



Semnan University

Journal of Econometric Modelling

Journal homepage: <https://jem.semnan.ac.ir/?lang=en>



Research Article

Determinants of Renewable Energy Consumption in OPEC Member Countries

Paryia Kavianyniya

Master in Economics, Department of Economics,
Shahid Beheshti University

Pariya.kavianyniya76@yahoo.com

Vida Varahrami (Corresponding Author)

Associate Professor in Economics, Department of Economics,
Shahid Beheshti University

Vida.varahrami@gmail.com

Hasan Dargahi

Associate Professor in Economics, Department of Economics,
Shahid Beheshti University

h-dargahi@sbu.ac.ir

PAPER INFO

Paper history:

Received: 17. 08. 2025

Revised: 21. 10. 2025

Accepted: 28. 10. 2025

JEL Classification:

E54, Q32, Q46.

Keywords:

Renewable Energy

Consumption,

OPEC,

Innovation,

Trade Openness,

Foreign Direct Investment.

ABSTRACT

This study aims to analyze the determinants of renewable energy consumption in OPEC member countries during the period 2002–2024. For this purpose, a random-effects panel data econometric model was employed. The independent variables include real oil price, innovation, trade openness, foreign direct investment, and the interaction effect of carbon dioxide emissions and GDP. The model results indicate that innovation and trade openness have a positive and significant effect on renewable energy consumption. Conversely, an increase in real oil prices and income coupled with higher carbon emissions had a negative and significant impact on renewable energy consumption. These findings suggest that high oil revenues and an economic development pattern based on fossil fuels reduce the incentive for a transition to clean energy in these countries. The effect of foreign direct investment on renewable energy consumption was not statistically significant during this period, which may indicate that this capital is not sufficiently directed toward the green energy sector. The findings recommend that OPEC policymakers should focus on fostering innovation, increasing trade interactions, and reducing their dependency on oil revenues to achieve sustainable development.

© 2025 Published by Semnan University Press. All rights reserved.

تعیین‌کننده‌های مصرف انرژی تجدیدپذیر در کشورهای عضو اوپک

پریا کاویانی‌نیا

کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهیدبهشتی

Pariya.kavianyniya76@yahoo.com

ویدا ورهرامی (نویسنده مسئول)

دانشیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهیدبهشتی

vida.varahrami@gmail.com

حسن درگاهی

دانشیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهیدبهشتی

h-dargahi@sbu.ac.ir

نوع مقاله: علمی - پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۶

چکیده:

این پژوهش با هدف تحلیل عوامل مؤثر بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای عضو اوپک طی دوره زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۴ انجام شده است. برای این منظور، از یک مدل اقتصادسنجی داده‌های تابلویی با اثرات تصادفی استفاده شده است. متغیرهای مستقل مدل، شامل قیمت حقیقی نفت، نوآوری، باز بودن تجاری، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، و اثر متقابل انتشار دی‌اکسید کربن و درآمد هستند. نتایج برازش نشان می‌دهد که نوآوری و باز بودن تجاری تأثیری مثبت بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. در مقابل، افزایش قیمت حقیقی نفت و همچنین درآمد همراه با افزایش انتشار کربن، تأثیری منفی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر داشته‌اند. این یافته‌ها حاکی از آن است که الگوی توسعه اقتصادی مبتنی بر سوخت‌های فسیلی، انگیزه برای گذار به انرژی‌های پاک را در این کشورها کاهش می‌دهد. تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در این دوره زمانی از نظر آماری معنادار نبوده است. این امر می‌تواند نشان‌دهنده عدم هدایت کافی این سرمایه‌ها به سمت بخش انرژی‌های سبز باشد. این نتایج به سیاست‌گذاران اوپک توصیه می‌کند که برای دستیابی به توسعه پایدار، بر تقویت نوآوری، افزایش تعاملات تجاری، و کاهش وابستگی به درآمدهای نفتی تمرکز کنند.

طبقه‌بندی JEL: E54، Q32، Q46

کلیدواژه‌ها: مصرف انرژی تجدیدپذیر، اوپک، نوآوری، باز بودن تجاری، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی

۱. مقدمه

منابع سوخت‌های فسیلی (نفت، زغال سنگ و گاز طبیعی) در طبیعت که به عنوان انرژی‌های تجدید ناپذیر شناخته می‌شوند، رو به نابودی هستند. سوزاندن سوخت‌های فسیلی باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای قابل توجهی می‌شود که بر اکوسیستم جهانی تاثیر منفی می‌گذارد. دسترسی به انرژی برای تمدن مدرن ضروری است. لذا ما باید به دنبال منابع انرژی جایگزین برای محافظت از سیاره خود با کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای باشیم. یکی از فاکتورهای جلوگیری از گرمایش جهانی و پیامدهای وخیم آن بر محیط زیست، به حداقل رساندن استفاده از سوخت‌های فسیلی در تولید برق و انتقال به منابع انرژی تجدید پذیر است که گازهای گلخانه‌ای تولید نمی‌کنند و علاوه بر کاهش اثرات خارجی زیست محیطی، انرژی‌های تجدید پذیر ممکن است از کشورهایی که به شدت به واردات انرژی متکی هستند در برابر شوک‌های برون‌زا محافظت کند.

ادغام انرژی‌های تجدید پذیر منجر به صرفه جویی قابل توجهی در هزینه انرژی می‌شود. در طول یک دهه گذشته، هزینه‌های مرتبط با فناوری‌های انرژی‌های تجدید پذیر بویژه خورشیدی و بادی به طور چشمگیری کاهش یافته است. این کاهش هزینه‌ها، انرژی‌های تجدید پذیر را با سوخت‌های فسیلی سنتی رقابتی‌تر کرده و در نتیجه قیمت‌های برق کم‌تری را برای مصرف کنندگان و کسب و کارها به همراه دارد (فاستر^۱ و همکاران (۲۰۱۷)). علاوه بر صرفه جویی در هزینه انرژی و همچنین ایجاد شغل، ادغام انرژی‌های تجدید پذیر به تنوع اقتصادی کمک می‌کند و سرمایه گذاری در زیر ساخت‌ها و فناوری‌های انرژی تجدید پذیر موجب توسعه صنایع و بازارهای جدید، تحریک نوآوری و انعطاف پذیری اقتصادی می‌شود (سیمپسون^۲ و همکاران، (۲۰۲۴)).

هدف اصلی پژوهش حاضر شناسایی و تحلیل تعیین کننده‌های مصرف انرژی تجدیدپذیر در کشورهای عضو اوپک است. بدین منظور، متغیرهایی نظیر قیمت حقیقی نفت، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، انتشار سرانه دی اکسید کربن، درآمد، نوآوری و باز بودن تجاری طی سالهای

1. Foster

2. Simpson

۲۰۰۲ تا ۲۰۲۴، در چارچوب داده‌های تابلویی مورد بررسی قرار می‌گیرند. علت انتخاب کشورهای عضو اوپک از این منظر است که کشورهای عضو اوپک عمدتاً اقتصادهای وابسته به نفت و گاز دارند و بخش عمده درآمد و زیرساخت‌های انرژی آنها بر پایه سوخت‌های فسیلی است. مطالعه مصرف انرژی تجدیدپذیر در این کشورها میتواند نشان دهد که چگونه این دولت‌ها در حال تنوع بخشیدن به سبد انرژی خود هستند یا چرا ممکن است در این زمینه کند عمل کنند؟.

نوآوری این تحقیق در تمرکز بر کشورهای عضو اوپک، لحاظ هم‌زمان چندین متغیر نهادی و زیست‌محیطی است. امری که می‌تواند مبنای سیاست‌گذاری مؤثر در مسیر گذار به انرژی‌های پاک باشد. پژوهش حاضر با گنجاندن شاخص‌هایی همچون اثر تعاملی انتشار دی‌اکسیدکربن و درآمد، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، نوآوری، قیمت حقیقی نفت و درجه باز بودن تجاری، رویکردی جامع‌تر اتخاذ کرده است. به‌ویژه، به‌کارگیری اثر تعاملی انتشار دی‌اکسیدکربن و درآمد این امکان را فراهم می‌آورد که شرایط متفاوت اثرگذاری درآمد همراه با ملاحظات زیست‌محیطی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر شناسایی شود.

ضرورت انجام این تحقیق، توجه به امنیت انرژی است. امنیت انرژی مفهومی چندجانبه است که دربرگیرنده دسترسی‌پذیری و مقرون‌به‌صرفه بودن منابع انرژی می‌باشد. انرژی‌های تجدیدپذیر نقش مهمی در شکل‌دهی پویایی‌های ژئوپلیتیک و سیاست‌های ملی و همچنین تأثیرگذاری بر روابط بین‌الملل ایفا می‌کنند. از این رو، بررسی تعیین‌کننده‌های مصرف انرژی تجدیدپذیر در کشورهای نفتی اپک حائز اهمیت است.

سوال اصلی این مطالعه، این است که مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده مصرف انرژی تجدیدپذیر در کشورهای عضو اوپک کدام است؟ بنابراین فرضیه‌های تحقیق به این صورت مطرح می‌شوند که؛ سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نوآوری بر مصرف انرژی تجدیدپذیر در کشورهای عضو اوپک اثر معنادار دارد.^۱

این مقاله در شش بخش سازماندهی شده است: بخش دوم به چارچوب نظری اختصاص دارد؛ بخش سوم مرور ادبیات را شرح می‌دهد؛ بخش چهارم به ارائه تصریح مدل و معرفی متغیرها

^۱. علت انتخاب این دو متغیر از میان سایر متغیرهایی که در این مطالعه بررسی شده از این منظر است که، در سالهای گذشته در کشورهای عضو اپک به علت درآمدهای عظیم نفتی، دو عامل نوآوری و سرمایه‌گذاری خارجی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در سالهای اخیر، در این کشورها تحرکاتی به سمت استفاده از نوآوری و جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی صورت گرفته و این دو متغیر، طبق مطالعات مشابه، اثرگذاری بیشتری بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر داشته اند، بدین علت فرضیات این مطالعه بر آن دو متغیر متمرکز شده است.

می‌پردازد؛ بخش پنجم به برآورد مدل می‌پردازد و در نهایت، بخش ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی را ارائه می‌کند.

۲. مبانی نظری

در کشورهای تولیدکننده نفت همچون اعضای اوپک، ساختار منابع انرژی، کانال‌های انتقال فناوری و انگیزه‌های بازار، نقش محوری در تعیین سهم و سرعت گسترش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر ایفا می‌کنند. برای تحلیل تعیین‌کننده‌های مصرف انرژی تجدیدپذیر لازم است مکانیسم‌های زیر به‌صورت جداگانه بررسی شوند: (۱) پیامدهای انتشار کربن دی اکسید به‌عنوان نشانگر فشار محیط زیستی و محرک تقاضا یا مانع عرضه فناوری‌های پاک، (۲) نقش نوآوری تکنولوژیک در کاهش هزینه‌ها و افزایش قابلیت‌پذیری فناوری‌های نو، (۳) اثر باز بودن تجاری به‌عنوان کانال انتقال فناوری و تجهیزات، (۴) نقش سرمایه گذاری مستقیم خارجی بر پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر و (۵) ساختار کلی مصرف انرژی و نسبت منابع فسیلی به تجدیدپذیر. در ادامه هر یک از این مکانیسم‌ها با استدلال نظری و پشتیبانی از شواهد تجربی تشریح می‌شود.

انتشار دی اکسید کربن عملکرد بازار انرژی را از دو منظر اثر می‌گذارد: اول، به‌عنوان سیگنالی از فشار زیست‌محیطی که می‌تواند تقاضای بازار و سیاست‌گذاری غیرمستقیم را به سمت فناوری‌های پاک سوق دهد؛ دوم، به‌عنوان نتیجه ساختار مصرف انرژی که بازخوردی به سرمایه‌گذاران و مصرف‌کنندگان می‌فرستد. در بسیاری از مطالعات تجربی رابطه بین انتشار دی اکسید کربن و مصرف انرژی تجدیدپذیر پیچیده و غیرخطی گزارش شده است؛ در برخی موارد افزایش دی اکسید کربن انگیزه پذیرش فناوری پاک را تقویت می‌کند و در موارد دیگر، سطوح بالای انتشار به دلیل قفل‌افتادگی ساختار انرژی مبتنی بر سوخت‌های فسیلی، مانع نفوذ سریع منابع تجدیدپذیر می‌شود. این ویژگی به‌ویژه در اقتصادهای نفت‌محور برجسته است، زیرا انتشار بالاتر لزوماً با تقاضای قابل فروش برای فناوری‌های پاک همراه نمی‌شود مگر آنکه کانال‌های انتقال فناوری یا بازار برای انرژی‌های جایگزین فعال باشند (یلنگ^۱ و همکاران، ۲۰۲۲؛ خادم

^۱. Yang

وطنی و ابراهیم‌پور^۱، ۲۰۱۸). متغیر انتشار سرانه کربن دی اکسید و درآمد سرانه به صورت همزمان نیز می‌تواند بر مصرف انرژی تجدیدپذیر موثر باشد، چون با افزایش همزمان آلودگی کربن و درآمد سرانه، مصرف انرژی تجدیدپذیر کاهش می‌یابد. یعنی در کشورهای اوپک، رشد اقتصادی مرتبط با افزایش انتشار کربن (که عمدتاً از طریق سوخت‌های فسیلی است) با کاهش تمایل یا توانایی به سمت استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر همراه است. به عبارت دیگر، اقتصاد این کشورها به سوخت‌های فسیلی وابسته بوده و افزایش فعالیت‌های اقتصادی و انتشار کربن، جایگزینی منابع انرژی را با منابع تجدیدپذیر تضعیف می‌کند. (این متغیر توانان در مطالعه حاضر مورد بررسی تجربی قرار می‌گیرد).

نوآوری‌های فناورانه، اعم از نوآوری محصولی یا فرآیندی، مستقیماً بر هزینه‌های تولید و بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر اثر می‌گذارند. مجموعه‌ای از مطالعات نشان می‌دهند که افزایش فعالیت‌های تحقیق و توسعه و گسترش پتنت‌های «سبز» با کاهش هزینه‌های واحد تولید انرژی تجدیدپذیر و افزایش نرخ نفوذ فناوری‌های پاک همبسته است؛ به عبارتی، نوآوری ظرفیت فنی را برای به‌کارگیری تجدیدپذیرها فراهم می‌آورد و ریسک اقتصادی پروژه‌های پاک را کاهش می‌دهد. لذا در مدل‌های تعیین‌کننده مصرف انرژی تجدیدپذیر، نوآوری معمولاً یک متغیر کلیدی با اثر مستقیم مثبت است (پاپ^۲، ۲۰۱۹).

باز بودن تجاری از دو منظر بر مصرف انرژی تجدیدپذیر اثر می‌گذارد: (الف) از طریق کاهش هزینه دسترسی به فناوری‌های خارجی و تجهیزات تخصصی) و (ب) از طریق تسهیل مبادلات دانش فنی و رابطه بین تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان بین‌المللی. پژوهش‌های پانلی نشان می‌دهند کشورهایی که سطح بازبودن تجاری بالاتری دارند دسترسی سریع‌تری به فناوری‌های نوین انرژی دارند و این امر به‌شکل مثبت با سهم انرژی تجدیدپذیر در سبد انرژی مرتبط است. در شرایط اعضای اوپک، بازبودن تجاری می‌تواند مسیر مقابله با «قفل فنی-اقتصادی» منابع فسیلی را هموارتر سازد؛ یعنی واردات فناوری و قطعات تخصصی، هزینه‌های ورود به بازار انرژی پاک را کاهش می‌دهد (ژانگ^۳ و همکاران، ۲۰۲۱؛ وانگ^۴ و همکاران، ۲۰۲۳).

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در شکل دهی چشم‌انداز یک کشور ضروری است، به ویژه در

^۱. Khademvatani & Ebrahimpour

^۲. Popp

^۳. Zhang

^۴. Wang

اقتصادهایی که جریان‌های سرمایه در آن‌ها صنعتی شدن و توسعه زیر ساخت‌ها را هدایت می‌کند (ایسلام^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). بنابراین تاثیر سرمایه گذاری مستقیم خارجی بر پذیرش انرژی‌های تجدید پذیر به ماهیت سرمایه گذاری‌ها و ظرفیت جذب کشور میزبان بستگی دارد. فرضیه ظرفیت جذب ارائه شده توسط کوهن و لوینتال^۲ (۱۹۹۰) نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌تواند انتقال فناوری، انتشار دانش و توسعه مهارت‌ها را تسهیل کند و باعث تغییر به سمت منابع انرژی تجدید پذیر شود. وقتی سرمایه گذاران خارجی فناوری‌های پاک پیشرفته را به ارمغان می‌آورند، اثرات سرریز مثبتی ایجاد می‌کنند که ادغام انرژی‌های تجدید پذیر را در ترکیب انرژی افزایش می‌دهد (ناواس^۳، ۲۰۱۹؛ دویچ و نریان^۴، ۲۰۱۶).

در اقتصادهای نفت‌محور، قیمت نسبی نفت و فرآورده‌های آن به‌صورت مستقیم بر جذابیت اقتصادی انواع منابع انرژی تأثیر می‌گذارد. افزایش قیمت نفت می‌تواند در شرایط عادی انگیزه صرفه‌جویی و رفتن به سمت جایگزین‌ها را بالا ببرد؛ با این حال، در کشورهای تولیدکننده نفت که بازار داخلی غالباً با یارانه‌ها یا ساختارهای قیمت‌گذاری خاص مدیریت می‌شود، آثار افزایش قیمت جهانی نفت بر الگوی مصرف داخلی پیچیده است: افزایش درآمدهای نفتی می‌تولند سرمایه‌گذاری را به سمت تقویت زیرساخت‌های فسیلی سوق دهد و در نتیجه جذابیت نسبی تجدیدپذیرها کاهش یابد. به‌همین دلیل، در نمونه‌های اوپکی مشاهده اثر منفی و معنادار قیمت نفت بر مصرف تجدیدپذیر با تبیین ساختاری قابل توجیه است؛ این یافته با شواهدی درباره رفتار قیمت نفت و پیامدهای بازار آن در مقاطع مختلف تأیید می‌شود (همیلتون^۵، ۲۰۰۹؛ یانگ و همکاران، ۲۰۲۲).

۳. پیشینه پژوهش

۳-۱. مطالعات خارجی

1. Islam

2. Cohen & Levinthal

3. Navas

4. Doytch & Narayan

5. Hamilton

کارلیلار پاتا و بالسیلار^۱ (۲۰۲۵)، به بررسی تاثیر عدم قطعیت سیاست آب و هوا و قیمت نفت بر منابع تجدید پذیر با استفاده از مدل حداقل مربعات افزوده باقیمانده^۲ بر منابع تجدید پذیر مدرن مانند خورشید، باد، زمین گرمایی و سوخت‌های زیستی در ایالات متحده پرداختند، چرا که عدم قطعیت سیاست پیرامون تغییرات آب و هوایی می‌تواند فوریت اجرای سیاست‌های آب و هوایی را تشدید کند و بر تصمیمات سرمایه گذاری تاثیر بگذارد. نتایج حاکی از آن است که ارتباط مثبتی بین تولید صنعتی، انرژی خورشیدی، باد و زیست توده وجود دارد و به عبارت دیگر استفاده از تولید صنعتی تاثیر مثبتی بر افزایش تقاضا برای انرژی‌های تجدید پذیر مدرن در ایالات متحده دارد. از طرف دیگر هزینه‌های بالاتر برای نفت نیز انگیزه استفاده از جایگزین‌های مدرن انرژی را فراهم می‌کند، به همین دلیل در واکنش به افزایش قیمت نفت، ایالات متحده تقاضای خود را برای انرژی بادی و سوخت زیستی افزایش و اتکای خود را به منابع مبتنی بر سوخت فسیلی کاهش داده است. از این رو نفت محرک مهمی برای استفاده از سوخت‌های بادی و زیستی است، با این حال هیچ تاثیری بر انرژی خورشیدی ندارد. همچنین عدم قطعیت سیاست پیرامون تغییرات آب و هوایی تاثیر مثبتی بر استفاده از انرژی خورشیدی، باد و سوخت زیستی دارد و این به نوبه خود منجر به سرمایه گذاری بیش‌تر در تحقیق و توسعه برای این منابع می‌شود و در نتیجه افزایش متناظر در انرژی‌های تجدید پذیر مدرن را به همراه دارد.

الهاشم^۳ و همکاران (۲۰۲۴)، با استفاده از روش میانگین گروهی تجمعی - مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیع شده^۴ برای کشورهای E-7^۵ از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲ نشان می‌دهند که مصرف انرژی تجدید پذیر، پیشرفت فناوری و تنوع صادرات تاثیر مثبت و معناداری بر توسعه اقتصادی دارد که اعتبار مدل رشد درون‌زا را تایید می‌کند. در حالیکه باز بودن تجاری اثر منفی و معناداری دارد. همچنین نتایج آزمون بیانگر اثر بازخورد خنثی مصرف انرژی‌های تجدید پذیر بر رشد اقتصادی است و یافته‌ها همچنین یک رابطه علی یکطرفه بین نوآوری در فن‌آوری و رشد اقتصادی را نشان می‌دهد. به طور خاص این مطالعه ترویج مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را برای کمک مثبت به رشد اقتصادی، توصیه می‌کند. علاوه بر این اثرات مثبت تنوع صادرات نشان می‌دهد که صادرات در بلندمدت چقدر برای رشد اقتصادی مهم است.

^۱. Karlilar Pata & Balcilar

^۲. Residual Augmented Least Squares- RALS

^۳. Alhashim

^۴. Pooled Mean Group- Autoregressive Distributed Lag- PMG-ARDL

^۵. هفت اقتصاد نوظهور که شامل چین، هند، برزیل، روسیه، اندونزی، مکزیک و ترکیه می‌باشد.

وانگ^۱ و همکاران (۲۰۲۳)، با هدف بررسی تاثیر کارایی مالی و نوآوری زیست محیطی بر انرژی‌های تجدیدپذیر و با بکارگیری مدل حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده^۲ برای کشورهای عضو OECD طی سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۱، نشان دادند که کارایی مالی و نوآوری زیست محیطی همبستگی مثبت بلند مدتی با مصرف انرژی تجدید پذیر دارد.

علم و مراد^۳ (۲۰۲۰)، تاثیرات کوتاه مدت و بلند مدت رشد اقتصادی، باز بودن تجارت و پیشرفت فناوری بر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در ۲۵ کشور OECD در یک دوره ۴۳ ساله بررسی کردند، بطوریکه رشد اقتصادی، باز بودن تجارت و پیشرفت فناوری در استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر در درازمدت تاثیر می‌گذارد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد، از انجایی که کشورهای OECD به پیشرفت‌های تکنولوژیکی عظیم دست یافته‌اند، استفاده بیش‌تر از انرژی‌های تجدید پذیر برای این کشورها به واقعیتی انکار ناپذیر تبدیل شده است. بنابراین، نقش پیشرفت تکنولوژیک در رشد یک بازار موثر انرژی‌های تجدید پذیر بسیار مهم است. اما، دستیابی به هر هدف عمده‌ای مانند استفاده گسترده از انرژی‌های تجدید پذیر مستلزم حفظ باز بودن تجارت، پیشرفت تکنولوژیکی و رشد اقتصادی بلند مدت در اقتصادهای این کشورها است.

بیرینی^۴ و همکاران (۲۰۱۷)، با توجه به اینکه تونس یکی از کشورهای فقیر جهان در تولید سوخت فسیلی اما پیشرو در منابع تجدید پذیر است با استفاده از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیع شده^۵ در دوره ۲۰۱۱-۱۹۸۰ به بررسی رابطه پویای بلند مدت و کوتاه مدت و علیت بین مصرف انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی با در نظر گرفتن تجارت بین المللی و قیمت نفت می‌پردازند. نتایج، تاثیر منفی مصرف انرژی تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی و علیت بلندمدت یکطرفه از مصرف انرژی تجدیدپذیر به رشد اقتصادی را نشان می‌دهد، در کوتاه مدت نیز یک رابطه یکطرفه بین تجارت بین المللی، رشد اقتصادی و مصرف انرژی‌های تجدید پذیر وجود دارد. تجارت تونس را قادر می‌سازد از انتقال فناوری که به سرمایه گذاری بیش‌تر در بخش انرژی‌های تجدید پذیر کمک می‌کند، بهره مند شود.

1. Wang

2. Fully Modified Ordinary Least Squares- FMOLS

3. Alam & Murad

4. Brini

5. Autoregressive Distributed Lag- ARDL

۳-۲. مطالعات داخلی

رئیزی و رکانی و همکاران (۱۴۰۳)، به دلیل اهمیت توسعه مالی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در مصرف انرژی تجدیدپذیر، به بررسی تأثیر این دو عامل بر مصرف انرژی تجدیدپذیر با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه توزیعی طی دوره زمانی ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۹ می‌پردازند. نتایج حاکی از آن است که توسعه مالی در کوتاه مدت بدون وقفه به میزان ۰/۱۸ درصد مصرف انرژی تجدیدپذیر را افزایش می‌دهد و کشش این عامل در بلند مدت ۰/۰۹ درصد است به این معنا که یک درصد افزایش در توسعه مالی در بلند مدت، مصرف انرژی تجدیدپذیر ۰/۰۹ درصد افزایش می‌یابد. همچنین افزایش یک درصد در سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، مصرف انرژی تجدیدپذیر را در کوتاه مدت ۰/۲۳ درصد افزایش می‌دهد و در بلند مدت کشش مصرف انرژی تجدیدپذیر نسبت به سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در سطح خطای ۵ درصد به لحاظ اماری معنی دار، مثبت و برابر ۰/۱۵ است. بنابراین تأثیر هر دو عامل توسعه مالی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر هم در کوتاه مدت و هم در بلندمدت مثبت و معنادار است.

فراحتی و همکاران (۱۴۰۳)، به بررسی تأثیر روش‌های تأمین مالی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در ۲۶ کشور در حال توسعه طی دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۸ پرداخته‌اند، بطوریکه مصرف انرژی تجدیدپذیر سرانه به عنوان متغیر وابسته و نسبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به تولید ناخالص داخلی، نسبت ارزش کل سهام مبادله شده به تولید ناخالص داخلی، مخارج تحقیق و توسعه، نرخ شهر نشینی، تولید ناخالص داخلی سرانه و انتشار کربن دی اکسید به عنوان متغیرهای توضیحی در نظر گرفته شدند، یافته‌ها نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه تأثیر مثبت و معناداری بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارند، در حالی که توسعه بازار مالی تأثیر معناداری بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر ندارد.

بهنام و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه‌ای در صدد بررسی تأثیر قیمت نفت خام بر مجموعه فعالیت‌های اقتصادی در کشورهای منتخب عضو اوپک در بازه سالیانه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ بوده‌اند. این پژوهش از روش داده‌های تابلویی و رویکرد سیستم معادلات همزمان با روش حداقل مربعات سه مرحله‌ای بهره می‌گیرد. نتایج حاصل از تخمین مدل‌های در نظر گرفته شده در این مدل، حکایت از تأثیر مثبت و معنادار قیمت نفت خام بر شاخص قیمت مصرف کننده و حجم نقدینگی

به ترتیب به میزان ۲۲۱/۰ و ۲۰۰/۱ دارد. همچنین نتایج حاکی از تأثیر منفی و معنادار قیمت نفت خام بر نرخ ارز و نرخ بهره به ترتیب به میزان ۱۹۵/۰- و ۱۷۵/۰- هستند.

عسگری و همکاران (۱۴۰۲)، با استفاده از رویکرد داده‌های تابلویی در بازه زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۴، عوامل تعیین کننده مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای عضو اوپک را در سه دسته عامل، شامل عوامل اقتصادی- اجتماعی (نظیر درآمد، قیمت نفت خام و شدت انتشار کربن)، عوامل سیاسی (نظیر حکمرانی خوب) و عوامل خاص یک کشور (نظیر سرمایه انسانی) طبقه بندی کرده‌اند. بطوریکه یک واحد افزایش در شاخص حکمرانی خوب، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را به میزان ۱۰/۰ درصد افزایش می‌دهد و همچنین یک درصد افزایش در سرمایه انسانی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را ۷۶/۰ درصد و یک درصد افزایش در درآمد نیز مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را ۷۵/۰ درصد افزایش می‌دهد. آن‌ها همچنین نشان دادند که قیمت نفت خام اثر معنا داری بر روی مصرف انرژی‌های تجدید پذیر در کشورهای عضو اوپک ندارد و گران بودن استقرار صنایع تجدید پذیر و وابستگی صنایع این کشورها به درآمدهای نفتی را علت عدم معناداری قیمت نفت خام بر روی مصرف انرژی تجدیدپذیر دانستند.

نعیمی و ورهرامی (۱۴۰۲)، با توجه به اینکه شاخص‌های کلان اقتصادی به دنبال توسعه‌ی انرژی‌های تجدید پذیر تحت تأثیر قرار می‌گیرند، به بررسی رابطه‌ی بین تولید انرژی‌های تجدید پذیر و اشتغال در کشورهای منتخب OECD و OPEC پرداختند و نتایج آزمون والد نشان دهنده‌ی این بود که تأثیر تولید انرژی‌های تجدید پذیر بر اشتغال کشورهای اوپک بیش‌تر از کشورهای OECD است و با توجه به اینکه این کشورها عمدتاً به انرژی فسیلی وابسته هستند لذا توسعه‌ی تولید انرژی تجدید پذیر از منظر ایجاد ظرفیت‌های جدید، تأثیر چشمگیری بر اقتصاد و شاخص‌های کلان آن از جمله اشتغال خواهد گذاشت.

مکتوفی (۱۳۹۸)، رابطه‌ی بین مصرف انرژی‌های تجدید پذیر، قیمت نفت و رشد اقتصادی را در ۶۹ کشور صادر کننده و غیر صادر کننده نفت طی ۲۰۱۵-۱۹۶۶ با استفاده از مدل خود رگرسیون برداری پانلی مورد بررسی قرار می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که بین مصرف انرژی‌های تجدید پذیر و قیمت نفت در کشورهای غیر صادر کننده نفت رابطه مثبت و معناداری وجود دارد در حالیکه در کشورهای صادر کننده نفت، رابطه معناداری بین این دو متغیر وجود ندارد.

نوآوری پژوهش حاضر نسبت به مطالعات ذکر شده از این منظر است که این مطالعه با تمرکز بر کشورهای عضو اوپک، دوره زمانی طولانی‌تری (۲۰۰۲ تا ۲۰۲۴) را مورد بررسی قرار می‌دهد. پژوهش حاضر با گسترش دامنه متغیرهای مستقل و گنجاندن شاخص‌هایی همچون اثر تعاملی انتشار دی‌اکسیدکربن و درآمد، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، نوآوری، قیمت حقیقی نفت و درجه باز بودن تجاری، رویکردی جامع‌تر اتخاذ کرده است. به‌ویژه، به‌کارگیری اثر تعاملی انتشار دی‌اکسیدکربن و درآمد این امکان را فراهم می‌آورد که شرایط متفاوت اثرگذاری درآمد همراه با ملاحظات زیست‌محیطی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر شناسایی شود. افزون بر این، استفاده از مدل اثرات تصادفی در چارچوب داده‌های تابلویی، ضمن لحاظ ناهمگنی مقطعی بین کشورها، برآوردهای دقیق‌تر و معتبرتری از روابط ساختاری ارائه می‌کند.

۴. تصریح مدل و معرفی متغیرها

در این مقاله از داده‌های سالانه ۱۱ کشور عضو اوپک شامل شامل الجزایر، کنگو، ایران، عراق، گینه استوایی، کویت، لیبی، عربستان سعودی، ونزوئلا، امارات متحده عربی و گابن طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۴ استفاده شده است. مدل زیر مبتنی بر مطالعه‌ی کنگ^۱ و همکاران (۲۰۲۱) ارائه شده است:

$$REC_{it} = \beta_0 + \beta_1 OP_{it} + \beta_2 TO_{it} + \beta_3 FDI_{it} + \beta_4 I_{it} + \beta_5 CO2 * GDP_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

در معادله بالا t بعد زمانی و اندیس i نشان دهنده‌ی کشورها است.

REC_{it} : متغیر وابسته که نشان دهنده مصرف انرژی تجدیدپذیر (انواع انرژی‌های تجدیدپذیر اعم از آبی، بادی، خورشیدی و زیست توده) در کشورهای عضو اوپک است.
 OP_{it} : نشان دهنده متغیر مستقل قیمت حقیقی نفت که بر اساس قیمت حقیقی تک محموله‌ای نفت خام برنت (برحسب دلار) تقسیم بر شاخص قیمت کشورهای عضو OECD بدست می‌آید.

TO_{it} : متغیر مستقل باز بودن تجاری که نقش کلیدی در تسهیل انتقال فناوری و بهبود بهره‌وری اقتصادی دارد و از نسبت مجموع کل صادرات و واردات بر روی تولید ناخالص داخلی ضربدرصد بدست می‌آید.

¹. Kang

FDI_{it} : متغیر مستقل سرمایه گذاری مستقیم خارجی و به عنوان متغیری مهم در انتقال فناوری‌های مدرن در کشورهای میزبان است که بر حسب جریان خالص ورودی (درصد تولید ناخالص داخلی) می‌باشد.

I_{it} : متغیر مستقل نوآوری که به عنوان یکی از عوامل کلیدی در کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده می‌شود و از حاصل جمع درخواست‌های ثبت اختراع تقسیم بر جمعیت هر کشور و به صورت سرانه محاسبه می‌شود.

$CO2_{it}$: متغیر مستقل انتشارسرانه دی اکسید کربن که نشان‌دهنده تأثیرات زیست‌محیطی مصرف انرژی است و می‌تواند به سیاست‌های ترویج منابع تجدیدپذیر کمک کند.

GDP_{it} : متغیر درآمد ملی

آمار مربوط به مصرف انرژی تجدید پذیر به عنوان متغیر وابسته، متغیرهای مستقل سرمایه گذاری مستقیم خارجی، نوآوری، انتشار دی اکسید کربن، باز بودن تجاری و درآمد از بانک جهانی و متغیر مستقل قیمت نفت از سایت اداره اطلاعات انرژی آمریکا استخراج شده است. در جدول (۱) آمار توصیفی متغیرهای مورد استفاده برای کشورهای عضو اوپک درج گردیده است.

جدول (۱): آمار توصیفی متغیرهای مورد استفاده برای کشورهای عضو اوپک

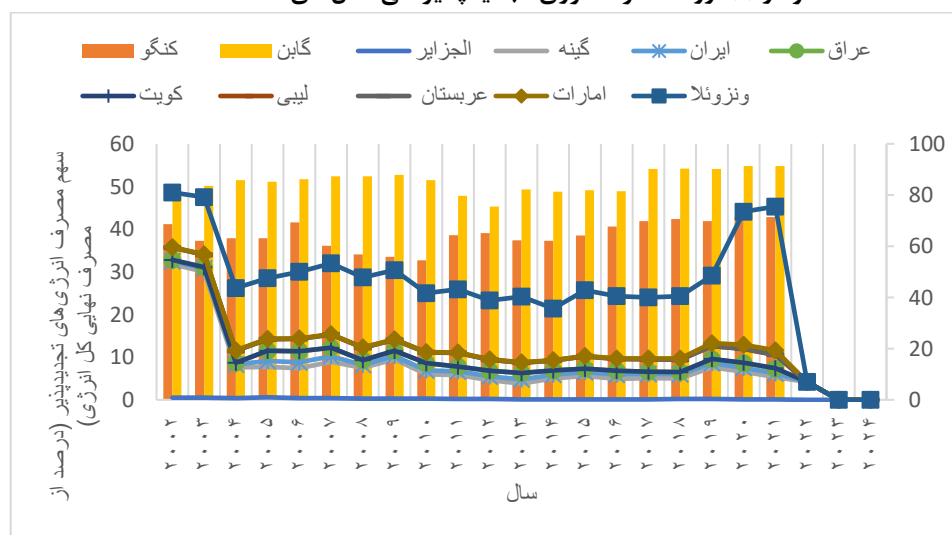
متغیرها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
CO2 (میلیون تن)	۳/۸۳	۲/۲۳	۱/۰۴	۸/۱۱
I (میلیون عدد)	۳/۵۴	۳/۸۷	۱/۰۱	۵/۲۶
FDI (درصد)	۲۲/۹۷	۵/۳۵	۱۷/۲۹	۳۷/۳۲
TO (درصد)	۵۸/۱۱	۳/۶۷	۳۲/۴۸	۷۹/۴۲
OP (حقیقی شده است)	۰/۷۱	۰/۲۶	۰/۳۳	۱/۲۱
GDP (میلیارد دلار)	۱/۸۹	۲/۰۴	۵/۲۷	۸/۸۰

۶/۶۲	۰/۹۸	۲/۱۵	۳/۳۷	REC (میلیون تراژول)
------	------	------	------	------------------------

منبع: بانک جهانی و اداره اطلاعات انرژی آمریکا

در ادامه در نمودار ۱ مصرف انرژی های تجدیدپذیر در کشورهای عضو اپک ترسیم شده است. باتوجه به نمودار ۱ کشورهای کنگو، گینه استوایی و گابن نسبت به دیگر کشورهای عضو اپک، مصرف انرژی تجدیدپذیر بیش‌تری دارند و علت این امر می‌تواند این باشد که کشورهای کنگو، گینه استوایی و گابن به طور گسترده از زیست توده سنتی (چوب، زغال سنگ، ضایعات کشاورزی) استفاده می‌کنند که به عنوان انرژی تجدید پذیر طبقه بندی می‌شوند و علت این امر دسترسی محدود به زیر ساخت‌های انرژی مدرن است. در مقابل کشورهایی مانند ایران، عربستان سعودی، کویت، امارات متحده عربی و عراق دارای ذخایر فراوان سوخت‌های فسیلی هستند و اولویت انرژی خود را به نفت و گاز اختصاص داده‌اند.

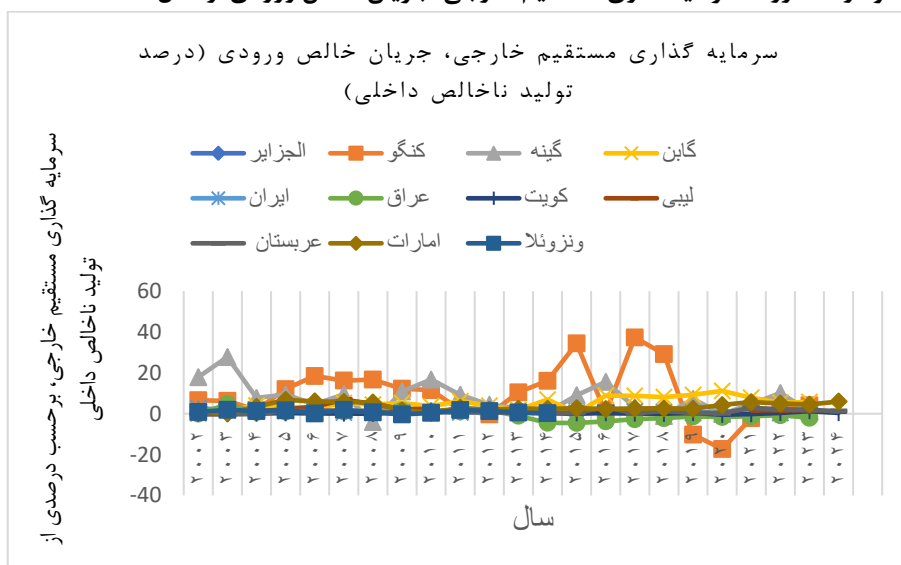
نمودار (۱): روند مصرف انرژی تجدیدپذیر طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴



منبع: بانک جهانی

باتوجه به این که دو فرضیه اصلی تحقیق بر دو متغیر سرمایه گذاری خارجی و نوآوری در کشورهای اپک متمرکز است لذا، در ادامه نمودار سرمایه گذاری مستقیم خارجی و نوآوری ترسیم می‌گردد.

نمودار (۲): روند سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، جریان خالص ورودی از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۴



با توجه به نمودار ارائه‌شده، برخی کشورها مانند عراق دارای روندی منفی در جریان خالص سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی هستند. اگر عراق را با عربستان سعودی و امارات متحده عربی مقایسه کنیم، مشخص می‌شود که اقتصاد عراق نسبت به عربستان (۷/۲۳ درصد) به نفت وابستگی بیشتری دارد و قیمت نفت به شدت با تولید ناخالص داخلی هر دو کشور همبستگی دارد. شاخص پیچیدگی اقتصادی^۱ عربستان در سال ۲۰۲۱ در رتبه ۳۱ جهان قرار گرفت که منعکس‌کننده تنوع اقتصادی است، در حالی که عراق در رتبه ۱۱۲ قرار دارد و نشان‌دهنده تنوع محدود اقتصادی است. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی عربستان سعودی در سال ۲۰۰۸ به دلیل اصلاحات به اوج خود رسید، در حالی که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی عراق پس از سال ۲۰۱۳ به دلیل بی‌ثباتی ژئوپلیتیک منفی شد (روستان^۲، ۲۰۲۴). قوانین سرمایه‌گذاری در عراق، هرچند اصلاحاتی در آن‌ها اعمال شده، هنوز موانع قابل توجهی از جمله سطح بالای فساد، مقررات نامشخص و ناامنی اجتماعی ایجاد می‌کنند که پتانسیل سرمایه‌گذاری خارجی را

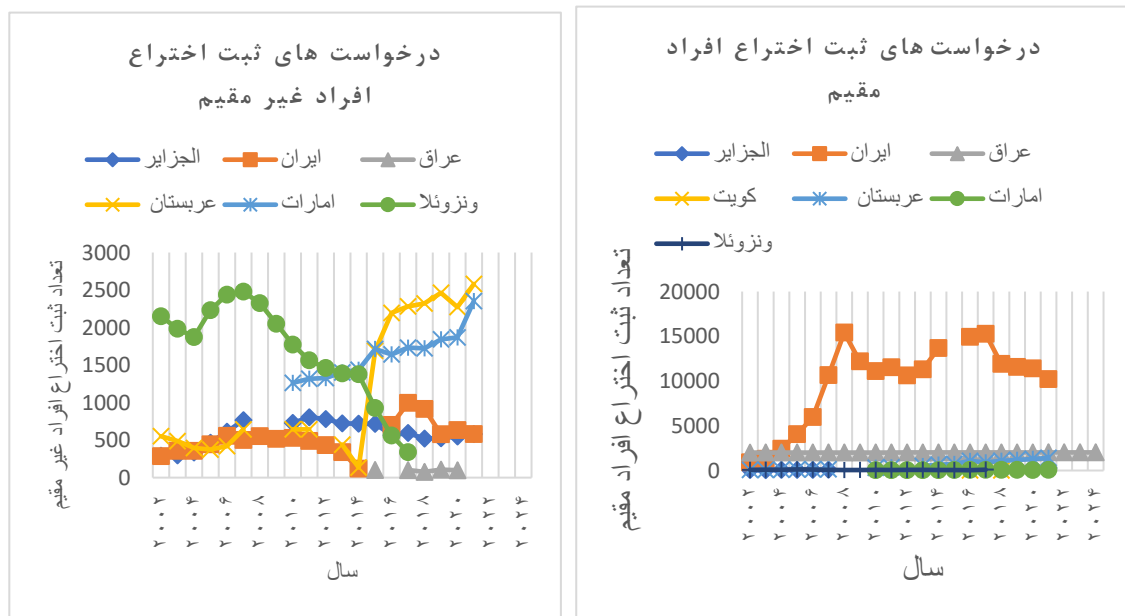
^۱. Economic complexity index

^۲. Rostan

تضعیف می‌کند. در مقابل، امارات متحده عربی با استفاده از محیط سیاسی با ثبات، زیرساخت‌های پیشرفته و مقررات کارآمد، توانسته است سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را به‌طور مؤثر جذب کند.

در این پژوهش از تعداد پتنت‌ها یا درخواست ثبت اختراع برای اندازه‌گیری نوآوری فناوری انرژی تجدیدپذیر استفاده شده است^۱، زیرا از طرفی تعداد پتنت‌ها می‌تواند نه تنها به عنوان شاخصی که خروجی نوآوری را اندازه‌گیری می‌کند بلکه برای نشان دادن سطح توسعه فعالیت‌های نوآورانه نیز مورد استفاده قرار گیرد و از طرف دیگر آمار مربوط به شاخص نوآوری برای کشورهای عضو اوپک در دسترس نیستند. نوآوری به علاقه‌سازمان‌های صنعتی و تجاری یک کشور به یافتن فناوری جدید اشاره دارد که می‌تواند به وسیله‌ی معیارهای کمی مانند تعداد پتنت‌ها اندازه‌گیری شود.

نمودار (۳): درخواست ثبت اختراع افراد مقیم و غیر مقیم از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۴



منبع: بانک جهانی

^۱. در مطالعه انجام شده توسط گنگ و جی (۲۰۱۶) نیز از متغیر پتنت به عنوان نوآوری استفاده شده است.

در سال ۲۰۲۳، تعداد درخواست ثبت اختراع افراد مقیم در ایران با افزایش ۳.۱٪ به ۸۶۵۳ رسید و در جایگاه هشتم آسیا قرار گرفت. عربستان سعودی با ۶۴۹۶ ثبت اختراع در رتبه دهم، امارات متحده عربی با ۹۹۲ ثبت اختراع در رتبه شانزدهم و عراق با ۷۴۶ ثبت اختراع در رتبه نوزدهم آسیا قرار گرفتند. الجزایر با ۱۴۱۲ ثبت اختراع در جایگاه اول آفریقا و ونزوئلا با ۱۶ ثبت اختراع در جایگاه هفدهم کشورهای آمریکای لاتین قرار دارند.

۵. برآورد مدل

به منظور بررسی اثر متغیرهای مستقل موجود در مدل بر روی مصرف انرژی تجدیدپذیر از داده‌های تابلویی در بازه زمانی ۲۰۰۲-۲۰۲۴ استفاده خواهد شد. در داده‌های ترکیبی معمولاً فرض بر این است که داده‌های به کار برده شده در مدل، استقلال مقطعی دارند ولی ممکن است این فرض برقرار نباشد. برای بررسی وابستگی یا استقلال مقطعی داده‌ها از آزمون پسران^۱ استفاده می‌شود.

جدول (۲): آزمون وابستگی مقاطع پسران

متغیر	CD-test	مقدار احتمال
REC	۱۲/۲۴	۰/۰۰۰
CO2	۱۰/۱۳	۰/۰۰۰۰
FDI	۲۵/۴۱	۰/۰۰۰۰
I	۳۵/۱۷	۰/۰۰۰۰
OP	۲۷/۸۲	۰/۰۰۰۰
TO	۲۷/۴۱	۰/۰۰۰۰
GDP	۴۹/۵۵	۰/۰۰۰۰

منبع: نتایج تحقیق

باتوجه به نتایج جدول (۲) تمامی متغیرهای تحقیق، فرضیه صفر مبنی بر عدم وابستگی مقاطع را رد می‌کنند و دارای وابستگی مقطعی هستند. با توجه به اینکه وابستگی مقطعی بین متغیرهای تحقیق تایید شد، برای آزمون پایایی متغیرها از آزمون ریشه واحد پسران که در آن وابستگی مقطعی در نظر گرفته می‌شود، استفاده می‌گردد.

^۱. Pesaran

جدول (۳): آزمون پایایی متغیرها

وضعیت	مقدار احتمال	آماره	متغیر
I(0)	۰/۰۰۰	۳/۳۸	REC
I(0)	۰/۰۰۰۰	۳/۸۵	CO2
I(0)	۰/۰۰۰۰	۴/۷۹	FDI
I(0)	۰/۰۰۰۰	۳/۷۷	I
I(0)	۰/۰۰۰	۲/۴۶	OP
I(0)	۰/۰۰۰۰	۳/۹۸	TO
I (0)	۰/۰۰۰۰	۴/۳۲	GDP

منبع: نتایج تحقیق

مطابق نتایج ذکر شده در جدول (۳) همه متغیرها در سطح پایا هستند و می‌توان از کاذب نبودن مدل مطمئن بود.

در ادامه از آزمون اف لیمر استفاده می‌شود. براساس ادبیات اقتصادسنجی داده‌های تابلویی، به منظور بررسی همگنی داده‌ها و استفاده از روش تخمینی داده‌های تابلویی از این آزمون استفاده می‌گردد.

جدول (۴): آزمون اف لیمر

آزمون اف لیمر	آماره آزمون	مقدار احتمال
	۵/۱۸۲	۰/۰۰۰۰

منبع: نتایج تحقیق

با توجه به جدول ۴ معنی دار بودن استفاده از روش داده‌های تابلویی به جای روش حداقل مربعات تجمیع شده تایید می‌گردد.

در تحلیل داده‌های تابلویی، یکی از تصمیمات مهم انتخاب بین مدل اثرات ثابت و اثرات تصادفی است. آزمون هاسمن بررسی می‌کند که آیا تخمین‌های مدل اثرات تصادفی نارایب و سازگار هستند یا خیر. اگر اثرات فردی با متغیرهای توضیحی همبستگی داشته باشند، مدل اثرات تصادفی ناسازگار خواهد بود و باید از مدل اثرات ثابت استفاده شود.

جدول (۵): آزمون هاسمن

مقدار احتمال	آماره آزمون	آماره به کار گرفته شده
۰/۵۲۵	۸/۲۶۳	Chi-square

منبع: نتایج تحقیق

در آزمون هاسمن فرضیه صفر (H_0) نشان دهنده وجود اثرات تصادفی و فرضیه یک (H_1) نشان دهنده وجود اثرات ثابت است. با توجه به جدول ۵ فرضیه صفر تایید می‌شود و مدل دارای اثرات تصادفی می‌باشد.

تحلیل نتایج برآورد مدل

جدول (۶): نتایج مربوط به برآورد مدل

متغیر	ضرایب	t-statistic	احتمال
C	۰/۵۲	۳/۲۵	۰/۰۱
CO2*GDP	-۸/۴۱	-۳/۴۵	۰/۰۰
FDI	۱/۵۶	۱/۵۹	۰/۱۵
OP	- ۰/۲۳	-۲/۷۳	۰/۰۰
TO	۰/۰۱۴	۲/۹۶	۰/۰۰
I	۵/۴۶	۳/۸۲	۰/۰۰
R^2		۰/۸۲	

منبع: نتایج تحقیق

با توجه به جدول ۶، با افزایش در نوآوری، مصرف انرژی تجدید پذیر افزایش می‌یابد. این نتیجه می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که نوآوری تأثیر مثبت و بسیار زیادی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر دارد. این نتیجه با نظریه اقتصادی سازگار است که نوآوری و پیشرفت‌های تکنولوژیکی را عامل کلیدی در توسعه و بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر می‌داند. نوآوری می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌ها، افزایش کارایی و دسترسی به فناوری‌های جدید در این حوزه شود. این کاهش هزینه و افزایش کارایی، استفاده از آن‌ها را اقتصادی‌تر و جذاب‌تر می‌کند. نوآوری اغلب با افزایش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه همراه است که مستقیماً به پیشرفت در بخش انرژی‌های تجدید پذیر منجر می‌شود. این یافته با بخش قابل توجهی از ادبیات که بر نقش مثبت نوآوری در رشد انرژی تجدید پذیر تأکید دارند، همسو است. به عنوان مثال، دوگان^۱ و همکاران (۲۰۲۵) از آنجاییکه در مطالعه آن‌ها فناوری سبز به طور مثبت بر انرژی تجدید پذیر تأثیر می‌گذارد، تأکید کرده‌اند که سیاست‌گذاران در اقتصادهای بریکس به منظور تحریک انرژی تجدید پذیر باید سیاست‌هایی را تدوین و اجرا کنند که پیشرفت فناوری سبز و ابتکارات

^۱. Dogan

تحقیق و توسعه را ارتقا دهد.

متغیر انتشار دی اکسید کربن سرانه و درآمد دارای ضریب منفی و از نظر آماری بسیار معنادار است. این نتیجه نشان می‌دهد که با افزایش همزمان آلودگی کربن و درآمد، مصرف انرژی تجدیدپذیر کاهش می‌یابد. این یافته می‌تواند بیانگر این باشد که در کشورهای اوپک، درآمد مرتبط با افزایش انتشار کربن (که عمدتاً از طریق سوخت‌های فسیلی است) با کاهش تمایل یا توانایی به سمت استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر همراه است. به عبارت دیگر، اقتصاد این کشورها در این دوره زمانی هنوز به شدت به سوخت‌های فسیلی وابسته بوده و افزایش فعالیت‌های اقتصادی و انتشار کربن، جایگزینی منابع انرژی را با منابع تجدیدپذیر تضعیف کرده است.

ضریب باز بودن تجاری مثبت و معنادار است. این نتیجه نشان می‌دهد که افزایش باز بودن تجاری تأثیر مثبتی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر دارد. این ممکن است به دلیل چند عامل باشد: ۱- واردات فناوری‌های جدید و ارزان‌تر در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر از کشورهای دیگر. ۲- تأثیر رقابت جهانی و تعامل با بازارهای بین‌المللی که اغلب استانداردهای زیست‌محیطی بالاتری دارند. ۳- دسترسی به سرمایه‌گذاری‌ها و بازارهای بین‌المللی برای صادرات انرژی‌های تجدیدپذیر.

ضریب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی مثبت است اما از نظر آماری معنادار نیست. اگرچه سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به طور بالقوه می‌تواند سرمایه و فناوری لازم برای پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر را فراهم کند، اما در این مدل، تأثیر آن بر مصرف انرژی تجدیدپذیر در کشورهای اوپک در دوره مورد بررسی، از نظر آماری معنادار نبوده است. این می‌تواند به این دلیل باشد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی وارد شده به این کشورها بیشتر در بخش‌های سنتی و نفتی بوده و نه در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر.

ضریب متغیر قیمت حقیقی نفت منفی و معنادار است. این یافته کاملاً با ماهیت اقتصاد کشورهای نفتی همخوانی دارد. افزایش قیمت نفت به دلیل افزایش درآمد و سودآوری بخش نفت، انگیزه این کشورها را برای سرمایه‌گذاری و توسعه منابع جایگزین (مانند انرژی‌های تجدیدپذیر) کاهش می‌دهد. به عبارت دیگر، سود بالای حاصل از نفت، سرمایه‌گذاری‌ها و تمرکز سیاست‌ها را از منابع تجدیدپذیر دور می‌کند.

جهت اطمینان از صحت نتایج برآزش مدل، از آزمونهای تشخیصی استفاده می شود. برای بررسی وجود همسانی واریانس‌ها از آزمون بروش پاگان، بررسی عدم وجود خودهمبستگی از آزمون وولدریج و آزمون چاوبرای بررسی اینکه آیا داده ها در بین کشورهای مختلف تفاوت ساختاری معناداری دارند یا خیر؟، استفاده می‌شود. نتایج این سه آزمون در جدول ۷ لحاظ شده است. مطابق نتایج ذکر شده در جدول مذکور، مدل دارای عدم وجود خودهمبستگی و عدم وجود واریانس ناهمسانی است و طبق نتیجه آزمون چاواستفاده از مدل تلفیقی نامناسب میباشد و باید از مدل پنل یا داده های تابلویی استفاده کرد.

جدول (۷): نتایج آزمونهای تشخیصی

نام آزمون	آماره آزمون	احتمال
چاو	۶/۸۲	۰/۰۲
وولدریج	۱/۶۵	۰/۵۳
بروش پاگان	۱/۳۷	۰/۲۸

منبع: نتایج تحقیق

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر با هدف تحلیل عوامل موثر بر مصرف انرژی تجدید پذیر در کشورهای عضو اوپک طی دوره ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۴ انجام پذیرفت. تحلیل‌ها بر پایه یک مدل اقتصاد سنجی داده‌های تابلویی از نوع اثرات تصادفی صورت گرفت. نتایج تجربی، نشان دهنده معنی داری کلی مدل بود که حاکی از توانایی مدل در تبیین بخش معنی داری از تغییرات مصرف انرژی تجدید پذیر است.

نتایج نشان داد که ضریب سرمایه گذاری مستقیم خارجی از نظر آماری معنی دار نیست. بنابراین فرضیه اول پژوهش مبنی بر معناداری سرمایه گذاری مستقیم خارجی بر مصرف انرژی تجدید پذیر در کشورهای عضو اوپک، توسط یافته‌های این پژوهش رد می‌شود. این بدان معناست که در چارچوب این مدل و برای این دوره زمانی، سرمایه گذاری مستقیم خارجی به طور مستقیم تاثیر آماری معناداری بر مصرف انرژی تجدید پذیر در کشورهای عضو اوپک ندارد. همچنین نتایج نشان دهنده اثر معنادار نوآوری بر مصرف انرژی تجدید پذیر بودند و فرضیه دوم پژوهش مبنی بر اثر معنادار نوآوری بر مصرف انرژی تجدید پذیر در کشورهای عضو اوپک،

توسط یافته‌های این پژوهش تایید می‌شود. این یافته قویا بر نقش محوری نوآوری در ارتقاء مصرف انرژی تجدید پذیر در این گروه از کشورها تایید می‌کند. نتایج مطالعه حاضر با مطالعه عسگری و همکاران (۱۴۰۲) و رئیسی و رکانی و همکاران (۱۴۰۳) همراستا است.

تحلیل مدل پانل دیتا بر اساس داده‌های ۱۱ کشور عضو اوپک در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۴، یک تصویر دوگانه از عوامل مؤثر بر مصرف انرژی تجدیدپذیر ارائه می‌دهد. در این مدل، نوآوری به عنوان قدرتمندترین نیروی محرک شناخته شده است. این نتیجه نشان می‌دهد که پیشرفت‌های فناوریانه نقشی حیاتی در توسعه و گسترش انرژی‌های پاک ایفا می‌کنند. به موازات آن، باز بودن تجاری نیز با فراهم کردن زمینه برای واردات فناوری و تعاملات جهانی تأثیری مثبت و معنادار داشته است. در مقابل، دو عامل اصلی به عنوان موانع جدی عمل کرده‌اند. افزایش قیمت حقیقی نفت باعث کاهش انگیزه برای سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر شده و کشورهای نفتی را در مسیر وابستگی به سوخت‌های فسیلی نگاه داشته است. همچنین، درآمد همراه با افزایش انتشار کربن نیز به عنوان یک عامل بازدارنده عمل کرده و نشان می‌دهد که توسعه اقتصادی در این کشورها هنوز به شدت با الگوهای آلوده‌کننده و غیرپایدار گره خورده است. دوگان^۱ و همکاران (۲۰۲۵) با توجه به اثرگذاری مثبت فناوری سبز بر انرژی تجدیدپذیر در مطالعه خود، تأکید کرده‌اند که سیاست‌گذاران در کشورهای عضو بریکس باید برای تقویت انرژی‌های تجدیدپذیر، سیاست‌هایی را تدوین و اجرا کنند که ارتقای فناوری سبز و ابتکارات تحقیق و توسعه را تسهیل نماید. یافته مهم دیگر این است که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر معناداری بر این روند نداشته است، که نشان‌دهنده عدم هدایت کافی این سرمایه‌ها به سمت بخش‌های سبز اقتصاد است. در نتیجه، این مدل به سیاست‌گذاران در کشورهای اوپک این پیام را می‌دهد که گذار به اقتصاد پایدار و انرژی‌های پاک فراتر از یک انتخاب، نیازمند یک استراتژی جامع است. این استراتژی باید بر تقویت نوآوری، افزایش تعاملات تجاری و طراحی سازوکارهایی برای کاهش وابستگی به درآمدهای نفتی متمرکز باشد تا بتواند به طور مؤثر با چالش‌های زیست‌محیطی مقابله کرده و آینده‌ای پایدار را برای خود رقم بزند.

به عنوان پیشنهاد می‌توان گفت؛ از آنجایی که نوآوری قوی‌ترین تأثیر مثبت و معنادار را بر مصرف انرژی تجدیدپذیر داشته است، دولت‌ها باید سیاست‌های حمایتی را برای تحقیق و توسعه در زمینه فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر تدوین و اجرا کنند. این سیاست‌ها می‌تواند

¹ Dogan

شامل ارائه تسهیلات مالی، معافیت‌های مالیاتی برای شرکت‌های نوآور و ایجاد مراکز رشد و شتاب‌دهنده برای استارت‌آپ‌های فعال در این حوزه باشد. افزایش قیمت نفت تأثیر منفی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. برای مقابله با این وابستگی، پیشنهاد می‌شود کشورهای اوپک با سرمایه‌گذاری در بخش‌های غیرنفتی و توسعه زیرساخت‌های صنعتی، اقتصاد خود را متنوع کنند. این اقدام به آن‌ها کمک می‌کند تا درآمد خود را از نوسانات قیمت نفت جدا کرده و انگیزه لازم برای گذار به انرژی‌های پاک را حفظ کنند. باز بودن تجاری تأثیر مثبتی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر دارد. بنابراین، کشورها باید موانع تجاری برای واردات تجهیزات و فناوری‌های نوین انرژی‌های تجدیدپذیر مانند پنل‌های خورشیدی و توربین‌های بادی را کاهش دهند. این امر دسترسی به فناوری‌های ارزان‌تر و کارآمدتر را فراهم کرده و به بهبود بهره‌وری اقتصادی کمک می‌کند.

نتایج پژوهش نشان داد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر معناداری بر مصرف انرژی تجدیدپذیر نداشته است. این مسئله بیانگر این است که سرمایه‌های خارجی به جای بخش‌های انرژی پاک، بیشتر به سمت بخش‌های سنتی و نفتی هدایت شده‌اند. پیشنهاد می‌شود دولت‌ها با ارائه مشوق‌های هدفمند، ایجاد چارچوب‌های قانونی شفاف و کاهش بوروکراسی، سرمایه‌های خارجی را به سمت پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر سوق دهند تا اثرات سرریز مثبت فناوری محقق شود. افزایش همزمان درآمد سرانه و انتشار کربن تأثیر منفی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر دارد. این یافته نشان می‌دهد که رشد اقتصادی در این کشورها به شدت به فعالیت‌های آلاینده وابسته است. بنابراین، سیاست‌گذاران باید با وضع قوانین زیست‌محیطی سخت‌گیرانه‌تر، حمایت از پروژه‌های کاهش آلاینده‌گی و تشویق به استفاده از منابع انرژی پاک، ارتباط میان رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست را کاهش دهند.

References:

- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztnyn, L., & Hemous, D. (2012). The Environment and Directed Technical Change. *Am Econ Rev*, 102(1), 131-166.
- Alam, M. M., & Murad, M. W. (2020). The impacts of economic growth, trade openness and technological progress on renewable energy use in organization for economic co-operation and development countries. *Renewable Energy*, 145, 382-390.

- Alhashim, M., Rehman, M. Z., Ansari, S., & Ahmed, P. (2024). Examining the Influence of Renewable Energy Consumption, Technological Innovation, and Export Diversification on Economic Growth: Empirical Insights from E-7 Nations. *Sustainability*, 16(21), 91-99.
- Asgari, M., Khorsandi, M., & Ghasemi, A. (2023). Factors affecting renewable energy consumption in OPEC member countries using a panel data approach. *Iranian Energy Economics Research Journal*, 51(13), 123-164. (In Persian)
- Behname, M., Houshmand, M., Hamid Bananeh, M. Z., Abdullahi Tunayi, S. (2023), Investigating the Effect of Crude Oil Prices on Economic Activity in Selected OPEC Member Countries, *Journal of Econometric Modelling*, 8(4). 135-160. (In Persian)
- Brini, R., Amara, M., & Jemmali, H. (2017). Renewable energy consumption, International trade, oil price and economic growth inter-linkages: The case of Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 620-627.
- Cohen, W., & Levinthal, D. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35, 128-152.
- Doytch, N., & Narayan, S. (2016). Does FDI influence renewable energy consumption? An analysis of sectoral FDI impact on renewable and non-renewable industrial energy consumption. *Energy Economics*, 54, 291-301.
- Farahati, M., Salimi, L., and Gholizadeh Aratabani, M. (2023). Methods of financing and consumption of renewable energies in developing countries. *Iranian Journal of Energy Economics*, 13(50), 49-76. (In Persian)
- Foster, E., Contestabile, M., Blazquez, J., Manzano, B., Workman, M., & Shah, N. (2017). The unstudied barriers to widespread renewable energy deployment: Fossil fuel price responses. *Energy Policy*, 103, 258-264.
- Geng, J.-B., & Ji, Q. (2016). Technological innovation and renewable energy development: evidence based on patent counts. *International Journal of Global Environmental Issues*, 15(3), 217-234.
- Grossman, G., and Krueger, A. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. National Bureau of Economics Research Working Paper, No. 3194. NBER, Cambridge.
- Howitt, P., & Aghion, P. (1998). Capital Accumulation and Innovation as Complementary Factors in Long-Run Growth. *Journal of Economic Growth*, 3(2), 111-130.
- Islam, S., Raihan, A., Ridwan, M., Rahman, M. S., Paul, A., Karmakar, S., Paul, P., Tanchangya, T., Rahman, J., & Jubayed, A. A. (2023). The Influences of Financial Development, Economic Growth, Energy Price, and Foreign Direct Investment on Renewable Energy Consumption in The BRICS. *Journal of Environmental and Energy Economics*, 2(2), 17-28.
- Kang, X., Khan, F. U., Ullah, R., Arif, M., Rehman, S. U., & Ullah, F. (2021). Does Foreign Direct Investment Influence Renewable Energy Consumption? Empirical Evidence from South Asian Countries. *Energies*, 14(12), 1-15.

Karlilar Pata, S., & Balcilar, M. (2025). Identifying the influence of climate policy uncertainty and oil prices on modern renewable energies: novel evidence from the United States. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 27(7), 2969-2980.

Khan, M. (2020). CO2 emissions and sustainable economic development: New evidence on the role of human capital. *Sustainable Development*, 28(5), 1279-1288.

Navas, A. (2019). Does FDI generate technological spillovers in the host country? Evidence from patent citations. *Economia Politica*, 36(2), 399-414.

Maktofi, A. (2019). *Investigating the relationship between renewable energy consumption, economic growth and oil prices*. Master's thesis, Faculty of Economics, Allameh Tabatabaei University. (In Persian)

Mahmood, N., Wang, Z., & Hassan, S. T. (2019). Renewable energy, economic growth, human capital, and CO2 emission: an empirical analysis. *Environmental science and pollution research international*, 25(4), 325-344.

Naimi, F., and Varahrami, V. (2022). Investigating the Relationship Between Renewable Energy Production and Employment in Selected OECD and OPEC Countries. *Energy Economics Modeling*, (1)1. (In Persian)

Rostan, P., Alami, S. N., & Rostan, A. (2024). Analysis and Projections of Foreign Direct Investments in Iraq. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 9(1), 166-178.

Raisi-Verkani, M., Khaghani, M., & Varahrami, V. (2024). The impact of financial development and foreign direct investment on renewable energy consumption in Iran. *Quarterly Journal of Environmental Economics and Natural Resources*, 4(9). (In Persian)

Schumpeter, J. A., & Swedberg, R. (2021). *The theory of economic development*. Routledge.

Simpson, B. D., Johnson, E., Adeleke, G. S., Amajuoyi, C. P., & Lande, O. B. S.-. (2024). Leveraging big data for agile transformation in technology firms: Implementation and best practices. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(3), 185-195.

Wang, Q., Hu, S., Ge, Y., & Li, R. (2023). Impact of eco-innovation and financial efficiency on renewable energy – Evidence from OECD countries. *Renewable Energy*, 217, 119232.

Xin, X.; Lyu, L. (2021), Spatial Differentiation and Mechanism of Technological Innovation Affecting Environmental Pollution in Major Chinese Cities. *Sci Geogr Sin*, 41, 129–139.