Journal of Economic Policies and Research
Journal of The Department of Economics, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
Journal Homepage: www.jepr.uok.ac.ir
Online ISSN: 2821-174X

Volume 5, Issue 2, Summer 2026, Page: 157-184 DOI:10.22034/jepr.2025.141743.1156

Research Article

The Effect of Economic Complexity and Economic Globalization on Load Capacity Index in Iran

Kamran Kasraei[*1], **Fatemeh Weisi**[2]

1. Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Humanities, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.
2. Ph.D. Student in Economics, Department of Economics, Faculty of Social Sciences, Economics, and Entrepreneurship, Razi University, Kermanshah, Iran.

Received 04 August 2024 *Revise 12 January 2025* *Accepted 13 January 2025* *Publish 22 June 2026*

Abstract

Given escalating environmental challenges and the imperative of achieving sustainable development goals, more precise assessments of a country's environmental status are essential. This study employs the Load Capacity Factor—defined as the ratio of biocapacity to ecological footprint—to examine the impact of economic complexity and economic globalization on Iran's environmental sustainability over the period 1995–2021. The Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) method is used for estimation. The results indicate that economic complexity and financial development have a positive and statistically significant effect on the Load Capacity Factor, while economic globalization, foreign direct investment, and non-renewable energy consumption exert a negative and significant impact. Based on these findings, a revision of the country's economic and environmental policies through a sustainability lens is warranted. Proposed strategies include redirecting production and exports toward low-pollution products, enforcing stringent environmental regulations on foreign investment, expanding trade relations with countries upholding high environmental standards, providing financial support for green projects, and reforming energy policies to prioritize efficiency and renewable resources. Such measures can help reconcile economic development with environmental stewardship and strengthen the country's load capacity factor.

Keywords: Economic Complexity, Economic Globalization, Ecological Carrying Capacity Index, Sustainable Development, Modified Least Squares Method

JEL Classification: Q56, F6, Q5

*** Corresponding Author**: Kamran Kasraei **E-mail:** kamranne@yahoo.com **Tel:** +989181768119

Cite This Article (APA): Kasraei, K. and Vaysi, F. (2025). The effect of economic complexity and economic globalization on load capacity index in Iran. *Journal of Economic Policies and Research*, 5(2), 157-184. https://doi.org/10.22034/jepr.2025.141743.1156 [In Persian].

Homepage of this Article: https://jepr.uok.ac.ir/article_63615.html?lang=en

© The Author(s), 2026. Economic Policies and Research, Published online by University of Kurdistan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Introduction

The world is currently confronting severe environmental instability, largely driven by the escalating emission of greenhouse gases. Consequently, countries are increasingly shifting away from fossil fuel–dependent energy systems, as carbon dioxide and other pollutants significantly accelerate global climate change. Historically, research on environmental sustainability has relied on partial indicators such as greenhouse gas emissions, limiting the comprehensiveness of environmental assessments. To address this methodological gap, the Load Capacity Factor (LCF)—which integrates biocapacity and ecological footprint into a single measure—has been developed as a comprehensive indicator of ecological health. Despite its considerable potential, no prior study in Iran has employed this index to evaluate environmental sustainability. The present study seeks to fill this critical research gap by analyzing the effects of economic complexity and economic globalization on Iran's environmental sustainability. Using time-series data from 1995 to 2021, the study applies the Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) method to ensure robust statistical inference. By incorporating these advanced economic variables within the comprehensive framework of the load capacity factor, the research provides a nuanced understanding of how economic structures influence ecological outcomes in Iran. The findings offer valuable insights into balancing economic development with environmental protection and present evidence-based strategies for policymakers to mitigate adverse ecological impacts while promoting sustainable growth. This approach enables a more accurate and multidimensional assessment of sustainability determinants compared to earlier single-indicator models.

Methodology

To investigate the impact of economic complexity and economic globalization on the load capacity factor in Iran, and following the research literature—specifically Awosusi et al. (2024) and Latif et al. (2023)—the empirical model is specified as follows:

$$LCF_t = \beta_0 + \beta_1 EG_t + \beta_2 ECI_t + \beta_3 NRE_t + \beta_4 FDI_t + \beta_5 FD_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

In Equation (1), LCF denotes the Load Capacity Factor, the dependent variable. The independent variables are Economic Globalization (EG), the Economic Complexity Index (ECI), Non-Renewable Energy Consumption (NRE), Foreign Direct Investment (FDI), and Financial Development (FD). The model also includes a constant term (β_0) and a random error term (ε) in year *t*. Data for the period 1995–2021 were extracted from international sources, including the Global Footprint Network, the World Bank, the Economic Complexity Observatory, the KOF Swiss Economic Institute, and the International Energy Agency. Given the nature of the data, the Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) method was employed to estimate Equation (1). EViews software was used for all empirical analyses.

Results and Discussion

The stationarity properties of the variables were examined using the Phillips–Perron (PP) test. According to the results, all variables are stationary after first differencing, indicating that they are integrated of order one, I(1). Before estimating the model, the optimal lag length was determined to be one based on the Schwarz Information Criterion (SIC). Subsequently, the Johansen–Juselius cointegration test was applied to assess the existence of a long-run relationship among the variables. Both the trace statistic and the maximum eigenvalue statistic confirm the presence of at least one cointegrating vector. Given that all variables are I(1) and cointegrated, and to address potential biases arising from autocorrelation and endogeneity, the model was estimated using the Fully

Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) method. The estimation results are presented in Table 1.

The results indicate that economic complexity exerts a positive and statistically significant effect on the Load Capacity Factor, raising the index by 0.07 units. In contrast, economic globalization has a negative and significant impact, reducing the Load Capacity Factor by 0.003 units. Foreign direct investment also displays a negative and significant effect, decreasing the index by 0.02 units. Conversely, financial development plays a positive and significant role in improving the Load Capacity Factor, increasing it by 0.12 units. Non-renewable energy consumption, in line with expectations, has a negative and significant effect, lowering the index by 0.02 units.

Table 1: Model estimation results using the fully modified least squares method

variable	symbol	coefficient	standard error	t-statistic	probability
Economic Complexity	ECI	0.07	022798 0.	3.325	0.0034
Economic Globalization	EG	–0.003	0.001623	–1.950	0.06
Foreign direct investment	FDI	–0.02	0.011003	–2.025	0.05
Financial development	FD	0.12	0.036492	3.466	0.002
non-renewable energy	NRE	–0.027	0.003019	-9.126	0.000
Constant term	C	0.660	0.033884	19.500	0.000

Source: Research findings

Conclusion

The findings indicate that economic complexity enhances the environmental load capacity, implying that a more diversified production structure can help alleviate environmental pressure by facilitating the adoption of sustainable practices. Expanding clean technologies and eco-friendly production methods is therefore essential for reducing pollution and conserving natural resources. However, given Iran's economic constraints, large-scale investment in green technologies requires substantial government support and international cooperation. Economic globalization, on the other hand, adversely affects the load capacity, suggesting that policymakers should promote low-carbon production, encourage green innovation, and strengthen trade relations with countries that uphold stringent environmental standards to facilitate technology transfer. Foreign direct investment also negatively impacts environmental capacity, highlighting the need to attract high-quality, environmentally compatible investments while curtailing polluting activities. Financial development positively influences load capacity through its ability to channel funds toward sustainable projects via incentives, green credit schemes, and supportive banking policies. Finally, the reliance on non-renewable energy sources erodes environmental capacity, underscoring the importance of transitioning toward clean energy.

Additional information

Authors' Contributions

All Authors Contributed Equally to The Writing of The Article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Financial Support

The authors received no financial support for the research and publication of this article.

ORCID

Kamran Kasraei *https://orcid.org/0000-0001-5711-9895*

Fatemeh Weisi *https://orcid.org/0009-0005-0651-8681*

نشریه سیاست‌ها و تحقیقات اقتصادی

نشریه گروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

وب سایت نشریه: www.jepr.uok.ac.ir

شاپای الکترونیکی: ۲۸۲۱-۱۷۴X

سال پنجم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۵، صفحات: ۱۵۷ – ۱۸۴

DOI:10.22034/jepr.2025.141743.1156

مقاله پژوهشی

تأثیر پیچیدگی اقتصادی و جهانی‌شدن اقتصادی بر شاخص ظرفیت بار در ایران

کامران کسرایی*[۱]، فاطمه ویسی[۲]

۱. استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم‌انسانی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.

۲. دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی، اقتصاد و کارآفرینی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۴ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱

چکیده

باتوجه‌به افزایش چالش‌های زیست‌محیطی و اهمیت تحقق اهداف توسعه پایدار، ارزیابی‌های دقیق‌تر از وضعیت محیط‌زیست کشور ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش با استفاده از شاخص ضریب ظرفیت بار که ترکیبی از ظرفیت زیستی و ردپای اکولوژیکی است، به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و جهانی‌شدن اقتصادی بر پایداری زیست‌محیطی ایران طی دوره ۱۳۷۴ تا ۱۴۰۰ پرداخته است. برای تحلیل داده‌ها، از روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده (FMOLS) استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که پیچیدگی اقتصادی و توسعه مالی تأثیر مثبت و معناداری بر ضریب ظرفیت بار دارند، درحالی‌که جهانی‌شدن اقتصادی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر اثر منفی و معناداری بر این شاخص گذاشته‌اند. بر اساس یافته‌های پژوهش، بازنگری در سیاست‌های اقتصادی و زیست‌محیطی کشور با رویکردی پایدار ضروری است. جهت‌دهی تولید و صادرات به سمت محصولات با آلایندگی پایین، تدوین مقررات سخت‌گیرانه زیست‌محیطی در جذب سرمایه خارجی، گسترش روابط تجاری با کشورهای دارای استانداردهای محیط‌زیستی بالا، حمایت مالی از پروژه‌های سبز و اصلاح سیاست‌های انرژی مبتنی بر بهره‌وری و منابع تجدیدپذیر، از جمله راهکارهای پیشنهادی هستند. این اقدامات می‌توانند به همسویی توسعه اقتصادی با ملاحظات زیست‌محیطی و ارتقای ظرفیت بار زیستی کشور کمک کنند.

واژگان کلیدی: پیچیدگی اقتصادی، جهانی‌شدن اقتصادی، شاخص ظرفیت بار محیط‌زیست، توسعه پایدار، حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده

طبقه‌بندی JEL: Q5, F6, Q56

* **نویسنده مسئول:** کامران کسرایی آدرس رایانامه: kamranne@yahoo.com تلفن تماس: ۰۹۱۸۱۷۶۸۱۱۹

استناد به مقاله (APA): کسرایی، کامران و ویسی، فاطمه. (۱۴۰۳). تأثیر پیچیدگی اقتصادی و جهانی شدن اقتصادی بر شاخص ظرفیت بار در ایران. *نشریه سیاست ها و تحقیقات اقتصادی*، ۵(۲)، ۱۵۷-۱۸۴. https://doi.org/10.22034/jepr.2025.141743.1156

صفحهٔ اصلی مقاله در سامانه نشریه: https://jepr.uok.ac.ir/article_63615.html

© نویسنده (گان)، ۲۰۲۶. نشریه علمی سیاست‌ها و تحقیقات اقتصادی، منتشر شده به‌صورت آنلاین توسط دانشگاه کردستان. این یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 توزیع شده است که استفاده، توزیع و تکثیر نامحدود در هر رسانه‌ای را مجاز می‌داند، مشروط بر اینکه به نویسنده و منبع اصلی استناد شود.

۱. مقدمه

سازوکارهای عرضه و تقاضا نقش بنیادی و کلیدی در شکل‌گیری کسری یا مازاد بوم‌شناختی دارند و درک آن‌ها برای تحلیل پایداری زیست‌محیطی ضروری است. بخش تقاضا که با شاخص ردپای بوم‌شناختی[۱] سنجیده می‌شود، در تقابل با بخش عرضه که با مفهوم ظرفیت زیستی[۲] شناخته می‌شود، نقشی تعیین‌کننده در حفظ تعادل یا برهم‌خوردن توازن اکولوژیکی ایفا می‌کند. در این میان، اهداف توسعه پایدار (SDGs)[۳] نیز بر لزوم اقدام هماهنگ و فوری کشورها برای کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی تأکید دارند. به‌عبارت‌دیگر، دستیابی به رشد پایدار و کاهش فشار بر منابع طبیعی، از اولویت‌های اصلی دستور کار جهانی به شمار می‌روند؛ ازاین‌رو، نیاز به اتخاذ رویکردهای جامع‌تر برای ارزیابی وضعیت زیست‌محیطی به‌شدت احساس می‌شود (Latif et al., 2023).

عبارت ظرفیت بار (LCF)[۴] در ادبیات اخیر به واقعیت‌های مهمی در حوزه پایداری اکولوژیکی اشاره دارد. شاخص ظرفیت بار به‌عنوان یک ابزار کلیدی در ارزیابی پایداری محیط‌زیست[۵]، اهمیت زیادی دارد. این شاخص به ما امکان می‌دهد تا توانایی یک منطقه یا کشور را در حمایت از جمعیت و نیازهای آن بر اساس منابع موجود و سبک زندگی فعلی تحلیل کنیم. ظرفیت بار به نسبت ظرفیت زیستی (توانایی طبیعت در تولید منابع) به اثر اکولوژیکی (مصرف منابع و تولید زباله) اشاره دارد. این نسبت به ما می‌گوید که آیا یک اکوسیستم می‌تواند فشارهای انسانی را تحمل کند یا خیر. این شاخص شامل عواملی مانند کیفیت آب‌وخاک، تنوع زیستی[۶] و پایداری اکوسیستم‌ها است. این عوامل به طور مستقیم بر توانایی اکوسیستم[۷] در تأمین نیازهای انسانی تأثیر می‌گذارند. با استفاده از ظرفیت بار، می‌توانیم فشارهای انسانی بر منابع طبیعی مانند هوا، آب‌وخاک را بررسی کنیم. این تحلیل به ما کمک می‌کند تا بفهمیم که آیا مصرف ما از منابع طبیعی پایدار است یا خیر. اطلاعات حاصل از این شاخص به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریتی مؤثری طراحی کنند که نه‌تنها به حفظ منابع طبیعی کمک کند، بلکه کیفیت زندگی انسان‌ها را نیز ارتقا دهد. ظرفیت بار به‌عنوان معیاری برای پایش پایداری اکولوژیکی عمل می‌کند و می‌تواند نشان‌دهنده وضعیت سلامت اکوسیستم‌ها باشد. اگر ظرفیت بار کمتر از یک باشد، نشان‌دهنده این است که فشارهای انسانی بیش از حد است و ممکن است به تخریب محیط‌زیست منجر شود (Pata & ISK, 2021; Kartal et al., 2023).

پیچیدگی اقتصادی نقش مهمی در متنوع‌سازی اقتصاد کشورها و حرکت آن‌ها به‌سوی صنایع با ارزش افزوده بالا دارد. به‌عبارت‌دیگر، سطح پیچیدگی اقتصادی نشان‌دهنده ظرفیت‌های تولیدی کشور و میزان تنوع در تولید کالاها و سرمایه‌گذاری‌ها است. این شاخص همچنین تصویری جامع از مقیاس، ساختار و تحولات فناورانه در محیط‌زیست ارائه می‌دهد. با افزایش پیچیدگی اقتصادی، تنوع محصولات بیشتر شده و این امر معمولاً با افزایش

1. Ecological Footprint
2. Biocapacity
3. Sustainable Development Goals
4. Load Capacity Factor
5. Environmental Sustainability
6. Biodiversity
7. Ecosystem

تقاضای انرژی و در نتیجه، افزایش سطح آلودگی‌های زیست‌محیطی همراه است. بااین‌حال، پیچیدگی اقتصادی به طور هم‌زمان می‌تواند تأثیر مثبتی بر حفظ کیفیت محیط‌زیست داشته باشد؛ زیرا با گسترش تجهیزات فناورانه، توسعه فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه در زمینه محصولات دوستدار محیط‌زیست، و استفاده از فناوری‌های پاک‌تر همراه است (Hasan et al., 2023).

جهانی‌شدن[1] پدیده‌ای چندبُعدی است که در پرتو آن، کشورها و فرهنگ‌ها به‌گونه‌ای فزاینده با یکدیگر تعامل یافته و وابستگی‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی میان آن‌ها گسترش می‌یابد. این فرایند، اغلب با کاهش موانع تجاری، افزایش جریان سرمایه و اطلاعات، و گسترش تبادلات فرهنگی همراه است. تغییرات اقلیمی[2]، پدیده‌ای پیچیده، چندوجهی و جهانی است که در بستر تعامل عوامل انسانی و طبیعی شکل‌گرفته و پیامدهای گسترده‌ای را در حوزه‌های گوناگون از جمله زیست‌بوم‌ها، الگوهای اقلیمی، کشاورزی، منابع آبی و معیشت انسانی به همراه دارد. در این میان، جهانی‌شدن نیز نقش مؤثری در تعمیق یا تخفیف این بحران ایفا می‌کند؛ پدیده‌ای که هرچند موجب رشد اقتصادی، انتقال فناوری و بهبود کیفیت زندگی در برخی مناطق شده، اما اثرات مخرب زیست‌محیطی آن، به‌ویژه در بستر نابرابری‌های جهانی، قابل‌چشم‌پوشی نیست (Yang et al., 2021).

یکی از دیدگاه‌های مهم در تبیین پیامدهای زیست‌محیطی جهانی‌شدن، فرضیه پناهگاه آلودگی[3] است. این فرضیه بیان می‌دارد که برخی کشورهای درحال‌توسعه، به‌منظور جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و جلب حضور شرکت‌های چندملیتی، ممکن است به تضعیف یا تسهیل در اجرای استانداردهای زیست‌محیطی مبادرت ورزند (Bnzerrouk et al., 2021). چنین رفتاری می‌تواند منجر به انتقال صنایع آلاینده از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهایی با الزامات زیست‌محیطی کمتر سخت‌گیرانه شود که در نتیجه آن، آلودگی به‌جای کاهش در سطح جهانی، صرفاً باز توزیع می‌گردد. در مقابل، نظریه رشد سبز[4] بر آن است که فرایند جهانی‌شدن، در صورت تلفیق با سیاست‌گذاری‌های هوشمندانه و چارچوب‌های نظارتی مؤثر، می‌تواند به ابزاری کارآمد برای ارتقای بهره‌وری زیست‌محیطی، توسعه فناوری‌های پاک و کاهش آلاینده‌ها بدل شود. از این منظر، جهانی‌شدن نه‌تنها لزوماً به تخریب محیط‌زیست نمی‌انجامد، بلکه می‌تواند ازطریق تسهیل انتقال دانش، نوآوری و سرمایه زمینه‌ساز هم‌زیستی میان رشد اقتصادی و پایداری زیست‌محیطی گردد (Ahmed et al., 2021).

گسترش تجارت بین‌المللی کالاهای مصرفی یکی از آثار مهم جهانی‌شدن است که منجر به افزایش آلودگی‌های پراکنده (غیرفشرده) می‌شود. این آلودگی‌ها منشأ مشخصی ندارند و ناشی از حمل‌ونقل زمینی، هوایی، دریایی و فعالیت‌های کشاورزی هستند. اگرچه سهم هر منبع به‌تنهایی کم است، اما مجموع آن‌ها تأثیر قابل‌توجهی بر محیط‌زیست دارد و مدیریت آن‌ها نیازمند همکاری‌های بین‌المللی و راهکارهای فرابخشی است (Fakher et al., 2021).

---

1. Globalization
2. Climate Changes
3. Pollution Haven Hypothesi
4. Green Growth

باتوجه‌به مطالب ذکرشده می‌توان استدلال نمود که در حال حاضر با پدیده ناپایداری محیط‌زیست مواجه هستیم که اثرات مخربی بر فعالیت‌های مختلف جامعه به همراه دارد. ازآنجاکه تاکنون برای بررسی عوامل مؤثر بر پایداری محیط‌زیست از شاخص‌های ناقص مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده‌شده است؛ لذا این مطالعات جامع نیستند. بر اساس مبانی نظری جدید شاخصی تحت عنوان ظرفیت بار محیط‌زیست محاسبه و ارائه‌شده است که از جامعیت مناسبی برخوردار است. تاکنون مطالعه‌ای در ایران از این شاخص برای ارزیابی پایداری محیط‌زیست استفاده‌نشده است. ازاین‌رو، این مطالعه با استفاده از داده‌های سری زمانی و روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده (FMOLS)[1] طی دوره زمانی ۱۳۷۴ تا ۱۴۰۰ تأثیر پیچیدگی اقتصادی و جهانی‌شدن بر پایداری محیط‌زیست ایران را مورد بررسی قرار داده است. در ادامه با توجه به اهداف تحقیق، سازمان‌دهی مقاله به این صورت است که در بخش دوم، ادبیات تحقیق در چارچوب مبانی نظری و پیشینه پژوهش مرور شده است. در ادامه بخش سوم دربرگیرنده تصریح مدل تجربی مورد مطالعه، معرفی متغیرها و روش برآورد مدل است. در بخش چهارم یافته‌های پژوهش ارائه‌شده است. بخش پنجم به جمع‌بندی کلی و نتیجه‌گیری تحقیق می‌پردازد و در انتها توصیه‌های سیاستی ارائه گردیده است.

۲. ادبیات‌پژوهش

۲-۱. مبانی نظری

۲-۱-۱. شاخص ظرفیت بار

در ادبیات اقتصاد محیط‌زیست، بررسی ابعاد گوناگون مسائل زیست‌محیطی مستلزم بهره‌گیری از شاخص‌های متنوع و چندسویه نگر است. شاخص‌هایی نظیر انتشار دی‌اکسیدکربن و دی‌اکسید گوگرد، اگرچه تصویری مهم از سطح آلودگی هوا و پیامدهای زیست‌محیطی ارائه می‌دهند، اما تنها بخشی از واقعیت را منعکس می‌سازند. ازآنجاکه پایداری بلندمدت جوامع انسانی مستقیماً با سلامت اکولوژیکی محیط‌زیست پیوند دارد، بهره‌گیری از رویکردی جامع و چندبعدی برای تحلیل پایداری زیست‌محیطی ضرورتی انکارناپذیر به شمار می‌رود. در این راستا، ردپای اکولوژیکی که نخستین‌بار توسط ویلیام ریس[2] در سال ۱۹۹۲ معرفی شد، به‌عنوان ابزاری کارآمد برای سنجش تأثیر فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست موردتوجه قرار گرفت (Wang et al., 2023).

شاخص ردپای اکولوژیکی، میزان تقاضای انسان برای منابع طبیعی تجدیدپذیر را بر حسب هکتارهای جهانی محاسبه می‌کند و بدین‌وسیله، سطح فشار وارده بر زیست‌کره را نشان می‌دهد. باوجود کاربردهای گسترده، ردپای اکولوژیکی با محدودیتی بنیادین مواجه است؛ چراکه صرفاً بُعد تقاضا را مدنظر قرار می‌دهد و توان اکوسیستم در پاسخ‌گویی به این تقاضا یا همان بُعد عرضه را نادیده می‌انگارد. ازاین‌رو، شاخص‌هایی همچون ردپای اکولوژیکی و انتشار کربن‌دی‌اکسید، صرفاً ناظر بر جنبه‌های مصرفی و تخریبی محیط‌زیست هستند و برای ترسیم تصویری کامل از پایداری اکولوژیکی، کافی نیستند (Wang et al., 2023).

1. Fully Modified Least Squares (FMOLS)
2. William Rees

تحلیل واقع‌بینانه پایداری زیست‌محیطی، مستلزم درنظرگرفتن توان سرزمینی طبیعت برای پاسخ‌گویی به نیازهای انسان است؛ قابلیتی که در قالب مفهوم ظرفیت‌زیستی قابل‌اندازه‌گیری است. ظرفیت‌زیستی، بیانگر مقدار زمین و آب حاصلخیز، منابع دریایی یا دیگر بسترهای بیولوژیکی است که قابلیت تولید منابع طبیعی و جذب ضایعات انسانی را دارا هستند. شاخص ضریب ظرفیت بار، در واقع هم‌ارز جنبه عرضه در معادله پایداری بوم‌شناختی بوده و به‌خوبی تکمیل‌کننده ردپای اکولوژیکی محسوب می‌شود. براین‌اساس، برای ارزیابی دقیق وضعیت پایداری اکولوژیکی در جوامع، توجه هم‌زمان به ردپای اکولوژیکی (تقاضا) و ظرفیت‌زیستی (عرضه) ضرورتی بنیادی است؛ چراکه تنها در صورت توازن میان این دو، می‌توان از پایداری واقعی یک نظام زیست‌محیطی سخن گفت (Wang et al., 2023).

ظرفیت بار یک مفهوم کلیدی در مدیریت منابع طبیعی و ارزیابی زیست‌محیطی است که به ما کمک می‌کند تا تعادل بین جمعیت و منابع موجود را درک کنیم. این مفهوم به‌ویژه در شرایطی که فشارهای انسانی بر اکوسیستم افزایش می‌یابد، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. ظرفیت بار به‌عنوان یک نماینده متمایز از زوال محیطی، به ما امکان می‌دهد تا با مقایسه ظرفیت زیستی (توانایی محیط برای تولید و حمایت از گونه‌ها) و ردپای اکولوژیکی (مقدار منابع مصرف‌شده توسط انسان) به ارزیابی دقیق‌تری از وضعیت محیط‌زیست بپردازیم. این مقایسه می‌تواند نشان‌دهنده نقاط ضعف و قوت یک اکوسیستم باشد و به شناسایی نیازهای حفاظتی و مدیریتی کمک کند. ضریب ظرفیت بار ویژگی‌های ترکیبی تقاضا و عرضه کیفیت محیطی را فراهم می‌کند. این ویژگی‌ها شامل عواملی چون میزان مصرف منابع، آلودگی، تنوع زیستی و تغییرات اقلیمی هستند. با تحلیل این عوامل، می‌توانیم به درک بهتری از فشارهای وارد بر اکوسیستم‌ها برسیم و راهکارهای مؤثری برای مدیریت پایدار منابع طبیعی ارائه دهیم (Shang et al., 2022).

شاخص ظرفیت بار به‌عنوان یک شاخص محیط زیستی، نشان‌دهنده حداکثر تعداد جمعیت یا فعالیتی است که یک منطقه می‌تواند پشتیبانی کند، بدون ایجاد آسیب جدی به سیستم‌های زیستی. با تقسیم ظرفیت زیستی بر ردپای بوم‌شناختی، ظرفیت بار اندازه‌گیری می‌شود. به این معنی که ظرفیت بار نشان می‌دهد که یک منطقه نسبت به منابع طبیعی موردنیاز برای تأمین نیازهای جمعیت و فعالیت‌ها، چه میزان برآورده شده و چه میزان از منابع جهانی استفاده می‌کند. این شاخص می‌تواند به‌عنوان یک آستانه برای اکولوژی جهانی عمل کند، زیرا نشان می‌دهد که آیا ما به‌اندازه کافی پایدار در حال استفاده از منابع زمین هستیم یا خیر (مظفری و ویسی، ۱۴۰۳؛ Shang et al., 2022).

به طور خلاصه بر اساس مطالب اشاره شده این‌گونه استنباط می‌شود که شاخص ظرفیت بار می‌تواند میزان پایداری محیط‌زیست و منابع عرضه شده را سنجیده و با استفاده از سیاست‌های مناسب به افزایش پایداری محیط‌زیست کمک کند. با تحلیل این شاخص، می‌توانیم مطلع شویم که آیا منطقه ما در حداکثر ظرفیت خود برای تأمین نیازها و استفاده از منابع زیستی است یا خیر. اگر ظرفیت بار بیشتر از ظرفیت زیستی باشد، این نشان می‌دهد که منطقه در حال استفاده بیش از حد از منابع و منابع زمین است و احتمالاً به پایداری محیط‌زیست آسیب می‌رساند. برای تعیین ظرفیت بار محیط زیستی، نیاز به دسترسی به داده‌های زیست‌شناختی، محیطی و

اجتماعی است. این داده‌ها به ما کمک می‌کنند تا تأثیرات مختلف عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بر محیط‌زیست و تنوع زیستی را اندازه‌گیری و تحلیل کنیم و برنامه‌های مناسب برای حفظ و بهبود محیط‌زیست را طراحی کنیم (مظفری و ویسی، ۱۴۰۳).

۲-۱-۲. تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر شاخص ظرفیت بار

پیچیدگی اقتصادی می‌تواند از طریق کانال‌های مختلف بر پایداری اکولوژیکی تأثیرگذار باشد که در ادامه به طور مفصل توضیح داده شده است.

الف. وابستگی به منابع: رابطه میان وابستگی به منابع طبیعی و پیچیدگی اقتصادی، پیوندی چند لایه و گاه متناقض است که آثار آن بر پایداری محیط‌زیست، می‌تواند سازنده و مخرب باشد. از یک‌سو، افزایش پیچیدگی اقتصادی با گسترش فناوری‌های نوین همچون انرژی‌های تجدیدپذیر، بهینه‌سازی مصرف منابع، و ارتقای بهره‌وری همراه است؛ روندی که می‌تواند بار فشار بر منابع طبیعی را کاهش داده و به صیانت از تنوع زیستی یاری رساند. بااین‌حال، در سوی دیگر، اقتصادهای پیچیده غالباً نیاز بیشتری به منابع دارند؛ نیازی که اگر با مدیریت ناصحیح همراه شود، ممکن است به بهره‌برداری بیش از اندازه، تخریب زیست‌بوم‌ها، و افزایش آلاینده‌ها و پسماندها بینجامد؛ پدیده‌هایی که پایداری اکولوژیکی را با تهدیدی جدی روبه‌رو می‌سازند (Zeraibi et al., 2023).

ب. تجارت و جهانی‌شدن: تجارت و جهانی‌شدن اقتصادی واقعاً تأثیرات عمیقی بر پایداری اکولوژیکی دارند. در دنیای امروز، با گسترش زنجیره‌های تأمین جهانی، کشورها به طور فزاینده‌ای به یکدیگر وابسته شده‌اند. این وابستگی می‌تواند مزایایی از قبیل انتقال فناوری‌های نوین و بهبود بهره‌وری منابع را به همراه داشته باشد، اما درعین‌حال، چالش‌های جدی نیز ایجاد می‌کند. یکی از اثرات منفی اصلی تجارت بین‌المللی، نشت کربن است. کشورهایی که در زنجیره‌های تأمین جهانی مشارکت دارند، ممکن است با استفاده از منابع طبیعی کشورهای دیگر، آلودگی‌های زیست‌محیطی خود را کاهش دهند، اما در عوض، بار آلودگی را بر دوش کشورهای درحال‌توسعه بگذارند. کشورهای پیشرفته ممکن است به دلیل تقاضای بالای خود، منابع طبیعی کشورهای درحال‌توسعه را به طور بی‌رویه استخراج کنند. این امر می‌تواند منجر به تخریب اکوسیستم‌ها و کاهش تنوع زیستی شود. افزایش تولید و مصرف در سطح جهانی می‌تواند به افزایش آلودگی هوا و آب و همچنین تشدید تغییرات اقلیمی منجر شود. این مشکلات نه‌تنها بر سلامت انسان‌ها تأثیر می‌گذارد، بلکه بر اکوسیستم‌ها نیز آسیب می‌زند. برای رسیدن به پایداری اکولوژیکی، نیاز به طراحی سیاست‌های تجاری و اقتصادی مؤثر داریم که اثرات منفی بر محیط‌زیست را کاهش دهد (Hasan et al., 2023).

پ. دانش و فناوری: اقتصاد پیچیده و مبتنی بر دانش می‌تواند به طور قابل‌توجهی به بهبود ساختار تولیدی و حفظ محیط‌زیست کمک کند. با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و دانش فنی، می‌توان روش‌های تولیدی را طراحی کرد که به کاهش آلودگی و مصرف منابع طبیعی کمک کنند. توسعه فناوری‌های پاک، مانند انرژی‌های تجدیدپذیر و فرایندهای تولید سبز، نه‌تنها به حفظ محیط‌زیست کمک می‌کند، بلکه می‌تواند منجر به ایجاد محصولات با ارزش افزوده بالا شود. این محصولات معمولاً نیازمند تحقیق‌وتوسعه بیشتری هستند و به همین

دلیل، اشتغال‌زایی و رشد اقتصادی را نیز به دنبال دارند. علاوه بر این، استفاده بهینه از منابع و مدیریت صحیح زنجیره تأمین می‌تواند به کاهش ضایعات و افزایش کارایی در تولید منجر شود. در نتیجه، این نوع اقتصاد نه‌تنها به نفع محیط‌زیست است، بلکه می‌تواند به رشد پایدار و توسعه اقتصادی نیز کمک کند (Hasman et al., 2014).

ت. فرضیه منحنی کوزنتس: رابطه بین پیچیدگی اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست به‌خوبی در نظریه منحنی محیطی کوزنتس (EKC) توضیح داده شده است. این نظریه نشان می‌دهد که در مراحل ابتدایی توسعه، اقتصادهای ساده‌تر که بر کشاورزی و منابع طبیعی متکی‌اند، آلودگی کمتری دارند. با صنعتی‌شدن و افزایش تنوع تولیدات، پیچیدگی اقتصادی رشد می‌کند و معمولاً باعث افزایش آلودگی و تخریب محیط‌زیست می‌شود. اما پس از رسیدن به یک نقطه عطف، به دلیل پیشرفت فناوری‌های پاک، سرمایه‌گذاری در دانش و افزایش آگاهی عمومی، تأثیرات منفی زیست‌محیطی کاهش می‌یابد. در این مرحله، کشورها با استفاده از فناوری‌های سبز و سیاست‌های زیست‌محیطی مؤثر، می‌توانند توسعه پایدار را محقق کنند. به‌طورکلی، این رابطه پیچیده و چند وجهی است و نیازمند سیاست‌گذاری هوشمندانه در هر مرحله از توسعه است تا هم پیشرفت اقتصادی و هم حفظ محیط‌زیست تضمین شود (Dogan et al., 2019).

۲-۱-۳. تأثیر جهانی‌شدن اقتصادی بر شاخص ظرفیت بار

در ادبیات اقتصادی، آثار جهانی‌شدن بر محیط‌زیست معمولاً به دو دسته‌ی اثرات مستقیم و اثرات غیرمستقیم تقسیم می‌شوند. یکی از پیامدهای مستقیم جهانی‌شدن، افزایش تجارت بین‌المللی و در نتیجه، افزایش حمل‌ونقل کالاها در سطح جهان است. بیشتر این حمل‌ونقل‌ها، به‌ویژه حمل‌ونقل جاده‌ای و هوایی، وابسته به سوخت‌های فسیلی هستند که باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای، ذرات معلق و مواد آلاینده‌ی دیگر می‌شوند. این آلودگی‌ها به تخریب کیفیت هوا و تشدید تغییرات اقلیمی منجر می‌شوند. همچنین، با گسترش تجارت، تکنولوژی‌ها و روش‌های حمل‌ونقل نیز میان کشورها منتقل می‌شود. اما در برخی کشورها، به دلیل ضعف نظارت یا نبود قوانین سخت‌گیرانه، ممکن است از روش‌های غیر پایدار استفاده شود. این موضوع می‌تواند به تخریب محیط‌زیست در آن کشورها منجر شود و نیاز به همکاری‌های بین‌المللی و سیاست‌گذاری‌های مؤثر برای کاهش این آسیب‌ها را بیشتر می‌کند (Copland et al., 2021).

اثرات غیرمستقیم جهانی‌شدن عمدتاً از طریق تغییر در فعالیت‌های اقتصادی و ساختار تولید ایجاد می‌شوند. این اثرات را می‌توان در سه دسته اصلی بررسی کرد.

الف. اثر مقیاس: وقتی تجارت آزاد باعث افزایش تولید و رشد اقتصادی می‌شود، به طور طبیعی مصرف منابع نیز بیشتر می‌شود. این افزایش تولید معمولاً همراه با مصرف انرژی بیشتر و انتشار آلاینده‌های بیشتر است. به این پدیده، اثر مقیاس می‌گویند. برای مثال، اگر تولید کارخانه‌ای به دلیل تجارت افزایش یابد، ممکن است استفاده از سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز بیشتر شود. به‌علاوه، افزایش تقاضا برای منابع طبیعی می‌تواند منجر به استخراج بیش از حد و تخریب زیستگاه‌های طبیعی شود (Gallagher, 2009).

ب. اثر ترکیبی (ساختاری): جهانی‌شدن می‌تواند ساختار تولید کشورها را تغییر دهد. به‌عنوان‌مثال، برخی صنایع آلاینده مانند فولاد، صنایع شیمیایی یا معدنی ممکن است از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای درحال‌توسعه منتقل شوند، چراکه مقررات زیست‌محیطی در این کشورها ممکن است کمتر سخت‌گیرانه باشد. ازسوی‌دیگر، جهانی‌شدن می‌تواند موجب توسعه صنایع پایدار مانند فناوری اطلاعات یا انرژی‌های تجدیدپذیر در برخی کشورها شود؛ بنابراین، تأثیر این تغییرات می‌تواند هم مثبت و هم منفی باشد. برای کاهش اثرات منفی، لازم است سیاست‌گذاران ترکیب صنایع را بررسی کرده و سیاست‌هایی برای حمایت از صنایع پایدار در پیش گیرند (Latif et al., 2023).

پ. اثر فنی (فناورانه): یکی از فرصت‌هایی که جهانی‌شدن فراهم می‌کند، انتقال فناوری‌های نوین و سازگار با محیط‌زیست از کشورهای پیشرفته به کشورهای درحال‌توسعه است. این فناوری‌ها می‌توانند به کاهش آلودگی، استفاده‌ی بهینه از منابع، کاهش زباله و بهبود کیفیت هوا و آب کمک کنند. استفاده از فناوری‌های جدید می‌تواند کشورها را به سمت تولید پاک‌تر و توسعه پایدار سوق دهد. بااین‌حال، کشورهای درحال‌توسعه ممکن است با چالش‌هایی مانند کمبود سرمایه، نبود زیرساخت مناسب یا موانع سیاسی در مسیر پذیرش این فناوری‌ها روبه‌رو باشند (Latif et al., 2023).

۲-۲. پیشینهٔ پژوهش

خداپرست شیرازی و خاوند (۱۳۹۹) با استفاده از الگوی تصحیح خطای برداری (VECM)[1] طی دوره زمانی ۱۳۹۴-۱۳۶۰ در ایران نشان می‌دهند که از ابعاد سه‌گانه جهانی‌شدن، ابعاد اقتصادی و سیاسی جهانی‌شدن باعث افزایش تخریب محیط‌زیست (انتشار دی‌اکسیدکربن) می‌شود، اما بعد اجتماعی جهانی‌شدن، باعث کاهش تخریب محیط‌زیست در ایران شده است. سایر نتایج نیز نشان داد که شدت مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی سرانه اثر مثبت و مجذور ناخالص داخلی سرانه اثر منفی بر تخریب محیط‌زیست داشته است.

درویشی و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه کشور ایران طی دوره زمانی ۱۳۵۷-۱۳۹۵ با استفاده از روش‌های حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده (FMOLS) و رگرسیون همگرایی کانونی (CCR)[2] نشان دادند که رشد اقتصادی، مصرف انرژی و جهانی‌شدن اثر مثبت و سبب افزایش تخریب محیط‌زیست (انتشار دی‌اکسیدکربن) می‌شوند. همچنین مجذور رشد اقتصادی نیز اثر منفی و باعث کاهش تخریب محیط‌زیست شده است.

زروکی و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه ایران طی دوره زمانی ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۶ با استفاده از روش خود توضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) نشان دادند که، شاخص کل جهانی‌شدن اثر قابل‌توجهی بر انتشار دی‌اکسیدکربن ندارد، اما دو بُعد جهانی‌شدن اجتماعی و اقتصادی تأثیر مستقیمی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. علاوه بر این، تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و جمعیت تأثیر مثبت و مجذور تولید ناخالص داخلی اثر منفی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارند.

---

1. Vector Error Correction Model (VECM)
2. Canonical Cointegrating Regression (CCR)

حاتمی و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه بررسی تأثیر منابع طبیعی، سرمایهٔ انسانی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر ردپای اکولوژیکی در ایران طی دوره زمانی ۱۳۵۹ تا ۱۳۹۸ با استفاده از روش خود توضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL)[1] نشان دادند که منابع طبیعی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و سرمایهٔ انسانی تأثیر مثبت و معناداری بر ردپای اکولوژیکی دارند.

لطافت و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه خود طی دوره زمانی ۱۹۹۵-۲۰۱۹ در ایران با استفاده از رهیافت خود توضیح با وقفه‌های گسترده غیرخطی (NARDL)[2] نشان دادند که اثرات منفی جهانی‌شدن اقتصادی و سیاسی اثر معنادار بر ردپای بوم‌شناختی دارند؛ درحالی‌که اثرات مثبت جهانی‌شدن اقتصادی و سیاسی اثر معناداری بر کیفیت محیط‌زیست ندارد. سایر نتایج نیز نشان داد که تولید ناخالص داخلی و مصرف سوخت فسیلی اثر مثبت و معناداری بر ردپای بوم‌شناختی داشته است.

محمدی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه خود با استفاده از روش کوانتایل[3] طی دوره زمانی ۱۳۶۰ تا۱۴۰۰ در ایران نشان دادند که در چارک‌های اول و دوم، جهانی‌شدن اقتصادی، رشد اقتصادی، مصرف انرژی، توسعه مالی و تراکم جمعیت بر ردپای اکولوژیکی اثر مثبت دارد و از چارک‌های سوم و چهارم به بعد شدت تأثیرگذاری آن بر ردپای اکولوژیکی افزایش می‌یابد.

جواهری و عزیزی (۱۴۰۲) در مطالعه اقتصاد ایران طی دوره زمانی (۲۰۲۱ – ۱۹۹۵) با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS)[4] نشان دادند که در بلندمدت پیچیدگی اقتصادی و نوآوری زیست‌محیطی باعث کاهش تخریب محیط‌زیست (انتشار گاز دی‌اکسیدکربن) شده است. همچنین، رشد اقتصادی و مصرف انرژی بر تخریب محیط‌زیست تأثیر مثبت می‌گذارند.

محمدی و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه کشورهای درحال‌توسعه طی دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰ با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)[5]نشان دادند که پیچیدگی اقتصادی، تأثیر منفی و معناداری بر آلودگی‌های زیست‌محیطی (انتشار دی‌اکسیدکربن) دارد. همچنین تولید ناخالص داخلی سرانه، شدت انرژی، بازبودن تجاری اثر مثبت و مجذور تولید سرانه و تولید انرژی تجدیدپذیر اثر منفی بر آلودگی‌های زیست‌محیطی دارند.

گل خندان (۱۴۰۴) در مطالعه ایران طی دوره ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۱ با استفاده از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی فوریه (F-ARDL)[6] نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی سرانه، مصرف انرژی، توسعه مالی اثر منفی و فناوری‌های سبز و متغیر تعاملی (توسعه مالی و فناوری‌های سبز) اثر مثبت بر شاخص ظرفیت بار زیست‌محیطی دارند. بر اساس نتایج اثر بلندمدت توسعه مالی بر ضریب ظرفیت بار زیست‌محیطی (LCF) غیرخطی بوده و به سطح فناوری‌های سبز وابسته است؛ به‌طوری که افزایش فناوری‌های سبز اثر منفی توسعه مالی بر محیط‌زیست را کاهش می‌دهد.

---

1. Autoregressive Distributed Lag (ARDL)
2. Nonlinear Autoregressive Distributed Lag (NARDL)
3. Quantile Regression
4. Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS)
5. Generalized Method of Moments (GMM)
6. Fourier-based Autoregressive Distributed Lag (F-ARDL)

تورفوو همکاران (۲۰۱۷)[1] اثر جهانی‌شدن و رشد اقتصادی را بر شرایط محیط‌زیست با روش داده‌های تابلویی پویا در دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ در ۳۶ کشور منطقه صحرای آفریقا مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان می‌دهد که جهانی‌شدن اثر مخربی بر کیفیت و پایداری محیط‌زیست دارد.

هاسب و همکاران (۲۰۱۸)[2] به بررسی اثر جهانی‌شدن و توسعه مالی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای عضو بریکس[3] (برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی) با روش معادلات به‌ظاهر نامرتبط پویا در دوره ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴ پرداختند. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که جهانی‌شدن و شهرنشینی اثر معنادار بر انتشار دی‌اکسیدکربن ندارد. درحالی‌که توسعه مالی و مصرف انرژی باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود.

یو و همکاران (۲۰۲۲)[4] در مطالعه کشورهای N11 با استفاده از روش خود توضیح با وقفه‌های گسترده تقویت‌شده مقطعی[5] طی بازه زمانی ۱۹۸۰-۲۰۲۰ نشان می‌دهند که نوآوری‌های فناوری و پیچیدگی اقتصادی به طور منفی با تخریب محیط‌زیست مرتبط هستند، درحالی‌که انرژی‌های تجدیدناپذیر با تشدید انتشار کربن، محیط‌زیست را بدتر می‌کنند.

آدبیو و همکاران (۲۰۲۳)[6] به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و ریسک مالی بر ضریب ظرفیت بار جهت دستیابی به توسعه پایدار بر اقتصاد کشورهای بریکس با استفاده از روش رگرسیون چندک پرداخته است. تجزیه‌وتحلیل بلندمدت نشان داد که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، پیچیدگی اقتصادی و ریسک مالی به کیفیت زیست‌محیطی کمک می‌کند. بااین‌حال، انرژی‌های تجدیدناپذیر و پیشرفت اقتصادی با کاهش ضریب ظرفیت بار، کیفیت زیست‌محیطی را تهدید می‌کند.

آووسی و همکاران (۲۰۲۴)[7] به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و جهانی‌شدن تجارت بر شاخص ظرفیت بار در کشور ژاپن با استفاده از روش خودرگرسیونی وقفه‌های توزیعی طی بازه زمانی ۱۹۸۰- ۲۰۱۷ پرداختند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که پیچیدگی اقتصادی، توسعه مالی و رشد اقتصادی تأثیر منفی بر شاخص ظرفیت بار محیط‌زیست دارد. درحالی‌که انرژی‌های تجدیدپذیر، جهانی‌شدن تأثیر مثبت بر شاخص ظرفیت بار دارد.

۲-۳. نوآوری پژوهش

مرور مطالعه پیشین نشان می‌دهد که تاکنون در پژوهش‌های انجام شده در اقتصاد ایران از شاخص‌هایی همچون انتشار گازهای گلخانه‌ای و شاخص ردپای بوم‌شناختی به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی پایداری محیط‌زیست استفاده کرده‌اند. اما بر پایه بررسی‌های انجام شده؛ تکیه انحصاری بر این متغیرها قادر به ارائه تصویری تمام‌عیار از سلامت اکوسیستم و وضعیت واقعی تعادل‌های اکولوژیک نمی‌باشد. ادبیات جدید نشان می‌دهد که ضریب

1. Twerefou et al. (2017)
2. Haseb et al. (2018)
3. BRICS countries (Brazil, Russia, India, China, South Africa)
4. Yu et al. (2023)
5. Cross-sectional Augmented Autoregressive Distributed Lag
6. Adbayo (2023)
7. Awosusi et al. (2024)

ظرفیت بار که از نسبت ظرفیت‌زیستی به ردپای اکولوژیکی محاسبه می‌شود، شاخصی جامع‌تر برای ارزیابی کیفیت زیست‌محیطی است و کیفیت زیست‌محیطی را از جنبه‌های مربوط به عرضه و تقاضا بررسی می‌کند. ازاین‌رو، شاخص ظرفیت بار می‌تواند پراکسی جامع‌تر برای آثار فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست باشد. درحالی‌که پژوهش‌های پیشین، از جمله مطالعات محمدی و همکاران (۱۴۰۱)، زروکی و همکاران (۱۴۰۱) و لطافت و همکاران (۱۴۰۲)، رابطه میان پیچیدگی اقتصادی، جهانی‌شدن و برخی شاخص‌های محیط‌زیستی نظیر انتشار دی‌اکسیدکربن و ردپای بوم‌شناختی را واکاوی کرده‌اند. اما تاکنون در ایران به‌صورت سری زمانی اثر پیچیدگی اقتصادی و جهانی‌شدن اقتصادی انسانی بر شاخص ظرفیت بار مورد بررسی قرار نگرفته است؛ بنابراین برجسته‌ترین جنبه نوآورانه این پژوهش، گذار از پارادایم‌های تک‌بعدی و رویکردهای سنتیِ سنجش پایداری محیط‌زیست در ایران به‌سوی نگرشی جامع‌نگر است. نوآوری مطالعه حاضر در بهره‌گیری مفهومی از ظرفیت بار محیط‌زیست به‌عنوان شاخصی کلیدی و چندوجهی است و با گسترش دامنه متغیرهای وابسته فراتر از معیارهای رایجِ زیست‌محیطی و ارائه چارچوبی تحلیلی یکپارچه، خلأ موجود در مدل‌سازی پایداری محیط‌زیست در اقتصاد ایران را تا حدی مرتفع ساخته و تصویری عمیق‌تر و واقع‌بینانه‌تر از اثرات متقابل جهانی‌شدن اقتصادی و پیچیدگی اقتصادی بر تعادل اکولوژیک کشور ارائه می‌کند.

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳–۱. تصریح مدل و داده‌های تحقیق

در این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و جهانی‌شدن اقتصادی بر شاخص ظرفیت بار زیست‌محیطی در ایران، باتوجه‌به ادبیات تحقیق و پیروی از مطالعه آووسی و همکاران (۲۰۲۴) و لطیف و همکاران (۲۰۲۳) الگوی پژوهش به‌صورت رابطه (۱) تصریح شده است.

$$LCF_t = \beta_0 + \beta_1 EG_t + \beta_2 ECI_t + \beta_3 NRE_t + \beta_4 FDI_t + \beta_5 FD_t + \varepsilon_t \quad (۱)$$

در رابطه (۱) شاخص ظرفیت بار (LCF) متغیر وابسته است. متغیرهای مستقل شامل جهانی‌شدن اقتصادی (EG)، شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI)، مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر (NRE)، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)، توسعه مالی (FD)، ضریب ثابت (β_0) و جمله خطای تصادفی (ε) در سال t هستند. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از پایگاه‌های بین‌المللی برای دوره زمانی (۱۳۷۴ تا ۱۴۰۰) استخراج شده است. باتوجه‌به ماهیت داده‌ها جهت برآورد رابطه (۱) از روش حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده (FMOLS) و نرم‌افزار ایویوز (EViews) استفاده شده است. در ادامه متغیرها و منابع داده‌ها تشریح شده است.

شاخص ظرفیت بار (LCF): این شاخص از نسبت ظرفیت زیستی (میزان منابع طبیعی موجود برای تأمین نیازهای انسان مانند زمین کشاورزی، منابع آبی، جنگل‌ها و غیره) به ردپای اکولوژیکی (مقدار منابعی که یک جامعه برای مصرف، تولید زباله و جذب) محاسبه می‌شود. اگر مقدار این نسبت از یک کوچک‌تر باشد نشان‌دهنده کسری اکولوژیکی است. یعنی الگو و رفتار مصرفی جامعه موردمطالعه نسبت به محیط‌زیست طبیعی آنها، آسیب‌زا است. اما درصورتی‌که مقدار شاخص ظرفیت بار بزرگ‌تر از یک باشد نشان‌دهنده وجود مازاد اکولوژیکی است.

یعنی عرضه منابع طبیعی و شرایط محیطی جوابگوی نیازهای رفتاری جامعه موردمطالعه است. در نهایت اگر این نسبت برابر با یک باشد؛ یعنی عرضه و تقاضا برای اکوسیستم طبیعی برابر است و نشان‌دهنده برقراری حالت پایداری و تعادل اکولوژیکی است. در این مطالعه داده‌های موردنیاز جهت محاسبه شاخص ظرفیت بار از پایگاه‌داده شبکه جهانی ردپای بوم‌شناختی استخراج شده است.

جهانی‌شدن اقتصادی (EG): مؤسسهٔ اقتصادی[1] (KOF) در سوئیس ارزیابی و میزان جهانی‌شدن کشورها را با استفاده از یک شاخص ترکیبی[2] (KOF) در سه بعد جهانی‌شدن اقتصادی، سیاسی و اجتماعی اندازه‌گیری می‌کند. در این مطالعه از بعُد اقتصادی شاخص جهانی‌شدن (KOF)[3] استفاده شده است. هر بعد این شاخص از دو جز عملیاتی و قانونی تشکیل شده است. برای محاسبه جزء عملیانی جهانی‌شدن اقتصادی عواملی همچون تجارت کالا، تجارت خدمات، تنوع شرکای تجاری، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، سبد سرمایه‌گذاری، بدهی بین‌المللی، ذخایر بین‌المللی و پرداختی‌ها بین‌المللی در نظر گرفته شده است. در جزء قانونی شاخص جهانی‌شدن اقتصادی عواملی چون قوانین تجاری، مالیات تجاری، تعرفه‌ها، توافق‌های تجاری، محدودیت‌های سرمایه‌گذاری (قوانین)، باز بودن حساب سرمایه و تفاهم‌نامه‌های سرمایه‌گذاری بین‌المللی قرار گرفته شده است. به‌طورکلی مقدار این شاخص از عدد ۱ کمترین ارزش تا ۱۰۰ بیشترین ارزش محاسبه می‌شود.

شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI): این شاخص نشان‌دهنده مقیاس، ساختار و سطوح تکنولوژیکی فرایند تولید و منعکس‌کننده دانش و توانایی تولیدی یک کشور است. در این مطالعه شاخص پیچیدگی اقتصادی از پایگاه‌داده اطلس پیچیدگی اقتصادی[4] استخراج شده است. پیچیدگی اقتصادی بر پایه داده‌ها و اطلاعات صادرات است و با تلفیق و ترکیب اطلاعات در مورد تنوع (تعداد کالاهایی که یک کشور صادر می‌کند) و فراگیری محصولات (تعداد کشورهایی که آن محصول را تولید می‌کنند)، پیچیدگی اقتصادی یک کشور را اندازه‌گیری می‌کنند. مقدار این شاخص بین ۳ تا ۳- محاسبه می‌شود.

مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر (NRE): این متغیر با استفاده از مجموع مصرف سوخت‌های فسیلی شامل نفت، گاز طبیعی، زغال‌سنگ و غیره به‌دست‌آمده است که بر حسب (quad btu) سنجیده می‌شود. داده‌های مربوط به این متغیر از پایگاه‌داده آژانس بین‌المللی انرژی[5] استخراج شده است.

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI): جهت اندازه‌گیری این متغیر از مقدار نسبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، جریان خالص ورودی به تولید ناخالص داخلی برحسب درصد استفاده شده است. داده‌های این متغیر از پایگاه‌داده بانک جهانی استخراج شده است.

توسعه مالی (FD): این متغیر به‌صورت نسبت میزان اعتبارات اعطایی به بخش خصوصی به تولید ناخالص داخلی تعریف و اندازه‌گیری می‌شود. داده‌های این متغیر از پایگاه‌داده بانک جهانی استخراج شده است.

---

1. Konjunkturforschungsstelle, www.kof.ethz.ch
2. KOF Index of Globalization
3. KOF Economic Golobalisation
4. Atlas of Economic Complexity
5. International Energy Agency

۳-۲. روش برآورد مدل

روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS) توسط مطالعات فیلیپس و هانسن[1] (۱۹۹۰)، برای بررسی روابط بلندمدت و برآورد یک رابطه هم انباشته که دارای ترکیبی از متغیرهای I(1) از نظر پایایی هستند، توسعه یافته است. این روش از یک تصحیح شبه پارامتریک استفاده می‌کند تا مشکلات ناشی از همبستگی بلندمدت بین معادلات هم انباشته و تغییرات متغیرهای تصادفی را برطرف کند (حقیقت و اکبر موسوی، ۱۴۰۱). این تخمین‌زننده فوق سازگار و به طور مجانبی بدون تورش به‌صورت نرمال توزیع شده است و در نمونه‌های کوچک نتایج کاراتری را ارائه می‌کند. همچنین انحراف معیارهای اصلاح شده‌ای را ارائه می‌کند که امکان انجام استنباط‌های آماری را فراهم می‌کند. در واقع روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح‌شده دو تصحیح تورش و درون‌زایی را روی روش حداقل مربعات معمولی اعمال می‌کند (تشکینی، ۱۳۸۴). از طرفی این روش متأثر از طول وقفه نیست و در شرایطی که همه متغیرها درون‌زا هستند به طور مجانبی ناریب و دارای ترکیب مجانب‌های کاملاً کارا است. در واقع به‌وسیله این روش، می‌توان یک برآورد بهینه از بردار هم انباشتگی را برآورد کرد (محمدی و نبی‌زاده، ۱۳۹۲؛ دهمرده و همکاران، ۱۳۸۹). این روش، تخمین‌های اولیه متقارن یک‌طرفه ماتریس کوواریانس بلندمدت از باقیمانده‌ها را بکار می‌گیرد. برای بیان مفهوم هم انباشتگی فرض می‌کنیم که (y_t, X_t') یک بردار سری زمانی با ابعاد n+1 است که با معادله هم انباشتگی رابطه ۲ در نظر گرفته می‌شود.

$$y_t = X_t'\beta + D_{1t}'\gamma_1 + u_{1t} \quad , \quad D_t = (D_{1t}'.D_{2t}')' \qquad (۲)$$

در رابطه ۲، D_t روند قطعی رگرسورها است و n رگرسور تصادفی X_t به‌وسیله رابطه ۳ بیان می‌شوند. از طرفی باقیمانده‌های به‌دست‌آمده از تخمین معادله ۲ را $\hat{u}_{1t}$ در نظر می‌گیریم. ازسوی‌دیگر $\hat{u}_{2t}$ که به شکل غیرمستقیم به‌صورت $\hat{u}_{2t} = \Delta\varepsilon_{2t}$ است، از سطح رگرسیون‌ها همانند معادله ۳ یا به‌صورت مستقیم از تفاضل رگرسیون‌ها به شکل رابطه ۴ به دست می‌آید.

$$X_t = \Gamma_{21}'D_{1t} + \Gamma_{22}'D_{2t} + \varepsilon_{2t} \quad , \quad \Delta\varepsilon_{2t} = u_{2t} \qquad (۳)$$

$$\Delta X_t = \hat{\Gamma}_{21}'\Delta D_{1t} + \hat{\Gamma}_{22}'\Delta D_{2t} + \hat{u}_{2t} \qquad (۴)$$

$\hat{\Omega}$ و $\hat{\Lambda}$ ماتریس‌های کوواریانس بلندمدت هستند که از محاسبه باقیمانده‌های $\hat{u}_t = (\hat{u}_{1t}, \hat{u}_{2t})'$ به دست می‌آیند. در ادامه، داده‌های اصلاح‌شده به‌صورت رابطه ۵ تعریف می‌شود.

$$y_t^+ = y_t - \hat{\omega}_{12}\hat{\Omega}_{22}^{-1}\hat{u}_2 \qquad (۵)$$

و یک مقدار تخمینی بدون تورش از عبارت تصحیح به‌صورت زیر است:

$$\hat{y}_{12}^+ = \hat{\lambda}_{12} - \hat{\omega}_{12}\hat{\Omega}_{22}^{-1}\hat{\Lambda}_{22} \qquad (۶)$$

در این صورت تخمین‌زدن روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح‌شده به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\hat{\theta} = \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\gamma}_1 \end{bmatrix} = \left(\sum_{t=1}^{T} Z_t Z_t' \right)^{-1} \left(\sum_{t=1}^{T} Z_t y_t^+ - T \begin{bmatrix} \hat{\lambda}_{12'}^+ \\ 0 \end{bmatrix} \right) \qquad (۷)$$

که در آن $Z_t = (X_t'.D_t')'$ است (حقیقت و اکبر موسوی، ۱۴۰۱؛ علی مرادی افشار و همکاران، ۱۴۰۴).

1. Philips & Hansen (1990)

۴. یافته‌های پژوهش

۴-۱. یافته‌های توصیفی

قبل از برآورد مدل، آمار توصیفی متغیرها شامل میانگین، میزان پراکندگی و میزان چولگی در جدول ۱ مورد بررسی قرار گرفته است. میانگین مقدار شاخص ظرفیت بار زیست‌محیطی طی دوره موردمطالعه برابر ۰/۲۹۸ است که کمترین ۰/۲۳۱ و بیشترین مقدار برابر ۰/۴۵ محاسبه شده است. متوسط امتیاز شاخص جهانی‌شدن طی دوره موردمطالعه برابر ۲۸ بود که بیشترین مقدار ۳۳ و کمترین آن ۱۶ برآورد شده است. متوسط شاخص پیچیدگی اقتصادی برابر ۰/۵۵۲- محاسبه شده است که کمترین مقدار ۱/۸۱- و بیشترین مقدار ۰/۲۵۸- بوده است. متوسط مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر برابر ۸/۰۹ است که بیشترین مقدار ۱۲/۹۸ و کمترین مقدار ۳/۴۲ محاسبه شده است. مقدار متوسط شاخص توسعه مالی طی دوره موردمطالعه برابر ۰/۱۲۶ محاسبه شده است که کمترین برابر ۰/۰۰۰۱۲ و بیشترین برابر ۰/۶۰ محاسبه شده است. متوسط سهم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از تولید ناخالص داخلی برابر ۰/۵۷۶ بود که کمترین مقدار برابر ۰/۱۷۶ و بیشترین مقدار برابر ۲/۷۳ محاسبه شده است. در میان متغیرهای مدل بیشترین انحراف معیار (۵/۱۲۹) برای متغیر جهانی‌شدن اقتصادی و کمترین مقدار (۰/۰۸) برای متغیر ظرفیت بار محاسبه شده است. بیشترین مقدار کشیدگی (۲/۸۰) برای متغیر جهانی‌شدن اقتصادی و بیشترین مقدار چولگی (۰/۶۱۵) نیز برای متغیر شاخص ظرفیت بار محاسبه شده است.

جدول ۱: یافته‌های توصیفی متغیرهای پژوهش

نام متغیر	نماد	میانگین	کمترین	بیشترین	انحراف‌معیار	چولگی	کشیدگی
شاخص ظرفیت بار	LCF	۰/۲۹۸	۰/۲۳۱	۰/۴۵	۰/۰۸	۰/۶۱۵	۱/۸۸
جهانی‌شدن اقتصادی	EG	۲۸	۱۶	۳۳	۵/۱۲۹	-۰/۹۷	۲/۸۰
پیچیدگی اقتصادی	ECI	-۰/۵۵۲	-۱/۸۱	-۰/۲۵۸	۰/۲۶۳	-۰/۵۹	۲۰/۲
مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر	NRE	۸/۰۹	۳/۴۲	۱۲/۹۸	۲/۷۹	-۰/۰۰۶۴	۱/۷۵
توسعه مالی	FD	۰/۱۲۶	۰/۰۰۰۱۲	۰/۶۰	۰/۱۷۳	۱/۶۸	۴/۴۸
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	FDI	۰/۵۷۶	۰/۱۷۶	۲/۷۳	۰/۶۱۸	۱/۶۰	۹۷/۵

منبع: یافته‌های پژوهش

۴-۱. آزمون مانایی

آزمون مانایی متغیرهای تحقیق در این مطالعه به‌وسیله آزمون فیلیپس - پرون (PP)[1] انجام شده است. باتوجه‌به نتایج ارائه شده در جدول ۲ کلیه متغیرهای پژوهش در تفاضل مرتبه اول پایا هستند و دارای مرتبه مانایی I(1) هستند. ازاین‌رو قبل از برآورد مدل در بخش بعد ابتدا وقفه بهینه تعیین و سپس وجود یا عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای تحقیق بررسی و آزمون می‌شود. در صورت تأیید وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای تحقیق می‌توان از روش‌های هم انباشتی جهت برآورد مدل تجربی تحقیق استفاده نمود.

1. Phillips-Perron test

جدول ۲: نتایج آزمون مانایی فیلیپس – پرون برای متغیرهای تحقیق

متغیرهای تحقیق	آزمون مانایی در سطح		آزمون مانایی در تفاضل اول		درجه مانایی
	آماره	احتمال	آماره	احتمال	
ضریب ظرفیت بار	-۱/۷۷۵	۰/۳۸۱۹	-۶/۷۶۶	۰/۰۰۰	I(1)
پیچیدگی اقتصادی	-۲/۵۶۳	۰/۱۱۹	-۶/۵۳۲	۰/۰۰۰	I(1)
جهانی‌شدن اقتصادی	-۱/۳۴۷	۰/۵۹۱	-۴/۴۰۴	۰/۰۰۲۰	I(1)
توسعه مالی	-۰/۸۱۴	۰/۷۹۸	-۴/۳۸۲	۰/۰۰۲۱	I(1)
مصرف انرژی تجدیدناپذیر	-۲/۵۰۵	۰/۹۹۹	-۱۰/۴۳۷	۰۰۰۰/۰	I(1)
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	-۲/۵۱۹	۰/۱۳۲	-۸/۲۲۳	۰/۰۰۰	I(1)

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون تعیین تعداد وقفه‌های بهینه در جدول ۳ گزارش شده است. بر اساس معیار آکائیک و معیار حنان کوئین وقفه بهینه ۲ محاسبه شده است، اما وقفه بهینه بر اساس معیار شوارتز بیزین یک محاسبه شده است. در این مطالعه طبق نتایج معیار شوارتز بیزین، وقفه بهینه برای مدل پژوهش یک در نظر گرفته شد. زیرا باتوجه‌به حجم نسبتاً کم نمونه، این معیار در تعداد وقفه‌ها صرفه‌جویی می‌کند (نوفرستی، ۱۳۹۱).

جدول ۳: نتایج آزمون تعیین تعداد وقفه‌های بهینه

وقفه	معیار آکائیک	معیار شوارتز بیزین	معیار حنان کوئین
۰	۶/۹۴۶۲۶۷	۷/۲۳۸۷۹۷	۷/۰۲۷۴۰۳
۱	۰/۶۳۴۸۴۲	۲/۶۸۲۵۵۴*	۱/۲۰۲۷۹۰
۲	-۰/۵۸۸۹۰۱*	۳/۲۱۳۹۹۱	۰/۴۶۵۸۵۹*

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۴: نتایج آزمون هم انباشتگی یوهانسن – جوسیلیوس

فرضیه صفر	آزمون ماتریس اثر				آزمون حداکثر مقادیر ویژه			
	مقادیر ویژه	آماره	مقادیر بحرانی	احتمال	مقادیر ویژه	آماره	مقادیر بحرانی	احتمال
$r = 0$	۰/۸۳۷۱	۱۱۰/۶۹۳	۹۵/۷۵۳	۰/۰۰۳	۰/۸۳۷۱۱	۴۵/۳۶۸	۴۰/۰۷۷	۰/۰۰۱۱
$r \leq 1$	۰/۶۷۵۰	۶۹/۸۱۸	۶۵/۳۲۵	۰/۱۰۸	۰/۶۷۵۰۸	۲۸/۱۰۴	۳۳/۸۷۶۸	۰/۲۰۸
$r \leq 2$	۰/۴۸۲۲	۳۷//۹۸	۴۷/۸۵۶۱	۰/۳۳۷	۰/۴۸۲۲۵	۱۶/۴۵۶	۲۷/۵۸۴۳	۰/۶۲۶
$r \leq 3$	۰/۴۴۷۴۹	۲۱/۱۷۵	۲۹/۷۹۷۰	۰/۳۷۲	۰/۴۴۷۴۹	۱۴/۸۳۲	۲۱/۱۳۱۶	۰/۳۰۰
$r \leq 4$	۰/۱۹۳۲	۵/۹۳۱	۱۵/۴۹۴۷	۰/۷۰۳	۰/۱۹۳۲۳	۵/۳۶۸	۱۴/۲۶۴۶	۰/۶۹۴
$r \leq 5$	۰/۰۲۲۲	۰/۵۶۳	۳/۸۴۱۴۶	۰/۴۵۲	۰/۰۲۲۲۸	۰/۵۶۳	۳/۸۴۱۴۶	۰/۴۵۲

منبع: یافته‌های پژوهش

برای بررسی وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای تحقیق از آزمون هم انباشتگی یوهانسن - جوسیلیوس استفاده و نتایج در جدول ۴ ارائه شده است. باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده از آماره آزمون ماتریس اثر و حداکثر مقادیر ویژه آزمون هم انباشتگی، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه بلندمدت در سطح ۵ درصد بین متغیرهای تحقیق رد می‌شود و وجود حداقل یک رابطه بلندمدت بین متغیرهای تحقیق تأیید می‌شود؛ بنابراین، با عنایت به آنکه تمامی متغیرهای تحقیق دارای ریشه واحد از مرتبه اول تشخیص داده شده‌اند و شواهد حاکی از وجود رابطه هم انباشتگی بلندمدت بین آن‌ها است، همچنین با درنظرگرفتن لزوم رفع تورش‌های احتمالی ناشی از خودهمبستگی و درون‌زایی در داده‌ها، مدل تحقیق با استفاده از روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح‌شده برآورد گردید (Asai et., 2022). نتایج حاصل از این برآورد در جدول ۵ ارائه شده است.

یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که متغیر پیچیدگی اقتصادی در سطح معنی‌داری ۵ درصد، تأثیری مثبت و معنادار بر شاخص ظرفیت بار دارد. بدین ترتیب، با فرض ثبات سایر متغیرها، افزایش یک واحد در سطح پیچیدگی اقتصادی، به افزایش ۰/۰۷ واحدی در شاخص ظرفیت بار زیست‌محیطی منجر می‌شود؛ نتیجه‌ای که نشان‌دهنده ارتقای پایداری زیست‌محیطی در سایه توسعه ساختارهای پیچیده اقتصادی است.

در سوی دیگر، متغیر جهانی‌شدن اقتصادی در سطح احتمال ۱۰ درصد، اثری منفی و معنی‌داری بر شاخص ظرفیت بار زیست‌محیطی طی دوره موردمطالعه دارد. به عبارتی، با افزایش یک واحد در شاخص جهانی‌شدن اقتصادی و با فرض ثبات سایر عوامل، میزان شاخص ظرفیت بار به‌اندازه ۰/۰۰۳- واحد کاهش می‌یابد؛ موضوعی که می‌تواند نشان‌دهنده پیامدهای زیست‌محیطی جهانی‌شدن، به‌ویژه در صورت فقدان چارچوب‌های تنظیم‌گرانه و نظارت‌های زیست‌محیطی باشد. جهانی‌شدن، با گشودن مرزها و تسهیل جریان کالا و سرمایه، پتانسیل‌های شگرفی را برای توسعه و همکاری به ارمغان آورده است. اما، در غیاب سازوکارهای قاطع تنظیم‌گرانه و نظارت‌های دقیق زیست‌محیطی، این پدیده می‌تواند به اژدهایی بدل شود که نفس حیات کره خاکی را به شماره اندازد. در چنین شرایطی، پیامدهای زیست‌محیطی آن، از تخریب بی‌رویه منابع طبیعی و آلودگی فزاینده تا تشدید بحران تغییرات اقلیمی، سایه‌ای شوم بر آینده بشریت و اکوسیستم‌های ارزشمند سیاره ما خواهد افکند.

جدول ۵: نتایج برآورد مدل با استفاده از روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده

متغیر	نماد	ضریب	انحراف معیار	آماره t	احتمال
پیچیدگی اقتصادی	ECI	۰/۰۷	۰/۰۲۲۷۹۸	۳/۳۲۵۲۹۰	۰/۰۰۳۴
جهانی‌شدن اقتصادی	EG	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۶۲۳	-۱/۹۵۰۴	۰/۰۶
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	FDI	-۰/۰۲	۰/۰۱۱۰۰۳	-۲/۰۲۵۳۴۲	۰/۰۵
توسعه مالی	FD	۰/۱۲	۰/۰۳۶۴۹۲	۳/۴۶۶۹۸۰	۰/۰۰۲
مصرف انرژی تجدیدناپذیر	NRE	-۰/۰۲۷	۰/۰۰۳۰۱۹	-۹/۱۲۶۹۴۶	۰/۰۰۰
ضریب ثابت	C	۰/۶۶۰	۰/۰۳۳۸۸۴	۱۹/۵۰۰۶۴	۰/۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

ضریب متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در سطح معنی‌داری ۵ درصد، تأثیری منفی و معنی‌داری بر شاخص ظرفیت بار زیست‌محیطی نشان می‌دهد؛ به‌گونه‌ای که با افزایش یک واحد در میزان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، شاخص ظرفیت بار به میزان ۰/۰۲ واحد کاهش می‌یابد. این یافته ممکن است بازتاب‌دهنده ورود فناوری‌ها و فعالیت‌های صنعتی آلاینده از طریق سرمایه‌گذاری‌های خارجی در کشورهای میزبان باشد.

نتایج نشان می‌دهد که شاخص توسعه مالی در سطح معنی‌داری ۵ درصد، نقشی مثبت و معنی‌داری در ارتقای شاخص ظرفیت بار زیست‌محیطی ایفا می‌کند. به‌گونه‌ای که با افزایش یک واحد در سطح توسعه مالی، شاخص ظرفیت بار به میزان ۰/۱۲ واحد افزایش می‌یابد. این امر بیانگر آن است که نظام‌های مالی کارآمد، از طریق تأمین منابع لازم برای پروژه‌های زیست‌محیطی و تسهیل سرمایه‌گذاری‌های سبز، می‌توانند نقشی مؤثر در بهبود وضعیت پایداری ایفا نمایند. این نشان می‌دهد نظام مالی کارآمد می‌تواند از طریق حمایت از پروژه‌های زیست‌محیطی، به پایداری کمک کند.

یافته‌های جدول ۵ نشان می‌دهد که در بلندمدت مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر نیز در سطح احتمال ۵ درصد، اثری منفی و معنی‌داری بر شاخص ظرفیت بار زیست محیطی طی دوره مورد مطالعه دارد. مطابق نتایج، با افزایش یک واحد در مصرف این منابع انرژی، شاخص ظرفیت بار زیست‌محیطی به میزان ۰/۰۲ واحد کاهش می‌یابد؛ امری که گویای تأثیر منفی وابستگی به منابع انرژی فسیلی بر پایداری محیط‌زیست است.

در مدل حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده به منظور ارزیابی وجود پایداری و رابطه بلندمدت از آزمون‌های هم انباشتگی هانسن و متغیرهای اضافه شده پارک استفاده شده است. فرضیه صفر در این آزمون‌ها هم انباشته بودن متغیرها را آزمون می‌کند. طبق نتایج جدول ۶ آماره ضریب لاگرانژ آزمون هانسن معادل ۰/۴۸۳۳ است که از نظر آماری معنی‌دار نیست. یعنی طبق نتایج فرضیه صفر مبنی بر وجود رابطه بلندمدت میان متغیرهای مدل پذیرفته می‌شود. در آزمون پارک آماره کای‌دو معادل ۰/۲۷۱ و معنی‌دار نیست؛ بنابراین نتایج حاکی از عدم رد فرضیه صفر است و رابطه بلندمدت بین متغیرهای تحقیق را تأیید می‌کند. نرمال بودن جمله خطا در مدل تحقیق با استفاده از آماره آزمون جارک - برا[1] بررسی شده است. طبق نتایج جدول ۶ آماره جارک - برا معادل ۰/۲۷۵ است که فرضیه صفر مبنی بر نرمال بودن رد نمی‌شود و نشان می‌دهد که باقی‌مانده‌ها دارای توزیع نرمال است.

جدول ۶: نتایج آزمون‌های هم انباشتگی و نرمالیتی

آزمون‌ها	نوع آزمون	مقدار آماره	احتمال
آزمون هم انباشتگی عدم پایداری هانسن[2]	آماره LC	۰/۴۸۳۳	>۰/۲
آزمون متغیرهای اضافه شده پارک[3]	آماره کی دو	۲/۶۰۸۰۳۱	۰/۲۷۱
آزمون نرمال بودن جمله خطاها	اماره JB	۲/۵۷۶	۰/۲۷۵

منبع: یافته‌های پژوهش

1. Jarque–Bera Test
2. Hansen Parameter Instability
3. Park Added Variables

برای بررسی وجود خودهمبستگی از آزمون همبستگی نگار Q1، استفاده شد. نتایج آماره توابع خودهمبستگی[2] (AC) و ضرایب خودهمبستگی[3] (PAC) در جدول ۷ نشان می‌دهد که مدل تحقیق فاقد ایرادات خودهمبستگی یا تصریح غلط مدل است و مدل به طور مناسب تصریح شده است. برای تشخیص وجود اثرات خودهمبستگی واریانس همسانی شرطی تعمیم‌یافته در جدول ۷ نشان می‌دهد که وجود اثرات واریانس ناهمسانی در مدل مورد بررسی مشاهده نمی‌شود و الگوی ARCH و GARCH در پسماندها نخواهیم داشت.

جدول ۷: نتایج آزمون‌های خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی

ردیف	آزمون خودهمبستگی				آزمون واریانس ناهمسانی			
	AC	PAC	Q-Stat	Prob	AC	PAC	Q-Stat	Prob
۱	-۰/۰۷۱	-۰/۰۷۱	۰/۱۴۵۴	۰/۷۰۳	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۱۶	۰/۹۶۸
۲	-۰/۲۳۵	-۰/۲۴۱	۱/۸۱۸۴	۰/۴۰۳	-۰/۱۷۴	-۰/۱۷۴	۰/۹۱۸۵	۰/۶۳۲
۳	-۰/۱۷۱	-۰/۱۴۲	۲/۷۰۴۰۶	۰/۴۳۳	۰/۰۱۷	-۰/۰۲۱	۰/۹۲۸۰	۰/۸۱۹
۴	۰/۰۰۴۵	۰/۰۱۱	۲/۸۰۷۱	۰/۵۹۱	-۰/۰۲۲	-۰/۰۵۴	۰/۹۴۴۲	۰/۹۱۸
۵	-۰/۰۴۳	-۰/۱۲۹	۲/۸۰۷۲	۰/۷۲۰	-۰/۰۴۶	-۰/۰۵۶	۱/۰۱۷۷	۰/۹۶۱
۶	-۰/۱۷۲	-۰/۱۹۳	۳/۳۴۹۶	۰/۶۸۳	-۰/۱۶۶	-۰/۱۸۸	۲/۰۲۲۵	۰/۹۱۸
۷	-۰/۰۸۴	-۰/۱۱۳	۴/۲۱۸۵	۰/۷۵۴	-۰/۱۶۹	-۰/۲۱۱	۳/۱۱۱۴	۰/۸۷۵
۸	-۰/۰۶۸	-۰/۲۰۹	۴/۴۰۶۶	۰/۸۱۹	-۰/۱۲۱	-۰/۲۳۶	۳/۷۰۲۲	۰/۸۸۳
۹	۰/۰۲۱	-۰/۱۱۳	۴/۲۱۸۵	۰/۸۸۱	-۰/۰۳۵	-۰/۱۸۹	۳/۷۵۴۰	۰/۹۲۷
۱۰	۰/۰۴۶	-۰/۰۹۱	۴/۵۹۱۴	۰/۹۲۱	۰/۲۹۷	۰/۱۸۴	۳/۷۷۹۹	۰/۶۵۰

منبع: یافته‌های پژوهش

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش برای بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و جهانی‌شدن اقتصادی بر شاخص ظرفیت بار جهت دستیابی به توسعه پایدار در کشور ایران طی بازه زمانی ۱۳۷۴-۱۴۰۰ از روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده استفاده شده است. بر اساس نتایج پژوهش پیچیدگی اقتصادی تأثیر مثبت بر شاخص ظرفیت بار دارد. نتایج این پژوهش که با مطالعات داخلی محمدی و همکاران (۱۴۰۴) و جواهری و عزیزی (۱۴۰۲) همسو است و با مطالعات خارجی یو و همکاران (۲۰۲۲) و آدبیو و همکاران (۲۰۲۳) نیز همسو است؛ اما و با مطالعه آووسی و همکاران (۲۰۲۴) غیر همسو است. پیچیدگی اقتصادی که بیانگر تنوع و ارزش افزوده در تولید و صادرات است، می‌تواند نقش مثبتی در بهبود ظرفیت زیست‌محیطی کشورها ایفا کند؛ به‌ویژه زمانی که توسعه به سمت صنایع کم‌مصرف

1. correlogram q statistic
2. Autocorrelation
3. Partial Correlation

و دانش‌بنیان هدایت شود. این نوع رشد با کاهش مصرف انرژی، افزایش بهره‌وری منابع و کاهش آلودگی‌ها همراه خواهد بود. بااین‌حال، در کشورهایی مانند ایران که با محدودیت‌های مالی، ضعف در زیرساخت‌های نهادی و دسترسی اندک به فناوری‌های نوین مواجه‌اند، تحقق این مسیر دشوار است. بخشی از تنوع صادراتی ایران همچنان وابسته به محصولات انرژی‌بر و آلاینده است؛ بنابراین، تقویت نهادهای سیاست‌گذار، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک، و هدایت حمایت‌های دولتی به سمت تولیدات پایدار، از جمله اقداماتی است که می‌تواند اثر مثبت پیچیدگی اقتصادی بر محیط‌زیست را بالفعل کند.

بر اساس نتایج پژوهش متغیر جهانی‌شدن اقتصادی تأثیر منفی بر شاخص ظرفیت بار دارد. نتایج این پژوهش با مطالعات داخلی خداپرست شیرازی و خاوند (۱۳۹۹)، درویشی و همکاران (۱۴۰۰)، زروکی و همکاران (۱۴۰۱)، لطافت و همکاران (۱۴۰۲) و محمدی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) همسو است و با مطالعات خارجی تورفوو همکاران (۲۰۱۷) هم سو و با مطالعات هاسب و همکاران (۲۰۱۸) و آووسی و همکاران (۲۰۲۴) همسو نیست. به‌عبارت‌دیگر گسترش تجارت و ادغام در بازارهای جهانی، بدون سیاست‌های محیط‌زیستی مؤثر، به افزایش تولید، استخراج منابع و رشد صنایع آلاینده منجر شده است. در چنین شرایطی، آزادسازی تجاری گاهی باعث مهاجرت صنایع آلاینده از کشورهای پیشرفته به کشورهای درحال‌توسعه می‌شود؛ وضعیتی که تحت عنوان «پناهگاه آلودگی» شناخته می‌شود. ایران نیز به دلیل ضعف نظارت زیست‌محیطی و اولویت‌دهی به جذب سرمایه و صادرات، مستعد تبدیل‌شدن به چنین پناهگاهی است. راهکار مقابله با این روند، مشروط کردن جذب سرمایه خارجی به رعایت الزامات زیست‌محیطی، تدوین چارچوب‌های سخت‌گیرانه برای صنایع وارداتی، و هماهنگ‌سازی سیاست‌های تجاری با اهداف محیط‌زیستی است.

بر اساس سایر نتایج پژوهش، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر منفی و معنی‌دار بر شاخص ظرفیت بار دارد. این نتایج با مطالعه حاتمی و همکاران (۱۴۰۰) همسو است و فرضیه پناهگاه آلوده تأیید می‌شود. این یافته مؤید آن است که کشورهای با استانداردهای پایین‌تر، به مقصد صنایع آلاینده تبدیل می‌شوند. در شرایط رقابتی جهانی، ایران ممکن است برای جذب سرمایه، ناگزیر به کاهش استانداردهای کاری و زیست‌محیطی شود. این وضعیت در بلندمدت منجر به تخریب منابع طبیعی و تشدید مشکلات زیست‌محیطی خواهد شد؛ بنابراین، لازم است قوانین زیست‌محیطی سخت‌گیرانه وضع و اجرایی شوند و از شرکت‌های خارجی خواسته شود تا فناوری‌های پاک را به کشور منتقل کرده و مطابق با استانداردهای زیست‌محیطی بین‌المللی عمل کنند.

ازسوی‌دیگر، شاخص توسعه مالی تأثیر مثبتی بر ظرفیت زیست‌محیطی دارد. به‌ویژه زمانی که منابع مالی در مسیر پروژه‌های سبز و پایدار هدایت شوند. در ایران، با بهره‌گیری از ابزارهایی مانند تسهیلات بانکی هدفمند، یارانه‌های مالیاتی و مشوق‌های اقتصادی می‌توان سرمایه‌گذاران را به سمت پروژه‌های نوآورانه و دوستدار محیط‌زیست سوق داد. بانک‌ها نیز با ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پروژه‌ها پیش از تأمین مالی، نقش مهمی در تضمین پایداری توسعه ایفا خواهند کرد. نتایج این پژوهش برخلاف مطالعات داخلی محمدنیا و همکاران (۱۴۰۲) و گل خندان (۱۴۰۴) است و با مطالعات خارجی هاسب و همکاران (۲۰۱۸) و آووسی و همکاران (۲۰۲۴) نیز همسو نیست.

در نهایت، مصرف بالای سوخت‌های فسیلی همچنان یکی از اصلی‌ترین عوامل تخریب محیط‌زیست در ایران است. یافته‌ها نشان می‌دهند که این متغیر تأثیر منفی قابل‌توجهی بر ظرفیت زیست‌محیطی دارد. نتایج این مطالعه با مطالعات داخلی لطافت و همکاران (۱۴۰۲) و مطالعات خارجی یو و همکاران (۲۰۲۲) و آدبیو و همکاران (۲۰۲۳) همسو است. کاهش این اثرات منفی مستلزم تدوین و اجرای یک سیاست جامع انرژی است که بر کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، افزایش بهره‌وری انرژی، و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر متمرکز باشد. حذف تدریجی یارانه‌های انرژی و تشویق به استفاده از انرژی‌های پاک، از جمله اقدامات کلیدی در این مسیر است.

توضیحات تکمیلی

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در نگارش مقاله سهم و نقش یکسان داشته‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافع در این پژوهش وجود ندارد.

حامی مالی

نویسندگان هیچ‌گونه حمایت مالی برای تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله دریافت نکرده‌اند.

شناسه ارکید (ORCID)

کامران کسرایی https://orcid.org/0000-0001-5711-9895

فاطمه ویسی https://orcid.org/0009-0005-0651-8681

منابع و مأخذ

تشکینی، احمد. (۱۳۸۴). *اقتصادسنجی کاربردی با کمک میکروفیت*، تهران: انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران.

جواهری، بختیار و عزیزی، وحید. (۱۴۰۳). نقش نوآوری زیست‌محیطی و پیچیدگی اقتصادی در کاهش تخریب محیط‌زیست ایران. *نشریه مجلس و اقتصاد*، ۱(زمستان)، ۷۳-۱۰۱. https://doi.org/10.22034/mec.2024.16723.1026

حاتمی، حدیث، سایه میری، علی و ابراهیمی، صلاح. (۱۴۰۰). تأثیر منابع طبیعی، سرمایهٔ انسانی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر ردپای اکولوژیکی در ایران. *نشریه محیط‌زیست طبیعی*، ۷۴(۳)، ۴۶۲-۴۷۴. https://doi.org/10.22059/jne.2021.331201.2300

حقیقت، جعفر و اکبر موسوی، سیدصالح. (۱۴۰۱). *اقتصادسنجی کاربردی پیشرفته*، تهران: انتشارات نور علم.

خداپرست شیرازی، جلیل، و خاوند، زهرا. (۱۳۹۹). مقایسه تأثیر ابعاد سه‌گانه (اقتصادی، اجتماعی و سیاسی) جهانی‌شدن بر تخریب محیط‌زیست در ایران با استفاده از شاخص KOF. *نشریه تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۱۲(۴۶)، ۷۵-۹۰. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20086407.1399.12.46.5.7

درویشی، باقر، مریدیان، علی، مطلبی، معصومه، و هواس بیگی، فاطمه. (۱۴۰۰). جهانی‌سازی، مصرف انرژی و تخریب محیط‌زیست در ایران: شواهد تجربی از آزمون هم انباشتگی مکی. *نشریه پژوهش‌ها و چشم‌اندازهای اقتصادی*، ۲۱(۲)، ۵۹-۸۲. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17356768.1400.21.2.2.2

زروکی، شهریار، یوسفی بارفروشی، آرمان و فتح‌الله‌زاده، امیرحسین. (۱۴۰۱). تحلیلی جامع از اثر جهانی‌شدن بر آلایندگی محیط‌زیست در ایران با تأکید بر ابعاد سه‌گانه و اجزای دوگانه. *نشریه اقتصاد مقداری*، ۱۹(۴)، ۱-۴۱.
https://doi.org/10.22055/jqe.2021.33177.2239

علی مرادی افشار، پروین، عزیزی، وحید و بهرامی نرانی، فرهاد. (۱۴۰۴). تأثیر اقتصاد سایه، ثبات سیاسی و عدم قطعیت جهانی بر تورم در ایران. *نشریه توسعه و سرمایه*، ۱۰(۲)، ۶۳-۹۰. https://doi.org/10.22103/jdc.2024.22754.1450

گل خندان، ابوالقاسم. (۱۴۰۴). اثر تعاملی فناوری‌های سبز و توسعه مالی بر ضریب ظرفیت بار زیست‌محیطی در ایران: رویکرد نوین ARDL و علیت گرنجری فوریه مبتنی‌بر بوت‌استراپ. *نشریه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۳۳(۱۱۵)، ۲۴۶-۳۱۰. http://dx.doi.org/10.61882/qjerp.33.115.246

لطافت، نیکتا، جهانگیرپور، درنا و زیبایی، منصور. (۱۴۰۲). اثر جهانی‌شدن اقتصادی و سیاسی بر ردپای بوم‌شناختی در ایران: کاربرد رهیافت هم جمعی نامتقارن غیرخطی. *نشریه مطالعات علوم محیط‌زیست*، ۸(۱)، ۶۰۰۳-۶۰۱۲.
https://www.jess.ir/article_161719.html

محمدی‌نیا، مریم و عباسی، غلامرضا و باصری، بیژن و رحیمی، رضا. (۱۴۰۲). اثرات جهانی‌شدن، رشد اقتصادی، توسعه مالی بر ردپای اکولوژیکی در ایران (تجزیه‌وتحلیل رگرسیون کوانتایل). *فصلنامه پایداری، توسعه و محیط‌زیست*. ۲ (۴)، ۱-۱۹.
https://civilica.com/doc/1784446

محمدی، نجمه، سحابی، بهرام، حیدری، حسن و صادقی سقدل، حسین. (۱۴۰۲). بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی تجدیدپذیر بر آلودگی‌های زیست‌محیطی در کشورهای درحال‌توسعه. *نشریه پژوهش‌ها و چشم‌اندازهای اقتصادی*، ۲۳(۴)، ۱-۲۴. https://doi.org/10.22034/ECOR.23.4.1

مظفری، زانا و ویسی، فاطمه. (۱۴۰۳). نقش مصرف انرژی‌های سبز و سرمایه انسانی در ظرفیت بار محیط‌زیست ایران. *سیاست‌گذاری اقتصادی*، ۱۷(۳۳)، ۲۹-۵۶. doi: 10.22034/epj.2024.20823.2524

محمدی، تیمور و نبی‌زاده، علی حسین (۱۳۹۲). بررسی ارتباط بین نامیزانی نرخ ارز حقیقی و واردات کالاهای واسطه‌ای – سرمایه‌ای و مصرفی در ایران. *مجله پژوهش‌نامه اقتصادی*، ۱۳(۵۱)، ۱۱۳-۱۴۹.
https://joer.atu.ac.ir/article_411.html

دهمرده، نظر، صفدری، مهدی و شهیکی‌تاش، مهیم. (۱۳۸۹). تأثیر شاخص‌های کلان بر توزیع درآمد در ایران. *مجله پژوهش‌نامه بازرگانی*، ۱۴(۵۴)، ۲۵-۵۵. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17350794.1389.14.54.2.1

نوفرستی، محمد. (۱۳۹۱). *ریشه واحد و هم جمعی در اقتصادسنجی*. چاپ ۴، تهران: مؤسسه خدمات فرهنگی رسا.

References

Ahmed, Z., Wang, Z., Mahmood, F., Hafeez, M., & Ali, N. (2021). Does globalization increase the ecological footprint? Empirical evidence from Malaysia. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(18), 18565–18582. https://doi.org/10.1007/s11356-019-05224-9.

Alimoradi Afshar, P., Azizi, V. & Bahrami, F. (2025). The Effect of Shadow Economy, Political Stability and Global Uncertainty on Inflation in Iran. Journal of Development and Capital, 10(2), 63-90. https://doi.org/10.22103/jdc.2024.22754.1450 [In Persian]

Asai, M., Eguchi, S., & Kawai, N. (2022). Fully modified estimation of cointegrated vector autoregressive models with time-varying cointegration vectors. *Journal of Econometrics,* 228 (2), 105315. 10.1016/j.jeconom.2022.10531

Awosusi, A., Adebayo, T., Krikkaleli ,D., Roojub,H.(2024). Evaluating the determinants of load capacity factor in Japan: The impact of economic complexity and trade globalization. Natural Resources, 48(3), Pages 743-762. . http://dx.doi.org/10.1111/1477-8947.12334.

Dahmardeh, N., safdari, M., & shahiki tash, M. (2010). The Effect of Macroeconomic Indices on Income Distribution in Iran. *Iranian Journal of Trade Studies*, *14*(54), 25-55. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17350794.1389.14.54.2.1 [In Persian]

Darvishi, B., Moridian, A., Motalebi, M. & Havasbeigi, F. (2021). Globalization, Energy Consumption and Environmental Degradation in Iran: Empirical Evidence from the Maki Cointegration Test. *Economic Research and Perspectives*, 21(2), 59-82. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17356768.1400.21.2.2.2 [In Persian]

Fakher, H. A., Panahi, M., Emami, K., Peykarjou, K., & Zeraatkish, S. Y. (2021). Investigating marginal effect of economic growth on environmental quality based on six environmental indicators: Does financial development have a determinative role in strengthening or weakening this effect? *Environmental Science and Pollution Research, 28*(38), 53679–53699. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14470-9.

Golkhandan, A. (2025). The Interaction Effect of Green Technologies and Financial Development on the Environmental Load Capacity Factor in Iran: A Novel Approach of Fourier Bootstrap ARDL and Fourier Bootstrap Granger Causality. *Journal of Economic Research and Policies*, 33(115), 246-310. http://dx.doi.org/10.61882/qjerp.33.115.246 [In Persian]

Gallagher, K. P. (2009). Economic globalization and the environment. *Annual Review of Environment and Resources,* 34, 279–304. https://doi.org/10.1146/annurev.environ.33.021407.092325

Haqiqat, J. & Akbar Mousavi, S. (1401). *Advanced Applied Econometrics*, Tehran: Noor Alam Publications [In Persian]

Hasan, S., Wang, P., Khan, I., & Zhu, B. (2023). The impact of economic complexity, technology advancement, nuclear energy consumption on the ecological footprint of the USA: Towards circular economy initiatives. *Gondwana Research*, 113, 237-2460. DOI: 10.1016/j.energy.2022.125628.

Hasman, H., Saputra, D., Sicheritz-Ponten T., Lund, O., Svendsen, C. A., Frimodt-Møller, N., & Aarestrup, F. M. (2014) Rapid whole-genome sequencing for detection and characterization of microorganisms directly from clinical samples. *Clin Microbiol*, 52(1), 139-46. doi:101128/JCM.02452-13.

Hatami, H., Sayehmiri, A., & Ibrahimi, S. (2021). The impact of natural resources, human capital, and foreign direct investment on the ecological footprint in Iran. *Journal of Natural Environment*, 74(3), 462-474 https://doi.org/10.22059/jne.2021.331201.2300 [In Persian]

Javaheri, B. & Azizi, V. (2024). The Role of Environmental Innovation and Economic Complexity in Reducing Environmental Degradation of Iran. *Parliament and Economy*, 1(WINTER), 73-101. https://doi.org/10.22034/mec.2024.16723.1026 [In Persian]

Kartal, M. T., Pata, U. K., Destek, M. A., & Caglar, A. E. (2023). Environmental effect of clean energy research and development investments: Evidence from Japan by using load capacity factor. *Journal of Cleaner Production*, 416, 137972. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137972.

Khodaparast Shirazi, J. & Khavand, Z. (2020). Comparison of the impact of the Triple dimensions (Economic, Social and Political) of Globalization indicators on Environmental degradation in Iran using KOF index. *Agricultural Economics Research*, 12(46), 75-90. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20086407.1399.12.46.5.7 [In Persian]

Latif, N., Rafeeq, R., Safdar, N., Younas, K., Gardezi, A., Ahmad, S. (2023) Unraveling the Nexus: The impact of economic globalization on the environment in Asian economies. *Research-In-Globalization*, 7(2023), 100169. https://doi.org/10.1016/j.resglo.2023.100169.

Letafat, N., Jahangirpour, D. & Zibaei, M. (2023). The effect of economic and political globalization on the ecological footprint in Iran: Application of the nonlinear asymmetric cointegration approach. *Journal of Environmental Science Studies*, 8(1), 6003-6012. https://www.jess.ir/article_161719.html [In persion]

Mohammadi, N., Sahabi, B., Heydari, H., & Sadeghi, H. (2023). Investigating the Impact of Economic Complexity and Renewable Energy Consumption on Environmental Pollution in Developing Countries. *Economic Research and Perspectives*, 23(4), 1-24. https://doi.org/10.22034/ECOR.23.4.1 [In Persian]

Mohammadi, T., & Nabizadeh, A. H. (2012). Investigating the relationship between the real exchange rate and the import of intermediate-capital and consumer goods in Iran. *Journal of Economic Research*, 13(51), 113-149. https://joer.atu.ac.ir/article_411.html [In Persian]

Mozaffari, Z., & Vaisi, F. (2024). The role of green energy consumption and human capital in Iran's environmental load capacity. *Economic policy*, 33(17), 29-56. doi: 10.22034/epj.2024.20823.2524 [In Persian]

Noferesti, M. (2012). *Unit root and cointegration in econometrics*. (Vol. 4). Tehran: Rasa Cultural Service Institute. [In Persian]

Pata, U., & ISk, C. (2021). Determinants of the load capacity factor in China: A novel dynamic ARDL approach for ecological footprint accounting. *Resources Policy*, 74, 102313. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102313

Phillips, P. C. B. & Hansen, B. (1990). Statistical Inferences in Instrumental Variables Regression with I(1) Processes. *The Review of Economic Studies,* 57(1), 99-125. https://www.jstor.org/stable/2297545

Shang, Y., Razzaq, A., Chupradit, S., An, N. B., & Abdul-Samad, Z. (2022). The role of renewable energy consumption and health expenditures in improving load capacity factor in ASEAN countries: Exploring new paradigm using advance panel models. *Renewable Energy*, 191, 715-722. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.04.013

Teshkini, A. (2004). *Applied econometrics with the help of Microfit*. Tehran: Dibagaran Publications. [In Persian]

Twerefou, D. K., Danso-Mensah, K., & Bokpin, G. A. (2017). The environmental effects of economic growth and globalization in Sub-Saharan Africa: A panel general method of moments approach. *Research in International Business and Finance*, 42, 939-949. http://dx.doi.org/10.1016/j.ribaf.2017.07.028

Wang, Q., Yang, T. & Li, R. (2023). Does income income inequality reshape the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis? A nonlinear panel data analysis. *Environmental Research*, 216(2), https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114575

Yang, X., Li, N., Mu, H., Pang, J., Zhao, H., & Ahmad, M. (2021). Study on the long-term impact of economic globalization and population aging on CO2 emissions in OECD countries. *Science of the Total Environment*, 787, Article 147625. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147625

Yu, J., Ju, F., Wahab, M., Agyekum, E., Matasane, C. & Uhunamure, S. (2022). Estimating the Effects of Economic Complexity and Technological Innovations on CO_2 Emissions: Policy Instruments for N-11 Countries. *Sustainability,* 14(24), 16856. https://doi.org/10.3390/su142416856

Zaroki, S., Yousefi Barfurushi, A. & Fathollahzadeh, A. (2023). The Comprehensive Analysis of the Impact of Globalization on Environmental Pollution in Iran with Emphasizing on Triple Dimensions and Dual Components. *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, 19(4), 1-41. https://doi.org/10.22055/jqe.2021.33177.2239 [In Persian]

Zeraibi, A., Jahanger, A., Adebayo, T., Ramazan, M. & Yu, Y. (2023) Greenfield investment, economic Complexity and Financial inclusion-environmental quality nexus in BRICS countries:Does renewable energy transition matter?. *Gondwana Research*, 117, 139-154. https://doi.org/10.1016/j.gr.2022.12.020

https://atlas.hks.harvard.edu/

https://kof.ethz.ch.

https://www.footprintnetwork.org.

https://www.worldbank.org.