Journal of Economic Policies and Research
Vol 2 (issue 3), Fall 2023, PP: 1-20
jepr.uok.ac.ir

Investigating the Effect of Economic Complexity on Renewable Energy Consumption in Iran

Leyla Salimi — Ph.D. Student in Economics, Department of Economics, Semnan University, Semnan, Iran.

Seyed Mohammad Mostolizadeh * — Assistant Professor of Economics, Semnan University, Semnan, Iran.

Mahboobeh Farahati — Assistant Professor of Economics, Semnan University, Semnan, Iran.

Abstract

Over the past decade, the use of fossil fuels has presented significant challenges in the realms of energy and the environment. Issues such as supply security, resource scarcity, environmental degradation, and global warming have compelled governments to bolster energy efficiency strategies aimed at fostering low-carbon economies. In response, renewable energies have gained substantial traction as viable alternatives. Recognizing the pivotal role renewable energy plays in ensuring dependable and sustainable energy for the future underscores the importance of understanding its primary determinants for effective energy policy. Consequently, promoting the adoption of renewable energy sources becomes crucial for achieving environmentally sustainable economic growth, given the multifaceted benefits they offer across social, economic, and environmental domains. Renewable energies contribute holistically to sustainable development, encompassing environmental preservation, economic prosperity, and social well-being. Enhancing governmental initiatives, incentives, and civil society engagement can facilitate a smoother transition towards low-carbon economies.

∗ Corresponding Author: mostolizadeh@semnan.ac.ir
How to Cite: Salimi, L., mostolizadeh, S. M., & farahati, M. (2023). Investigating the effect of economic complexity on renewable energy consumption in Iran. *Economic Policies and Research*, *2*(3), 1-20. doi: 10.22034/jepr.2023.140173.1062

Original Research
Received: 25.11.2023 Accepted: 16.12.2023
eISSN: 2821-174X

Iran stands out for its favorable conditions for renewable energy generation, boasting abundant solar and wind resources. Utilizing renewable energy sources like solar and wind helps diversify energy streams and diminishes reliance on fossil fuels. Moreover, heightened awareness of environmental issues stemming from fossil fuel use, such as air pollution and greenhouse gas emissions, underscores the imperative to support renewable energy initiatives for environmental protection. Economic complexity emerges as a significant factor influencing renewable energy adoption. Through the primary conduit of technological advancements, economic complexity can bolster the development and dissemination of renewable energy solutions, expanding their efficacy across nations. Countries endowed with higher levels of economic complexity are better positioned to harness resources and expertise for renewable energy technology development and adoption, while those with lower complexity may encounter challenges in this regard. Economic complexity also shapes the implementation of energy policies and garners support from policymakers and the public, potentially driving greater utilization of sustainable energy sources and diminishing reliance on non-renewable alternatives.

The research aims to probe the impact of economic complexity on renewable energy consumption in Iran between 2008 and 2018, employing the autoregressive distributed lag (ARDL) approach. Results suggest a positive and significant long-term effect of economic complexity on per capita renewable energy consumption, signifying its role in expanding renewable energy deployment nationwide.

With increased economic complexity, opportunities arise for bolstering technological and innovative capacities, facilitating the transition from fossil fuels to renewable energies. Nations endowed with higher economic complexity stand poised to lead in renewable energy technology development and adoption. Additionally, economic complexity influences policy implementation and public support, fostering increased utilization of sustainable energy resources and reduced dependence on non-renewables. Foreign direct investment

(FDI) also emerges as a significant factor positively impacting per capita renewable energy consumption. Financial globalization enables access to resources that strengthen renewable energy technologies, facilitating the transition from fossil fuels to renewables. By contrast, domestic investments may lack efficiency, underscoring the role of FDI in accessing applied sciences and equipment.

Furthermore, GDP per capita growth correlates with increased renewable energy consumption, as economic expansion fosters investment in renewable energy industries, reducing reliance on fossil fuels and mitigating environmental harm. Urbanization rates also influence renewable energy consumption positively, reflecting heightened awareness and fostering a culture of sustainable consumption. Public awareness campaigns play a pivotal role in encouraging the shift towards renewable energy consumption and reducing reliance on non-renewables. However, an increase in carbon dioxide emissions per capita hampers renewable energy consumption, highlighting the need for political changes to reform public sector structures, enhance efficiency, and spur productivity. Encouraging technical skill development, supporting the private sector, and fostering conducive environments for innovation and knowledge transfer are vital for promoting economic complexity and diversity, ultimately driving increased renewable energy consumption.

Keywords: Economic Complexity, Renewable Energy Consumption, Iran.

JEL Classification: O13, O44, Q56

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۵

eISSN: 2821-174X

فصلنامه علمی سیاست‌ها و تحقیقات اقتصادی
دوره ۲، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲ ص ص: ۱-۲۰
jepr.uok.ac.ir

بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

لیلا سلیمی | دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

سید محمد مستولی زاده * | استادیار اقتصاد، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

محبوبه فراهتی | استادیار اقتصاد، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

چکیده

در دهۀ اخیر، سوخت‌های فسیلی و مصرف آن‌ها باعث بروز چالش‌ها و نگرانی‌های جدی در زمینه انرژی و محیط‌زیست شده است. این چالش‌ها شامل امنیت عرضه، پایان‌پذیری منابع، آلایندگی‌های زیست‌محیطی و مسئله گرمایش زمین است. به همین دلیل، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به‌عنوان جایگزین منابع فسیلی امری ضروری است. هدف اصلی این مقاله بررسی اثر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران بر اساس تکنیک خودرگرسیونی با وقفه توزیعی (ARDL) طی دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۶۸ است. نتایج حاصل از آزمون هم‌انباشتگی نشان می‌دهند که پیچیدگی اقتصادی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش می‌دهد. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، سرانه تولید ناخالص داخلی و نرخ شهرنشینی نیز منجر به افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران می‌شود و انتشار سرانه دی اکسید کربن مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را کاهش می‌دهد. بنابراین، می‌توان با بهبود و اصلاح ساختارهای بخش عمومی، افزایش کارآمدی و بهره‌وری در این بخش و ارتقاء سطح خدمات ارائه شده توسط دولت موجب افزایش پیچیدگی و تنوع فعالیت‌های اقتصادی گردید که نتیجه آن افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: پیچیدگی اقتصادی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، ایران.

طبقه‌بندی JEL: O13, O44, Q56

* نویسنده مسئول: mostolizadeh@semnan.ac.ir

مقدمه

انرژی‌های تجدیدپذیر به‌عنوان انرژی‌های پاک به دور از آلودگی زیست‌محیطی می‌توانند در کاهش انتشار گازهای آلاینده همچون دی‌اکسیدکربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای نقش مهمی ایفا کنند. محدود بودن منابع انرژی فسیلی و مشکلات ناشی از انتشارات گازهای گلخانه جامعه جهانی را بر آن داشته تا با حرکت به سمت منابع جایگزین و انرژی تجدیدپذیر سبد مصرفی انرژی در کشور خود را تغییر داده و زمینه را به‌منظور توسعه و استفاده هر چه بیشتر از این منابع در کشور خود فراهم کنند (Abazari & Hosseinzadeh, 2016). راهکارهای عمده برای جلوگیری از تخریب محیط‌زیست ارائه شد که از آن جمله می‌توان به صرفه‌جویی در مصرف انرژی، افزایش بازدهی انرژی و جایگزینی انرژی و بهره‌گیری از منابع انرژی تجدیدپذیر اشاره نمود. راه‌حل‌های موجود برای مشکلات محیط زیستی کنونی نیازمند فعالیت‌های بلندمدت برای توسعه پایدار است. توسعه و کاربرد منابع انرژی‌های تجدیدپذیر نه‌تنها منوط به ظرفیت‌های تکنیکی و اقتصادی است؛ بلکه به‌شدت وابسته به‌قصد استفاده عموم افراد جامعه است. دراین‌رابطه محققان پیشین بر این باورند که پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر و گذار از مرحله کاربرد سوخت‌های فسیلی در قالب یک پروسه اجتماعی مبتنی بر درک و قصد افراد صورت می‌پذیرد (Yazdanpanah & et al, 2015).

باتوجه‌به کمبود انرژی فسیلی، تغییرات آب‌وهوا و گرم‌شدن کره زمین، دولت‌ها مجبور شده‌اند سیاست‌های بهره‌وری انرژی را بهبود بخشند تا اقتصادهای کم‌کربن را توسعه دهند. در این راستا، انرژی‌های تجدیدپذیر به‌عنوان یک منبع انرژی جایگزین، محبوبیت و اهمیت قابل‌توجهی پیدا کرده‌اند. باتوجه‌به نقش مهمی که انرژی تجدیدپذیر در انرژی قابل‌اعتماد و پایدار در آینده دارد، درک عوامل تعیین‌کننده اصلی این نوع انرژی، نتایج ارزشمندی برای سیاست‌گذاری انرژی فراهم می‌کند (Wang & et al, 2023).

یکی از عوامل اثرگذار بر انرژی تجدیدپذیر، پیچیدگی اقتصادی است. با ارتقای پیشرفت قابلیت‌های فناوری و نوآوری، پیچیدگی اقتصادی می‌تواند به غلبه بر موانع فنی در مسیر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کمک کند و منجر به ظهور صنایع و فناوری‌های جدید شود که تغییر به

سمت یک سیستم انرژی پایدارتر را تسهیل می‌کند. علاوه بر این، جهانی‌شدن مالی انتقال دانش فنی و بهترین شیوه‌ها را بین کشورها برای غلبه بر موانع فنی در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تسهیل می‌کند. سرمایه‌گذاری‌ها و همکاری‌های فرامرزی می‌تواند استقرار فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر را تسریع کند و منجر به رشد اقتصادی پایدار و کاهش تخریب محیط‌زیست شود (Awosusi & et al, 2022). شاخص پیچیدگی اقتصادی توسط هیدالگو و هاسمن در سال ۲۰۰۹ معرفی شد تا دانش و فناوری نهفته در ساختار تولید یک کشور را منعکس کند. این شاخص سطح فناوری، دانش و مهارت‌های موجود در یک کشور را در خصوص تنوع و پیچیدگی کالاها و محصولات صادراتی نشان می‌دهد. در واقع، شاخص پیچیدگی اقتصادی به‌عنوان معیاری برای تولید نوآورانه دارای مزایایی نسبت به سایر معیارها است. این شاخص نشان‌دهنده ظرفیت متناسب با ساختار تولید یک کشور برای ایجاد نوآوری و توانایی استفاده از آن است. تنوع و فراگیری دو مفهومی هستند که در محاسبه این شاخص به‌کاررفته‌اند. به طور دقیق‌تر، تنوع محصول به تعداد محصولات مختلفی که یک کشور تولید می‌کند اشاره دارد. هر چه تنوع محصولات بیشتر باشد، دانش انباشته شده و توانایی بهتری برای استفاده از استراتژی‌ها و نوآوری‌های فعلی در ساختار تولید یک کشور وجود دارد. فراگیر بودن محصولات نشان‌دهنده تعداد کشورهایی است که می‌توانند محصولات مشابهی تولید کنند. محصولاتی که به سطح بالایی از دانش نیاز دارند فقط در کشورهای دارای فناوری و دانش محصول تولید می‌شوند؛ بنابراین هر چه محصول پیچیده‌تر باشد، فراگیری آن کمتر است (Azizi, 2019). باتوجه‌به آنکه دانش و فناوری از عوامل مؤثر بر انرژی‌های تجدید هستند، فناوری بالاتر می‌تواند بهره‌وری انرژی‌های تجدیدپذیر را بهبود ببخشد و در نتیجه تولید انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش دهد. رابطه بین تکنولوژی و مصرف انرژی می‌تواند به نوع پیشرفت تکنولوژی بستگی داشته باشد (Khan & et al, 2016). کشور ایران با داشتن آفتاب فراوان و پتانسیل بادی، شرایط مساعدی برای تولید انرژی تجدیدپذیر دارد؛ لذا استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، مانند انرژی خورشیدی و باد، به تنوع در منابع انرژی کمک می‌کند و از وابستگی به منابع فسیلی کاسته می‌شود. از طرفی، افزایش آگاهی نسبت به مشکلات محیط زیستی ناشی از سوخت‌های فسیلی، اجتناب از آلودگی

هوا و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از دلایل مهم حمایت از انرژی تجدیدپذیر در جهت حفاظت از محیط‌زیست است.

مطالعه حاضر به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران طی دوره زمانی ۱۳۶۸-۱۴۰۰ می‌پردازد. این مقاله در پنج بخش تدوین شده است. بعد از مقدمه، در بخش دوم، مبانی نظری و ادبیات تحقیق مرور می‌شوند. بخش سوم روش تحقیق ارائه شده است. در بخش چهارم، به تجزیه‌وتحلیل نتایج تجربی پرداخته می‌شود و در بخش پنجم، نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه می‌شود.

ادبیات تحقیق

در نظریه‌های جدید رشد با درجات متفاوتی از اهمیت، از انرژی به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی یاد می‌شود. زیرا زمانی که یک کشور با رشد تولید روبروست، فشار فزاینده بر نهاده‌ها وارد می‌شود که افزایش تقاضا برای اشکال مختلف انرژی را به دنبال دارد (Mohammadi & et al, 2011). مصرف بیشتر انرژی اگر چه متوسط بهره‌وری عوامل تولید و در نتیجه رشد اقتصادی را افزایش می‌دهد، اما در صورت عدم کارایی در مصرف انرژی سبب کاهش کیفیت محیط‌زیست می‌شود، به‌طوری‌که بخش عمده‌ای از انتشار گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در جهان به‌صورت CO_2 ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش‌های تولیدی (به‌ویژه صنعتی) است (Shim, 2006). در نقطه مقابل، انرژی تجدیدپذیر است که یک عامل بسیار مؤثر در کاهش تخریب محیط‌زیست است و اثرات مخرب استفاده از انرژی‌های فسیلی را کاهش می‌دهد.

ترویج استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر برای دستیابی به رشد اقتصادی پایدار از نظر زیست‌محیطی بسیار مهم است. چرا که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مزایای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را به ارمغان می‌آورد. از طرفی، انرژی‌های تجدیدپذیر به همه ارکان توسعه پایدار از جمله کیفیت محیطی، اقتصاد و رفاه اجتماعی کمک می‌کنند. افزایش طرح‌های دولتی، مشوق‌ها و مشارکت جامعه مدنی می‌تواند انتقال هموارتر به اقتصاد کم‌کربن را تسهیل کند (Adebayo et

al, 2023). افزایش میزان دانش و مهارت و پیشرفت زیرساخت‌های فیزیکی شامل تجهیزات تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از عوامل مؤثر بر تولید و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است.

نیروی کار ماهر، فناوری‌های مدرن تولید کالاها و ارائه خدمات (به‌عنوان سنگ بنای هر اقتصاد صنعتی) را تسهیل می‌کند. پیچیدگی اقتصادی تمام جنبه‌های فرایندهای تولید از جمله تخصص، دانش و پیشرفت را در بر می‌گیرد (He & et al, 2021).

پیچیدگی اقتصادی نشان‌دهنده توانایی یک کشور در تولید محصولات پیچیده یا با ارزش‌افزوده بالا است که از طریق دانش کسب شده خود به دست می‌آید (Lallm & et al, 2006). این مفهوم براین‌اساس ساخته شده است که توانایی‌های متنوع و منحصربه‌فرد برای تولید کالاهای پیچیده لازم است که توسط کشورهای دیگر قابل‌تکثیر نباشد. پیچیدگی اقتصادی می‌تواند از طریق کانال اصلی، یعنی اثر تکنولوژی، بر روی انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر بگذارد. پیچیدگی بالاتر ممکن است توسعه و استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر را از طریق ترکیب ورودی تولید و بهبود تکنولوژی تسهیل کند. در این مورد، دانش پیچیده به فرایند تحقیق و توسعه برای کشف و استقرار منابع انرژی تجدیدپذیر هدایت می‌شود (Chu, 2023). به‌علاوه، پیچیدگی اقتصادی باعث گسترش محصولات مؤثر مانند منابع انرژی تجدیدپذیر در سراسر کشور می‌شود. کشورهایی که سطوح پیچیدگی اقتصادی بالاتری دارند، احتمالاً منابع و تخصص لازم را برای توسعه و پذیرش فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر دارند، درحالی‌که کشورهایی با سطوح پیچیدگی اقتصادی پایین‌تر ممکن است برای انجام این کار مشکل داشته باشند. علاوه بر این، پیچیدگی اقتصادی می‌تواند بر نحوه اجرای سیاست‌های انرژی و سطح حمایتی که از سوی سیاست‌گذاران و مردم دریافت می‌کند، تأثیر بگذارد که منجر به افزایش استفاده از منابع انرژی پایدار و کاهش اتکا به انرژی‌های تجدیدناپذیر می‌شود (Wang & et al, 2023). در ادامه، مطالعات انجام شده داخلی و خارجی در خصوص پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی تجدیدپذیر مرور می‌شوند.

شاه‌آبادی و همکاران (۱۴۰۱) تأثیر مؤلفه‌های دانش بر تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای منتخب عضو سازمان همکاری اسلامی را با استفاده از مدل گشتاورهای تعمیم‌یافته

(GMM) طی سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۱۸ بررسی نموده‌اند. نتایج نشان می‌دهند زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، مشوق‌های اقتصادی و نهادی، سیستم ابداعات و نوآوری و آموزش و توسعه منابع انسانی به عنوان مؤلفه‌های دانش بر تولید انرژی‌های تجدیدپذیر اثر مثبت و معناداری دارند. همچنین، تأثیر تولید ناخالص سرانه، انتشار گاز دی اکسید کربن بر تولید انرژی‌های تجدیدپذیر مثبت و معنادار و تأثیر سهم صادرات سوخت از کل صادرات کالایی بر تولید انرژی‌های تجدیدپذیر منفی و معنادار است.

سیف و حمیدی زری (۱۳۹۵) رابطه میان شاخص‌های منتخب ساختار اقتصادی دانش بنیان و شدت انرژی در استان‌های کشور را با بکارگیری داده‌های پانلی طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۸۹ بررسی می‌نمایند. نتایج نشان می‌دهند تأثیر متغیر شدت شاغلان با مدرک فوق دیپلم و لیسانس در کاهش شدت انرژی استان‌ها بیشتر از اثر متغیر شدت شاغلان با مدرک تحصیلات تکمیلی (فوق لیسانس و بالاتر) است. در مجموع شاخص اقتصاد دانش بنیان باعث کاهش انرژی بری تولید ناخالص داخلی شده است.

رفیق[1] و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر تقاضای انرژی‌های تجدیدپذیر را بر اساس داده‌های پانلی کشورهای E7 و G7 طی سال‌های ۱۹۹-۲۰۱۷ بررسی نمودند. نتایج حاکی از آن است که پیچیدگی اقتصادی بر تقاضای انرژی تأثیر مثبت در هر دو گروه کشورهای مورد مطالعه دارد.

چو (۲۰۲۳) نقش امنیت انرژی و پیچیدگی اقتصادی بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را برای کشورهای G7 طی دوره زمانی۲۰۱۷-۱۹۸۰ با استفاده داده‌های تابلویی بررسی می‌نمایند. نتایج حاکی از آن است که ناامنی انرژی یک نیروی محرکه منابع تجدیدپذیر است در حالیکه پیچیدگی اقتصادی مانع از توسعه انرژی های تجدیدپذیر می گردد.

[1] . Rafique

وانگ و همکاران (۲۰۲۳) با بکارگیری تکنیک خودرگرسیونی با وقفه توزیعی (ARDL) طی دوره زمانی ۱۹۸۰-۲۰۱۹ برای کشور چین نشان می‌دهند که انرژی‌های تجدیدپذیر به طور مثبت تحت تأثیر پیچیدگی اقتصادی، منابع طبیعی و رشد اقتصادی است.

روش‌شناسی

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران طی دوره زمانی ۱۳۶۸-۱۴۰۰ است. بدین منظور، با استفاده از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی[1] استفاده می‌شود. مزیت این رویکرد آنست‌که نیازی به یکسان بودن درجه هم انباشتگی متغیرهای موجود در مدل نیست و تنها کافی است که متغیرهای الگو انباشته از درجه ۲ و بالاتر نباشند. شکل کلی یک الگوی ARDL به‌صورت زیر است:

$$Y_t = \alpha + \sum_{j=1}^{p} \phi_t Y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q} \theta_j' X_{t-j} + \varepsilon_t \quad (۱)$$

در آن Y_t متغیر وابسته، X_t یک بردار $K\times1$ از رگرسورهای چندگانه و θ_j یک بردار $K\times1$ از ضرایب وقفه‌های توزیعی است و ε_t نوفه سفید است. متغیر وابسته تابعی از مقادیر وقفه‌ی آن، مقادیر جاری و وقفه‌ی سایر متغیرهای برونزا در مدل است. طول وقفه برای p ، q لزوماً یکسان نیست. p تعداد وقفه‌های به کار رفته برای متغیر وابسته و q تعداد وقفه‌های مورد استفاده برای متغیرهای مستقل است. برای این منظور، می‌توان از معیارهای اطلاعاتی استاندارد شوارتز- بیزین[2] (SBC) و آکائیک[3] (AIC) استفاده کرد.

مدل مورداستفاده در این پژوهش به پیروی از وانگ و همکاران[4] (۲۰۲۳) به‌صورت زیر می‌باشد:

$$ER_t = \alpha + \beta_1 ECI_t + \beta_2 FDI_t + \beta_3 GDP_t + \beta_4 URB_t + \beta_5 CO_{2t} + \varepsilon_t \quad (۲)$$

که در آن،

ER: مصرف سرانه انرژی تجدیدپذیر بر حسب کیلووات‌ساعت

ECI :شاخص پیچیدگی اقتصادی

1. Autoregressive distributed lag
2 . Schwraz Bayesian Criterion
3 . Akaike Information Criterion
4 . Wang et al

FDI: نسبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به تولید ناخالص داخلی

GDP: سرانه تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰

URB: نرخ شهرنشینی (نسبت جمعیت شهری از کل جمعیت)

CO_2: انتشار سرانه دی اکسید کربن (تن به ازای هر نفر) است.

تأمین منابع مالی از طریق سرمایه‌گذاری خارجی علاوه بر تأمین سرمایه موردنیاز، ابزار مناسبی جهت دستیابی به تکنولوژی پیشرفته و استفاده از ماشین‌آلات و تجهیزات با فن آوری جدید است. توسعه شهری به معنای تغییر جهت از یک جامعه کشاورزی کم‌مصرف به سمت جامعه شهری با مصرف انرژی زیاد است. فعالیت‌های تولیدی، تجاری و صنعتی در شهرها افزایش می‌یابند و در کنار هم باعث افزایش مصرف انرژی می‌شوند (Jones, 1989). در دهۀ اخیر، سوخت‌های فسیلی و مصرف آن‌ها باعث بروز چالش‌ها و نگرانی‌های جدی در زمینه انرژی و محیط‌زیست شده است. این چالش‌ها شامل امنیت عرضه، پایان‌پذیری منابع، آلایندگی‌های زیست‌محیطی و مسئله گرمایش زمین است که موجب استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به‌عنوان جایگزین منابع فسیلی گردیده است. ازطرف دیگر، افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن، باعث کاهش تولید زیست‌توده به‌عنوان یکی از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود (Farahati & Salimi, 2023).

منبع داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی سرانه و نرخ شهرنشینی نماگرهای اقتصادی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران است، منبع داده‌های مصرف سرانه انرژی تجدیدپذیر، سازمان اطلاعات انرژی، نسبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به تولید ناخالص داخلی و انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن شاخص‌های توسعه جهانی است. منبع داده‌های شاخص پیچیدگی اقتصادی از وب‌سایت اطلس پیچیدگی اقتصادی که توسط مرکز توسعه بین‌المللی[1] دانشگاه هاروارد محاسبه می‌شود، بکار گرفته شده است. آماره‌های توصیفی مربوط به داده‌ها در جدول (۱) نشان‌داده‌شده است:

[1]. Center of international development

جدول ۱. آماره‌های توصیفی داده‌های مربوط به متغیرها

متغیر	تعداد مشاهدات	میانگین	انحراف معیار	بیشینه	کمینه
ER	۳۳	۴۳۷/۲۵۳۸	۱۹۸/۳۸۹۸	۸۸۱/۴۸۱۰	۱۶۱/۵۹۲۰
ECI	۳۳	-۰/۵۵۶۷۲۵	۰/۳۹۷۹۰۹	۰/۱۹۰۰۰۰	-۱/۳۲۳۲۵۳
FDI	۳۳	۰/۵۴۵۰۱۹	۰/۶۳۴۰۲۶	۲/۷۳۶۱۱۵	-۰/۲۸۹۹۹۳
GDP	۳۳	۰/۰۶۸۵۴۲	۰/۰۱۲۱۱	۰/۰۸۵۶۱۵	۰/۰۴۴۸۸۲
URB	۳۳	۶۶/۹۰۷۳۳	۶/۳۵۸۱۲۷	۷۶/۳۴۵۰۰	۵۵/۷۹۴۰۰
CO_2	۳۳	۵/۹۴۵۱۵۴	۱/۴۲۸۴۲۴	۷/۵۷۰۵۷۸	۳/۲۱۰۰۰۰

مأخذ: بانک مرکزی، بانک جهانی، سازمان اطلاعات انرژی و اطلس داده‌جهانی

یافته‌های تحقیق

برای جلوگیری از برآورد رگرسیون کاذب از آزمون مانایی بر مبنای دیکی فولر تعمیم‌یافته[1] (ADF) استفاده شده است. طبق نتایج در جدول (۲) نرخ شهرنشینی در سطح مانا است در حالیکه سایر متغیرها با یکبار تفاضل گیری مانا می‌شوند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Augmented Dickey-Fuller (ADF)

جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد برای متغیر های مدل

نتایج آزمون در سطح				
متغیر	مقدار آماره ADF	مقدار بحرانی		
		۹۹ درصد	۹۵ درصد	۹۰ درصد
ER	-۱/۶۸۵۹۰۲	-۳/۶۵۳۷۳۰	-۲/۹۵۷۱۱۰	-۲/۶۱۷۴۳۴
ECI	-۲/۲۱۱۰۹۳			
FDI	-۲/۴۵۸۱۷۹			
GDP	-۲/۰۰۲۷۰۷			
URB	-۱۶/۱۶۳۶۲			
CO_2	-۲/۸۰۱۵۹۹			
نتایج آزمون تفاضل مرتبه اول				
متغیر	مقدار آماره ADF	مقدار بحرانی		
		۹۹ درصد	۹۵ درصد	۹۰ درصد
DER	-۶/۲۴۸۱۹۳	-۳/۶۶۱۶۶۱	-۲/۹۶۰۴۱۱	-۲/۶۱۹۱۶۰
DECI	-۶/۸۷۳۸۰۲			
DFDI	-۶/۱۲۶۰۸۹			
DGDP	-۴/۴۴۱۱۸۱			
DCO_2	-۴/۱۱۹۶۰۴			

مأخذ: یافته‌های پژوهش

از آزمون باند[1] پسران مبتنی بر مدل خودرگرسیون با وقفه توزیعی استفاده می‌شود. مدل ARDL با درنظرگرفتن عرض از مبدأ برآورد شده و تعداد وقفه‌های بهینه با استفاده از معیار آکائیک تعیین شده است. نتایج آماره‌های تشخیصی و ضریب تعیین حاصل از برآورد مدل به‌علاوه، نتایج آزمون باند در جدول (۳) ارائه شده است.

[1]. Bounds test

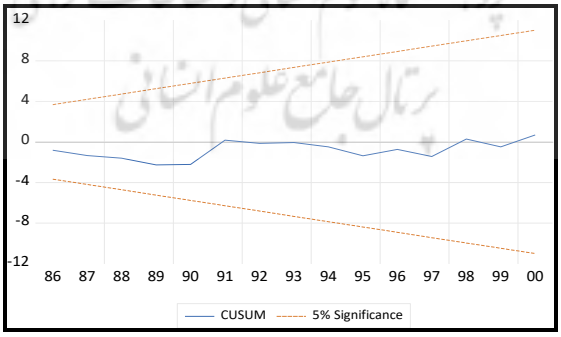
جدول ۳. نتایج آزمون‌ها

آزمون‌های تشخیصی		
(p-value)LM Test	ARCH(p-value)	R-squared
(۰/۱۹۰۷) ۱/۸۵۷۰۳۷	(۰/۱۰۵۱) ۲/۶۲۴۱۷۸	۰/۸۵

آزمون باند			
آماره آزمون	سطح معنی‌داری	مقادیر بحرانی	
(F)		باند پایین	باند بالا
	٪۱۰	۱/۸۱	۲/۹۳
۵/۴۴۲۸۷۶۵	٪۵	۲/۱۴	۳/۳۴
	٪۲/۵	۲/۴۴	۳/۷۱
	٪۱	۲/۸۲	۴/۲۱

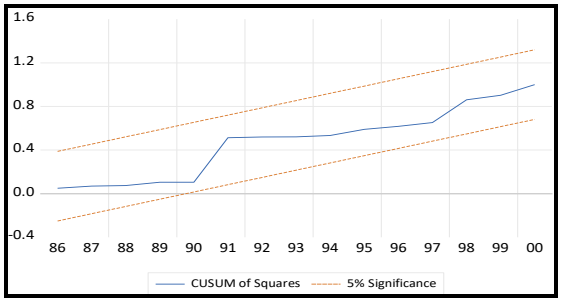
مأخذ: یافته‌های پژوهش

طبق نتایج آزمون LM و آزمون ARCH مدل مشکل خودهمبستگی و مشکل ناهمسانی واریانس ندارد. باتوجه‌به ضریب تعیین محاسبه شده، مدل برآورد شده حدود ۸۵ درصد از تغییرات شاخص مصرف سرانه انرژی‌های تجدیدپذیر را توضیح داده است. همچنین، طبق نتایج آزمون باند در جدول (۳) یک ارتباط بلندمدت میان متغیرهای مدل وجود دارد. تکنیک‌های پسماند تجمعی در نمودارهای (۱) و (۲) نشان می‌دهند، پارامترهای مدل از ثبات لازم برخوردارند.



نمودار ۱. آزمون CUSUM

مأخذ یافته‌های پژوهش



نمودار ۲. آزمون CUSUMQ

مأخذ یافته‌های پژوهش

می‌توان بردار هم انباشتگی را استخراج نمود. نتایج در جدول (۴) ارائه شده است:

جدول ٤. نتایج بردار هم‌انباشتگی

نام متغیر	ضرایب	آماره آزمون	مقدار احتمال آماری
ECI	۲۵۴/۲۱۳۴	۴/۴۹۹۶۴۹	۰/۰۰۱۳
FDI	۳۴۸/۲۲۵۱	۵/۵۳۶۹۸۳	۰/۰۰۰۴
GDP	۲۷۰۷۳/۱۱	۳/۱۰۸۹۰۳	۰/۰۰۰۱
URB	۲۳/۸۷۳۱۱	۳/۵۰۷۴۳۱	۰/۰۰۷۲
CO_2	-۴۲۵/۴۸۶۵	-۳/۹۵۳۰۰۲	۰/۰۰۳۲
سرعت تعدیل			
ضریب تصحیح خطا	انحراف معیار	آماره t	$p-value$
-۰/۸۷۹۹۲۶	۰/۱۳۳۳۴۸	-۶/۵۹۸۷۱۳	۰/۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

طبق نتایج، افزایش یک‌واحدی در پیچیدگی اقتصادی، مصرف سرانه انرژی تجدیدپذیر را به میزان ۲۵۴/۲۱۳۴ واحد افزایش می‌دهد. بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر نیازمند شناخت و ارتقا همیشگی علوم مختلف و ترکیب آن می‌باشد. با افزایش پیچیدگی اقتصادی، که بازتاب ساختارهایی برای نگهداشت و ترکیب دانش است فرصت برای ارتقاء و پیشرفت قابلیت‌های فن‌آوری و نوآوری در مسیر تغییر رویکرد از منابع انرژی‌های فسیلی به انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه آن فراهم می‌شود و منجر به ظهور صنایع و فن‌آوری‌های جدید می‌شود که تغییر به سمت یک سیستم انرژی پایدارتر

را تسهیل می‌کند. بنابراین افزایش در پیچیدگی اقتصادی، مصرف سرانه انرژی تجدیدپذیر را افزایش می‌دهد. به علاوه، یک واحد افزایش در نسبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به تولید ناخالص داخلی موجب افزایش مصرف سرانه انرژی تجدیدپذیر به میزان ۳۴۸/۲۲۵۱ واحد می‌شود. سرمایه-گذاری‌های داخلی هر کشوری محدود به فناوری‌ها و تجهیزات داخلی آن می‌شود که معمولا کارایی لازم را ندارد ولی با سرمایه گذاری‌های مستقیم خارجی در هر کشوری زمینه را برای ورود و دستیابی به علوم کاربردی و تجهیزات مورد نیاز فراهم می شود.

طبق نتایج با افزایش یک‌واحدی سرانه تولید ناخالص داخلی، مصرف سرانه انرژی تجدیدپذیر به میزان ۲۷۰۷۳/۱۱ واحد افزایش خواهد یافت. افزایش سرانه تولید ناخالص داخلی به معنای رشد اقتصادی است. در کشورهایی که تولید ناخالص داخلی بالا است، امکان ایجاد و توسعه صنایعی که از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده می‌کنند، بیشتر است. به علاوه، در صورتی که یک واحد نرخ شهرنشینی افزایش یابد، مصرف سرانه انرژی تجدیدپذیر به میزان ۲۳/۸۷۳۱۱ واحد افزایش می‌یابد. با افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در شهرها، مصرف سرانه انرژی تجدیدپذیر نیز افزایش می‌یابد. به عنوان مثال، نصب پنل‌های خورشیدی در ساختمان‌ها و استفاده از خورشید برای تأمین برق می‌تواند منجر به افزایش مصرف سرانه انرژی تجدیدپذیر در شهرها شود. که این امر سبب کاهش استفاده از منابع انرژی غیرتجدیدپذیر مانند نفت و گاز طبیعی و در نتیجه کاهش آلودگی محیطی می‌شود. ضریب انتشار گاز دی اکسید کربن بر روی مصرف انرژی تجدیدپذیر، منفی و در سطح ۹۹ درصد معنادار می‌باشد، به گونه ای که با یک واحد افزایش انتشار سرانه دی اکسید کربن، مصرف سرانه انرژی تجدیدپذیر را ۴۲۵/۴۸۶۵ واحد کاهش می‌یابد.

طبق نتایج، ضریب جمله تصحیح خطا به‌دست‌آمده در این مدل، نشان می‌دهد که در هر دوره ۸۷/۹۹ درصد انحراف (مثبت یا منفی) مصرف سرانه انرژی تجدید پذیر از مسیر تعادلی خود تصحیح می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر انرژی‌های تجدیدپذیر طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۶۸ به صورت تجربی برای کشور ایران با استفاده از الگوی ARDL بررسی شده است نتایج حاصل از این مطالعه به شرح ذیل است: در بلندمدت تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر مصرف سرانه انرژی تجدید پذیر مثبت و معنادار است. این نتایج بیانگر آن است که پیچیدگی اقتصادی باعث گسترش محصولات موثر مانند منابع انرژی تجدیدپذیر در سراسر کشور می‌شود. کشورهایی که سطوح پیچیدگی اقتصادی بالاتری دارند، احتمالاً منابع و تخصص لازم را برای توسعه و پذیرش فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. علاوه بر این، پیچیدگی اقتصادی می‌تواند بر نحوه اجرای سیاست‌های انرژی و سطح حمایتی که از سوی سیاست‌گذاران و مردم دریافت می‌کند، تأثیر بگذارد، که منجر به افزایش استفاده از منابع انرژی پایدار و کاهش اتکا به انرژی‌های تجدیدناپذیر می‌شود و به علاوه، زیرساخت‌ها، راه‌اندازی‌ها و هزینه‌های عملیاتی پرهزینه هستند و نیاز به سرمایه‌گذاری هنگفتی دارند. لذا پیشنهاد می‌شود سیاست‌های لازم جهت توسعه مهارت‌های فنی و تخصصی و ایجاد بسترهای مناسب برای اشتغال و کارآفرینی اتخاذ شود. توسعه بخش فناوری و نوآوری، حمایت از بخش خصوصی و ایجاد امکانات و شرایط ملایم‌تر برای رشد و توسعه آن و ایجاد بستری برای تولید و انتقال دانش و فناوری‌های پیشرفته از راه‌های ارتقاء پیچیدگی و تنوع فعالیت‌های اقتصادی است. تأثیر شاخص سرمایه گذاری مستقیم خارجی بر مصرف سرانه انرژی تجدید پذیر مثبت و معنادار است. منابع مالی به‌دست‌آمده از طریق جهانی‌سازی مالی می‌تواند به تقویت و توسعه فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر کمک کند، بنابراین تأثیر مثبتی بر انتقال ساختار انرژی از سوخت‌های فسیلی به منابع تجدیدپذیر دارد. با افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه، مصرف انرژی تجدیدپذیر افزایش می‌یابد. درحالی‌که افزایش انتشار سرانه دی اکسید کربن موجب کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود. رشد اقتصادی می‌تواند موجب افزایش سرمایه‌گذاری در صنایع تولید انرژی تجدیدپذیر و کاهش وابستگی به منابع انرژی فسیلی شود که این امر موجب کاهش آلودگی هوا و کاهش تأثیرات منفی بر محیط زیست می‌شود. لذا، دولت‌ها و سازمان‌ها می‌توانند با ارائه تسهیلات

مالی، معافیت‌های مالیاتی و سایر امتیازات، سرمایه‌گذاران را به سمت صنایع تولید انرژی تجدیدپذیر جذب کنند. با افزایش نرخ شهرنشینی مصرف انرژی تجدیدپذیر افزایش می‌یابد، در سطوح بالای شهرنشینی، افزایش آگاهی و دانش عمومی می‌تواند به ترویج فرهنگ مصرف پایدار و ایجاد روحیه مسئولیت‌پذیری در جامعه کمک کند. بنابراین، لازم است که تلاش‌های فراگیری برای افزایش آگاهی و دانش عمومی در زمینه کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و حرکت به سمت مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر صورت بگیرد.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

سپاسگزاری

از تمامی عوامل پر تلاش و زحمت‌کش در گردآوری پژوهش فوق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

ORCID

Leyla Salimi http://orcid.org/ 0000-0003-3293-5591
Seyed Mohammad Mostolizadeh http://orcid.org/ 0000-0003-0942-657X
Mahboobeh Farahati http://orcid.org/0000-0002-9028-6553

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

- Abazari, A. & Hosseinzadeh, H. (2016). New and renewable energies are a way to reduce reliance on fossil fuels. *The third international research conference in science and technology.* (In Persian)
- Adebayo, T.S., Kartal, M.T., Aga, ˘ M., Al-Faryan, M.A.S.,(2023). Role of country risks and renewable energy consumption on environmental quality: evidence from MINT countries. *J. Environ. Manag*, 327: 116884.
- Awosusi, A.A. Altuntas, M. Agyekum, E.B. Zawbaa, H.M. Kamel, S. (2022). The dynamic impact of biomass and natural resources on ecological footprint in BRICS economies: a quantile regression evidence. *Energy Rep*, 8: 1979–1994.
- Azizi, Z. (2019). The Effect of Economic Complexity on Energy Consumption in the Industrial Sector. *JPBUD, 24*(1): 3-24. doi:10.29252/jpbud. 24.1.3. (In Persian).
- Chu,L. (2023). The role of energy security and economic complexity in renewable energy development: evidence from G7 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30:56073–56093.
- El-Morad, S. & Hamidi Rozi, D. (2015). Investigating the effect of selected indicators of knowledge-based economy on the energy intensity of the country's provinces. *Journal of Energy Economics of Iran, 5* (18): 101-145. doi: 10.22054/jiee.2016.7194(In Persian).
- Farahati, M. & Salimi, L. (2023). The Effect of Income Inequality on Renewable Energy Consumption in Iran. *JPBUD* , 28 (1) :77-95. doi: 10.61186/jpbud.28.1.77. (In Persian)
- He, K. Ramzan, M. Ahmed, Z. Ahmad, M. & Altuntas, M. (2021). Does globalization moderate the effect of economic complexity on CO2 emissions? Evidence from the top 10 energy transition economies. *Front. Environ*, 9: 555.
- Hidalgo, C.A. & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26): 10570–10575.
- Jones, D. W. (1989). Urbanization and energy use in economic developmet. *The Energy Journal*, 10(4).
- Khan, G. Ahmed, A. M. & Kiani, A. (2016). Dynamics of energy consumption, technological innovations and economic growth in Pakistan. *Journal of Business & Economics*, 2(5): 5.

- Lallm S. Weiss, J. & Zhang, J. (2006). The “sophistication” of exports: a new trade measure. *World Dev*, 34(2): 222–237.
- Mohammadi, T. Nazman, H. & Nasratian Nasab, M. (2011). The relationship between economic growth and energy consumption in Iran (an analysis of linear and non-linear causality models). *Iranian Energy Economics Research Journal* , *2* (5): 170-53. (In Persian)
- Rafique, M. 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 Jornal Of Green Energy*,18(7): 745-754.
- Shahabadi, A. Mousavi, M. H. & Shayganmehr, S. (2017). The Impact of Technology Spillover through Foreign Direct Investment and Product Import on the Production Share of Renewable Energies in Total Energy. *Journal of Technology Development Management*, 5(2): 99-122. doi: 10.22104/jtdm.2018.1707.1598(In Persian).
- Shim, J. H. (2006). The Reform of Energy Subsidies for the Enhancement of Marine Sustainability. Case Study of South Korea. *University of Delaware*.
- Wang, C. Raza, S.A. Yi, S. & Shah, M.I. (2023). The roles of hydro, nuclear and biomass energy towards carbon neutrality target in China: a policy-based analysis. *Energy*, 262: 125303.
- Yazdanpanah, M. Komendantova, N. & Ardestani, R. S. (2015). Governance of energy transition in Iran: Investigating public acceptance and willingness to use renewable energy sources through socio psychological model,Renew. Sustain. *Energy Rev*, 45: 565–573.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی