Research Paper

The Effect of Income Inequality on the Environmental Carrying Capacity of Iran

Zana Mozaffari [*1], Fatemeh Waisi [2]

[1] Assistant Professor of Economics, University of Kurdistan, Sanandaj. Email: z.mozaffari@uok.ac.ir
[2] Master of Economic Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. Email: waisifatemeh@gmail.com

10.22080/mrl.2026.28468.2149

Received:
January 20, 2025
Accepted:
February 3, 2026
Available online:
March 3, 2026

Keywords:
Income Inequality, Carrying Capacity, Environment, Iran, GMM
JEL Classification:
O15, Q41, Q50, C22

Abstract

Reducing environmental challenges and achieving sustainable development goals requires conducting a comprehensive environmental assessment. In this context, the use of the carrying capacity coefficient can serve as an effective tool. This coefficient allows us to quantitatively assess environmental degradation and, by comparing biocapacity (the ability of ecosystems to produce resources and absorb waste) with ecological footprint (the amount of natural resources consumed by humans), gain a deeper analysis of environmental status. Therefore, this study examines the impact of income inequality on the carrying capacity index of Iran using the GMM method over the period 1993–2022. The findings indicate that income inequality, urbanization, GDP, and industrialization all have a significant negative impact on carrying capacity. Specifically, an increase of one unit in each of these variables leads to a reduction of 0.39, 0.13, 0.73, and 0.10 units in carrying capacity, respectively. On the other hand, the consumption of renewable energy has a significant positive effect on this index, with an increase of one unit in renewable energy consumption adding 0.13 units to carrying capacity. Therefore, with measures such as: Developing income distribution policies and reforming the tax system, gradually removing energy subsidies for high-income households, providing targeted support for low-income households, offering educational incentives, imposing taxes on high-consumption assets, applying tax incentives and special facilities for industries using clean technologies, efficient water and energy consumption, and local raw materials, particularly in low-population areas with high ecological capacity, avoiding the concentration of industries in environmentally vulnerable areas, enacting stringent regulations for industries in water-stressed and polluted areas—such as mandatory water recycling and the use of renewable energy—supporting decentralization from metropolitan areas, developing small cities, expanding clean transportation, recycling urban wastewater for green space irrigation, and promoting renewable energy development are suggested.

[*]**Corresponding Author:** Zana Mozaffari
Address: University of Kurdistan, Sanandaj. **Email:** z.mozaffari@uok.ac.ir

This work is licensed under the Creative Commons—Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).
© University of Mazandaran

Extended Abstract

1. Introduction

Addressing environmental challenges and achieving sustainable development goals requires a comprehensive environmental assessment. In this context, the use of the carrying capacity coefficient can serve as an effective tool. This coefficient enables us to quantitatively assess environmental degradation and, by comparing biocapacity (the ecosystem's ability to generate resources and assimilate waste) and ecological footprint (the amount of natural resources consumed by humans), attain a deeper analysis of the environmental status. Income inequality is a key factor in environmental degradation and the carrying capacity of ecosystems. Environmentally harmful economic activities are heavily influenced by the unequal distribution of resources and power. Low-income individuals, due to financial constraints and limited job opportunities, often resort to the over-exploitation of natural resources such as forests and water bodies to meet their daily needs. This type of exploitation can lead to ecosystem destruction and a decline in biodiversity. On the other hand, wealthy individuals, driven by political and economic uncertainties stemming from inequality, tend to transfer their financial resources to more stable countries. This not only undermines the protection of natural resources but also exacerbates injustice in access to those resources (Boyce, 1994; Malaki & Farahati, 2023; Uzar, 2021 & Mesron,2019). The theory of "conspicuous consumption" suggests that the wealthy classes engage in the consumption of luxury goods and resources to display their social status, which leads to excessive consumption of natural resources and environmental degradation. The middle and lower classes, in turn, may mimic the lifestyles of the wealthy, resulting in increased resource consumption, even if such behavior incurs economic or environmental costs for them. Ultimately, income inequality causes both low-income and wealthy groups to contribute to environmental degradation in different ways, highlighting the need for serious attention and action towards sustainable resource management (Anderson, 2024). This article examines the relationship between income inequality and the carrying capacity index in Iran using the gmm method during the period 1993-2022.

2. Methods

This study investigates the impact of income inequality on the Load Capacity Factor (LCF) index in Iran, utilizing the maximum available data over the period 1993–2022. The data analysis was conducted using Eviews software. To estimate the model, the Generalized Method of Moments (GMM) for time series was employed, as the model used in this research features a dynamic dependent variable (the Load Capacity Factor index) and satisfies the conditions required for generalized moment estimations.

3. Findings

The estimation results indicate that the model performs well based on standard statistical criteria. The Sargan test fails to reject the null hypothesis, suggesting that the instrumental variables employed in the model are valid and reliable. Given the linear specification of the model, all estimated coefficients can be interpreted as elasticities. The findings reveal that the lagged environmental carrying capacity has a positive and statistically significant impact on the current carrying capacity. Specifically, a 1% increase in the previous

period's carrying capacity leads to a 0.51% rise in the current period. This outcome is consistent with theoretical expectations and aligns with the findings of previous studies. Moreover, income inequality exerts a strong and statistically significant negative effect on environmental carrying capacity. A 1% increase in income inequality is associated with a substantial 39% decrease in the carrying capacity index, underscoring the detrimental impact of economic disparities on environmental sustainability. Green energy consumption, on the other hand, demonstrates a positive and significant influence on carrying capacity. A 1% rise in the use of renewable energy sources results in a 0.13% increase in the carrying capacity index. Conversely, other control variables—namely GDP, urbanization, and industrialization—are found to negatively affect the carrying capacity. A 1% increase in each of these variables leads to reductions of 0.73%, 0.13%, and 0.10%, respectively, highlighting the environmental costs associated with economic growth and structural transformation.

4. Conclusion

In this study, the relationship between income inequality and the environmental carrying capacity index in Iran from 1993 to 2022 has been examined. For data analysis, the Generalized Method of Moments (GMM) technique, an advanced econometric method, was employed. The findings suggest that an increase in income inequality within a society places significant direct and indirect pressure on natural resources, ultimately reducing the environmental carrying capacity. In societies with high income inequality, the consumption of resources is distributed unfairly. The affluent, due to their greater purchasing power, typically consume more, which results in higher pollution and greater environmental strain. On the other hand, lower-income groups often have limited access to clean technologies and sustainable lifestyles, and may use resources inefficiently, further contributing to environmental degradation. Consequently, income inequality is not only an economic and social issue but also a serious threat to the health of ecosystems and sustainable development. Reducing inequality, through strengthening social justice, can lead to a more equitable distribution of resources, improved environmental efficiency, and enhanced ecological sustainability.

Funding

There is no funding support.

Contribution of the authors

The authors contributed to the conceptualization and writing of the article. All authors approved the content of the article and agreed on all aspects of the work.

Conflict of interest

Authors declared no conflict of interest.

علمی

تأثیر نابرابری درآمد بر ظرفیت بار محیط زیست ایران

زانا مظفری[1*]، فاطمه ویسی[2]

[1] استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران، ایمیل: z.mozaffari@uok.ac.ir
[2] کارشناس ارشد اقتصاد، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران، ایمیل: waisifatemeh@gmail.com

10.22080/mrl.2026.28468.2149

تاریخ دریافت:
۰۱ بهمن ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش:
۱۴ بهمن ۱۴۰۴
تاریخ انتشار:
۱۲ اسفند ۱۴۰۴

کلیدواژه ها:
نابرابری درآمد، ظرفیت تحمل، محیط زیست، ایران، روش گشتاورهای تعمیم یافته
طبقه‌بندی:
O15, Q41, Q50, C22

چکیده

کاهش چالش‌های زیست محیطی و تحقق اهداف توسعه پایدار، مستلزم انجام یک ارزیابی زیست محیطی جامع می‌باشد. در این راستا، استفاده از ضریب ظرفیت بار می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر عمل کند. این ضریب به ما امکان می‌دهد تا زوال محیطی را به صورت کمی ارزیابی کنیم و با مقایسه ظرفیت زیستی (توانایی اکوسیستم برای تولید منابع و جذب زباله‌ها) و ردپای اکولوژیکی (میزان منابع طبیعی مصرف شده توسط انسان) به تحلیل عمیق‌تری از وضعیت محیط زیست دست یابیم؛ بنابراین در این پژوهش به بررسی تأثیر نابرابری درآمد بر شاخص ظرفیت بار ایران با استفاده از روش GMM طی بازه زمانی سالانه ۱۴۰۱- ۱۳۷۲ پرداخته شده است. یافته‌های تحقیق نشان داده است که نابرابری درآمد، شهرنشینی، تولید ناخالص داخلی و صنعتی‌شدن همگی تأثیر منفی و معناداری بر ظرفیت بار دارند؛ به‌نحوی‌که با افزایش یک واحد در هر یک از این متغیرها، به ترتیب ۰/۳۹، ۰/۱۳، ۰/۷۳ و ۰/۱۰ واحد از ظرفیت بار کاسته شده است. در مقابل، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیری مثبت و معنادار بر این شاخص داشته و با افزایش یک واحد در مصرف این انرژی‌ها، ۰/۱۳ واحد به ظرفیت بار افزوده شده است. بنابراین، با راهکارهایی نظیر: توسعه سیاست های توزیع درآمد و اصلاح نظام مالیاتی، حذف تدریجی یارانه انرژی از دهک‌های پردرآمد، حمایت هدفمند از خانوارهای کم‌درآمد، وضع مالیات بر دارایی‌های پرمصرف، اعمال مشوق‌های مالیاتی و تسهیلات ویژه برای صنایعی که از فناوری‌های پاک، مصرف بهینه آب و انرژی و مواد اولیه بومی استفاده می‌کنند، ، پرهیز از تمرکز صنایع در مناطق آسیب پذیر از نظر اکولوژیکی تدوین مقررات سخت‌گیرانه برای صنایع مستقر در مناطق دچار تنش آبی و آلودگی، مانند الزام به بازچرخانی آب و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، حمایت از تمرکززدایی از کلان‌شهرها و توسعه شهرهای کوچک، گسترش حمل‌ونقل پاک ، بازچرخانی فاضلاب شهری برای آبیاری فضای سبز ، توسعه انرژی های تجدیدپذیر پیشنهاد شده است.

* **نویسنده مسئول:** زانا مظفری
آدرس: دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
ایمیل: z.mozaffari@uok.ac.ir

© *این اثر تحت مجوز بین المللی* Creative Commons-Attribution-Non Commercial 4.0 *می باشد*

© *تمام حقوق برای ناشر (دانشگاه مازندران) محفوظ است*

۱ مقدمه

چالش‌های زیست‌محیطی با افزایش توسعه اقتصادی افزایش‌یافته و نیاز به برنامه‌های توسعه پایدار مؤثر را ضروری کرده است. محققان به طور فزاینده‌ای بر روی شاخص‌های محیط زیستی مانند انتشار دی‌اکسید کربن و ردپای اکولوژیکی[1] تمرکز می‌کنند تا ارزیابی‌های زیست‌محیطی را انجام دهند و به اهداف کنفرانس‌ها و توافق‌های بین‌المللی دست یابند. این دو شاخص به‌خوبی تخریب محیطزیست ناشی از فعالیت‌های انسانی را نشان می‌دهند، اما اغلب واکنش‌های طبیعت به این تخریب را نادیده می‌گیرند. ردپای اکولوژیکی تنها فشارهایی که انسان بر محیطزیست وارد می‌کند را اندازه‌گیری می‌کند و تحلیل‌هایی که صرفاً بر اساس شاخص ردپای اکولوژیکی انجام می‌شوند، ممکن است منجر به نادیده‌گرفتن ظرفیت طبیعت برای تأمین نیازهای انسانی شوند (خو و همکاران[2]، ۲۰۲۱).

برای کاهش چالش‌های زیست‌محیطی و تحقق اهداف توسعه پایدار، یک ارزیابی زیست‌محیطی گسترده‌تر و جامع‌تر مورد نیاز است. در این راستا، مفهوم ضریب ظرفیت بار[3] معرفی شده است که از نسبت ظرفیت زیستی به ردپای اکولوژیکی محاسبه می‌شود و یک نماینده متمایز از تخریب محیطی است. این شاخص یک ارزیابی دقیق زیست‌محیطی را با مقایسه ظرفیت زیستی و ردپای اکولوژیکی به طور هم‌زمان ارائه می‌دهد. علاوه بر این، ضریب ظرفیت بار ویژگی‌های ترکیبی تقاضا و عرضه کیفیت محیطی را فراهم می‌کند (گل اغلو و همکاران،[4] ۲۰۲۳). در واقع، این شاخص به ما امکان می‌دهد تا نه تنها میزان منابع مصرفی انسان (طرف تقاضا) را ارزیابی کنیم، بلکه توانایی اکوسیستم‌ها در تأمین این منابع (طرف عرضه) را نیز در نظرداشته باشیم. ظرفیت بار به‌عنوان یک شاخص کلیدی برای ارزیابی پایداری محیطزیست و مدیریت منابع طبیعی بسیار حائز اهمیت است. ظرفیت بار به توانایی یک منطقه یا کشور در حمایت از جمعیت بر اساس منابع موجود و سبک زندگی فعلی اشاره دارد. این شاخص به حداکثر مقدار فشار یا تأثیری اشاره دارد که یک اکوسیستم می‌تواند بدون آسیب به خود و کاهش کیفیت خدمات زیستی‌اش تحمل کند. (کارتال و همکاران[5]، ۲۰۲۳ و پاتا و ایسیک[6]، ۲۰۲۱).

شاخص نابرابری درامد معیاری است که برای اندازه‌گیری سهم پنجاه درصد پایین جامعه از درآمد ملی قبل از مالیات استفاده می‌شود. این شاخص به‌طور خاص توزیع درآمد را در بین دو بخش اصلی جامعه (نصف پایین و نصف بالای آن) نشان می‌دهد. در این شاخص، تمرکز بر آن است که چه میزان از درآمد ملی قبل از مالیات به گروه پنجاه درصد پایین‌تر از جمعیت تعلق دارد. این معیار می‌تواند به درک بهتر توزیع نابرابری درآمد و تحلیل تغییرات آن در طول زمان کمک کند(پایگاه [7]جهانی نابرابری، ۲۰۲۲).

توزیع نابرابر درآمد یکی از عوامل کلیدی در تخریب محیط زیست است. به طور معمول در تحلیل‌های زیست‌محیطی نادیده گرفته می‌شود. تحقیقات جدید نشان می‌دهد که الگوهای توزیع درآمد می‌توانند تأثیرات عمیقی بر روی نتایج زیست‌محیطی داشته باشند. به ویژه، نابرابری درآمدی می‌تواند به تخریب محیط زیست دامن بزند، زیرا جوامع حاشیه‌نشین تحت فشار بیشتری قرار می‌گیرند و در نتیجه، منابع طبیعی بیشتری را مصرف می‌کنند یا به شیوه‌های غیرپایدار برای تأمین نیازهای خود روی می‌آورند و از سوی دیگر، بخش‌های مرفه‌تر جامعه معمولاً از منابع بیشتری بهره‌مند می‌شوند و در عین حال، تأثیرات منفی فعالیت‌های خود را بر روی محیط زیست کاهش می‌دهند. این وضعیت نشان‌دهنده یک نوع عدم

[1] Ecologyfootprint
[2] Xu et al.
[3] Load capacity factor
[4] Guloglu et al.
[5] Kartal et al.
[6] Pata & Isik
[7] https://wid.world/data

توازن است که می‌تواند به تخریب بیشتر محیط زیست منجر شود (مسرن[1]، ۲۰۱۹). به رغم اهمیت این موضوع، هنوز هم تحقیقات کافی در این زمینه انجام نشده است و نیاز به بررسی‌های بیشتر در ارتباط با تأثیرات توزیع درآمد بر فرآیندهای زیست‌محیطی احساس می‌شود. در گفتمان‌های جاری درباره اقتصادهای توسعه یافته و در حال توسعه، نابرابری و تخریب محیط زیست به عنوان موانع مهمی برای پیشرفت پایدار اقتصادی و زیست‌محیطی شناخته می‌شوند. بنابراین، توجه به این مسائل و ادغام آن‌ها در تحلیل‌های محیطزیستی، برای دستیابی به توسعه پایدار ضروری است(آجیده و ابراهیم[2]، ۲۰۲۲). نابرابری درآمد یکی از عوامل موثر بر ردپای اکولوژیکی (تخریب محیط زیست) می‌باشد. فعالیت‌های اقتصادی تخریب‌کننده محیط زیست به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر پویایی قدرت و توزیع منابع قرار دارند. (بویس[3]، ۱۹۹۴). زمانیکه نابرابری درآمد افزایش می‌یابد، معمولاً کم درآمد بیشتر از منابع طبیعی و محیطزیست بهره‌برداری می‌کنند. دلیل این امر این است که افراد کم درآمد معمولاً به محیطزیست به عنوان یک منبع آنی درآمد نگاه می‌کنند. یعنی در شرایطی که منابع مالی برای آنان محدود است و فرصت‌های شغلی و اقتصادی کمتری دارند، به سراغ استفاده بیشتر از منابع طبیعی مانند جنگل‌ها، آب‌ها، خاک‌ها و دیگر منابع طبیعی می‌روند تا نیازهای روزمره خود را تأمین کنند. این بهره‌برداری‌های بی‌رویه و غیرقابل کنترل می‌تواند منجر به تخریب اکوسیستم‌ها، کاهش تنوع زیستی و کاهش کیفیت محیطزیست شود. در طرف مقابل، افراد ثروتمند در شرایط نابرابری اقتصادی، معمولاً به دلیل احساس عدم اطمینان سیاسی و اقتصادی، ترجیح می‌دهند که منابع خود را به خارج از کشور منتقل کنند. در واقع، این بی‌ثباتی اقتصادی و سیاسی که همراه با نابرابری درآمد ایجاد می‌شود، باعث می‌شود افراد ثروتمند منابع مالی خود را در کشورهای دیگر که از نظر سیاسی و اقتصادی پایدارتر هستند، سرمایه‌گذاری کنند. در این شرایط، این افراد به جای اینکه در حفاظت از منابع طبیعی و محیطزیست محلی سرمایه‌گذاری کنند، بیشتر تمایل دارند که به بهره‌برداری از منابع طبیعی در مناطق بومی خود ادامه دهند یا حتی منابع خود را به کشورهای دیگر که ثبات بیشتری دارند، منتقل کنند. این امر نه تنها منجر به تخریب بیشتر محیطزیست می‌شود، بلکه باعث ایجاد بی‌عدالتی‌های بیشتر در دسترسی به منابع طبیعی می‌شود. در نهایت، نابرابری درآمد موجب می‌شود که هر دو گروه کم درآمد و ثروتمند به طرق مختلف به تخریب محیطزیست کمک کنند. گروه های کم درآمد از محیطزیست به عنوان منبع اولیه درآمد بهره‌برداری می‌کنند و ثروتمندان به دلیل بی‌ثباتی‌های سیاسی و اقتصادی تمایل دارند که منابع خود را به کشورهای با اطمینان بالاتر منتقل کنند. این ترکیب از عوامل باعث می‌شود که تخریب محیطزیست در سطح وسیع‌تری اتفاق بیفتد(ملکی و فراهتی، ۱۴۰۲؛ یوذار[4]، ۲۰۲۱). بر مبنای نظریه "مصرف نمایشی" بیان می‌کند که طبقات ثروتمند برای نمایش موقعیت اجتماعی خود به مصرف کالای لوکس و پرمنبع می‌پردازند. این الگو در دنیای مدرن منجر به مصرف بیش‌ازحد منابع طبیعی، انرژی و افزایش تخریب محیط زیست می‌شود. همچنین ، طبقات متوسط و پایین برای تقلید از سبک زندگی طبقات بالا به مصرف بیشتر منابع روی می‌آورند، حتی اگر این رفتار به هزینه‌های اقتصادی یا زیست‌محیطی آن‌ها منجر شود(پیکتی و چانسل[5]، ۲۰۲۱ ؛ اندرسون[6]، ۲۰۲۴). ساگرس[7](۱۹۹۸) که به نقش محدود برابری در کاهش تخریب محیط زیست اشاره دارد، نشان می‌دهد که ممکن است

[1] Mesron
[2] Ajide& Ibrahim
[3] Boyce
[4] Uzar
[5] Piketty& Chancel
[6] Anderson
[7] Saggers

عوامل دیگری نیز در این رابطه دخیل باشند. این نکته اهمیت انجام تحقیقات عمیق‌تر و چندبعدی را برای درک بهتر این ارتباط نمایان می‌سازد. در نهایت، برای مواجهه با چالش‌های زیست‌محیطی، ضروری است که ابعاد اجتماعی و اقتصادی به‌طور همزمان مورد بررسی قرار گیرد و نابرابری درآمد به‌عنوان یک عامل مؤثر در تحلیل‌های زیست‌محیطی مد نظر قرار گیرد. این رویکرد جامع می‌تواند به توسعه سیاست‌هایی منجر شود که نه تنها به حفظ محیط زیست کمک کنند، بلکه عدالت اجتماعی را نیز ارتقا دهند (ساواش[1]، ۲۰۲۵).

بنابراین، گنجاندن ظرفیت بار در ارزیابی‌های زیست‌محیطی نشان‌دهنده یک گام اساسی به سمت درک دقیق‌تر از کیفیت و پایداری محیطی است. این پژوهش با معرفی بعد جدیدی به ادبیات موجود، نابرابری درآمد را به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده ظرفیت بار مطرح می‌کند؛ جنبه‌ای که تاکنون توجه محدودی از محققان را جلب کرده است. در حالی که گفتمان علمی در مورد پیامدهای بالقوه نابرابری درآمد بر تخریب محیط زیست فعال است، بررسی جامع تأثیر خاص آن در تحقیقات فعلی هنوز یک خلأ باقی مانده است. هدف اصلی این تحقیق پر کردن این شکاف با بررسی دقیق تأثیر نابرابری درآمد بر ضریب ظرفیت بار است. علاوه بر این، این مطالعه تلاش می‌کند تا اثرات دیگر عوامل کلیدی مانند تولید ناخالص داخلی، شهرنشینی، صنعتی شدن و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را نیز مورد بررسی قرار دهد. با انجام این تحقیق، امید است که یک درک جامع‌تر از روابط پیچیده بین نابرابری درآمد و ظرفیت بار حاصل شود و به پیشرفت‌های علمی در این حوزه کمک کند. بنابراین این مطالعه با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته. طی بازه سالانه ۱۴۰۱-۱۳۷۲ نابرابری درآمد بر پایداری محیطزیست ایران را مورد بررسی قرار می دهد. در ادامه سازمان‌دهی مقاله این‌گونه است: در بخش دوم و سوم مقاله، مبانی نظری و پیشینه موضوع مرور شده است، بخش چهارم دربرگیرنده مدل و روش تحقیق است. در بخش پنجم یافته‌ها ارائه‌شده است. بخش ششم به جمع‌بندی کلی می-پردازد و توصیه‌های سیاستی ارائه گردیده است.

۲ مبانی نظری

۲،۱ شاخص ظرفیت بار

در ادبیات اقتصاد محیط زیست، توجه به ابعاد مختلف مسائل زیست محیطی و استفاده از شاخص‌های متنوع برای تحلیل این مسائل، امری ضروری است. به ویژه، شاخص‌هایی مانند کربن دی‌اکسید و دی‌اکسید گوگرد تنها بخشی از تصویر کلی آلودگی و تأثیرات زیست محیطی را به نمایش می‌گذارند. از آنجا که مسائل زیست محیطی به طور مستقیم بر پایداری بلندمدت کشورها تأثیر می‌گذارند، نیاز به یک رویکرد جامع و چندبعدی در تحلیل پایداری اکولوژیکی احساس می‌شود. ردپای اکولوژیکی که توسط ریس[2] در سال ۱۹۹۲ معرفی شد، به‌عنوان یک ابزار مفید برای اندازه‌گیری اثرات انسانی بر محیطزیست شناخته می‌شود. این شاخص، تقاضای انسان برای منابع طبیعی و تأثیرات آن بر تخریب محیط زیست را برحسب هکتارهای جهانی محاسبه می‌کند. با این حال، یکی از محدودیت‌های اصلی ردپای اکولوژیکی این است که تنها به سمت تقاضا توجه دارد و واکنش اکوسیستم یا ظرفیت عرضه منابع طبیعی را در نظر نمی‌گیرد. لذا ردپای اکولوژیکی [3]و انتشار کربن دی‌اکسید تنها شاخص های تخریب محیط زیست در سمت تقاضا هستند. تجزیه و تحلیل محیط باید توانایی طبیعت برای برآوردن نیازهای انسان را نیز در نظر بگیرد. منابع طبیعی را می‌توان با ظرفیت زیستی اندازه گیری کرد که برحسب زمین حاصلخیز، موجودات دریایی یا فضای بیولوژیکی لازم اندازه گیری می‌شود و ظرفیت زیستی هم عرضه زمین‌تولیدی بیولوژیکی

[1] Savas
[2] Rees
[3] Ecologyfootprint

است و یک ردپای اکولوژیکی به زمینی مولد بیولوژیکی نیاز دارد. برای تجزیه و تحلیل دقیق پایداری اکولوژیکی، ردپای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی باید به طور همزمان در نظر گرفته شود (وانگ و همکاران[1]، ۲۰۲۴). در همین راستا، سیچه و همکاران (۲۰۱۰) با نسبت‌گیری میان ظرفیت زیستی و ردپای بوم‌شناختی، شاخصی تحت عنوان «ضرورت ظرفیت بار» را معرفی نمودند که توانست کاستی‌های شاخص‌های پیشین را تا حد زیادی رفع نماید. این شاخص از طریق مقایسه دو مؤلفه‌ی اصلی یعنی ظرفیت زیستی و ردپای اکولوژیکی، سطحی از آستانه بوم‌شناختی را مشخص می‌سازد و میزان توانمندی یک کشور یا منطقه را در تأمین نیازهای جمعیت ساکن، با در نظر گرفتن الگوی مصرف و سبک زندگی رایج، ارزیابی می‌کند. زمانی که مقدار این شاخص برابر یا بسیار نزدیک به عدد یک باشد، می‌توان آن را نشانگر پایداری اکولوژیکی و تعادل میان تقاضا و عرضه منابع زیستی تلقی نمود (پاتا و ایسیک، ۲۰۲۱). با توجه به اینکه شاخص مذکور بر بُعد عرضه منابع متمرکز است، می‌تواند معیار مناسبی برای سنجش میزان پایداری محیطزیست، ظرفیت اکولوژیکی موجود و کارایی نظام بهره‌برداری از منابع طبیعی محسوب شود؛ و از این رهگذر، امکان تدوین و اجرای سیاست‌های بهینه‌ساز در راستای افزایش پایداری زیست‌محیطی را فراهم می‌آورد( ).ابعاد ظرفیت بار محیط زیستی شامل عوامل فیزیکی، شیمیایی، و بیولوژیکی است که میزان تأثیر آنها بر محیط زیست و تنوع زیستی را مشخص می‌کند. این عوامل می‌توانند شامل عوامل مانند منابع آب، خاک، هوا، آفات، آلودگی، منابع طبیعی و تنوع زیستی باشند (ژوو و همکاران[2]، ۲۰۲۲). برای تعیین ظرفیت بار محیط زیستی، اکثراً از داده‌های زیست‌شناختی، محیطی و اجتماعی استفاده می‌شود. به عنوان مثال، بررسی تغییرات میزان آلاینده‌ها در منابع آب، تخمین توانایی بازیافت این آلاینده‌ها توسط آبگیران، بررسی تغییرات گونه‌های گیاهی و جانوری به عنوان نشانگری از وضع محیط زیستی، تحلیل پایداری سیستم اکولوژیک (مانند تغییرات در تنوع زیستی و پراکنش گونه‌ها) و تجزیه و تحلیل عوامل اجتماعی و اقتصادی (مانند تعداد جمعیتی، توسعه صنعتی و کشاورزی و سطح مصرف منابع طبیعی) از جمله روش‌های استفاده شده است (مظفری و ویسی، ۱۴۰۳).

۲،۲ تاثیر نابرابری درآمد بر پایداری محیط زیست (شاخص ضریب ظرفیت بار)

نابرابری درآمد یکی از چالش‌های بنیادین نظام‌های اقتصادی و اجتماعی معاصر به شمار می‌رود که نه‌تنها پیامدهای اجتماعی و اقتصادی، بلکه اثرات زیست‌محیطی قابل‌توجهی نیز به همراه دارد. در این چارچوب، نابرابری درآمد به‌عنوان عاملی مؤثر می‌تواند از طریق دو مکانیسم مهم نظیر الگو مصرف نابرابر منابع و تمرکز قدرت سیاسی و ضعف در سیاست‌گذاری محیطزیستی:منجر به افزایش فشار بر ظرفیت زیستی و تشدید ناپایداری بوم‌شناختی شود. این بخش به بررسی مبانی نظری این ارتباط می‌پردازد.

۲،۲،۱ تغییر در الگوهای مصرف

نابرابری درآمدی به‌طور مستقیم بر الگوهای مصرف و در نتیجه بر محیطزیست تأثیرگذار است. در جوامعی که اختلاف درآمدی زیادی وجود دارد، این اثرات بیشتر نمود پیدا می‌کنند. افراد پردرآمد معمولاً کالاها و خدماتی مصرف می‌کنند که مصرف منابع طبیعی در آن‌ها بالاست؛ مانند خانه‌های بزرگ، خودروهای شخصی و سفرهای هوایی. چنین الگوهای مصرفی منجر به استفاده بیش از حد از منابع طبیعی، مصرف بیشتر انرژی (به‌ویژه سوخت‌های فسیلی) و تولید بیشتر گازهای گلخانه‌ای می‌شود. این موضوع، افزایش ردپای بوم‌شناختی و کاهش ظرفیت زیستی کره زمین را در پی دارد، به این معنا که توان اکوسیستم‌ها در

[1] Wang et al.

[2] Xu et al.

بازتولید منابع و جذب آلاینده‌ها تضعیف می‌شود. از سوی دیگر، اقشار کم‌درآمد به دلیل محدودیت‌های مالی قادر به خرید کالاهای پایدار، با کیفیت و کم‌مصرف نیستند. آن‌ها غالباً به استفاده از انرژی‌های ناکارآمد و کالاهایی روی می‌آورند که اثرات زیست‌محیطی بالاتری دارند. همین موضوع باعث می‌شود ردپای زیست‌محیطی آن‌ها نیز افزایش یابد، هرچند مصرف کل آن‌ها کمتر از طبقات ثروتمند است. طبق نظریه کینزی، تمایل به مصرف در طبقات کم‌درآمد بیشتر است، اما محدودیت در انتخاب و کیفیت مصرف، آن‌ها را به استفاده از منابع و کالاهای آلوده‌کننده‌تر سوق می‌دهد. نکته دیگر این است که در جوامع با نابرابری بالا، رفتار مصرفی اقشار کم‌درآمد اغلب تحت تأثیر الگوهای مصرفی طبقات بالاتر قرار می‌گیرد. این تقلید مصرفی ممکن است منجر به مصرف کالاهایی شود که فشار بیشتری بر منابع طبیعی وارد می‌کنند، بدون آن‌که این خانوارها توانایی استفاده از فناوری‌های پاک را داشته باشند. در عین حال، سبد مصرفی طبقات ثروتمند نیز ممکن است در گذر زمان به دلایل مختلفی مانند تحولات اقتصادی، تغییر سلیقه‌ها یا فشارهای اجتماعی دستخوش تحول شده و به سوی مصرف پایدارتر میل کند در نهایت، نابرابری درآمدی با افزایش مصرف بیش از حد در گروه‌های ثروتمند و مصرف ناکارآمد در گروه‌های کم‌درآمد، نقش مهمی در افزایش فشار بر محیطزیست ایفا می‌کند(مظفری و ویسی، ۱۴۰۲ و اندرسون[1]، ۲۰۲۴).

۲،۲،۲ تمرکز قدرت سیاسی و ضعف در سیاست‌گذاری محیطزیستی:

در جوامع با نابرابری بالای درآمد، تمرکز قدرت سیاسی در دستان گروه‌های اقتصادی قدرتمند، تأثیرات قابل‌توجهی بر فرآیندهای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری دارد. در این جوامع، گروه‌های ثروتمند به دلیل برخورداری از منابع مالی و نفوذ سیاسی، می‌توانند سیاست‌هایی را تدوین کنند که بیشتر به نفع منافع اقتصادی خودشان و برای حفظ قدرت و منابعشان است، به‌جای اینکه به منافع عمومی یا محیطزیست توجه داشته باشند. این وضعیت باعث می‌شود که گروه‌های ثروتمند بتوانند به راحتی بر سیاست‌های دولتی و قوانین زیست‌محیطی تأثیر بگذارند و آن‌ها را به نفع خود تغییر دهند. یکی از اثرات عمده تمرکز قدرت در دستان گروه‌های ثروتمند، کاهش توان دولت‌ها در اجرای قوانین محیطزیستی سخت‌گیرانه است. به‌ویژه در زمینه‌هایی مانند مقررات آلایندگی، استفاده از منابع طبیعی و سیاست‌های انرژی، گروه‌های اقتصادی می‌توانند از قدرت خود برای تأثیرگذاری بر فرآیندهای تصمیم‌گیری دولتی بهره ببرند. این گروه‌ها ممکن است به‌وسیله لابی‌گری یا استفاده از روابط سیاسی خود، توانایی دولت‌ها را برای اعمال قوانین زیست‌محیطی کاهش دهند. به عنوان مثال، ممکن است فشار وارد کنند تا استانداردهای آلایندگی کاهش یابد یا مجوزهای استخراج منابع طبیعی بیشتر و با کمترین محدودیت‌های زیست‌محیطی صادر شود. در این شرایط، گروه‌های ثروتمند با استفاده از نفوذ خود می‌توانند قوانین محیطزیستی را تغییر داده و تسهیل کنند، به‌طوری که این قوانین بیشتر به نفع منافع اقتصادی آن‌ها باشد. در واقع، این گروه‌ها ممکن است قادر به دستکاری یا انعطاف‌پذیر کردن قوانین در حوزه‌هایی مانند کاهش محدودیت‌های آلایندگی، تسهیل شرایط بهره‌برداری از منابع طبیعی، یا تغییر در سیاست‌های انرژی شوند. این تغییرات می‌تواند به تضعیف حمایت از محیطزیست و کاهش اقدامات حفاظتی از منابع طبیعی منجر شود و در نتیجه، استفاده ناپایدار از منابع تسهیل گردد (اندرسون، ۲۰۲۴ ؛ مادر[2]، ۲۰۱۸).

[1] Anderson

[2] Mader

۳ پیشینه پژوهش

۳،۱ مطالعات داخلی

ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی نابرابری درآمد و کیفیت محیط زیست در ایران با روش خودتوضیح وقفه‌های توزیعی[1] در بازه زمانی ۱۳۵۷ - ۱۳۹۱ پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که با بهبود توزیع نابرابری درآمد، میزان انتشار گاز دی اکسید کربن کاهش یافته است.

یوسف‌زاده و مهدویان (۱۳۹۹) در پژوهشی با استفاده از مدل پانل دیتا، به بررسی تأثیر نابرابری درآمد بر آلودگی محیطزیست ایران در دوره زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵ پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که افزایش یک درصد نابرابری درآمد باعث افزایش ۰/۳۱ درصدی در میزان انتشار کربن می‌شود. همچنین، تولید ناخالص داخلی، صنعتی‌سازی و مصرف انرژی نیز تأثیر مثبت و قابل توجهی بر انتشار کربن دارند.

خادم الحسینی و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی تاثیر نابرابری درآمد بر انتشار گوگرد دی اکسید و ذرات معلق موجود در هوا با استفاده از مدل جوهانسون[2] طی بازه زمانی ۱۳۶۷- ۱۳۹۷ پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که نابرابری درآمد و مصرف انرژی تاثیر مثبت بر انتشار گوگرد دی اکسید دارد.

مظفری و ویسی(۱۴۰۲) به بررسی تاثیر نابرابری درآمد بر ردپای بوم شناختی ایران با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم یافته[3] طی بازه زمانی ۱۳۶۹- ۱۳۹۹ پرداختند. نتایج تخمین مدل نشان داد که نابرابری درآمد تاثیر مثبت و معنی‌داری بر ردپای بوم شناختی دارد. بنابراین افزایش ضریب جینی می‌تواند باعث افزایش استفاده غیرپایدار و بیش از حد از منابع طبیعی شود و در نتیجه باعث افزایش ردپای بوم شناختی شود. همچنین تولید ناخالص داخلی، درجه آزادی تجاری و شهرنشینی بر ردپای بوم شناختی نیز اثر مثبت و معنی‌داری دارند. سایر نتایج نشان داد که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر ردپای بوم شناختی اثر منفی و معنی‌داری دارد.

ملکی و فراهتی(۱۴۰۳) به بررسی تأثیر نابرابری درآمد و رشد اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی سرانه در ایران پرداخته شده است. این مطالعه با استفاده از رویکرد رگرسیون انتقال ملایم[4] طی بازه زمانی ۱۳۶۳-۱۴۰۰ انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که رشد اقتصادی در چارچوب یک ساختار دو رژیمی تأثیر متفاوتی بر ردپای اکولوژیکی دارد. در رژیم اول، زمانی که نابرابری درآمد کمتر از سطح آستانه‌ای ۰/۴۱۸۷۷۷ باشد، افزایش رشد اقتصادی موجب کاهش ردپای اکولوژیکی می‌شود. اما در رژیم دوم، وقتی نابرابری درآمد از این سطح آستانه‌ای عبور می‌کند، رشد اقتصادی به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر می‌شود. این نتایج تأکید دارند که برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران اقتصادی باید به موازات سیاست‌های رشدی، سیاست‌های کاهش نابرابری درآمد را نیز پیگیری کنند تا به کاهش آلودگی زیست‌محیطی دست یابند.

۳،۲ مطالعات خارجی

خان و همکاران[5] (۲۰۱۸) به بررسی اثرات توسعه مالی، نابرابری درآمد، مصرف انرژی و انتشار گاز دی اکسید کربن با روش حداقل مربعات معمولی در سه کشور آسیایی هند و پاکستان و بنگلادش در بازه زمانی ۱۹۸۰-۲۰۱۴ پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که توسعه مالی در کشور بنگلادش و پاکستان تأثیر منفی بر انتشار گاز گلخانه‌ای دارد اما مصرف انرژی و نابرابری درآمد تأثیر مثبت بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در هر سه کشور آسیایی دارد.

یوزار و ایوب اغلو[6] (۲۰۱۹) به بررسی رابطه بین نابرابری درآمد بر انتشار گاز دی اکسید کربن در کشور ترکیه با روش خودتوضیحی با وقفه‌های

[1] Autoregressive Distributed Lag (ARDL)
[2] Johansson model
[3] Generalized Method of Moments (GMM)
[4] Gentle transition regression
[5] Khan et al.
[6] Uzar & Eyuboglu

توزیعی در بازه زمانی ۱۹۸۴-۲۰۱۴ پرداختند. نتایج آزمون نشان داد که بدترشدن نابرابری درآمد باعث کاهش کیفیت محیط زیست و افزایش انتشار گاز دی اکسید کربن شده است.

ایوب اغلو و یوزار[1] (۲۰۲۰) به بررسی تأثیر نابرابری درآمد بر افزایش ردپای بوم شناختی در کشورهای آیالت متحده آمریکا طی بازه زمانی ۱۹۶۵- ۲۰۱۷ با روش اقتصاد سنجی خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی و نابرابری درآمد تأثیر مثبت بر ردپای بوم شناختی دارد.

ادریس و همکاران[2] (۲۰۲۲) به بررسی تأثیر نابرابری درآمد، توسعه مالی بر ردپای بوم شناختی با رویکرد تازه از یک تحلیل نامتقارن با استفاده از مدل‌های تأخیر توزیع شده خودرگرسیون خطی و غیر خطی[3] در کشور پاکستان در بازه زمانی ۱۹۷۲- ۲۰۱۸ پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که نابرابری درآمدی باعث افزایش ردپای بوم شناختی شده است.

خان و همکاران[4] (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر فقر و نابرابری درآمد بر ردپای بوم‌شناختی در اقتصادهای درحال توسعه آسیا پرداختند. این تحقیق با ارزیابی اهداف توسعه پایدار و استفاده از رگرسیون دریسکول[5] در بازه زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۷ انجام شد. نتایج نشان داد که افزایش فقر و نابرابری درآمد به طور معناداری باعث افزایش ردپای بوم‌شناختی شده است. این یافته‌ها اهمیت توجه به عدالت اجتماعی و کاهش فقر در فرآیندهای توسعه پایدار را برجسته می‌کند، زیرا نابرابری و فقر می‌توانند فشار بیشتری بر منابع طبیعی و محیطزیست وارد کنند.

کاظم‌زاده (۲۰۲۲) در تحقیق خود تأثیر نابرابری درآمد و پیچیدگی اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی ۲۵ کشور از ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۶ را با استفاده از رگرسیون چندک پانل بررسی کرد. نتایج نشان داد که پیچیدگی اقتصادی در چندک‌های پایین (۱۰ و ۲۵) و مدل رگرسیون حداقل مربعات تأثیر مثبت بر ردپای اکولوژیکی دارد. همچنین، تولید ناخالص داخلی، مصرف سوخت‌های فسیلی و رشد جمعیت در تمامی چندک‌ها تأثیر مثبت بر ردپای اکولوژیکی داشتند. نابرابری درآمد نیز در چندک‌های پایین و میانه تأثیر مثبت داشت. در مقابل، باز بودن اقتصادی در تمامی چندک‌ها تأثیر منفی بر ردپای اکولوژیکی می‌گذارد. این نتایج نشان می‌دهند که برخی عوامل اقتصادی می‌توانند فشار بیشتری بر محیطزیست وارد کنند، در حالی که باز بودن اقتصادی می‌تواند اثرات منفی را کاهش دهد.

در مطالعه‌ی اندرسون (۲۰۲۴) تحت عنوان «نابرابری اقتصادی و ردپای اکولوژیکی: برآوردهای زمان‌متغیر برای چهار اقتصاد پیشرفته با استفاده روش رگرسیون حداقل مربعات عمومی طی بازه زمانی ۱۹۶۲ –۲۰۲۱ تأثیر نابرابری اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی در چهار کشور توسعه‌یافته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نابرابری اقتصادی به‌طور معناداری با افزایش ردپای اکولوژیکی ارتباط دارد و این تأثیر در دوره‌های مختلف زمانی شدت و ضعف یافته است. این یافته‌ها بر اهمیت توجه به نابرابری اقتصادی در سیاست‌های توسعه پایدار و محیطزیستی تأکید دارد، زیرا نابرابری می‌تواند موجب افزایش مصرف منابع و فشار بیشتر بر محیطزیست شود.

ساواش (۲۰۲۵) به تحلیل رابطه بین نابرابری درآمدی و ظرفیت بار محیطزیستی در کشورهای عضو OECDبا استفاده از آزمون‌های هم‌انباشتگی پدرونی و وسترلوند[6]، مدل خود رگرسیونی توزیعی

[1] Eyuboglu & Uzar
[2] Idrees & Majeed
[3] Distributed lag linear and nonlinear autoregression
[4] Khan et al.
[5] Driscoll regression
[6] Pedroni and Westerlund cointegration tests

پانل[1] و آزمون علیت دمیتروسکو-هارلین[2] طی بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که نابرابری درآمدی در کوتاه‌مدت بر ظرفیت بار زیست‌محیطی تأثیر منفی دارد، به این معنی که افزایش نابرابری ممکن است به آلودگی بیشتر محیطزیست منجر شود. از سوی دیگر، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در بلندمدت تأثیر مثبت بر ظرفیت بار محیطزیستی دارد، به این معنا که افزایش مصرف این نوع انرژی‌ها می‌تواند به بهبود وضعیت محیطزیست کمک کند. علاوه بر این، باز بودن تجاری و رشد اقتصادی نیز تأثیر قابل‌توجهی بر ظرفیت بار دارند. این مطالعه به‌طور کلی نشان می‌دهد که نابرابری درآمدی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر هر دو بر مسائل زیست‌محیطی تأثیر دارند و این رابطه در کوتاه‌مدت و بلندمدت متفاوت است.

۴ نوآوری پژوهش

مرور ادبیات نشان می‌دهد که مطالعات داخلی عمدتاً بر اثر نابرابری درآمد بر شاخص‌های متعارف محیطزیستی مانند انتشار دی‌اکسید کربن یا ردپای بوم‌شناختی متمرکز بوده‌اند و تاکنون ظرفیت بار محیطزیست به‌عنوان یک شاخص تلفیقی و مبتنی بر پایداری اکولوژیک، در ارتباط با نابرابری درآمد در ایران مورد بررسی قرار نگرفته است. از سوی دیگر، سنجش نابرابری در پژوهش‌های پیشین غالباً بر پایه ضریب جینی انجام شده که به‌دلیل اتکای آن به داده‌های نظرسنجی خانوار، توانایی کافی در انعکاس درآمدهای طبقات بالای جامعه ندارد. پژوهش حاضر از دو جهت اساسی به گسترش ادبیات این حوزه کمک می‌کند:

۱. این پژوهش برای نخستین‌بار در ایران رابطه نابرابری درآمد را با شاخص ضریب ظرفیت بار بررسی می‌کند؛ شاخصی که به‌دلیل ماهیت تلفیقی خود (ترکیب ظرفیت زیستی و ردپای اکولوژیک) تصویر جامع‌تری از وضعیت پایداری محیطزیست ارائه می‌دهد و تاکنون در مطالعات مرتبط با نابرابری مورد استفاده قرار نگرفته است.

۲. برخلاف مطالعات قبلی که بر ضریب جینی تکیه داشته‌اند، این پژوهش از داده‌های شبکه جهانی نابرابری استفاده می‌کند. این پایگاه با تلفیق سیستماتیک حساب‌های ملی، اطلاعات مالیاتی، نظرسنجی‌های خانوار و داده‌های ثروت جهانی، امکان اندازه‌گیری دقیق و قابل‌اعتماد توزیع درآمد، به‌ویژه در سطوح بالای دهکی را فراهم می‌سازد. استفاده از WID در تحلیل‌های زیست‌محیطی ایران تاکنون سابقه نداشته و بدین ترتیب دقت و غنای تحلیلی مطالعه حاضر را نسبت به مطالعات پیشین به‌طور معناداری افزایش می‌دهد.

بدین‌ترتیب، پژوهش حاضر با تمرکز بر شاخصی کمتر استفاده‌شده در ادبیات داخلی و بهره‌گیری از داده‌های نوین و معتبر نابرابری، خلأ مهمی را در مطالعات داخلی درباره ارتباط نابرابری و پایداری محیطزیست پر کرده و دستاوردی جدید در این حوزه ارائه می‌کند.

۵ روش شناسی پژوهش:

در این مقاله به منظور بررسی نقش نابرابری درآمد بر شاخص ظرفیت بار در ایران، با توجه به ادبیات تحقیق و پیروی از مطالعه مظفری و ویسی (۱۴۰۲) و اندرسون (۲۰۲۴)، شرایط اقتصاد ایران و همچنین با توجه به محدودیت آمار و اطلاعات در سطح کشورایران، به‌صورت زیر تصریح شده است:

$$LLCF_t = \beta_0 + \beta_1 LLCF_{t-1} + \beta_2 LINQ_t + \beta_3 LGDP_t + \beta_4 LREC_t + \beta_5 LURB_t + \beta_6 LIN_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

که در آن، L در ابتدای متغیرها به معنی لگاریتم طبیعی است. در این مدل اندیس i و t به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ استان و دورهٔ زمانی است. شرح تفصیلی متغیرها در جدول زیر آمده است:

[1] Panel Autoregressive Distributed Lag (PanelARDL)

[2] Dmitrovsk-Harlin causality test

جدول ۱: شرح متغیرها، واحد داده‌ها و منبع داده‌ها

نماد	متغیر	شرح متغیرها	واحد داده ها	مرجع جمع آوری داده
LCF	ظرفیت بار	نسبت ظرفیت زیستی بر ردپای بوم‌شناختی	هکتار جهانی	شبکه جهانی ردپای بوم شناختی
INQ	نابرابری درامد	برحسب سهم ۵۰٪ پایین درآمد جامعه	درصد	پایگاه جهانی نابرابری[1]
GDP	تولید ناخالص داخلی	تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت ۲۰۱۵	میلیارد ریال	بانک جهانی
RE	مصرف انرژی های تجدیدپذیر	برحسب درصدی از کل مصرف نهایی انرژی	درصد	بانک جهانی
URB	شهرنشینی	نسبت جمعیت شهری به کل جمعیت	درصد	بانک جهانی
IN	صنعتی‌شدن	ارزش افزوده بخش صنعت (درصد تولید ناخالص داخلی)	درصد	بانک جهانی
ε_{it}	جزء خطاء	-	-	-

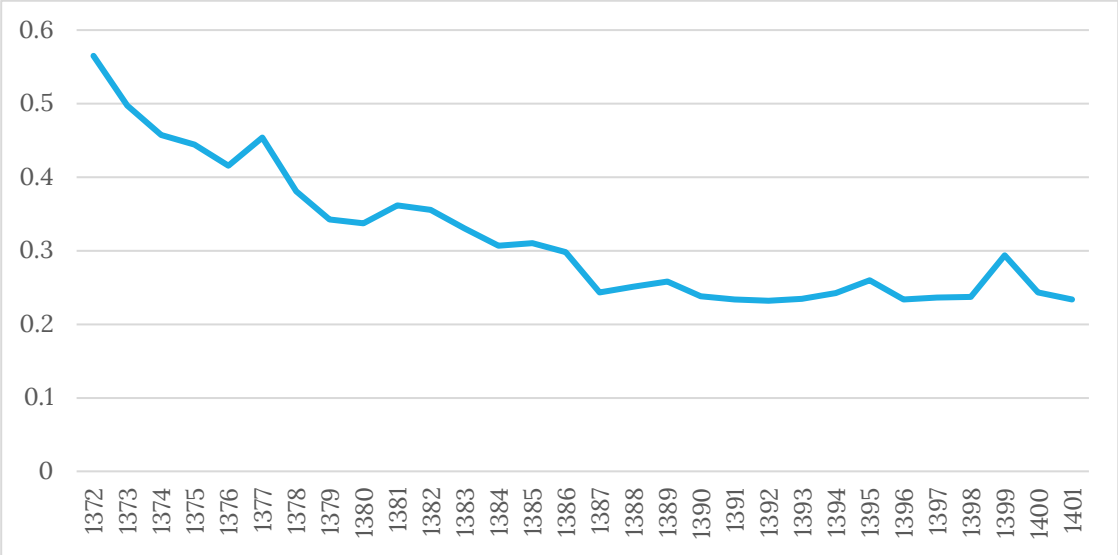
منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که اشاره شد در این پژوهش به بررسی تأثیر نابرابری درآمد بر شاخص ظرفیت بار در ایران پرداخته شده است. که از حداکثر داده‌های موجود طی دورهٔ زمانی ۱۳۷۲-۱۴۰۱ برای برآورد مدل استفاده شده است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار ایویوز استفاده شده است. برای برآورد مدل از روش اقتصادسنجی گشتاورهای تعمیم‌یافته سری زمانی استفاده شده، زیرا مدلی که در این پژوهش به کار گرفته شده، متغیر وابسته (شاخص ظرفیت بار) پویا است و شرایط گشتاورهای تعمیم‌یافته را برقرار می‌کند، در واقع روش GMM در سری‌های زمانی برای مدل‌های پویایی که خطی باشند و نیز شرایط گشتاورها و خواص مجانبی را تأمین سازند مورد استفاده قرار می‌گیرد. دلیل به کار بردن روش گشتاور تعمیم یافته به این صورت است که در الگوی معرفی شده متغیر وابسته به صورت وقفه در سمت راست مدل آورده شده لذا برای برآورد مدل نمی توان از برآوردهای OLS استفاده کرد. در مدل‌های سری زمانی، روش گشتاور تعمیم یافته برای برآورد پارامترهای مدل‌هایی استفاده می‌شود که ممکن است فرضیات معمول مدل‌های رگرسیونی مانند استقلال و همسانی واریانس خطاها نقض شود. گشتاورهای تعمیم یافته به کمک «لحظه‌ها» که از ویژگی‌های داده‌ها استخراج می‌شود، تخمین‌زننده‌های بهینه برای پارامترهای مدل ارائه می‌دهد. این روش مزایای زیادی دارد، اما محدودیت‌هایی نیز دارد. یکی از چالش‌های اصلی، مشکل شناسایی ضعیف است که زمانی رخ می‌دهد که ابزارهای انتخابی به‌درستی با متغیرهای درون‌زا همبسته نباشند و منجر به برآوردهای نادرست و ناپایدار می‌شود. در چنین شرایطی، استفاده از ابزارهای قوی‌تر و مرتبطتر ضروری است. در نمونه‌های کوچک، برآوردهای GMM ممکن است انحراف و واریانس زیادی داشته باشد و منجر به استنباط‌های نادرست شود. برای مقابله با این مشکل، استفاده از روش‌هایی مانند بوت‌استرپ

[1] https://wid.world/data

مفید است. فرآیند برآورد GMM در مدل‌های پیچیده یا داده‌های بزرگ ممکن است زمان‌بر و محاسباتی باشد، که با استفاده از الگوریتم‌های عددی کارآمد و تکنیک‌های موازی قابل بهبود است. انتخاب صحیح ماتریس وزنی نیز برای بهینه‌سازی کارایی برآوردها اهمیت دارد، زیرا استفاده از ماتریس‌های نادرست می‌تواند به برآوردهای ناکارآمد منجر شود. در شرایطی که شناسایی مدل ضعیف است، ممکن است شناسایی در مرتبه دوم وجود داشته باشد و نیاز به تحلیل‌های دقیق‌تری داشته باشد (اندرواس[1]، ۲۰۲۲).

برای بررسی بیشتر نمودار متغیر وابسته (شاخص ظرفیت بار) و متغیر نابرابری درآمد ایران در نمودارهای زیر ارائه شده است:

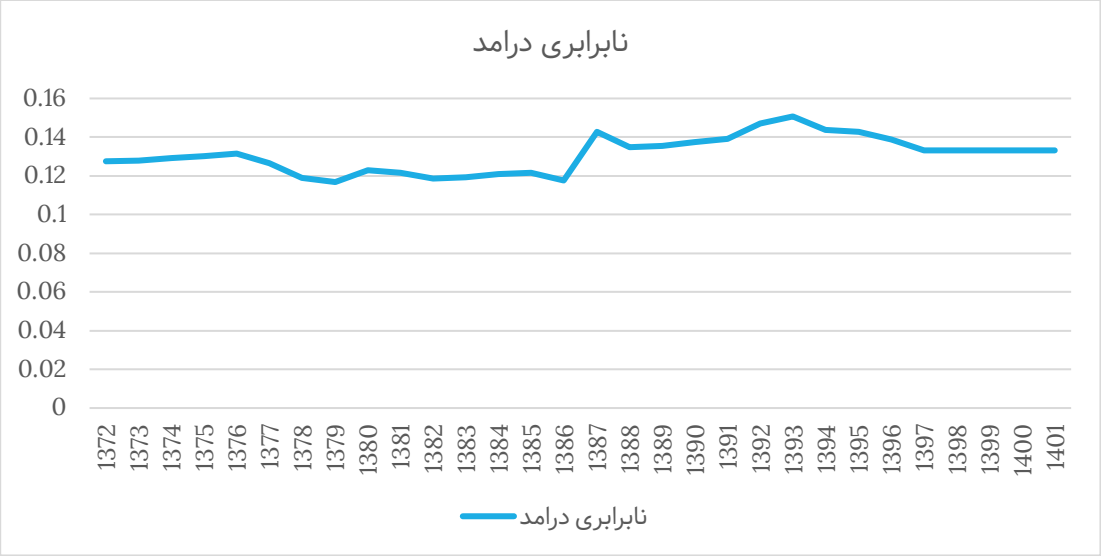


نمودار ۱: متغیر وابسته(شاخص ظرفیت بار)

منبع: شبکه جهانی ردپای بوم شناختی

شاخص زیستی ظرفیت بار 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 شده که داده‌های آن از شبکه جهانی ردپای بوم‌شناختی استخراج شده، از سال ۱۳۷۲ تاکنون، ظرفیت زیستی کاهش یافته یا ثابت مانده است (به دلیل تخریب جنگل‌ها، فرسایش خاک، کاهش منابع آب و...). همزمان، ردپای اکولوژیکی افزایش یافته (به دلیل رشد جمعیت، شهرنشینی، افزایش مصرف انرژی‌های فسیلی و تغییر سبک زندگی). در نتیجه، شاخص ظرفیت بار کاهش یافته؛ یعنی کشور از لحاظ زیست‌محیطی وارد وضعیت ناپایداری شده است.

[1] Anderwas



نمودار ۲: متغیر نابرابری درآمد در ایران

منبع: پایگاه جهانی نابرابری

نمودار فوق، شاخص نابرابری درآمد بر حسب سهم p0p50 (پنجاه درصد پایین جامعه) بوده و معیاری است که برای اندازه‌گیری سهم پنجاه درصد پایین جامعه از درآمد ملی قبل از مالیات استفاده می‌شود. این شاخص به‌طور خاص توزیع درآمد را در بین دو بخش اصلی جامعه (نصف پایین و نصف بالای آن) نشان می‌دهد. در این شاخص، تمرکز بر آن است که چه میزان از درآمد ملی قبل از مالیات به گروه پنجاه درصد پایین‌تر از جمعیت تعلق دارد. این معیار می‌تواند به درک بهتر توزیع نابرابری درآمد و تحلیل تغییرات آن در طول زمان کمک کند. با توجه نمودار افزایش نابرابری درآمد در ایران در بازه زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۴۰۱ و پایگاه نابرابری جهانی، ناشی از عواملی همچون تورم بالا، رکود اقتصادی، تحریم‌ها، ضعف در سیاست‌های مالیاتی و رفاه اجتماعی، و عدم تناسب رشد اقتصادی بوده است. این عوامل باعث شده‌اند که گروه‌های کم‌درآمد از فرصت‌های اقتصادی و اجتماعی به‌طور کامل بهره‌مند نشوند و شکاف درآمدی بین گروه‌های مختلف جامعه به‌ویژه بین گروه‌های پایین و بالا افزایش یابد.

جدول (۲): آمار توصیفی متغیرها

نام متغیر	LCF	LINQ	GDP	REC	IN	URB
میانگین	۰/۳۱۷	۰/۱۳۰۹	۴۶۸۳/۶۱۰	۰/۹۷۳۹	۴۰/۷۹۳۹۲	۲/۲۹۴
میانه	۰/۲۹۵	۰/۱۳۲۳۰۰	۵۰۰۴/۰۲۷	۰/۹۵۵۰۰۰	۴۰/۱۱۱۵۹	۲/۲۳۰۶۱
کمینه	۰/۲۳۱	۰/۱۱۶۸۰۰	۳۵۲۸/۰۳۱	۰/۴۴۰۰۰۰	۳۲/۱۷۴۷۴	۱/۳۴۱۶۷۰
بیشینه	۰/۵۶۴	۰/۱۵۰۷۰۰	۵۵۰۷/۵۳۳	۱/۹۰۰۰۰۰	۴۹/۶۳۷۲۵	۲/۹۸۱۴۵
چولگی	۱/۰۱۶	۰/۱۹۹۱۵۱	-۰/۵۲۵۲۱۴	۱/۰۰۹۶	-۰/۰۱۰۵۸۹	-۰/۴۷۳۴۶
انحراف معیار	۰/۰۹۲۷۹۱	۰/۰۰۹۳۲۳	۶۸۵/۷۲۳۴	۰/۲۹۹۹	۵/۱۲۵۶۰۷	۰/۴۳۹۵۰۸
کیشیدگی	۳/۰۸	۲/۱۷۶۰۶۵	۱/۶۴۲	۴/۷۲۵۵۸۴	۱/۹۴۵۸۲	۲/۳۶۸۳۷۸

منبع: یافته های پژوهش

۶ نتایج

با وجود اینکه در روش گشتاورهای تعمیم یافته نیازی به بررسی مانایی متغیرها نیست اما برای بررسی بیشتر داده‌ها این آزمون نیز انجام شده است. در این روش عدم نیاز به بررسی مانایی متغیرها به این دلیل است که این روش به‌گونه‌ای طراحی شده است که از آثار منفی متغیرهای غیرمانا جلوگیری کند. این روش با استفاده از ابزارهای معکوس و وقفه‌های توزیعی، می‌تواند در شرایطی که داده‌ها ناپایدار هستند به درستی عمل کند. این روش با فرض هنجاری باقی‌مانده‌ها و به‌کارگیری تکنیک‌های مناسب، می‌تواند نتایج معتبری ارائه دهد، حتی در غیاب مانایی، که آن را به ابزاری کارآمد برای تحلیل داده‌های اقتصادی و اجتماعی تبدیل می‌کند. این مهم در نسخه بازنگری شده مقاله و پس از بررسی مانایی متغیرها توضیح داده شد. آزمون مانایی متغیرهای مدل به‌وسیله آزمون‌های متداول دیکی- فولر تعمیم یافته انجام می‌شود. نتایج آزمون ایستایی متغیرها، در جدول (۳) در پیوست مقاله نشان داده شده است.

جدول ۳: نتایج آزمون مانایی دادههای تحقیق

متغیرهای تحقیق	در سطح		تفاضل اول		درجه مانایی
	آماره	احتمال	آماره	احتمال	
LLCF	-۲/۱۴۱۹۶۵	۰/۲۳۰	-۶/۲۰۹۴۲۹	۰/۰۰۰	I(1)
LINQ	-۱/۷۹۲۹۷۳	۰/۳۷۶	-۶/۴۴۰۴۵۱	۰/۰۰۰	I(1)
LGDP	-۰/۸۷۵۹	۰/۷۸۱	-۴/۵۱۴۹۷۸	۰/۰۰۲	I(1)
LREC	-۲/۵۸۵۶۵۷	۰/۱۰۷	-۵/۵۵۹۸	۰/۰۰۰۱	I(1)
LURB	-۰/۹۸۸۱۴۳	۰/۷۴۴	-۴/۷۷۷۷	۰/۰۰۰۷	I(1)
LIN	-۲/۴۴۵	۰/۱۳۸۹	-۶/۸۹۰۹۵	۰/۰۰۰	I(1)

منبع: یافته های پژوهش

آزمون مانایی متغیرهای مدل به‌وسیله آزمون‌های متداول دیکی- فولر تعمیم یافته انجام می‌شود. نتایج آزمون ایستایی متغیرها، در جدول (۲) در پیوست مقاله نشان داده شده است. براساس نتایج جدول(۲) همه متغیرها مانا نبوده و با یک بار تفاضل‌گیری مانا شدند. در جدول (۳) نتایج حاصل از تخمین مدل تحقیق به روش GMM نشان داده شده است. نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که مدل برآوردی از نظر شاخص‌های آماری در وضعیت مناسبی قرار دارد. فرضیه صفر آزمون سارگان را نمی‌توان رد کرد و ازاین‌رو می‌توان گفت که متغیرهای ابزاری استفاده شده در مدل برآوردی معتبر هستند زیرا فرض صفر آزمون سارگان بر معتبر بودن ابزارها دلالت دارد. با توجه به لگاریتمی بودن مدل، تمامی ضرایب برآوردی نشان‌دهنده کشش هستند. ضریب ظرفیت بار دوره قبل تأثیر مثبت و معنی‌دار بر ضریب ظرفیت بار دوره حاضر داشته است به‌طوری‌که با افزایش یک درصدی ظرفیت بار دوره t-1، میزان ظرفیت بار دروه t به اندازه ۰/۵۱ درصد افزایش می‌یابد. این نتیجه مطابق با تئوری‌های پژوهش و سازگاری مناسبی با نتایج مطالعات پیشین د ارد.

جدول ۴: نتایج برآورد مدل تحقیق

متغیر توضیحی	ضریب	انحراف معیار	آمارهٔ T	سطح احتمال
LLCF(-1)	۰/۵۱	۰/۰۵۵۴۹۸۸	۹/۳۰۸۷۴۹	۰/۰۰۰۱
LINQ	-۰/۳۹	۰/۰۷۶۶۸۶	-۵/۱۰۵۴۶۱	۰/۰۰۰
LGDP	-۰/۷۳	۰/۰۹۳۳۰۲	-۷/۹۱۸۴۱۹	۰/۰۰۰۰
LREC	۰/۱۳	۰/۰۱۶۲۸۱	۸/۵۶۸۰۰۸	۰۰۰۰۰
LURB	-۰/۱۳	۰/۰۴۷۹۵۰	-۲/۷۶۳۵۹۳	۰/۰۱
LIN	-۰/۱۰	۰/۰۵۱۹۷۸	-۲/۰۷۲۷۹۳	۰/۰۵
C	۵/۳۷	۰/۶۳۹۴۴۱	۸/۴۰۶۰۳۰	۰/۰۰۰۰
آزمون سارگان	آماره J-statistic: ۸/۸۶۳۹۰۳			۰/۷۸۳

منبع: یافته های پژوهش

بر اساس نتایج جدول (۳) ضریب برآوردی برای نابرابری درآمد منفی و معنی‌دار ارزیابی شده است. سطح احتمال P- Value متناظر با آمارهٔ Tمحاسبه‌شده برای این پارامتر کوچک‌تر از ۵ درصد است که از لحاظ آماری معنی‌دار است. پس فرضیهٔ صفر آزمون معنی‌داری که مبنی بر عدم معنی‌داری پارامتر برآوردی است رد می‌شود؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصد نابرابری درآمد تأثیر منفی بر شاخص ظرفیت بار ایران دارد. به‌طوری که با افزایش یک‌واحدی نابرابری درآمد ، ۰/۳۹ واحد از شاخص ظرفیت بار کاسته شده است. علت این امر آن است که در جوامعی که نابرابری درآمد زیاد است، افراد ثروتمند به دلیل دارا بودن منابع مالی بیشتر، مصرف بیشتری از منابع طبیعی دارند. این مصرف اضافی می‌تواند منجر به افزایش تولید آلودگی، استخراج بیشتر منابع طبیعی و کاهش تنوع زیستی شود. به عبارت دیگر، در جوامع نابرابر، میزان مصرف و تولید زباله به شدت بالا می‌رود و این امر می‌تواند ظرفیت بار محیط زیست را به خطر بیندازد. از سوی دیگر گروه‌های کم‌درآمد در جوامع نابرابر به‌طور معمول دسترسی محدودی به منابع پایدار دارند و مجبور می‌شوند از منابع زیست‌محیطی به‌طور غیرپایدار استفاده کنند. برای مثال، استفاده از سوخت‌های فسیلی ارزان قیمت (مثل زغال سنگ یا چوب) و قطع درختان به دلیل نبود منابع اقتصادی برای استفاده از منابع پاک‌تر، معمولاً در این گروه‌ها بیشتر مشاهده می‌شود. نتایج این پژوهش با مطالعات داخلی یوسف زاده و مهدویان (۱۳۹۹)، خادم الحسینی و همکاران (۱۴۰۱)، مظفری و ویسی (۱۴۰۲) و مطالعات خارجی ایوب اغلو و یوزار[1] (۲۰۲۰)، ادریس و همکاران[2] (۲۰۲۲)، وانگ و همکاران[3] (۲۰۲۳) و اندرسون[4] (۲۰۲۴) همراستا می‌باشد.

کشش شاخص ظرفیت بار نسبت به تولید ناخالص داخلی در ایران و طی دورهٔ مورد بررسی تحقیق برابر ۰/۵۶-است؛ به‌طوری که با افزایش یک‌واحدی تولید ناخالص داخلی ، ۰/۷۳واحد از شاخص ظرفیت بار کاسته شده است. این ضرایب نیز از لحاظ آماری معنی‌دار هستند؛ زیرا سطح احتمال متناظر از ۵ درصد کوچک‌تر است. پس فرضیهٔ صفر آزمون معنی‌داری که مبنی بر عدم معنی‌داری پارامتر برآوردی است رد می‌شود؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصد تولید ناخالص داخلی تأثیر منفی بر شاخص ظرفیت بار ایران دارد. این نتیجه نشان می‌دهد که هر افزایش یک واحد از تولید ناخالص داخلی (GDP) به هر نفر جمعیت، باعث کاهش

[1] Eyuboglu & Uzar
[2] Idrees & Majeed
[3] Wang et al.
[4] Anderson

ظرفیت بار می‌شود. به عبارت دیگر، این متغیر نشان دهنده کارایی و کارآیی اقتصادی کشور است و نشان می‌دهد که افزایش تولید ناخالص داخلی به ازای هر فرد، منجر به کاهش توانایی تحمل محیط زیست می‌شود. افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه ممکن است به افزایش آلودگی هوا، آب و خاک منجر شود که این موارد نیز می‌تواند ظرفیت بار محیط زیست را کاهش دهد. این شرایط در اصطلاح به این معناست که زمانی که GDP سرانه یک کشوری افزایش می‌یابد، مردم بیشتری توانایی خرید و استفاده از کالاها و خدمات را دارند، که این امر می‌تواند به بیشتر شدن مصرف منابع و افزایش تولید پسماند منجر شود. همچنین، فعالیت‌های صنعتی افزایش می‌یابد که ممکن است باعث تولید آلاینده‌های بیشتر و اختلال در اکوسیستم‌ها شود. به عبارت دیگر، افزایش GDP سرانه می‌تواند نشان‌دهنده بزرگ‌تر شدن اثر پای اکولوژیک یک جامعه باشد که منابع بیشتری را استفاده و آلاینده‌های بیشتری تولید می‌کند. نتایج پژوهش با مطالعات طرازکار و همکاران (۱۳۹۹)؛ فاخر (۱۴۰۲) و اصفهانی و همکاران (۱۴۰۲) و مطالعات خارجی همراستا باشد.

کشش شاخص ظرفیت بار نسبت به انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران و طی دورهٔ مورد بررسی تحقیق برابر ۰/۱۱واحد است. این ضریب برآوردی باتوجه‌به آمارهٔ محاسبه‌شده T و سطح احتمال متناظر P-Value ، از لحاظ آماری معنی‌دار است؛ به‌طوری که با افزایش یک‌واحدی انرژی‌های تجدیدپذیر ۰/۱۳واحد به شاخص ظرفیت بار افزوده شده است. انرژی‌های تجدیدپذیر با کاهش فشار بر منابع طبیعی، کاهش گازهای گلخانه‌ای، حفظ اکوسیستم‌ها، و کاهش مصرف آب و دیگر منابع طبیعی، به‌طور قابل توجهی بر شاخص ظرفیت بار محیط زیست تأثیر مثبت می‌گذارند. این نوع انرژی‌ها می‌توانند به‌عنوان یک راهکار اصلی برای توسعه پایدار و حفظ ظرفیت محیط زیست در برابر فعالیت‌های انسانی به شمار آیند. نتایج این پژوهش با مطالعات داخلی اصفهانی و همکاران (۱۴۰۲)؛ اردالی(۱۴۰۳) و دای و همکاران[1] (۲۰۲۵) همراستا می باشد.

متغیر شهرنشینی شدن در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر منفی و معناداری بر شاخص ظرفیت بار دارد؛ لذا با فرض ثابت‌بودن سایر متغیرها، در صورت افزایش ۱واحدی شهرنشینی شدن، شاخص ظرفیت بار ۰/۱۳ واحد کاهش می‌یابد. افزایش جمعیت شهری، تقاضا برای آب، زمین و انرژی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. این مسأله می‌تواند منجر به بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی شود و به تخریب زیستگاه‌های طبیعی و کاهش تنوع زیستی منجر گردد. از سوی دیگر، فرآیندهای ساخت‌وساز و توسعه شهری معمولاً شامل تغییرات در پوشش زمین و نابودی مناطق طبیعی است که زیستگاه‌های بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری را تحت تاثیر قرار می‌دهد. این فشارها نه تنها موجب کاهش تنوع زیستی می‌شوند، بلکه می‌توانند بر ظرفیت بار محیط زیست نیز تأثیر بگذارند، به طوری که منابع طبیعی دیگر قادر به حمایت از نیازهای انسان‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی نخواهند بود. نتایج این پژوهش با مطالعات فطرس و همکاران (۱۴۰۰) و آدرینتو[2] (۲۰۲۲) همراستا می‌باشد.

کشش شاخص ظرفیت بار نسبت به صنعتی شدن در ایران و طی دورهٔ مورد بررسی تحقیق برابر ۰/۱۰- است؛ به‌طوری که با افزایش یک‌واحدی صنعتی شدن ، ۰/۱۰واحد از شاخص ظرفیت بار کاسته شده است. این ضرایب نیز از لحاظ آماری معنی‌دار هستند؛ زیرا سطح احتمال متناظر از ۵ درصد کوچک‌تر است. پس فرضیهٔ صفر آزمون معنی‌داری که مبنی بر عدم معنی‌داری پارامتر برآوردی است رد می‌شود؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصد صنعتی شدن تأثیر منفی بر شاخص ظرفیت بار ایران دارد. صنعتی شدن با افزایش مصرف منابع طبیعی، تولید

[1] Dai et al.

[2] Aderinto

آلاینده‌ها و تخریب زیستگاه‌ها، فشار زیادی بر ظرفیت بار محیط زیست وارد می‌کند. این فرآیند موجب کاهش توان اکوسیستم‌ها برای تجدید منابع و پشتیبانی از فعالیت‌های انسانی می‌شود. افزایش آلودگی‌ها، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع و تولید پسماندهای صنعتی باعث کاهش تنوع زیستی و اختلال در عملکرد اکوسیستم‌ها می‌گردد. این نتایج این پژوهش با مطالعات داخلی مهدوی و عزیز محمدلو (۱۴۰۲) ، دوانقی و همکاران (۱۴۰۳)، مطالعات خارجی؛ رحمان و همکاران[1] (۲۰۲۳)؛ لی و ژانگ[2] (۲۰۲۵) همراستا می باشد.

۷ نتیجه گیری و پیشنهادات

ناپایداری محیط‌زیست از جمله چالش‌های بنیادین عصر حاضر محسوب می‌شود که آثار آن صرفاً به حوزه‌های زیست‌محیطی محدود نبوده، بلکه ابعاد اقتصادی، اجتماعی و سیاسی را نیز در بر می‌گیرد. در زمینه اقتصاد ایران، اتکا به شاخص‌های محدودی نظیر انتشار گازهای گلخانه‌ای و ردپای بوم‌شناختی برای سنجش وضعیت پایداری محیط‌زیست، به دلیل نادیده‌گرفتن ابعاد چندگانه و بین‌رشته‌ای این پدیده، ناکافی به نظر می‌رسد. برای نیل به درکی عمیق‌تر و چندبعدی از پایداری زیست‌محیطی، ضرورت توسعه و به‌کارگیری شاخص‌های جامع‌تری وجود دارد که بتوانند تعاملات پیچیده میان مؤلفه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را به‌صورت هم‌زمان مورد سنجش قرار دهند. شاخص‌هایی نظیر کیفیت منابع آب و خاک، تنوع زیستی و پیامدهای اجتماعی و فرهنگی تغییرات محیطی، می‌توانند به غنای تحلیلی چنین ارزیابی‌هایی بیفزایند. موضوع نابرابری درآمد و تأثیر آن بر وضعیت محیط زیست، به‌ویژه در زمینه شاخص ظرفیت بار محیط زیست، یکی از حوزه‌های پژوهشی مهم است که توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در این مطالعه، رابطه میان نابرابری درآمد و شاخص ظرفیت بار محیط زیست در ایران، از سال ۱۳۷۲ تا ۱۴۰۱ بررسی شده است. برای انجام این تحقیق، از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که نابرابری درآمد تأثیر منفی و معناداری بر ظرفیت بار محیط زیست دارد. این اثر منفی ناشی از دو عامل اصلی است: مصرف بالای منابع طبیعی توسط افراد و گروه‌های ثروتمند و بهره‌برداری ناپایدار از منابع توسط گروه‌های کم‌درآمد. این وضعیت باعث تخریب محیط زیست و کاهش توان تحمل آن می‌شود. علاوه بر این، نتایج نشان داد که تولید ناخالص داخلی سرانه نیز به‌طور منفی با ظرفیت بار محیط زیست ارتباط دارد. هر افزایش در تولید ناخالص داخلی به ازای هر نفر می‌تواند منجر به افزایش آلودگی و فشار بیشتر بر منابع طبیعی شود. همچنین، روند رو به رشد شهرنشینی و صنعتی‌سازی در ایران، به‌ویژه در سال‌های اخیر، فشار زیادی بر منابع طبیعی و اکوسیستم‌ها وارد کرده است. این امر باعث کاهش تنوع زیستی و کاهش ظرفیت بار محیط زیست شده است. با این حال، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به بهبود شاخص ظرفیت بار محیط زیست کمک کند. استفاده از این نوع انرژی‌ها، علاوه بر کاهش آلودگی، فشار کمتری به منابع طبیعی وارد می‌کند و موجب افزایش توان محیط زیست برای پذیرش بار اضافی می‌شود. بنابراین، برای کاهش تأثیرات منفی نابرابری درآمد و تأثیرات ناشی از شهرنشینی و صنعتی‌سازی، و همچنین برای تقویت تأثیر مثبت انرژی‌های سبز بر محیط زیست، اجرای راهکارهای مؤثر و عملی ضروری است. در ادامه، چند راهکار اجرایی سیاستی پیشنهادی برای دستیابی به این هدف‌ها آورده شده است:

- توسعه سیاست های توزیع درآمد و اصلاح نظام مالیاتی
- پیاده‌سازی مالیات تصاعدی بر درآمد افراد، به‌طوری‌که افرادی که درآمد بیشتری دارند،

[1] Rahman et al.

[2] Li & Zhang

سهم بیشتری در تأمین منابع عمومی و حمایت از طبقات کم‌درآمد داشته باشند.

- تخصیص بخشی از درآمدهای مالیاتی به برنامه‌های اجتماعی (مثل بهبود بهداشت، آموزش و مسکن) که می‌تواند به کاهش فقر و نابرابری درآمدی منجر شود و در نتیجه فشار کمتری به منابع طبیعی وارد می‌آید.
- بازچرخانی فاضلاب شهری برای آبیاری فضای سبز: با ایجاد تصفیه‌خانه‌های محلی در مقیاس محله‌ای برای تصفیه فاضلاب خاکستری (آب ناشی از حمام و ماشین لباسشویی) و استفاده مجدد از آن برای آبیاری فضای سبز شهری و این امر سبب کاهش مصرف آب شرب و مدیریت پایدار منابع آبی و در نهایت پایداری اکولوژیکی و شاخص ظرفیت بار در ایران می شود.
- کنترل ساخت‌وساز در مناطق دارای زیرساخت محدود با صدور مجوز ساخت‌وساز، تحلیل دقیق ظرفیت محیطی منطقه (با استفاده از داده‌های GIS و شاخص‌های اکولوژیکی) انجام شود. در مناطق فاقد ظرفیت لازم، تراکم ساخت کاهش یافته یا ساخت‌وساز که این امر مانع از توسعه نامتوازن شهری، حفظ منابع محیطزیستی در حاشیه شهرها، کاهش فشار به زیرساخت‌های شهری مانند آب و برق می شود.
- طراحی شهرک‌هایی با ویژگی‌های کم‌مصرف انرژی که در آن‌ها از معماری سبز استفاده شده باشد. این طرح‌ها باید شامل خانه‌های با عایق‌بندی بالا، پنل‌های خورشیدی، سیستم‌های بازیافت آب (مثل جمع‌آوری آب باران و سیستم‌های تصفیه آب خاکستری) و سقف‌های سبز باشند.
- ایجاد سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی پاک مانند اتوبوس‌های برقی، دوچرخه‌های اشتراکی و مسیرهای پیاده‌روی در این شهرها برای کاهش آلایندگی و ترافیک.
- تمرکززدایی از کلان‌شهرها و توسعه شهرهای کوچک.
- سنجش اثرات زیست‌محیطی صنایع پیش از توسعه (EIA) و الزام به رعایت استانداردهای محیطزیستی و توسعه صنایع کم‌مصرف و سبز مانند انرژی‌های تجدیدپذیر، کشاورزی پایدار و فناوری‌های کم‌کربن اولویت دادن به صنایع پاک در شهرک‌های صنعتی و کاهش پراکندگی واحدهای آلاینده
- پرهیز از تمرکز صنایع در مناطق آسیب‌پذیر از نظر اکولوژیکی و ایجاد قطب‌های صنعتی متناسب با توان اکولوژیکی مناطق (مثلاً صنایع شورورزی در مناطق کم‌آب).
- پیاده‌سازی مالیات بر دارایی‌های پرمصرف و لوکس با نرخ تصاعدی، اعطای تخفیف مالیاتی به صنایعی که حاضر به انتقال به نواحی کم‌جمعیت‌تر و دارای ظرفیت اکولوژیک بالاتر هستند و بالعکس، با وضع مالیات‌های جریمه‌ای بر صنایع باقی‌مانده در مناطق بحرانی .

تأمین مالی
نویسندگان اعلام کردند که هیچ حمایت مالی برای این پژوهش وجود ندارد.

تضاد منافع
نویسندگان اعلام کردند که هیچگونه تضاد منافع برای این پژوهش وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان
نویسندگان در مفهومسازی و نگارش مقاله مشارکت داشتند. همه نویسندگان محتوای مقاله را تأیید کردند و در مورد تمام جنبه‌های کار توافق داشتند.

منابع

Anderson, F. (2024). Economic inequality and the ecological footprint: Time-varying estimates for four developed economies, 1962–2021. *Ecological Economics*, 220, 108185. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108185

Andrews, I., & Mikusheva, A. (2022). *GMM is inadmissible under weak identification*. arXiv.

https://arxiv.org/abs/2204.12462

Ajide, K., & Ibrahim, R. (2022). Environmental impacts of income inequality: Evidence from G7 economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2), 1887–1908. https://doi.org/10.1007/s11356-021-15720-6

Aderinto, E. (2022). Urbanization and environmental unsustainability: An ecological footprint analysis for Nigeria. *African Journal of Environment and Natural Science Research*, 5(1), 32–45.

Boyce, J. K. (1994). Inequality as a cause of environmental degradation. *Ecological Economics*, 11(4), 169–178. https://doi.org/10.1016/0921-8009(94)90198-8

Dai, Y., Yu, L., & Deng, X. (2025). Assessing land use sustainability and decoupling in Chinese cities using the improved three-dimensional ecological footprint model. *Journal of Cleaner Production*, 534, 147084.

Dovanghi, M., Hosseini, F., & Salehi, N. (2024). Empirical analysis of the relationship between industrial development and ecological capacity in Iran. *Journal of Economy and Environment*, 32(2), 45–62. [in Persian].

Esfahani, A., Qobadi, S., & Azarbaijani, K. (2022). Dynamic effect of renewable and non-renewable energy consumption on ecological footprint in selected developing countries (GMM generalized moments approach). *Program and Development Research*, 3(9), 119-93. [in Persian].

Eyuboglu, K., & Uzar, U. (2020). Examining the roles of renewable energy consumption and agriculture on CO2 emission in lucky-seven countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(36), 45031–45040. https://doi.org/10.1007/s11356-020-10374-2

Ebrahimi, M., Babaei Agh Esmaili, M., & Kafili, V. (2017). Income inequality and environmental quality: A case study of Iran. *Journal of Econometric Modelling*, 2(1), 59–79. [in Persian]. https://doi.org/10.22075/jem.2017.2655

Fakher, M. (2023). Investigating the relationship between economic growth and environmental carrying capacity in developing countries. *Journal*

of Sustainable Development and Natural Resources, 14(2), 35–49.

Greene, W. H. (2008). *The econometric approach to efficiency analysis*. In The measurement of productive efficiency and productivity growth (pp. 92–250). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195183528.003.0002

Guloglu, B., Caglar, A., & Pata, U. (2023). Analyzing the determinants of the load capacity factor in OECD countries: Evidence from advanced quantile panel data methods. *Gondwana Research*, 118, 92–104. https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.02.013

Ghose, T. K., Islam, M. R., Aruga, K., Jannat, A., & Islam, M. M. (2024). Disaggregated impact of non-renewable energy consumption on the environmental sustainability of the United States: A novel dynamic ARDL approach. *Sustainability*, 16(19), 8434. https://doi.org/10.3390/su16198434

Idrees, M., & Majeed, M. (2022). Income inequality, financial development, and ecological footprint: Fresh evidence from an asymmetric analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(19), 27924–27938. https://doi.org/10.1007/s11356-021-18288-3

Koop, G., & Tole, L. (2001). Deforestation, distribution and development. *Global Environmental Change*, 11(3), 193–202. https://doi.org/10.1016/S0959-3780(00)00057-1

Khan, A., Saleem, N., & Fatima, S. (2018). Financial development, income inequality, and CO2 emissions in Asian countries using STIRPAT model. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(7), 6308–6319. https://doi.org/10.1007/s11356-017-0719-2

Khan, S., Yahong, W., & Zeeshan, A. (2022). Impact of poverty and income inequality on the ecological footprint in Asian developing economies. *Assessment of Sustainable Development Goals*, 8, 670–679. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.12.001

Khademol Hosseini, J., Mousavi, S. N., & Khodaparast Shirazi, J. (2022). The effect of income inequality on SO2 and SPM emissions. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 53(2), 539–551. [in Persian]. https://doi.org/10.22059/ijaedr.2022.325416.669050

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

Mahdavi, A., & Aziz-Mohammadlou, S. (2018). The impact of industrialization on environmental indicators in Iran. *Iranian Journal of Environmental Studies*, 23(4), 56–73. [in Persian].

Mozaffari, Z., & Ahmadzadeh, K. (2022). The effect of investment in housing on economic growth in Iran: An application of the GMM time series approach. *The Economic Research*, 22(2), 245–270. [in Persian].

http://dorl.net/dor/20.1001.1.17356768.1401.22.2.2.9

Lalkhezri, H., & Karimi Potanlar, S. (2019). Evaluation the effect of income inequality on carbon dioxide emissions in Iran (with emphasis on energy intensity). *Journal of Iranian Economic Issues*, 6(1), 181–200. [in Persian].
https://doi.org/10.22059/ijaedr.2022.325416.669050

Li, R., & Zhang, Y. (2025). Impact of globalization and industrialization on ecological footprint: Do institutional quality and renewable energy matter?. *Frontiers in Environmental Science*.

https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1535638

Mader, S. (2018). The nexus between social inequality and CO2 emissions revisited: challenging its empirical validity. *Environmental Science & Policy*, 89, 322–329.

https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.08.009

Maleki, F., & Farahti, M. (2024). Income inequality and the relationship between economic growth and environmental pollution in Iran: A smooth transition regression approach. *Economic Policy and Research*, 3(2), 87–111.

https://doi.org/10.22034/jepr.2024.140299.1167

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

Piketty, T., & Chancel, L. (2021). Capital and the Environment: A New Perspective on Inequality and Sustainability. *Economic Policy Review*, 32(4), 67–82.

Piketty, T., & Saez, E. (2014). Inequality in the long run. *Science*, 344(6186), 838–843.
https://doi.org/10.1126/science.1251936

Ravallion, M., Heil, M., & Jalan, J. (2000). Carbon emissions and income inequality. *Oxford economic papers*, 52(4), 651-669.

Rahman, M., Alam, K., & Velayutham, E. (2023). Impact of industrialization and urbanization on environmental

degradation: Evidence from developing economies. *Ecological Indicators*, 145, 109677.
https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109677

Scruggs, L. A. (1998). Political and economic inequality and the environment. *Ecological economics*, 26(3), 259-275.
https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00118-3

Savaş, Y. (2025). Examining the link between load capacity and income inequality: evidence from OECD countries. *Environment, Development and Sustainability*, 27(3), 8065-8083.
https://doi.org/10.1007/s10668-025-06025-6

Uzar, U., & Eyuboglu, K. (2019). The nexus between income inequality and CO2 emissions in Turkey. *Journal of cleaner production*, 227, 149-157.
https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.169

Uzar, U., & Eyuboglu, K. (2023). Does income inequality increase the ecological footprint in the US: evidence from FARDL test?. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(4), 9514-9529.
https://doi.org/10.1007/s11356-022-22844-w

Vona, F., & Patriarca, F. (2011). Income inequality and the development of environmental technologies. *Ecological Economics*, 70(11), 2201-2213.
https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.06.027

Wang, Q., Yang, T., & Li, R. (2023). Does income inequality reshape the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis? A nonlinear panel data analysis. *Environmental Research*, 216, 114575.
https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114575

Xu, D., Salem, S., Awosusi, A. A., Abdurakhmanova, G., Altuntaş, M., Oluwajana, D., ... & Ojekemi, O. (2022). Load capacity factor and financial globalization in Brazil: the role of renewable energy and urbanization. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 823185.
https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.823185

Zhou, A., & Li, J. (2020). Impact of income inequality and environmental regulation on environmental quality: evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 274, 123008.
https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123008

Zhou, R., Abbasi, K. R., Salem, S., Almulhim, A. I., & Alvarado, R. (2022). Do natural resources, economic growth, human capital, and urbanization affect the ecological footprint? A modified dynamic ARDL and KRLS approach. *Resources Policy*, 78, 102782.
https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102782