

Investigating the Asymmetric Effects of Renewable Energy and Economic Complexity on Iran's Economic Growth within the NARDL Framework

**Fatemeh
Sorkhedehi**

Assistant Professor, Department of Islamic Economics,
Faculty of Economics, Allameh Tabatabai University,
Tehran, Iran. Corresponding Author
E-Mail: Fatemeh_sorkhedehi@yahoo.com)

Priya Kavianinia

Master's student in Economic Systems Planning, Faculty
of Economics, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran)

Abstract

Achieving sustainable economic growth and reducing dependence on fossil fuel resources are strategic objectives of Iran's economy in the current context. Economic complexity, as an indicator of the level of technology and knowledge embedded in production, and renewable energies, as a tool to reduce environmental impacts and diversify the energy mix, both play vital roles in sustainable economic growth. This study analyzes the asymmetric and nonlinear effects of these two key variables on Iran's economic growth over the period 1995 to 2022 using the Nonlinear Autoregressive Distributed Lag (NARDL) model. This model allows the separate examination of the positive and negative impacts of variables in the short and long run. The findings indicate that positive shocks in renewable energy consumption and economic complexity have significant and positive effects on economic growth, while negative shocks in these variables have smaller and adverse effects. In the long run, increases in renewable energy consumption and economic complexity enhance economic growth, whereas decreases reduce it. Furthermore, investment and labor have positive effects on economic growth, while carbon dioxide emissions have a negative impact. The results emphasize the importance of developing renewable energy and enhancing economic complexity in Iran. These two strategies not only strengthen economic growth but can also reduce environmental damage and the country's reliance on fossil fuel resources.

Keywords: Renewable Energies, Economic Complexity, Economic Growth, NARDL Model (Nonlinear Autoregressive Distributed Lag Model)

بررسی اثرات نامتقارن انرژی‌های تجدیدپذیر و پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی ایران در چارچوب یک مدل NARDL

استادیار گروه اقتصاد اسلامی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه

طباطبائی تهران، ایران (نویسنده مسئول).

فاطمه سرخه دهی، *

دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی سیستم های اقتصادی، دانشکده

اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

پریا کاویانی نیا

چکیده

تحقق رشد اقتصادی پایدار و کاهش وابستگی به منابع فسیلی، از اهداف راهبردی اقتصاد ایران در شرایط کنونی است. پیچیدگی اقتصادی، به عنوان شاخصی از میزان فناوری و دانش در تولیدات است و انرژی‌های تجدیدپذیر، ابزاری برای کاهش اثرات زیست محیطی و تنوع بخشی در سبد انرژی هستند، که هر دو نقش حیاتی در رشد اقتصادی پایدار دارند. این پژوهش، اثرات نامتقارن و غیرخطی این دو متغیر کلیدی را بر رشد اقتصادی ایران طی دوره ۱۳۷۴ تا ۱۴۰۱ با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی نامتقارن (NARDL) تحلیل می‌کند. این مدل، امکان بررسی جداگانه تأثیرات مثبت و منفی متغیرها در کوتاه مدت و بلندمدت را فراهم می‌سازد. یافته‌ها نشان می‌دهند که شوک‌های مثبت مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و پیچیدگی اقتصادی اثرات مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی دارند و در مقابل، شوک‌های منفی این متغیرها تأثیر منفی و محدودتری دارند. افزایش در مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و پیچیدگی اقتصادی، رشد اقتصادی را در بلندمدت افزایش می‌دهد و کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و پیچیدگی اقتصادی رشد اقتصادی را کاهش می‌دهد. همچنین، سرمایه و نیروی کار اثر مثبت و انتشار دی‌اکسید کربن اثر منفی بر رشد اقتصادی دارند. یافته‌ها بر اهمیت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و ارتقای پیچیدگی اقتصادی در ایران تأکید دارند. این دو راهبرد، علاوه بر تقویت رشد اقتصادی، می‌توانند آسیب‌های زیست محیطی را کاهش داده و وابستگی کشور به منابع فسیلی را کاهش دهند.

کلیدواژه‌ها: انرژی‌های تجدیدپذیر، پیچیدگی اقتصادی، رشد اقتصادی، مدل NARDL

* نویسنده مسئول: Fatemeh_sorkhedehi@yahoo.com

۱-مقدمه

انرژی عامل مهم رشد اقتصادی و صنعتی شدن است. رشد صنایع مختلف، شهرنشینی و حمل و نقل به شدت وابسته به مصرف انرژی است. از سوی دیگر گرم شدن کره زمین و استفاده از سوختهای فسیلی منجر به امضای توافق نامه های بین المللی و فشار بر کشورها برای جایگزینی استفاده از انرژی های تجدید پذیر شده است. منابع انرژی تجدید پذیر از عوامل مهم کاهش انتشار CO₂ و سایر گازهای گلخانه ای و حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار است. براساس گزارش آژانس بین المللی انرژی^۱، در سال ۲۰۲۲، بیش از ۳۰٪ ظرفیت تولید انرژی جهان به انرژی های تجدیدپذیر اختصاص یافته است و این روند تا سال ۲۰۳۰ احتمالاً به ۵۰٪ خواهد رسید. این تحول نه تنها در کشورهای توسعه یافته، بلکه در اقتصادهای در حال گذار نیز اهمیت فزاینده ای یافته است. در ایران، با وجود منابع عظیم انرژی های تجدیدپذیر، سهم این منابع در سبد انرژی کشور همچنان کمتر از ۵٪ است.

شاخص پیچیدگی اقتصادی^۲ شاخصی است که سطح دانش و فناوری درگیر در ساختار تولید و صادرات یک کشور را نشان می دهد. شاخص پیچیدگی اقتصادی هر کشور، متوسطی از ارزشهای کالاهای صادراتی آن کشور است. ارزش هر کالا براساس متغیرهای زیر محاسبه می شود: ۱- تعداد یا تنوع کشورهایی که آن کالا را تولید و صادر می کنند (که پراکندگی تولید کالا نامیده می شود) ۲- ارزش صادراتی آن کالا به دیگر کشورها. این شاخص، ارزشی را تبیین می کند که سبب می شود میزان قابلیتها و دانش لازم برای تولید محصولات وارد معادله شود، ارزشی که نمادی از میزان پیچیدگی تولید کالا است. کشورهایی با پیچیدگی اقتصادی بالاتر، محصولاتی متنوع تر و با ارزش افزوده بالاتر تولید می کنند، که موجب افزایش رشد اقتصادی می شود پیچیدگی اقتصادی از طریق بهبود فرآیندهای تولید و دسترسی به فناوری های پیشرفته، بهره وری اقتصادی را افزایش می دهد. شواهد گویای آن است که رشد اقتصادی و درآمد کشورها به تنوع محصولاتی که یک کشور تولید می کند وابسته است.

رتبه پیچیدگی اقتصادی کشور نیز در مقایسه با میانگین جهانی در سطح پایینی قرار دارد، زیرا صادرات ایران عمدتاً به محصولات اولیه و کم فناوری محدود است. این شرایط نشان

¹ International Energy Agency-IEA

² Economic Complexity Index - ECI

می‌دهد که ایران با چالش‌هایی در دستیابی به رشد پایدار اقتصادی روبرو است. از یک سو، وابستگی بالا به منابع فسیلی، کشور را در برابر نوسانات قیمت نفت و تحریم‌های بین‌المللی آسیب‌پذیر کرده است. از سوی دیگر، پایین بودن پیچیدگی اقتصادی به معنای نبود تنوع و فناوری پیشرفته در تولیدات داخلی و روشهای تولید نسبتاً سنتی است که مانعی در برابر رقابت‌پذیری در بازارهای جهانی ایجاد می‌کند. بنابراین، سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و ارتقای پیچیدگی اقتصادی، می‌تواند به‌عنوان راهبردهایی مؤثر برای تقویت رشد اقتصادی پایدار مطرح شود. پیچیدگی اقتصادی و انرژی‌های تجدیدپذیر هر دو متغیر کلیدی برای رشد پایدار ایران هستند. ارتباط متقابل آن‌ها می‌تواند سیاست‌گذاری انرژی و توسعه اقتصادی را متحول کند. در مقایسه با کشورهای مشابه ایران که وابستگی بالایی به منابع فسیلی دارند، شواهد نشان می‌دهند که کشورهای در حال توسعه با ارتقاء پیچیدگی اقتصادی به ویژه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، توانسته‌اند به رشد اقتصادی پایدارتر دست یابند. به‌عنوان مثال، در ترکیه سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و تقویت زیرساخت‌های فنی باعث رشد اقتصادی بیشتری نسبت به کشورهایی با وابستگی بیشتر به منابع انرژی فسیلی شده است.

پرسش اصلی این پژوهش آن است که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و پیچیدگی اقتصادی چگونه و با چه الگویی (نامتقارن و غیرخطی) بر رشد اقتصادی ایران تأثیر می‌گذارند؟ نوآوری اصلی پژوهش در بررسی هم‌زمان این دو متغیر کلیدی و تحلیل اثرات نامتقارن آن‌ها با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیر خطی (NARDL) است. این روش امکان تفکیک اثرات مثبت و منفی این متغیرها را در کوتاه‌مدت و بلندمدت فراهم می‌سازد.

تمایز پژوهش از مطالعات پیشین در این است که مطالعات قبلی عمدتاً به بررسی اثرات خطی این متغیرها به طور جداگانه پرداخته‌اند، این پژوهش روابط غیرخطی و نامتقارن میان پیچیدگی اقتصادی، انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی را تحلیل می‌کند، متغیرهایی مانند پیچیدگی اقتصادی و انرژی‌های تجدیدپذیر ذاتاً چندبعدی و پیچیده هستند و در مطالعات قبلی، به اثرات نامتقارن این متغیرها در کوتاه‌مدت و بلندمدت توجه کافی نشده است. هدف این پژوهش ارائه شواهد تجربی برای کمک به سیاست‌گذاری اقتصادی در ایران جهت طراحی سیاست‌هایی است که ضمن کاهش وابستگی به منابع فسیلی، موجب رشد اقتصادی پایدار و تقویت رقابت‌پذیری کشور شوند.

این مطالعه شامل پنج بخش است: قسمت دوم ادبیات پژوهش که شامل مبانی نظری و مرور ادبیات است. در قسمت سوم داده ها و مدل تجربی پژوهش و در قسمت چهارم مدل اقتصاد سنجی پژوهش معرفی شده است در قسمت پنجم نیز یافته های پژوهش مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و در قسمت ششم نتیجه گیری و توصیه های سیاستی ارائه و تحلیل شده است.

۲- ادبیات پژوهش

مدل رشد سولو^۱ (۱۹۵۹) یکی از بنیادی ترین چارچوب های نظری در اقتصاد کلان برای تحلیل رشد اقتصادی است. در این مدل، تولید ناخالص داخلی واقعی (Y) به عنوان تابعی از سرمایه (K)، نیروی کار (L) و پیشرفت فناوری (A) در نظر گرفته می شود. سولو فرض می کند که اقتصادها در مسیر بلندمدت خود به سمت تعادل رشد پایدار حرکت می کنند، جایی که بازدهی نزولی سرمایه و نیروی کار توسط پیشرفت های فناورانه جبران می شود. تابع تولید در این مدل به صورت زیر بیان می شود:

$$Y = F(K, L, A)$$

در این معادله (A) نمایانگر سطح فناوری یا بهره وری کل عوامل است. این چارچوب نظری، اساس گسترش مدل های رشد با افزودن سایر متغیرها به تابع تولید است، نظیر انرژی، پیچیدگی اقتصادی و شاخص های زیست محیطی. نقش انرژی در رشد اقتصادی، به ویژه پس از بحران نفتی دهه ۱۹۷۰، اهمیت فزاینده ای یافت. در همین راستا، برندت و وود^۲ (۱۹۷۵) به عنوان نمایندگان رویکرد نئوکلاسیک، مدلی توسعه یافته از تابع تولید ارائه دادند که در آن، انرژی نیز به عنوان نهاده تولید وارد شده است. این تابع به صورت زیر تعریف می شود:

$$Y = F(G(K, E), L, A)$$

¹ Solow

² Berndt & Wood

در اینجا E نشان‌دهنده مصرف انرژی، K سرمایه فیزیکی، L نیروی کار و A پیشرفت فناوری است تابع G ترکیبی از سرمایه و انرژی است که نشان‌دهنده تعامل نزدیک این دو نهاده در فرآیند تولید است. انرژی به‌عنوان یکی از نهاده‌های تولید در کنار سرمایه و نیروی کار تلقی می‌شود و توسعه منابع انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند علاوه بر کاهش آلاینده های زیست‌محیطی، به بهبود رشد اقتصادی منجر شود.

در مدل اصلی برنندت و وود (۱۹۷۵)، متغیر A به‌طور صریح وارد تابع نشده بود، اما در توسعه‌های جدید، ورود فناوری به مدل، همراستا با ادبیات معاصر رشد تلقی می‌شود و از لحاظ نظری توجیه‌پذیر است. افزون بر انرژی، متغیر پیچیدگی اقتصادی نیز به‌عنوان شاخصی از دانش تجسم‌یافته در ساختار تولید یک کشور وارد مدل شده است. مفهوم پیچیدگی اقتصادی توسط هیدالگو و هاسمن^۴ (۲۰۰۹) معرفی شد و به‌سرعت به یکی از شاخص‌های مهم تحلیل توسعه اقتصادی تبدیل گشت. پیچیدگی اقتصادی بیانگر میزان دانش و فناوری تجسم‌یافته در ساختار تولیدی یک کشور است. کشورهایی که کالاهای متنوع‌تر و فناوریانه‌تری تولید می‌کنند، از سطح پیچیدگی اقتصادی بالاتری برخوردارند و به تبع آن، پتانسیل رشد اقتصادی بیشتری دارند. تحقیقات متعددی رابطه مثبت و معناداری بین پیچیدگی اقتصادی و رشد تولید ناخالص داخلی نشان داده‌اند.

۱-۲ رابطه مصرف انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی

انرژی‌های تجدیدپذیر به یک عامل اصلی تأثیرگذار بر رشد اقتصادی^۵ (EG) برای همه کشورها تبدیل شده است. طبق نظریه‌های اقتصادی، انرژی یکی از ورودی‌های اصلی تولید است و توسعه منابع انرژی پایدار می‌تواند کارایی و بهره‌وری را افزایش دهد. تحلیل جهت علیت بین مصرف انرژی تجدیدپذیر (REC) و رشد اقتصادی (EG) یک موضوع اصلی در ادبیات اقتصاد انرژی بوده است. رابطه علیت بین انرژی‌های تجدیدپذیر و

³ ECI

⁴ Hidalgo and Hausmann

⁵ Economic Growth- EG

رشد اقتصادی در پرتو چهار فرضیه مختلف است: رشد، حفاظت، بازخورد و بی‌طرفی (کرافت و کرافت، ۱۹۷۸)^۱. فرضیه اول «فرضیه رشد» این است که رشد اقتصادی (EG) به مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (REC) وابسته است و مصرف انرژی تجدیدپذیر یک عامل مهم رشد اقتصادی است. فرضیه دوم «فرضیه محافظه کارانه» تأثیر علی یک طرفه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را فرض می‌کند. فرضیه سوم «فرضیه بازخورد» علیت دو طرفه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر نشان می‌دهد. در چارچوب این فرضیه، سیاست‌های صرفه جویی انرژی می‌تواند موجب تضعیف رشد اقتصادی شود و علاوه بر این، تحولات در رشد اقتصادی نیز ممکن است مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را تحت تأثیر قرار دهد. در نهایت، فرضیه چهارم «فرضیه خنثی» هیچ رابطه علیت بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را نشان نمی‌دهد. اعتبار این فرضیه حاکی از عدم تأثیرگذاری مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی است. پژوهشهای مختلف نتایج متفاوتی را نشان می‌دهند (فانگ^۲، ۲۰۱۱؛ یلدریم و همکاران^۳، ۲۰۱۲؛ پائو و فو^۴، ۲۰۱۳؛ اکال و اصلان^۵، ۲۰۱۳؛ تیواری^۶، ۲۰۱۴؛ آزلینا و همکاران^۷، ۲۰۱۴).

الدراج و همکاران^۸ (۲۰۲۰) رابطه مثبت میان سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی را در ۱۸ کشور بررسی کردند و دریافتند که افزایش سرمایه‌گذاری در این انرژی‌ها موجب رشد اقتصادی پایدار می‌شود. استریلکوسکی و همکاران^۹ (۲۰۲۱) با توجه به توجه به بحران گاز در اروپا و کمبود سوخت‌های فسیلی، نقش تولید برق از منابع تجدیدپذیر را در توسعه پایدار بررسی نموده است. باز و همکاران^{۱۰} (۲۰۲۱) با استفاده از روش‌های غیرخطی نشان دادند که انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر نامتقارن بر رشد اقتصادی دارد، شوک‌های مثبت اثرات بزرگ‌تر و معنادارتری نسبت به شوک‌های منفی دارند. بویان و همکاران^{۱۱} (۲۰۲۲) رابطه بین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی در کشورهای

¹ Kraft and Kraft

² Fang

³ Yildirim

⁴ Pao and Fu

⁵ Ocal and Aslan

⁶ Tiwari

⁷ Azlina

⁸ Al-Darraj

⁹ Strielkowski

¹⁰ Baz

¹¹ Bhuiyan

جی ۷ و در حال توسعه را مورد بررسی قرار داده اند. نتایج نشان می‌دهد انرژی‌های تجدیدپذیر مانعی برای رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته ایجاد نمی‌کنند، در حالی که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (تا سطح آستانه) تأثیر قابل توجهی بر رشد اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته ندارد. انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته بیش از کشورهای در حال توسعه اثر دارند و اثر انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد کشورهای در حال توسعه اندک است. دوگان و همکاران^۱ (۲۰۲۰) رابطه مثبت بین پیچیدگی اقتصادی، مصرف انرژی تجدیدپذیر، باز بودن تجارت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و کیفیت نهادی با رشد اقتصادی یافتند. آنها معتقدند مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر برای ارتقای رشد اقتصادی موثرتر از مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر است. یافته‌های این مطالعه پیامدهای مهمی برای رشد اقتصادی پایدار و سیاست انرژی، به ویژه در زمینه اجرای تعهدات انجام شده در توافق پاریس دارد. دکانزو و همکاران^۲ (۲۰۲۲) در پژوهش خود ارتباط قوی بین فناوری‌های سبز و صادرات محصولات مرتبط با فرآوری مواد خام، به ویژه برای توسعه فناوری‌های سازگار با تغییرات آب و هوایی را اثبات نمودند. علاوه بر این، با نگاه به تکامل شبکه در طول زمان، حضور روزافزون فناوری‌های سبز پیچیده‌تر و محصولات با فناوری بالا نشان‌دهنده افزایش اهمیت آنها در شبکه است.

۲-۲ رابطه پیچیدگی و رشد اقتصادی

پیچیدگی اقتصادی و ارتباط آن با رشد اقتصادی موضوع مهم پژوهش‌های اقتصادی در دهه‌های گذشته است. پیچیدگی اقتصادی به عنوان بازتاب مهمی از سطح پیشرفت و نوآوری فناورانه در یک کشور است و همچنین تعیین‌کننده خوبی برای رشد اقتصادی درازمدت یک کشور است (کیمنی و استورپر^۳، ۲۰۱۴، کریستلی^۴ و همکاران، ۲۰۱۵، هارتمن و همکاران^۵، ۲۰۱۷). به عنوان مثال، هاسمن و همکاران^۶ (۲۰۰۷) رابطه مثبت بین مجموعه‌ای از قابلیت‌های یک کشور و نرخ رشد اقتصادی یافتند و پیشنهاد دادند برخی از کالاها اثرات سرریز بیشتری نسبت به سایر کالاها دارند. با گسترش این نتیجه، هیدالگو و هاسمن (۲۰۰۹)

¹ Dogan et al

² DeCunzo et al

³ Kemeny and Storper

⁴ Cristelli et al

⁵ Hartmann et al

⁶ Hausmann et al

استدلال کردند که پیچیدگی اقتصادی با سطح درآمد کشور مرتبط است. اگرچه تولید ناخالص داخلی با حجم تولید مرتبط است، پیچیدگی اقتصادی بیشتر با کیفیت آن مرتبط است در واقع، ساختار تولیدی کشورها با توجه به مقصد صادرات آنها قابل تغییر است (لاورد و همکاران^۱، ۲۰۲۱). طبق گفته لاپاتیناس^۲ (۲۰۱۹)، پیچیدگی اقتصادی توسعه اطلاعات و یادگیری برای تولید محصولات پیچیده تر را توضیح می دهد و بنابراین منعکس کننده توسعه اقتصادی است.

به طور خلاصه می توان مکانیسم اثرگذاری پیچیدگی بر رشد را می توان به این صورت خلاصه نمود: پیچیدگی اقتصادی از طریق ارتقای فناوری و تنوع بخشی به تولید، بهره وری عوامل تولید را افزایش می دهد. سطح بالای پیچیدگی اقتصادی، سرریزهای مثبت فناوری و نوآوری را در اقتصاد تقویت می کند و به افزایش نرخ رشد منجر می شود. کشورهای دارای پیچیدگی اقتصادی بالا، به دلیل صادرات متنوع تر و کمتر وابسته به منابع خام، در برابر شوک های اقتصادی و تجاری آسیب پذیری کمتری دارند (لیبرت و ژو^۳، ۲۰۲۲).

هیدالگو و همکاران (۲۰۰۷) و هاسمن و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی شباهت های شبکه ای بین محصولات صادراتی، نشان دادند که محصولاتی که عمدتاً توسط کشورهای با درآمد بالا صادر شده اند در مرکز شبکه قرار دارند، در حالی که محصولات صادرشده توسط کشور کم درآمد در حاشیه قرار دارند. با توجه به اینکه داده های تجارت بین المللی به عنوان یک شبکه دو جانبه بین کشورها و محصولات، قابل تفسیر هستند هیدالگو و هاسمن (۲۰۰۹) «روش بازتاب» را پیشنهاد کردند. با استفاده از این روش، ECI از طریق بازتاب نتایج اقتصادی اندازه گیری می شود (هیدالگو و هاسمن ۲۰۰۹، هاسمن و همکاران ۲۰۱۱، ۲۰۱۴، ماریانی و همکاران، ۲۰۱۵). ECI مزیتی نسبت به سایر شاخص ها ارائه می دهد زیرا رقابت پذیری یک اقتصاد را از طریق دو مفهوم: «تنوع»^۴ و «فراگیری»^۵ محصولات صادراتی اندازه گیری می کند. هیدالگو و هاسمن، ۲۰۰۹، بوستوس و همکاران^۶، ۲۰۱۲، لاپاتیناس^۷، ۲۰۱۹ معتقدند مفهوم «تنوع»، تعداد محصولات تولید و صادر شده توسط یک کشور را نشان می دهد که مزیت نسبی در آن دارد، در حالی که مفهوم «فراگیری» مخفف تعداد کشورهای

¹ Laverde-Rojas

² Lapatinas

³ Lybbert and Xu

⁴ diversity

⁵ ubiquity

⁶ Bustos et al

⁷ Lapatinas

است که دارای مزیت در صادرات یک محصول معین دارند. بنابراین کشوری پیچیده تر (پیچیده) است که بتواند طیف وسیع تری از محصولات را صادر کند که فراگیری نسبتاً بالایی دارند (یعنی توسط تعداد کمی از کشورها صادر می شوند). پیچیدگی یک اقتصاد، سطح تعادلی درآمد را تعیین می کند و با مطالعه تجربی با استفاده از داده های ملی و بین المللی ثابت شده است. در سطح ملی، پونست و دی والدمار^۱ (۲۰۱۳) ارتباط بین ECI و EG را با استفاده از پانل ۲۲۱ شهر چین و متغیرهای کنترلی مختلف بررسی کردند. یافته های آنها حاکی از آن است که یک انحراف استاندارد در ECI سالانه حدود ۷ درصد رشد اقتصادی سرانه را افزایش می دهد. به همین ترتیب، چاوز و همکاران^۲ (۲۰۱۷) با استفاده از داده های اشتغال مکزیک نشان دادند که یک انحراف معیار در ECI نرخ رشد ایالت های مکزیک را حدود ۰/۴ درصد در سال افزایش می دهد. گائو و ژو^۳ (۲۰۱۸) با استفاده از داده های منطقه ای ۳۱ استان چین بین سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵، دریافتند که ECI به صورت خطی همبستگی مثبتی با تولید ناخالص داخلی سرانه دارد، که نشان می دهد ECI نیروی محرکه EG است. علاوه بر این، لوتورکو و ماگیانی^۴ (۲۰۲۲) داده های اشتغال ایالات متحده را بررسی کردند و ارتباط مثبت بین رشد اقتصادی EG آینده و پیچیدگی یافتند. دوگان و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از روش رگرسیون چندک داده های تابلویی، نشان داد که EG کشورهای اروپایی به دلیل ECI افزایش یافته است. کشورهای با پیچیدگی بالاتر می توانند محصولات متنوع تری تولید کرده و از نوسانات بازارهای جهانی کمتر آسیب ببینند.

اودئوگو و همکاران^۵ (۲۰۲۱) نشان دادند که ECI تاثیر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی داشته و کشورهای صادرکننده محصول پیچیده و متنوع تمایل به کشورهای پردرآمد (غنی، توسعه یافته) دارند، در حالی که کشورهای صادرکننده محصول غیر پیچیده و فراگیر به طرز شگفت انگیزی کم درآمد (فقیر، در حال توسعه) هستند. لیرت و ژو^۶ (۲۰۲۲) ECI تنظیم شده با نوآوری (i-ECI) را پیشنهاد کردند که منعکس کننده تصمیمات شرکت ها در مورد حمایت از ثبت اختراع در صنایع خاص صنعتی و پتانسیل نوآوری شرکت ها در کشورهای دریافت کننده است. آنها یک همبستگی مثبت قوی بین i-ECI و رشد

¹ Poncet and de Waldemar

² Chávez et al

³ Gao and Zhou

⁴ Lo Turco and Maggioni

⁵ Udeogou et al

⁶ Lybbert and Xu

اقتصادی EG آینه یافتند و نشان دادند ECI-i پیش‌بینی‌کننده قوی‌تر و دقیق‌تری نسبت به ECI است.

۳-۲ مطالعات داخلی

رفعت و احمدی (۱۴۰۱) اثر شاخص پیچیدگی اقتصادی را با روش BVAR بر سطح تولید ناخالص داخلی ایران بررسی نمودند در این مطالعه شوک پیچیدگی اقتصادی بر اقتصاد ایران تاثیر منفی دارد زیرا پیچیدگی اقتصادی نیازمند افزایش تعداد وظایف تخصصی در فرآیند تولید است و بدون ارتقای زیرساخت لازم منجر به شکست خواهد شد.

سعیدی و همکاران (۱۴۰۱)، با استفاده از تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی داده‌های پنلی تأثیر پیچیدگی اقتصادی استان‌های ایران بر مصرف انرژی فسیلی طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۹۷ بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، افزایش پیچیدگی اقتصادی استان‌ها محرک مصرف انرژی فسیلی است به طوری که فرضیه «انرژی - منحنی کوزنتس زیست‌محیطی» بین استان‌های کشور رد می‌شود. بر این اساس، پیچیده‌تر شدن ساختار فعلی تولید در اقتصاد ایران به کاهش مصرف انرژی فسیلی کمکی نخواهد کرد. به همین دلیل توصیه کرده‌اند که دولت به جای اجرای سیاست‌های قیمتی به منظور کاهش مصرف انرژی بر تغییر ساختار تولیدی با به کارگیری تکنولوژی‌های پاک تأکید کند.

مستولی زاده و سلیمی (۱۴۰۰)، رابطه پیچیدگی اقتصادی و شاخص توسعه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه را بررسی کردند نتیجه نشان داد که در کشورهای توسعه یافته رابطه علی یک طرفه از شاخص توسعه انسانی به سمت پیچیدگی اقتصادی وجود دارد و در کشورهای در حال توسعه رابطه علی یک طرفه از شاخص پیچیدگی اقتصادی به سمت شاخص توسعه انسانی وجود دارد.

جواهری و همکاران (۱۴۰۳) اثر پیچیدگی اقتصادی را بر رشد اقتصادی کشورهای اوپک بررسی نمودند که نتایج این پژوهش حاکی از تاثیر مثبت و معنادار شاخص پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی کشورهای صادرکننده نفت است.

در رابطه با ارتباط انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی ایران به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

کریمی و همکاران (۱۳۹۹) رابطه میان مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی ایران را با مدل ARDL بررسی نمودند نتایج پژوهش نشان می‌دهد در بلندمدت رابطه علیت

بین مصرف انرژی تجدید پذیر و رشد اقتصادی وجود ندارد و فقط بین نیروی کار و رشد اقتصادی رابطه یک طرفه برقرار است. ولی در کوتاه مدت رابطه یک طرفه ای از رشد اقتصادی به سوی مصرف انرژی های تجدید پذیر همچنین رابطه یک طرفه ای از نیروی کار به رشد اقتصادی، مصرف انرژی تجدید پذیر و سرمایه در حال اجرا است.

ایازی و همکاران (۱۴۰۲)، تاثیر مصرف انرژی های تجدید پذیر و تجدیدناپذیر را بر رشد اقتصادی و محیط زیست کشورهای نفتی و غیر نفتی بررسی کردند و براساس نتایج حاصله، تلاش برای تقویت رشد اقتصادی منجر به افزایش انتشار کربن و تخریب محیط زیست میشود. یافته ها همچنین حاکی از تأثیر مثبت منابع انرژی تجدیدناپذیر بر انتشار دی اکسید کربن در هر دو گروه کشورهای نفت خیز و غیرنفتی و تأثیر مثبت منابع تجدیدپذیر بر کنترل انتشار دی اکسید کربن می باشد. افزایش یک درصدی مصرف انرژی های تجدید پذیر رشد اقتصادی کشورهای نفتی را بیش از کشورهای غیر نفتی افزایش می دهد.

تهامی پور و همکاران (۱۳۹۵) نیز دریافته اند که رابطه بین سرانه رشد اقتصادی واقعی و مصرف انرژی های تجدیدپذیر و مصرف مواد سوختنی و بازیافتی و مصرف انرژی الکتریکی چه در کوتاه مدت و چه بلند مدت، منفی می باشد.

کارگر ده بیدی و همکاران (۱۳۹۹)، اثر مصرف انرژی های تجدید پذیر و تجدیدناپذیر را بر رشد اقتصادی کشورهای اسلامی بررسی کردند. نتایج آزمون علیت، وجود رابطه ای علی دوطرفه بین مصرف انرژی پاک (تجدیدپذیر) و تجدیدناپذیر و رشد اقتصادی در کشورهای گروه هشت کشور توسعه یافته (D۸) را نشان می دهد. نتایج نشان می دهد با فرض ثابت بودن سایر متغیرها، افزایش یک درصدی در مصرف انرژی پاک باعث افزایش ۰/۱۵ درصدی در رشد اقتصادی می شود. همچنین، افزایش یک درصدی مصرف انرژی تجدیدناپذیر با ثابت بودن سایر متغیرها، رشد اقتصادی کشورهای D۸ را در بلند مدت ۰/۱۲ درصد کاهش خواهد داد. همچنین نتایج حاکی از آن است که متغیرهای سرمایه-گذاری، اشتغال و تکنولوژی نیز در بلند مدت اثر مثبت و معنی داری بر رشد اقتصادی دارند. با توجه به نتایج مطالعه، لازم است تولید و مصرف انرژی پاک در این کشورها توسعه یابد.

قائد و همکاران (۱۳۹۸) تاثیر انواع انرژی های تجدید پذیر را بر رشد اقتصادی ایران بررسی نمودند و نشان دادند در بلند مدت، یک درصد افزایش در متغیرهای نیروی کار، سرمایه گذاری بخش خصوصی، انرژی های تجدیدپذیر، انرژی الکتریکی تولید شده توسط انرژی های تجدیدپذیر و تولید انواع منابع انرژی های تجدیدپذیر (باد، خورشید، آب و زمین

گرمایی)، باعث رشد اقتصادی می‌شوند و مشخص شد که از بین انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر اثر انرژی بادی بر رشد در مقایسه با سایر انرژی‌ها بیشتر است و باید سرمایه‌گذاری در انرژی بادی را در اولویت قرار دهیم.

حسین زاده یاربخت و همکاران (۱۴۰۰)، بیان می‌دارند که مصرف انرژی تجدیدناپذیر بر رفاه اقتصادی پایدار و رشد اقتصادی ایران اثر مثبت و معناداری دارد و نیز مصرف انرژی تجدیدپذیر بر رفاه اقتصادی پایدار اثر منفی دارد درحالی‌که مصرف انرژی تجدیدپذیر سبب رشد اقتصادی کشور می‌گردد.

۳- داده‌ها و مدل تجربی

۱-۳ داده‌ها

در مطالعه جاری، داده‌های سری زمانی سالانه استفاده شده است که شامل تولید ناخالص داخلی واقعی^۱، سرمایه^۲، نیروی کار^۳، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، پیچیدگی اقتصادی و میزان انتشار دی‌اکسید کربن^۴ بوده و دوره تحلیل ۱۳۷۴ تا ۱۴۰۱ است. RGDP تولید ناخالص داخلی واقعی (تولید واقعی) بوده و تقریبی از رشد اقتصادی (EG) است و با دلار ثابت ۲۰۱۰ اندازه‌گیری شده است. REC مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بوده و برابر با جمع برق آبی، انرژی خورشیدی و بادی است و با کوادریلیون BTU اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از مقالات دیرما و همکاران^۵ (۲۰۲۴) و یاسمین و همکاران^۶ (۲۰۲۱)، مغری و السقاف^۷ (۲۰۲۲)، خاتون و افروز^۸ (۲۰۱۶) و مقالات دیگر در این زمینه برای متغیر کنترل سرمایه، RGCF سرمایه‌گذاری ناخالص واقعی به دلار ثابت ۲۰۱۰ به عنوان یک نماینده^۹ برای سرمایه استفاده شده است و سایر متغیرهای کنترل عبارتند از CO2 میزان انتشار دی‌اکسید کربن و L جمعیت فعال. همه داده‌ها از بانک جهانی (WDI) استخراج شده است

¹ real Gross Domestic product

² Capital

³ total labor force

⁴ CO2 emission

⁵ Dirma

⁶ Yasmeen

⁷ Mighri & AlSaggaf

⁸ Khatun& Afroze

⁹ proxy

و تنها پیچیدگی اقتصادی ECI از پایگاه داده های «اطلس پیچیدگی اقتصادی»^{۱۰} استخراج شده است.

۲-۳ مدل تجربی

برای بررسی رابطه بین REC و EG از مدل رشد برنندت و وود^{۱۱} (۱۹۷۵) استفاده شده است:

$$Y = F(G(K, E), L, A) \quad (1)$$

که توسعه یافته مدل رشد سولو است

$$Y = (K, L) = F(K, L, A)$$

و در آن Y نشان دهنده RGDP یا همان تولید واقعی است، K با RGCF مشخص می شود و L کل نیروی کار است با اضافه کردن متغیرهای مصرف انرژی های تجدید پذیر REC و پیچیدگی اقتصادی ECI و CO₂ انتشار دی اکسید کربن است که طبق مقاله مغری و السقاف، (۲۰۲۲) با استفاده از مدل رشد سولو (۱۹۵۶) به مدل اضافه شده است. از سوی دیگر، ملاحظات زیست محیطی در قالب فرضیه منحنی کوزنتس زیست محیطی (EKC) وارد مدل می شود. این فرضیه مطرح می کند که در مراحل اولیه رشد اقتصادی، آلودگی محیط زیست افزایش می یابد اما با رسیدن به سطح مشخصی از درآمد سرانه، این روند معکوس می شود. در نهایت، ترکیب مدل رشد سولو با توسعه های برنندت و وود و ورود متغیرهای ECI، REC مصرف انرژی های تجدید پذیر CO₂ انتشار دی اکسید کربن منجر به مدلی جامع می شود که قادر است همزمان عوامل تولید فیزیکی، فناوری، ساختاری و زیست محیطی را در تحلیل رشد اقتصادی لحاظ کند.

چارچوب نظری این پژوهش بر پایه تابع تولید کاپ-داگلاس گسترش یافته^{۱۲} بنا شده است. علاوه بر نهاده های سنتی سرمایه (K) و نیروی کار (L)، دو متغیر انرژی های تجدید پذیر (RE) و پیچیدگی اقتصادی (EC) به مدل اضافه شده اند. از این رو مدل پیشنهادی به صورت زیر قابل بیان است:

$$Y = F(G(K, REC), L, A, ECI, CO_2)$$

¹⁰ <https://atlas.cid.harvard.edu>.

¹¹ Berndt & Wood

¹² Augmented Cobb-Douglas production function

در این مدل، REC به جای انرژی کلی، نماینده انرژی‌های تجدیدپذیر است که در ادبیات جدید به عنوان موتور رشد پایدار شناخته می‌شود. این ساختار مدل از پشتیبانی نظری قوی برخوردار است و با مطالعات تجربی اخیر هماهنگ است. و در نهایت معادله (۲) مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$RGDP = f(RGCF, REC, ECI, L, CO_2) \quad (2)$$

معادله (۳) را می‌توان به صورت زیر پارامتر کرد:

$$(RGDP)_t = f(RGCF_t^\alpha, REC_t^\beta, ECI_t^\gamma, L_t^\rho, CO_2_t^\theta) = RGCF_t^\alpha, REC_t^\beta, ECI_t^\gamma, CO_2_t^\theta, L_t^\rho \quad (3)$$

که در آن α ، β و γ و ρ به ترتیب نشان دهنده کشش‌های RGDP در مقایسه با REC، ECI و L هستند.

مدل تجربی در معادله (۳) را می‌توان به شکل لگاریتمی طبیعی به صورت زیر تبدیل کرد:

$$\ln(RGDP)_t = \alpha \ln RGCF_t + \beta \ln REC_t + \gamma \ln ECI_t + \theta \ln CO_2_t + \rho \ln L_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

در معادله (۴)، ε_t همان جمله خطای تصادفی است.

۴- مدل اقتصاد سنجی

در این پژوهش از مدل NARDL استفاده شده است دلیل استفاده از مدل NARDL در این پژوهش موارد زیر است:

اثرات متغیرهایی مانند انرژی‌های تجدیدپذیر و پیچیدگی اقتصادی ممکن است به صورت نامتقارن بر رشد اقتصادی تأثیر بگذارند. به عنوان مثال افزایش یا کاهش در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر ممکن است اثرات متفاوتی بر رشد اقتصادی داشته باشد. تأثیر مثبت پیچیدگی اقتصادی بر رشد ممکن است با تأثیر منفی ناشی از کاهش پیچیدگی متفاوت

باشد. زیرا سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر یا توسعه فناوری، زمان‌بر و هزینه‌بر است همچنین تغییرات در سیاست‌گذاری‌ها ممکن است تأثیرات متفاوتی در جهت مثبت یا منفی داشته باشد. مدل NARDL امکان تفکیک این اثرات را فراهم می‌کند و تغییرات مثبت و منفی متغیرهای مستقل را جداگانه تحلیل می‌کند.

اقتصاد ایران به دلیل وجود شوک‌های متعدد، تحریم‌ها و تغییرات ساختاری، رفتارهای غیرخطی و نامتقارنی را در متغیرهای اقتصادی نشان می‌دهد. همچنین متغیرهایی مانند پیچیدگی اقتصادی و انرژی‌های تجدیدپذیر ذاتاً چندبعدی و پیچیده هستند. مدل NARDL امکان تحلیل تعاملات این متغیرها را با متغیر وابسته (رشد اقتصادی) با در نظر گرفتن تفاوت‌های زمانی و شدت اثر فراهم می‌کند.

۱-۴ مدل NARDL

برخلاف مدل هم‌انباشستگی سنتی ARDL پسران^{۱۳} (۲۰۰۱) و پسران و شین (۱۹۹۸) رویکرد NARDL شین و همکاران^{۱۴} (۲۰۱۴) دارای دو مزیت هستند. اول، این روش برآوردی بر اثرات نامتقارن عوامل موثر بر متغیر وابسته در کوتاه مدت و بلند مدت تأکید می‌کند. دوم، تخمین مدل NARDL زمانی که حجم نمونه کوچک است کارآمد و قابل اعتماد است. مدل NARDL امکان تجزیه مجموع تجمعی جزء مثبت و منفی متغیرهای توضیحی را فراهم می‌کند. شین و همکاران (۲۰۱۴) رگرسیون زیر را معرفی کردند:

$$y_t = \beta^+ x_t^+ + \beta^- x_t^- + u_t \quad (5)$$

$$\Delta x_t = v_t \quad (6)$$

که y_t متغیر وابسته و β^+ و β^- برای تفکیک شوک‌های منفی و یا مثبت هستند که تغییرات نامتقارن را ثبت می‌کنند؛ u_t عبارت خطای تصادفی است و x_t نشان دهنده‌ی یک بردار $K \times 1$ است. به این صورت که:

$$x_t = x_0 + x_t^+ + x_t^- \quad (7)$$

¹³ Pesaran

¹⁴ Shin

که x_t^+ و x_t^- نشان دهنده‌ی مجموع تجمعی جزئی تغییرات مثبت و منفی در x_t است.

$$x_t^+ = \sum_{j=1}^t \Delta x_j^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta x_j, 0) \quad (8)$$

$$x_t^- = \sum_{j=1}^t \Delta x_j^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta x_j, 0) \quad (9)$$

شین و همکاران (۲۰۱۴) مدل ARDL را با توسعه یک چارچوب پارامتری پویا انعطاف پذیر با هدف مدل سازی روابطی که عدم تقارن بلند مدت و کوتاه مدت ترکیبی را نشان می‌دهند، گسترش دادند. آن‌ها چارچوب NARDL(P,q) زیر را پیشنهاد دادند.

$$y_t = \sum_{i=1}^p \phi_j y_{t-j} + \sum_{i=0}^q (\theta_j^+ x_{t-j}^+ + \theta_j^- x_{t-j}^-) + \varepsilon_t \quad (10)$$

که در آن P و q نشان دهنده‌ی ترتیب تاخیر برای y_t و x_t است. به ترتیب، ϕ پارامتر خود رگرسیون، θ_j^+ و θ_j^- مخفف پارامترهای تاخیر توزیع نامتقارن و $\varepsilon_t \sim iid(0, \sigma_\varepsilon^2)$ است. مدل NARDL در معادله ۱۱ را می‌توان در فرم صحیح تصحیح خطا به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$\begin{aligned} \Delta y_t &= p y_{t-1} + \theta^+ x_{t-1}^+ + \theta^- x_{t-1}^- + \sum_{j=1}^{p-1} \gamma_j \Delta y_{t-j} \\ &+ \sum_{j=0}^{q-1} (\phi_j^+ \Delta x_j^+ + \phi_j^- \Delta x_j^-) + \varepsilon_t = p \xi_{t-1} \\ &+ \sum_{j=1}^{p-1} \gamma_j \Delta y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} (\phi_j^+ \Delta x_j^+ + \phi_j^- \Delta x_j^-) + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (11)$$

که در آن $\gamma_j = -\sum_{i=j+1}^p \phi_i$ ؛ $p = \sum_{j=1}^p \phi_j - 1$ که برای هر $\phi_0^- = \phi_0^+ = \theta_0^+$ ؛ $\theta^- = \sum_{j=0}^q \theta_j^-$ ؛ $\theta^+ = \sum_{j=0}^q \theta_j^+$ ؛ $j = 1, \dots, p-1$ است؛ $\phi_j^- = -\sum_{i=j+1}^q \theta_i^-$ ؛ $\phi_j^+ = -\sum_{i=j+1}^q \theta_i^+$ ؛ $j = 1, \dots, q-1$ for $\phi_j^- = -\sum_{i=j+1}^q \theta_i^-$ ؛ $\phi_j^+ = -\sum_{i=j+1}^q \theta_i^+$ ؛ $j = 1, \dots, q-1$ و $\xi_t = y_t - (\beta^+ x_t^+ + \beta^- x_t^-)$ که عبارت تصحیح خطای غیر خطی را نشان می‌دهد، به طوری که $\beta^+ = -\theta^+/\rho$ و $\beta^- = -\theta^-/\rho$ است.

معادله ۱۱ را می توان OLS تخمین زد زیرا رگرسیون ها را می توان در مجموع جزئی مثبت و منفی آن ها تجزیه کرد. با این حال، در معادله ۱۱، همبستگی بین باقیمانده ها و رگرسیون ها ممکن است متفاوت از صفر باشد. برای مقابله با این موضوع، شین و همکاران (۲۰۱۴) فرآیند زیر را برای تبیین Δx_t در نظر گرفتند.

$$\Delta x_t = \sum_{j=1}^{q-1} \Lambda_j \Delta x_{t-j} + v_t \quad (12)$$

که در آن $v_t \sim iid(0, \Sigma v)$ که در آن Σv نشان دهنده ی یک ماتریس واریانس کوواریانس $k \times k$ مثبت است. سپس شین و همکاران (۲۰۱۴) عبارت خطای e را بر حسب v_t به صورت زیر بیان کردند:

$$\varepsilon_t = \omega v_t + e_t = \omega (\Delta x_t - \sum_{j=1}^{q-1} \Lambda_j \Delta x_{t-j}) + e_t \quad (13)$$

که در آن v_t فرض می شود که با e_t و x_t همبستگی ندارد. یک بردار $1 \times k$ از رگرسیون I(1) است که توسط معادله داده شده است.

با جایگزینی معادله (۱۳) در معادله (۱۱)، ECM مبتنی بر NARDL مشروط بدست آمده است.

$$\Delta y_t = \rho \xi_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \gamma_j \Delta y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} (\pi_j^+ \Delta x_{t-j}^+ + \pi_j^- \Delta x_{t-j}^-) \quad (14)$$

که $\pi_j^- = \varphi_j^- - \omega \Lambda_j$ ، $\pi_j^+ = \varphi_j^+ - \omega \Lambda_j$ ؛ $\pi_0^- = \theta_0^- + \omega$ ؛ $\pi_0^+ = \theta_0^+ + \omega$ برای آزمایش عدم تقارن بلند مدت و کوتاه مدت در میان این سری شین و همکاران (۲۰۱۴)، از آزمون والد استاندارد برای هردو فرضیه صفر دینامیک بلند مدت متقارن استفاده کردند ($H_{LR}^S: \beta^+ = \beta^- = \beta$) و فرضیه صفر دینامیک کوتاه مدت متقارن ($(i) H_{SR}^S: \pi_j^+ = \pi_j^- = \pi_j$) برای $j = 0, \dots, q-1$ یا ($(ii) H_{SR}^S: \sum_{j=0}^{q-1} \pi_j^+ = \sum_{j=0}^{q-1} \pi_j^-$) براساس چارچوب NARDL-ECM در معادله (۱۵)، شین و همکاران (۲۰۱۴) دو روش آزمون مرزی را برای تایید حضور بالقوه یک رابطه بلند مدت نامتقارن ایجاد کردند. ابتدا آن ها بانرجی (۱۹۹۸) را دنبال کردند و برای

آزمایش $H_0 = \rho = 0$ در برابر $H_1 = \rho < 0$ ، یک آماره t را پیشنهاد کردند که با t_{BDM} نشان داده شده است.

$$\phi(L)y_t = \theta^+(L)x_t^+ + \theta^-(L)x_t^- + e_t \quad (15)$$

که در آن $\theta^+(L) = \sum_{i=0}^q \theta_i^+ L^i$ و $\theta^-(L) = \sum_{i=0}^q \theta_i^- L^i$ است. $\phi(L) = 1 - \sum_{i=1}^{p-1} \phi_i L^i$

$$y_t = \lambda^+(L)x_t^+ + \lambda^-(L)x_t^- + \phi(L)^{-1}e_t \quad (16)$$

که در آن $\lambda^+(L) = \sum_{j=0}^{\infty} \lambda_j^+ = \phi(L)^{-1}\theta^+(L)$ و $\lambda^-(L) = \sum_{j=0}^{\infty} \lambda_j^- = \phi(L)^{-1}\theta^-(L)$

توجه داشته باشید که اثرات ضریب دینامیکی تجمعی x_t^+ و x_t^- امکان توصیف مسیر تنظیم نامتقارن و یا مدت زمان عدم تعادل آن‌ها را فراهم می‌کند.

$$m_h^+ = \sum_{j=0}^h \frac{\partial y_{t+j}}{\partial x_t^+} = \sum_{j=0}^h \lambda_j^+ ; m_h^- = \sum_{j=0}^h \frac{\partial y_{t+j}}{\partial x_t^-} = \sum_{j=0}^h \lambda_j^-$$

for $h = 0, 1, 2, \dots$

که $m_h^+ \rightarrow \beta^+ = -\theta^+/\rho$ و $m_h^- \rightarrow \beta^- = -\theta^-/\rho$ که $h \rightarrow \infty$ در نهایت اگر تقارن کوتاه مدت پذیرفته شود معادله ۱۵ به مدل NARDL با عدم تقارن طولانی مدت خلاصه می‌شود.

$$\Delta y_t = \rho \xi_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \gamma_j \Delta y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \pi_j \Delta x_{t-j} + e_t \quad (17)$$

اگر تقارن بلند مدت پذیرفته شود معادله (۱۵) به مدل NARDL با عدم تقارن کوتاه مدت خلاصه می‌شود.

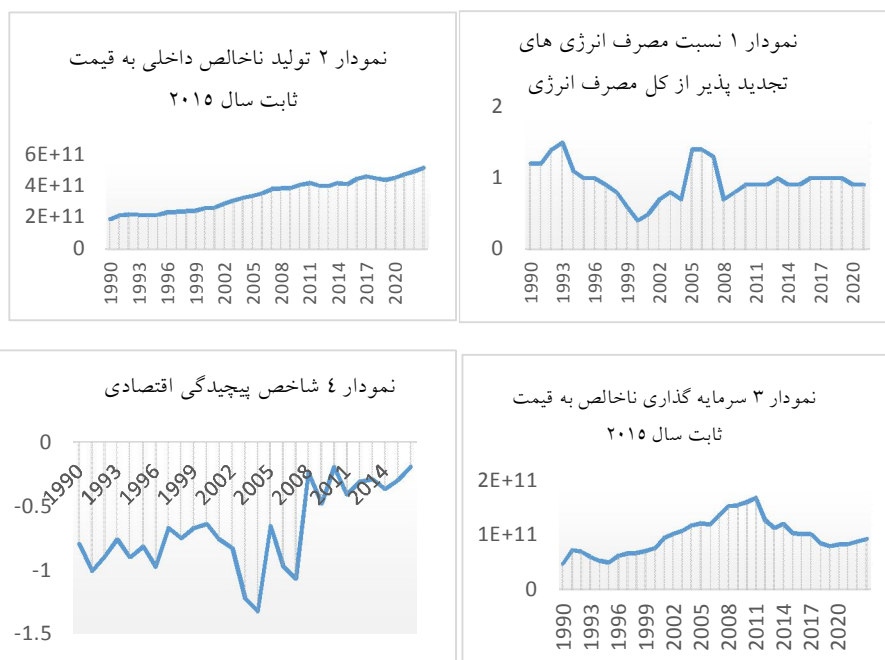
$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \theta x_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \gamma_j \Delta y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} (\pi_j^+ \Delta x_{t-j}^+ + \pi_j^- \Delta x_{t-j}^-)$$

۵- یافته های تجربی

۵-۱ ویژگی آماری متغیرها

روند متغیرهای این مطالعه نشان می دهد سرمایه گذاری پس از یک روند صعودی ملایم ، در دهه ۱۳۹۰، روند کاهشی داشته است. نسبت مصرف انرژی های تجدید پذیر از کل مصرف انرژی در مجموع پایین و با نوسانات زیادی همراه است در سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۹ روند نزولی شدیدی را تجربه نموده است و از آغاز دهه ۱۳۸۰ با رشد همراه بوده و از اواخر این دهه تا پایان دهه ۱۳۹۰ رشد مطلوبی نداشته است، تولید ناخالص داخلی نیز در دهه ۱۳۹۰ وضعیت مناسبی نداشته و پایین ترین رشد ۴ دهه اخیر اقتصاد ایران بوده است.

در مجموع، تحلیل اقتصادی دهه ۱۳۹۰ نشان می دهد که اقتصاد ایران با ترکیبی از تحریم ها، مشکلات داخلی، نوسانات نفت و بحران جهانی مواجه بوده است. این عوامل باعث کاهش شدید رشد اقتصادی و رکود در برخی سال ها شد. در این شرایط، تولید ناخالص داخلی به کمترین سطح در چهار دهه اخیر رسید، که نشان دهنده نیاز به کاهش وابستگی به نفت و سرمایه گذاری در تولیدات فناورانه و صادرات محور برای رشد اقتصادی در آینده است.



در حال حاضر، شاخص پیچیدگی اقتصادی ایران نسبتاً پایین است و این امر عمدتاً به وابستگی زیاد به منابع طبیعی (عمدتاً نفت و گاز) مربوط می‌شود. این وابستگی به استخراج منابع طبیعی، مانع توسعه صنایع پیچیده‌تر و متنوع‌تر می‌شود. با این حال، ایران برای افزایش پیچیدگی اقتصادی پتانسیل دارد، به ویژه در زمینه‌هایی مانند فناوری، کشاورزی و تولیدات صنعتی.

۲-۵ آزمون مانایی

ابتدا مانایی سری‌های زمانی بررسی شده است. آزمون (۱۹۷۹ و ۱۹۸۱) ADF) دیکی فولر^{۱۵} برای مانایی مورد استفاده قرار گرفت. سپس تحلیل کوتاه مدت و بلندمدت توسط آزمون کرانه‌های NARDL انجام شد.

در آزمون کرانه‌های ARDL / NARDL متغیرها می‌توانند $I(0)$ و $I(1)$ و یا ترکیبی از هر دو باشند و نباید $I(2)$ باشند. زیرا مقادیر کرانه‌های پایین و بالا در آزمون کرانه‌های پسران و همکاران (۲۰۰۱) و شین و همکاران (۲۰۱۴) مبتنی بر سری‌های مانا در $I(0)$ و $I(1)$ هستند. به همین دلیل مانایی متغیرها با آزمون‌های ریشه واحد دیکی فولر ADF آزمون شد. نتایج نشان می‌دهد که تمامی متغیرها در سطح نامانا و پس از یک بار تفاضل‌گیری مانا می‌شوند.

جدول ۱. نتایج آزمون ADF روی تفاضل مرتبه اول متغیرها

متغیر	آماره آزمون	P-value	نتیجه	درجه مانایی
lnrgdp	(-۴/۵۴۱۹)	(۰/۰۰۰۵)	مانا	$I(1)$
lnrgcf	(-۶/۶۸۲۹)	(۰/۰۰۰۰)	مانا	$I(1)$
lnrec	(-۴/۹۰۴۷)	(۰/۰۰۰۵)	مانا	$I(1)$
lnl	(-۳/۷۰۵۷)	(۰/۰۰۹۲)	مانا	$I(1)$
eci	(-۳/۹۰۳۶)	(۰/۰۰۷۱)	مانا	$I(1)$
Lnco2	(-۴/۲۸۵۱)	(۰/۰۰۲۴)	مانا	$I(1)$

منبع: نتایج تحقیق

¹⁵ Augmented Dickey-Fuller

۳-۵ نتایج برآورد مدل تجربی

به منظور بررسی اثر نامتقارن مصرف انرژی تجدید پذیر، شاخص پیچیدگی اقتصادی، سرمایه و نیروی کار از مدل خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی غیر خطی (NARDL) استفاده می‌شود. ابتدا از آزمون کرانه‌های پسران و همکاران (۲۰۰۱) که توسط شین و همکاران (۲۰۱۴) پیشنهاد شد استفاده می‌شود. با توجه به نتایج بدست آمده از جدول ۲، مقدار آماره F در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد در خارج از کرانه بالا و پایین قرار گرفته و بنابراین رابطه بلند مدت میان متغیرها وجود دارد.

جدول ۲. نتایج آزمون کرانه‌ها

حد بالا و پایین کرانه‌ها در سطوح مختلف معناداری (درصد)			مقدار آماره F
۱۰ درصد	۵ درصد	۱ درصد	
(۲/۸۹) – (۱/۹۲)	(۳/۲۱) – (۲/۱۷)	(۳/۹) – (۲/۷۳)	(۱۵/۰۲۱۵۱)

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۴ نتایج آزمون والد برای بررسی وجود عدم تقارن متغیرهای پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی های تجدیدپذیر در کوتاه مدت و بلندمدت را نشان می دهد. فرض صفر وجود تقارن را نشان می دهد و فرضیه مقابل عدم تقارن ضرایب را در کوتاه مدت و بلندمدت را تایید می نماید فرضیه صفر $(H_{LR}^S: \beta_X^+ = \beta_X^-, H_{LR}^S: \sum_{j=0}^q \mu_{j,X}^+ = \sum_{j=0}^q \mu_{j,X}^-)$ را برای متغیرهای مورد آزمون رد می نماید. جدول ۳ نشان می دهد که متغیرهای ECI و REC در کوتاه مدت و بلندمدت نامتقارن و غیرخطی هستند.

جدول ۳. نتایج آزمون عدم تقارن کوتاه مدت و بلندمدت

متغیر	آماره های آزمون والد		آیا نامتقارن است؟	
	کوتاه مدت	بلندمدت	کوتاه مدت	بلندمدت
lnrec	۵/۴۷۵۰	۴/۰۱۱۱	بله	بله
	(۰/۰۰۰۲)	(۰/۰۰۲۰)		
eci	۷/۲۶۶۰	۴/۸۴۴۷	بله	بله
	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۵)		

منبع: نتایج تحقیق

۴-۵ نتایج در شرایط بلند مدت

جدول ۵ نشان می‌دهد که تغییرات مثبت بلند مدت مصرف انرژی های تجدید پذیر بر رشد اقتصادی ایران مثبت است. ضریب تخمینی بلندمدت $lnREC_{t-1}^+$ برابر (۰/۱۲۳۷۵۱) است که نشان می‌دهد هر گونه شوک مثبت در REC می‌تواند باعث رشد و توسعه در اقتصاد ایران شود. همچنین تغییرات منفی بلند مدت REC تاثیر منفی بر روی (EG) دارد اما این اثر معنادار نیست. ضریب تخمینی بلندمدت $lnREC_{t-1}^-$ برابر (۰/۰۰۶۸۷۶-) است و حاکی از این امر می‌باشد که کاهش در REC ، EG را کم می‌کند. ضرایب مثبت و منفی در $lnREC_{t-1}$ یکسان نیستند و در همین راستا سیاستگذاران می‌توانند با استفاده از منابع تجدیدپذیر و نصب آخرین فناوری‌ها برای بهره‌وری انرژی، رشد اقتصادی را بهبود بخشند. بنابراین افزایش مصرف انرژی های تجدیدپذیر رشد اقتصادی را تحریک و موجب توسعه اقتصادی در ایران می‌شود و فرضیه رشد را در مورد انرژی های تجدید پذیر تایید می‌نماید. بنابراین باید تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر با سرعت بیشتری انجام شود و بر به کارگیری آخرین فناوری هایی که کارایی انرژی را افزایش می‌دهد تمرکز شود. همچنین در بلندمدت کاهش مصرف انرژی های تجدید پذیر اثر منفی بر رشد اقتصادی دارد اما اثر کاهش مصرف انرژی های تجدید پذیر در بلندمدت معنادار نیست. علاوه بر این، دولت باید برای سرمایه گذاران از طریق تسهیل شرایط هزینه های اخذ مجوز و تامین زیرساختها و تامین اتصالات به شبکه شرایط سرمایه گذاری و ورود به این صنعت را فراهم سازد. در غیر این صورت، شوک های منفی $RGCF$ اثرات منفی قابل توجهی بر $RGDP$ بلندمدت دارد. افزایش $RGCF$ در بلندمدت، EG یعنی رشد اقتصادی ایران را افزایش می‌دهد. این نتایج پژوهش های فان و هائو^{۱۶} (۲۰۲۰) برای چین، قائد و همکاران (۱۳۹۸) و حسین زاده یاریخت و همکاران (۱۴۰۰) برای ایران را تایید نموده و تهامی پور و همکاران (۱۳۹۵) و کریمی و همکاران (۱۳۹۹) را تایید نمی‌نماید.

در نهایت شوک مثبت در ECI بلندمدت، اثرات مثبت و معنادار بر روی رشد اقتصادی ایران دارد و شوک منفی ECI بلندمدت اثر منفی و بی معنا بر رشد اقتصادی ایران دارد. تفاوت علامت ضرایب حاکی از اثرات نامتقارن شوک پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی ایران است. کاهش ECI قادر به آسیب به رشد اقتصادی و توسعه ایران است. افزایش و

¹⁶ Fan and Hao

بهبود ECI می تواند موجب افزایش رشد اقتصادی ایران شود. سیاستگذاران باید استراتژی‌های بلندمدتی را به منظور ارتقای نوآوری در کالاها و خدمات از طریق تنوع بخشیدن به صادرات و صادرات محصولات با فناوری پیشرفته تدوین کنند. نتایج پژوهش با مطالعات ژو و لی^۱ (۲۰۱۷)، گزرگر^۲ (۲۰۱۸)، دوگان و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد و ECI تأثیر قابل توجهی بر EG دراز مدت ایران دارد. اثر متغیرهای کنترل نیز مبانی نظری را تایید می کنند. افزایش LNRGCF و نیروی کار فعال LNL اثر مثبت و معنادار و انتشار دی اکسید کربن CO2 اثر منفی و معنادار بر رشد اقتصادی بلندمدت ایران دارد.

۵-۵ نتایج در شرایط کوتاه مدت

در کوتاه مدت یک شوک مثبت در REC اثر مثبت و معناداری بر روی RGDP دارد و با افزایش در مصرف انرژی های تجدیدپذیر REC، رشد اقتصادی ایران افزایش می دهد. در مقابل یک شوک منفی کوتاه مدت در REC، رشد اقتصادی را کاهش می دهد. همینطور ۱٪ شوک مثبت در ECI، نرخ رشد اقتصادی را افزایش و ۱٪ شوک منفی کوتاه مدت در ECI اثر کاهشی و بی معنا بر RGDP دارد و نرخ رشد اقتصادی را کاهش می دهد. مصرف انرژی های تجدیدپذیر در کوتاه مدت برای جبران و کنترل تقاضای بالای انرژی در ایران لازم است و کاهش مصرف آن در کوتاه مدت می تواند موجب اختلال در رشد و توسعه اقتصادی ایران شود. اثر متغیرهای کنترل نیز مبانی نظری را تایید می کنند. افزایش LNRGCF و نیروی کار فعال LNL اثر مثبت و معنادار و انتشار دی اکسید کربن CO2 اثر منفی و معنادار بر رشد اقتصادی کوتاه مدت ایران دارد.

جدول ۴. نتایج روابط کوتاه مدت و بلندمدت NRDL

متغیر	ضریب	آماره t	احتمال
نتایج بلندمدت			
C	۱۶/۹۴۹۸۶	۴/۷۰۳۴۷۳	۰/۰۰۵۳
LNRGDP(-1)*	-۱/۲۲۵۸۰۱	-۵/۵۴۷۱۶۳	۰/۰۰۲۶
LNRGCF(-1)	۰/۰۹۴۷۴۸	۲/۳۹۷۹۷۱	۰/۰۰۶۱۸
LNREC_POS(-1)	۰/۱۲۳۷۵۱	۳/۸۹۷۲۳۵	۰/۰۱۱۴
LNREC_NEG(-1)	-۰/۰۰۶۸۷۶	-۰/۱۵۳۰۵۲	۰/۸۸۴۳

¹ Zhu and Li

² Gozgor

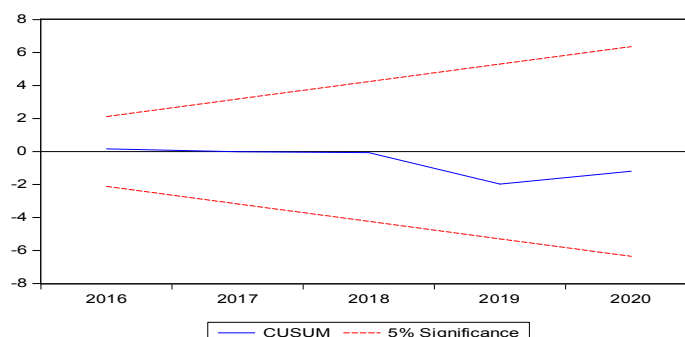
۰/۰۰۲۹	۵/۴۰۳۲۲۵	۰/۷۷۶۴۳۴	LNL(-1)
۰/۰۱۳۶	۳/۷۲۸۰۸۷	۰/۱۶۶۱۳۹	ECI_POS(-1)
۰/۷۹۲۸	-۰/۲۷۷۰۷۶	-۰/۳۴۴۴۷	ECI_NEG(-1)
۰/۰۲۲۶	-۳/۲۵۱۹۲۳	-۰/۲۹۲۸۳۸	CO2(-1)
نتایج کوتاه مدت			
۰/۰۰۷۹	۴/۲۷۹۹۱۸	۰/۲۶۲۱۱۷	D(LNRGDP(-1))
۰/۰۲۳۷	۳/۲۰۹۲۰۶	۰/۰۶۱۶۶۳	D(LNRGCF)
۰/۰۱۷۶	۳/۴۸۰۵۰۲	۰/۰۶۲۷۷۹	D(LNREC_POS)
۰/۰۰۶۱	-۲/۴۰۶۷۱۷	-۰/۰۷۳۱۷۶	D(LNREC_NEG)
۰/۲۲۳۸	-۱/۳۸۷۹۳۴	-۰/۰۲۸۴۸۴	D(LNREC_NEG(-1))
۰/۰۰۳۸	۵/۰۹۰۹۴۳	۰/۶۲۹۳۳۱	D(LNL)
۰/۰۴۴۰	۲/۶۷۷۰۲۸	۰/۱۹۰۱۰۳	D(ECI_POS)
۰/۰۱۱۹	۳/۸۵۷۷۳۱	۰/۲۰۰۰۳۸	D(ECI_POS(-1))
۰/۴۴۲۴	-۰/۸۳۳۷۱۹	-۰/۰۵۳۰۰۷	D(ECI_NEG)
۰/۰۲۸۰	-۳/۰۶۴۲۹۱	-۰/۲۴۹۰۹۵	D(ECI_NEG(-1))
۰/۰۰۰۲	-۹/۷۷۰۷۴۹	-۰/۵۷۹۱۰۸	D(CO2)
۰/۷۴۱۱	F=۰/۶۹۹۴	ناهمسانی واریانس وجود ندارد	آزمون بریوش پاگان گادفری ^۱
۰/۵۷۳۰	F=۸/۵۸۷۸	خودهمبستگی وجود ندارد	آزمون بریوش گادفری
		$\bar{R}^2=۰/۹۹$	$R^2=۰/۹۹$

منبع: نتایج تحقیق

آزمون بریوش - پاگان - گادفری عدم وجود ناهمسانی واریانس و آزمون بریوش - گادفری عدم وجود خودهمبستگی و نمودار ۵ نیز عدم وجود شکست ساختاری را نشان می دهد.

¹ Breusch-Pagan-Godfrey

نمودار ۵. آزمون شکست ساختاری



منبع: نتایج تحقیق

۶- نتیجه گیری و توصیه های سیاستی

این پژوهش با هدف تحلیل اثرات نامتقارن و غیرخطی پیچیدگی اقتصادی (ECI) و مصرف انرژی های تجدیدپذیر (REC) بر رشد اقتصادی ایران (EG)، به شناسایی و تبیین روابط پویا میان این متغیرها پرداخت. با استفاده از مدل NARDL، تأثیرات متفاوت شوک های مثبت و منفی در کوتاه مدت و بلندمدت بررسی شد.

نتایج نشان می دهد که رشد اقتصادی به متغیرهای مستقل پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی های تجدیدپذیر به صورت نامتقارن و غیرخطی در کوتاه مدت و بلند مدت واکنش نشان می دهد که مناسب بودن مدل نامتقارن NARDL را تایید می کند.

شوک های مثبت انرژی های تجدیدپذیر در بلندمدت تأثیر معنادارتر و بزرگ تری بر رشد اقتصادی ایران نسبت به شوک های منفی دارند. این نتایج نشان دهنده پتانسیل بالای انرژی های تجدیدپذیر در تقویت رشد پایدار است. در کوتاه مدت، هر دو نوع شوک اثرات معنادار و تقریباً مشابهی دارند، اما شوک مثبت همچنان مؤثرتر است. شوک های مثبت ECI اثرات مثبت و معناداری در کوتاه مدت و بلندمدت بر رشد اقتصادی دارند، در حالی که شوک های منفی تأثیر محدود و غالباً غیرمعناداری دارند. یافته ها تأکید می کنند که افزایش تنوع تولیدات و صادرات با فناوری بالا می تواند به رشد اقتصادی ایران کمک شایانی کند. یافته های تجربی این مطالعه برخی مفاهیم مهم سیاستی را برای ایران در بر دارد. سرمایه گذاری در انرژی های تجدیدپذیر یک ابتکار راهبردی بلند مدت است. افزایش مصرف انرژی های

تجدیدپذیر، در کنار بهبود سرمایه و مهارت‌های نیروی کار، می‌تواند موجب کاهش وابستگی به نفت و بهبود رشد اقتصادی در بلندمدت شود. چنین استراتژی تولید انرژی مقرون به صرفه، ایمن و پایدار را ممکن می‌سازد که به ارتقای توسعه پایدار در بلند مدت کمک خواهد کرد. با وجود اینکه تحریم‌های اقتصادی در کاهش وابستگی به نفت موثر بوده اند با این حال، ایران هنوز به شدت وابسته به منابع نفتی است که نشان دهنده نیاز به تغییر جهت تامین مالی و سرمایه گذاری به سمت تولید انرژی های تجدیدپذیر برای افزایش سهم انرژی های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی ایران است.

توصیه های سیاستی: تخصیص بودجه و حمایت از ساخت نیروگاه های خورشیدی و بادی در مناطق مستعد. ارائه مشوق های مالیاتی برای جذب سرمایه گذاری بخش خصوصی در این حوزه. گسترش شبکه های توزیع و زیرساخت های ذخیره سازی انرژی. سیاست گذاری برای توسعه صنایع با فناوری بالا، نظیر نانوفناوری، فناوری اطلاعات، و صنایع پیشرفته. کاهش وابستگی به صادرات مواد خام و افزایش صادرات کالاهای با ارزش افزوده. حمایت از تحقیق و توسعه (R&D) برای تقویت نوآوری های فناورانه و تجاری سازی محصولات پیچیده. تدوین استراتژی های تنوع بخشی به ترکیب انرژی با تأکید بر انرژی های پاک. توسعه زیرساخت ها برای تسهیل تولید و صادرات محصولات پیچیده. نتایج ارائه شده در این مطالعه نشان می دهد که پیچیدگی اقتصادی ECI باعث افزایش رشد اقتصادی EG در ایران می شود. یکی از راه های مهم افزایش رفاه و رشد اقتصادی ایران، افزایش پیچیدگی اقتصادی و نوآوری های فناورانه و افزایش مصرف انرژی های تجدید پذیر در کوتاه مدت و بلند مدت است. زیرا شوک های مثبت ECI و REC اثرات مثبت و معناداری در کوتاه مدت و بلندمدت بر رشد اقتصادی ایران دارند.

منابع

بهرامی، جاوید و حسنپور کارسالاری، یوسف. (۱۳۹۶). پیچیدگی صادرات غیرنفتی ایران و عوامل تعیین کننده آن در کشورهای در حال توسعه. پژوهشنامه بازرگانی، ۱۰ (۳۶)، ص ۱-۱۴.
تهامی پور، مرتضی، عابدی، سمانه، کریمی بابا احمدی، رضا و ابراهیمی زاده، مرتضی. (۱۳۹۵). بررسی تاثیر انرژی های تجدیدپذیر بر سرانه رشد اقتصادی واقعی ایران، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۵ (۱۹)، ص ۵۳-۷۷.

جواهری، بختیار، قادری، سامان، قماش، نیکو و امانی، رامین. (۱۴۰۳). بررسی تاثیر پیچیدگی اقتصادی و رد پای اکولوژیکی بر رشد اقتصادی کشورهای اوپک. *پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، سال ۲۴، شماره اول، ص ۲۷-۵۶.

رفعت، منیره و احمدی، سعیده. (۱۴۰۱). بررسی اثر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر سطح تولید ناخالص داخلی ایران. *پژوهشهای اقتصادی*، سال بیست و سوم، شماره سوم، ص ۱۰۷-۱۳۲.

سعیدی، رضا، نصایان، شهریار، مقدسی، رضا و دامنکشیده، مرجان. (۱۴۰۱). پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی فسیلی: تحلیل تجربی بر پایه داده‌های استان‌های ایران. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۵۵(۲۲)، ۸۵-۱۸۸.

ایازی، شلیر، عطرکار روشن، صدیقه و صفرزاد، اسماعیل. (۱۴۰۲). تاثیر مصرف انرژی‌های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر بر رشد اقتصادی و محیط زیست (مقایسه کشورهای نفتی و غیرنفتی). *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، دوره ۱۲، شماره ۴۸، ص ۳۱-۵۶.

قائد، ابراهیم، دهقانی، علی و فتاحی، محمد. (۱۳۹۸). بررسی تاثیر انواع انرژی‌های تجدید پذیر بر رشد اقتصادی ایران. *پژوهشهای رشد و توسعه اقتصادی*، ۹(۳۵)، ص ۱۳۷-۱۴۸.

کارگر ده بیدی، نوید، قربانیان، عفت و طراز کار، محمد حسن. (۱۳۹۹). تاثیر مصرف انرژی‌های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر بر رشد اقتصادی کشورهای اسلامی D-8. *اقتصاد و تجارت نوین*، ۱۵(۲)، ص ۶۷-۹۰.

کریمی، محمدشریف، سهیلی، کیومرث و برزگری، شیما. (۱۳۹۹). رابطه بین مصرف انرژی تجدید پذیر و رشد اقتصادی در ایران. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۲(۶)، ص ۳۱-۴۷.

مستولی زاده، سید محمد و سلیمی لیلا. (۱۳۹۹). رابطه شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص توسعه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه. *تحقیقات اقتصادی*، دوره ۵۵، شماره ۴، ص ۸۵۳-۸۸۶.

References

- Al-Darraj, Harith Hadi Mohammed, Bakir, Amir, (2020), The Impact of Renewable Energy Investment on Economic Growth; *Journal of Social Sciences (COES&RJSS)*, Vol.9, No.2, pp:234-248; <https://doi.org/10.25255/jss.2020.9.2.234.248>.
- Ayazi Shiler, S., Atrakar Roshan, S., & Safarzadeh, E. (2023). The impact of renewable and non-renewable energy consumption on economic growth and the environment: A comparison between oil and non-oil countries. *Iranian Journal of Energy Economics*, 12(48), 31-56. [In Persian].
- Azlina, A. A., Law, S. H., & Nik Mustapha, N. H. (2014). Dynamic linkages among transport energy consumption, income and CO2 emission in Malaysia. *Energy*

- Policy, 73, 598-606.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.05.046>
- Bahrami, J., & Hassanpour Karsalari, Y. (2017). *The complexity of Iran's non-oil exports and its determinants in developing countries*. *Commercial Research Journal*, 10(36), 1-14. [In Persian]
- Baz, K., Cheng, J., Xu, D., Abbas, K., Ali, I., Ali, H., & Fang, C. (2021). Asymmetric impact of fossil fuel and renewable energy consumption on economic growth: A nonlinear technique. *Energy*, 226, 120357.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120357>
- Bhuiyan MA, Zhang Q, Khare V, Mikhaylov A, Pinter G and Huang X ,(2022), Renewable Energy Consumption and Economic Growth Nexus—A Systematic Literature Review. *Front. Environ. Sci.* 10:878394. doi: 10.3389/fenvs.2022.878394.
- Bustos, S., Gomez, C., Hausmann, R., & Hidalgo, C. A. (2012). The Dynamics of Nestedness Predicts the Evolution of Industrial Ecosystems. *PLOS ONE*, 7(11), e49393. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049393> .
- Berndt, E. R., & Wood, D. O. (1975). Technology, prices, and the derived demand for energy. *The Review of Economics and Statistics*, 57(3), 259–268.
<https://doi.org/10.2307/1923910>.
- Chávez, J. C., Mosqueda, M. T., & Gómez-Zaldívar, M. (2017). Economic Complexity and Regional Growth Performance: Evidence from the Mexican Economy. *The Review of Regional Studies*, 47(2), 201-219.
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:rre:publsh:v47:y:2017:i:2:p:201-219>
- Cristelli, M., Tacchella, A., & Pietronero, L. (2015). The Heterogeneous Dynamics of Economic Complexity. *PLOS ONE*, 10(2), .15-1
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:plo:pone00:0117174>
- De Cunzio, F., Petri, A., Zaccaria, A., & Sbardella, A. (2022). The trickle-down from environmental innovation to productive complexity. *Scientific report,vol12*
<http://www.nature.com/scientificreports>.
- Dirma, V., Neverauskiene, L.O., Tvaronavičiune, M., Danilevičiune, I., Tamošiūnienė, R. The Impact of Renewable Energy Development on Economic Growth. *Energies* 2024, 17, 6328. <https://doi.org/10.3390/en17246328>.
- Dogan Eyup, Buket Altinoz, Mara Madaleno, Dilvin Taskin (2020). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A replication and extension of Inglesi-Lotz (2016). *Energy Economics*. 0),
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104866>. 273, 111146.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111146> .
- Fan, W., Hao, Y. (2020). An empirical research on the relationship amongst renewable energy consumption, economic growth and foreign direct investment in China. *Renew. Energy* 146(C),598-609.
- Fan, W., & Hao, Y. (2020). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from China. *Renewable Energy*.

- Fang, Y. (2011). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 5120-5128. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.044>.
- Gao, J., & Zhou, T. (2018). Quantifying China's regional economic complexity. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 492, 1591-1603. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.11.084>.
- Gha'ed Ebrahim, Dehghani, A., & Fattahi, M. (2019). Examining the impact of different types of renewable energy on Iran's economic growth. *Economic Growth and Development Research*, 9(35), 137-148. [In Persian]
- Gozgor, G. (2018). A new approach to the renewable energy-growth nexus: evidence from the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(17), 16590-16600. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1858-9>
- Hartmann, D., Guevara, M. R., Jara-Figueroa, C., Aristarán, M., & Hidalgo, C. A. (2017). Linking Economic Complexity, Institutions, and Income Inequality. *World Development*, 93, 75-93. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.12.020>
- Hartmann, D., Jara-Figueroa, C., Guevara, M., Simoes, A., & Hidalgo, C. e. A. (2017). *The structural constraints of income inequality in Latin America*. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:arx:papers:1701.03770>
- Hausmann, R., Hidalgo, C.A. (2010). Country Diversification, Product Ubiquity, and Economic Divergence.
- Hausmann, R., Hidalgo, C.A., Bustos, S., Coscia, M., Chung, S., Jemenez, J., Simoes, A., Yidirim,. (2011). *The Atlas of Economic Complexity*. MIT Press, Cambridge.
- Hausmann, R., Hidalgo, C.A., Bustos, S., Coscia, M., Simoes, A., Yildirim, M.A. (2014). *The Atlas of 1005 Economic Complexity: Mapping Paths To Prosperit*.
- Hausmann, R., Hwang, J., & Rodrik, D. (2007). What you export matters. *Journal of Economic Growth*, 12(1), 1-25. <https://doi.org/10.1007/s10887-006-9009-4>
- Hidalgo, C. A., Hausmann, R., & Dasgupta, P. S. (2009). The Building Blocks of Economic Complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(26), 10570-10575. <http://www.jstor.org/stable/40483593>
- Hidalgo, C. A., Klinger, B., Barabási, A. L., & Hausmann, R. (2007). The Product Space Conditions the Development of Nations. *Science*, 317(5 487-482 ,837 <http://www.jstor.org/stable/20037448>
- Javaheri Bakhtiari, S., Ghaderi, S., Ghamashi Niko, & Amani, R. (2024). The impact of economic complexity and ecological footprint on economic growth in OPEC countries. *Economic Research (Growth and Sustainable Development)*, 24(1), 27-56. [In Persian]
- Kargar Dehbidi, N., Ghorbanian, E., & Tarazkar, M. H. (2020). The impact of renewable and non-renewable energy consumption on economic growth in D-8 Islamic countries. *Modern Economics and Trade*, 15(2), 67-90. [In Persian]
- Karimi, M. S., Soheili, K., & Barzegari, S. (2020). The relationship between renewable energy consumption and economic growth in Iran. *Environmental Science and Technology*, 22(6), 31-47. [In Persian]
- Kemeny, T., & Storper, M. (2015). Is Specialization Good for Regional Economic Development? *Regional Studies*, 49(6), 1003-1018. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:taf:regstd:v:49:y:2015:i:6:p:1003-1018>
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the Relationship Between Energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 3(2), 401-403. <http://www.jstor.org/stable/24806805>

- Lapatinas, A. (2019). The effect of the Internet on economic sophistication: An empirical analysis. *Economics Letters*, 174(C), 35-38. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:ecolet:v:174:y:2019:i:c:p:35-38>
- Laverde-Rojas, H., Guevara-Fletcher, D. A., & Camacho-Murillo, A. (2021). Economic growth, economic complexity, and carbon dioxide emissions: The case of Colombia. *Heliyon*, 7(6), e07188. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07188>
- Lo Turco, A., & Maggioni, D. (2022). The knowledge and skill content of production complexity. *Research Policy*, 51(8), 104059. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104059>
- Lybbert, T., & Xu, M. (2022). Innovation-adjusted economic complexity and growth: Do patent flows reveal enhanced economic capabilities? *Review of Development Economics*, 26(1), 442-483. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:bla:rdevvec:v:26:y:2022:i:1:p:442-483>
- Mighri, Z., & AlSaggaf, M. I.(2022). Asymmetric impacts of renewable energy consumption and economic complexity on economic growth in Saudi Arabia: Evidence from the NARDL model [Preprint]. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1594202/v1>
- Mostoulizadeh, S. M., & Salimi, L. (2020). The relationship between the economic complexity index and the development index in developed and developing countries. *Economic Research*, 55(4), 853-886. [In Persian]
- Ocal, O., & Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-499. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.036>
- Pao, H.-T., & Fu, H.-C. (2013). Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 381-392. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.004>
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326. <http://www.jstor.org/stable/2678547>
- Pesaran, M. H., Shin, Y. (1998). An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis. In S. Strom (Ed.), *Econometrics and economic theory: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, Econometric Society Monographs (pp. 371-413). Cambridge: Cambridge University Press
- Poncet, S., de Waldemar, F.S. (2013). *Economic complexity and growth*.
- Raf'at, M., & Ahmadi, S. (2022). The effect of the economic complexity index on Iran's GDP level. *Economic Research*, 23(3), 107-132. [In Persian]
- Saeidi, R., Nasabian, S., Moghaddasi, R., & Damankeshideh, M. (2022). Economic complexity and fossil energy consumption: An empirical analysis based on data from Iranian provinces. *Economic Research Journal*, 22(85), 155–188. [In Persian]
- Shin, Y., Yu, B., & Greenwood-Nimmo, M. (2014). Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework. In R. C. Sickles & W. C. Horrace (Eds.), *Festschrift in Honor of Peter Schmidt: Econometric Methods and Applications* (pp. 281-314). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8008-3_9

- Strielkowski, W, Civiń, L, Tarkhanova, E, Tvaronavičiūtė, M, & Petrenko, Y. Renewable Energy in the Sustainable Development of Electrical Power Sector: A Review. *Energies* 2021, 14, 8240. <https://doi.org/10.3390/en14248240>.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94. <https://doi.org/10.2307/1884513>.
- Tahami Pour, M., Abedi, S., Karimi Baba Ahmadi, R., & Ebrahimi Zadeh, M. (2016). Investigating the impact of renewable energies on Iran's real per capita economic growth. *Iranian Journal of Energy Economics*, 5(19), 53-77. [In Persian]
- Tiwari, A. K. (2014). The asymmetric Granger-causality analysis between energy consumption and income in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 36, 362-369. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.066>.
- Udeogu, E., Roy-Mukherjee, S., & Amakom, U. (2021). Does Increasing Product Complexity and Diversity Cause Economic Growth in the Long-Run? A GMM Panel VAR Evidence. *SAGE Open*, 11(3), 21582440211032918. <https://doi.org/10.1177/21582440211032918>.
- Yildirim, E., Saraç, İ., & Aslan, A. (2012). Energy consumption and economic growth in the USA: Evidence from renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(9), 6770-6774. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.004>.
- Yasmeen, Humaira & Tan, Qingmei & Zameer, Hashim & Vo, Xuan Vinh & Shahbaz, Muhammad, 2021. Discovering the relationship between natural resources, energy consumption, gross capital formation with economic growth: Can lower financial openness change the curse into blessing, *Resources Policy*, Elsevier, vol. 71(C).
- Zhu, S., & Li, R. (2020). Economic complexity and economic growth: Evidence from cross-country panel data. *Applied Economics*.