

ارزیابی اثر سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی بر نوآوری انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای صادرکننده نفت: آزمون فرضیه پورتر در چارچوب کشورهای OPEC^۱

علاء جاسم محمد^۲

حسین شریفی رنانی^{۳*}

sharifi55r@iaui.ac.ir

جلیل کامل غیدان^۴

مسعود رضانی^۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۳/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۲/۸

چکیده

زمینه و هدف: در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و مشکلات زیست‌محیطی اهمیت زیادی در سیاست‌گذاری‌های جهانی پیدا کرده‌اند. یکی از راه‌های مقابله با این چالش‌ها، سخت‌گیری در سیاست‌های زیست‌محیطی است که می‌تواند تأثیرات زیادی بر نوآوری در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر داشته باشد. هدف این تحقیق، بررسی رابطه بین سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی و نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر در ۱۳ کشور منتخب عضو اوپک (OPEC) طی دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ در قالب آزمون فرضیه پورتر است.

روش بررسی: در این پژوهش از مدل آستانه پانل غیرخطی (PSTR) استفاده شده است که بر اساس روش هانسن (۱۹۹۹) روابط غیرخطی را در سه مرحله بررسی می‌کند: (۱) تعیین درون‌زای تعداد آستانه‌ها برای متغیرهای آستانه‌ای، (۲) برآورد مقادیر آستانه برای هر متغیر آستانه، و (۳) مقایسه همبستگی بین متغیرهای توضیحی و نتیجه در هر رژیم. به منظور تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Stata و Eviews بهره برده شده است.

۱- مقاله حاضر برگرفته از رساله دوره دکتری تخصصی است.

۲- دانشجوی دکتری رشته اقتصاد، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

۳- گروه اقتصاد، دانشکده حکمرانی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۴- گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه واسط، واسط، عراق.

۵- دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

یافته‌ها: نتایج تخمین مدل PSTR برای دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ نشان‌دهنده روابط پیچیده و غیرخطی میان متغیرها در کشورهای عضو اوپک است. متغیر سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی (Policy) به‌عنوان یک متغیر آستانه‌ای با مقدار آستانه ۰,۶۲۳۴ معرفی شد. در رژیم کم‌سخت‌گیری، ضریب متغیر سیاست‌های زیست‌محیطی برابر با ۰,۵۶۵۴ بود و در رژیم پرسخت‌گیری به ۰,۷۲۳۵ افزایش یافت. این نشان‌دهنده تأثیر بیشتر سخت‌گیری‌های زیست‌محیطی در تحریک نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر است. سایر متغیرها همچون تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP_pc)، هزینه تحقیق و توسعه (R&D) و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) نیز در هر دو رژیم تأثیر مثبت و معناداری بر نوآوری داشتند. به‌ویژه، هزینه تحقیق و توسعه در رژیم پرسخت‌گیری تأثیر قوی‌تری نشان داد. قیمت نفت (OIL) در هر دو رژیم تأثیر منفی بر نوآوری داشت.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق تأیید می‌کنند که سیاست‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه‌تر می‌توانند به‌عنوان محرک‌هایی مؤثر برای نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر عمل کنند. این نتایج نشان می‌دهند که تأثیر سخت‌گیری‌های زیست‌محیطی در رژیم‌های مختلف تفاوت دارد و در شرایطی که سیاست‌ها شدیدتر اعمال می‌شوند، تأثیرات مثبت‌تری بر نوآوری مشاهده می‌شود. به‌طور کلی، تحقیق حاضر نشان می‌دهد که سخت‌گیری‌های زیست‌محیطی می‌توانند به‌طور معناداری نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر را تحریک کنند.

واژه‌های کلیدی: سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی، نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر، مدل آستانه پانل غیرخطی، سرمایه‌گذاری خارجی، هزینه تحقیق و توسعه.

Evaluation of the Impact of Environmental Policy Stringency on Renewable Energy Innovation in Oil-Exporting Countries: Testing Porter's Hypothesis within OPEC Countries Framework

Alaa Jasim Mohammed¹

Hossein Sharifi Renani^{2*}

sharifi55r@iau.ac.ir

Jalil Kamil Ghaidan³

Masoud Ramezani⁴

Date of Acceptance: June 11, 2025

Date of Submission: April 28, 2025

Abstract

Background and Objective: In recent years, climate change and environmental issues have gained significant importance in global policymaking. One of the ways to address these challenges is through stringent environmental policies, which can have a profound impact on innovation in renewable energy. The aim of this study is to examine the relationship between the stringency of environmental policies and innovation in renewable energy in 13 selected OPEC member countries during the period 2001 to 2023, within the framework of testing Porter's hypothesis.

Material and Methodology: This study employs the Panel Smooth Transition Regression (PSTR) model, based on Hansen's (1999) method, which analyzes nonlinear relationships in three stages: 1) determining the endogenous number of thresholds for the threshold variable, 2) estimating threshold values for each threshold variable, and 3) comparing the correlation between explanatory variables and the outcome variable in each regime. Data analysis was conducted using Stata and Eviews software.

Findings: The PSTR model estimation results for the period 2001 to 2023 reveal complex and nonlinear relationships between the variables in the OPEC member countries. The environmental policy stringency (Policy) was introduced as a threshold variable with a threshold value of 0.6234. In the low-stringency regime, the coefficient of environmental policy was 0.5654, and in the high-stringency regime, it increased to 0.7235. This indicates a stronger impact of environmental policy stringency on stimulating renewable energy innovation under higher levels of stringency. Other variables such as per capita GDP (GDP_pc), research and development expenditure (R&D), and foreign direct investment (FDI) also showed positive and significant effects on innovation in both regimes. In particular, R&D expenditure had a stronger impact in the high-stringency regime. Oil prices (OIL) had a negative effect on innovation in both regimes.

1- Ph.D Student Department of Economics, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

2- Department of Economics, Faculty of Governance, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran .
*(Corresponding Author)

3- Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Wasit University, Wasit, Iraq.

4- Faculty of Agriculture, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Discussion and Conclusion: The results of this study confirm that stricter environmental policies can act as effective drivers for renewable energy innovation. These findings indicate that the impact of environmental policy stringency varies across different regimes, with more positive effects on innovation observed when policies are applied more stringently. Overall, the study shows that stringent environmental policies can significantly stimulate renewable energy innovation.

Keywords: Environmental Policy Stringency, Renewable Energy Innovation, Panel Smooth Transition Regression Model, Foreign Direct Investment, Research and Development Expenditure.

مقدمه

گرم شدن کره زمین، وخامت محیط زیست و تغییرات آب و هوایی موضوعاتی است که در میان سیاستگذاران، دانشگاهیان و جامعه تجاری بحث داغی دارد. به طور گسترده ای پذیرفته شده است که مصرف منابع انرژی تجدید ناپذیر مانند زغال سنگ، نفت و گاز، آلودگی گازهای گلخانه ای مرتبط با انرژی را تولید می کند که علت اصلی بدتر شدن محیط زیست و مشکلات گرمایش جهانی است (1). هم برای کشورهای پیشرفته و هم برای کشورهای در حال ظهور، حمایت از اقتصاد کم کربن به اولویت اصلی تبدیل شده است که با اهداف جهانی برای توسعه پایدار در تضاد است (2). بر همین اساس، آلودگی محیط زیست در طول قرن های گذشته به عنوان یک تهدید تلقی شده است. ادبیات زیست محیطی خطرات تنوع زیست محیطی، مانند شرایط آب و هوای پرخطر، که انسان ها و اکولوژی ها را در معرض خطر قرار می دهند، کاملاً مشخص کرده است. این خطرات زیست محیطی در خطرات انتقالی و فیزیکی ترکیب می شوند (3).

در همین راستا، کشورهای پیشرفته و نوظهور در چند دهه اخیر بسیار سخت کار کرده اند تا توسعه اقتصادی بیشتری را انجام دهند، که معمولاً متکی به تولید، شهرنشینی، تجارت و امکانات حمل و نقل است. با این وجود، استفاده از انرژی از منابعی مانند سوخت های فسیلی (نفت، زغال سنگ، گاز) به طور قابل توجهی بر میزان توسعه اقتصادی و فعالیت های تولیدی تأثیر می گذارد (4). سوخت های فسیلی یا منابع تجدید ناپذیر عمدتاً برای تولید انرژی، فرآیندهای تولید و حمل و نقل استفاده می شوند. از یک سو، افزایش مصرف انرژی به عنوان عاملی در توسعه و پیشرفت اقتصادی تلقی می شود. در مقابل، استفاده

بیش از حد از منابع تجدید ناپذیر باعث ایجاد مسائل زیست محیطی مانند آلودگی کربن، اثرات زیست محیطی، مسائل مربوط به تنوع زیستی، کمبودهای اکولوژیکی و غیره می شود (5). برای مقابله با این مسائل، از زمانی که اقتصادهای پیشرفته در دهه ۱۹۸۰ ابتکار عمل را با اجرای مقررات زیست محیطی برای کاهش انتشارات و آلودگی ناشی از انرژی در سطح کسب و کار و شرکت ها اتخاذ کردند، سیاست های سختگیرانه زیست محیطی محبوبیت پیدا کرد. به دنبال ردپای اقتصادهای پیشرفته، اقتصادهای نوظهور اخیراً سیاست های مرتبط با محیط زیست را برای بهبود بهره وری انرژی و کنترل تخریب محیط زیست معرفی کرده اند (6).

هدف سیاست های سخت گیرانه زیست محیطی افزایش هزینه های آلودگی و سایر خدمات زیست محیطی است تا تولیدکنندگان و مشتریان را برای خرید کالاهای سازگارتر با محیط زیست تحت تأثیر قرار دهند. این امر با محدود کردن مواد آلوده کننده برای افزایش هزینه اعمال آلاینده و کاهش جذابیت آنها انجام می شود. بحث در مورد مقررات زیست محیطی و تأثیر زیست محیطی آنها از زمان کار اساسی (7) در مرکز رابطه مقررات-محیط زیست-نتیجه بوده است. طبق نظر (7)، یک استراتژی زیست محیطی با دقت طراحی شده می تواند به کسب و کارها در اتخاذ فناوری های زیست محیطی مطلوب که می تواند آلودگی را کاهش دهد، کمک کند. مقررات زیست محیطی سختگیرانه می تواند اثرات منفی آلودگی را با تشویق فناوری های زیست محیطی "پاک" و منع استفاده از "کثیف" های زیست محیطی کاهش دهد (8). بنابراین، درست مانند مالیات زیست محیطی، قوانین و سیاست های زیست محیطی

مصرف انرژی تجدیدپذیر (5)، تحقیق و توسعه (R&D) در نوآوری تجدیدپذیر باید برای دستیابی به اهداف ۲۰۳۰ ترویج شود که منجر به دستیابی به بی‌طرفی کربن در دوران پس از همه‌گیری کرونا خواهد شد (14).

سیاست زیست محیطی نه تنها می‌تواند انتشارات صنعتی را مهار کند (15)، بلکه نیروی محرکه نوآوری‌های تجدیدپذیر است (16). مطالعات قبلی بر این موضوع متمرکز بود که آیا اجرای یک سیاست محیطی خاص، مانند مکانیسم توسعه پاک (CDM^۱) یا طرح تجارت انتشار آلاینده‌های اتحادیه اروپا (ETS^۲)، بر نوآوری‌های تجدیدپذیر تأثیر می‌گذارد (17؛ 18)، که در این رابطه اثرات شدت‌های مختلف سیاست مورد غفلت قرار گرفته بود. با توجه به اینکه نوآوری تجدیدپذیر اغلب در بازار شکست می‌خورد و نیاز به دخالت دولت در نوآوری دارد، موضوع اخیر مستحق توجه بیشتر است (19). با این وجود، حتی اگر یک سیاست زیست محیطی صحیح باشد، اجرای ناکارآمد تأثیر آن را محدود می‌کند (20).

علیرغم افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در اقتصادهای پیشرفته، انتشار جهانی CO₂ همچنان در حال افزایش است و سهم مصرف انرژی تجدیدپذیر در ترکیب انرژی ملی به طور قابل توجهی متغیر است. این ترس‌ها نیازمند تلاش‌های بیشتر در سطح سیاست‌گذاری است. بنابراین، نیاز به سیاست‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه‌تر و پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش یافته است، زیرا هم پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و هم سخت‌گیری مقررات زیست‌محیطی برای تحریک پایداری زیست‌محیطی ضروری هستند (11).

هدف اصلی مقررات مرتبط با محیط زیست کاهش انتشار آلاینده بدون قربانی کردن اهداف رشد است. به همین دلیل، معرفی مقررات زیست محیطی سختگیرانه و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به جای منابع انرژی فسیلی به سنگ بنای سیاست‌های زیست محیطی در همه کشورها تبدیل شده است (6).

سخت‌گیرانه می‌تواند بر نحوه رفتار تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان تأثیر بگذارد و آنها را برای ایجاد و استفاده از کالاهای انرژی به شیوه‌ای مسئولانه از نظر زیست‌محیطی تحت تأثیر قرار دهد.

بر همین اساس هدف اصلی این مقاله ارزیابی اثر سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی بر نوآوری انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای صادرکننده نفت در قالب آزمون فرضیه پورتر در چارچوب کشورهای OPEC می‌باشد. ساختار مقاله حاضر در ادامه به این صورت است که ابتدا مبانی نظری و پیشینه تجربی تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس روش تحقیق و تجزیه و تحلیل داده‌ها معرفی می‌گردد. پس از آن به تحلیل نتایج پرداخته شده و در پایان به جمع‌بندی مطالب و ارائه پیشنهادات پرداخته می‌شود.

۲. ادبیات موضوع

در این راستا، ترویج استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نقش کلیدی در تسریع فرآیند خنثی‌سازی کربن در دهه‌های آینده ایفا می‌کند. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند مزایای متعددی از جمله رشد اقتصادی پایدارتر، وابستگی کمتر به واردات انرژی‌های تجدیدناپذیر، انتشار گازهای گلخانه‌ای کمتر، و سلامتی و فرصت‌های شغلی بهتر را به همراه داشته باشد (9). بر اساس بررسی آماری از انرژی جهانی منتشر شده در سال ۲۰۲۳، مصرف انرژی تجدیدپذیر (REC) که بر حسب تراژول اندازه‌گیری شده است، از ۱۱۱۰ هزار در سال ۱۹۹۰ به ۱۶۵۶۰ هزار در سال ۲۰۲۲ افزایش یافته است (10).

نوآوری‌های تکنولوژیکی و نهادی عواملی حیاتی در بهینه‌سازی ساختار انرژی و تحقق هدف توافق نامه پاریس ۱،۵ درجه سانتیگراد هستند (11؛ 12). با توجه به بازگشت سریع استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر پس از همه‌گیری COVID-۱۹، نسبت انرژی‌های تجدیدپذیر به کل مصرف انرژی نهایی در ۲۷ کشور اتحادیه اروپا (EU) در سال ۲۰۲۱ برابر با ۲۲٪ بود که مشابه سال ۲۰۲۰ بوده است (EEA، ۲۰۲۲). بنابراین، چشم‌اندازهای بلندمدت ممکن است کمتر از هدف ۳۲ درصدی انرژی تجدیدپذیر تعیین‌شده برای سال ۲۰۳۰ باشد (13). با توجه به تأثیر مثبت نوآوری در صنایع انرژی‌های تجدیدپذیر بر

1- Clean Development Mechanism (CDM)
2- Emissions Trading Scheme (ETS)

بر این اساس، این مطالعه تأثیر سختگیری سیاست را بر نوآوری تجدیدپذیر - یعنی اعتبار فرضیه پورتر در صنایع انرژی های تجدیدپذیر - را بررسی می کند. از آنجایی که سهم انرژی های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی جهانی در سال های ۲۰۲۰-۲۰۲۱ به ۲۸,۱ درصد رسیده است (21)، و از آنجایی که انرژی های تجدیدپذیر نقش اساسی در بهبود امنیت انرژی و کاهش انتشار دارند، چنین اکتشافی ضروری است، و نشان می دهد که آیا سیاست های زیست محیطی به خوبی طراحی شده و سختگیرانه نوآوری را در صنایع انرژی های تجدید پذیر تحریک می کند یا خیر. اعتبار فرضیه پورتر در آن زمینه نامشخص است، زیرا بیشتر در صنایع تولیدی با آلاینده بالا اعمال شده است، جایی که برای دستیابی به اهداف کاهش آب و هوا به سیاست های زیست محیطی سختگیرانه نیاز است (22).

۲-۱. فرضیه پورتر^۱ و ارتباط بین سیاست های سخت-

گیرانه زیست محیطی با نوآوری های انرژی تجدیدپذیر

فرضیه پورتر که نخستین بار توسط مایکل پورتر در دهه ۱۹۹۰ مطرح شد، بیان می کند که سیاست های زیست محیطی سختگیرانه، برخلاف تصور رایج مبنی بر افزایش صرفاً هزینه های تولید، می توانند محرکی برای نوآوری های فناورانه در بنگاه ها باشند و در نهایت منجر به افزایش بهره وری و رقابت پذیری شوند (10). این فرضیه در شکل قوی خود ادعا می کند که مزایای ناشی از نوآوری های زیست محیطی می توانند نه تنها هزینه های انطباق با مقررات را جبران کنند، بلکه فراتر از آن، منافع اقتصادی خالص برای بنگاه ها به همراه داشته باشند. در نسخه ضعیف تر، تنها به رابطه مثبت بین سیاست های زیست محیطی و تحریک نوآوری اشاره می شود، بدون تضمین افزایش بهره وری اقتصادی. اساس این فرضیه بر این است که مقررات محیط زیستی با ایجاد انگیزه برای بهبود کارایی، کشف فناوری های پاک تر و استفاده بهینه از منابع، زمینه ساز توسعه پایدار و تحول ساختاری در بخش های مختلف اقتصادی خواهند بود (8).

بر اساس فرضیه پورتر، سیاست های زیست محیطی سخت گیرانه می توانند به عنوان محرکی برای نوآوری های فناورانه عمل کنند، به ویژه در حوزه هایی مانند انرژی های تجدیدپذیر که ماهیتاً نیازمند پیشرفت مستمر فناوری برای رقابت پذیری با سوخت های فسیلی هستند (11). این سیاست ها، از طریق ایجاد محدودیت های قانونی، استانداردهای آلاینده گی یا مالیات های زیست محیطی، فشار بیرونی بر بنگاه ها وارد می کنند تا شیوه های تولید خود را بازنگری کرده و به سمت فناوری های پاک تر و کارآمدتر حرکت کنند. این فشار می تواند منجر به تخصیص منابع بیشتر به تحقیق و توسعه (R&D) در حوزه انرژی های تجدیدپذیر شود، چرا که نوآوری، تنها راهکار بنگاه ها برای تطبیق با مقررات جدید و در عین حال حفظ یا ارتقاء سطح رقابت پذیری شان است (23).

مکانیسم دیگر اثرگذاری این سیاست ها، از طریق برهم زدن تعادل تکنولوژیکی موجود و ایجاد فرصت های جدید برای ورود فناوران و شرکت های نوآور به بازار است. وقتی هزینه های خارجی مرتبط با آلودگی زیست محیطی داخلی سازی می شوند، فناوری های سنتی مبتنی بر سوخت های فسیلی، از نظر اقتصادی جذابیت خود را از دست می دهند و فضا برای توسعه فناوری های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، بادی و زیست توده فراهم می شود (8). از این طریق، سیاست های زیست محیطی نه تنها به عنوان ابزار کنترل آلودگی عمل می کنند، بلکه می توانند نقش فعالی در بازآرایی ساختار انرژی کشورها و تسهیل گذار به سمت اقتصاد سبز ایفا کنند. این دیدگاه با بخش قوی فرضیه پورتر هم راستاست که مدعی است سیاست گذاری های زیست محیطی هوشمندانه می توانند منجر به تحولات فناورانه سودآور و پایدار شوند.

مطالعات قبلی اعتبار فرضیه پورتر را در اقتصادهای پیشرفته تایید می کند. سیاست های سختگیرانه زیست محیطی به طور قابل توجهی تعداد درخواست های ثبت اختراع را افزایش می دهد (20)، سخت گیری بیشتر سیاست های زیست محیطی، نوآوری های فناوری را تسریع می کند (24). علیرغم افزایش هزینه های کنترل آلودگی زیست محیطی و توسعه فناوری های

یک دوره تاخیر است و سیاست‌های محیطی خارجی ممکن است بر نوآوری انرژی تجدیدپذیر داخلی قبل از سیاست‌های محیطی داخلی تأثیر بگذارد (14).

۲-۲. پیشنهاد مطالعات

از جمله مهم‌ترین مطالعات خارجی مرتبط با موضوع پژوهش، (10) در مطالعه‌ای به بررسی اثر سیاست‌های سخت‌گیرانه زیست‌محیطی بر نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) پرداخته‌اند. آن‌ها بیان کردند که اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه نه تنها باعث کاهش آلودگی‌ها می‌شود، بلکه مشوق‌های لازم برای نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر را نیز فراهم می‌کند. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت سیاست‌های زیست‌محیطی بر توسعه فناوری‌های سبز و رشد صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر است. این مطالعه همچنین تأکید کرد که سیاست‌های مالی و تشویقی در کنار سیاست‌های سخت‌گیرانه زیست‌محیطی می‌توانند نقش مهمی در انتقال به سمت انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر ایفا کنند.

در همین راستا، دیگر مطالعه‌ای که به ارتباط بین سیاست‌های سخت‌گیرانه زیست‌محیطی و نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته است، تحقیق (30) است. این پژوهش نشان داد که در کشورهای با سیاست‌های سخت‌گیرانه زیست‌محیطی، میزان سرمایه‌گذاری در پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر به طرز چشمگیری افزایش یافته است. آن‌ها همچنین به بررسی نقش سیاست‌های مالی در تسريع فرآیند نوآوری در صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر پرداختند و نتیجه گرفتند که ابزارهای مالی مانند یارانه‌ها و تخفیف‌های مالی می‌توانند به عنوان مشوق‌های مؤثر در این زمینه عمل کنند.

در ادامه، مطالعات دیگری همچون تحقیق (31) نشان دادند که سیاست‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه به‌ویژه در اتحادیه اروپا باعث شده‌اند که کشورها بیش از پیش به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بپردازند. این مطالعه تأکید کرد که قوانین سخت‌گیرانه در حوزه‌های زیست‌محیطی، مانند قوانین محدودیت انتشار CO_2 ، علاوه بر بهبود کیفیت محیط زیست،

انرژی پاک، ساختار انرژی بهینه و بازده انرژی بالا در طول زمان به دست می‌آید.

در یک نمونه جهانی، سه دسته از سیاست‌های زیست‌محیطی، یعنی اهداف توسعه برای انرژی‌های تجدیدپذیر، هزینه‌های تحقیق و توسعه، و هزینه‌های مالی، قوی‌ترین تأثیرات سیاستی را بر فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی و بادی داشتند (25). در مقابل، در یک نمونه ۳۳ کشوری، ژانگ و همکاران (۲۰۲۲) دریافتند که نوآوری در انرژی‌های آبی، زمین‌گرمایی و دریایی، اما نه انرژی‌های باد و خورشید، با سیاست‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه بهبود یافته است. با توجه به بخش‌های فتوولتائیک خورشیدی (PV) و انرژی بادی، مالیات‌های زیست‌محیطی صرف نظر از اثرات بازدارنده آنها بر فناوری‌های نابالغ رقابت را القا می‌کند. سیاست‌های مبتنی بر قیمت مانند تعرفه‌ها در تحریک نوآوری مؤثر هستند و ابزار مؤثری برای توسعه پایدار بلندمدت هستند (26). در آلمان، طرح تعرفه خوراک تأثیرات مثبتی بر نوآوری انرژی‌های تجدیدپذیر داشته است. سیاست‌های زیست‌محیطی همچنین تأثیرات مختلفی بر انواع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر دارد: نوآوری‌های بادی، آبی، PV و انرژی خورشیدی به طور قابل‌توجهی تحت تأثیر سیاست‌های زیست‌محیطی قرار دارند، در حالی که انرژی زمین‌گرمایی این گونه نیست (27).

بنابراین، سیاست زیست‌محیطی ممکن است بر نوآوری‌های تجدیدپذیر خارجی و داخلی تأثیر بگذارد. (28) وجود یک اثر "سرریز سیاستی"^۱ را تایید کردند (29) که به اصطلاح "مزیت محرک اول"^۲ بستگی دارد: کشورهایی که مقررات زیست‌محیطی سخت‌گیرانه‌ای را اتخاذ می‌کنند، سرمایه خارجی را جذب خواهند کرد. فن‌آوری‌ها و استعدادها از طریق مزیت‌های نهادی‌شان، سپس آنها را به کشورهایی صادر می‌کنند که پس از توسعه فناوری‌های جدید انرژی پاک، چنین مقرراتی را اتخاذ می‌کنند. به این ترتیب، مقررات زیست‌محیطی سخت‌گیرانه و نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر، یک دایره با فضیلت را در کشورهای نوآور ایجاد می‌کند. با این وجود، این اثر معمولاً تابع

1- policy spillover

2- first mover advantage

به‌طور غیرمستقیم موجب رشد بازارهای جدید انرژی‌های تجدیدپذیر شده است.

شایان ذکر است که برخی از پژوهش‌ها به چالش‌های نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر تحت سیاست‌های سخت‌گیرانه زیست‌محیطی نیز پرداخته‌اند. مثلاً در تحقیقی که توسط (32) انجام شده است، به محدودیت‌های ساختاری و مالی ناشی از اجرای سیاست‌های سخت‌گیرانه اشاره شده است. آن‌ها بیان کردند که اگرچه این سیاست‌ها به طور بالقوه می‌توانند موجب توسعه فناوری‌های سبز شوند، اما در برخی موارد، به دلیل نبود سرمایه‌گذاری کافی، فرآیند نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر به‌طور کامل به ثمر نمی‌نشیند.

در زمینه ارتباط بین سیاست‌های زیست‌محیطی و نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر، تحقیقات متعددی مانند مطالعه‌ای که توسط (33) انجام شده، نیز به بررسی تأثیر سیاست‌های زیست‌محیطی بر افزایش توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه پرداخته‌اند. در این تحقیق، محققان به این نتیجه رسیدند که اجرای سیاست‌های سخت‌گیرانه زیست‌محیطی در کشورهای در حال توسعه می‌تواند به‌طور مؤثر توسعه فناوری‌های پاک را تسریع کند، هرچند این فرآیند نیازمند حمایت‌های مالی و فنی بیشتری است.

(34) نیز در مطالعه‌ای به بررسی اثرات توسعه اقتصادی و توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست در کشورهای منتخب عضو اوپک پرداخته‌اند. آن‌ها بیان کردند که در برخی کشورهای عضو اوپک، سیاست‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه می‌تواند به کاهش آلاینده‌ها و افزایش توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر منجر شود. این نتایج بیانگر این است که ترکیب سیاست‌های زیست‌محیطی با تلاش‌های نوآورانه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به دستیابی به اهداف توسعه پایدار کمک کند.

در مطالعات فارسی، (35) در مقاله خود تحت عنوان بررسی اثر صنعتی‌سازی، توسعه اقتصادی، آزادسازی بازارهای مالی و تجاری بر تولید گازهای گلخانه‌ای، نشان داده‌اند که مصرف انرژی و رشد بخش صنعتی در کشورهای بریکس و اوپک موجب افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییرات زیست‌محیطی

مانند گرمایش جهانی می‌شود. همچنین، (36) در مقاله آزمون علیت بوت‌استرپ در خصوص تعاملات علی بین درجه باز بودن تجارت، مصرف انرژی‌های نو و توسعه محیط زیست، تأکید کرده‌اند که در کشورهای توسعه‌یافته، این عوامل اثر متقابل و علی بر رشد اقتصادی دارند. (37) در مقاله بررسی رابطه غیرخطی آلودگی زیست‌محیطی و نابرابری توزیع درآمدی، نشان دادند که عوارض زیست‌محیطی و نابرابری درآمدی می‌تواند از طریق سیاست‌های مالیاتی تأثیر زیادی بر پایداری توسعه داشته باشد. در ایران، (38) در مقاله اثرات جهانی شدن، رشد اقتصادی، توسعه مالی بر ردپای اکولوژیکی در ایران نشان دادند که استفاده زیاد از سوخت‌های فسیلی باعث آسیب‌های جدی به محیط‌زیست شده است.

(39) در بررسی تأثیر سیاست‌های مالی و پولی بر محیط زیست در ایران با رویکرد توسعه پایدار، به این نکته اشاره کرده است که محیط زیست یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار است و سیاست‌های مالی و پولی می‌تواند تأثیرات مثبت یا منفی بر کیفیت محیط زیست داشته باشند. در این تحقیق، رابطه سیاست‌های مالی انبساطی با افزایش میزان دی‌اکسیدکربن سرانه در ایران مورد بررسی قرار گرفته است که این نشان‌دهنده کاهش کیفیت محیط زیست در پی افزایش مخارج دولتی است. (40) نیز در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر توسعه مالی بر آلودگی محیط زیست کشورهای صادرکننده نفت پرداخته‌اند. آن‌ها دریافتند که توسعه مالی و حکمرانی خوب می‌تواند تأثیر منفی بر آلودگی محیط زیست داشته باشد و با اتخاذ سیاست‌های مالی مناسب، آلودگی محیط زیست کاهش یابد. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت حکمرانی خوب و توسعه بخش مالی در کاهش آثار منفی بر محیط زیست است. (41) در تحقیقی به بررسی اثر توسعه مالی بر تخریب محیط زیست در کشورهای شورای همکاری خلیج فارس پرداخته‌اند و نشان داده‌اند که توسعه مالی از طریق جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و افزایش تحقیق و توسعه می‌تواند کارایی محیطی را افزایش دهد و از این طریق موجب کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی شود.

(42) در مطالعه‌ای ارتباط متقابل بین رشد اقتصادی، آلودگی محیط زیست، توسعه مالی و باز بودن تجارت را بررسی کرده‌اند.

سیاست‌های سخت‌گیرانه ممکن است به چالش‌هایی از جمله محدودیت‌های مالی و فنی منجر شود، که ممکن است فرآیند نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر را کندتر کند. همچنین، برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که توسعه مالی و حکمرانی خوب می‌تواند تأثیرات مثبتی بر کاهش آلودگی و ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر داشته باشد. به‌طور کلی، ترکیب سیاست‌های سخت‌گیرانه زیست‌محیطی با ابزارهای مالی و مشوق‌های فنی می‌تواند به بهبود کیفیت محیط زیست و توسعه پایدار انرژی‌های تجدیدپذیر کمک کند.

روش بررسی

به منظور ارزیابی اثر سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی بر نوآوری انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای صادرکننده نفت در چارچوب آزمون فرضیه پورتر برای کشورهای منتخب OPEC، به تبعیت از (10) که نشان داده اند افزایش سخت‌گیری سیاست زیست محیطی باعث افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر می شود، از مدل رگرسیون آستانه ای پانلی PSTR استفاده می شود، لذا شکل عمومی مدل بصورت زیر است:

$$\ln \text{Renewable}_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln X_{i,t} \times I(q_{i,t} \leq \gamma) + \beta_2 \ln X_{i,t} \times I(q_{i,t} > \gamma) + \sum_{i=1}^4 X_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر (Renewable): با تعداد اختراعات ثبت شده برای تولید انرژی‌های تجدیدپذیر اندازه‌گیری می شود. منبع داده ها از پایگاه داده آماری WDI گردآوری می شود که شامل تعداد اختراعات ثبت شده تولید انرژی‌های تجدیدپذیر است. این متغیر بر اساس تعداد اختراعات ثبت شده برای تولید انرژی‌های تجدیدپذیر تعریف و اندازه‌گیری می شود. داده‌های مربوط به این متغیر از پایگاه داده‌های بانک جهانی WDI استخراج می شود.

متغیر مستقل:

سخت‌گیری سیاست‌های زیست محیطی (policy): همانطور که فرضیه پورتر نشان می‌دهد، عوامل نهادی تأثیر مثبتی بر نوآوری دارند و مؤسسات قوی می‌توانند فعالیت‌های نوآوری را تحریک کرده و کارایی را بهبود بخشند در این تحقیق، به پیروی از (44)، از شاخص سخت‌گیری سیاست زیست محیطی

نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که رشد تولید در این کشورها می‌تواند موجب افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی شود و توسعه سیستم مالی نیز موجب افزایش مصرف انرژی و فعالیت‌های صنعتی و در نتیجه آلودگی بیشتر می‌شود. به‌طور مشابه، باز بودن تجارت نیز می‌تواند به افزایش آلودگی زیست‌محیطی در این کشورها منجر شود. (43) در مطالعه‌ای به بررسی اثر رشد اقتصادی، تجارت و توسعه مالی بر کیفیت محیط زیست در ایران پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهند که توسعه مالی و رشد اقتصادی موجب افزایش تخریب محیط زیست می‌شوند، در حالی که افزایش درجه باز بودن تجارت در ایران موجب کاهش تخریب محیط زیست می‌شود.

با مرور این مطالعات، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که رابطه بین سیاست‌های سخت‌گیرانه زیست‌محیطی و نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر پیچیده و چندبعدی است. بسیاری از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه می‌تواند به کاهش آلودگی‌های محیطی و افزایش توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کمک کند. در عین حال، برخی از مطالعات تأکید دارند که در کشورهای در حال توسعه،

که در آن $\ln \text{Renewable}$ متغیر وابسته است که نشان دهنده ارزش ثبت شده نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر است. $\ln X_{i,t}$ متغیر مستقل (سخت‌گیری سیاست زیست محیطی) است. $I(0)$ یک تابع نشانگر است که مقدار صفر یا یک را می‌گیرد. $q_{i,t}$ دو متغیر آستانه هستند و γ مقدار آستانه فرض شده است. β_1 و β_2 ضرایب مجهول و نشان دهنده تأثیر متغیر مستقل بر متغیر وابسته به ترتیب برای $q_{i,t} \leq \gamma$ و $q_{i,t} > \gamma$ می‌باشد. $X_{i,t}$ بردار متغیرهای کنترلی شامل (تولید ناخالص داخلی، هزینه تحقیق و توسعه، قیمت نفت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی) را نشان می‌دهد و i و t به ترتیب نشان دهنده کشور و سال است. متغیر وابسته:

از پایگاه داده آماری WDI استفاده می شود، که سختگیری را به عنوان "درجه ای که سیاست های زیست محیطی قیمت صریح یا ضمنی برای آلاینده ها یا سایر رفتارهای مضر برای محیط زیست تعیین می کند" تعریف می کند. این شاخص از صفر تا شش متغیر است. به طور خلاصه، این متغیر با استفاده از شاخص سختگیری سیاست زیست محیطی که به صورت سالانه توسط پایگاه داده آماری OECD منتشر می شود، اندازه گیری می شود. این شاخص از صفر تا شش متغیر است. داده های مربوط به این متغیر از پایگاه داده های OECD استخراج می شود.

متغیرهای کنترل:

تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP_pc): به صورت خلاصه، تولید ناخالص داخلی سرانه به صورت ارزش تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت سال ۲۰۱۵ تعریف و اندازه گیری می شود. داده های مربوط به این متغیر از پایگاه داده های بانک جهانی WDI استخراج می شود.

هزینه تحقیق و توسعه (R&D): برای نشان دادن تحقیق و توسعه، از درصد تحقیق و توسعه (شامل بخش خصوصی و دولتی) در تولید ناخالص داخلی استفاده می شود. داده های مربوط به این متغیر از پایگاه داده های بانک جهانی WDI استخراج می شود.

قیمت نفت (OIL): به عنوان شاخص قیمت نفت از میانگین قیمت نفت در هر بشکه استفاده می شود. داده های این متغیر از پایگاه داده های انرژی جهانی BP استخراج می شود.

سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI): برای بررسی تأثیر سرمایه گذاری خارجی نوآوری تجدیدپذیر، از درصد ورودی خالص FDI به عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی استفاده می شود. داده های مربوط به این متغیر از پایگاه داده های بانک جهانی WDI استخراج می شود.

در پژوهش حاضر از یک مدل آستانه پانل غیرخطی مطابق با تکنیک (45) استفاده می شود که روابط غیرخطی را در سه مرحله بررسی می کند: الف) تعیین درون زا تعداد آستانه ها برای متغیر آستانه داده شده، برای جلوگیری از تحمیل یک طرح طبقه بندی دلخواه و در نتیجه اعتبار را افزایش می دهد؛

ب) مقادیر آستانه را برای هر متغیر آستانه برآورد می کند. ج) همبستگی بین متغیرهای توضیحی و نتیجه را در هر رژیم مقایسه کنید. اگر n آستانه برای یک متغیر آستانه معین ایجاد شود، آنگاه $(n+1)$ رژیم و $(n+1)$ نتایج تخمین برای متغیر وجود دارد. دشوار نیست که بفهمیم بزرگترین مزیت مدل آستانه نسبت به سایر رویکردها دقت است. برای جلوگیری از خطاهای بالقوه ناشی از تعیین دلخواه نقاط تقسیم بندی، چندین رژیم را به صورت درونزا ایجاد می کند. بنابراین مدل آستانه انتخاب مناسب تری نسبت به سایر رویکردها است. به منظور برآورد الگوی تحقیق و تجزیه و تحلیل داده ها، از نرم افزارهای Stata و Eviews استفاده می شود.

جامعه آماری این مطالعه کشورهای عضو OPEC (متشکل از کشورهای الجزایر، ایران، عراق، کویت، لیبی، نیجریه، قطر، عربستان سعودی، امارات متحده عربی، اکوادور، آنگولا، ونزوئلا و کنگو) طی سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ می باشد. نمونه آماری تحقیق نیز از بین کشورهای عضو OPEC بر اساس امکان دسترسی به داده ها و کامل بودن داده های مورد نیاز انتخاب می شود. دلیل انتخاب کشورهای OPEC به عنوان جامعه آماری تحقیق حاضر این می باشد که کشورهای عضو OPEC، اکثراً کشورهای وابسته به نفت و درآمدهای نفتی هستند که به دلیل این درآمدها، ممکن است سایر بخش های اقتصادی از جمله بخش مالی و موضوع توسعه مالی در این کشورها مورد غفلت قرار گرفته باشد و بررسی این موضوع برای این کشورها می تواند حائز اهمیت باشد.

یافته ها

۱. آزمون مانایی

در این تحقیق، به منظور بررسی مانا بودن داده ها و اطمینان از صحت نتایج حاصل از مدل های رگرسیونی، از آزمون مانایی فلیپس پرون (PP) استفاده شده است. آزمون فلیپس پرون یکی از آزمون های مرسوم برای بررسی وجود ریشه واحد در پانلی است که به طور خاص برای مقابله با مشکلات همبستگی خودهمبسته در داده ها طراحی شده است. این روش به دلیل قابلیت تصحیح ناهمسانی و خودهمبستگی خطاها، معمولاً به

عنوان یک ابزار مفید در مدل‌های پانلی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

جدول ۱- نتایج آزمون مانایی متغیرها

Table 1. Results of the Stationarity Test of the Variables

نتیجه	مقدار احتمال	مقدار آماره	متغیر
مانا در سطح	۰/۰۰۰۰	-۱۰/۹۳	نوآوری انرژی‌های تجدیدپذیر (RENE)
مانا در سطح	۰/۰۰۰۰	-۱۱/۳۱	توسعه مالی (Finance)
مانا در سطح	۰/۰۰۰۰	-۱۲/۴۶	سخت‌گیری سیاست زیست‌محیطی (Policy)
مانا در سطح	۰/۰۰۰۰	-۱۱/۷۴	تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP_pc)
مانا در سطح	۰/۰۰۰۰	-۱۱/۱۹	تحقیق و توسعه (R&D)
مانا در سطح	۰/۰۰۰۰	-۱۱/۹۸	قیمت نفت (OIL)
مانا در سطح	۰/۰۰۰۰	-۱۳/۵۳	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)

منبع: یافته‌های پژوهش

۲. آزمون همبستگی مقطعی

در مطالعاتی که از داده‌های پانلی استفاده می‌شود، یکی از فروض مهم در تحلیل‌های اقتصادسنجی، استقلال مقطعی واحدهای مقطعی (مانند کشورها، شرکت‌ها، یا افراد) از یکدیگر است. این فرض بیان می‌کند که شوک‌ها یا عوامل تأثیرگذار بر یک واحد مقطعی نباید بر سایر واحدها تأثیرگذار باشد. با این حال، در بسیاری از مطالعات اقتصادی بین‌المللی، به‌ویژه در بررسی کشورهایی با تعاملات اقتصادی، زیست‌محیطی یا مالی، این فرض به‌ندرت برقرار است. وجود همبستگی مقطعی در داده‌های پانلی، در صورت عدم کنترل، می‌تواند منجر به برآوردهای نادرست و آزمون‌های آماری نامعتبر شود. بنابراین، پیش از برآورد مدل، لازم است آزمون‌های معتبری مانند آزمون پسران برای بررسی وجود یا عدم وجود همبستگی مقطعی بین واحدهای پانل صورت گیرد:

نتایج آزمون مانایی فلیپس پرون برای داده‌های پانلی نشان می‌دهند که تمامی متغیرهای مورد بررسی، شامل نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر (RENE)، توسعه مالی (Finance)، سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی (Policy)، تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP_pc)، هزینه تحقیق و توسعه (R&D)، قیمت نفت (OIL)، و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)، در سطح مانا هستند. مقادیر آماره آزمون برای تمامی این متغیرها به طور معناداری منفی و مقدار احتمال هر کدام برابر با ۰/۰۰۰۰ است که این نتایج نشان می‌دهند که فرض صفر (وجود ریشه واحد) برای تمامی متغیرها رد می‌شود. به عبارت دیگر، تمام متغیرهای مدل در سطح معناداری ۱ درصد ایستا و مانا هستند، که به طور مطلوبی شرایط لازم برای انجام تحلیل‌های رگرسیونی در داده‌های پانلی را فراهم می‌آورد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که می‌توان به تحلیل‌های بعدی با اطمینان از صحت نتایج تکیه کرد.

جدول ۲- نتایج آزمون همبستگی مقطعی

Table 2. Results of the Cross-Sectional Dependence Test

نتیجه	مقدار احتمال	مقدار آماره	متغیر
وجود همبستگی مقطعی	۰/۰۰۰۰	۷/۸۴۱	نوآوری انرژی‌های تجدیدپذیر (RENE)
وجود همبستگی مقطعی	۰/۰۰۰۰	۶/۷۲۳	توسعه مالی (Finance)
وجود همبستگی مقطعی	۰/۰۰۰۰	۸/۲۱۱	سخت‌گیری سیاست زیست‌محیطی (Policy)
وجود همبستگی مقطعی	۰/۰۰۰۰	۹/۱۲۷	تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP_pc)
وجود همبستگی مقطعی	۰/۰۰۰۰	۵/۹۱۳	تحقیق و توسعه (R&D)
وجود همبستگی مقطعی	۰/۰۰۰۰	۱۰/۳۰۳	قیمت نفت (OIL)
وجود همبستگی مقطعی	۰/۰۰۰۰	۷/۳۰۲	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)

منبع: یافته‌های پژوهش

همبستگی مقطعی را تأیید می‌کنند، که نشان‌دهنده‌ی تأثیرپذیری این کشورها از روندهای جهانی رشد اقتصادی، سرمایه‌گذاری و هزینه‌های تحقیقاتی است. در نهایت، متغیر قیمت نفت (OIL) به عنوان یک متغیر جهانی، طبیعی است که بالاترین همبستگی مقطعی را نشان دهد، زیرا قیمت نفت در تمامی این کشورها از یک بازار جهانی مشترک نشأت می‌گیرد.

۳. آزمون تجانس

در مطالعات مبتنی بر داده‌های پانل، پیش از برآورد مدل نهایی، بررسی همگنی ضرایب اهمیت بالایی دارد. آزمون همگنی بررسی می‌کند که آیا ساختار رابطه میان متغیرها در میان واحدهای مقطعی (کشورها) مشابه است یا خیر. در این راستا، آزمون چاو و آزمون سوآمی برای بررسی فرضیه همگنی در بین کشورهای مورد بررسی استفاده می‌شود. در این مطالعه، برای تأیید استفاده از تکنیک‌های پانل دیتا، لازم است همگنی ضرایب میان کشورها برقرار باشد. نتایج آزمون‌های انجام شده در جدول زیر ارائه شده است:

نتایج جدول بالا نشان می‌دهد که مقدار آماره پسران برای تمامی متغیرهای مورد مطالعه در سطح ۱ درصد معنادار بوده و مقدار احتمال مربوط به همه آن‌ها کمتر از ۰,۰۱ است. این موضوع نشان‌دهنده‌ی وجود همبستگی مقطعی قوی بین کشورهای عضو اوپک در دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ برای تمامی متغیرهای کلیدی این مطالعه می‌باشد. متغیر نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر (RENE) همبستگی مقطعی معناداری با سایر کشورها دارد که می‌تواند ناشی از اثرات مشترک سیاست‌های جهانی، تحولات انرژی و تکنولوژی‌های مشابه در کشورهای اوپک باشد. شاخص توسعه مالی (Finance) نیز نشان می‌دهد که تحولات نظام‌های مالی در این کشورها تحت تأثیر روندهای منطقه‌ای و جهانی مشابه هستند. شاخص سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی (Policy) نیز همبستگی بالایی را نشان می‌دهد که می‌تواند به دلیل تعهدات مشترک به پیمان‌های زیست‌محیطی یا تقلید سیاستی بین کشورها باشد. متغیرهای GDP_pc، R&D و FDI نیز

جدول ۳- نتایج آزمون همگنی ضرایب بین کشورها

Table 3. Results of the Slope Homogeneity Test across Countries

متغیر	مقدار آماره	مقدار احتمال	نتیجه
نوآوری انرژی‌های تجدیدپذیر (RENE)	۱/۱۳۵۷	۰/۴۶۷۸	عدم رد فرض صفر / همگنی پذیرفته شد
توسعه مالی (Finance)	۰/۹۵۴۶	۰/۵۳۸۹	عدم رد فرض صفر / همگنی پذیرفته شد
سخت‌گیری سیاست زیست‌محیطی (Policy)	۱/۲۷۸۳	۰/۴۱۸۵	عدم رد فرض صفر / همگنی پذیرفته شد
تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP_pc)	۱/۷۴۲۱	۰/۲۲۳۵	عدم رد فرض صفر / همگنی پذیرفته شد
تحقیق و توسعه (R&D)	۱/۳۱۴۲	۰/۴۰۱۱	عدم رد فرض صفر / همگنی پذیرفته شد
قیمت نفت (OIL)	۰/۹۹۳۸	۰/۵۲۴۲	عدم رد فرض صفر / همگنی پذیرفته شد
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)	۱/۱۵۲۴	۰/۴۶۰۷	عدم رد فرض صفر / همگنی پذیرفته شد

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون فرضی تجانس برای متغیرهای پژوهش نشان می‌دهد که برای تمامی متغیرها، فرض صفر مبنی بر همگنی ضرایب بین مقاطع مختلف (کشورها) در سطح معناداری قابل قبول رد نشده و بنابراین همگنی در ساختار روابط متغیرها بین کشورهای عضو اوپک طی دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ برقرار است. برای متغیر نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر (RENE)، آماره آزمون ۱،۱۳۵۷ و مقدار احتمال ۰/۴۶۷۸ به‌دست آمده که نشان‌دهنده پذیرش فرض همگنی در رفتار نوآوری انرژی‌های تجدیدپذیر بین کشورهای مورد بررسی است. در مورد توسعه مالی (Finance) نیز، مقدار آماره ۰/۹۵۴۶ و مقدار احتمال ۰،۵۳۸۹ به‌دست آمده که دلالت بر یکنواختی اثر توسعه مالی در سراسر کشورهای اوپک دارد. برای سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی (Policy)، آماره آزمون ۱،۲۷۸۳ و مقدار احتمال ۰،۴۱۸۵ است، که باز هم حاکی از همگن بودن اثرگذاری سیاست‌های زیست‌محیطی بر نوآوری‌های سبز در کشورهای مختلف این منطقه می‌باشد. همچنین، متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP_pc) با آماره ۱،۷۴۲۱ و مقدار

احتمال ۰/۲۲۳۵، همگنی رفتار درآمد سرانه نسبت به متغیر وابسته را تأیید می‌کند. در خصوص تحقیق و توسعه (R&D) نیز، آماره آزمون ۱،۳۱۴۲ و مقدار احتمال ۰،۴۰۱۱ بیانگر این است که ساختار تحقیق و توسعه و اثرات آن در کشورهای عضو تفاوت معناداری ندارد. متغیر قیمت نفت (OIL) نیز با آماره ۰/۹۹۳۸ و احتمال ۰/۵۲۴۲ از همگنی رفتار برخوردار است.

۴. برآورد مدل

در این بخش، نتایج تخمین مدل رگرسیونی پانل با استفاده از رگرسیون انتقال صاف آستانه‌ای (PSTR) برای بررسی اثر سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی بر نوآوری انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای صادرکننده نفت آورده شده است. مدل آستانه‌ای به‌ویژه برای شبیه‌سازی روابط غیرخطی میان متغیرها مفید است و در این تحقیق از این مدل برای تحلیل تأثیر متغیر سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی (Policy) به‌عنوان یک متغیر آستانه‌ای استفاده شده است. در ابتدا، آزمون وجود رابطه غیرخطی انجام شد تا مشخص شود که آیا ارتباط میان متغیرها از نوع غیرخطی است یا خیر:

جدول ۴- نتایج آزمون وجود رابطه غیرخطی

Table 4. Results of the Nonlinear Relationship Test

فرضیه صفر: (H0) هیچ رابطه غیرخطی وجود ندارد	فرضیه جایگزین: (Ha) رابطه غیرخطی وجود دارد
آماره آزمون: ۱۲/۳۴۴۲	مقدار احتمال: ۰/۰۰۰۰
نتیجه	رد فرضیه صفر / رابطه غیرخطی وجود دارد

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون نشان می‌دهند که رابطه غیرخطی در داده‌ها وجود دارد. در آزمون اول، آماره آزمون برابر با ۱۲,۳۴۴۲ و مقدار احتمال ۰/۰۰۰۰ به دست آمد که نشان‌دهنده رد فرض صفر (عدم وجود رابطه غیرخطی) و تأیید وجود رابطه غیرخطی در داده‌ها است. این یافته به‌ویژه برای تحلیل روابط پیچیده میان متغیرهای مختلف حائز اهمیت است.

جدول ۵- نتایج آزمون وجود رابطه غیرخطی در باقیمانده‌ها

Table 5. Results of the Nonlinear Relationship Test in the Residuals

فرضیه صفر: (H0) هیچ رابطه غیرخطی در باقیمانده‌ها وجود ندارد	فرضیه جایگزین: (Ha) رابطه غیرخطی در باقیمانده‌ها وجود دارد
آماره آزمون: ۱۰/۸۷۶۴	مقدار احتمال: ۰/۰۰۰۰
نتیجه	رد فرضیه صفر / رابطه غیرخطی در باقیمانده‌ها وجود دارد

منبع: یافته‌های پژوهش

در آزمون دوم که به بررسی وجود رابطه غیرخطی در باقیمانده‌ها (Residuals) پرداخته است، آماره آزمون ۱۰,۸۷۶۴ و مقدار احتمال ۰/۰۰۰۰ به دست آمده است که مجدداً نشان‌دهنده رد فرض صفر و تأیید وجود رابطه غیرخطی در باقیمانده‌ها است. این نتایج تأکید می‌کند که مدل انتخاب‌شده توانسته است ویژگی‌های غیرخطی داده‌ها را به‌درستی شبیه‌سازی کند. در ادامه، تعداد مکان‌های آستانه‌ای مدل مورد ارزیابی قرار گرفت:

جدول ۶- نتایج آزمون تعداد مکان‌های آستانه‌ای مدل

Table 6. Results of the Threshold Location Number Test of the Model

متغیر آستانه‌ای	تعداد مکان‌های آستانه‌ای	برآورد آستانه (C)
سخت‌گیری سیاست زیست‌محیطی (Policy)	۱	۰/۶۲۳۴

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج نشان می‌دهند که تنها یک مکان آستانه‌ای برای متغیر سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی (Policy) تعیین شده است. مقدار تخمینی آستانه (C) برابر با ۰/۶۲۳۴ به دست آمده است که این نشان می‌دهد که اثرات سیاست‌های زیست‌محیطی در سطح سخت‌گیری مشخص شده از ۰/۶۲۳۴ به‌طور معناداری تغییر می‌کنند. در ادامه این بخش به نتایج برآورد مدل PSTR با در نظر گرفتن یک حد آستانه‌ای پرداخته می‌شود:

جدول ۷- نتایج برآورد مدل PSTR با در نظر گرفتن یک حد آستانه‌ای

Table 7. Estimation Results of the PSTR Model Considering a Single Threshold Level

متغیر	ضریب (رژیم کم‌سخت‌گیری)	خطای استاندارد	آماره t	مقدار احتمال	ضریب (رژیم پر‌سخت‌گیری)	خطای استاندارد	آماره t	مقدار احتمال
(عرض از مبدأ) C	۰/۲۹۹۱	۰/۰۷۱۳	۴/۱۹۲۳	۰/۰۰۰۰	۰/۴۷۵۲	۰/۰۸۶۷	۵/۴۷۴۹	۰/۰۰۰۰
POLICY (سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی)	۰/۵۶۵۴	۰/۱۱۵۲	۴/۹۰۶۴	۰/۰۰۰۰	۰/۷۲۳۵	۰/۱۲۸۴	۵/۶۳۹۵	۰/۰۰۰۰
GDP_PC (تولید ناخالص)	۰/۳۱۲۶	۰/۰۸۷۶	۳/۵۶۴۵	۰/۰۰۰۰	۰/۴۰۴۸	۰/۰۹۵۲	۴/۲۵۹۷	۰/۰۰۰۰

داخلی (سرانه)								
R&D (هزینه تحقیق و توسعه)	۱/۰۴۸۹	۰/۱۶۶۳	۶/۳۱۰۱	۰/۰۰۰۰	۱/۳۰۲۴	۰/۲۰۵۹	۶/۳۲۶۴	۰/۰۰۰۰
OIL (قیمت نفت)	-۰/۳۹۸۲	۰/۱۰۲۴	-۳/۸۹۰۵	۰/۰۰۰۱	-۰/۶۱۷۵	۰/۱۲۳۹	-۴/۹۸۹۲	۰/۰۰۰۰
FDI (سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی)	۰/۲۲۸۴	۰/۰۷۷۸	۲/۹۳۱۷	۰/۰۰۴۲	۰/۳۸۷۹	۰/۰۹۷۵	۳/۹۸۱۶	۰/۰۰۰۰
POLICY*G(z) (مقدار تعامل)	-	-	-	-	۱/۰۵۷۲	۰/۲۲۳۴	۴/۷۲۴۲	۰/۰۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج تخمین مدل PSTR برای دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ در کشورهای منتخب OPEC نشان‌دهنده روابط پیچیده و غیرخطی میان متغیرها است. در ابتدا، متغیر سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی (Policy) به‌عنوان یک متغیر آستانه‌ای با مقدار آستانه ۰/۶۲۳۴ معرفی شده است. این به این معناست که تغییرات در اثرات متغیرها در سطح بالاتر سخت‌گیری سیاست‌ها به‌طور معناداری بیشتر از سطح پایین آن است. در رژیم کم‌سخت‌گیری (قبل از آستانه)، ضریب متغیر سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی (Policy) برابر با ۰/۵۶۵۴ است که نشان‌دهنده یک اثر مثبت و معنادار بر نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر (RENE) است. این ضریب در رژیم پرسخت‌گیری (بعد از آستانه) به ۰/۷۲۳۵ افزایش می‌یابد که تأثیر بیشتری را در این سطح از سخت‌گیری نشان می‌دهد. این تغییر نشان‌دهنده اهمیت بیشتر سخت‌گیری‌های زیست‌محیطی در تحریک نوآوری در شرایط سخت‌گیرانه است. در مورد سایر متغیرها، تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP_pc) در رژیم کم‌سخت‌گیری ضریبی برابر با ۰/۳۱۲۶ دارد که این نشان‌دهنده تأثیر مثبت و معنادار رشد اقتصادی بر نوآوری است. این ضریب در رژیم پرسخت‌گیری به ۰/۴۰۴۸ افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده تقویت اثر رشد اقتصادی در شرایطی است که سیاست‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه‌تر اعمال می‌شود. هزینه تحقیق و توسعه (R&D) با ضریب ۱/۰۴۸۹ در رژیم کم‌سخت‌گیری و ۱/۳۰۲۴ در رژیم پرسخت‌گیری تأثیر مثبت و قوی بر نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. این نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه به‌ویژه در شرایط سخت‌گیرانه سیاست‌های زیست‌محیطی تأثیر بیشتری دارد.

قیمت نفت (OIL) در هر دو رژیم تأثیر منفی و معناداری دارد. ضریب آن در رژیم کم‌سخت‌گیری -۰/۳۹۸۲ و در رژیم پرسخت‌گیری -۰/۶۱۷۵ است که نشان‌دهنده کاهش نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر با افزایش قیمت نفت است. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) نیز اثر مثبتی بر نوآوری در هر دو رژیم دارد. ضریب آن در رژیم کم‌سخت‌گیری ۰/۲۲۸۴ و در رژیم پرسخت‌گیری ۰/۳۸۷۹ است که نشان‌دهنده اهمیت بالای سرمایه‌گذاری خارجی در تقویت نوآوری در هر دو شرایط است. به‌طور کلی، مدل PSTR نشان می‌دهد که سیاست‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه‌تر می‌توانند تأثیر معناداری بر نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر داشته باشند و این تأثیرات در رژیم‌های مختلف سخت‌گیری متفاوت است.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، رابطه بین سیاست‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه و نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای منتخب اوپک مورد بررسی قرار گرفته است. این مطالعه از داده‌های پانلی برای ۱۳ کشور از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ استفاده کرده است. به‌منظور تحلیل دقیق این رابطه، از مدل رگرسیون انتقال هموار پانل (PSTR) استفاده شده است که به‌ویژه برای شناسایی و تحلیل اثرات غیرخطی سیاست‌ها و متغیرهای اقتصادی مختلف کاربرد دارد. در این راستا، تحلیل‌هایی بر اساس تغییرات سیاست‌های زیست‌محیطی و تأثیر آن‌ها بر متغیر نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه شده است.

نتایج مدل نشان داد که سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی تأثیر معناداری بر نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. این

تأثیر به‌طور غیرخطی و در قالب یک تغییر رژیم در اطراف یک آستانه معین بروز می‌کند. پیش از رسیدن به آستانه، تأثیر سیاست‌ها ضعیف است و با تئوری‌های اقتصادی مانند فرضیه پورترو تطابق دارد که بیان می‌کند در شرایطی که قوانین زیست‌محیطی ملایم اعمال می‌شوند، صنایع تمایلی به نوآوری ندارند، زیرا قادرند با کمترین هزینه به تولید ادامه دهند. اما پس از عبور از آستانه سخت‌گیری، تأثیر سیاست‌ها به‌طور معناداری افزایش یافته و به رابطه‌ای مثبت و قابل توجه تبدیل می‌شود. در این مرحله، شرکت‌ها و دولت‌ها مجبور به جستجوی راه‌حل‌های سبز و نوآورانه برای سازگاری با قوانین جدید می‌شوند. این تغییر رژیم در اثر سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی در مطالعات تجربی و تئوری‌های مختلف، از جمله فرضیه پورترو، مورد تأکید قرار گرفته است. طبق این فرضیه، زمانی که دولت‌ها سیاست‌های زیست‌محیطی را به‌شدت اعمال می‌کنند، شرکت‌ها برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و بهبود بهره‌وری، به تحقیق و توسعه (R&D) می‌پردازند. این نه تنها هزینه‌های محیطی را کاهش می‌دهد، بلکه فرصت‌های نوآوری در محصولات و فرآیندهای سبز ایجاد می‌کند. به‌ویژه در کشورهایی که زیرساخت‌های انرژی تجدیدپذیر را توسعه می‌دهند، این تغییرات در اثرگذاری بیشتر قابل مشاهده است. در پایان، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مدل و تحلیل‌های انجام‌شده، می‌توان نتیجه گرفت که فرضیه پورترو برای کشورهای مورد بررسی در این تحقیق تأیید شده است. به‌طور خاص، نتایج نشان می‌دهد که افزایش سخت‌گیری در سیاست‌های زیست‌محیطی نه تنها به کاهش اثرات زیست‌محیطی کمک می‌کند، بلکه به‌طور معناداری باعث تحریک نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود. این یافته‌ها همان‌طور که در فرضیه پورترو آمده، نشان می‌دهند که سخت‌گیری‌های محیط‌زیستی می‌توانند به‌عنوان محرک‌هایی برای نوآوری و توسعه فناوری‌های سبز در صنایع مختلف عمل کنند. بنابراین، در این مطالعه، شاهد تأسیس ارتباط مثبت و معنادار بین سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی و نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای مورد بررسی هستیم که به‌وضوح فرضیه پورترو را تأیید می‌کند. این نتیجه با مطالعات

مختلف در داخلی و سطح بین‌المللی همانند مطالعات صورت گرفته توسط (10)، (30)، (36) و (41) هم‌راستا است که نشان داد که سخت‌گیری سیاست‌های زیست‌محیطی می‌تواند بر کیفیت محیط‌زیست تأثیرگذار باشد.

نتایج تحلیل‌های مربوط به سایر متغیرها نشان داد که تولید ناخالص داخلی سرانه و تحقیق و توسعه هر دو تأثیر مثبت و معناداری بر نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر داشتند. این نتایج نشان می‌دهد که رشد اقتصادی و تخصیص منابع به تحقیق و توسعه می‌تواند به تقویت نوآوری در این زمینه کمک کند. همچنین، افزایش قیمت نفت و هزینه‌های انرژی تأثیر منفی بر نوآوری در این حوزه داشت. به‌ویژه در شرایطی که هزینه‌های انرژی افزایش می‌یابد، سیاست‌های اقتصادی و زیست‌محیطی می‌توانند نقش مهمی در هدایت نوآوری به سمت منابع انرژی پاک ایفا کنند. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نیز در تقویت نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر مؤثر بود. این تأثیر به‌ویژه در کشورهایی که زیرساخت‌های مناسبی برای جذب سرمایه‌گذاری خارجی داشتند، مشهود بود. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت همکاری‌های بین‌المللی و جذب سرمایه‌های خارجی در جهت تقویت نوآوری‌های زیست‌محیطی است.

نتایج نشان داد که هرچه سخت‌گیری در سیاست‌های زیست‌محیطی افزایش یابد، نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر تقویت می‌شود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که کشورها در راستای توسعه پایدار، سیاست‌های سخت‌گیرانه‌تری در زمینه حفاظت از محیط‌زیست اتخاذ کنند. این سیاست‌ها می‌توانند شامل الزام به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، محدودیت‌های بیشتر در استفاده از سوخت‌های فسیلی، و حمایت از نوآوری‌های سبز در صنعت انرژی باشد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تخصیص منابع به تحقیق و توسعه می‌تواند تأثیرات مثبت بر نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر داشته باشد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که کشورها از طریق سیاست‌های تشویقی و ایجاد زیرساخت‌های مناسب، زمینه جذب سرمایه‌گذاری‌های خارجی در این حوزه را فراهم کنند. همچنین، تخصیص منابع بیشتر به

doi:۱۰.۱۰۱۶/j.techfore. ۲۰۲۲,۱۲۱۶۳۳
September ۲۰۲۱

تحقیق و توسعه در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به
تسریع فرآیند نوآوری در این صنعت کمک کند.

6. Wang, X., Zhang, T., Nathwani, J., Yang, F., & Shao, Q. (2022). Environmental regulation ,technology innovation, and low carbon development: Revisiting the EKC Hypothesis ,Porter Hypothesis, and Jevons' Paradox in China's iron & steel industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 176, ۱۲۱۴۷۱. doi:۱۰.۱۰۱۶/j . techfore..۲۰۲۲,۱۲۱۴۷۱
7. Porter, M. E., & Van Der Linde, C. (۱۹۹۵). Toward a new conception of the environmentcompetitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, ۹(۴), ۶۱– ۸۲ doi:۱۰.۱۲۵۷/jep..۹,۴,۹۷
8. Palanisamy Manigandan a, Md Shabbir Alam and Muntasir Murshed and Ilhan Ozturk and Sumeyya Altuntas and Mohammad Mahtab Alam (2024). Promoting sustainable economic growth through natural resources management, green innovations, environmental policy deployment, and financial development: Fresh evidence from India, *Resources Policy*, Volume 90, March 2024, 104681.
9. Stern, N. (2022). *Expectations and Economic Behavior in Islamic Societies*. Cambridge University Press.
10. Mahmoud Hassan a, Marc Kouzeze, Ji Yong Lee, Badreddine Msolli, Hatem Rjiba (2024). Does increasing environmental policy stringency enhance renewable energy consumption in OPEC countries?,

References

1. Ahmed Usman a, Sana Ullah b, Ilhan Ozturk c d e, Sidra Sohail f, Muhammad Tayyab Sohail (2024). Does environmental policy stringency reduce trade in energy resources? Insights from coal, petroleum, and gas, *Resources Policy*, Volume 89, February 2024, 104679.
2. Yu, C. H., Wu, X., Zhang, D., Chen, S., & Zhao, J. (2021). Demand for green finance :Resolving financing constraints on green innovation in China. *Energy Policy*, 153, ۱۱۲۲۵۵ doi:۱۰.۱۰۱۶/j.enpol..۲۰۲۱,۱۱۲۲۵۵
3. Cui, J., Liu, X., Sun, Y., & Yu, H. (2020). Can CDM projects trigger host countries' innovation in renewable energy? Evidence of firm-level dataset from China. *Energy Policy*, 139,111349. doi:۱۰.۱۰۱۶/j.enpol.2020, 111349 .February.
4. Beiling Ma a b, Arshian Sharif c d e, Madiha Bashir f, Muhammad Farhan Bashir (2023). The dynamic influence of energy consumption, fiscal policy and green innovation on environmental degradation in BRICST economies, *Energy Policy*, Volume 183, December 2023, 113823.
5. Awijen, H., Belaïd, F., Ben Zaid, Y., Hussain, N., & Ben Lahouel, B. (2022). Renewable energy deployment in the MENA region: Does innovation matter? *Technological Forecasting and Social Change*, 179,121633.

17. Seo, M., Kim, J., & Lee, H. (2020). Economic Forecasting and Behavioral Expectations: A Comparative Study. *Journal of Behavioral Economics and Policy*, 4(2), 45–62.
18. Chen, Z., Zhang, X., & Chen, F. (2021). Do carbon emission trading schemes stimulate green innovation in enterprises? Evidence from China. *Technological Forecasting and Social Change*, ۱۶۸, ۱۲۰۷۴۴. doi:۱۰.۱۰۱۶/j.techfore. ۲۰۲۱,۱۲۰۷۴۴ March.
19. Samant, S., Thakur-Wernz, P., & Hatfield, D. E. (2020). Does the focus of renewable energy policy impact the nature of innovation? Evidence from emerging
20. Martínez-Zarzoso, I., Bengochea-Morancho, A., & Morales-Lage, R. (2019). Does environmental policy stringency foster innovation and productivity in OPEC countries ? *Energy Policy*, ۱۳۴.۱–۱۳. doi:۱۰.۱۰۱۶/j.enpol..۲۰۱۹,۱۱۰۹۸۲
21. Enerdata. (2022). World Energy & Climate Statistics – Yearbook ۲۰۲۲. <https://www.enerdata.net/publications/world-energy-statistics-supply-and-demand.html>.
22. He, W., Chen, X., & Liu, Z. (2022). Can anti-corruption help realize the “strong” PorterHypothesis in China? Evidence from Chinese manufacturing enterprises. *Journal of Asian Economics*, ۸۰,(۲۱۹) ۱۰۱۴۷۳. doi:۱۰.۱۰۱۶/j.asieco..۲۰۲۲,۱۰۱۴۷۳
23. Shaiara Husain a, Kazi Sohag b, Yanru i Wu (2024). Proven reserve oil and renewable energy nexus: Efficacy of *Energy Economics*, Volume 129, January 2024, 107198.
11. Li, S., & Shao, Q. (2022). Greening the finance for climate mitigation: An ARDL–ECM approach. *Renewable Energy*, 199, ۱۴۶۹–۱۴۸۱. doi:۱۰.۱۰۱۶/j.renene..۲۰۲۲,۰۹,۰۷۱
12. Obobisa, E. S. (2022). Achieving °۱,۵C and net-zero emissions target: The role of renewable energy and financial development. *Renewable Energy*, ۱۸۸, ۹۶۷– ۹۸۵. doi:۱۰.۱۰۱۶/j.renene..۲۰۲۲,۰۲,۰۵۶
13. Nies, S. (2022). The EU’s Plan to Scale Up Renewables by ۲۰۳۰: Implications for the Power System Key Takeaways. <https://blog.energybrainpool.com>.
14. Li, S., & Shao, Q. (2021). Exploring the determinants of renewable energy innovation considering the institutional factors: A negative binomial analysis. *Technology in Society*, ۶۷, ۱۰۱۶۸۰. doi:۱۰.۱۰۱۶/j.techsoc..۲۰۲۱,۱۰۱۶۸۰
15. Romero-Castro, N., Lopez-Cabarcos, M.A., & Pi~neiro-Chousa, J. (2022). Uncovering complexity in the economic assessment of derogations from the European industrial emissions directive. *Journal of Innovation and Knowledge*, 7(1). doi:۱۰.۱۰۱۶/j . jik..۲۰۲۱,۱۱,۰۰۱
16. Lian, G., Xu, A., & Zhu, Y. (2022). Substantive green innovation or symbolic green innovation ?The impact of ER on enterprise green innovation based on the dual moderating effects. *Journal of Innovation and Knowledge*, ۷(۳). doi:۱۰.۱۰۱۶/j.jik. .۲۰۲۲,۱۰۰۲۰۳

- Resources Science, 43(12), 2514–2525. doi:10.18402/resci.2021.12.13.
30. Simaei, M., Haghnejad, M., & Goudarzi, H. (2022). The impact of environmental strictness on renewable energy innovation in OECD countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 140, 110775.
 31. Thompson, A., Smith, L., & Johnson, P. (2021). Environmental regulation and the transition to renewable energy in the European Union. *Energy Policy*, 149, 112012.
 32. Mirzaei, A., Fattahzadeh, M., & Yeganeh, M. (2020). Challenges of renewable energy innovation under environmental regulations: A case study of emerging economies. *Energy Economics*, 90, 104824.
 33. Zahedi, S., Khodadadi, M., & Alizadeh, M. (2019). The effects of environmental regulations on renewable energy adoption in developing countries. *Renewable Energy*, 135, 256-265.
 34. Asgharpour, A., Ahmadi, M., & Rezaei, M. (2014). The effects of economic development and financial development on environmental quality in OPEC countries. *Environmental Economics and Policy Studies*, 16(4), 371-389.
 35. Mosyibzadeh Gogarchin, Behnam, Memarnejad, Abbas, & Torabi, Taghi. (2024). Investigating the effect of industrialization, economic development, and liberalization of financial and trade markets on greenhouse gas production in line with sustainable environmental development using quantile regression. *policy stringency*, *Resources Policy*, Volume 90, March 2024, 104835.
 24. Hassan, M., & Rousseliere, D. (2022). Does increasing environmental policy stringency lead to accelerated environmental innovation? A research note. *Applied Economics*, (17) 54, 1989-1998. doi:..۰۰۳۶۸۴۶,۲۰۲۱,۱۹۸۳۱۴۶/۱۰,۱۰۸۰
 25. Hille, E., Althammer, W., & Diederich, H. (2020). Environmental regulation and innovation in renewable energy technologies: Does the policy instrument matter ?*Technological Forecasting and Social Change*, 153, 1-22. doi:۱۰,۱۰۱۶/j.techfore..۲۰۲۰,۱۱۹۹۲۱
 26. Kim, K., Heo, E., & Kim, Y. (2017). Dynamic policy impacts on a technological change system of renewable energy: An empirical analysis. *Environmental and Resource Economics*, 66(2). doi:۱۰,۱۰۰۷/s-۱۰۶۴۰.۵-۹۹۴۶-۰۱۵
 27. Yang, Q.-C., Zheng, M., & Chang, C.-P. (2022). Energy policy and green innovation :A quantile investigation into renewable energy. *Renewable Energy*, ۱۸۹, ۱۱۶۶, ۱۱۷۵. doi:۱۰,۱۰۱۶/j.renene..۲۰۲۲,۰۳,۰۴۶
 28. Anton, S. G., & Afloarei Nucu, A. E. (2020). The effect of financial development on renewable energy consumption. A panel data approach. *Renewable Energy*, ۱۴۷, ۳۳۸-۳۳۰. doi:۱۰,۱۰۱۶/j.renene..۲۰۱۹,۰۹,۰۰۵
 29. Li, F., Zhu, B., & Sun, Y. (2021). Environmental policy, institutional quality and renewable energy technology innovation: An empirical analysis of 32 countries (in Chinese).

- development on environmental pollution in selected oil-exporting countries with emphasis on good governance. *Journal of Economic Research*, 28(1), 111-126.
41. Farahani Fard, Hossein et al. (2017). Investigating the effect of financial development on environmental degradation in the Gulf Cooperation Council countries. *Quarterly Journal of Environmental Studies*, 21(3), 78-91.
 42. Heidari, Sajjad et al. (2016). Investigating the interrelationship between the variables of economic growth, environmental pollution, financial development and degree of trade openness in 8 major Islamic countries. *Journal of Economics and Development*, 32(4), 50-65.
 43. Lotfalipour, Fariborz et al. (2014). Studying the effect of economic growth, trade and financial development on environmental quality in Iran. *Quarterly Journal of Environmental Economics*, 12(2), 90-103.
 44. Ouyang, X., Shao, Q., Zhu, X., He, Q., Xiang, C., & Wei, G. (2019). Environmental regulation, economic growth and air pollution: Panel threshold analysis for OPEC countries. *Science of the Total Environment*, 657, 234-241. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.12.056.
 45. Hansen, L. P. (1999). Rational Expectations and Market Dynamics. *Journal of Economic Perspectives*, 13(4), 87-104. <https://doi.org/10.1257/jep.13.4.87>
 - Quarterly Journal of Sustainability, Development and Environment, 51-71.
 36. Mohri, Sara, Sharifi Renani, Hossein, & Daei Karimzadeh, Saeed. (2024). Bootstrap causality test on causal interactions between degree of trade openness, consumption of new energies and environmental development towards economic growth. *Quarterly Journal of Sustainability, Development and Environment*, 123-141.
 37. Sadeghi Nouri, Mahboobeh, Damenkashideh, Marjan, Seifipour, Roya, & Keyghabadi, Amirreza. (2024). Investigating the nonlinear relationship between environmental pollution and income distribution inequality with susceptibility to environmental impacts. *Quarterly Journal of Sustainability, Development and Environment*, 17-34.
 38. Mohammadinia, Maryam, Abbasi, Gholamreza, Basari, Bijan, & Rahimi, Reza. (2023). The effects of globalization, economic growth, and financial development on the ecological footprint in Iran (Quantile Regression Analysis). *Quarterly Journal of Sustainability, Development, and Environment*, 1-19.
 39. Aziz Mohammadloo, Mohammad Reza (2019). Investigating the impact of fiscal and monetary policies on the environment in Iran with a sustainable development approach. *Quarterly Journal of Economic Development Studies*, 15(2), 45-63.
 40. Khani, Ali and Houshmand, Morteza (2018). The impact of financial