نقش نوآوری محیط‌زیستی، توسعه مالی و ریسک مالی بر انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

بختیار جواهری[1]، وحید عزیزی[2]، صلاح‌الدین منوچهری[3]

چکیده

استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در جهت مقابله با تغییرات اقلیمی، گرمایش زمین، کاهش فشارهای محیطی و تضمین امنیت انرژی در اقتصادهای درحال توسعه از جمله ایران ضروری است. ازاین‌رو تحلیل عوامل مؤثر بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر حائز اهمیت است. در پژوهش‌های قبلی نقش توسعه مالی، ریسک مالی و نوآوری محیط‌زیستی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر کمتر مورد توجه واقع شده است. بنابراین هدف این پژوهش بررسی اثر مستقل و تعاملی توسعه مالی، ریسک مالی و نوآوری محیط‌زیستی بر انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) طی دوره زمانی (۲۰۲۲ – ۱۹۹۰) است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که متغیرهای نوآوری محیط‌زیستی و توسعه مالی اثر مثبت و ریسک مالی اثر منفی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. از طرفی، توسعه مالی و ریسک مالی به ترتیب باعث تقویت و تضعیف اثر نوآوری محیط‌زیستی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر شده است. سایر نتایج نشان می‌دهد که رشد اقتصادی و باز بودن تجاری اثر افزایشی و انتشار گازهای گلخانه‌ای اثر کاهشی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. بر اساس نتایج پژوهش، پیشنهاد می‌شود که با کاهش ریسک و بهبود منابع مالی در جهت افزایش نوآوری‌های محیط‌زیستی، سهم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور افزایش پیدا کند.

واژگان کلیدی: توسعه مالی، ریسک مالی، نوآوری محیط‌زیستی، انرژی تجدیدپذیر، ایران.

Keywords: Financial Development, Financial Risk, Environmental Innovation, Renewable Energy, Iran.

---

[1]. دانشیار، گروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران (نویسنده مسئول) b.javaheri@uok.ac.ir

[2]. دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد نظری، گروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. Vahidazizi8@gmail.com

[3]. پسادکتری گروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. s.manochehri@uok.ac.ir

JEL Classification: G32, O31, Q32, Q55.

۱- مقدمه

با توجه به روند سریع افزایش جمعیت و به دنبال آن افزایش تقاضای انرژی از یک طرف و محدودیت منابع انرژی از طرف دیگر، در آینده‌ای نه چندان دور جهان دچار بحران انرژی خواهد شد. انرژی به عنوان جزء مهمی در توسعه جوامع برای دستیابی به توسعه و شکوفایی اقتصادی لازم است. انرژی به دو دسته انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم‌بندی می‌شود که با توجه به افزایش دمای کره زمین و افزایش گازهای ناشی از سوخت‌های فسیلی و بحران آلودگی‌های محیط‌زیستی، تغییرات آب و هوایی و آثار نامطلوب بلندمدت برای اکوسیستم و اقتصاد جهانی، منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک حائز اهمیت بوده و توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر بیش از پیش افزایش یافته است (باتاچاریا، ۲۰۱۹: ۵۲). از این رو کشورها و شرکت‌های مختلف در صدد افزایش سهم این نوع انرژی در چرخه تولید هستند. افزایش فعالیت‌های تولیدی و صنعتی در اغلب کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته با حجم بالایی از مصرف منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر همراه شده است. انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان سوخت‌های جایگزین مزایای زیادی دارند (باتاچاریا، ۲۰۱۹: ۵۳) از جمله: ۱) کاهش انتشار گاز کربن‌دی‌اکسید، ۲) امنیت عرضه انرژی، ۳) دستیابی به منابع انرژی بهبودیافته و ۴) سایر آثار انرژی‌های تجدیدپذیر مانند کاهش وابستگی به واردات با توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر.

تجربه کشورهای مختلف از جمله ترکیه، چین، مالزی، فنلاند، سوئد، برزیل و سنگاپور (وسیمان[1]، ۲۰۲۰: ۲۳۵؛ وو[2]، ۲۰۱۰: ۱۱۵؛ مرادانا[3]، ۲۰۱۷: ۱۰؛ پیو[4]، ۲۰۲۰: ۵۰ و میران[5]، ۲۰۲۱: ۴۱۸۹) نشان می‌دهد که در صنایع مختلف کارخانه‌ای مانند مواد غذایی، پتروشیمی، سلولزی و معدنی، سرعت بالای نوآوری محیط‌زیستی موجب رشد اقتصادی و رونق بازار این کشورها شده است. توانایی در نوآوری محیط‌زیستی، شرکت‌ها را تشویق می‌کند تا برای ارائه محصول جدید

---

1. Wusiman
2. Wu
3. Maradana
4. Pio
5. Meirun

سازگار با محیط زیست به سرعت و با استفاده از سیستم‌ها و فناوری‌های جدید تلاش کنند. در نتیجه این امر به ایجاد مزیت رقابتی کمک خواهد کرد (راجاپاتیرانا و و هوی[1]، ۲۰۱۸: ۵۰). کسب مزیت رقابتی در حوزه محصولات انرژی‌های تجدیدپذیر از طریق دستیابی به فناوری‌های توسعه‌یافته و نوآوری‌های محیط‌زیستی امکان‌پذیر می‌شود. نوآوری‌های محیط‌زیستی آثار قابل توجهی بر توسعه و تکمیل چرخه‌ی تولید انرژی‌های تجدیدپذیر می‌گذارد و می‌تواند زمینه‌ساز محیط رقابتی برای فعالین این صنعت باشد. در محیط رقابتی، توسعه و حفظ یک مزیت رقابتی برای کلیه شرکت‌ها و سازمان‌های فعال در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر امری حیاتی محسوب می‌شود. از سوی دیگر در کنار ایجاد نوآوری و بهره‌مندی از قابلیت‌های آن، نیاز به تأمین مالی و توسعه ابزارهای مالی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر نیز اهمیت زیادی دارد.

توسعه مالی نقشی مهمی در توسعه‌ی اقتصاد دارد و شامل ایجاد و گسترش نهادها، ابزارها و بازارهایی است که از سرمایه‌گذاری و فرآیند رشد حمایت می‌کنند (فیتز، ۲۰۰۶: ۱۰۸۵). توسعه مالی می‌تواند با بهبود فرآیند انتقال سرمایه از پس‌انداز کنندگان به درخواست‌کنندگان وجوه مالی و با افزایش ارائه خدمات مالی توسط مؤسسات مالی، موجب افزایش بهره‌وری در سرمایه‌گذاری و تولید شود (کیم و لین، ۲۰۱۱: ۳۱۱)[2]. از این رو، توسعه مالی می‌تواند نقش مهم و تأثیرگذاری در کاهش انتشار آلاینده‌ها داشته باشد. زیرا توسعه مالی و به دنبال آن ثبات مالی می‌تواند انگیزه‌های مالی و اعتبار لازم را برای بنگاه‌ها فراهم کند تا از فناوری محیط‌زیستی بالا در فرآیند تولید انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده کنند. همچنین بخش مالی توسعه‌یافته باثبات از طریق تخصیص بهینه منابع مالی می‌تواند به عنوان یک محرک مهم در افزایش رشد اقتصادی عمل کند و در سطوح بالاتر رشد اقتصادی منجر به کاهش تخریب‌های محیط‌زیستی شود. وی و وو[3] (۲۰۲۳) طی مطالعه‌ای به این نتیجه رسیدند که توسعه مالی آثار قابل توجهی بر تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور چین داشته و باعث توسعه این انرژی‌ها شده است. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که توسعه مالی باعث ارتقای نوآوری انرژی‌های تجدیدپذیر، تشکیل سرمایه شرکت‌ها و در نتیجه رشد صنعت شده است. یکی دیگر از مولفه‌های مالی اثرگذار بر انرژی‌های تجدیدپذیر، ریسک مالی

---

[1]. Rajapathirana & Hui
[2]. Kim and Lin
[3]. Wei and Wu

است که می‌تواند آثار منفی قابل توجهی بر انرژی‌های تجدیدپذیر داشته باشد. ژائو و همکاران[1] (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به این نتیجه رسیدند که ریسک مالی اثر معنی‌دار و مستقیمی بر روی انتشار جهانی کربن داشته است. به عبارت دیگر، ریسک مالی اثر مستقیم بر انتشار کربن جهانی دارد و از طرفی، می‌تواند با توسعه و ارتقای نوآوری‌های فنی، تأثیر غیرمستقیم بر انتشار کربن‌دی‌اکسید داشته باشد. آثار ریسک مالی و نوآوری‌های فناوری بر انتشار کربن‌دی‌اکسید در کشورهای مختلف متفاوت است. نوآوری فناوری و ریسک مالی اثر بازدارنده قابل توجهی بر انتشار کربن‌دی‌اکسید جهانی دارد.

پژوهش‌های مختلف مباحث مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر، نوآوری فناوری و توسعه مالی را در ایران مورد بررسی قرار داده‌اند؛ آقایی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که اگرچه ثبات مالی در بلندمدت تأثیری بر بهبود کیفیت محیط زیست ایران نداشته، اما مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر باعث افزایش کیفیت محیط‌زیست در ایران شده است. میرزاپور و همکاران (۱۳۹۹) نتیجه گرفتند که انرژی‌های تجدیدپذیر باعث کاهش انتشار گاز کربن‌دی‌اکسید شده ولی نوآوری فناوری باعث افزایش میزان انتشار گاز کربن‌دی‌اکسید بوده است. معمارزاده و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که بین توسعه مالی و انرژی‌های تجدیدپذیر رابطه معنی‌داری وجود ندارد و بازارهای مالی ایران، منابع مالی را بیشتر به سمت انرژی‌های تجدیدناپذیر هدایت‌کرده است. نتایج مطالعه زارع و همکاران (۱۴۰۰) نشان داد که موانع اقتصادی و مالی یکی از مهم‌ترین موانع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است. به طور کلی پژوهش‌هایی که به بررسی اثر عوامل موثر بر انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته‌اند، بیشتر توسعه مالی را با سایر متغیرها از جمله رشد اقتصادی، رشد جمعیت و غیره در نظر گرفته‌اند و مطالعه‌ای که توسعه مالی و نوآوری محیط‌زیستی را همزمان به‌عنوان متغیرهای اثرگذار بر انرژی‌های تجدیدپذیر مطالعه کرده باشد، وجود ندارد. بنابراین، توجه به آثار توسعه مالی، ریسک مالی و نوآوری محیط‌زیستی در کنار سایر متغیرها مانند رشد اقتصادی، آلودگی‌های محیط‌زیستی، آزادسازی تجاری بر انرژی‌های تجدیدپذیر حائز اهمیت است. در همین راستا در پژوهش حاضر، تأثیر مستقل و نقش تعاملی نوآوری محیط‌زیستی، توسعه مالی و ریسک مالی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران با

[1]. Zhao et al.

اســـتفاده از روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS)[1] طی دوره زمانی (۲۰۲۲ – ۱۹۹۰) مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته است. بنابراین ابتدا و پس از بیان مقدمه در بخش دوم، ادبیات پژوهش به صورت مبانی نظری و پیشینه پژوهش مرور شده است. سپس در بخش سوم روش‌شناسی پژوهش، به معرفی مدل و داده‌های پژوهش و روش برآورد مدل پرداخته شـــده اســـت. در ادامه در بخش چهارم یافته‌های پژوهش و در بخش پنجم نیز نتیجه‌گیری و بحث ارائه شده است.

۲– ادبیات پژوهش

در این بخش ادبیات موضـوع مورد بررسـی قرار گرفته اسـت. به‌طوری‌که ابتدا مبانی نظری انرژی‌های تجدیدپذیر و عوامل موثر بر آن ارایه شـده اسـت. در ادامه پیشـینه پژوهش به صـورت مطالعات خارجی و داخلی مرور شده است. سپس نوآوری پژوهش ارایه شده است.

۲–۱– مبانی نظری

انرژی‌های تجدیدپذیر منابعی از انرژی هستند که به طور مداوم توسط طبیعت احیا و تجدید می‌شـــوند. این نوع از انرژی‌ها که اغلب به آن انرژی‌های پاک گفته می‌شـــود، از منابع طبیعی یا فرآیندهایی حاصـــل می‌شـــود که دائماً در حال تجدید شـــدن هســـتند. در حالی که انرژی‌های تجدیدپذیر اغلب به عنوان یک فناوری جدید تصور می‌شود؛ سال‌هاست که از قدرت طبیعت برای گرمایش، روشنایی و حمل و نقل استفاده می‌شود. انرژی‌های تجدیدپذیر به انرژی‌های خورشیدی، جزر و مد، باد، زمین گرمایی و سایر موارد که از طریق فرآیندهای طبیعی و مکرر تجدید می‌شوند، گفته می‌شود (وانگ و دانگ[2]، ۲۰۲۲: ۳۳۰۵۰). با توجه به اینکه رشد و توسعه اقتصادی از اهداف اصـلی سـیاسـت‌گذاران محسـوب می‌شـود، جایگزینی منابع انرژی اولیه‌ای که آلاینده‌های کمتری دارد، به مساله‌ای در مقوله رشـد اقتصـادی تبدیل شـده اسـت. براین اسـاس اکثر کشـورهای جهان با تلاش برای تشـویق مردم و نهادهای اقتصـادی به اسـتفاده از منابع تجدیدپذیر در راسـتای اهداف آژانس بین‌المللی انرژی گام برمی‌دارند. در ایران نیز طبق قانون اصـــلاح الگوی مصـــرف انرژی، دســـتگاه‌های مختلف، از جمله وزارت نفت و نیرو، موظف به حمایت از ترویج بکارگیری منابع

---

[1]. Dynamic Ordinary Least Square
[2]. Wang and Dong

تجدیدپذیر انرژی هستند (بهبودی و همکاران، ۱۳۹۹: ۴۰۱).

منظور از نوآوری در یک سازمان ایده یا رفتاری نو است. منظور از نوآوری محیط‌زیستی، یک محصول یا خدمت جدید، یا فناوری جدید تولید، یا یک شیوه جدید تولید و حتی یک راهبرد جدید مدیریتی در راستای افزایش کیفیت و بهبود محیط زیست است (لیاو و همکاران[1]، ۲۰۰۸: ۱۹۰). توبلمن و وندلر[2] (۲۰۲۰) بر این باور هستند، برای اثرگذاری فناوری‌های نوآورانه در کاهش سطح انتشار دی اکسیدکربن، یکی از ابزارهای اصلی در این مأموریت ارتقا استراتژیک فناوری‌های سبز و نوآوری‌های مرتبط با محیط‌زیست است؛ بنابراین با حمایت از نوآوری‌های محیط‌زیستی، سطحی از فناوری‌های نوآورانه مبتنی بر فناوری‌های سبز در طولانی مدت ایجاد می‌شود و در نتیجه فعالیت و ثروت اقتصادی پایدار را فراهم می‌کنند که از آسیب‌های محیط‌زیستی در امان است. همچنین علی و همکاران[3] (۲۰۱۷) استدلال می‌کنند که سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و تغییر فناوری از جمله منابعی است که می‌تواند منجر به کاهش انتشار کربن دی اکسید شود. فناوری نوآورانه محیط‌زیستی با افزایش راندمان انرژی از جمله انرژی تجدیدپذیر منجر به کاهش مصرف انرژی و در نهایت باعث کاهش انتشار کربن دی اکسید می‌شود. آن‌ها معتقد هستند، فناوری نوآورانه محیط‌زیستی با استفاده از انرژی تجدیدپذیر رابطه مثبت دارد؛ از این رو در صورت به کارگیری سیاست‌های صحیح به خصوص در بخش تحقیق و توسعه آلودگی کاهش می یابد. اوساما و همکاران[4] (۲۰۱۵) بر این باورند که در کشورهای با درآمد متوسط و بالا، توسعه و نوآوری فناوری محیط‌زیستی در انرژی‌های تجدیدپذیر کارآمد بوده و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر را میسر ساخته است. دو و همکاران[5] (۲۰۱۹) معتقدند که نوآوری فناورانه بر میزان کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار کربن‌دی‌اکسید اثرگذاری زیادی دارد. هوپ وود و همکاران[6] (۲۰۰۵) معتقدند، تمرکز نوآوری‌های محیط‌زیستی، به سمت فناوری‌های سازگار با محیط زیست و انرژی‌های تجدیدپذیر است. بنابراین، سرمایه‌گذاری در حوزه نوآوری‌های

---

1. Liao et al.
2. Töbelmann and Wendler
3. Ali et al.
4. Usama et al.
5. Du et al.
6. Hopwood et al.

محیط‌زیستی می‌تواند بهره‌وری مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش داده و سبب کاهش انتشار کربن‌دی‌اکسید شود.

صندوق بین‌المللی پول توسعه مالی را به صورت ترکیبی از عمق مالی (اندازه و نقدینگی بازارها)، دسترسی مالی (توانایی افراد و شرکت‌ها برای دسترسی به خدمات مالی) و کارایی مالی (توانایی موسسات برای ارائه خدمات مالی با هزینه کم با درآمدهای پایدار) تعریف می‌کند (صندوق بین‌المللی پول، ۲۰۲۴). از طرفی، ریسک مالی به معنی خطر از دست دادن دارایی و کاهش ارزش دارایی در سرمایه‌گذاری مالی است. از آنجایی‌که پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به صورت طبیعی هزینه‌بری زیادی دارند؛ یعنی دارای هزینه راه‌اندازی بالا، بازپرداخت بدهی طولانی‌مدت و سرمایه‌گذاری مداوم در پژوهش و توسعه هستند، سیستم مالی توسعه یافته تاثیر زیادی بر رشد صنعت انرژی تجدیدپذیر دارد. متقابلاً، یک سیستم مالی توسعه نیافته ممکن است از ظهور پروژه‌های جدید حتی در صورت وجود تقاضا برای آن‌ها جلوگیری کند. پژوهش‌های زیادی در مورد نقش توسعه مالی در انرژی تجدیدپذیر انجام شده است. برونشوایلر[1] (۲۰۱۰) برای اولین بار این مسئله را به صورت تجربی بررسی کرد. نتایج پژوهش او نشان داد که توسعه مالی کشورهای غیر عضو OECD تأثیر مثبت بر میزان تولید انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. لین و همکاران[2] (۲۰۱۶) تأیید کردند توسعه مالی تأثیر مثبت و بلندمدت بر مصرف برق تجدیدپذیر دارد. وی و وو (۲۰۲۳) معتقدند بین توسعه مالی و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ارتباط مثبتی وجود دارد. آن‌ها بر چهار بعد واسطه‌گری بانکی، بازار اوراق قرضه، بازار سهام و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به عنوان توسعه مالی و محاسبه رشد صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور چین تمرکز داشتند. اعتبارات بانکی و تأمین مالی از طریق اوراق قرضه مهم‌ترین ابزار تأمین مالی خارجی هستند در حالی که در مناطق جنوبی کشور چین، تأمین مالی از طریق بازار سهام و اثرات آن بر تولید انرژی‌های تجدیدپذیر قابل توجه بوده در صورتی که در مناطق شمالی چین خیلی مشهود نیست. در جنوب چین، واسطه‌گری بانکی، بازار اوراق قرضه و بازار سهام به فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر و در نتیجه تشکیل سرمایه شرکت‌ها کمک می‌کند. از طرفی، سرمایه‌گذاری مستقیم

---

[1]. Brunnschweiler
[2]. Lin et al.

خارجی می‌تواند شـــرکت‌های تولیدکننده انرژی‌های تجدیدپذیر در جنوب چین را به افزایش تصـمیمات نوآورانه و ارتقای سـهم تولید انرژی تجدیدپذیر کمک کند. در مناطق با کمبود انرژی در کشـــور چین، واســـطه‌گری بانکی و بازارهای اوراق قرضـــه برای ارتقای فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر و در نتیجه رشـــد صـــنعت مفیدتر هســـتند. ژائو و همکاران (۲۰۲۳) و ژانگ و چیو[1] (۲۰۲۰) معتقدند که ریســک مالی آثار مســتقیم و غیرمســتقیم بر انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشــار کربن‌دی‌اکسید دارد. ریسک مالی به صورت مستقیم می‌تواند باعث کاهش انتشار کربن‌دی‌اکسید و انرژی‌های تجدیدپذیر شـــود، زیرا افزایش ریســـک مالی، اثر منفی بر ســـرمایه‌گذاری در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌گذارد. از طرفی به صورت غیر مستقیم از طریق نوآوری فناوری می‌تواند اثر منفی بر انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار کربن‌دی‌اکسید داشته باشد. به این صورت که افزایش ریسک مالی می‌تواند باعث کاهش کارایی انرژی از جمله انرژی تجدیدپذیر شود و از طرفی آثار منفی بر ساختارهای صنعتی بهینه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر داشته باشد، نتایج پژوهش‌های شهباز و همکاران[2] (۲۰۱۸) و زایدی و همکاران[3] (۲۰۱۹) هم این اثر را تأیید کرده‌اند.

۲-۲- پیشینه پژوهش

در خصـــوص تحلیل عوامل موثر بر مصـــرف انرژی در کشـــور، پژوهش‌های پیشـــین از دیدگاه‌های متنوعی برای شـــناخت این عوامل بهره برده‌اند. در این بخش با توجه به پژوهش‌های پیشین، سعی شده است پژوهش‌های مرتبط با موضوع پژوهش مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

آقایی و همکاران (۱۳۹۸) با به کارگیری الگوی پانل توبیت در دو گروه کشورهای منتخب توسعه‌یافته و در حال توسعه طی دوره زمانی (۲۰۱۵-۲۰۰۲) نشان دادند که توسعه مالی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر توسعه تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر داشته است.

شامحمدی سه چکی و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه خود در منتخب کشورهای نفتی اوپک طی دوره زمانی (۲۰۲۰-۱۹۹۰) با استفاده از الگوی خود رگرسیون برداری با وقفه توزیعی تابلویی (Panel ARDL) نشـان دادند که قیمت انرژی‌های تجدیدناپذیر اثر منفی بر تولید و مصـرف انرژی

---

[1]. Zhang Chiu
[2]. Shahbaz et al.
[3]. Zaidi et al.

تجدیدپذیر دارد. همچنین متغیرهای تولید ناخالص داخلی، رشد جمعیت و توسعه مالی اثر مثبتی بر تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارند.

سو و همکاران (۲۰۲۱)[1] در پژوهشی برای ۷ کشور سازمان توسعه و همکاری اقتصادی (OECD) با استفاده از مدل (CS-ARDL) برای دوره زمانی (۲۰۱۸ – ۱۹۹۰) نشان می‌دهند که تمرکززدایی مالی، نوآوری محیط‌زیستی، بهبود ریسک سیاسی، تحقیق و توسعه و تولید ناخالص داخلی باعث افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود.

خان و همکاران[2] (۲۰۲۱) در بررسی تأثیر نوآوری فناوری، توسعه مالی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انرژی‌های تجدیدپذیر در ۶۹ کشور (ابتکار کمربند و جاده)[3] برای دوره زمانی (۲۰۱۴ – ۲۰۰۰) با استفاده از روش‌های (GMM)[4] و (Driscoll-Kraay)[5] نشان می‌دهند که تولید ناخالص داخلی سرانه، نوآوری فناوری و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی اثر منفی و توسعه مالی اثر مثبت بر انرژی‌های تجدیدپذیر دارند.

وانگ و همکاران[6] (۲۰۲۳) در ۲۳ کشور سازمان توسعه و همکاری اقتصادی (OECD) با استفاده از روش‌های حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده (FMOLS)[7]، رگرسیون خطای استاندارد (Driscoll-Kraay) و رگرسیون چندک پانل[8] طی دوره زمانی (۲۰۰۱ – ۲۰۱۸) نشان می‌دهند که کارایی مالی، نوآوری محیط‌زیستی، بهره‌وری انرژی و بازبودن تجارت اثر مثبت بر انرژی‌های تجدیدپذیر دارند.

لو[9] (۲۰۲۳) در مطالعه خود برای ۸۳ اقتصاد آلوده در چهار قاره مختلف مانند آسیا، اروپا، آمریکا و آفریقا برای دوره زمانی (۲۰۲۱ – ۱۹۹۸) با استفاده از مدل (CS-ARDL) نشان می‌دهد که فناوری اطلاعات و ارتباطات، مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای، تولید ناخالص داخلی سرانه، شاخص توسعه مالی و باز بودن تجارت اثر مثبت بر سرمایه‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر در

---

1. Su et al
2. Khan et al
3. Belt and Road Initiative (BRI)
4. The generalized method of moments (GMM)
5. Driscoll-Kraay Standard Error Regression
6. Wang et al
7. Fully Modified Ordinary Least Square (FMOLS)
8. Panel Quantile Regression
9. Luo

اقتصادهای با آلودگی بالا دارند.

وی و همکاران[1] (۲۰۲۳) در پژوهشی در کشور چین طی دوره (۲۰۲۰ – ۲۰۱۱) با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته امکان پذیر (FGLS)[2]، نشان می‌دهند که توسعه مالی فراگیر دیجیتال، تولید ناخالص داخلی، مقررات محیط‌زیستی، نوآوری فناوری و آلودگی محیط زیست (SO2) اثر مثبت و توسعه مالی (ارزش افزوده صنعت مالی) اثر منفی بر نرخ رشد تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارند.

سعداوی و عمری[3] (۲۰۲۳) در پژوهشی در کشور تونس برای دوره زمانی (۲۰۱۹ – ۱۹۸۴) با استفاده از روش (ARDL) نشان می‌دهند که متغیرهای فناوری اطلاعات و ارتباطات و باز بودن تجارت اثر منفی و متغیرهای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و بهره‌وری کل عوامل اثر مثبت بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارند.

۲–۳– نوآوری پژوهش

در پژوهش‌های داخلی مورد بررسی مطالعات محدودی از جمله مطالعه آقایی و همکاران (۱۳۹۸) و شامحمدی سه چکی و همکاران (۱۴۰۱) از انرژی تجدیدپذیر به عنوان متغیر وابسته استفاده کرده‌اند و در سایر پژوهش‌ها مصرف انرژی نهایی مورد بررسی قرار گرفته است. از طرفی فقط مطالعه سلیمانی (۱۴۰۰) اثر نوآوری در فناوری را بر مصرف انرژی بررسی کرده است. همچنین هیچ مطالعه‌ای در داخل کشور اثر ریسک مالی و نوآوری محیط‌زیستی را بر مصرف انرژی بررسی نکرده است. در پژوهش‌های مورد بررسی خارجی نیز برای بررسی اثر نوآوری بر انرژی‌های تجدیدپذیر از شاخص‌های نوآوری در فناوری (خان و همکاران، ۲۰۲۱؛ وی و همکاران، ۲۰۲۳)، فناوری اطلاعات و ارتباطات (لو، ۲۰۲۳؛ سعداوی و عمری، ۲۰۲۳) و نوآوری محیط‌زیستی (وانگ و همکاران، ۲۰۲۳؛ سو و همکاران، ۲۰۲۱) استفاده شده است. از طرفی فقط در پژوهش‌های خان و همکاران (۲۰۲۱)، وی و همکاران (۲۰۲۳) و لو (۲۰۲۳) از شاخص توسعه مالی استفاده شده است. بنابراین این پژوهش نسبت به پژوهش‌های تجربی مورد بررسی متمایز و

---

[1]. Wei et al.
[2]. Feasible Generalized Least Squares (FGLS) Method
[3]. Saadaoui & Omri

دارای نوآوری در موضـوع و توسـعه پژوهش اسـت. زیرا پژوهش‌های قبلی آثار ریسـک مالی و نوآوری محیط‌زیسـتی را در یک مدل بر انرژی‌های تجدیدپذیر بررسـی نکرده‌اند. علاوه بر این تمایز دیگر نسبت به پژوهش‌های گذشته بررسی اثر تعاملی نوآوری محیط‌زیستی، توسعه و ریسک مالی در مدل‌های مجزا بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر است.

۳- روش شناسی پژوهش

مطالعه حاضـر از نوع کاربردی و روش پژوهش تحلیلی اسـتنتاجی اسـت. هدف این مطالعه تجزیه و تحلیل تأثیر مستقل و تعاملی توسعه مالی، ریسک مالی و نوآوری محیط‌زیستی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر برای کشور ایران است. در ادامه در بخش روش‌شناسی پژوهش ابتدا مدل و داده‌های پژوهش، مشخص شده است. سپس روش برآورد مدل توضیح داده شده است.

۳-۱- مدل و داده‌های پژوهش

مطالعه حاضـر از نوع کاربردی و روش پژوهش تحلیلی اسـتنتاجی اسـت. هدف این مطالعه تجزیه و تحلیل تأثیر مستقل و تعاملی توسعه مالی، ریسک مالی و نوآوری محیط‌زیستی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر برای کشـور ایران اسـت. جهت انجام پژوهش در این مطالعه مدل پژوهش با چهار تصریح مختلف بررسی‌شده است. در تصریح اول اثر توسعه مالی مورد بررسی قرار می گیرد. در تصـریح بعدی اثر ریسـک و نااطمینانی در بخش مالی، مورد آزمون قرار خواهد گرفت. سـپس جهت بررسی نقش همزمان ریسک، توسعه مالی و نوآوری بر انرژی‌های تجدیدپذیر، مدل پژوهش با متغیرهای تعاملی تصـریح و مورد آزمون قرار خواهدگرفت. بنابراین مدل پژوهش با توجه به ساختار اقتصاد ایران و ادبیات پژوهش به صورت روابط (۱) تا (۴) تصریح شده است.

$$REC_t = \beta_0 + \beta_1 GP_t + \beta_2 EP_t + \beta_3 TO_t + \beta_4 EI_t + \beta_5 FD_t + \varepsilon_t \quad (۱)$$

$$REC_t = \beta_0 + \beta_1 GP_t + \beta_2 EP_t + \beta_3 TO_t + \beta_4 EI_t + \beta_5 FR_t + \varepsilon_t \quad (۲)$$

$$REC_t = \beta_0 + \beta_1 GP_t + \beta_2 EP_t + \beta_3 TO_t + \beta_4 (EI_t \times FD_t) + \varepsilon_t \quad (۳)$$

$$REC_t = \beta_0 + \beta_1 GP_t + \beta_2 EP_t + \beta_3 TO_t + \beta_4 (EI_t \times FR_t) + \varepsilon_t \quad (۴)$$

در روابط فوق؛ مصـرف انرژی‌های تجدیدپذیر[1] (REC)، رشـد اقتصـادی[2] (EG)، آلودگی محیط زیسـت[3] (EP)، باز بودن تجاری[4] (TO)، نوآوری محیط‌زیسـتی[5] (EI)، توسعه مالی[6] (FD) و ریسـک مالی[7] (FR) اسـت. در جدول (۱) داده‌های تحقیق و منابع جمع‌آوری آن‌ها معرفی شـده است. در ادامه این بخش به معرفی متغیرهای تحقیق پرداخته می‌شود.

جدول ۱: متغیرها و منابع داده‌های پژوهش

متغیر	نماد	توصیف و اندازه‌گیری	منبع
انرژی تجدیدپذیر	REC	مصرف انرژی تجدیدپذیر (درصد کل مصرف انرژی نهایی)	World Bank
رشد اقتصادی	EG	تولید ناخالص داخلی سرانه (دلار آمریکا، به قیمت ثابت ۲۰۱۵)	World Bank
باز بودن تجاری	TO	تجارت (درصد تولید ناخالص داخلی)	World Bank
آلودگی محیط زیست	EP	مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلو تن معادل CO2)	World Bank
شاخص توسعه مالی	FD	شاخص مرکب توسعه مالی	IMF[8]
شاخص ریسک مالی	FR	مقدار ۰ ریسک بالا و ۵۰ ریسک پایین	PRS Group[9]
نوآوری محیط‌زیستی	EI	تعداد اختراعات ثبت شده مرتبط با محیط زیست	OECD[10]

منبع: یافته‌های پژوهش

انرژی‌های تجدیدپذیر (REC): انرژی‌های نو یک منبع جایگزین پایدار و سبز برای انرژی‌های تجدیدناپذیر است. این منابع انرژی از منابع مختلفی مانند نور خورشید، زیست‌توده[11]، باد، آب، جزر و مد، امواج و انرژی زمین گرمایی (هو و همکاران[12]، ۲۰۱۸: ۱۲۲۹)؛ با استفاده از تکنولوژی‌های جدید مانند پنل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی، نیروگاه‌های آبی و تجهیزات مربوط به انرژی قابل تجدید، تولید و مصرف می‌شوند. در این مطالعه از سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در کل مصرف انرژی به عنوان متغیر وابسته پژوهش استفاده می‌شود.

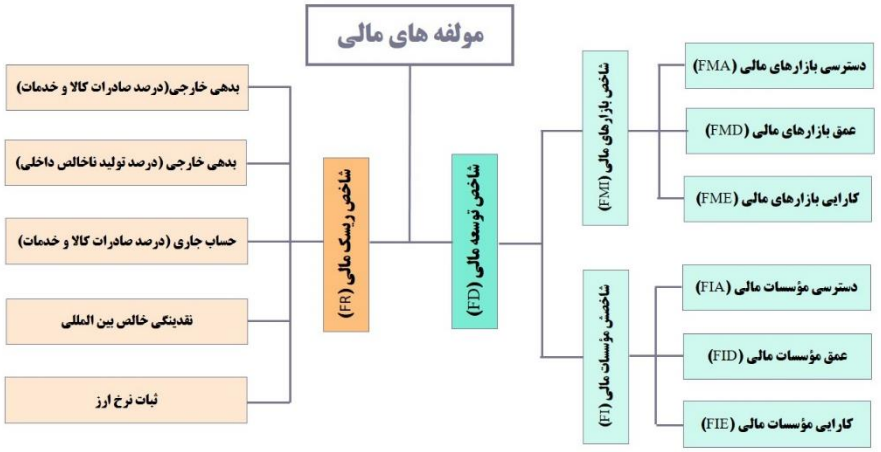
---

1. Renewable Energy Consumption
2. Economic Growth
3. Environmental Pollution
4. Trade Openness
5. Environmental Innovation
6. Financial Development
7. Financial Risk
8. The International Monetary Fund (IMF)
9. Political Risk Services
10. Organization For Economic Cooperation And Development (OECD)
11. Biomass
12. Hu et al.

نوآوری محیط‌زیستی (EI): نوآوری فناوری عاملی ضروری با تأثیر مهم بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است. نوآوری فناوری می‌تواند هزینه استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر را کاهش دهد و گسترش آنها را ترویج کند. داده‌های ثبت اختراع یک شاخص شناخته شده برای اندازه‌گیری متغیر نوآوری است (وی و همکاران، ۲۰۲۳: ۵؛ ژنگ و وانگ، ۲۰۲۴: ۳). بنابراین با توجه به پژوهش‌های سو و همکاران (۲۰۲۱) و وانگ و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش حاضر از نوآوری محیط‌زیستی به عنوان متغیر مستقل اصلی مدل پژوهش استفاده شده و اطلاعات این متغیر از پایگاه داده‌های سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD) استخراج شده است.

ریسک مالی (FR): ریسک مالی به معنی خطر از دست دادن یا کاهش ارزش دارایی‌های مالی در سرمایه‌گذاری یا به عبارتی قبول مخاطره در رویدادهای مالی است. این نوع ریسک ناشی از به کارگیری بدهی است. هرچه میزان بدهی بیشتر باشد، ریسک مالی افزایش می‌یابد. لذا در صورت وجود چنین ریسکی انتظار می‌رود سرمایه‌گذاری در گسترش فناوری‌های نوین برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کاهش یابد. در مطالعه حاضر از متغیر ریسک مالی به عنوان متغیر مستقل اصلی در مدل تحقیق استفاده شد. برای اندازه‌گیری این متغیر از شاخص ریسک مالی منتشر شده توسط گروه خدمات ریسک سیاسی (PRS) استفاده شد. این شاخص به طور سیستماتیک ریسک مالی و توانایی یک کشور برای تأمین مالی تعهدات بدهی رسمی، بازرگانی و تجاری آن را اندازه‌گیری می‌کند. اجزای ریسک مالی شامل بدهی خارجی به تولید ناخالص داخلی، بدهی خارجی در بخش خدمات به صادرات کالاها و خدمات، تراز تجاری به عنوان درصدی از صادرات کالاها و خدمات، خالص نقدینگی بین‌المللی به عنوان پوشش واردات در یک ماه و ثبات نرخ ارز است (شکل ۱). مقدار عددی شاخص ریسک مالی بین ۰ تا ۵۰ است و هر چه مجموع امتیاز ریسک کمتر باشد، ریسک بالاتر است و هر چه مجموع امتیاز ریسک بالاتر باشد، ریسک کمتر است (راهنمای ریسک بین‌المللی کشور[1]، ۲۰۲۴: ۲۱).

[1]. The International Country Risk Guide (ICRG)



شکل ۱: اجزای شاخص‌های توسعه و ریسک مالی

منبع: IMF& PRS Group

توسعه مالی (FD): نظام مالی ماهیتی چند وجهی دارد که ابعاد مختلفی مانند بازارها و موسسات مالی، ابزارها و خدمات مالی، آزادی مالی، کیفیت مقررات و نظارت حاکم بر آن، پیشرفت‌های فن‌آوری، مالی دیجیتال، میزان رقابت و ظرفیت‌های نهادی موجود را شامل می‌شود. لذا در این مطالعه با توجه به پژوهش‌های وانگ و همکاران (۲۰۲۳)، خان و همکاران (۲۰۲۱)، وی و همکاران (۲۰۲۳) و لو (۲۰۲۳) از توسعه مالی به عنوان متغیر مستقل اصلی در مدل پژوهش استفاده شد. برای اندازه‌گیری این متغیر از شاخص چند بعدی توسعه مالی صندوق بین‌المللی پول (۲۰۲۴) استفاده شد. این شاخص رتبه‌بندی نسبی کشورها براساس عمق، دسترسی و کارایی مؤسسات و بازارهای مالی را ارائه می‌دهد. شاخص توسعه مالی (FD) مجموعه‌ای از شاخص مؤسسات مالی و بازارهای مالی است (شکل ۱). شاخص مؤسسات مالی (FI)[1] مجموعه‌ای از زیر شاخص‌های: ۱- عمق مؤسسات مالی (FID)[2]، که شامل داده‌های مربوط نسبت اعتبارات بانکی بخش خصوصی به تولید ناخالص داخلی، دارایی‌های صندوق بازنشستگی به تولید ناخالص داخلی، دارایی‌های صندوق سرمایه‌گذاری مشترک به تولید ناخالص داخلی، و حق بیمه، عمر و غیرزندگی به تولید ناخالص

[1]. Financial Institutions Index
[2]. Financial Institutions Depth Index

داخلی است. ۲- دسترسی موسسات مالی (FIA)[1]، که شامل داده‌های مربوط به شعب بانک‌ها و دستگاه‌های خودپرداز به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ بزرگسال است و ۳- کارایی مؤسسات مالی (FIE)[2]، که شامل داده‌های حاشیه سود خالص بخش بانکی، گسترش وام- سپرده، درآمد بدون بهره به کل درآمد، هزینه‌های سربار به کل دارایی‌ها، بازده دارایی‌ها و بازده حقوق صاحبان سهام است. همچنین شاخص بازارهای مالی (FM)[3] نیز مجموعه‌ای از زیر شاخص‌های ۱- عمق بازارهای مالی (FMD)[4]، که شامل داده‌های مربوط به ارزش بازار سهام به تولید ناخالص داخلی، سهام معامله شده به تولید ناخالص داخلی، اوراق بدهی بین‌المللی دولت به تولید ناخالص داخلی و کل اوراق بدهی شرکت‌های مالی و غیرمالی به تولید ناخالص داخلی است. ۲- دسترسی به بازارهای مالی (FMA)[5]، که شامل داده‌های مربوط به درصد ارزش بازار خارج از ۱۰ شرکت بزرگ و تعداد کل صادرکنندگان بدهی به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ بزرگسال است. ۳- کارایی بازارهای مالی (FME)[6]، که شامل داده‌های مربوط به نسبت گردش مالی بازار سهام (سهام معامله شده به ارزش سرمایه) است.

تولید سرانه (GP): تولید داخلی و انرژی‌های تجدیدپذیر ارتباط نزدیکی با هم دارند. افزایش تولید ناخالص داخلی نشان دهنده ظرفیت یک کشور برای ارتقای توسعه و سرمایه‌گذاری بیشتر در منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر است. در عین حال، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند منجر به بهبود توسعه پایدار شود. در این مطالعه با توجه به پژوهش‌های خان و همکاران (۲۰۲۱)، سو و همکاران (۲۰۲۱)، وی و همکاران (۲۰۲۳) و لو (۲۰۲۳) از تولید سرانه به عنوان متغیر کنترل در مدل پژوهش استفاده شد. برای اندازه‌گیری این متغیر از تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت ۲۰۱۵ استفاده شد. بنابراین، انتظار می‌رود که تولید سرانه اثر مثبتی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر داشته باشد.

آلودگی محیط زیست (EP): افزایش مشکلات محیط‌زیستی و آثار خارجی منفی انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث می‌شود که عموم مردم و سیاست‌مداران همچنان به مسائل

---

[1]. Financial Institutions Access Index
[2]. Financial Institutions Efficiency Index
[3]. Financial Markets Index
[4]. Financial Markets Depth Index
[5]. Financial Markets Access Index
[6]. Financial Markets Efficiency Index

محیط‌زیستی توجه کنند. به‌طوری‌که سازمان‌های بین‌المللی مرتبط با محیط‌زیست و دولت‌ها اقدامات متنوعی را برای تشویق جامعه برای دنبال کردن سبک زندگی کم کربن و ترغیب واحدهای تولیدی برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در مقیاس بزرگ انجام می‌دهند. این اقدامات باعث رشد صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود (وی و وو، ۲۰۲۳؛ وی و همکاران، ۲۰۲۳). ازاین رو با توجه پژوهش‌های وی و همکاران (۲۰۲۳) و لو (۲۰۲۳) از شاخص آلودگی محیط زیست به عنوان متغیر کنترل در مدل پژوهش استفاده شده است. برای اندازه‌گیری میزان آلودگی محیط زیست از مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده شد.

باز بودن تجاری (TO): استفاده صحیح از آزادسازی تجاری ابزاری مؤثر در رشد و توسعه پایدار است. به طوری که آزادسازی تجاری با از بین بردن موانع تعرفه‌ای و غیر تعرفه‌ای تجارت راهی برای رسیدن به تولید و توسعه است (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۴). لذا جریان تجارت آزاد منجر به گسترش فعالیت‌های اقتصادی و تقاضای انرژی می‌شود. باز بودن تجارت به کشورهای در حال توسعه اجازه می‌دهد تا به فناوری‌های انرژی کارآمد و قابل تجدید دست یابند و تولید ملی و کیفیت محیطی را افزایش دهند (کمرازمن و جیانگو[1]، ۲۰۲۰). از این رو با توجه به پژوهش‌های وانگ و همکاران (۲۰۲۳) و سعداوی و عمری (۲۰۲۳) از متغیر بازبودن تجاری به عنوان متغیر کنترل در مدل پژوهش استفاده شد. برای اندازه‌گیری این متغیر از داده‌های تجارت کل شامل مجموع واردات و صادرات کالا و خدمات به عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی استفاده شده است.

در چارچوب اهداف پژوهش، برای بررسی نقش مستقل و تعاملی ریسک مالی، توسعه مالی و نوآوری محیط‌زیستی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، از داده‌های سری زمانی برای سال‌های (۲۰۲۲ - ۱۹۹۰) استفاده شد. همچنین در مدل پژوهش فقط داده‌های نوآوری محیط‌زیستی، رشد اقتصادی و انتشار گازهای گلخانه‌ای برای کاهش مقیاس به صورت لگاریتمی وارد شده‌اند. مدل‌های تجربی پژوهش با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) مورد تحلیل قرار گرفت و برای تجزیه و تحلیل پژوهش از نرم افزارهای مایکروسافت آفیس (ورد و اکسل) و ایویوز استفاده شده است.

---

[1]. Qamruzzaman & Jianguo (2021)

۳-۲- روش برآورد مدل

سایکونن[1] (۱۹۹۲) استاک و واستون[2] (۱۹۹۳) با تعدیل روش حداقل مربعات معمولی (OLS)، روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) را مطرح کردند. مقصود از پویا بودن آن است که در این روش الگوی زمانی واکنش متغیر وابسته، نسبت به تغییرات متغیر مستقل مورد توجه قرار می‌گیرد. این روش برای برطرف کردن مشکل وجود روندهای تصادفی در سری‌های زمانی و ارائه روشی برای برآورد روابطی که متغیرهای آن دارای روند تصادفی هستند، مطرح شد. رابطه هم انباشتگی برای مدل DOLS به صورت زیر است:

$$y_t = X_t' + D_{1t}'\gamma_1 + \sum_{j=-q}^{r} \Delta X_{t+j}'\delta + \nu_{1t} \qquad (۵)$$

در این روش که تعدیل یافته روش انگل گرنجر است، مقادیر پسین q و پیشین r متغیرهای توضیحی به منظور رفع تورش مجانبی ناشی از درونزایی متغیرهای توضیحی (از بین بردن همبستگی بین جزء خطای رگرسیون و متغیرهای توضیحی) به مدل اضافه شده است. زمانی که رابطه هم‌انباشته را توسط رگرسیون OLS برآورد می کنیم، تخمین ضرایب سازگار خواهد بود (سایکون، ۱۹۹۲؛ استاک و واستون، ۱۹۹۳). اما تخمین‌زن‌های OLS در این حالت، توزیع غیر نرمال دارند که به دنبال آن می‌توان به نتایج آماره t آزمون‌ها شک کرد. اما اگر توسط روش DOLS تخمین زده شود، دارای توزیع نرمال مجانبی خواهد بود. روش فوق را می‌توان برای داده‌های سری زمانی و پانل استفاده کرد. همچنین در نمونه‌های کوچک نیز کاربرد داشته و از تورش همزمان جلوگیری می‌کند (حقیقت و لاریجانی، ۱۳۹۴). یک نکته مهم در این روش این است که در حالت هایی که درجه هم جمعی متغیرهای توضیحی متفاوت باشد، قابل استفاده است. لذا برآوردگر DOLS شرایط برآورد بردارهای همگرایی دربردارنده متغیرهای دارای مرتبه‌های جمعی متفاوت را فراهم می‌سازد. به عبارت دیگر، می‌توان متغیرهای I(0) و I(1) و ... را همزمان با هم در مدل بکار برد (عباسی‌نژاد و گودرزی فراهانی، ۱۳۹۲). بنابراین در این روش لزومی ندارد متغیرها مرتبه‌های جمعی یکسانی داشته باشند.

---

[1]. Saikkonen (1992)
[2]. Stock and Watson (1993)

٤- یافته‌های پژوهش

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر توسعه مالی، ریسک مالی و نوآوری محیط‌زیستی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر انجام شده است. با توجه به اهداف تحقیق در این مطالعه اثر مستقل و تعاملی در تصریح‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در این بخش جهت تجزیه و تحلیل نتایج پژوهش ابتدا آزمون ریشه واحد داده‌های پژوهش مشخص می‌شود. در بخش بعد وقفه بهینه تعیین و وجود روابط بلندمدت بین متغیرهای پژوهش با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی جوهانسن- جوسیلیوس مورد بررسی قرار می‌گیرد. در انتها نیز نتایج برآورد مدل‌های پژوهش با استفاده از رویکرد حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جهت آزمون پایایی متغیرها در این مطالعه از آزمون ریشه واحد دیکی – فولر تعمیم یافته (ADF) استفاده شد. نتایج در جدول (۲) نشان می‌دهد که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، تولید ناخالص داخلی سرانه، باز بودن تجاری، توسعه مالی و ریسک مالی در سطح یک پایا هستند. همچنین متغیرهای آلودگی محیط‌زیست و نوآوری محیط‌زیستی در سطح پایا هستند. بنابراین رابطه هم انباشتگی داده‌ها از مرتبه I(0) و I(1) است. لذا در صورت وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل می‌توان از روش DOLS استفاده کرد (عباسی‌نژاد و گودرزی فراهانی، ۱۳۹۲).

جدول ۲: نتایج آزمون پایایی داده‌های پژوهش

متغیر	آماره ADF در سطح			آماره ADF تفاضل مرتبه اول		درجه مانایی
	عرض از مبدا	عرض از مبدا و روند		عرض از مبدا	عرض از مبدا و روند	
REC	۲/۳۸۱[۰/۱۵۴]	-۲/۲۷۲[۰/۴۳۶]		-۵/۲۳۴[۰/۰۰۰]	-۵/۲۱۵[۰/۰۰۱]	I(1)
EG	-۱/۴۳۸[۰/۵۵۰]	-۱/۳۵۳[۰/۸۵۵]		-۵/۰۵۷[۰/۰۰۰]	-۴/۹۴۱[۰/۰۰۲]	I(1)
TO	-۲/۲۸۳[۰/۱۸۳]	-۲/۰۹۶[۰/۵۲۸]		-۵/۳۱۵[۰/۰۰۰]	-۵/۲۴۶[۰/۰۰۰]	I(1)
EP	-۴/۰۷۲[۰/۰۰۳]	-۰/۱۹۰[۰/۹۹۰]		-۴/۰۸۸[۰/۰۰۳]	-۵/۴۳۹[۰/۰۰۰]	I(0)
EI	-۱/۵۳۹[۰/۵۰۱]	-۴/۱۶۰[۰/۰۱۴]		-۵/۳۷۴[۰/۰۰۰]	-۵/۲۳۸[۰/۰۰۱]	I(0)
FD	۰/۴۸۷[۰/۹۸۳]	-۲/۴۸۴[۰/۳۳۳]		-۷/۰۶۰[۰/۰۰۰]	-۷/۷۵۵[۰/۰۰۰]	I(1)
FR	-۱/۶۶۸[۰/۴۳۷]	۱/۲۸۴[۰/۹۹۹]		-۶/۴۹۸[۰/۰۰۰]	-۷/۲۲۶[۰/۰۰۰]	I(1)

منبع: یافته‌های پژوهش

بعد از آزمون پایایی برای بررسی رابطه بلندمدت بین متغیرهای پژوهش باید وقفه بهینه مشخص شود. برای تعیین وقفه بهینه با توجه به حجم نسبتاً کم نمونه (کمتر از ۱۰۰)، معیار شوارتز

بیزین (SBC) را ملاک عمل قرار می‌دهیم زیرا این معیار در تعداد وقفه‌ها صـــرفه‌جویی می‌کند (نوفرستی، ۱۳۹۱). بنابراین فقط نتایج این معیار در جدول (۳) برای هر چهار تصریح مدل پژوهش گزارش شـــده اســـت. با توجه به نتایج کمترین مقدار معیار شـــوارتز بیزین در وقفه یک تعیین و به عنوان وقفه بهینه انتخاب می‌شود.

جدول ۳: آزمون تعیین تعداد وقفه بهینه (معیار شوارتز بیزین SBC)

وقفه	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ٤
۰	۱/۴۸۹	۹/۰۸۳	۳/۴۲۶	۱۲/۹۸۴
۱	-۳/۶۴۰*	۴/۰۵۱*	-۱/۸۹۶*	۸/۱۵۴*
۲	-۲/۳۴۴	۴/۹۵۶	-۰/۹۰۸	۹/۳۹۷
۳	-۱/۳۰۶	۴/۲۶۷	-۰/۵۱۳	۱۰/۰۳۴

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ٤: نتایج آزمون هم انباشتگی جوهانسن- جوسیلیوس

نوع آزمون	آزمون ماتریس اثر (*trace*)				آزمون حداکثر مقادیر ویژه (max)			
	$r=0$	$r\le1$	$r\le2$	$r\le3$	$r=0$	$r\le1$	$r\le2$	$r\le3$
مدل ۱								
مقادیر ویژه	۰/۸۰	۰/۶۵	۰/۵۴	۰/۳۶	۰/۸۰	۰/۶۵	۰/۵۴	۰/۳۶
آماره آزمون	۱۳۰/۷۱	۸۰/۸۲	۴۸/۰۲	۲۳/۵۷	۴۹/۸۹	۳۲/۷۹	۲۴/۴۵	۱۴/۱۸
مقادیر بحرانی	۹۵/۷۵*	۶۹/۸۱*	۴۷/۸۵*	۲۹/۷۹	۴۰/۰۷*	۳۳/۸۷	۲۷/۵۸	۲۱/۱۳
مدل ۲								
مقادیر ویژه	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۵۹	۰/۳۱	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۵۹	۰/۳۱
آماره آزمون	۱۲۱/۳۹	۸۷/۰۱	۵۴/۰۳	۲۶/۳۱	۳۴/۳۴	۳۲/۹۷	۲۷/۷۲	۱۱/۷۰
مقادیر بحرانی	۹۵/۷۵*	۶۹/۸۱*	۴۷/۸۵*	۲۹/۷۹	۴۰/۰۷	۳۳/۸۷	۲۷/۵۸*	۲۱/۱۳
مدل ۳								
مقادیر ویژه	۰/۶۷	۰/۵۸	۰/۴۳	۰/۲۷	۰/۶۷	۰/۵۸	۰/۴۳	۰/۲۷
آماره آزمون	۹۲/۵۵	۵۷/۵۴	۳۰/۴۱	۱۲/۶۴	۳۵/۰۱	۲۷/۱۲	۱۷/۷۷	۹/۸۶
مقادیر بحرانی	۶۹/۸۱*	۴۷/۸۵*	۲۹/۷۹*	۱۵/۴۹	۳۳/۸۷*	۲۷/۵۸	۲۱/۱۳	۱۴/۲۶
مدل ٤								
مقادیر ویژه	۰/۶۳	۰/۵۶	۰/۳۹	۰/۲۸	۰/۶۳	۰/۵۶	۰/۳۹	۰/۲۸
آماره آزمون	۸۷/۴۹	۵۶/۰۹	۳۰/۳۹	۱۴/۷۳	۳۱/۳۹	۲۵/۶۹	۱۵/۶۵	۱۰/۳۰
مقادیر بحرانی	۶۹/۸۱*	۴۷/۸۵*	۲۹/۷۹*	۱۵/۴۹	۳۳/۸۷*	۲۷/۵۸*	۱۲/۱۳	۱۴/۲۶

منبع: یافته‌های پژوهش

جهت بررسی وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای پژوهش از آزمون هم‌انباشتگی جوهانسن- جوسیلیوس استفاده شد. نتایج به تفکیک آزمون ماتریس اثر و حداکثر مقدار ویژه با وقفه بهینه یک در جدول (۴) گزارش شده است. با توجه به نتایج بدست آمده از دو آزمون فوق، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه بلندمدت در سطح احتمال ۵ درصد بین متغیرهای پژوهش رد می‌شود و وجود حداقل یک رابطه بلندمدت بین متغیرهای پژوهش در تصریح‌های مختلف مدل مورد مطالعه تأیید می‌شود. بنابراین در این مطالعه با توجه به وجود رابطه بلندمدت و ماهیت داده‌ها برای برآورد مدل‌های پژوهش از روش حداقل مربعات معمولی پویا استفاده شده است.

نتایج برآورد مدل‌های پژوهش با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) در جداول (۵) و (۶) مشخص شده است. نتایج نشان می‌دهد که در مدل اول شاخص توسعه مالی از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد مثبت و معنی‌دار است. در صورت افزایش یک واحد در شاخص توسعه مالی طبق نتایج متغیر سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در مصرف انرژی در دوره مورد مطالعه معادل ۲/۹۲ واحد افزایش خواهد یافت. طبق نتایج افزایش دسترسی به منابع مالی و تسهیلات مالی برای پروژه‌های تجدیدپذیر می‌تواند باعث افزایش سرعت اجرای آن‌ها شود و در نهایت منجر به افزایش سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در میزان کل مصرف انرژی کشور شود. همچنین، توسعه مالی می‌تواند منجر به افزایش سرمایه‌گذاری در صنعت منابع تجدیدپذیر شود که این امر همراه با نوآوری‌های فناورانه و بهبود عملکرد تکنولوژی‌های بازیافت و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر، منجر به کاهش هزینه‌ها و افزایش رقابت‌پذیری انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد شد. در نهایت، با افزایش توجه به سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و تعهد دولت و سازمان‌ها به تحولات پایدار، می‌توان انتظار داشت که سهم این انرژی‌ها در مجموع انرژی مصرفی در کشور بیشتر شود.

در مدل (۲) شاخص ریسک مالی با علامت مثبت از نظر آماری در سطح احتمال ۱۰ درصد معنی‌دار است. شاخص ریسک مالی یک شاخص معکوس از ریسک مالی است که نمرات بالاتر نشان دهنده ریسک مالی کمتر است. بنابراین با توجه به تفسیر شاخص ریسک مالی افزایش یک واحد در امتیاز این شاخص یا کاهش ریسک مالی، سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر ۰/۵ واحد افزایش می‌یابد. طبق نتایج افزایش ریسک‌های مالی می‌تواند منجر به کاهش سرمایه‌گذاری در

صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر شود. این امر ممکن است به دلیل عدم اطمینان درباره بازده آینده سرمایه‌گذاری در این صنعت باشد که می‌تواند فرصت‌های سرمایه‌گذاری را کاهش دهد. همچنین، نوسان در میزان ریسک مالی می‌تواند بر نرخ بازده و سودآوری سرمایه‌گذاری‌ها تأثیر گذارد که ممکن است سرمایه‌گذاران را از سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر منصرف کند. لذا وجود ریسک مالی و در نتیجه کاهش سرمایه‌گذاری در این صنعت باعث کاهش سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور می‌شود.

جدول ٥: نتایج برآورد مدل با استفاده از روش DOLS

متغیرهای مدل	نماد	مدل ۱			مدل ۲		
		ضریب	آماره t	احتمال	ضریب	آماره t	احتمال
تولید ناخالص داخلی سرانه	EG	۱/۶۲	۲/۶۴	۰/۰۲۶	۲/۲۴	۲/۲۷	۰/۰۳۸
آلودگی محیط زیست	EP	-۲/۴۴	-۶/۰۵	۰/۰۰۰	-۳/۵۸	-۵/۲۱	۰/۰۰۰
باز بودن تجاری	TO	۰/۰۳	۵/۵۶	۰/۰۰۰	۰/۰۳	۳/۶۶	۰/۰۰۲
نوآوری محیط‌زیستی	EI	۰/۲۶	۵/۲۹	۰/۰۰۰	۰/۲۴	۳/۲۹	۰/۰۰۴
شاخص توسعه مالی	FD	۲/۹۲	۴/۷۲	۰/۰۰۰	–	–	–
شاخص ریسک مالی	FR	–	–	–	۰/۵۰	۱/۸۶	۰/۰۸۲
ضریب ثابت	C	۱۷/۱۴	۵/۹۶	۰/۰۰۰	۲۵/۷۱	۳/۰۰	۰/۰۰۸

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ٦: نتایج برآورد مدل با متغیر تعاملی با استفاده از روش DOLS

متغیرهای مدل	نماد	مدل ۳			مدل ٤		
		ضریب	آماره t	احتمال	ضریب	آماره t	احتمال
تولید ناخالص داخلی سرانه	EG	۳/۴۲	۳/۵۵	۰/۰۰۲	۲/۳۸	۲/۵۱	۰/۰۲۱
آلودگی محیط زیست	TO	-۳/۱۶	-۵/۳۷	۰/۰۰۰	-۳/۰۸	-۵/۰۸	۰/۰۰۰
باز بودن تجاری	EP	۰/۰۲	۲/۹۸	۰/۰۰۷	۰/۰۲	۳/۳۸	۰/۰۰۱
تعاملی توسعه مالی و نوآوری	EI×FD	۰/۸۲	۵/۷۸	۰/۰۰۰	–	–	–
تعاملی ریسک مالی و نوآوری	EI×FR	–	–	–	۰/۰۷	۵/۳۶	۰/۰۰۰
ضریب ثابت	C	۱۲/۷۳	۳/۷۱	۰/۰۰۱	۲۰/۰۰	۴/۴۰	۰/۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

سایر نتایج پژوهش نشان می‌دهد که ضریب متغیر رشد اقتصادی که با شاخص تولید ناخالص داخلی سرانه اندازه‌گیری شده است در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. نتایج بیانگر

این است که در صورت افزایش یک درصد در شاخص تولید ناخالص داخلی سرانه سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر به ترتیب ۱/۶۲، ۲/۲۴، ۳/۴۲ و ۲/۳۸ واحد افزایش می‌یابد. بنابراین طبق نتایج استدلال می‌شود که با افزایش تولید و رشد اقتصادی، نیاز به منابع انرژی افزایش می‌یابد و انتظار می‌رود که استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر نیز افزایش یابد. بنابراین، افزایش تولید ناخالص داخلی می‌تواند توجیهی برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و تکنولوژی‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر فراهم کند.

متغیر آلودگی محیط زیست یا انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح احتمال یک درصد اثر منفی بر سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. طبق نتایج در صورت افزایش یک درصد در آلودگی محیط زیست در مدل‌های پژوهش به ترتیب ۲/۴۴، ۳/۵۸، ۳/۱۶ و ۳/۰۸ واحد سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را کاهش می‌دهد. بر اساس داده‌های آماری بانک جهانی (۲۰۲۴) سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش انرژی ایران در طول دوره مورد بررسی بین ۰/۵ و ۱/۴ درصد در نوسان بوده است. بنابراین سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در فعالیت‌های اقتصادی ایران بسیار کم است و این مقدار توانایی کاهش انتشار آلاینده‌ها را طی دوره مورد مطالعه نداشته است. از طرفی گستردگی و تنوع منابع نفت و گاز از یک سو و پایین بودن قیمت این حامل‌ها در کشور، ایران را به یکی از بالاترین کشورهای مصرف‌کننده سوخت‌های فسیلی تبدیل کرده است. مصرف گاز طبیعی در ایران معادل مصرف گاز در کشور چین و همچنین معادل کل مصرف کشورهای حوزه اتحادیه اروپا است. شدت انرژی در ایران ۳۶ درصد بیشتر از میانگین جهانی و ۲۷ درصد بیشتر از میانگین خاورمیانه است. این میزان مصرف جدای از هزینه‌های اقتصادی و هدر دادن منابع، به طور طبیعی دربردارنده سطح بالایی از آلودگی محیط‌زیستی نیز هست. لذا با توجه به وضعیت اقتصاد ایران نتایج قابل توجیه است. به‌طوری که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران بیشتر از میزان تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران است که همین امر اثرات منفی آن را بیشتر نشان می‌دهد. این نتایج می‌تواند نشان دهد که افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند به عنوان یک انگیزه برای افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر مورد استفاده قرار گیرد.

ضریب متغیر بازبودن تجاری در مدل‌های پژوهش با علامت مثبت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. در صورت افزایش یک واحد در شاخص نسبت تجارت به تولید ناخالص

داخلی سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر به ترتیب در مدل‌های پژوهش ۰/۰۳ و ۰/۰۲ واحد افزایش می‌یابد. آزادسازی اقتصادی می‌تواند با افزایش رقابت، تشویق سرمایه‌گذاری و حمایت دولتی به توسعه و استفاده افراد جامعه از انرژی‌های تجدیدپذیر کمک کند. از سوی دیگر، این فرایند ممکن است منجر به افزایش رقابت و نوآوری در حوزه فناوری‌های انرژی پاک شود که این امر می‌تواند منجر به افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر شود. به هر حال، باید توجه داشت که این فرایند ممکن است نیاز به سیاست‌ها و تدابیر اقتصادی مناسب داشته باشد تا بسیاری از مشکلات و محدودیت‌های موجود را حل کند.

هدف اصلی این مطالعه پاسخ به این سوال است که اثر همزمان یا تعاملی نوآوری محیط‌زیستی با توسعه و ریسک مالی چه اثری بر سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد داشت؟ لذا پژوهش حاضر برای پاسخ به این سوال دو سناریوی مختلف را مورد بررسی قرار داده است؛ به طوری که جهت بررسی آن از متغیر تعاملی نوآوری محیط‌زیستی و توسعه مالی در مدل ۳ و متغیر تعاملی نوآوری محیط‌زیستی و ریسک مالی در مدل ۴ استفاده شده است. بر اساس نتایج جدول (۶) در مدل ۳ متغیر تعاملی نوآوری محیط‌زیستی و توسعه مالی از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. به طوری که در صورت افزایش یک واحد در متغیر تعاملی فوق، سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر ۰/۸۲ واحد افزایش می‌یابد. لذا طبق نتایج در صورتی که نوآوری محیط‌زیستی همراه با توسعه مالی باشد اندازه ضریب افزایش و اثر گذاری مثبت بیشتری بر سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. توسعه ابزارهای مالی و افزایش سرمایه‌گذاری در زمینه محیط زیست می‌تواند تأثیر مثبت و مهمی بر نوآوری‌های مرتبط با محیط زیست داشته باشد. این امر به این دلیل است که منابع مالی کافی و افزایش تخصیص مالی به تحقیق و توسعه در این زمینه، می‌تواند محرک قدرتمندی جهت پیدایش فناوری‌های پایدار و محیط زیستی باشد. به عنوان مثال، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های تجدیدپذیر انرژی مانند نیروی بادی، نیروی خورشیدی و سایر منابع انرژی پاک، باعث افزایش نوآوری‌ها در این زمینه می‌شود. همچنین، حمایت مالی از پروژه‌های بازیافت و کاهش پسماندهای صنعتی نیز می‌تواند به توسعه فناوری‌های جدید و بهبود روش‌های محیط‌زیستی کمک کند. بنابراین، توسعه مالی در زمینه محیط‌زیست می‌تواند به طور مستقیم تأثیر مثبت بر نوآوری‌های مرتبط با حفاظت از محیط‌زیست داشته باشد. در نتیجه اثر

همزمان این دو در کنار یک دیگر باعث افزایش سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در فعالیت‌های اقتصادی خواهد شد.

طبق نتایج جدول (۶) متغیر تعاملی نوآوری محیط‌زیستی و ریسک مالی در سطح احتمال یک درصد با علامت مثبت معنی‌دار است. در صورت افزایش یک واحد در متغیر تعاملی فوق سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر ۰/۰۷ واحد افزایش می‌یابد. همان‌طور که مشاهده می‌شود زمانی که نوآوری محیط‌زیستی همراه با ریسک مالی باشد اندازه ضریب کاهش و اثرگذاری مثبت ناچیزی بر سهم مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. نتایج این بخش نشان می‌دهد که در صورت توسعه ابزارهای مالی و عدم وجود ریسک مالی سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری‌های مرتبط با محیط زیست افزایش می‌یابد. ریسک‌های مالی می‌توانند تأثیر مهمی بر فعالیت‌های نوآورانه مرتبط با محیط‌زیست داشته باشند. در حال حاضر، برخی از ریسک‌های مالی شامل پرداخت بالاتر هزینه‌های تأمین مواد اولیه محیط‌زیستی، تحمیل هزینه‌های محافظه‌کارانه برای پایش و اجرای مقررات محیط‌زیستی، ریسک‌های مربوط به تحمیل جریمه و پیروی از مقررات نوظهور محیط‌زیستی و همچنین ریسک‌های مربوط به تغییر و تنوع روند قوانین محیط‌زیستی را شامل می‌شوند. در نتیجه برآیند این ریسک‌ها شرایط ایجاد ریسک‌های مالی را فراهم می‌کند. به طوری که در برخی موارد، این ریسک‌ها می‌توانند باعث کاهش اعتماد سرمایه‌گذاران، افزایش هزینه سرمایه‌گذاری یا محدودیت‌های بودجه‌ای برای پروژه‌های نوآورانه محیط‌زیستی شود. با این حال، اهمیت فعالیت‌های نوآورانه مرتبط با محیط‌زیست می‌تواند کسب و کارها و سرمایه‌گذاران را به سمت تحمل این ریسک‌ها سوق دهد و به دنبال راه حل‌هایی مناسب برای کاهش این آثار باشند.

در روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) برای بررسی وجود رابطه بلندمدت از آزمون هم‌انباشتگی عدم پایداری هانسن[1] استفاده می‌شود. طبق نتایج جدول (۷) آماره ضریب لاگرانژ آزمون هانسن برای مدل‌های پژوهش به ترتیب معادل ۰/۱۷۹، ۰/۱۸۵، ۰/۱۰۷ و ۰/۱۲۵ است. آماره‌های برآوردی از نظر آماری معنی‌دار نیستند. در نتیجه فرضیه صفر مبنی بر وجود رابطه بلندمدت میان متغیرهای مدل رد نمی‌شود. پس مدل تحقیق از نظر پایداری و وجود روابط بلندمدت در مدل‌های تحقیق تأیید می‌شود. همچنین در جدول (۷) نتایج بررسی نرمال بودن جمله

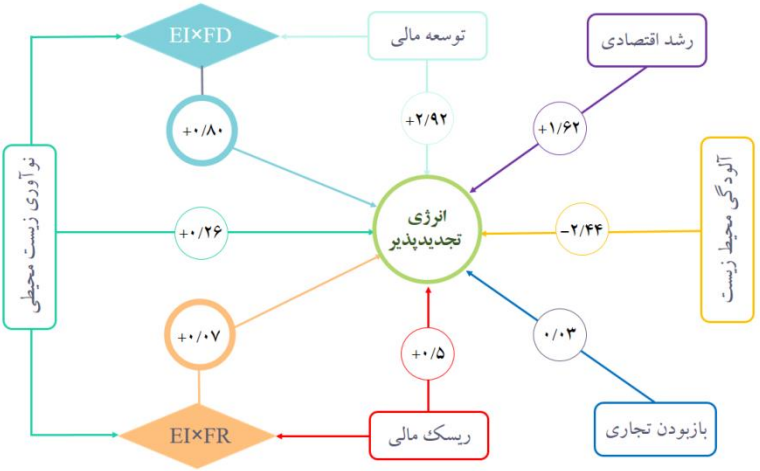
[1]. Hansen's Non-Instability Cointegration Test

خطای مدل‌های پژوهش گزارش‌شده است. براساس نتایج آماره آزمون نرمالیتی جارک – برا[1] در جدول (۷) فرضیه صفر مبنی بر نرمال بودن رد نمی‌شود. در نتیجه باقیمانده‌ها در مدل‌های پژوهش دارای توزیع نرمال هستند.

جدول ۷: نتایج آزمون‌های هم‌انباشتگی و نرمالیتی

نوع آزمون	نوع آماره	مقدار آماره (احتمال)			
		مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ٤
عدم پایداری هانسن	آماره Lc	۰/۱۷۹ (>۰/۲)	۰/۱۸۵ (>۰/۲)	۰/۱۰۷ (>۰/۲)	۰/۱۲۵ (>۰/۲)
نرمال بودن جمله خطاها	آماره JB	۳/۰۳۸ (۰/۲۱۸)	۲/۸۸۸ (۰/۲۳۵)	۵/۲۵۴ (۰/۰۷۲)	۳/۴۷۳ (۰/۱۷۶)

منبع: یافته‌های پژوهش



شکل ۲: نتایج روابط پژوهش با استفاده از مدل DOLS

منبع: یافته‌های پژوهش

۵– بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات اقلیمی به یک بحران جهانی تبدیل شده است و جهان شاهد عواقب افزایش دما، رویدادهای شدید آب و هوایی و تخریب محیط زیست است. یکی از عوامل اصلی تغییر اقلیم، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای است که به‌طور عمده با استفاده از سوخت‌های فسیلی ایجاد می‌شود. در نتیجه، در سطح جهان تغییر فزاینده‌ای به سمت منابع انرژی تجدیدپذیر، که پاک‌تر و

[1]. Jarek-Bra Normality Test

پایدارتر هستند، صورت گرفته است. با این حال، کشور ایران یکی از اقتصادهای با آلودگی بالا در منطقه محسوب می‌شود که از سایر کشورهای در حال توسعه در فرایند سرمایه‌گذاری و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، عقب مانده است. ازاین‌رو بررسی و مطالعه عوامل موثر بر مصرف و توسعه انرژی‌های پاک در کشور ایران حائز اهمیت است. دراین راستا مطالعه حاضر به بررسی اثر مولفه‌های مالی بر رابطه نوآوری محیط‌زیستی و مصرف انرژی تجدید ناپذیر اختصاص دارد. خلاصه نتایج پژوهش در شکل ۲ گزارش شده است.

نتایج پژوهش نشان داد که متغیر نوآوری محیط‌زیستی اثر مثبت و معنی‌دار بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. کاربرد و توسعه فناوری به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا با بکارگیری نوآوری‌های جدید در تولید و گسترش زیرساخت‌های توسعه انرژی‌های پاک به افزایش بهره‌وری انرژی و کیفیت محیط زیست کمک کنند. این نتایج با پژوهش‌های مشابه همچون وانگ و همکاران (۲۰۲۳)، سو و همکاران (۲۰۲۱)، وی و همکاران (۲۰۲۳) همسو است. ولی با مطالعه خان و همکاران (۲۰۲۱) همسو نیست. در مطالعه سعداوی و عمری (۲۰۲۳) از شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات استفاده شده بود که با نتایج این پژوهش همخوانی نداشت.

طبق نتایج، توسعه مالی اثر مثبت و ریسک مالی اثر منفی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. نتایج مبحث توسعه مالی با پژوهش‌های مشابه همچون لو (۲۰۲۳)، خان و همکاران (۲۰۲۱)، شامحمدی سه چکی و همکاران (۱۴۰۱) و آقایی و همکاران (۱۳۹۸) همسو و با مطالعه وی و همکاران (۲۰۲۳) همسو نیست. همچنین در پژوهش‌های سو و همکاران (۲۰۲۱) و وانگ و همکاران (۲۰۲۳) که از شاخص‌های تمرکززدایی مالی و کارایی مالی استفاده کردند نیز نتایج مشابه مطالعه حاضر است. جهت بررسی مسئله پژوهش از دو شاخص تعاملی که نوآوری محیط‌زیستی را همزمان با توسعه مالی و ریسک مالی در نظر می‌گیرد استفاده شد. به طور خاص، نتایج این مطالعه نشان داد که همزمانی مولفه‌های مالی و نوآوری محیط‌زیستی اثر مثبت بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. نتایج نشان می‌دهد که توسعه مالی باعث افزایش و ریسک مالی باعث کاهش میزان اثرگذاری نوآوری محیط‌زیستی بر مصرف انرژی‌های پاک دارند. بنابراین تأثیر بهبود مولفه‌های مالی و تشویق نوآوری‌های محیط‌زیستی بر توسعه صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهایی همچون ایران که سهم کمتری از مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارند،

آشکارتر است.

همچنین نتایج پژوهش نشان داد که انتشار گازهای گلخانه‌ای اثر منفی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. این نتایج با توجه به سهم اندک انرژی‌های تجدیدپذیر از کل مصرف انرژی در ایران قابل توجیه است. زیرا تاکنون زیرساخت‌ها و فرآیندهای انتقال به انرژی تجدیدپذیر به طور کامل در کشور توسعه پیدا نکرده است و مصرف انرژی ایران هنوز وابسته به انرژی‌های فسیلی است. پس زمانی که استفاده از انرژی‌های فسیلی افزایشی است در طرف مقابل سهم انرژی‌های تجدیدپذیر کاهش می‌یابد. این عمل انتشار آلاینده‌ها را افزایش می‌دهد و در نتیجه این فرآیند اثر منفی بر انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد داشت. لذا برای کاهش انتشار آلاینده‌ها باید تلاش شود تا سهم انرژی‌های پاک با افزایش توسعه زیرساخت‌ها و سرمایه‌گذاری در روش‌های مختلف تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور افزایش یابد. نتایج این بخش با پژوهش‌های وی و همکاران (۲۰۲۳) و لو (۲۰۲۳) همسو نیست. زیرا در این پژوهش‌ها مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شوند. طبق نتایج تولید سرانه و باز بودن تجاری اثر مثبت بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. نتایج تولید سرانه با پژوهش‌های لو (۲۰۲۳)، وی و همکاران (۲۰۲۳)، سو و همکاران (۲۰۲۱)، شهبازی و همکاران (۱۴۰۲) و سلیمانی (۱۴۰۰) همسو و با پژوهش‌های نعیمی و همکاران (۱۴۰۲)، فطرس و همکاران (۱۳۹۹) و خان و همکاران (۲۰۲۱) مخالف است. همچنین نتایج باز بودن تجاری با پژوهش‌های لو (۲۰۲۳)، وی و همکاران (۲۰۲۳)، وانگ و همکاران (۲۰۲۳) و سلیمانی (۱۴۰۰) همسو و با پژوهش‌های فطرس و همکاران (۱۳۹۹) و سعداوی و عمری (۲۰۲۳) مخالف است.

بنابراین طبق نتایج پژوهش توسعه نوآوری فناورانه در صورت بهبود توسعه مالی یک راه حل بالقوه برای افزایش مصرف و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است. لذا یک سیستم مالی توسعه‌یافته، روش‌های تأمین مالی و ابزارهای مدیریت ریسک متنوعی را برای شرکت‌ها و خانوارها فراهم می‌کند تا وجوه مورد نیاز را با ریسک‌های مالی کمتر به دست آورند، بنابراین تقاضای سرمایه‌گذاری و مصرف برای انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش می‌دهد. از طرفی توسعه انرژی‌های پاک می‌تواند به کاهش آلودگی و بهبود رشد اقتصادی پایدار کمک کند. کاهش آلودگی می‌تواند سلامت عمومی را بهبود بخشد و آثار منفی بر محیط زیست را کاهش دهد. همچنین رشد

پایدار را می‌توان با توسعه مکانیسم‌های تأمین مالی نوآورانه، ایجاد شغل و تحریک فرصت‌های سرمایه‌گذاری به دست آورد. از این رو، پژوهش و توسعه در انرژی‌های تجدیدپذیر، رقابت را از نظر فناوری‌های مختلف انرژی تشویق می‌کند و تضمین می‌کند که انرژی پایدارتر و پاک‌تر ارائه شود. بنابراین با به کارگیری فناوری نوآورانه می‌توان به ارتقای تکنولوژی تولید و توزیع انرژی‌های تجدیدپذیر و ارتقای سطح استاندارد صنایع تولیدی پرداخت که این نیز از عواملی است که می‌تواند باعث کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی شود. از این رو فراهم کردن شرایط ارتقای بهره‌وری فناوری‌های نوآورانه در تولید با آلودگی کمتر که با محیط زیست سازگاری داشته باشد و از طرفی، بهره‌گیری از تلفیق انرژی تجدیدپذیر و نوآوری فناورانه از راه‌های پیشنهادی است که می‌تواند حداقل خسارت را به محیط زیست وارد کند.

بنابراین این مطالعه نشان داد که عوامل مالی و فناوری‌های مرتبط با محیط زیست تأثیر زیادی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور دارند. نتایج این مطالعه می‌تواند در تدوین سیاست‌های تولید انرژی و کاهش مصرف انرژی اهمیت داشته باشد. از سوی دیگر، برای شناسایی و درک بهتر آثار مختلف این عوامل، نیاز به پژوهش‌های بیشتر در این زمینه و ارائه راهکارهای مناسب برای کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی، افزایش بهره‌وری انرژی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد.

Reference

1. Abbasinejad, H., & Goudarzi Farahani, Y. (2013). *Applied Econometrics with Eviews and Microfit*. Tehran: Noor Elam. [In Persian].
2. Aghaei, M., Rezagholizadeh, M., & Abdi, Y. (2019). Financial Development and Renewable Energy Technology Development in Different Sectors: Application of Panel Tobit Model. *Journal of Economic Research*, **54**(2), 253-284. doi: 10.22059/jte.2019.71284. [In Persian].
3. Aghaei, M., Rezagholizadeh, M., & Hosseini, M. (2018). Financial Stability, Energy Consumption, Economic Growth, and Environmental Quality: Fresh Evidences of Iran. *Macroeconomics Research Letter*, **13**(26), 171-199. doi: 10.22080/iejm.2018.2232. [In Persian].
4. Ali, W., Abdullah, A., & Azam, M. (2017). Re-visiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Malaysia: Fresh Evidence from ARDL Bounds Testing Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **77**, 990-1000. Doi: 10.1016/j.rser.2016.11.236.
5. Al-Mulali, U., & Sab, C. N. B. C. (2012). The Impact of Energy Consumption and CO2 Emission on the Economic Growth and Financial Development in the Sub-Saharan African Countries. *Energy*, **39**(1), 180-186. Doi: 10.1016/j.energy.2012.01.032.
6. Asadi, A., Esmaeili, M., Bakhshor, F., & Sadeghpor, A. (2019). Investigation of Factors Affecting Energy Consumption in Iran (With Emphasis on Financial Development Variable). *Quarterly Journal of Fiscal and Economic Policies*, **7**(25), 151-177. [In Persian].
7. Azizi, V., Mehregan, N., & Yavari, G. (2016). Effects of Trade Liberalization on the Trade Balance in Agriculture of Iran. *Agricultural Economics and Development*, **23**(4), 141-168. doi: 10.30490/aead.2016.59016. [In Persian].
8. Behboudi, D., Mohammadzadeh, P., & Moosavi, S. (2020). Investigation of Interrelationship between Renewable Energy-Sustainable Development- Co2 Emissions in Iran: Bayesian VAR Approach. *Journal of Environmental Science and Technology*, **22**(2), 395-407. doi: 10.22034/jest.2020.27377.3646. [In Persian].
9. Bhattacharyya, S. C. (2019). *Energy Economics: Concepts, Issues, Markets and Governance*. Springer Nature.
10. Brunnschweiler, C. N. (2010). Finance for Renewable Energy: An Empirical Analysis of Developing and Transition Economies.

Environment and Development Economics, **15**(3), 241-274. Doi: 10.1017/S1355770X1000001X.

11. Du, K., Li, P., & Yan, Z. (2019). Do Green Technology Innovations Contribute to Carbon Dioxide Emission Reduction? Empirical Evidence from Patent Data. *Technological Forecasting and Social Change*, **146**, 297-303. DOI: 10.1016/j.techfore.2019.06.010.
12. Fotors, M. H., Moridiyan Pirdoosti, A., & Nematollahi, F. (2021). Investigating the Impact of Financial Development and Economic Growth on Energy Demand in Iran's Economy, Asymmetric Causality Approach. *Stable Economy Journal*, **1**(1), 79-106. doi: 10.22111/sedj.2021.35352.1102. [In Persian].
13. Hopwood, B., Mellor, M., & O'Brien, G. (2005). Sustainable Development: Mapping Different Approaches. *Sustainable Development*, **13**(1), 38-52. Doi: 10.1002/sd.244.
14. Hu, H., Xie, N., Fang, D., & Zhang, X. (2018). The Role of Renewable Energy Consumption and Commercial Services Trade in Carbon Dioxide Reduction: Evidence from 25 Developing Countries. *Applied Energy*, **211**, 1229-1244. Doi: 10.1016/j.apenergy.2017.12.019.
15. ICRG (2024). The International Country Risk Guide (ICRG). Available at: https://www.prsgroup.com/explore-our-products/icrg.
16. International Monetary Fund (2024). *About Financial Development Index*. Available at: https://data.imf.org/?sk=f8032e80-b36c-43b1-ac26-493c5b1cd33b&sid=1480712464593.
17. Khan, A., Chenggang, Y., Hussain, J., & Kui, Z. (2021). Impact of Technological Innovation, Financial Development and Foreign Direct Investment on Renewable Energy, Non-Renewable Energy and the Environment in Belt & Road Initiative Countries. *Renewable Energy*, **171**, 479-491. Doi: 10.1016/j.renene.2021.02.075.
18. Liao, S. H., Fei, W. C., & Liu, C. T. (2008). Relationships between Knowledge Inertia, Organizational Learning and Organization Innovation. *Technovation*, **28**(4), 183-195. Doi: 10.1016/j.technovation.2007.11.005.
19. Lin, B., Omoju, O. E., & Okonkwo, J. U. (2016). Factors Influencing Renewable Electricity Consumption in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **55**, 687-696. Doi: 10.1016/j.rser.2015.11.003.
20. Luo, Y. (2023). Does ICT Development Influence Renewable Energy Investment? Evidence from Top-Polluted Economies. *Journal of Cleaner Production*, **428**, 139271. DOI:10.1016/j.jclepro.2023.139271.

21. Maradana, R. P., Pradhan, R. P., Dash, S., Gaurav, K., Jayakumar, M., & Chatterjee, D. (2017). Does Innovation Promote Economic Growth? Evidence from European Countries. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, **6**(1), 1-23. Doi: 10.1186/s13731-016-0061-9.
22. Meirun, T., Mihardjo, L. W., Haseeb, M., Khan, S. A. R., & Jermsittiparsert, K. (2021). The Dynamics Effect of Green Technology Innovation on Economic Growth and CO 2 Emission in Singapore: New Evidence from Bootstrap ARDL Approach. *Environmental Science and Pollution Research*, **28**, 4184-4194. doi: 10.1007/s11356-020-10760-w.
23. Memarzadeh, A., Mahmoudinia, D. & Jedavi, M. (2021). Investigating the Effect of Financial Development and Economic Growth on Renewable Energy Consumption in Iran, M.sc Thesis, *Vali-E-Asr University of Rafsanjan*. [In Persian].
24. Mirzapour Sharamin, M. & Atrkar Roshan, S. (2020). The Impact of Renewable Energy and Technological Innovation on CO2 Emissions, M.sc Thesis, *Al-Zahra University*. [In Persian].
25. Naeimi, F., Jahantigh, Y., & Varahrami, V. (2023). Investigating Relationship between Finance and Energy Consumption in Iran (With Emphasis on Industrialization and Urbanization). *Urban Economics and Planning*, **4**(2), 52-64. doi: 10.22034/uep.2023.394773.1356. [In Persian].
26. Noferesti, M. (2012). *Unit Root and Cointegration in Econometrics*. (Vol. 4). Tehran: Rasa Cultural Service Institute. [In Persian].
27. OECD (2024). Patents on Environment Technologies (Indicator). doi: 10.1787/fff120f8-en (Accessed on 29 February 2024).
28. Pedroni, P. (2004). Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis. *Econometric Theory*, **20**(3), 597-625.
29. Pio, J. G. (2020). Effects of Innovation and Social Capital on Economic Growth: Empirical Evidence for the Brazilian Case. *International Journal of Innovation*, **8**(1), 40-58. DOI:10.5585/iii.v8i1.303.
30. Qamruzzaman, M., & Jianguo, W. (2020). The Asymmetric Relationship between Financial Development, Trade Openness, Foreign Capital Flows, and Renewable Energy Consumption: Fresh Evidence from Panel NARDL Investigation. *Renewable Energy*, **159**, 827-842. Doi: 10.1016/j.renene.2020.06.069.
31. Rajapathirana, R. J., & Hui, Y. (2018). Relationship between Innovation Capability, Innovation Type, and Firm Performance. *Journal of Innovation & Knowledge*, **3**(1), 44-55. Doi: 10.1016/j.jik.2017.06.002.

32. Saadaoui, H., & Omri, E. (2023). Towards a Gradual Transition to Renewable Energies in Tunisia: Do Foreign Direct Investments and Information and Communication Technologies Matter?. *Energy Nexus*, **12**, 100252. Doi: 10.1016/j.energy.2024.130686.
33. Saikkonen, P. (1992). Estimation and Testing of Cointegrated Systems by an Autoregressive Approximation. *Econometric Theory*, **8**(1), 1-27.
34. Shahbaz, M., Nasir, M. A., & Roubaud, D. (2018). Environmental Degradation in France: the Effects of FDI, Financial Development, and Energy Innovations. *Energy Economics*, **74**, 843-857. Doi: 10.1016/j.eneco.2018.07.020.
35. Shahbazi, K., Jafarzadeh, H., & Hasanzadeh, K. (2023). Investigating the Effect of Asymmetric Shocks of the Shadow Economy on Energy Consumption in Terms of Financial Development in Iran. *Quarterly Energy Economics Review*, **19**(76), 57-86. [In Persian].
36. Shamohammadi Sechaki, E., Khanzadi, A., & Karimi, M. S. (2022). Investigating Factors Affecting Renewable Energy Consumption in Selected OPEC Oil Countries, A Panel ARDL Approach. *Economic Policies and Research*, **1**(3), 80-106. doi:10.34785/J025.2022.023. [In Persian].
37. Solaymani, S. (2021). Impacts of Technological Innovation, Economic Growth, Global Oil Price and Trade Openness on Energy Consumption in Iran. *The Economic Research*, **21**(2), 181-211. DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.2.4.4. [In Persian].
38. Stock, J.H. & Watson, M.W. (1993). A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems. *Econometrica*, **61**(4), 783- 820. DOI: 10.2307/2951763.
39. Su, C. W., Umar, M., & Khan, Z. (2021). Does Fiscal Decentralization and Eco-Innovation Promote Renewable Energy Consumption? Analyzing the Role of Political Risk. *Science of the Total Environment*, **751**, 142220. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142220.
40. Töbelmann, D., & Wendler, T. (2020). The Impact of Environmental Innovation on Carbon Dioxide Emissions. *Journal of Cleaner Production*, **244**, 118787. Doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118787.
41. Wang, Q., & Dong, Z. (2022). Technological Innovation and Renewable Energy Consumption: A Middle Path for Trading off Financial Risk and Carbon Emissions. *Environmental Science and Pollution Research*, **29**(22), 33046-33062. Doi: 10.1007/s11356-021-17915-3.
42. Wang, Q., Hu, S., Ge, Y., & Li, R. (2023). Impact of Eco-Innovation and Financial Efficiency on Renewable Energy–Evidence from OECD

Countries. *Renewable Energy*, **217**, 119232. Doi: 10.1016/j.renene.2023.119232/

43. Wei, D., & Wu, H. (2023). Impact of Financial Development on the Development of the Renewable Energy Industry of China. *Journal of Climate Finance*, **5**, 100023. Doi: 10.1016/j.jclimf.2023.100023.
44. Wei, D., Ahmad, F., Abid, N., & Khan, I. (2023). The Impact of Digital Inclusive Finance on the Growth of the Renewable Energy Industry: Theoretical and Logical Chinese Experience. *Journal of Cleaner Production*, **428**, 139357. Doi: 10.1016/j.jclepro.2023.139357.
45. Wu, Y. (2010). Innovation and Economic Growth in China. *Economics Discussion Papers*, **10**(10). University of Western Australia, Business School.
46. Wusiman, N., & Ndzembanteh, A. N. (2020). The Impact of Human Capital and Innovation Output on Economic Growth: Comparative Analysis of Malaysia and Turkey. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, **8**(1), 231-242. Doi: /10.18506/anemon.521583.
47. Zaidi, S.A.H., Zafar, M.W., Shahbaz, M., and Hou, F. (2019). Dynamic Linkages between Globalization, Financial Development and Carbon Emissions: Evidence from Asia Pacific Economic Cooperation Countries. *Journal of Cleaner Production*, **228**, 533-543. Doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.210.
48. Zare, L., & Hadian, E. (2021). Identification and Prioritization of Obstacles to the Development of Renewable Energy in Iran, M.sc Thesis, *University of Shiraz*. [In Persian].
49. Zhang, W., & Chiu, Y. B. (2020). Do Country Risks Influence Carbon Dioxide Emissions? A Non-Linear Perspective. *Energy*, **206**, 118048. Doi: 10.1016/j.energy.2020.118048.
50. Zhao, J., Shahbaz, M., Dong, X., & Dong, K. (2021). How Does Financial Risk Affect Global CO2 Emissions? The Role of Technological Innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, **168**, 120751. Doi: 10.1016/j.techfore.2021.120751.
51. Zheng, M., & Wong, C. Y. (2024). The Impact of Digital Economy on Renewable Energy Development in China. *Innovation and Green Development*, **3**(1), 100094. Doi: 10.1016/j.igd.2023.100094.