Economic Growth and Development Research Open Access

Summer (2026) 16(63): 39-53

DOI: 10.30473/egdr.2026.76964.7092

ORIGINAL ARTICLE

The Impact of the Composite Energy Security Index on Economic Growth: Evidence from Developed and Developing Countries

Azadeh Mehrabian[1] ,Golestaneh Mehrdad[2] ,Roya Seifipour[3] ,Ali Akbar Khosravinejad[4]

1. Department of Economics, Faculty of Economics and Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Economics, Faculty of Economics and Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Department of Economics, Faculty of Economics and Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. Department of Economics, Faculty of Economics and Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Correspondence:
Roya Seifipour
Email: roy.seyfipour@iauctb.ac.ir

Received: 27/Dec/2025
Accepted: 27/May/2026

How to cite:
Mehrabian. A. Golestaneh. M. Seifipour. R. Khosravinejad. A,A. (2026). The Impact of the Composite Energy Security Index on Economic Growth: Evidence from Developed and Developing Countries. Economic Growth and Development Research. 16(63). 39-53. (DOI: 10.30473/egdr.2026.76964.7092)

ABSTRACT

Energy security, as a key factor in economic growth, plays a crucial role in development, reducing economic uncertainties, and enhancing productivity. However, empirical evidence suggests that its impact on economic growth is not uniform across countries and may be influenced by the level of human development. Accordingly, this study investigates the nonlinear relationship between energy security and economic growth, emphasizing the threshold role of the Human Development Index (HDI). To this end, a composite energy security index was first calculated using Principal Component Analysis (PCA). Subsequently, its effect on economic growth was estimated using a Panel Threshold Kink Model (PTKM). The sample comprises developed and developing countries over the period 2000 to 2023, a timeframe selected due to contemporary energy security concerns. The results indicate that the effect of energy security on economic growth depends on the level of human development. Specifically, after the HDI surpasses a certain threshold, the intensity of energy security's impact on economic growth strengthens. The findings also reveal that countries with higher levels of human development characterized by greater human capital, better institutional quality, and superior technological capacity are more capable of harnessing the benefits of energy security. Overall, the results underscore the simultaneous importance of enhancing both energy security and human development in achieving sustainable economic growth.

KEYWORDS

nergy Security, Economic Growth, Principal Component Analysis (PCA), Panel Threshold Kink Model (PTKM), Composite Index

JEL: C43, O10, O32, Q33, C38

Copyright © 2024 The Authors. Published by Payame Noor University.

This work is licensed under Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted. provided the original work is properly cited.

پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی

سال پانزدهم، شماره شصت و سه، تابستان ۱۴۰۵ (۵۳-۳۹)

DOI: 10.30473/egdr.2026.76964.7092

«مقاله پژوهشی»

تأثیر شاخص ترکیبی امنیت انرژی بر رشد اقتصادی، شواهدی از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه

آزاده محرابیان [۱]، مهرداد گلستانه [۲]،رویا سیفی پور [۳]، علی اکبر خسروی نژاد [۴]

۱. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،

۱. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،

۱. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،

۱. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،

نویسنده مسئول:
رویا سیفی پور
رایانامه: roy.seyfipour@iauctb.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۶

استناد به این مقاله:
محرابیان، آزاده، گلستانه، مهرداد، سیفی پور، رویا، خسروی نژاد، علی اکبر، (۱۴۰۵). تأثیر شاخص ترکیبی امنیت انرژی بر رشد اقتصادی، شواهدی از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه. فصلنامه علمی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۱۶(۶۳)،۵۳-۳۹.
(DOI: 10.30473/egdr.2026.76964.7092)

چکیده

امنیت انرژی به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی رشد اقتصادی، نقش مهمی در توسعه و کاهش نااطمینانی‌های اقتصادی و ارتقای بهره‌وری ایفا می‌کند. بااین‌حال، شواهد تجربی نشان می‌دهد که اثر امنیت انرژی بر رشد اقتصادی در کشورهای مختلف یکنواخت نبوده و می‌تواند تحت تأثیر سطح توسعه انسانی قرار گیرد. بر این اساس، پژوهش حاضر به بررسی رابطه غیرخطی میان امنیت انرژی و رشد اقتصادی با تأکید بر نقش آستانه‌ای شاخص توسعه انسانی (HDI) می‌پردازد. برای این منظور، ابتدا شاخص ترکیبی امنیت انرژی با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) محاسبه گردید و سپس اثر آن بر رشد اقتصادی در قالب مدل پانل آستانه‌ای شکسته (PTKM) برآورد گردید. جامعه آماری این پژوهش شامل کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه طی دوره زمانی ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۳ مورد بررسی قرار گرفته است. این دوره با توجه به مسایل امنیت انرژی انتخاب گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر امنیت انرژی بر رشد اقتصادی وابسته به سطح توسعه انسانی بوده و پس از عبور HDI از مقدار آستانه، شدت اثرگذاری امنیت انرژی بر رشد اقتصادی تقویت می‌شود. یافته‌ها همچنین بیانگر آن است که کشورهایی با سطوح بالاتر توسعه انسانی، به دلیل برخورداری از سرمایه انسانی بیشتر، کیفیت نهادی و ظرفیت فناورانه مناسب‌تر، توان بیشتری در بهره‌گیری از مزایای امنیت انرژی دارند. در مجموع، نتایج پژوهش بر اهمیت همزمان ارتقای امنیت انرژی و توسعه انسانی در دستیابی به رشد اقتصادی پایدار تأکید می‌کند.

واژه های کلیدی:

امنیت انرژی، رشد اقتصادی، روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مدل پانل آستانه‌ای شکسته، شاخص ترکیبی

طبقه‌بندی JEL : C43, O10, O32, Q33, C38.

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. ۱۴۰۳ ©. ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است.

این مقاله تحت گواهی زیر مستند شده و هر نوع استفاده غیر تجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و یا رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
Creative commons attribution-Noncommercial 4.0 international license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

۱- مقدمه

امنیت انرژی در دهه‌های اخیر به یکی از مهم‌ترین موضوعات اقتصادی، سیاسی و راهبردی در سطح جهانی تبدیل شده است. رشد سریع تقاضای انرژی، نوسانات قیمت حامل‌های انرژی، بحران‌های ژئوپلیتیکی، تغییرات اقلیمی و نگرانی‌های مرتبط با پایداری اقتصادی، موجب شده است که امنیت انرژی به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی رشد و ثبات اقتصادی مورد توجه گسترده دولت‌ها، سیاستگذارن اقتصادی و پژوهشگران حوزه‌های مرتبط قرار گیرد. در مقابل، ناامنی انرژی با ایجاد اختلال در عرضه، افزایش هزینه‌های تولید و تشدید نااطمینانی‌های اقتصادی، می‌تواند رشد اقتصادی را محدود کند (نپال و موسابی[1]، ۲۰۲۱؛ شهباز و همکاران[2]، ۲۰۲۳).

با وجود گسترش ادبیات پژوهش در حوزه انرژی و رشد اقتصادی، هنوز چند خلأ اساسی در این زمینه وجود دارد. خلأ نخست، بخش قابل‌توجهی از مطالعات پیشین، رابطه میان امنیت انرژی و رشد اقتصادی را به‌صورت خطی بررسی کرده‌اند و کمتر به ماهیت غیرخطی این رابطه توجه داشته‌اند. خلأ دوم، در اغلب پژوهش‌ها، نقش توسعه انسانی به‌عنوان متغیر آستانه‌ای در رابطه میان امنیت انرژی و رشد اقتصادی مورد بررسی قرار نگرفته است. خلأ سوم، بسیاری از مطالعات از شاخص‌های منفرد برای اندازه‌گیری امنیت انرژی استفاده کرده‌اند که قادر به انعکاس جامع ابعاد مختلف این مفهوم نیست.

علاوه بر این، شواهد تجربی جدید نشان می‌دهد که رابطه میان امنیت انرژی و رشد اقتصادی در بسیاری از کشورها ماهیتی غیرخطی داشته و شدت اثرگذاری متغیرهای اقتصادی و نهادی می‌تواند در سطوح مختلف توسعه تغییر کند (فنگ و ژائو، ۲۰۲۲)[3] .همچنین، برخی مطالعات نشان داده‌اند که متغیرهای نهادی و سیاسی دارای اثر آستانه‌ای بر رشد اقتصادی هستند؛ به‌گونه‌ای که پس از عبور از یک سطح مشخص، آثار آن‌ها تقویت می‌شود (مداح و همکاران، ۲۰۲۲)[4]. این موضوع بیانگر آن است که سطح توسعه انسانی می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در نحوه اثرگذاری امنیت انرژی بر رشد اقتصادی ایفا کند.

تفاوت و نوآوری پژوهش حاضر با پژوهش‌های گذشته را می‌توان در سه جنبه خلاصه نمود: استفاده از شاخص ترکیبی امنیت انرژی مبتنی بر روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، به کارگیری مدل پانل آستانه‌ای شکسته (PTKM) و بررسی رابطه غیرخطی میان امنیت انرژی و رشد اقتصادی با تأکید بر نقش آستانه‌ای شاخص توسعه انسانی در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه دانست. نتایج این پژوهش می‌تواند درک دقیق‌تری از نحوه اثرگذاری امنیت انرژی بر رشد اقتصادی در سطوح مختلف توسعه انسانی ارائه کرده و زمینه تدوین سیاست‌های مؤثرتر در حوزه انرژی، توسعه انسانی و رشد اقتصادی پایدار را فراهم سازد.

پژوهش حاضر با استفاده از داده‌های ۱۱۱ کشور توسعه‌یافته و درحال‌توسعه طی دوره ۲۰۰۰–۲۰۲۳ انجام شده است که اسامی آن‌ها در جدول (۴) ارائه شده است. کشورهای منتخب بر اساس دسترسی به داده‌های کامل، قابل اتکا و قابل مقایسه بین‌المللی انتخاب شده‌اند و به دلیل پوشش طیف متنوعی از سطوح توسعه و ساختارهای اقتصادی، نتایج پژوهش از قابلیت تعمیم‌پذیری نسبی در سطح بین‌المللی برخوردار است.

ساختار این پژوهش به این صورت است که پس از مقدمه، به‌ترتیب پیشینه پژوهش، روش‌شناسی، نتایج تجربی و در نهایت بحث و نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

۲- پیشینه پژوهش

از منظر نظری، امنیت انرژی در چارچوب نظریه‌های رشد درون‌زا و تابع تولید کاب‌ـداگلاس توسعه‌یافته، یکی از عوامل اساسی مؤثر بر رشد اقتصادی محسوب می‌شود؛ زیرا انرژی در کنار سرمایه و نیروی کار، از نهاده‌های اصلی تولید به شمار می‌رود (آلفارو و همکاران، ۲۰۰۴)[5]. در این چارچوب، دسترسی پایدار، مطمئن و قابل اتکا به انرژی می‌تواند از طریق افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌های تولید، بهبود فضای سرمایه‌گذاری و تقویت فعالیت‌های اقتصادی، زمینه رشد اقتصادی پایدار را فراهم سازد. در مقابل، ناامنی انرژی با ایجاد اختلال در عرضه انرژی، افزایش هزینه‌های تولید، تشدید نااطمینانی‌های اقتصادی و کاهش کارایی بخش‌های تولیدی، می‌تواند رشد اقتصادی را محدود کند (دستک و اسلان،[6] ۲۰۲۰: ۱۸۹۲؛ دستک و سارکدی[7]، ۲۰۱۹: ۲۴۸۵). ازاین‌رو، امنیت انرژی به‌عنوان یکی از پیش‌شرط‌های مهم رشد اقتصادی پایدار، به‌ویژه در اقتصادهای وابسته به انرژی، مورد توجه گسترده

[1] Nepal & Musibau (۲۰۲۱)
[2] Shahbaz et al. (۲۰۲۳).
[3] Feng & Zhao(۲۰۲۲)
[4] Maddah et al. (۲۰۲۲).
[5] Alfaro et al., 2004
[6] Destek & Aslan (2020)
[7] Destek & Sarkodie (2019)

پژوهشگران قرار گرفته است (ناتانیل و بکان[۱]، ۲۰۲۰: ۵؛ سارکدی[۲]،۲۰۲۱ : ۹۹۳ ؛ تقی‌زاده-حصاری و همکاران[۳]، ۲۰۲۱: ۳۱۸).

در رویکردهای نوین رشد اقتصادی، توسعه انسانی نیز به‌عنوان عاملی تعیین‌کننده در ارتقای بهره‌وری، ظرفیت جذب فناوری و عملکرد اقتصادی کشورها شناخته می‌شود. شاخص توسعه انسانی دربرگرفتن ابعاد آموزش، سلامت و درآمد، نشان‌دهنده کیفیت سرمایه انسانی و توان نهادی کشورهاست. بر این اساس، کشورهایی با سطح بالاتر توسعه انسانی، به دلیل برخورداری از زیرساخت‌های آموزشی، فناورانه و نهادی مناسب‌تر، توان بیشتری در تبدیل امنیت انرژی به رشد اقتصادی پایدار دارند. در مقابل، در کشورهایی با سطوح پایین‌تر توسعه انسانی، محدودیت‌های ساختاری، ضعف نهادی و ناکارایی‌های فناورانه می‌تواند مانع انتقال کامل آثار مثبت امنیت انرژی بر رشد اقتصادی شود (برنامه توسعه ملل متحد[۴]، ۲۰۲۴؛ لرسکولاوات[۵]، ۲۰۲۵؛ بالسالوبره-لورنت و همکاران[۶]، ۲۰۲۳؛ گبرسیلاسی و همکاران[۷]، ۲۰۲۴).

افزون بر این، مطالعات جدید نشان می‌دهد که اثر متغیرهای اقتصادی و نهادی بر رشد اقتصادی، ماهیتی غیرخطی دارد و پس از عبور از سطوح مشخصی از توسعه، شدت و حتی جهت اثرگذاری این متغیرها تغییر می‌کند (فنگ و ژائو[۸]، ۲۰۲۲؛ لی و همکاران[۹]، ۲۰۲۳؛ وانگ و همکاران[۱۰]، ۲۰۲۰). در همین راستا، مداح و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که متغیرهای نهادی و سیاسی می‌توانند دارای اثر آستانه‌ای بر رشد اقتصادی باشند؛ به‌گونه‌ای که پس از عبور از یک سطح مشخص، آثار آن‌ها تقویت می‌شود. همچنین، آیاز و همکاران[۱۱] (۲۰۲۴) تأکید کرده‌اند که کیفیت نهادی نقش تعیین‌کننده‌ای در چگونگی اثرگذاری ابعاد مختلف امنیت انرژی بر رشد اقتصادی ایفا می‌کند. بنابراین، پژوهش حاضر با استفاده از شاخص ترکیبی امنیت انرژی و مدل پانل آستانه‌ای شکسته (PTKM)، به بررسی نقش آستانه‌ای شاخص توسعه انسانی در رابطه میان امنیت انرژی و رشد اقتصادی می‌پردازد. فنگ و ژائو (۲۰۲۲) به بررسی ماهیت غیرخطی رابطه میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه با بهره‌گیری از مدل‌های آستانه‌ای نشان می‌دهد که اثر انرژی بر رشد اقتصادی یکنواخت نبوده و به سطح توسعه و شرایط ساختاری اقتصاد وابسته است. به‌عبارت دیگر، در سطوح پایین توسعه، افزایش مصرف انرژی لزوماً به بهبود عملکرد اقتصادی منجر نمی‌شود، اما با ارتقای سطح توسعه، کیفیت نهادها و پیشرفت‌های فناورانه، این اثر به‌صورت معناداری تقویت می‌شود. این یافته‌ها بر نقش تعیین‌کننده عوامل توسعه‌ای در جهت‌دهی به کارایی مصرف انرژی تأکید داشته و نشان می‌دهد که بدون فراهم بودن زیرساخت‌های نهادی و انسانی، انرژی نمی‌تواند به‌تنهایی محرک رشد اقتصادی پایدار باشد.

عظیمی و همکاران (۲۰۲۵)[۱۲] براساس مطالعات داده‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که امنیت انرژی نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد اقتصادی کشورها دارد، اما اثر آن به‌شدت وابسته به شرایط نهادی و ساختار اقتصادی است. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که در کشورهایی با ضعف در زیرساخت‌های انرژی و کیفیت پایین حکمرانی، ناامنی انرژی می‌تواند به کاهش تولید سرانه، افت بهره‌وری و افزایش آسیب‌پذیری اقتصادی منجر شود. در مقابل، بهبود امنیت انرژی از طریق تنوع‌بخشی به منابع، تقویت زیرساخت‌ها و اصلاحات نهادی، زمینه‌ساز رشد اقتصادی پایدار خواهد بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که امنیت انرژی به‌تنهایی محرک رشد نیست، بلکه اثر آن به بستر نهادی و ظرفیت‌های ساختاری اقتصاد وابسته است.

اعلم و همکاران (۲۰۲۵)[۱۳] با تمرکز بر تنش‌های ژئوپلیتیکی، رابطه میان امنیت انرژی و رشد اقتصادی را در ۷۵ کشور توسعه‌یافته و درحال‌توسعه طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ بررسی کردند. نتایج این پژوهش با استفاده از روش LP[۱۴] نشان داد که شوک‌های ناشی از ناامنی انرژی، به‌ویژه در دوره‌های افزایش تنش‌های ژئوپلیتیکی، اثر منفی و معناداری بر رشد اقتصادی دارند و این اثر در اقتصادهای نوظهور و کشورهای وابسته به واردات انرژی شدیدتر است. همچنین یافته‌ها بیانگر آن است که وابستگی به واردات انرژی، شدت بالای مصرف انرژی و ضعف زیرساخت‌ها، آسیب‌پذیری اقتصادها را در برابر

[1] Nathaniel & Bekun (2020).
[2] Sarkodie (2021)
[3] Taghizadeh-Hesary et al. (۲۰۲۱).
[4] United Nations Development Programme (UNDP). (۲۰۲۴).
[5] Puttitanun, T., & Lerskullawat, A.(۲۰۲۵)
[6] Balsalobre-Lorente et al. (۲۰۲۳).
[7] Gebresilassie, Y. H., Gebrihet, H. G., & Woldu, G. T. (۲۰۲٤).
[8] Feng & Zhao(۲۰۲۲)
[9] Lee et al. (2023).
[10] Wang et al.(۲۰۲۰)
[11] Ayaz et al (۲۰۲٤)
[12] Azimi et al. (2025)
[13] Alam et al. (۲۰۲٥).
[14] Local Projection

شوک‌های انرژی افزایش می‌دهد. این مطالعه همچنین نشان می‌دهد کشورهایی که از تنوع بیشتر در سبد انرژی، زیرساخت‌های کارآمدتر و کیفیت نهادی بالاتری برخوردارند، توانسته‌اند آثار منفی ناامنی انرژی را بهتر کنترل کنند. بر این اساس، نویسندگان بر اهمیت تنوع‌بخشی به منابع انرژی، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و تقویت حکمرانی انرژی در جهت افزایش تاب‌آوری اقتصادی و پایداری رشد اقتصادی تأکید می‌کنند.

در مجموع، مطالعات پیشین نشان می‌دهند که رابطه میان امنیت انرژی و رشد اقتصادی ماهیتی پیچیده و وابسته به شرایط توسعه‌ای کشورها دارد، با این حال بخش قابل‌توجهی از ادبیات موجود این رابطه را عمدتاً در قالب مدل‌های خطی و با استفاده از شاخص‌های محدود انرژی بررسی کرده‌اند. همچنین، در بسیاری از این مطالعات، نقش متغیرهای توسعه‌ای و نهادی در تغییر شدت و جهت اثر امنیت انرژی بر رشد اقتصادی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. تفاوت اصلی پژوهش حاضر با مطالعات پیشین در آن است این پژوهش تلاش می‌کند نشان دهد که اثر امنیت انرژی بر رشد اقتصادی لزوماً یکنواخت نبوده و می‌تواند با عبور از سطوح مختلف توسعه انسانی، تغییر کند.

۳- روش‌شناسی

در چارچوب ادبیات نظری و به‌منظور سنجش رابطه میان امنیت انرژی و رشد اقتصادی، تابع تولید کاب داگلاس توسعه‌یافته، با اتکا به مطالعات لی و نگویین (۲۰۱۹: ۴)[1]، شهبازی و همکاران (۲۰۲۳: ۱۲) ، (شهبازی و همکاران، ۲۰۱۳: ۵۲۲)[2] و نپال و موسیبای (۲۰۲۱: ۸)، به‌عنوان مدل پایه در قالب رابطه (۱) تصریح می‌شود.

$$Y = AK^{a_1}L^{a_2}ES^{a_3}e^{\mu} \qquad (۱)$$

در این رابطه، تولید ناخالص داخلی تابعی از سرمایه، نیروی کار و شاخص امنیت انرژی در نظر گرفته شده و عامل فناوری و جمله اخلال نیز در ساختار مدل لحاظ شده‌اند. کشش‌های تولید نسبت به نهاده‌ها بیانگر حساسیت تولید به تغییرات سرمایه، کار و امنیت انرژی بوده و فرض بازده ثابت به مقیاس در قالب رابطه (۲) برقرار است.

$$a_1 + a_2 + a_3 = 1 \qquad (۲)$$

در ادامه، با اتکا به ادبیات رشد درون‌زا، عامل فناوری به‌صورت درون‌زا و تابعی از باز بودن تجاری و توسعه مالی در نظر گرفته می‌شود. در این چارچوب، توسعه مالی از طریق تسهیل انباشت سرمایه و بهبود تخصیص منابع، و نیز با تقویت جریان سرمایه‌گذاری خارجی و انتقال فناوری، نقش مهمی در ارتقای تولید ایفا می‌کند. همچنین، باز بودن تجاری از طریق افزایش رقابت، تحریک نوآوری و تسهیل اشاعه فناوری، بهره‌وری را ارتقا می‌دهد (قادری‌مقدم و همکاران ،۱۳۹۶: ۱۵)[3].

بر این اساس، باز بودن تجاری و توسعه مالی به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده پیشرفت فناوری، در تابع تولید ادغام شده و فرم نهایی مدل در قالب رابطه (۳) ارائه می‌شود.

$$A_t = \partial TO_t^{\phi} FD_t^{\theta} \qquad (۳)$$

عامل فناوری به‌صورت تابعی از باز بودن تجاری و توسعه مالی تصریح شده است. در این چارچوب، یک جزء ثابت غیرقابل مشاهده در طول زمان در نظر گرفته شده و متغیرهای باز بودن تجاری (TO) و توسعه مالی (FD) به‌ترتیب با ضرایب مربوطه، بر سطح فناوری اثر می‌گذارند.

با توجه به معادلات (۱)، (۲) و (۳) می‌توان معادله (۴) را بدست آورد:

$$Y_t = \partial TO_t^{\phi} FD_t^{\theta} K^{a_1} L^{1-a_1-a_3} ES^{a_3} \qquad (۴)$$

اما به لحاظ تجربی، می‌توان متغیرهای کنترلی دیگری به ویژه کیفیت نهادی را در رابطه (۴) گنجاند. همچنین امکان وجود روابط غیرخطی در مسأله تاثیر امنیت انرژی بر رشد اقتصادی را با توجه به نتایج متفاوت مطالعات مربوط به این حوزه بررسی نمود. از این‌رو با توسعه رابطه (۴) در قالب یک مدل تجربی، رابطه (۵) قابل طرح است:

$$GDP_{it}=\beta_1 GCAP_{it}+\beta_2 ES_{it}+\beta_3 HDI_{it}+ XB+(\delta_1 GCAP_{it}+\delta_2 ES_{it}+\delta_3 HDI_{it}+X\Delta I\left(\psi_{HDI_{i,t}} \lhd \gamma\right)+\upsilon_i+\varepsilon_{it} \qquad (۵)$$

در رابطه تجربی (۵) اندیس‌های i و t به‌ترتیب بیانگر کشور و سال، υ_i اثرات غیر قابل مشاهده میان کشورها (مقاطع) هستند. برای جمله اخلال، فروض استاندارد اقتصادسنجی در نظر گرفته شده و اعتبار آن‌ها در مرحله برآورد با استفاده از روش GMM و آزمون‌های تشخیصی بررسی شده است.

[1] Lee, C. C., & Nguyen, C. P. (2020).
[2] Shahbazi et al. (2013)
[3] Ghadiri-M et al. (۲۰۱۷).

جدول (۱): متغیرهای تحقیق

ردیف	نام متغیر	نماد	تعریف	نقش نظری در مدل
۱	تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی	GDP	لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی	شاخص اصلی رشد اقتصادی؛ خروجی نهایی تابع تولید
۲	شاخص امنیت انرژی	ES	شاخص ترکیبی از ابعاد امنیت انرژی با استفاده از PCA	ورودی مهم تولید و توسعه پایدار؛ اثر آن بر رشد بررسی می‌شود
۳	شاخص توسعه انسانی	HDI	ترکیبی از آموزش، سلامت و درآمد	معیار سطح توسعه؛ نقش تفکیک اثر ES در سطوح مختلف توسعه
۴	سرمایه‌گذاری ناخالص سرانه	GCAP	نسبت سرمایه‌گذاری به جمعیت	عامل اصلی در تابع تولید کاب–داگلاس؛ افزایش‌دهنده رشد اقتصادی
۵	اثربخشی دولت (کیفیت نهادی)	EG	یکی از ابعاد حکمرانی جهانی (WGI)	افزایش سرمایه‌گذاری و مصرف از طریق دسترسی بهتر به منابع مالی
۶	اعتبارات بانکی (توسعه مالی)	CRE	اعتبارات اعطایی به بخش خصوصی نسبت به GDP	افزایش سرمایه‌گذاری و مصرف از طریق دسترسی بهتر به منابع مالی
۷	باز بودن تجاری	TO	نسبت جمع صادرات و واردات به GDP	افزایش رقابت، انتقال فناوری، و بهبود بهره‌وری
۸	قیمت نفت	OP	قیمت نفت برنت	کنترل اثر شوک‌های بیرونی بازار انرژی بر رشد کشورها

ماخذ: یافته های تحقیق

رابطه تجربی (۵) در چارچوب مدل پانل آستانه‌ای[1] تصریح شده‌است که در آن متغیر کیفیت نهادی شاخص توسعه انسانی (HDI) عامل تغییر رژیم با توجه به مطالعات نئو و همکاران (۲۰۱۳: ۳۴۲)[2] و ژائو و همکاران(۲۰۲۱: ۷)[3] محسوب می‌شود. در این مدل، شاخص توسعه انسانی (HDI) به‌عنوان متغیر آستانه در نظر گرفته شده و پارامترهای ناشناخته آن با استفاده از برآوردگر GMM تخمین زده می‌شوند.I(.) تابع تعیین رژیم است و گاما (γ) پارامتر آستانه‌ای است که معادله را به دو ضریب شیب β و δ در دو رژیم بالا[4] و پایین[5] تقسیم می‌کند.

با توجه به محدودیت‌های مدل‌های آستانه‌ای کلاسیک، از جمله فرض ناپیوستگی کامل ضرایب و عدم امکان لحاظ درون‌زایی، در این پژوهش از مدل پانل آستانه‌ای شکسته (PTKM) استفاده شده است (سئو و شین، ۲۰۱۶: ۱۷۵)[6]. این مدل امکان تغییر تدریجی ضرایب در اطراف نقطه آستانه و کنترل درون‌زایی متغیرهای توضیحی را فراهم می‌سازد. برآورد مدل با استفاده از روش GMM انجام شده و وجود اثر آستانه‌ای نیز با آزمون بوت‌استرپ[7] بررسی شد (سئو و همکاران، ۲۰۱۹: ۶۹)[8].

با در نظر گرفتن این محدودیت‌ها، رابطه (۵) برای تطبیق با وقفه متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی درون‌زا و همچنین محدودیت شکستگی[9]، دوباره نوشته شد که در نتیجه این امر، رابطه (۶) برای برآورد به دست آمد:

$$GDP_{it}=\beta_1 GCAP_{it}+\beta_2 ES_{it}+\beta_3 HDI_{it}+ \quad (۶)$$
$$XB+k(\psi_{HDI_{i,t}}-\gamma)\ I\left(\psi_{HDI_{i,t}}<\gamma\right)+\upsilon_i+\varepsilon_{it}$$

معادله (۶) مدل پانل آستانه‌ای شکسته را نشان می‌دهد که k(.) بیانگر محدودیت شکستگی در آن است. در نهایت در رابطه با وجود اثرات آستانه‌ای، سه نکته مهم زیر در برآوردهای تجربی باید مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه آزمون خطی بودن بوت استرپ، غیرخطی بودن مدل را

[1]. Panel Threshold
[2]. Niu et al, 2013
[3]. Zhao et al,2021
[4]بازه‌ای از داده‌ها که مقدار متغیر آستانه (HDI) برابر یا بزرگ‌تر از سطح آستانه برآوردی است.
[5]بازه‌ای از داده‌ها که مقدار متغیر آستانه (HDI) کمتر از سطح آستانه برآوردی است. مدل پانل آستانه‌ای شکسته
[6] Seo and Shin, 2016
[7] Bootstrap
[8] Seo et al., 2019
[9]تغییر در شیب رابطه رگرسیونی در نقطه آستانه بدون ایجاد ناپیوستگی در سطح تابع.

تأیید کند. فرضیه صفر این آزمون مبنی بـر عـدم تفـاوت میـان مدل خطی و غیرخطی است که ارزش احتمال کمتر از ۵ درصـد آن بیانگر برتری مدل غیرخطی در مقابل مدل خطی است.

۱. نتیجه آزمون خطی بودن بوت استرپ، غیرخطی بودن مدل را تأیید کند. فرضیه صفر این آزمون مبنی بر عدم تفاوت میان مدل خطی و غیرخطی است که ارزش احتمال کمتر از ۵ درصد آن بیانگر برتری مدل غیرخطی در مقابل مدل خطی است.

۲. حد آستانه برآوردی[1] در مدل (γ) معنادار باشد

۳. ضریب شکستگی (Kink_Slope) معنادار و دارای علامت ضریبی متفاوت از ضریب HDI در رژیم پایین باشد. انتظار بر آن است که ضرایب GCAP و HDI در رژیم پایین منفی باشند.

اکنون مطالعات متعددی به بررسی تأثیر امنیت انرژی بر رشد اقتصادی پرداخته‌اند، با این حال نقش غیرخطی شاخص توسعه انسانی (HDI) به‌عنوان متغیر آستانه‌ای در این رابطه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از چارچوب مدل‌های آستانه‌ای، به بررسی نقش تعدیلی HDI در رابطه امنیت انرژی و رشد اقتصادی پرداخته و این خلأ را پوشش می‌دهد.

برای تعیین متغیر آستانه‌ای در مدل پانل آستانه‌ای شکسته (PTKM)، شاخص‌هایی نظیر HDI، اثربخشی دولت، باز بودن تجاری و اعتبارات بانکی مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج بوت‌استرپ نشان داد که تنها HDI دارای رابطه غیرخطی و معنادار با تولید ناخالص داخلی است ($p < ۰/۰۱$) و مقدار آستانه آن نیز معنادار برآورد شد ($p = ۰/۰۰۳$)، به‌گونه‌ای که ضرایب در دو سوی آستانه تفاوت معناداری دارند؛ ازاین‌رو، این شاخص به‌عنوان متغیر آستانه‌ای نهایی انتخاب شد.

با وجود امکان رابطه دوسویه میان امنیت انرژی و توسعه انسانی، هدف این پژوهش بررسی اثر امنیت انرژی بر رشد اقتصادی در سطوح مختلف توسعه انسانی است، نه تبیین عوامل تعیین‌کننده HDI. از این‌رو، شاخص توسعه انسانی (HDI) در این مطالعه به‌عنوان متغیر آستانه‌ای برای تفکیک رژیم‌های ساختاری در نظر گرفته شده است.

از منظر اقتصادسنجی، استفاده از مدل پانل آستانه‌ای شکسته (PTKM) با برآوردگر GMM امکان کنترل درون‌زایی بالقوه متغیرها را فراهم می‌سازد. در این چارچوب، HDI صرفاً نقش متغیر تعیین‌کننده رژیم را ایفا می‌کند و هدف آن شناسایی تغییر در شدت و جهت اثر امنیت انرژی بر رشد اقتصادی در سطوح مختلف توسعه است. این رویکرد در مطالعات پیشین نیز برای تحلیل روابط غیرخطی مورد استفاده قرار گرفته است.

در نهایت، نتایج آزمون‌های تشخیصی GMM شامل آزمون هانسن و آزمون‌های آرلانو–باند (۱AR و ۲AR) عدم وجود مشکل ابزارهای ضعیف و خودهمبستگی مرتبه دوم را تأیید کرده و حاکی از اعتبار و سازگاری برآوردهاست.

۱-۳- شاخص امنیت انرژی

در رابطه (۶) شاخص امنیت انرژی ES باید در قالب نوعی سنجه عینی کمی قرار گیرد تا بتوان در برآورد از آن استفاده نمود. بر اساس مطالعات هوانگ و همکاران[2](۳۵:۲۰۲۱) ، از روش تحلیل مولفه اصلی (PCA)[3] برای کاهش ابعاد مجموعه داده‌ها از طریق یافتن مجموعه‌ای از مولفه‌های خطی جدید که حداکثر واریانس را در مجموعه داده‌ها داشته باشند، استفاده خواهد شد. بر این اساس شش بعد اصلی امنیت انرژی عبارتند از:

۱- در دسترس بودن: ذخایر اثبات شده و پتانسیل بهره برداری از منابع انرژی و ژئوپلتیک؛

۲- قابلیت دستیابی: کامل بودن زنجیره تأمین انرژی؛

۳- مقرون به صرفه بودن: بعد هزینه‌ها؛

۴- مقبولیت: بعد کاهش اثرات زیست محیطی استفاده از انرژی؛

۵- کارایی: استفاده کارآمد از انرژی؛

۶- حکمرانی: تلاش‌های دولت در برنامه‌ریزی و اجرای سیاست‌های امنیت انرژی.

پس از انتخاب ۶ بعد، به منظور تعیین شاخص‌های درون هر بعد، بنابر تحقیقات رادوانویک و همکاران[4] (۲۰۱۸: ۹۵)، هوانگ و همکاران (۲۰۲۱: ۳۶) و سواکوول و موکرج[5] (۲۰۱۱: ۴۶)، شاخص‌های مربوط به هر یک از ابعاد را می‌توان شامل موارد مندرج در جدول (۲) در نظر گرفت.

[1] Threshold Level

[2]. Huang et al(۲۰۲۱)
[3]. Principal Component Analysis
[4]. Radovanović et al.(۲۰۱۸)
[5]. Sovacool & Mukherjee(۲۰۱۱)

جدول (۲): ابعاد و شاخص‌های مورد بررسی در هر بعد امنیت انرژی

شماره	ابعاد	شاخص‌ها
۱	در دسترس بودن	خالص واردات انرژی- تولید برق با نفت
۲	قابلیت دسترسی	زمان لازم برای دریافت انرژی- مصرف انرژی
۳	مقرون به صرفه بودن	قیمت بنزین- تولید ناخالص داخلی
۴	کارایی	شدت انرژی- اتلاف انرژی
۵	قابلیت پذیرش	انتشار کربن- مصرف انرژی تجدید شونده
۶	حکمرانی	دولت موثر- هزینه‌های دولت

مأخذ: گردآوری پژوهشگران.

همان‌گونه که در مطالعات شاخص‌سازی چندمعیاره تأکید شده است، صرف معرفی ابعاد و شاخص‌های جزء برای ساخت یک شاخص ترکیبی کافی نیست، بلکه لازم است منطق نظری انتخاب هر شاخص و نحوه اثرگذاری آن بر بعد مربوطه و شاخص نهایی به‌صورت شفاف ارائه شود. در این راستا و مشابه رویکرد گزارش‌دهی در محمدی‌پور، ارتباط شاخص‌های جزء با ابعاد امنیت انرژی و کانال اثرگذاری آن‌ها در جدول (۳) تبیین شده است.

جدول (۳): منطق نظری ارتباط شاخص‌های جزء با ابعاد امنیت انرژی

بعد	شاخص	جهت	توضیح نظری
در دسترس بودن	خالص واردات انرژی	-	وابستگی بیشتر به واردات، آسیب‌پذیری در برابر شوک‌های خارجی و ریسک ژئوپلیتیک را افزایش می‌دهد
در دسترس بودن	تولید برق با نفت	-	تمرکز بر یک منبع فسیلی، تنوع سبد انرژی را کاهش داده و ریسک عرضه را افزایش می‌دهد.
قابلیت دسترسی	زمان دریافت برق	-	طولانی بودن زمان اتصال نشان‌دهنده ضعف زیرساخت و ناکارآمدی نهادی است.
مقرون‌به‌صرفه بودن	قیمت بنزین	-	قیمت‌های بالا فشار هزینه‌ای بر اقتصاد وارد کرده و رفاه و ثبات اقتصادی را تضعیف می‌کند.
کارایی	شدت انرژی	-	مصرف انرژی بیشتر برای تولید یک واحد محصول بیانگر ناکارآمدی ساختاری است.
قابلیت پذیرش	انتشار کربن	-	انتشار بالا موجب فشارهای زیست‌محیطی و محدودیت‌های سیاستی می‌شود.
قابلیت پذیرش	مصرف انرژی تجدیدپذیر	+	تنوع انرژی و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی را تقویت می‌کند.
حکمرانی	دولت مؤثر	+	کیفیت نهادی بالاتر، توان سیاست‌گذاری انرژی و مدیریت بحران را افزایش می‌دهد.
حکمرانی	هزینه‌های دولت	+	هزینه‌های بالاتر دولت نشان از توان مالی بیشتر برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت و سیاست‌های تقویت امنیت انرژی است.

ماخذ: یافته های تحقیق

نمونه آماری پژوهش شامل ۱۱۱ کشور طی دوره ۲۰۰۰–۲۰۲۳ است که بر اساس دسترسی به داده‌های کامل، قابل اتکا و قابل مقایسه بین‌المللی از پایگاه‌های بانک جهانی، UNDP و آژانس بین‌المللی انرژی انتخاب شده‌اند. کشورهای منتخب بر اساس طبقه‌بندی سازمان ملل به دو گروه کشورهای توسعه‌یافته (۳۷ کشور) و درحال‌توسعه (۷۴ کشور) تقسیم شده‌اند که اسامی آن‌ها در جدول (۴) ارائه شده است. انتخاب این تعداد کشور، طیف متنوعی از سطوح توسعه اقتصادی، نهادی و انرژی را پوشش می‌دهد؛ ازاین‌رو، نتایج پژوهش محدود به منطقه خاصی نبوده و از قابلیت تعمیم‌پذیری نسبی در سطح بین‌المللی برخوردار است. همچنین، انتخاب دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ به دلیل وقوع تحولات مهم در بازار جهانی انرژی، گذار انرژی، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش شوک‌های ژئوپلیتیکی مرتبط با امنیت انرژی صورت گرفته است.

جدول (۴): اسامی کشورهای منتخب

توسعه یافته	استرالیا،اتریش،بلژیک،بلغارستان،کانادا،سوئیس،قبرس،جمهوری چک،آلمان،دانمارک،اسپانیا،استونی،فنلاند،فرانسه،انگلستان،یونان،کرواسی،مجارستان،ایرلند،ایسلند،ایتالیا،ژاپن،لیتوانی،لوکزامبورگ،لاتویا،مالتا،هلند،نروژ،نیوزلند،لهستان،پرتغال،رومانی،اسواکی،اسلوونی، سوئد،ایالات متحده،کره جنوبی	۳۷ کشور
در حال توسعه	آلبانی،امارات‌متحده عربی،ارمنستان،آذربایجان،بحرین،بوسنی‌هرزگوین،بلاروس،بولیوی،برزیل،برونئی،دارالسلا،بوتسوانا،شیلی،چین،ساحل عاج،کامرون،کلمبیا،کاستاریکا،کوبا،جمهوری‌دومینیکن،الجزایر،اکوادار،مصر،گابن،گرجستان،گواتمالا،هندوراس،اندونزی،هند،ایران،عراق،رژیم صهیونیستی‌اسرائیل،جامائیکا،اردن،قزاقستان،کویت،لبنان،سریلانکا،جمهوری‌قرقیزستان، مراکش،مولداوی،مکزیک،مقدونیه شمالی،مغولستان،موریس،مالزی،نامبیا،نیجریه،نیکاراگوئه،عمان،پاکستان،پاناما،پرو،فیلیپین،قطر،روسیه،سنگاپور،السالوادور،صربستان،سورینام،تایلند،تاجیکستان،ترکمنستان،تونس،ترکیه،اوکراین،اروگوئه،ازبکستان،ونزوئلا،ویتنام،افریقای جنوبی،زیمباوه	۷۴ کشور
مجموع		۱۱۱

ماخذ: یافته های تحقیق

۲-۳- فرایند ساخت شاخص ترکیبی امنیت انرژی

از آنجا که شاخص امنیت انرژی بر پایه ترکیب چندین متغیر با مقیاس‌های متفاوت ساخته می‌شود، قبل از اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی(PCA) ، کلیه متغیرهای سازنده امنیت انرژی در جدول (2) نرمال‌سازی شدند تا اثر تفاوت مقیاس‌ها حذف شود و یک متغیر با دامنه بزرگ‌تر بر مؤلفه‌ها غلبه نکند. در این پژوهش از روش نرمال‌سازی حداقل حداکثر [۱] استفاده شده است. همچنین کلیه اطلاعات مربوط به شاخص‌های معرفی شده در جدول (۲) از وبسایت بانک جهانی[۲]، آژانس بین المللی انرژی[۳] و سازمان ملل[۴] بدست آمده است.

مرحله اول: هم‌جهت‌سازی متغیرها : به‌منظور همسوسازی شاخص‌ها با مفهوم «افزایش امنیت انرژی»، متغیرهایی که رابطه منفی با امنیت انرژی داشتند (مانند خالص واردات انرژی، تولید برق با نفت، زمان دریافت برق، شدت انرژی، اتلاف انرژی و انتشار کربن) معکوس‌سازی شدند. در مقابل، متغیرهایی نظیر تولید ناخالص داخلی سرانه، مصرف انرژی تجدیدپذیر، دولت مؤثر و هزینه‌های دولت بدون تغییر جهت وارد تحلیل شدند.

مرحله دوم: نرمال‌سازی داده‌ها : به منظور حذف اثر تفاوت

[۱] Min–Max normalization

[2]. www.worldbank.org
[3]. www.iea.org
[4]. www.un.org

مقیاس اندازه‌گیری متغیرها و تضمین هم‌مقیاس بودن داده‌ها، کلیه شاخص‌ها پیش از اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی نرمال‌سازی شدند تا مقایسه‌پذیری و ترکیب هم‌زمان آن‌ها در مدل امکان‌پذیر گردد.

مرحله سوم: اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی(PCA) : تحلیل مؤلفه‌های اصلی به‌صورت جداگانه برای کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه اجرا شد. کفایت داده‌ها برای اجرای PCA با استفاده از آزمون‌های آزمون کرویت بارتلتو شاخص کفایت نمونه بررسی گردید. معناداری آزمون بارتلت و مقادیر قابل قبول KMO نشان‌دهنده مناسب بودن ساختار همبستگی داده‌ها برای استخراج مؤلفه مشترک بود. بر اساس معیار مقدار ویژه بزرگ‌تر از یک، مؤلفه اول به‌عنوان شاخص ترکیبی امنیت انرژی انتخاب شد.

کلیه مراحل شاخص‌سازی شامل هم‌جهت‌سازی متغیرها، نرمال‌سازی به روش حداقل حداکثر و استخراج مؤلفه‌های اصلی (PCA) به‌صورت برنامه‌نویسی‌شده در محیط نرم‌افزار Stataانجام گرفت. نمرات عاملی مؤلفه منتخب به‌عنوان شاخص ترکیبی امنیت انرژی برای هر کشور سال محاسبه شد. جزئیات کامل محاسبات و خروجی‌های نرم‌افزاری در پیوست مقاله ارائه شده است.

مرحله چهارم: محاسبه شاخص : امتیاز مؤلفه استخراج‌شده برای هر کشور و سال به‌عنوان شاخص امنیت انرژی در نظر گرفته شد. مقادیر بالاتر شاخص بیانگر امنیت انرژی بیشتر است. در ادامه، از این شاخص برای تحلیل روندها، مقایسه بین گروه‌ها و رتبه‌بندی کشورها استفاده شد.

۴- نتایج تجربی

به‌منظور بررسی ارتباط بین متغیرهای رشد اقتصادی و امنیت انرژی، ابتدا باید شاخص امنیت انرژی (ES) را با روش PCA برآورد نمود. بدین منظور، کلیه متغیرهای مندرج در جدول (۲) در ابتدا نرمال‌سازی شدند و سپس با استفاده از روش PCA و داده‌های پانل، مولفه اصلی متناظر استخراج گردید. آماره بارتلت در هر دو گروه کشورها در سطح آماری معنادار گزارش شده و مقدار شاخص KMO در هر دو گروه بیش از ۰,۵ است (گلستانه و همکاران،۱۴۰۳: ۱۲)

پس از استخراج شاخص امنیت انرژی(ES) ، آماره‌های توصیفی متغیرهای مورد استفاده در رابطه (۶) در جدول (۵) گزارش شده است. جدول (۵) آماره‌های توصیفی متغیرهای مورد استفاده در مدل را به تفکیک کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه گزارش می‌کند.

جدول (۵): آماره‌های توصیفی

نمونه کشورها	توسعه یافته				در حال توسعه				منبع
آماره	میانگین	انحراف استاندارد	مقدار حداکثری	مقدار حداقلی	میانگین	انحراف استاندارد	مقدار حداکثری	مقدار حداقلی	
GDP	۱۱.۴۲	۰.۷۶	۱۳.۳۲	۹.۸۲	۱۰.۸۳	۰.۷۰	۱۳.۲۱	۹.۴۳	WB
GCAP	۲۵۸.۸۶	۶۰۵,۵۹	۴۷۳۲	۱,۰۱	۹۳۳,۸	۴۸۲.۸	۶۷۹۶	-۸۳۷,۳	WB
ES	۴.۳۶	۲.۴۶	۱۳.۷۹	۰.۲۶	۲.۶۸	۱.۸۲	۸.۸۷	-۲.۱۰	محاسبات
HDI	۰.۸۸	۰.۰۴۸	۰.۹۶	۰.۷۱	۰.۷۰	۰.۱۱	۰.۹۴	۰.۰۱	UNDP
EG	۸۴.۰۷	۱۳.۱۴	۹۹	۱۲.۰۱۹	۴۶.۲۴	۲۲.۰۵	۹۸	-۳۲.۶۹	WB
CRE	۱۰۸.۸۶	۷۴.۲۹	۵۲۴.۵۷	-۲۰۸.۲۲	۴۶.۹۵	۳۴.۲۶	۲۰۵.۱	-۲۶.۹۱	WB
TO	۱۰۵.۷	۶۰.۶۲	۳۸۸.۱۲	۱۹.۵۵	۷۳.۴۸	۳۲.۸۹	۱۹۱.۸	۱۵.۶۸	WB
OP	۰,۵۷	۰.۴۴	۲,۵۳	۰,۱۷	۰.۵۶	۰.۴۴	۲,۵۴	۰,۰۰۸	IEA

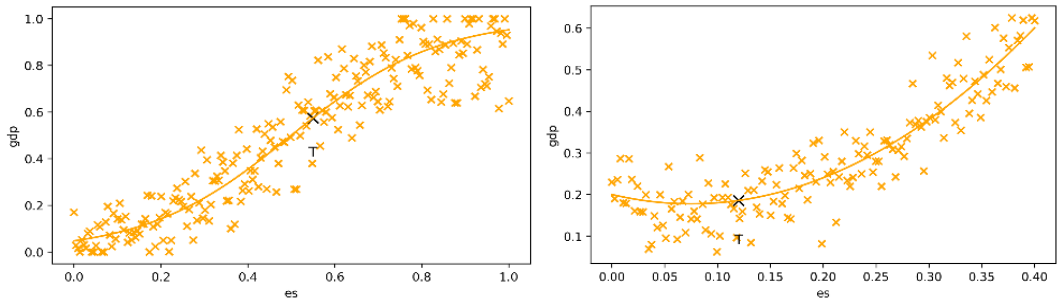
ماخذ: یافته های تحقیق

تمامی متغیرها، از جمله HDI، پیش از برآورد مدل نرمال سازی شدند. مقدار آستانه گزارش‌شده در جدول (۶) بر اساس مقادیر نرمال‌شده HDI است. نتایج برآورد رابطه (۶) با استفاده از مدل پانل آستانه‌ای شکسته (PTKM) در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول (۶): نتایج برآورد مدل پانل آستانه‌ای شکسته

نمونه کشورها		توسعه یافته	در حال توسعه
متغیر آستانه		HDI	
ضرایب در رژیم پایین	GCAP	***-۰/۱۵	***-۰/۰۹
	ES	***۰/۷۱	***-۰/۲۰
	HDI	***-۲/۱۲	***-۰/۰۹
	EG	***۰/۸۵	***-۰/۰۲
	CRE	***۰/۸۲	***۰/۱۲
	TO	***-۰/۴۴	***۰/۴۷
	OP	***-۰/۱۲	***-۰/۰۲
شیب شکستگی	Kink_Slope	***۳/۳۹	***۰/۹۳
مقدار آستانه	γ	***۰/۵۵	***۰/۱۱
ارزش احتمال بوت استرپ آزمون خطی بودن		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Hansen J-test (p)		۰,۳۰۶	۰,۱۰۹
آریلانو–باند AR1- p-value		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
آریلانو–باند AR2- p-value		۰,۰۹۸	۰,۸۳۲
تعداد سال		۲۳	۲۳
تعداد کشورها		۳۷	۷۴

و* به ترتیب بیانگر معناداری در سطح خطای ۵٪ و ۱٪ هستند.



کشورهای توسعه یافته　　کشورهای در حال توسعه

نمودار (۱): رابطه بین امنیت انرژی و رشد اقتصادی در طول زمان

نمودار (۱) روند تغییرات شاخص امنیت انرژی و رشد اقتصادی را در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه طی دوره مورد بررسی ارائه می‌کند.

نتایج برآورد مدل پانل آستانه‌ای شکسته (PTKM) نشان می‌دهد که اثر امنیت انرژی بر رشد اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه، ماهیتی غیرخطی داشته و تحت تأثیر سطح توسعه انسانی قرار می‌گیرد. مقدار متغیر آستانه‌ای HDI برای کشورهای توسعه‌یافته برابر با ۰,۵۵

و برای کشورهای درحال‌توسعه برابر با ۰,۱۱ برآورد شده است که بیانگر وجود تفاوت در نحوه اثرگذاری امنیت انرژی بر رشد اقتصادی در سطوح مختلف توسعه انسانی است.

ضریب مثبت و معنادار شاخص امنیت انرژی (ES) در هر دو گروه کشورها نشان می‌دهد که بهبود امنیت انرژی می‌تواند از طریق افزایش پایداری تولید، کاهش نااطمینانی‌های اقتصادی و بهبود فضای سرمایه‌گذاری، رشد اقتصادی را تقویت کند. بااین‌حال، شدت این اثر در کشورهای توسعه‌یافته بیشتر از کشورهای درحال‌توسعه است. این موضوع بیانگر آن است که کشورهایی با سطح بالاتر توسعه انسانی، به دلیل برخورداری از زیرساخت‌های نهادی، فناوری و سرمایه انسانی قوی‌تر، توان بیشتری در بهره‌گیری از مزایای امنیت انرژی دارند.

نتایج همچنین نشان می‌دهد که پس از عبور شاخص توسعه انسانی از مقدار آستانه، شیب رابطه میان امنیت انرژی و رشد اقتصادی افزایش می‌یابد. ضریب مثبت و معنادار متغیر Kink Slope در هر دو گروه کشورها، وجود اثر آستانه‌ای و تغییر در شدت اثرگذاری امنیت انرژی پس از عبور از سطح بحرانی توسعه انسانی را تأیید می‌کند. این یافته با مبانی نظری پژوهش و مطالعاتی که بر نقش کیفیت نهادی و توسعه انسانی در ارتقای کارایی اقتصادی تأکید دارند، همسو است.

علاوه بر این، معنی‌داری متغیرهای کنترلی نظیر تشکیل سرمایه، توسعه مالی، باز بودن تجاری و بهره‌وری انرژی نشان می‌دهد که رشد اقتصادی تنها متأثر از امنیت انرژی نبوده و به کیفیت ساختار اقتصادی و ظرفیت جذب فناوری نیز وابسته است. در مقابل، ضریب منفی شاخص HDI در رژیم پایین می‌تواند بیانگر آن باشد که در مراحل اولیه توسعه انسانی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری در حوزه‌های آموزشی، بهداشتی و نهادی ممکن است در کوتاه‌مدت فشارهایی بر رشد اقتصادی وارد کند؛ اما با عبور از سطح آستانه، آثار مثبت توسعه انسانی بر رشد اقتصادی تقویت می‌شود.

در مجموع، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که امنیت انرژی به‌تنهایی تضمین‌کننده رشد اقتصادی پایدار نیست و اثربخشی آن تا حد زیادی به سطح توسعه انسانی، کیفیت نهادی و ظرفیت فناورانه کشورها بستگی دارد. بنابراین، سیاست‌گذاری همزمان در حوزه امنیت انرژی و توسعه انسانی می‌تواند نقش مهمی در دستیابی به رشد اقتصادی پایدار، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، ایفا کند.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی اثر امنیت انرژی بر رشد اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، با بهره‌گیری از شاخص ترکیبی امنیت انرژی در شش بُعد و مدل پانل آستانه‌ای شکسته (PTKM) طی دوره ۲۰۰۰–۲۰۲۳ انجام گردید. در این چارچوب، شاخص توسعه انسانی (HDI) بر اساس مبانی نظری بیان شده به‌عنوان متغیر آستانه‌ای در نظر گرفته شد؛ زیرا انتظار می‌رود سطح توسعه انسانی از طریق تفاوت در کیفیت نهادی، ظرفیت جذب فناوری، بهره‌وری و ساختار اقتصادی، نحوه اثرگذاری امنیت انرژی بر رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد. یافته‌ها نشان داد که رابطه میان امنیت انرژی و رشد اقتصادی ماهیتی غیرخطی داشته و به سطح توسعه انسانی وابسته است؛ به‌گونه‌ای که این رابطه در رژیم‌های مختلف HDI رفتار متفاوتی از خود بروز می‌دهد و عبور از آستانه توسعه انسانی، موجب تغییر در جهت و شدت اثرگذاری امنیت انرژی می‌شود.

در کشورهای در حال توسعه، امنیت انرژی در سطوح پایین توسعه انسانی اثر منفی بر رشد اقتصادی دارد، اما پس از عبور از آستانه HDI، این اثر به‌طور معناداری مثبت می‌شود. این نتیجه را می‌توان در چارچوب ضعف نهادی، ناکارایی ساختارهای اقتصادی و محدودیت‌های حکمرانی تبیین کرد؛ شرایطی که در آن بهبود امنیت انرژی لزوماً به افزایش بهره‌وری منجر نشده و حتی می‌تواند به تخصیص غیربهینه منابع و رانت‌جویی بینجامد. این یافته با مطالعات ایاز و همکاران (۲۰۲۴)، گبرسیلاس و همکاران (۲۰۲۴) و اعلم و همکاران (۲۰۲۵) همخوانی دارد.

نقش آستانه‌ای توسعه انسانی در این پژوهش نشان می‌دهد که HDI صرفاً یک متغیر کنترلی نیست، بلکه عاملی ساختاری در انتقال اثر امنیت انرژی به رشد اقتصادی است. ارتقای آموزش، سلامت و درآمد، ظرفیت جذب فناوری، بهره‌وری نیروی کار و کیفیت سیاست‌گذاری را افزایش داده و موجب می‌شود امنیت انرژی از یک نهاده صرف به محرک رشد تبدیل شود. این نتیجه با یافته‌های فنگ و ژائو (۲۰۲۲) و لابله و همکاران (۲۰۲۲) سازگار است.

در کشورهای توسعه‌یافته، امنیت انرژی در تمامی سطوح HDI اثر مثبت و فزاینده‌ای بر رشد اقتصادی دارد. این

امر نشان‌دهنده آن است که در اقتصادهای پیشرفته، به‌واسطه زیرساخت‌های کارآمد، تنوع منابع انرژی، فناوری‌های پیشرفته و حکمرانی مؤثر، امنیت انرژی به‌عنوان یک مزیت راهبردی در خدمت افزایش بهره‌وری و رقابت‌پذیری اقتصادی قرار می‌گیرد. این یافته با نتایج لی و همکاران (۲۰۲۲) همسو است.

همچنین، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که رابطه امنیت انرژی و رشد اقتصادی ماهیتی غیرخطی دارد و شدت اثرگذاری آن با تغییر سطح توسعه انسانی تغییر می‌کند، این نتیجه با مطالعات ژائو و همکاران (۲۰۲۱) و لی و نگویین (۲۰۱۹) همخوانی دارد. این مطالعات نشان می‌دهند که اثرات انرژی به سطح توسعه و ابعاد مختلف امنیت انرژی وابسته بوده و تحلیل‌های خطی قادر به انعکاس این پیچیدگی‌ها نیستند.

از منظر روش‌شناختی، به‌کارگیری مدل PTKM امکان شناسایی تغییرات تدریجی در اثرگذاری امنیت انرژی در نقاط آستانه را فراهم کرده و نشان می‌دهد که فرض خطی بودن این رابطه قابل رد است. این رویکرد امکان بررسی ناهمگنی ساختاری کشورها در رابطه میان امنیت انرژی و رشد اقتصادی را فراهم می‌کند.

در خصوص متغیرهای کنترلی، نتایج نشان داد که سرمایه‌گذاری ناخالص و HDI در سطوح پایین توسعه اثر منفی و در سطوح بالاتر اثر مثبت بر رشد دارند که بیانگر وابستگی کارایی این متغیرها به شرایط نهادی است. همچنین، اثر مثبت اعتبارات بانکی در هر دو گروه کشورها بر اهمیت توسعه مالی تأکید دارد، در حالی‌که اثر منفی قیمت نفت در رژیم‌های پایین نشان‌دهنده فشار هزینه‌ای انرژی بر رشد اقتصادی است.

جمع‌بندی نهایی:

امنیت انرژی به‌تنهایی تضمین‌کننده رشد اقتصادی نیست، بلکه اثر آن به سطح توسعه انسانی، کیفیت نهادی و ساختار اقتصادی کشورها وابسته است. در سطوح پایین توسعه، این متغیر می‌تواند اثرات بازدارنده داشته باشد، در حالی‌که در سطوح بالاتر به عاملی تقویت‌کننده رشد پایدار تبدیل می‌شود. بر این اساس، سیاست‌گذاری انرژی باید رویکردی مرحله محور اتخاذ شود. در کشورهای درحال‌توسعه، اصلاحات نهادی، سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی و تنوع‌بخشی به منابع انرژی باید در اولویت قرار گیرد، در حالی‌که در کشورهای توسعه‌یافته تمرکز بر نوآوری، فناوری‌های پاک و بهره‌وری انرژی اهمیت بیشتری دارد

منابع

Alam, K. J., Nakhaee, A. A., & Yilmazkuday, H. (2025). Energy security and economic growth: The role of geopolitical tensions. Energy, 341, 139341.

Alfaro, L., Chanda, A., Kalemli-Ozcan, S., & Sayek, S. (2004). FDI and economic growth: The role of local financial markets. Journal of International Economics, 64(1),

Azimi, M., Rezaei, S., & Mohammadi, H. (2025). Energy security and economic growth: The role of institutional quality and structural heterogeneity in a global panel. Energy Economics, 132, 107345.

Ayaz, M. T., Prodromou, T., Le, T., & Nepal, R. (2024). Energy security dimensions and economic growth in Non-OECD Asia: An analysis on the role of institutional quality with energy policy implications. Energy Policy, 188, 114090.

Destek, M. A., & Aslan, A. (2020). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from panel data**.** *Renewable Energy*, 147, 1890–1898.

Destek, M. A., & Sarkodie, S. A. (2019). Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: The role of energy and financial development**.** *Science of the Total Environment*, 650, 2483–2489.

Feng, Y., & Zhao, T. (2022). Exploring the nonlinear relationship between renewable energy consumption and economic growth in the context of

global climate change.International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(23), 15647.

Gebresilassie, Y. H., Gebrihet, H. G., & Woldu, G. T. (2024). Corruption and growth in Sub-Saharan African countries. Journal of Social Economics Research, 11(1), 45-59.

Huang, S. W., Chung, Y. F., & Wu, T. H. (2021). Energy security performance and decoupling of economic growth. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 152, 111633.

Lee, C.-C., & Nguyen, C.-P. (2020). Energy consumption, economic growth, and environmental degradation in emerging economies**.** *Energy Policy*, 136, 111047.

Lee, C.-C., Chang, C.-P., & Chen, P.-F. (2023). Renewable energy development and economic resilience: Evidence from global panel data. *Renewable Energy*, 206, 1150–1161.

Nathaniel, S. P., & Bekun, F. V. (2020). Environmental management amidst energy use, urbanization, trade openness, and deforestation: The Nigerian experience. *Journal of Public Affairs*, 20(2), e2037.

Nepal, R., & Musibau, H. O. (2021). Energy security, economic growth and environmental sustainability: Evidence from emerging economies. Energy Policy, 158, 112560.

Niu, S., Jia, Y., Wang, W., He, R., Hu, L., & Liu, Y. (2013). Electricity consumption and human development level. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 53, 338–347.

Radovanović, M., Filipović, S., & Golušin, V. (2018). Energy security and PCA. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 1691–1700.

Sarkodie, S. A. (2021). Energy, economic growth, and environmental sustainability in developing countries. *Energy Reports*, 7, 990–997.

Seo, M. H., & Shin, Y. (2016). Dynamic panels with threshold effects. Journal of Econometrics, 195(2), 169–186.

Seo, M. H., Kim, S., & Kim, Y. J. (2019). Dynamic panel threshold model using Stata. The Stata Journal, 19(3), 685–697.

Shahbaz, M., Topcu, B. A., Sarıgül, S. S., & Doğan, M. (2023).Energy imports as inhibitor of economic growth: The role of renewable and non-renewable energy consumption.The Journal of International Trade & Economic Development.

Shahbazi, M., Rezaei, S., & Haghshenas, H. (2013). Financial development, trade openness and economic growth: Evidence from developing countries. Economic Modelling, 35, 519–526.

Sovacool, B. K., & Mukherjee, I. (2011). Measuring energy security. Energy, 36(8), 5343-5355.

Taghizadeh-Hesary, F., Chang, Y., Yoshino, N., & Morgan, P. J. (2021). Energy insecurity, renewable energy and economic growth. The Singapore Economic Review, 66(02), 313-322.

Wang, Q., Li, R., & Jiang, X. (2020). Decoupling and decomposition analysis of carbon emissions from economic growth in China. *Energy*, 191, 116535.

Zhao, X., Zhang, S., & Ahmad, M. (2021). The nexus between economic growth and energy intensity: A panel threshold analysis. Energy Policy, 156, 112440.

Shahbaz, M., Doğan, B., Bashir, M. F., et al. (2023). Formulating energy security strategies for a sustainable environment: Evidence from the newly industrialized economies. Renewable

and Sustainable Energy Reviews, 184, 113551 .

United Nations Development Programme (UNDP). (2024). Human Development Report 2024. United Nations Development Programme.

Lerskullawat, A. (2025). Human development, institutional quality and economic growth nexus.

Puttitanun, T., & Lerskullawat, A. (2025). Human development and economic growth: who benefits the most? Applied Economics.

Maddah, M., Ghaffari Nejad, A. H., & Sargolzaei, M. (2022). Natural resources, political competition, and economic growth: An empirical evidence from dynamic panel threshold kink analysis in Iranian provinces. Resources Policy, 78, 102928.

Balsalobre-Lorente, & Jahanger, A., Usman, M., Kousar, R. (2023). Implications for optimal abatement path through the deployment of natural resources, human development, and energy consumption in the era of digitalization. Resources Policy, 86, 104181

Mohammadipour, A. (2022). Investigating the Dimensions of Economic Development in Iran Based on Designing Composite Indicators (CIs). Economic Growth and Development Research, 12(48), 111-130.

Golestaneh, M., Seifipour, R., Mehrabiyan, A., & Khosravinejad, A. A. (2024). Comparison of energy security index in selected developed and developing countries (2000-2020). World Politics, 13(3), 175-204.

Ghadiri-Moghaddam, R., Baseri, B., Falehi, N., & Abbasi, G. (2017). Investigating the relationship between electrical energy consumption, financial development, and economic growth in Iran using the ARDL model. Iranian Journal of Energy Economics, 6(22), 7–28.