Journal of Economic Modeling Research
Kharazmi University
Print ISSN: 2228 - 6454
Online ISSN: 2538 - 4163
Homepage: https://jemr.khu.ac.ir/

Analysis of the Impact of Factors Influencing Ecological Footprint with Emphasis on Energy Consumption Intensity in Iran: A TVP-VAR Approach

Mohammad hossein Karim [1*] | Mohammad Sayadi[2] | Saeed Solgi[3] | Mohammadreza Ariafar[4]

1. Corresponding Author, Professor ,Faculty of Economics, Kharazmi University, Tehran, Iran
   E-mail: karim@khu.ac.ir (0000-0002-7114-8702)
2. Associate Professor , Faculty of Economics, Kharazmi University, Tehran, Iran
   E-mail: m.sayadi@khu.ac.ir (0000-0003-2731-9233)
3. M.A Student, Faculty of Economics, Kharazmi University, Tehran, Iran
   E-mail: saeed.solgi7@gmail.com (0009-0002-7199-3540)
4. PhD Student, Faculty of Economics and Administrative Sciences, , Ferdowsi University of Mashhad, Mashhadm Iran E-mail: m.ariafar@mail.um.ac.ir (0009-0001-7643-103X)

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 16 Nov. 2024

Received in revised form:
17 Jan. 2025

Accepted: 3 Feb. 2025

Keywords:
Ecological Footprint
Energy Intensity
TVP-VAR Model
Environment.

JEL:
Q56, Q57, P28

ABSTRACT

The primary objective of this research is to investigate the impact of factors influencing the ecological footprint, with an emphasis on the role of energy intensity in Iran, using a Time-Varying Parameter Vector Autoregression (TVP-VAR) model. The ecological footprint represents the extent of natural resource consumption by humans. Given the increasing intensity of energy consumption, Iran faces a significant ecological footprint in its economic activities, necessitating an in-depth analysis of the factors contributing to this phenomenon. Other variables examined in this study include the degree of urbanization, human development, financial development, trade openness, and per capita GDP, covering the period from 1990 to 2021. The results indicate that an increase in energy intensity leads to a positive and statistically significant impact on the ecological footprint over time. The influence of other variables on the ecological footprint aligns with theoretical expectations. These findings underscore the importance of the type and source of energy consumed, as well as production processes, in shaping this relationship. Furthermore, the analysis reveals that environmental sustainability diminishes with increased energy consumption, thereby exacerbating the ecological footprint and highlighting the need for effective and sustainable policies. Ultimately, this study emphasizes the necessity of formulating and implementing sustainable energy policies and optimizing energy resource utilization to achieve a balance between economic growth and environmental conservation.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

Cite this article: Karim, Mohammad hosein., Sayadi, Mohammad., Solgi, Saeed & Ariafar, Mohammadreza. (2023). Analysis of the Impact of Factors Influencing Ecological Footprint with Emphasis on Energy Consumption Intensity in Iran: A TVP-VAR Approach. *Journal of Economic Modeling Research*, 14 (54), 73-124. DOI: 0000000000000000000

© The Author(s).
Publisher: Kharazmi University
DOI: 00000000000000000000000000
Journal of Economic Modeling Research, Vol, 14, No. 54, 2023, pp. 73-124.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

Journal of Economic Modeling Research
Kharazmi University
Print ISSN: 2228 - 6454
Online ISSN: 2538 - 4163
Homepage: https://jemr.khu.ac.ir/

تحلیل تأثیر عوامل مؤثر بر ردپای اکولوژیکی با تأکید بر شدت مصرف انرژی در ایران: رویکرد TVP-VAR

محمدحسین کریم[1*]| محمد صیادی[2]| سعید سلگی[3]| محمدرضا آریافر[4]|

۱. نویسنده مسئول، استاد، گروه آموزشی اقتصاد منابع طبیعی و انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
رایانامه: karim@khu.ac.ir (0000-0002-7114-8702)

۲. دانشیار، گروه آموزشی اقتصاد منابع طبیعی و انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
رایانامه: m.sayadi@khu.ac.ir (0000-0003-2731-9233)

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آموزشی اقتصاد منابع طبیعی و انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
رایانامه: asaeed.solgi7@gmail.com (0009-0002-7199-3540)

٤. دانشجوی دکتری، گروه آموزشی اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده علوم اداری. اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران رایانامه: m.ariafar@mail.um.ac.ir (0009-0001-7643-103X)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۸/۲۶

تاریخ ویرایش:
۱۴۰۳/۱۰/۲۸

تاریخ پذیرش :
۱۴۰۳/۱۱/۱۵

واژه‌های کلیدی:
ردپای اکولوژیکی، شدت مصرف انرژی، مدل TVP-VAR، محیط زیست.

طبقه‌بندی JEL:
Q56, Q57, P28

چکیده

هدف اصلی این تحقیق، بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر ردپای اکولوژیکی با تأکید بر نقش شدت مصرف انرژی در ایران با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در طول زمان (TVP-VAR) است. ردپای اکولوژیکی میزان مصرف منابع طبیعی توسط انسان را نشان می‌دهد. با توجه شدت فزاینده مصرف انرژی، ایران با ردپای اکولوژیکی قابل توجه در فعالیت‌های اقتصادی خود مواجه است که این مسئله نیازمند ریشه‌یابی عوامل مؤثر بر آن است. سایر متغیرهای تحقیق شامل درجه شهرنشینی، توسعه انسانی، توسعه مالی، بازبودن تجاری و تولید ناخالص داخلی سرانه را در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۱ است. نتایج نشان می‌دهد، افزایش شدت مصرف انرژی سبب افزایش مثبت و معناداری در طول زمان بر ردپای اکولوژیکی می‌شود. علامت تأثیرگذاری سایر متغیرهای تحقیق بر ردپای اکولوژیکی نیز مطابق انتظارات تئوریکی بوده است. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که نوع و منبع انرژی مصرفی و همچنین فرایندهای تولید نقش مهمی در این رابطه دارند. همچنین، تحلیل‌ها نشان می‌دهد که پایداری محیط زیستی با افزایش مصرف انرژی کاهش یافته و ردپای اکولوژیکی را افزایش داده و نیازمند سیاست‌های کارآمد و پایدار است. در نهایت، این مطالعه به ضرورت تدوین و اجرای

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

سیاست‌های انرژی پایدار و استفاده بهینه از منابع انرژی تأکید دارد تا بتوان به تعادل بین رشد اقتصادی و حفاظت از محیط زیست دست یافت.

استناد: کریم ، محمدحسین؛ صیادی، محمد، سلگی، سعید و آریافر، مجمدرضا (۱۴۰۲). تحلیل تأثیر عوامل مؤثر بر ردپای اکولوژیکی با تأکید بر شدت مصرف انرژی در ایران: رویکرد TVP-VAR. *تحقیقات مدل سازی اقتصادی*، ۱۴ (۵۴)، ۷۳-۱۲۴. DOI: 00000000000000000000

ناشر: دانشگاه خوارزمی. © نویسندگان.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

۱. مقدمه

مصرف انرژی به یکی از مهم‌ترین مسائل زندگی انسان‌ها تبدیل شده است. با گسترش شهرنشینی و رشد جمعیت، مصرف انرژی نیز به طور قابل‌توجهی افزایش یافته است. این مصرف انرژی در بسیاری از صنایع، حمل‌ونقل، ساخت‌و ساز و خانه‌ها استفاده می شود و برای تأمین آن، منابع طبیعی مانند نفت، گاز، زغال‌سنگ و هسته‌ای به کار گرفته می‌شود (اولوکاک و خان[1]، ۲۰۲۰). با افزایش مصرف انرژی، ردپای اکولوژیکی نیز به طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد (باز وهمکاران[2]، ۲۰۲۰). ردپای اکولوژیکی به مقدار ازدیاد مصرف انرژی وابسته است، اما تأثیر شدت مصرف انرژی بر ردپای اکولوژیکی بسیار پیچیده است و به عوامل مختلفی مانند نوع منبع انرژی، فرایند تولید، حمل‌ونقل و مصرف انرژی بستگی دارد.

رشد اقتصادی به‌عنوان هدف اصلی برنامه‌های توسعه اقتصادی در هر کشوری، مستلزم استفاده بیشتر از منابع طبیعی و انرژی است. این امر منجر به افزایش استفاده از منابع طبیعی و به تبع آن تخریب محیط‌زیست می‌شود (خان و همکاران[3] ۲۰۲۲). از ابتدای دهه جاری، رشد اقتصادی و استفاده از انرژی به حدی بوده که هزینه پایداری زیست‌محیطی را به شدت تحت‌تأثیر قرار داده است. در حال حاضر، علاوه بر مسائل اقتصادی، سیاست‌گذاران باید به مسائل زیست‌محیطی نیز توجه داشته باشند. فرآیند تولید و مصرف منابع طبیعی از جمله انرژی می‌تواند باعث طغیان غیرقابل‌پیش‌بینی آلاینده های زیست‌محیطی شود. فعالیت‌های انسانی تهدیدی برای اکوسیستم است. مصرف غذا، آب شیرین، انرژی و هوای پاک توسط انسان از منابع زمین پیشی گرفته است. ظرفیت زیستی کره زمین برای برآورده کردن نیازهای انسان در عصر کنونی به ۱٫۶ برابر منابع کنونی زمین نیاز دارد (کاتان و همکاران[4]، ۲۰۱۸).

یکی از مهم‌ترین شاخص‌هایی که میزان استفاده بشر از منابع طبیعی را اندازه‌گیری می‌کند، شاخص ردپای اکولوژیکی است. شاخص‌های زیادی برای اندازه‌گیری میزان تخریب محیط‌زیست وجود دارد،

[1] Ulucak, R., & Khan
[2] Baz, K
[3] Khan, I, et al.
[4] Katan, et al.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

از جمله آلودگی هوا، آلودگی آب، جنگل‌زدایی و انتشـــار گازهای گلخانه‌ای مانند CO2 اما شاخص ردپای اکولوژیکی جامع‌تر از همه شاخص‌های زیست‌محیطی است(وت[1]،۱۹۹۹). این شاخص نشـــان می‌دهد که یک جمعیت برای تولید و یا مصـــرف یک محصـــول معین چه میزان از منابع طبیعی شـــامل مواد غذایی و فیبرهای گیاهی، دام و ماهی، الوار و ســـایر محصـــولات جنگلی، فضـــا برای زیرساخت‌های شهری و جذب زباله‌های آن نیاز دارد. ردپای اکولوژیکی بیانگر تهدیدی برای پایداری بالقوه سرمایه طبیعی است (چن و همکاران[2]، ۲۰۲۲).

شاخص شدت مصرف انرژی معیاری از ناکارآمدی اقتصاد یک کشور است که به‌عنوان واحد انرژی برای هر واحد تولید ناخالص داخلی محاسبه می‌شود. در سال‌های اخیر بسیاری از اقتصادهای دنیا با پیشـرفت و تحولات اقتصـادی مواجه شـده‌اند و این پیشـرفت‌ها با فشـارهای محیطی، انرژی و ردپای اکولوژیکی همراه بوده اسـت (ناتاهیل و همکاران[3]، ۲۰۲۱). مصـرف منابع طبیعی و انرژی از دهه ۱۹۷۰ به بعد از ظرفیت بیولوژیکی زمین فراتر رفته و اگر این روند با ســـرعت فعلی تداوم یابد، در نهایت می‌تواند باعث تغییرات آب‌وهوایی، تخریب زمین، آلودگی و ازدســـت‌دادن تنوع زیســـتی، فقر و آسیب‌های جبران‌ناپذیر گردد (ما و همکاران[4]، ۲۰۱۹؛ تنیسون و همکاران[5]، ۲۰۲۱).

ایران به دلیل افزایش جمعیت و اســـتفاده بیش از حد از منابع طبیعی با بحران ردپای اکولوژیکی و شدت مصرف انرژی روبه‌رو است. طبق آمار آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۲۱، ایران در رتبه اول شدت مصرف انرژی در جهان قرار دارد. این آژانس شدت مصرف انرژی ایران در سال ۲۰۲۱ را ۵,۷ برابر متوسط جهانی اعلام کرده و این بدان معناست که ایران برای تولید یک‌میزان کالا و خدمات ۵,۷ برابر بیشتر از جهان انرژی مصرف می‌کند (آژانس بین‌المللی انرژی[6]، ۲۰۲۱).

[1] Voet, E
[2] Chen, Y, et al.
[3] Nathaniel, S. P, et al.
[4] Ma, X, et al.
[5] Tennison, I
[6] International Energy Agency

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

شدت مصرف انرژی در ایران از سال ۱۳۶۹ تا سال ۱۴۰۰ روند افزایشی را تجربه کرده و از نزدیک به ۶ (MJ/USD) در سال ۱۳۶۹ به نزدیک ۱۲ (MJ/USD) در سال ۱۴۰۰ رسیده که حاکی از دو برابر شدن شدت مصرف انرژی (هدررفت انرژی) در ایران طی ۳۰ سال است (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۲۱). از طرف دیگر، روند ردپای اکولوژیکی در ایران طی حدود ۳۰ سال مانند شدت مصرف انرژی روند افزایشی را تجربه کرده است. ردپای اکولوژیکی در سال ۱۳۶۹ در ایران حدود ۷۷,۵ میلیون هکتار جهانی بوده که این رقم در سال ۱۴۰۰ به حدود ۲۶۶,۵ میلیون هکتار جهانی رسیده است که نشانگر افزایش ۳,۴ برابری در ردپای اکولوژیکی ایران است (ردپای اکولوژیکی[1]، ۲۰۲۲).

پژوهش‌های متعددی به بررسی تأثیر مصرف انرژی بر کیفیت محیط‌زیست، تغییرات اقلیمی و ردپای اکولوژیکی در ایران و سایر کشورها پرداخته‌اند. آنچه باعث ایجاد نوآوری در پژوهش حاضر نسبت به سایر پژوهش‌ها می‌شود، همانطور که (پروسکوریاکوا کووالف،۲۰۱۵) در پژوهش خود اشاره کردند استفاده از شاخص شدت مصرف انرژی به‌عنوان معیاری از ناکارآیی سیستم های انرژی یک کشور است؛ زیرا شدت مصرف انرژی هدررفت انرژی را در تولید ناخالص داخلی نشان می‌دهد. از طرف دیگر، در پژوهش حاضر از روش خودرگرسیون برداری با پارامترهای قابل‌تغییر طی زمان (TVP-VAR) استفاده خواهد شد که می‌تواند اثر شدت مصرف انرژی را بر ردپای اکولوژیکی در طول زمان نشان دهد. به علاوه، پژوهش حاضر درصدد بررسی تأثیر تولید ناخالص داخلی سرانه، شاخص توسعه انسانی، شاخص باز بودن تجاری، شاخص شهرنشینی و شاخص توسعه مالی بر ردپای اکولوژیکی در ایران طی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۰ است. با توجه به موارد ذکر شده، پژوهش حاضر به تحلیل جامع‌تری از تأثیر شدت مصرف انرژی و عوامل اقتصادی و اجتماعی مرتبط بر ردپای اکولوژیکی می‌پردازد.

این تحقیق بدین صورت سازماندهی شده است که پس از مقدمه، در بخش دوم به تبیین مبانی نظری تحقیق پرداخته می شود. بخش سوم به مروری بر مهم ترین مطالعات پیشین اختصاص دارد.

[1] Ecological footprint (www.footprintnetwork.org)

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

بخش چهار به روش شـناسـی تحقیق می پردازد. بخش پنجم به تجزیه وتحلیل یافته های تجربی تحقیق اختصاص دارد و بخش ششم به جمع‌بندی و نتیجه گیری میپردازد.

۲. مبانی نظری

در دنیای امروز، مصرف انرژی و تأثیرات آن بر محیط‌زیست یکی از مهم‌ترین مسائلی است که در بسیاری از کشورها موردتوجه قرار گرفته است. باتوجه‌به این موضوع، شدت مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی به‌عنوان دو عامل مهم در حفظ محیط‌زیست و کاهش تأثیرات منفی مصرف انرژی در جامعه شناخته شده است. شدت مصرف انرژی به معنای کاهش مصرف انرژی در فعالیت‌های روزمره است. با کاهش مصرف انرژی، می‌توان به کاهش هزینه های انرژی، حفظ منابع طبیعی و کاهش آلودگی هوا و محیط‌زیست کمک کرد (فنگ و همکاران[1]، ۲۰۰۹). ردپای اکولوژیکی نیز به میزان اثرات منفی مصرف انرژی بر محیط‌زیست اشاره دارد. با اندازه‌گیری ردپای اکولوژیکی، می‌توان به‌دقت اثرات مصرف انرژی بر محیط‌زیست را بررسی کرد و راه‌حل‌های مناسب برای کاهش تأثیرات منفی پیدا کرد (احمد و همکاران[2]، ۲۰۲۲). به طور خلاصه، شدت مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی دو عامل مهم در حفظ محیط‌زیست و کاهش تأثیرات منفی مصرف انرژی در جامعه هستند. با کاهش مصرف انرژی و توجه به ردپای اکولوژیکی، می‌توان به حفظ منابع طبیعی، کاهش هزینه‌های انرژی و کاهش تأثیرات منفی مصرف انرژی بر محیط‌زیست کمک کرد.

انرژی نقش مهمی در زندگی و رفاه انسان دارد و در فعالیت های روزمره، تولید، حمل‌ونقل و گرمایش مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین انرژی به رشد اقتصادی کمک می‌کند. بااین‌حال، مصرف بیش از حد آن باعث مشکلاتی مانند گرمایش جهانی و آلودگی هوا می‌شود. برای کاهش اثرات منفی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و بهینه سازی مصرف انرژی ضروری است. در نتیجه، انرژی باید به صورت پایدار مدیریت شود تا اثرات منفی آن بر محیط‌زیست کاهش یابد. تحلیل انرژی به مطالعه کاربرد، تولید و مصرف آن در جامعه می‌پردازد(انگ[3]، ۱۹۹۴).

[1] Feng, T
[2] Ahmed, N, et al.
[3] Ang, B. W.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

انرژی نقشی حیاتی در توسعه اقتصادی و رفاه جوامع دارد و برای تولید، حمل‌ونقل، روشنایی و گرمایش ضروری است. دولت‌ها، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، باید به تأمین برق به‌عنوان یکی از نیازهای اساسی جامعه توجه کنند(لیو[1]، ۲۰۱۹). در کشورهای صنعتی نیز مصرف بالای انرژی می‌تواند هزینه‌های تولید را افزایش دهد؛ بنابراین، دولت‌ها باید به‌دنبال راهکارهایی برای تأمین انرژی پایدار و کم‌هزینه باشند. همچنین، تمرکز بر کاهش مصرف و افزایش بهره‌وری انرژی برای کاهش آلودگی و بهبود سلامت جامعه مهم است. توسعه منابع انرژی پاک و فناوری‌های مرتبط نیز ضروری است. در نهایت، مصرف بهینه انرژی باید مبنای قوانین و مقررات قرار گیرد، زیرا تقاضا را می‌توان راحت‌تر کنترل کرد تا عرضه انرژی(مامات و همکاران[2]، ۲۰۱۹).

۲-۳ شدت مصرف انرژی

شدت مصرف انرژی و اهمیت آن، یکی از مهم‌ترین موضوعاتی است که در حال حاضر در سطح جهانی بحث و تبادل نظر می‌شود. باتوجه‌به رشد جمعیت و توسعه فناوری‌های پیشرفته، مصرف انرژی به‌عنوان یکی از عوامل اساسی توسعه و رشد اقتصادی، بسیار مهم و حیاتی است. بااین‌حال، مصرف بی‌رویه و ناپایدار انرژی، منجر به پدیده‌های نامطلوبی مانند آلودگی هوا، گرمایش جهانی، کاهش آب‌وهوای مناسب برای کشت و دامپروری و... می‌شود (هاو و همکاران[3]، ۲۰۲۲). در حال حاضر، کشورهای مختلف جهان، برای کاهش شدت مصرف انرژی و حفظ محیط‌زیست، اقدامات گسترده‌ای را در زمینه استفاده از منابع انرژی پاک و پایدار مانند باد، خورشید، آب و... انجام می‌دهند. همچنین، برخی از کشورها با اجرای برنامه‌هایی مانند تشویق به استفاده از خودروهای الکتریکی، کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها و صنایع، ترویج فرهنگ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و... به کاهش شدت مصرف انرژی و حفظ محیط‌زیست کمک می‌کنند (رحمان و همکاران[4]، ۲۰۲۲). باید به این نکته توجه داشت که صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ محیط‌زیست، نه‌تنها به کاهش هزینه‌های انرژی

[1] Liu, J
[2] Mamat, R
[3] Hao, Y., et al.
[4] Rahman, M. M., et al.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

و حفظ منابع طبیعی، بلکه به بهبود کیفیت زندگی و سلامتی افراد نیز کمک می‌کند؛ بنابراین، این مسئله بسیار حائز اهمیت است و باید توسط همه افراد جامعه، به‌عنوان یک وظیفه اجتماعی، موردتوجه قرار گیرد.

شدت مصرف انرژی شامل میزان مصرف انرژی به‌ازای هر واحد از تولید کالا و خدمات مختلف در یک کشور است (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۲۲). واحدهای مختلفی برای محاسبه شدت مصرف انرژی وجود دارد؛ اما مهم‌ترین شاخص که در بسیاری از پژوهش‌ها مورداستفاده قرار گرفته به شرح ذیل است.

$$EI = \frac{ED}{GDP} \qquad (۱)$$

که در معادله فوق، EI شدت مصرف انرژی، ED مصرف انرژی و GDP تولید ناخالص داخلی سرانه است (هاس و کمپا[1]، ۲۰۱۶).

۲-٤ ردپای اکولوژیکی

ردپای اکولوژیکی به معنای تأثیراتی است که فعالیت‌های انسانی بر روی محیط‌زیست و جانوران و گیاهان دارد. اهمیت ردپای اکولوژیکی در دهه‌های اخیر به طور چشمگیری افزایش‌یافته است. درواقع ردپای اکولوژیکی یک نوع پراکسی جدید برای سنجش میزان تأثیر تغییرات اقلیمی است (کونگبورامی و همکاران[2]، ۲۰۲۰). تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های جهانی در دهه‌های اخیر به طور چشمگیری افزایش‌یافته است. این تغییرات باعث تغییر در الگوی بارش‌ها، دمای هوا، سطح دریا و بسیاری دیگر از پدیده های طبیعی شده است. تغییرات اقلیمی همچنین تأثیرات عمیقی بر روی محیط‌زیست و جانوران و گیاهان دارند. آلودگی هوا و آب نیز از دیگر عواملی هستند که ردپای اکولوژیکی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. آلودگی هوا باعث بروز بیماری‌های تنفسی، کاهش کیفیت زندگی و کاهش عملکرد گیاهان و محصولات کشاورزی می‌شود. همچنین، آلودگی آب باعث نابودی گونه‌های حیات‌وحش و گیاهان، کاهش تنوع زیستی و بروز بسیاری از بیماری‌ها می‌شود.

[1] Haas & Kempa
[2] Kongbuamai, N., et al.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

بنابراین، اهمیت رد پای اکولوژیکی در حفظ محیط‌زیست، جلوگیری از نابودی گونه های حیات‌وحش و گیاهان و حفظ تنوع زیستی بسیار مهم است (آلتینتاش و کاسوری[1]، ۲۰۲۰).

شاخص ردپای اکولوژیکی بیانگر مقایسه بین نرخ مصرف و تولید ضایعات توسط بشر با نرخ بازتولید منابع و دفع ضایعات توسط محیط‌زیست اطراف است. به‌عبارت‌دیگر، این شاخص مقدار زمین موردنیاز برای مصرف و تولید ضایعات توسط بشر و بازتولید و دفع این ضایعات توسط محیط‌زیست را نشان می‌دهد (مانفردا و همکاران[2]، ۲۰۰۴). شاخص ردپای اکولوژیکی شامل ۶ متغیر است که در نمودار ۲ ارائه شده است.

نمودار ۲: متغیرهای شاخص ردپای اکولوژیکی

منبع: شاخص ردپای اکولوژیکی[3]

ردپای اکولوژیکی بیانگر ظرفیت زیستی در یک کشور (توان تولیدی یک کشور برای پاسخ‌گویی به نیازهای مصرفی مردم) توسط ساکنان یک منطقه جغرافیایی و یا یک کشور است. ردپای اکولوژیکی

[1] Altıntaş, H., & Kassouri, Y.
[2] Monfreda et al.
[3] https://www.footprintnetwork.org/resources/data/

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

مصرفی صادرات منابع ملی و خدمات اکولوژیکی برای استفاده در سایر کشورها و واردات منابع و خدمات زیست‌محیطی برای مصرف داخلی را شامل می‌شود. ردپای اکولوژیکی مصرفی از طریق تغییر در رفتار مصرفی افراد، می‌تواند تحت‌تأثیر قرار گیرد (لین و همکاران[1]، ۲۰۱۸).

برای محاسبه ردپای اکولوژیکی در یک کشور از معادله زیر استفاده می‌گردد.

$$EF_C = EF_P + (EF_I - EF_E) \qquad (۲)$$

که در رابطه فوق، EF_C ردپای اکولوژیکی مصـــرفی، EF_P ردپای اکولوژیکی تولیدی، EF_I ردپای اکولوژیکی وارداتی (اسـتفاده و واردات محصـولاتی که تبعات زیسـت محیطی دارند) و EF_E ردپای اکولوژیکی صادراتی (صادرات محصولاتی که برای سایر کشورها تبعات زیست محیطی دارند) است. $EF_I - EF_E$ نیز خالص تجارت ردپای اکولوژیکی را نشان می‌دهد.

این شاخص به صورت عددی ا ست و واحد آن هکتار جهانی[2] ا ست. مقادیر بالای این شاخص به معنای ردپای اکولوژیکی بالا (تبعات زیسـت‌محیطی بیشـتر) و مقادیر پایین به معنای ردپای اکولوژیک پایین (تبعات اکولوژیکی کمتر) است.

۲-۵ کانال‌های اثرگذاری شدت مصرف انرژی بر ردپای اکولوژیکی

مصـرف انرژی و تأثیرات آن بر محیط‌زیسـت یکی از مهم‌ترین مسـائلی اسـت که در بسـیاری از کشورها مورد توجه قرار گرفته است. شدت مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی، به‌عنوان دو عامل مهم در حفظ محیط‌زیست، نقش به سزایی دارند. شدت مصرف انرژی به معنای کاهش مصرف انرژی در فعالیت‌های روزمره است، که می‌تواند به کاهش هزینه‌های انرژی، حفظ منابع طبیعی و کاهش آلودگی هوا و محیط‌زیست کمک کند (فنگ و همکاران، ۲۰۰۹). در این راستا، ردپای اکولوژیکی نشان‌دهنده اثرات منفی مصرف انرژی بر محیط‌زیست ا ست و با اندازه‌گیری آن می‌توان اثرات مصرف انرژی بر محیط‌زیست را دقیق‌تر ارزیابی کرد (احمد و همکاران، ۲۰۲۲).

[1] Lin et al.
[2] global hectare

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

این دو متغیر می‌توانند در کاهش تغییرات اقلیمی و حفظ منابع طبیعی، کاهش آلودگی و بهبود کیفیت زندگی اثرات قابل توجهی داشته باشند. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، مانند انرژی خورشیدی و بادی، می‌تواند به کاهش شدت مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی کمک کند (رحمان و همکاران، ۲۰۲۲).

مصرف انرژی در سطح جهانی در حال افزایش است و این افزایش باعث شده تا ردپای اکولوژیکی نیز بیشتر شود. شدت مصرف انرژی به‌عنوان یکی از عوامل مهم در تأثیرگذاری بر ردپای اکولوژیکی، می‌تواند تأثیرات زیادی بر طبیعت و محیط‌زیست داشته باشد (یوکردت و همکاران[1]، ۲۰۲۱). استفاده از منابع انرژی فسیلی مانند نفت، گاز و زغال‌سنگ، باعث افزایش دی‌اکسیدکربن و گازهای گلخانه‌ای در جو زمین می‌شود. این گازها باعث گرم‌شدن زمین و تغییرات اقلیمی مختلف مانند خشکسالی، سیلاب و طوفان‌های شدید می‌شوند؛ بنابراین، کاهش مصرف انرژی در سطح جهانی می‌تواند به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و کاهش تأثیرات منفی آنها بر روی محیط‌زیست کمک کند (ما و همکاران[2]، ۲۰۱۹). به‌عنوان‌مثال، استفاده از خودروهای الکتریکی باعث کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و تأثیرات منفی آنها بر روی محیط‌زیست می‌شود. همچنین، استفاده از انرژی خورشیدی و بادی به‌جای انرژی فسیلی، باعث کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و تأثیرات منفی آنها بر روی محیط‌زیست می‌شود (ایوانوا و همکاران[3]، ۲۰۲۰). بااین حال، کاهش مصرف انرژی نمی‌تواند به‌تنهایی برای کاهش رد پای اکولوژیکی کافی باشد و باید به دنبال استفاده بهینه از منابع انرژی بود و سعی کرد تا با استفاده از فناوری‌های نوین، انرژی را به‌صورت پایدار و قابل‌تجدید تولید کرد (تنسیون و همکاران[4]، ۲۰۲۱).

همان‌طور که در بخش‌های قبل نیز ذکر شد؛ شدت مصرف انرژی، مقدار انرژی استفاده شده در هر واحد خروجی اقتصادی، مانند هر دلار از تولید ناخالص داخلی است. از سوی دیگر، ردپای اکولوژیکی، یک اندازه‌گیری از تأثیرات زیست‌محیطی فعالیت‌های انسانی است که شامل استفاده از زمین، آب و انتشار کربن است. تأثیر شدت مصرف انرژی بر روی ردپای اکولوژیکی به‌شدت پیچیده

[1] Ueckerdt, F., et al.
[2] Ma, X., et al.
[3] Ivanova, D., et al.
[4] Tennison, I., et al.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

و قابل‌توجه است، زیرا شدت مصرف دارای تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر ردپای اکولوژیکی است (میلوارد هوپکینس و همکاران[1]، ۲۰۲۰).

تأثیرات مستقیم شدت مصرف انرژی بر ردپای اکولوژیکی با استفاده از سوخت‌های فسیلی و منابع غیرقابل‌تجدید مرتبط است. سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی، منابع عمده‌ای از انتشـار گازهای گلخانه‌ای هسـتند که باعث ایجاد تغییرات آب‌وهوایی می‌شـود (لین و رازا[2]، ۲۰۱۹). سوخت‌های فسیلی همچنین آلاینده‌هایی مانند دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن و مواد جامد را آزاد می‌کنند که می‌تواند به‌سلامت انسان و محیط‌زیست آسیب برساند. از طرف دیگر، استفاده از منابع غیرقابل‌تجدید نیز باعث افزایش اسـتفاده از زمین و آب می‌شـود، زیرا این منابع بیشـتر از طریق عملیات معدن‌کاری یا حفاری اسـتخراج می‌شـوند که نیاز به مقدار بزرگی از زمین و آب دارند. اسـتخراج منابع غیرقابل‌تجدید همچنین می‌تواند به خراب‌شـدن محیط‌زیسـت، مانند فرسـایش خاک، تخریب جنگل و ازبین‌رفتن محیط‌زیست منجر شود (وان رویجون[3] و همکاران، ۲۰۱۹).

تأثیرات غیرمستقیم شدت مصرف انرژی بر ردپای اکولوژیکی با تولید و مصرف کالاها و خدماتی که نیاز به انرژی دارند مرتبط است. به‌عنوان‌مثال، تولید مواد غذایی و کالاهای مصرفی برای حمل‌ونقل، تولید و بسته‌بندی نیاز به انرژی دارد (وانگ و وانگ۴، ۲۰۲۰). تأثیرات غیرمستقیم شدت مصرف انرژی بر ردپای اکولوژیکی می‌تواند قابل‌توجه باشـد، زیرا شـامل تمام زنجیره تأمین کالاها و خدمات اسـت. به‌عنوان‌مثال، تولید محصولات گوشتی نیاز به مقدار زیادی از انرژی برای تولید خوراک دام، دامداری و حمل‌ونقل دارد. مصـرف محصـولات گوشـتی همچنین تأثیر قابل‌توجهی بر روی اسـتفاده از زمین و آب دارد، زیرا برای تولید خوراک دام و دامداری نیاز به مقدار زیادی از زمین و آب دارد (رن و همکاران۵، ۲۰۲۱).

[1] Millward-Hopkins, J., et al.
[2] Lin, B.,et al.
[3] van Ruijven, B. J., et al.
[4] Wang, Q., & Wang, L.
[5] Ren, S.,et al.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

۲-۶ کانال‌های اثرگذاری تولید ناخالص داخلی بر ردپای اکولوژیکی

تولید ناخالص داخلی (GDP) یکی از شاخص‌های اصلی اقتصادی است که ارزش کالاها و خدمات تولیدی را نشان می‌دهد، اما به تنهایی شاخصی کامل برای سنجش رفاه اجتماعی و پایداری محیط‌زیست نیست. استفاده از منابع طبیعی، به‌ویژه در تولید برق با سوخت‌های فسیلی، منجر به افزایش گازهای گلخانه‌ای و تأثیرات منفی بر محیط‌زیست می‌شود (هاو و همکاران[۱]، ۲۰۲۲؛ اکوموس و اردوغان[۲]، ۲۰۲۱). همچنین، مصرف منابع آبی در مناطق خشک به تنش آبی منجر می‌شود. تولید ناخالص داخلی نیز باعث افزایش آلودگی هوا، خاک و آب از طریق تولید زباله‌ها و پسماندهای صنعتی می‌گردد (اودمبا[۳]، ۲۰۲۰). با این حال، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پایدار و استفاده از انرژی تجدیدپذیر می‌تواند به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی کمک کند (رادمهر و همکاران[۴]، ۲۰۲۲).

۲-۷ کانال‌های اثرگذاری تجارت بر ردپای اکولوژیکی

تجارت به‌عنوان یکی از عوامل اصلی توسعه و رشد اقتصادی در سراسر جهان، تأثیر بسیاری بر ردپای اکولوژیکی دارد. باتوجه‌به روند رشد جمعیت و نیازهای متنوع مردم، تجارت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راه‌های تأمین نیازهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی مطرح است. بااین‌حال، تجارت همچنین می‌تواند تأثیرات منفی بر ردپای اکولوژیکی داشته باشد. از جمله تأثیرات منفی تجارت بر ردپای اکولوژیکی می‌توان به آلودگی هوا، آب‌وخاک، کاهش تنوع زیستی، افزایش گازهای گلخانه‌ای، کاهش منابع آب و افزایش فرسایش خاک اشاره کرد (ناتاهیل و همکاران[۵]، ۲۰۲۱).

---

[۱] Hao, Y, et al.

[۲] Okumus & Erdogan

[3] Udemba, E

[4] Radmehr, et al.

[5] Nathaniel, S. P., et al.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

۲-۸ کانال‌های اثرگذاری سرمایه انسانی بر ردپای اکولوژیکی

توسعه سرمایه انسانی از طریق برنامه‌های آموزشی و آگاهی می‌تواند درک مسائل محیط‌زیستی و روش‌های پایدار را ترویج دهد. افزایش دانش درباره چالش‌های اکولوژیکی و اهمیت حفاظت می‌تواند باعث شود که افراد انتخابات آگاهانه‌تری انجام دهند که به کاهش ردپای اکولوژیکی خود منجر می‌شود (احمید و همکاران[1]، ۲۰۲۰). سرمایه انسانی نقش حیاتی در پیشرفت‌های فناوری و نوآوری‌هایی که به کاهش تأثیرات محیط‌زیستی کمک می‌کنند، ایفا می‌کند. افراد ماهر از طریق تحقیق و توسعه می‌توانند فناوری‌هایی را ایجاد کنند که کارآمدتر و پایدارتر هستند، مانند سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر، حمل‌ونقل سبز و راهکارهای کاهش ضایعات (لو و همکاران[2]، ۲۰۱۹).

۲-۹ کانال‌های اثرگذاری شهرنشینی بر ردپای اکولوژیکی

شهرنشینی معمولاً منجر به تبدیل زمین‌های طبیعی و محیط‌زیست به مناطق شهری می‌شود که منجر به ازبین‌رفتن تنوع زیستی و اختلال در اکوسیستم‌ها می‌شود. گسترش شهرها و زیرساخت‌ها به سرزمین‌های مهم اکوسیستمی تجاوز کرده و مناطق سبز را کاهش می‌دهد و مناظر طبیعی را تغییر می‌دهد (دنیش و همکاران[3]، ۲۰۲۰). مناطق شهری به طور معمول نیازهای بالاتری در زمینه ساختمان‌ها، حمل‌ونقل و صنایع دارند. تمرکز جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی در شهرها منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود که اغلب بر انرژی‌های فسیلی تکیه می‌کند و به انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا می‌انجامد (چن و همکاران[4]، ۲۰۲۲).

شهرنشینی با افزایش نیازهای حمل‌ونقل همراه است. استفاده از خودروهای شخصی برای رفت‌وآمد و تعداد روزافزون خودروها در جاده‌ها به آلودگی هوا، انتشار کربن و شلوغی ترافیکی منجر می شود. سیستم‌های حمل‌ونقل ناکارآمد می‌توانند تأثیرات اکولوژیکی را بیشتر کنند (لاو و همکاران[5]، ۲۰۱۸).

[1] Ahmed, Z., et al.
[2] lu, et al.
[3] Danish, et al
[4] Chen, Y., et al.
[5] Luo, W., et al.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

۲-۱۰ کانال‌های اثرگذاری شاخص توسعه مالی بر ردپای اکولوژیکی

توسعه مالی به عنوان یکی از عوامل مهم در رشد اقتصادی، می‌تواند تأثیرات گوناگونی بر محیط‌زیست و به ویژه ردپای اکولوژیکی داشته باشد(بالوچ و همکاران[۱]، ۲۰۱۹). این تأثیرات از طریق کانال‌های مختلفی مانند افزایش سرمایه‌گذاری، رشد اقتصادی و تغییر الگوهای مصرف رخ می‌دهند. به‌طور کلی، توسعه مالی با تسهیل دسترسی به منابع مالی و افزایش سرمایه‌گذاری، می‌تواند موجب رشد اقتصادی و افزایش تولید صنعتی شود که به نوبه خود منجر به مصرف بیشتر منابع طبیعی و افزایش انتشار آلاینده‌ها می‌شود(شهباز[۲] و همکاران،۲۰۲۱). در نتیجه، این امر می‌تواند به افزایش ردپای اکولوژیکی و تخریب محیط‌زیست منجر شود. در مقابل، توسعه مالی می‌تواند از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های زیست‌محیطی و فناوری‌های پاک، به کاهش ردپای اکولوژیکی کمک کند. به‌عنوان مثال، تشویق به سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و حمل‌ونقل پایدار می‌تواند به بهبود بهره‌وری منابع و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی منجر شود. علاوه بر این، ورود سرمایه‌گذاری‌های خارجی و انتقال فناوری‌های پاک نیز می‌تواند نقش مثبتی در مدیریت زیست‌محیطی ایفا کند، هرچند ممکن است در برخی موارد به افزایش بهره‌برداری از منابع طبیعی بیانجامد(احمد و همکاران[۳]، ۲۰۲۲) در نهایت، تأثیر توسعه مالی بر ردپای اکولوژیکی به شدت به چارچوب‌های سیاست‌گذاری بستگی دارد. سیاست‌های مالی و زیست‌محیطی هماهنگ می‌توانند اثرات منفی را کاهش داده و از توسعه پایدار حمایت کنند. بنابراین، طراحی و اجرای سیاست‌هایی که همزمان رشد اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست را هدف قرار دهند، ضروری است تا توسعه مالی به جای تشدید مشکلات زیست‌محیطی، به بهبود آن کمک کند. این مقاله بر اساس نظریه‌ها و مدل‌های اقتصادی زیست‌محیطی و پایداری انرژی استوار است.

در ادامه، نظریه‌ها و مدل‌های مختلفی که ارتباط بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی را تحلیل می‌کنند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. این تحلیل‌ها به‌ویژه بر روی مفاهیم هزینه

[۱] Baloch, et al.

[۲] Shahbaz, et al.

[۳] Ahmad, et al.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

اجتماعی، مدیریت منابع طبیعی، پایداری انرژی، تغییرات اقلیمی، و مدل‌های ارزیابی ردپای اکولوژیکی متمرکز هستند.

نظریه هزینه اجتماعی[۱]

نظریه هزینه اجتماعی یکی از اصلی‌ترین نظریه‌ها در اقتصاد زیست‌محیطی است که به بررسی هزینه‌های خارجی ناشی از مصرف انرژی می‌پردازد. هزینه‌های خارجی به هزینه‌هایی اطلاق می‌شود که به‌واسطه فعالیت‌های اقتصادی از جمله تولید و مصرف انرژی ایجاد می‌شود، اما در قیمت‌های بازار لحاظ نمی شوند. طبق این نظریه، مصرف انرژی باید تمامی اثرات منفی آن بر محیط‌زیست، به‌ویژه در قالب آلودگی هوا، تغییرات اقلیمی و کاهش منابع طبیعی، را در بر بگیرد. برای مثال، در مدل های اقتصادی که بر مبنای نظریه هزینه اجتماعی طراحی می‌شوند، هزینه‌های ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای یا آلودگی‌های محیطی باید به‌طور مستقیم به هزینه‌های تولید انرژی اضافه شوند تا مصرف انرژی بهینه و متعادل باشد (فوکت[۲]، ۲۰۱۱)، (استانک و چرنوفسکا[۳]، ۲۰۱۲).

نظریه اقتصاد منابع طبیعی[٤]

این نظریه به بررسی چگونگی مدیریت منابع طبیعی می‌پردازد و بر اهمیت استفاده بهینه از این منابع تأکید دارد. منابع انرژی تجدیدپذیر (مانند انرژی خورشیدی، بادی و آبی) و غیرتجدیدپذیر (مانند سوخت‌های فسیلی) در این چارچوب مورد تحلیل قرار می‌گیرند. طبق نظریه اقتصاد منابع طبیعی، استفاده بی‌رویه از منابع غیرتجدیدپذیر می‌تواند به تخریب محیط‌زیست و کاهش کیفیت زندگی در بلندمدت منجر شود. این نظریه به‌ویژه در تحلیل سیاست‌های انرژی در کشورهای در حال توسعه که به منابع انرژی فسیلی وابسته هستند، اهمیت دارد. نظریه کاهش مصرف انرژی نیز در این بخش بررسی می‌شود. این نظریه بیان می‌کند که برای حفظ منابع طبیعی و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی، مصرف

[۱] Social Cost Theory

[۲] Fouquet

[۳] Stanek & Czarnowska

[۴] Natural Resource Economics

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

انرژی باید با هدف کاهش شـــدت اســـتفاده از منابع تجدیدناپذیر صـــورت گیرد و به‌جای آن منابع تجدیدپذیر جایگزین شوند(تیتنبرگ[۱]، ۲۰۲۳) .

نظریه پایداری انرژی[۲]

نظریه پایداری انرژی، به‌طور خاص به بررسـی مصـرف انرژی از منظر پایداری و در راسـتای تحقق توســعه پایدار می‌پردازد. این نظریه بر اســتفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و کاهش وابســتگی به سـوخت‌های فسـیلی تأکید دارد. طبق این نظریه، مصـرف انرژی باید به‌گونه‌ای انجام شـود که تأثیرات منفی آن بر محیط‌زیســت به حداقل برســد و در عین حال نیازهای نســل‌های آینده نیز تأمین شــود. این مفهوم به‌ویژه در ارتباط با اقتصاد چرخشی[۳] و اقتصاد سبز[۴] اهمیت دارد.

در چارچوب پایداری انرژی، اســتفاده از فناوری‌های نوین مانند انرژی‌های خورشــیدی، بادی، هیدروژن و انرژی زمین‌گرمایی مورد توجه قرار می‌گیرد. همچنین، اصــلاحات در فرآیندهای صــنعتی برای بهره‌وری بیشــتر انرژی و کاهش اتلاف انرژی نیز از جنبه‌های مهم این نظریه اســت (دل ریو و بورگیلو[۵]، ۲۰۰۸).

نظریه توسعه پایدار[۶]

نظریه توســعه پایدار به‌عنوان یکی از مفاهیم محوری در این مقاله مورد توجه اســت. این نظریه بیان می‌کند که رشــد اقتصــادی باید به‌گونه‌ای باشــد که در عین تأمین نیازهای فعلی، منابع طبیعی برای نسل‌های آینده نیز حفظ شوند. در این راستا، پایداری انرژی به‌عنوان یکی از ارکان اساسی در توسعه

[۱] Tietenberg

[۲] Energy Sustainability Theory

[۳] Circular Economy

[۴] Green Economy

[۵] Del Río & Burguillo

[۶] Sustainable Development Theory

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

پایدار مطرح می‌شـــود. برنامه‌ریزی برای انرژی پایدار و توســـعه فناوری‌های نوین برای تأمین انرژی به‌صورت تجدیدپذیر، از جمله مهم‌ترین محورهای این نظریه است(بوسل[۱]، ۱۹۹۹).

نظریه تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر مصرف انرژی[۲]

تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های جهانی در دهه‌های اخیر شناخته می‌شود. این نظریه به بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر ساختار و الگوهای مصرف انرژی می‌پردازد. طبق این نظریه، افزایش دما و تغییرات در الگوهای بارش و آب‌وهوایی می‌تواند تقاضا برای انواع مختلف انرژی (مانند انرژی برای گرمایش یا سرمایش) را تغییر دهد. در کشورهایی که بیشتر به منابع انرژی فسیلی وابسته هستند، تغییرات اقلیمی می‌تواند موجب افزایش هزینه‌های انرژی و تشدید اثرات منفی زیست‌محیطی شود.همچنین، این نظریه تأکید دارد که کاهش گازهای گلخانه‌ای و انتقال به منابع انرژی تجدیدپذیر می‌تواند به کاهش تغییرات اقلیمی و اثرات منفی آن بر محیط‌زیست کمک کند(کلی و آجر[۳]، ۲۰۰۰).

- **مدل‌های ارزیابی پایداری و ردپای اکولوژیکی[٤]**

یکی از مؤلفه‌های مهم در تحلیل پایداری انرژی، مدل‌های ارزیابی پایداری هستند که توانایی سنجش میزان اثرات زیست‌محیطی و اقتصادی مصرف انرژی را دارند. این مدل‌ها می‌توانند به تحلیل و ارزیابی عملکرد کشورهای مختلف در زمینه کاهش مصرف انرژی و استفاده از منابع تجدیدپذیر کمک کنند.

شاخص ردپای اکولوژیکی یکی از این مدل‌ها است که برای سنجش میزان تأثیرات منفی انسان بر محیط‌زیست استفاده می‌شود. این شاخص نشان می‌دهد که چگونه فعالیت‌های انسانی (از جمله مصرف انرژی) بر منابع طبیعی تأثیر می‌گذارند و چقدر زمین برای جذب گازهای گلخانه‌ای، تولید مواد غذایی و تأمین منابع مصرفی نیاز است. کاهش ردپای اکولوژیکی یکی از اهداف اصلی در تحلیل‌های پایداری انرژی است (ون دن برگ و وربروگن[٥]، ۱۹۹۹).

---

[۱] Bossel

[۲] Climate Change and Energy Consumption Theory

[۳] Kelly & Adger

[٤] Sustainability Assessment and Ecological Footprint Models

[٥] Van den Bergh & Verbruggen

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

- **نظریه‌های اقتصادی رشد و مصرف انرژی**[۱]

در نهایت، نظریه‌های اقتصادی رشد به تحلیل رابطه میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی می‌پردازند. این نظریه‌ها نشان می‌دهند که مصرف بیشتر انرژی در کوتاه‌مدت می‌تواند به رشد اقتصادی منجر شود، اما در بلندمدت، این مصـــرف بالا می‌تواند اثرات منفی بر محیط‌زیســـت و منابع طبیعی داشـــته باشـــد. بنابراین، اسـتفاده از مدل‌هایی که بتوانند تأثیرات منفی مصـرف انرژی بر توسـعه پایدار را کاهش دهند، ضروری است(عمری[۲]، ۲۰۱۴).

چارچوب نظری پژوهش حاضر بر اساس ترکیب نظریه‌های اقتصاد زیست‌محیطی و پایداری انرژی طراحی شده است. این نظریه‌ها به‌طور جامع به تحلیل روابط میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی پرداخته و اهمیت ا ستفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی را برجسته می‌کنند. همچنین، نظریه‌های مختلفی در زمینه مدیریت منابع طبیعی و توسعه پایدار به تحلیل نقش حیاتی مصـــرف انرژی در کاهش تغییرات اقلیمی و ارتقاء کیفیت زندگی پرداخته‌اند. در نهایت، این چارچوب نظری به‌عنوان پایه‌ای برای تحلیل‌های کمی و کیفی در این مطالعه استفاده خواهد شد.

۳. پیشینه تحقیق

پیشینه تحقیق در زمینه شدت مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی به‌ویژه در سال‌های اخیر رشد چشـــمگیری داشـــته اســـت. مطالعات مختلف در ســـطح جهانی و منطقه‌ای تلاش کرده‌اند تا تأثیرات مصـرف انرژی و به‌ویژه انرژی‌های فسـیلی بر محیط‌زیسـت را بررسـی کنند. در این بخش، به بررسـی پیشینه تحقیقات داخلی و خارجی پرداخته و نتایج به‌دست‌آمده از آنها را مقایسه خواهیم کرد.

طرازکار و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح‌شده، به مطالعه تأثیر مصرف انرژی و رشد اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی در منطقه خاورمیانه در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشـــان داد که مصـــرف انرژی دارای اثر منفی و معنادار بر

[۱] Energy-Economic Growth Theories

[۲] Omri

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

شاخص ردپای اکولوژیکی در کشورهای خاورمیانه است. در این تحقیق، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه که بیشتر به منابع انرژی فسیلی وابسته‌اند، تأثیرات منفی مصرف انرژی بر محیط‌زیست برجسته شده است. این مطالعه همچنین نشان داد که رشد اقتصادی در این کشورهای منطقه به‌طور غیرمستقیم به افزایش مصرف انرژی و در نتیجه افزایش ردپای اکولوژیکی منجر شده است.

صفرزاده و شاداستانجین (۱۴۰۰) در تحقیق خود به بررسی تأثیر مصرف انرژی برق‌آبی و انتشار گازهای گلخانه‌ای بر ردپای اکولوژیکی در ایران طی دوره زمانی ۱۳۵۹ تا ۱۳۹۷ پرداخته‌اند. این مطالعه که از روش خودتوضیح برداری با وقفه‌های گسترده استفاده کرده است، نشان داد که بین مصرف انرژی برق‌آبی و کاهش ردپای اکولوژیکی در کوتاه‌مدت و بلندمدت رابطه منفی و معناداری وجود دارد. این نتایج اهمیت انرژی های تجدید پذیر مانند انرژی آبی را در کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی تأکید می‌کند.

پارسا شریف و همکاران (۱۴۰۰) نیز در مطالعه خود به بررسی عوامل مؤثر بر ردپای اکولوژیکی شامل مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی سرانه، درجه باز بودن تجارت و توسعه مالی در کشورهای منتخب آسیا و اروپا طی بازه زمانی ۱۹۹۲ – ۲۰۱۳ پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف انرژی و توسعه مالی دارای رابطه مثبت و معنادار با ردپای اکولوژیکی سرانه هستند. از سوی دیگر، متغیرهای تجارت باز و تولید ناخالص داخلی سرانه با کاهش ردپای اکولوژیکی رابطه منفی داشته‌اند.

اصفهانی و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی رابطه بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیکی در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو دسته کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، رابطه مثبت و معناداری بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیکی وجود دارد. این یافته‌ها با مطالعات قبلی تطابق دارد که نشان می‌دهند در بیشتر کشورهای جهان، افزایش مصرف انرژی همراه با رشد اقتصادی منجر به افزایش ردپای اکولوژیکی می‌شود.

شریف و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر مصرف انرژی‌های غیر تجدیدپذیر و انرژی‌های تجدیدپذیر بر شاخص ردپای اکولوژیکی در کشور ترکیه پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر باعث کاهش شاخص ردپای اکولوژیکی در کشور ترکیه

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

می‌شود. این مطالعه همچنین تأکید کرد که انرژی‌های تجدیدناپذیر، مانند سوخت‌های فسیلی، تأثیر منفی و معناداری بر محیط‌زیست دارند. نتایج این تحقیق با یافته‌های سایر مطالعات مشابه که نشان می‌دهند انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند به کاهش اثرات منفی محیطی کمک کنند، همخوانی دارد.

آیدین و توران (۲۰۲۰) در مطالعه خود به بررسی تأثیر مصرف انرژی بر ردپای اکولوژیکی در کشورهای عضو سازمان بریکس (BRICS) طی دوره زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف انرژی در کشورهای بریکس تأثیر مثبت و معناداری بر افزایش ردپای اکولوژیکی دارد. این مطالعه بر تأثیرات منفی مصرف انرژی بر محیط‌زیست در کشورهای در حال توسعه تأکید می‌کند، جایی که وابستگی به انرژی‌های فسیلی بیشتر است.

رحمان و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیق خود به بررسی تأثیر مصرف انرژی و جهانی‌سازی بر شاخص ردپای اکولوژیکی و پایداری زیست‌محیطی در پاکستان پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش حاکی از وجود رابطه مثبت، معنادار و بلندمدت میان مصرف انرژی، جهانی‌سازی و ردپای اکولوژیکی در پاکستان است. این تحقیق تأکید دارد که در شرایط جهانی شدن، افزایش مصرف انرژی می‌تواند به افزایش ردپای اکولوژیکی و در نتیجه مشکلات زیست‌محیطی منجر شود.

زیابادی و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهش خود به بررسی عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر شاخص ردپای اکولوژیکی شامل مصرف انرژی در ایران طی بازه زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۵ و با استفاده از مدل تصحیح خطای مارکوف اسویچینگ پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه حاکی از اثر مثبت و کاملاً معنادار مصرف انرژی بر شاخص ردپای اکولوژیکی در ایران است.

خان و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه خود به بررسی تأثیر شدت مصرف انرژی بر پایداری زیست‌محیطی در کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی آسیا و اقیانوسیه (APEC) طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶ و با استفاده از روش پانل غیرخطی پرداخته است. نتایج این پژوهش حاکی از تأثیر منفی و معنادار شدت مصرف انرژی بر پایداری زیست‌محیطی در کشورهای مورد پژوهش است. با توجه به پیشینه تحقیقاتی ارائه‌شده، می‌توان تفاوت‌های قابل توجهی میان نتایج مطالعات داخلی و خارجی مشاهده کرد. در حالی که بسیاری از مطالعات داخلی بر وابستگی کشورهای در حال توسعه به منابع انرژی فسیلی تأکید دارند، تحقیقات خارجی نیز بر اهمیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

به‌عنوان راهی برای کاهش ردپای اکولوژیکی تأکید می‌کنند. به‌ویژه در کشـــورهای توســـعه‌یافته، مشاهده می‌شود که تمرکز بیشتری بر روی کاهش مصرف انرژی و استفاده از منابع انرژی پاک وجود دارد، که تأثیرات مثبتی بر کاهش ردپای اکولوژیکی به همراه داشته است.

همچنین، بســـیاری از مطالعات خارجی به تحلیل عمیق‌تری در زمینه مدل‌های پویای زمانی پرداخته‌اند که به تحلیل تغییرات ساختاری در طول زمان می‌پردازد. در مقابل، بیشتر تحقیقات داخلی بر استفاده از مدل‌های ایستا و بررسی‌های مقطعی تأکید دارند که به تحلیل دقیق‌تر پویایی‌های زمانی و تعاملات میان متغیرها کمک نمی‌کند.

با توجه به مقایسه پیشینه تحقیق داخلی و خارجی، مشخص است که در حالی که مصرف انرژی و ردپای اکولوژیکی به‌عنوان دو شاخص مهم در پژوهش‌های زیست‌محیطی شناخته شده‌اند، بسیاری از پژوهش‌ها به تحلیل‌های بیشتری نیاز دارند که به بررسی دقیق‌تر روابط میان این متغیرها و تأثیرات آنها بر ســیاســت‌گذاری‌ها پرداخته و نتایج عملیاتی آنها را مورد توجه قرار دهد. پژوهش‌های آینده باید به اســتفاده از مدل‌های پویای زمانی و تحلیل‌های چندبعدی بپردازند تا به تحلیل دقیق‌تری از تغییرات و تعاملات پیچیده میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست برسند.

پژوهش حاضـــر با بهره‌گیری از مدل خودرگرســـیون برداری با پارامترهای متغیر در طول زمان (TVP-VAR)، تفاوت مهمی با مطالعات پیشین دارد. مدل TVP-VAR به دلیل توانایی آن در بررسی پویایی‌های زمانی بین متغیرها انتخاب شده است. مدل‌های تک معادله‌ای نمی‌توانند تغییرات ساختاری و تعاملات متغیرها را در طول زمان به‌خوبی مدل‌ســـازی کنند. بنابراین، اســـتفاده از یک مدل برداری خودرگرســـیون با پارامترهای متغیر در طول زمان (TVP-VAR) امکان تحلیل دقیق‌تری را فراهم می‌کند. مطالعه حاضـــر با رویکرد TVP-VAR به بررســـی پویایی‌های زمانی و تغییرات ســـاختاری این روابط در طول دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۱ پرداخته اســـت. به‌علاوه، شـــاخص‌های کلیدی مانند تولید ناخالص داخلی، توســـعه مالی و شـــاخص توســـعه انســـانی به صـــورت پویا در تحلیل وارد شـــده‌اند که به فهم عمیق‌تری از تاثیرات زمانی و متقابل این عوامل می‌انجامد. این رویکرد به‌خصوص در شرایط اقتصادی و زیست‌محیطی متغیر ایران، تحلیل جامع‌تری نسبت به سایر پژوهش‌ها ارائه می‌دهد.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

٤. مدل تحقیق و روش برآورد

٤-١. مدل خودرگرسیون برداری با پارامترهای قابل‌تغییر طی زمان

مدل خودرگرسیون برداری با پارامترهای قابل‌تغییر طی زمان بر خلاف مدل خودرگرسیون برداری معمولی، امکان محاسبه ضرایب متغیر در طول زمان را فراهم می‌کند. در اقتصاد کلان به علت تغییر شرایط، شکست‌های ساختاری و تغییرات سیکلی در سری‌های زمانی، مدل TVP-VARبه ما این امکان را می‌دهد که ماهیت تغییر زمانی ساختار اقتصادی را به طور دقیق و قوی شبیه‌سازی کنیم (دل نگرو و اتروک، ۲۰۰۸؛ کروبلیس، ۲۰۱۳).

برای تخمین پارامترها در مدل TVP-VAR، از رویکرد بیزی استفاده شده است. این رویکرد به‌ویژه در تحلیل‌های دینامیک زمانی مفید است، زیرا می‌تواند به ما کمک کند تا عدم قطعیت‌ها و تغییرات زمانی در ضرایب مدل را به‌طور دقیق‌تری برآورد کنیم. در این فرآیند، برای انتخاب پیشین‌ها (Priors)، از توزیع‌های گاوسی برای پارامترهای ضرایب و ماتریس کوواریانس استفاده شده است. این پیشین‌ها به‌طور خاص برای مدل‌های خودرگرسیون برداری و پارامترهای قابل‌تغییر در زمان طراحی شده‌اند تا نتایج تخمین‌ها به‌طور بهینه به‌دست آید (دل نگرو و اتروک[1]، ۲۰۰۸؛ کروبلیس[2]، ۲۰۱۳).

برای تخمین پارامترهای مدل در فضای استنباط بیزی، از زنجیره مارکوف مونت کارلو (MCMC) استفاده شد. زنجیره مارکوف مونت‌کارلو ابزاری است که برای شبیه‌سازی توزیع‌های پیچیده و برآورد پارامترهای مدل‌های بیزی به‌کار می‌رود. در این تحقیق، زنجیره‌های مارکوف با استفاده از روش اَن‌سامبل متغیرها تنظیم شدند تا به ما امکان دهد توزیع‌های احتمالاتی دقیق‌تری از پارامترها و ضرایب مدل به‌دست آوریم.

برای ارزیابی صحت نتایج حاصل از تخمین مدل، از آزمون همگرایی زنجیره مارکوف استفاده شد. این آزمون به‌ویژه برای بررسی همگرایی زنجیره‌های مارکوف در فرآیندهای شبیه‌سازی شده ضروری است. برای این منظور، از معیار نسبت تحلیل ریشه‌واحد (Gelman-Rubin Diagnostic)

[1] Del Negro & Otrok
[2] Korobilis

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

ا ستفاده شده ا ست تا همگرایی زنجیره‌ها در طول فرآیند MCMC برر سی شود. با توجه به نتایج آزمون همگرایی، اطمینان حاصل شد که زنجیره‌ها به وضعیت پایدار و همگرای مناسب رسیده‌اند، که به این معنی است که نتایج بدست‌آمده از تخمین پارامترها معتبر هستند.

در این پژوهش، برای مدل‌ســازی تغییرات زمانی پارامترها و روابط بین متغیرها از این فرآیندها اســتفاده شــده اســت تا تحلیل‌های پویای دقیق‌تری از اثرات متقابل متغیرها مانند شــدت مصــرف انرژی، تولید ناخالص داخلی سرانه و توسعه مالی ارائه گردد.

در مدل با پارامترهای قابل‌تغییر طی زمان با نو سانات ت صادفی که به‌و سیله پریمی‌سری[1] (۲۰۰۵) پیشنهاد می‌شود، مدل را می‌توان با استفاده از زنجیره مارکوف مونت‌کارلو[2] در فضای استنباط بیزی تخمین زد. برای معرفی مدل TVP-VAR ابتدا یک مدل VAR ســاختاری به شــکل زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$Ay_t = Q_1 y_{t-1} + \cdots + Q_p y_{t-p} + u_t . T = P + 1. \ldots . T \qquad (۳)$$

که y_t نشان‌دهنده‌ی بردار $n \times 1$ متغیرهای مشاهده‌شده، A و $Q_1 \ldots Q_p$ ماتریس $n \times n$ پارامترها و $u_t \sim (0. \sum_u)$ بردار $n \times 1$ شوک‌های ساختاری است که به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\sum = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \ldots & 0 & \sigma_n \end{bmatrix} \qquad (۴)$$

رابطهٔ شبیه سازی بین شوک‌های ساختاری را به شکل بازگشتی تعیین می‌کنیم، فرض کنید که A یک ماتریس مثلثی پایین که عناصر روی قطر اصلی برابر با یک هستند:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ \alpha_{2.1} & 1 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ \alpha_{n.1} & \cdots & \alpha_{n.n-1} & 1 \end{bmatrix} \qquad (۵)$$

در معادلهٔ (۵) مشکل تعیین مقدار منحصربه‌فردی برای پارامترها در مدل وجود دارد؛ زیرا ضرایب مجهول هستند و متغیرها ممکن است هم زمان‌بر یکدیگر اثر بگذارند (بردین و اریلی[3]،

[1] Primiceri
[2] Markov Chain Monte Carlo (MCMC)
[3] Bredin & O'Reilly

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

۲۰۰۴). برای تخمین پارامترها، معادلهٔ (۴) را به‌صورت مدل VAR تعدیل‌شده، دوباره تصریح می‌کنیم.

$$y_t = B_1 y_{t-1} + \cdots + B_p y_{t-p} + A^{-1} \sum_t \varepsilon_{t.}\ \varepsilon_t \sim (0. I_n) \qquad (۶)$$

در معادلهٔ (۶)، $B_i = A^{-1} Q_i$ برای $i = 1 . \ldots . p$. همچنین B را به‌عنوان یک سطر $B_1 . \ldots . B_n$ تعریف می‌کنیم تا شکل تعدیل‌شده را به‌صورت زیر نشان دهیم:

$$y_t = X_1 B + A^{-1} \sum_t \ \varepsilon_t \qquad (۷)$$

که در اینجا $X_t = I_n \otimes [1. y'_{t-1} . \ldots . y'_{t-p}]$ و $\otimes$ نیز حاصل‌ضرب کرونکر است. همه‌ی پارامترها متغیر در زمان نیستند. فرض می‌کنیم که همه‌ی پارامترهای $(B. A. \sum)$ در طی زمان تغییر می‌کنند؛ سپس، معادلات (۶) و (۷) را دوباره به شکل زیر تصریح می‌کنیم:

$$y_t = B_1 y_{t-1} + \cdots + B_p y_{t-p} + \varepsilon_{t.}\ e_t \sim N(0. \Phi_t) \qquad (۸)$$

$$y_t = X_t B + e_t\ . t = p + 1. \ldots . n \qquad (۹)$$

که در اینجا y_t بردار $(k \times 1)$ از متغیرهای مشاهده‌شده است. $B_{1t} . \ldots . B_{pt}$ بردار $(k \times k)$ از ضرایب متغیر در زمان است. Φ_t ماتریس کوواریانس متغیر در زمان با ابعاد $(k \times k)$ است؛ همچنین Φ_t برابر با $\Phi_t = A_t^{-1} \sum_t \sum_t \acute{A}_t^{-1}$ است که A_t ماتریس مثلث پایین با عناصر قطری برابر با یک و $\sum t$ نیز ماتریس قطری شامل انحراف‌معیار شوک‌های ساختاری است. X_t هم همان تعریف قبلی را دارد. همه‌ی پارامترها متغیر در زمان نیستند. B_t برداری سطری به‌صورت $B_{1t} . \ldots . B_{pt}$، a_t نیز بردار سطری از عناصر ماتریس A_t است. در نهایت عناصر بردار $x_t = (x_{1t} . \ldots . x_{nt})$ را به‌صورت $x_{ji} = log\sigma_{ji}$ تعریف می‌کنیم $(j = 1. \ldots . n)$. پارامترهای متغیر در زمان فرض می‌شود که از یک فرآیند گام تصادفی پیروی می‌کند.

$$\begin{matrix} B_t = B_{t-1} + v_t \\ a = a_{t-1} + \xi \\ x_t = x_{t-1} + \eta_t \end{matrix} \quad , \begin{pmatrix} \varepsilon_t \\ v_t \\ \xi_t \\ \eta_t \end{pmatrix} \sim N\left(0. \begin{pmatrix} I_n & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sum_B & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sum_a & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sum_X \end{pmatrix} \right) \qquad (۱۰)$$

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

در اینجا $t = p + 1. \ldots . n$ اســت، همچنین $e_t = A_t^{-1} \sum_t \varepsilon_t$ اســت و I_n ماتریس واحدی با nعنصــر اســت ز مانی که $\sum_B$، $\sum_a$ و $\sum_x$ ماتریس های معین مثبت باشــند. ماتریس کوواریانس $\sum_a$و $\sum_x$ فرض می‌شود که قطری هستند در این ماتریس، شوک‌ها بین پارامترهای متغیر در زمان ناهمبسته هستند. همان‌طور که مشاهده می شود، معادلات (۹) و (۱۰) در فرم فضا ـ حالت بیان شده‌اند. مدل‌های فضا ـــ حالت شامل دو معادله ا ست: یکی معادله‌ی حالت[1]در اینجا معادله (۱۰) که گاهی معادله‌ی انتقال[2] نیز نامیده می شود و دیگری معادله‌ی اندازه‌گیری[3]. معادله‌ی اندازه‌گیری، معادله‌ای است که ارتباط بین متغیرهای مشاهده‌شده (داده‌ها) و متغیرهای مشاهده‌نشده را توصــیف می‌کند و معادله‌ی حالت پویای متغیرهای حالت را نشــان می‌دهد. مجموع این دو معادله، همان مدل فضا ـــ حالت نامیده می‌شود. فرض می‌کنیم که حالت برای پارامترهای متغیر در ز مان برابر با $B_{p+1} \sim N(v_{\beta 0}. \sum_{\beta 0})$ ، $a_{p+1} \sim N(v_{a0}. \sum_{a0})$ و $x_{p+1} \sim N(v_{x0}. \sum_{x0})$ هســتند (کارتر و کوهن[4]، ۱۹۹۴).

در این قسمت از تحقیق، به بیان نتایج و پیامدهای این پژوهش می‌پردازیم. در ابتدا، ویژگی‌های اصــلی متغیرهای مورد بررســی ارائه خواهند شــد و ســپس به تحلیل بهینه زمانی مدل می‌پردازیم. ســپس، برای اطمینان از صــحت نتایج، از آزمون‌های پایداری برای ضــرایب مدل و پایداری مدل رگر سیون ا ستفاده خواهیم کرد. در ادامه، نتایج مدل رگر سیون با تغییرات پارامترهای آن در طول زمان مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

٤-٢. آزمون ریشه واحد

در این مطالعه، برای بررسی مانایی متغیرها از آزمون ریشه واحد استفاده شده است. به‌ویژه، به دلیل وجود شکست‌های ساختاری در ساختار اقتصادی ایران طی چند دهه گذشته، آزمون‌های ریشه واحد با در نظر گرفتن این شکست‌ها مورد ا ستفاده قرار گرفت. در این تحقیق، آزمون‌های

[1] State Equation
[2] Transation Equation
[3] Measurement Equation
[4] Carter & Kohn

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

دیکی-فولر و فیلیپس-پرون به‌طور خاص برای بررسی ریشه واحد در نظر گرفته شده‌اند، که هریک از این آزمون‌ها برای ارزیابی ویژگی‌های ایستا بودن سری‌های زمانی و شناسایی ریشه واحد در داده‌ها طراحی شده‌اند. هر یک از این آزمون‌ها با توجه به ویژگی‌های خاص داده‌های ایران (که شامل تغییرات اقتصادی و بحران‌های متعدد است)، به‌طور همزمان در این تحقیق به‌کار گرفته شدند.

آزمون دیکی-فولر به‌ویژه برای سری‌های زمانی با روند یا وقفه‌های متغیر زمانی استفاده می‌شود، در حالی که آزمون فیلیپس-پرون برای داده‌هایی که ممکن است دارای همبستگی درون‌گروهی و یا تغییرات ساختاری باشند، مناسب است. این آزمون‌ها به‌طور همزمان در این تحقیق برای بهبود دقت و صحت نتایج استفاده شدند.

به‌منظور در نظر گرفتن شکست‌های ساختاری در این آزمون‌ها، نقاط بحرانی در سال‌های مختلف شناسایی شد. این شکست‌ها در نقاط مختلف اقتصادی ایران، از جمله تغییرات عمده در سیاست‌های اقتصادی، تحریم‌ها، و بحران‌های مالی داخلی رخ داده‌اند. برای شناسایی سال‌های شکست ساختاری، از آزمون‌های آزمون بیسکوف (Bai-Perron) و تست تغییرات ساختاری فیلیپس-پرون استفاده شده است که این نقاط را شناسایی کردند. به‌طور مثال، در جدول ۱، سال‌های شکست ساختاری برای هر متغیر به‌طور دقیق ذکر شده است که در آنها تغییرات عمده در روندهای اقتصادی ایران رخ داده است.

نتایج آزمون ریشه واحد به‌طور خلاصه در جدول (۱) آورده شده است. باتوجه‌به اینکه تمامی متغیرهای مدل با در نظر گرفتن شکست‌های ساختاری دارای آماره آزمون معنادار و احتمال کمتر از ۵ درصد هستند، فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد رد می‌شود. به این ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت که تمامی متغیرها در سطح مانا ((I(0)) هستند.

از آنجا که همه متغیرها در سطح مانا هستند، مدل خودرگرسیون برداری (VAR) با پارامترهای قابل تغییر در طول زمان (TVP-VAR) برای مدل‌سازی داده‌ها استفاده شده است. این مدل برای بررسی پویایی‌های زمانی و ساختاری در روابط میان متغیرها طراحی شده است. همچنین، با توجه

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

به مانایی متغیرها در سطح، نیازی به اجرای آزمون هم‌انباشتگی برای بررسی وجود رابطه بلندمدت میان متغیرها نیست.

جدول ۱- نتایج آزمون ریشه واحد دیکی-فولر و فیلیپس-پرون با در نظر گرفتن شکست‌های ساختاری برای بررسی مانایی متغیرها

نماد	نام متغیر	آماره آزمون		سال شکست ساختاری	مانایی
		سطح	یک‌بار تفاضل		
EF	ردپای اکولوژیکی	-۳/۰۷ (۰/۰۰۷)	-	۱۳۹۳	I(0)
EI	شدت مصرف انرژی	-۴/۹۶ (۰/۰۰۲)	-	۱۳۷۵	I(0)
GDP	تولید ناخالص داخلی سرانه	-۳/۴۹ (۰/۰۰۳)	-	۱۳۸۱	I(0)
OP	باز بودن تجاری	-۴/۰۸ (۰/۰۰۹)	-	۱۳۸۱	I(0)
FD	شاخص توسعه مالی	-۳/۱۹ (۰/۰۰۵)	-	۱۳۷۷	I(0)
HDI	شاخص توسعه انسانی	-۳/۰۴ (۰/۰۲۲)	-	۱۳۹۴	I(0)
UR	شهرنشینی	-۵/۴۰ (۰/۰۰۰)	-	۱۳۹۳	I(0)

منبع: نتایج پژوهش

باتوجه‌به اینکه تمام متغیرهای مدل، با درنظرگرفتن شکست‌های ساختاری، دارای احتمال کمتر از ۵ درصد هستند، می‌توان فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد را رد کرد و به این نتیجه رسید که تمامی متغیرها در سطح مانا هستند. باتوجه‌به مانایی متغیرها در سطح، از مدل خودرگرسیون برداری با پارامترهای قابل‌تغییر در طول زمان استفاده شد. به دلیل وجود متغیرهای سطح مانا، نیازی به اجرای آزمون هم انباشتگی برای اطمینان از وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل وجود ندارد.

٤-۳. تعیین طول وقفه بهینه

در ارزیابی مدل‌های خودرگرسیون برداری، پس از بررسی پایایی متغیرها، نیاز به تعیین طول بهینه وقفه برای این متغیرها داریم. تعیین وقفه بهینه بسیار مهم است، زیرا با افزایش هر وقفه، درجه آزادی سیستم کاهش می‌یابد. برای انجام این کار، از معیار شوارتز - بیزین استفاده می‌شود که بهترین انتخاب را ارائه می‌دهد. نتایج تعیین وقفه بهینه برای الگو در جدول (۲) نشان می‌دهد که وقفه بهینه برای مدل برابر با ۲ است.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

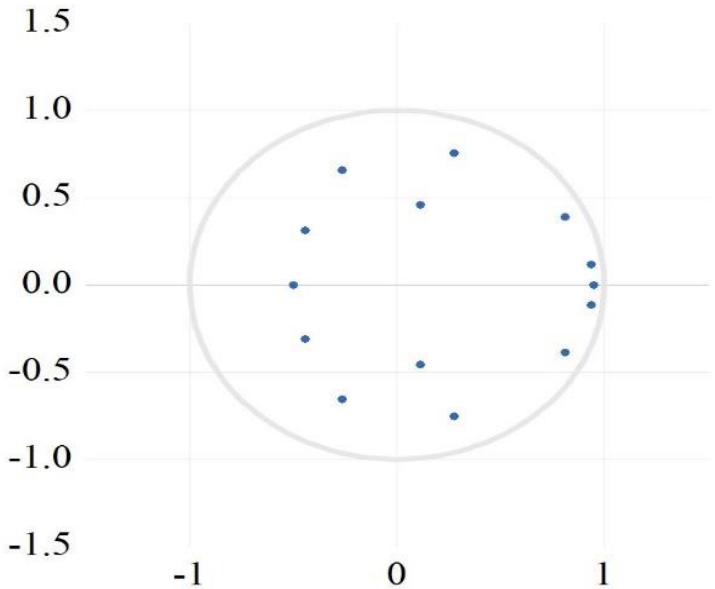
جدول ۲- تعیین طول وقفه بهینه با استفاده از معیارهای بیزین، شوارتز و آکائیک

وقفه	آکائیک	حنان - کویین	شوارتز - بیزین	خطای پیش‌بینی نهایی
۰	۸۹/٤۰	۸۹/۵۰	۸۹/۷۲	۱/۵۸e+۳۰
۱	۷۷/۱۷	۷۸/۰۰	۸۰/۹٤	۸/٤۸e+۲٤
۲	۷٦/۰٤*	۷۷/٦۱*	۷۹/۷۸*	٤/۹۸e+۲٤*

منبع: نتایج پژوهش

یادداشت: * نشان‌دهنده آماره مربوط به طول وقفه بهینه است.

برای ارزیابی پایداری ضرایب در مدل‌های اقتصادسنجی، از آزمون‌های متنوعی استفاده می‌شود که به‌عنوان‌مثال شامل آزمون مجموع تجمعی خطاهای بازگشتی، آزمون مجموع مجذور تجمعی خطاهای بازگشتی و آزمون دایره ریشه های معکوس چندجمله‌ای می‌شوند. در مدل های خودرگرسیون برداری، آزمون دایره ریشه‌های معکوس چندجمله‌ای به‌عنوان یکی از ابزارهای اساسی برای ارزیابی پایداری مدل استفاده می‌شود.



نمودار ٤ ارزیابی پایداری مدل با استفاده از آزمون دایره ریشه

منبع: نتایج پژوهش

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

همان‌طور که از نمودار (۴) مشاهده می‌گردد، هیچ ریشه‌ای خارج از دایره واحد قرار ندارد در نتیجه مدل خودرگرسیون برداری شرایط ثبات را برآورده می‌کند. باتوجه‌به مشاهدات مرتبط با نمودار (۴)، می‌توان نتیجه گرفت که هیچ ریشه‌ای خارج از دایره واحد مشاهده نمی‌شود، و به‌این‌ترتیب، مدل خودرگرسیون برداری شرایط ثبات را دارا است. جدول (۳) نیز آزمون‌های پایداری مدل شامل آزمون همبستگی سریالی، ناهمسانی واریانس، آزمون نرمالتی و آزمون ثبات هانسن را ارائه می‌کند.

جدول ۳ - نتایج آزمون‌های تشخیصی برای پایداری مدل

آزمون همبستگی سریالی (LM Test)			آزمون ناهمسانی واریانس			آزمون نرمالتی		
وقفه	آماره LRE	درجه آزادی	احتمال	آماره Chi-sq	درجه آزادی	احتمال	آماره Chi-sq	درجه آزادی	احتمال
۱	۸۷/۰۳	۴۹	۰/۳۳۲	۸۱/۱۹	۷۸	۰/۲۴۳	۱۲/۷۰	۱۴	۰/۰۰۳
۲	۸۱/۶۵	۴۹	۰/۴۶۷						
۳	۵۹/۹۴	۴۹	۰/۴۱۰						

آزمون ثبات پارامترها هانسن				
آماره LC	روندهای تصادفی (m)	روندهای قطعی (k)	روندهای حذف شده (p2)	احتمال
۰/۳۸۸	۴	۱	۱	۰/۲۸۴

منبع: نتایج پژوهش

باتوجه‌به سطح احتمال در آزمون همبستگی سریالی، فرضیه صفر دال عدم وجود همبستگی سریالی رد نشده است. از طرف دیگر، سطح احتمال آزمون ناهمسانی واریانس بالاتر از ۵ درصد است و فرضیه صفر این آزمون نیز دال بر وجود همسانی بین اجزای خطا قابل رد نیست. نتیجه آزمون نرمال بودن جز خطا نیز در سطح احتمال ۵ درصد رد نشده و درنتیجه اجزای خطا از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. نتیجه آزمون ثبات پارامترها نیز نشان می‌دهد که در سطح احتمال ۵ درصد، فرضیه صفر این آزمون مبنی بر ثبات پارامترها قابل رد نیست.

باتوجه‌به نتایج آزمون‌های تشخیصی و بعد از اطمینان از کاذب نبودن نتایج مدل، در بخش آتی به بیان نتایج مدل خودرگرسیون برداری با پارامترهای قابل‌تغییر طی زمان پرداخته خواهد شد.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

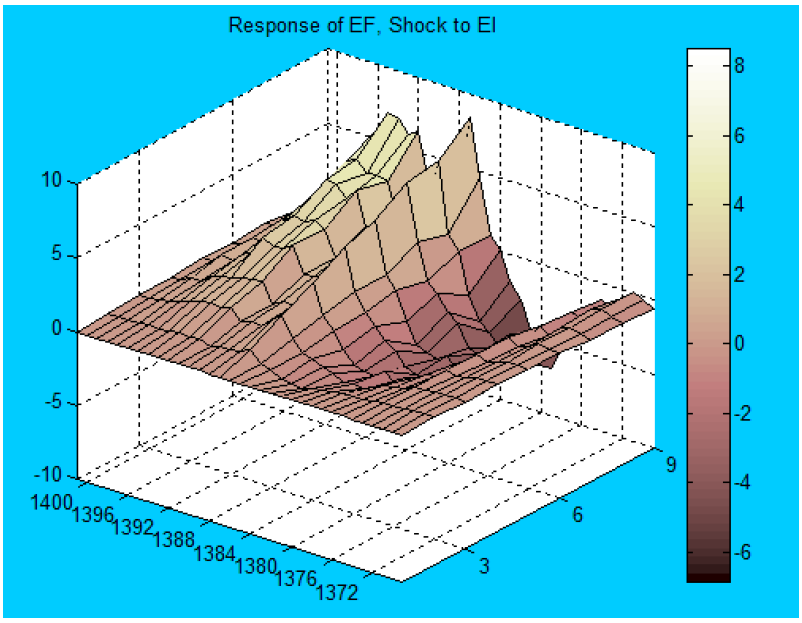
[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

۵- نتایج توابع توابع ضـــربه واکنش مدل خودرگرســـیون برداری با پارامترهای قابل‌تغییر طی زمان

در تصـاویر توابع واکنش فوری، عرض تصـویر نمایانگر تعداد دوره‌های مورد بررسـی اسـت و طول تصـــویر نمایانگر دوره زمانی پژوهش (۱۳۶۹-۱۴۰۰) اســـت. ارتفاع تصـــویر نمایانگر اندازه شوک ا ست. باتوجه‌به رنگ‌های متفاوت و اعدادی که در ستون مستطیلی سمت را ست تصویر آورده شده‌اند، هر رنگ مربوط به یک اندازه شوک است که می‌تواند مثبت یا منفی باشد. تفسیر تصاویر سه‌بعدی می‌تواند به دو روش انجام شود: اول) بر اساس سال‌های مختلف در طول دوره‌های متفاوت. به این صـورت می‌توان دید که مثلاً واکنش متغیر وابسـته نسـبت به یک شـوک در سـال ۱۳۹۵ در طول دوره‌های مختلف چگونه بوده است و برای سال‌های دیگر به همین ترتیب عملکرد. دوم) بر اسـاس دوره‌های مختلف در طول سـال‌های پژوهش. به این صـورت می‌توان دوره‌ها را به دوره‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت تقســیم کرد و در طول ســال‌های مطالعه، تغییرات واکنش متغیر وابسته نسبت به یک شوک را در این دوره‌ها در کل سال‌های موردنظر تفسیر نمود. نمودار (۵) تابع ضربه واکنش ردپای اکولوژیکی را نسبت به تکانه‌های شدت مصرف انرژی نشان می‌دهد.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]



نمودار (۵): توابع ضربه- واکنش تأثیر شدت مصرف انرژی بر ردپای اکولوژیکی

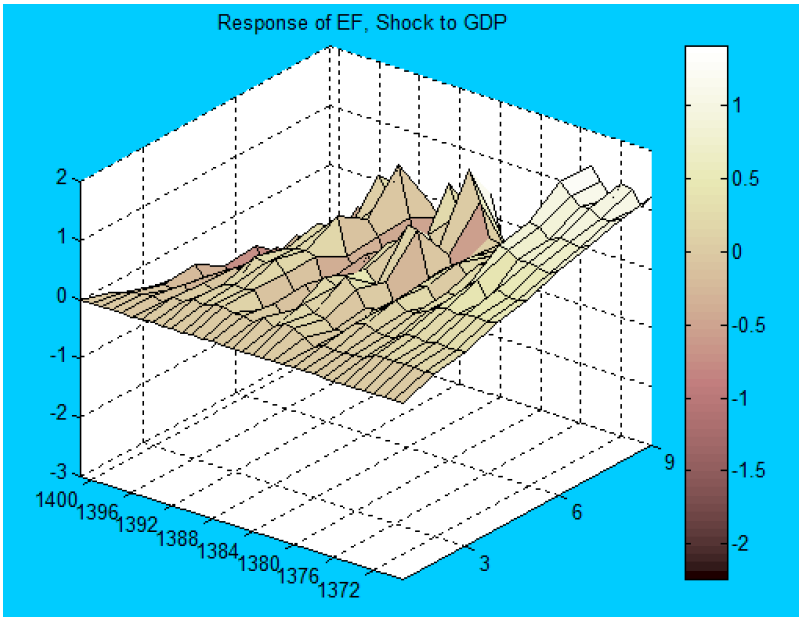
منبع: نتایج پژوهش

همان‌طور که مشاهده می‌گردد، از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۵ تکانه‌های شدت مصرف انرژی دارای تأثیر مثبت و ضعیف بر شاخص ردپای اکولوژیکی در ایران است. از سال ۱۳۷۵ و با افزایش شدت مصرف انرژی در ایران تأثیر این تکانه بر ردپای اکولوژیکی افزایش می‌یابد و تا انتهای بازه زمانی پژوهش، این تأثیر به‌صورت افزایشی است. این بدان معنی است که با افزایش شدت مصرف انرژی در ایران طی دوره زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت شاخص ردپای اکولوژیکی افزایش می‌یابد. شدت مصرف انرژی به دلایل متعدد می‌تواند ردپای اکولوژیکی را در یک کشور افزایش دهد. اولین دلیل می‌تواند افزایش گازهای گلخانه‌ای به دلیل افزایش شدت مصرف انرژی (افزایش مصرف انرژی برای تولید کالا و خدمات) باشد. مصرف انرژی از منابع فسیلی مانند نفت و گاز طبیعی، به انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسیدکربن و متان منجر می شود. این گازها موجب گرم‌شدن زمین و تغییرات اقلیمی مختلفی می‌شوند که به‌شدت ردپای اکولوژیکی جهان را افزایش می‌دهند. از طرف دیگر، برخی از کشورها مانند ایران برای تولید برق از نیروگاه‌های حرارتی استفاده می‌کنند که سوخت‌های فسیلی را می سوزانند. این فرایند نه‌تنها مصرف انرژی را افزایش

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

می‌دهد؛ بلکه به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز منجر می‌شود. یکی دیگر از دلایل تأثیر مثبت شدت مصرف انرژی بر ردپای اکولوژیکی می‌تواند در استفاده از وسایل حمل‌ونقل فرسوده باشد. صنعت‌های سنگین و حمل‌ونقل (مانند خودروها و هواپیماها) از انرژی زیادی برای تولید و حرکت استفاده می‌کنند. افزایش فعالیت‌های صنعتی و حمل‌ونقل به افزایش مصرف انرژی و انتشار بیشتر انرژی می‌انجامد. همچنین رشد اقتصادی منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود. با افزایش درآمد و بهبود شرایط اقتصادی، تقاضا برای مصرف انرژی بیشتر می‌شود. علاوه بر این، در برخی موارد، استفاده از فناوری‌های ناپایدار و نه‌چندان کارآمد در تولید و مصرف انرژی، شدت مصرف انرژی را افزایش می‌دهد و منجر به افزایش ردپای اکولوژیکی شود؛ بنابراین، افزایش شدت مصرف انرژی معمولاً منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی، کاهش منابع طبیعی، و تخریب محیط‌زیست می‌شود که همگی به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر می‌شوند. برای کاهش این تأثیرات ناخواسته، اهمیت استفاده بهینه از انرژی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، و افزایش کارایی انرژی در سراسر جوامع را نمی‌توان نادیده گرفت.



نمودار (٦): توابع ضربه- واکنش تأثیر تولید ناخالص داخلی سرانه بر ردپای اکولوژیکی

منبع: نتایج پژوهش

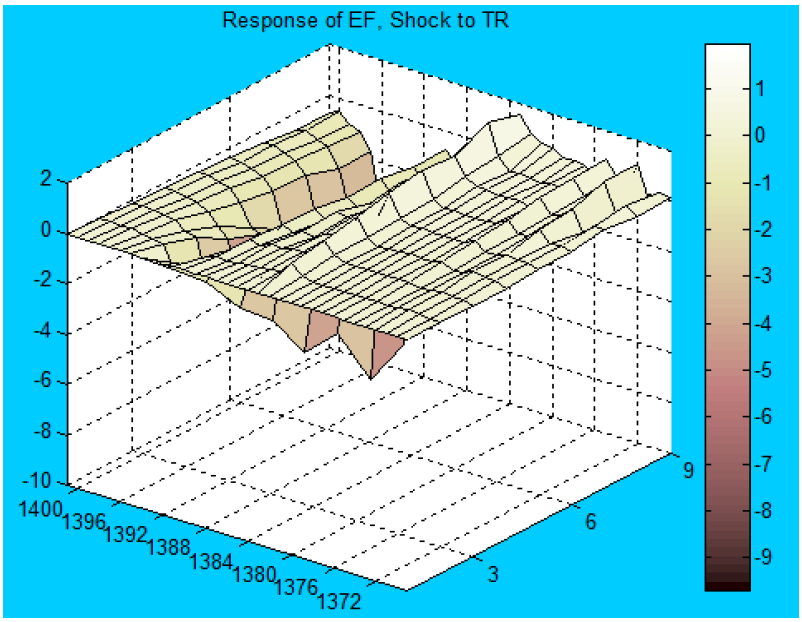
[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

نمودار۶ تکانه تولید ناخالص داخلی سرانه نیز در افق زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت دارای تأثیر مثبت و افزایشی بر شاخص ردپای اکولوژیکی در ایران است. از سال ۱۳۶۹ تا سال ۱۳۸۱ این تأثیر کاهشی اما مثبت است و دلیل اصلی آن نیز ثابت‌بودن تولید ناخالص داخلی ایران طی این سال‌ها است؛ اما با افزایش تولید ناخالص داخلی ایران از سال ۱۳۸۱ به بعد، تأثیر تکانه‌های این متغیر بر ردپای اکولوژیکی مثبت و افزایشی می‌گردد و این بدان معنی است که تولید ناخالص داخلی سرانه ردپای اکولوژیکی در ایران را افزایش داده است. تولید ناخالص داخلی سرانه می‌تواند ردپای اکولوژیکی را افزایش دهد؛ زیرا رشد تولید ناخالص داخلی معمولاً با افزایش مصرف مواد اولیه و منابع طبیعی همراه است. این افزایش مصرف منجر به آزادی بیشتر آلاینده‌ها و مصرف انرژی می شود که افزایش ردپای اکولوژیکی را تسریع می‌کند. همچنین، رشد اقتصادی ممکن است با افزایش تولید صنعتی همراه باشد. صنعت‌های سنگین معمولاً به مصرف بیشتر انرژی و منابع طبیعی نیاز دارند و به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر می‌شوند. علاوه بر این، افزایش تولید و مصرف کالاها نیاز به بسته‌بندی، حمل‌ونقل، و دیگر فعالیت‌هایی که انرژی مصرف می‌کنند را افزایش می‌دهد. این فرایندها به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر می‌شوند. رشد اقتصادی معمولاً به افزایش مصرف انرژی منجر می‌شود. این مصرف انرژی ممکن است از منابع فسیلی مثل نفت و گاز تأمین شود که به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی منجر می شوند. برای کاهش اثرات منفی رشد تولید ناخالص داخلی بر ردپای اکولوژیکی، می‌توان توجه به توسعه پایدار، افزایش کارایی منابع، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، و اجرای سیاست‌های حمایتی از محیط‌زیست را در نظر گرفت. این اقدامات می‌توانند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و محافظت از محیط‌زیست کمک کنند درحالی‌که رشد اقتصادی را حفظ می‌کنند.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]



نمودار (۷): تابع ضربه-واکنش اثرات باز بودن تجاری بر ردپای اکولوژیکی.

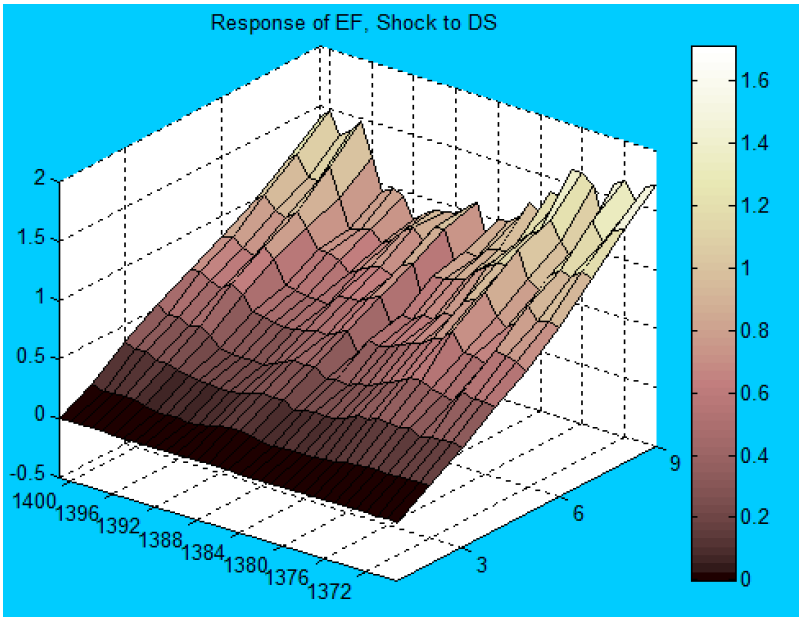
منبع: نتایج پژوهش

نمودار (۷) تابع توابع ضربه واکنش ردپای اکولوژیکی را نسبت به تکانه‌های باز بودن تجاری در ایران نشان می‌دهد. از سال ۱۳۶۹ تا سال ۱۳۷۷ و با کاهش باز بودن تجاری در ایران تکانه‌های این شاخص دارای تأثیر مثبت اما ضعیف بر شاخص ردپای اکولوژیکی در ایران است. از سال ۱۳۷۷ تا سال ۱۳۸۵ و با افزایش باز بودن تجاری، تکانه‌های این شاخص، ردپای اکولوژیکی را تحت‌تأثیر منفی قرار داده و مجدداً از ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۲ و با کاهش باز بودن تجاری، شاخص ردپای اکولوژیکی تحت‌تأثیر مثبت قرار می‌گیرد. از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ و با توافق هسته‌ای و افزایش باز بودن تجاری، تأثیر تکانه این شاخص بر ردپای اکولوژیکی منفی شده و مجدداً از ۱۳۹۷ تا انتهای دوره زمانی پژوهش این شاخص دارای تأثیر مثبت بر ردپای اکولوژیکی در ایران است. باز بودن تجاری می‌تواند به کاهش ردپای اکولوژیکی منجر شود؛ زیرا باز بودن تجاری به کشورها این امکان را می‌دهد تا منابع خود را بهینه‌تر تخصیص دهند. این به معنای افزایش کارایی و کاهش اتلاف منابع طبیعی و انرژی است. باز بودن تجارت می‌تواند به انتقال فناوری‌های پایدارتر از کشور به کشور دیگر منجر شود. این انتقال می‌تواند به بهبود کارایی منابع و کاهش تأثیرات منفی بر

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

محیط‌زیست کمک کند. از طرف دیگر، وجود رقابت در بازارهای جهانی می‌تواند به تحریک کسب‌وکارها برای بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها و مصرف منابع منجر شود. علاوه بر این، باز بودن تجارت به کشورها این امکان را می‌دهد تا تجارت فی‌مابینی برای تأمین نیازهای خود به منابع و محصولات متنوع انجام دهند. این معمولاً به کاهش اتلاف و تضییع می‌انجامد. باز بودن تجاری می‌تواند به توسعه و ترویج کالاها و خدمات پایدارتر کمک کند. این شامل کالاها و خدماتی است که کمترین تأثیرات محیط زیستی را دارند. بااین‌وجود، باز بودن تجاری نیز می‌تواند منجر به برخی اثرات منفی بر محیط‌زیست شود، مانند افزایش حمل‌ونقل بین‌المللی و انتشار گازهای گلخانه‌ای. برای افزایش مزیت‌های محیط زیستی از باز بودن تجاری و کاهش اثرات منفی آن، تنظیمات و سیاست‌های محیط زیستی مناسب می‌توانند لازم باشند.



نمودار (۸): تابع ضربه-واکنش ردپای اکولوژیکی نسبت به تکانه شاخص توسعه مالی.

منبع: نتایج پژوهش

نمودار (۸) تابع توابع ضربه واکنش ردپای اکولوژیکی نسبت به تکانه‌های شاخص توسعه مالی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد از سال ۱۳۶۹ تا سال ۱۴۰۰ و با افزایش توسعه مالی

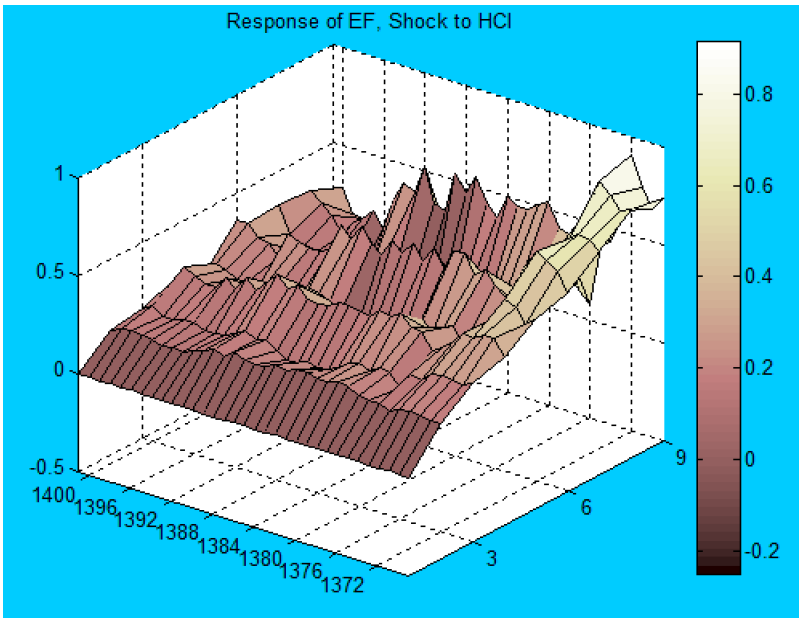
[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

در ایران، تکانه‌های شاخص توسعه مالی دارای تأثیر مثبت و قوی بر شاخص ردپای اکولوژیکی هستند و این تأثیر از افق زمانی کوتاه‌مدت به سمت افق زمانی بلندمدت قوی‌تر و ملموس‌تر است. توسعه مالی معمولاً به رشد اقتصادی همراه است و رشد اقتصادی از طریق افزایش تولید و مصرف منابع مواد اولیه و انرژی منجر به افزایش ردپای اکولوژیکی می‌شود. از طرف دیگر، توسعه مالی ممکن است به تصاعد فعالیت‌های صنعتی منجر شود که به افزایش مصرف انرژی و منابع طبیعی منجر می‌شود. با افزایش توسعه مالی، تقاضا برای انرژی نیز افزایش می‌یابد. این افزایش مصرف انرژی ممکن است از منابع فسیلی مثل نفت و گاز تأمین شود که به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی منجر می‌شود. توسعه مالی معمولاً با رشد صنایع سنگین و تولید فرآورده‌های مصرفی همراه است که به مصرف انرژی و منابع طبیعی بیشتری نیاز دارند و این مورد نیز می‌تواند به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر شود. بااین‌حال، باید توجه داشت که توسعه مالی نیز می‌تواند به توسعه فناوری‌های پایدارتر و بهینه منابع منجر شود. برای مثال، سرمایه‌گذاری در تکنولوژی های انرژی تجدیدپذیر و بهینه‌سازی فرایندهای تولید می‌تواند به کاهش ردپای اکولوژیکی کمک کند. همچنین، سیاست‌ها و تدابیر محیط زیستی می‌توانند تأثیرات منفی توسعه مالی بر محیط‌زیست را کاهش دهند و به توسعه پایدارتر راه‌حل‌های مالی را ترویج کند.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]



نمودار (۹): تابع ضربه-واکنش ردپای اکولوژیکی نسبت به تکانه شاخص توسعه انسانی.

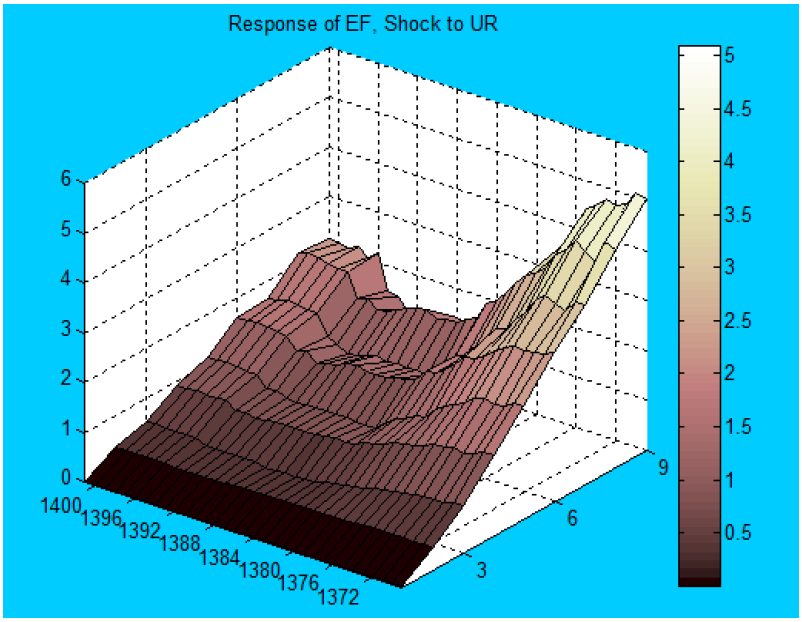
منبع: نتایج پژوهش

شکل (۹) تابع توابع ضربه واکنش ردپای اکولوژیکی را نسبت به تکانه‌های شاخص توسعه انسانی طی دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۰ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، تکانه شاخص توسعه انسانی در تمامی سال‌ها و دوره‌های پژوهش دارای تأثیر مثبت و افزایشی بر شاخص ردپای اکولوژیکی در ایران است. توسعه انسانی می‌تواند به دلایل مختلف باعث افزایش ردپای اکولوژیکی شود. توسعه انسانی ممکن است منجر به افزایش مصرف منابع طبیعی مانند آب، خاک، و منابع طبیعی شود. این مصرف افزایشی به دلیل افزایش نیازهای انسانی مانند غذا، آب شرب، و مسکن رخ می‌دهد. افزایش توسعه انسانی و افزایش رفاه‌مندی، نیاز به انرژی بیشتری برای تأمین انواع فعالیت‌ها مانند گرمایش و سرمایش مسکن، تولید و حمل‌ونقل افزایش می‌یابد. این افزایش مصرف انرژی معمولاً از منابع فسیلی مثل نفت و گاز تأمین می شود که به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر می‌شود توسعه انسانی ممکن است منجر به افزایش تولید زباله شود. افزایش جمعیت و مصرف کالاها و بسته‌بندی های یکبار مصرفی معمولاً به افزایش تولید زباله منجر می‌شود. توسعه انسانی ممکن است با افزایش رشد شهرنشینی همراه باشد. این رشد شهری منجر به

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

افزایش ترافیک، آلودگی هوا، و توسعه ساختمان‌ها می‌شود که به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر می‌شود. علاوه بر این توسعه انسانی ممکن است به افزایش مصرف آب برای مصرف خانگی، کشاورزی، و صنعت منجر شود. این مصرف افزایشی می‌تواند منابع آبی را تخلیه کرده و به کاهش موجودی آب و کاهش کیفیت آب منابع آبی منجر شود. همچنین، توسعه انسانی ممکن است باعث تغییر در الگوی مصرف مردم شود. مثلاً افزایش درآمد ممکن است به افزایش مصرف محصولات گوشتی و لبنیات منجر شود که نیاز به منابع بیشتری برای تولید دارند.



نمودار (۱۰): تابع ضربه-واکنش ردپای اکولوژیکی نسبت به تکانه‌های شهرنشینی.

منبع: نتایج پژوهش

نمودار (۱۰) تابع توابع ضربه واکنش ردپای اکولوژیکی را نسبت به تکانه‌های شهرنشینی در ایران طی دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۰ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، تکانه‌های شهرنشینی در تمامی بازه زمانی دارای تأثیر مثبت و افزایشی بر شاخص ردپای اکولوژیکی در ایران است. افزایش ردپای اکولوژیکی درنتیجه افزایش شهرنشینی می‌تواند دلایل مختلف و متعددی داشته باشد. شهرنشینی عموماً با افزایش مصرف انرژی همراه است. در شهرها، افراد به‌منظور

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

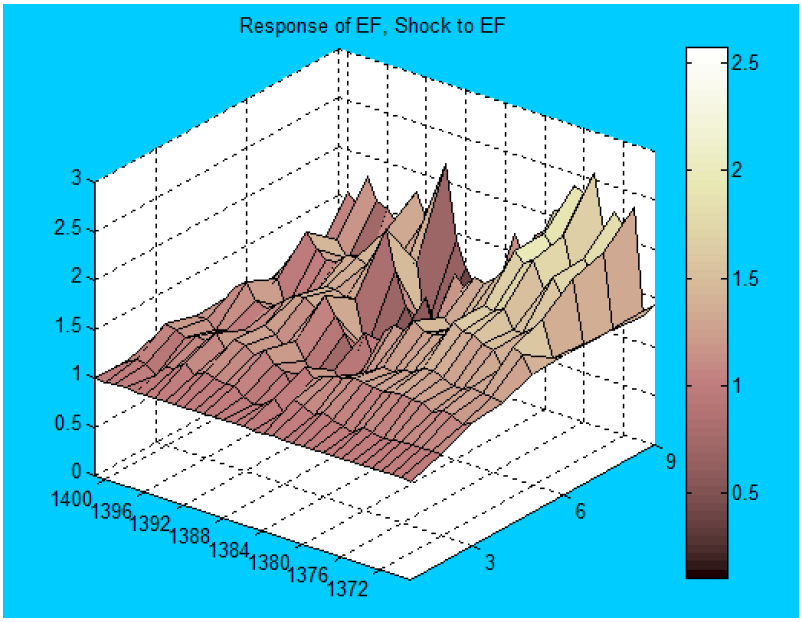
گرمایش و سـرمایش مسـکن‌ها، نورپردازی از نورهای مصـنوعی، تأمین غذا و سـایر فعالیت‌های روزمره به مصرف انرژی بیشتری نیاز دارند. این مصرف از منابع انرژی فسیلی مثل نفت و گاز تأمین می‌شـود که منجر به انتشـار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش جهانی می‌شـود. شـهرنشـینی معمولاً با افزایش ترافیک و تعداد وسایل نقلیه در شهرها همراه است. این ترافیک منجر به تشدید آلودگی هوا، افزایش مصرف سوخت، و تولید دی‌اکسیدکربن می‌شود.

علاوه بر این، شهرنشینی به نیاز به بنیان‌های ساختمانی بیشتری برای مسکن، تجارت، و خدمات عمومی منجر می‌شـود. سـاخت و توسـعه بنیان‌های سـاختمانی نیاز به منابع طبیعی بیشـتری دارد و ممکن است به تخریب مناطق طبیعی و کاهش فضاهای سبز منجر شود. از طرف دیگر، شهرنشینی ممکن است باعث افزایش مصرف آب برای مصرف خانگی، تجاری، و صنعتی شود. این افزایش مصـرف ممکن اسـت منابع آبی را تخلیه کرده و به کاهش موجودی آب و کیفیت آب منابع آبی منجر شود. شهرنشینی ممکن است منجر به افزایش تولید زباله شود. افزایش جمعیت در شهرها و مصـرف کالاها و بسـته‌بندی‌های یکبار مصـرفی معمولاً به افزایش تولید زباله منجر می‌شـود. شهرنشینی ممکن است به تغییر در الگوی مصرف مردم منجر شود. به‌عنوان‌مثال، افزایش درآمد ممکن اسـت به افزایش مصـرف محصـولات گوشـتی و لبنیات منجر شـود که نیاز به منابع بیشـتری برای تولید دارند.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]
[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]



نمودار (۱۱): تابع ضربه-واکنش ردپای اکولوژیکی نسبت به تکانه‌های ردپای اکولوژیکی.

منبع: نتایج پژوهش

نمودار (۱۱) تابع توابع ضربه واکنش ردپای اکولوژیکی را نسبت به تکانه‌های خود این شاخص در ایران طی دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۰ نشـان می‌دهد. همان‌طور که مشـاهده می‌گردد، تکانه‌های ردپای اکولوژیکی در تمامی بازه زمانی و دوره‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت پژوهش دارای تأثیر مثبت و افزایشی بر شاخص ردپای اکولوژیکی در ایران است. این مهم نشان می‌دهد که تکانه‌های خود متغیر نیز ردپای اکولوژیکی را تحت‌تأثیر مثبت قرار داده است.

٦- نتیجه‌گیری و بحث

نتایج این پژوهش نشـان می‌دهد که افزایش شـدت مصـرف انرژی به طور مسـتقیم و معناداری باعث افزایش ردپای اکولوژیکی در ایران می‌شود. تحلیل‌های انجام شده با مدل TVP-VAR نشان می‌دهند که در بازه زمانی مورد مطالعه (۱۹۹۰-۲۰۲۱)، هرگونه افزایش در شـدت مصـرف انرژی منجر به تأثیرات زیسـت‌محیطی گسـترده‌ای شـده اسـت که با افزایش انتشـار گازهای گلخانه‌ای و کاهش پایداری منابع طبیعی همراه بوده است. این موضوع نشان‌دهنده لزوم مدیریت بهینه و پایدار

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

مصـــرف انرژی اســـت. همچنین، نتایج حاکی از آن اســـت که تأثیرات کوتاه‌مدت و بلندمدت متغیرهای اقتصـــادی همچون تولید ناخالص داخلی ســـرانه و شـــهرنشـــینی نیز در افزایش ردپای اکولوژیکی قابل توجه بوده‌اند. در کوتاه‌مدت، رشد سریع اقتصادی و افزایش سطح شهرنشینی، منجر به افزایش مصرف انرژی و به تبع آن افزایش آلودگی و فشار بر محیط زیست شده است. در بلندمدت، تأثیرات پایدارتری مشاهده شد که نیاز به سیاست‌گذاری‌های پایدار در جهت کاهش ردپای اکولوژیکی را تأیید می‌کند. تجزیه و تحلیل توابع واکنش ضـــربه‌ای نشـــان داد که افزایش شـــدت مصـــرف انرژی و تغییرات در ســـایر متغیرهای کلیدی می‌توانند تأثیرات پویایی بر محیط زیست داشته باشند. این اثرات می‌توانند در دوره‌های مختلف زمانی شدت و ضعف داشته باشند، که نیازمند توجه ویژه به برنامه‌ریزی‌های زیست‌محیطی در سطح ملی و منطقه‌ای است.

رشد اقتصادی سریع و افزایش تولید ناخالص داخلی (GDP) منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود. این امر به ویژه در کشورهایی مانند ایران که به منابع انرژی فسیلی وابسته هستند، تاثیرات زیادی بر ردپای اکولوژیکی دارد. رشـــد جمعیت و شـــهرنشـــینی باعث افزایش نیاز به انرژی برای حمل و نقل، تولید محصـــولات و خدمات، و تامین نیازهای روزمره مردم می‌شـــود. این افزایش مصرف انرژی می‌تواند به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر شود و به مشکلات زیست محیطی مانند آلودگی هوا و آب، ترافیک، و تخریب منابع طبیعی دامن بزند. گســـترش صـــنایع و اســـتفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته نیازمند مصرف بالای انرژی است که این امر به افزایش انتشار آلاینده‌ها و تاثیرات منفی بر محیط زیســـت منجر می‌شـــود. همچنین عدم کارآیی کافی در اســـتفاده از انرژی سیستم حمل و نقل فرسوده بعلاوه کارایی ضعیف انرژی در بخش صنعت و ساختمان سبب شده است که صنایع بزرگ معمولاً به منابع انرژی زیادی نیاز داشته باشند و این موضوع سبب شده افزایش شـــدت مصـــرف انرژی به افزایش انتشـــار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی‌های محیطی منجر شود.

اســـتفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند خورشـــید، باد، و آب می‌تواند به طور قابل توجهی انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی‌های محیطی را کاهش دهد. توسعه و ترویج فناوری‌های نوین در زمینه انرژی‌های پاک می‌تواند نقش مهمی در کاهش ردپای اکولوژیکی داشته باشد. کشورها

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

باید سیاست‌هایی را برای حمایت از انرژی‌های تجدیدپذیر اجرا کنند و سرمایه‌گذاری‌های لازم را در این زمینه انجام دهند. اجرای برنامه‌ها و سیاست‌هایی برای افزایش بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف از جمله صنعت، حمل و نقل، و ساختمان‌ها می‌تواند به کاهش شدت مصرف انرژی و در نتیجه کاهش تاثیرات منفی بر محیط زیست کمک کند. بهره‌وری بالاتر انرژی به معنای استفاده بهینه‌تر از منابع انرژی موجود است که می‌تواند به کاهش نیاز به منابع جدید انرژی، کاهش شدت مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر شود.

دولت‌ها می‌توانند با اجرای سیاست‌های حمایتی مانند ارائه یارانه‌ها و مشوق‌های مالی برای استفاده از انرژی های تجدید پذیر و افزایش بهره‌وری انرژی، نقش مهمی در کاهش رد پای اکولوژیکی ایفا کنند. این سیاست‌ها می‌توانند به تشویق افراد و صنایع برای استفاده از منابع انرژی پاک و بهینه‌سازی مصرف انرژی کمک کنند. توسعه شهرهای پایدار و هوشمند با استفاده از فناوری های نوین می‌تواند به کاهش مصرف انرژی و کاهش ردپای اکولوژیکی کمک کند. شهرهای پایدار با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، بهینه سازی حمل و نقل، و مدیریت بهتر منابع طبیعی می‌توانند به کاهش آلودگی و بهبود کیفیت زندگی کمک کنند.

این مطالعه نشان داد که شدت مصرف انرژی، به ویژه استفاده از انرژی‌های فسیلی در سبد انرژی، تاثیرات منفی قابل توجهی بر محیط زیست دارد و منجر به افزایش ردپای اکولوژیکی می‌شود. بنابراین، نیاز است که سیاست‌ها و برنامه‌های جامعی به منظور بهبود سبد انرژی جهت کاهش مصرف انرژی فسیلی به دلیل اثرات منفی شدت انرژی برروی محیط زیست و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر اجرا شود. افزایش بهره‌وری انرژی، آموزش و آگاهی‌بخشی عمومی، و حمایت از تحقیقات و توسعه فناوری های نوین از جمله راهکارهای موثر برای کاهش ردپای اکولوژیکی و حفاظت از محیط زیست می‌باشند.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]
[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

References

Ahmad, M., Ahmed, Z., Gavurova, B., & Oláh, J. (2022). Financial risk, renewable energy technology budgets, and environmental sustainability: is going green possible?. Frontiers in Environmental Science, 10, 909190.

Ahmad, T., & Zhang, D. (2020). A critical review of comparative global historical energy consumption and future demand: The story told so far. Energy Reports, 6, 1973-1991. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.07.020

Ahmed, N., Sheikh, A. A., Hamid, Z., Senkus, P., Borda, R. C., Wysokińska-Senkus, A., & Glabiszewski, W. (2022). Exploring the Causal Relationship among Green Taxes, Energy Intensity, and Energy Consumption in Nordic Countries: Dumitrescu and Hurlin Causality Approach. Energies, 15(14), 5199. https://www.mdpi.com/1996-1073/15/14/5199

Ahmed, Z., Asghar, M. M., Malik, M. N., & Nawaz, K. (2020). Moving towards a sustainable environment: The dynamic linkage between natural resources, human capital, urbanization, economic growth, and ecological footprint in China. Resources Policy, 67, 101677. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101677

Altıntaş, H., & Kassouri, Y. (2020). Is the environmental Kuznets Curve in Europe related to the per-capita ecological footprint or CO2 emissions?. Ecological indicators, 113, 106187.

Ang, B. W. (1994). Decomposition of industrial energy consumption: The energy intensity approach. Energy Economics, 16(3), 163-174. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0140-9883(94)90030-2

Aydin, M., & Turan, Y. E. (2020). The influence of financial openness, trade openness, and energy intensity on ecological footprint: revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for BRICS countries. Environmental Science and Pollution Research, 27(34), 43233-43245.

Baloch, M. A., Zhang, J., Iqbal, K., & Iqbal, Z. (2019). The effect of financial development on ecological footprint in BRI countries: evidence from panel data estimation. Environmental science and pollution research, 26, 6199-6208.

Bashir, M. F., Ma, B., Shahbaz, M., Shahzad, U., & Vo, X. V. (2021). Unveiling the heterogeneous impacts of environmental taxes on energy consumption and energy intensity: Empirical evidence from OECD countries. Energy, 226, 120366. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120366

Baz, K., Xu, D., Ali, H., Ali, I., Khan, I., Khan, M., & Cheng, J. (2020). Asymmetric impact of energy consumption and economic growth on ecological footprint: Using asymmetric and nonlinear approach.. The Science of the total environment, 718, 137364 . https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137364.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

Bossel, H. (1999). Indicators for sustainable development: theory, method, applications (p. 138). Winnipeg: International Institute for Sustainable Development

Bredin, D., & O'Reilly, G. (2004). An analysis of the transmission mechanism of monetary policy in Ireland. Applied Economics, 36(1), 49-58. https://doi.org/10.1080/0003684042000177198

Carter, C. K., and Kohn, R. (1994). On Gibbs Sampling for State Space Models. Biometrika, 81(3), 541–553.

Chen, C. Z., & Lin, Z. S. (2008). Multiple timescale analysis and factor analysis of energy ecological footprint growth in China 1953–2006. Energy Policy, 36(5), 1666-1678.

Chen, Y., Lee, C.-C., & Chen, M. (2022). Ecological footprint, human capital, and urbanization. Energy & Environment, 33(3), 487-510. https://doi.org/10.1177/0958305x211008610

Cheng, Y., Wang, Z., Ye, X., & Wei, Y. D. (2014). Spatiotemporal dynamics of carbon intensity from energy consumption in China. Journal of Geographical Sciences, 24(4), 631-650. https://doi.org/10.1007/s11442-014-1110-6

Danish, Ulucak, R., & Khan, S. U.-D. (2020). Determinants of the ecological footprint: Role of renewable energy, natural resources, and urbanization. Sustainable Cities and Society, 54, 101996. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101996

Del Negro, M., and Otrok, C. (2008). Dynamic Factor Models with Time-Varying Parameters: Measuring Changes in International Business Cycles, Staff Reports 326, Federal Reserve Bank of New York.

Del Río, P., & Burguillo, M. (2008). Assessing the impact of renewable energy deployment on local sustainability: Towards a theoretical framework. Renewable and sustainable energy reviews, 12(5), 1325-1344

Fakher, Hossein Ali. (1401). The impact of gross domestic product, financial development and energy consumption on environmental quality: with emphasis on six environmental indicators. Natural Environment Journal, (), article in press. (In Persian)

Feng, T., Sun, L., & Zhang, Y. (2009). The relationship between energy consumption structure, economic structure and energy intensity in China. Energy Policy, 37(12), 5475-5483. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.008

Fouquet, R. (2011). Long run trends in energy-related external costs. Ecological Economics, 70, 2380-2389. https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2011.07.020.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

Haas, C., & Kempa, K. (2016). Directed Technical Change and Energy Intensity Dynamics: Structural Change vs. Energy Efficiency. The Energy Journal, 39, 127 - 151. https://doi.org/10.5547/01956574.39.4.chaa.

Hao, Y., Li, Y., Guo, Y., Chai, J., Yang, C., & Wu, H. (2022). Digitalization and electricity consumption: does internet development contribute to the reduction in electricity intensity in China?. Energy Policy, 164, 112912.

https://www.iea.org

Isfahani, Ghobadi, Azarbaijani, Karim. (1401). Analysis of the relationship between economic growth, energy consumption and ecological footprint in selected developed and developing countries. Economic Research (Sustainable Growth and Development), 86(22), 203-232. (In Persian)

Ivanova, D., Barrett, J., Wiedenhofer, D., Macura, B., Callaghan, M., & Creutzig, F. (2020). Quantifying the potential for climate change mitigation of consumption options. Environmental Research Letters, 15(9), 093001. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8589

Katan, L., Dobrovolska, O., & Espejo, J. (2018). Economic growth and environmental health: a dual interaction. Problems and Perspectives in Management. https://doi.org/10.21511/PPM.16(3).2018.18.

Kelly, P. M., & Adger, W. N. (2000). Theory and practice in assessing vulnerability to climate change andFacilitating adaptation. Climatic change, 47(4), 325-35

Khan, I., Hou, F., Zakari, A., Irfan, M., & Ahmad, M. (2022). Links among energy intensity, non-linear financial development, and environmental sustainability: New evidence from Asia Pacific Economic Cooperation countries. Journal of Cleaner Production, 330, 129747. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129747

Khan, S., Yu, Z., Sharif, A., & Golpîra, H. (2020). Determinants of economic growth and environmental sustainability in South Asian Association for Regional Cooperation: evidence from panel ARDL. Environmental Science and Pollution Research, 27, 45675 - 45687. https://doi.org/10.1007/s11356-020-10410-1.

Kongbuamai, N., Bui, Q., Yousaf, H. M. A. U., & Liu, Y. (2020). The impact of tourism and natural resources on the ecological footprint: a case study of ASEAN countries. Environmental Science and Pollution Research, 27, 19251-19264.

Korobilis, D. (2013). Assessing the Transmission of Monetary Policy Using Time-varying Parameter Dynamic Factor Models*. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 75(2), 157-179.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

Lin, B., & Raza, M. Y. (2019). Analysis of energy related CO2 emissions in Pakistan. Journal of Cleaner Production, 219, 981-993. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.112

Lin, D., Hanscom, L., Murthy, A., Galli, A., Evans, M., Neill, E., Mancini, M., Martindill, J., Medouar, F.-Z., Huang, S., & Wackernagel, M. (2018). Ecological Footprint Accounting for Countries: Updates and Results of the National Footprint Accounts, 2012-2018. Resources, 7, 1-22. https://doi.org/10.3390/resources7030058

Liu, J. (2019). China's renewable energy law and policy: a critical review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 99, 212-219.

Lu, Y., Khan, Z. A., Alvarez-Alvarado, M. S., Zhang, Y., Huang, Z., & Imran, M. (2020). A critical review of sustainable energy policies for the promotion of renewable energy sources. Sustainability, 12(12), 5078.

Luo, W., Bai, H., Jing, Q., Liu, T., & Xu, H. (2018). Urbanization-induced ecological degradation in Midwestern China: An analysis based on an improved ecological footprint model. Resources, Conservation and Recycling, 137, 113-125. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.015

Ma, X., Wang, C., Dong, B., Gu, G., Chen, R., Li, Y., Zou, H., Zhang, W., & Li, Q. (2019). Carbon emissions from energy consumption in China: Its measurement and driving factors. Science of The Total Environment, 648, 1411-1420. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.183

Ma, X., Wang, C., Dong, B., Gu, G., Chen, R., Li, Y., Zou, H., Zhang, W., & Li, Q. (2019). Carbon emissions from energy consumption in China: Its measurement and driving factors. Science of The Total Environment, 648, 1411-1420. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.183

Mamat, R., Sani, M. S. M., & Sudhakar, K. J. S. O. T. T. E. (2019). Renewable energy in Southeast Asia: Policies and recommendations. Science of the total environment, 670, 1095-1102.

Millward-Hopkins, J., Steinberger, J. K., Rao, N. D., & Oswald, Y. (2020). Providing decent living with minimum energy: A global scenario. Global Environmental Change, 65, 102168. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102168

Monfreda, C., Wackernagel, M., & Deumling, D. (2004). Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity assessments. Land use policy, 21(3), 231-246.

Mozaffari, Z., & Amani, R. (2023). Social Capital and Energy Consumption: an Evidence for Iran. Environmental Energy and Economic Research, 7(2), 1-13. doi: 10.22097/eeer.2023.366624.1269

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

Nathaniel, S. P., Murshed, M., & Bassim, M. (2021). The nexus between economic growth, energy use, international trade and ecological footprints: the role of environmental regulations in N11 countries. Energy, Ecology and Environment, 6(6), 496-512. https://doi.org/10.1007/s40974-020-00205-y

Nathaniel, S. P., Murshed, M., & Bassim, M. (2021). The nexus between economic growth, energy use, international trade and ecological footprints: the role of environmental regulations in N11 countries. Energy, Ecology and Environment, 6(6), 496-512. https://doi.org/10.1007/s40974-020-00205-y

Okumus, I., & Erdogan, S. (2021). Analyzing the Tourism Development and Ecological Footprint Nexus: Evidence From the Countries With Fastest-Growing Rate of Tourism GDP. In D. Balsalobre-Lorente, O. M. Driha, & M. Shahbaz (Eds.), Strategies in Sustainable Tourism, Economic Growth and Clean Energy (pp. 141-154). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59675-0_8

Omri, A. (2014). An international literature survey on energy-economic growth nexus: Evidence from country-specific studies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 38, 951-959

Parsasharif, Hadiseh, Amirnezhad, Hamid, Taslimi, Mahsa. (1400). Study of factors affecting the ecological footprint of selected Asian and European countries. Quarterly Journal of Agricultural Economics Research, 13(2), 155-172. (In Persian)

Primiceri, G. E. (2005). Time Varying Structural Vector Autoregressions and Monetary Policy. The Review of Economic Studies, 72(3), 821-852. https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2005.00353.x

Qaiser, I. (2022). A comparison of renewable and sustainable energy sector of the South Asian countries: An application of SWOT methodology. Renewable Energy, 181, 417-425.

Radmehr, R., Shayanmehr, S., Ali, E. B., Ofori, E. K., Jasińska, E., & Jasiński, M. (2022). Exploring the Nexus of Renewable Energy, Ecological Footprint, and Economic Growth through Globalization and Human Capital in G7 Economics. Sustainability, 14(19), 12227. MDPI AG. Retrieved from http://dx.doi.org/10.3390/su141912227

Rahman, M. M., Sultana, N., & Velayutham, E. (2022). Renewable energy, energy intensity, and carbon reduction: Experience of large emerging economies. Renewable Energy, 184, 252-265.

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

Rehman, A., Radulescu, M., Ma, H., Dagar, V., Hussain, I., & Khan, M. K. (2021). The impact of globalization, energy use, and trade on ecological footprint in Pakistan: does environmental sustainability exist? Energies, 14(17), 5234.

Ren, S., Hao, Y., Xu, L., Wu, H., & Ba, N. (2021). Digitalization and energy: How does internet development affect China's energy consumption? Energy Economics, 98, 105220. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105220

Safarzadeh, Esmaeil, Shadastanjin, Ansiyeh. (1400). The impact of hydroelectric energy consumption on carbon dioxide emissions, ecological footprint and carbon footprint in Iran. Iranian Energy Economics Research Journal, 10(40), 39-61. (In Persian)

Shahbaz, M., Destek, M. A., Dong, K., & Jiao, Z. (2021). Time-varying impact of financial development on carbon emissions in G-7 countries: Evidence from the long history. Technological Forecasting and Social Change, 171, 120966.

Sharif, A., Baris-Tuzemen, O., Uzuner, G., Ozturk, I., & Sinha, A. (2020). Revisiting the role of renewable and non-renewable energy consumption on Turkey's ecological footprint: Evidence from Quantile ARDL approach. Sustainable Cities and Society, 57, 102138.

Stanek, W., & Czarnowska, L. (2012). Environmental externalities and their effect on the cost of consumer products. International Journal of Environment and Sustainable Development, 11, 50. https://doi.org/10.1504/IJESD.2012.049142.

Tarazkar, Mohammad Hassan, Kargar Deh Bedi, Navid, Esfanjari Kenari, Reza, Ghorban Qotabadi, Effat. (2019). The effect of economic growth on environmental degradation in the Middle East: Application of ecological footprint. Journal of Natural Environment, 73(1), 77-90. (In Persian)

Tennison, I., Roschnik, S., Ashby, B., Boyd, R., Hamilton, I., Oreszczyn, T., Owen, A., Romanello, M., Ruyssevelt, P., Sherman, J. D., Smith, A. Z. P., Steele, K., Watts, N., & Eckelman, M. J. (2021). Health care's response to climate change: a carbon footprint assessment of the NHS in England. The Lancet Planetary Health, 5(2), e84-e92. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30271-0

Tennison, I., Roschnik, S., Ashby, B., Boyd, R., Hamilton, I., Oreszczyn, T., Owen, A., Romanello, M., Ruyssevelt, P., Sherman, J. D., Smith, A. Z. P., Steele, K., Watts, N., & Eckelman, M. J. (2021). Health care's response to climate change: a carbon footprint assessment of the NHS in England. The Lancet Planetary Health, 5(2), e84-e92. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30271-0

Tietenberg, T., & Lewis, L. (2023). Environmental and natural resource economics. Routledge

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]

Udemba, E. N. (2020). A sustainable study of economic growth and development amidst ecological footprint: New insight from Nigerian Perspective. Science of The Total Environment, 732, 139270. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139270

Ueckerdt, F., Bauer, C., Dirnaichner, A., Everall, J., Sacchi, R., & Luderer, G. (2021). Potential and risks of hydrogen-based e-fuels in climate change mitigation. Nature Climate Change, 11(5), 384-393. https://doi.org/10.1038/s41558-021-01032-7

Ulucak, R., & Khan, S. U.-D. (2020). Determinants of the ecological footprint: Role of renewable energy, natural resources, and urbanization. Sustainable Cities and Society, 54, 101996. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101996

Van den Bergh, J. C., & Verbruggen, H. (1999). Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the 'ecological footprint'. Ecological economics, 29(1), 61-72

Van Ruijven, B. J., De Cian, E., & Sue Wing, I. (2019). Amplification of future energy demand growth due to climate change. Nature communications, 10(1), 2762.

Voet, E. (1999). Books: Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Journal of Industrial Ecology, 3. https://doi.org/10.1162/jiec.1999.3.2-3.185.

Wang, Q., & Wang, L. (2020). Renewable energy consumption and economic growth in OECD countries: A nonlinear panel data analysis. Energy, 207, 118200.

Ziaabadi, M., Zare Mehrjerdi, M., & Pourtaheri, Z. (2021). An Investigating the effect of economic and social factors on Iran's ecological footprint Using the Markov switching- Error Correction Model. Environmental Energy and Economic Research, 5(2), 1-15. doi: 10.22097/eeer.2021.259922.1178

[Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1402.14.54.3.4]