فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال بیست‌ویکم/ شماره ۸۵/ تابستان ۱۴۰۴ / صفحات ۶۸-۳۳

بررسی رابطه‌ی بین گذار انرژی و شاخص‌های زیست‌محیطی ایران با استفاده از مدل پویا

امیررضا خلیلی [۱]
دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی،دانشکده مدیریت و اقتصاد،دانشگاه شهید باهنر کرمان، (amirreza.khalili@aem.uk.ac.ir)

مجتبی بهمنی [۲]
دانشیار، گروه اقتصاد، مدیریت و اقتصاد، شهید باهنر کرمان،ایران، (mbahmani@uk.ac.ir)

مهدی نجاتی
دانشیار، گروه اقتصاد، مدیریت و اقتصاد، شهید باهنر کرمان،ایران، (mnejati@uk.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۰

چکیده

انتخاب‌های امروز ما به طور قابل توجهی بر جهانی که فردا در آن زندگی می‌کنیم تأثیر می‌گذارد، نتیجه‌ی انتخابات گذشته ما تا امروز، انباشت طولانی مدت و عظیم دی اکسید کربن و تغییرات شدید در سیستم آب و هوایی کره زمین بوده که منجر به شکل گیری گذار انرژی در جهان امروز شده است. با توجه به اهمیت انتشار کربن و گذار انرژی در جهان امروز، این مقاله با ایجاد مدلی پویا طی دوره‌ی ۱۳۷۴ الی ۱۴۴۰ به ارزیابی شاخص‌های زیست محیطی بر گذار انرژی در ایران پرداخته، که در ابتدا با عنوان کردن چکیده‌ای از اوضاع جهانی در حوزه انرژی و سپس پرداختن به وضعیت انرژی ایران به این مهم می‌پردازد، یافته‌های تحقیق بیانگر رابطه‌ای معکوس بین دو متغیرِ نسبت انرژی‌های پاک به کل انرژی و میزان انتشار CO_2 بوده است، نتایج نشان می‌دهد با سرعت گرفتن این گذار می‌توان شاهد افزایش شدت کاهش انتشار CO_2 بود که نشان می‌دهد در دنیای امروز، ضروری است که انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان منبع انرژی اولیه وجود داشته باشد تا انتشار کربن به محیط زیست کاهش یابد؛ از آنجا که گذار انرژی برای محدود کردن اثرات زیست محیطی، تضمین امنیت انرژی و.. اتفاق می‌افتد. اگر سیاست گذاران سیاست‌هایی نظیر محدودیت استفاده از سوخت‌های فسیلی، کاهش یارانه سوخت‌های فسیلی جهت افزایش مقرون به صرفه بودن انرژی‌های پاک را به کار ببرند تا سهم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش یافته و انتشار کربن دی‌اکسید کاهش یابد می‌توان شاهد سرعت گرفتن گذار انرژی در ایران بود.

طبقه‌بندی JEL: Q00، Q4، Q50، Q53
کلیدواژه‌ها: سیستم‌های پویا، گذار انرژی، انرژی‌های تجدید پذیر،انرژی پاک.

---

۱. این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده، با عنوان ارزیابی اثر شاخص‌های زیست محیطی بر گذار انرژی در ایران با استفاده از مدل داینامیک استخراج شده است.استاد راهنما: دکتر مجتبی بهمنی، استاد مشاور: دکتر مهدی نجاتی.
۲. نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

۱- مقدمه

اکثر حالت‌های مختلف تولید انرژی‌های فسیلی و بهره‌برداری از آن، در حال حاضر باعث ایجاد مسائل زیست محیطی درمقیاس‌های محلی،منطقه‌ای و جهانی و همچنین موجب کاهش کیفیت زندگی می‌شوند و سلامت نسل‌های کنونی و آینده بشر را به خطر می‌اندازند. تولید و بهره برداری از انرژی فسیلی به تنهایی ۸۰ درصد دی‌اکسید کربن و دو سوم کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در سراسر جهان را شکل می‌دهد(محبوب و نوراللهی،۱۴۰۰). هزینه‌های زیاد و دیگر اثرات مخرب انرژی‌های فسیلی موجب شده که اقتصادهای مطرح دنیا مصرف سوخت‌های فسیلی خود را کاهش داده و به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر روی آورند. پیامدهای وخیم تخریب محیط زیست از نظر اثرات بر سلامت انسان، تغییرات جوی، از دست دادن تنوع زیستی و تخریب لایه اوزون، توجه جهانی را به مسائل زیست محیطی جلب کرده است(لی و اولاسهینده[1]،۲۰۲۲).

انباشت طولانی مدت و عظیم دی اکسید کربن و سایر انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو منجر به تغییرات در سیستم آب و هوایی کره زمین شده است که مشخصه اصلی آن افزایش دمای سطح جهانی است، به ویژه در نیم قرن گذشته، دوره‌ای که حداقل در ۲۰۰۰ سال گذشته افزایشی معادل آن نداشته است. این گرم شدن پیامدهای مخرب فراوانی چون امواج گرما، خشکسالی، تغییر الگوی بارندگی و سیل می‌شود. و هیچ کشوری را بی تأثیر نمی‌گذارد. خشکسالی چند ساله ایران و عراق و طوفان‌های گرد و غبار تنها نمونه‌هایی از بحران آب و هوایی هستند که بر کل جهان تأثیر می‌گذارد(عبد ا... و همکاران[2]،۲۰۲۴). فوریت این است که اثرات خارجی منفی بر رفاه محیط زیست بدون ایجاد اختلال در روند رشد اقتصادی به حداقل برسد. علاوه بر این، گذار به سمت منابع تجدیدپذیر می‌تواند از رشد پایدار، کاهش سطوح آلودگی و کاهش بار کلی اکولوژیکی حمایت کند(بشیر و همکاران[3]،۲۰۲۳).

اقتصاددانان محیط زیست، متخصصان انرژی و دانشمندان علوم اجتماعی استدلال کردند که زندگی انسان تا حد زیادی تحت تأثیر تغییرات محیطی در دهه‌های اخیر است. تخریب زیستگاه، آب، خاک و انتشار گازهای گلخانه‌ای مهم‌ترین چالش‌های

1. Lee & Olasehinde
2. Abdallah et al.
3. Bashir et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

زیست‌محیطی برای توسعه پایدار هستند و قرن کنونی را به طور فزاینده‌ای نگران جلوگیری از رشد مداوم انتشارگازهای گلخانه‌ای جهانی کرده‌اند(فاطیما و همکاران[1]،۲۰۲۴). برخلاف انرژی‌های تجدید ناپذیر، منابع انرژی تجدیدپذیر پایدار هستند و دی‌اکسید کربن زیادی منتشر نمی‌کنند. بنابراین، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به یک عامل کلیدی در حرکت به سمت اقتصاد کم کربن تبدیل شده است، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند اثرات تغییر آب و هوا را کاهش دهد و به پیشبرد اهداف توسعه پایدار مانند امنیت انرژی و کاهش اثرات زیست محیطی کمک کند بنابراین، با توجه به اهمیت استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر، نیاز اساسی به بررسی عوامل تعیین کننده گذار انرژی وجود دارد(تزرمس و همکاران[2]،۲۰۲۳).

هدف گذار انرژی تضمین دسترسی همگانی به خدمات انرژی مقرون به صرفه، قابل اعتماد و پایدار است. که این شامل ارائه انرژی پاک و راه‌حل‌هایی برای جمعیت‌ها و جوامع محروم، به ویژه در کشورهای در حال توسعه و در عین حال پرداختن به نابرابری‌های اجتماعی و اقتصادی است(زو و وانگ[3]،۲۰۲۴). اما همانطور که در ابتدا بیان شد بخش انرژی جهانی در یک دوره گذار قرار دارد و با درگیری روسیه و اوکراین تقویت شده در این دوره انتظار می‌رود که منابع انرژی تجدیدپذیر و کم کربن مانند باد و خورشید جایگزین سوخت‌های فسیلی سنتی از جمله نفت، گاز و زغال سنگ شوند(جنز و کاسمپل[4]،۲۰۲۳). از طرفی با افزایش جمعیت و محدود بودن منابع انرژی تجدید ناپذیر و از سوی دیگر افزایش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف بیش از اندازه‌ی سوخت‌های فسیلی کشورها و جوامع بشری با تهدیدهای جدی روبرو شده‌اند(رضایی راد و همکاران،۱۴۰۱). و چالشی اساسی در مسیر توسعه پایدار را به وجود آوردند. طبیعی است که در صورت عدم اتخاذ گام‌های مناسب، شرایط در آینده نزدیک بدتر شود(بشیر و همکاران[5]،۲۰۲۳). که این موضوع لزوم گذار به انرژی‌های تجدید پذیر را روشن می‌سازد.

با اینکه گذار انرژی در حال وقوع است و کشورهای زیادی ترکیب سبد انرژی خود را تغییر داده و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را وارد سبد مصرفی انرژی‌های خود کرده‌اند

1. Fatima et al.
2. Tzeremes et al.
3. Zou & Wang
4. Genc & Kosempel
5. Bashir et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

اما همچنان هم گذار انرژی با چالش‌ها و ابهامات زیادی روبرواست. جایگزینی سریع‌تر انرژی‌های تجدیدپذیر به جای انرژی‌های تجدیدناپذیر و افزایش کارایی انرژی می‌تواند به تسریع گذار کمک کند(وای و همکاران[1]،۲۰۲۲). سنگ بنای سناریوی گذار سریع، گسترش به موقع فناوری‌های کلیدی سبز است، انرژی خورشیدی، باد، باتری‌ها و الکترولیزها از آنجایی که نقش مهمی در کربن‌زدایی داشته‌اند آنها را «فناوری‌های سبز کلیدی» می‌نامند، زیرا تنها با بزرگ‌تر شدن این فناوری‌ها می‌توان سوخت‌های فسیلی را حذف کرد و صرفه‌جویی‌ها را تحقق بخشید(بلازیو و ژنگ[2]،۲۰۲۳). افزایش سالانه ظرفیت جهانی انرژی‌های تجدیدپذیر تقریباً ۵۰ درصد افزایش یافته و سریع‌ترین نرخ رشد را در دو دهه گذشته به ثبت رساند که انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۸، منابع انرژی تجدیدپذیر بیش از ۴۲ درصد از تولید برق جهانی را تشکیل می‌دهند(گزارش توسعه صنعتی[3]،۲۰۲۴).

مهم‌ترین راهی که اغلب کشورهای دنیا برای غلبه بر مشکلات انرژی جوامع و کاهش مسائل زیست محیطی دنبال کرده‌اند استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است. طی سال‌های گذشته در ایران نیز، تلاش‌هایی در این خصوص صورت گرفته است که تأکید سیاست‌های کلی نظام بر بهینه سازی مصرف سوخت و کاهش شدت انرژی می‌باشد(سلیمی و همکاران،۱۴۰۲). باید به این نکته توجه داشت که نوع گذار در حوزه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر ایران با دیگر کشورهای توسعه یافته تفاوت دارد به گونه‌ای که تا گذاری در کشورهای توسعه یافته رخ ندهد، در کشورهای درحال توسعه گذاری نخواهیم داشت(موسوی درچه و همکاران،۱۳۹۷). گذار انرژی چالش‌های فراوانی دارد که در ایران این چالش‌ها با توجه به ساختار اقتصادی و ساختار بخش انرژی، شیوه‌ی مدیریت و بهره برداری انرژی ایران می‌تواند چالش برانگیزتر باشد و منجر به آهسته شدن این گذار گردد.

در این نقطه محوری در تاریخ بشر، انتخاب‌های ما به طور قابل توجهی بر جهانی که فردا در آن زندگی می‌کنیم تأثیر می‌گذارد. از آنجایی که با کاهش منابع طبیعی و پیامدهای گسترده آن مواجه هستیم، شناخت پتانسیل‌ها ضروری است(کائو و همکاران[4]،۲۰۲۴). در سال‌های اخیر کشورها با توجه به پتانسیل‌های خود در زمینه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر

1. Way et al.
2. Blasio & Zheng
3. INDUSTRIAL DEVELOPMENT REPORT 2024
4. Cao et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

اقداماتی را در این زمینه انجام داده‌اند، ایالات متحده آمریکا رشد زیادی(حدود ۴۲ درصد سالانه) در تولید انرژی خورشیدی داشته است. در همین حال، در طول دهه گذشته، بریتانیا رشد سالانه ۳۵ درصدی در تولید انرژی خورشیدی، که برای تامین برق بیش از ۲,۵ میلیون خانه کافی است را تجربه می‌کند(فراحت[1] و همکاران،۲۰۲۴).

کشورهای اطراف ایران نیز اهداف و استراتژی‌هایی را برای خود در این زمینه تعیین کرده‌اند. استراتژی انرژی امارات متحده عربی، تامین برق ۴۴ درصدی از انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش۷۰ درصدی انتشار کربن تا سال ۲۰۵۰ را تعیین می‌کند(آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدید پذیر[2]،۲۰۱۹). در ترکیه سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سه سال اخیر روندی افزایشی داشته است، یعنی در مجموع به بیش از ۴۰ درصد می‌رسد و نکته جالب توجه اینجاست که هیچ نیروگاه هسته‌ای در ترکیه وجود ندارد. از طرفی نیز ترکیه متعهد به کاهش ۲۱ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است(کت بورا،۲۰۲۳). سرمایه‌گذاری انرژی خورشیدی در ترکیه در سال ۲۰۱۴ با ۴۰ مگاوات ظرفیت نصب شده آغاز شد و تا ژوئن ۲۰۲۲ کل ظرفیت نصب شده به تقریباً ۸,۳۵٪ از کل برق نصب شده تولید انرژی ترکیه رسید در سال ۲۰۲۰، ترکیه شانزدهمین کشور در رتبه بندی جهانی ظرفیت انرژی خورشیدی نصب شده بود. منابع انرژی تجدیدپذیر تقریباً ۵۴ درصد از تولید انرژی داخلی در ترکیه را تامین می‌کند(اور و همکاران[3]،۲۰۲۴). منابع آبی تا سال ۲۰۲۱، با ۳۲ درصد، بیشترین سهم را داشتند، اما با این حال، در همین دوره، سهم ظرفیت نصب شده برای منابع بادی، خورشیدی، زیست توده و زمین گرمایی به ترتیب به حدود ۱۱ درصد، ۸ درصد، ۲ درصد و ۲ درصد افزایش یافته است. ترکیه پتانسیل انرژی خورشیدی بالایی دارد، سهم انرژی‌های تجدید پذیر از کل تولید برق در ترکیه ۳۵,۷۵ درصد است که ۴,۰۱ درصد آن خورشیدی، ۹,۳۹ درصد بادی، ۲,۳ درصد زیست توده، ۱۶,۸ درصد انرژی آبی و ۳,۲۵ درصد مربوط به زمین گرمایی است(آکیگز و یورولماز[4]،۲۰۲۴). کشور تاجیکستان نیز از نظر پتانسیل انرژی آبی با ۵۲۷ تراوات ساعت و با ظرفیت فنی قابل بهره برداری ۳۱۷ تراوات ساعت، جایگاه هشتم جهان را دارد. تنها ۴ تا ۶ درصد از این پتانسیل عظیم در حال حاضر استفاده می‌شود و۴۵ درصد از

1. Farahat et al.
2. International Renewable Energy Agency
3. Or et al.
4. Acikgoz & Yorulmaz

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

برق تولیدی در سال ۲۰۱۸ را شامل می‌شود(سولتونوف و همکاران[1]،۲۰۲۴). کویت نیز با صدور حکمی ساختمان‌های دولتی را موظف کرد که حداقل ۱۰ درصد از برق ساختمان‌ها را از منبع تجدیدپذیر استفاده کند(القهطانی و همکاران[2]،۲۰۲۴). همچنین در جدول۱نیز اقدامات دیگر کشورهای همسایه ایران قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۱. برخی اقدامات کشورهای همسایه در حوزه گذار انرژی

عربستان	عراق
- انعقاد قرار داد با یک شرکت چینی برای توسعه پروژه خورشیدی ازبکستان. - همکاری با فرانسه در بخش انرژی هسته‌ای و تجدیدپذیر. - توسعه نیروگاه بادی مصر تا پایان سال ۲۰۲۶ - ساخت چندین نیروگاه تجدیدپذیر توسط شرکت پیشرو آمریکایی به منظور کاهش وابستگی به صنایع سنتی و کاهش انتشارکربن.	- تجهیز ۵۰۰ ساختمان دولتی عراق به سامانه انرژی خورشیدی. - ساخت دو نیروگاه خورشیدی توسط شرکت‌های توتال انرژی[3] فرانسه و پاورچاینا[4]. - دعوت عراق از سرمایه‌گذاران برای اولین پروژه تبدیل زباله به انرژی برق. - ساخت دو پروژه خورشیدی در عراق توسط چین. - ساخت اولین پروژه خورشیدی درعراق توسط چین تا سال ۲۰۲۵.
روسیه	**پاکستان**
- امضای توافقنامه بین روسیه و ارمنستان برای نوسازی نیروگاه هسته‌ای متسامور[5]. - افزایش دو برابری تولید نیروگاه‌های بادی و خورشیدی در روسیه در ماه ژانویه. - برنامه‌ریزی برای ساخت و راه‌اندازی مزارع بادی دیگر با مجموع ظرفیت ۲۶۰ مگاوات. - برنامه‌ریزی روسیه برای نسل جدید نیروگاه‌های اتمی شناور روسیه. - آغاز صادرات پانل‌های خورشیدی ساخت روسیه به اروپا.	- سرمایه‌گذاری ۷/۲ میلیون دلار (۲ میلیارد روپیه) در انرژی‌های تجدیدپذیر. - تجارت مشترک پاکستان و آمریکا درانرژی سبز. - استفاده ارتش پاکستان از انرژی خورشیدی. - امضا تفاهم‌نامه ۲۰ مگاواتی شرکت انرژی پاکستان برای پروژه‌های انرژی خورشیدی در عربستان سعودی. - تامین ۴۰۰۰ مگاوات نیاز برق پاکستان با انرژی هسته‌ای. - مجوز برای احداث نیروگاه برق آبی ۳۰۰ مگاواتی. - تصویب ۳۰۰ میلیون دلار جهت احداث نیروگاه برق‌آبی.

ماخذ: وزارت نیرو۱۴۰۳، https://isn.moe.gov.ir

1. Sultonov et al.
2. Alqahtani et al.
3. TotalEnergies
4. POWERCHINA
5. Metsamor Nuclear Power Plant

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

اما در ایران نیز مطابق دیگر کشورها در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و گذار به انرژی‌های پاک اقداماتی انجام شده است و قوانینی نیز در این حوزه تصویب شده است از جمله قانون هوای پاک مصوب ۱۳۹۶یا ماده ۸ قانون هدفمند کردن یارانه‌ها که دولت مکلف شده است سی درصد خالص وجوه حاصل از اجراء این قانون را برای پرداخت کمک‌های بلاعوض، یا یارانه سود تسهیلات و یا وجوه اداره شده برای اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره‌وری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر هزینه نماید، قانون دیگر تامین حداقل ۲۰ درصد از برق مصرفی وزارتخانه‌ها، موسسه‌ها و شرکت‌های دولتی و نهادهای عمومی غیردولتی، بانک‌ها، شهرداری‌ها ساختمان‌های خود از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد، قانون مهم دیگر، قانون مانع‌زدایی از توسعه صنعت برق مصوب ۱۴۰۱ است(سلیمی و پیری،۱۴۰۲).

با همه‌ی این تفاسیر میزان برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر و پاک در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۴۰۰، ۲۳,۲ درصد رشد داشته است. همچنین ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های تجدید پذیر و پاک در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۴۰۰، ۱۱,۳ درصد رشد داشته است. از طرفی نیز میزان اجتناب از انتشار گازهای گلخانه‌ای و میزان اجتناب از مصرف سوخت‌های فسیلی در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال قبل به ترتیب ۱۹,۴ و۲۲ درصد رشد داشته همچنین میزان اجتناب از مصرف آب نیز در این سال نسبت به سال قبل ۲۳,۳ درصد رشد داشته است(وزارت نیرو،۱۴۰۲).

جدول۲. شاخص‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و پاکش

ردیف	عنوان	واحد	میزان تجمعی		چهار ماهه نخست ۱۴۰۳			
			۱۴۰۰	۱۴۰۱	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
۱	برق تولیدی از منابع تجدید پذیر و پاک	میلیون کیلووات ساعت	۷۶۰۷	۹۳۷۱	۲۰۲	۲۱۴	۲۶۱	۲۸۵
۲	اجتناب از انتشار گازهای گلخانه‌ای*	هزار تن	۵۰۷۱	۶۰۵۷	۱۱۳	۱۱۹	۱۴۶	۱۶۰
۳	اجتناب از مصرف سوخت فسیلی*	معادل میلیون متر مکعب گاز طبیعی	۲۱۶۰	۲۶۳۷	۵۴	۵۸	۷۰	۷۷

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

ردیف	عنوان	واحد	میزان تجمعی		چهار ماهه نخست ۱۴۰۳			
			۱۴۰۰	۱۴۰۱	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
۴	اجتناب از مصرف آب*	میلیون لیتر	۱۶۷۳	۲۹۶۲	۴۴	۴۷	۵۷	۶۳
۵	ظرفیت نصب شده انرژی‌پاک	مگاوات	۹۳۳	۱۰۳۸	۱۱۸۶,۲۶**	۱۱۹۲,۳۹**	۱۱۹۹,۷۱**	۱۲۳۱,۰۶**

*به دلیل نصب نیروگاههای تجدید پذیر و پاک به جای توسعه نیروگاه‌های حرارتی

**مقادیر تجمعی می‌باشند.

ماخذ: وزارت نیروhttps://isn.moe.gov.ir

همچنین ظرفیت نیروگاه‌های انرژی تجدیدپذیر و پاک دولتی و غیر دولتی نصب شده تا پایان تیر ماه ۱۴۰۳ در جدول ۲ قابل مشاهده می‌باشد که بیشترین ظرفیت نصب شده مربوط به نیروگاه خورشیدی با میزان ۵۴۷,۷ مگاوات بوده و پس از آن نیروگاه بادی در رتبه‌ی دوم با میزان ۳۶۶,۳۱ مگاوات و در رتبه سوم برقابی کوچک با میزان ۱۰۳,۶۷ مگاوات می‌باشد در مجموع نیز طرفیت نصب شده تجمعی به عدد ۱۲۳۱,۰۶ می‌رسد که ظرفیت نصب شده در این ماه به طور کلی ۲,۶ درصد نسبت به ماه قبل رشد داشته است(وزارت نیرو،۱۴۰۳).

انرژی هسته‌ای نیز به عنوان انرژی‌ای پاک امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما رشد انرژی هسته‌ای در سه دهه اخیر کند شده است و چشم انداز آن محدود به نظر می‌رسد. به طوری که حدود دو سوم نیروگاه‌های هسته‌ای امروزی در اقتصادهای پیشرفته بیش از ۳۰ سال قدمت دارند و در آینده تعطیل خواهند شد. دولت‌هایی مانند آلمان، سوئیس، اسپانیا و کره جنوبی در حال برنامه‌ریزی برای حذف تدریجی انرژی هسته‌ای هستند(آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر[1]،۲۰۱۹). در زمانی که دیگر کشورها به دنبال جایگزینی دیگر انرژی‌های پاک به جای انرژی هسته‌ای هستند. در ایران طبق اعلام سازمان انرژی اتمی ایران احداث تعدادی نیروگاه اتمی در دست اقدام است و انتظار می‌رود طبق برنامه هفتم توسعه حداقل دو نیروگاه دیگر مورد بهره برداری قرار گیرد(سازمان انرژی اتمی،۱۴۰۳). بر اساس آخرین گزارش موجود در سازمان انرژی اتمی ایران واحد یکم نیروگاه اتمی بوشهر در مجموع در سال‌های راه اندازی از سال

1. International Renewable Energy Agency

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

۱۳۹۰ و بهره برداری تجاری از مهر ماه ۱۳۹۲ تا پایان شش ماهه اول سال ۱۴۰۱، جمعاً به میزان ۵۶۱۱۵ میلیون کیلووات ساعت برق تولید کرده که از این میزان ۵۱۱۰۳ میلیون کیلووات ساعت تحویل شبکه برق سراسری شده است. در مجموع سال‌های فعالیت واحد یکم نیروگاه اتمی بوشهر از سال ۱۳۹۰ تا پایان شهریورماه ۱۴۰۱، میزان کل صرفه‌جویی‌ای که در مصرف سوخت‌های فسیلی صورت گرفته در حدود ۸۸ میلیون بشکه معادل نفت خام و یا برابر با ۱۴,۸ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی بوده است. همچنین در دوره بهره‌برداری از نیروگاه اتمی بوشهر تا کنون از انتشار حدود ۵۴ میلیون تن گازهای آلاینده در هوا جلوگیری شده است(گزارش عملکرد تولید برق نیروگاه اتمی بوشهر،۱۴۰۱). همچنین در سال گذشته در این نیروگاه ۷ میلیارد و ۴۰۰ میلیون کیلووات ساعت برق تولید شده و امسال نیز این روند در حال ادامه است(سازمان انرژی اتمی ایران،۱۴۰۳).

با وجود شتاب گرفتن گذار انرژی سوخت‌های فسیلی همچنان جایگاه خود را به عنوان یکی از مهم‌ترین کالاها و شاخص‌های کلان حفظ کرده است(ایگلند و همکاران[1]،۲۰۲۴). بنابراین، کشورها باید توجه بیشتری به گذار انرژی داشته باشند تا به سطح مصرف بالاتری از منابع انرژی سازگار با محیط زیست برسند. از آنجایی که تولید برق عمدتاً به سوخت‌های فسیلی بستگی دارد هر گونه بهبود در گذار انرژی(کاهش مصرف سوخت فسیلی) ممکن است مستقیماً بر تولید برق تأثیر بگذارد یا تغییراتی را در ساختار تولید برق آغاز کند(تقی زاده و همکاران،۲۰۲۱). طبق پیش‌بینی اخیر اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده هزینه‌های جهانی انرژی تا سال ۲۰۵۰، ۵۰ درصد افزایش خواهد یافت و اگرچه ۸۴ درصد از انرژی اولیه مصرف شده در سراسر جهان در سال ۲۰۱۹ از سوخت‌های فسیلی تامین می‌شود اما موضوع اصلی در صنعت انرژی، اثرات زیست محیطی استفاده از سوخت‌های فسیلی است(اسلم و همکاران[2]،۲۰۲۴) که در این خصوص نیز گذار انرژی و حرکت به سمت سوخت‌های کم کربن می‌تواند چاره کار باشد.

1. Igeland et al.
2. Aslam et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

گذار کم‌کربن یک موضوع داغ جهانی است که توسط کشورهای متعددی مورد توجه قرار گرفته است(خان و همکاران[1]،۲۰۲۲). مصرف سوخت‌های فسیلی، سبک زندگی لوکس، جمعیت زیاد و تحولات اقتصادی، محرک‌های تاثیرگذار برای تغییرات شدید آب و هوا در سیاره زمین بوده(کالایر و همکاران[2]،۲۰۲۱). که موجب نگرانی‌های بسیار نسبت به این تغییرات و توجه مردم به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح جهان شده است، که نتیجه‌ی آن شروع گذار انرژی در بحبوحه انقلاب صنعتی چهارم بود(تیان و همکاران[3]،۲۰۲۲).

امروزه می‌دانیم که اقتصاد جهانی توسط سوخت‌های فسیلی رهبری شده به گونه‌ای که انرژی، عنصر اصلی تمام بخش‌هایی است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر اقتصاد و توسعه تأثیر می‌گذارد(بهاتارای و همکاران[4]،۲۰۲۲). در واقع انرژی بیشترین سهم را در تغییر شرایط محیطی به خصوص انتشار CO_2 دارد. بر این اساس، می‌توان گفت بین سیاست‌های بخش انرژی و پایداری محیط‌زیست رابطه‌ای تنگاتنگ وجود دارد. ازآنجایی که انرژی‌های تجدیدپذیر دوستدار محیط زیست هستند، می‌توانند در کاهش CO_2 و حفظ محیط زیست کمک کنند بنابراین این گونه به نظر می‌رسد که منابع انرژی تجدید پذیر کلید حل مشکلات امنیت انرژی و آلودگی محیط زیست هستند(فخار و همکاران[5]،2023).

همانگونه که اشاره شد گذار انرژی معمولاً به عنوان تغییر بخش انرژی از سیستم‌های تولید و مصرف انرژی فسیلی به منابع انرژی تجدیدپذیر نامیده می‌شود(گیتلمن و کوژونیکوف[6]،۲۰۲۲). که می‌توان این منابع را با پیشرفت‌های تکنولوژیکی به یک منبع انرژی جایگزین تبدیل کرد(آدریان و همکاران[7]،۲۰۲۳). جامعه جهانی، در حالِ توسعه‌ی طرح‌های کربن‌زدایی با هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به شیوه‌ای

1. Khan et al.
2. Kalair et al.
3. Tian et al.
4. Bhattarai et al.
5. Fakhar et al.
6. Gitelman & Kozhevnikov
7. Adrian et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

پایدار است(کابئی و اولانرواجو[1]،۲۰۲۲)، که تسهیل این گذار می‌تواند به پیشرفت‌های سریع‌تر در رفاه اجتماعی منجر شود، که یکی از اهداف صریح اهداف توسعه پایدار[2] نیز می‌باشد(لیائو و همکاران[3]،۲۰۲۱). این گذار انرژی باید آینده‌ای پایدار را تضمین کند و نسل بعدی را با انرژی کافی برای رفع نیازها باقی بگذارد(رابی و همکاران[4]،۲۰۲۲).

در راستای حرکت از سمت سوخت‌های فسیلی به سمت سوخت‌های تجدیدپذیر و پاک، تحلیل فرآیندهای تغییر بلند مدت در سیستم‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی نظریه‌ی "گذار پایدار" را شکل می‌دهد(ژلز[5]،۲۰۰۲) که در چارچوب این نظریه مشخص می‌شود که تغییرات ساختاری و بنیادین در حوزه‌های نام برده برای دستیابی به پایداری ضروری هستند. از طرفی دیگر نیز نظریه‌ی "سیستم‌های اجتماعی_فنی" (ریپ و کمپ[6]،۱۹۹۸) عنوان می‌کند که گذار انرژی علاوه بر اینکه نیازمند تغییرات فناورانه می‌باشد، مستلزم هماهنگی در نظام‌های اقتصادی و اجتماعی و نهادی می‌باشد. که نشان می‌دهد پذیرش و وقوع گذار انرژی تنها با بازتعریف ساختارهای فرهنگی و اجتماعی موجود امکان پذیر می‌شود.

علاوه بر نظریات موجود تجربه نیز نشان می‌دهد که گذار انرژی برای کامل شدن به زمان نیاز دارد(اولینا کوچانک[7]،۲۰۲۱). این گذار علاوه بر مشکل زمان‌بر بودن با چالش‌هایی نیز همراه است در مرحله اول بیشتر فناوری‌های انرژی پاک به مواد معدنی بیشتری نیاز دارند به عنوان مثال نیروگاه‌های بادی ۹ برابر بیشتر از نیروگاه‌های گازسوز مواد معدنی مصرف می‌کنند و خودروهای الکتریکی شش برابر بیشتر از خودروهای معمولی مواد معدنی مصرف می‌کنند(مارین و گویا[8]،۲۰۲۱).

بنابراین و با توجه به نکات مطرح شده دولت‌ها و سیاست گذاران می‌توانند چالش‌ها و فرصت‌های موجود در زمینه‌ی گذار انرژی را مورد بررسی قرار داده و با توجه به اینکه گذار انرژی فرایندی زمان‌بر می‌باشد سیاست‌های بهینه‌ای را بر گزینند تا

1. Kabeyi & Olanrewaju
2. Sustainable Development Goals
3. Liao at el.
4. Rabbi et al.
5. Geels, f.w.
6. Rip & Kemp
7. Kochanek, E.
8. Marín & Goya

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

نتیجه‌ای مطلوب در این زمینه حاصل شود. لذا بررسی مطالعات صورت گرفته در این زمینه می‌تواند سودمند، و دستاوردهای آن مورد توجه باشد. بنابراین در این قسمت از پژوهش به بررسی مطالعات انجام شده در حوزه گذار انرژی پرداخته و نتایج مطالعات را مورد بررسی قرار می‌دهیم:

جدول۳. مطالعات داخلی و خارجی انجام شده

نویسندگان	سال	منطقه	نتیجه
الف) مطالعات داخلی انجام شده			
(قائد و همکاران)	۱۳۹۸	ایران طی دوره‌ی ۳۶ ساله منتهی به سال ۱۳۹۶	با استفاده الگوی خود توضیح برداری، روش جوهانسون_جوسیلیوس و روش تصحیح خطا به بررسی تاثیر انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی پرداخته که بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که از بین انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر اثر انرژی بادی بر رشد اقتصادی در مقایسه با سایر انرژی‌ها بیشتر است. به طوری که در بلندمدت، یک درصد افزایش در متغیرهای نیروی کار، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی الکتریکی تولید شده توسط انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید انواع منابع انرژی‌های تجدید پذیر باعث افزایش چند درصدی رشد اقتصادی می‌شوند. از آنجا که انرژی بادی در مقایسه با سایر انرژی‌ها بیشترین اثر را بر رشد اقتصادی دارد؛ با سرمایه‌گذاری در این واحد انرژی می‌توان سهم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را در ایران افزایش داد.
(رضایی‌راد و همکاران)	۱۴۰۱	قطر	در این مطالعه عنوان می‌شود که مهم‌ترین هدف قطر تا سال ۲۰۳۰ افزایش بهره‌وری انرژی تجدیدپذیر در حوزه‌ی حمل‌ونقل و احداث ایستگاه‌های شارژ برقی برای خودروهای برقی می‌باشد؛ اولین هدف قطر در زمینه‌ی حمل و نقل تامین ۱۰۰ درصدی سوخت‌های اتوبوس این کشور از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر است. برنامه‌ی دیگر قطر تا سال ۲۰۳۰ تلاش برای ساخت شهر هوشمند درسطح جهانی است. با توجه به پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های این کشور در جهت توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر پیشرفت کندی نسبت به دیگر کشورها دارد اما با توجه به برنامه‌ها و استراتژی‌هایی که برای توسعه‌ی

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

نویسندگان	سال	منطقه	نتیجه
			آن مطرح کرده است می‌تواند به پیشرفت بزرگی در این زمینه برسد .
(سلیمی و همکاران)	۱۴۰۲	ایران	در مقاله‌ای براساس تحلیل مدیریتی سوات به بررسی نقاط ضعف، نقاط قوت، فرصت‌ها و تهدیدهای انرژی‌های تجدید پذیر پرداخته‌اند. از آنجا که توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر دارای مزیت‌هایی نظیر افزایش امنیت عرضه‌ی انرژی، کاهش میزان تغییر اقلیم، تحریک رشد اقتصادی، ایجاد اشتغال، افزایش درآمد سرانه، در تمام زمینه‌ها می‌شود، از طرفی دیگر با وجود این مزیت‌ها درکنار جهت‌گیری کشور در حرکت به سمت اقتصاد بدون نفت، باید به توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر ضرورت و اولویت بخشید. نکته‌ای که وجود دارد این است که توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کاملاً منطبق بر جهت‌گیری کلی و برنامه‌های بالا دستی جمهوری اسلامی ایران در حوزه‌ی انرژی می‌باشد. و از سویی دیگر با تعداد کم متخصصین در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر نمی‌توان سرعت رشد بالا و استفاده‌ی فراگیری از انرژی‌های تجدیدپذیر انتظار داشت.
ب) مطالعات خارجی صورت گرفته			
(نیر و همکاران[1])	۲۰۲۱	مالزی	در مقاله‌ای به تاثیر سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در امنیت انرژی کوتاه‌مدت و بلندمدت مالزی پرداخته‌اند. با عنوان کردن این موضوع که تنوع منابع انرژی باید اولویت اصلی مالزی برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی باشد و اینکه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند پایداری بهتر، گزینه پاک‌تری در میان سایر منابع انرژی باشد و نقش انرژی به عنوان اکسیژن اقتصاد و مایه‌ی حیات رشد اقتصادی، نیاز است که ساختار سیاستی به سمت تنوع بخشیدن منابع انرژی متمایل شود؛ با بررسی سه بعد مهم از ابعاد امنیت انرژی(دسترسی ، توان مالی و پایداری زیست محیطی) در بستر مدل‌های پویا مشخص می‌شود که سه بعد مطرح شده تاثیر قابل توجهی در امنیت انرژی مالزی دارند و می‌توانند مسیر گذار را برای مالزی هموار کنند.

1. Nair et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

نویسندگان	سال	منطقه	نتیجه
(راجش شارما و همکاران[1])	۲۰۲۱	کشورهای بریکس ۱۹۹۰ الی ۲۰۱۸	در مطالعه‌ای به دنبال تبیین این موضوع بودند که آیا رشد درصادرات باعث تحریک تقاضا برای انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود؟ با در نظر گرفتن، نوآوری فناورانه، نابرابری درآمد و تشکیل سرمایه به عنوان متغیرهای کنترلی ضرایب کشش نشان داد که تنوع صادرات، صادرات سنتی، نوآوری تکنولوژیکی و سرمایه‌گذاری به افزایش استفاده از راه‌حل‌های انرژی پاک‌تر کمک می‌کنند، نتایج محاسبه‌شده نشان‌دهنده نیاز به فرآیندهای تولید پیشرفته و مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر و توزیع عادلانه درآمد در جامعه است تا در سطوح صنعتی و خانگی، روش‌های پاک‌تر، کارآمدتر انرژی و سازگار با محیط‌زیست را بتوان دنبال کرد.
(چیپانگامات و نوایلا[2])	۲۰۲۳	-------	با هدف ارائه‌ی چارچوبی برای گذار انرژی برای بازارهای نو ظهور به دنبال یافتن پاسخ‌هایی چون الف)گذار انرژی از دیدگاه بازارهای نوظهور چگونه مفهوم سازی می‌شود؟ ب)بازارهای نوظهور برای گذار عادلانه انرژی موفق باید بر چه چالش‌هایی غلبه کند؟ ج) بازارهای نوظهور چگونه می‌توانند برای گذار انرژی پایدار بر چالش‌های مختلف غلبه کنند؟ د) نتایج مهمی که یک گذار عادلانه انرژی باید به همراه داشته باشد چیست؟، نتیجه آنکه با پیشتهاد یک چارچوب گذار انرژی در بازارهای نوظهور، نه تنها برجنبه‌های تکنولوژیکی پرداخت، بلکه ملاحظات اجتماعی را نیز در نظر گرفت.
(گامزه تانیل[3])	۲۰۲۳	ترکیه	به ارتباط مثبت و معنی‌دار بین مکانییسم‌های حمایت مالی دولت برای منابع انرژی‌های تجدیدپذیر پی برده و تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که ترکیه از منابع انرژی متعارف برای تولید برق استفاده می‌کند. در رابطه با سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر توجه ویژه به شش متغیر معطوف می‌شود. تعداد مشارکت کنندگان جدید در طرح حمایت ظرفیت‌های نصب شده، تولید برق آنها، میزان پرداختی به این شرکت کنندگان، ظرفیت کلی برق تجدیدپذیر در کشور و سهم

1. Sharma et al.
2. Chipangamate & Nwaila
3. Tanil, G.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

نویسندگان	سال	منطقه	نتیجه
			انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب برق کشور این جنبه‌ها درکنار هم به عنوان موفقیت استقرار نامیده می‌شوند. انتظار می‌رود این سرمایه‌گذاری‌ها پیامدهای مثبت اجتماعی_اقتصادی نیز به همراه داشته باشند اگرچه هدف اصلی سیاست برای ارتقای انرژی‌های تجدیدپذیر عمدتا کاهش وابستگی وارداتی به نفت و گاز است.
(احمد و همکاران[1])	۲۰۲۳	اتحادیه اروپا ۱۹۹۴ الی ۲۰۱۹	این مطالعه به تاثیر فناوری‌های آب و هوایی و گذار انرژی بر انتشار CO_2 در کشورهای عضو اتحادیه می‌پردازد. علاوه بر این، نقش مقررات زیست محیطی را در رابطه بین فناوری آب و هوا، گذار انرژی و انتشار CO_2 مورد توجه قرار می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که هر دو فناوری آب و هوا و گذار انرژی با کاهش انتشار کربن، تخریب محیط زیست را کاهش می‌دهند. علاوه بر این، رشد اقتصادی و شهرنشینی به‌عنوان متغیرهای کنترلی به افزایش انتشار CO_2 کمک می‌کند و در نتیجه بر پایداری محیط‌زیست تأثیر منفی می‌گذارد. این مقاله پیشنهاد می‌کند که، باید فناوری‌های سبز مرتبط با آب و هوا توسعه یافته و به طور فعال فرآیند گذار انرژی را همراه با اجرای مقررات زیست‌محیطی برای توسعه پایدار ترویج دهند.
(آدلکان و همکاران[2])	۲۰۲۴	-------	این مقاله به طرح‌های سیاستی بی‌شماری می‌پردازد که توسط کشورهای سراسر جهان برای گذار از سیستم‌های انرژی مبتنی بر سوخت‌های فسیلی به جایگزین‌های پاک‌تر و پایدارتر می‌پردازد. علاوه بر این، این مقاله تأثیر سیاست‌های گذار انرژی بر ذینفعان مختلف از جمله دولت‌ها، صنایع و جوامع محلی را روشن می‌کند و درک دقیقی از تعامل پیچیده بین چارچوب‌های سیاست و گذار جهانی به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه می‌دهد. از آنجایی که جهان با ضرورت کاهش تغییرات آب و هوایی، افزایش امنیت انرژی و ترویج توسعه پایدار دست و پنجه نرم می‌کند، گذار انرژی یک تلاش جمعی است و کشورها باید از یکدیگر بیاموزند، دانش را به اشتراک بگذارند و برای غلبه بر چالش‌ها با یکدیگر همکاری کنند.

1. Ahmad, M et al
2. Adelkan et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

بنابراین با توجه به بررسی مطالعات داخلی و خارجی صورت گرفته در زمینه‌ی گذار انرژی و شاخص‌های زیست محیطی و همچنین بیان مقدمه‌ای از وضعیت انرژی و گذار انرژی، این مطالعه با نوآوری استفاده از مدلسازی پویا نسبت به مطالعات پیشین، اقدام به ایجاد مدلی پویا در زمینه‌ی گذار انرژی و شاخص زیست محیطی کرده و با بررسی متغیرهای تاثیر گذار بر آن به دنبال بررسی رابطه‌ی بین گذار انرژی و شاخص‌های زیست محیطی ایران با استفاده از مدلی پویا می‌باشد، که در ادامه به روش انجام پژوهش و مدلسازی پویا پرداخته می‌شود.

۳- روش انجام پژوهش

این مطالعه تحلیلی _توصیفی است. که به کمک آمارهای موجود در ترازنامه‌ی انرژی، بانک مرکزی و بانک جهانی تجزیه و تحلیل می‌شود. در ابتدای امر با انجام تست مانایی برای متغیرهای سه رگرسیون ۱-۳ روشن می‌شود که بهترین روش برای تخمین رگرسیون در این مطالعه روش ARDL می‌باشد. از اصلی‌ترین دلایل استفاده از روش ARDL در این مطالعه عدم اهمیت ایستا یا ناایستا بودن متغیرهای مورد بررسی است که در مطالعه‌ی حاضر، متغیرهای مورد بررسی در I(0) و I(1) مانا می‌باشند، ضمن اینکه روش ARDL به دلیل امکان محاسبه‌ی رابطه‌ی بلندمدت و کوتاه‌مدت میان متغیرها می‌تواند مفید باشد. همان طور که مشاهده می‌شود نتایج حاصل از آزمون مانایی در جدول شماره ۴ مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول۴. مانایی متغیرهای رگرسیون ۱-۳

مانایی متغیرهای انتخابی در رگرسیون اول		
مانایی	نماد متغیر	متغیر
I(۱)	LRE	نسبت انرژی پاک به کل انرژی
I(۰)	LGDP	GDP
I(۰)	LGDP2	GDP^2
I(۱)	LHDI	HDI
I(۰)	FDI	FDI
I(۱)	LMC	مصرف سوخت‌های فسیلی
I(۱)	LXMG	حاصل جمع صادرات و واردات تقسیم بر GDP
I(۱)	LGINI	ضریب جینی

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

مانایی متغیرهای انتخابی در رگرسیون دوم		
ضریب جینی تقسیم بر یک	LGINII	I(1)
GDP	LGDP	I(1)
GDP^2	LGDPP	I(1)
امید به زندگی	LLIFE	I(1)
نسبت تولید انرژی پاک به تولید کل	LRE(1)	I(0)
شهرنشینی	LURB	I(0)
جمعیت	LP	I(0)
انتشارCO2	LCO2	I(1)
میانگین دما در سطح کشور	LCL	I(0)
مانایی متغیرهای انتخابی در رگرسیون سوم		
GDP	LGDP	I(1)
جمعیت فعال	LL	I(2)
موجودی سرمایه	LK	I(2)
HDI	LHDI	I(1)
FDI	FDI	I(0)
کل مصرف نهایی	LMC	I(1)

ماخذ: محاسبات محقق

1. $LRE_{it}=\beta_0+\beta_1 LGDP_{it}+\beta_2 LGDP2_{it}+\beta_3 LHDI_{it}+\beta_4 FDI_{it}+\beta_5 LMC_{it}+\beta_6 LXMG_{it}+\beta_7 LGINI_{it}$

2. $LCO2_{it}=\beta_0+\beta_1 LGDP_{it}+\beta_2 LGDPP_{it}+\beta_3 LLIFE_{it}+\beta_4 LRE1_{it}+\beta_5 LURB_{it}+\beta_6 LP_{it}+\beta_7 LGINII_{it}+LCL_{it}$

3. $LGDP_{it}=\beta_0+\beta_1 LL_{it}+\beta_2 LK_{it}+\beta_3 LHDI_{it}+\beta_4 LFDI_{it}+\beta_5 LMC_{it}$

با انجام تخمین‌های رگرسیون‌های مربوطه نتایج حاصل از آن در جدول شماره ۲ قابل مشاهده می‌باشد تمامی متغیرها به غیر از موجودی سرمایه هم در کوتاه‌مدت و هم دربلندمدت معنی‌دار بوده همچنین یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند که برای رگرسیون اول، ۷۷درصد از تغییرات در نسبت انرژی‌های پاک به وسیله‌ی متغیرهای انتخابی ما در

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

این مطالعه بوده، در رگرسیون دوم حدوداً ۹۹ درصد از تغییرات حاصل در متغیرCO_2 به دلیل تغییرات در متغیرهای بررسی شده است و در رگرسیون سوم نیز عدد ۹۹ درصد را نشان می‌دهد که نشان از تاثیرات متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته در این مطالعه دارد. همچنین در رگرسیون اول متغیرهای تولید ناخالص داخلی، شاخص توسعه‌ی انسانی، FDI، به ترتیب ۶,۶ و ۲۴,۹ و۰,۱۵ درصد تغییرات نسبت انرژی پاک به کل انرژی را توضیح می‌دهند. و در رگرسیون دوم نیز متغیرهای تولید ناخالص داخلی، شهرنشینی و جمعیت تاثیری مثبت بر میزان انتشار CO_2 دارند و در رگرسیون سوم نیز متغیرهای نیروی کار، موجودی سرمایه، FDI و کل مصرف نهایی انرژی بر رشد اقتصادی تاثیری مثبت را دارا می‌باشند.

بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده در قسمت اول مدل تجربی و با توجه به رگرسیون‌های ۱-۳ در قسمت دوم مدل تجربی به بررسی پویای موضوع مورد بررسی می‌پردازیم، پویایی شناسی سسیتم‌ها در طیف گسترده‌ای از موضوعات، از استراتژی شرکت گرفته تا پویایی شناسی بیماری قند، از رقابت تسلیحاتی در دوران جنگ سرد بین ایالات متحده آمریکا و اتحاد جماهیر شوروی گرفته تا مبارزه بین ویروس اچ‌ای وی و سیستم دفاعی بدن، به کار رفته است. می‌دانیم که همه‌ی پویایی‌ها تنها از فعل و انفعالات حلقه‌های مثبت یا خود فزاینده و حلقه‌های منفی یا خود اصلاح کننده به وجود می‌آیند، حلقه‌های مثبت تمایل دارند هر آنچه در سیستم رخ می‌دهد را تقویت کنند ولی حلقه‌های منفی تغییر را خنثی کرده و با آن به مخالفت بر می‌خیزند(استرمن[1]،۱۳۹۶).

جدول۵. نتایج مربوط به تخمین‌های رگرسیون‌های ۱-۳

نتایج مربوط به رگرسیون اول				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LRE(-1)	۰,۷۱۰۹۹۸	۰,۰۸۱۴۴۸	۸,۷۲۹۴۸۳	۰,۰۰۰۰
LGDP	۶,۶۰۴۳۵۵	۱,۰۳۴۷۸۱	6.382371	۰,۰۰۰۰
LGDP2	-0.097553	۰,۰۱۶۴۱۶	-5.942693	۰,۰۰۰۰
LGDP2(-1)	-0.065698	۰,۰۱۲۰۹۳	-5.432905	۰,۰۰۰۰

1. Sterman

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

LHDI	۲۴,۹۱۳۸۰	۲,۶۰۸۷۲۷	۹,۵۵۰۱۷۴	۰,۰۰۰۰
LHDI(-1)	-19.05228	۲,۳۶۰۷۵۳	-8.070423	۰,۰۰۰۰
FDI	۰,۰۲۸۳۲۷	۰,۰۴۶۵۷۷	۰,۶۰۸۱۷۷	۰,۵۵۰۷
FDI(-1)	۰,۱۵۴۴۲۵	۰,۰۳۲۴۹۰	۴,۷۵۳۰۷۲	۰,۰۰۰۲
LMC	۱,۷۴۱۰۳۳	۰,۴۸۹۸۲۶	۳,۵۵۴۳۸۹	۰,۰۰۲۳
LXMG	۱,۱۰۱۵۷۲	۰,۱۵۳۷۶۱	۷,۱۶۴۱۷۶	۰,۰۰۰۰
LGINI	۴,۳۵۱۰۸۲	۱,۰۵۳۰۸۲	۴,۱۳۱۷۵۹	۰,۰۰۰۶
R-squared	۰,۷۷۹۸۱۷			
Adjusted R-square	۰,۶۵۷۴۹۳			
رابطه‌ی بلند مدت				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGDP	۲۲,۸۵۲۲۹	۴,۰۰۴۳۷۹	۵,۷۰۶۸۲۴	۰,۰۰۰۰
LGDP2	-0.564878	۰,۱۰۰۰۸۲	-5.644154	۰,۰۰۰۰
LHDI	۲۰,۲۸۱۹۳	۶,۶۵۱۰۳۱	۳,۰۴۹۴۴۱	۰,۰۰۶۹
FDI	۰,۶۳۲۳۵۷	۰,۲۷۳۳۰۳	۲,۳۱۳۷۶۰	۰,۰۳۲۷
LMC	۶,۰۲۴۲۹۵	۱,۳۷۰۶۵۹	۴,۳۹۵۱۸۱	۰,۰۰۰۳
LXMG	۳,۸۱۱۶۴۴	۰,۶۲۶۵۲۸	۶,۰۸۳۷۵۵	۰,۰۰۰۰
EC = LRE - (۲۲.8523*LGDP -0.5649*LGDP2 + 20.2819*LHDI + 0.6324*FDI +6.0243*LMC + 3.8116*LXMG)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CointEq(-1)*	-0.680069	۰,۰۷۹۹۵۹	-8.505213	۰,۰۰۰۰
خود همبستگی	F-statistic: ۰.388870		Prob. F(۲,16):۰,۶۸۴۱	
همسانی واریانس براش- پیگن	F-statistic: ۰.337926		Prob. F(۱0,18):۰,۹۵۸۲	
همسانی واریانس آرچ	F-statistic:۰,۰۱۲۷۳۹		Prob. F(۱,26):۰,۹۱۱۰	
نتایج حاصل از تخمین رگرسیون دوم				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LCO2(-1)	0.581980	0.088154	6.601872	0.0012
LCO2(-2)	-0.430211	0.070895	-6.068282	0.0018
LGDP	216.5976	39.00176	5.553535	0.0026
LGDP(-1)	-449.2287	42.12004	-10.66544	0.0001
LGDP2	-2.915477	0.525122	-5.552003	0.0026

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

LGDP2(-1)	6.055344	0.568321	10.65479	0.0001
LURB	-144.8567	25.02768	-5.787860	0.0022
LURB(-1)	158.6356	21.00008	7.554048	0.0006
LRE1	0.104442	0.014801	7.056403	0.0009
LRE1(-1)	-0.028318	0.007513	-3.769111	0.0130
LCL	-1.252554	0.165903	-7.549930	0.0006
LCL(-1)	-0.789025	0.156201	-5.051334	0.0039
LLIFE	-2.472188	0.411001	-6.015049	0.0018
LLIFE(-1)	-5.508634	0.365427	-15.07450	0.0000
LP	24.65726	3.682086	6.696546	0.0011
LGINII	0.220524	0.150847	1.461899	0.2036
LGINII(-1)	-1.780306	0.160207	-11.11257	0.0001
C	۴۰۲۸,۳۸۵	671.8856	5.995641	0.0019
@TREND	-0.398188	0.047788	-8.332322	0.0004
R-squared	0.998820			
Adjusted R-squared	0.994574			
رابطه‌ی بلند مدت				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGDP	-274.2543	32.55452	-8.424461	0.0004
LGDP2	3.701664	0.439807	8.416564	0.0004
LURB	16.24425	4.777224	3.400353	0.0192
LRE1	0.089744	0.024737	3.627951	0.0151
LCL	-2.406866	0.406288	-5.924035	0.0020
LLIFE	-9.408783	1.057897	-8.893858	0.0003
LP	29.06903	4.076434	7.130995	0.0008
LGINII	-1.838865	0.244072	-7.534109	0.0007
@TREND	-0.469433	0.039225	-11.96759	0.0001
EC = LCO2 - (-۲74.2543*LGDP + ۳.7017*LGDP2 + ۱6.2442*LURB + 0.0897*LRE1 -۲.4069*LCL -9.4088*LLIFE + 29.0690*LP -1.8389*LGINII -0.۴694*@TREND				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CointEq(-1)*	-0.848220	0.052129	-8.424461	0.0000
خود همبستگی	F-statistic:۸.692741		Prob. F(3,2):0.1049	
همسانی واریانس براش_پیگن	F-statistic:۰.973330		Prob. F(16,7):0.550	
همسانی واریانس آرچ	F-statistic:۰.406867		Prob. F(1,21):0.530	

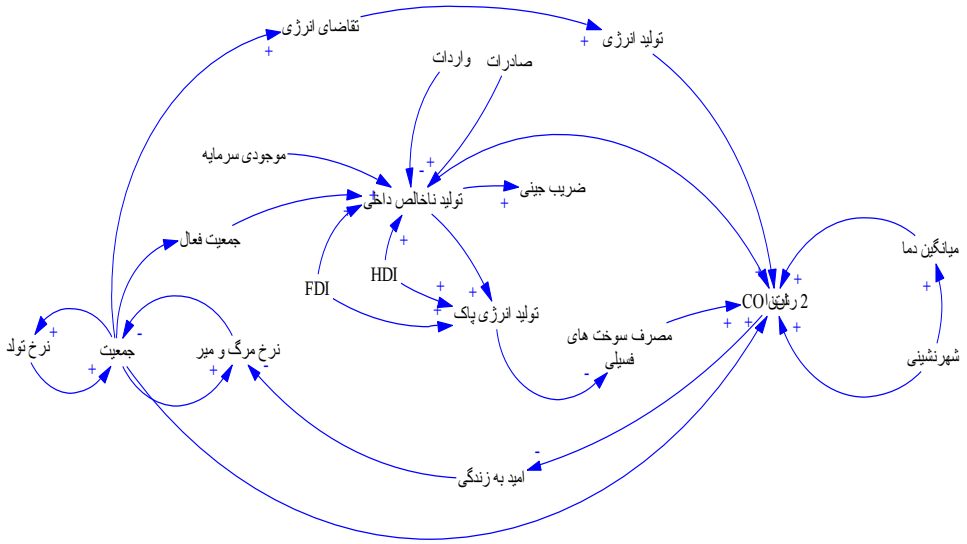
[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

نتایج حاصل از تخمین رگرسیون سوم				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LGDP(-1)	0.759446	0.127724	5.945982	0.0000
LGDP(-2)	-0.561542	0.088401	-6.352188	0.0000
LGDP(-3)	0.592354	0.090746	6.527620	0.0000
LL	0.306090	0.060220	5.082898	0.0001
LK	1.602349	0.173618	9.229156	0.0000
LK(-1)	-1.442403	0.127968	-11.27155	0.0000
LHDI	-0.684488	0.284049	-2.409752	0.0276
LXM	-0.049962	0.014305	-3.492754	0.0028
FDI	0.010995	0.003297	3.334643	0.0039
LMC	0.053910	0.049841	1.081641	0.2945
R-squared	۰,۹۹۵۰۰۸			
Adjusted R-squared	۰,۹۹۲۳۶۵			
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LL	۱,۴۵۹۳۶۰	۰,۳۶۵۷۲۲	۳,۹۹۰۳۵۶	۰,۰۰۰۹
LK	۰,۷۶۲۵۸۳	۰,۳۷۵۹۶۸	۲,۰۲۸۳۲۰	۰,۰۵۸۵
LHDI	-3.263468	۰,۹۸۵۸۷۷	-3.310219	۰,۰۰۴۱
LXM	-0.238208	۰,۱۱۴۵۰۵	-2.080327	۰,۰۵۲۹
FDI	۰,۰۵۲۴۲۴	۰,۰۱۷۴۹۹	۲,۹۹۵۷۹۰	۰,۰۰۸۱
EC = LGDP - (۱.۴۵۹*LL + ۰.7626*LK -3.2635*LHDI -0.2382*LXM + 0.0524*FDI)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CointEq(-1)*	-0.209743	۰,۰۳۵۹۴۵	-5.835046	۰,۰۰۰۰
خود همبستگی	F-statistic:۱,۹۶۱۲۸۸		Prob. F(۲,15):۰,۱۷۵۱	
همسانی واریانس براش_پیگن	F-statistic:۰,۳۴۶۲۴۹		Prob. F(۱۰,16):۰,۹۵۳۲	

ماخذ: محاسبات محقق

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

بنابراین و با توجه به توضیحات داده شده در قسمت مدل تجربی می‌توان با استفاده از نرم افزار ونسیم[1] نمودار حلقوی علی- معلولی را به شکل زیر رسم کرد.



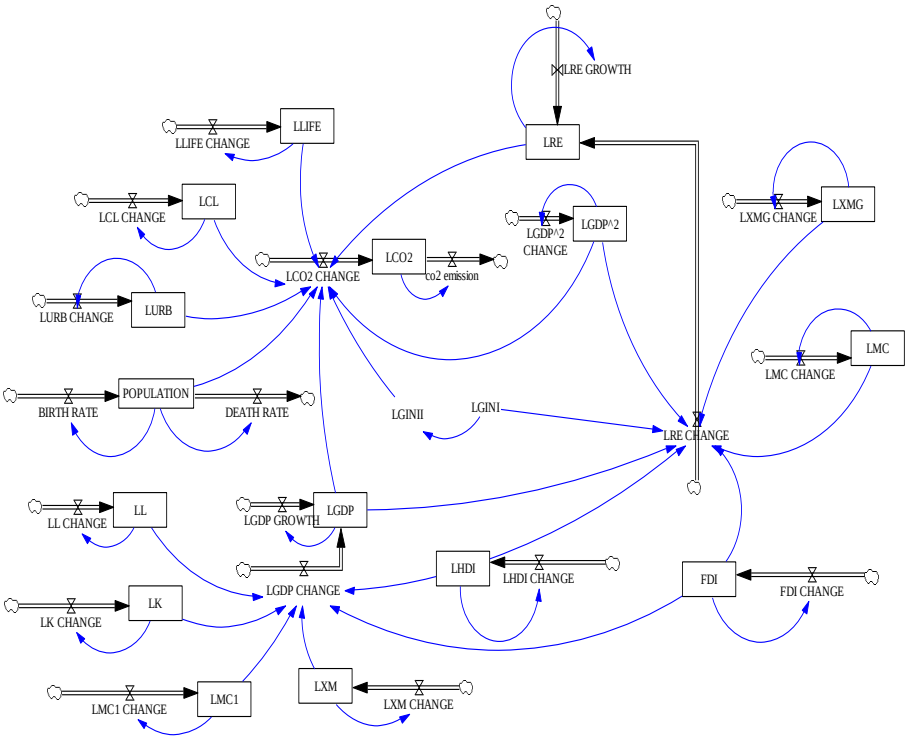
شکل۱. نمودار حلقوی علی و معلولی در این مطالعه

ماخذ: محاسبات محقق

توانایی رسم حالت‌ها و جریان‌های سیستم برای مدلسازی اثر بخش ضروری است. معمولاً بهتر است حالت‌های اصلی سیستم و سپس جریان‌های تغییر دهنده‌ی آن شناسایی شوند. از آنجایی که نمودارهای علی-حلقوی محدودیت‌هایی در نمایش ساختار متغیر حالت و جریان دارند (استرمن[2]،۱۳۹۶) در این مطالعه نمودار حالت جریان نیز در شکل۲ رسم شده است.

1. VENSIM
2. Sterman

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

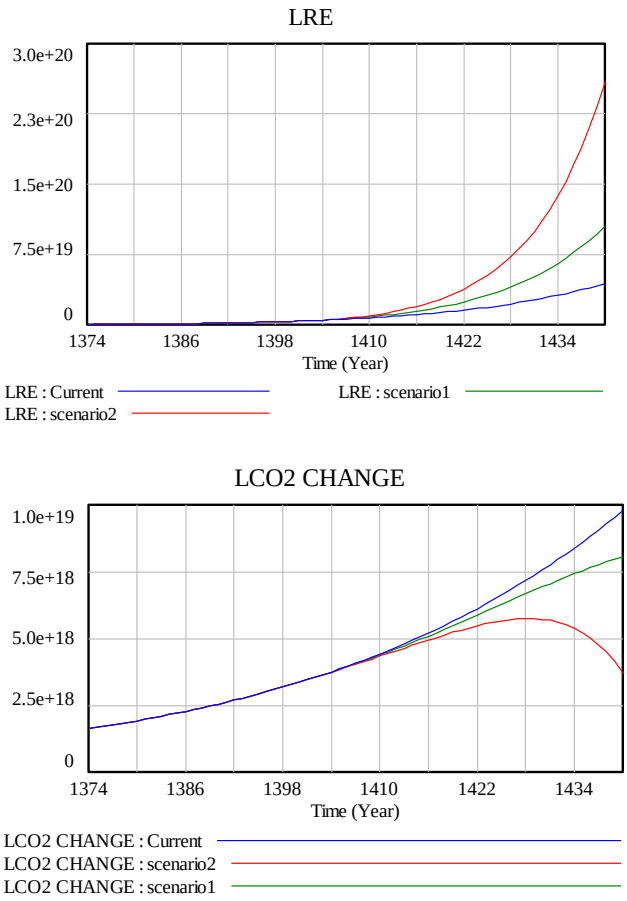


شکل۲. نمودار حالت_جریان در این مطالعه

ماخذ: محاسبات محقق

همان طور که در شکل 3 مشاهده می‌شود با اجرای مدل در دوره‌ی۱۳۷۴تا۱۴۴۰، روند خط آبی رنگ(Current) که نشان دهنده‌ی حالت پایه در این مطالعه می‌باشد حاصل می‌شود. اما اگر در قالب سناریوی اول نسبت انرژی‌های تجدید پذیر بر کل انرژی به میزان ۳ درصد در سال ۱۴۰۴ افزایش یابد همان گونه که مشاهده می‌شود سبب کاهش co_2 می‌شود. و اگر در سال ۱۴۰۴ در قالب سناریو دوم رشد۶ درصدی حاصل شود و در واقع گذار از انرژی‌های فسیلی به انرژی‌های تجدید پذیر سرعت گیرد، کربن دی‌اکسید با شدتی بیشتر از قبل کاهش می‌یابد.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]



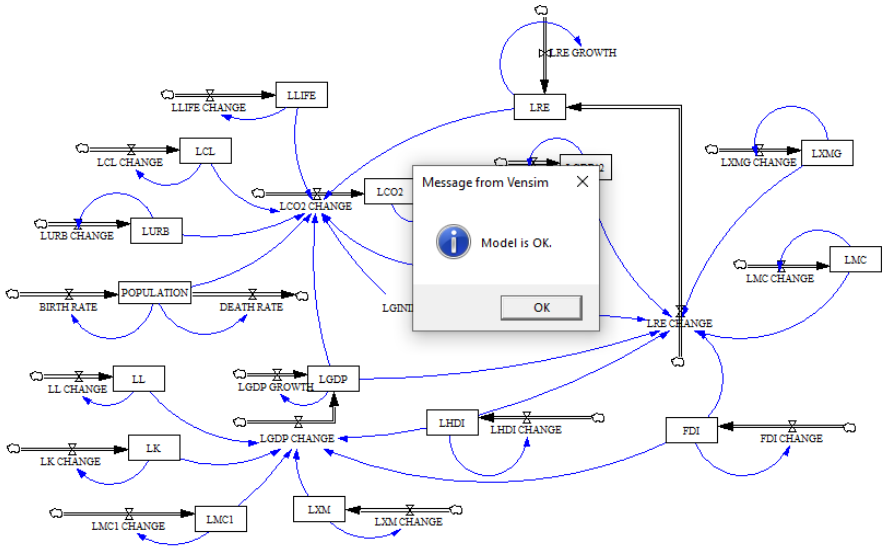
شکل۳. نتایج حاصل از اعمال سناریو اول و دوم

ماخذ: محاسبات محقق

۳-۱- اعتبار سنجی نتایج بدست آمده

برای اعتبار سنجی مدل در این مطالعه و صحت نتایج حاصل از آن از روش متداول اعتبار سنجی، یعنی مقایسه‌ی یافته‌های مدل‌سازی انجام شده با داده‌های تاریخی در دسترس (تولید مجدد رفتار) استفاده شده است که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد، همچنین با انجام تست صحت سنجی نمودار حالت- جریان مشخص می‌شود که روابط موجود در نمودار حالت جریان به درستی صورت گرفته است(شکل۴).

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]



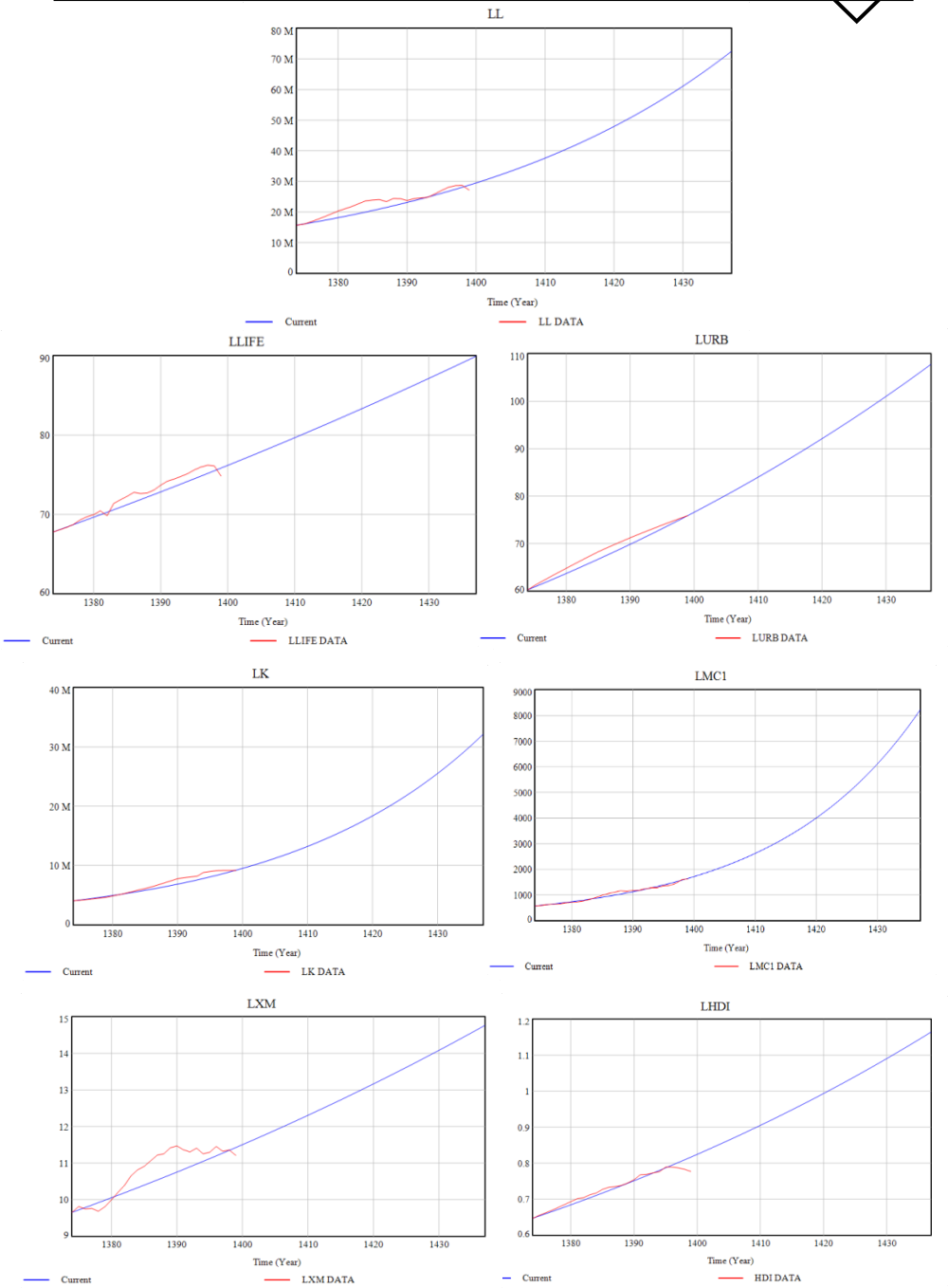
شکل٤. نتیجه حاصل از صحت سنجی نمودار حالت- جریان رسم شده

ماخذ: محاسبات محقق

۳-۱-۱- آزمون تولید مجدد رفتار

در شکل شماره ۵ نتیجه‌ی آزمون تولید مجدد رفتار و در واقع مقایسه‌ای میان داده‌های حقیقی موجود و روند پیش‌بینی شده توسط مدل صورت گرفته است، که خطوط قرمز رنگ نشان دهنده‌ی داده‌های رسمی منتشر شده برای کشور ایران و خطوط آبی رنگ نشان دهنده‌ی پیش‌بینی مدل تحقیق حاضر از روند و آینده‌ی متغیرها می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود نتایج شبیه سازی با روند داده‌های تاریخی موجود مطابقت داشته و در نتیجه روند پیش‌بینی شده دارای اعتبار می‌باشد.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]



شکل۵. مقایسه‌ی داده‌های حقیقی موجود و روند پیش بینی شده توسط مدل

ماخذ: محاسبات محقق

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

۴- نتیجه گیری

اکثر حالت‌های مختلف تولید انرژی‌های فسیلی و بهره برداری از آن، در حال حاضر باعث ایجاد مسائل زیست محیطی درمقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی شده و سلامت نسل‌های کنونی و آینده بشر را به خطر انداخته است. همانطور که در ابتدا بیان شد بخش انرژی جهانی در یک دوره گذار قرار دارد. بنابراین در این دوره انتظار می‌رود که منابع انرژی تجدیدپذیر و کم کربن مانند باد و خورشید جایگزین سوخت‌های فسیلی سنتی از جمله نفت، گاز و زغال سنگ شوند. در ایران نیز مطابق دیگر کشورها در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و گذار به انرژی‌های پاک اقداماتی انجام شده است. به گونه‌ای که میزان برق تولیدی از منابع تجدید پذیر و پاک در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۴۰۰، ۲۳,۲ درصد رشد داشته. همچنین ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های تجدید پذیر و پاک در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۴۰۰، ۱۱,۳ درصد رشد داشته است. و از طرفی نیز میزان اجتناب از انتشار گازهای گلخانه‌ای و میزان اجتناب از مصرف سوخت‌های فسیلی در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال قبل به ترتیب ۱۹,۴ و۲۲ درصد رشد داشته است. بنابراین می‌توان گفت گذار انرژی در ایران در حال وقوع است.

با توجه به مطالب عنوان شده در این پژوهش و باتوجه به اهمیت روز افزون انرژی و اثرات زیست محیطی و لزوم گذار انرژی، این مطالعه تصویری واضح از تغییرات و تحرکات ناشی از جایگزین کردن انرژی‌های تجدید پذیر و پاک به جای انرژی‌های فسیلی در سطح کشورهای منتخب منطقه و کشور ایران ارائه داده و به سناریو سازی و تاکید بر اهمیت انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر می‌پردازد. این مطالعه باهدف ارزیابی شاخص‌های زیست محیطی بر گذار انرژی در ایران با استفاده از مدل پویا طی دوره ۱۳۷۴ تا سال ۱۴۴۰ شکل گرفت، مدل تجربی استفاده شده در این مطالعه شامل دو قسمت بوده اولاً با توجه به انجام آزمون مانایی برای متغیرهای انتخابی در این پژوهش، روش ARDL انتخاب شده و پس از انجام تخمین‌ها و آزمون‌های مربوطه در بخش دوم به مدلسازی پویا و سناریوسازی پرداخته شد، که خروجی‌های مدل در شکل ۳ قابل مشاهده می‌باشد، سناریو اول شامل رشد سه درصدی در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و سناریو دوم شامل رشد شش درصدی در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد؛ همان گونه که در یافته‌های تحقیق نیز مشاهده می‌شود:

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

- افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی ایران می‌تواند منجر به کاهش کربن دی‌اکسید انتشار یافته به عنوان شاخص زیست محیطی مورد بررسی در این مطالعه شود و همانگونه که نتایج سناریو دوم نشان می‌دهد تسریع در فرایند گذار انرژی می‌تواند با شدت بیشتری انتشار کربن دی‌اکسید را کاهش دهد.
- با انجام تخمین‌های رگرسیون‌های مربوطه نتایج حاصل نشان می‌دهند تمامی متغیرها به غیر از موجودی سرمایه هم در کوتاه مدت و هم دربلند مدت معنی‌دار هستند.
- همچنین در رگرسیون اول متغیرهای تولید ناخالص داخلی، شاخص توسعه‌ی انسانی ،FDI، به ترتیب ۶,۶ و ۲۴,۹ و۰,۱۵ درصد تغییرات نسبت انرژی پاک به کل انرژی را توضیح می‌دهند. و در رگرسیون دوم نیز متغیرهای تولید ناخالص داخلی، شهرنشینی و جمعیت تاثیری مثبت بر میزان انتشار CO_2 دارند و در رگرسیون سوم متغیرهای نیروی کار، موجودی سرمایه، FDI و کل مصرف نهایی انرژی بر رشد اقتصادی تاثیری مثبت را دارا می‌باشند.
- همچنین نتایج نشان می‌دهد، مصرف انرژی تاثیری معنادار بر رشد اقتصادی خواهد داشت. که به تبع آن به دلیل اتکا به سوخت‌های فسیلی شاهد افزایش آلودگی‌های زیست محیطی خواهیم بود.

بنابراین با توجه به نکات مطرح شده در این پژوهش و از آنجایی که ضروری است انرژی‌های تجدید پذیر به عنوان منبع انرژی اولیه وجود داشته باشد تا انتشار کربن به محیط زیست کاهش یابد. سیاست‌هایی چون محدودیت استفاده از سوخت‌های فسیلی، کاهش یارانه سوخت‌های فسیلی جهت افزایش مقرون به صرفه بودن انرژی‌های پاک را به کار ببرد تا سهم استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر افزایش یافته و بتوانیم شاهد کاهش انتشار کربن دی‌اکسید و افزایش سرعت گذار انرژی در ایران باشیم. همچنین نتایج مشابه و هم جهت میان مطالعه‌ی حاضر با مطالعات مرتبطِ صورت گرفته وجود دارد. مطالعاتی مانند(بهبودی و برقی گلعذانی،۱۳۸۷)، (محمدی و ظریف،۱۳۹۸)، (موسوی و همکاران،۱۳۹۶)، (کهنسال و بهرامی نسب،۱۳۹۸) و (فلاحی و همکاران،۱۴۰۱)؛ همچنین مطالعات خارجی صورت گرفته مانند (نیر و

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

همکاران[1]،۲۰۲۱)، (قلیزاده و همکاران[2]،۲۰۲۴)، (ابراهیم و همکاران،۲۰۲۳)، (ژرژسکو و همکاران[3]،۲۰۲۴)و (یاووز و همکاران[4]،۲۰۲۳) یافت می‌شود.

با این حال همانگونه که اشاره شد گذار انرژی در ایران با چالش هایی نظیر وابستگی به سوخت‌های فسیلی و عدم دسترسی به فناوری‌های نوین به دلیل محدودیت‌های ایجاد شده مواجه است. این تحقیق همچنین با محدودیت‌هایی نظیر عدم انتشار داده‌های رسمی جدید و عدم امکان افزایش بازه‌ی زمانی و همچنین عدم اعمال تاثیرات عوامل خارجی مانند تغییرات ناشی از بحران‌های اقتصادی و همچنین تغییرات ناشی از شوک بیماری کرونا و تحریم‌های اقتصادی می‌باشد. این مطالعه برای پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌کند تا در صورت امکان دوره زمانی مورد بررسی تحقیق را افزایش داده و نقش تاثیرات عوامل اجتماعی و فرهنگی بر پذیرش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نیز بر گذار انرژی و شاخص‌های زیست محیطی مورد بحث و بررسی قرار گیرد و سایر عوامل اثر گذار بر تولید انرژی‌های پاک در قالب حلقه‌های علی و معلولی به مدل اضافه شود، تا به تحلیلی جامع‌تر از تاثیر عوامل مختلف بر گذار انرژی و شاخص‌های زیست محیطی ایران برسیم.

بنابراین در نهایت، می‌توان این گونه عنوان نمود که علی رغم چالش‌های موجود، اگر دولت و مسئولین به استفاده از فرایندهای تحقیق و توسعه، آموزش و آگاهی بخشی، همکاری‌های بین المللی، بازتعریف ساختارهای فرهنگی و اجتماعی موجود و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین بپردازند می‌توان شاهد گذاری مطمئن و سریع و به همراه آلودگی کمتر به منابع انرژی‌های تجدید پذیر بود.

1. Nair et al.
2. Gholizadeh et al.
3. Georgescu et al.
4. Yavuz et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

منابع

- بهبودی، داوود، و برقی گلعذانی، اسماعیل. (۱۳۸۷). اثرات زیست محیطی مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران. اقتصاد مقداری (بررسیهای اقتصادی)، ۵(۴ (پیاپی ۱۹))، ۳۵-۵۳. SID. https://sid.ir/paper/110838/fa
- جان دی استرمن، (۱۳۹۶)، پویایی شناسی کسب و کار (تفکر سیستمی و مدلسازی برای جهان پیچیده)، جلد اول،مترجم:کوروش برارپور، پریسا موسوی اهرنجانی، بتفشه بهزاد، مرضیه امامی، لاله رضایی عدل، حسن فغانی،نشر سمت
- حاجی مینه، رحمت و رضایی راد، ابراهیم و حسینی، مهساسادات،۱۴۰۱،گذار از انرژی‌های فسیلی به تجدیدپذیر در قطر،چهارمین کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت نوآوری و فناوری،تهران،https://civilica.com/doc/1618355
- سلیمی محسن، حسین پور مرتضی و دودانگه بهاره. (۱۴۰۲). بررسی اهمیت انرژی‌های تجدیدپذیر در گذار انرژی موفق در کشور ایران بر اساس مدل تحلیل مدیریتی سوات. نشریه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو, ۱۰(۱), ۹۷-۱۰۹. doi: 10.52547/jrenew.10.1.97
- سلیمی وحید، پیری مهدی.(۱۴۰۲) الزامات قانونی گذار از انرژی فسیلی به تجدیدپذیر با مقایسه نظام حقوقی اتحادیه اروپا، چین و ایران. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی.; ۱۹ (۷۷) :۳۳-۵۷-http://iiesj.ir/article-URL: ۱۵۷۳-۱fa.html
- فلاحی, فیروز , پورعبادالهان, محسن , صادقی, سید کمال و شکری, توحید . (۱۴۰۱). بررسی رابطه‌ی میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در ایران: شواهدی جدید مبتنی بر تبدیل موجک پیوسته. پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی, ۱۲(۴۷), ۳۷-۵۲. doi: 10.30473/egdr.2020.49586.5499
- قائد, ابراهیم, دهقانی, علی, & فتاحی, محمد. (۱۳۹۸). بررسی تأثیر انواع انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی ایران. پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی, ۹(۳۵), ۱۳۷-۱۴۸. doi: 10.30473/egdr.2019.43208.4991
- کهنسال, محمدرضا و بهرامی نسب, مهسا . (۱۳۹۸). ارزیابی رابطه مصرف انرژی و آلودگی با رشد اقتصادی در راستای سیاست‌های کلی محیط زیست. سیاست‌های راهبردی و کلان, ۷(۲۸), ۵۰۰-۵۲۵. doi: 10.32598/JMSP.7.4.1

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

- گزارش آماری انرژی‌های تجدید پذیر ایران در سال ۱۳۹۷ ،شهریور ماه ۱۳۹۸، سازمان انرژی‌های تجدید پذیر و بهره برداری انرژی برق (ساتبا) ، وزارت نیرو، دفتر روابط عمومی و امور بین الملل ،گروه توسعه ، همکاری‌های بین المللی
- گزارش عملکرد تولید برق نیروگاه اتمی بوشهر شش ماه نخست سال ۱۴۰۱، شرکت مادر تخصصی تولید و توسعه انرژی اتمی ایران معاونت برنامه ریزی و توسعه
- گزارش عملکرد سال ۱۴۰۱ صنعت آب و برق،مرداد ماه۱۴۰۲، معاونت سرمایه انسانی، تحقیقات و فناوری اطلاعات، دفتر فناوری اطلاعات و امنیت مجازی.
- محجوب، امیرعلی، و نوراللهی، یونس. (۱۴۰۰). تحلیل روند مصرف انرژی و تکنولوژی‌های استحصال آب کشور و بررسی جایگزینی برق خورشیدی. اکوهیدرولوژی، ۸(۴)، ۹۰۷-۹۲۳. SID. https://sid.ir/paper/1059259/fa
- محمدی, حسین و ظریف, شیرین . (۱۳۹۷). بررسی تاثیر کارایی انرژی بر شاخص عملکرد محیط زیست در کشورهای منتخب اوپک و سازمان همکاری و توسعه اقتصادی. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران, ۷(۲۸), ۱۳۳-۱۵۶. doi: 10.22054/jiee.2019.9841
- مظفری ابوالقاسم، حاجی حسینی حمیدرضا و حاجی حسینی محمدرضا. (۱۳۹۸). بررسی جایگاه ژئوپلیتیک آب در توسعه و امنیت پایدار مناطق مرزی براساس رویکرد سیستم‌های پویا. فصلنامه بین المللی ژئوپلیتیک, ۱۵(۱), ۱۱۸-۱۴۵.
- موسوی درچه، سیدمسلم، قانعی راد، محمدامین، کریمیان، حسن، زنوزی زاده، هدیه، و باقری مقدم، ناصر. (۱۳۹۷). ارائه چارچوب توصیف گذار حوزه‌های فنّاورانه بر اساس رویکرد تحلیل چندسطحی: (مطالعه موردی: گذار انرژی‌های بادی و خورشیدی در ایران). بهبود مدیریت، ۱۲(۲ (پیاپی ۴۰))، ۱۴۱-۱۷۱. SID. https://sid.ir/paper/524599/fa
- موسوی, سید کاظم , سلمان پور, علی و شکوهی فرد, سیامک . (۱۳۹۶). اثر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و توسعه مالی بر آلودگی محیط زیست در ایران طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۶۵. مطالعات علوم محیط زیست, ۲(۱), ۱۲۰-۱۱۱.
- Abdallah, I., Alhosin, H., Belarabi, M., Chaouki, S., & Mahmoud, N. (2024). A Pan-Asian Energy Transition? The New Rationale for Decarbonization Policies in Asia and the World’s Largest Energy

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

Exporting Countries, the Case of Qatar, and Saudi Arabia. https://doi.org/10.20944/preprints202405.2108.v1

- Acikgoz, F., & Yorulmaz, O. (2024). Renewable energy adoption among Türkiye's future generation: What influences their intentions? Energy for Sustainable Development, 80, 101467. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.101467
- Adelekan, O. A., Ilugbusi, B. S., Adisa, O., Obi, O. C., Awonuga, K. F., Asuzu, O. F., & Ndubuisi, N. L. (2024). Energy transition policies: a global review of shifts towards renewable sources. Engineering Science & Technology Journal, 5(2), 272-287.
- Adrian, M., Purnomo, E. P., Enrici, A., & Khairunnisa, T. (2023). Energy transition towards renewable energy in Indonesia. Heritage and Sustainable Development, 5(1), 107-118.
- Ahmad, M., Ahmed, Z., Riaz, M., & Yang, X. (2024). Modeling the linkage between climate-tech, energy transition, and CO2 emissions: Do environmental regulations matter? Gondwana Research, 127, 131–143. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.04.003
- Aslam, N., Yang, W., Saeed, R., & Ullah, F. (2024). Energy transition as a solution for energy security risk: Empirical evidence from BRI countries. Energy, 290, 130090. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.130090
- Ayedh Alqahtani, Heba Abdullah, Suhaila Marafi,Basim Musallam and Nour El Din Abd El Khalek,(2024). Electricity Generation in Kuwait using Sustainable Energy Sources – A Focus on Solar Photovoltaic Systems.
- Bashir, M. F., Pan, Y., Shahbaz, M., & Ghosh, S. (2023). How energy transition and environmental innovation ensure environmental sustainability? Contextual evidence from Top-10 manufacturing countries. Renewable Energy, 204. https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.01.049
- Bhattarai, U., Maraseni, T., & Apan, A. (2022). Assay of renewable energy transition: A systematic literature review. Science of The Total Environment, 833, 155159.
- Cao, Y., Cai, J., & Liu, X. (2024). RETRACTED ARTICLE: Advancing toward a sustainable future: assessing the impact of energy transition, circular economy, and international trade on carbon footprint. Economic Change and Restructuring, 57(2), 77. https://doi.org/10.1007/s10644-024-09621-0
- Chipangamate, N., & Nwaila, G. (2023). Assessment of challenges and strategies for driving energy transitions in emerging markets: A socio-

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

technological systems perspective. Energy Geoscience, 5, 100257. https://doi.org/10.1016/j.engeos.2023.100257

- de Blasio, N., & Zheng, D. (2023). The Future of Energy Value Chains in the Transition to a Low-Carbon Economy / An Evaluation Framework of Integration and Segmentation Scenarios.
- Fakhar, H. A., Ahmed, Z., Acheampong, A. O., & Nathaniel , S. P. (2023). Renewable energy, nonrenewable energy, and environmental quality nexus: An investigation of the N-shaped Environmental Kuznets Curve based on six environmental indicators. Energy, 263, Article 125660. https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125660
- Farahat, A., Labban, A., Mashat, A., Hasanean, H., & Kambezidis, H. (2024). Status of Solar-Energy Adoption in GCC, Yemen, Iraq, and Jordan: Challenges and Carbon-Footprint Analysis. Clean Technologies, 6, 700–731. https://doi.org/10.3390/cleantechnol6020036
- Fatima, N., Usman, M., Khan, N., & Shahbaz, M. (2023). Catalysts for sustainable energy transitions: the interplay between financial development, green technological innovations, and environmental taxes in European nations. Environment, Development and Sustainability, 26, 1–28. https://doi.org/10.1007/s10668-023-04081-4
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. Research policy, 31(8-9), 1257-1274.
- Genc, T., & Kosempel, S. (2023). Energy Transition and the Economy: A Review Article. Energies, 16, 2965. https://doi.org/10.3390/en16072965
- Georgescu, I. A., Oprea, S. V., & Bâra, A. (2024). Investigating the relationship between macroeconomic indicators, renewables and pollution across diverse regions in the globalization era. Applied Energy, 363, 123077.
- Gholizadeh, A., Mirnezami, S. R., & Wang, Y.(2024). Green Synergies and Economic Dynamics: Assessing the Impact of China-Iran Energy Collaboration in the Context of the Belt and Road Initiative.
- https://isn.moe.gov.ir
- https://pep.moe.gov.ir
- https://www.aeoi.org.ir
- Ibrahim, R. L., Al-Mulali, U., Solarin, S. A., Ajide, K. B., Al-Faryan, M. A. S., & Mohammed, A. (2023). Probing environmental sustainability pathways in G7 economies: the role of energy transition, technological innovation, and demographic mobility. Environmental Science and Pollution Research, 30(30), 75694-75719.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

- Igeland, P., Schroeder, L., Yahya, M., Okhrin, Y., & Uddin, G. S. (2024). The energy transition: The behavior of renewable energy stock during the times of energy security uncertainty. Renewable Energy, 221, 119746. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119746
- INDUSTRIAL DEVELOPMENT REPORT 2024. UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION.
- IRENA(2019). a new world the geopolitics of the Energy Transformation, ISBN: 978-92-9260-097-6
- Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. (2022). Sustainable energy transition for renewable and low carbon grid electricity generation and supply. Frontiers in Energy research, 9, 743114.
- Kalair, A., Abas, N., Saleem, M. S., Kalair, A. R., & Khan, N. (2021). Role of energy storage systems in energy transition from fossil fuels to renewables. Energy Storage, 3(1), e135..
- Kat, B. (2023). Clean energy transition in the Turkish power sector: A techno-economic analysis with a high-resolution power expansion model. Utilities Policy, 82, 101538. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101538
- Khan, I., Zakari, A., Ahmad, M., Irfan, M., & Hou, F. (2022). Linking energy transitions, energy consumption, and environmental sustainability in OECD countries. Gondwana Research, 103, 445-457.
- Kochanek, E. (2021). Evaluation of energy transition scenarios in Poland. Energies, 14(19), 6058.
- Lee, C.-C., & Olasehinde-Williams, G. (2022). Does economic complexity influence environmental performance? Empirical evidence from OECD countries. International Journal of Finance & Economics, 29. https://doi.org/10.1002/ijfe.2689
- Liao, C., Erbaugh, J. T., Kelly, A. C., & Agrawal, A. (2021). Clean energy transitions and human well-being outcomes in Lower and Middle Income Countries: A systematic review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 145, 111063.
- Marín, A., & Goya, D. (2021). Mining—The dark side of the energy transition. Environmental Innovation and Societal Transitions, 41, 86-88.
- Nair, K., Shadman, S., Chin, C. M. M., Sakundarini, N., Yap, E. H., & Koyande, A. (2021). Developing a system dynamics model to study the impact of renewable energy in the short- and long-term energy security. Materials Science for Energy Technologies, 4, 391–397. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mset.2021.09.001

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

- Nair, K., Shadman, S., Chin, C. M., Sakundarini, N., Yap, E. H., & Koyande, A. (2021). Developing a system dynamics model to study the impact of renewable energy in the short-and long-term energy security. Materials Science for Energy Technologies, 4, 391-397.
- Odunayo Adewunmi Adelekan, Bamidele Segun Ilugbusi, Olawale Adisa, Ogugua Chimezie Obi, Kehinde Feranmi Awonuga, Onyeka Franca Asuzu, & Ndubuisi Leonard Ndubuisi. (2024). ENERGY TRANSITION POLICIES: A GLOBAL REVIEW OF SHIFTS TOWARDS RENEWABLE SOURCES. Engineering Science & Technology Journal, 5(2), 272-287. https://doi.org/10.51594/estj.v5i2.752
- Or, B., Bilgin, G., Akcay, E. C., Dikmen, I., & Birgonul, M. T. (2024). Real options valuation of photovoltaic investments: A case from Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 192, 114200. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114200
- Rabbi, M. F., Popp, J., Máté, D., & Kovács, S. (2022). Energy security and energy transition to achieve carbon neutrality. Energies, 15(21), 8126.
- Rip, A., & Kemp, R. (1998). Technological change. In S. Rayner & E. L. Malone (Eds.), Human Choice and Climate Change (pp. 327-399.(
- Sharma, R., Shahbaz, M., Kautish, P., & Vinh, V. X. (2021). Analyzing the impact of export diversification and technological innovation on renewable energy consumption: Evidences from BRICS nations. Renewable Energy, 178, 1034–1045. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.06.125
- Sultonov, M., Hasanov, B., Valizoda, P., Inagaki, F., & Tj. (2024). Exploring the Macroeconomic Effects of Renewable Energy in Tajikistan: An Empirical Analysis. Economies, 12, 99. https://doi.org/10.3390/economies12050099
- Taghizadeh-Hesary, F., Rasoulinezhad, E., Shahbaz, M., & Vinh Vo, X. (2021). How energy transition and power consumption are related in Asian economies with different income levels? Energy, 237, 121595. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121595
- Tanil, G. (2023). Impact of Financial Support Mechanisms on Renewable Energy Deployment: Turkey as a Case Study. Journal of International Environmental Application and Science, 18(1), 10-16.
- Tian, J., Yu, L., Xue, R., Zhuang, S., & Shan, Y. (2022). Global low-carbon energy transition in the post-COVID-19 era. Applied energy, 307, 118205.
- Tzeremes, P., Dogan, E., & Alavijeh, N. K. (2023). Analyzing the nexus between energy transition, environment and ICT: A step towards COP26

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]

targets. Journal of Environmental Management, 326, 116598. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116598

- Way, R., Ives, M., Mealy, P., & Farmer, J. (2022). Empirically grounded technology forecasts and the energy transition. Joule, 6. https://doi.org/10.1016/j.joule.2022.08.009
- Yavuz, E., Ergen, E., Avci, T., Akcay, F., & Kilic, E. (2023). Do the effects of aggregate and disaggregate energy consumption on different environmental quality indicators change in the transition to sustainable development? Evidence from wavelet coherence analysis. Environmental Science and Pollution Research, 1-21.
- Zou, Y., & Wang, M. (2024). Does environmental regulation improve energy transition performance in China? Environmental Impact Assessment Review, 104, 107335. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107335

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-07-14]