. رویکرد پانل FMOLS، با اعمال یک تبدیل ناپارامتری، از رگرسیون هم‌انباشتگی به‌دست می‌آید، بر مشکل خودهمبستگی و درون‌زایی غلبه می‌کند، در حالی که رویکرد پانل DOLS یک روش پارامتری است که هم مقادیر جاری و هم مقدار باوقفه متغیرها را در برمی‌گیرد تا ضرایب

1. Johansen-Fisher

بلندمدت میان متغیرها به‌دست آید. به گفته آکپولات (Akpolat, 2014)، رویکردهای پانل DOLS و FMOLS ایجاد یک رگرسیون بدون نیاز به تفاوت میان متغیرهای هم‌انباشته را تسهیل می‌کنند. بنابراین، تحلیل رگرسیون بدون از دست دادن اطلاعات در مورد متغیرهای وابسته و توضیحی امکان‌پذیر می‌شود (Kao & Chiang, 1997).

برای پرداختن به درون‌زایی و همبستگی سریالی احتمالی، پدرونی (Pedroni, 2001) برآوردگر FMOLS میانگین گروه و برآوردگر DOLS میانگین گروه را پیشنهاد کرده که در روابط زیر، آمده است:

$$\hat{\beta_{i\,FOLS}} = N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\left[\sum_{t=1}^{T}(X_{it}-X_i^*)^2\right]^{-1}\left[\sum_{t=1}^{T}(X_{it}-X_i^*)Y_{it}^{+} - T\hat{Y_i}\right] \quad (۴)$$

$$\hat{\beta_{\mathrm{i\,DOLS}}} = \left[\mathrm{N}^{-1}\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}}\left(\sum_{\mathrm{t}=1}^{\mathrm{T}}\mathrm{Z_{it}}\mathrm{Z_{it}^{*}}\right)^{-1}\left(\sum_{\mathrm{t}=1}^{\mathrm{T}}\mathrm{Z_{it}}\hat{\mathrm{Z_{it}}}\right)\right] \quad (۵)$$

که در این معادلات، $\hat{\beta_{i\,FOLS}}$ برآوردگر FMOLS و $\hat{\beta_{i\,DOLS}}$ برآوردگر DOLS است.

$$\mathbf{Z_{it}} = \mathbf{2(K+1)X1} \quad (۶)$$

$$\hat{\mathbf{Z_{it}}} = (\mathbf{X_{it}} - \mathbf{X_i^*}) \quad (۷)$$

که در این معادلات، i داده‌های مقطعی بوده و N تعداد داده‌های مقطع و t داده‌های سری زمانی و نیز T تعداد داده‌های سری زمانی است (Pedroni, 2001).

بر اساسآنچه گفته شد، از اثربخشی شیوه‌های پانل شامل FMOLS و DOLS برای برآورد ضرایب بلندمدت بین متغیرها استفاده شده است.

لازم به ذکر است که متغیرهای تحقیق پیش‌رو بر اساس مبانی نظری و مطالعات پیشین در زمینه موضوع مورد بحث و همچنین، امکان دسترسی به داده‌های مورد نیاز در کشورهای عضو اوپک انتخاب شده است. بنابراین، ده کشور عضو اوپک شامل ایران، الجزایر، اکوادور، نیجریه و ونزوئلا در دوره

۱۹۹۰–۲۰۲۰ مورد بررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند[1]. داده‌ها و اطلاعات از پایگاه اطلاعاتی شاخص توسعه جهانی[2] جمع‌آوری شدند. تمامی متغیرهای تحقیق، پس از بررسی فرم‌های توابع خطی، نیمه‌لگاریتمی و لگاریتمی و در نتیجه، انتخاب فرم تابعی مناسب و تصریح درست مدل بر اساس معیارهای تشخیصی اقتصادسنجی، به فرم لگاریتمی تبدیل شده‌اند.

نتایج و بحث

در این بخش، به ارائه یافته‌های تحقیق، آمار توصیفی متغیرها، آزمون‌های ریشه واحد پانل، آزمون‌های هم‌انباشتگی پانل، روش‌های برآوردی FMOLS و DOLS برای ارزیابی پدیده رشد سبز در کشورهای عضو اوپک پرداخته شده و نتایج اولیه بررسی آمار توصیفی متغیرهای مورد بررسی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی متغیرهای مورد بررسی

متغیر	میانگین	انحراف استاندارد	مقدار حداقل	مقدار حداکثر
GDPPC	۱۰۳۹۹/۸	۱۵۵۱۳/۴	۳۵۵/۹۱۵	۶۶۹۱۱/۱
CO2	۶/۱۶۳۳۳	۷/۱۸۲۵۳	۰/۱۴۹۵	۳۰/۸۸۲۱
REC	۲۹/۸۸۶	۳۶/۸۳۴۹	۰/۱	۹۱/۳
POPDEN	۴۵/۹۸۶۸	۵۱/۱۷۴۹	۲/۴۰۸۰۱	۲۲۸/۷۳۸
FERT	۳/۷۷۴۳۲	۱/۴۳۲۴۸	۱/۳۳۴	۶/۴۵۹
MORT	۴۵/۰۲۱۹	۳۲/۰۷۲۸	۴/۸	۱۲۴/۴
تعداد مشاهدات	۲۷۰	۲۷۰	۲۷۰	۲۷۰
تعداد مقاطع	۹	۹	۹	۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون‌های ریشه واحد پانل، بر مبنای موارد تشریح‌شده در بخش مواد و روش‌ها، در جدول ۲ آمده است.

۱- آمار تولید ناخالص داخلی سرانه برای کشور ونزوئلا و مصرف انرژی تجدیدپذیر برای دو کشور عربستان سعودی و کویت در دسترس نبود و این سه کشور در تحقیق حاضر در نظر گرفته نشدند.

2. World Development Indicators (WDI)

جدول ۲- نتایج آزمون‌های ریشه واحد

متغیرها	آماره با روند زمانی	آماره بدون روند زمانی	مرتبه هم‌انباشتگی
	آزمون LLC		
GDPPC	-۱۸/۴۶۵***	-۱۴/۶۳۴***	I (1)
CO2	-۱۴/۱۱۷***	-۱۳/۶۴۳***	I (1)
REC	-۱۳/۶۷۴***	-۱۴/۱۶۹***	I (1)
POPDEN	-۱۳/۵۷۷***	-۱۳/۸۶۷***	I (1)
FERT	-۱۱/۲۳۹***	-۱۱/۷۸۷***	I (1)
MORT	-۱۰/۶۴۵***	-۱۰/۷۵۴***	I (1)
	آزمون IPS		
GDPPC	-۵/۳۱۰***	-۱۲/۲۸۷***	I (1)
CO2	-۲/۵۲۸***	-۴/۷۹۶**	I (1)
REC	-۵/۵۴۰***	-۸/۸۸۵***	I (1)
POPDEN	-۷/۲۷۶***	-۷/۳۲۹***	I (1)
FERT	-۲/۵۱۱***	-۱/۷۸۵**	I (1)
MORT	-۳/۴۳۹***	-۱/۸۴۶**	I (1)

***، ** و *، به‌ترتیب، معنی‌داری در سطوح یک، پنج و ده درصد

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در آزمون ریشه واحد، فرضیه صفر بر وجود ریشه واحد در متغیرها اذعان دارد، بدین صورت که اگر مقدار آماره به‌دست‌آمده از مقدار آماره بحرانی کوچک‌تر باشد، فرضیه صفر قابل رد شدن نیست؛ و یا اگر احتمال به‌دست‌آمده از سطح معی‌اداری پنج درصد بیشتر باشد، متغیر دارای ریشه واحد است و به دیگر سخن، متغیر ناپایاست. برای پایا کردن متغیر، می‌توان از تفاضل آن متغیر استفاده کرد. با توجه به جدول ۲، ملاحظه می‌شود که بر اساس مقادیر آماره‌های هر دو آزمون ریشه واحد پانل، همه متغیرهای مورد نظر (کاندید) مشکل ریشه واحد دارند؛ و می‌توان نتیجه گرفت که متغیرها از حداقل یک رابطه هم‌انباشتگی در بلندمدت برخوردارند.

نتایج آزمون‌های هم‌انباشتگی پانل کائو در جدول ۳ و نتایج هم‌انباشتگی پانل جوهانسن-فیشر در جدول ۴ آمده است. نتایج جدول ۳ نشان‌دهنده معنی‌داری آماره آزمون ADF است؛ بنابراین، می‌توان فرضیه صفر عدم هم‌انباشتگی را در سطح معنی‌داری یک درصد رد کرد و فرضیه جایگزین وجود رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها را پذیرفت.

جدول ۳- نتایج آزمون هم‌انباشتگی پانل کائو

آزمون‌های هم‌انباشتگی کائو	آماره آزمون	مقدار احتمال
دیکی‌فولر اصلاح‌شده	۲/۱۷۵**	۰/۰۱۸
دیکی‌فولر	-۱/۶۳۴**	۰/۰۲۹
دیکی‌فولر تعمیم‌یافته	-۱/۳۲۶*	۰/۰۷۸
دیکی‌فولر اصلاح‌شدهٔ تعدیل‌نیافته	-۵/۶۹۶***	۰/۰۰۰
دیکی‌فولر تعدیل‌نیافته	-۹/۱۲۷***	۰/۰۰۰

***، ** و *، به‌ترتیب، معنی‌داری در سطوح یک، پنج و ده درصد

مأخذ: یافته‌های پژوهش

به‌طور مشابه، آزمون هم‌انباشتگی پانل جوهانسن- فیشر برای تأیید رابطه هم‌انباشتگی میان متغیرها انجام شد. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که میان متغیرها رابطه هم‌انباشتگی وجود دارد. در ادامه مطالعه حاضر، به برآورد رابطه بلندمدت میان متغیرها با استفاده از رویکردهای FMOLS و DOLS پرداخته شده است.

جدول ۴- نتایج هم‌انباشتگی پانل جوهانسن- فیشر

فرضیه‌ها	اماره فیشر (آزمون اثر)	مقدار احتمال	آماره فیشر (آزمون حداکثر مقدار ویژه)	مقدار احتمال
هیچ	۱۰۵/۹	۰/۰۰۰	۳۳۸/۷	۰/۰۰۰
حداکثر یک	۴۲۳/۶	۰/۰۰۰	۱۴۵/۳	۰/۰۰۰
حداکثر دو	۲۲۶/۹	۰/۰۰۰	۹۵/۸۷	۰/۰۰۰
حداکثر سه	۱۸۹/۶	۰/۰۰۰	۶۱/۲۲	۰/۰۰۰
حداکثر چهار	۱۳۷/۷	۰/۰۰۰	۴۸/۳۳	۰/۰۰۰
حداکثر پنج	۹۵/۸۵	۰/۰۰۰	۳۷/۶۵	۰/۰۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

از رویکردهای پانل FMOLS و DOLS برای مقابله با مشکل همبستگی سریال و مشکل درون‌زایی در مدل استفاده شده و نتایج رگرسیون هم‌انباشتگی پانل در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵- نتایج رگرسیون‌های هم‌انباشتگی پانل

جایگزین‌های محیط زیست سبز	برآوردگر	برآورد پانل DOLS		آماره	برآورد پانل FMOLS		آماره
		ضریب		احتمال	ضریب		احتمال
محیط زیست	CO2	-۱/۶۳۴***		۰/۰۱۲	-۱/۰۷۵***		۰/۰۰۸
	POPDEN	-۰/۲۴۳**		۰/۰۷۸	-۰/۸۱۸***		۰/۰۲۷
انرژی	REC	۰/۲۱۷***		۰/۰۱۵	۰/۱۱۸***		۰/۰۰۵
سلامت	FERT	۰/۹۱۹**		۰/۰۶۵	۰/۸۹۷***		۰/۰۰۰
	MORT	-۰/۲۴۳		۰/۶۱۰	-۰/۸۱۸***		۰/۰۲۳

***، ** و *، به‌ترتیب، معنی‌داری در سطوح یک، پنج و ده درصد

تعداد سال‌ها= ۳۰، تعداد مقاطع= ۹، تعداد کل مشاهدات= ۲۷۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس یافته‌های جدول ۵ که حاصل برآورد مدل با استفاده از دو روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS) و حداقل مربعات پویا (DOLS) است، علی‌رغم تفاوت جزئی در سطح معنی‌داری، جهت تأثیر تمامی متغیرها در هر دو روش برآورد یکسان است. این همخوانی گویای استحکام و قابلیت اطمینان یافته‌های پژوهش است و بر اطمینان از علامت برآوردهای به‌دست‌آمده می‌افزاید. می‌توان روابط بین متغیرها را به شرحی که در پی می‌آید، تحلیل و تفسیر کرد.

مصرف انرژی تجدیدپذیر دارای رابطه‌ای مثبت و معنی‌دار با تولید ناخالص داخلی سرانه است. این یافته حاکی از آن است که گذار به سمت انرژی‌های پاک نه‌تنها یک ضرورت زیستمحیطی بلکه یک فرصت اقتصادی برای کشورهای عضو اوپک محسوب می‌شود. این گذار می‌تواند از طریق ایجاد صنایع جدید، افزایش کارآیی انرژی و کاهش وابستگی به درآمدهای نفتی ناپایدار، به رشد پایدار در بلندمدت بینجامد. به دیگر سخن، برای کشورهای عضو اوپک، حرکت به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر به معنی کاهش وابستگی درونی به نفت و ایجاد یک موتور رشد جدید است. به گفته پئو و فو (Pao & Fu, 2013)، «گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر، افزون بر آنکه محرکی برای رشد اقتصادی و مانعی در برابر تخریب محیط زیست است، می‌تواند موقعیت رهبری در عرصه بین‌المللی را برای کشورها به ارمغان آورد و توان رقابت با اقتصادهای پیشرفته‌تر را افزایش دهد. پیشنهاد راهبردی این مطالعه [Pao & Fu, 2013] به سیاست‌گذاران، تدوین سیاست‌های کربن‌زدایی برای تسریع در گذار به اقتصاد سبز و تحقق اهداف توسعه پایدار است». برای متغیر نرخ باروری، نتایج دو روش برآورد یادشده با یکدیگر ناسازگار است؛ در حالی که در روش FMOLS، اثر آن مثبت و معنی‌دار است، در روش

DOLS این اثر از نظر آماری معنی‌دار نیست. این ناسازگاری می‌تواند نشان‌دهنده پیچیدگی رابطه باروری و رشد اقتصادی باشد. اثر باروری می‌تواند بسته به بستر اقتصادی (مانند توانایی اقتصاد در جذب نیروی کار جدید)، مثبت، منفی یا خنثی باشد؛ و البته، در تحقیق حاضر، اثرگذاری مستقیم آن بر رشد اقتصادی به‌دلیل افزایش توان (پتانسیل) نیروی کار در بلندمدت و پویایی جمعیتی است که محرک رشد است، مشروط بر آنکه سرمایه‌گذاری در آموزش و سلامت متناسب با آن انجام شود. انتشار دی‌اکسید کربن رابطه منفی و معنی‌دار با رشد اقتصادی را به‌وضوح نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که تخریب محیط زیست هزینه‌های اقتصادی ملموس دارد. اثرگذاری منفی انتشار دی‌اکسید کربن بر رشد اقتصادی بخش نزولی منحنی کوزنتس را تأیید می‌کند. به‌طور کلی، این نتیجه نشان‌دهنده آن است که هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی ناشی از تخریب محیط زیست در این کشورها در سطح فعلی بر منافع کوتاه‌مدت حاصل از مصرف انرژی فسیلی غلبه کرده است. این هزینه‌ها می‌تواند شامل تحمیل مخارج سلامت بر دولت و خانوارها، کاهش بهره‌وری نیروی کار در اثر آلودگی و آسیب به بخش کشاورزی باشد. در کشورهای عضو اوپک، این رابطه منفی نشان‌دهنده پرهزینه بودن مدل رشد مبتنی بر نفت است. برخلاف تصور رایج، این کشورها از آلودگی محیط زیست (که محصول جانبی اقتصاد نفتی است) آسیب اقتصادی می‌بینند. در مورد تراکم جمعیت، ضریب منفی این متغیر نشان می‌دهد که در کشورهای مورد مطالعه، اثر فشار جمعیت بر منابع و زیرساخت‌ها بر اثرات مثبت احتمالی (مانند صرفه‌جویی ناشی از مقیاس) غلبه دارد و رشد سرانه را تضعیف می‌کند. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده ظرفیت محدود اقتصادهای متکی به نفت برای جذب جمعیت بیشتر در بخش‌های مولد باشد. نرخ مرگ‌ومیر نوزادان، به‌عنوان شاخصی از کیفیت سرمایه انسانی و سطح توسعه‌یافتگی نظام سلامت، رابطه‌ای منفی با رشد اقتصادی را نشان می‌دهد. این نتیجه به‌خوبی تأیید می‌کند که سرمایه‌گذاری در سلامت و کاهش مرگ‌ومیر کودکان نه‌تنها یک هدف اجتماعی بلکه یک سرمایه‌گذاری ضروری برای تقویت بهره‌وری و رشد اقتصادی بلندمدت است. در مجموع، یافته‌های پژوهش به‌وضوح نشان می‌دهند که الگوی رشد سنتی مبتنی بر درآمد نفتی در کشورهای عضو اوپک با هزینه‌های زیست‌محیطی و جمعیتی قابل توجه همراه بوده است. دستیابی به رشد اقتصادی سبز در کشورهای عضو اوپک، نه از مسیر افزایش تراکم جمعیت یا اتکای صرف به درآمدهای آلاینده نفت، بلکه از مسیر سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی (سلامت) و سرمایه طبیعی (انرژی تجدیدپذیر) می‌گذرد و ادامه وابستگی به مدل رشد مبتنی بر آلودگی محیط زیست، در بلندمدت، تهدیدی برای رفاه اقتصادی این کشورها خواهد بود. نتایج مطالعهٔ حاضر در خصوص نحوه اثرگذاری متغیرهای مورد بررسی بر رشد اقتصادی با یافته‌های مطالعات عبدشاهی و

همکاران (Abdeshahi et al. 2022)، آچمپونگ (Acheampong, 2018)، پئو و سای (Pao & Tsai, 2011)، زمان و همکاران (Zamani et al., 2016) و حسین و همکاران (Hussain et al., 2023) سازگار است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تغییرات آب‌وهوایی، به‌عنوان یکی از چالش‌های محوری سدهٔ بیست‌ویکم، و رابطهٔ بین رشد اقتصادی و محیط زیست در کانون توجه کارشناسان بوده است. شواهد تجربی پژوهش حاضر وجود رابطه‌ای معنی‌دار بین این دو متغیر را در کشورهای عضو اوپک تأیید می‌کند. همچنین، پژوهش حاضر، با به‌کارگیری چارچوب «اقتصاد سبز» و با در نظر گرفتن چهار مؤلفهٔ کلیدی اقتصاد، محیط زیست، انرژی و سلامت و با استفاده از رویکردهای اقتصادسنجی FMOLS و DOLS در دوره ۲۰۲۰–۱۹۷۱، به واکاوی این رابطه پرداخته و دلالت‌های سیاستی آن را بدین شرح ارائه می‌کند: بر پایهٔ یافته‌های پژوهش، به‌طور کلی، در کشورهای عضو اوپک، مصرف انرژی تجدیدپذیر و نرخ باروری کل محرک‌هایی مثبت برای رشد اقتصادی به‌شمار می‌روند؛ در مقابل، انتشار دی‌اکسید کربن، تراکم جمعیت و نرخ مرگ‌ومیر نوزادان تأثیر بازدارنده بر رشد دارند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که مسیر توسعه آینده کشورهای عضو اوپک در گرو تنوع‌بخشی به اقتصاد و گذار از الگوی سنتی متکی بر نفت است، که خود مستلزم تدوین راهبردهای بلندمدت است. باید این راهبردها هم‌زمان بر سه محور انرژی پاک، حفاظت از محیط زیست و سرمایه‌گذاری در سلامت انسان استوار باشد و تنها از این رهگذر است که این کشورها می‌توانند به اهداف توسعه پایدار دست یابند. باید کشورهای عضو اوپک، با اصلاح الگوی مصرف انرژی و گذار به توسعه شتابان انرژی‌های تجدیدپذیر، وابستگی درونی به سوخت‌های فسیلی را کاهش دهند. این گذار، هم‌زمان به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و آزادسازی منابع نفتی برای صادرات منجر شده، درآمدهای ارزی را افزایش می‌دهد. با توجه به اثرگذاری مستقیم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی در کشورهای مورد مطالعه، تصویب قوانین حمایتی برای بنگاه‌های دارای گواهینامه‌های زیست‌محیطی و تشویق به به‌کارگیری فناوری‌های پاک و کم‌مصرف را می‌توان موتور محرکهٔ رشد سبز در این کشورها دانست. یافته‌ها به‌وضوح نشان می‌دهند که نرخ مرگ‌ومیر نوزادان– به‌عنوان یک شاخص کلیدی کیفیت سلامت و توسعه اجتماعی– رابطه‌ای منفی با رشد اقتصادی دارد. همچنین، برای بهره‌برداری از توان مثبت نرخ باروری، نتایج پژوهش حاضر لزوم تأمین و تخصیص منابع کافی برای تقویت زیرساخت‌های بهداشتی– درمانی را به‌عنوان یک سرمایه‌گذاری ضروری در سرمایه انسانی گوشزد می‌کند. با توجه به

ضـریب منفی انتشـار دی‌اکسـید کربن، لازم اسـت که سـازوکارهای داخلی برای قیمت‌گذاری کربن یا سـقف انتشـار برای صـنایع نفت و گاز در نظر گرفته شـود تا از تخریب زیسـت‌محیطی بیش از حد جلوگیری شـود. به‌منظور واکاوی دقیق‌تر رابطه بین آلودگی زیسـت‌محیطی و رشـد اقتصـادی در کشـورهای مختلف، پیشـنهاد می‌شـود که در مطالعات آینده، فرضـیه منحنی کوزنتس زیسـت‌محیطی (EKC) به‌طور مسـتقیم مورد آزمون قرار گیرد. این کار را می‌توان با وارد کردن متغیر مجذور سـرانه انتشـار دی‌اکسـید کربن در مدل انجام داد تا مشـخص شـود که «آیا رابطه به شـکل U وارونه اسـت یا نه؟» و در صـورت مثبت بودن پاسـخ، «نقطه عطف این منحنی در چه سـطحی از درآمد سـرانه قرار دارد؟».

منابع

1. Abdeshahi, A., Mirzaei, A., & Kargar Dehbidi, N. (2022). The effect of ecological footprint indicators on economic growth in Iran. *Journal of Environmental Researches*, 12(24), 301-315. DOR: 20.1001.1.20089597.1400.12.24.22.4. [In Persian]
2. Abdollahi Arani, M., Mansouri, N., Jani, S., & Aghaei, N. (2023). Carbon dioxide emissions and economic growth: a spatial analysis among Iranian provinces. *Economic Growth and Development Research*, 13(49), 33-54. DOI: 10.30473/egdr.2022.60860.6310. [In Persian]
3. Acheampong, A. O. (2018). Economic growth, CO_2 emissions and energy consumption: what causes what and where? *Journal of Energy Economics*, 74, 677-692. DOI: 10.1016/j.eneco.2018.07.022.
4. Ahmad, N., Du, L., Lu, J., Wang, J., Li, H. Z., & Hashmi, M. Z. (2017). Modelling the CO_2 emissions and economic growth in Croatia: Is there any Environmental Kuznets Curve? *Journal of Energy*, 123, 164-172. DOI: 10.1016/j.energy.2016.12.106.
5. Akhmat, G., Zaman, K., Shukui, T., Irfan, D., Khan, M. M. (2014). Does energy consumption contribute to environmental pollutants? Evidence from SAARC countries. *Journal of Environmental Science and Pollution Research*, 21(9), 5940-5951. [In Persian]

6. Akpolat, A G. (2014).The long-term impact of human capital investment on GDP: a panel cointegrated regression analysis. *Journal of Economics Research International,* 14, 10-22. DOI: 10.1155/2014/646518S.
7. Alam, A., Azam, M., Abdullah, A. B., Malik, I. A., Khan, A., Hamzah, T. A. A. T. (2014). Environmental quality indicators and financial development in Malaysia: unity in diversity. *Journal of Environmental Science and Pollution Research,* 22(11), 8392-8404.
8. Alam, A., Malik, I. A., Abdullah, A. B., Hassan, A., Awan, U., & Ali, G. (2015). Does financial development contribute to SAARC's energy demand? From energy crisis to energy reforms. *Journal of Renew Sustain Energy Review*, 41, 818-829.
9. Alam, M. M., Murad, M. W., Noman, A. H. M., & Ozturk, I. (2016). Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: testing Environmental Kuznets Curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Journal of Ecological Indicators,* 70, 466-479. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.06.043.
10. Al-Mulali, U., Ozturk, I., & Solarin, S. A. (2016). Investigating the Environmental Kuznets Curve hypothesis in seven regions: the role of renewable energy. *Journal of Ecological Indicators,* 67, 267-282. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.02.059.
11. Anastacio, J. A. R. (2017). Economic growth, CO_2 emissions and electric consumption: Is there an Environmental Kuznets Curve? An empirical study for North America countries. *International Journal of Energy Economics and Policy,* 7(2), 65-71.
12. Andreoni, V., & Galmarini, S. (2016). Drivers in CO_2 emissions variation: a decomposition analysis for 33 world countries. *Journal of Energy,* 103 (Supplement C), 27-37. DOI: 10.1016/j.energy.2016.02.096.
13. Apergis, N., & Ozturk, I. (2015). Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis in Asian countries. *Journal of Ecological Indicators,* 52(Supplement C), 16-22. DOI: 10.1016/j.ecolind.2014.11.026.

14. Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Energy consumption and growth in South America: evidence froma panel error correction model. *Journal of Energy Economics*, 32(6), 1421-1426. DOI: 10.1016/j.eneco.2010.04.006.
15. Awad, A., & Abugamos, H. (2017). Income-carbon emissions nexus for Middle East and North Africa countries: a semi-parametric approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(2), 152-159.
16. Bakhshi Dastjerdi, R., & Najafabadi, N. K. (2011). Examining the effect of population on economic growt using optimal growth theory: an application of genetic algorithm, Iranian economy (1971-2006). *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 46(1), 1-22. DOR: 20.1001.1.00398969.1390.46.1.1.9. [In Persian]
17. 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. *Journal of Ecological Indicators*, 60, 824-831. DOI: 10.1016/j.
18. Breitung, J. (2000). The local power of some unit root tests for panel data. In: Baltagi, B, (ed.) Advances in econometrics, Vol. 15: non-stationary panels, panel cointegration, and dynamic panels. JAI Press, Amsterdam (pp. 161-178).
19. Cong, W., Aidong, W., & Chongqi, W. (2011). Analyze the relationship between energy consumption and economic growth in China. *Journal of Energy Procedia*, 5, 974-979. DOI: 10.1016/j.egypro.2011.03.172.
20. Dagher, L., & Yacoubian, T. (2012). The causal relationship between energy consumption and economic growth in Lebanon. *Journal of Energy Procedia*, 50, 795-801. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.08.034.
21. Degbedji, D. F., Akpa, A. F., Chabossou, A. F., & Osabohien, R. (2024). Institutional quality and green economic growth in West African economic and monetary union. *Journal of Innovation and Green Development*, 3(1), 100108. DOI: 10.1016/j.igd.2023.100108.
22. Dergiades, T., Martinopoulos, G., & Tsoulfidis, L. (2013). Energy consumption and economic growth: parametric and non-parametric causality

testing for the case of Greece. *Journal of Energy Economics,* 36, 686-697. DOI: 10.1016/j.eneco.2012.11.017.

23. Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve hypothesis: a survey. *Journal of Energy Economics*, 49(4), 431-455. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2004.02.011.
24. 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. *Journal of Environmental Science and Pollution Research,* 24(11), 10846-10854. DOI: 10.1007/s11356-017-8786-y.
25. Fallahi, F., Pourebadollahan Covich, M., Sadeghi, S. K., & Shokri, T. (2022). Economic growth and energy consumption: new evidence using continuous wavelet. *Quarterly Energy Economics Review,* 17(71), 223-248. Available at http://iiesj.ir/article-1-1383-fa.html. [In Persian]
26. Fan, Y., Zhang, X., & Zhu, L. (2010). Estimating the macroeconomic costs of CO_2 emission reduction in China based onmulti-objective programming. *Journal of Advances in Climate Change Research,* 1(1), 27-33. DOI: 10.3724/SP.J.1248.2010.00027.
27. Fotros, M. H., Ghaffari, H., & Shahbazi, A. (2010). Relationships between Co_2 emissions and economic growth: the case of OPEC. *Journal of Economic Growth and Development Research,* 1(1), 59-77. DOR: 20.1001.1.22285954.1389.1.1.3.7. [In Persian]
28. Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *Journal of Handbook of Environmental Economics,* 110(2), 353-377. DOI: 10.2307/2118443.
29. Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic econometrics. Fifth Edition. McGraw-hill, New York.
30. Hassan, S. A., Zaman, K., Zaman, S., & Shabir, M. (2014). Measuring health expenditures and outcomes in SAARC region: Health is a luxury?. *Journal of Quality & Quantity,* 48(3), 1421-437.
31. Houshmand, M., Daneshnia, M., Sotoudeh, A., & Ghezelbash, A. (2013). Causality relationship between energy consumption, economic growth and

prices: using panel data OPEC member countries. *Journal of Monetary & Financial Economics*, 20(5), 233-255. DOI: 10.22067/pm.v20i5.34048. [In Persian]

32. Hussain, M. N., Li, Z., Sattar, A., & Ilyas, M. (2023). Evaluating the impact of energy and environment on economic growth in BRI countries. *Journal of Energy & Environment*, 34(3), 586-601. DOI: 10.1177/0958305X211073805.
33. Jabeen, M., Umar, M., Zahid, M., Rehaman, M. U., Batool, R., & Zaman, K. (2014). Socio-economic prospects of solar technology utilization in Abbottabad, Pakistan. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 1164-1172.
34. Jardon, A., Kuik, O., & Tol, R. S. J. (2017). Economic growth and carbon dioxide emissions: an analysis of Latin America and the Caribbean. *Journal of Atmosfera*, 30(2), 87-100. DOI: 10.20937/ATM.2017.30.02.02.
35. Kandemir Kocaaslan, O. (2013). The causal link between energy and output growth: evidence from Markov Switching Granger Causality. *Journal of Energy Policy*, 63, 1196-1206. DOI: 10.1016/j.enpol.2013.08.086.
36. Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of Econometrics*, 90(1), 1-44.
37. Kao, C., & Chiang, M. (1997). On the estimation and inference of a cointegrated regression in panel data. Working Paper, Department of Economics, Syracuse University.
38. Keho, Y. (2017). Revisiting the income, energy consumption and carbon emissions nexus: new evidence from quantile regression for different country groups. *Journal of International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(3), 356-363.
39. Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, 3(2), 401-403.
40. Levin, A., Lin, C. F., & Chu, C. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite sample properties. *Journal of Econometrics*, 108, 1-24.

41. Li, Z. W., & Zheng, X. G. (2012). Study on relationship of energy consumption and economic growth in China. *Physics Procedia*, 24, 313-319. DOI: 10.1016/j.phpro.2012.02.047.
42. Mahmood, H. (2020). CO2 emissions, financial development, trade, and income in North America: a spatial panel data approach. SAGE Open, October-December, 2020, 1-15.
43. Malik, I. A., Abdullah, A. B., Alam, A., Zaman, K., Kyophilavong, P., & Shahbaz, M. (2014). Turn on the lights: macroeconomic factors affecting renewable energy in Pakistan. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 38, 277-284.
44. Martinho, V. J. P. D. (2016). Energy consumption across European Union farms: efficiency in terms of farming output and utilized agricultural area. *Journal of Energy,* 103(Supplement C), 543-556. DOI: 10.1016/j.energy.2016.03.017.
45. Mutascu, M. (2016). A Bootstrap Panel Granger Causality analysis of energy consumption and economic growth in the G7 countries. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 63, 166-171. DOI: 10.1016/j.rser.2016.05.055.
46. Narayan, P. K., & Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: panel data evidence from developing countries. *Journal of Energy Policy,* 38(1), 661-666. DOI: 10.1016/j.enpol.2009.09.005.
47. Nguyen, Q. H. (2024). The influence of key economic globalization factors on economic growth and environmental quality: an empirical study in Southeast Asian countries. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 33(1), 57-75. DOI: 10.1080/09638199.2022.2159060.
48. Omri, A., Mabrouk, N. B., & Sassi-Tmar, A. (2015). Modeling the causal linkages between nuclear energy, renewable energy and economic growth in developed and developing countries. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 42, 1012-1022.
49. Omri, A., Nguyen, D. K., & Rault, C. (2014). Causal interactions between CO_2 emissions, FDI, and economic growth: evidence from dynamic

simultaneous-equation models. *Journal of Economic Modelling*, 42, 382-389. DOI: 10.1016/j.econmod.2014.07.026.

50. OPEC (2025). OPEC statute. Available at https://www.opec.org/opec-statute.html.
51. Ozcan, B. (2013). The nexus between carbon emissions, energy consumption and economic growth in Middle East countries: a panel data analysis. *Journal of Energy Policy*, 62, 1138-1147. DOI: 10.1016/j.enpol.2013.07.016.
52. Özokcu, S., & Özdemir, Ö. (2017). Economic growth, energy, and Environmental Kuznets Curve. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 72, 639-647. DOI: 10.1016/j.rser.2017.01.059.
53. Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy-growth nexus. *Journal of Energy Policy*, 38(1), 340-349. DOI: 10.1016/j.enpol.2009.09.024.
54. Ozturk, I., & Salah Uddin, G. (2012). Causality among carbon emissions, energy consumption and growth in India. *Journal of Economic Research-Ekonomska Istraživanja,* 25(3), 752-775.
55. Pao, H. T., & Fu, H. C. (2013). Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 381-392. DOI: 10.1016/j.rser.2013.05.004.
56. Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2011). Modeling and forecasting the CO_2 emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. *Journal of Energy*, 36(5), 2450-2458.
57. Pedroni, P. (1997). Panel cointegration; asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests, with an application to the PPP hypothesis: new results. Working Paper, Indiana University.
58. Pedroni, P. (1999). Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. Working Paper, Indiana University; December (pp. 1-40).
59. Pedroni, P. (2001). Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. In: Baltagi, B.H., Fomby, T.B., & Carter Hill, R. (Eds) Nonstationary panels, panel cointegration, and dynamic panels (advances in econometrics, Volume 15). Emerald Group Publishing Limited, UK (pp. 93-130).

60. Peterson, E. W. F. (2017). The role of population in economic growth. *Sage Open*, 7(4). DOI: 10.1177/2158244017736094.
61. Qureshi, M. I., Rasli, A. M., Awan, U., Ma, J., Ali, G., & Alam, A. (2014). Environment and air pollution: health services bequeath to grotesque menace. *Journal of Environmental Science and Pollution Research*, 22(5), 3467-3476.
62. Rabiei, M., Heydari, S., & Shariat Bahadori, M. (2013). The impact of health indicators on economic growth: a case study of developed and developing countries. *Economic Journal (Journal of Economic Research and Policies)*, 13(7), 73-88. Available at https://ejip.ir/article-1-501-fa.pdf. [In Persian]
63. Rafindadi, A. A., Yusof, Z., Zaman, K., Kyophilavong, P., & Akhmat, G. (2014). The relationship between air pollution, fossil fuel energy consumption, and water resources in the panel of selected Asia-Pacific countries. *Journal of Environmental Science and Pollution Research*, 21 (19), 11395-11400.
64. Shahbaz, M., Solarin, S. A., Sbia, R., & Bibi, S. (2015). Does energy intensity contribute to CO_2 emissions? A trivariate analysis in selected African countries. *Journal of Ecological Indicators*, 50, 215-224.
65. Sohag, K., Begum, R. A., Abdullah, S. M. S., & Jaafar, M. (2015). Dynamics of energy use, technological innovation, economic growth and trade openness in Malaysia. *Journal of Energy*, 90(Part2), 1497-1507. DOI: 10.1016/j.energy.2015.06.101.
66. Song, M. L., Zhang, L. L., Liu, W., & Fisher, R. (2013). Bootstrap-DEA analysis of BRICS' energy efficiency based on small sample data. *Applied Energy*, Elsevier, 112, 1049-1055. DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.02.064.
67. Song, Y., Zhang, M., & Dai, S. (2015). Study on China's energy-related CO_2 emission at provincial level. *Natural Hazards: Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*, Springer; International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards, 77(1), 89-100.
68. Yavary, B., Hozhabr Kiani, K., Partovi, B., & Khalili, F. (2021). Analyzing the impact of energy consumption and human capital on economic growth of

selected developing countries. *Iranian Journal of Applied Economics*, 11(36), 17-38. [In Persian]

69. Zaman, k., Abdullah, A. B., Khan, A., Nasir, M. R., Hamzah, T. A., & Hussain, S. (2016). Dynamic linkages among energy consumption, environment, health and wealth in BRICS countries: green growth key to sustainable development. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1263-1271. DOI: 10.1016/j.rser.2015.12.010.
70. Zhixin, Z., & Xin, R. (2011). Causal relationships between energy consumption and economic growth. *Journal of Energy Procedia*, 5, 2065-2071. DOI: 10.1016/j.egypro.2011.03.356.