

The Impact of Technological Innovation in Renewable Energy on Climate Change in Iran (With Reference to Clause 7 of the General Policies on Consumption Pattern Reform)

Salman Sotoudeh nia Korrani

Assistant professor, Department of economic, BA.C, Islamic azad University, Bandar Abbas, Iran (Corresponding author).

salman.sotoodeh@yahoo.com

 0000-0002-0342-658X

Mojtaba Sadeghi

M.sc in Economics, Department of economic, BA.C, Islamic azad University, Bandar Abbas, Iran.

m.sadeghi6471@yahoo.com

 0009-0009-3861-0561

Hossein (Adib) Arabi

Ph.D. Candidate in Economics, Supreme National Defense University, Tehran, Iran.

Adib.arabi@gmail.com

 0000-0001-7201-9518

Abstract

This study examines the impact of per capita GDP and technological innovation in renewable energy on climate change in Iran using the Structural Vector Autoregression (SVAR) model. Given Iran's higher per capita energy consumption compared to countries such as Turkey, India, China, Hong Kong, Pakistan, Africa, Venezuela, non-OECD Asian countries, and the Middle East, the inevitable occurrence of climate change in Iran, along with the country's underutilization of renewable energy resources despite its significant potential, is a growing concern. Clause 7 of the general policies on consumption pattern reform emphasizes increasing the share of renewable and modern energy sources. Accordingly, the required data for the study variables were collected annually for the period 2001–2020 from sources including the World Bank, the Central Bank of the Islamic Republic of Iran, the Statistical Center of Iran, and the Energy Balance Sheet of the Ministry of Energy. The model was estimated using EViews software. The results indicate that per capita GDP, urbanization rate, and industrial structure have a significant positive effect on climate change in Iran, while renewable energy consumption and technological innovation in renewable energy have a significant negative effect.

Keywords: Climate Change, Per Capita GDP, Urbanization Rate, Renewable Energy Consumption, Technological Innovation in Renewable Energy.

JEL Classification: Q56, Q55, O13

بررسی تأثیر نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر بر تغییر اقلیم در ایران (با نگاهی به بند ۷ سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف)

سلمان ستوده‌نیا کرانی

استادیار گروه اقتصاد و گمرک، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران (نویسنده مسئول).
salman.sotoodeh@yahoo.com

0000-0002-0342-658X

مجتبی صادقی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد، گروه اقتصاد و گمرک، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران.

m.sadeghi6471@yahoo.com

0009-0009-3861-0561

حسین (ادیب) عربی

دانشجوی دکترای اقتصاد، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران.

Adib.arabi@gmail.com

0000-0001-7201-9518

چکیده

با توجه به بالاتر بودن مصرف سرانه انرژی در ایران از کشورهای نظیر ترکیه، هند، چین و هنگ‌کنگ، پاکستان، آفریقا، ونزوئلا، کشورهای آسیایی غیر OECD و منطقه خاورمیانه، احتمال وقوع حتمی پدیده تغییر اقلیم در ایران و همچنین، عدم بهره‌برداری شایسته از منابع تجدیدپذیر انرژی - علی‌رغم ظرفیت فراوان در ایران - در این مطالعه به بررسی تأثیر سرانه تولید ناخالص داخلی و نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر بر تغییر اقلیم در ایران با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری ساختاری (SVAR) پرداخته شد. در بند ۷ سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف، بر افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و نوین تأکید شده است. برای این منظور، داده‌های مورد نیاز مربوط به متغیرهای پژوهش به صورت سالانه طی دوره ۹۹-۱۳۸۰ از بانک جهانی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، مرکز آمار ایران و ترازنامه انرژی مربوط به وزارت نیرو استخراج شده و جهت تخمین مدل از نرم‌افزار Eviews استفاده شد. نتایج نشان داد که متغیرهای سرانه تولید ناخالص داخلی، نرخ شهرنشینی و ساختار صنعتی دارای اثر معنادار مثبت و متغیرهای مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر دارای اثر معنادار منفی بر تغییر اقلیم در ایران هستند.

کلیدواژه‌ها: تغییر اقلیم، سرانه تولید ناخالص داخلی، نرخ شهرنشینی، ساختار صنعتی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر.

طبقه‌بندی JEL: Q56, Q55, O13

شاپای الکترونیک: ۶۵۶۸-۲۵۸۸ / پژوهشکده تحقیقات راهبردی / فصلنامه علمی پژوهشی راهبرد اقتصادی

doi 10.22034/es.2025.495342.1825



مسئولیت مقاله از نظر محتوای علمی و نظرهای مطرح‌شده در متن آن، به عهده نویسندگان و یا نویسنده مسئول مقاله می‌باشد و مورد تأیید / عدم تأیید صاحب امتیاز نشر به راهبرد اقتصادی نمی‌باشد.

مقدمه و بیان مسئله

استفاده گسترده از سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی، افزایش جمعیت جهان و به دنبال آن گسترش روزافزون فعالیت‌های صنعتی و مصرف سوخت‌های فسیلی برای تأمین نیازهای جمعیت زمین موجب شد تا پس از انقلاب صنعتی به تدریج تغییرات مشهودی در اقلیم کره زمین به وجود آید که بارزترین آن افزایش متوسط دمای زمین، افزایش پدیده‌های حدی اقلیمی نظیر سیل، توفان، تگرگ، امواج گرمایی، بالا آمدن سطح آب دریاها، ذوب شدن یخ‌های قطبی و در نتیجه افزایش فراوانی، شدت و طول دوره خشکسالی‌ها می‌باشد. افزایش این رخدادها در سال‌های اخیر به دغدغه اقلیم‌شناسان جهان تبدیل شده است (Arndt & Thurlow, 2015). اقلیم، شرایط متوسط آب و هوا برای یک محدوده خاص و یک دوره خاص است. بر اساس تعریف کمیته بین‌الدولی تغییر اقلیم (IPCC)^۱، تغییر اقلیم عبارت است از تغییر برگشت‌ناپذیر در متوسط شرایط آب و هوایی یک منطقه نسبت به رفتاری که در طول یک افق زمانی بلندمدت از اطلاعات مشاهده یا ثبت شده در آن منطقه مورد انتظار است (IPCC, 2016). به‌طور آشکار عامل اصلی تغییرات اقلیمی، فعالیت‌های انسانی است که به انباشت گازهای گلخانه‌ای (GHGs)^۲، با قدرت ماندگاری طولانی‌مدت در جو (دی‌اکسید کربن، متان، اکسید نیتروژن و هالوکربن‌ها) منجر می‌شود. کربن به‌عنوان مهم‌ترین منبع انباشت گازهای گلخانه‌ای (حدود ۷۷ درصد از کل انباشت گازهای گلخانه‌ای) اغلب ناشی از فعالیت‌های صنعتی و سوخت‌های فسیلی است. بر اساس گزارش‌های ویژه مرتبط با فرآیندهای انتشار (SRES)^۳ پیش‌بینی می‌شود سوخت‌های فسیلی همچنان به‌عنوان مهم‌ترین منبع تأمین انرژی جهان تا اواسط قرن حاضر باقی مانده و انباشت CO₂ ناشی از آن طی این مدت به میزان ۴۰ الی ۱۱۰ درصد افزایش یابد. در مقیاس کلی، پیامد این امر افزایش دمای کره زمین بین ۱/۵ تا ۴/۵ درجه سانتی‌گراد، افزایش تراز آب دریاها و وقوع نوسان‌های شدید آب و هوایی است. این امر موجب ترغیب اکثر کشورهای جهان به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر شده است (Elshennawy & et al, 2016). از طرف دیگر، با توجه به آمار آخرین گزارش منتشر شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) در سال ۲۰۱۷، مصرف سرانه انرژی در

۱. Intergovernmental Panel on Climate Change

۲. Green House Gases

۳. Special Report on Emissions Scenarios

ایران از کشورهایی نظیر ترکیه، هند، چین و هنگ‌کنگ، پاکستان، آفریقا، ونزوئلا، کشورهای آسیایی غیر OECD (بدون چین) و منطقه خاورمیانه بالاتر است. همچنین، طبق قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی، دستگاه‌های مختلف، از جمله وزارت نیرو و وزارت نفت، موظف به حمایت از گسترش استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی، شامل انرژی‌های بادی، خورشیدی، زمین گرمایی، آبی کوچک، دریایی و زیست‌توده، شده‌اند. شواهد نشان می‌دهد، اگرچه ظرفیت ایران برای استفاده از منابع تجدیدپذیر بسیار زیاد است؛ اما تاکنون به نحو شایسته‌ای مورد بهره‌برداری قرار نگرفته است (الهی و دیگران، ۱۳۹۴). علاوه بر این، میزان نوآوری‌های فناورانه در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر که از طریق شاخص‌گذار انرژی اندازه‌گیری می‌شود، می‌تواند از اثرهای منفی تغییر اقلیم بکاهد. در این مطالعه نوآوری فناورانه بر اساس شاخص‌گذار انرژی اندازه‌گیری می‌شود. شاخص‌گذار انرژی که هر ساله توسط مجمع جهانی اقتصاد منتشر می‌شود، از دو زیرشاخص عملکرد سیستم و آمادگی‌گذار تشکیل می‌شود. این شاخص، معرف عددی بین ۰ تا ۱۰۰ بوده و عدد بزرگ‌تر، بیانگر وضعیت مطلوب‌تر می‌باشد. همچنین، گذار انرژی به انتقال از سیستم‌های مصرف و تولید انرژی فعلی که عمدتاً مبتنی بر منابع انرژی تجدیدناپذیر مانند نفت، گاز طبیعی و زغال‌سنگ است، به سمت ترکیبات کارآمدتر و کم‌کربن‌تر انرژی اشاره دارد؛ بنابراین بدون شک، بهبود نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر (گذار انرژی)، موجب کاهش اثرهای گلخانه‌ای ناشی از انتشار CO₂ حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی شده و در نتیجه اثرهای و پیامدهای منفی تغییر اقلیم را کاهش می‌دهد (Lin & Zhu, 2018). بی‌تردید، انجام مطالعات علمی در راستای بررسی میزان اثرگذاری نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر بر پیامدهای منفی تغییر اقلیم می‌تواند کمک شایانی به ترغیب مسئولان حوزه انرژی کشور در جهت توسعه و ترویج مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور کند. از این رو، در این مطالعه بررسی تأثیر سرانه تولید ناخالص داخلی و نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر بر تغییر اقلیم در ایران پرداخته می‌شود.

در سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف، و بند ۷ آن اشاره شده است که «۷- صرفه‌جویی در مصرف انرژی با اعمال مجموعه‌ای متعادل از اقدامات قیمتی و غیرقیمتی به منظور کاهش مستمر «شاخص شدت انرژی» کشور به حداقل دو سوم میزان کنونی تا پایان برنامه پنجم توسعه و به حداقل یک دوم میزان کنونی تا پایان برنامه ششم توسعه با تأکید بر سیاست‌های زیر: ...

- افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، متنوع‌سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های

تجدیدپذیر و نوین».

این سیاست‌های بر این نکته که منابع تولید برق در ایران متنوع شود، تأکید دارند و با توجه به تغییرات جهانی اقلیمی، لزوم انجام مطالعات مرتبط با این حوزه و سیاست‌ها، مشخص است و این مطالعه در این راستا انجام پذیرفته است.

۱. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۱-۱. نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر و وضعیت ایران

در این مطالعه نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر بر اساس شاخص‌گذار انرژی اندازه‌گیری می‌شود. شاخص‌گذار انرژی که هر ساله توسط مجمع جهانی اقتصاد منتشر می‌شود، از دو زیرشاخص عملکرد سیستم و آمادگی‌گذار تشکیل می‌شود. این شاخص، معرف عددی بین ۰ تا ۱۰۰ بوده و عدد بزرگ‌تر، بیانگر وضعیت مطلوب‌تر می‌باشد. همچنین، گذار انرژی به انتقال از سیستم‌های مصرف و تولید انرژی فعلی که عمدتاً مبتنی بر منابع انرژی تجدیدناپذیر مانند نفت، گاز طبیعی و زغال‌سنگ است، به سمت ترکیبات کارآمدتر و کم‌کربن‌تر انرژی اشاره دارد؛ بنابراین بدون شک، بهبود نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر (گذار انرژی)، موجب کاهش اثرهای گلخانه‌ای ناشی از انتشار CO₂ حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی شده و در نتیجه اثرها و پیامدهای منفی تغییر اقلیم را کاهش می‌دهد. در سال ۲۰۱۹ هم رتبه و هم امتیاز ایران در شاخص‌گذار انرژی نسبت به سال ۲۰۱۸ بهبود یافته است؛ اما در میان کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا و کشورهای همسایه عملکرد نسبتاً ضعیفی داشته است؛ در سال ۲۰۱۹، ایران به لحاظ شاخص‌گذار انرژی، در جایگاه ۱۰۱ام در میان ۱۱۵ کشور قرار گرفته و امتیاز ۴۴ درصدی را در این شاخص کسب کرده است. این در حالی است که در سال ۲۰۱۸، رتبه ایران ۱۰۶ در میان ۱۱۴ کشور و امتیاز آن نیز ۴۱/۳ درصد ثبت شده بود. در سال ۲۰۱۹، کشورهای قطر، امارات متحده عربی، عمان، کویت و عربستان سعودی به ترتیب رتبه‌های ۶۵، ۶۷، ۶۸، ۸۷ و ۹۸ را در این شاخص کسب کرده و در مقایسه با ایران در سطح بالاتری قرار دارند (World Economic Forum, 2019).^۱ جدول زیر وضعیت شاخص‌گذار انرژی ایران را در مقایسه با کشورهای منتخب در سال ۲۰۱۹ نشان می‌دهد:

۱. مجمع جهانی اقتصاد (۲۰۱۹)

جدول (۱): وضعیت شاخص‌گذار انرژی ایران را در مقایسه با کشورهای منتخب در سال ۲۰۱۹

کشور	رتبه	گذار انرژی	عملکرد سیستم	آمادگی گذار
مراکش	۴۷	۵۷/۷	۶۷/۳	۴۸/۱
قطر	۶۵	۵۷	۵۶	۵۲
اردن	۶۶	۵۳	۵۵/۶	۵۰/۴
امارات	۶۷	۵۳	۵۵	۵۰
عمان	۶۸	۵۳	۵۵	۵۰
تونس	۷۲	۵۱/۸	۵۸/۵	۴۵/۱
مصر	۸۶	۴۸/۲	۵۴/۷	۴۲/۹
کویت	۸۷	۴۹	۵۵	۴۳
الجزایر	۸۹	۴۸/۲	۶۰/۶	۳۵/۸
بحرین	۹۲	۴۷/۴	۴۳/۹	۵۰/۹
پاکستان	۹۷	۴۶/۳	۴۷	۴۵/۶
عربستان	۹۸	۴۶/۲	۵۱	۴۱
ایران	۱۰۱	۴۴	۵۴	۳۳
لبنان	۱۰۶	۴۱/۸	۴۲/۴	۴۱/۳

Source: (World Economic Forum, 2019)

۲-۱. پیشینه پژوهش

یکی از مطالعات در زمینه تأثیر سیاست‌های زیست‌محیطی بر کاهش انتشار کربن، پژوهش (Khaddage-Soboh & et al., 2023) است که نقش درآمدهای منابع طبیعی، مقررات زیست‌محیطی و مالیات‌های زیست‌محیطی را در توسعه پایدار اقتصادهای گروه G-7 بررسی نموده است. این مطالعه با استفاده از روش رگرسیون کوانتیلی مبتنی بر گشتاور و داده‌های دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد که در صدک‌های پایین، رابطه‌ای منفی میان درآمدهای منابع طبیعی و انتشار کربن وجود دارد؛ اما در صدک‌های بالاتر، این رابطه مثبت و از نظر آماری بی‌معنی می‌شود. نتایج همچنین حاکی از آن است که مقررات زیست‌محیطی و مالیات‌ها نقش کلیدی در کاهش انتشار کربن ایفا می‌کنند و تأکید می‌کنند که اجرای سیاست‌های پایدار در

جهت حفاظت از محیط زیست ضروری است. علاوه بر این، این پژوهش نشان می‌دهد که افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر به کاهش معنادار انتشار کربن در اقتصادهای G-7 منجر می‌شود و بر لزوم اتخاذ رویکردی متعادل که رشد اقتصادی را با پایداری زیست‌محیطی ادغام کند، تأکید دارد. نتایج این مطالعه برای سیاست‌گذاران کشورهای G-7 از اهمیت بالایی برخوردار است؛ زیرا نشان می‌دهد که برای مقابله مؤثر با چالش تغییرات اقلیمی، اجرای مقررات و سیاست‌هایی که گذار به اقتصادی پایدار و سازگار با محیط زیست را تسهیل کند، ضروری است. این یافته‌ها می‌توانند مبنای مناسبی برای تحلیل‌های بیشتر در زمینه نقش سیاست‌های زیست‌محیطی در کنترل نوسانات مرتبط با انتشار کربن باشند و در چهارچوب پژوهش حاضر به‌عنوان شواهدی بر اهمیت تعامل سیاست‌های زیست‌محیطی و اقتصادی در کاهش انتشار آلاینده‌ها استفاده شوند.

در زمینه تعامل میان ریسک اقلیمی، نوآوری‌های فناورانه و عملکرد بنگاه‌ها، مطالعه ژائو و پرهیزگاری (Zhao & Parhizgari, 2024) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش با بررسی ۴۶ کشور طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۸ نشان می‌دهد که نوآوری‌های فناورانه می‌توانند اثرهای منفی ریسک اقلیمی بر عملکرد بنگاه‌ها را کاهش دهند. یافته‌های آن‌ها حاکی از آن است که بنگاه‌هایی که در کشورهای دارای سطح بالای نوآوری فعالیت می‌کنند، نسبت به ریسک‌های اقلیمی نگرانی کمتری دارند و همین امر موجب بهبود عملکرد آن‌ها می‌شود. این نتایج بر اهمیت سیاست‌گذاری در جهت توسعه نوآوری‌های فناورانه برای مقابله با ریسک‌های اقلیمی تأکید دارد. در چهارچوب پژوهش حاضر، نتایج این مطالعه حمایت تجربی از نقش نوآوری‌های فناورانه در کاهش اثرهای نامطلوب تغییرات اقلیمی ارائه می‌کند و می‌تواند مبنای مناسبی برای بررسی سیاست‌های مرتبط با نوآوری، سرمایه‌گذاری و عملکرد اقتصادی در شرایط مواجهه با بحران‌های زیست‌محیطی باشد.

پژوهش تائو، رن، چن، هوانگ و لئو (Tao & et al., 2023)، به بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی و نوآوری فناورانه بر رشد اقتصادی و مصرف انرژی در کشورهای آسیایی و اروپایی می‌پردازد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که نوآوری‌های فناورانه در اروپا تأثیر مثبت‌تری بر رشد اقتصادی پایدار دارند، درحالی‌که انتقال این فناوری‌ها به آسیا منجر به افزایش مصرف انرژی و انتشار کربن شده است. این پژوهش، پیوند فضایی بین تغییرات اقلیمی و نوآوری فناورانه را بررسی نموده و ضرورت تدوین راهبردهای هدفمند برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش اثرهای

زیست‌محیطی در کشورهای آسیایی را برجسته می‌کند. همچنین، تأیید فرضیه EKC در این مطالعه، یافته‌های پژوهش حاضر را تقویت می‌کند؛ زیرا بر رابطه غیرخطی میان رشد اقتصادی و انتشار کربن تأکید دارد. نتایج این پژوهش می‌تواند مبنای مهمی برای سیاست‌گذاری در حوزه رشد اقتصادی پایدار و مدیریت انرژی در مواجهه با تغییرات اقلیمی باشد.

مطالعه ژانگ و همکاران^۱ (۲۰۲۴)، به بررسی نقش نوآوری فناوریانه در مدیریت ریسک انرژی و بهینه‌سازی ساختار مصرف انرژی در چین پرداخته است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که پیشرفت‌های فناوریانه نقش کلیدی در اصلاح ساختار مصرف انرژی دارند و می‌توانند به کاهش ریسک‌های ناشی از تغییرات اقلیمی کمک کنند. با این حال، نوسانات قیمت نفت خام می‌تواند این اثرهای مثبت را تضعیف کند و منجر به افزایش ریسک‌های مالی شود. علاوه بر این، نتایج این مطالعه تفاوت‌های منطقه‌ای در تأثیرگذاری نوآوری‌های فناوریانه را برجسته می‌کند، به گونه‌ای که مناطق شرقی چین بیشترین بهره را از نوآوری‌ها برده‌اند، در حالی که مناطق مرکزی و غربی اثرها کمتری را تجربه کرده‌اند. همچنین، استان‌های وابسته به زغال‌سنگ مقاومت بیشتری در برابر تغییرات فناوریانه نشان داده‌اند که بیانگر چالش‌های عمیق در زیرساخت‌های انرژی این مناطق است. این یافته‌ها با مطالعاتی که بر نقش نوآوری فناوریانه در کاهش انتشار کربن و بهبود بهره‌وری انرژی تأکید دارند، همخوانی دارد. همچنین، پژوهش حاضر بر نقش میانجی‌گری تحول ساختار صنعتی و پویایی قیمت انرژی در مدیریت ریسک انرژی تأکید می‌کند که این موضوع می‌تواند در سیاست‌گذاری‌های انرژی و زیست‌محیطی مورد توجه قرار گیرد. به‌طور کلی، این مطالعه بر ضرورت توسعه سیاست‌های مبتنی بر نوآوری فناوریانه برای حرکت به سوی اقتصاد سبز و کم‌کربن تأکید دارد و می‌تواند به‌عنوان یک الگوی راهبردی برای سایر کشورها در مسیرگذار انرژی استفاده شود.

آلام^۲ (۲۰۱۳)، در مطالعه‌ای با نام تغییر اقلیم، بهره‌وری کشاورزی و رشد اقتصادی در هند به بررسی رابطه بلندمدت و کوتاه‌مدت بین انتشار CO₂، بهره‌وری کشاورزی و رشد اقتصادی، طی سال‌های ۱۹۷۱-۲۰۱۱ به روش ARDL پرداخت. نتایج برآورد وجود یک رابطه‌ای مثبت و معنادار بین تولیدات کشاورزی و رشد اقتصادی در این کشور را هم در بلندمدت و هم در کوتاه‌مدت تأیید کرد و تأثیر گاز

1. Zhang & et al.

۲. Alam

گلخانه‌ای CO بر رشد اقتصادی، منفی و در بلندمدت معنی‌دار می‌باشد. الگیده و همکاران^۱ (۲۰۱۴)، در پژوهشی با عنوان اثر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی به بررسی اثرهای بلندمدت و کوتاه‌مدت متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر رشد اقتصادی کشورهای جنوب صحرای آفریقا با استفاده از داده‌های پانلی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش در درجه حرارت به‌گونه‌ای شایان توجه عملکرد اقتصادی در کشورهای جنوب صحرای آفریقا را کاهش می‌دهد. الشناوی و همکاران^۲ (۲۰۱۶)، در پژوهشی به بررسی اثرهای تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی مصر با استفاده از مدل DCGE پرداختند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که پدیده تغییر اقلیم اثر منفی بر رشد اقتصادی و همچنین، اثر منفی بر رشد بخش کشاورزی این کشور می‌گذارد.

وسه و لین^۳ (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای به بررسی نقش نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر بر تغییرات اقلیم در چین پرداختند. برای این منظور از مدل داده‌های تابلویی طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۰ استفاده کردند. همچنین، از میزان انتشار CO₂ به‌عنوان شاخص تغییر اقلیم و از تعداد مجوز ثبت اختراع در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر به‌عنوان شاخص نوآوری فناورانه در این حوزه استفاده کردند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر منفی معناداری بر انتشار CO₂ در چین دارد.

کاهن و همکاران^۴ (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به بررسی اثرهای بلندمدت تغییر اقلیم بر فعالیتهای اقتصادی در ۱۷۴ کشور طی دوره ۲۰۱۴-۱۹۶۰ پرداختند. آنان دریافتند که رشد خروجی واقعی سرمایه سرانه به‌طور معکوسی تحت تأثیر تغییرات دما در حد پایین یا بالای روند تاریخی آن قرار می‌گیرد؛ اما اثرهای معناداری در خصوص چگونگی اثرپذیری آن از تغییرات بارندگی به‌دست نیامد. همچنین نتایج مطالعه آنان نشان داد که چنانچه سیاست‌های حذف اثرهای منفی تغییر اقلیم دنبال نشود، با افزایش پایدار میانگین دمای جهانی به میزان ۰٫۰۴ درجه سانتی‌گراد در سال، تولید ناخالص جهانی ۷ درصد تا سال ۲۱۰۰ کاهش پیدا خواهد کرد.

عابدی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از الگوی خود توضیح‌برداری (VAR) و

۱. Alagidede & et al.

۲. Elshnnawy & et al.

۳. Wesseh & Lin

۴. Kahn & et al.

داده‌های سری‌زمانی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۱، رابطه میان انتشار گاز دی‌اکسید کربن، انرژی‌های تجدیدپذیر، فسیلی و رشد اقتصادی در ایران را بررسی نمودند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد بین متغیرهای نرخ رشد انتشار دی‌اکسید کربن، نرخ رشد مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و نرخ رشد تولید ناخالص داخلی ارتباط یک‌طرفه جود دارد. به عبارتی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید ناخالص داخلی بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن اثرگذار هستند. در این میان سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن بعد از افزایش طی سه دوره تقریباً ثابت برابر ۱۷ درصد است؛ بنابراین می‌توان گفت افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر بسزایی در کاهش انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

تهامی‌پور و همکاران (۱۳۹۵)، در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر سرانه رشد اقتصادی واقعی ایران طی دوره ۱۳۹۱-۱۳۴۶ پرداختند. برای دستیابی به هدف مطالعه، از مدل خودرگرسیون با وقفه توزیعی (ARDL) و روش هم‌انباشتگی برای تعیین وجود رابطه کوتاه و بلندمدت بین متغیرها به کار گرفته شده است. نتایج نشان داد که رابطه بین سرانه رشد اقتصادی واقعی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و مصرف مواد سوختنی و بازیافتی و مصرف انرژی الکتریکی چه در کوتاه‌مدت و چه بلندمدت، منفی می‌باشد. همچنین نتایج بلندمدت حاکی از آن است که یک رابطه منفی معنادار بین مصرف انرژی الکتریکی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و مصرف مواد سوختنی و بازیافتی با سرانه رشد اقتصادی واقعی وجود دارد، به طوری که در بلندمدت مصرف یک درصد از متغیرهای مذکور سرانه رشد اقتصادی واقعی را به ترتیب ۰/۷۱، ۰/۷۲ و ۰/۷۹ درصد کاهش می‌دهد.

مسعودی و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر و نوآوری‌های فنی و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای منتخب آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر (IRENA) با استفاده از رویکرد ایستا، پویا و ضرایب بلندمدت داده‌های ترکیبی طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۹۰ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که نوآوری فنی و انرژی‌های تجدیدناپذیر تأثیر مثبتی بر انتشار CO₂ داشته است؛ اما اثر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار CO₂ منفی و معنادار بوده است. تأثیر رشد اقتصادی نیز بر انتشار CO₂ مثبت و معنادار می‌باشد.

نجاتی و همکاران (۱۳۹۸)، در مطالعه‌ای با توجه به امضای توافق‌نامه تغییرات اقلیمی پاریس از سوی ایران، با استفاده از مدل تعادل عمومی منطقه‌ای GTAP-E به بررسی اثرهای اجرای این توافق‌نامه بر متغیرهای کلان و متغیرهای مختلف در

بخش‌های اقتصادی ایران پرداختند. مدل مذکور شکل تعمیم‌یافته مدل تعادل عمومی منطقه ای GTAP با لحاظ نمودن انرژی به‌عنوان عامل تولید می‌باشد. برای این منظور در قالب دو فرآیند تأثیر شوک‌های ۴ و ۱۲ درصدی کاهش نرخ رشد دی‌اکسید کربن بر تولید و قیمت در بخش‌های مختلف و همچنین بر متغیرهای کلان بررسی شد. نتایج هر دو فرآیند نشان می‌دهد که کاهش انتشار CO2 موجب کاهش تولید در بخش‌های مختلف اقتصادی بجز بخش خدمات و نفت شده است. قیمت محصولات در برخی از بخش‌ها مانند صنعت و کشاورزی افزایش و در سایر بخش‌ها کاهش را نشان می‌دهد. تولید ناخالص داخلی، شاخص قیمت مصرف‌کننده، سرمایه‌گذاری و رفاه در هر دو فرآیند افزایش یافته‌اند.

۲. روش پژوهش

مطالعه حاضر به‌دنبال آزمون فرضیه‌های ذیل می‌باشد:

۱- سرانه تولید ناخالص داخلی دارای اثر مثبت و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد.

۲- نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر دارای اثر منفی و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد.

۳- مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارای اثر منفی و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد.

۴- نرخ شهرنشینی دارای اثر مثبت و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد.

۵- ساختار صنعتی دارای اثر مثبت و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد.

مدل خودرگرسیون برداری ساختاری^۱ (SVAR) یکی از ابزارهای تحلیلی مورد استفاده در این پژوهش است که نسبت به مدل VAR اولیه برتری‌هایی دارد. در مدل VAR شناسایی تکانه‌های ساختاری به‌صورت ضمنی و عمدتاً بر اساس قضاوت‌های شخصی انجام می‌شود، درحالی‌که مدل SVAR بر پایه قیود و محدودیت‌هایی استوار است که مستقیماً از نظریه‌های اقتصادی استخراج شده‌اند. مدل‌های اولیه VAR از تجزیه چولسکی برای محاسبه توابع واکنش آنی^۲ (IRF) استفاده می‌شود؛ اما این روش مبتنی بر یک ترتیب علی مشخص است؛ بنابراین، در شرایطی که پژوهشگر قصد بررسی تأثیر چند شوک مختلف را داشته باشد، این

۱. Structural Vector Auto-Regressive

۲. Impulse Response Function

رویکرد ممکن است مناسب نباشد. بلانچارد و پرناک^۱ (۱۹۸۹) مدل SVAR را با اعمال محدودیت‌های نظری بر تأثیرات همزمان تکانه‌ها توسعه داده‌اند و کلاریدا و گالی^۲ (۱۹۹۴) نیز از این مدل برای شناسایی توابع واکنش آنی با محدودیت‌های نظری بر آثار بلندمدت تکانه‌ها بهره گرفته‌اند. مدل SVAR امکان بررسی و تحلیل تأثیر شوک‌های مختلف ناشی از متغیرهای مستقل را فراهم می‌کند. از طریق محاسبه توابع واکنش آنی (IRF) می‌توان مدت‌زمان اثرگذاری شوک‌ها و میزان حداکثری تأثیر آنها پس از وقوع را تعیین کرد (Chatziantoniou & et al., 2013). در راستای مطالعه چاتزینتونیو و همکاران (۲۰۱۳)، در این پژوهش نیز مدل SVAR از مرتبه P به‌صورت کلی ارائه شده است تا اثرهای شوک‌ها بر متغیرهای مورد بررسی تحلیل شود.

$$A_0 Y_t \cong C_0 + \sum_{i=1}^p A_i Y_{t-i} + \eta_t \quad (1)$$

که Y_t یک بردار 5×1 از متغیرهای درون‌زای سیستم به‌صورت زیر است:

$$PCCO_2, \equiv \{RPCGDP, RETI, ENS, URB, SI\} \quad (2)$$

به‌طوری‌که: $PCCO_2$: شاخص تغییر اقلیم (سرانه انتشار CO_2)؛ $RPCGDP$: سرانه واقعی تولید ناخالص داخلی؛ $RETI$: نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر (شاخص‌گذار انرژی می‌باشد که به انتقال از سیستم‌های مصرف و تولید انرژی مبتنی بر منابع انرژی فسیلی تجدیدناپذیر، به سمت ترکیبات کارآمدتر و کم‌کربن‌تر انرژی اشاره دارد و آمار آن هر ساله توسط مجمع جهانی اقتصاد منتشر می‌شود)؛ ENS : مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی مصرفی)؛ URB : نرخ شهرنشینی (درصد جمعیت شهری به کل جمعیت کشور)؛ SI : ساختار صنعتی (سهم ارزش افزوده بخش صنعت از کل ارزش افزوده اقتصاد)؛ A_0 ماتریس 5×5 ضرایب همزمان؛ C_0 بردار 5×1 جملات ثابت؛ A_i ماتریس 5×5 ضرایب خودرگرسیون و η_t بردار 5×1 اختلالات ساختاری می‌باشد که فرض می‌شود کوواریانس صفر دارد.

درنهایت، در این مطالعه داده‌های مورد نیاز مربوط به متغیرهای پژوهش به‌صورت سالانه طی دوره ۱۳۸۰-۹۸ از بانک جهانی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی

۱. Blanchard and Beranke

۲. Clarida & Gali

ایران، مرکز آمار ایران و ترازنامه انرژی مربوط به وزارت نیرو استخراج شده و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزار Eviews استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. توصیف داده‌ها

در این بخش توصیف آماری متغیرهای مطالعه، طی دوره ۹۸-۱۳۸۰ ارائه می‌شود:

جدول (۲): توصیف متغیرهای پژوهش

متغیر	سرنانه انتشار CO ₂	سرنانه واقعی تولید ناخالص داخلی	شاخص‌گذار انرژی	سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر	نرخ شهرنشینی	سهم ارزش افزوده بخش صنعت
نماد	PCCO2	RPCGDP	RETI	ENS	URB	SI
واحد	تن	میلیون ریال	بدون واحد	درصد	درصد	درصد
۱۳۸۰	۴,۷۶	۱۲۶,۶۳	۳۲,۷۷	۷,۹۹	۶۵,۲	۲۰,۰۰
۱۳۸۱	۴,۹۸	۱۳۴,۸۵	۳۵,۱۵	۸,۵۸	۶۵,۹	۱۸,۱۴
۱۳۸۲	۵,۱۷	۱۴۴,۰۰	۳۶,۶۵	۸,۹۴	۶۶,۶	۱۸,۱۰
۱۳۸۳	۵,۵۲	۱۵۴,۶۲	۳۸,۱۸	۹,۳۱	۶۷,۳	۱۷,۶۵
۱۳۸۴	۵,۵۰	۱۶۰,۱۳	۴۱,۵۴	۱۰,۱۴	۶۷,۹	۱۷,۰۰
۱۳۸۵	۵,۹۶	۱۶۶,۰۰	۴۰,۳۲	۹,۸۴	۶۸,۵	۱۷,۱۵
۱۳۸۶	۷,۰۴	۱۷۵,۰۷	۳۶,۳۴	۸,۸۷	۶۹,۱	۱۷,۰۷
۱۳۸۷	۷,۲۳	۱۷۲,۸۱	۳۷,۶۱	۹,۱۸	۶۹,۷	۱۸,۱۸
۱۳۸۸	۷,۰۵	۱۶۸,۶۶	۳۷,۳۹	۹,۱۲	۷۰,۲	۱۷,۸۲
۱۳۸۹	۷,۰۴	۱۷۸,۲۰	۳۹,۹۷	۹,۷۵	۷۰,۸	۱۸,۸۱
۱۳۹۰	۷,۳۳	۱۷۸,۲۹	۴۰,۳۵	۹,۸۴	۷۱,۴	۲۵,۸۴
۱۳۹۱	۷,۳۴	۱۶۸,۳۸	۴۳,۵۱	۱۰,۶۲	۷۲,۸	۲۹,۳۰
۱۳۹۲	۷,۵۳	۱۶۳,۸۰	۴۲,۹۴	۱۰,۴۸	۷۳,۱	۲۶,۸۶
۱۳۹۳	۷,۵۴	۱۶۷,۱۲	۴۴,۴۷	۱۰,۸۵	۷۳,۴	۲۶,۷۰
۱۳۹۴	۷,۲۷	۱۶۱,۶۵	۴۶,۶۵	۱۱,۳۸	۷۳,۷	۲۳,۹۰
۱۳۹۵	۷,۴۲	۱۷۴,۲۷	۴۷,۰۰	۱۱,۰۹	۷۴,۰	۲۲,۱۹
۱۳۹۶	۷,۴۸	۱۷۶,۱۵	۴۸,۰۱	۱۱,۷۱	۷۴,۴	۲۲,۹۸
۱۳۹۷	۷,۷۴	۱۶۷,۹۸	۴۵,۶۳	۱۱,۱۳	۷۴,۷	۲۴,۶۴
۱۳۹۸	۷,۹۸	۱۶۳,۰۸	۴۴,۰۰	۱۰,۷۳۵	۷۵,۱	۲۶,۴۵

متغیر	سرنانه انتشار CO ₂	سرنانه واقعی تولید ناخالص داخلی	شاخص‌گذار انرژی	سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر	نرخ شهرنشینی	سهم ارزش افزوده بخش صنعت
میانگین	۶,۷۳	۱۶۳,۲۵	۴۰,۹۷	۹,۹۸	۷۰,۷۳	۲۱,۵۱
انحراف معیار	۱,۰۴	۱۴,۲۹	۴,۳۹	۱,۰۵	۳,۲۱	۴,۱۴
حداقل	۴,۷۶	۱۲۶,۶۳	۳۲,۷۷	۷,۹۹	۶۵,۲۰	۱۷,۰۰
حداکثر	۷,۹۸	۱۷۸,۲۹	۴۸,۰۱	۱۱,۷۱	۷۵,۱۰	۲۹,۳۰

منبع: (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، بانک جهانی)

۲-۳. نتایج بررسی ایستایی، تعیین وقفه بهینه و هم‌انباشتگی

معمولاً سری‌های زمانی در بررسی‌های اقتصادی ناپایا بوده و این مسئله امکان بروز رگرسیون کاذب را ایجاد می‌کند. جداول زیر نتایج بررسی ایستایی متغیرهای پژوهش را با استفاده از آزمون دیکی فولر و فیلیپس - پرون نشان می‌دهند:

جدول (۳): نتایج بررسی ایستایی متغیرهای تحقیق با آزمون دیکی - فولر تعمیم‌یافته

متغیر	نماد	سطح (I(0))		تفاضل مرتبه اول (I(1))	
		Sig.	آماره t	Sig.	آماره t
لگاریتم سرنانه انتشار CO ₂	LPCCO2	۰/۱۹۹	-۱/۲۷۱	۰/۱۱۱	-۳/۱۱۱
لگاریتم سرنانه واقعی تولید ناخالص داخلی	LRPCGDP	۰/۱۵۱	-۱/۴۲۳	۰/۴۸۶	-۳/۴۸۶
لگاریتم شاخص‌گذار انرژی	LRETI	۰/۱۸۳	-۱/۳۲۱	۰/۲۳۱	-۳/۲۳۱
لگاریتم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر	LENS	۰/۲۳۸	-۱/۱۷۷	۰/۸۸۱	-۲/۸۸۱
لگاریتم نرخ شهرنشینی	LURB	۰/۱۹۰	-۱/۳۰۳	۰/۱۸۵	-۳/۱۸۵
لگاریتم ارزش افزوده بخش صنعت	LSI	۰/۱۵۷	-۱/۴۰۴	۰/۴۳۳	-۳/۴۳۳

منبع: (یافته‌های پژوهش)

جدول (۴): نتایج بررسی ایستایی متغیرهای پژوهش با آزمون فیلیپس - پرون

متغیر	نماد	با عرض از مبدأ		با عرض از مبدأ و روند	
		PP	مقدار بحرانی	PP	مقدار بحرانی
لگاریتم سرانه انتشار CO ₂	LPCCO2	-۱/۳۲۱	-۲/۲۰۱	-۳/۵۲۲	-۲/۹۷۸
لگاریتم سرانه واقعی تولید ناخالص داخلی	LRPCGDP	-۱/۵۷۲	-۲/۳۱۲	-۳/۶۴۶	-۲/۸۰۷
لگاریتم شاخص گذار انرژی	LRETI	-۱/۴۱۶	-۲/۵۳۸	-۳/۵۶۲	-۲/۷۹۱
لگاریتم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر	LENS	-۱/۰۷۴	-۲/۳۱۳	-۳/۷۱۱	-۲/۷۹۶
لگاریتم نرخ شهرنشینی	LURB	-۱/۲۹۱	-۲/۴۰۴	-۳/۳۷۲	-۲/۹۱۳
لگاریتم ارزش افزوده بخش صنعت	LSI	-۱/۳۲۲	-۲/۳۸۹	-۳/۷۰۵	-۲/۸۶۲

منبع: (یافته‌های پژوهش)

نتایج حاصل از آزمون دیکی فولر نشان می‌دهد که تمامی متغیرهای پژوهش در سطح ایستا نبوده و پس از یک بار تفاضل‌گیری ایستا می‌شوند. نتایج حاصل از آزمون فیلیپس - پرون نیز نشان می‌دهد که تمامی متغیرهای پژوهش در سطح ایستا نبوده و پس از یک بار تفاضل‌گیری ایستا می‌شوند؛ بنابراین تمامی متغیرها انباشته از درجه یک (I(1) می‌باشند. همچنین، از آنجاکه با افزایش هر وقفه، درجه آزادی سیستم کاهش می‌یابد، در تخمین مدل‌های خودرگرسیون برداری پس از بررسی ایستایی متغیرها، می‌بایست طول وقفه بهینه مدل تعیین شود. برای این منظور از معیار شوارتز - بیزین که تا حد امکان در انتخاب وقفه صرفه‌جویی می‌کند استفاده شد (Wooldridge, 2013):

جدول (۵): نتایج تعیین وقفه بهینه

طول وقفه	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
معیار شوارتز - بیزین	-۷,۷۴۹	-۱۹,۰۵۸	-۱۹,۲۶۶*	-۱۸,۰۵۵	-۱۷,۵۰۷	-۱۶,۸۹۳	-۱۶,۱۹۱	-۱۷,۷۴۹

منبع: (یافته‌های پژوهش)

یافته‌های فوق نشان می‌دهد که کمترین مقدار آماره شوارتز - بیزین مربوط به وقفه دوم می‌باشد. بر این اساس وقفه بهینه الگو ۲ می‌باشد. علاوه بر این، برای بررسی وجود رابطه هم‌جمعی بین متغیرهای پژوهش، از روش یوهانسون - جوسیلیوس

استفاده شد. در این روش از آزمون‌های اثر و حداکثر مقادیر ویژه استفاده می‌شود که نتایج آن در جداول زیر ارائه شده است:

جدول (۶): نتایج آزمون اثر برای تعیین تعداد بردارهای هم‌انباشته

مقدار بحرانی ۹۵ درصد	آماره	H ₁	H ₀	آزمون اثر
۶۹,۸۳۱	۸۰,۸۴۵	$r \propto 1$	$r \cong 0$	
۴۷,۸۶۸	۴۸,۳۵۲	$r \propto 2$	$r \propto 1$	
۲۹,۸۰۹	۲۴,۱۵۴	$r \propto 3$	$r \propto 2$	
۲۶,۰۳۱	۲۱,۰۳۲	$r \propto 4$	$r \propto 3$	
۱۶,۲۳۲	۱۸,۳۳۱	$r \propto 5$	$r \propto 4$	
۱۱,۷۰۱	۱۶,۰۰۸	$r \propto 6$	$r \propto 5$	

منبع: (یافته‌های پژوهش)

جدول (۷): نتایج آزمون حداکثر مقادیر ویژه برای تعیین تعداد بردارهای هم‌انباشته

مقدار بحرانی ۹۵ درصد	آماره	H ₁	H ₀	آزمون حداکثر مقدار ویژه
۲۳,۹۹۲	۳۲,۵۰۹	$r \cong 1$	$r \cong 0$	
۱۷,۵۹۹	۲۴,۲۱۳	$r \cong 2$	$r \propto 1$	
۱۱,۱۴۷	۱۵,۶۲۴	$r \cong 3$	$r \propto 2$	
۶,۰۲۴	۱۱,۱۱۲	$r \cong 4$	$r \propto 3$	
۴,۱۷۳	۸,۰۱۹	$r \cong 5$	$r \propto 4$	
۲,۲۳۴	۶,۲۳۴	$r \cong 6$	$r \propto 5$	

منبع: (یافته‌های پژوهش)

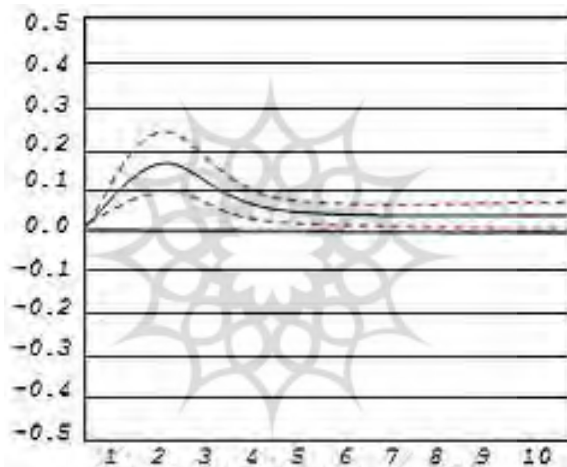
از آنجاکه الگوی مورد مطالعه شامل شش متغیر می‌باشد، امکان وجود پنج رابطه بلندمدت بین آن‌ها وجود دارد. مطابق نتایج جدول ۶ و ۷، مقادیر آماره هر دو آزمون اثر و حداکثر مقدار ویژه از مقادیر بحرانی در سطح ۹۵ درصد بزرگ‌تر می‌باشد. در نتیجه بین متغیرهای پژوهش ارتباط هم‌جمعی وجود ندارد.

۳-۳. برآورد توابع واکنش آنی (IRF)

پس از بررسی هم‌جمعی، توابع واکنش آنی برآورد شد. نتایج برآورد توابع واکنش آنی یعنی چگونگی اثرپذیری شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ (PCCO₂) از

شوگ ناشی از سرانه تولید ناخالص داخلی واقعی (RPCGDP)، نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر یا شاخص‌گذار انرژی (RETI)، سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر از کل مصرف انرژی (ENS)، نرخ شهرنشینی (URB) و ساختار صنعتی یا سهم ارزش افزوده بخش صنعت از کل ارزش افزوده اقتصاد (SI) در ادامه ارائه شده است:

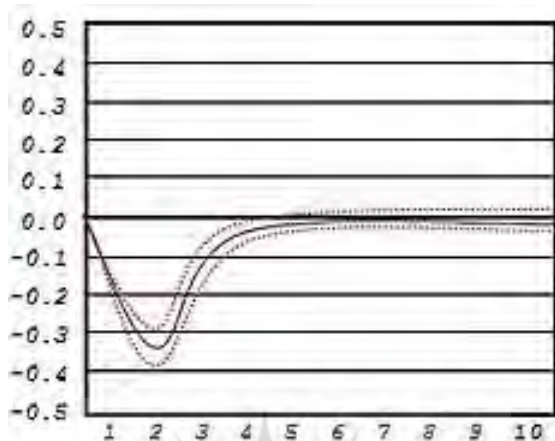
در توابع عکس‌العمل آنی (IRF) خطوط نقطه‌چین بیانگر فاصله اطمینان ۹۵ درصد بوده و در صورتی که هر دو خط نقطه‌چین در یک طرف محور افقی قرار گیرند، اثر شوک‌ها از لحاظ آماری معنادار خواهد بود. نمودار ۱ واکنش آنی (IRF) لگاریتم شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ (LPCCO₂) را نسبت به شوگ ناشی از لگاریتم سرانه تولید ناخالص داخلی واقعی (LRPCGDP) نشان می‌دهد:



نمودار (۱): واکنش آنی LPCCO₂ به LRPCGDP

نتایج نمودار فوق نشان می‌دهد که شوگ سرانه تولید ناخالص داخلی واقعی (LRPCGDP) تا وقفه دهم از تأثیر معناداری بر شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ (LPCCO₂) برخوردار می‌باشد. از این رو، فرضیه اول پژوهش مبنی بر اینکه «سرانه تولید ناخالص داخلی دارای اثر منفی و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد» تأیید می‌شود. همچنین، اگر یک شوگ مثبت به اندازه یک انحراف معیار به سرانه تولید ناخالص داخلی واقعی وارد شود، شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ در دوره اول، ۰/۰۹ و در دوره دوم، ۰/۱۷ واحد افزایش می‌یابد. سپس اثرهای این شوگ خنثی شده و به صفر نزدیک می‌شود.

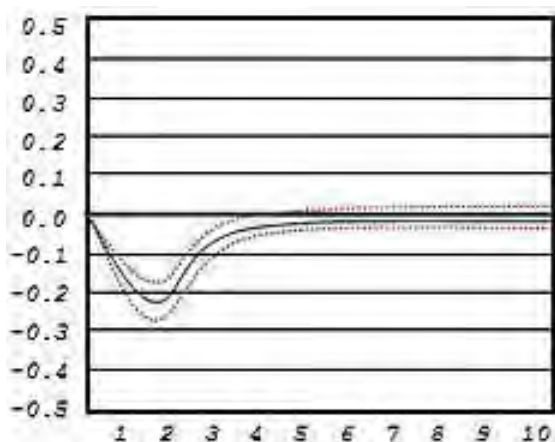
نمودار ۲ واکنش آنی (IRF) لگاریتم شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ (LPCCO₂) را نسبت به شوک ناشی از لگاریتم نوآوری فناوریانه انرژی‌های تجدیدپذیر یا شاخص‌گذار انرژی (LRETI) نشان می‌دهد:



نمودار (۲): واکنش آنی LPCCO₂ به LRTEI

نتایج نمودار فوق نشان می‌دهد که شوک نوآوری فناوریانه انرژی‌های تجدیدپذیر یا شاخص‌گذار انرژی (LRETI) تا وقفه پنجم از تأثیر معناداری بر شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ (LPCCO₂) برخوردار می‌باشد. از این رو، فرضیه دوم تحقیق مبنی بر اینکه «نوآوری فناوریانه انرژی‌های تجدیدپذیر دارای اثر منفی و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد» تأیید می‌شود. همچنین، اگر یک شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار به نوآوری فناوریانه انرژی‌های تجدیدپذیر یا شاخص‌گذار انرژی وارد شود، شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ در دوره اول، ۰/۱۱ و در دوره دوم، ۰/۳۴ واحد کاهش می‌یابد. سپس اثرهای این شوک خنثی شده و به صفر نزدیک می‌شود.

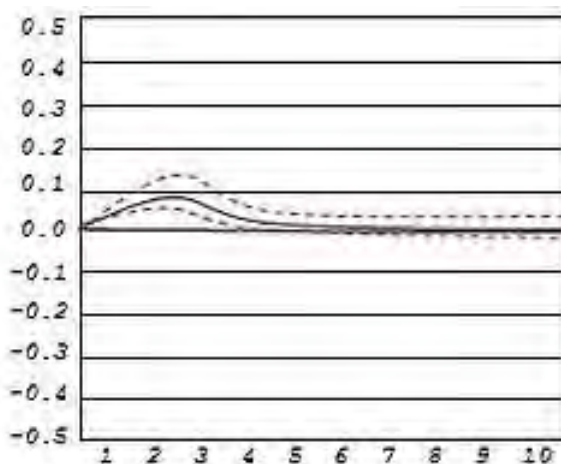
نمودار ۳ واکنش آنی (IRF) لگاریتم شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ (LPCCO₂) را نسبت به شوک ناشی از لگاریتم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (LENS) (سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی مصرفی) نشان می‌دهد:



نمودار (۳): واکنش آنی LPCCO2 به LENS

نتایج نمودار فوق نشان می‌دهد که شوک مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (LENS) تا وقفه پنجم از تأثیر معناداری بر شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO2 (LPCCO2) برخوردار می‌باشد. از این رو، فرضیه سوم پژوهش مبنی بر اینکه «مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارای اثر منفی و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد»، تأیید می‌شود. همچنین، اگر یک شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار به مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر وارد شود، شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO2 در دوره اول، ۱۳/۰ و در دوره دوم، ۲۲/۰ واحد کاهش می‌یابد. سپس اثرهای این شوک خنثی شده و به صفر نزدیک می‌شود.

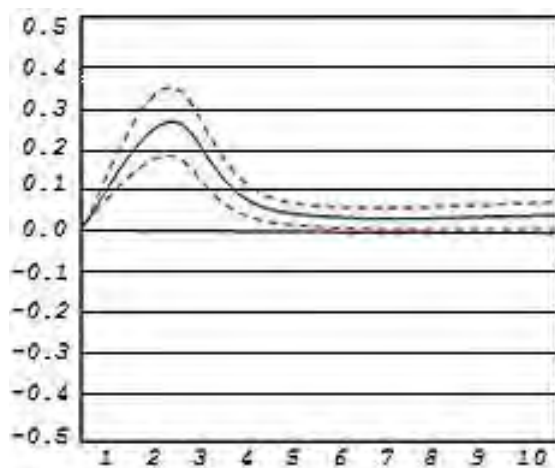
نمودار ۴ واکنش آنی (IRF) لگاریتم شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO2 (LPCCO2) را نسبت به شوک ناشی از لگاریتم نرخ شهرنشینی (LURB) نشان می‌دهد:



نمودار (۴): واکنش آنی LPCCO2 به LURB

نتایج نمودار ۴ نشان می‌دهد که شوک نرخ شهرنشینی (LURB) تا وقفه پنجم از تأثیر معناداری بر شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO2 (LPCCO2) برخوردار می‌باشد. از این رو، فرضیه چهارم پژوهش مبنی بر اینکه «نرخ شهرنشینی دارای اثر مثبت و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد»، تأیید می‌شود. همچنین، اگر یک شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار به نرخ شهرنشینی وارد شود، شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO2 در دوره اول، ۰/۰۳، در دوره دوم، ۰/۰۷ و در دوره سوم ۰/۰۹ واحد افزایش می‌یابد. سپس اثرهای این شوک خنثی شده و به صفر نزدیک می‌شود.

نمودار ۵ واکنش آنی (IRF) لگاریتم شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO2 (LPCCO2) را نسبت به شوک ناشی از لگاریتم ساختار صنعتی یا سهم ارزش افزوده بخش صنعت از کل ارزش افزوده اقتصاد (LSI) نشان می‌دهد:



نمودار (۵): واکنش آنی CO_2 LPCCO2 به LSI

نتایج نمودار ۵ نشان می‌دهد که شوک ساختار صنعتی (LSI) تا وقفه دهم از تأثیر معناداری بر شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO_2 (LPCCO2) برخوردار می‌باشد. از این رو، فرضیه پنجم پژوهش مبنی بر اینکه «ساختار صنعتی دارای اثر مثبت و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد» تأیید می‌شود. همچنین، اگر یک شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار به ساختار صنعتی وارد شود، شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO_2 در دوره اول، ۰/۰۸، در دوره دوم، ۰/۲۱ و در دوره سوم ۰/۲۸ واحد افزایش می‌یابد. سپس اثرهای این شوک خنثی شده و به صفر نزدیک می‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به بالاتر بودن مصرف سرانه انرژی در ایران در مقایسه با بسیاری از کشورهای جهان، احتمال وقوع حتمی پدیده تغییر اقلیم در ایران و همچنین، عدم بهره‌برداری شایسته از منابع تجدیدپذیر انرژی - علی‌رغم ظرفیت فراوان در ایران - در این مطالعه به بررسی تأثیر سرانه تولید ناخالص داخلی و نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر بر تغییر اقلیم در ایران با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری ساختاری (SVAR) پرداخته شد. برای این منظور، داده‌های مورد نیاز به صورت سالانه طی دوره ۹۹-۱۳۸۰ از بانک جهانی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و ترازنامه انرژی مربوط به وزارت نیرو استخراج شده و جهت تخمین مدل از نرم‌افزار Eviews استفاده شد.

همان‌طور که در فرضیه اول پژوهش بیان شد، سرانه تولید ناخالص داخلی دارای اثر مثبت و معناداری بر تغییر اقلیم ایران است. نتایج مدل SVAR نشان داد که افزایش یک انحراف معیار در سرانه تولید ناخالص داخلی منجر به افزایش انتشار CO₂ می‌شود که این موضوع احتمالاً ناشی از وابستگی بالای تولید اقتصادی ایران به مصرف انرژی‌های فسیلی است.

نتایج پژوهش نشان داد که افزایش در نوآوری‌های فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر باعث کاهش انتشار CO₂ شده است. این یافته مطابق با فرضیه دوم پژوهش است و نشان می‌دهد که افزایش شاخص‌گذار انرژی می‌تواند از طریق ارتقای بازدهی مصرف انرژی و کاهش اتکا به سوخت‌های فسیلی، تأثیر منفی بر تغییرات اقلیمی داشته باشد. مطابق با فرضیه سوم پژوهش، افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر اثر منفی و معناداری بر انتشار CO₂ داشته است. این اثر احتمالاً به دلیل جایگزینی نسبی سوخت‌های فسیلی با منابع انرژی پاک رخ داده است. با این حال، شدت تأثیر این متغیر در مقایسه با سایر عوامل مانند نوآوری فناورانه، کمتر بوده که نشان‌دهنده محدودیت‌های فعلی در توسعه و استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران است.

افزایش نرخ شهرنشینی و سهم ارزش افزوده بخش صنعت هر دو تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار CO₂ دارند که مطابق با فرضیات چهارم و پنجم پژوهش است. این یافته نشان می‌دهد که گسترش مناطق شهری و افزایش فعالیت‌های صنعتی بدون اتخاذ سیاست‌های زیست‌محیطی مناسب، می‌تواند به افزایش آلاینده‌ها منجر شود. لازم است که سیاست‌گذاران بر استفاده از فناوری‌های پاک و بهینه‌سازی الگوی مصرف انرژی در شهرها و صنایع تمرکز کنند.

به‌طور خلاصه، نتایج برآورد مدل SVAR نشان داد که شوک سرانه تولید ناخالص داخلی واقعی تا وقفه دهم از تأثیر معناداری بر شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ برخوردار می‌باشد. از این‌رو، فرضیه اول پژوهش مبنی بر اینکه «سرانه تولید ناخالص داخلی دارای اثر مثبت و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد» تأیید شد. شوک نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر یا شاخص‌گذار انرژی تا وقفه پنجم از تأثیر معناداری بر شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ برخوردار می‌باشد. از این‌رو، فرضیه دوم پژوهش مبنی بر اینکه «نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر دارای اثر منفی و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد» تأیید شد. شوک مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تا وقفه پنجم از تأثیر معناداری بر شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ برخوردار می‌باشد. از این‌رو، فرضیه سوم پژوهش مبنی بر اینکه «مصرف

انرژی‌های تجدیدپذیر دارای اثر منفی و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد». تأیید شد. شوک نرخ شهرنشینی تا وقفه پنجم از تأثیر معناداری بر شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ برخوردار می‌باشد. این رو، فرضیه چهارم پژوهش مبنی بر اینکه «نرخ شهرنشینی دارای اثر مثبت و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد»، تأیید شد. شوک ساختار صنعتی (LSI) تا وقفه دهم از تأثیر معناداری بر شاخص تغییر اقلیم یا سرانه انتشار CO₂ برخوردار می‌باشد. از این رو، فرضیه پنجم پژوهش مبنی بر اینکه «ساختار صنعتی دارای اثر مثبت و معناداری بر تغییر اقلیم ایران می‌باشد» تأیید شد.

از آنجاکه یافته‌های پژوهش نشان داد که افزایش نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر منجر به کاهش تغییر اقلیم (انتشار دی‌اکسید کربن) در ایران می‌شود، از این رو، به مسئولان حوزه‌های مختلف پژوهشی کشور، به‌ویژه حوزه محیط‌زیست و بهره‌وری انرژی توصیه می‌شود، بودجه‌های پژوهش‌های خود را در زمینه‌های افزایش نوآوری فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر و ترویج زمینه‌های استفاده از فناوری‌های نوین به‌منظور کاهش انتشار آلاینده‌های صنعتی ناشی از مصرف انرژی‌های فسیلی، افزایش بهره‌وری انرژی و اعمال مالیات سبز (مالیات بر کربن) افزایش دهند.

بر مبنای نتایج مطالعه حاضر، با توجه به اینکه نوآوری‌های فناورانه در کاهش تغییرات اقلیمی مؤثر است و از آنجاکه در بند ۷ سیاست‌های اصلاح الگوی مصرف نیز بر متنوع‌سازی منابع انرژی تأکید شده است، این مطالعه می‌تواند پیشنهاداتی برای بهبود وضعیت کشور در حوزه تغییر اقلیم ارائه دهد. همچنین است در «سیاست‌های کلی پیشگیری و کاهش خطرهای ناشی از سوانح طبیعی و حوادث غیرمترقبه» که بر شناسایی پدیده‌های جوی و اقلیمی تأکید شده است و یکی از عوامل تغییر اقلیمی نیز، افزایش دی‌اکسید کربن و در نتیجه آن، تغییرات اقلیمی کشور است؛ بنابراین این مطالعه به شناسایی این عامل نیز کمک خواهد نمود.

فهرست منابع

تهامی‌پور، مرتضی؛ عابدی، سمانه؛ کریمی بابا احمدی، رضا و ابراهیمی‌زاده، مرتضی (۱۳۹۵). بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر سرانه رشد اقتصادی واقعی ایران. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۵(۱۹)، ۷۷-۵۳.

عابدی، س. رحمانی دیزگاه، مهسا و زاهدیان، ر. (۱۳۹۴). ارتباط میان انتشار گاز CO₂، انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی فسیلی و رشد اقتصادی در ایران، سومین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، مؤسسه آموزش عالی مهر اروند، گروه ترویجی دوستداران محیط زیست، تهران، ایران.

مسعودی، نسیم؛ دهمرده، نظر و اسفندیاری، مرضیه (۱۳۹۸). بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر و نوآوری‌های فنی و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن. *پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، (۴۰)، ۵۴-۳۵.

نجاتی، م. صالحی، ن. ا. کویانی پور، ن. (۱۳۹۸). ارزیابی اقتصادی اثرات اجرای توافق‌نامه تغییرات اقلیمی پاریس توسط ایران: کاربرد یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه برای ایران. *مطالعات علوم محیط زیست*، ۴(۱)، ۱۰۷۶-۱۰۹۱.

وزارت نیرو، معاونت برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی، ترازنامه انرژی (۱۳۹۵).

- Alagidede, P.; Adu, G. & Frimpong, P. B. (2014). The effect of climate change on economic growth, evidence from Sub-Saharan Africa. World Institute for Development Economics Research. WIDER Working Paper 2014/017, United Nations University, UNU-WIDER, wider.unu.edu.
- Alam, Q. (2013). Climate Change, Agricultural Productivity and Economic Growth in India: The Bounds Test Analysis. *International Journal of Applied Research and Studies*, (2), 2278-9480.
- Elshenawy, A.; Robinson, S. & Willenbockel, D. (2016). Climate change and economic growth: An intertemporal general equilibrium analysis for Egypt. *Economic Modelling*, Elsevier, 52(PB), 681-689.
- Kahn, M. E.; Mohaddes, K. Ng, R. N. C.; Hashem Pesaran, M.; Raissi, M. & Yang, J. C. (2019). Long-Term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis, IMF Working Paper No. 19/215.
- Khaddage-Soboh, N.; Safi, A.; Faisal Rasheed, M. & Hasnaoui, A. (2023). Examining the role of natural resource rent, environmental regulations, and environmental taxes in sustainable development: Evidence from G-7 economies. *Resources Policy*, (86), 104071. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2023.104071>
- Lin, B. & Zhu, J. (2018). The role of renewable energy technological

- innovation on climate change: Empirical evidence from China. *The Science of the Total Environment*, (659), 1505-1512.
- Tao, Z.; Ren, Z. X.; Chen, Y.; Huang, X. & Liu, X. (2023). Pathway to sustainable economic growth: Linkage among energy consumption, carbon emissions, climate change and technological innovation. *Energy Strategy Reviews*, (50), 101253. <https://doi.org/10.1016/J.ESR.2023.101253>
- Weseh, P. K. & Lin, B. (2018). Optimal carbon taxes for China and implications for power generation, welfare, and the environment. *Energy Policy*, (118), 1-8.
- World Economic Forum (2019).
- Zhang, D.; Zhao, M.; Wang, Y.; Vigne, S. A. & Benkraiem, R. (2024). Technological innovation and its influence on energy risk management: Unpacking China's energy consumption structure optimisation amidst climate change. *Energy Economics*, (131), 107321. <https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2024.107321>
- Zhao, L. & Parhizgari, A. M. (2024). Climate change, technological innovation, and firm performance. *International Review of Economics & Finance*, (93), 189–203. <https://doi.org/10.1016/J.IREF.2024.04.025>

