

بررسی تأثیر بلایای طبیعی بر امنیت انرژی در ایران

پروین علی مرادی افشار ۱

وحید عزیزی ۲

سمیه فاتحی ۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۲

چکیده

در حال حاضر، توسعه اقتصادی و رفاه عمومی بدون داشتن منابع انرژی مطمئن و پایدار امکان پذیر نیست. بنابراین، تأمین امنیت انرژی از اولویت‌های اساسی هر جامعه و حکومتی به شمار می‌رود. از طرفی امنیت انرژی ارتباط تنگاتنگی با زندگی و فعالیت‌های تولیدی انسان دارد و به شدت با افزایش تعداد رویدادهای شدید طبیعی مرتبط است. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تأثیر بلایای طبیعی بر امنیت انرژی در ایران، طی دوره زمانی (۱۹۸۰ تا ۲۰۲۰) انجام شده است. جهت برآورد مدل و ارائه نتایج از روش اقتصادسنجی حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده (FMOLS) استفاده شد. براساس نتایج این مطالعه متغیرهای باز بودن تجارت و رشد اقتصادی تأثیرات نامطلوبی بر امنیت انرژی دارد. شاخص صنعتی شدن، نوآوری تکنولوژیک و نرخ رشد شهرنشینی اثر مثبت و معنی‌داری بر امنیت انرژی دارد. با توجه به هدف اصلی تحقیق نتایج نشان می‌دهد که با افزایش تعداد بلایای طبیعی، امنیت انرژی کاهش می‌یابد. یافته‌های این مطالعه مرجعی برای لزوم ارتقای مدیریت انرژی باشد.

واژگان کلیدی: امنیت انرژی، بلایای طبیعی، حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده

طبقه‌بندی JEL: C22, Q40, Q54

۱. استادیار، گروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران، (نویسنده مسوول)
pam.afshar@uok.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
Vahidazizi8@gmail.com

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
somaye.fatehi0427@gmail.com

۱. مقدمه

از نظر اقتصاددانانی مانند آیرس و نایر^۱ (۱۹۸۴) انرژی تنها عامل اولیه تولید است که توسط قوانین ترمودینامیک تعیین می‌شود و تولید کالاهای اقتصادی نیازمند مصرف فراوان انرژی در تولید است؛ از این رو انرژی مهمترین عامل رشد، نیروی کار، سرمایه‌های واسطه‌ای هستند که به انرژی وابسته هستند. از طرفی اقتصاددانان نئوکلاسیک مانند برنت^۲ (۱۹۷۸) و دنیسون^۳ (۱۹۷۹، ۱۹۸۵) بیان می‌کنند که انرژی از طریق تأثیری که بر نیروی کار و سرمایه دارد، به طور غیرمستقیم بر رشد اقتصادی اثرگذار است؛ و نقش انرژی در ایجاد رشد اقتصادی بسیار کم اهمیت و یک نهاده واسطه‌ای است (استرن^۴، ۱۹۹۳). براساس مدل سولو تابع تولید $F = Y(L, K, E)$ نشان می‌دهد که تولید تابعی از سرمایه، نیروی کار و انرژی است و انرژی یک مقدار ذخیره شده است که دوباره جایگزین نمی‌شود، یا در روند فرآیند اقتصادی تمام می‌شود و یا در فاکتور تولید لحاظ نمی‌شود. انرژی نهاده مهمی در فرآیند تولید است، اما کاهش امنیت انرژی می‌تواند اثرات نامطلوبی بر اقتصادهای در حال توسعه داشته باشد؛ در بلندمدت مانع رشد اقتصادی شوند (لین و رازا^۵، ۲۰۲۰). در دهه‌های اخیر انرژی به مهمترین کالای تجاری در اقتصاد بین‌الملل تبدیل شد. با شروع انقلاب صنعتی و شکل‌گیری صنایع ماشینی، انرژی به عنوان یکی از عوامل اولیه تولید در صنایع مختلف شناخته شد. به تدریج با ادامه روند رشد و توسعه اقتصادی و مدرنیزه شدن صنایع، انرژی بیش از پیش اهمیت خود را در روند توسعه کشورها به پیدا کرد. انرژی نقش اساسی در اقتصاد هم بر اساس تقاضا و هم بر عرضه دارد. در سمت تقاضا، انرژی یکی از محصولات است که مصرف‌کننده تصمیم می‌گیرد برای به حداکثر رساندن مطلوبیت خود مصرف کند. در سمت عرضه، انرژی علاوه بر سرمایه، نیروی کار و مواد اولیه، عامل کلیدی تولید است و نقش حیاتی در توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها ایفا می‌کند. انرژی عنصر کلیدی در افزایش رشد اقتصادی، استانداردهای زندگی و بهبود عملکرد بخش‌های مختلف اقتصاد همچون بخش خانگی، صنعت، کشاورزی و حمل و نقل است (جاروان و همکاران^۶، ۲۰۰۶).

با توجه به اهمیت دسترسی به انرژی در جهان امروز برای توسعه و برنامه‌ریزی یک سیستم انرژی پایدار؛ از دیدگاه‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست محیطی بحث تضمین امنیت انرژی در برنامه‌های توسعه اقتصادی جوامع به یک عنصر حیاتی تبدیل شده است (آگوتیس و همکاران^۷، ۲۰۱۷؛ لی و نگوین^۸، ۲۰۱۹). به طوری که در حال حاضر امنیت انرژی در سیاست‌گذاری‌ها و

1. Ayres & Nair (1984)
2. Berndt (1978)
3. Denison (1979) (1985)
4. Stern (1993)
5. Lin & Raza (2020)
6. Jaruwan et al. (2006)
7. Augutis et al. (2017)
8. Le & Nguyen (2019)

استراتژی‌های آینده جزء اولویت اصلی در نظر گرفته می‌شود (بابونئا و همکاران، ۲۰۱۲) و امنیت انرژی جزء حیاتی لاینفک امنیت ملی یک کشور است (وانگ و همکاران، ۲۰۲۰). هدف اصلی سیاست‌های بسیاری از کشورها داشتن سطح معقولی از امنیت انرژی است. از این رو اکثر اقدامات و تصمیمات مرتبط با انرژی با شاخص امنیت انرژی مرتبط هستند (بامیسیل و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، این تصمیمات و اقدامات تحت تأثیر تمایل به دستیابی به ثبات انرژی و توانایی برآوردن تقاضای رو به رشد انرژی قرار گرفته است (آنگ و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین، سیاست‌های امنیت انرژی معمولاً با هدف تنوع بخشیدن به منابع انرژی بر اساس نوع و منشأ برای کاهش خطر شوک‌های ناگهانی است (کویک، ۲۰۰۳). متأسفانه در کشور ما همانند دیگر نقاط جهان، در دهه‌های اخیر مسائل مرتبط با امنیت انرژی از جمله روند تخریب زمین و جنگل‌زدایی، آلودگی هوا و آلودگی آب دریاها و دریاچه‌ها، خشک شدن تدریجی تالاب‌ها و مانند آن از سرعتی فزاینده برخوردار شده است که با تداوم این روند، تأثیرهای منفی آن بر تمام ابعاد امنیت ملی اعم از سیاسی، اقتصادی و اجتماعی قابل انتظار است. براساس آخرین آمارهای مربوط به شاخص عملکرد زیست‌محیطی، کشورمان در سال ۲۰۲۰ با نمره ۴۸ در بین ۱۸۰ کشور مورد بررسی، رتبه ۶۷ را به خود اختصاص داده است. پدیده‌هایی مانند آلودگی آب‌های زیر زمینی و سطحی، خشکسالی و تغییرات آب و هوا موجب پدیده مهاجرت درون کشوری و برون مرزی و کاهش امنیت انرژی می‌شود (سلیمانی، ۱۴۰۱).

خطرات مربوط به تأمین انرژی می‌تواند زمین‌شناسی (تمام شدن احتمالی منابع)، اقتصادی (نوسانات قیمت‌ها)، فنی (شکست‌های سیستم به دلایل مختلف)، زیست محیطی (حوادث یا سیاست‌ها)، یا ژئوپلیتیک باشد (بهرنس و همکاران، ۲۰۰۹). در بین این مخاطرات مفاهیم مرتبط امنیت انرژی و امنیت محیطی به پایه‌ای برای درک منازعات بین‌المللی تبدیل شده است به طوری که برخی از سازمان‌ها مانند آژانس بین‌المللی انرژی اهمیت زیادی به امنیت انرژی در شرایط حوادث شدید طبیعی می‌دهند. براساس استاندارد تدوین شده توسط بانک جهانی، این خطرات شامل رویدادهای شدید طبیعی مانند گرمای شدید، خشک‌سالی، سیل، زلزله و بیماری‌های همه‌گیر است (کیو و همکاران، ۲۰۲۳). بلایای طبیعی که به عنوان بمب ساعتی مورد انتظار شناخته می‌شوند، به اندازه کافی تصادفی و جدی هستند که نظر دانشگاهیان و سیاست‌گذاران را به خود جلب کنند.

در سال‌های اخیر سیاست‌گذاران انرژی در ایران بر تأمین بیشتر تقاضای انرژی داخلی با گاز طبیعی متمرکز شدند تا نفت خام بیشتری برای صادرات آزاد و درآمد نفتی ایران را افزایش دهند. این سیاست باعث شد سهم گاز طبیعی در مصرف انرژی ایران به حدود ۷۰ درصد برسد. از طرفی نیز

1. Babonnea et al. (2012)
2. Wang et al. (2020)
3. Bamisile et al. (2021)
4. Ang et al. (2015)
5. Kuik (2003)
6. Behrens et al. (2009)
7. Qiu et al. (2023)

۸۰ درصد برق در ایران توسط نیروگاه‌های گاز طبیعی تولید می‌شود. در نتیجه در حال حاضر گاز طبیعی تنها منبع انرژی در بخش‌های مختلف به ویژه مسکونی، صنعتی و پتروشیمی در ایران است. عدم توجه به استراتژی تنوع بخشیدن به منابع انرژی که یکی از مبانی امنیت انرژی است، می‌تواند امنیت انرژی ایران را به ویژه در فصول پیک مصرف انرژی مانند تابستان و زمستان در معرض خطر جدی قرار دهد. در سال‌های اخیر چالش‌های تأمین انرژی نیاز به توسعه سایر منابع انرژی را در کشور نشان می‌دهد. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر غیر آبی در تأمین و مصرف انرژی ایران به سختی یک درصد است که نشان دهنده عدم برنامه‌ریزی جامع انرژی در ایران است (حافظی و سوهانکار، ۲۰۲۳). به منظور بهبود بخش انرژی در ایران، قوانین و سیاست‌های انرژی متعددی تدوین شد که مهمترین آنها قوانین برنامه‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی ۵ ساله (شش دوره)، سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی، قانون اصلاح مصرف انرژی، قانون هدفمندی یارانه‌ها و استراتژی ملی انرژی ایران چشم‌انداز گاز ۲۰۲۵، در سه دهه گذشته تصویب و تدوین شده است. این سیاست‌ها و قوانین بیشتر بر کاهش شدت انرژی، توسعه افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی ایران، افزایش صادرات و تجارت انرژی با کشورهای همسایه و منطقه و تقویت نقش ژئوپلیتیکی کشور در حوزه انرژی تاکید داشتند. علیرغم تصویب سیاست‌ها و قوانین مختلف، هیچ برنامه مشخص میان‌مدت و بلندمدت انرژی در ایران برای هدف‌گذاری اهداف مناسب به‌ویژه در زمینه مدیریت امنیت انرژی در شرایط بحرانی در مواجهه با حوادث شدید طبیعی وجود ندارد. لذا اهمیت انجام این تحقیق دوچندان می‌شود. به طوری که این پژوهش به بررسی تأثیر بلایای طبیعی بر امنیت انرژی در ایران می‌پردازد. در ادامه روند پژوهش به مبانی نظری پرداخته شده و سپس به مطالعات تجربی در این خصوص اشاره می‌شود. در بخش بعدی ضمن معرفی مدل و آمار به کار رفته، نتایج برآورد مدل ارائه و تحلیل می‌شود و در نهایت نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی ارائه شده است.

۲. مبانی نظری

امنیت انرژی در سال ۱۹۷۳ به دلیل جنگ میان کشورهای عربی و رژیم صهیونیستی و به دنبال تحریم نفتی که اعراب بر آمریکا اعمال کردند مورد توجه بیشتر قرار گرفت (دایر و ترامبتا، ۲۰۱۳). امنیت انرژی از جمله موضوعاتی است که دارای پیچیدگی زیاد و از ابعاد فراوانی برخوردار است و به عنوان یک هدف اصلی در کانون توجهات در سطح ملی و سطح بین‌المللی قرار گرفته است و با گذشت زمان ابعاد و گستردگی آن نیز روز به روز افزایش می‌یابد. مفهوم امنیت انرژی از یک کشور به کشور دیگر متفاوت است. به طوری که امنیت انرژی در کشورهایی که به شدت به واردات نفت و گاز وابسته هستند به مفهوم امنیت عرضه است، درحالی که مفهوم امنیت انرژی در کشورهای صادرکننده نفت

و گاز به مفهوم امنیت تقاضا است (تیپی، ۲۰۱۲)۱. از نگاه آژانس بین‌المللی انرژی ۲ (۲۰۱۸)، امنیت انرژی معادل دسترسی کافی، قابلیت خرید و اطمینان به سوخت‌ها و خدمات انرژی و شامل فراهم بودن منابع، کاهش وابستگی به واردات، کاهش فشار بر محیط زیست، رقابت و بازار کارآمد، اتکا به منابع بومی پاک و خدمات انرژی قابل خرید و تقسیم شده به شکل منصفانه است. از یکسو، امنیت بلندمدت انرژی اساساً به سرمایه‌گذاری به هنگام برای تهیه کردن انرژی در مسیر موازی با توسعه اقتصادی و نیازهای محیطی اطلاق می‌شود و از سوی دیگر، در امنیت کوتاه‌مدت انرژی، به توانایی واکنش به تغییرات ناگهانی ساختارهای انرژی برای توازن بخشیدن به عرضه و تقاضا اطلاق می‌شود. امنیت انرژی با توجه به اینکه عنصر اصلی مدیریت انرژی و محیط زیست برای کل جهان است، یک موضوع حیاتی است. ظهور یکپارچگی اقتصادی و مسائل جهانی منجر به تغییر نام کامل امنیت انرژی شد، به طوری که مفهوم سنتی امنیت انرژی با مفهوم جامع‌تری جایگزین شد. مفاهیم امنیت انرژی از نگرانی برای تعادل عرضه و تقاضای انرژی منطقه‌ای به ملاحظات حمل و نقل انرژی، توسعه اقتصادی، ثبات سیاسی و ایمنی زیست محیطی هنگام استفاده از انرژی در ارتباط با تأمین انرژی منطقه‌ای گسترش یافت (کیو و همکاران، ۲۰۲۳)۳. لذا امنیت انرژی نقش مهمی در رشد اقتصاد ملی، فعالیت‌های تولیدی و زندگی انسان ایفا می‌کند (لی و وانگ، ۲۰۲۲)۴. همچنین لازمه توسعه پایدار در تمامی جهت‌ها، توسعه و حفظ منابع و زیرساخت‌ها در برابر حوادث و بلایای طبیعی است (تته و همکاران، ۲۰۲۳)۵. امنیت انرژی به‌طور فزاینده‌ای در سامانه‌های قدرت تجدید ساختار یافته با تغییر قوانین و مقررات حیاتی شده است و بین امنیت انرژی، تأمین انرژی و اقتصاد انرژی رابطه تنگاتنگی برقرار است (وانگ و همکاران، ۲۰۲۲)۶؛ یو و همکاران، ۲۰۲۳)۷. در این میان، امکان امنیت انرژی به دلیل پیچیدگی محیط بین‌المللی تهدید می‌شود. امنیت انرژی به دلیل مفهوم پیچیده آن تحت تأثیر عوامل مختلفی مثل باز بودن تجارت، ساختار صنعتی، نوآوری و سیاست‌ها قرار می‌گیرد (چن و همکاران، ۲۰۲۲)۸؛ لیو و همکاران، ۲۰۲۲)۹؛ ما و یو، ۲۰۱۷)۱۰.

در سال‌های اخیر، تأثیر وقوع مکرر بلایای طبیعی بر زندگی مردم به سرعت افزایش یافته است (ژائو و همکاران، ۲۰۲۲)۱۱. در بین ۱۰ ریسک اصلی با ماندگاری بالا در جهان در ۱۰ سال آینده به ترتیب: شکست اقدامات برای مهار تغییرات اقلیمی، تغییرات آب و هوایی بیشترین اهمیت را به خود

1. Tippee (2012)
2. International Energy Agency (2018)
3. Qiu et al. (2023)
4. Lee & Wang (2022)
5. Tete et al. (2023)
6. Wang et al. (2022)
7. Yu et al. (2023)
8. Chen et al. (2022)
9. Liu et al. (2022)
10. Ma & Yu (2017)
11. Zhao et al. (2022)

اختصاص داده‌اند. بلایای طبیعی در سرتاسر جهان طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۹ سیزده برابر شده و تعداد افراد آسیب دیده بیش از ۳۵ برابر افزایش یافته است (لی و همکاران، ۲۰۲۱). بلایا و مخاطرات طبیعی از دیرباز بعنوان مخرب‌ترین عوامل آسیب‌رسان به انسان، جامعه و زیست‌گاهش مطرح بوده‌اند. زندگی میلیون‌ها نفر در سراسر جهان تحت تأثیر بحران‌های طبیعی است که هزینه‌های هنگفت اقتصادی و اجتماعی به وجود می‌آورد و توسعه کشورهای را دشوار می‌کند. علیرغم تلاش‌های صورت‌گرفته در بسیاری از کشورها برای کاهش خطرپذیری و آثار منفی بحران‌ها، آسیب‌ها و هزینه‌های بسیاری از بحران‌ها در حال افزایش است. براساس تعریف پایگاه بین‌المللی بلایای طبیعی، بلایای طبیعی رویدادی است که ظرفیت محلی را به هم ریزد و ناگزیر به درخواست کمک خارجی در سطح ملی یا بین‌المللی شود. حادثه‌ای است که در اثر رخدادها و عملکردهای طبیعی به طور ناگهانی به وجود می‌آید. مشقت و سختی را به یک مجموعه یا جامعه انسانی تحمیل می‌کند و بر طرف کردن آن نیاز به اقدامات فوری و فوق‌العاده دارد (امامقلی‌پورسفیددشتی، ۱۳۹۳).

بلایای طبیعی یک فرایند مداوم است که بر اکوسیستم‌ها و جوامع در سراسر جهان تأثیر می‌گذارد و باعث افزایش گرما، خشک‌سالی و حوادث شدید آب و هوایی می‌شود. از سوی دیگر امنیت انرژی به عنوان در دسترس بودن بی‌وقفه منابع انرژی با قیمت مقرون به صرفه تعریف می‌شود و عملکرد اقتصادهای مدرن را تضمین می‌کند. بلایای طبیعی و امنیت انرژی به هم پیوسته‌اند و تصمیمات گرفته شده در یک منطقه می‌تواند به طور قابل توجهی بر هر دو متغیر تأثیر بگذارد (اداره ملی اقیانوس شناسی نووا، ۲۰۲۲). بلایای طبیعی مانند طوفان، زلزله و سیل می‌تواند به زیرساخت‌های انرژی از جمله نیروگاه‌ها، خطوط انتقال و خطوط لوله آسیب برساند. این می‌تواند منجر به قطع برق و اختلال در تأمین نفت، گاز و سایر سوخت‌ها شود (کلی-پیتو، ۲۰۱۷). در هنگام وقوع یک بلای طبیعی، ممکن است تقاضا برای انرژی افزایش یابد زیرا مردم به ژنراتورها و دیگر منابع انرژی پشتیبان متکی هستند. این می‌تواند به شبکه انرژی فشار وارد کند و منجر به کمبود انرژی شود بلایای طبیعی نیز می‌تواند منجر به تغییر در الگوی مصرف انرژی شود. به عنوان مثال، پس از طوفان کاترینا، افزایش قابل توجهی در استفاده از گاز طبیعی برای گرم کردن و پخت و پز وجود داشت، زیرا بسیاری از خانه‌ها بدون برق بودند (دویچ و کلاین، ۲۰۱۷). بلایای طبیعی می‌تواند بر سیاست‌های انرژی تأثیر بگذارد. به عنوان مثال، حادثه نیروگاه اتمی فوکوشیما در ژاپن پس از زلزله و سونامی سال ۲۰۱۱ منجر به افزایش نظارت بر انرژی هسته‌ای و تغییر به سمت منابع انرژی تجدیدپذیر شد (میلوشویچ و همکاران، ۲۰۱۳).

1. Lee et al. (2021)
2. National Oceanic and Atmospheric Administration (2022)
3. Kelly-Pitou et al. (2017)
4. Milošević et al. (2013)

تغییرات آب و هوایی می‌تواند منجر به تغییر در الگوهای مصرف انرژی شود. به عنوان مثال، در مناطقی که خشک‌سالی را تجربه می‌کنند، ممکن است تقاضا برای پمپاژ آب و آبیاری افزایش یابد که می‌تواند مصرف انرژی را افزایش دهد و همچنین بر منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و باد تأثیر بگذارد. به عنوان مثال، خشک‌سالی می‌تواند مقدار آب موجود برای برق آبی را کاهش دهد، در حالی که امواج گرما می‌تواند کارایی پانل‌های خورشیدی را کاهش دهد (اوسو و سارکودی، ۲۰۱۶). تغییرات آب و هوایی و درجه حرارت به طور قابل توجهی بر سطح بهره‌وری تأثیر می‌گذارد، افزایش میانگین دمای سطح جهانی در حدود ۳/۵ درجه سانتی‌گراد تا پایان قرن، تولید جهانی را ۷ تا ۱۴ درصد در سال ۲۱۰۰ کاهش می‌دهد و حتی احتمال آسیب‌های بیشتری در مناطق گرمسیری و فقیر وجود دارد (کالکوهل و ونز، ۲۰۲۰). به طور خاص، بلایای طبیعی در بعد اقتصادی، بر نرخ رشد تولید ناخالص داخلی، درآمد مالی، بازار بیمه، واکنش سرمایه‌گذاران و ذخایر بین‌المللی تأثیر می‌گذارد. در بعد اجتماعی، درگیری و مهاجرت به خارج با وقوع بلایای طبیعی افزایش می‌یابد. در زمینه سیاسی، ترور و ناآرامی سیاسی ارتباط مثبتی با شدت فاجعه‌های طبیعی دارند (ژائو و همکاران، ۲۰۲۲). می‌توان نتیجه گرفت رویدادهای شدید طبیعی می‌توانند بازارهای انرژی و قیمت انرژی را مختل کنند و مدیریت رویدادهای شدید طبیعی بر امنیت انرژی تأثیر می‌گذارد (کیو و همکاران، ۲۰۲۳). در نتیجه، بلایای طبیعی از جهت مختلف تهدیدی وجودی برای امنیت انرژی یک کشور است که مهمترین آنها اختلال در روند تولید، انتقال و توزیع انرژی و سوخت و آوردن پناهندگان محیط‌زیست است که می‌تواند در دسترس بودن انرژی برای یک کشور میزبان را محدود کند (سواکول، ۲۰۱۴).

به طور خلاصه، بلایای طبیعی بسته به نوع فاجعه و منبع انرژی مورد نظر می‌تواند اثرات مختلفی بر مصرف انرژی داشته باشند. محصولات غذایی اضطراری می‌توانند برای شرایط فاجعه کاربردی باشند و جذب کربن یکی از راه‌حل‌هایی است که می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای را به شدت کاهش دهد. جستجو برای عملکرد بهتر انرژی ساختمان‌ها و استفاده از انرژی‌های جایگزین همراه با منطقی کردن مصرف انرژی می‌تواند به طور مستقیم با کاهش انتشار آلاینده‌ها در چو و کاهش اثرات منفی بر محیط زیست مرتبط باشد. با این حال، انتقال به منابع انرژی تجدیدپذیر نیاز به برنامه‌ریزی و اجرای دقیق برای اطمینان از امنیت انرژی و جلوگیری از اثرات منفی زیست محیطی دارد، بلایای طبیعی همچنین پیامدهای قابل توجهی برای امنیت انرژی دارد، رویدادهای شدید آب و هوایی مانند خشک‌سالی و سیل می‌تواند بر در دسترس بودن و قابلیت اطمینان منابع انرژی، به ویژه برق آبی تأثیر بگذارد (سانتوس و لوسینا، ۲۰۲۱).

1. Owusu & Sarkodie (2016)
2. Kalkuhl & Wenz (2020)
3. Sovacool (2014)
4. Santos & Lucena (2021)

بنابراین، مهم است که اثرات بالقوه تغییرات آب و هوایی بر سیستم‌های انرژی را در نظر بگیریم و استراتژی‌های سازگاری را برای اطمینان از امنیت انرژی توسعه دهیم. بنابراین پرداختن به تغییرات آب و هوایی و اطمینان از امنیت انرژی دو چالش مهم جامعه امروز است. انتقال به منابع انرژی تجدیدپذیر می‌تواند تغییرات آب و هوایی را کاهش دهد، اما نیاز به برنامه‌ریزی و اجرای دقیق برای اطمینان از امنیت انرژی دارد. علاوه بر این، مهم است که اثرات بالقوه تغییرات آب و هوایی بر سیستم‌های انرژی را در نظر بگیریم و استراتژی‌های سازگاری را برای اطمینان از امنیت انرژی توسعه دهیم. بنابراین مقابله و مدیریت حوادث شدید طبیعی در جهت تأمین و مدیریت امنیت انرژی ضروری است. از این رو، با توجه به اهمیت امنیت انرژی از یک سو و تحقیقات محدود از سوی دیگر، لازم است تأثیر رویدادهای شدید طبیعی بر امنیت انرژی به تصویر کشیده شود. بنابراین، با توجه به فراوانی فزاینده بلایای طبیعی و امنیت انرژی، چگونگی تأثیر بلایای طبیعی بر امنیت انرژی قابل توجه و بحث است که ادبیات اندکی به آن پرداختند. پس هدف این پژوهش پر کردن این شکاف نظری است. به طوری که این مطالعه با بررسی تأثیر رویدادهای شدید طبیعی بر امنیت انرژی از دیدگاه نظری و یافتن راهکارهای مدیریتی مهم در کاهش تأثیر صدمات بلایای طبیعی بر امنیت انرژی است.

۳. پیشینه پژوهش

کیو و همکاران^۱ (۲۰۲۳) در پژوهشی اثر رویدادهای شدید طبیعی بر امنیت انرژی را با استفاده از روش مدل اثرات ثابت طی دوره زمانی (۲۰۱۸ - ۲۰۰۰) مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده همبستگی U شکل معکوس بین رویدادهای شدید طبیعی و امنیت انرژی را برای نمونه‌ای از ۶۶ کشور مصرف‌کننده انرژی در سطح کلان نشان می‌دهد. طبق نتایج؛ باز بودن تجارت و شهرنشینی تأثیر منفی و تولید ناخالص داخلی سرانه و صنعتی شدن تأثیر مثبت بر امنیت انرژی دارد.

لی و وانگ^۲ (۲۰۲۲) به بررسی توسعه مالی، نوآوری تکنولوژیکی و امنیت انرژی، برای ۳۰ استان چین طی دوره زمانی (۲۰۱۸ - ۲۰۰۰) پرداختند. نتایج با استفاده از روش مدل اثرات ثابت، مدل اثرات تصادفی و مدل آستانه پانل نشان می‌دهد که امنیت انرژی با توسعه مالی و نوآوری‌های تکنولوژیکی افزایش یافته است. همچنین یک اثر آستانه غیرخطی بین توسعه مالی و امنیت انرژی به دلیل تفاوت در نوآوری‌های تکنولوژیکی بین مناطق وجود دارد.

راکشیت^۳ (۲۰۲۱) تأثیر بلایای طبیعی بر مصرف انرژی در ایالت‌های منتخب هند را از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۹ با استفاده از روش GMM بررسی کرد؛ یافته‌ها نشان می‌دهد بلایای طبیعی تأثیر منفی بر سرانه مصرف انرژی دارد.

1. Qiu et al. (2023)
2. Lee & Wang (2022)
3. Rakshit (2021)

لی و همکاران^۱ (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر بلایای طبیعی بر مصرف انرژی با استفاده از داده‌های پنل ۱۲۳ کشور طی دوره (۲۰۱۵-۱۹۹۰) پرداخته‌اند. نتایج با استفاده از روش GMM نشان می‌دهد تأثیر بلایای طبیعی بر مصرف انرژی رابطه منفی در کشورهای کم درآمد قاره آفریقا دارد. همچنین، بلایای طبیعی تأثیر منفی بر مصرف نفت، انرژی تجدیدپذیر و انرژی هسته‌ای دارند و این اثرات برای کشورهای دارای مصرف انرژی کمتر قوی‌تر است.

آزاری و سیگنورلی^۲ (۲۰۲۰) تأثیر بلایای طبیعی بر فقر را در ۲۴ کشور جنوب صحرای آفریقا بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد یک درجه سانتیگراد افزایش دما با ۴/۶ درصد هزینه مصرف سرانه پایین‌تر و ۲/۸ درصد افزایش نرخ فقر همراه است. شوک‌های سیل تأثیرات منفی بر کل هزینه‌ها دارد. از سوی دیگر، شوک خشک‌سالی اثرات مبهمی را نشان می‌دهد که بر اساس منطقه متفاوت است. به طور کلی شوک‌های آب و هوایی اثرات هشدار دهنده‌ای بر نرخ فقر منطقه‌ای نشان می‌دهد.

ووسکرسنسکایا^۳ (۲۰۱۹) جنبه‌های زیست‌محیطی امنیت انرژی در روسیه را مورد بررسی قرار داد. این مطالعه نشان می‌دهد که یکی از زیرساخت‌های امنیت ملی، امنیت انرژی است. تضمین امنیت انرژی باید در سطوح مختلف برای پیشگیری از بلایای زیست‌محیطی و استفاده منطقی از منابع طبیعی انجام شود.

دویچ و کلاین^۴ (۲۰۱۷) تأثیر بلایای طبیعی بر مصرف انرژی بر اساس نوع انرژی برای ۸۰ کشور طی دوره (۲۰۱۱-۱۹۶۱) پرداختند. نتایج بدست آمده نشان از تأثیر مثبت بر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر ۵ سال پس از وقوع فاجعه ژئوفیزیکی است. برای اقتصادهای کم درآمد، همچنین اثرات مثبتی بر مصرف انرژی صنعتی مشاهده می‌شود.

وی و همکاران^۵ (۲۰۲۳) اثرات رویدادهای شدید طبیعی و نوآوری سبز را بر اهداف پایدار برای انتقال انرژی در ۴۹ اقتصاد آسیا و اقیانوسیه (APAC) طی دوره (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹) بررسی می‌کند. یافته‌ها نشان می‌دهد که نوآوری سبز بر دسترسی به پخت و پز سالم (۴/۲ درصد)، مصرف انرژی تجدیدپذیر (۳/۹ درصد) و کاهش شدت انرژی (۰/۹ درصد) تأثیر می‌گذارد. در حالی که رویدادهای شدید طبیعی باعث کاهش دسترسی به انرژی سالم می‌شود.

ژائو و همکاران^۶ (۲۰۲۲) تأثیر بلایای طبیعی بر نوآوری فناوری انرژی را با استفاده از داده‌های پانل طی دوره (۲۰۱۸-۱۹۷۵) برای ۲۹ کشور از سازمان (OECD) بررسی می‌کنند. طبق نتایج بلایای طبیعی تأثیر منفی بر نوآوری فناوری انرژی دارد به طوری که علاوه بر تأثیرگذاری در سال

1. Lee et al. (2021)
2. Azzarri & Signorelli (2020)
3. Voskresenskaya (2019)
4. Doytch & Klein (2017)
5. Wei et al. (2023)
6. Asia Pacific
7. Zhao et al. (2022)
8. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

بلایای طبیعی؛ طی ۴ سال آینده نیز ادامه خواهد داشت. همچنین اثرات شوک‌های طبیعی بر نوآوری انرژی با توسعه اقتصادی بیشتر، باز بودن تجارت، باز بودن مالی، جهانی شدن و ثبات دولت تضعیف می‌شود. علاوه بر این، اپیدمی بیشترین تأثیر منفی را بر نوآوری انرژی دارد. در نهایت، بلایای طبیعی به طور قابل توجهی با نوآوری انرژی کم‌کربن ارتباط منفی دارد.

لی و پارک (۲۰۲۱) به بررسی عوامل مؤثر بر ناامنی انرژی طی دوره (۱۹۹۶-۲۰۱۶) برای ۱۳۹ کشور پرداختند. نتایج با استفاده از مدل‌های خطاهای استاندارد تصحیح شده - پانل (PCSE) نشان می‌دهد که درآمد بالاتر و کیفیت حاکمیت سطح ناامنی انرژی کلی را کاهش می‌دهد و باعث بهبود کارایی مصرف انرژی می‌شود. رشد اقتصادی نسبت تولید انرژی به مصرف را بهبود می‌بخشد. توسعه اقتصادی باعث ارتقای بهره‌وری انرژی می‌شود. باز بودن تجارت بر ناامنی انرژی تأثیر منفی دارد.

۴. روش‌شناسی پژوهش

۴-۱. تصریح مدل و داده‌های تحقیق

این پژوهش با هدف بررسی اثر بلایای طبیعی بر امنیت انرژی در ایران انجام شده است. جهت انجام تحقیق در این پژوهش مطابق با ادبیات تجربی تحقیق (وانگ و همکاران، ۲۰۲۲؛ یانگ و همکاران، ۲۰۲۲؛ لی و ژانگ، ۲۰۱۹؛ مارشده، ۲۰۲۱؛ آیودل و همکاران، ۲۰۲۱؛ رحمان و همکاران، ۲۰۱۷) مدل تحقیق به صورت رابطه ۱ مورد بررسی قرار گرفت.

$$\ln ESR_t = \beta_1 + \beta_2 \ln NEE_t + \beta_3 \ln GDP_t + \beta_4 \ln IND_t + \beta_5 \ln FD_t + \beta_6 \ln OPE_t + \beta_7 \ln UPG_t + \beta_8 \ln TEC_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

در رابطه ۱ همه متغیرها به لگاریتم‌های طبیعی خود تبدیل شدند. از طرفی با توجه به محدودیت داده متغیر وابسته که تا سال ۲۰۱۸ تولید شده است؛ این مطالعه طی دوره زمانی (۲۰۱۸ - ۱۹۸۰) به ارزیابی تأثیر رویدادهای شدید طبیعی بر امنیت انرژی در ایران پرداخته است. همچنین جهت انجام تحقیق و برای توصیف و استنباط داده‌ها از نرم‌افزار EViews 13 استفاده شد. توضیحات تفصیلی متغیرهای مورد استفاده در جدول (۱) آمده است.

1. Le & Park (2021)
2. Panel-Corrected Standard Errors (PCSE) models
3. Wang et al. (2022)
4. Yang et al. (2022)
5. Li & Zhang (2019)
6. Murshed (2021)
7. Ayodele et al. (2021)
8. Rehman et al. (2017)

جدول ۱: شرح متغیرها، نحوه محاسبه و منبع جمع‌آوری داده‌ها

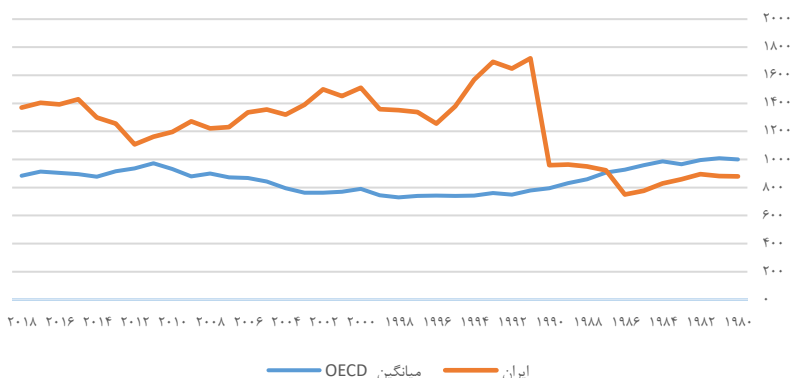
نماد	متغیر	تعریف	منبع
ESR	امنیت انرژی	شاخص بین‌المللی ریسک امنیت انرژی	موسسه انرژی جهانی
NEE	بلایای طبیعی	مجموع رویدادهای شدید طبیعی در یک سال	پایگاه بین‌المللی بلایای طبیعی
GDP	رشد اقتصادی	تولید ناخالص داخلی (ثابت ۱۳۹۰) (میلیارد ریال)	بانک مرکزی ایران
IND	صنعتی شدن	ارزش افزوده صنعت (درصد تولید ناخالص داخلی)	بانک جهانی
OPE	باز بودن تجارت	تجارت (درصد تولید ناخالص داخلی)	بانک جهانی
URG	شهر نشینی	نرخ رشد جمعیت شهری (درصد سالانه)	بانک جهانی
TEC	نوآوری تکنولوژیک	درخواست‌های ثبت اختراع ساکنین	بانک جهانی
FD	توسعه مالی	شاخص توسعه مالی	صندوق بین‌المللی پول

منبع: یافته‌های پژوهش

امنیت انرژی (ESR): امنیت انرژی متغیر چندوجهی است که معنای آن در ارتباط با موقعیت، هدف و دوره مطالعه مشخص می‌شود. این واژه را می‌توان تأمین پایدار و قابل اعتماد انرژی در قیمت‌های منطقی و هزینه‌های اجتماعی تعریف کرد. شاخص‌های امنیت انرژی، هر کدام، جنب‌های از امنیت انرژی را بررسی می‌کنند (کنعانی ممان، ۱۳۹۷). در این مطالعه با توجه به پژوهش وانگ و همکاران (۲۰۲۲) و چو و همکاران (۲۰۲۳)، از شاخص بین‌المللی ریسک امنیت انرژی (IESRI) ۲ ارائه شده توسط مؤسسه جهانی انرژی (GEI) ۳، به عنوان شاخص امنیت انرژی و متغیر وابسته استفاده شد. شاخص ریسک امنیت انرژی به ما این امکان را می‌دهد که میزان امنیت انرژی بین کشورها را مقایسه کنیم. از آنجا که امنیت انرژی مسئله‌ای چند جانبه است؛ نمرات خطر امنیت انرژی بین‌المللی و رتبه‌بندی امنیت آن منعکس کننده عوامل امنیت انرژی از جمله تنوع منبع، روابط بین کشورها، مقبولیت محیطی، خودکفایی در عرضه، قابلیت دسترسی، مقرون به صرفه بودن و قابلیت اطمینان هستند. این شاخص دوره تاریخی را از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ و دوره پیش‌بینی تا سال ۲۰۴۰ پوشش می‌دهد. موسسه جهانی انرژی، شاخص ریسک امنیت انرژی را در ۸ طبقه شامل: سوخت‌های جهانی؛ واردات سوخت؛ هزینه‌های انرژی؛ قیمت و نوسانات بازار؛ شدت مصرف انرژی؛ بخش حمل و نقل؛

1. Chu et al. (2023)
2. International Energy Security Risk Index
3. Global Energy Institute

بخش برق و محیط زیستی را می‌کند. شاخص ریسک امنیت انرژی بالاتر نشان‌دهنده ریسک بیشتر و امنیت انرژی کمتر است. همچنین شاخص ریسک کمتر، نشان‌دهنده امنیت انرژی بیشتر است. شاخص پایه برابر با نمره ۱۰۰۰ برای کشورهای OECD در سال ۱۹۸۰ است که مبنایی را برای مقایسه ریسک امنیت انرژی کشورها فراهم می‌کند (گزارش ریسک امنیت انرژی، ۲۰۲۰). شکل شماره ۱ روند ریسک امنیت انرژی طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ برای ایران و مقایسه آن با متوسط OECD تصویر شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود امتیاز ریسک امنیت انرژی از سال ۱۹۸۰ تا سال ۱۹۸۶ کمتر از میانگین کشورهای OECD بود اما از این سال به بعد روند صعودی در پیش گرفت و ریسک امنیت انرژی ایران در سال ۱۹۹۱ به عدد ۱۷۲۱ رسید که بیشترین اختلاف را با میانگین OECD دارد. در ادامه روند این شاخص در حال نوسان بوده است.



شکل ۱: روند شاخص بین‌المللی ریسک امنیت انرژی برای کشور ایران

منبع: مؤسسه جهانی انرژی (۲۰۲۳) قابل دسترس در: www.globalenergyinstitute.or

بلایای شدید طبیعی (NEE): بلایا به دو گروه طبیعی و تکنولوژیکی تقسیم می‌شود. بلای طبیعی وقوع یک خطر شدید یا نادر است که جوامع یا مناطق جغرافیایی آسیب‌پذیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و موجب خسارت قابل توجه و بروز صدمات و تلفات انسانی و غیر انسانی شده و جوامع تحت تأثیر را از عملکرد طبیعی خود باز می‌دارد. مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی بلایای طبیعی (CRED)^۱، رویدادهای شدید طبیعی را به ۵ زیر گروه بیولوژیکی، اقلیم شناسی، ژئوفیزیک، هیدرولوژیکی و هواشناسی طبقه‌بندی کرده است. همچنین این زیر گروه‌ها به ۹ فاجعه طبیعی شامل خشکسالی، زمین لرزه، اپیدمی، دمای شدید، سیل، هجوم حشرات، رانش زمین، طوفان و آتش سوزی تقسیم بندی شدند. حدود ۴۰ نوع بلایای طبیعی در سطح جهان تشخیص داده شده که در ایران وقوع ۳۱ نوع بلای طبیعی ثبت شده است. براساس گزارش پایگاه بین‌المللی بلایای طبیعی (EM-)

(DAT) از سال ۱۹۰۹ میلادی، بحرانی‌هایی که بیشترین اثرات را از نظر فراوانی وقوع، تعداد تلفات، تعداد افراد آسیب دیده که شامل تعداد مجروحین، بی‌خانمان‌ها و تعداد افراد متأثر در جدول ۲ ملاحظه شده است. بیشترین فراوانی رخدادها به زلزله با ۱۳۴ مورد بود. بعد از آن سیل با ۹۵ مورد بیشترین فراوانی را دارد. طوفان، رانش زمین، اپیدمی و خشکسالی به ترتیب با ۱۵، ۵، ۳ و ۳ مورد در رتبه‌های بعدی قرار دارند. کمترین بلایا مربوط به خشکسالی، دمای شدید، آتش‌سوزی و هجوم حشرات با یک مورد می‌باشد. در مجموع طی ۱۱۳ سال گذشته ۲۵۸ بلای طبیعی شدید در ایران اتفاق افتاده است که در مجموع ۱۶۳۴۵۳ نفر کشته و ۶۰۵۵۰۰۴۹ نفر هم آسیب دیدند.

جدول ۲: بلایای طبیعی در ایران طی دوره زمانی ۲۰۲۲ - ۱۹۰۹

نوع فاجعه	تعداد رخداد	کشته‌ها	مجروحین	متأثرین	بی-خانمان‌ها	مجموع آسیب دیدگان
زمین لرزه	۱۳۴	۱۵۴۲۷۴	۱۸۵۷۹۳	۲۸۳۱۴۱۰	۲۷۰۲۱۰	۳۲۸۷۴۱۳
سیل	۹۵	۸۱۵۷	۱۹۹۰	۱۴۳۱۰۱۱۶	۲۱۳۳۷۰	۱۴۵۲۵۴۷۶
طوفان	۱۵	۳۶۴	۲۱۶	۲۰۱۸۰۰	۷۵۰۰	۲۰۹۵۱۶
رانش زمین	۵	۱۲۸	۴۴	۱۰۰	۰	۱۴۴
اپیدمی	۳	۳۷۲	۰	۲۵۰۰	۰	۲۵۰۰
خشکسالی	۳	۰	۰	۴۲۵۲۵۰۰۰	۰	۴۲۵۲۵۰۰۰
دمای شدید	۱	۱۵۸	۰	۰	۰	۰
هجوم حشرات	۱	۰	۰	۰	۰	۰
آتش سوزی	۱	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع	۲۵۸	۱۶۳۴۵۳	۱۸۸۰۴۳	۵۹۸۷۰۹۲۶	۴۹۱۰۸۰	۶۰۵۵۰۰۴۹

منبع: پایگاه بین‌المللی بلایای طبیعی (۲۰۲۳)، قابل دسترس در www.emdat.be

باز بودن تجارت (OPE): درجه باز بودن تجاری به عنوان سهم تجارت از تولید ناخالص داخلی تعریف می‌شود. مطالعات قبلی رابطه بین امنیت انرژی و باز بودن تجارت را ثابت کرده‌اند و بیشتر تحقیقات رابطه فوق را منفی ارزیابی کردند. یعنی با افزایش درجه باز بودن تجاری ریسک امنیت انرژی کاهش خواهد یافت (لی و هانکلاس، ۲۰۲۲؛ نپال و همکاران، ۲۰۲۱).

شهرنشینی (URG): انرژی به عنوان یکی از اشکال منابع طبیعی تحت تأثیر توسعه شهرنشینی قرار دارد. کندو و همکاران (۲۰۲۲) اشاره می‌کنند که با گسترش شهرنشینی منابع طبیعی به شدت آسیب دیده است. چاندر و سلطان (۲۰۲۲) در تحقیقات خود دریافتند که گسترش شهرها مصرف انرژی اولیه را افزایش خواهد داد. در این مدل متغیر کنترلی نرخ رشد شهرنشینی استفاده شده است.

1. Li & Haneklaus (2022)
2. Nepal et al. (2021)
3. Kundu et al. (2022)
4. Chandra & Sultan (2022)

رشد اقتصادی (GDP): کشورهایی که توسعه اقتصادی سریع دارند، همیشه دارای منابع مالی و سرمایه انسانی بیشتری برای نوآوری و اصلاح هستند، بنابراین مصرف با انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش می‌دهند و امنیت انرژی را بهبود می‌بخشند (کاراسوی، ۲۰۲۲؛ لی و پارک، ۲۰۲۱). در این مدل از تولید ناخالص داخلی به عنوان متغیر کنترلی استفاده شد.

صنعتی شدن (IND): ادبیات نظری مطالعه تأثیر مثبت صنعتی شدن بر امنیت انرژی را نشان می‌دهد (لی و همکاران، ۲۰۲۲؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۲۲). این عامل معمولاً به صورت سهم ارزش افزوده بخش صنعت در تولید ناخالص داخلی اندازه‌گیری می‌شود.

نوآوری تکنولوژیک (TEC): بسیاری از مطالعات، نوآوری فناورانه را یک انگیزه مهم در ارتقای سطح امنیت انرژی می‌دانند (لی و وانگ، ۲۰۲۲؛ وانگ و همکاران، ۲۰۲۲). بر همین اساس در این مدل از شاخص نوآوری تکنولوژیک به عنوان متغیر کنترل استفاده شد. این متغیر به صورت تعداد درخواست‌های ثبت اختراع توسط ساکنان تعریف می‌شود.

توسعه مالی (FD): اثرگذاری توسعه مالی بر امنیت انرژی هنوز مورد بحث است. لی و وانگ (۲۰۲۲) معتقدند که یک مکانیسم نامشخص ممکن است دلیل اصلی آن باشد. در این مدل از شاخص جامع توسعه مالی ارائه شده توسط صندوق بین‌المللی پول ارایه به عنوان متغیر کنترل استفاده شد.

۲-۴. روش برآورد مدل

اکثر داده‌های سری زمانی به دلیل وجود روند مشترکی که گرایش به حرکت هم جهت دارند تابعی از زمان می‌باشند که به آنها متغیرهای نامانا می‌گویند. تخمین مدل با چنین داده‌هایی منجر به رگرسیون کاذب و ارائه نتایج گمراه کننده خواهد شد. یک راه برای جلوگیری از رگرسیون کاذب تفاضل‌گیری و استفاده از تفاضل متغیرها است، ولی چنین مدلی هیچگونه اطلاعاتی در خصوص رابطه بلندمدت متغیرها ارایه نمی‌کند. اما تحت چنین شرایطی، می‌توان به روش‌های هم‌انباشتگی متوسل شد و مدل مورد نظر را بدون ترس از کاذب بودن براساس سطح متغیرها برآورد کرد (تشکینی، ۱۳۸۴). در ادبیات اقتصادسنجی روش‌های مختلفی برای بررسی وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها معرفی شدند. از این رو این پژوهش جهت برآورد مدل تحقیق از روش هم‌انباشتگی حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده (FMOLS) استفاده می‌کند.

روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده توسط فیلیپس و هانسن (۱۹۹۰) برای بررسی روابط بلندمدت و برآورد یک رابطه هم‌انباشته که دارای ترکیبی از $I(1)$ است؛ معرفی و توسعه داده شد.

1. Karasoy (2022)
2. Le & Park (2021)
3. Lee et al. (2022)
4. Zhang et al (2022)
5. Lee & Wang (2022)
6. Fully Modified Ordinary Least Square
7. Philips & Hansen (1990)

این روش از یک تصحیح شبه پارامتریک، برای از بین بردن مشکلات ناشی از همبستگی بلندمدت بین معادلات هم‌انباشتگی و تغییرات متغیرهای تصادفی بکار می‌گیرد (حقیقت و اکبرموسوی، ۱۴۰۱). خصوصیات این تخمین زنده؛ فوق سازگار و به طور مجانبی بدون تورش به صورت نرمال توزیع شده‌اند و در نمونه‌های کوچک نتایج کاراتری را ارائه می‌کند. همچنین انحراف معیارهای اصلاح شده‌ای را ارائه می‌کند که امکان انجام استنباط‌های آماری را فراهم می‌کند. در واقع روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده دو تصحیح تورش و درون‌زایی را روی روش حداقل مربعات معمولی اعمال می‌کند (تشکینی، ۱۳۸۴). از طرف دیگر روش FMOLS متأثر از طول وقفه نیست و در شرایطی که همه متغیرها درون‌زا هستند به طور مجانبی ناریب و دارای ترکیب مجانب‌های کاملاً کاراست. در واقع به وسیله این روش، می‌توان یک برآورد بهینه از بردار هم‌انباشتگی را برآورد کرد (محمدی، ۱۳۹۲؛ دهمرده و همکاران، ۱۳۸۹).

روش تخمین FMOLS، تخمین‌های اولیه متقارن یک طرفه ماتریس کوواریانس بلندمدت از باقیمانده‌ها را بکار می‌گیرد. برای بیان مفهوم هم‌انباشتگی فرض می‌کنیم که (y_t, X_t') یک بردار سری زمانی با ابعاد $n+1$ است که با معادله هم‌انباشتگی رابطه ۲ در نظر گرفته شود:

$$y_t = X_t' \beta + D_t' \gamma_1 + u_{1t} \quad (2)$$

که در آن $D_t = (D_{1t}', D_{2t}')'$ روند قطعی رگرسیون‌هاست و n رگرسور تصادفی X_t به وسیله دستگاه معادلات زیر بیان می‌شوند:

$$\begin{aligned} X_t &= \Gamma_{21}' D_{1t} + \Gamma_{22}' D_{2t} + \varepsilon_{2t} \\ \Delta \varepsilon_{2t} &= u_{2t} \end{aligned} \quad (3)$$

باقیمانده‌های بدست آمده از تخمین معادله ۲ را \hat{u}_{1t} در نظر می‌گیریم. از سوی دیگر \hat{u}_{2t} که به شکل غیر مستقیم به صورت $\hat{u}_{2t} = \Delta \varepsilon_{2t}$ است؛ از سطح رگرسیون‌ها همانند زیر به دست می‌آید:

$$X_t = \hat{\Gamma}_{21}' D_{1t} + \hat{\Gamma}_{22}' D_{2t} + \hat{\varepsilon}_{2t} \quad (4)$$

یا اینکه به صورت مستقیم از تفاضل رگرسیون‌ها به شکل زیر ایجاد شود:

$$\Delta X_t = \hat{\Gamma}_{21}' \Delta D_{1t} + \hat{\Gamma}_{22}' \Delta D_{2t} + \hat{u}_{2t} \quad (5)$$

$\hat{\Omega}$ و $\hat{\Lambda}$ ماتریس‌های کوواریانس بلندمدت هستند که از محاسبه باقیمانده‌های $\hat{u}_t = (\hat{u}_{1t}, \hat{u}_{2t})'$ به دست آمدند. در ادامه، داده‌های اصلاح شده به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$y_t^+ = y_t - \hat{\omega}_{12} \hat{\Omega}_{22}^{-1} \hat{u}_{2t} \quad (6)$$

و یک مقدار تخمینی بدون تورش از عبارت تصحیح به صورت زیر خواهد بود:

$$\hat{y}_{12}^+ = \hat{\Lambda}_{12} - \hat{\omega}_{12} \hat{\Omega}_{22}^{-1} \hat{\Lambda}_{22} \quad (7)$$

در این صورت تخمین زدن روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\hat{\theta} = \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\gamma}_1 \end{bmatrix} = \left(\sum_{i=1}^T Z_i Z_i' \right)^{-1} \left(\sum_{i=1}^T Z_i y_i^+ - T \begin{bmatrix} \hat{\lambda}_{12}' \\ 0 \end{bmatrix} \right) \quad (۸)$$

که در آن $Z_i = (X_i', D_i)'$ است (محمدی، ۱۳۹۲؛ حقیقت و اکبرموسوی، ۱۴۰۱).

۵. نتایج

جهت برآورد مدل تحقیق به روش FMOLS و به دست آوردن پارامترهای بلندمدت، نیاز است که ارتباط همجمعی متغیرهای $I(1)$ وجود داشته باشد؛ بنابراین در این بخش ابتدا پایایی متغیرهای تحقیق توسط آزمون ریشه واحد تعیین می‌شود. سپس با تعیین وقفه بهینه آزمون هم‌انباشتگی متغیرها بررسی خواهد شد. در ادامه نیز نتایج برآورد مدل به روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده ارائه شده است.

۱-۵. آزمون پایایی متغیرها

جهت آزمون پایایی متغیرهای مدل از آزمون دیکی - فولر تعمیم یافته (ADF) استفاده شد. نتایج در جدول (۳) ارائه شده است. براساس آماره آزمون دیکی - فولر تعمیم یافته همه متغیرهای تحقیق در سطح مانا نیستند و با یک بار تفاضل‌گیری در سطح یک مانا شدند.

جدول ۳: نتایج آزمون ریشه واحد دیکی - فولر تعمیم یافته

درجه هم-جمعی	تفاضل اول		در سطح		متغیر
	عرض از مبدأ و روند	عرض از مبدأ	عرض از مبدأ و روند	عرض از مبدأ	
I(1)	-۶/۰۹*	-۶/۱۳*	-۱/۹۰	-۱/۸۵	ESR
I(1)	-۱۰/۷۲*	-۱۰/۳۹*	-۲/۵۳	-۲/۴۵	NEE
I(1)	-۵/۴۶*	-۵/۵۱*	-۲/۰۱	-۰/۸۵	OPE
I(1)	-۶/۶۲**	-۶/۵۸*	-۳/۱۷	-۱/۸۵	UPG
I(1)	-۵/۳۱*	-۵/۳۶*	-۲/۰۵	-۰/۶۹	GDP
I(1)	-۴/۲۷*	-۴/۳۵*	-۱/۹۷	-۱/۲۵	IND
I(1)	-۴/۳۳*	-۴/۲۷*	-۲/۴۳	-۰/۱۲	TEC
I(1)	-۶/۹۱*	-۶/۲۹*	-۲/۹۶	-۰/۳۳	FD

نکته: * معنی در سطح یک درصد

منبع: یافته‌های پژوهش

۲-۵. تعیین وقفه بهینه و تعداد بردارهای هم‌انباشتگی

برای تعیین تعداد وقفه بهینه نتایج سه معیار آکائیک، شوارز بی‌زین و حنان کوئین شوارتز بی‌زین و حنان کوئین در جدول ۴ ارائه شده است. برای تعیین طول وقفه بهینه با توجه به کمتر بودن حجم

مشاهدات از صد، از معیار شوارتز بینزین استفاده شد. نتایج با توجه به نتایج جدول ۴ کمترین مقدار معیار شوارتز بینزین در وقفه یک به دست آمده است. بنابراین وقفه یک به عنوان وقفه بهینه انتخاب می‌شود. با توجه به اینکه متغیرهای مدل، دارای مرتبه هم‌انباشتگی یکسان بوده و همگی پایا در تفاضل مرتبه اول می‌باشند، می‌توان از آزمون هم‌انباشتگی جوهانسن - جوسیلیوس برای تعیین تعداد بردارهای همگرایی استفاده کرد. نتایج حاصل از ماتریس اثر و حداکثر مقدار ویژه با وقفه بهینه یک در جدول (۵) و (۶) آورده شده است.

جدول ۴: آزمون تعیین تعداد وقفه‌ی بهینه

معیار حنان کوئین HQ	معیار شوارز بینزین SBC	معیار آکائیک AIC	وقفه
-۴/۴۰۲	-۴/۱۷۳	-۴/۵۲۵	۰
-۱۰/۰۸۸	-۸/۰۲۶*	-۱۱/۱۹۳	۱
-۹/۹۳۹	-۶/۰۴۵	-۱۲/۰۲۷	۲
-۱۱/۶۴۱*	-۵/۹۱۴	-۱۴/۷۱۱*	۳

مأخذ: نتایج تحقیق

براساس نتایج جدول ۵ آماره آزمون ماتریس اثر، وجود سه بردار هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل تأیید می‌شود. براساس نتایج مربوط به آماره آزمون حداکثر مقادیر ویژه در جدول ۶ دو بردار هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل تأیید شده است. با توجه به نتایج بدست آمده از دو آزمون فوق، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه بلندمدت در سطح ۵ درصد بین متغیرهای تحقیق رد می‌شود و وجود حداقل یک رابطه بلندمدت بین متغیرهای تحقیق تأیید می‌شود.

جدول ۵: نتایج آزمون ماتریس اثر (λ trace)

سطح احتمال	مقادیر بحرانی	آماره ماتریس اثر	مقادیر ویژه	فرضیه صفر
۰/۰۰۰	۱۵۹/۵۲۹	۲۲۰/۳۲۴	۰/۸۷۰	$r = 0^*$
۰/۰۰۲	۱۲۵/۶۱۵	۱۴۴/۶۸۷	۰/۷۳۲	$r \leq 1^*$
۰/۰۴۹	۹۵/۷۵۳	۹۵/۸۳۴	۰/۵۱۵	$r \leq 2^*$
۰/۱۰۸	۶۹/۸۱۸	۴۴/۹۹۲	۰/۴۹۰	$r \leq 3$

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۶: نتایج آزمون حداکثر مقادیر ویژه (λ_{max})

فرضیه صفر	مقادیر ویژه	آماره ماتریس اثر	مقادیر بحرانی	سطح احتمال
$r = 0^*$	۰/۸۷۰	۷۵/۶۳۷	۵۲/۳۶۲	۰/۰۰۰
$r \leq 1^*$	۰/۷۳۲	۴۸/۸۵۲	۴۶/۲۳۱	۰/۰۲۵
$r \leq 2$	۰/۵۱۵	۲۶/۸۴۱	۴۰/۰۷۷	۰/۶۴۴
$r \leq 3$	۰/۴۹۰	۲۴/۹۳۶	۳۳/۸۷۶	۰/۳۸۹

منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۵. نتایج برآورد مدل

براساس نتایج آزمون پایایی مشخص شد که ارتباط همجمعی متغیرهای $I(1)$ وجود داشته است و طبق نتایج آزمون‌های ماتریس اثر و حداکثر مقدار ویژه حداقل یک بردار هم‌انباشتگی وجود دارد. لذا دو شرط اصلی روش FMOLS برقرار است. بنابراین در این مطالعه اثر بلایای طبیعی بر امنیت انرژی در ایران با استفاده از روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده (FMOLS) طی دوره (۲۰۱۸ - ۱۹۸۰) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج برآورد ضرایب مدل تحقیق در جدول (۷) ارائه شده است.

جدول ۷: نتایج برآورد مدل به روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده (FMOLS)

نماد	متغیر	ضرایب	خطای استاندارد	آماره t	احتمال
NEE	رویدادهای شدید طبیعی	۰/۴۸۵	۰/۱۴۴	۳/۳۴۸	۰/۰۰۲
GDP	تولید ناخالص داخلی	۱/۲۲۴	۰/۲۶۷	۴/۵۷۴	۰/۰۰۰
IND	صنعتی شدن	-۰/۲۳۳	۰/۱۲۸	-۱/۸۱۱	۰/۰۸۰
OPE	باز بودن تجارت	۰/۲۵۰	۰/۱۰۹	۲/۲۹۰	۰/۰۲۹
UPG	نرخ رشد جمعیت شهری	-۰/۲۰۰	۰/۱۰۸	-۱/۸۴۴	۰/۰۷۵
TEC	نوآوری تکنولوژیک	-۰/۱۹۸	۰/۰۵۲	-۳/۷۴۶	۰/۰۰۰
FD	توسعه مالی	۰/۱۰۸	۰/۲۵۵	۰/۴۲۲	۰/۶۷۸
C	ضریب ثابت	۱۰/۹۹۵	۳/۹۷۰	-۲/۷۶۹	۰/۰۰۹

R-squared	۰/۶۳۵	Adjusted R-squared	۰/۶۳۵	S.E. of regression	۱۳۴
Long-run variance	۰/۵۴۶	Sum squared resid	۰/۵۴۶	S.D. dependent var	۲۲۳
Mean dependent var	۱۰۳				۰/
	۷/				۰/

منبع: یافته‌های پژوهش

طبق نتایج جدول ۷ مقدار ضریب تعیین معادل $0/70$ درصد بود که نشان از خوبی برازش مدل دارد؛ لذا 70 درصد تغییرات متغیر وابسته به خوبی به وسیله متغیرهای توضیحی مدل نشان داده شده است. قبل از تفسیر نتایج لازم است به این نکته اشاره شود که برای سنجش امنیت انرژی از شاخص ریسک امنیت انرژی استفاده شده است. به عبارت دیگر هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد، ریسک تولید و عرضه انرژی بیشتر و امنیت انرژی کمتر است. طبق نتایج همه متغیرها بجز توسعه مالی در سطح 1 ، 5 و 10 درصد معنادار هستند.

ضریب متغیر بلایای شدید طبیعی در سطح یک درصد معنادار و اثر مثبتی بر ریسک امنیت انرژی دارد. افزایش یک درصدی در بلایای شدید طبیعی میزان شاخص ریسک امنیت انرژی را به میزان $0/485$ درصد افزایش می‌دهد. به عبارت دیگر بلایای طبیعی اثر منفی بر امنیت انرژی دارد و با افزایش تعداد بلایای شدید طبیعی امنیت انرژی در ایران کاهش خواهد یافت.

رشد اقتصادی یا متغیر تولید ناخالص داخلی از نظر آماری در سطح 1 درصد معنادار و اثر مثبتی بر شاخص ریسک امنیت انرژی دارد. افزایش یک درصدی در تولید ناخالص داخلی میزان شاخص ریسک امنیت انرژی را $1/224$ درصد افزایش می‌دهد.

ضریب صنعتی شدن یا سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی دارای علامت منفی و اثر معناداری در سطح 10 درصد در مدل تحقیق دارد. طبق نتایج افزایش یک درصدی در صنعتی شدن باعث می‌شود مقدار ریسک امنیت انرژی $0/233$ درصد کاهش یابد. به طوری که افزایش واحدهای صنعتی و استفاده از تکنولوژی‌های روز تولید باعث می‌شود امنیت انرژی بهبود یابد.

ضریب درجه باز بودن تجارت از نظر آماری معنادار در سطح 5 درصد و دارای رابطه مثبت با شاخص ریسک امنیت انرژی است. طبق نتایج افزایش یک درصدی در درجه باز بودن تجارت مقدار شاخص ریسک امنیت انرژی را $0/25$ درصد افزایش می‌دهد. لذا افزایش درجه باز بودن تجاری و آزادی اقتصادی باعث کاهش امنیت انرژی خواهد شد.

جهت بررسی تأثیر شهرنشینی از نرخ رشد این شاخص استفاده شد. این شاخص از نظر آماری در سطح 10 درصد معنادار و منفی است. طبق نتایج افزایش یک واحدی در نرخ رشد شهرنشینی می‌تواند مقدار شاخص ریسک امنیت انرژی را به میزان $0/20$ درصد کاهش دهد. یعنی هر چقدر نرخ رشد جمعیت شهری بیشتر شود امنیت انرژی در کشور کاهش خواهد یافت.

ضریب شاخص نوآوری تکنولوژیک که براساس تعداد اختراعات ثبت شده توسط ساکنان کشور اندازه‌گیری می‌شود در این مطالعه از نظر آماری در سطح یک درصد معنادار و دارای علامت منفی است. طبق نتایج افزایش یک درصدی در ثبت اختراعات در کشور باعث می‌شود میزان ریسک امنیت انرژی به میزان $0/198$ درصد کاهش یابد. این نتایج نشان می‌دهد که افزایش شاخص نوآوری تکنولوژیک در جهت افزایش بهره‌وری انرژی و توسعه انرژی‌های تجدید پذیر باشد می‌تواند وضعیت امنیت انرژی در کشور را بهبود دهد.

۴-۵. آزمون‌های ساختاری مدل

به منظور ارزیابی وجود رابطه بلندمدت میان متغیرها در مدل FMOLS از آزمون‌های هم‌انباشتگی هانسن و پارک در جدول ۸ استفاده شده است. هر دو آزمون فرضیه صفر هم‌انباشتگی بودن متغیرها را آزمون می‌کنند. طبق نتایج آماره ضریب لاگرانژ آزمون هانسن معادل ۰/۷۵۷ است که از نظر آماری معنادار نیست و حاکی از پذیرش فرضیه صفر مبنی بر هم‌انباشتگی و وجود رابطه بلندمدت میان متغیرها است. آماره کای دو آزمون پارک معادل ۴/۰۸ و معنی‌دار نیست. نتایج حاکی از عدم رد فرضیه صفر هم‌انباشتگی است و رابطه بلندمدت بین متغیرهای تحقیق را تأیید می‌کند.

جدول ۸: نتایج آزمون‌های هم‌انباشتگی^۱ و نرمالیتی

احتمال	مقدار آماره	نوع آزمون	آزمون‌ها
۰/۱۱۱	۰/۷۵۷	آماره LC	آزمون هم‌انباشتگی عدم پایداری هانسن ^۲
۰/۱۳۰	۴/۰۸۰	آماره χ^2	آزمون هم‌انباشتگی متغیرهای اضافه شده پارک ^۳
۰/۴۷۱	۱/۵۰۲	آماره JB	آزمون نرمال بودن جمله خطاها

منبع: یافته‌های پژوهش

آماره جاک - برا برای آزمون نرمال بودن جمله خطا معادل ۱/۵۰۲ است که فرضیه صفر مبنی بر نرمال بودن رد نمی‌شود و نشان می‌دهد که باقیمانده‌ها دارای توزیع نرمال است. برای بررسی وجود خودهمبستگی از آزمون همبستگی نگار Q_4 ، استفاده شد. نتایج آماره توابع خودهمبستگی (AC) ۵ و ضرایب خودهمبستگی جزئی (PAC) ۶ در جدول ۹ نشان می‌دهد که مدل تحقیق فاقد ایرادات خودهمبستگی یا تصریح غلط مدل است و مدل به طور مناسب تصریح شده است.

برای تشخیص وجود اثرات واریانس ناهمسانی از آزمون همبستگی مربعات باقیمانده^۷ استفاده شد. نتایج دو آزمون (AC) تشخیص وجود اثرات خودهمبستگی واریانس همسانی شرطی (ARCH) و آزمون (PAC) تشخیص اثرات خودهمبستگی واریانس همسانی شرطی تعمیم‌یافته (GARCH) در جدول ۹ نشان می‌دهد که وجود اثرات واریانس ناهمسانی در مدل مورد بررسی مشاهده نمی‌شود و الگوی ARCH و GARCH در پسماندها نخواهیم داشت.

1. Cointegration Test
2. Hansen Parameter Instability
3. Park Added Variables
4. correlogram q statistic
5. Autocorrelation
6. Partial Correlation
7. Correlogram of squared residuals

جدول ۹: نتایج آزمون‌های خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی

ردیف	آزمون خودهمبستگی				آزمون واریانس ناهمسانی			
	Prob*	Q-Stat	PAC	AC	Prob*	Q-Stat	PAC	AC
۱	۰/۲۷	۱/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۲۴	۱/۳۹	۰/۱۸	۰/۱۸
۲	۰/۵۲	۱/۳۲	-۰/۰۸	-۰/۱۱	۰/۳۹	۱/۸۸	-۰/۱۵	-۰/۱۱
۳	۰/۷۲	۱/۳۲	۰/۰۲	-۰/۱۱	۰/۴۹	۲/۴۳	-۰/۰۷	-۰/۱۱
۴	۰/۷۵	۱/۹۲	-۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۶۲	۲/۶۶	۰/۱۰	۰/۰۷
۵	۰/۳۶	۵/۴۷	-۰/۲۴	۰/۱۳	۰/۶۳	۳/۴۷	۰/۰۸	۰/۱۳
۶	۰/۴۰	۶/۲۳	-۰/۰۶	-۰/۱۹	۰/۵۳	۵/۱۳	-۰/۲۴	-۰/۱۹
۷	۰/۵۱	۶/۲۳	۰/۰۰	-۰/۱۵	۰/۵۲	۶/۱۹	-۰/۰۳	-۰/۱۵
۸	۰/۲۷	۹/۹۹	-۰/۳۳	-۰/۰۶	۰/۶۰	۶/۳۸	-۰/۰۵	-۰/۰۶
۹	۰/۳۵	۹/۹۹	۰/۰۴	۰/۲۲	۰/۴۵	۸/۸۱	۰/۱۹	۰/۲۲
۱۰	۰/۴۲	۱۰/۱۹	-۰/۱۰	۰/۲۲	۰/۳۲	۱۱/۴۸	۰/۱۵	۰/۲۲

منبع: یافته‌های پژوهش

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مطالعه برای اولین بار به بررسی اثر بلایای شدید طبیعی بر ریسک امنیت انرژی در ایران طی دوره زمانی (۱۹۸۰ - ۲۰۱۸) پرداخته‌ایم. جهت برآورد مدل از روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده (FMOLS) استفاده شد. طبق نتایج متغیر بلایای شدید طبیعی اثر منفی و معناداری بر امنیت انرژی در ایران دارند که با نتایج مطالعه کیو و همکاران (۲۰۲۳)، لی و همکاران (۲۰۲۱)، راکشیت (۲۰۲۱)، وی و همکاران (۲۰۲۳) و ژائو و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد. شاخص درجه باز بدون تجارت اثر منفی و معناداری بر امنیت انرژی طی دوره مورد مطالعه دارد که نتایج مطالعات کیو و همکاران (۲۰۲۳)، وی و همکاران (۲۰۲۳) و لی و پارک (۲۰۲۱) را تأیید می‌کند. شاخص صنعتی شدن اثر مثبت و معناداری بر امنیت انرژی در ایران دارد که نتایج این بخش موافق نتایج تحقیق کیو و همکاران (۲۰۲۳) است. نرخ رشد شهرنشینی نیز اثر مثبت و معناداری بر امنیت انرژی طی دوره مورد مطالعه دارد که نتایج مطالعه کیو و همکاران (۲۰۲۳) را رد می‌کند. نوآوری تکنولوژیک اثر مثبت و معنی‌داری بر امنیت انرژی دارد. توسعه مالی اثر معنی‌داری بر امنیت انرژی نداشت. متغیر تولید ناخالص داخلی اثر منفی و معناداری بر امنیت انرژی دارد. نتایج این بخش مخالف نتایج پژوهش کیو و همکاران (۲۰۲۳) و لی و پارک (۲۰۲۱) است و با نتایج وی و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد. بلایای طبیعی بخش‌گریزناپذیری از حیات است که ابعاد مختلف زندگی انسان‌ها را تهدید می‌کند. بلایای طبیعی ممکن است برخی روندهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی بلندمدت‌تر در جامعه ایجاد کنند که آثار آن تا دهه‌ها برای کشورهای پیامدهای اقتصادی داشته باشد. جایگاه بلایای طبیعی و

تأثیر آن بر دیگر متغیرها در کشور فاجعه‌خیزی چون ایران، باید مورد توجه ویژه‌ای قرار گیرد. بلایای طبیعی باید دروازه‌ای به سوی نگاه علمی، راهبردی و دقیق به این رویدادها و پیامدهای اجتماعی، سیاسی و اقتصادی آنها باشد. افزایش قابل توجه سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و ساز و کارهای مرتبط با پیشگیری از بحران و مدیریت آن و توجه جدی به شاخص‌های زمینه‌ای مثل اعتماد و مشروعیت سیاسی برای تسهیل عملکرد حکومت در شرایط بحران باشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد سیاست-گذاران در برنامه‌ریزی برای بهبود امنیت انرژی باید به محیط طبیعی و بخصوص بلایای طبیعی توجه کافی نمایند. به طوری که مداخلات سیاستی مناسب می‌تواند به کاهش اثرگذاری رویدادهای شدید طبیعی بر امنیت انرژی کمک کند.

توجه به مسائل زیست محیطی برای مواجهه با بلایای طبیعی تبدیل به آگاهی عمومی در جوامع مختلف شده است. اهمیت توجه به مسئله امنیت انرژی برای کشورمان که در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار دارد و با محدودیت جدی مواجه است توصیه‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

تأمین اعتبارات کافی با ارتقای همکاری‌ها با سازمان‌های بین‌المللی: کمبود اعتبارات یکی از اصلی‌ترین موانع اجرای مواد قانونی تصویب شده در برنامه‌های توسعه و پیشبرد اهداف تعیین شده در زمینه مسائل زیست محیطی کشور است.

اتخاذ رویکرد مدیریت جامع و یکپارچه محیط زیست کشور: در کشور ما محیط زیست مسئول و متولی خاصی ندارد و دستگاه‌های متعددی مانند سازمان حفاظت محیط زیست، سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری، بخش آب وزارت نیرو و سازمان شیلات ایران هر یک مسئول بخشی از مسائل زیست محیطی کشور هستند و متأسفانه ساز و کارهای هماهنگی بین این دستگاه‌ها وجود ندارد.

به کارگیری سیاست‌های مدیریت انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشور؛ ارتقای فرهنگ و سواد زیست محیطی جامعه برای تقویت روحیه همکاری شهروندان با سیاست-های محیط زیست.

تعارض منافع

در این پژوهش هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

این پژوهش با مشارکت پروین علی مرادی افشار، وحید عزیزی و سمیه فاتحی انجام شده است.

References

- Ang, B., Choong, W., Ng, T., (2015). A framework for evaluating Singapore's energy security. *Appl. Energy* 148, 314-325. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.03.088>.
- Augutis, J., Krikštolaitis, R., Martišauskas, L., Pečiulyte', S., Žutautaitė', I., (2017). Integrated energy security assessment. *Energy* 138, 890-901. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.113>.
- Ayodele, B. V., Mustapa, S. I., Mohammad, N., & Shakeri, M. (2021). Long-term energy demand in Malaysia as a function of energy supply: A comparative analysis of nonlinear autoregressive exogenous neural networks and multiple non-linear regression models. *Energy Strategy Reviews*, 38, Article 100750. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100750>
- Ayres, R. and Nair, I. (1984) 'Thermodynamics and economics', *Physics Today*, Vol 35, 1984, pp 62-71.
- Azzarri, C., & Signorelli, S. (2020). Climate and poverty in Africa South of the Sahara. *World Development*, 125, 104691.
- Babonneau, F., Kanudia, A., Labriet, M., Loulou, R., Vial, J. (2012). Energy Security: A Robust Optimization Approach to Design a Robust Asia. *Asian Development Bank Economics Working Paper Series*, (399), 17-14.
- Bamisile, O., Ojo, O., Yimen, N., Adun, H., Li, J., Obiora, S., Huang, Q. (2021). Comprehensive functional data analysis of China's dynamic energy security index, *Energy Reports*, Volume 7, November 2021, Pages 6246-6259
- Behrens, A., Egenhofer, C., & Checchi, A. (2009). Long-term energy security risks for Europe: a sector-specific approach. *CEPS Working Documents* 309, Centre for European Policy Studies, Brussels, Belgium. International Energy Agency
- Berndt, E. R. (1978) 'Aggregate energy, efficiency, and productivity measurement', *Annual Review of Energy*, Vol 3, 1978, pp 225-273.
- Chandra Voumik, L., & Sultana, T. (2022). Impact of urbanization, industrialization, electrification and renewable energy on the environment in BRICS: Fresh evidence from novel CS-ARDL model. *Heliyon*, 8(11), Article e11457. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11457>.
- Chen, P., Wu, Y., Meng, J., He, P., Li, D., Coffman, D. M., Liang, X., & Guan, D. (2022). The heterogeneous role of energy policies in the energy transition of Asia-Pacific emerging economies. *Nature Energy*, 9.
- Chu, L. K., Ghosh, S., Doğan, B., Nguyen, N. H., & Shahbaz, M. (2023). Energy security as new determinant of renewable energy: The role of economic complexity in top energy users. *Energy*, 263, Article 125799. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125799>
- Dahmardeh, N., Safdari, M., & Shahiki Tash, M. (2010). The Effect of Macroeconomic Indices on Income Distribution in Iran. *Iranian Journal of Trade Studies*, 14(54), 25-55. (In Persian)

- Doytch, N., & Klein, Y. L. (2017). The impact of natural disasters on energy consumption: An analysis of renewable and nonrenewable energy demand in the residential and industrial sectors. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 37(1), 37–45. <https://doi.org/10.1002/ep.12640>
- Dyer Hugh, Trombetta Maria Julia (2013), *International Handbook of Energy Security*, Cheltenham, Edward Elgar Publishing.
- Hafezi, R., Souhankar, A. (2023). Energy Security in a Resource-Rich Economy: Case of Iran. *The Handbook of Energy Policy*, pp 1–31
- Haghighat, J., & Akbar Mousavi, S. (2022). *Advanced applied econometrics*, second edition, Tehran: Noor Alam Publications. (In Persian)
- Kalkuhl, M., & Wenz, L. (2020). The impact of climate conditions on economic production. Evidence from a global panel of regions. *Journal of Environmental Economics and Management*, 103, 102360. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102360>
- Imamqolipour Sefid Dashti, S. (2014). *The economics of natural disasters*. Tehran: Noore Elm
- Karasoy, A. (2022). Is innovative technology a solution to Japan's long-run energy insecurity? Dynamic evidence from the linear and nonlinear methods. *Technology in Society*, 70, Article 102029. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102029>
- Kanani maman, Y. (2018). The framework of Energy security impact on the optimal energy supply models based on scenario and stochastic models. *Strategic Studies of public policy*, 8(27), 49-66.
- Kelly-Pitou, K., Ostroski, A., Contino, B., Grainger, B. M., Kwasinski, A., & Reed, G. F. (2017). Microgrids and resilience: Using a systems approach to achieve climate adaptation and mitigation goals. *The Electricity Journal*, 30(10), 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2017.11.008>
- Kuik, Onno, 2003. "Climate change policies, energy security and carbon dependency: trade-offs for the European Union in the longer term," *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 3: 221–242, 2003.
- Kundu, D., Dutta, D., Samanta, P., Dey, S., Sherpa, K. C., Kumar, S., & Dubey, B. K. (2022). Valorization of wastewater: A paradigm shift towards circular bioeconomy and sustainability. *Science of the Total Environment*, 848, Article 157709. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157709>
- Le, T. H., & Park, D. (2021). What drives energy insecurity across the world? A panel data analysis. *Energy Research & Social Science*, 77 (2021), Article 102093. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102093>
- Le, T.-H., & Nguyen, C. P. (2019). Is energy security a driver for economic growth? Evidence from a global sample. *Energy Policy*, 129, 436–451.
- Lee, C. C., & Wang, C. (2022). Financial development, technological innovation and energy security: Evidence from Chinese provincial experience. *Energy Economics*, 112, Article 106161. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106161>

- Lee, C. C., Yuan, Z., & Wang, Q. (2022). How does information and communication technology affect energy security? International evidence. *Energy Economics*, 109, Article 105969. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105969>
- Lee, C., Wang, C. W., Ho, S. J., & Wu, T. (2021). The impact of natural disaster on energy consumption: International evidence. *Energy Economics*, 97, 105021. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.105021>
- Li, B., & Haneklaus, N. (2022). The potential of India's net-zero carbon emissions: Analyzing the effect of clean energy, coal, urbanization, and trade openness. *Energy Reports*, 8, 724–733. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.241>
- Li, P., & Zhang, J. (2019). Is China's energy supply sustainable? New research model based on the exponential smoothing and GMM (1,1) methods. *Energies*, 12(2), 236. <https://doi.org/10.3390/en12020236>
- Lin, B., Raza, M.Y. (2020) Analysis of energy security indicators and CO2 emissions. A case from a developing economy. *Energy*, 200, 117575.
- Liu, J., Li, X., & Zhong, S. (2022). Does innovation efficiency promote energy consumption intensity? New evidence from China. *Energy Reports*, 8, 426–436. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.05.096>
- Ma, B., & Yu, Y. (2017). Industrial structure, energy-saving regulations and energy intensity: Evidence from Chinese cities. *Journal of Cleaner Production*, 141, 1539–1547. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.221>
- Milošević, Z., Veskovic, M., Gavrilov, M. B., Lukić, T., & Marković, S. B. (2013). Using natural disasters to instigate radical policy changes – the effect of Fukushima nuclear power plant accident on nuclear energy policies. *Acta Geographica Slovenica*, 53(1), 181–189. <https://doi.org/10.3986/ags53303>
- Mohammadi, T., & NabiZadeh, A. H. (2013). Investigating the Relationship between Real Exchange Rate Misalignment and Imports of Intermediate-Capital and Consumer Goods in Iran. *Economics Research*, 13(51), 113-149. (In Persian)
- Murshed, M. (2021). Can regional trade integration facilitate renewable energy transition to ensure energy sustainability in South Asia? *Energy Reports*, 7, 808–821. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.01.038>
- Nepal, R., Paija, N., Tyagi, B., & Harvie, C. (2021). Energy security, economic growth and environmental sustainability in India: Does FDI and trade openness play a role? *Journal of Environmental Management*, 281, Article 111886. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111886>
- NOAA (2022) Climate change impacts. National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/climate/climate-change-impacts>
- Owusu, P. A., & Sarkodie, S. A. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Engineering*, 3(1), 1167990. <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990>
- Phillips, P. C. B. & Hansen, B. (1990). “Statistical Inferences in Instrumental Variables Regression with I(1) Processes”. *The Review of Economic Studies*, 57(1), 99-125.

- Qiu, L., Wang, X., Wei, J. (2023). Energy security and energy management: The role of extreme natural events, *Innovation and Green Development*, 2 (2): June 2023, 100051, 1 – 9
- Rakshit, B. (2021). Impact of natural disasters on energy consumption: evidence from Indian states. *Energy Research Letters*, 2(3). <https://doi.org/10.46557/001c.27017>
- Rehman, S. A. U., Cai, Y., Fazal, R., Das Walasai, G., & Mirjat, N. H. (2017). An integrated modeling approach for forecasting long-term energy demand in Pakistan. *Energies*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/en10111868>. Article 11.
- Santos, A. J. L., & Lucena, A. F. (2021). Climate change impact on the technical-economic potential for solar photovoltaic energy in the residential sector: a case study for Brazil. *Energy and Climate Change*, 2, 100062. <https://doi.org/10.1016/j.egycc.2021.100062>
- Soleimani, Y(2022), Scientific Monthly "Economic Security", research paper, 10th year, 3rd issue (consecutive 98, June 1401, pp. 65-74) Energy security considerations regarding the summit Global Environment Glasgo
- Sovacool, B. K. (2014). Environmental issues, climate changes, and energy security in developing European Energy Supply via TIAM-WORLD. *Environmental Modeling & Assessment*, 17, 19–37 (<https://doi.org/10.1007/s10666-011-9273-3>)
- Stern, D.I. (1993). Energy and economic growth in the U.S.A., A multivariate approach, *Energy Economics* 15, 37- 150.
- Tashkini, A. (2006). *Applied Econometrics with the Microfit*. Tehran: Tehran Dibagaran Publications . (In Persian)
- Tete, K. H. S., Soro, Y. M., Sidib_e, S. S., & Jones, R. V. (2023). Assessing energy security within the electricity sector in the West African economic and monetary union: Intercountry performances and trends analysis with policy implications. *Energy Policy*, 173, Article 113336. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113336>
- Tippee, B. (2012). “Defining Energy Security”, *Oil and Gaz Journal*, Available at: [1c/regular-features/journally-speaking/defining-energy-security.html](http://regular-features/journally-speaking/defining-energy-security.html), (06.07.2014).
- Voskresenskaia, E.(2019). Environmental and legal aspects of energy security in Russia. *Global Journal of Health Sciences and Research*, 8-10. 10.31483/r-33020. <https://doi.org/10.31483/r-33020>
- Wang, D., Tian, S., Fang, L., Xu, Y., 2020. A functional index model for dynamically evaluating China’s energy security. *Energy Policy* 147,111706. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111706>.
- Wang, J., Ghosh, S., Olayinka, O. A., Do_gan, B., Shah, M. I., & Zhong, K. (2022). Achieving energy security amidst the world uncertainty in newly industrialized economies: The role of technological advancement. *Energy*, 261, Article 125265. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125265>

- Wei, Jia., Wen, Jun., Wang, Xiao-Yang., Ma, Jie. & Chang, Chun-Ping. (2023). Green innovation, natural extreme events, and energy transition: Evidence from Asia-Pacific economies. *Energy Economics*, 121 (2023): 106638. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106638>
- Yang, H. C., Feng, G. F., Zhao, X. X., & Chang, C. P. (2022). The impacts of energy insecurity on green innovation: A multi-country study. *Economic Analysis and Policy*, 74, 139–154. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2022.01.017>
- Yu, Y., Li, C., Fu, Y., & Yang, W. (2023). A group decision-making method to measure national energy architecture performance: A case study of the International Energy Agency. *Applied Energy*, 330, Article 120285. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120285>
- Zhang, Y., Alharthi, M., Ahtsham Ali, S., Abbas, Q., & Taghizadeh-Hesary, F. (2022). The eco-innovative technologies, human capital, and energy pricing: Evidence of sustainable energy transition in developed economies. *Applied Energy*, 325, Article 119729. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119729>
- Zhao, Xin-Xin., Zheng, Mingbo. & Fu, Qiang. (2022). How natural disasters affect energy innovation? The perspective of environmental sustainability. *Energy Economics*, 109 (2022): 105992, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105992>

Investigating the effect of natural disasters on energy security in Iran

Parvin Ali Moradi Afshar¹

Vahid Azizi²

Somaieh Fatehi³

Received: 2023-8-20

Accepted: 2023-10-12

Introduction:

In recent years, economic development and public welfare are not possible without reliable and sustainable energy sources. Therefore, providing energy security is one of the basic priorities of every society and government. On the other hand, energy security is closely related to human life and productive activities and is strongly related to the increase in the number of extreme natural events in the past decades. Natural disasters can have different effects on energy consumption depending on the type of disaster and the desired energy source. Emergency food products can be useful for disaster situations, and carbon absorption is one of the solutions that can greatly reduce greenhouse gas emissions. The search for better energy performance of buildings and the use of alternative energies along with the rationalization of energy consumption can be directly related to reducing the emission of pollutants in the atmosphere and reducing negative effects on the environment. However, the transition to renewable energy sources requires careful planning and implementation to ensure energy security and prevent negative environmental impacts, natural disasters also have significant implications for energy security, extreme weather events such as drought droughts and floods can affect the availability and reliability of energy resources, especially hydropower. Therefore, it is important to consider the potential effects of climate change on energy systems and to develop adaptation strategies for Ensure energy security. Therefore, dealing with climate change and ensuring energy security are two important challenges of today's society. Transitioning to renewable energy sources can reduce climate change, but requires careful planning and implementation to ensure energy security. In addition, it is important to consider the potential impacts of climate change on energy systems and develop adaptation strategies to ensure energy security. Therefore, dealing with and managing severe natural disasters is necessary to ensure and manage energy security. Therefore, considering the importance of energy security on one hand and limited research on the other hand, it is necessary to depict the impact of extreme natural events on energy security. Therefore, considering the increasing frequency of natural disasters and energy security, how natural disasters affect energy security is significant and debated, which few

1. Assistant Prof. Economics, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Corresponding Author Email: pam.afshar@uok.ac.ir

2. Msc. Economics, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. Email: Vahidazizi8@gmail.com

3. Msc. Economics, Faculty of humanities, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

literatures addressed. So, the aim of this research is to fill this theoretical gap. So that this study examines the impact of severe natural events on energy security from a theoretical point of view and finds important management solutions to reduce the impact of natural disasters on energy security

Methodology: In this research, due to the fact that the degree of significance of all research variables was of the first order and with the difference of the first order of significance, to estimate the research model, it is possible to use co-accumulation methods to avoid creating false regression and misleading results. In econometric literature, various methods were introduced to check the existence of long-term relationship between variables. Therefore, this research uses fully modified least squares (FMOLS) cointegration method to estimate the research model. The fully modified least squares method by Phillips and Hansen (1990) to examine long-run relationships and estimate a co-integrated relationship that has a combination of $I(1)$; It was introduced and developed. This method uses a quasi-parametric correction to eliminate problems caused by long-term correlation between co-accumulation equations and changes in random variables. Characteristics of this estimator; They are highly consistent and asymptotically distributed normally without skew and provide better results in small samples. It also provides modified standard deviation that allows statistical inferences to be made. In fact, the fully modified least squares method applies two corrections of distortion and endogeneity to the ordinary least squares method. On the other hand, the FMOLS method is not affected by the length of the interval and is asymptotically unbiased and has a fully efficient combination of asymptotes when all variables are endogenous. In fact, by means of this method, an optimal estimate of the cointegration vector can be estimated.

Findings:

In this study, for the first time, we have examined the effect of severe natural disasters on the risk of energy security in Iran during the period (1980-2018). To estimate the model, fully modified least squares (FMOLS) method was used. According to the variable results, severe natural disasters have a negative and significant effect on energy security in Iran, which is in agreement with the results of the study by Qiu et al. (2023), Lee et al. (2021), Rakshit (2021), Wei et al. (2022) corresponds. Open degree index without trade has a negative and significant effect on energy security during the studied period, which confirms the results of Qiu et al. (2023), Wei et al. (2023) and Lee and Park (2021) studies. The industrialization index has a positive and significant effect on energy security in Iran, and the results of this section agree with the results of Q et al.'s (2023) research. The growth rate of urbanization also has a positive and significant effect on energy security during the studied period, which rejects the results of Q et al.'s study (2023). Technological innovation has a positive and significant effect on energy security. Financial development had no significant effect on energy security. The GDP variable has a negative and significant effect on energy security. The results of this section are contrary to the research results of Qi et al.

(2023) and Lee and Park (2021) and are consistent with the research results of Wei et al. (2023).

Discussion and Conclusion:

Natural disasters are an inevitable part of life that threaten different aspects of human life. Natural disasters may create some long-term social, economic and environmental trends in the society, whose effects have economic consequences for the country for decades. The position of natural disasters and its effect on other variables in a disaster-prone country like Iran should be given special attention. Natural disasters should be a gateway to a scientific, strategic and accurate look at these events and their social, political and economic consequences. Significant increase in investment in infrastructures and mechanisms related to crisis prevention and management; And serious attention should be paid to basic indicators such as trust and political legitimacy to facilitate the functioning of the government in crisis conditions. The results of this study show that policy makers should pay enough attention to the natural environment and especially natural disasters in planning to improve energy security. So that appropriate policy interventions can help reduce the impact of extreme natural events on energy security.

Policy recommendations:

Paying attention to environmental issues to face natural disasters has become public knowledge in different societies. The importance of paying attention to the issue of energy security for our country, which is located in a dry and semi-arid climate and faces serious limitations, the following recommendations are suggested:

- 1- Providing sufficient credits by promoting cooperation with international organizations: Lack of credits is one of the main obstacles to the implementation of legal articles approved in the development programs and advancing the goals set in the field of environmental issues of the country.
- 2- Adopting the approach of comprehensive and integrated management of the country's environment: In our country, the environment does not have a specific responsible and trustee, and several institutions such as the Environmental Protection Organization, the Forests and Ranges and Watershed Organization, the Water Department of the Ministry of Energy, and the Iranian Fisheries Organization are each responsible for a part of environmental issues. country and unfortunately there is no coordination mechanism between these institutions.
- 3- Promotion of culture and environmental literacy of society to strengthen the spirit of cooperation of citizens with environmental policies
- 4- Application of greenhouse gas emission management policies in the country

Keywords:

energy security, natural disasters, generalized nonlinear moments method

JEL Classification: C22, Q40, Q54