Journal of Economic Modeling Research
Print ISSN: 2228 - 6454
Online ISSN: 2538 - 4163
Homepage: https://jemr.khu.ac.ir/

The Role of Productive Capacity in Renewable Electricity Generation: A Dynamic Panel Threshold Model

Mahboubeh Jafari[*1] | Fatemeh Rashidi [2] | Zahra Dehghan Shabani[3]

1. Corresponding Author, Assistant Professor of Economics, School of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran E-mail: mh.jafari@shirazu.ac.ir (0000-0002-0361-1056)
2. MSc. in Economics, School of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran E-mail: rashidi.pekec1400@gmail.com
3. Associate Professor of Economics, School of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran E-mail: zdehghan@shirazu.ac.ir (0000-0002-1019-4983)

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 16 Jan. 2025

Received in revised form:
12 Apr. 2025

Accepted:
29 Apr. 2025

Keywords:
Renewable Energy,
Electricity Generation,
Productive Capacity,
Dynamic Panel Threshold Model.

JEL:
D24, C24, Q20

ABSTRACT

Promoting electricity generation from renewable energy sources has emerged as a cornerstone of sustainable development strategies worldwide to mitigate greenhouse gas emissions and address the pressing challenges of climate change. This study aims to investigate the nonlinear relationship between the Productive Capacity Index (PCI) and renewable electricity generation across a sample of selected developing countries during the period 2000–2022. To this end, the dynamic panel threshold model proposed by Kremer et al. (2013) is utilized, as it enables the analysis of nonlinear interactions among variables in panel data while addressing potential endogeneity. Our findings reveal a non-linear relationship between PCI and renewable electricity generation. Importantly, the influence of PCI on the share of electricity generated from renewable sources intensifies beyond a specific threshold value. This implies that as PCI levels increase, their impact on clean energy production becomes more significant, emphasizing the importance of advancing productive capacities to accelerate the transition to renewable energy. Furthermore, the results underscore the critical role of several key factors in enhancing renewable electricity generation. Rising geopolitical risks, improved financial development, greater trade openness, and an increased share of gross fixed capital formation in GDP are identified as pivotal drivers that positively contribute to the expansion of renewable electricity generation. Conversely, weak environmental policies can significantly hinder this progress. Furthermore, the Dumitrescu and Hurlin (2012) panel causality test confirms the existence of a bidirectional causal relationship between the share of renewable electricity generation and the other explanatory variables. This study highlights the critical need to build and strengthen productive capacity to

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

support the growth of renewable energy. The findings provide a valuable foundation for informed decision-making by policymakers and planners in developing nations.

Cite this article: Jafari, Mahboubeh., Rashidi, Fatemeh., & Dehghan Shabani, Zahra. (2023). The Role of Productive Capacity in Renewable Electricity Generation: A Dynamic Panel Threshold Model. *Journal of Economic Modeling Research*, 14 (54), 210-261. DOI: 0000000000000000000

© The Author(s).
Publisher: Kharazmi University
DOI: 00000000000000000000000000
Journal of Economic Modeling Research, Vol, 14, No. 54, 2023, pp. 210-261.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

Journal of Economic Modeling Research
Print ISSN: 2228 - 6454
Online ISSN: 2538 - 4163
Homepage: https://jemr.khu.ac.ir/

نقش ظرفیت مولد بر تولید برق تجدیدپذیر: مدل پانل پویای آستانه‌ای

محبوبه جعفری*[1] | فاطمه رشیدی[2] | زهرا دهقان شبانی[3]

۱. نویسنده مسئول، استادیار، بخش اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز
رایانامه: mh.jafari@shirazu.ac.ir (۰۰۰۰-۰۰۰۲-۰۳۶۱-۱۰۵۶)

۲. کارشناسی ارشد، علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز
رایانامه: rashidi.pekec1400@gmail.com

۳. دانشیار، بخش اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز
رایانامه: zdehghan@shirazu.ac.ir (۰۰۰۰-۰۰۰۲-۱۰۱۹-۴۹۸۳)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۱۰/۲۷

تاریخ ویرایش:
۱۴۰۴/۰۱/۲۳

تاریخ پذیرش :
۱۴۰۴/۰۲/۰۹

واژه‌های کلیدی:
انرژی تجدیدپذیر، تولید برق، ظرفیت مولد، مدل پانل پویای آستانه‌ای.

طبقه‌بندی JEL:
Q20 ، C24 ،D24

چکیده

برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مقابله با تغییرات اقلیمی، ترویج تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر یک راهبرد کلیدی محسوب می‌شود. هدف اصلی این تحقیق، بررسی رابطه غیرخطی بین شاخص ظرفیت مولد (PCI) و تولید برق تجدیدپذیر در نمونه ای از کشورهای در حال توسعه منتخب در دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۲ است. برای دست‌یابی به این هدف از مدل پانل پویای آستانه‌ای کرمر و همکاران (۲۰۱۳) استفاده شده است که امکان بررسی روابط غیرخطی بین متغیرها در داده-های پانل با لحاظ درون‌زایی را فراهم می‌آورد. یافته‌های مطالعه نشان می‌دهد که تأثیر PCI بر سهم تولید برق از منابع تجدیدپذیر، در مقادیر بالاتر از ارزش آستانه-ای، قابل توجه است. این نتیجه نشان می‌دهد که در سطوح بالاتر ظرفیت مولد، تأثیرگذاری این شاخص بر تولید انرژی‌های پاک افزایش می‌یابد. علاوه بر این، نتایج تحقیق حاکی از آن است که عواملی نظیر افزایش ریسک ژئوپلیتیک، بهبود توسعه مالی، افزایش باز بودن تجاری و افزایش سهم تشکیل سرمایه ثابت از تولید ناخالص داخلی نقش مهمی در افزایش تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر ایفا می‌کنند. در مقابل، ضعف سیاست‌های زیست‌محیطی تأثیر منفی بر این روند داشته و می‌تواند پیشرفت در این حوزه را محدود کند. به علاوه با استفاده از آزمون علیت دومیترسکو و هورلین (۲۰۱۲) رابطه علیت دوطرفه بین سهم تولید برق تجدیدپذیر و سایر متغیرهای توضیحی تایید شده است. این مطالعه بر ضرورت ایجاد و تقویت

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

ظرفیت مولد در راستای گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر تأکید می‌کند. این یافته‌ها می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در کشورهای در حال توسعه باشند.

استناد: جعفری، محبوبه؛ رشیدی، فاطمه؛ و دهقان شبانی، زهرا (۱۴۰۲). نقش ظرفیت مولد بر تولید برق تجدیدپذیر: مدل پانل پویای آستانه‌ای. *تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۱۴ (۵۴)، ۲۱۰-۲۶۱. DOI: 00000000000000000000000

ناشر: دانشگاه خوارزمی.

© نویسندگان.

CC BY NC

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

۱. مقدمه

هدف از توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تامین نیازهای انرژی فعلی بدون تاثیر مضر بر محیط زیست است. هدف آن دستیابی به پایداری در تولید انرژی و کاهش وابستگی جوامع به سوخت‌های فسیلی است که به انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب و هوایی کمک می‌کند. یکی از تعاریف اساسی از انرژی‌های تجدیدپذیر، تعریف ارائه شده از سوی آژانس بین‌المللی انرژی(IEA)[1] است که بر اساس این تعریف، انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انواع مختلفی از انرژی‌هایی هستند که به طور مداوم تولید می‌شوند و به طور طبیعی در محیط زیست وجود دارند. این منابع انرژی تجدیدپذیر به عنوان جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی مانند نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ مورد استفاده قرار می‌گیرند.

طبق گزارش سازمان ملل متحد (۲۰۲۲) قبل از دوره ۱۹۹۰ رشد اقتصاد جهانی بر محور استفاده و تولید برق از منابع تجدیدناپذیر صورت می‌گرفت که منجر به آلودگی‌های زیست محیطی جبران‌ناپذیر بود، در نتیجه سیاست‌گذاران جهانی را ملزم به اجرای اقداماتی علیه آلودگی محیط زیست نمود. در پی آن معاهدات گوناگونی مانند پروتکل کیوتو، موافقتنامه پاریس، COP۲۶، COP۲۷ در سطح جهان اجرایی شد (آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) ، ۲۰۲۲). هیئت بین دولتی تغییرات آب و هوایی (IPCC[2]، ۲۰۱۴) که یک نهاد بین‌المللی پیشرو برای ارزیابی تغییرات آب و هوا است، بر نیاز فوری به انتقال انرژی به منابع تجدیدپذیر را برای محدود کردن گرمایش جهانی و اثرات نامطلوب آن توصیه می‌کند.

برخی مطالعات نشان دادند، که انرژی‌های تجدیدپذیر به طور مثبت بر توسعه‌ی اقتصادی تاثیر می‌گذارند (مارکوز[3] و همکاران، ۲۰۱۲؛ اوکال[4] و همکاران، ۲۰۱۳؛ و باتاچاریا[5] و همکاران، ۲۰۱۶). در هر اقتصادی برای ارتقا دادن به بخش تولید خود نیاز به تولید برق است (ویلانتنکودث[6]، ۲۰۲۳). بنابراین، می‌توان برداشت کرد، که قوانین و اقدامات سیاستی با تمرکز بر واحدهای تولید برق

1. International Energy Agency (IEA)
2. Intergovernmental Panel on Climate Change
3. Marques
4. Ocal
5. Bhattacharya
6. Villanthenkodath

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

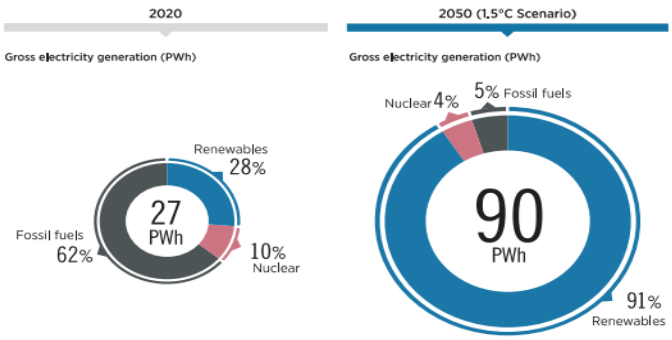
تجدیدپذیر با رشد اقتصادی پایدار همسو می‌باشند. مزیت اصلی تولید برق قابل تجدید این است که، کیفیت محیط زیست در کشورهای پیشگام در این فناوری را افزایش می‌دهد. از این رو این کشورها می‌توانند در آینده نزدیک به اهداف توسعه پایدار (SDGs) نیز دست یابند (ویلانتنکودث، ۲۰۲۳). اهداف توسعه پایدار سازمان ملل (SDGs) اهمیت انرژی مقرون به صرفه و پاک (SDG۷) و مبارزه با تغییرات آب و هوایی (SDG۱۳) را برجسته می‌کند.

آژانس بین‌المللی انرژی تجدیدپذیر (IRENA)[1]، مسیرهای انتقال احتمالی سیستم انرژی را تحت یک سناریوی ۱/۵ درجه سانتیگراد ارائه می‌دهد که با گزارش ویژه هیات بین دولتی تغییر اقلیم (IPCC) در مورد محدود کردن گرمایش جهانی تا سال ۲۰۵۰ مطابقت دارد (IPCC، ۲۰۲۲). بر اساس گزارش چشم‌انداز انتقال انرژی جهانی[2] (۲۰۲۳)، برای رسیدن به سناریوی ۱/۵ درجه سانتیگراد، تولید برق از انرژی تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۰ از میزان ۷۴۶۸ تراوات ساعت می‌بایست به ۸۲۱۴۸ تراوات ساعت در سال ۲۰۵۰ یعنی بیش از سه برابر برسد. به عبارت دیگر، برای دست‌یابی به اهداف این سناریو لازم است که ۹۱ درصد از کل تامین برق از منابع تجدیدپذیر تامین گردد در مقایسه با ۲۸درصد در سال ۲۰۲۰. همچنین تولید برق مبتنی بر زغال سنگ و نفت قبل از اینکه در اواسط قرن به طور کامل حذف شود، در طول دهه کاهش شدیدی را تجربه خواهد کرد. همچنین بر اساس این سناریو، تا سال ۲۰۵۰، گاز طبیعی ۵ درصد از کل نیاز برق را تامین می‌کند و ۴ درصد باقیمانده توسط نیروگاه‌های هسته‌ای تامین می‌شود. این گذار یک هم‌افزایی بین فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر مقرون به صرفه و پذیرش گسترده‌تر فناوری‌های الکتریکی برای کاربردهای نهایی، به‌ویژه در حمل‌ونقل و گرما، دارد. الکتریکی کردن حمل‌ونقل، گرما و سایر مصارف نهایی نشان می‌دهد که ظرفیت تولید انرژی تجدیدپذیر جهانی تا پایان سال ۲۰۵۰ در مقایسه با سطوح سال ۲۰۲۰ تقریباً ۱۲ برابر افزایش می‌یابد تا بتواند به هدف ۱/۵درجه سانتی‌گراد برسد (نمودار ۱).

1. International Renewable Energy Agency (IRENA)
2. World Energy Transition Outlook

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]



نمودار ۱. مقایسه سهم انواع انرژی در تولید برق در سال ۲۰۲۰ و سناریوی ۱/۵ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۵۰
منبع: گزارش چشم انداز انتقال انرژی جهانی (۲۰۲۳)

در این مقیاس، سهم انرژی های تجدیدپذیر در کل مصرف انرژی نهایی از ۱۸ درصد در سال ۲۰۲۰ به ۸۲ درصد تا سال ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد. سناریوی ۱/۵ درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی می‌کند که برق تبدیل به حامل اصلی انرژی شود که بیش از ۵۰ درصد از مصرف انرژی نهایی را تشکیل می‌دهد (IRENA، ۲۰۲۲). تا سال ۲۰۳۰ ظرفیت نصب شده انرژی تجدیدپذیر باید تقریباً چهار برابر افزایش یابد تا جهان در مسیر انتقال قرار گیرد. به طور خاص، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب تولید باید از ۹ درصد فعلی به ۴۶ درصد تا سال ۲۰۳۰ افزایش یابد که به دلایل اقتصادی و امنیتی نیاز به انعطاف بیشتری در عملکرد سیستم انرژی دارد. انرژی زیستی برای مصارف مدرن در اشکال مختلف (به عنوان مثال زیست توده جامد، بیوگاز، بیومتان و سوخت‌های زیستی مایع) تا سال ۲۰۵۰، ۲۲درصد از کل انرژی اولیه را تامین می‌کند (۲/۵ برابر میزان فعلی). در بخش حمل و نقل، سوخت‌های زیستی پایدار تا سال ۲۰۵۰، ۱۳درصد از مصرف انرژی نهایی را برآورده می‌کند (گزارش چشم انداز انتقال انرژی جهانی، ۲۰۲۳).

بنابراین از آنجا که سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق بر اساس سناریوی ۱/۵ درجه سانتی‌گراد در ۲۰۵۰ به شدت افزایش می‌یابد، لذا شناسایی عوامل موثر بر تولید آن جهت رسیدن به این اهداف برای هر کشوری جهت آینده‌ای پایدار و انعطاف‌پذیر مهم است. عمده مطالعات و تحقیقات انجام شده در زمینه پژوهش فعلی تاکنون بر عوامل تعیین‌کننده مصرف و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر متمرکز شده‌اند. تحقیقات موجود بیشتر عوامل اقتصادی و زیست محیطی را به عنوان عوامل تعیین‌کننده انرژی‌های تجدیدپذیر در نظر گرفته‌اند و عوامل اجتماعی-اقتصادی را به صورت

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

تک بعدی در ادبیات محیط زیست-انرژی استفاده کرده‌اند. چگونگی اثرگذاری شاخص جامع ظرفیت تولید اجتماعی-اقتصادی مانند شاخص ظرفیت مولد[1] (PCI) در این مطالعات نادیده گرفته شده است. تنها مطالعه لی[2] و همکاران (۲۰۲۳) تاثیر شاخص ظرفیت مولد را بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در گروه کشورهای بریکس مورد توجه قرار داده‌اند. بنابراین، سؤال این تحقیق عبارت است از این که رابطه بین شاخص ظرفیت مولد و تولید برق تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه چگونه است؟ آیا سطح آستانه‌ای برای شاخص ظرفیت مولد در اثرگذاری بر تولید برق تجدیدپذیر در این گروه کشورها وجود دارد؟ شاخص ظرفیت مولد، مسیر توسعه و تغییر سیستم‌ها و توانایی تولیدی کشورها را تعیین می‌کند (تیرلوال[3]، ۲۰۰۷، کورنیاوان و ماناگی[4]، ۲۰۱۹). این شاخص یک ابزار پویا و کاربردی برای حمایت از کشورهای درحال توسعه، برای رسیدن به رشد اقتصادی پایدار می‌باشد (کنفرانس سازمان ملل متحد در تجارت و توسعه[5]، ۲۰۲۱). به هر روی امروزه رشد اقتصادی در کنار حفاظت از محیط زیست معنا و اهمیت پیدا می‌کند که شاخص ظرفیت مولد هر دو ویژگی را داراست.

ساختار مقاله به این صورت است که در ادامه در قسمت دوم مبانی نظری مورد بررسی قرار می‌گیرد. پس از آن در قسمت سوم پیشینه پژوهش و در قسمت چهارم روش‌شناسی پژوهش مطرح می‌گردد و در ادامه به معرفی متغیرها و بیان ساختار الگو پرداخته و در قسمت پنجم نتایج برآوردها ارائه شده و در نهایت بحث و نتیجه‌گیری مطرح شده است.

۲. مبانی نظری

با افزایش نیاز به انرژی و نگرانی‌های روزافزون درباره تغییرات اقلیمی، تولید برق تجدیدپذیر به یکی از اولویت‌های اصلی کشورها تبدیل شده است. انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی، بادی، هیدروالکتریک و زیست‌توده، نه تنها به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک می‌کنند، بلکه به حفظ محیط زیست و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی نیز می‌انجامند. عوامل

1. Productive Capacity Index (PCI)
2. Li
3. Thirlwall
4. Kurnniawan & managi
5. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

متعددی در تولید برق تجدیدپذیر یا تولید انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیرگذار هستند، در تعدادی از مطالعات این موضوع مورد بحث قرار گرفته است. به عنوان مثال، تأثیر شاخص‌های کلان اقتصادی، اجتماعی-اقتصادی، حاکمیتی و کیفیت نهادی بر توسعه برق تجدیدپذیر (صبا[1] و همکاران، ۲۰۲۲)، و در مطالعه‌ای دیگر سیاست‌های زیست محیطی، انتقال انرژی و ریسک ژئوپلیتیکی را به عنوان عوامل تعیین‌کننده جدید معرفی کرده‌اند (چشتی[2] و همکاران، ۲۰۲۳). در مطالعه‌ای نقش ثبات سیاسی، کنترل فساد و نهادهای دموکراتیک و کیفیت نهادی بر ترویج فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر مورد بررسی قرار گرفته است (فایفر و مولدر[3]، (۲۰۱۳)؛ فانکهاوزرتال و همکاران[4] ۲۰۱۵). بنابراین مطابق مطالعات انجام شده می‌توان مهمترین عوامل موثر بر تولید برق تجدیدپذیر را در سه دسته عوامل اقتصادی، عوامل زیست‌محیطی و ظرفیت مولد اقتصادی-اجتماعی تقسیم‌بندی کرد که در این مطالعه هر سه دسته به طور همزمان مورد توجه قرار گرفته است. در ادامه، به بررسی عوامل کلیدی مؤثر بر تولید برق تجدیدپذیر خواهیم پرداخت و نقش آن‌ها را در شکل‌گیری آینده انرژی‌های پایدار تحلیل خواهیم کرد.

۱-۲. شاخص ظرفیت مولد (PCI)

کنفرانس سازمان ملل متحد در تجارت و توسعه (آنکتاد) در سال ۲۰۲۱ شاخص ظرفیت مولد (PCI) را مطرح کرد. نسخه اول این شاخص (PCI 21) دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۰ و ۱۹۳ اقتصاد را پوشش می‌داد. شاخص PCI در پاسخ به درخواست کشورهای عضو در چهاردهمین کنفرانس آنکتاد در نایروبی و شورای اقتصادی و اجتماعی سازمان ملل متحد با هدف راهنمایی در تدوین و اجرای سیاست‌ها برای تقویت ظرفیت‌های تولیدی در کشورهای در حال توسعه، توسعه داده شد. این شاخص بر اساس ۴۲ شاخص در ۸ دسته‌بندی طراحی شده است که در اینجا به صورت مختصر هر مولفه توضیح داده شده است:

1. Saba
2. Chishti
3. Pfeiffer & Mulder
4. Fankhauser

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

۱. فناوری ارتباطات و اطلاعات (ICT)[1]: فناوری اطلاعات و ارتباطات میزان دسترسی و یکپارچگی سیستم‌های ارتباطی ارزیابی می‌کند. این شامل کاربران تلفن‌های ثابت و همراه، دسترسی به اینترنت و امنیت سرورها می‌شود.

۲. تغییر ساختاری[2]: تغییر ساختاری به جابجایی نیروی کار و دیگر منابع تولیدی از فعالیت‌های اقتصادی با بهره‌وری پایین به فعالیت‌های اقتصادی با بهره‌وری بالا اشاره دارد. این تغییر در حال حاضر از طریق پیچیدگی و تنوع صادرات، شدت سرمایه ثابت و سهم صنعت و خدمات در تولید ناخالص داخلی (GDP) حاصل می‌شود. تغییر ساختاری همچنین می‌تواند در یک بخش خاص رخ دهد، به شرطی که محدودیت‌های اساسی در آن بخش شناسایی و به طور مؤثر رفع شوند.

۳. سرمایه طبیعی[3]: سرمایه طبیعی میزان دسترسی به منابع استخراجی و کشاورزی شامل درآمدهای حاصل از استخراج منابع طبیعی، منهای هزینه استخراج آن منابع را برآورد می‌کند، برای درک وابستگی به کالاها، سرمایه طبیعی با افزایش شدت مصرف مواد کاهش می‌یابد.

۴. سرمایه انسانی[4]: سرمایه انسانی شامل آموزش، مهارت‌ها و شرایط سلامت جمعیت است و همچنین یکپارچگی کلی تحقیق و توسعه در بافت جامعه را از طریق تعداد پژوهشگران و هزینه‌های تحقیقاتی اندازه‌گیری می‌کند.

۵. حمل و نقل[5]: حمل و نقل توانایی یک سیستم را برای جابجایی افراد یا کالاها از یک مکان به مکان دیگر اندازه‌گیری می‌کند. این مفهوم به عنوان تراکم شبکه جاده‌ها و راه‌آهن و اتصال هوایی تعریف می‌شود.

۶. نهاد[6]: نهادها به سنجش ثبات و کارایی سیاسی از طریق کیفیت مقررات، اثربخشی، موفقیت در مبارزه با جرم، فساد و تروریسم، و حفظ آزادی بیان و اجتماع شهروندان می‌پردازند.

1. Information and Communication Technology (ICT)
2. Structural change
3. Natural capital
4. Human capital
5. Transport
6. Institutions

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

۷. بخش خصوصی[1]: بخش خصوصی با سهولت تجارت فرامرزی تعریف می شود که شامل هزینه های زمانی و پولی برای صادرات و واردات و حمایت از تجارت از نظر اعتبار داخلی، سرعت اجرای قرارداد و زمان مورد نیاز برای شروع یک تجارت می شود.

۸. انرژی[2]: این دسته در دسترس بودن، پایداری و کارایی منابع انرژی را اندازه‌گیری می‌کند. به همین دلیل، با استفاده و دسترسی به انرژی، تلفات در توزیع و تجدیدپذیری اجزا و منابع انرژی تشکیل شده است و شامل تولید ناخالص داخلی تولید شده توسط هر واحد نفت است تا اهمیت سیستم‌های انرژی بهینه را بیشتر برجسته کند[3]. در ادامه به صورت مختصر به اهمیت هر مولفه و چگونگی تاثیر آن بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌پردازیم.

۱-۱-۲. فناوری ارتباطات و اطلاعات

ICT به طور غیرمستقیم و از طریق سه مسیر اصلی بر نوآوری در فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر می‌گذارد. کانال اول افزایش سرمایه انسانی می‌باشد. ICT با تسهیل دسترسی به اطلاعات و دانش، باعث ارتقای سطح دانش نیروی کار می‌شود. ادغام فناوری اطلاعات و ارتباطات با بخش‌های اقتصادی و به ویژه انرژی، موجب افزایش استفاده از تجهیزات پیشرفته در تولید می‌شود. این تحول، نیازمند یادگیری دانش جدید توسط نوآوران است که به انباشت سرمایه انسانی کمک می‌کند. طبق تئوری رشد درون‌زا، این انباشت سرمایه انسانی پیشرفت تکنولوژیکی و تأثیر مثبت بر فعالیت‌های نوآورانه را به دنبال دارد. (لوکاس[4] و همکاران، ۱۹۸۸). دوم، ICT توسعه مالی را ترویج می‌کند و تحولات بزرگی در صنعت مالی ایجاد کرده است. این تحولات شامل گسترش خدمات مالی، بهبود کارایی تخصیص سرمایه و افزایش دسترسی به منابع مالی برای بخش انرژی می‌شود. (اووسو_آگیئی[5] و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر این، توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات جدید، که توسط داده‌های بزرگ، محاسبات ابری و هوش مصنوعی نشان داده می شود، عرضه محصولات مالی سبز را چند برابر کرده است، کانال‌های تامین مالی برای فعالیت‌های فناوری انرژی‌های

7. Private sector
1. Energy
۲. این بخش از گزارش نسل دوم شاخص ظرفیت مولد: رویکرد آماری و روش شناختی پیشرفته با نتایج (۲۰۲۳) گرفته شده است.
3. Lucas
4. Owusu-Agyei

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

تجدیدپذیر را بزرگ کرده و ظهور آنها را ارتقا داده است (اوزیلی[۱] و همکاران، ۲۰۲۱). در نهایت، ICT افشای اطلاعات را ترویج می‌کند و با ایجاد بسترهای آنلاین، امکان انتشار سریع و گسترده اطلاعات را فراهم کرده است. این امر به شفافیت اطلاعات تجاری کمک کرده و اعتماد سرمایه‌گذاران را جلب می‌کند (هولنبک[۲]، ۲۰۱۸). فناوری اطلاعات و ارتباطات با افزایش آگاهی زیست‌محیطی، انتقال دانش، و تقویت نوآوری سبز، به توسعه انرژی پاک کمک می‌کند. همچنین، دولت‌ها را به وضع قوانین زیست‌محیطی و تأمین بودجه تحقیقاتی تشویق می‌کند. با این حال، ICT با سهم ۲ درصدی در انتشار کربن، اثرات منفی نیز دارد و نیازمند طراحی چرخه عمر سازگار با محیط زیست است (راحیم[۳] و همکاران، ۲۰۲۰).

۲-۱-۲. تغییر ساختاری

توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر نیازمند فناوری‌های پیشرفته و ارتقای ساختار اقتصادی است که با شاخص پیچیدگی اقتصادی سنجیده می‌شود (چو[۴]، ۲۰۲۳). پیچیدگی اقتصادی، توانایی کشورها در تولید محصولات پیچیده با ارزش افزوده بالا را نشان می‌دهد (لال[۵] و همکاران ۲۰۰۶) و از طریق دو کانال اثرات فناوری و مقیاس بر انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر می‌گذارد. از یک سو، پیچیدگی بالاتر ممکن است توسعه و استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر را از طریق ترکیب ورودی تولید و کانال بهبود فناوری تسهیل کند. از سوی دیگر، ممکن است تولید انرژی‌های تجدیدپذیر را از طریق تقاضای انرژی بیشتر و ساختار اقتصادی انرژی‌بر کاهش دهد (چو ۲۰۲۱؛ استرن[۶] ۲۰۰۴). اثر مقیاس زمانی نقش خود را ایفا می‌کند که تولید کالاهای پیچیده انرژی مصرف می‌کند و بازار انرژی را وادار می‌کند تا بیشتر به سوخت‌های فسیلی وابسته باشد که می‌توانند به سرعت با هزینه تولید کم مورد بهره‌برداری قرار گیرند. تا حد زیادی، اقتصادی که صنایع پیچیده اما پرانرژی را توسعه می‌دهد،

5. Ozili
6. Hollenbeck
3. Raheem
2. Chu
5. Lal
6. Stern

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

تمایل دارد به بخش سوخت‌های فسیلی یارانه بدهد تا تقاضای انرژی برای رشد اقتصادی را برآورده کند (فوکت[1]، ۲۰۱۶).

شاخص پیچیدگی اقتصادی با تحلیل سبدهای صادراتی کشورها، شایستگی‌های نوآورانه و ساختار صنعتی را ارزیابی کرده و دستاوردهای اقتصادی در مهارت‌ها و فناوری را منعکس می‌کند. این شاخص جامع‌تر از شاخص‌های دیگر تولیدی بوده و ارتباط مهمی با انرژی و محیط‌زیست دارد (چو ۲۰۲۱؛ رافیکو[2] و همکاران ۲۰۲۱؛ ژنگ[3] و همکاران. ۲۰۲۱). با این حال، درباره نقش آن به عنوان محرک (رافیکو و همکاران، ۲۰۲۱) یا مانع (آلوارادو[4] و همکاران ۲۰۲۱) توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر اجماع نظری وجود ندارد.

۳-۱-۲. سرمایه طبیعی

برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP)[5] در سال ۲۰۲۳ سرمایه طبیعی را به عنوان منابع طبیعی شامل اکوسیستم‌ها، تنوع زیستی و خدمات مرتبط برای بشر تعریف کرده است. ژانگ و همکاران (۲۰۲۴) در مقاله‌ای استدلال می‌کنند که رابطه بین وابستگی به منابع طبیعی و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر با یک دینامیک پیچیده و غیرخطی مشخص می‌شود. از یک سو، بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی خاص، فعالیت‌های رانت‌جویی تولیدکنندگان را تشویق می‌کند و تأثیر منفی بر توسعه پایدار منطقه‌ای دارد (سرمیدی[6] و همکاران، ۲۰۱۴؛ لو[7] و همکاران، ۲۰۲۲). در این حالت، وابستگی یک منطقه به منابع طبیعی، سرمایه انسانی و فعالیت‌های نوآوری را از بین می‌برد و ارتقای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را از طریق سرمایه‌گذاری پایدار در نوآوری دشوار می‌کند و منطقه در نفرین منابع گرفتار می‌شود. از سوی دیگر، استخراج منابع طبیعی باعث انباشته شدن درآمدهای کلان می‌شود که این امر باعث افزایش میزان سرمایه‌گذاری در دسترس می‌شود و بنابراین تأثیر عمده‌ای بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد داشت. درآمدهای قابل توجه از منابع

1. Fouquet
2. Rafique
3. Zheng
4. Alvarado
5. United Nations Environment Programme
2. Sarmidi
7. Luo

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

طبیعی ممکن است مشکلات مربوط به هزینه‌های انتقال به انرژی‌های تجدیدپذیر را آسان‌تر کند (وانگ[1] و همکاران، ۲۰۲۰). براین اساس، این مقاله استدلال می‌کند که یک رابطه U شکل بین وابستگی به منابع طبیعی و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد. منابع طبیعی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را عمدتاً از طریق دو مکانیسم ترویج می‌کنند: اول، ثروتی که قبلاً از طریق منابع طبیعی انباشته شده بود، میزان سرمایه موجود برای سرمایه‌گذاری را افزایش می‌دهد (هارتویک[2]، ۱۹۷۷) و دوم، سطح نوآوری در منطقه، به‌ویژه سطح نوآوری سبز، شروع به افزایش می‌کند، که توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را بهبود می‌بخشد.

۴-۱-۲. سرمایه انسانی

سرمایه انسانی می‌تواند از طریق کانال‌های مختلف بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر بگذارد. اول، سطح سرمایه انسانی بالاتر، فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر را مقرون به صرفه‌تر می‌کند و با کاهش هزینه‌ها، دسترسی به انرژی پاک را افزایش می‌دهد و در نهایت موجب توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود (دهقانی شبانی[3]، ۲۰۲۴). ثانیاً، سطح بالاتر توسعه سرمایه انسانی معمولاً منجر به آگاهی زیست محیطی بالاتر و به نوبه خود ترجیح منابع انرژی با انتشار کربن کم، مانند انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود (سیباندا[4] و همکاران، ۲۰۲۳). سرمایه انسانی یک ورودی اساسی در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است (سارت[5] و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین کاندپال و برومن[6] (۲۰۱۴) و گلگنیس و هریس[7] (۲۰۱۴) بیان می‌کنند که سرمایه انسانی ممکن است مستقیماً بر مصرف انرژی تأثیر بگذارد. سرمایه انسانی بالاتر به معنای توسعه دانش، مهارت‌ها، شایستگی‌ها و سلامتی است که در افراد تجسم یافته است، منجر به درک بهتر اهمیت پایداری زیست‌محیطی و انرژی می‌شود). همچنین توسعه سرمایه انسانی به دانش فنی فن‌آوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، کمک به دانش و

1. Wang
2. Hartwick
3. Dehghani Shabani
4. Sibanda
5. Sart
6. Kandpal & Broman
7. Gelegenis & Harris

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

انتقال فناوری، ساده‌سازی سیاست‌ها و شیوه‌ها و ایجاد یک سیستم مالی پایدار در بخش انرژی که توسط بخش خصوصی هدایت می‌شود، کمک خواهد کرد (آدپوجو[1]، ۲۰۲۲).

۵-۱-۲. حمل و نقل

صنعت حمل و نقل، به عنوان عاملی اساسی در برقراری ارتباط بین عرضه و تقاضای خدمات، نقشی دوگانه در توسعه جوامع دارد؛ هم تأثیرگذار و هم تأثیرپذیر است. با رشد سریع شهرنشینی و افزایش تقاضا برای زیرساخت‌ها، این صنعت به یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی و منابع طبیعی تبدیل شده و سهم قابل‌توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. نظریه حمل‌ونقل پایدار، به‌منظور کاهش اثرات زیست‌محیطی و دستیابی به توسعه پایدار شهری، توجه ویژه‌ای به مسئله انرژی و به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. کاهش منابع فسیلی و افزایش آگاهی نسبت به پیامدهای زیست‌محیطی، ضرورت بهره‌گیری از منابع تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، بادی و زیست‌توده را پررنگ‌تر کرده است. این موضوع در پروتکل کیوتو (۲۰۰۵) نیز مورد تأکید قرار گرفته است. حمل‌ونقل از طریق برقی‌سازی، استفاده از سوخت‌های زیستی، و توسعه زیرساخت‌های سبز، نقش مهمی در پیشبرد انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. در عین حال، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر نیز امکان حمل‌ونقل پایدارتر و کاهش آلودگی را فراهم می‌کند (آژانس بین‌المللی انرژی تجدیدپذیر، ۲۰۲۱).

۶-۱-۲. نهاد

تعاریف متعددی از کیفیت نهادی ارائه شده است. نورث[2] (۱۹۹۰)، به‌عنوان یکی از برجسته‌ترین نهادگرایان، کیفیت نهادی را به توانایی نهادها در کاهش هزینه‌های مبادلاتی و ایجاد ساختارهای انگیزشی برای فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی تعریف می‌کند. او معتقد است نهادها شامل "قواعد بازی" هستند که رفتارهای اقتصادی را هدایت می‌کنند. نهادهای باکیفیت، محیطی پایدار و قابل پیش‌بینی برای تعاملات اقتصادی فراهم می‌کنند.

1. Adepoju
2. North

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

این واقعیت که سرمایه گذاری در مقیاس بزرگ در بخش انرژی نیاز به هماهنگی، دانش، زیرساخت و تجربه قوی دارد، بخش دولتی را به یک بازیگر مهم در بازار انرژی تبدیل می‌کند (بورک[1] و همکاران،۲۰۱۸). در این زمینه، ساختار نهادی در تدوین سیاست‌های انرژی‌های تجدیدپذیر مؤثر است . در این رابطه شهباز[2] و همکاران (۲۰۱۳) بیان می‌کنند که بهبود کیفیت نهادی منجر به کاهش ریسک‌های سیاسی و اقتصادی شده و سرمایه‌گذاران را برای مشارکت در پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر تشویق می‌کند. بنابراین کشورهایی با حاکمیت قوی و سیاست‌های شفاف در زمینه انرژی، سهم بیشتری از سرمایه‌گذاری‌های خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر را جذب می‌کنند. سادوراسکی[3](۲۰۲۱) تاکید دارد که ثبات سیاسی، یکی از مولفه‌های کیفیت نهادی، با کاهش خطرات سیاسی مرتبط با پروژه‌های بلندمدت انرژی‌های تجدیدپذیر، نقش اساسی در جذب سرمایه‌گذاری ایفا می‌کند.

۷-۱-۲. بخش خصوصی

با توجه به محدودیت منابع مالی دولت‌ها و افزایش تقاضای انرژی، به ویژه در جوامع در حال توسعه، مشارکت بخش خصوصی و جوامع محلی ضروری است. رودریگز[4] و همکاران (۲۰۱۵) تأکید دارند که با رفع موانع سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، فرصت‌های اقتصادی قابل توجهی ایجاد شده و انرژی‌های تجدیدپذیر نقش مهمی در تأمین تقاضای جهانی و توسعه پایدار خواهند داشت.

توسعه بخش خصوصی از طریق ارائه اعتبارات داخلی به شرکت‌ها و خانوارها می‌تواند رشد اقتصادی و کاهش فقر را در کشورهای در حال توسعه تسهیل کند. این اعتبارات، که برای سرمایه‌گذاری، مصرف، و هزینه‌های عملیاتی به کار می‌روند، نقشی کلیدی در افزایش سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک و کاهش انتشار کربن دارند (اولوروگان[5]، (۲۰۲۳)؛ اوزیلی، (۲۰۲۳)). با این حال، تأثیر اعتبارات بر انتشار CO2 به نحوه استفاده از این منابع بستگی دارد؛ به‌طوری‌که اگر به فعالیت‌های سبز اختصاص یابد، می‌تواند انتشار کربن را کاهش دهد، اما در

1 .Burke
2. Shahbaz
3. Sadorsky
4. Rodríguez
5. Olorogun

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

صورت حمایت از صنایع مبتنی بر سوخت‌های فسیلی، ممکن است منجر به افزایش آلودگی شود (بیارو[1] و همکاران (۲۰۲۳). در نهایت، بیارو و همکاران، (۲۰۲۳) بیان می‌کنند که توسعه مالی و ارائه اعتبارات به بخش خصوصی می‌توانند با هدایت سرمایه به سمت پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر و فناوری‌های پایدار، انتشار CO2 را کاهش دهند. مؤسسات مالی با حمایت از سرمایه‌گذاری‌های سبز و تشویق کسب‌وکارها به استفاده از روش‌های تولید پاک‌تر، نقش مهمی در کاهش آلودگی و ارتقای توسعه پایدار ایفا می‌کنند.

۸-۱-۲. انرژی

یکی از عواملی که در حیات اقتصادی جوامع نقش مهمی را ایفا می‌کند، انرژی است. به این معنا که هر وقت منابع انرژی به میزان کافی و به موقع در دسترس باشند و از این منابع به درستی استفاده شود، امکان دستیابی به توسعه اقتصادی بالاتر می‌تواند فراهم شود. مصرف انرژی نقش مؤثری را در رشد و توسعه اقتصادی کشورها بازی می‌کند، به طوری که به عنوان نیروی محرکه در اکثر فعالیت‌های تولیدی و خدماتی شناخته می‌شود، اما با توجه به مواردی چون ذخایر محدود انرژی فسیلی، افزایش سطح مصرف انرژی و به خطر افتادن محیط‌زیست، دیگر نمی‌توان تنها متکی به منابع انرژی فسیلی بود. به همین دلایل است که برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران به دنبال یافتن راهکارهایی مناسب برای حل معضلات انرژی (به‌خصوص بحران‌های زیست‌محیطی) در جهان هستند. همچنین این معضلات پژوهش‌گران را ترغیب به توسعه منابع با آلودگی کم‌تر و جایگزین کردن آنها به‌جای سوخت‌های فسیلی کرده است (تهامی پور و همکاران، ۱۳۹۵). در نتیجه می‌توان استنباط کرد افزایش مصرف انرژی در جهت ارتقای رشد و توسعه اقتصادی و رفاه بشر، موجب شده پژوهشگران به دنبال جایگزینی انرژی با آلودگی کمتر و بهره‌وری بیشتر باشند که این موضوع منجر به پیشنهاد توسعه و ارتقای انرژی‌های تجدیدپذیر و تحقیق و توسعه در این حوزه شده است.

1. Byaro

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

۲-۲. سایر عوامل موثر بر توسعه انرژی های تجدیدپذیر

رابطه میان رشد اقتصادی و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در سال‌های اخیر مورد توجه سازمان‌های جهانی قرار گرفته است. این سازمان‌ها، نظیر IEA و IRENA بر اهمیت انرژی‌های تجدیدپذیر در تحقق اهداف توسعه پایدار وکاهش تغییرات اقلیمی تأکید دارند. رشد اقتصادی می‌تواند با افزایش تقاضا، عرضه انرژی‌های تجدیدپذیر را تقویت کند.

توسعه مالی نیز نقش مهمی در پیشبرد این حوزه ایفا می‌کند. سیستم مالی کارآمد با تخصیص بهینه منابع، امکان راه‌اندازی پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر را که نیازمند سرمایه‌گذاری بالا و دوره‌های بازگشت طولانی هستند، فراهم می‌کند. همچنین توسعه مالی از طریق کاهش هزینه‌های تأمین مالی و افزایش دسترسی به اعتبارات، سرمایه‌گذاری در پروژه‌های زیست محیطی را تسهیل کرده و موجب کاهش آلودگی می‌شود. علاوه بر این، بازار سرمایه می‌تواند با هدایت سرمایه‌گذاران به سمت بنگاه‌های دوستدار محیط زیست، توسعه مالی را در جهت بهبود کیفیت محیط‌زیست هدایت کند. با این حال، گسترش بازارهای مالی و افزایش مصرف انرژی‌های فسیلی ممکن است به انتشار بیشتر دی‌اکسید کربن منجر شود. در نتیجه، تأمین منابع مالی مناسب و استفاده از فناوری‌های پیشرفته می‌تواند به کاهش آلودگی زیست‌محیطی کمک کند (سادورسکی[1]، ۲۰۱۱). در نهایت، تأمین مالی مناسب و سرمایه‌گذاری دولتی در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر مثبتی بر پیشبرد این پروژه‌ها دارد.

در رابطه با تاثیر سیاست‌های زیست محیطی بر تولید انرژی های تجدیدپذیر چند دیدگاه مطرح شده است. دیدگاه اول مربوط به فرضیه پناهگاه آلودگی است. بر اساس این دیدگاه، مقررات سختگیرانه زیست‌محیطی هزینه‌های تولید شرکت‌ها را در کوتاه‌مدت افزایش می‌دهد و باعث می‌شود شرکت‌های آلوده‌کننده بیشتر از مناطقی با آستانه مقررات زیست‌محیطی بالاتر به مناطقی با مقررات زیست‌محیطی راحت‌تر حرکت کنند و انتشار آلودگی در مناطق اصلی کاهش یابد (کونراد[2]و همکاران، ۱۹۹۵) در مقابل، پورتر و لیند[3] (۱۹۹۵) پیشنهاد کردند که مقررات زیست

1. Sadorsky
2. Conrad
3. Porter & Linde

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

محیطی اساساً بر بنگاه‌ها برای نوآوری فشار وارد می‌کند، که به ارتقای پیشرفت تکنولوژیک کمک می‌کند که در نهایت بخش انرژی‌های تجدیدپذیر را هم شامل می‌شود. در دراز مدت، فرضیه پورتر نشان می‌دهد که درجه خاصی از مقررات زیست‌محیطی می‌تواند تحقیق و توسعه و نوآوری را تحریک کند، در نتیجه هزینه‌های تولید را کاهش داده و رشد اقتصادی را افزایش می‌دهد (پورتر[1]، ۱۹۹۱). این نه تنها اثر منفی در کوتاه‌مدت، که بیان‌کننده اثر بازدارندگی مقررات زیست‌محیطی بر توسعه اقتصادی است را جبران می‌کند بلکه به شرکت‌ها کمک می‌کند تا از تطابق هزینه‌ها، رقابتی جدید ایجاد کنند و از اثر نوآوری، صرفه‌جویی در هزینه را ایجاد کنند. به طور مشابه، افزایش مقررات زیست‌محیطی، بتگاه‌هایی با مصرف انرژی بالا و آلودگی بالا را مجبور به اختراع فناوری‌های نوآوری سبز می‌کند که می‌تواند آلودگی محیط‌زیست و مصرف انرژی را نیز کاهش دهد (رزاق[2] و همکاران،۲۰۲۱). همچنین تئوری نوآوری صرفه‌جویی در هزینه[3] پیشنهاد می‌کند که مقررات زیست‌محیطی، شرکت‌ها را مجبور به افزایش سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه در تولید پاک‌تر، تغییر روش‌های تولید و جبران اثرات منفی هزینه‌های رعایت[4] و در عین حال بهبود محیط زیست محیطی می‌کند (ژائو[5] و همکاران،۲۰۲۲).

باز بودن تجاری نیز به عنوان نماینده خوبی برای اندازه‌گیری سطح تعامل کشورها با سایر کشورها از طریق جابجایی کالا و خدمات در نظر گرفته می‌شود. باز بودن تجاری از طریق چند مکانیسم می‌تواند توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را تسریع کند. اول این که، مطابق شهباز و همکاران (۲۰۱۴) باز بودن تجاری موجب تسهیل جریان دانش فنی و انتقال فناوری‌های پیشرفته در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای درحال‌توسعه می‌شود. این فناوری‌ها شامل تجهیزات مرتبط با انرژی خورشیدی، بادی و زیستی است که نقش مهمی در تسریع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ایفا می‌کنند. همچنین مطابق گروسمن و کروگر[6] (۱۹۹۵) باز بودن تجاری زمینه را برای جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر فراهم می‌کند.

1. Porter
2. Razzaq
3. Cost-saving innovation
4. Compliance costs
5. Zhao
6. Grossman & Krueger

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

سرمایه‌گذاران خارجی معمولاً منابع مالی و دانش فنی لازم برای توسعه پروژه‌های بزرگ انرژی پاک را به همراه دارند. در نهایت ژانگ[1] و همکاران (۲۰۲۱) بیان می کنند که کشورهایی با درجه بالای باز بودن تجاری معمولاً تحت تأثیر فشارهای بین‌المللی برای اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی پیشرفته قرار می‌گیرند. این سیاست‌ها می‌توانند به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کمک کنند.

تاثیر ریسک ژئوپلیتیک بر تولید برق از انرژی تجدیدپذیر به عنوان دیگر عامل موثر موضوعی پیچیده است. به طور کلی، ریسک‌های ژئوپلیتیک می‌توانند هم تأثیر مثبت و هم تأثیر منفی بر توسعه و استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر داشته باشند. مطابق با نظریه گزینه‌های واقعی[2]، نااطمینانی نقش چشمگیری در فرآیندهای تصمیم‌گیری کسب‌وکارها، خانوارها و بازارهای مالی ایفا می‌کند. این نقش عمدتاً ناشی از تمایل تصمیم‌گیرندگان به حداکثرسازی فاصله میان ارزش فعلی و آینده دارایی‌های مشهود است. در شرایط نااطمینانی، افراد و بنگاه‌ها اغلب از اتخاذ تصمیمات کلان و سرمایه‌گذاری‌های پرهزینه که عموماً غیرقابل بازگشت هستند، خودداری می‌کنند. این رفتار منجر به تعویق پروژه‌های بزرگ و کاهش سطح فعالیت‌های اقتصادی می‌شود (برنانکه[3]، ۱۹۸۳؛ بلوم[4] و همکاران، ۲۰۰۷). در بُعد دیگر، نااطمینانی می‌تواند بر نظام تأمین مالی اثرگذار باشد. یکی از پیامدهای مهم عدم قطعیت، افزایش عدم تقارن اطلاعاتی میان وام‌دهندگان و وام‌گیرندگان است. این وضعیت باعث می‌شود که ارزیابی دقیق توان بازپرداخت وام‌گیرندگان برای بانک‌ها و مؤسسات مالی دشوارتر شود و به تبع آن، ریسک ورشکستگی افزایش یابد. در چنین شرایطی، بانک‌ها برای کاهش ریسک خود، سیاست‌های سخت‌گیرانه‌تری در اعطای وام اتخاذ می‌کنند. این رویکرد محافظه‌کارانه می‌تواند به کاهش دسترسی کسب‌وکارها به منابع مالی منجر شود و در نتیجه، توسعه و گسترش کسب‌وکارها را کند یا حتی متوقف کند (گرینوالد و استیگلیتز[5]، ۱۹۹۰). چستر[6] (۲۰۱۰) در مطالعه خود بیان می‌کند که مناقشات منطقه‌ای، جنگ‌ها و بی‌ثباتی‌های سیاسی می‌توانند سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های انرژی تجدیدپذیر را مختل کنند. این بی‌ثباتی‌ها می‌توانند منجر به

1. Zhang
2. Real option
3. Bernanke
4. Bloom
5. Greenwald & Stiglitz
6. Chester

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

تأخیر در پروژه‌ها، افزایش هزینه‌ها و حتی لغو آنها شوند. برای مثال، مناقشات در خاورمیانه و شمال آفریقا در سال‌های اخیر تأثیر منفی بر پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر در این مناطق داشته است.

از طرف دیگر، نگرانی‌های مربوط به امنیت انرژی و وابستگی به سوخت‌های فسیلی، به ویژه در شرایط بی‌ثباتی ژئوپلیتیک، می‌تواند کشورها را به سمت تنوع‌بخشی به منابع انرژی و سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر سوق دهد. انرژی‌های تجدیدپذیر، به دلیل پراکندگی جغرافیایی منابع آنها، می‌توانند وابستگی به واردات سوخت‌های فسیلی را کاهش داده و امنیت انرژی را افزایش دهند. به علاوه، بی‌ثباتی ژئوپلیتیک ممکن است نوسانات شدید قیمتی در بازار انرژی ایجاد کند. اختلال در عرضه گاز و نفت می‌تواند منجر به افزایش قیمت‌ها شود که. این نوسانات قیمتی ممکن است کشورهای وابسته به این نوع منابع را به سمت یافتن منابع انرژی پایدارتر و اقتصادی‌تر سوق دهد و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را تقویت کند. در نهایت، ریسک‌های ژئوپلیتیکی می‌توانند سیاست‌ها و تصمیمات سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی را متحول کنند. با مواجهه با عدم اطمینان در عرضه انرژی، دولت‌ها و شرکت‌ها ممکن است سرمایه‌گذاری در پروژه‌های انرژی داخلی را ترجیح دهند تا وابستگی به انرژی وارداتی را کاهش دهند. این امر می‌تواند به توسعه سیاست‌های انرژی نوآورانه و پایدارتر از نظر زیست‌محیطی منجر شود و به تحول ساختارهای انرژی کمک کند (ونگ[1] و همکاران، ۲۰۲۴)

۳. پیشینه تحقیق

در جدول ۱ خلاصه مطالعات انجام شده داخلی و خارجی آورده شده است. مطالعات به دو دسته، تولید انرژی تجدیدپذیر و تولید برق تجدیدپذیر تقسیم‌بندی شده است.

1. Wang

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

جدول ۱. خلاصه مطالعات انجام شده

مطالعه	نمونه مورد مطالعه	نتایج
خلاصه مطالعات داخلی در مورد عوامل موثر بر تولید انرژی تجدیدپذیر		
دبیری و همکاران (۱۳۹۲)	ایران ،کانادا و ترکیه	خرید تضمینی برق تولید شده از منابع انرژی تجدیدپذیر به عنوان موفق‌ترین مکانیزم توسعه بخش انرژی‌های تجدیدپذیر معرفی شده است.
تکلیف و همکاران (۱۳۹۵)	صنعت نیروگاهی ایران	توسعه فناوری‌های تجدیدپذیر نیازمند آن است که نرخ تنزیل کمتر از ۸ درصد باشد.
آقایی و همکاران (۱۳۹۷)	کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه	در کشورهای توسعه‌یافته، توسعه بازار سهام، اعتبارات و بازارهای مالی بیشترین تأثیر را بر نصب تکنولوژی‌های انرژی خورشیدی، زیست‌توده، باد و آبی دارد. در حالی که در کشورهای در حال توسعه، توسعه بازارهای مالی بیشترین تأثیر را بر نصب انرژی بادی، زیست‌توده و خورشیدی دارد.
شوال‌پور وکاویانی (۱۳۹۷)	کشورهای در حال توسعه	شوک‌های کوتاه‌مدت نفتی، تمایل کشورهای درحال‌توسعه به انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش می‌دهد، اما وابستگی فناورانه با گذر زمان انگیزه سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد.
سلیمی و همکاران (۱۴۰۲)	ایران	آموزش نیروی متخصص و سرمایه‌گذاری در ابعاد مختلف، یکی از گام‌های اساسی حرکت به سوی جایگزینی سوخت‌های فسیلی با منابع انرژی‌های پاک خواهد بود.
خلاصه مطالعات خارجی در مورد عوامل موثر بر تولید انرژی تجدیدپذیر		
کرافا[1] (۲۰۱۵)	کشورهای منا	کشورهای منا برای رفع موانع غیرسیاسی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، به بازسازی ساختار نیاز دارند.
پرزیکودزن و پرزیکودزن[2] (۲۰۲۰)	۲۷ اقتصاد در حال گذار	رشد اقتصادی بالاتر و افزایش سطح بیکاری و بدهی‌های دولتی به عنوان محرک‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر عمل می‌کند.
ویورال[3] (۲۰۲۱)	کشورهای منتخب آمریکای لاتین	تولید ناخالص داخلی سرانه، نوآوری تکنولوژیکی و تجارت تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تولید سرانه انرژی‌های تجدیدپذیر دارند، در حالی که انتشار دی‌اکسیدکربن ارتباط منفی با آن دارد.
دوگان[4] و همکاران (۲۰۲۲)	یک نمونه جهانی	افزایش در تولید ناخالص داخلی یا سرانه آن و قیمت انرژی، انرژی پاک را افزایش می‌دهد.

1. Carafa
2. Przychodzen & Przychodzen
3. Vural
4. Dogan

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

مطالعه	نمونه مورد مطالعه	نتایج
تو[1] و همکاران (۲۰۲۲)	۲۷ کشور عضو اتحادیه اروپا	آزادی اقتصادی و مشارکت سیاسی، انرژی تجدیدپذیر را ارتقا می‌دهند، اما فساد و دموکراسی تأثیر معناداری ندارند. موقعیت جغرافیایی عامل کلیدی در توسعه انرژی پاک است.
سعداوی[2] (۲۰۲۲)	کشورهای منا	توسعه مالی و کیفیت نهادی هر دو منجر به انتقال به انرژی تجدیدپذیر می‌شود.
دوگان و همکاران (۲۰۲۳)	کشورهای عضو اتحادیه اروپا	رشد اقتصادی و قیمت نفت از انرژی‌های تجدیدپذیر حمایت می‌کنند، اما مالیات‌های زیست‌محیطی و انرژی در اتحادیه اروپا اثر منفی دارند.
ژائو و همکاران (۲۰۲۳)	۲۰کشور OECD	خطرات ژئوپلیتیک بر تقاضای انرژی‌های تجدیدپذیر تاثیر منفی دارد.
فاروق[3] (۲۰۲۳)	چین	ارتباط مثبت بین ریسک ژئوپلیتیک و پایداری محیط.
لی و همکاران (۲۰۲۳)	کشورهای بریکس	درآمد ملی، توسعه مالی، شاخص ظرفیت مولد و زیرشاخص‌های آن برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در بلندمدت سودمند هستند. در کوتاه‌مدت فقط توسعه مالی، شاخص ظرفیت مولد، سرمایه انسانی و فناوری اطلاعات و ارتباطات، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را گسترش می‌دهند.
مدنی[4] (۲۰۲۳)	۴۲ کشور BRI	افزایش در ظرفیت‌های مولد و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز موجب ارتقا و توسعه پایدار می‌شود.
نگکبو و دی‌وت[5] (۲۰۲۴)	آفریقای جنوبی	توسعه مالی و رشد اقتصادی از نظر آماری تاثیر مثبت و معناداری بر عرضه انرژی‌های تجدیدپذیر در بلندمدت و کوتاه‌مدت دارد.
خلاصه مطالعات خارجی در مورد عوامل موثر بر تولید برق تجدیدپذیر		
فاطیما[6] و همکاران (۲۰۲۱)	کشورهای درحال توسعه	فقدان حکمرانی خوب و سیاست‌های انرژی دولتی به عنوان موانع حیاتی برای توسعه برق پاک آشکار می‌شوند، در حالی‌که محیط سرمایه‌گذاری برای پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر، بازده اقتصادی پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر، اثرات زیست محیطی و پذیرش عمومی محرک‌های مهم توسعه برق تجدیدپذیر هستند

1. Tu
2. Saadaoui
3. Farooq
4. Madni
5. Ngcobo & De Wet
6. Fatima

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

مطالعه	نمونه مورد مطالعه	نتایج
سروان و میشرا[1] (۲۰۲۲)	هند	انتشار گازهای گلخانه‌ای و رانت منابع طبیعی تأثیر مثبتی بر تولید برق تجدیدپذیر دارند. در مقابل، افزایش مصرف برق بیشتر به افزایش واردات برق منجر می‌شود و تأثیر آن بر تولید انرژی‌های تجدیدپذیر ناچیز است.
طاهری[2] و همکاران (۲۰۲۴)	اتحادیه اروپا	از نظر تولید انرژی پاک، حمایت از اختراعات و پیشرفت‌های مرتبط با فناوری انرژی تجدیدپذیر و در نظر گرفتن هزینه‌های به‌روز شده آن‌ها در برنامه‌ریزی انرژی مهم‌تر از محدودیت‌های محیطی محض است.
اولانرل و فوئینهاس (۲۰۲۴)	۱۸ کشور جنوب صحرای آفریقا	مصرف سوخت فسیلی و توسعه سرمایه انسانی از محرک‌های برق تجدیدپذیرند؛ افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و انباشت دانش، پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید برق را تسریع می‌کنند.
شیا[3] و همکاران (۲۰۲۵)	چین	نتایج نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در میان‌مدت و بلندمدت به افزایش تولید برق تجدیدپذیر منتهی می شود. اما در کوتاه مدت در تمامی پارک ها اثر کاهنده دارد. در بلندمدت، رشد اقتصادی تأثیر منفی معناداری بر تولید برق تجدیدناپذیر دارد، اما ارتباط آن با تولید برق تجدیدپذیر در همه سطوح چارکی مثبت است.

منبع: یافته‌های تحقیق

به طور کلی می‌توان بیان نمود که در مطالعات داخلی به تعیین سطح مناسب یارانه برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و تاثیر نوسانات قیمت نفت و سوخت‌های فسیلی، بررسی جنبه‌های حقوقی ناکارآمد و پیشنهاد تضمینی برق از منابع تجدیدپذیر و تحلیل افزایش قیمت حامل‌های انرژی و بررسی نقاط قوت، فرصت‌ها و تهدیدهای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته‌اند. مطالعات خارجی نیز به بررسی ارتباط بین سیستم مالی، تامین مالی، توسعه اقتصادی، بدهی دولت، آلودگی، نوآوری تکنولوژیکی، تجارت، موقعیت جغرافیایی، کیفیت نهادی و تاثیر ریسک ژئوپلیتیک بر تولید انرژی تجدیدپذیر پرداختند. با مروری بر مطالعات، متوجه می‌شویم که تنها لی و همکاران (۲۰۲۳) با بکارگیری روش خود توضیح با وقفه های توزیعی کوانتایل[4] (QARDL) به بررسی تاثیر شاخص ظرفیت مواد بر تولید انرژی تجدیدپذیر در نمونه کشورهای بریکس پرداخته‌اند. مطالعه‌ای

1. Sravan & Mishra
2. Taheri
3. Xia
4. Quantile Autoregressive-Distributed Lag

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

یافت نشد که به بررسی نقش ظرفیت مولد بر تولید برق تجدیدپذیر در نمونه کشورهای در حال توسعه بپردازد. به علاوه، در این مطالعه به دنبال تعیین اثر آستانه‌ای شاخص ظرفیت مولد بر تولید برق تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه می باشیم که تاکنون هیچ مطالعه ای این رابطه غیرخطی را مورد بررسی قرار نداده است. برای دست یابی به این هدف مدل کرمر و همکاران (۲۰۱۳) استفاده شده است که امکان بررسی روابط غیرخطی بین متغیرها در داده‌های پانل با لحاظ درون‌زایی را فراهم می‌آورد. در کنار ظرفیت مولد اقتصادی-اجتماعی به بررسی تاثیر عوامل اقتصادی و زیست محیطی نیز بر تولید برق تجدیدپذیر توجه شده است.

۴. مدل تحقیق و روش برآورد

۱-۴. مدل آستانه‌ای پانل پویا

ادبیات اقتصادسنجی درباره مدل‌های پویای اقتصادی مدت‌هاست که به بررسی پیامدهای وجود پویایی‌های نامتقارن و غیرخطی علاقه‌مند بوده است. نمونه‌هایی از این مدل‌ها شامل مدل‌های تغییر رژیم مارکوف[1]، انتقال هموار[2] و خودرگرسیونی آستانه‌ای[3] هستند. هانسن[4] (۱۹۹۹) یک مدل آستانه پانل ایستا را توسعه می‌دهد. گونزالس[5] و همکاران (۲۰۰۵) این رویکرد را تعمیم داده و یک مدل رگرسیون انتقال هموار پانل ایجاد می‌کند. در ادامه، رامرز-روندان[6] (۲۰۱۵) با گسترش مدل هانسن (۱۹۹۹) و بهره‌گیری از روش هیسائو[7] و همکاران (۲۰۰۲)، تکنیک‌هایی مبتنی بر تخمین حداکثر نسبت درست‌نمایی برای مکانیسم آستانه‌ای در پانل‌های پویا پیشنهاد کردند. با وجود این پیشرفت‌ها، تمامی این مطالعات فرض می‌کنند که رگرسورها، متغیر انتقال یا هر دو برونزا هستند، در این میان، کانر و هانسن[8] (۲۰۰۴) و در ادامه کرمر و همکاران (۲۰۱۳) برای نخستین بار مدلی آستانه‌ای معرفی کردند که امکان استفاده از متغیرهای درونزا را نیز فراهم می‌سازد. مدل آستانه‌ای پانل پویای مورد بررسی در این مطالعه به صورت زیر می باشد:

1. Markov-Switching
2. Smooth Transition
3. Threshold Autoregression
4. Hansen
5. González
6. Ramírez-Rondán
7. Hsiao
8. Caner & Hansen

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

$$Y_{it} = (1, x'_{it})\, \emptyset_1 I\,(q_{it} \le \gamma) + (1, x'_{it})\, \emptyset_2 I(q_{it} > \gamma) + \varepsilon_{it}, \qquad (۱)$$

که Y_{it} متغیر وابسته در کشور i در زمان t می باشد. $I(\cdot)$ نمایان‌گر تابع نشانگر[1] است که رژیم تعریف شده به وسیله متغیر آستانه‌ای (q_{it}) و سطح آستانه‌ای (γ) را نشان می‌دهد. x_{it} یک بردار m بعدی از متغیرهای توضیحی است که ممکن است شامل متغیر وقفه‌دار Y و دیگر متغیرهای درون‌زا و برون‌زا باشد. در نهایت ε_{it} جز خطا می‌باشد.

۲-۴. ساختار الگو و داده‌ها

هدف این مطالعه تجزیه و تحلیل تاثیر شاخص ظرفیت مولد (PCI) و سایر متغیرهای توضیحی موثر بر تولید برق تجدیدپذیر می‌باشد. برای دست‌یابی به این هدف مطابق چارچوب تئوریکی مطرح شده الگوی زیر برآورد خواهد شد.

$$REGS_{it} = \beta_0 + \beta_1 REGS_{it-1} + \beta_2 PCI_{it}\, I\,(PCI_{it} \le \gamma) + \beta_3\, I(PCI_{it} > \gamma) + \beta_4 FD_{it} + \beta_5 RISK_{it} + \beta_6 CO2P_{it} + \beta_7 TRADE_{it} + \beta_8 INV_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it}, \qquad (۲)$$

که زیرنویس i نشان‌دهنده کشورها (از ۱ تا ۷۱) و t نشان‌دهنده زمان (۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲) است که لیست کشورها در جدول ۱-۱ در ضمیمه ۱ ارائه شده است. $REGS_{it}$ و $REGS_{it-1}$ به ترتیب نشان‌دهنده سهم تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر کشور i در دوره t و وقفه آن می‌باشد. $IPCI_{it}$ بیانگر شاخص ظرفیت مولد است که در این مطالعه هم متغیر آستانه‌ای و هم متغیر وابسته به رژیم می باشد. این شاخص توسط سازمان ملل در سال ۲۰۲۱ راه‌اندازی شد. نسخه اول شاخص (PCI 21) دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۸ و ۱۹۳ اقتصاد را پوشش می‌داد. شاخص PCI در پاسخ به درخواست کشورهای عضو در چهاردهمین کنفرانس آنکتاد در نایروبی و شورای اقتصادی و اجتماعی سازمان ملل متحد با هدف راهنمایی در تدوین و اجرای سیاست‌ها برای تقویت ظرفیت‌های تولیدی در کشورهای در حال توسعه، توسعه داده شد. شاخص PCI بر اساس ۴۲ شاخص در ۸ دسته‌بندی

1. Indicator Function

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

طراحی شده است. در جدول ۱-۲ در ضمیمه ۱ زیرداده‌های مورد استفاده برای ساخت این ۸ مولفه توسط سازمان ملل ارائه شده است.

متغیر FD_{it} بیانگر شاخص توسعه مالی کشور i در دوره t می‌باشد. توسعه مالی مفهومی چندوجهی است که شامل جنبه‌هایی مانند گسترش نظام بانکی و بازار سرمایه، تدوین سیاست‌های پولی و مالی، تنظیم مقررات و نظارت بر بانک‌ها و همچنین بهبود فضای حقوقی و قراردادی می‌شود (دادگر و نظری، ۱۳۸۸). با این حال، در این پژوهش به دلیل نبود داده‌های منسجم و قابل مقایسه از بازار سرمایه در کشورهای در حال توسعه، تنها شاخص بانکی توسعه مالی، یعنی نسبت اعتبارات داخلی اعطایی به بخش خصوصی به تولید ناخالص داخلی(GDP) ، به‌عنوان شاخص توسعه مالی مورد استفاده قرار گرفته است. به علاوه، $RISK_{it}$ نشان‌دهنده شاخص ریسک ژئوپلیتیک می باشد. در این مطالعه برای اندازه‌گیری این شاخص از شاخص ریسک ژئوپلیتیک قیمت نفت[1] استفاده شده است. این شاخص ابزاری است جهت اندازه‌گیری و تحلیل خطرات ژئوپلیتیکی که ممکن است بر قیمت جهانی نفت تأثیر بگذارد. این شاخص بر اساس تغییرات ناشی از تنش‌ها، درگیری‌های منطقه‌ای و جهانی، و تصمیمات سیاسی یا اقتصادی که به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر بازار نفت تأثیر می‌گذارند، محاسبه می‌شود. دلیل استفاده از این شاخص به جای شاخص ریسک ژئوپلیتیک ساخته شده توسط کالدارا و لاکوویلو[2] (۲۰۱۸) عدم موجود بودن داده‌ها برای کشورهای در حال توسعه می‌باشد. متغیر $CO2P_{it}$ نسبت انتشار دی اکسید کربن به تولید ناخالص داخلی کشور i در دوره t است. در این مطالعه همانند لی[3] و همکاران (۲۰۲۳) از نسبت انتشار دی اکسید کربن به تولید ناخالص داخلی کشورها (شدت انتشار دی اکسید کربن) به عنوان شاخصی برای سیاست‌های زیست محیطی استفاده شده است. همچنین $TRADE_{it}$ و INV_{it} به ترتیب بیانگر شخص باز بودن اقتصاد و سهم تشکیل سرمایه ثابت ناخالص داخلی از GDP کشور i در دوره t می‌باشد.

1. Geopolitical Oil Price Risk Index
2. Caldara & Iacoviello
3. Li

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

در این مطالعه از داده‌های پانل مربوط به ۷۱ کشور در حال توسعه منتخب در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ بهره‌گیری شده است. بر اساس گزارش سرمایه‌گذاری آژانس بین‌المللی انرژی (۲۰۲۴) از سال ۲۰۲۰، سرمایه‌گذاری در انرژی پاک با سرعت بیشتری پیش رفته و اکنون هزینه‌کرد در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، شبکه‌های توزیع و ذخیره‌سازی از مجموع هزینه‌های صرف‌شده برای نفت، گاز و زغال‌سنگ فراتر رفته است. گزارش سالانه سرمایه‌گذاری جهانی در حوزه انرژی همواره نسبت به عدم توازن جریان سرمایه‌گذاری‌ها در این بخش هشدار داده است، به‌ویژه سرمایه‌گذاری‌های ناکافی در حوزه انرژی پاک در اقتصادهای نوظهور و در حال توسعه خارج از چین. بر اساس این گزارش، سهم اقتصادهای نوظهور و در حال توسعه خارج از چین از سرمایه‌گذاری جهانی در انرژی پاک، همچنان در حدود ۱۵ درصد کل باقی بماند. این سهم، هم از نظر حجم و هم از نظر درصد، بسیار کمتر از مقداری است که برای تضمین دسترسی کامل به انرژی مدرن و تأمین تقاضای فزاینده انرژی به‌صورت پایدار مورد نیاز است. بنابراین تمرکز بر عوامل موثر بر آن در این گروه کشورها جهت تسریع این فرآیند در بعد سیاست‌گذاری از اهمیت قابل توجهی برخوردار است.

انتخاب کشورها بر اساس طبقه‌بندی توسعه‌یافتگی در گزارش "چشم‌انداز و وضعیت اقتصاد جهانی[1]" سازمان ملل (۲۰۲۲) و دسترسی به داده‌های مرتبط صورت گرفته است. همچنین، داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از منابع معتبر نظیر جهان ما در داده‌ها(OWID) ، پایگاه اطلاعاتی توسعه مالی بانک جهانی (GFDD)[2]، داده‌های سالانه منتشر شده توسط بانک جهانی (WB)، پایگاه اطلاعاتی سازمان ملل متحد در توسعه و تجارت (UNCTAD)، مرکز مدیریت کالاها و انرژی جی‌پی مورگان[3] و همچنین داده‌های سالانه اطلس جهانی کربن[4] استخراج شده‌اند. خلاصه ای از توصیف متغیرها و منابع آن ها در جدول ۱-۳ در ضمیمه ۱ آمده است.

1. World Economic Situation and Prospects Report
2. The World Bank's Global Financial Development Database (GFDD)
3. J.P. Morgan Center for Commodities & Energy Management
4. https://globalcarbonatlas.org

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

۵. نتایج تجربی

۱-۵. آزمون های آماری

قبل از انجام آزمون ایستایی، آرمون وابستگی مقطعی برای متغیرها انجام شده است. فرضیه صفر در این آزمون عدم وجود وابستگی مقطعی/ وابستگی ضعیف در متغیرهای مورد آزمون است. در این پژوهش از روش پسران[1] (۲۰۱۵/۲۰۰۴) برای بررسی وابستگی مقطعی استفاده شده است. نتایج حاصل از این آزمون در جدول ۲ قابل مشاهده است. نتایج حاکی از عدم تایید فرضیه صفر برای تمام متغیرها می‌باشد.

جدول ۲. نتایج آزمون وابستگی مقطعی پسران (۲۰۱۵/۲۰۰۴)

نماد متغیر	مقدار آماره آزمون پسران	P-value
REGS	۸/۰۶	۰/۰۰۰
PCI	۱۳۰/۵۳	۰/۰۰۰
FD	۴۳/۲۵	۰/۰۰۰
RISK	۱۷۹/۴۸	۰/۰۰۰
CO_2P	۴/۴۷	۰/۰۰۰
TRADE	۳۵/۵۱	۰/۰۰۰
INV	۷/۸۹	۰/۰۰۰

منبع: محاسبات پژوهش

گام بعدی در این تحقیق بررسی مانایی متغیرها است. اگر وابستگی مقطعی متغیرها در داده‌های پانل وجود داشته باشد، آزمون‌های نسل اول ریشه واحد پانلی، مانند آزمون‌های لوین، لین و چیو[2] (۲۰۰۲) و ایم، پسران و شین (۲۰۰۳)، احتمال تأثیر فرضیه ریشه واحد کاذب را افزایش می‌دهند. برای رفع این مشکل از آزمون ایستایی هادری و رائو[3] (۲۰۰۸) که یکی از آزمون‌های ریشه واحد با وجود وابستگی مقطعی و لحاظ شکست ساختاری است، استفاده شده است. در این آزمون، فرضیه صفر مربوط به ایستایی با لحاظ وابستگی مقطعی و شکست ساختاری مورد آزمون می‌باشد. بر اساس این آزمون اگر مقدار آماره مربوط به ایستایی کمتر از مقادیر بحرانی به دست آمده در سطوح

1. Pesaran
2. Levin, Lin & Chu
3. Hadri & Rao

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

مختلف اطمینان ۹۹، ۹۷/۵، ۹۵ و ۹۰ درصد باشد، فرضیه صفر رد نمی‌شود و به دنبال آن متغیرهای مورد نظر ایستا است. نتایج حاصل از این آزمون در جدول ۳ گزارش شده است. بر اساس نتایج گزارش شده در این جدول، تمام متغیرها ایستا می‌باشند.

جدول ۳. نتایج آزمون ایستایی هادری و رادئو (۲۰۰۸)

متغیر	مقادیر بحرانی در سطوح اطمینان مختلف				احتمال	آماره HR
	% ۹۹	%۹۷/۵	% ۹۵	%۹۰		
REGS	۳/۷۴	۲/۸۸	۲/۲۷	۱/۶۷	۰/۹۳	۰/۱۴
PCI	۴/۴۹	۳/۴۸	۲/۷۵	۲/۰۴۵	۰/۹	۰/۲۱۳
FD	۳/۳۵	۲/۶۸	۲/۲۱	۱/۷۴	۰/۹۹	۰/۱۷
RISK	۱/۳۸	۱/۱۹۲	۱/۰۳۵	۰/۸۸	۱/۰۰	۰/۰۳۵
CO_2P	۳/۹۸	۲/۹۸	۲/۲۴	۱/۵۶	۰/۹۰	۰/۱۳۸
TRADE	۴/۱۵	۳/۳۰	۲/۶۹	۲/۱۲	۱/۰۰	۰/۱
INV	۱/۶۱	۲/۰۶	۱/۶۶	۱/۲۹	۱/۰۰	۰/۰۸۴

منبع: محاسبات پژوهش

مندلاک[1] (۱۹۷۸) استدلال کرد که مدل اثرات تصادفی(RE) فرض می‌کند تمامی متغیرهای توضیحی و اثرات تصادفی فردی[2] برون‌زا هستند، در حالی که برآوردگرهای اثرات ثابت (FE) امکان درون‌زایی تمامی متغیرهای توضیحی و اثرات فردی را فراهم می‌کند. بیشتر کاربردهای اقتصاد از دهه ۱۹۸۰ به بعد بر انتخاب بین برآوردگرهای اثرات تصادفی (RE) و اثرات ثابت (FE) بر اساس آزمون استاندارد هاسمن[3] متمرکز شده‌اند. اگر در آزمون هاسمن، فرضیه صفر را که بیان می‌کند میانگین شرطی اخلال‌ها با توجه به متغیرهای توضیحی برابر با صفر است، تایید نشود، برآوردگر FE را می بایست به کار برد. در غیر این صورت، برآوردگر RE انتخاب می‌شود (بالتالجی[4] و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج آزمون لیمر[5]، بروش-پاگان[6] و هاسمن جهت انتخاب بین

1. Mundalk
2. Random individual effects
3. Hausman
4. Baltagi
5. Limer
6. Brusch-Pagan

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

برآوردگر اثرات ثابت و تصادفی در جدول ۴ آمده است. بر اساس نتایج حاصل از آزمون لیمر فرضیه صفر تایید نشده است. بنابراین اثرات ثابت تایید می شود و همچنین فرضیه صفر آزمون بروش-پاگان نیز تایید نشده است. بنابراین اثرات تصادفی تایید می شود. در نهایت بر اساس آزمون هاسمن، اثرات ثابت تایید می شود.

جدول ۴. نتایج آزمون لیمر، بروش-پاگان و هاسمن

آزمون	آماره آزمون	احتمال
آزمون لیمر	۸۸/۲۲	۰/۰
آزمون بروش-پاگان	۲۶۹۴/۰۶	۰/۰
آزمون هاسمن	۲۱/۶۴	۰/۰۰۱۴

منبع: محاسبات پژوهش

در نهایت، مساله علیت مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای بررسی این مساله از آزمون علیت پانلی دومیترسکو و هورلین[1] (۲۰۱۲) استفاده شده است. این آزمون به دلیل در نظر گرفتن ناهمگنی بین مقاطع، بر آزمون علیت گرنجر (۱۹۶۹) ترجیح داده می‌شود. نتایج حاصل از این آزمون در جدول ۵ ارائه شده است. به علاوه بر خلاف آزمون علیت گرنجری، در فرضیه آلترناتیو این آزمون فرض بر این است که رفتار مقاطع یکسان نباشد و نتوان نتیجه حاصل از برآورد ضرایب الگوی پانل را به رفتار هر یک از مقاطع تعمیم داد (لوپز و وبر[2]، ۲۰۱۷). نتایج این آزمون نشان‌دهنده این است که رابطه علیت دو طرفه بین (۱) سهم تولید برق تجدیدپذیر و شاخص ظرفیت مولد (۲) سهم تولید برق تجدیدپذیر و توسعه مالی (۳) سهم تولید برق تجدیدپذیر و ریسک ژئوپلیتیک (۴) سهم تولید برق تجدیدپذیر و شدت انتشار کربن (۵) سهم تولید برق تجدیدپذیر و یاز بودن تجاری و (۶) سهم تولید برق تجدیدپذیر و تشکیل سرمایه ثابت ناخالص به صورت نسبتی از GDP وجود دارد.

1. Dumitrescu & Hurlin
2. Lopez & Weber

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

جدول ۵. نتایج آزمون دومیترسکو و هورلین (۲۰۱۲)

جهت علیت	Z-Stat	*P*-value	فرضیه صفر
***REGS* ↔ PCI**	۶/۰۴	۰/۰۰۰	REGS ≠> PCI
	۱۰/۸	۰/۰۰۰	PCI ≠> REGS
***REGS* ↔ FD**	۵/۲۳	۰/۰۰۰	REGS ≠> FD
	۷/۰۵	۰/۰۰۰	FD ≠> REGS
***REGS* ↔ RISK**	۴/۸۹	۰/۰۰۰	REGS ≠> RISK
	−۱/۸۵	۰/۰۶	RISK ≠> REGS
***REGS* ↔ CO2P**	۳/۲۶	۰/۰۰۰	REGS ≠> CO2P
	۶/۹۴	۰/۰۰۰	CO2P ≠> REGS
***REGS* ↔ TRADE**	۲/۹۲	۰/۰۰۳	REGS ≠> TRADE
	۲/۷۵	۰/۰۰۵	TRADE ≠> REGS
REGS* ↔ *INV	۵/۲۳	۰/۰۰۰	REGS ≠> INV
	۷/۹۳	۰/۰۰۰	INV ≠> REGS

مأخذ: محاسبات تحقیق

۲-۵. نتایج برآورد الگو

نتایج برآورد رگرسیون (۲) در جدول ۶ گزارش شده است. برای تحلیل ارتباط بین سهم تولید برق تجدیدپذیر و PCI، از یک مدل پانل پویای غیرخطی استفاده شده است. هانسن (۱۹۹۹) به عنوان یکی از مدل‌های غیرخطی، یک مدل آستانه‌ای ایستا برای داده‌های پانلی معرفی کرده است. در این مطالعه فرض بر این است که رگرسورها، متغیر انتقال یا هر دو برونزا هستند. در این میان، کانر و هانسن (۲۰۰۴) و در ادامه کرمر و همکاران (۲۰۱۳) برای نخستین بار مدلی آستانه‌ای معرفی کردند که امکان استفاده از متغیرهای درونزا را نیز فراهم می‌سازد. از آنجا که مدل آستانه‌ای پویا امکان حضور همزمان وقفه متغیر وابسته و متغیرهای درونزا را فراهم می‌کند، این پژوهش نیز بر این مدل تکیه کرده است.

پیش از آنکه نتایج برآورد مدل را مورد بررسی قرار دهیم، بررسی اعتبار مدل برآورد شده اهمیت دارد. طبق نتایج ارائه شده در جدول ۶، آزمون‌های خودهمبستگی AR(1) و AR(2) نشان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

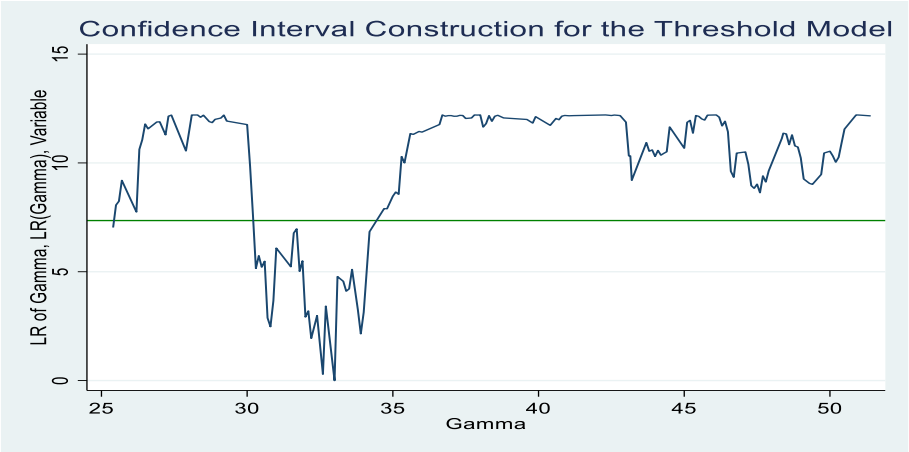
می‌دهند، که همبستگی مرتبه اول وجود دارد اما خودهمبستگی مرتبه دوم در میان اجزای خطا وجود ندارد. همچنین، آزمون سارگان که برای ارزیابی اعتبار مدل به کار می‌روند، نشان‌دهنده عدم وجود همبستگی بین جملات خطا و متغیرهای ابزاری هستند. در نهایت، از آزمون والد برای بررسی اهمیت اثرات آستانه استفاده شده است. فرضیه صفر این است که هیچ اثر آستانه‌ای در رگرسیون (۲) وجود ندارد و فرضیه جایگزین این است که اثر آستانه‌ای وجود دارد. آزمونی که برای بررسی وجود اثر آستانه‌ای استفاده می‌شود، در ادبیات به عنوان آزمون خطی بودن شناخته می‌شود. برای آزمون فرضیه صفر، از گسترش آزمون Sup دیویس[1] (۱۹۷۷) به مدل اثرات آستانه‌ای داده‌های پانل پویا با رگرسورهای درونزا استفاده شده است که نشان‌دهنده این است که رابطه غیرخطی بین شاخص ظرفیت مولد و سهم تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد.

به علاوه، ارزش آستانه‌ای حاصل با استفاده از آماره نسبت درستنمایی[2](LR) تحلیل شده‌اند. نمودار ۲ تابع نسبت درستنمایی را نمایش می‌دهد؛ خط ممتد نشان‌دهنده فاصله اطمینان ۹۵ درصد است و مقدار آستانه زمانی که $LR = 0$ است، مشخص می‌شود. از این نمودار می‌توان مشاهده کرد که ارزش آستانه‌ای مدل (۲) بر اساس شاخص PCI زیر خط ممتد قرار دارد، که نشان می‌دهد انتخاب آستانه صحیح بوده است.

1. Davies
2. Likelihood Ratio Statistic

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]



نمودار ۲. فاصله اطمینان برای مدل آستانه

مأخذ: محاسبات تحقیق

نتایج مندرج در جدول ۶ نشان می‌دهد که مقدار آستانه‌ای برای PCI برابر با ۳۳ با فاصله اطمینان [۳۴/۴، ۲۴/۵] و ضریب اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد. بنابراین تغییرات در اثرگذاری PCI بر سهم تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر به طور چشمگیری تحت تاثیر این آستانه قرار دارد. زمانی که PCI کمتر از ۳۳ باشد، تاثیر آن بر سهم تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر برابر با ۰/۰۶ است که از نظر آماری معنادار می‌باشد، که نشان‌دهنده یک رابطه ضعیف میان این دو متغیر در این بازه از مقادیر PCI است. در مقابل، هنگامی که PCI از این آستانه عبور کرده و بالای ۳۳ قرار گیرد، ضریب اثرگذاری این متغیر به ۰/۲۲ تغییر می‌کند که از نظر آماری نیز معنادار است و نشان‌دهنده یک رابطه قوی‌تر و قابل‌توجه‌تر میان PCI و سهم تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. این یافته‌ها حاکی از این است که وقتی PCI از یک سطح مشخص (۳۳) عبور می‌کند، اثر آن بر تولید برق از منابع تجدیدپذیر به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد، که می‌تواند نشان‌دهنده اهمیت بیشتر PCI در فرآیندهای تولید انرژی در مراحل بالاتر توسعه اقتصادی و صنعتی باشد. لی و همکاران (۲۰۲۳) تنها مطالعه‌ای است که تأثیر شاخص PCI بر تولید انرژی تجدیدپذیر را در نمونه کشورهای بریکس مورد بررسی قرار داده‌اند و در یک مدل خطی به رابطه‌ای مثبت بین این دو متغیر دست یافته‌اند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

یکی از متغیرهای کنترل مورد توجه در این مطالعه، توسعه مالی است که نتایج حاصل از برآورد مدل حاکی از مثبت و معنادار بودن تاثیر توسعه مالی بر سهم تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد این یافته‌ها نشان می‌دهند که توسعه مالی از طریق افزایش دسترسی به اعتبارات و ایجاد انگیزه برای سرمایه‌گذاران بخش خصوصی، نقش مهمی در افزایش سهم تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر ایفا می‌کند. این نتایج با مطالعات پیشین مانند نگکبو و دیوت (۲۰۲۴)، لی و همکاران (۲۰۲۳) و سعداوی (۲۰۲۲) هم سو است.

همچنین تاثیر ریسک ژئوپلیتیک مثبت و معنادار است که نشان‌دهنده این است که این نوع تنش‌ها، به‌عنوان یک محرک عمل کرده و این کشورها را به سمت توسعه پایدار و کاهش وابستگی به منابع انرژی سنتی هدایت می‌کند. بنابراین تاثیر مثبت ریسک ژئوپلیتیک بر تاثیر منفی آن در گروه کشورهای مورد مطالعه غالب است. این نتیجه با مطالعه ونگ و همکاران (۲۰۲۴) و فاروق (۲۰۲۳) هم سو می‌باشد. نتایج مندرج در جدول ۶ حاکی از آن است که متغیر شدت انتشار دی‌اکسید کربن که به عنوان شاخصی برای سیاست زیست محیطی استفاده شده است مطابق انتظار منفی است. این شاخص هرچه ضعیف‌تر باشد انتشار CO_2 بیشتر و در نتیجه نشان‌دهنده سیاست زیست محیطی ضعیف‌تر است. این نتیجه با یافته های مطالعه دوگان و همکاران (۲۰۲۳) سازگار می‌باشد. همچنین نتایج نشان دهنده تاثیر مثبت و معنادار شاخص باز بودن تجاری بر تولید برق تجدیدپذیر می‌باشد که این نتیجه با مطالعات ویورال (۲۰۲۱) و ونگ و همکاران (۲۰۲۴) سازگار است. تاثیر سرمایه‌گذاری مثبت و معنادار است زیرا هرچه سرمایه‌گذاری بیشتر شود می‌توان انتظار داشت تولید افزایش یابد و منابع برای تولید برق تجدیدپذیر افزایش می یابد. تشکیل سرمایه ثابت ناخالص، با فراهم کردن منابع مالی و زیرساخت برای ساخت و توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر، نقش کلیدی در افزایش تولید برق تجدیدپذیر ایفا می‌کند. این ارتباط مثبت نشان‌دهنده آن است که سرمایه‌گذاری در دارایی‌های ثابت به‌عنوان یکی از عوامل بنیادی، توسعه پایدار در حوزه انرژی را تسریع می‌کند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

جدول ۶: نتایج برآورد مدل با استفاده از مدل پانل آستانه ای پویا

متغیرها	ضریب	*P-Value*	آزمون	آماره	*P-Value*
The lag of REGS	۰/۵۶	۰/۰۰۰	AR (1)	-۳/۶۹	۰/۰۰۰۲
PCI ($PCI \leq 33$)	۰/۰۶۵	۰/۰۶	AR (2)	-۰/۰۸	۰/۹۳
PCI (PCI > 33)	۰/۲۲	۰/۰۰۰	آزمون سارگان	۵۸/۹۵	۰/۹۹
FD	۰/۲۸	۰/۰۰۰	آزمون SupWStar	۳۳۵۷/۷۴	۰/۰۰
RISK	۰/۱۲۵	۰/۰۰۰			
CO2P	-۶۵/۹۴	۰/۰۰۰			
TRADE	۰/۰۹۱	۰/۰۰۰			
INV	۰/۰۵۰	۰/۰۰۰			

مأخذ: محاسبات تحقیق

۶. نتیجه‌گیری

انرژی، برای فعالیت‌های اقتصادی و رفاه بشر امری حیاتی است، اما خطرات زیست محیطی مرتبط با سوخت‌های فسیلی و احتمال اتمام این منابع، جستجوی منابع انرژی جایگزین را در سطح جهانی برانگیخته است. هیئت بین دولتی تغییرات آب و هوایی (IPCC، ۲۰۱۴)، بر نیاز فوری به انتقال انرژی به منابع تجدیدپذیر را برای محدود کردن گرمایش جهانی و اثرات نامطلوب آن توصیه می‌کند. در هر اقتصادی برای ارتقا دادن به بخش تولید خود نیاز به تولید برق است (ویلانتنکودث، ۲۰۲۳). بنابراین، می‌توان برداشت کرد، که قوانین و اقدامات سیاستی با تمرکز بر واحدهای تولید برق تجدیدپذیر با رشد اقتصادی پایدار همسو می‌باشند. مزیت اصلی تولید برق قابل تجدید این است که، کیفیت محیط زیست درکشورهای پیشگام در این فناوری را افزایش می‌دهد. از این رو این کشورها می‌توانند در آینده نزدیک به اهداف توسعه پایدار (SDGs) نیز دست یابند (ویلانتنکودث، ۲۰۲۳).

در این مطالعه با استفاده از مدل پانل پویای آستانه‌ای به دنبال بررسی رابطه غیرخطی بین شاخص ظرفیت مولد و تولید برق تجدیدپذیر در گروه کشورهای در حال توسعه می‌باشیم. به علاوه، توسعه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

مالی، ریسک ژئوپلیتیک، شدت انتشار CO2، باز بودن اقتصاد و سهم تشکیل سرمایه ثابت ناخالص از GDP به عنوان متغیرهای کنترل در مدل لحاظ شده‌اند. نتایج حاصل از برآورد رابطه غیرخطی بین PCI و تولید برق برق تجدیدپذیر در گروه کشورهای مورد مطالعه تایید کرده است. به عبارت دیگر، در کشورهایی که سطح PCI بالاتر از حد آستانه ای می باشد، تاثیر مثبت آن بر تولید برق تجدیدپذیر به صورت قابل توجهی افزایش می‌یابد. در مقابل در کشورهایی با سطح پایین تر PCI، تاثیر آن بر تولید برق تجدیدپذیر مثبت اما ضعیف می‌باشد. تأثیر غیرخطی شاخص ظرفیت مولد بر تولید برق تجدیدپذیر نشان‌دهنده اهمیت توسعه تدریجی زیرساخت‌ها و فناوری‌ها در سطوح مختلف است. این نتایج بر ضرورت سرمایه‌گذاری هدفمند و سیاست‌گذاری دقیق در مراحل مختلف توسعه اقتصادی تأکید دارد.

در رابطه با متغیرهای کنترل، یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که توسعه مالی، به عنوان یکی از متغیرهای کلیدی، تأثیر مثبت و معناداری بر سهم تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. این تاثیر مثبت می‌تواند از طریق افزایش دسترسی به اعتبارات مالی، ایجاد انگیزه برای سرمایه‌گذاران بخش خصوصی، حمایت از نوآوری و فناوری‌های جدید و کاهش هزینه‌های تأمین مالی حاصل شود. بنابراین توسعه مالی می‌تواند به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای سیاست‌گذاران جهت ارتقای انرژی‌های تجدیدپذیر مورد استفاده قرار گیرد. ریسک ژئوپلیتیک (به عنوان دیگر متغیر کنترل)، اگرچه تهدیدهایی برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ایجاد می‌کند، اما می‌تواند به عنوان عاملی محرک برای تسریع گذار به انرژی‌های پاک عمل کند. سیاست‌گذاران باید با ایجاد چارچوب‌های حمایتی و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های داخلی، از فرصت‌های ناشی از ریسک ژئوپلیتیک برای توسعه برق تجدیدپذیر بهره‌برداری کنند. در این مطالعه، شدت انتشار دی‌اکسیدکربن به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی تاثیر سیاست‌های زیست‌محیطی بر تولید برق تجدیدپذیر بکار گرفته شده است. بالا بودن شدت انتشار دی‌اکسیدکربن معمولاً نشان‌دهنده ضعف سیاست‌های زیست‌محیطی یک کشور است. نتایج برآورد مدل نشان دهنده ضریب منفی این شاخص می باشد. به عبارت دیگر، کشورهایی که در اعمال مقررات زیست‌محیطی سست عمل می‌کنند، تمایل کمتری به سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک دارند. این امر مانع از رشد و تولید برق تجدیدپذیر می‌شود. متغیر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

دیگر مورد توجه در این مطالعه، باز بودن اقتصاد می باشد. نتایج حاصل از برآورد حاکی از آن است که باز بودن اقتصاد به عنوان یکی از شاخص‌های تعاملات بین‌المللی، نقش قابل‌توجهی در تسریع تولید برق تجدیدپذیر ایفا می‌کند. باز بودن اقتصاد موجب تسهیل انتقال فناوری‌های پیشرفته در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه می‌شود. این فناوری‌ها شامل تجهیزات مدرن برای تولید برق خورشیدی، بادی و زیستی هستند که می‌توانند بهره‌وری تولید انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش دهند. در نهایت رابطه مثبت بین سهم تشکیل سرمایه ثابت ناخالص داخلی از GDP و تولید برق تجدیدپذیر نیز تایید شده است که نشان‌دهنده اهمیت سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و دارایی‌های بلندمدت برای توسعه انرژی‌های پاک است.

References

Adepoju, O. O., David, L. O., & Nwulu, N. I. (2022). Analyzing the impact of human capital on renewable energy penetration: A bibliometric reviews. Sustainability, 14(14), 8852.

Aghaei, M., Rezagholizadeh, M., & Abdi, Y. (2019). Financial development and renewable energy technology development in different sectors: Application of panel Tobit model. Economic Research, 54 (2), 253-284 (In Persian).

Alvarado, R., Tillaguango, B., & Toledo, E. (2021). Renewable energy, R&D, and economic complexity: New evidence for Latin America using quantile regressions. In Design, Analysis, and Applications of Renewable Energy Systems (pp. 185-197). Academic Press.

Baltagi, B. H., Bresson, G., & Pirotte, A. (2003). Fixed effects, random effects or Hausman–Taylor? A pretest estimator. Economics Letters, 79(3), 361–369.

Bernanke, B.S. (1983). Irreversibility, uncertainty, and cyclical investment. Quarterly Journal of Economoics, 98, 85–106.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. Applied energy, 162, 733-741.

Bloom, N., Bond, S., & Van Reenen, J. (2007). Uncertainty and investment dynamics. Review of Economic Studies. 74, 391–415.

Burke, M. J., & Stephens, J. C. (2018). Political power and renewable energy futures: A critical review. Energy research & social science, 35, 78-93.

Byaro, M., Dimoso, P., & Rwezaula, A. (2023). Are clean energy technologies a panacea for environmental sustainability in sub-Saharan African countries?. Environmental Science and Pollution Research, 1-16.

Caner, M. & Hansen, B.E. (2004). Instrumental variable estimation of a Threshold model. Econometric Theory, 20, 813-843

Carafa, L. (2015). Policy and markets in the MENA: The nexus between governance and renewable energy finance. Energy Procedia, 69, 1696-1703.

Chester, C. (2010). Conceptualising energy security: A synthesis of prevalent international relations approaches. Energy Policy, 38(2), 887-895.

Chishti, M. Z., Dogan, E., & Zaman, U. (2023). Effects of the circular economy, environmental policy, energy transition, and geopolitical risk on sustainable electricity generation. Utilities Policy, 82, 10158

Chu, L. K. (2021). Economic structure and environmental Kuznets curve hypothesis: New evidence from economic complexity. Applied Economics Letters, 28(7), 612-616.

Chu, L. K. (2023). The role of energy security and economic complexity in renewable energy development: Evidence from G7 countries. Environmental Science and Pollution Research, 30(19), 56073-56093.

Conrad, K., & Wastl, D. (1995). The impact of environmental regulation on productivity in German industries. Empirical economics, 20, 615-633.

Dabiri, F., Taghavi, L., Pourhashemi, A., & Zarei, A. (2013). Comparative study of the legal aspects of the development and use of renewable energy inefficiently in

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

Iran and selected countries. 28th International Power System Conference, Iran (In Persian).

Dadgar, Y. & Nazari, R. (2009). Evaluation of financial development indicators in Iran. International Conference on the Development of the Financial System in Iran (with an Approach to Financial Innovations) (In Persian).

Davies, R. B. (1977). Hypothesis testing when a nuisance parameter is present only under the alternative. Biometrika, 64, 247-254

Dehghan Shabani, Z. (2024). Renewable energy and CO2 emissions: Does human capital matter?. Energy Reports, 11, 3474–3491

Dogan, E., Hodžić, S., & Šikić, T. F. (2023). Do energy and environmental taxes stimulate or inhibit renewable energy deployment in the European Union?. Renewable Energy, 202, 1138-1145.

Dogan, E., Inglesi-Lotz, R., & Altinoz, B. (2021). Examining the determinants of renewable energy deployment: Does the choice of indicator matter?. International Journal of Energy Research, 45(6), 8780-8793.

Dumitrescu, E.-I., Hurlin, C., 2012. Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. Economic Modelling, 29, 1450–1460.

Fankhauser, S., Gennaioli, C., & Collins, M. (2015). The political economy of passing climate change legislation: Evidence from a survey. Global Environmental Change, 35, 52-61.

Farooq, F., Tanveer, A., & Faheem, M. (2023). Analyzing the impact of geopolitical risk, and renewable energy towards sustainable development in China. iRASD Journal of Economics, 5(2), 422-440.

Fatima, N., Li, Y., Ahmad, M., Jabeen, G., & Li, X. (2021). Factors influencing renewable energy generation development: A way to environmental sustainability. Environmental Science and Pollution Research, 28(37), 51714-51732.

Fouquet, R. (2016). Path dependence in energy systems and economic development. Nature Energy, 1(8), 1-5.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

Gelegenis, J. J., & Harris, D. J. (2014). Undergraduate studies in energy education–A comparative study of Greek and British courses. Renewable energy, 62, 349-352.

González, A., Teräsvirta, T., van Dijk, D., 2005. Panel smooth transition model and an application to investment under credit constraints. Working Paper, Stockholm School of Economics.

Greenwald, B.C., & Stiglitz, J.E. (1990). Macroeconomic models with equity and credit rationing, in: Asymmetric Information, Corporate Finance, and Investment. University of Chicago Press, 15–42.

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. The quarterly journal of economics, 110(2), 353-377.

Hadri, K., & Rao, Y. (2008). Panel stationarity test with structural breaks. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 70, 245–269.

Hansen, B. E. (1999). Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference. Journal of Econometrics, 93(2), 345–368.

Hartwick, J. (1977). Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. The American Economic Review, 67, 972-974

Hsiao, C., Pesaran, M.H., Tahmiscioglu, K., 2002. Maximum likelihood estimation of fixed effects dynamic panel data models covering short time periods. Journal of Econometrics, 109, 107–150

Hollenbeck, B. (2018). Online reputation mechanisms and the decreasing value of chain affiliation. Journal of Marketing Research, 55(5), 636-654.

IEA (2024), World energy investment. International Energy Agency Website: www.iea.org.

IPCC (2022), Climate change 2022, mitigation of climate change. Contribution of working group III to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Intergovernmental panel on climate change.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

IRENA (2022) Global hydrogen trade to meet the 15 to meet the 1.5°C climate goal part III green hydrogen cost and potential, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IRENA (2023), World energy transition outlook 2023: 1.5°C pathway, International renewable energy agency, Abu Dhabi.

Kandpal, T. C., & Broman, L. (2014). Renewable energy education: A global status review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 34, 300-324.

Kremer, S., Bick, A., & Nautz, D. (2013). Inflation and growth: New evidence from a dynamic panel threshold analysis, Empirical Economics, 44, 861-878.

Kurniawan, R., & Managi, S. (2019). Linking wealth and productivity of natural capital for 140 countries between 1990 and 2014. Social Indicators Research, 141, 443-462.

Lall, S., Weiss, J., & Zhang, J. (2006). The “sophistication” of exports: A new trade measure. World development, 34(2), 222-237.

Li, B., Liu, Q., Li, Y., & Zheng, S. (2023). Socioeconomic productive capacity and renewable energy development: Empirical insights from BRICS. Sustainability, 15(7), 5986.

Lopez, L., & Weber, S. (2017). Testing for granger causality in panel data. The Stata Journal, 17(4), 972–984.

Lucas Jr, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. Journal of monetary economics, 22(1), 3-42.

Luo, K., Wang, Q., & Liang, C. (2022). The way to break the resource curse: New evidence from China. Resources Policy, 79, 102971.

Madni, G. R. (2023). Meditation for role of productive capacities and green investment on ecological footprint in BRI countries. Environmental Science and Pollution Research, 30(28), 72308-72318.

Marques, A. C., & Fuinhas, J. A. (2012). Are public policies towards renewables successful? Evidence from European countries. Renewable Energy, 44, 109-118.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

Ngcobo, R., & De Wet, M. C. (2024). The Impact of financial development and economic growth on renewable energy supply in South Africa. Sustainability, 16(6), 2533.

North, D. C. (1990). Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Cambridge University Press, Cambridge 9305.

Ocal, O., & Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey. Renewable and sustainable energy reviews, 28, 494-499.

Olorogun, L. A. (2024). Modelling financial development in the private sector, FDI, and sustainable economic growth in sub-Saharan Africa: ARDL bound test-FMOLS, DOLS robust analysis. Journal of the Knowledge Economy, 15(2), 8416-8434.

Owusu-Agyei, S., Okafor, G., Chijoke-Mgbame, A. M., Ohalehi, P., & Hasan, F. (2020). Internet adoption and financial development in sub-Saharan Africa. Technological Forecasting and Social Change, 161, 120293.

Ozili, P. K. (2021). Digital finance, green finance and social finance: is there a link?. Financial Internet Quarterly, 17(1), 1-7.

Pfeiffer, B., & Mulder, P. (2013). Explaining the diffusion of renewable energy technology in developing countries. Energy Economics, 40, 285-296.

Porter, M. E., & Linde, C. V. D. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. Journal of economic perspectives, 9(4), 97-118.

Porter, M. E. (1991). America's green strategy. Scientific American, 264, 168

Przychodzen, W., & Przychodzen, J. (2020). Determinants of renewable energy production in transition economies: A panel data approach. Energy, 191, 116583.

Rafique, M. Z., Doğan, B., Husain, S., Huang, S., & Shahzad, U. (2021). Role of economic complexity to induce renewable energy: contextual evidence from G7 and E7 countries. International Journal of Green Energy, 18(7), 745-754.

Ramírez-Rondán, N., 2015. Maximum likelihood estimation of dynamic panel threshold models. Central Bank of Peru, mimeo

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

Raheem, I. D., Tiwari, A. K., & Balsalobre-Lorente, D. (2020). The role of ICT and financial development in CO2 emissions and economic growth. Environmental Science and Pollution Research, 27(2), 1912-1922.

Razzaq, A., Ajaz, T., Li, J. C., Irfan, M., & Suksatan, W. (2021). Investigating the asymmetric linkages between infrastructure development, green innovation, and consumption-based material footprint: Novel empirical estimations from highly resource-consuming economies. Resources Policy, 74, 102302.

Rodríguez, M. C., Haščič, I., Johnstone, N., Silva, J., & Ferey, A. (2015). Renewable energy policies and private sector investment: Evidence from financial microdata. Environmental and Resource Economics, 62, 163-188.

Saadaoui, H. (2022). The impact of financial development on renewable energy development in the MENA region: the role of institutional and political factors. Environmental Science and Pollution Research, 29(26), 39461-39472.

Saba, C. S., & Biyase, M. (2022). Determinants of renewable electricity development in Europe: Do Governance indicators and institutional quality matter?. Energy Reports, 8, 13914-13938.

Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the G7 countries. Energy Economics, 31(3), 456-462.

Salimi, M., Hosseinpour, M., & Dodange, B. (2023). Investigating the importance of renewable energy in the successful energy transition in Iran based on SWOT analysis. Journal of Renewable and New Energy, 10 (1), 97-109 (In Persian).

Sarmidi, T., Hook Law, S., & Jafari, Y. (2014). Resource curse: New evidence on the role of institutions. International Economic Journal, 28(1), 191-206.

Sart, G., Özekicioğlu, H., Danilina, M., Aytemiz, L., & Bayar, Y. (2024). The Causal Nexus Among Energy Dependency, Human Capital, and Renewable Energy: An Empirical Analysis for EU Members. Energies, 17(21), 5305.

Shahbaz, M., Nasreen, S., Ling, C.H., Sbia, R. (2014). Causality between trade openness and energy consumption: What causes what in high, middle and low income countries. Energy policy, 70, 126-143.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

Shahbaz, M., Tiwari, A. K., & Nasir, M. (2013). The effects of financial development, economic growth, coal consumption and trade openness on CO2 emissions in South Africa. Energy policy, 61, 1452-1459.

Shavalpour, S., & Kaviani, E. (2018). The effect of oil price fluctuations on wind power capacity in developing countries, based on technological learning and economies of scale. Iranian Energy Economics, 7(26), 25–50. https://doi.org/10.22054/jiee.2018.9098 (In Persian).

Sibanda, K., Gonese, D., & Garidzirai, R. (2023). Human capital and environmental sustainability nexus in selected SADC countries. Resources, 12(4), 52.

Sravan, C., & Mishra, P. P. (2022). Domestic renewable electricity generation vs electricity imports: Meeting India's long-run electricity consumption. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 54, 102842.

Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. World development, 32(8), 1419-1439.

Taheri, S. S., Rezakhanlou, M., Pour, A. M., & Fallahi, F. (2024). Evaluation of efficient policies on the renewable penetration in electricity sector for an integrated energy planning model in TIMES. Environment, Development and Sustainability, 1-27.

Tahami Pour, M., Abedi, S., Baba Ahmadi, R. K., & Ebrahimi Zadeh, M. (2016). The investigation of renewable energy effects on Iranian per capita real economic growth. Iranian Energy Economics, 5(19), 53-77 (In Persian).

Taklif, A., Mohammadi, T., & Bakhtiar, M. (2016). Development of renewable energy and its role on the future of power sector in Iran, Economic Growth and Development Research, 7 (25), 147-161 (In Persian).

Thirlwall, A. P. (2007). The least developed countries report, 2006: Developing productive capacities. The Journal of Development Studies, 43(4), 766-778.

Tu, Y. X., Kubatko, O., Piven, V., Sotnyk, I., & Kurbatova, T. (2022). Determinants of renewable energy development: Evidence from the EU countries. Energies, 15(19), 7093.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

UNCTAD. (2021). Productive capacities index: methodological approach and results. UN.

UNCTADSTAT (2021) United Nations Conference on Trade and Development Data Center. Retrieved from https://unctadstat. unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=199270

UNCTAD (2023). Productive Capacities Index: 2nd Generation-Enhanced Statistical and Methodological Approach with Results. https://unctad.org/publication/productive-capacities-index-2nd-generation.

Villanthenkodath, M. A., Mahalik, M. K., & Patel, G. (2023). Effects of foreign aid and energy aid inflows on renewable and non-renewable electricity production in BRICS countries. Environmental Science and Pollution Research, 30(3), 7236-7255.

Vural, G. (2021). Analyzing the impacts of economic growth, pollution, technological innovation and trade on renewable energy production in selected Latin American countries. Renewable Energy, 171, 210-216.

Wang, L., Vo, X. V., Shahbaz, M., & Ak, A. (2020). Globalization and carbon emissions: Is there any role of agriculture value-added, financial development, and natural resource rent in the aftermath of COP21?. Journal of Environmental Management, 268, 110712.

Wang, Q., Wang, X., and Li, R. (2024). Geopolitical risks and energy transition: The impact of environmental regulation and green innovation, Humanities and Social Sciences Communications, 11, 1272

Xia, C., Balsalobre-Lorente, D., & Syed, Q. R. (2025). Electricity generation from renewable and non-renewable energy sources in China: The role of environmental policy stringency, FDI, and economic growth. Energy, 318, 134695.

Zhang, J., Li, B., He, H., & Shen, Y. (2024). Natural resource dependence and renewable energy development: Does government policy support matter?. Journal of Cleaner Production, 436, 140466.

Zhang, M., Zhang, S., Lee, C.-C., & Zhou, D. (2021). Effects of trade openness on renewable energy consumption in OECD countries: New insights from panel

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

smooth transition regression modelling. *Energy Economics*, *104*, 105649. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105649

Zhao, Z., Gozgor, G., Lau, M. C. K., Mahalik, M. K., Patel, G., & Khalfaoui, R. (2023). The impact of geopolitical risks on renewable energy demand in OECD countries. Energy Economics, 122, 106700.

Zhao, X., Mahendru, M., Ma, X., Rao, A., & Shang, Y. (2022). Impacts of environmental regulations on green economic growth in China: New guidelines regarding renewable energy and energy efficiency. Renewable Energy, 187, 728-742.

Zheng, F., Zhou, X., Rahat, B., & Rubbaniy, G. (2021). Carbon neutrality target for leading exporting countries: On the role of economic complexity index and renewable energy electricity. Journal of environmental management, 299, 113558.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

ضمیمه ۱:

جدول ۱-۱. لیست کشورهای در حال توسعه منتخب

ردیف	کشور	ردیف	کشور	ردیف	کشور
۱	آرژانتین	۲۶	جمهوری دومینیکن	۵۱	موریس
۲	آفریقای‌جنوبی	۲۷	رواندا	۵۲	مکزیک
۳	آنگولا	۲۸	زامبیا	۵۳	نامیبیا
۴	اتیوپی	۲۹	زیمباوه	۵۴	نیکاراگوئه
۵	اردن	۳۰	ساحل‌عاج	۵۵	هائیتی
۶	السالوادور	۳۱	ساموآ	۵۶	هند
۷	امارات متحده عربی	۳۲	سریلانکا	۵۷	هندوراس
۸	اندونزی	۳۳	سنگال	۵۸	ونزوئلا
۹	اوگاندا	۳۴	سنگاپور	۵۹	ویتنام
۱۰	اکوادور	۳۵	سوریه	۶۰	پاناما
۱۱	ایران	۳۶	سیرالئون	۶۱	پاکستان
۱۲	باربادوس	۳۷	شیلی	۶۲	کاستاریکا
۱۳	برزیل	۳۸	عراق	۶۳	کامبوج
۱۴	بلیز	۳۹	غنا	۶۴	کامِرون
۱۵	بنگلادش	۴۰	فلیپین	۶۵	کره جنوبی
۱۶	بوتان	۴۱	فیجی	۶۶	کشور
۱۷	بوروندی	۴۲	لسوتو	۶۷	کلمبیا
۱۸	بورکینافاسو	۴۳	لیبی	۶۸	کنیا
۱۹	تایلند	۴۴	ماداگاسکار	۶۹	کُنگو
۲۰	تانزانیا	۴۵	مالزی	۷۰	گواتمالا
۲۱	ترکیه	۴۶	مالی	۷۱	گینه استوایی
۲۲	تونس	۴۷	مراکش		
۲۳	توگو	۴۸	مصر		
۲۴	جامائیکا	۴۹	مغولستان		
۲۵	جمهوری آفریقای مرکزی	۵۰	موریتانی		

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

جدول ۱-۲. متغیرهای مورد استفاده برای زیرشاخص‌های PCI توسط آنکتاد

زیرشاخص	فرا داده و متغیرهای ورودی
انرژی	● دسترسی به برق (درصد از جمعیت) ● تولید ناخالص داخلی به ازای کل عرضه انرژی ● مصرف انرژی تجدیدپذیر (درصد از کل مصرف انرژی نهایی) ● عرضه انرژی اولیه سرانه ● مصرف کل انرژی سرانه ● انتقال و توزیع توان الکتریکی (درصد از خروجی) الف: تلفات تولید برق ب: تولید برق
سرمایه انسانی	● کل مخارج سلامتی (درصد از تولید ناخالص داخلی) ● هزینه تحقیق و توسعه (درصد از تولید ناخالص داخلی) ● نرخ باروری، کل (تولد به ازای هر زن) ● امید به زندگی (سال) ● تعداد محققان در تحقیق و توسعه (به ازای هر میلیون نفر) ● سال‌های مورد انتظار برای تحصیل
فناوری اطلاعات و ارتباطات	● اشتراک پهنای باند ثابت (به ازای هر ۱۰۰ نفر) ● اشتراک تلفن ثابت (به ازای هر ۱۰۰ نفر) ● افرادی که از اینترنت استفاده می کنند (درصد از جمعیت) ● اشتراک تلفن همراه (به ازای هر ۱۰۰ نفر) ● سرورهای اینترنتی امن (به ازای هر ۱ میلیون نفر)
نهادها	● کنترل فساد ● اثربخشی دولت ● ثبات سیاسی و عدم وجود خشونت/تروریسم ● کیفیت نظارتی ● حاکمیت قانون ● صدا و پاسخگویی
سرمایه طبیعی	● زمین کشاورزی (درصد مساحت زمین) ● جریان استخراج (درصد از تولید ناخالص داخلی) ● مساحت جنگل (درصد از مساحت زمین) ● شدت مواد

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

زیرشاخص	فرا داده و متغیرهای ورودی
	ج: کل استخراج داخلی مواد خام د: صنعت (شامل ساخت و ساز)، ارزش افزوده (ثابت ۲۰۱۵ دلار آمریکا) ● کل رانت منابع طبیعی (درصد از تولید ناخالص داخلی)
بخش خصوصی	● اعتبارات داخلی به بخش خصوصی (درصد تولید ناخالص داخلی) ● درخواست ثبت اختراع (سرانه) ● درخواست های علامت تجاری (سرانه) ● نرخ بهره وام (درصد) ● شاخص عملکرد لجستیک

منبع: گزارش نسل دوم شاخص ظرفیت مولد: رویکرد آماری و روش شناختی پیشرفته با نتایج (۲۰۲۳)

جدول ۱-۳. توصیف متغیرها و منابع آن

متغیرها	تعریف	منابع داده‌ها
سهم تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر (REGS)	به درصدی از کل برق تولیدی یک کشور اطلاق می‌شود که از منابع انرژی تجدیدپذیر به‌دست می‌آید.	جهان ما در داده‌ها (OWID)
شاخص ظرفیت مولد (PCI)	ظرفیت‌های مولد عبارتند از منابع تولیدی، قابلیت‌های کارآفرینی و پیوندهای تولیدی که در مجموع توانایی یک کشور را برای تولید کالاها و خدمات تعیین می‌کنند.	پایگاه اطلاعاتی سازمان ملل متحد در توسعه و تجارت (UNCTAD)
توسعه مالی (FD)	توسعه مالی به گسترش و بهبود سیستم‌ها، مؤسسات و بازارهای مالی یک کشور اشاره دارد که با هدف تسهیل دسترسی به خدمات مالی، کاهش هزینه مبادلات و تخصیص بهینه سرمایه انجام می‌شود.	پایگاه اطلاعاتی توسعه مالی بانک جهانی (GFDD)
شاخص ریسک ژئوپلیتیک (RISK)	شاخصی کمّی برای اندازه‌گیری عدم اطمینان ناشی از تنش‌های سیاسی، امنیتی و بین‌المللی که می‌تواند بر ثبات اقتصادی و بازارهای جهانی تأثیر بگذارد. این شاخص بر اساس تحلیل محتوای رسانه‌ها، گزارش‌های امنیتی و رویدادهای سیاسی محاسبه می‌شود.	مرکز مدیریت کالاها و انرژی جی‌پی مورگان
شدت انتشار CO_2 (CO2P)	میزان انتشار دی‌اکسید کربن (CO_2) را نسبت به هر واحد تولید ناخالص داخلی (GDP) اندازه‌گیری می‌کند که در این مطالعه به عنوان شاخصی برای سیاست های زیست محیطی استفاده شده است.	اطلس جهانی کربن

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

سهم تشکیل سرمایه ثابت ناخالص داخلی از GDP (INV)	این شاخص نشان‌دهنده میزان سرمایه‌گذاری در دارایی‌های ثابت (مانند ماشین‌آلات، ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها) نسبت به تولید ناخالص داخلی (GDP) است.	بانک جهانی (WB)
شاخص باز بودن اقتصاد (TRADE)	باز بودن اقتصاد نشان‌دهنده میزان تعامل یک کشور با اقتصاد جهانی از طریق تجارت کالا و خدمات است. این شاخص به صورت نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی (GDP) محاسبه می‌شود.	بانک جهانی (WB)

جدول ۱-۴. تعاریف واژه‌ها و اصطلاحات تخصصی

عنوان	تعریف
پروتکل کیوتو	پروتکل کیوتو یک توافق بین‌المللی الحاقی به پیمان تغییرات آب‌وهوایی سازمان ملل[1] (UNFCCC) است که در سال ۱۹۹۷ در کیوتو، ژاپن تصویب شد و در ۲۰۰۵ به اجرا درآمد. هدف اصلی آن کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای مقابله با گرمایش جهانی بود.
موافقتنامه پاریس	موافقتنامه پاریس یک پیمان بین‌المللی تحت چارچوب پیمان تغییرات آب‌وهوایی سازمان ملل (UNFCCC) است که در دسامبر ۲۰۱۵ در پاریس تصویب شد و از نوامبر ۲۰۱۶ اجرایی شد. هدف اصلی آن محدود کردن افزایش دمای جهانی به زیر ۲ درجه سانتی گراد (ترجیحاً ۱/۵ درجه) نسبت به سطح پیش‌صنعتی است.
COP۲۶	به بیست و ششمین کنفرانس اعضای کنوانسیون تغییرات آب‌وهوایی سازمان ملل متحد (UNFCCC)اشاره دارد. این اجلاس بین‌المللی مهم که از ۳۱ اکتبر تا ۱۲ نوامبر ۲۰۲۱ در گلاسکو، بریتانیا برگزار شد، با حضور رهبران جهانی، نمایندگان دولت‌ها و کارشناسان محیط زیست به بررسی راهکارهای مقابله با تغییرات اقلیمی پرداخت.
COP۲۷	به بیست و هفتمین کنفرانس اعضای کنوانسیون تغییرات آب‌وهوایی سازمان ملل متحد (UNFCCC) اشاره دارد که در ۲۰ نوامبر ۲۰۲۲ در شرم‌الشیخ مصر برگزار شد، با تصمیمی تاریخی به کار خود پایان داد. این تصمیم تاریخی، تأسیس و عملیاتی‌سازی صندوق جبران خسارات و زیان‌های ناشی از تغییرات اقلیمی بود.
هیئت بین دولتی تغییرات آب و هوایی (IPCC)	IPCC یک نهاد علمی-سیاسی زیر نظر سازمان ملل متحد (UN) است که در سال ۱۹۸۸ تأسیس شد. وظیفه اصلی آن ارزیابی دانش علمی مرتبط با تغییرات آب‌وهوایی، پیامدهای آن و راه‌حل‌های ممکن است.

[1] The United Nations Framework Convention on Climate Change

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]

عنوان	تعریف
سازمان بین‌المللی انرژی-های تجدیدپذیر (IRENA)	IRENA یک سازمان بین‌المللی است که در سال ۲۰۰۹ تأسیس شد و مقر آن در ابوظبی، امارات قرار دارد. مأموریت اصلی آن تسهیل توسعه و گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر (مانند خورشیدی، بادی، هیدروژن سبز) در سطح جهانی است.
برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP)	نهاد پیشروی سازمان ملل در حوزه‌ی محیط‌زیست است که در سال ۱۹۷۲ تأسیس شد و مقر آن در نایروبی، کنیا قرار دارد. این برنامه نقش کلیدی در هماهنگی اقدامات بین‌المللی برای حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار ایفا می‌کند.
زیست توده (Biomass)	زیست‌توده به تمام موادی با منشأ گیاهی یا جانوری گفته می‌شود که می‌توانند به عنوان منبع انرژی تجدیدپذیر مورد استفاده قرار گیرند. این مواد انرژی ذخیره شده از خورشید را در خود نگه می‌دارند و از طریق فرآیندهای مختلف به اشکال قابل استفاده انرژی تبدیل می‌شوند.
انرژی زیستی (Bioenergy)	انرژی زیستی به انرژی حاصل از مواد آلی (زیست‌توده) مانند گیاهان، ضایعات کشاورزی، پسماندهای جنگلی و فضولات حیوانی گفته می‌شود که از طریق فرآیندهای مختلف به اشکال قابل استفاده انرژی (گرما، برق یا سوخت) تبدیل می‌شود.
توسعه پایدار	توسعه پایدار به عنوان الگویی از رشد اقتصادی-اجتماعی تعریف می‌شود که نیازهای نسل حاضر را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده در تأمین نیازهای خود برآورده کند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.6.7]