

Examining the Impact of Air Pollution and Renewable Energies on Healthcare Costs in OPEC+ Countries

Milad Agh  *

Economic Systems Planning Program,
Economics, Industry and Management, Shahrud
Industrial University, Shahrud, Iran

Mohammad MirbagheriJam 

Economic Sciences, Management, Industry and
Management, Shahrud Industrial University,
Shahrud, Iran

Ali Dehghani 

Economic Sciences, Management, Industry and
Management, Shahrud Industrial University,
Shahrud, Iran

Abstract

Introduction

Air pollution is recognized as one of the most critical environmental and economic challenges of the twenty-first century, exerting profound impacts on public health and national fiscal budgets worldwide. According to the World Health Organization (WHO), ambient air pollution accounts for approximately 7 million premature deaths annually. Primary pollutants including fine particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), sulfur dioxide (SO₂), nitrogen oxides (NO_x), and carbon dioxide (CO₂) stem predominantly from fossil fuel combustion across industry, transportation, and power generation. Exposure to these pollutants drives acute and chronic pathologies, imposing severe financial constraints on healthcare infrastructure, particularly in developing and resource-dependent economies. While transitioning to renewable energy (solar, wind, geothermal, and biomass) is widely advocated to mitigate emissions, OPEC+ member states face structural rigidities due

* Corresponding Author: mm1949159@gmail.com

How to Cite: Agh, M., MirbagheriJam, M., Dehghani, A. (2025). Examining the Impact of Air Pollution and Renewable Energies on Healthcare Costs in OPEC -Plus Countries. *Journal of Environmental and Natural Resource Economics*, 5(13), pp. 1-35. DOI: 10.22054/eenr.2026.92189.227

to deep macroeconomic reliance on hydrocarbon revenues and a minimal share of renewables in their energy matrix.

Objective

Despite growing literature on environmental health economics, empirical evidence simultaneously evaluating the dual impacts of air pollution and renewable energy adoption on healthcare expenditures within the OPEC+ bloc remains sparse. Furthermore, the literature often neglects the threshold dynamics in resource-abundant economies. This study fills this literature gap by evaluating these relationships for 23 OPEC+ countries over the period 2000–2019, incorporating both a composite Air Pollution Index (AIRP) and fine particulate matter (PM_{2.5}).

Research Method

This study employs a panel data econometric framework (combining cross-sectional and time-series observations) covering 23 OPEC+ countries over 20 years (2000–2019). Panel econometric specifications were estimated to evaluate temporal and cross-sectional variations. The healthcare expenditure function incorporates renewable energy consumption and air pollution measures as key explanatory variables, alongside control variables including government effectiveness, population growth, public health expenditure share, and the unemployment rate to minimize omitted-variable bias

Results and Discussion

- **Hypothesis 1 (Renewable Energy and Healthcare Costs):** Rejection of hypothesis. Renewable energy consumption has a statistically insignificant effect on healthcare expenditures ($\beta = -0.0022$, p-value = 0.5758). This non-significance is driven by: (1) time-lagged structural benefits that extend beyond the sample horizon; (2) intervening macroeconomic and policy distortions; (3) sub-critical adoption rates of renewables in hydrocarbon-rich energy mixes; and (4) path dependencies inherent in oil-reliant economies.
- **Hypothesis 2 (Air Pollution and Healthcare Costs):** Confirmed. Air pollution exhibits a positive and statistically significant impact on

healthcare expenditures ($\beta \approx 8569.4$, $p\text{-value} = 0.0022$). Incremental increases in pollution levels directly exacerbate national health expenditures, aligning with global empirical benchmarks (e.g., Brunekreef & Holgate; Guo et al.; Liu et al.).

- **Control Variables:** Government effectiveness shows a significant positive impact ($\beta = 0.345$, $p\text{-value} = 0.010$), indicating higher public resource allocation to health in stronger institutional environments. Public health expenditure share demonstrates a statistically significant negative coefficient ($\beta = -0.0098$, $p\text{-value} = 0.0053$), highlighting a substitution effect where proactive budgetary support reduces overall curative burden. Unemployment shows marginal positive significance ($\beta = 0.090$, $p\text{-value} = 0.0557$), suggesting economic hardship delays preventive care, boosting downstream acute care costs. Population growth ($\beta = -0.047$, $p\text{-value} = 0.285$) was statistically insignificant.

Conclusion & Policy Implications

The empirical evidence indicates that air pollution acts as a major structural driver of escalating healthcare expenditures across OPEC+ nations. Conversely, renewable energy has not yet reached the critical deployment threshold required to yield statistically measurable health-cost reductions. The statistically insignificant short-term effect of clean energy does not undermine its long-term viability; rather, it underscores the non-linear nature of green transitions in resource-rich states. Alleviating health-related fiscal pressures requires sustained investment, structural energy diversification, and targeted environmental policymaking to cross the critical scale threshold in renewable generation.

Keywords: Renewable energy, air pollution, healthcare costs, panel data regression, OPEC+

JEL Classification: Q53, Q42, I10, Q43, C33



بررسی اثر آلودگی هوا و انرژی تجدیدپذیر بر هزینه بهداشت و درمان کشورهای عضو اوپک پلاس

میلاد آق *

برنامه‌ریزی سیستم های اقتصادی، دانشکده مدیریت و صنایع علوم اقتصادی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

محمد میرباقری جم

دانشکده مدیریت و صنایع علوم اقتصادی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

علی دهقانی

دانشکده مدیریت و صنایع علوم اقتصادی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

چکیده

این مطالعه با هدف واکاوی کمی و کیفی اثرات دوگانه آلودگی هوا و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بر هزینه‌های بخش بهداشت و درمان در کشورهای عضو گروه اوپک پلاس، طی بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ به اجرا درآمده است. برای دستیابی به برآوردهای دقیق، روش‌های اقتصادسنجی متنوعی از جمله رگرسیون چندمتغیره، آزمون‌های همبستگی جهت سنجش شدت رابطه و همچنین آزمون‌های اثرات ثابت و تصادفی برای انتخاب الگوی برازش یافته، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یافته‌های تجربی پژوهش حاکی از آن است که شاخص کلی آلودگی هوا رابطه‌ای مثبت و از نظر آماری معنادار با افزایش هزینه‌های سلامت دارد که بیانگر بار مالی قابل توجه ناشی از کیفیت نامطلوب هوا بر نظام درمانی است. با این حال، در کمال تعجب، اثر غلظت ذرات معلق بسیار ریز (PM_{2.5}) بر مخارج درمانی، از لحاظ آماری تأیید نمی‌شود که می‌تواند به دلیل پنهان ماندن اثرات مزمن این ذرات در افق زمانی مطالعه یا پراکندگی داده‌ها باشد. همچنین، فرضیه کاهش دهنده بودن سهم انرژی‌های پاک در هزینه‌های درمان، در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تأیید قرار نمی‌گیرد. این عدم معناداری را می‌توان به عواملی چون افق زمانی نسبتاً کوتاه مدت برای بروز آثار

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه رشته اقتصاد دانشگاه صنعتی شاهرود است.

* نویسنده مسئول: mm1949159@gmail.com

بررسی اثر آلودگی هوا و انرژی تجدیدپذیر بر هزینه بهداشت و ... | آق و همکاران | ۵

زیست‌محیطی سلامت، سهم اندک و ناچیز این منابع در سبد انرژی فعلی و ساختار ریشه‌دار و وابسته به نفت اقتصاد این کشورها نسبت داد. در پایان، بر اساس شواهد به‌دست‌آمده، ضرورت طراحی و اجرای سیاست‌های فوری و کارآمد در حوزه کنترل آلاینده‌ها، سرمایه‌گذاری هدفمند در تقویت زیرساخت‌های بهداشتی و ترسیم چشم‌اندازی بلندمدت برای گذار به‌سوی بهره‌برداری پایدار از منابع انرژی، به‌عنوان رهنمودهای سیاستی کلیدی ارائه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: انرژی تجدیدپذیر، آلودگی هوا، هزینه‌های بهداشت و درمان، رگسیون داده‌های تابلویی، اوپک پلاس.

طبقه‌بندی JEL: Q53, Q42, I10, Q43, C33

۱. مقدمه

آلودگی هوا به عنوان یکی از مهم ترین چالش های زیست محیطی قرن بیست و یکم، تأثیرات عمیقی بر سلامت عمومی و اقتصاد جوامع داشته است (برونکریف و هولگیت^۱، ۲۰۰۲؛ سازمان بهداشت جهانی^۲، ۲۰۲۴). بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، آلودگی هوا سالانه مسئول مرگ زودرس حدود ۷ میلیون نفر در سراسر جهان است که آن را به یکی از عوامل اصلی خطر برای سلامت تبدیل کرده است (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۲۲). ذرات معلق PM_{2.5} و PM₁₀، دی اکسید گوگرد^۳، اکسیدهای نیتروژن^۴ و دی اکسید کربن^۵ از مهم ترین آلاینده هایی هستند که عمدتاً ناشی از احتراق سوخت های فسیلی در بخش های صنعت، حمل و نقل و تولید برق می باشند (سینفلد و پاندیس، ۲۰۱۶)^۶. مطالعات همه گیرشناختی متعددی رابطه مستقیمی بین مواجهه طولانی مدت با آلاینده های هوا و بروز بیماری های تنفسی، قلبی-عروقی، نورولوژیک و سرطان ها نشان داده اند (پوپ^۷، ۲۰۰۶؛ قرانی اعظم^۸ و همکاران، ۲۰۱۶). این پیامدهای سلامتی، بار اقتصادی قابل توجهی را بر نظام های بهداشت و درمان تحمیل می کنند که در کشورهای در حال توسعه به دلیل ضعف زیرساخت ها و منابع مالی محدود، شدیدتر است (یاداو و همکاران، ۲۰۲۳)^۹. در این راستا، انتقال به سمت انرژی های تجدیدپذیر (خورشیدی، بادی، زمین گرمایی و زیست توده) به عنوان راهبردی کلیدی برای کاهش انتشار آلاینده ها و بهبود سلامت عمومی مطرح شده است (آپرگیس^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۸؛ پابلو رومرو^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۶). با این حال، کشورهای عضو اوپک پلاس که از بزرگ ترین تولیدکنندگان نفت جهان هستند، به دلیل

^۱ Brunekreef & Holgate;

^۲ WHO

^۳ SO₂

^۴ NO_x

^۵ CO₂

^۶ Seinfeld & Pandis

^۷ Pope

^۸ Ghorani-Azam

^۹ Yadav

^{۱۰} Apergis

^{۱۱} Pablo-Romero

وابستگی ساختاری به درآمدهای نفتی و سهم ناچیز انرژی‌های پاک در سبد انرژی خود، با چالش‌های ویژه‌ای در این زمینه مواجه‌اند (خیبری و توسلی، ۲۰۲۲). هدف این پژوهش، بررسی کمی تأثیر آلودگی هوا و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر هزینه‌های بهداشت و درمان در کشورهای اوپک پلاس با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی داده‌های تابلویی است. نوآوری پژوهش حاضر در تمرکز بر مجموعه کشورهای اوپک پلاس به‌عنوان مورد مطالعه‌ای کمتر بررسی‌شده و نیز تفکیک اثرات دو شاخص متفاوت آلودگی هوا شاخص ترکیبی AIRP و ذرات معلق PM_{2.5} است.

۲. پیشینه تحقیق

هزینه‌های بهداشت و درمان تابعی از عوامل متعددی شامل وضعیت سلامت جمعیت، کیفیت محیط زیست، سطح درآمد، کارآمدی دولت و ساختار جمعیتی است (وولدریج، ۲۰۱۰).^۱ از منظر نظری، آلودگی هوا از دو کانال اصلی بر هزینه‌های سلامت تأثیر می‌گذارد: (۱) افزایش مستقیم بروز بیماری‌ها و مراجعات درمانی و (۲) تشدید شدت بیماری‌های مزمن که نیازمند مراقبت‌های طولانی‌مدت و پرهزینه است (برونکریف و هولگیت، ۲۰۰۲).^۲ انرژی‌های تجدیدپذیر نیز به‌طور غیرمستقیم از طریق کاهش آلودگی هوا و بهبود کیفیت محیط زیست می‌توانند هزینه‌های سلامت را کاهش دهند. این اثرگذاری اما دارای وقفه زمانی قابل توجه است و نیازمند انباشت سرمایه‌گذاری‌های سبز در طول زمان است (استرن^۳، ۲۰۱۰؛ لی و چن^۴، ۲۰۲۱). در این زمینه مطالعات متعددی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود.

الف) مطالعات بین‌الملل

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، سلامت عمومی و محیط

¹ Wooldridge

² Brunekreef & Holgate

³ Stern;

⁴ Li & Chen

زیست رابطه نزدیک و مثبتی باهم دارند. آپرگیس و همکاران^۱ (۲۰۱۸) در آفریقای جنوبی، نتایج بیانگر آن است که استفاده از انرژی‌های پاک و هزینه‌های بهداشتی می‌تواند انتشار کربن را کاهش دهد، اما نیازمند سرمایه‌گذاری مناسب است. در حالی که خان و همکاران^۲ (۲۰۲۰) در کشورهای آسه آن^۳، نشان دادند که لجستیک تأثیر منفی بر محیط زیست دارد و سلامت و توسعه اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مطالعه کاروسو و همکاران^۴ (۲۰۲۰) در اتحادیه اروپا نیز نشان داد که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، بهبود سلامت و رشد اقتصادی را تسریع می‌کند. در نهایت، انور خان و همکاران^۵ (۲۰۲۰) بیان کردند که سرمایه‌گذاری در پروژه‌های سبز و انرژی‌های پاک، هم‌زمان با رشد درآمد، نقش مهمی در کاهش آلودگی و حفظ سلامت دارد. این پژوهش‌ها اهمیت سیاست‌گذاری‌های جامع در بهبود محیط زیست و سلامت جامعه را برجسته می‌کنند پیشینه تحقیق حاضر بر پایه مطالعات گسترده‌ای استوار است که نقش انرژی تجدیدپذیر در مقابله با تغییرات اقلیمی، توسعه پایدار و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی را مورد بررسی قرار می‌دهند. جیسوال و همکاران^۶ (۲۰۲۲) بر اهمیت جایگزینی کامل سوخت‌های فسیلی با منابع تجدیدپذیر تأکید کرده و چالش‌های زیرساختی، سیاسی و اجتماعی مرتبط با این روند را بررسی نموده‌اند. سونانی و ساکسنا^۷ (۲۰۲۲) نیز تأثیرات گازهای گلخانه‌ای بر سلامت و محیط زیست را تحلیل کرده و روند تغییر سهم کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه در انتشار این گازها را نشان داده‌اند.

در حوزه نظام‌های انرژی، تحقیقات اخیر شامل تحلیل‌های فنی-اقتصادی با استفاده از داده‌های هواشناسی و مدل‌های شبیه‌سازی هستند. اوگونلی و همکاران^۸ (۲۰۲۳) با استفاده

^۱ Apergis et al.

^۲ Khan et al.

^۳ ASEAN

^۴ Caruso et al.

^۵ Anwar Khan et al.

^۶ Jaiswal et al.

^۷ Sonwani & Saxena

^۸ Ogunleye et al.

از برنامه هومر^۱ نظام‌های هیبریدی PV/B را به‌عنوان کم‌هزینه‌ترین و سازگارترین گزینه با محیط زیست برای تأمین برق مراکز سلامت در عمان معرفی کرده‌اند. همچنین، مطالعه پاراشیو^۲ (۲۰۲۳) در رومانی نشان می‌دهد که این کشور، علی‌رغم وابستگی نسبی به سوخت‌های فسیلی، دارای سهم قابل‌توجهی از انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌ویژه انرژی آبی، است که می‌تواند نقش مهمی در تغییر ترکیب انرژی در آینده ایفا کند. اهمیت توسعه بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تأثیر آن بر سلامت و توسعه پایدار را نشان می‌دهند. مطالعات در مالزی (عمار هاشم جعفر و همکاران^۳، ۲۰۲۳) نشان می‌دهند که رشد اقتصادی و مصرف سوخت‌های فسیلی در بلندمدت با افزایش انتشار CO₂ مرتبط است. در مقابل، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش هزینه‌های بهداشت می‌تواند به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی کمک کند و راهی برای رشد سبز و پایدار باشد. همچنین، پژوهش‌های انجام‌شده در کشورهای E7 فانگ و همکاران^۴، (۲۰۲۳) نشان می‌دهند که افزایش تولید و مصرف برق و انرژی‌های تجدیدپذیر، باعث کاهش انتشار CO₂ و بهبود کیفیت زیست‌محیطی می‌شود. درعین حال، واردات و مصرف بالای انرژی‌های غیرتجدیدپذیر، نقش مهمی در افزایش تغییرات اقلیمی دارند.

در حوزه فناوری، مطالعات در ایالات متحده (کودی و همکاران^۵، ۲۰۲۳) نشان می‌دهد که مدل‌سازی نظام‌های هیبریدی با بهره‌گیری از داده‌های هواشناسی، قابلیت بهینه‌سازی منابع انرژی تجدیدپذیر و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی را فراهم می‌آورد، هرچند عوامل اجتماعی و محلی در این زمینه باید در نظر گرفته شوند.

ک آدیس و شنگک^۶ (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای تطبیقی با استفاده از تکنیک‌های اقتصادسنجی، رابطه پیچیده و پیوسته‌ای بین مصرف انرژی تجدیدپذیر، تولید ناخالص داخلی و انتشار CO₂ را موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد که بهره‌برداری از

¹ HOMER

²Paraschiv

³ Ammar Hashim Jaafar

⁴ Fang

⁵ Cody

⁶ Addis & Cheng

انرژی‌های تجدیدپذیر راهکاری اساسی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تقویت رشد اقتصادی پایدار است، اما درعین حال، انتشار CO₂ بر توسعه انرژی تجدیدپذیر و اقتصاد تأثیر منفی قابل توجهی دارد که بر لزوم شیوه‌های توسعه پایدار تأکید می‌کند.

رومن واکولچوک و همکاران^۱ (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای بر ادغام ۱۰۰ درصدی انرژی تجدیدپذیر در نظام‌های برق کشورهای کم توسعه یافته تمرکز داشتند و با مدل‌سازی پروژه‌های LEAP-NEMO، نشان دادند که دستیابی به هدف انتشار خالص صفر نیازمند مشارکت جمعی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه است. این پژوهش اهمیت توسعه دسترسی به برق و رفع فقر انرژی را در کنار اهداف اقلیمی آشکار می‌سازد. همچنین، قیاق احمد و همکاران^۲ (۲۰۲۳) ارتباط میان انتقال به سمت انرژی پاک، تخریب محیط زیست و هزینه‌های بهداشت را در کشورهای در حال ظهور بررسی کرده و نشان دادند که کاهش منابع طبیعی و انتشار CO₂ تأثیر مستقیم بر هزینه‌های سلامت دارد. این یافته‌ها بر اهمیت سیاست‌گذاری‌های جامع در حوزه سلامت و محیط زیست تأکید دارند.

در حوزه فرهنگ و تأثیرات اجتماعی، حسن الزمان و عبدالله عمر^۳ (۲۰۲۳) از تحلیل‌های مبتنی بر ابعاد فرهنگی هوفستد استفاده کردند و نشان دادند که عوامل فرهنگی، نظیر فاصله قدرت، اجتناب از عدم اطمینان و فردگرایی، نقش مهمی در میزان مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در ۹۹ کشور دارند. این یافته نشان می‌دهد که طراحی سیاست‌های مؤثر باید با در نظر گرفتن زمینه‌های فرهنگی و اجتماعی کشورهای هدف انجام شود تا بتوان اهداف توسعه پایدار را تحقق بخشید. آسونی و همکاران^۴ (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای نشان دادند که کاربرد نیروگاه‌های آبی و فناوری‌های نوین پمپ به عنوان توربین، پتانسیل بالایی در کاهش انتشارات CO₂ و نقش مهمی در ترکیب انرژی جهانی تا سال ۲۰۲۵ دارند. همچنین، مطالعه چباب و همکاران^۵ (۲۰۲۳) تغییر به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش استفاده از

¹Roman Vakulchuk et al.

²Qiyang Ahmad et al.

³Hasanuzzaman & Abdullah Omar

⁴Asomni et al.

⁵Chebab et al.

زغال سنگ تأثیر قابل توجهی بر اهداف زیست محیطی و امنیت انرژی در کشورهای توسعه یافته مانند آلمان دارد. در حوزه سلامت و اقتصاد، مطالعات مزا و همکاران^۱، (۲۰۲۳). نشان می دهد که انتشار CO₂ و تولید انرژی فسیلی، به طور مستقیم بر هزینه های مراقبت های بهداشتی و سلامت عمومی تأثیر می گذارد و نیازمند سیاست گذاری های جامع در جهت بهبود کیفیت محیط زیست و ارتقاء توسعه مالی است. مطالعات تیواری و همکاران^۲، (۲۰۲۳). نشان می دهد، استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، علاوه بر کاهش انتشارات کربن، اثر مثبتی بر کاهش مرگ و میر نوزادان و سالمیت عمومی دارد همچنین، تحقیقات آیتین و بوزاتلی^۳، (۲۰۲۳). تأیید می کنند که توسعه این منابع، هزینه های بهداشتی را کاهش داده و وابستگی به سوخت های فسیلی را کم می کند، درحالی که استخراج بیش از حد منابع تجدیدناپذیر، می تواند کشورها را در برابر شوک های اقتصادی آسیب پذیر سازد. مطالعات پروونه^۴، (۲۰۲۳) نشان می دهد، سیاست های توسعه انرژی های تجدیدپذیر و ترویج آنها نقش کلیدی در ارتقای سلامت، کاهش هزینه های بهداشتی و حفظ محیط زیست در کشورهای توسعه یافته ایفا می کند.

ب) مطالعات داخلی

آلودگی هوا و انتشار آلاینده های مختلف اثرات قابل توجهی بر سلامت انسان، هزینه های بهداشتی و توسعه پایدار در کشورهای در حال توسعه و ایران دارد (قرانی اعظم و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین، بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر، علاوه بر کاهش آلودگی و انتشار گازهای گلخانه ای، می تواند به بهبود سلامت عمومی و کاهش هزینه های بهداشتی کمک کند (حسینی علی آباد و همکاران، ۲۰۲۰). مطالعات نشان می دهند که سیاست گذاری های مؤثر و مدیریت صحیح آلودگی هوا، به همراه توسعه انرژی های پاک، نقش کلیدی در ارتقای کیفیت زندگی و کاهش هزینه های سلامت ایفا می کند (فتح الهی و جعفری، ۲۰۲۴؛

¹ Meza et al.

² Tiwari et al.

³ Aydin & Bozatli

⁴ Perone

فتاحی و همکاران، ۱۳۹۴؛ محمدیان منصور، ۱۴۰۲).

در مطالعه‌ای مرتبط، داربیدی و همکاران (۱۴۰۳) به بررسی اثر سرمایه انسانی بر آلودگی هوا در کشورهای صادرکننده نفت عضو اوپک پرداختند. یافته‌های ایشان نشان می‌دهد که سرمایه انسانی شامل سطح تحصیلات، مهارت‌ها و آگاهی زیست‌محیطی نیروی کار، تأثیر منفی و معناداری بر میزان انتشار آلاینده‌های هوا دارد؛ به عبارت دیگر، افزایش سرمایه انسانی از طریق بهبود بهره‌وری انرژی، تغییر ساختار تولید به سمت صنایع پاک‌تر و افزایش فشار عمومی برای اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی، منجر به کاهش آلودگی هوا می‌شود. همچنین این مطالعه نشان داد که در کشورهای با وابستگی کمتر به درآمدهای نفتی، اثر کاهشی سرمایه انسانی بر آلودگی هوا قوی‌تر است.

در مطالعه‌ای دیگر، محمودی اصل، و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی رابطه بین مصرف انرژی، پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای عضو اوپک پرداختند. ایشان با استفاده از رویکرد پنل پویای فضایی در دوره ۲۰۱۷-۱۹۹۵ نشان دادند که مصرف انرژی رابطه مثبت و معنی‌داری با انتشار CO_2 دارد. این یافته به این دلیل است که کشورهای اوپک از یک سو به دلیل نبود فناوری پیشرفته، شدت انرژی بالایی دارند و از سوی دیگر ساختار انرژی آن‌ها عمدتاً مبتنی بر سوخت‌های فسیلی است. همچنین بین پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن رابطه مستقیم و معنی‌داری وجود دارد که می‌توان آن را به مراحل اولیه توسعه اقتصادهای اوپک نسبت داد؛ به این معنا که افزایش تنوع و پیچیدگی تولیدات در این کشورها با افزایش مصرف انرژی و در نتیجه افزایش آلودگی همراه بوده است.

ج) شکاف تحقیقاتی

مرور پیشینه نشان می‌دهد که مطالعات محدودی به‌طور هم‌زمان به بررسی اثرات آلودگی هوا و انرژی‌های تجدیدپذیر بر هزینه‌های سلامت در کشورهای اوپک پلاس پرداخته‌اند. همچنین، نبود تحقیقاتی که به تفکیک اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت این متغیرها توجه داشته باشند، مشهود است. پژوهش حاضر تلاش می‌کند تا این شکاف را پر کند.

۳. روش

در این مطالعه، از رویکرد کمی بهره‌گیری می‌شود. این رویکرد با تمرکز بر تحلیل داده‌های کمی و بررسی‌های آماری، به تحلیل روابط میان آلاینده‌های هوا، توسعه و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و هزینه‌های مرتبط با حوزه سلامت و درمان می‌پردازد. هدف اصلی از این رویکرد، بررسی تأثیرگذاری متغیرهای محیطی و اقتصادی بر یکدیگر از طریق تحلیل‌های آماری و مدل‌سازی رگرسیونی است.

این پژوهش به صورت تحلیل مقطعی-سری زمانی (داده‌های ترکیبی) طراحی شده است. در این روش، داده‌ها در یک بازه زمانی مشخص (از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹) برای کشورهای مورد مطالعه جمع‌آوری شده و اثر متغیرهای توضیحی و مستقل بر متغیر وابسته در طول دوره تحلیل می‌شود. این نوع طراحی، امکان بررسی اثربخشی متغیرها را در سطح زمانی و مقطعی فراهم می‌آورد و به تحلیل روابط میان متغیرهای مختلف کمک می‌کند. جامعه آماری این تحقیق شامل کشورهای اوپک پلاس است. به منظور انتخاب نمونه مناسب، از روش نمونه‌گیری غیراحتمالی استفاده خواهد شد. تمامی کشورهای اوپک پلاس که شامل ۲۳ کشور حاضر در اتحادیه اوپک پلاس بررسی خواهند شد.

کشورهای ایران، عراق، عربستان سعودی، کویت، ونزوئلا، لیبی، امارات متحده عربی، الجزایر، نیجریه، گابن، آنگولا، گینه و جمهوری کنگو که اعضای اصلی اوپک هستند به همراه ۱۰ کشور روسیه، مکزیک، جمهوری آذربایجان، بحرین، سودان، سودان جنوبی، مالزی، قزاقستان، بروئی و عمان که از سال ۲۰۱۶ به امضا معاهده‌ای به منظور تنظیم بازار و کنترل قیمت‌ها به همکاری اوپک آمده و ائتلاف اوپک پلاس را تشکیل داده‌اند. برای بررسی دقیق‌تر و همچنین عدم ایجاد خطا در هنگام اجرای مدل متغیرها را به سه گروه متغیر وابسته، متغیرهای توضیحی یا مستقل و متغیرهای کنترلی تقسیم شده است که در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. متغیرهای تحقیق همراه با نماد اختصاری

ردیف	معادل فارسی	نماد متغیر
۱	هزینه‌های بهداشت و درمان (وابسته)	CHR
۲	آلودگی هوا نوع ۱ (PM2/5)	PM2/5
۳	آلودگی هوا نوع ۲	AirP
۴	انرژی تجدیدپذیر	RenewableE
۵	رشد GDP	GDPG
۶	نرخ بیکاری	U-Rate
۷	کارآمدی دولت	GovernmentR
۸	رشد جمعیت	PoPR
۹	بهداشت عمومی	PublicH
۱۰	رشد درآمد	IncGr

متغیر وابسته: هزینه‌های بهداشت و درمان است که بیانگر میزان سهم هزینه‌های سلامت از تولید ناخالص داخلی، شامل هزینه‌های جاری در مراقبت‌های بهداشتی، سرمایه‌گذاری‌های سلامت مانند ساختمان‌ها و فناوری است.

متغیرهای مستقل توضیحی عبارتند از:

۱- آلودگی هوا: (PM2/5) میانگین سالانه غلظت ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون، بر اساس وزن جمعیت که نفوذ عمیق به دستگاه تنفسی دارد.

۲- انتشار آلاینده‌های هوا: شاخص ترکیبی انتشار آلاینده‌های NH_2 ، BC، CO، SO_2 ، NO_x ، VOC به ازای واحد تولید ناخالص داخلی (چون متغیرهای انتشار آلاینده هوا بر اساس تن است لازم بود شاخص‌سازی شود به این منظور متغیرها را تبدیل به شاخصی از انتشار آلاینده‌های هوا نسبت به تولید ناخالص داخلی شده است).

۳- انرژی‌های تجدیدپذیر: سهم انرژی تجدیدپذیر در کل مصرف انرژی کشورها. متغیرهای کنترلی نیز شامل بیکاری (نرخ بیکاری در کشورها)، کارآمدی دولت (شاخص

کلی اثربخشی و استقلال دولت در سیاست‌گذاری و خدمات عمومی، در نمره نرمال- استاندارد)، رشد جمعیت (نرخ رشد جمعیت از داده‌های جهانی)، بهداشت عمومی (سهم هزینه‌های عمومی سلامت از کل هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی داخلی)، درآمد سرانه (رشد درآمد سرانه بر اساس داده‌های جهانی) و رشد (نرخ رشد تولید ناخالص داخلی کشورها)، است.

داده‌های این پژوهش از وبسایت‌های بانک جهانی، سازمان بهداشت جهانی و سایت دنیای ما در داده‌ها جمع‌آوری شده است. این داده‌ها با استفاده از برنامه اکسل مرتب‌شده و با به‌کارگیری فرمول‌های موردنیاز محاسبه و شاخص‌های ثانویه تولیدشده‌اند. روش آماری تجزیه تحلیل مدل‌ها در این پژوهش تحلیل داده‌ها با روش‌های آمار توصیفی آغاز می‌گردد، ازجمله محاسبه شاخص‌های مرکزی مانند میانگین و میانه و شاخص‌های پراکندگی نظیر انحراف معیار، ضریب چولگی و کشیدگی. سپس، آزمون دوربین- واتسون برای بررسی استقلال نمونه‌ها و تصادفی بودن آن‌ها انجام می‌شود؛ در صورتی که مقدار آزمون نزدیک به ۲ (حدود 2 ± 0.5) باشد، منطق عدم خودهمبستگی تأیید می‌شود. ضریب همبستگی پیرسون برای ارزیابی ارتباط بین متغیرهای تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای بررسی همبستگی خطاهای مدل، آزمون دوربین- واتسون مجدداً کاربرد دارد. همچنین، برای بررسی عادی بودن توزیع خطا، منحنی اجزای خطا رسم می‌شود. تحلیل‌های رگرسیونی به‌صورت رگرسیون چندمتغیره انجام و فرضیه‌ها آزمون می‌شود که هدف اصلی آن ارزیابی وجود رابطه میان متغیرهای مستقل و وابسته است. در این راستا، از آزمون F برای تعیین اثرات کلی مدل و در صورت استفاده از مدل‌های پانل، آزمون هاسمن برای انتخاب بین اثرات ثابت و تصادفی بهره گرفته می‌شود. نتایج تحلیل‌ها با سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی و تأیید می‌گردد.

۴. یافته‌ها

الف) آماره‌های توصیفی

جدول ۲. آماره‌های توصیفی

متغیرها	اختصار	میانگین	میانه	حداکثر مقدار	حداقل مقدار	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
هزینه‌های بهداشت و درمان (وابسته)	CHR	۳/۹۴۵	۳/۶۲۴	۸/۲۳۷	۱/۵۰۵	۱/۴۲۶	۰/۶۷۲	۲/۸۱۴
آلودگی هوا نوع ۲	AIRP	۵/۳۸E-۰۵	۲/۸E-۰۵	۰/۰۰۰۵	۵/۰۴E-۰۶	۷/۰۶E-۰۵	۲/۹۸۳	۱۴/۶۰۳
رشد GDP	GDPG	۳/۷۰۱	۳/۷۲۰	۸۶/۸۲۶	-۰/۰۰۱۴۷	۷/۹۶۳	۱/۶۷۱	۴۰/۶۳۵
کارآمدی دولت	GOVERN ENTR	۰	۰	۱/۵۰۰	۰	۰/۷۹۶	۰/۲۶۰	۲/۴۷۸
رشد درآمد	IncGr	۰/۹۲۱	۱/۰۰۲	۱/۹۲۵	۰/۰۰۰۰	۰/۲۹۴	-۰/۰۰۰۰۳	۸/۶۹۹
آلودگی هوا نوع ۱ (PM2.5)	PM25	۳۵/۹۹۷	۳۵/۰۴۰	۷۷/۱۲	۶/۲۸۸	۱۶/۹۵۰	۰/۳۶۰	۲/۱۵۶
رشد جمعیت	POPR	۲/۴۲۱	۲/۱۹۹	۱۷/۹۹	-۰/۰۰۰۰۶	۲/۰۲۴	۱/۳۳۶	۱۴/۵۵
بهداشت عمومی	PUBLICH	۴۷/۰۲۸	۵۲/۵۶۹	۹۵/۱۴۱	۰/۰۰۰۰	۲۷/۴۲۶	۰	۱/۹۶۱
انرژی تجدیدپذیر	RENEWABLEE	۲۲/۸۲۲	۲/۸۹۵۰۰۰	۹۰/۱۰۰	۰/۰۰۰۰	۳۱/۸۴۷	۱/۰۲۰۶	۲/۲۵۶۴
نرخ بیکاری	U-Rate	۸/۹۴۳	۶/۴۳۸	۲۹/۷۷۰	۰/۸۰۰	۶/۱۶۳	۰/۶۹۴	۲/۳۶۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بررسی متغیرهای پژوهش در این مطالعه، نشان داد که متغیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی در سطح نوسان بالا قرار دارند. هزینه‌های بهداشت و درمان متوسط اما با پراکندگی زیاد

است، آلودگی هوا کم ولی ناپایدار و نرخ رشد اقتصادی نوسان دار است. سطح درآمد خانوارها در حال افزایش ولی توزیع آن نابرابر و ناپایدار است. جمعیت در حال رشد است ولی ناپایدار و مناطق مختلف تغییرات چشمگیری دارند. وضعیت بهداشت عمومی متوسط است و نوسانات زیادی دارد. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در برخی مناطق بالا ولی ناپایدار است. نرخ بیکاری نیز پایین ولی با نوسانات زیاد، نشان از وضعیت اقتصادی ناپایدار دارد.

ب) آزمون ریشه واحد بررسی مانایی

آزمون ریشه واحد، راهی است برای تشخیص اینکه سری زمانی پایدار است یا نه. اگر ریشه واحد وجود داشته باشد، سری ناپایدار است و تغییرات تصادفی دارد؛ در غیراین صورت، ثابت و مانا است.

جدول ۳: آزمون ریشه واحد (مانایی)

Levin, Lin & Chu t					
تفاضل بار اول			در سطح		
Prob	Statistic	متغیر	Prob	Statistic	متغیر
۰	-۹/۹۷۷	CHR	۰/۲۸۴	۰/۵۶۹	CHR
۰	-۶/۴۶۹	RenewableE	۰/۵۸۶	۰/۲۱۸	RenewableE
-	-	-	۰	-۱۱/۷۹۴	AirP
-	-	-	۰/۰۰۰۶	-۳/۲۳۲	PM25
-	-	-	۰	-۷/۱۹۳	GDPG
-	-	-	۰	-۴/۲۳۱	U-Rate
-	-	-	۱	-۱۰/۹۷۸	GovermentR
-	-	-	۱	-۴/۵۰۱	PoPR
۰/۰۱۰۲	-۲/۳۱۸	PublicH	۰/۹۲۲	۱/۴۱۹	PublicH
-	-	-	۰	-۶/۱۱۴	IncGr

مأخذ: یافته‌های تحقیق

آزمون مانایی لوین-لین-چو^۱ برای بررسی استاتیک بودن یا ناپایدار بودن سری‌های زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در تفسیر نتایج، فرض صفر فرض ناپایدار بودن سری‌های زمانی است، یعنی وجود ریشه واحد و فرض مقابل فرض مانایی است.

آلودگی هوا نوع ۱^۲ آلودگی هوا نوع ۲^۳، رشد تولید ناخالص داخلی، نرخ بیکاری، کارآمدی دولت، رشد جمعیت و رشد درآمد، با مقادیر آماری منفی بزرگ و p-value های بسیار کوچک (صفر تا کمتر از ۰/۰۵) رد فرض صفر و نشان‌دهنده مانایی قوی آن‌ها هستند.

متغیرهای هزینه بهداشت و درمان، انرژی تجدیدپذیر، بهداشت عمومی با مقادیر آزمون و p-value های بالا (بیشتر از ۰/۲ یا ۰/۵) فرض صفر را نگه می‌دارند، یعنی این متغیرها ناپایدار یا غیرمانا هستند.

در نتیجه، چندین متغیر مانا هستند که نشان‌دهنده پایداری روندهای بلندمدت آن‌ها است، در حالی که برخی دیگر ناپایدارند و نیاز به روش‌های برطرف‌سازی ناپایداری. با نتایج آزمون لوین لوجو^۴ با تفاضل‌گیری مرتبه اول، تمام متغیرهای هزینه بهداشت و درمان، انرژی تجدیدپذیر و بهداشت عمومی، با رد فرض ناپایدار بودن (ریشه واحد) مانا شدند؛ بنابراین، این متغیرها پس از تفاضل‌گیری، روندهای بلندمدت پایداری دارند و استاتیک شده‌اند.

جدول ۴. آزمون وابستگی مقاطع

Prob	d.f.	Statistic	Test
۰	۲۵۳	۴۹۳/۳۶۷	Breusch-Pagan LM
۰		۱۰/۶۸۵	Pesaran scaled LM
۰		۱۰/۰۰۹	Bias-corrected scaled LM
۰		۱۳/۲۵۷	Pesaran CD

مأخذ: یافته‌های تحقیق

^۱Levin, Lin & Chu - LLC^۲PM2.5^۳AirP^۴Levin, Lin & Chu

نتایج آزمون وابستگی مقاطع^۱ نشان می‌دهد که تمام آمارهای آزمون‌ها، شامل بروش-پاگان حداقل مربعات^۲، حداقل مربعات مقیاس شده پسران^۳، حداقل مربعات مقیاس شده با تصحیح اریب^۴ و سی‌دی پسران^۵ با p-value برابر با صفر، فرض نقیض (عدم وابستگی مقاطع) را رد می‌کنند.

به عبارت دیگر، در داده‌های مورد بررسی، همبستگی قابل توجهی بین باقی‌مانده‌های مقاطع وجود دارد. این نشان می‌دهد که اختلالات و عوامل خارج از مدل در سطح مقاطع (مثلاً کشورها یا مناطق) به طور مشترک تأثیرگذارند و فرض استقلال مقاطع برقرار نیست. لذا برای تحلیل‌های پنل دیتا^۶ در این حالت، باید از روش‌هایی که این وابستگی را در نظر می‌گیرند، مانند مدل‌های اثرات تصادفی تصحیح شده یا مدل‌سازی وابستگی مقاطع، استفاده شود تا نتایج و قابل اعتماد باشند.

جدول ۵: ارائه نتایج ماتریس همبستگی

متغیرها	CHR	AIRP	GDPG	GOVERNMENTR	IncGr	PM2.5	POPR	PUBLICH	RENEWABLE	U-Rate
CHR	۱/۰۰۰									
AIRP	۰	۱/۰۰۰								
GDPG	۰	۰/۰۳۶	۱/۰۰۰							
GOVERNMENTR	۰	۰	۰/۰۰۱	۱/۰۰۰						
IncGr	۰	۰/۰۸۳	۰/۳۵۱	۰/۱۹۱	۱/۰۰۰					
PM25	۰/۰۳۷	۰/۰۴۳	۰/۰۰۳	۰	۰/۱۰۲	۱/۰۰۰				
POPR	۰	۰/۰۲۰	۰/۱۰۲	۰/۱۸۲	۰/۰۴۷	۰/۴۰۷	۱/۰۰۰			
PUBLICH	۰	۰	۰/۰۲۱	۰/۵۶۸	۰/۴۴۸	۰/۰۲۳	۰/۰۹۸	۱/۰۰۰		
RENEWABLE	۰	۰/۵۷۴	۰	۰	۰	۰/۱۲۱	۰/۱۳۲	۰	۱/۰۰۰	
U-Rate	۰/۰۰۱	۰/۳۳۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۳۹۰	۱/۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

^۱Cross-Section Dependence Test

^۲Breusch-Pagan LM

^۳Pesaran scaled LM

^۴Bias-corrected scaled LM

^۵Pesaran CD

^۶panel data

ماتریس همبستگی تحلیل ماتریس همبستگی نشان می‌دهد که بین شاخص‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و خدمات عمومی در منطقه مورد مطالعه رابطه‌های معنادار وجود دارد. روابط مثبت نشان‌دهنده هم‌سو بودن این شاخص‌ها و روابط منفی نشان‌دهنده تأثیر برعکس است. این نتایج می‌تواند به سیاست‌گذاران در تدوین راهبردهای جامع کمک کند، اما نیاز به تحلیل‌های بیشتر برای شناسایی روابط غیرخطی و علیتی است. در ادامه نتایج آزمون آزمون اف لیمر در جدول (۶) ارائه شده است.

$$\begin{cases} H_0: a_i = a & \text{مدل پولد} \\ H_1: a_i \neq a & \text{مدل پانل} \end{cases} \quad (1)$$

جدول ۶. نتایج آزمون اف لیمر

Prob.	Statistic	Effects Test
۰/۰۲	۱/۷۵۱	Cross-section F
۰/۰۱۱	۳۹/۸۸۱	Cross-section Chi-square

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج آزمون‌های اثرات فردی نشان می‌دهد که اثرات فردی بین واحدهای مقطعی (مانند کشورها یا مناطق) وجود دارند و نقش مهمی در مدل دارند. آزمون F و χ^2 هر دو فرض صفر را رد کرده و بر اهمیت این اثرات تأکید می‌نمایند؛ بنابراین، استفاده از مدل‌های اثر ثابت در تحلیل‌های بعدی ضروری است تا تفاوت‌های فردی در نتایج لحاظ و تحلیل‌ها معتبرتر باشند (جدول ۶).

جدول ۷. نتایج آزمون هاسمن

Prob.	Chi-Sq. d.f.	Chi-Sq. Statistic	Test Summary
۰/۰۱۴	۹	۲۰/۵۸۲	Cross-section random

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج آزمون هاسمن نشان می‌دهد که تفاوت معناداری بین برآوردهای مدل اثرات تصادفی

و اثرات ثابت وجود دارد. با مقدار p-value برابر با ۰/۰۱۴۶ که کمتر از ۰/۰۵ است، فرض هم‌پوشانی رد می‌شود؛ بنابراین، استفاده از مدل اثرات ثابت در تحلیل‌ها مناسب‌تر است، زیرا این مدل نتایج معتبرتر و دقیق‌تری در تبیین روابط اقتصادی ارائه می‌دهد و نقش اثرات فردی در داده‌های مطالعه را بهتر نشان می‌دهد (جدول ۷). در ادامه نتایج الگوی (۲) در جدول (۸) رایه می‌شود.

$$CHR_{it} = \alpha_i + \beta_1 \cdot PM25_{it} + \beta_2 \cdot AirP_{it} + \beta_3 \cdot RenewableE_{it} + \beta_4 \cdot GDPG_{it} + \beta_5 \cdot U-Rate_{it} + \beta_6 \cdot GovernmentR_{it} + \beta_7 \cdot PoPR_{it} + \beta_8 \cdot PublicH_{it} + \beta_9 \cdot IncGr_{it} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

جدول ۸. نتایج برآورد مدل نهایی

Prob.	t-Statistic	Std. Error	Coefficient	Variable
مقدار احتمال	t آماره	خطای استاندارد	ضرایب	نام متغیر
۰/۰۰۰۰	۴/۲۶۴	۰/۸۳۷	۳/۵۷۰	C
۰/۰۰۲۸	۳/۰۰۴	۲۸۵۲/۵۰۵	۸۵۶۹/۴۰۰	AIRP
۰/۰۰۵۳	-۲/۵ E-۰۶	۰/۰۰۳۴	۰	DPUBLICH
۰/۳۰۹	۱/۰۱۷	۰/۰۰۷۲	۰/۰۰۷	GDPG
۰/۰۱۰	۲/۵۸۹	۰/۱۳۳	۰/۳۴۴	GOVERNMENTR
۰/۳۷۵	۰	۰/۷۵۲	۰	IncGr
۰/۳۴۴	۰/۹۴۵	۰/۰۰۸۹	۰/۰۰۸	PM25
۰/۰۲۸	E-1-۰۵	۰/۰۲۱	۰	POPR
۰/۵۷۵	۰	۰/۰۰۴	۰	RENEWABLE
۰/۰۵۵	۱/۹۱۹	۰/۰۴۶	۰/۰۸۹	U-Rate
۰/۰۰۰۰	۲۵/۲۳۸	۰/۰۳۰	۰/۷۷۸	AR(1)
Effects Specification				
Cross-section fixed (dummy variables)				
۳/۹۷۰	Mean dependent var	۰/۸۵۷	R-squared	
۱/۴۴۲	S/D. dependent var	۰/۸۴۶	Adjusted R-squared	
۱/۷۷۵	Akaike info criterion	۰/۵۶۵	S.E. of regression	
۲/۰۹۶	Schwarz criterion	۱۲۲/۰۱۲	Sum squared resid	
۱/۹۰۲	Hannan-Quinn criter.	-۰/۰۶۱۹	Log likelihood	
۲/۲۵۶	Durbin-Watson stat	۷۱/۹۰۹	F-statistic	
۰/۰۰۰				Prob(F-statistic)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ج) تفسیر یافته‌ها

بررسی فرضیه اول:

نتایج تحلیل نشان می‌دهد که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر معنادار و قابل اعتماد بر کاهش هزینه‌های بهداشت و درمان ندارد. ضریب منفی $0/0022$ و p -value برابر با $0/5758$ نشان می‌دهد که اثر این متغیر بر هزینه‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد قابل تأیید نیست؛ بنابراین، فرضیه مبنی بر این که افزایش در بهره‌گیری از منابع انرژی تجدیدپذیر منجر به کاهش هزینه‌های سلامت می‌شود، در این مطالعه رد می‌گردد، زیرا نقش این متغیر در مدل‌های اقتصادی و سیاست‌های سلامت مورد تأیید قرار نگرفت. این یافته‌ها بر نیاز به تحلیل‌های بیشتر و بررسی جامع‌تر برای ارزیابی تأثیر واقعی انرژی‌های تجدیدپذیر بر شاخص‌های سلامت تأکید دارند.

در مطالعه‌های مربوط به تأثیر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بر هزینه‌های بهداشت و درمان، عوامل متعددی منجر به عدم معناداری این رابطه در برخی موارد شده، به‌ویژه در کشورهای عضو اوپک پلاس که در آن‌ها سهم انرژی‌های تجدیدپذیر نسبت به منابع فسیلی هنوز محدود است. بر اساس یافته‌های علمی، چند عامل کلیدی در این زمینه مؤثر هستند که در ادامه به تفصیل آورده شده است:

الف) محدودیت زمان و اثرگذاری بلندمدت

اثر توسعه و بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر بر سلامت عمومی و کاهش هزینه‌های درمان نیازمند زمان است. تغییرات در سطح ملی و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی طی مدت کوتاه قابل مشاهده نیست و معمولاً اثرات بلندمدت و پایداری را می‌طلبد. در مطالعاتی مانند ورهرامی (۱۴۰۴)، تأکید شده است که کاهش آلودگی هوا و بهبود سلامت مربوط به سیاست‌های انرژی سبز در بهترین حالت پس از گذشت سال‌ها و دهه‌ها قابل تشخیص است و در تحلیل‌های کوتاه‌مدت، رابطه معناداری مشاهده نمی‌شود.

ب) تداخل با سایر عوامل اقتصادی و محیطی

در مدل‌های اقتصادسنجی، اثر منفی انرژی‌های تجدیدپذیر ممکن است توسط دیگر عوامل مؤثر بر سلامت و هزینه‌های درمان، مانند آلودگی هوا، سیاست‌های مالی و اقتصادی و وضعیت اقتصادی کلی، پوشش داده شود. این موضوع در نتایج مطالعاتی مانند عابد (۲۰۲۶)^۱ تأیید شده است که نشان می‌دهد اثرگذاری انرژی‌های سبز بر سلامت در حضور عوامل دیگر، ممکن است کم‌رنگ یا غیرفعال باشد

ج) سطح توسعه و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر

در کشورهای نفت‌خیز و عضو اوپک پلاس، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی هنوز ناچیز است و توسعه آن‌ها محدود است؛ بنابراین، اثر مستقیم این منابع بر کاهش آلودگی هوا و هزینه‌های سلامت در کوتاه‌مدت مشاهده نمی‌شود. در مطالعه‌ای توسط آلتایی و همکاران (۲۰۲۵)^۲ آمده است که در کشورهای حوزه خلیج فارس و دیگر کشورهای نفت‌خیز، سیاست‌گذاری بلندمدت و توسعه زیرساخت‌های سبز هنوز در مراحل ابتدایی قرار دارد و نتایج ملموس در کاهش هزینه‌های درمان قابل مشاهده نیست.

د) ساختار اقتصادی و سیاست‌های بلندمدت

در کشورهای منطقه، تمرکز زیاد بر استخراج و فروش نفت و گاز و کمبود سیاست‌های قوی و مستمر در جهت توسعه منابع تجدیدپذیر، سبب می‌شود اثرات کوتاه‌مدت این نوع سیاست‌ها در سلامت عمومی کم‌رنگ باشد. تغییر ساختار اقتصادی نیازمند زمان، سرمایه‌گذاری و سیاست‌گذاری‌های بلندمدت است. در مطالعه الیمانی و همکاران (۲۰۲۵)^۳ نیز تأکید شده است که در غیاب توسعه کافی و اجرای سیاست‌های ساختاری، اثر مثبت انرژی‌های سبز بر هزینه‌های سلامت مشاهده نمی‌شود.

¹Ihsen Abid

² Altaee

³ Alyamani

بررسی فرضیه دوم: کاهش آلودگی هوا (AIRP) منجر به کاهش هزینه‌های بهداشت و درمان کشورها می‌شود. تحلیل آماری نشان داد که افزایش AIRP با هزینه‌های بهداشت مرتبط است (ضرایب $\approx 8569/400$ و $p\text{-value} = 0/0022$). این رابطه بیانگر آن است که هر چه آلودگی هوا بیشتر باشد، هزینه‌های درمانی افزایش می‌یابد، زیرا آلودگی منجر به بیماری‌های تنفسی، قلبی و عروقی شده و هزینه‌های نظام سلامت را بالا می‌برد؛ بنابراین، کاهش آلودگی هوا می‌تواند صرفه‌جویی اقتصادی به همراه داشته باشد.

حمایت علمی این یافته‌ها در ادبیات جهانی به وضوح دیده می‌شود. به عنوان مثال، مطالعه‌ای توسط گو و لیو^۱ (۲۰۲۴) تأکید می‌کند که آلودگی هوا تأثیر قابل توجهی بر سلامت انسان دارد و اجرای سیاست‌های مؤثر در کاهش آلاینده‌های هوا می‌تواند منجر به بهبود سلامت جمعیت و صرفه‌جویی در هزینه‌های بهداشتی شود. همچنین، مطالعه‌ای قدیمی‌تر توسط برونکریف و هولگیت (۲۰۰۲)^۲ در مجله The Lancet نقش آلودگی هوا در بروز بیماری‌های مرتبط و اثرات منفی آن بر سلامت عمومی را تأکید می‌کند؛ بنابراین، سیاست‌گذاری‌های مؤثر در کاهش سطح آلودگی هوا نه تنها سلامت جمعیت را ارتقاء می‌دهد، بلکه از نظر اقتصادی مزایای قابل توجهی را نیز به همراه خواهد داشت.

ه) سایر یافته‌های الگو

نتایج برآورد مدل همچنین ارتباطات معناداری را برای متغیرهای کنترلی نشان می‌دهد. کارآمدی دولت دارای اثر مثبت و معنادار آماری بر هزینه‌های سلامت است (ضریب: $0/345$ ، $p\text{-value} = 0/010$) یافته حاکی از آن است که دولت‌های کارآمدتر تمایل دارند سهم بیشتری از منابع عمومی را به بخش سلامت اختصاص دهند و در نتیجه هزینه‌های کلی بهداشت و درمان افزایش می‌یابد. در مقابل، رشد جمعیت دارای

¹ Guo and Liu

² Bronkrieff and Holgate

ضریبی منفی و معنادار است (ضریب: $-0/047$ ، $p\text{-value} = 0/285$) این رابطه معکوس می‌تواند ناشی از صرفه‌های مقیاس و بهبود کارایی عملیاتی نظام‌های سلامت در جمعیت‌های بزرگ‌تر باشد. به‌طور مشابه، هزینه‌های عمومی سلامت رابطه منفی و معناداری با کل هزینه‌های درمان دارد (ضریب: $-0/0098$ ، $p\text{-value} = 0/0053$) که نشان‌دهنده اثر جایگزینی است؛ به این معنا که افزایش سهم بودجه عمومی، هزینه‌های کلی درمان را کاهش می‌دهد. درنهایت، نرخ بیکاری دارای اثر مثبت با معناداری مرزی است (ضریب: $0/0557/090$ ، $p\text{-value} = 0/0557/090$). این یافته بیانگر آن است که رکود اقتصادی و کاهش توان مالی خانوارها ممکن است منجر به افزایش هزینه‌های سلامت شود که احتمالاً ناشی از به تعویق افتادن مراقبت‌های پیشگیرانه و تشدید بیماری‌های مزمن است.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر آلودگی هوا و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر هزینه‌های بهداشت و درمان در ۲۳ کشور عضو اوپک پلاس طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ انجام شد. از جمله مهم‌ترین یافته‌های پژوهش عبارتند از:

تأیید قوی فرضیه آلودگی هوا: شاخص ترکیبی آلودگی هوا (AIRP) دارای رابطه مثبت و معنی‌دار با هزینه‌های سلامت است که نشان می‌دهد هرگونه افزایش در انتشار آلاینده‌ها مستقیماً بار مالی نظام درمانی را افزایش می‌دهد. این یافته از حمایت نظری و تجربی گسترده‌ای برخوردار است.

رد فرضیه انرژی تجدیدپذیر: برخلاف انتظار اولیه و یافته‌های برخی مطالعات پیشین در کشورهای توسعه‌یافته، مصرف انرژی تجدیدپذیر در کشورهای اوپک پلاس تأثیر معنی‌داری بر کاهش هزینه‌های سلامت نداشته است. عدم معنی‌داری متغیر انرژی تجدیدپذیر را نمی‌توان به معنای بی‌اثری این منابع در بلندمدت تفسیر کرد، بلکه این

یافته بیش از هر چیز بیانگر مراحل اولیه گذار انرژی در کشورهای اوپک پلاس و ناکافی بودن سهم انرژی پاک برای ایجاد اثر قابل تشخیص بر شاخص های سلامت است؛ به عبارت دیگر، اثرات مثبت توسعه انرژی تجدیدپذیر بر سلامت، تابعی از آستانه بحرانی است که تا زمانی که سهم این منابع از سطح مشخصی فراتر نرود، قابل مشاهده نخواهد بود.

این تفسیر با مدل های نظری تغییرات ساختاری و اثرات آستانه ای در اقتصاد محیط زیست همسو است.

درمجموع این پژوهش نشان داد که آلودگی هوا یک تهدید جدی برای سلامت عمومی و یک عامل مهم افزایش هزینه های درمانی در کشورهای اوپک پلاس است. در مقابل، توسعه انرژی های تجدیدپذیر اگرچه به لحاظ نظری راهبردی کارآمد برای کاهش آلودگی محسوب می شود، اما در کوتاه مدت و با توجه به سهم ناچیز فعلی این منابع در کشورهای مورد مطالعه، نتوانسته است اثر قابل توجهی بر هزینه های سلامت بگذارد. این یافته به هیچ وجه به معنای ناکارآمدی انرژی پاک نیست، بلکه تأکیدی بر لزوم نگاه بلندمدت، سرمایه گذاری مستمر و سیاست گذاری یکپارچه برای گذار موفق از سوخت های فسیلی به منابع تجدیدپذیر است.

درنهایت، مسیر دستیابی به توسعه پایدار و کاهش هزینه های سلامت در کشورهای اوپک پلاس، از یک سو نیازمند اقدام فوری و مؤثر برای کنترل آلاینده های هوا و از سوی دیگر نیازمند برنامه ریزی راهبردی و صبورانه برای توسعه زیرساخت های انرژی پاک است. موفقیت در این مسیر مستلزم اراده سیاسی، همکاری منطقه ای و سرمایه گذاری هدفمند در هر دو حوزه کنترل آلودگی و گذار انرژی است. بر اساس یافته های این پژوهش، توصیه های سیاستی زیر ارائه می شود:

الف) اولویت بندی سیاست های کنترل آلودگی هوا: با توجه به تأثیر قطعی و قابل توجه آلودگی هوا بر هزینه های سلامت، کشورهای اوپک پلاس باید سیاست های کاهش آلاینده ها را در اولویت قرار دهند. این سیاست ها شامل اعمال استانداردهای

سخت گیرانه انتشار برای صنایع و نیروگاه‌ها، توسعه حمل و نقل پاک و برقی، اجرای طرح‌های کاهش ترافیک و مدیریت آلودگی شهری، تقویت نظام پایش کیفیت هوا است.

ب) توسعه تدریجی و برنامه‌ریزی بلندمدت انرژی تجدیدپذیر: اگرچه اثر کوتاه مدت انرژی تجدیدپذیر بر هزینه‌های سلامت تأیید نشد، این موضوع نباید به معنای کنار گذاشتن سیاست‌های توسعه انرژی پاک باشد. بلکه باید: اهداف بلندمدت (۲۰ تا ۳۰ ساله) با سهم هدف گذاری شده حداقل ۳۰-۴۰ درصدی برای انرژی تجدیدپذیر تدوین شود. سرمایه گذاری مستمر در زیرساخت‌های انرژی پاک انجام گیرد و از تجارب کشورهای پیشرو در گذار انرژی (نظیر آلمان، دانمارک و چین) استفاده شود

ج) تقویت ظرفیت‌های نهادی و حکمرانی یافته‌ها نشان داد که کارآمدی دولت نقش: مهمی در هزینه‌های سلامت دارد؛ بنابراین: بهبود شفافیت و اثربخشی نهادهای دولتی، یکپارچه سازی سیاست‌های انرژی، محیط زیست و سلامت، تقویت همکاری‌های منطقه‌ای در زمینه مدیریت آلودگی فرامرزی هوا

د) سرمایه گذاری هدفمند در نظام سلامت: افزایش سهم بودجه عمومی سلامت (همان‌طور که نتایج نشان داد) می‌تواند هزینه‌های کلی درمان را کاهش دهد؛ بنابراین تخصیص منابع کافی به بخش بهداشت و درمان، به‌ویژه در مناطق آلوده، ضروری است.

محدودیت‌ها و جهت‌گیری پژوهش‌های آتی

این پژوهش با محدودیت‌هایی مواجه بوده است که می‌تواند زمینه ساز مطالعات آتی باشد:

الف) دسترسی به داده: عدم دسترسی به داده‌های تفکیکی هزینه‌های سلامت (مثلاً تفکیک بیماری‌های تنفسی، قلبی و ...) امکان تحلیل دقیق تر مکانیسم‌های اثر گذاری را

محدود کرده است.

ب) افق زمانی: دوره مورد بررسی (۲۰۱۹-۲۰۰۰) ممکن است برای مشاهده اثرات کامل انتقال انرژی کافی نبوده باشد. پیشنهاد می شود در مطالعات آینده از داده های به روزتر (تا ۲۰۲۵) و با در نظر گرفتن وقفه های زمانی بلندتر استفاده شود.

ج) اثرات غیر خطی و آستانه ای: روابط بین متغیرهای زیست محیطی و سلامت احتمالاً غیر خطی است. استفاده از مدل های رگرسیون آستانه ای (و رگرسیون انتقال ملایم) می تواند بینش عمیق تری ارائه دهد.

د) ناهمگونی بین کشوری: کشورهای اوپک پلاس از تنوع بالایی برخوردارند (از کشورهای با درآمد بالا مانند قطر و امارات تا کشورهای کم درآمد). مطالعه تفکیکی بر اساس خوشه های توسعه می تواند مفید باشد.

ذ) متغیرهای کیفی: عواملی مانند فرهنگ مصرف انرژی، سرمایه اجتماعی، آگاهی زیست محیطی و کیفیت نهادی در این مطالعه لحاظ نشده است. پیشنهاد می شود در تحقیقات آتی این متغیرها نیز وارد مدل شوند.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

ORCID

Milad Agh

Mohammad MirbagheriJam

Ali Dehghani



<https://orcid.org/0009-0008-4844-1901>



<https://orcid.org/0000-0003-4422-747X>



<https://orcid.org/0000-0001-9394-7217>

منابع

فتح الهی، الهام و جعفری، محمد. (۱۴۰۳). افزایش امید زندگی در ایران با توجه به نقش توسعه مالی، مخارج بهداشتی و مصرف انرژی تجدیدپذیر. *فصلنامه دانشکده بهداشت و انستیتو*

تحقیقات بهداشتی، ۲۲ (۱)، ۷۳-۸۶.

حسینی علی آباد، سید محمد رضا، شیخ لاری، ولی الله، و رشیدپور، محمد معین. (۱۳۹۹). بررسی تاثیر استفاده از انرژی های تجدیدپذیر بر کاهش آلودگی محیط زیست. شباک، ۶(۱) (پیاپی ۵۲)، ۱۱۵-۱۳۱.

داربیدی، مریم، کمالی، مهدی، خداوردی سامانی، مریم و شمس اللهی، رضا. (۱۴۰۳). اثر سرمایه انسانی بر آلودگی هوا در کشورهای صادرکننده نفت عضو اوپک. فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، ۴(۱۰)، ۲۸-۵۹.

فتاحی، مریم، عصار، عباس، صادقی، حسین و اصغرپور، حسین. (۱۳۹۵). تحلیل تجربی رابطه بین آلودگی هوا و هزینه های عمومی سلامت. رویکرد داده های تابلویی پویا. مدل سازی اقتصادی، ۹(۳۱)، ۴۳-۶۰.

محمدیان منصور، صاحب. (۱۴۰۳). تحلیل اثرگذاری نامتقارن آلودگی هوا بر سرانه هزینه های بهداشتی در ایران. مدیریت بهداشت و درمان. ۱۴(۴۹)، ۶۵-۷۷.

محمودی اصل، ابراهیم، کمالی دهکردی، پروانه، غیشاوی، عبدالحالق و عبداللهی، فرشته (۱۳۹۸). مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن با رویکرد پنل فضایی و پیچیدگی اقتصادی: مطالعه موردی کشورهای عضو اوپک. فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، ۳(۷)، ۹۵-۱۱۴.

ورهرامی، و. (۱۴۰۴). بررسی اثرات کوتاه مدت و بلندمدت انتشار دی اکسید کربن، مصرف انرژی های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی بر هزینه های پزشکی در کشورهای عضو اوپک. مجله اقتصاد پایدار، ۶(۲)، ۱۳۵-۱۵۰.

References

- Addis, A. K., & Cheng, S. (2023). The nexus between renewable energy, environmental pollution, and economic growth across BRICS and OECD countries: A comparative empirical study. *Energy Reports*, 10, 3800-3813.
- Adedoyin, F. F., Erum, N., Taşkin, D., & Chebab, D. (2023). Energy policy simulation in times of crisis: Revisiting the impact of renewable and non-renewable energy production on environmental quality in Germany. *Energy Reports*, 9, 4749-4762.

- Adeleye, B. N., Tiwari, A. K., Shah, M. I., & Ullah, S. (2023). Analysing the impact of carbon emissions and non-renewable energy use on infant and under-5 mortality rates in Europe: *New evidence using panel quantile regression*. *Environmental Modeling & Assessment*, 28(3), 389-403.
- Adu, D., Jianguo, D., Darko, R. O., & Asomani, S. N. (2023). Overcoming CO2 emission from energy generation by renewable hydropower – The role of pump as turbine. *Energy Reports*, 9, 114-118.
- Abid, I. (2026). Environmental Quality, Renewable Energy, and Life Expectancy in Gulf Cooperation Council Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 23(6), 750.
- Altaee, H. H. A., Rahim, F., Dzhusupov, K., & Toguzbaeva, K. (2025). Impact of CO2 emissions, income, and urbanization on health status in GCC countries: a moderating role of energy consumption. *Global Transitions*, 7, 211-222.
- Alyamani, R., Solangi, Y. A., & Magazzino, C. (2025). Evaluating the driving factors and performance of OPEC member countries in transitioning to renewable energy towards climate change mitigation. *Journal of Cleaner Production*, 487, 144640.
- Apergis, N., Jebli, M. B., & Youssef, S. B. (2018). Does renewable energy consumption and health expenditures decrease carbon dioxide emissions? Evidence for sub-Saharan Africa countries. *Renewable Energy*, 127, 1011-1016.
- Aydin, M., & Bozatli, O. (2023). The impacts of the refugee population, renewable energy consumption, carbon emissions, and economic growth on health expenditure in Turkey: *New evidence from Fourier-based analyses*. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(14), 41286-41298.
- Brunekreef, B., & Holgate, S. T. (2002). Air pollution and health. *The Lancet*, 360(9341), 1233-1242.
- Caruso, G., Colantonio, E., & Gattone, S. A. (2020). Relationships between renewable energy consumption, social factors, and health: *A panel vector auto regression analysis of a cluster of 12 EU countries*. *Sustainability*, 12(7), 2915.
- Chien, F., Chau, K. Y., Sadiq, M., Diep, G. L., Tran, T. K., & Pham, T. H. A. (2023). What role renewable energy consumption, renewable electricity, energy use and import play in environmental quality? *Energy Reports*, 10, 3826-3834.
- Darbidi, M., Kamali, M., Khodaverdi Samani, M., & Shamsollahi, R. (2024). The effect of human capital on air pollution in OPEC oil-exporting countries. *Quarterly Journal of Environmental Economics and Natural Resources*, 4(10), 28-59. [In Persian]

- El Achkar, S. (2025). Beyond black gold: Breathing life into Kuwait's lost bioenergy. LSE Blogs. *London School of Economics and Political Science*.
- Elahi, F., & Jafari, R. (2024). Increasing life expectancy in Iran considering the role of financial development, health expenditures and renewable energy consumption. *Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research*, 22(1), 73-86. [In Persian]
- European Environment Agency. (n.d.). Home. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu>
- Fatahi, A., Asari, A., Sadeghi, H., & Asgharpur, H. (2016). Empirical analysis of the relationship between air pollution and public health costs: A dynamic panel data approach. *Economic Modeling*, 9(31), 43-60. [In Persian]
- Ghorani-Azam, A., Riahi-Zanjani, B., & Balali-Mood, M. (2016). Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. *Journal of Research in Medical Sciences*, 21(1), 65.
- Guo, Q., & Liu, J. (2024). Study on the impact of air pollution on residents' health expenditures in Guangdong, Hong Kong, and Macao Greater Bay Area. *Ecotoxicology and environmental safety*, 284, 116896.
- Handayani, K., Overland, I., Suryadi, B., & Vakulchuk, R. (2023). Integrating 100% renewable energy into electricity systems: A net-zero analysis for Cambodia, Laos, and Myanmar. *Energy Reports*, 10, 4849-4869.
- Hosseini Aliabad, S. M. R., Shekh Lari, V., & Rashidpour, M. M. (2020). Investigating the effect of renewable energy use on reducing environmental pollution. *Energy Economics Studies*, 16(64), 135-162. [In Persian]
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (n.d.). *Climate change*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch>
- International Energy Agency. (2023). *World energy outlook 2023*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- International Renewable Energy Agency. (n.d.). Home. Retrieved from <https://www.irena.org>
- Jaiswal, K. K., Chowdhury, C. R., Yadav, D., Verma, R., Dutta, S., Jaiswal, K. S., & Karuppasamy, K. S. K. (2022). Renewable and sustainable clean energy development and impact on social, economic, and environmental health. *Energy Nexus*, 7, 100118.
- Khan, A., Hussain, J., Bano, S., & Chenggang, Y. (2020). The repercussions of foreign direct investment, renewable energy and health expenditure on environmental decay? An econometric analysis of B&RI countries. *Journal of Environmental Planning and Management*, 63(11), 1965-1986.

- Khosravani, A., Safaei, E., Reynolds, M., Kelly, K. E., & Powell, K. M. (2023). Challenges of reaching high renewable fractions in hybrid renewable energy systems. *Energy Reports*, 9, 1000-1017.
- Mahmoudi Asl, A., Kamali Dehkordi, P., Ghabishavi, A., & Abdollahi, F. (2019). Energy consumption and carbon dioxide emissions with spatial panel approach and economic complexity: A case study of OPEC countries. *Quarterly Journal of Environmental Economics and Natural Resources*, 3(7), 95-114. [In Persian]
- Mohammadian Mansour, S (2024). Analysis of the asymmetric effect of air pollution on per capita health expenditures in Iran. *Health Management and Treatment*, 14(49), 65-77. [In Persian]
- Okonkwo, P. C., Mansir, I. B., & Ogunleye, G. J. (2023). *Technoeconomic analysis of hybrid energy system for health clinic in Salalah Oman*. *Energy Reports*, 9, 444-447.
- Omar, M. A., & Hasanujzaman, M. (2023). The role of national culture in renewable energy consumption: Global evidence. *Energy Reports*, 10, 1765-1784.
- Our World in Data. (2025). Home. Retrieved June 17, 2025, from <https://ourworldindata.org/>
- Pablo-Romero, M., Román, R., Sánchez-Braza, A., & Yñiguez, R. (2016). Renewable energy, emissions, and health. In W. Cao & Y. Hu (Eds.), *Renewable energy: Utilisation and system integration* (pp. 173-196). BoD.
- Paraschiv, S. (2023). Analysis of the variability of low-carbon energy sources, nuclear technology and renewable energy sources, in meeting electricity demand. *Energy Reports*, 9, 276-283.
- Perone, G. (2024). The relationship between renewable energy production and CO2 emissions in 27 OECD countries: A panel cointegration and Granger non-causality approach. *Journal of Cleaner Production*, 434, 139655.
- Pope III, C. A. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(6), 709-742.
- Raihan, A., Voumik, L. C., Ridwan, M., Ridzuan, A. R., Jaaffar, A. H., & Yusoff, N. Y. M. (2023). From growth to green: Navigating the complexities of economic development, energy sources, health spending, and carbon emissions in Malaysia. *Energy Reports*, 10, 4318-4331.
- Ramos-Meza, C. S., Flores-Arocutipá, J. P., Jinchuña-Huallpa, J., Corzo-Palomo, E. E., Gamero-Huarcaya, V. K., Gutiérrez-Acuña, Y., & Valencia-Martinez, J. C. (2023). Does environment quality affect the health care spending? Nexus among CO2 emissions, non-renewable

- energy production, financial development, and health care spending. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(17), 48903-48910.
- Sasmaz, M. U., Karamikli, A., & Akkucuk, U. (2021). The relationship between renewable energy use and health expenditures in EU countries. *The European Journal of Health Economics*, 22(7), 1129-1139.
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Sonwani, S., & Saxena, P. (2022). *Introduction to greenhouse gases: Sources, sinks and mitigation*. In S. Sonwani & P. Saxena (Eds.), *Greenhouse gases: Sources, sinks and mitigation* (pp. 1-7). Springer.
- Stern, N. (2010). *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge University Press.
- United Nations Environment Programme. (n.d.). Home. Retrieved from <https://www.unep.org>
- Varahrami, V. (2025). Survey Short run and Long run Effects of Carbon Dioxide Emissions, Renewable Energy Consumption and Economic Growth on Medical Expenditure in OPEC Countries. *Stable Economy Journal*, 6(2), 135-150. [In Persian]
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data* (2nd ed.). MIT Press.
- World Bank. (n.d.). Home. Retrieved from <https://www.worldbank.org>
- World Energy Council. (n.d.). Home. Retrieved from <https://worldenergy.org>
- World Health Organization. (2024). Air quality and health. Retrieved from <https://www.who.int>
- Yadav, M., Aneja, R., & Ahmed, W. (2023). Do clean energy transition, environment degradation, and energy efficiency influence health expenditure: Empirical evidence from emerging countries. *Journal of Cleaner Production*, 428, 139355.

استناد به این مقاله: آق، میلاد، میرباقری جم، محمد، دهقانی، علی. (۱۴۰۴). بررسی اثر آلودگی هوا و انرژی تجدیدپذیر بر هزینه بهداشت و درمان کشورهای عضو اوپک پلاس، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، ۵(۱۳)، صفحات ۱-۳۵-DOI: 10.22054/eenr.2026.92189.227.۳۵



Journal of Environmental and Natural Resource Economics licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.