IEDA
Department of Economics Alzahra University

Journal of Iranian Economic Development Analyses
Alzahra University
Vol. 10, No. 25, Spring & Summer 2024

pp. 251-268

ALZAHRA UNIVERSITY

Research Paper

The Investigating the Interactional Effects of Renewable Energy and Carbon Dioxide Emissions on Human Development: Cointegration in Autoregressive Distributed Lag[1]

Fatemeh Jedavi[2], Simin Ghaderi[3]

Received: 2023/12/25 Accepted: 2024/03/09

Abstract

The increase in carbon emissions is one of the most serious concerns globally in the last decade. Different countries adopt various policies and approaches to reduce the intensity of carbon dioxide emissions. Therefore, this study examines the impact of renewable energy and carbon dioxide emissions, as well as their mutual effects on human development. The study is descriptive-analytical and applied, estimated by the autoregression method with distribution breaks for the years 2000-2020. The sample size was 16 countries with high human development, including Iran.

The results showed that carbon dioxide emissions in all four modes, including CO2 emissions, CO2 emissions from electricity and heat, CO2 emissions from liquid fuel consumption, and the intensity of carbon dioxide emissions, have a negative impact on renewable energies, gross domestic product, financial development, and net foreign direct investment. However, they had a positive effect on the human development index in the long term in countries with high human development. Also, the mutual effects of carbon dioxide emissions and renewable energies on the human development index were positive, so renewable energies can be used as a tool to control and reduce the effects of environmental pollution emissions to increase human development. Therefore, it is suggested to expand the use and development policies of renewable energy and attract more investments in this sector. Additionally, establishing laws to encourage public and private partnerships and removing investment barriers can help investors participate in renewable energy activities.

Keywords: Renewable Energy, Carbon Dioxide Emission, Human Development Index, Cointegration.
JEL Classification: O13, I15, P28, Q53.

1 . doi: 10.22051/ieda.2024.45979.1398

2. M.Sc. Department of Economics, Faculty of Management and Human Science, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran. Email:jedavifatemeh7@gmail.com.

3. Assistant Professor, Department of Economic, Faculty of Management and Human Science, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran. Corresponding Author. Email:shahraki@cmu.ac.ir.

دو فصلنامه تحلیل‌های اقتصادی توسعه ایران
دانشگاه الزهرا
دوره ۱۰، شماره ۱، شماره پیاپی ۲۵، بهار و تابستان ۱۴۰۳
صفحات ۲۶۸-۲۵۱

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات متقابل انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار کربن دی‌اکسید بر توسعه انسانی: رویکرد هم‌جمعی در روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی[۱]

فاطمه جداوی[۲]، سیمین قادری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۹

چکیده

افزایش سطح انتشار کربن یکی از جدی‌ترین نگرانی‌های دهه اخیر در دنیا است و کشورهای مختلف سیاست‌ها و رویکردهای متفاوتی را برای کاهش شدت انتشار کربن دی‌اکسید اتخاذ می‌کنند؛ ازاین‌رو مطالعه حاضر به بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار کربن دی‌اکسید و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر توسعه انسانی می‌پردازد. مطالعه حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی و کاربردی است که با روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی برای سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۰ برآورد شد. حجم نمونه ۱۶ کشور از کشورهایی با توسعه انسانی بالا ازجمله ایران بود. نتایج نشان داد انتشار کربن دی‌اکسید در هر چهار حالت شامل انتشار CO2، انتشار CO2از برق و گرما، انتشار CO2 از مصرف سوخت مایع و شدت انتشار کربن دی‌اکسید تأثیر منفی و انرژی‌های تجدیدپذیر، تولید ناخالص داخلی، توسعه مالی و خالص سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر مثبت بر شاخص توسعه انسانی در بلندمدت در کشورهایی با توسعه انسانی بالا داشتند؛ همچنین اثرات متقابل انتشار کربن دی‌اکسید و انرژی‌های تجدیدپذیر بر شاخص توسعه انسانی مثبت بود؛ بنابراین انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند به‌عنوان یک ابزار برای کنترل و کاهش اثرات انتشار آلودگی‌های محیط زیست جهت افزایش توسعه انسانی مورد استفاده قرار گیرد؛ لذا پیشنهاد می‌شود سیاست‌های استفاده و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر گسترش یابد و سرمایه‌گذاری‌های بیشتری در این بخش جذب شود؛ علاوه بر این، وضع قوانین تشویق مشارکت‌های دولتی و خصوصی و رفع موانع سرمایه‌گذاری می‌تواند به سرمایه‌گذاران کمک کند تا در فعالیت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر مشارکت کنند.

واژگان کلیدی: انرژی تجدیدپذیر، انتشار کربن دی‌اکسید، شاخص توسعه انسانی، هم‌جمعی.
طبقه‌بندی موضوعی: *O13, I15,P28,Q53*.

---

۱. کد doi مقاله: 10.22051/ieda.2024.45979.1398

۲. کارشناس ارشد، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و علوم انسانی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران. Email:jedavifatemeh7@gmail.com

۳. استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و علوم انسانی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران. نویسنده مسئول. Email:siminghaderi@yahoo.com

مقدمه

در دهه‌های اخیر، آلودگی به یکی از چالش‌های اصلی مدیریتی کشورها تبدیل شده است. از میان مصادیق آلودگی، آلودگی‌های ناشی از گازهای گلخانه‌ای با توجه به ماهیت شیوع آن، یکی از تهدیدهای جدی کشورها است (بهبودی و همکاران، ۱۳۹۹). مصرف انرژی و رشد اقتصادی ازجمله عوامل کلیدی است که بر انتشار کربن دی‌اکسید تأثیر می‌گذارد. مطالعات زیادی نشان داده‌اند که نرخ رشد مصرف انرژی در کشورها ارتباط نزدیکی با سطح رشد اقتصادی آن‌ها دارد (مهرآرا[1]، ۲۰۰۷). با بهبود استانداردهای زندگی و مکانیزه شدن تولید برای افزایش بهره‌وری نیروی کار، مصرف انرژی در مراحل اولیه رشد اقتصادی به سرعت افزایش می‌یابد. بااین‌حال، با آشکارتر شدن اثرات نامطلوب محیطی و افزایش آگاهی عمومی، روند افزایش مصرف انرژی به دلیل تغییر به سمت استفاده بهینه کاهش می‌یابد (بهبودی و همکاران، ۱۳۹۹).

مصرف انرژی یکی از مهم‌ترین عواملی است که زندگی را برای انسان آسان‌تر می‌کند و ثبات اجتماعی-اقتصادی هر کشوری به در دسترس بودن آن بستگی دارد (صدیق و همکاران[2]، ۲۰۲۲). امروزه استفاده از سوخت‌های فسیلی در بیشتر اقتصادها غالب است و ممکن است تصور شود که به رشد اقتصادی کمک می‌کند. بااین‌حال، استدلال شده است که این سهم ممکن است فقط کوتاه‌مدت باشد و استفاده بیش‌ازحد از سوخت فسیلی ممکن است در بلندمدت به رشد منفی کمک کند (ژائو و همکاران[3]، ۲۰۱۸). سوخت‌های فسیلی نیز ممکن است منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید گوگرد شود (جین و کیم[4]، ۲۰۱۸).

انتشار روزافزون کربن و مشکلات گرمایش جهانی، برجستگی هدف قرار دادن گزینه انرژی تجدیدپذیر را ارتقا داده است که به‌عنوان جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی با پتانسیل مقابله با ایمنی انرژی و تغییرات آب و هوایی شناخته شده است (صدیق و همکاران، ۲۰۲۲)؛ بنابراین انرژی تجدیدپذیر می‌تواند نقش مهمی در سیاست‌های انرژی، توسعه انسانی و زیست‌محیطی ایفا کند. درواقع انرژی‌های تجدیدپذیر یک‌راه حل مناسب برای دستیابی به توسعه پایدار تلقی می‌شود. با توجه به محدود بودن منابع انرژی فسیلی و مشکلات ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، توجه بیش‌ازپیش به انرژی‌های تجدیدپذیر ضرورت دارد، زیرا از این طریق می‌توان به اهداف توسعه پایدار دست یافت.

در سال ۲۰۲۱ مصرف انرژی تجدیدپذیر (شامل سوخت‌های زیستی بدون احتساب آب) ۲/۹ اگزاژول (EJ) افزایش یافت. نرخ رشد سالانه ۷/۹ درصدی کمتر از میانگین ۱۰ ساله تاریخی بود، اما افزایش مطلق انرژی تقریباً در سال‌های ۲۰۱۷، ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ و بزرگ‌ترین افزایش برای هر سوخت در سال ۲۰۲۰ بود. طبق این آمار در کشورهای جهان، چین با اختلاف، بیش‌ترین سهم را در رشد انرژی‌های تجدیدپذیر داشته

1. Mehrara
2. Sadiq *et al.*
3. Zhao *et al.*
4. Jin & Kim.

است. پس‌ازآن ایالات‌متحده، سپس ژاپن، بریتانیا، هند و آلمان هستند (بریتیش پترولیوم[1]، ۲۰۲۳). روند رو به رشد مصرف انرژی، کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و نیز گرم شدن بیش‌ازاندازه کره زمین از علل عمده و مهم در گرایش کشورها به استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر به‌عنوان جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی محسوب می‌شود (عمری و بلید[2]، ۲۰۲۱).

شاخص توسعه انسانی (HDI)[3] به معیار مهمی برای تعیین پیشرفت ملی با تمرکز بر انسان و توانایی‌های آن‌ها است که جایگزین سایر شاخص‌های تولیدی است (ترن و همکاران[4]، ۲۰۱۹). شاخص توسعه انسانی سه بعد کلی طول عمر توأم با سلامتی، آموزش و استانداردهای زندگی دارد و بر اساس میانگین هندسی سه شاخص امید به زندگی (بعد سلامت)، آموزش (بعد اجتماعی) و درامد ناخالص ملی (بعد اقتصادی)، سالانه توسط بانک جهانی محاسبه و کشورها بر اساس آن رتبه‌بندی می‌شوند. مقدار این شاخص بین صفر و یک است که بزرگ‌تر بودن این شاخص بیانگر توسعه‌یافتگی نیروی انسانی یک کشور است (شهرکی و قادری، ۱۴۰۰). اگرچه مصرف انرژی به‌عنوان یک شاخص حیاتی بهره‌وری اقتصادی در نظر گرفته می‌شود که باعث رشد اقتصادی می‌شود، اما بهبود توسعه انسانی را تضمین نمی‌کند. افزایش فعالیت‌های اقتصادی منعکس‌کننده سطوح بالای مصرف انرژی و افزایش انتشار CO2 است (ادبایو و همکاران[5]، ۲۰۲۲؛ لی و چانگ[6]، ۲۰۰۸). درواقع، مصرف انرژی یک ورودی حیاتی است که به‌طور مستقیم اکثر فعالیت‌های اقتصادی را پشتیبانی می‌کند؛ بنابراین از یک‌جهت، مصرف انرژی برای رشد اقتصادی مفید است که به‌طور مستقیم به بهبود توسعه انسانی کمک می‌کند و از طرف دیگر منجر به انتشار آلودگی محیط زیست و پیشبرد تغییرات آب‌وهوایی می‌شود که تأثیر منفی بر توسعه انسانی دارد. لذا بررسی آثار مصرف انرژی بر توسعه انسانی بسیار ضروری است.

به‌طور کل مصرف انرژی که موجب رشد اقتصادی می‌شود با ایجاد آلودگی محیط زیست منجر به اثرات منفی بر سلامت انسان می‌شود که درنهایت چالشی برای افزایش توسعه انسانی در بلندمدت است. با توجه به اینکه در هر مرحله از فرآیند توسعه اقتصادی، کشورها مجبور به انتخاب بین اهداف متضاد هستند، این سؤالات مطرح است که آیا کشورها باید برای دستیابی به توسعه انسانی بالاتر، مصرف بیشتری از انرژی‌های تجدیدناپذیر داشته باشند و میزان آلودگی‌های آن‌ها را بپذیرند؟ و یا اینکه راهکارهایی برای تعدیل اثرات مصرف انرژی اندیشیده شود؛ لذا برای پاسخگویی به این سؤالات این مطالعه درصدد است تا تأثیر انرژی تجدیدپذیر و انتشار کربن دی‌اکسید و همچنین اثرات متقابل آن‌ها را بر تأثیر توسعه انسانی برآورد کند. برای این هدف، از چهار شاخص تخریب محیط زیست استفاده شد و ضمن برآورد تأثیر آن‌ها، اثرات متقابل آن‌ها با انرژی‌های تجدیدپذیر نیز بر شاخص توسعه انسانی بررسی شد. فرضیه‌های مطالعه به

1. British Petroleum
2. Omri & Belaïd
3. Human Development Index (HDI)
4. Tran *et al.*
5. Adebayo *et al.*
6. Lee & Chang

شرح زیر است: ۱) انرژی تجدیدپذیر تأثیر مثبت بر شاخص توسعه انسانی دارد. ۲) انتشار کربن دی‌اکسید تأثیر منفی بر شاخص توسعه انسانی دارد. ۳) اثرات متقابل انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار کربن دی‌اکسید بر توسعه انسانی مثبت است.

در این مطالعه ابتدا مبانی نظری مدل و مطالعات گذشته مورد بررسی قرار گرفت، سپس در قسمت روش مطالعه، مدل‌سازی مطالعه، متغیرها، روش‌ها و نحوه برآورد مدل‌ها بیان شد. بعد از آن یافته‌های مطالعه بیان و مورد بحث و تحلیل قرار گرفت و درنهایت نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها صورت گرفت.

مبانی نظری

شاخص توسعه انسانی به‌طور گسترده به‌عنوان معیار مهمی برای تعیین پیشرفت ملی با تمرکز بر انسان و توانایی‌های آن‌ها تبدیل شده است (ترن و همکاران، ۲۰۱۹)؛ اما برخی از منتقدان استدلال می‌کنند که HDI تمام جنبه‌های توسعه انسانی، مانند جنبه‌های زیست‌محیطی و جنبه‌های نابرابری جنسیتی را در برنمی‌گیرد (سانوسی[1]، ۲۰۰۸). مصرف انرژی یکی از عواملی است که بر هر سه بعد توسعه انسانی ازجمله سلامت، آموزش و استانداردهای زندگی تأثیر مستقیم دارد (رای و همکاران[2]، ۲۰۱۶) و ثبات اجتماعی-اقتصادی هر کشوری به در دسترس بودن آن بستگی دارد. انرژی برای تمام جنبه‌های زندگی انسان ضروری است. دسترسی به منابع انرژی بهتر به‌طور مستقیم بر چندین حوزه توسعه، ازجمله بخش‌های مراقبت‌های بهداشتی و آموزش‌وپرورش، از طریق بالا بردن وضعیت اقتصادی تأثیر می‌گذارد که پیشرفت‌های اجتماعی-اقتصادی را بهبود بخشیده و به ثبات اجتماعی-اقتصادی در اقتصادهای درحال‌توسعه منجر شده است (صدیق و همکاران، ۲۰۲۲).

فعالیت‌های اقتصادی مختلف به‌عنوان یکی از منابع اصلی انتشار کربن دی‌اکسید در نظر گرفته می‌شود که با تخریب اکولوژیکی، خطر بزرگی را برای بقای انسان در سرتاسر جهان به همراه دارد (ادبایو و همکاران، ۲۰۲۲). اکنون کشورها با چالش استفاده از مصرف انرژی برای دستیابی به رشد پایدار مواجه هستند که درصدد استفاده از منابع انرژی جایگزین هستند (عثمان و هامر[3]، ۲۰۲۱). انتشار روزافزون کربن دی‌اکسید و مشکلات گرمایش جهانی، گزینه انرژی‌های تجدیدپذیر را بیشتر مورد توجه قرار داده است و به‌عنوان جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی برای مقابله با تغییرات آب‌وهوایی شناخته شده است (صدیق و همکاران، ۲۰۲۲). انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌عنوان یکی از انواع انرژی، به دلیل تأثیرات خطرناک مرتبط با استفاده از انرژی سنتی، توجه روزافزونی را به خود جلب کرده است (آیدین[4]، ۲۰۱۹). استفاده از سوخت‌های فسیلی، پرمصرف‌ترین منبع انرژی جهان، همچنان عامل اصلی تغییر اقلیم و گرمایش جهانی محسوب

1. Sanusi
2. Ray *et al.*
3. Usman & Hammar
4. Aydin

می‌شود و اثرات منفی بر سلامت و رفاه انسان دارد؛ بنابراین انرژی‌های پاک (انرژی‌های تجدیدپذیر) می‌توانند نقش مهمی در رشد و توسعه انسانی ایفا کنند (وانگ و همکاران[1]، ۲۰۱۹). بیش از ۱۷۰ کشور درحال‌توسعه دارای منابع طبیعی هستند، اما سطوح پایین رشد و نوآوری، استفاده ناکارآمد از این منابع انرژی را افزایش داده است (ژانگ و همکاران[2]، ۲۰۲۱). در طول چند دهه گذشته، مقدار زیادی انرژی برای توسعه اقتصادی کشورهای درحال‌توسعه هدررفته است. نابرابری آموزشی و افزایش درآمد جهانی دلایل کلیدی برای به تأخیر انداختن رشد توسعه انسانی است (جهانگر و همکاران[3]، ۲۰۲۲). علاوه بر این، این کشورها دارای جمعیت عظیم و رو به رشدی هستند که فشار زیادی بر محیط زیست وارد می‌کنند (آزم و همکاران[4]، ۲۰۲۱: ۴).

کاهش کربن دی اکسید با تحقیقات و آموزش فناوری های انرژی پاک ارتباط دارد. طرفداران محیطزیست با ترویج انرژی های پاک به عنوان یک انرژی جایگزین جهان را برای سیک زندگی سالم تر تشویق می کنند (جهانگر و همکاران، ۲۰۲۲). مصرف انرژی یکی از مهم‌ترین عواملی است که زندگی را برای انسان آسان‌تر می‌کند و ثبات اجتماعی-اقتصادی هر کشوری به در دسترس بودن آن بستگی دارد. انتشار روزافزون کربن و مشکلات گرمایش جهانی، برجستگی هدف قرار دادن گزینه انرژی تجدیدپذیر را ارتقا داده است که به‌عنوان جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی با پتانسیل مقابله با ایمنی انرژی و تغییرات آب‌وهوایی شناخته شده است. (صدیق و همکاران، ۲۰۲۱)؛ بنابراین، انرژی تجدیدپذیر می‌تواند نقش مهمی در سیاست‌های انرژی، توسعه انسانی و زیست‌محیطی ایفا کند که در حال حاضر بیش از ۱۰ درصد از تولید برق جهانی را تشکیل می‌دهند و انتظار می‌رود در سال ۲۰۵۰ به میزان ۲۵ درصد از قدرت جهانی افزایش یابد. انرژی تجدیدپذیر می‌تواند به بسیاری از کشورها کمک کند تا به سمت سیستم انرژی پایدارتر حرکت کنند. انباشت بدهی خارجی و جهانی‌شدن مالی می‌تواند منابع لازم را برای فرآیند انتقال انرژی فراهم کند و بر ابتکارات انرژی هسته‌ای، سطوح آلودگی و توسعه انسانی تأثیر بگذارد. بااین‌حال، استفاده ناکارآمد از بدهی، منابع موجود برای سرمایه‌گذاری‌های مولد را به دلیل هزینه‌های خدمات‌دهی کاهش می‌دهد و توسعه اقتصادی و انسانی را محدود می‌کند (صدیق و همکاران، ۲۰۲۲).

با توجه مبانی نظری، مورد انتظار است که انتشار کربن دی‌اکسید تأثیر منفی و انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر مثبت بر توسعه انسانی داشته باشند. از طرفی با توجه به جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر با انرژی‌های تجدیدناپذیر و تأثیر مثبت انرژی‌های تجدیدپذیر بر توسعه انسانی مورد انتظار است که انرژی‌های تجدیدپذیر بتوانند آثار منفی انتشار کربن دی‌اکسید را بر توسعه انسانی کاهش دهند؛ به‌عبارت‌دیگر اثر متقابل انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار کربن دی‌اکسید بر توسعه انسانی مثبت شود؛ همچنین رشد تولید ناخالص داخلی، خالص سرمایه‌گذاری خارجی و اعتبارت بخش خصوصی می‌تواند تأثیر مثبت بر توسعه انسانی داشته باشد.

1. Wang *et al.*
2. Zhang *et al.*
3. Jahanger *et al.*
4. Azam *et al.*

پیشینه پژوهش

مطالعات در این زمینه بسیار غنی است که منتخبی از این مطالعات مرور می‌شود. محمدی و همکاران (۱۳۹۸) برای کشورهای منتخب حوزه منا نشان داده‌اند که بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و شاخص توسعه انسانی رابطه مثبت و معناداری وجود دارد. همچنین نرخ مرگ‌ومیر کودکان زیر ۵ سال و انتشار کربن دی‌اکسید رابطه منفی با شاخص توسعه انسانی دارد. عارفیان و همکاران (۱۳۹۹) برای کشورهای OECD نشان داده‌اند که رابطه مثبت و معناداری میان افزایش انتشار کربن دی‌اکسید و مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر وجود دارد. همچنین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، آزادی تجارت و توسعه مالی موجب کاهش انتشار گاز کربن دی‌اکسید و بهبود شرایط زیست‌محیطی می‌شود. درحالی‌که بهبودی و همکاران (۱۳۹۹) نشان داده‌اند که یک رابطه مثبت بین متغیرهایی همانند مصرف انرژی، رشد اقتصادی، آزادسازی تجاری، جمعیت شهرنشین و متغیر انتشار سرانه‌ی کربن دی‌اکسید در ایران وجود دارد. مسعودی و همکاران (۱۳۹۹) نشان داده‌اند که نوآوری‌های فنی و انرژی‌های تجدید ناپذیر و رشد اقتصادی اثر مثبتی بر انتشار CO2 دارد، اما اثر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO2 منفی و معنی‌دار است. پرهیزکار کهنه اوغاز و همکاران (۱۴۰۰) نیز نشان داده‌اند که رابطه معنی‌داری میان مصرف انرژی تجدیدپذیر با رشد اقتصادی و همچنین میان مصرف این انرژی با انتشار CO2 در کشورهای عضو اوپک وجود ندارد، اما مصرف انرژی تجدیدناپذیر با رشد اقتصادی و انتشار CO2 رابطه مثبت و معنی‌داری دارد و دلیل آن سهم اندک انرژی‌های تجدیدپذیر و سهم زیاد انرژی‌های تجدیدناپذیر در سبد مصرفی انرژی کشورهای اوپک است.

وانگ و همکاران (۲۰۱۹)، نتایج علیت یک‌طرفه از جهانی‌شدن و شاخص توسعه انسانی به سمت انتشار کربن را تأیید کرده‌اند. آلمیدا نیوز و همکاران[1] (۲۰۲۰) نیز در مطالعه‌ای نشان داده‌اند که مقررات زیست‌محیطی در کاهش انتشار CO2 در بلندمدت مؤثر است. علاوه بر این، سیاست‌های حمایت از منابع انرژی تجدیدپذیر، تمایل به کاهش انتشار CO2 در کوتاه‌مدت و بلندمدت دارند. ساسماز و همکاران[2] (۲۰۲۰) نشان داده‌اند که انرژی‌های تجدیدپذیر بر توسعه انسانی تأثیر مثبت دارد. علاوه بر این، آزمون علیت، وجود یک رابطه علیت دوطرفه بین انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه انسانی را بیان کرد؛ همچنین هائو و همکاران[3] (۲۰۲۱) نیز رابطه معکوس بین انرژی تجدیدپذیر و انتشار کربن دی‌اکسید را تأیید کردند و نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که مالیات زیست‌محیطی، توسعه انسانی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر باعث کاهش انتشار CO2 می‌شود. عمری و بلید (۲۰۲۱) بیان کرده‌اند که انرژی‌های تجدیدپذیر، تأثیر انتشار CO2 سرانه بر توسعه انسانی و رشد اقتصادی را کاهش می‌دهد و بیث[4] (۲۰۲۱) برای کشورهای آ سه آن نشان داد که اثر رشد اقتصادی بر CO2 مثبت اما اثر شاخص توسعه انسانی بر CO2 بسیار ناچیز بود.

1. Almeida Neves *et al.*
2. Sasmaz
3. Hao *et al.*
4. Bieth

با توجه پیشینه بررسی‌شده، اگرچه در مطالعات، آثار انتشار کربن دی‌اکسید و انرژی‌های تجدیدپذیر بر توسعه انسانی و رشد اقتصادی به‌صورت جداگانه بررسی شده است، اما خلأ بررسی اثرات متقابل انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار کربن دی‌اکسید بر توسعه انسانی وجود دارد. به‌عبارت‌دیگر اینکه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند آثار منفی انتشار کربن دی‌اکسید را بر توسعه انسانی کاهش دهند، بررسی نشده است؛ همچنین در این مطالعه انتشار کربن دی‌اکسید به چهار صورت، انتشار کربن دی‌اکسید ناشی از مایعات، انتشار کربن دی‌اکسید ناشی از تولید برق، شدت انتشار کربن دی‌اکسید و انتشار کربن دی‌اکسید (به‌صورت کلی) تفکیک شده است و اثرات متقابل هرکدام از این متغیرها با شاخص انرژی‌های تجدیدپذیر بر توسعه انسانی در مدل‌های مختلف بررسی‌شده است که وجه تمایز با سایر مطالعات و نوآوری مطالعه حاضر است.

روش مطالعه

مطالعه حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی و کاربردی و از حیث روش انجام، یک مطالعه همبستگی است که با روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL)[1] برآورد شد. حجم نمونه ۱۶ کشور از کشورهای دارای توسعه انسانی بالا شامل کشورهای ایران، مکزیک، برزیل، چین، پرو، اوکراین، آلبانی، بلغارستان، اکوادور، مصر، تونس، سورینام، ازبکستان، اردن، لبنان، ویتنام بود. این کشورها از کشورهای دارای توسعه انسانی بالا انتخاب شدند که طبق طبقه‌بندی بانک جهانی در یک سطح توسعه انسانی هستند و از طرف دیگر کشورهایی از این گروه انتخاب شدند که آمار انرژی‌های تجدیدپذیر برای آن‌ها موجود بود تا بتوان تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر و اثرات متقابل آن‌ها با انتشار کربن دی‌اکسید را بر توسعه انسانی سنجید. آمار و داده‌های موردنیاز مطالعه از نوع پانل است و برای سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۰ از وب‌سایت بانک جهانی، سازمان ملل و صندوق بین‌المللی پول اســتخراج شدند. برآورد مدل تحقیق و آزمون‌های موردنیاز در نرم‌افزار Eviews 10 و Stata 16 انجام شد.

مدل مطالعه بر اساس مطالعات قبلی و مبانی نظری به‌خصوص مطالعات عمری و بلید (۲۰۲۱) و وانگ و همکاران (۲۰۱۹) انتخاب شد. عمری و بلید (۲۰۲۱) و وانگ و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند انتشار کربن دی‌اکسید یک عامل مهم مؤثر بر توسعه انسانی است. علاوه بر این، انرژی‌های تجدیدپذیر بر اساس مطالعات عمری و بلید (۲۰۲۱)، آلمیدا نیوز و همکاران (۲۰۲۰) و ساسماز و همکاران (۲۰۲۰) به‌عنوان یک متغیر تأثیرگذار بر توسعه انسانی و عامل تعدیل گازهای آلاینده در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه هدف بررسی اثرات متقابل انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار کربن دی‌اکسید بر توسعه انسانی بود، حاصل‌ضرب این متغیرها نیز در مدل اضافه شد. ضریب حاصل‌ضرب این متغیرها بیانگر اثرات متقابل آن‌ها بر توسعه انسانی است و نشان می‌دهد که برآیند تأثیر این دو متغیر بر توسعه انسانی چگونه است؛ آیا انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند آثار منفی انتشار کربن دی‌اکسید بر توسعه انسانی را کاهش دهند. برای بررسی اثر متقابل و هم‌زمان متغیرها

1. Autoregressive Distributed Lag

از حاصل‌ضرب آن‌ها استفاده می‌شود که مطالعات مختلفی نیز از روش حاصل‌ضرب استفاده کرده‌اند (احمد و همکاران[1]، ۲۰۲۱؛ شهرکی و قادری، ۲۰۲۱).

سایر عوامل مؤثر بر توسعه انسانی نیز به‌عنوان متغیرهای کنترلی در نظر گرفته شدند. مدل پایه به‌صورت زیر است:

$$HD_{it} = \propto_0 + \propto_1 Ren_{it} + \propto_2 CO_{it} + \propto_3 Ren_{it} * CO_{it} + \sum_{m=1}^{k} \delta_m Z'_{mit} + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

که در آن HD شاخص توسعه انسانی، Ren مصرف انرژی تجدیدپذیر و CO انتشار کربن دی‌اکسید است که در این مطالعه از ۴ متغیر مختلف شامل انتشار CO2 (برحسب تن سرانه)، انتشار CO2 از برق و تولید گرما، انتشار CO2 از مصرف سوخت مایع و شدت انتشار CO2 (برحسب کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم مصرف انرژی معادل نفت) استفاده شده است. Ren*CO بیانگر تعامل بین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و شاخص‌های انتشار CO2 و Z' متغیرهای کنترلی است که شامل رشد تولید ناخالص داخلی (GDP) ، اعتبار خصوصی (PC)، کمک‌های خارجی و سرمایه‌گذاری خارجی (FAI) است. انرژی تجدیدپذیر به‌صورت انواع مختلف تولید می‌شود. انرژی تجدیدپذیر به‌صورت خورشیدی، بادی، گرمایی و سوختی در جهان تولید می‌شود. در این مطالعه از مجموع انرژی خورشیدی و بادی به‌عنوان مصرف انرژی تجدیدپذیر کشورهای با توسعه انسانی بالا استفاده شد. با جای‌گذاری متغیرهای کنترلی، مدل مطالعه به شرح زیر است که با روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) برآورد شد.

$$HD_{it} = \propto_0 + \propto_1 HD_{it-1} + \propto_2 CO_{it} + \propto_3 Ren_{it} * CO_{it} + \alpha_4 GDP_{mit} + \alpha_5 PC_{mit} + \alpha_6 FAI_{mit} + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (۲)$$

روش ARDL را می‌توان با متغیرهایی با مرتبه‌های مختلف از هم‌جمعی، صرف‌نظر از این‌که متغیرهای موردبررسی پایا در سطح و یا از مرتبه باشند، استفاده کرد. به‌عبارت‌دیگر از مزیت‌های این روش علاوه بر برآورد رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیرها، حساس نبودن این روش به پایایی و ناپایایی متغیرهاست (شهرکی و قادری[2]، ۲۰۲۱). همچنین با توجه به تأثیر متغیر وابسته از مقادیر گذشته خود و سایر متغیرهای مستقل مدل، روش ARDL مناسب است. برای بررسی رابطه بلندمدت ابتدا باید از وجود رابطه بلندمدت (هم‌جمعی) اطمینان حاصل کرد. برای این امر از آزمون F-Bound Test استفاده شد که توسط پسران و همکاران[3] (۲۰۰۱) معرفی شده است. در این آزمون فرض صفر عدم وجود رابطه بلندمدت و فرض مقابل وجود رابطه بلندمدت است. مقدار آماره F محاسبه‌شده با دو مقدار بحرانی به‌دست‌آمده توسط پسران و

1. Ahmad *et al.*
2. Shahraki & Ghaderi
3. Pesaran *et al.*

همکاران (۲۰۰۱) مقایسه می‌شود. مقدار پایین با فرض هم‌جمعی صفر I(0) و مقدار بالا با فرض هم‌جمعی مرتبه اول I(1) تمام متغیرهاست. اگر آماره مقدار F محاسباتی از کران بالای مقدار بحرانی بزرگ‌تر باشد، فرضیه صفر، مبنی بر عدم وجود رابطه بلندمدت رد می‌شود و اگر مقدار آماره کمتر از کران پایین باشد، فرضیه صفر را نمی‌توان رد کرد و اگر آماره بین دو کران قرار گیرد، نتیجه غیرقطعی خواهد بود (شهرکی و قادری، ۱۴۰۰). همچنین برای بررسی هم‌جمعی از آزمون کائو نیز استفاده شد که در این آزمون نیز فرض صفر، عدم وجود رابطه بلندمدت و هم‌جمعی در مدل است.

یافته‌های پژوهش

نتایج توصیف آماری متغیرهای مدل در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. توصیف آماری متغیرها

متغیرها	نام اختصاری	میانگین	حداکثر	حداقل
رشد تولید ناخالص داخلی (سالانه ٪)	GDP	۳/۳۲	۴۳/۴۷	-۲/۳۹
شاخص توسعه انسانی	HD	۰/۷۲	۰/۸۲	۰/۵۸
انتشار کربن دی‌اکسید	CO	۴۱۹/۳۴	۹۸۹۹/۳۳	۰/۶۴
جریان خالص سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	FAI	۵/۳۱	۵۶/۲۶	-۱۰/۲۵
انرژی تجدیدپذیر	Ren	۰/۳	۷/۷۹	-۰/۰۰۰۷
حاصل‌ضرب انرژی تجدیدپذیر و انتشار کربن دی‌اکسید	Ren*CO	۹۹۲۳۱/۵۳	۸۶۲۴۴۳۶	-۰/۰۰۳
اعتبار داخلی خصوصی	PC	۴۸/۳۲	۱۸۲/۴۳	-۴۴/۵۳
حاصل‌ضرب انرژی تجدیدپذیر و شدت انتشار کربن دی‌اکسید	Ren*CO1	۷۱/۸۶	۲۸۸۴/۵۴	-۰/۰۰۱
حاصل‌ضرب انرژی تجدیدپذیر و انتشار کربن دی‌اکسید ناشی از تولید برق و گرما	Ren*CO2	۱۶۹۶/۱۱	۵۵۴۷۷/۶۷	-۰/۰۱
حاصل‌ضرب انرژی تجدیدپذیر و انتشار کربن دی‌اکسید ناشی از مصرف سوخت مایع	Ren*CO3	۱۱۰۷/۳۹	۴۷۸۸۷/۲۳	-۰/۰۲
انتشار CO2 از تولید برق و گرما	C02	۳۸/۳۲	۷۲/۴۲	۱/۳۷
انتشار CO2 ناشی از مصرف سوخت مایع	CO3	۶۲/۳۳	۱۵۳/۱۹	۴/۷۹
شدتCO2	CO1	۲/۷۷	۵/۷۵	۱/۳۵

منبع: یافته‌های پژوهش

قبل از برآورد مدل، جهت اطمینان از صحت روش انتخابی و نتایج حاصله، ابتدا آزمون‌های ریشه واحد و پس‌ازآن آزمون‌های هم‌جمعی انجام شد. در این مطالعه برای بررسی ریشه واحد (نامانایی) از آزمون‌های لوین، لین و چو و آزمون ایم، پسران و شین استفاده شد که نتایج در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون‌های ریشه واحد متغیرهای مدل

	آزمون لوین، لین و چو			آزمون ایم، پسران و شین		
متغیر	آماره T	احتمال	نتیجه	آماره T	احتمال	نتیجه
HD	-۷/۱۷	۰/۰۰۰	مانا	-۱/۹۱	۰/۰۲	مانا
CO	-۲/۵۲	۰/۰۰۵	مانا	۱/۸۵	۰/۹۶	نامانا
GDP	-۳/۷۱	۰/۰۰۱	مانا	۸۶/۷	۰/۰۰۰۱	مانا
FAI	-۱/۹۳	۰/۰۲	مانا	-۳/۵۲	۰/۰۰۰۲	مانا
D(Ren)	-۳/۲۲	۰/۰۰۰۶	مانا	-۴/۱۲	۰/۰۰۰	مانا
D(Ren*CO)	-۴/۰۸	۰/۰۰۰	مانا	-۵/۶۷	۰/۰۰۰	مانا
PC	-۲/۱۸	۰/۰۱	مانا	۰/۲۳	۰/۵۹	نامانا
D(Ren*CO3)	-۲/۰۷	۰/۰۱	مانا	-۳/۹۷	۰/۰۰۰	مانا
D(Ren*CO1)	-۲/۶۹	۰/۰۰۳	مانا	-۳/۶۲	۰/۰۰۰۱	مانا
D(Ren*CO2)	-۱/۹۶	۰/۰۲	مانا	-۲/۷۸	۰/۰۰۲	مانا
CO2	-۳/۰۶	۰/۰۰۱	مانا	-۱/۵۶	۰/۰۵	مانا
CO3	-۳/۳۸	۰/۰۰۰۴	مانا	-۱/۰۸	۰/۱۳	نامانا
CO1	-۲/۹۴	۰/۰۰۱	مانا	-۴/۷۷	۰/۰۰۰	مانا

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۲) نتایج آزمون ریشه واحد را برای تمامی متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش نشان می‌دهد. با استفاده از آزمون ریشه واحد لوین، لین و چو تمامی متغیرهای مدل مانا هستند، اما با آزمون ایم، پسران و شین متغیرهای انتشار کربن دی‌اکسید، انتشار کربن دی‌اکسید حاصل از سوخت مایعات و اعتبارات بخش خصوصی داخلی در سطح متغیرها با احتمال ۵ درصد مانا نشدند؛ اما با یک‌بار تفاضل مانا شدند. برای انجام تخمین با استفاده از آزمون ARDL، باید همه متغیرها در سطح یا با یک وقفه مانا شوند که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون ریشه واحد لوین، لین و چو می‌توان تخمین مدل را به روش ARDL انجام داد. با توجه به مانایی متغیرها در سطح و یا تفاضل مرتبه اول، برای اطمینان از عدم وجود رگرسیون کاذب و همچنین وجود روابط بلندمدت حقیقی، آزمون‌های هم‌جمعی پسران و همکاران و همچنین کائو انجام و نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون‌های هم‌جمعی

نتایج آزمون‌های هم‌جمعی Bounds Test پسران و همکاران				
نوع آزمون	مقدار اماره	سطح معنی‌داری	کران بالا I(1)	کران پایین I(0)
F-Bounds Test	۱۶/۳۴	٪۱	۶/۲۳	۵/۳۱
		٪۵	۵/۶۷	۴/۲۳
T-Bounds Test	۱۳/۱۴	٪۱	۴/۶۸	۳/۶۸
		٪۵	۳/۴۸	۲/۲۵
نتایج آزمون هم‌جمعی کائو				
نوع آزمون	مقدار اماره	سطح معنی‌داری		
ADF	-۴/۷۳	۰/۰۰		

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون‌های هم‌جمعی Bounds Test در جدول (۳) نشان داد که در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، مقدار هر دو آماره F-Bounds Test و T-Bounds Test از مقدار بحرانی کران بالا بزرگ‌تر بود؛ بنابراین فرضیه صفر این آزمون رد می‌شود و وجود هم‌جمعی در مدل تأیید می‌شود. همچنین نتایج آزمون کائو نیز نشان داد که با توجه به سطح معنی‌داری کمتر از پنج درصد، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه هم‌جمعی رد می‌شود و وجود هم‌جمعی و رابطه بلندمدت پذیرفته می‌شود. در این مطالعه برای بررسی اثرات متقابل انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار CO2 بر توسعه انسانی از ۴ مدل استفاده شد که در هر یک از مدل‌ها یکی از چهار متغیر انتشار کربن دی‌اکسید بررسی شد و مدل‌ها با روش ARDL برآورد شدند.

جدول ۴. اثرات متقابل انتشار کربن دی‌اکسید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر توسعه انسانی

متغیر	مدل (۱): انتشار CO2	مدل (۲): انتشار CO2 از تولید برق و گرما	مدل (۳): شدت انتشار CO2	مدل (۴): انتشار کربن دی‌اکسید ناشی از مصرف سوخت مایع
HD	۰/۰۲ (۰/۷)	۰/۰۷ (۰/۴۳)	۰/۰۱ (۰/۰۱)	۰/۰۱ (۰/۰۸)
CO	-۰۰/۰۰۲ (۰/۰۰۱)			
CO1			-۰/۲۷ (۰/۰۰۰)	
CO2		-۰/۰۰۰۳ (۰/۸۱)		
CO3				-۰/۰۰۶ (۰/۱)
Ren*CO	-۰۶e۲/۱۵ (۰/۳۷)			
Ren*CO1			-۰۶e۲/۹۳ (۰/۸۵)	
Ren*CO2		-۰۵e۲/۵۰ (۰/۲۶)		
Ren*CO3				۰/۰۰۰۱ (۰/۰۴)
REN	-۰۶e۱/۸۱ (۰/۳۹)	۰/۱۱ (۰/۰۷)	۰/۰۱ (۰/۳۱)	۰/۰۹ (۰/۱۵)
PC	۰/۰۲ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰۰۱ (۰/۹۳)	۰/۰۰۲ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰۴ (۰/۱۴)
GDP	۰/۰۸ (۰/۰۰۰)	۰/۰۵ (۰/۰۰۹)	۰/۰۱ (۰/۰۰۰)	۰/۰۱ (۰/۰۱)
FAI	۰/۰۱ (۰/۰۰۰)	-۰/۰۰۶ (۰/۱۷)	۰/۰۰۳ (۰/۱۶)	-۰/۰۰۷ (۰/۱۸)

منبع: یافته‌های پژوهش، اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده احتمال هستند.

نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد که انتشار کربن دی‌اکسید یک رابطه معکوس با شاخص توسعه انسانی دارد که این رابطه برای هر چهار شاخص انتشار کربن در معادلات بالا صادق بود. این نتایج با مطالعات وانگ و همکاران (۲۰۱۹)، هائو و همکاران (۲۰۲۱) و عمری و بلید (۲۰۲۱) همسو است. انتشارCO2، از طریق کانال تغییرات اقلیمی، هزینه‌های اجتماعی دارد که رفاه اجتماعی را تا حد زیادی تحت تأثیر قرار می‌دهد. در میان مسائل اجتماعی عمده، انتشار CO2 با کاهش بهره‌وری کشاورزی ناامنی غذایی را تحریک می‌کند (احمد و همکاران، ۲۰۲۲؛ عثمان و هامر، ۲۰۲۱) و همچنین بر سلامت انسان تأثیر می‌گذارد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۹). توسعه سرمایه انسانی می‌تواند بهره‌وری انرژی را بهبود بخشد و مصرف انرژی را در فرآیند تولید به حداقل برساند؛ درنتیجه انتشار CO2 مربوط به مصرف انرژی را می‌توان مهار کرد. به‌عبارت‌دیگر، توسعه سرمایه انسانی می‌تواند به مهار انتشار CO2 کمک کند و سطح کیفی انرژی را افزایش دهد (هائو و همکاران، ۲۰۲۱). سایر مطالعات نیز تأیید کرده‌اند که آموزش بهتر به انباشت سرمایه انسانی کمک می‌کند که می‌تواند در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای کنترل گرمایش جهانی مؤثر باشد (جهانگر و همکاران، ۲۰۲۲). در بخش صنعت، اعتقاد بر این است که نیروی کار با سطوح بالای سرمایه انسانی، استفاده کارآمد از انرژی را برای اهداف تولید تضمین می‌کند (صدیق و همکاران، ۲۰۲۲).

نتایج به‌دست‌آمده برای انرژی تجدیدپذیر نشان می‌دهد که یک رابطه مثبت بین انرژی تجدیدپذیر و شاخص توسعه انسانی در رابطه بلندمدت وجود دارد. این نتایج با مطالعات ساسماز و همکاران (۲۰۲۰) و عمری و بلید (۲۰۲۱) همسو است. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر باعث افزایش توسعه انسانی می‌شود؛ هنگامی‌که کشورها از انرژی‌های تجدیدپذیر مصرف می‌کنند، کیفیت زیست‌محیطی افزایش می‌یابد و اثرات اقتصادی مثبتی به همراه دارد. با توجه به این تأثیرات، مؤلفه‌های شاخص توسعه انسانی آموزش، درآمد و سلامت همگی بهتر می‌شوند. ساسماز و همکاران (۲۰۲۰) نشان داده‌اند انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند برای کاهش اثر انتشار CO2 بر توسعه انسانی در کشورهای با توسعه انسانی بالا مورداستفاده قرار گیرد؛ همچنین نتایج نشان داده‌اند که اثرات متقابل انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار کربن دی‌اکسید در هر چهار مدل بر توسعه انسانی مثبت است؛ به‌عبارت‌دیگر انرژی‌های تجدیدپذیر، اثرات منفی انتشار دی اکسید کربن بر شاخص توسعه انسانی را کاهش می‌دهند. این نتایج با مطالعات آلمیدا نیوز و همکاران (۲۰۲۰)، هائو و همکاران (۲۰۲۱) و عمری و بلید (۲۰۲۱) همسو است که انرژی‌های تجدیدپذیر سلامت و رفاه یک جامعه را با کاهش اثرات انتشار CO2 افزایش می‌دهد که به‌نوبه خود، امید به زندگی را افزایش داده و هزینه‌های سلامتی را کاهش می‌دهد. تقویت مصرف منابع تجدیدپذیر می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی تأثیر منفی انتشار CO2 بر توسعه انسانی را کاهش دهد و از این دیدگاه حمایت می‌کند که انرژی‌های تجدیدپذیر منجر به کاهش آلودگی و پاک‌سازی هوا می‌شود. پیامدهای تقویت مصرف انرژی تجدیدپذیر، بهبود کیفیت محیطی و صرفه‌جویی در رشد اقتصادی است که می‌تواند برای ارتقای شاخص‌های اساسی توسعه انسانی (درآمد، بهداشت و آموزش) به کار گرفته شود. درنتیجه، برای دولت‌ها ضروری است که اقدامات کلی برای تقویت استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر، مانند توسعه ظرفیت نهادی انسانی، ایجاد زیرساخت‌های تحقیق‌وتوسعه و ایجاد یک محیط سرمایه‌گذاری مطلوب را انجام دهند. علاوه بر این، تأمین مالی انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای با توسعه انسانی بالا چالش دیگری برای ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی فعلی

(فسیلی) است (برونشوایلر[1]، ۲۰۱۰). در این اقتصادها، بخش بانکداری منبع تأمین مالی خارجی اصلی است و دسترسی به اعتبار بانکی یک مشکل جدی است (عمری و بلید، ۲۰۲۱). درنتیجه، پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر جهت تأمین مالی در مضیقه هستند. تأمین مالی این پروژه‌ها با توسعه مؤسسات مالی ارتباط تنگاتنگی دارد. بر این اساس، دولت‌ها باید ظرفیت خود را در تأمین مالی این پروژه‌ها ارتقا دهند. یک گام مهم برای این امر، ارتقای کیفیت بازارهای مالی ملی برای افزایش توانایی تأمین مالی داخلی است (هائو و همکاران، ۲۰۲۱). با پرداختن به موانعی که با استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر مواجه می‌شوند، می‌توان انتشار CO_2را کاهش داد و توسعه انسانی را به‌طور هم‌زمان افزایش داد.

تأثیرگذاری متغیرهای کنترلی در این چهار معادله نیز در بلندمدت نشان داد که متغیر تولید ناخالص داخلی در هر چهار مدل موردبررسی تأثیر مثبت بر توسعه انسانی دارد. همچنین بین متغیر اعتبار داخلی خصوصی و توسعه انسانی نیز یک همبستگی مثبت وجود دارد. متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در مدل‌های (۱) و (۳) نیز تأثیر مستقیم و معنی‌داری بر شاخص توسعه انسانی داشت.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر، انتشار کربن دی‌اکسید و اثرات متقابل آن‌ها بر توسعه انسانی برآورد و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد انرژی تجدیدپذیر در بلندمدت می‌تواند تأثیر مثبتی بر شاخص توسعه انسانی در کشورهایی با توسعه انسانی بالا بگذارد. از طرفی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی و بادی) می‌تواند منجر به کاهش اثر انتشار کربن دی‌اکسید بر توسعه انسانی در کشورهایی با توسعه انسانی بالا شود. همچنین در این مطالعه چهار شاخص از انتشار کربن دی‌اکسید شامل انتشار کربن دی‌اکسید، شدت انتشار کربن دی‌اکسید، انتشار کربن دی‌اکسید ناشی از تولید برق و گرما و انتشار کربن دی‌اکسید ناشی از مصرف سوخت مایع موردبررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد که هرکدام از شاخص‌های انتشار کربن دی‌اکسید اثر معکوس بر متغیر شاخص توسعه انسانی می‌گذارد. همچنین بررسی متغیرهای کنترلی نشان داد که متغیرهای تولید ناخالص داخلی، توسعه مالی و خالص سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر مثبت بر شاخص توسعه انسانی داشتند؛ بنابراین انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند ابزار مفیدی در کاهش اثرات انتشار CO_2 بر توسعه انسانی در اقتصادهایی با توسعه انسانی بالا باشد. به‌منظور محبوبیت بیشتر انرژی‌های تجدیدپذیر، باید سیاست‌هایی برای تضمین بازار این فناوری‌ها اعمال شود و قوانین تأمین‌کنندگان انرژی را ملزم کنند تا برای غلبه بر موانع موجود در بازار انرژی، مقداری انرژی تجدیدپذیر را در عرضه‌های خود بگنجانند. این اقدامات می‌تواند یک چارچوب سیاستی شود که از استفاده و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر حمایت کند و سرمایه‌گذاری‌های بیشتری را در این بخش جذب می‌کند. علاوه بر این، تشویق مشارکت‌های دولتی و خصوصی و رفع موانع سرمایه‌گذاری می‌تواند به سرمایه‌گذاران خصوصی کمک کند تا در فعالیت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر مشارکت کنند.

1. Brunnschweiler

قدردانی: بدین‌وسیله از همه‌کسانی که در انجام این مطالعه نقش داشته‌اند، سپاسگزاری می‌شود. این مطالعه حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد مصوب دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار است.

تعارض منافع: در انجام مطالعه حاضر، نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی نداشته‌اند.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: مقاله حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان: تمام نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع: بنا بر اظهار نویسندگان در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

تعهد کپی‌رایت: طبق تعهد نویسندگان حق کپی‌رایت رعایت شده است.

منابع

بهبودی، داود؛ محمدزاده، پرویز و موســـوی، ســـها. (۱۳۹۹). بررســـی روابط متقابل بین انرژی تجدیدپذیر- توسعه پایدار- انتشار دی‌اکسید کربن در ایران: رویکرد خودرگرسیون برداری بیزین. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۲(۲)، ۴۰۷-۳۹۵.

پرهیزکار کهنه اوغاز، مرتضی؛ نیکوقدم، مسعود و خوشنودی، عبدالله. (۱۴۰۰). بررسی اثر مصرف انرژی تجدیدپذیر بر توسعه پایدار در کشورهای عضو اوپک. *اقتصاد و تجارت نوین*، *۱۶*(۱)، ۶۰-۲۹.

شهرکی، مهدی و قادری، سیمین. (۱۴۰۰). رابطه مخارج سلامت عمومی و کیفیت دموکراسی بر رفاه اجتماعی در کشورهای با شاخص توسعه انسانی بالا. *فصلنامه رفاه اجتماعی*، ۲۱(۸۲)، ۴۳-۹.

عارفیان، محمدرضا؛ فرجی دیزجی، سجاد و قاسمی، سحر. (۱۳۹۹). بررسی نقش انرژی تجدیدپذیر، انرژی تجدیدناپذیر و رشد اقتصادی بر انتشار کربن در کشورهایOECD. *اقتصاد و تجارت نوین*، *۱۵*(۳)، ۱۳۷-۱۰۹.

محمدی، وحید؛ مظفری شمسی، هاجر و اسعدی، فریدون. (۱۳۹۸). بررسی ارتباط متقابل رشد اقتصادی، مصرف انرژی و توسعه انسانی در کشورهای منتخب حوزه منا (MENA). *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، *۸*(۳۰)، ۱۸۴-۱۵۳.

مسعودی، نسیم؛ دهمرده، نظر و اسفندیاری، مرضیه. (۱۳۹۹). بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر و نوآوری‌های فنی و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن. *پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، *۱۰*(۴۰)، ۵۴-۳۵.

References

Adebayo, T. S; Oladipupo, S. D; Adeshola, I; & Rjoub, H. (2022). Wavelet analysis of impact of renewable energy consumption and technological innovation on CO2 emissions: evidence from Portugal. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(16), 23887-23904.

Ahmad, U. S; Usman, M; Hussain, S; Jahanger, A; & Abrar, M. (2022). Determinants of renewable energy sources in Pakistan: An overview. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(19), 29183-29201.

Almeida Neves, S; Marques, A. C; & Patrício, M. (2020). Determinants of CO2 emissions in European Union countries: does environmental regulation reduce environmental pollution? *Economic Analysis and Policy*, *68*, 114-125.

Arefian, M; Faraji Dizaji, S; & Ghasemi, S. (2020). Investigating the Role of Renewable and Non-Renewable Energy and Economic Growth on Carbon Emission in OECD Countries. *New Economy and Trade*, *15*(3), 109-137. (In Persian).

Aydin, M. (2019). The effect of biomass energy consumption on economic growth in BRICS countries: A country-specific panel data analysis. *Renewable energy*, *138*, 620-627.

Azam, A; Rafiq, M; Shafique, M; Yuan, J; & Salem, S. (2021). Human development index, ICT, and renewable energy-growth nexus for sustainable development: a novel PVAR analysis. *Front Energy*, *9*, 760758.

Behboudi, D; Mohammadzadeh, P; & Moosavi, S. (2020). Investigation of Interrelationship between Renewable Energy-Sustainable Development-Co2 Emmision in Iran: Bayesian VAR Approach. *Journal of Environmental Science and Technology*, *22*(2), 395-407. (In Persian).

Bieth, R. C. E. (2021). The influence of Gross Domestic Product and human development index on CO2 emissions. *Journal of Physics: Conference Series*, *1808*(1), 012034.

British Petroleum. (2023). Renewable Energy.

Brunnschweiler, C. N. (2010). Finance for renewable energy: an empirical analysis of developing and transition economies. *Environment and Development Economics*, *15*(3), 241-274.

Hao, L. N; Umar, M; Khan, Z; & Ali, W. (2021). Green growth and low carbon emission in G7 countries: how critical the network of environmental taxes, renewable energy and human capital is? *Science of the Total Environment*, *752*, 141853.

Jahanger, A; Usman, M; Murshed, M; Mahmood, H; & Balsalobre-Lorente, D. (2022). The linkages between natural resources, human capital, globalization, economic growth, financial development, and ecological footprint: The moderating role of technological innovations. *Resources Policy*, *76*, 102569.

Jin, T; & Kim, J. (2018). Coal consumption and economic growth: panel cointegration and causality evidence from OECD and non-OECD countries. *Sustainability*, *10*(3), 660.

Lee, C. C; & Chang, C. P. (2008). Energy consumption and economic growth in Asian economies: a more comprehensive analysis using panel data. *Resource and energy Economics*, *30*(1), 50-65.

Masoudi, N; Dahmardeh, N; & Esfandiyari, M. (2020). Impact of renewable energies, technical innovations and economic growth on Carbon Dioxide emissions. *Economic Growth and Development Research*, *10*(40), 54-35. (In Persian).

Mehrara, M. (2007). Energy consumption and economic growth: the case of oil exporting countries. *Energy policy*, *35*(5), 2939-2945.

Mohamadi, V; Mozafari shamsi, H; & Asadi, F. (2019). Investigating the Relationship between Economic Growth, Energy Consumption and Human Development in Selected MENA Countries. *Iranian Energy Economics*, *8*(30), 153-184. (In Persian).

Omri, A; & Belaïd, F. (2021). Does renewable energy modulate the negative effect of environmental issues on the socio-economic welfare?. *Journal of Environmental Management*, *278*(2), 111483.

Parhizkar Kohne Oghaz, M; Nikooghadam, M; & Khoshnoodi, A. (2021). Investigating the effect of renewable energy consumption on sustainable development in OPEC member countries. *New Economy and Trade, 16*(1), 29-60. (In Persian).

Pesaran, M. H; Shin, Y. and Smith, R; (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics, 16*, 289–326.

Ray, S; Ghosh, B; Bardhan, S; & Bhattacharyya, B. (2016). Studies on the impact of energy quality on human development index. *Renewable Energy*, *92*, 117-126.

Sadiq, M; Shinwari, R; Usman, M; Ozturk, I; & Maghyereh, A. I. (2022). Linking nuclear energy, human development and carbon emission in BRICS region: do external debt and financial globalization protect the environment? *Nuclear Engineering and Technology*, *54*(9), 3299-3309.

Sanusi, Y. A. (2008). Application of human development index to measurement of deprivations among urban households in Minna, Nigeria. *Habitat International*, *32*(3), 384-398.

Sasmaz, M. U; Sakar, E; Yayla, Y. E; & Akkucuk, U. (2020). The relationship between renewable energy and human development in OECD countries: A panel data analysis. *Sustainability*, *12*(18), 7450.

Shahraki, M; & Ghaderi, S. (2020). The Impact of Economic Growth and Environmental Quality on Health Expenditures in Iran; Aggregate in Autoregressive Distributed Lag Model. *Health Research Journal*, *5*(4), 224-234.

Shahraki, M; & Ghaderi, S. (2021). The Relationship between Environmental Performance Index, Economic Growth and Public Health Expenditures: Panel Cointegration Approach. *Health Management & Information Science*, *8*(1), 1-8.

Shahraki, M; Ghaderi, S. (2021). The Relationship between Public Health Expenditures and the Quality of Democracy on Social Welfare in Countries with High Human Development Index. *Social Welfare Quarterly*, *21*(82), 9-43. (In Persian).

Usman, M; & Hammar, N. (2021). Dynamic relationship between technological innovations, financial development, renewable energy, and ecological footprint: fresh insights based on the STIRPAT model for Asia Pacific Economic Cooperation countries. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(12), 15519-15536.

Van Tran, N; Van Tran, Q; Do, L. T. T; Dinh, L. H; & Do, H. T. T. (2019). Trade off between environment, energy consumption and human development: Do levels of economic development matter?. *Energy*, *173*, 483-493.

Wang, Z; Rasool, Y; Asghar, M. M; & Wang, B. (2019). Dynamic linkages among CO 2 emissions, human development, financial development, and globalization: empirical evidence based on PMG long-run panel estimation. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*(36), 36248-36263.

Zhang, L; Li, Z; Kirikkaleli, D; Adebayo, T. S; Adeshola, I; & Akinsola, G. D. (2021). Modeling CO2 emissions in Malaysia: an application of Maki cointegration and

wavelet coherence tests. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(20), 26030-26044.

Zhao, H; Guo, S; & Zhao, H. (2018). Impacts of GDP, fossil fuel energy consumption, energy consumption intensity, and economic structure on SO2 emissions: A multi-variate panel data model analysis on selected Chinese provinces. *Sustainability*, *10*(3), 657.

COPYRIGHTS

This license allows others to download the works and share them with others as long as they credit them, but they can't change them in any way or use them commercially.