



Semnan University

Journal of Econometric Modelling

Journal homepage: <https://jem.semnan.ac.ir/?lang=en>



Research Article

Investigating the impact of the informal economy on the ecological footprint in Iran

Bakhtiar Javaheri (Corresponding Author)

Associate Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan.

b.javaheri@uok.ac.ir

Parvin Alimoradi Afshar

Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan.

pam.afshar@uok.ac.ir

Fatemeh Babakhani Sharafi

Master of Arts in Economics, Department of Economics, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan.

babakhanifatemeh176@gmail.com

Mohammad Parsa Ehterami

PhD Candidate in Economics, Department of Economics, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan.

mparsa.ehterami@uok.ac.ir

PAPER INFO

Paper history:

Received: 16. 02. 2026

Revised: 10. 06. 2026

Accepted: 16. 06. 2026

JEL Classification:

Q56, O17, Q53, O44, C32.

Keywords:

Ecological Footprint,
Informal Economy,
SVAR Model,
Environmental
Degradation,
Iran

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the impact of the informal economy on the ecological footprint in Iran from 1990 to 2020. The Structural Vector Autoregression (SVAR) method is used to analyze dynamic relationship among variables. Estimation results show that the informal economy has a negative and significant effect on the ecological footprint, meaning that its recent decline has reduced environmental pressures. Trade openness, urbanization, industrialization, and economic growth have positive and significant effects on the ecological footprint. However, the squared term of economic growth shows a negative effect, supporting the Environmental Kuznets Curve hypothesis. Impulse response functions and variance decomposition confirm the long-term findings. In conclusion, controlling informal activities and implementing sustainable development policies can effectively help reduce environmental degradation in Iran.

© 2026 Published by Semnan University Press.

How to Cite: Javaheri, B., Ali Moradi Afshar, P., Babakhani, F., & Ehterami, M. P. (2026). Investigating the impact of the informal economy on the ecological footprint in Iran. *Journal of Econometric Modelling*, 11(2), 129-178.

1. Introduction

Environmental degradation and the failure to achieve sustainable development have emerged as critical challenges confronting societies in recent decades. Climate change and environmental deterioration represent significant threats affecting production activities, social structures, ecosystems, and economic performance. The scarcity of natural resources resulting from excessive human activities further compounds these problems.

The ecological footprint serves as a comprehensive indicator for assessing environmental quality, measuring the pressure human activities exert on the environment through goods and services production. Higher ecological footprint values indicate greater environmental degradation, while lower values suggest improved environmental quality.

The informal economy encompasses economic activities conducted outside legal frameworks, typically unrecorded in official statistics and not subject to taxation. The shadow economy constitutes a fundamental challenge across societies, comprising approximately 16% of GDP in developed countries and nearly 35% in developing nations. Characteristics such as tax evasion, inefficient resource allocation, and commodity smuggling represent prominent features of informal economies.

While numerous studies have examined the relationship between the informal economy and environmental degradation, significant research gaps remain. Most international studies have focused on other regions, with limited time-series research specifically addressing Iran's economy. Additionally, previous domestic research has predominantly utilized carbon dioxide emissions as a measure of environmental degradation, whereas the ecological footprint offers a more comprehensive indicator. The contribution of this research lies in its dynamic investigation of the informal economy's impact on the ecological footprint in Iran during 1990-2020, employing the comprehensive ecological footprint index and SVAR methodology to identify structural shocks and assess their environmental effects. This study provides novel empirical evidence and offers policy-relevant insights for sustainable development in Iran.

The ecological footprint evaluates human pressure on the environment across six components: forest lands, pastures, croplands, water areas, and the carbon footprint. The shadow economy refers to economic activities outside official legal frameworks, influenced by factors including tax avoidance, regulatory complexity, institutional inefficiency, and administrative corruption.

Countries with substantial informal economies typically face developmental challenges including higher poverty levels, lower per capita income, limited progress toward sustainable development, greater inequality, weaker human capital, and

poorer governance quality. The expansion of informal economies is associated with increased carbon emissions, greater fossil fuel consumption, and reduced forest coverage.

The Environmental Kuznets Curve hypothesis posits an inverted U-shaped relationship between economic growth and environmental degradation. At early development stages, economic growth increases environmental pressure, but beyond a certain income threshold, further growth is associated with environmental improvement through technological advancement and stricter environmental regulations.

2. Methodology

Data and Variables: This study employs annual time series data from 1990 to 2020 for Iran. Data sources include the Global Footprint Network, World Bank Open Data platform, and the Tübingen University Applied Research Center.

The dependent variable is the ecological footprint (EF), measured in global hectares per capita. Independent variables include the informal economy (IE) as a percentage of GDP, trade openness (FT) as the ratio of total trade to GDP, urbanization (URB) as the percentage of urban population, industrialization (IND) as industrial value added as a percentage of GDP, economic growth (GDP) as the annual real GDP growth rate, and squared economic growth (GDPP), included to test the EKC hypothesis.

The econometric model is specified as follows:

$$EF_t = \beta_0 + \beta_1 IE_t + \beta_2 FT_t + \beta_3 URB_t + \beta_4 IND_t + \beta_5 GDP_t + \beta_6 GDPP_t + \varepsilon_t$$

Econometric Approach: The Structural Vector Autoregression (SVAR) model is employed to enable analysis of dynamic relationships and identification of structural shocks. The variables are ordered recursively: IE, FT, URB, IND, GDP, GDPP, and EF. This yields a lower-triangular matrix with 21 zero restrictions, meeting the minimum requirements for model identification.

Estimation Techniques: The Zivot-Andrews unit root test incorporating structural breaks ensures stationarity. The Schwarz-Bayesian Information Criterion determines the optimal lag length. Impulse response functions examine dynamic responses over a 10-period horizon, while variance decomposition identifies the relative contribution of each shock to the ecological footprint's forecast error variance.

3. Results & Discussion

Descriptive Statistics: During 1990-2020, the ecological footprint averages 2.73 global hectares per capita. The informal economy averages 17.17% of GDP, trade openness averages 43.77%, urbanization averages 66.96%, industrialization averages 40.47%, and economic growth averages 3.62%.

SVAR Estimation Results: The model with one optimal lag is stable. Key findings reveal that the informal economy has a negative and significant effect on the ecological footprint. The gradual decline in the informal economy's share from approximately 17-18% to around 15% of GDP has reduced environmental pressures through enhanced government oversight and reduced polluting activities.

Trade openness, urbanization, industrialization, and economic growth have positive and significant effects on the ecological footprint. However, the squared economic growth term has a negative and significant effect, confirming the Environmental Kuznets Curve hypothesis in Iran.

Impulse Response Functions: Informal economy shocks become negative and significant from the eighth period onward. Trade openness, urbanization, industrialization, and economic growth shocks show positive effects that become significant from later periods. Squared economic growth shocks show negative effects from the third period.

Variance Decomposition: Informal economy shocks explain approximately 50.92% of the ecological footprint's variance initially, declining to 43.41% by period ten. Urbanization shocks increase from 1.85% to 26.01%, while industrialization shocks increase from 0.07% to 9.84%.

The negative relationship between the informal economy and ecological footprint reflects the gradual contraction of informal activities in Iran, facilitated by increased government oversight and expansion of formal employment. This has reduced polluting activities, energy consumption, and excessive resource exploitation, consequently lowering environmental pressure.

The positive effects of trade openness, urbanization, industrialization, and economic growth align with theoretical expectations. The confirmation of the EKC hypothesis indicates that while early development stages increase environmental pressure, sustained growth beyond a threshold can lead to environmental improvement through technological advancement and structural transformation.

The substantial explanatory power of informal economy shocks (approximately 43% in the long run) underscores the importance of addressing informal sector activities in environmental policy design for Iran.

4. Conclusion and Policy Implications

This study investigates the informal economy's impact on the ecological footprint in Iran during 1990-2020 using the SVAR methodology. The results demonstrate that the informal economy has a negative and significant effect on the ecological footprint, primarily due to its gradual decline. Trade openness, urbanization, industrialization, and economic growth have positive and significant effects. The squared economic growth term confirms the EKC hypothesis in Iran.

Based on these findings, several policy recommendations are proposed. Policymakers should further reduce the informal sector through strengthened government oversight, expanded formal employment opportunities, simplified tax

systems, and elimination of polluting informal activities such as fuel and mineral smuggling. Trade development should be guided toward clean technologies by reducing tariffs for clean technology imports while increasing tariffs for polluting products. Urban infrastructure should be developed with emphasis on clean public transportation, efficient building energy systems, green spaces, and modernized water networks. Industrial development should prioritize energy efficiency and clean technologies through research and development investment, stringent environmental standards, and tax incentives for clean industries. Economic growth should be aligned with environmental considerations through public awareness campaigns, effective environmental law enforcement, investment in green technologies, and transition toward a low-carbon economy. Additionally, improving resource productivity through renewable energy development, strengthening environmental law enforcement, increasing environmental investments, and modernizing infrastructure are essential for sustainable development in Iran.

بررسی تأثیر اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی در ایران

بختیار جواهری (نویسنده مسئول)

دانشیار اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان

b.javaheri@uok.ac.ir

پروین علی مرادی افشار

استادیار اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان

pam.afshar@uok.ac.ir

فاطمه باباخانی شرفی

کارشناسی ارشد اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان

babakhanifatemeh176@gmail.com

محمد پارسا احترامی

دانشجوی دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان

mparsa.ehterami@uok.ac.ir

نوع مقاله: علمی - پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۶

چکیده:

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی در ایران طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ است. بدین منظور، از روش خودرگرسیون برداری ساختاری (SVAR) برای تحلیل روابط پویای میان متغیرها استفاده شده است. نتایج برآورد مدل نشان می‌دهد که اقتصاد غیررسمی تأثیر منفی و معناداری بر ردپای اکولوژیکی دارد؛ به گونه‌ای که کاهش سهم اقتصاد غیررسمی در سال‌های اخیر به کاهش فشارهای زیست‌محیطی منجر شده است. همچنین، درجه بازبودن تجاری، شهرنشینی، صنعتی‌شدن و رشد اقتصادی تأثیر مثبت و معناداری بر ردپای اکولوژیکی دارند، در حالی که توان دوم رشد اقتصادی اثر منفی بر این شاخص داشته و فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس را تأیید می‌کند. یافته‌های توابع واکنش آنی و تجزیه واریانس نیز نتایج بلندمدت را تأیید می‌کند. بر این اساس، کنترل فعالیت‌های غیررسمی و اتخاذ سیاست‌های توسعه پایدار در کاهش تخریب محیط‌زیست ایران نقش مؤثری خواهد داشت.

طبقه‌بندی JEL: Q56, O17, Q53, O44, C32

کلید واژه‌ها: ردپای اکولوژیکی، اقتصاد غیررسمی، مدل SVAR، تخریب محیط‌زیست، ایران

۱. مقدمه

بحث تخریب محیط‌زیست و عدم دستیابی به سطوح مناسب از توسعه پایدار، از جمله چالش‌هایی هستند که جوامع در طول دهه‌های گذشته با آن‌ها مواجه بوده‌اند (قیصر گیلان^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). به‌طوری که تغییرات اقلیمی و تخریب محیط‌زیست، به‌عنوان اصلی‌ترین و مهم‌ترین چالش‌هایی مطرح می‌شوند که می‌توانند همواره بر فعالیت‌های تولیدی، اجتماعی، زیست‌بوم و اقتصادی یک جامعه اثرگذار باشند و در نهایت پیامدهای زیان‌بار و نامطلوبی را بر عوامل ذکر شده برجای بگذارند (پارادو و همکاران^۲، ۲۰۱۹). از طرفی دیگر، کمبود منابع طبیعی و عدم بهره‌مندی مناسب از تنوعات زیست‌محیطی در طول دهه‌های گذشته، که همگی ناشی از فعالیت‌های افراطی انسان‌ها بر محیط‌زیست بوده؛ از دیگر مشکلات اساسی هستند که جوامع با آن‌ها مواجه می‌باشد (آلولا^۳ و همکاران، ۲۰۱۹). براین اساس، شاخص ردپای اکولوژیکی به‌عنوان شاخص ارزیابی و سنجش کیفیت محیط‌زیست در نظر گرفته می‌شود. این مفهوم بیانگر میزان فشاری است که فعالیت‌های انسانی در فرآیند تولید کالاها و خدمات بر محیط‌زیست وارد می‌کند و آن را در کنار توان زیست‌کره برای ترمیم و بازسازی منابع طبیعی و زیستی مورد ارزیابی قرار می‌دهد (رس^۴، ۱۹۹۲). به بیان دیگر، شاخص ردپای اکولوژیکی با سنجش میزان مصرف منابع و حجم پسماندهای تولید شده توسط انسان، آن‌ها را با ظرفیت بازتولید منابع طبیعی و قابلیت جذب و دفع ضایعات در نظام‌های زیستی مقایسه می‌کند (مونفردا^۵ و همکاران، ۲۰۰۴). اقتصاد غیررسمی به مجموعه‌ای از فعالیت‌های اقتصادی گفته می‌شود که خارج از چارچوب‌های ثبت قانونی انجام می‌گیرند و مشمول پرداخت مالیات و عوارض دولتی نیستند. این نوع فعالیت‌ها معمولاً در محاسبات و آمارهای رسمی اقتصادی منعکس نمی‌شوند و دامنه گسترده‌ای از کنش‌های اقتصادی را دربر می‌گیرند (آلواردو^۶ و همکاران، ۲۰۲۲). اقتصاد سایه به‌عنوان یکی از چالش‌های اساسی جوامع مختلف شناخته می‌شود؛ به‌گونه‌ای که بر اساس گزارش‌های اخیر، سهم

1. Qaiser Gillan

2. Parado

3. Alola

4. Ress

5. Monfreda

6. Alvarado

آن حدود ۱۶ درصد از تولید ناخالص داخلی در کشورهای توسعه‌یافته و نزدیک به ۳۵ درصد در کشورهای در حال توسعه برآورد شده است. در چنین شرایطی، توجه به حفظ و ارتقای سرمایه انسانی اغلب مورد غفلت قرار می‌گیرد. به‌طور کلی، پدیده‌هایی مانند فرار مالیاتی، تخصیص ناکارآمد منابع و قاچاق کالا و ارز از شاخص‌ترین ویژگی‌های اقتصاد غیر رسمی در کشورها به‌شمار می‌روند که افزون بر پیامدهای منفی اقتصادی، بر سطح کیفیت زندگی افراد جامعه نیز تأثیرگذار هستند (نصرالهی^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). کاهش سهم اقتصاد سایه در کشورهای توسعه‌یافته زمینه‌ساز گسترش فناوری‌های سبز و در نتیجه کاهش فشارهای وارده بر محیط‌زیست شده است. در مقابل، این روند در کشورهای در حال توسعه پیامد متفاوتی به همراه داشته است؛ به‌گونه‌ای که انتقال نیروی کار و فعالیت‌های اقتصادی از بخش غیر رسمی به بخش رسمی، با افزایش شدت بهره‌برداری از اکوسیستم‌ها و تشدید تخریب محیط‌زیست همراه بوده است (چو^۲، ۲۰۲۲).

توسعه روند صنعتی‌شدن و گسترش ظرفیت‌های تولیدی در کشورها با هدف دستیابی به رشد و توسعه اقتصادی سریع، معمولاً با افزایش تقاضا برای انرژی، وابستگی بیشتر به سوخت‌های فسیلی و تشدید انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی همراه است (انصاری^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). بر اساس گزارش‌های منتشرشده از سوی شبکه جهانی ردپا، جامعه جهانی در سال ۲۰۲۱ با کسری اکولوژیکی معادل ۲۵ میلیارد هکتار جهانی مواجه بوده است. در این میان، ایران به‌عنوان یکی از کشورهایی که سهم قابل توجهی در افزایش ردپای اکولوژیکی ناشی از بهره‌برداری از منابع زمینی و دریایی دارد، با ثبت حدود ۲۶۶ میلیون هکتار جهانی در زمره کشورهای بالاترین میزان ردپای اکولوژیکی قرار گرفته است. شایان ذکر است که سهم ایران در سال ۲۰۱۸ حدود ۱/۲۱ درصد و معادل ۲۶۷ میلیون هکتار جهانی برآورد شده و این شاخص در بازه زمانی ۱۹۶۷ الی ۲۰۱۸ رشدی نزدیک به ۱۳۳ درصد را تجربه کرده است. افزون بر این، شاخص ردپای کربن که به‌عنوان معیاری برای سنجش آلودگی هوا به کار می‌رود، در همین دوره زمانی حدود ۱۹۱ درصد افزایش یافته است. این آمارها نشان می‌دهد که ردپای اکولوژیکی در ایران طی سال‌های اخیر روندی فزاینده داشته و بیانگر شرایط نگران‌کننده‌ای از منظر تخریب محیط‌زیست در کشور است (شبکه جهانی ردپای اکولوژیکی^۴، ۲۰۲۲).

^۱. Nasrollahi

^۲. Chu

^۳. Ansari

^۴. Global Ecological Footprint Network

نوآوری این پژوهش در بررسی پویای تأثیر اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی در ایران طی دوره ۱۹۹۰ الی ۲۰۲۰ است. این مطالعه با استفاده از شاخص جامع ردپای اکولوژیکی و به کارگیری روش خودرگرسیون برداری ساختاری، امکان شناسایی شوک‌های ساختاری اقتصاد غیررسمی و ارزیابی اثرات آن‌ها بر تخریب محیط‌زیست را فراهم می‌کند؛ رویکردی که در مطالعات پیشین مربوط به اقتصاد ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

پس از تبیین مسأله و ضرورت پژوهش در بخش اول، پیشینه تحقیق در بخش دوم بررسی می‌شود. بخش سوم به روش تحقیق اختصاص دارد. در نهایت، برآورد مدل، نتیجه‌گیری و ارائه توصیه‌های سیاستی به ترتیب در بخش‌های چهارم و پنجم ارائه می‌گردد.

۲. مبانی نظری

۲-۱. مفهوم ردپای اکولوژیکی

شاخص ردپای اکولوژیکی به عنوان معیاری کارآمد، میزان اثرگذاری فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست را ارزیابی می‌کند و نشان می‌دهد که برای تأمین کالاها و خدمات مورد نیاز بشر، چه مقدار از منابع آبی و اراضی قابل بهره‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عبارت روشن‌تر، هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد، به این معناست که انسان‌ها فشار بیشتری بر منابع طبیعی وارد می‌کنند، میزان آلودگی و پسماند بیشتری تولید می‌شود و تخریب محیط‌زیست شدت بیشتری پیدا می‌کند. از این رو، افزایش ردپای اکولوژیکی نشانه وخامت وضعیت زیست‌محیطی و کاهش آن نشانه بهبود کیفیت محیط‌زیست تلقی می‌شود. به طور کلی، این شاخص بیانگر سطح مصرف منابع طبیعی و زیستی و میزان آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های تولیدی انسان در زیست‌کره است (رودولف و فیگه^۱، ۲۰۱۷). ردپای اکولوژیکی بر پایه شش مولفه اصلی شامل اراضی جنگلی، مراتع، زمین‌های زراعی، پهنه‌های آبی و ردپای کربن شکل گرفته است (ایوگن^۲ و همکاران، ۲۰۱۰). بر اساس دیدگاه شبکه جهانی ردپا، این شاخص میزان مداخله انسان در تغییرات اقلیمی و شدت فشار وارد شده بر محیط‌زیست را منعکس می‌کند (شبکه جهانی ردپای

^۱. Rudolph and Figge

^۲. Eugene

اکولوژیکی^۱، ۲۰۲۲). ردپای اکولوژیکی در واقع نمایانگر سطح تقاضای یک جمعیت مشخص از منابع طبیعی است؛ در حالی که ظرفیت بازتولید منابع زیستی و طبیعی محدود بوده و ثبات نسبی دارد. عدم تعادل میان تقاضای فزاینده انسان و عرضه محدود منابع، در نهایت به شکل‌گیری کسری یا کمبود اکولوژیکی و بروز بحران‌های زیست‌محیطی منجر می‌شود (حسن و همکاران^۲، ۲۰۱۹).

۲-۲. مفهوم اقتصاد غیررسمی

اقتصاد سایه به بخشی پنهان و غیررسمی از اقتصاد گفته می‌شود که در آن فعالیت‌های اقتصادی خارج از چارچوب قوانین و مقررات رسمی انجام می‌گیرد. شکل‌گیری این بخش متأثر از عواملی همچون اجتناب از پرداخت مالیات، پیچیدگی و سخت‌گیری قوانین، ناکارآمدی نهادی و فساد اداری است. انجام هرگونه فعالیت اقتصادی مستلزم تحمل هزینه‌هایی است که از آن‌ها با عنوان هزینه‌های تراکنش یاد می‌شود؛ هزینه‌هایی نظیر جست‌وجوی اطلاعات، مذاکره، نظارت و اجرای قراردادها. در اقتصادهایی که سطح هزینه‌های تراکنش بالا است، افراد و بنگاه‌ها به‌منظور کاهش این هزینه‌ها، تمایل بیشتری به فعالیت در بخش غیررسمی پیدا می‌کنند. افزون بر این، زمانی که منافع اقتصادی حاصل از فعالیت در بخش رسمی کمتر از بخش غیررسمی باشد، گرایش به اقتصاد سایه افزایش پیدا می‌کند. در کشورهای در حال توسعه، به‌دلیل ضعف ساختارهای نهادی و ناکارآمدی قوانین، اقتصاد سایه معمولاً دامنه گسترده‌تری دارد. همچنین، سیاست‌های مالیاتی و مقرراتی دولت، سطح حمایت‌های اجتماعی، و نیز وجود انحصار و رقابت ناقص در بازارها از جمله عواملی هستند که می‌توانند بر اندازه و ساختار اقتصاد سایه تأثیرگذار باشند (دادا و همکاران^۳، ۲۰۲۲؛ چو^۴، ۲۰۲۲).

۲-۳. اقتصاد غیررسمی و ردپای اکولوژیکی

کشورهایی که از سهم بالایی از اقتصاد غیررسمی برخوردارند، معمولاً با مجموعه‌ای از چالش‌های توسعه‌ای از جمله سطح بالاتر فقر، درآمد سرانه پایین‌تر، پیشرفت محدودتر در تحقق اهداف توسعه پایدار، نابرابری بیشتر، سرمایه انسانی ضعیف‌تر و سرمایه‌گذاری ناکافی در ارتقای بهره‌وری مواجه هستند و در عین حال از کیفیت حکمرانی پایین‌تری نیز رنج می‌برند. اقتصاد سایه به‌عنوان

1. Global Ecological Footprint Network

1. Hassan

3. Dada

4. Chu

یکی از معضلات اساسی پیش‌روی نظام‌های اقتصادی، در صورت گسترش، آثار نامطلوبی بر بخش رسمی اقتصاد بر جای می‌گذارد. افزایش اندازه اقتصاد سایه با رشد انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن، مصرف بیشتر سوخت‌های فسیلی و کاهش سطح پوشش جنگلی همراه است که بیانگر وجود رابطه‌ای مستقیم میان توسعه اقتصاد سایه و تشدید فشارهای زیست‌محیطی است. از آنجا که بخش قابل‌توجهی از فعالیتهای اقتصادی در اقتصاد سایه توسط واحدهایی انجام می‌شود که از نهاده‌های غیراستاندارد و آلاینده استفاده می‌کنند و خارج از نظام نظارت و کنترل دولت فعالیت دارند، اجرای قوانین و مقررات زیست‌محیطی در این بخش به‌طور کامل صورت نمی‌گیرد؛ در نتیجه، گسترش اقتصاد سایه به افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی در سطح کشورها منجر می‌شود (مداح و محمدنیا، ۱۳۹۵).

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، اقتصاد سایه به بخش پنهان و غیررسمی اقتصاد اطلاق می‌شود که فعالیت‌های آن خارج از چارچوب قوانین و مقررات رسمی انجام می‌گیرد. در مقابل، شاخص ردپای اکولوژیکی بیانگر میزان فشار و تقاضای انسان بر منابع طبیعی برای تأمین کالاها و خدمات مورد نیاز است. از آنجا که فعالیت‌های اقتصادی در بخش غیررسمی غالباً بدون رعایت الزامات و استانداردهای زیست‌محیطی صورت می‌پذیرد، واحدهای تولیدی فعال در این بخش معمولاً با انتشار آلاینده‌های بیشتر و بهره‌برداری نامحدود از منابع طبیعی همراه هستند. تداوم چنین روندی در نهایت به تشدید تخریب محیط‌زیست و افزایش سطح ردپای اکولوژیکی منجر می‌شود (آلواردو^۱ و همکاران، ۲۰۲۲؛ قیوم^۲ و همکاران، ۲۰۲۱) از آنجا که فعالیت‌های مرتبط با اقتصاد سایه از شفافیت لازم برخوردار نیستند و اعمال نظارت مؤثر بر آن‌ها برای دولت و نهادهای حاکمیتی با دشواری همراه است، میزان پایبندی به قوانین و مقررات زیست‌محیطی در این بخش کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی، واحدهای تولیدی فعال در اقتصاد غیررسمی عمدتاً از فناوری‌ها و تجهیزات فرسوده و کم‌بازده استفاده می‌کنند که این امر به افزایش مصرف انرژی و مواد اولیه در فرآیند تولید منجر می‌شود. مصرف بالاتر انرژی نیز به‌طور مستقیم با افزایش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی همراه است و در نهایت به تشدید تخریب محیط‌زیست و افزایش ردپای اکولوژیکی می‌انجامد. افزون بر این، بهره‌برداری فزاینده از منابع طبیعی و زیستی نظیر جنگل‌ها، منابع آبی،

^۱. Alvarado

^۲. Qayyum

خاک و زیست‌بوم‌های دریایی به‌منظور تأمین نهاده‌های تولید، زمینه‌ساز بروز کسری اکولوژیکی خواهد بود (دادا و همکاران^۱، ۲۰۲۲؛ چو^۲، ۲۰۲۲).

در بخش غیررسمی اقتصاد، برخلاف بخش رسمی که فعالیت‌ها تحت چارچوب قوانین و مقررات زیست‌محیطی انجام می‌گیرد، آلاینده‌های ناشی از فرآیندهای تولیدی اثرات مخرب‌تری بر محیط‌زیست برجای می‌گذارند و موجب تشدید آلودگی در منابع خاکی، آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شوند. به‌گونه‌ای که شواهد میدانی و یافته‌های پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد، افزایش انباشت پسماندهای دریایی، ذوب فزاینده یخ‌های قطبی، تخریب جنگل‌های استوایی و تشدید انتشار آلاینده‌های هوا در سال‌های گذشته، نگرانی‌های گسترده‌ای را نسبت به فاصله گرفتن از مسیر تحقق اهداف توسعه پایدار برانگیخته است (آلواردو^۳ و همکاران، ۲۰۲۱). هنگامی که الزامات و مقررات سخت‌گیرانه زیست‌محیطی مانعی برای دستیابی بنگاه‌ها و واحدهای تولیدی به سودآوری تلقی شود، این واحدها تمایل خواهند داشت فعالیت‌های خود را به سمت بخش غیررسمی اقتصاد منتقل کنند (پنگ^۴ و همکاران، ۲۰۲۰). یافته‌های پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که فعالیت‌های اقتصادی در بخش غیررسمی کشورهای در حال توسعه، در مقایسه با کشورهای توسعه‌یافته، آسیب‌های بیشتری به کیفیت هوا و منابع آبی وارد می‌کند. این امر تا حد زیادی ناشی از آن است که در کشورهای در حال توسعه، بخش غیررسمی نقش محوری‌تری در تأمین اشتغال و تولید ایفا می‌کند (شاوو^۵ و همکاران، ۲۰۲۱).

در بخش غیررسمی اقتصاد، به‌دلیل ضعف نظارت‌های دولتی و عدم اجرای مؤثر قوانین زیست‌محیطی، واحدهای تولیدی پسماندهای صنعتی خود را بدون انجام فرآیندهای تصفیه در محیط‌زیست رها می‌کنند که این امر در نهایت به تشدید تخریب زیست‌محیطی می‌انجامد. افزون بر این، بنگاه‌ها و فعالان اقتصادی به‌منظور کاهش هزینه‌های تولید، به بهره‌برداری گسترده و غیرمجاز از منابع طبیعی روی می‌آورند؛ رفتاری که پیامدهایی نظیر نابودی جنگل‌ها، فرسایش و آلودگی خاک، کاهش کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی و افت تنوع زیستی از طریق انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری را در پی دارد. در همین راستا، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های صنعتی در اقتصاد غیررسمی، موجب بالا رفتن دمای زمین و تسریع روند

1. Dada

2. Chu

3. Alvarado

4. Pang

5. Shao

تغییرات اقلیمی می‌شود (دادا^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). با این حال، برخی مطالعات انجام‌شده در سال‌های اخیر بیانگر آن است که در اقتصادهایی با سهم بالای بخش غیررسمی، سطح انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌تواند کاهش یابد. این یافته‌ها که عمدتاً مبتنی بر پژوهش‌های صورت‌گرفته در کشورهای با درآمد پایین و متوسط هستند، حاکی از وجود رابطه‌ای منفی و معنادار میان اندازه اقتصاد سایه و میزان انتشار کربن می‌باشند (سهیل^۲ و همکاران، ۲۰۲۱؛ نکینگ فک^۳ و همکاران، ۲۰۲۱).

اقتصاد غیررسمی پدیده‌ای دیرپا و فراگیر است که متناسب با الگوهای معیشتی و ساختارهای اجتماعی هر جامعه، به‌طور مستمر دچار تحول می‌شود. در دیدگاه رایج، انتقال فعالیت‌های اقتصادی از بخش غیررسمی به بخش رسمی معمولاً با افزایش فشار بر محیط‌زیست و مصرف بیشتر منابع طبیعی همراه تلقی می‌شود. با این حال، نتایج برخی پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که در شماری از کشورها، اقتصاد غیررسمی می‌تواند اثری کاهنده بر ردپای اکولوژیکی داشته و به کاهش تخریب محیط‌زیست منجر شود. این امر بدین دلیل است که رسمی‌شدن فعالیت‌های اقتصادی غالباً با ارتقای فناوری، گسترش فناوری‌های سبز و به‌کارگیری نوآوری‌های زیست‌محیطی همراه است که شدت اثرات مخرب بر اکوسیستم‌ها را کاهش می‌دهد. افزون بر این، کوچک‌تر شدن اندازه اقتصاد غیررسمی در یک کشور می‌تواند به کاهش ردپای اکولوژیکی کمک کند؛ چرا که استقرار قوانین و مقررات سخت‌گیرانه زیست‌محیطی و کنترل فعالیت‌های غیررسمی، احتمال بروز آسیب‌های زیست‌محیطی را محدود می‌سازد (خان^۴ و همکاران، ۲۰۲۲). در مجموع، تشدید آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از افزایش انتشار گازهای آلاینده، رشد مصرف انرژی، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی نظیر آب و خاک، تخریب جنگل‌ها و مراتع، کاهش تنوع زیستی، ذوب یخ‌های قطبی، انباشت پسماندهای دریایی و تسریع روند تغییرات اقلیمی، از مهم‌ترین پیامدهای افزایش ردپای اکولوژیکی به شمار می‌رود که می‌تواند در نتیجه گسترش اقتصاد غیررسمی در یک جامعه بروز یابد. در همین راستا، چارچوب نظری ارائه‌شده در

1. Dada

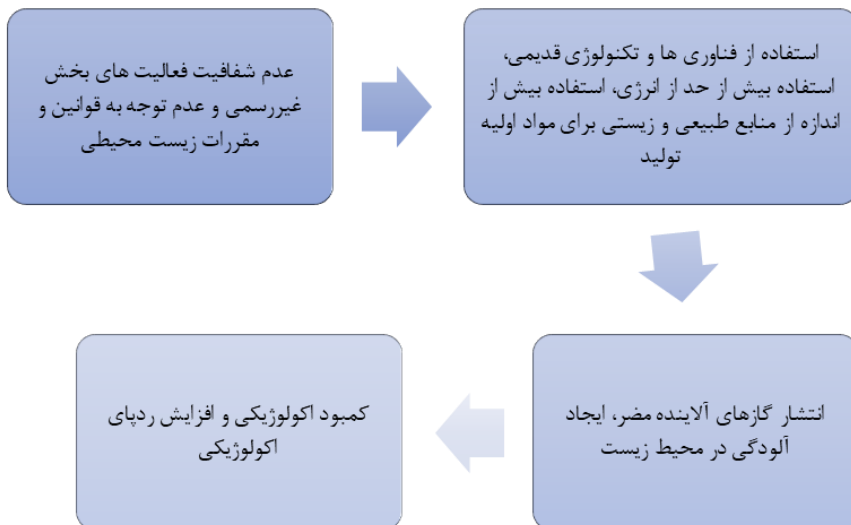
2. Sohail

3. Nkengfack

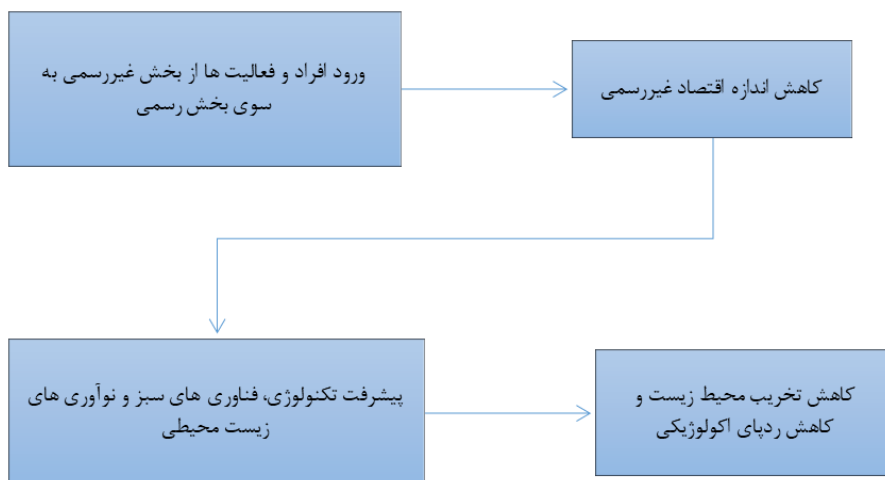
4. Khan

نمودارهای (۱) و (۲)، چگونگی اثرگذاری اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی را به صورت مفهومی تبیین می‌کند.

نمودار (۱): نحوه اثرگذاری اقتصاد غیررسمی از دیدگاه مثبت بر ردپای اکولوژیکی



نمودار (۲): نحوه اثرگذاری اقتصاد غیررسمی از دیدگاه منفی بر ردپای اکولوژیکی



۲-۴. سایر عوامل مؤثر بر ردپای اکولوژیکی

درجه بازبودن: درجه بازبودن تجاری به کاهش محدودیت‌ها و تسهیل مبادلات کالا و خدمات میان کشورها اشاره دارد. گسترش تجارت بین‌المللی معمولاً با افزایش سطح تولید و مصرف همراه است که این امر به افزایش فشار بر منابع طبیعی و زیستی و در نهایت بروز کسری اکولوژیکی می‌انجامد. افزون بر این، مبادله کالاهای انرژی‌بر نظیر فولاد و سیمان مستلزم مصرف بیشتر انرژی بوده و در نتیجه به تشدید انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی منجر می‌شود. توسعه فعالیت‌های تجاری همچنین با افزایش تولید پسماندها و آلودگی‌ها همراه است که ردپای اکولوژیکی را تقویت می‌کند. از سوی دیگر، رشد حمل‌ونقل زمینی، هوایی و دریایی در پی گسترش تجارت، استفاده فزاینده از انرژی و منابع طبیعی را به دنبال داشته و با افزایش انتشار گازهای آلاینده، به تخریب محیط‌زیست و افزایش ردپای اکولوژیکی می‌انجامد (اوکلله^۱ و همکاران، ۲۰۲۳).

شهرنشینی: شهرنشینی فرایندی چندبعدی است که شامل مهاجرت جمعیت از مناطق روستایی به شهرها، افزایش سهم جمعیت شهری، گسترش فیزیکی شهرها و تغییر ساختارهای اجتماعی می‌شود. یافته‌های پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که تسریع این فرایند با افزایش تقاضای شهری برای کالاها، خدمات و مواد غذایی همراه بوده و به رشد مصرف منابع طبیعی و زیستی، افزایش استفاده از انرژی و تشدید انتشار گازهای آلاینده می‌انجامد. تداوم این روند در نهایت به تخریب محیط‌زیست منجر شده و جامعه را با کسری اکولوژیکی و افزایش ردپای اکولوژیکی مواجه می‌سازد (گروس و اویانگ^۲، ۲۰۲۱). افزون بر این، افزایش مستمر تقاضای جمعیت شهری در نتیجه گسترش و توسعه شهرها برای تأمین مواد غذایی، کالاها و خدمات مورد نیاز، با توجه به محدود بودن ظرفیت بازسازی محیط‌زیست، از توان ترمیم آن فراتر رفته و در نهایت طی سال‌های اخیر به بروز کسری اکولوژیکی انجامیده است (مدینا و اشنايدر^۳، ۲۰۱۹).

صنعتی شدن: با گسترش فرایند صنعتی‌شدن در یک کشور، سطح تولید کالاها و خدمات افزایش می‌یابد که این امر به‌طور مستقیم با رشد مصرف انرژی و تشدید انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی همراه است. از سوی دیگر، توسعه فعالیت‌های صنعتی مستلزم بهره‌برداری گسترده‌تر از منابع

^۱. Okelele

^۲. Gross and Ouyang

^۳. Medina and Schneider

طبیعی و تنوع زیستی بوده و تغییر کاربری اراضی کشاورزی و قابل کشت را به دنبال دارد. همچنین، تخریب جنگل‌ها به منظور تأمین چوب و الیاف صنعتی شدت می‌گیرد. افزون بر این، استخراج مواد اولیه مورد نیاز صنایع به مصرف بالای منابع طبیعی و آب منجر می‌شود که مجموع این عوامل باعث افزایش ردپای اکولوژیکی می‌گردد. در نهایت، رشد فعالیت‌های صنعتی با تولید حجم قابل توجهی از پسماندها و آلودگی‌ها همراه بوده و از طریق تخریب اکوسیستم‌ها، روند تغییرات اقلیمی را تشدید می‌کند (وانگ^۱ و همکاران، ۲۰۲۳).

رشد اقتصادی: در نتیجه تداوم فرایند رشد اقتصادی، میزان بهره‌برداری از منابع طبیعی و زیستی افزایش می‌یابد و مصرف کالاهایی نظیر محصولات کشاورزی، فرآورده‌های دامی و سایر اقلام اساسی گسترش پیدا می‌کند که این امر در نهایت به بروز کسری اکولوژیکی منجر خواهد شد. دولت‌ها در مسیر دستیابی به رشد و توسعه اقتصادی، تأمین امنیت غذایی و پاسخگویی به نیازها و تقاضای جامعه، ناگزیر به افزایش مصرف انرژی و بهره‌برداری گسترده‌تر از منابع طبیعی و زیستی هستند. این روند بیانگر تشدید مداخلات و فعالیت‌های مخرب انسانی در محیط‌زیست بوده و در نتیجه، هم به بروز کسری اکولوژیکی و هم به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر می‌شود (دستک و سارکودی^۲، ۲۰۱۹). رشد اقتصادی یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده فشار بر محیط‌زیست است. در مراحل ابتدایی رشد، افزایش تولید و مصرف به‌طور طبیعی با مصرف بیشتر انرژی، بهره‌برداری گسترده‌تر از منابع طبیعی و در نتیجه افزایش ردپای اکولوژیکی همراه است. با این حال، نظریه زیست‌محیطی کوزنتس بیان می‌دارد که این رابطه خطی نیست، بلکه به شکل منحنی «یو معکوس» است. به این معنا که پس از عبور از سطح مشخصی از درآمد سرانه، رشد اقتصادی بیشتر با بهبود فناوری، افزایش آگاهی عمومی، تصویب قوانین سخت‌گیرانه‌تر زیست‌محیطی و تغییر ساختار اقتصادی از صنایع انرژی‌بر به سمت خدمات و فناوری‌های پاک، به کاهش تخریب محیط‌زیست منجر می‌شود (دستک و سارکودی، ۲۰۱۹). برای آزمون تجربی این فرضیه، توان دوم رشد اقتصادی (یا تولید ناخالص داخلی) به همراه خود متغیر رشد اقتصادی وارد مدل می‌شود. انتظار می‌رود ضریب متغیر رشد اقتصادی مثبت و ضریب توان دوم آن منفی باشد که تأییدکننده رابطه غیرخطی «یو معکوس» خواهد بود.

^۱. Wang

^۲. Destek and Sarkodie

کیفیت نهادی: کیفیت نهادی به مجموعه‌ای از شاخص‌ها مانند حاکمیت قانون، کنترل فساد، کارایی دولت، ثبات سیاسی و کیفیت مقررات گفته می‌شود. این شاخص‌ها چارچوبی را تعیین می‌کنند که در آن فعالیت‌های اقتصادی، چه در بخش رسمی و چه غیررسمی، انجام می‌شوند (نورث^۱، ۱۹۹۰). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که بهبود کیفیت نهادی از دو کانال بر ردپای اکولوژیکی اثر می‌گذارد:

کانال اول: نهادهای قوی با اعمال مؤثر قوانین زیست‌محیطی و نظارت بر واحدهای تولیدی، از فعالیت‌های آلاینده در هر دو بخش رسمی و غیررسمی جلوگیری می‌کنند (خان^۲ و همکاران، ۲۰۲۲).

کانال دوم: بهبود کیفیت نهادی با کاهش فساد و افزایش شفافیت، موجب کوچک شدن اقتصاد غیررسمی می‌شود. از آنجا که اقتصاد غیررسمی معمولاً با استانداردهای پایین‌تر زیست‌محیطی همراه است، کاهش آن می‌تواند به بهبود کیفیت محیط‌زیست منجر شود (دادا و اجیده^۳، ۲۰۲۱).

۲-۵. پیشینه پژوهش

جواهری و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی با بهره‌گیری از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته در چارچوب داده‌های تابلویی، به بررسی اثر پیچیدگی اقتصادی و ردپای اکولوژیکی بر رشد اقتصادی کشورهای عضو اوپک طی دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۰ پرداخته‌اند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که شاخص پیچیدگی اقتصادی تأثیری مثبت و بسیار معنادار بر رشد اقتصادی کشورهای صادرکننده نفت دارد. در مقابل، شاخص ردپای اکولوژیکی اثر منفی و معناداری بر رشد اقتصادی این کشورها بر جای می‌گذارد.

نظری و کلانتری (۱۴۰۲) در مطالعه‌ای که با هدف بررسی عوامل مؤثر بر ردپای اکولوژیکی شهری ساری انجام شد، با بهره‌گیری از روش توصیفی-تحلیلی و تکیه بر منابع کتابخانه‌ای، شاخص ردپای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی اکوسیستم شهری را در چهار منطقه این شهر محاسبه نمودند. نتایج حاصل نشان می‌دهد که ردپای اکولوژیکی مصرف در شهر ساری ۰/۹۴ هکتار جهانی به ازای هر فرد و ظرفیت زیستی آن ۰/۵۹ هکتار جهانی به ازای هر فرد می‌باشد. با توجه

1. North

2. Khan

3. Dada and Ajide

به اینکه ردپای اکولوژیکی از ظرفیت زیستی فراتر رفته است، شهر ساری با کمبود اکولوژیک مواجه بوده و از نظر زیست‌محیطی ناپایدار تلقی می‌شود.

عبداله‌ی و قادری (۱۴۰۲) در پژوهشی با عنوان بررسی اثر منابع طبیعی و سرمایه انسانی بر ردپای اکولوژیکی ایران، ردپای اکولوژیکی را به‌عنوان شاخصی از تخریب محیط‌زیست در نظر گرفته و تأثیر رشد اقتصادی، سرمایه انسانی و منابع طبیعی را بر این شاخص طی دوره زمانی ۱۹۸۸ تا ۲۰۲۱ با استفاده از روش ARDL بررسی کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت، رشد اقتصادی و سرمایه انسانی رابطه‌ای منفی با ردپای اکولوژیکی دارند، در حالی که در بلندمدت اثر سرمایه انسانی مثبت می‌شود. همچنین، منابع طبیعی در هر دو افق کوتاه‌مدت و بلندمدت تأثیری مثبت بر ردپای اکولوژیکی بر جای می‌گذارند.

لطافت و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی با هدف بررسی اثر جهانی‌شدن اقتصادی و سیاسی بر ردپای اکولوژیکی ایران طی دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ و با بهره‌گیری از مدل خودرگرسیون توضیحی غیرخطی با وقفه‌های گسترده، به این نتیجه دست یافتند که در بلندمدت، تکانه‌های منفی ناشی از جهانی‌شدن اقتصادی و سیاسی تأثیری معنادار بر ردپای اکولوژیکی دارند. در مقابل، شوک‌های مثبت جهانی‌شدن اقتصادی و سیاسی اثر معناداری بر کیفیت محیط‌زیست نشان نمی‌دهند.

وهاب‌زاده مقدم و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی با هدف بررسی نقش سیاست‌های اقتصادی و زیست‌محیطی در کنترل آلودگی هوا در ایران، طی دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۸ و با استفاده از مدل تعادل عمومی پویای تصادفی، به تحلیل اثرات این سیاست‌ها پرداخته‌اند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که شوک‌های ناشی از سیاست‌های اقتصادی در کوتاه‌مدت موجب افزایش ناگهانی رشد اقتصادی و مصرف شده و در ادامه با کاهش آن‌ها همراه می‌شود، در حالی که این شوک‌ها به افزایش آلودگی هوا نیز منجر می‌گردند. همچنین، شوک‌های سیاست‌های زیست‌محیطی در ابتدا رشد اقتصادی و مصرف را افزایش داده و در مراحل بعدی باعث کاهش این متغیرها می‌شوند.

علایی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی با عنوان بررسی رابطه اقتصاد سایه با کیفیت ردپای اکولوژیکی، به این نتیجه دست یافتند که افزایش اندازه اقتصاد غیررسمی می‌تواند به تشدید تخریب محیط‌زیست از طریق شاخص‌های گوناگون زیست‌محیطی، از جمله آلودگی هوا و منابع آبی، منجر شود. بر اساس یافته‌های این مطالعه، اقتصاد سایه به دلیل عدم تبعیت از قوانین و

مقررات حاکم بر بخش رسمی و نیز عدم پرداخت مالیات‌ها و جریمه‌های مرتبط با آلودگی‌های زیست‌محیطی، معمولاً فراتر از سطح بهینه اقتصادی به فعالیت خود ادامه می‌دهد و در نتیجه زمینه‌ساز تخریب گسترده‌تر محیط‌زیست می‌شود.

مریدیان و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای به بررسی نقش پیچیدگی اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی در کشور ایران طی بازه زمانی ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۷ با استفاده از آزمون کرانه‌های بوت استرایی با یک فرکانس فوری‌های کسری پرداختند. نتایج مطالعه حاکی از آن است که مصرف انرژی و رشد اقتصادی به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر خواهد شد. پیچیدگی اقتصادی نیز تأثیر کاهشی بر ردپای اکولوژیکی دارد.

پارسا شریف و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی عوامل مؤثر بر ردپای اکولوژیکی کشورهای منتخب آسیا، به تحلیل روابط بلندمدت و کوتاه‌مدت میان ردپای اکولوژیکی سرانه و متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه، مصرف انرژی، درجه بازبودن تجارت و توسعه مالی پرداخته‌اند. این پژوهش در بازه زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۳ و با استفاده از روش پانل خودتوضیح برداری با وقفه‌های گسترده انجام شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که مصرف انرژی، توسعه مالی و تولید ناخالص داخلی سرانه دارای رابطه مثبت با ردپای اکولوژیکی هستند، در حالی که درجه بازبودن تجارت و توان دوم تولید ناخالص داخلی سرانه تأثیر منفی بر آن دارند. بر این اساس، فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در کشورهای منتخب آسیا تأیید می‌شود.

فاخر و همکاران (۱۳۹۶) در طی پژوهشی به بررسی تأثیر رابطه باز بودن تجاری و مالی بر ردپای اکولوژیکی در کشورهای در حال توسعه طی بازه زمانی ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۴ با استفاده از روش سیستم معادلات هم‌زمان پرداختند. نتایج مطالعه حاکی از آن است که متغیر باز بودن تجاری و متغیر باز بودن مالی اثرگذاری مثبت و معنی‌دار بر ردپای اکولوژیکی دارند.

وانگ^۱ و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای با هدف بررسی این موضوع که آیا بهبود کارایی اقتصادی می‌تواند به کاهش ردپای اکولوژیکی منجر شود، ۳۶ کشور توسعه‌یافته را طی دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۸ و با استفاده از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که توسعه مالی و فرآیند صنعتی‌شدن به افزایش تخریب محیط‌زیست می‌انجامد، در حالی که گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر نقشی بهبوددهنده در کیفیت محیط‌زیست

^۱. Wang

ایفا می‌کند. افزون بر این، توسعه مالی و انرژی‌های تجدیدپذیر اثر مثبت کارایی اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی را تضعیف می‌کنند، در حالی که صنعتی‌سازی موجب تشدید ردپای اکولوژیکی می‌شود.

آلواردو^۱ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان بررسی اثر اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی با تأکید بر نقش تمرکز شهری و جهانی‌شدن، تأثیر اقتصاد غیررسمی، شهرنشینی و شاخص جهانی‌شدن را بر ردپای اکولوژیکی طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج این مطالعه حاکی از وجود رابطه تعادلی بلندمدت میان متغیرها است و نشان می‌دهد که اثر اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی در طول زمان انباشته شده و پایداری زیست‌محیطی را با مخاطره مواجه می‌سازد. افزون بر این، یافته‌های آزمون علیت بیانگر وجود روابط علی محدود میان اقتصاد غیررسمی، جمعیت شهری و شاخص جهانی‌شدن با ردپای اکولوژیکی است.

لی^۲ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به بررسی اثر ردپای اکولوژیکی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی در ۱۲۰ کشور جهان طی دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ و با استفاده از مدل پانل غیرخطی پرداخته‌اند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش ردپای اکولوژیکی به کاهش رشد اقتصادی منجر می‌شود، در حالی که گسترش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر اثر مثبتی بر رشد اقتصادی در سطح جهانی دارد.

سلمان^۳ و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه میان شهرنشینی و ردپای اکولوژیکی در کشورهای اندونزی، مالزی، فیلیپین و تایلند طی دوره زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ و با بهره‌گیری از مدل حداقل مربعات معمولی پویا پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که برخلاف فرضیه رابطه U معکوس، چه در کوتاه‌مدت و چه در بلندمدت، شهرنشینی موجب افزایش ردپای اکولوژیکی در این کشورها می‌شود.

کاظم نژاد^۴ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با هدف بررسی اثر نابرابری درآمد و پیچیدگی اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی در ۲۵ کشور طی دوره زمانی ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۶ و با استفاده از روش رگرسیون چندک پانل، به این نتیجه دست یافتند که شاخص پیچیدگی اقتصادی، رشد اقتصادی،

1. Alvarado

2. Lee

3. Salman

4. Kazemzadeh

مصرف سوخت‌های فسیلی، نابرابری درآمد و رشد جمعیت تأثیر مثبت و معناداری بر ردپای اکولوژیکی دارند. در مقابل، درجه باز بودن تجاری اثر منفی بر ردپای اکولوژیکی نشان می‌دهد. دادا^۱ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان «اقتصاد غیررسمی و ردپای اکولوژیکی: مورد آفریقا» به بررسی نقش اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی در کشورهای آفریقایی طی دوره زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۷ پرداختند. این مطالعه با انگیزه رشد فزاینده اقتصاد غیررسمی در اقتصادهای نوظهور انجام شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که وابستگی مقطعی در میان کشورهای آفریقایی وجود دارد. همچنین، اقتصاد غیررسمی، اقتصاد رسمی، شاخص حکمرانی، توسعه مالی و شهرنشینی تأثیرات مثبت و قابل توجهی بر ردپای اکولوژیکی دارند؛ به این معنا که این عوامل به تخریب محیط‌زیست کمک می‌کنند. در مقابل، بازبودن تجارت تأثیر منفی و معناداری بر ردپای اکولوژیکی داشته و کیفیت محیطی را بهبود می‌بخشد.

چو^۲ (۲۰۲۲) در پژوهشی با هدف بررسی تأثیر اقتصاد غیررسمی بر رابطه میان نوآوری فناوری و ردپای اکولوژیکی در ۲۷ کشور عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵، از روش رگرسیون چندک پانل پیشرفته استفاده نمود. یافته‌های تجربی این مطالعه حاکی از آن است که اگرچه تأثیر نوآوری فناوری بر ردپای اکولوژیکی کاهنده و مطلوب است، اما این تأثیر در سراسر توزیع یکسان نبوده و دارای ناهمگنی می‌باشد. شدت این تأثیر با حرکت از چندک‌های پایین به چندک‌های میانی افزایش یافته و سپس در چندک‌های بالایی به سطح متوسط کاهش می‌یابد. اقتصاد غیررسمی در چندک‌های میانی تا بالایی توزیع ردپای اکولوژیکی اثر منفی دارد. نکته حائز اهمیت آنکه سهم بالاتر فعالیت‌های غیررسمی در اقتصاد، اثر مثبت و کاهنده پیشرفت فناوری بر تخریب محیط‌زیست را تضعیف می‌کند.

قیوم^۳ و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به بررسی اثرگذاری شهرنشینی و اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی در پنج کشور منتخب جنوب آسیا طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ با استفاده از روش داده‌های تابلویی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شهرنشینی و اقتصاد غیررسمی در بلندمدت باعث افزایش تخریب محیط‌زیست در جنوب آسیا می‌شوند. همچنین، در کوتاه‌مدت، شهرنشینی تأثیر مثبتی بر ردپای اکولوژیکی در بنگلادش، پاکستان، سریلانکا و نپال

^۱. Dada

^۲. Chu

^۳. Qayyum

(به جز هند) دارد. علاوه بر این، اقتصاد غیررسمی نیز تخریب محیط‌زیست را برای همه کشورهای انتخاب‌شده به جز بنگلادش افزایش می‌دهد.

مرور مطالعات داخلی و خارجی انجام‌شده نشان می‌دهد که اگرچه پژوهش‌های متعددی به بررسی رابطه میان اقتصاد غیررسمی و تخریب محیط‌زیست پرداخته‌اند، اما شکاف‌های تحقیقاتی قابل‌توجهی در این حوزه وجود دارد. بیشتر مطالعات بین‌المللی بر مناطق آفریقا، جنوب آسیا و کشورهای توسعه‌یافته متمرکز شده‌اند و مطالعه اختصاصی برای اقتصاد ایران با رویکرد سری‌زمانی کمتر انجام شده است. همچنین، بسیاری از مطالعات داخلی پیشین از شاخص محدود انتشار دی‌اکسیدکربن به‌عنوان معیار تخریب محیط‌زیست استفاده کرده‌اند، در حالی که ردپای اکولوژیکی به‌عنوان شاخصی جامع‌تر، ابعاد گسترده‌تری از فشار بر منابع طبیعی را منعکس می‌کند. افزون‌براین، اغلب پژوهش‌های داخلی از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی بهره گرفته‌اند و کمتر به استفاده از روش خودرگرسیون برداری ساختاری که امکان تحلیل شوک‌های ساختاری و روابط پویا را فراهم می‌کند، پرداخته شده است. بر این اساس، وجه تمایز پژوهش حاضر را می‌توان در تمرکز اختصاصی بر اقتصاد ایران با استفاده از داده‌های سری زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، بهره‌گیری از شاخص جامع ردپای اکولوژیکی به جای شاخص‌های محدود مانند دی‌اکسیدکربن، استفاده از روش خودرگرسیون برداری ساختاری برای تحلیل شوک‌های ساختاری و روابط پویای میان متغیرها، و بررسی همزمان متغیرهای کلیدی مؤثر بر ردپای اکولوژیکی (شامل اقتصاد غیررسمی، درجه بازبودن تجاری، شهرنشینی، صنعتی‌شدن، رشد اقتصادی و توان دوم آن) در یک چارچوب تحلیلی جامع خلاصه نمود.

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳-۱. روش‌شناسی مدل

در مطالعات اولیه، برای استخراج توابع واکنش آنی از تجزیه چولسکی استفاده می‌شد که مستلزم فرض وجود یک ترتیب علی مشخص میان متغیرها بود؛ با این حال، این روش در شرایطی که هدف بررسی آثار هم‌زمان بیش از یک شوک باشد، کارایی لازم را ندارد (البورن^۱، ۲۰۰۸). در ادامه، اعمال محدودیت‌های نظری بر اثرات هم‌زمان تکانه‌ها توسط برنانکه^۲ (۱۹۸۶)، گسترش

^۱. Elbourne

^۲. Bernanke

یافت. به عبارت دیگر، برای نخستین بار استفاده از قیود نظری بر تأثیرات هم‌زمان شوک‌ها در پژوهش‌های لیپر^۱ و همکاران (۱۹۹۶)، بلانچارد و واتسون^۲ (۱۹۸۶) و برنانکه^۳ (۱۹۸۶)، مطرح شد. متعاقباً، مدل خودرگرسیون برداری ساختاری (SVAR) با اعمال محدودیت‌های نظری بر اثرات بلندمدت شوک‌ها توسط بلانچارد و دنی^۴ (۱۹۸۸) و کلاریدا و گالی^۵ (۱۹۹۴)، توسعه یافت و امکان شناسایی توابع واکنش آنی فراهم شد. مدل SVAR با مجاز دانستن اعمال پارامترهای ساختاری، چارچوبی منسجم و مبتنی بر نظریه اقتصادی برای تحلیل پویای شوک‌ها ارائه می‌دهد (شهرازی^۶ و همکاران، ۲۰۲۳).

این مدل بر پایه یک چارچوب نظری منسجم و مبتنی بر تئوری‌های اقتصادی، امکان اعمال قیود و محدودیت‌ها را فراهم می‌سازد. در این رویکرد، شناسایی تکانه‌های ساختاری به صورت ضمنی انجام می‌گیرد که در مقایسه با مدل خودرگرسیون برداری متعارف، یک مزیت مهم به شمار می‌آید (چاتزیانتونیو^۷ و همکاران، ۲۰۱۳). برخلاف رویکردهای غیرساختاری که شناسایی شوک‌ها می‌تواند به صورت سلیقه‌ای انجام شود، مدل خودرگرسیون برداری ساختاری به طور صریح از منطق اقتصادی مبتنی بر نظریه برای اعمال محدودیت‌ها استفاده می‌کند. این محدودیت‌ها می‌توانند در افق‌های کوتاه‌مدت یا بلندمدت تعریف شوند و پس از اعمال آن‌ها، شوک‌های ساختاری به صورت شفاف شناسایی می‌شوند. در نهایت، شوک‌های شناسایی شده در تحلیل توابع واکنش آنی و تجزیه واریانس به منظور ارزیابی اثرات پویای آن‌ها بر متغیرهای اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرند (کریستیانو^۸ و همکاران، ۱۹۹۹). مدل خودرگرسیون برداری ساختاری به عنوان پیوندی میان نظریه‌های اقتصادی و تحلیل‌های سری زمانی عمل می‌کند و امکان شناسایی واکنش‌ها و پاسخ‌های متفاوت متغیرهای اقتصادی را در مواجهه با تکانه‌ها و اختلالات گوناگون فراهم می‌سازد. این چارچوب تحلیلی در بسیاری از موارد برای بررسی و تفسیر آثار شوک‌ها و اختلالات اقتصادی به کار گرفته شده و یکی از کاربردهای مهم آن، تحلیل پیامدهای

2. Leeper

3. Blanchard and Watson

4. Bernanke

4. Blanchard and Danny

5. Clarida and Gali

6. Shahrazi

7. Chatziantoniou et al.

8. Christiano

سیاست‌های اقتصادی مختلف است. افزون بر این، این روش برای پیش‌بینی سیستم‌هایی با متغیرهای سری زمانی همبسته مناسب بوده و در برخی موارد نیز در تحلیل پویای انواع شوک‌های تصادفی و کنترل رفتار متغیرهای سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد (بلانچارد و دنی^۱، ۱۹۸۸). هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی تأثیر اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی در ایران است. داده‌های پژوهش به‌صورت زمانی و از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ گردآوری شده است.

مدل اقتصادسنجی این پژوهش با الهام از مطالعات تجربی پیشین و تعدیل آن مطابق با شرایط اقتصاد ایران تصریح شده است. چارچوب اصلی مدل برگرفته از پژوهش آلواردو^۲ و همکاران (۲۰۲۲)، است که به بررسی تأثیر اقتصاد غیررسمی، تمرکز شهری و جهانی‌شدن بر ردپای اکولوژیکی پرداخته است. همچنین، از مطالعات چو^۳ (۲۰۲۲)، دادا^۴ و همکاران (۲۰۲۲) و قیوم^۵ و همکاران (۲۰۲۱)، به‌عنوان منابع مکمل برای انتخاب متغیرهای کنترلی (درجه بازبودن تجاری، شهرنشینی، صنعتی‌شدن و رشد اقتصادی) استفاده شده است. در مجموع، متغیرهای توضیحی مدل شامل اقتصاد غیررسمی، درجه بازبودن تجاری، شهرنشینی، صنعتی‌شدن، رشد اقتصادی و توان دوم رشد اقتصادی هستند که به صورت معادله (۱) تصریح شده است. شایان ذکر است که توان دوم رشد اقتصادی مطابق با فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس به مدل اضافه شده است.

$$EF_t = \beta_0 + \beta_1 IE + \beta_2 FT_t + \beta_3 URB_t + \beta_4 IND + \beta_5 GDP_t + \beta_6 GDPP_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

مدل خودرگرسیون برداری ساختاری مطالعه حاضر طبق معادله (۲) است.

$$BY_t = \Gamma_0 + \sum_{i=1}^n \Gamma_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

در معادله بالا $Y_t = (EF, IE, FT, URB, IND, GDP, GDPP)$ بردار 1×7 متغیرها، B ماتریس 7×7 همزمان، Γ_0 بردار مقادیر ثابت، Γ_i ماتریس 7×7 ضرب خودرگرسیون و n تعداد وقفه‌های بهینه است. از طرفی، ε_t بردار 1×7 نوآوری‌های ساختاری و نامرتب متقابل است.

1. Blanchard and Danny

2. Alvarado

3. Chu

4. Dada

5. Qayyum

هنگامی که عناصر B^1 تخمین زده می‌شوند، می‌توانیم بردار شوک‌های ساختاری را محاسبه کنیم.

هدف اصلی پژوهش حاضر، تحلیل اثر اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی در ایران است. در راستای تحقق این هدف، متغیرهای مورد استفاده در پژوهش به صورت برون‌زا در نظر گرفته شده‌اند. بر این اساس، ترتیب متغیرهای برون‌زا شامل اقتصاد غیررسمی، درجه بازبودن تجاری، شهرنشینی، صنعتی‌شدن، رشد اقتصادی و توان دوم رشد اقتصادی تعیین شده و ردپای اکولوژیکی به عنوان متغیر وابسته در مدل لحاظ شده است. به طور کلی، در پژوهش حاضر برای شناسایی شوک‌های ساختاری از روش محدودیت‌های کوتاه‌مدت استفاده شده است. متغیرها به ترتیب زیر از برون‌زا به درون‌زا مرتب شده‌اند: اقتصاد غیررسمی، درجه بازبودن تجاری، شهرنشینی، صنعتی‌شدن، رشد اقتصادی، توان دوم رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیکی. این ترتیب بر این مبنا استوار است که اقتصاد غیررسمی عمدتاً تابعی از عوامل نهادی بلندمدت است و در کوتاه‌مدت از سایر متغیرها اثر نمی‌پذیرد. ردپای اکولوژیکی نیز به عنوان پیامد فعالیت‌های اقتصادی، در دوره جاری از همه متغیرها تأثیر می‌گیرد اما تأثیر همزمانی بر آن‌ها ندارد. بر اساس این ترتیب، ماتریس روابط همزمان به صورت یک ماتریس پایین‌مثلثی در می‌آید که در مجموع ۲۱ محدودیت صفر بر آن اعمال می‌شود. این تعداد محدودیت دقیقاً برابر با حداقل محدودیت مورد نیاز برای شناسایی مدل می‌باشد و بنابراین مدل قابل تخمین است. این محدودیت‌ها با مطالعات پیشین آلودو^۱ و همکاران (۲۰۲۲)، دادا^۲ و همکاران (۲۰۲۲)، چو^۳ (۲۰۲۲) و قیوم^۴ و همکاران (۲۰۲۱) هماهنگ است.

۳-۲. معرفی متغیرهای پژوهش

ردپای اکولوژیکی: ردپای اکولوژیکی به عنوان یکی از شاخص‌های جامع سنجش فشار فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست، میزان تقاضای انسان از منابع طبیعی و زیستی را برای تأمین کالاها و خدمات مورد نیاز نشان می‌دهد. این شاخص با در نظر گرفتن ابعاد مختلف بهره‌برداری از منابع نظیر اراضی کشاورزی، مراتع، جنگل‌ها، پهنه‌های آبی و انتشار کربن، تصویری کلی از

۱. Alvarado

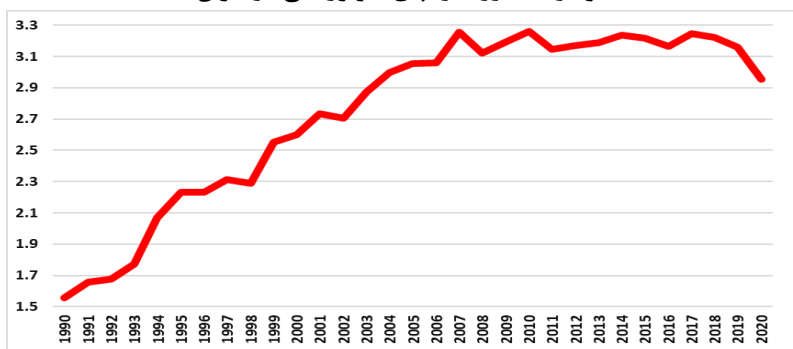
۲. Dada

۳. Chu

۴. Qayyum

سطح مصرف منابع و میزان تخریب زیست‌محیطی ارائه می‌کند. نکته حائز اهمیت آنکه افزایش مقدار این شاخص به معنای مصرف بیشتر منابع طبیعی، تشدید انتشار آلاینده‌ها و در نتیجه تخریب گسترده‌تر محیط‌زیست است؛ در مقابل، کاهش آن بیانگر بهبود کیفیت محیط‌زیست و حرکت به سمت پایداری زیست‌محیطی می‌باشد. از این‌رو، ردپای اکولوژیکی در پژوهش حاضر به‌عنوان متغیری مناسب برای ارزیابی پیامدهای زیست‌محیطی فعالیت‌های اقتصادی مورد استفاده قرار گرفته است.

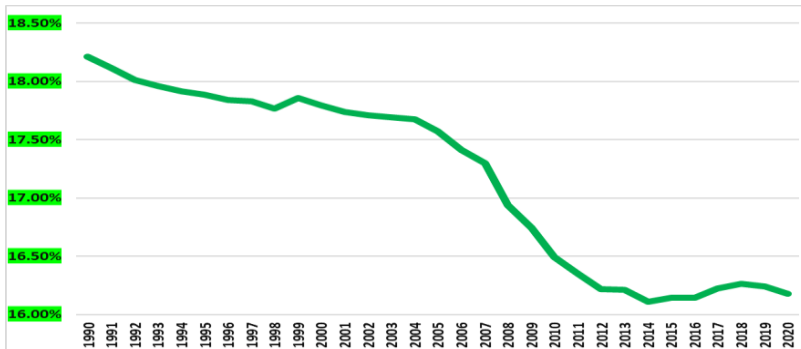
نمودار (۳): روند ردپای اکولوژیکی در ایران



منبع: یافته‌های پژوهش

اقتصاد غیررسمی: اقتصاد غیررسمی به مجموعه فعالیت‌های اقتصادی اطلاق می‌شود که خارج از چارچوب قوانین و مقررات رسمی انجام می‌گیرند و معمولاً در آمارهای رسمی منعکس نمی‌شوند. این بخش از اقتصاد به دلیل عدم ثبت قانونی، عدم پرداخت مالیات و ضعف نظارت‌های دولتی، می‌تواند بر عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی کشورها تأثیرگذار باشد. از این‌رو، در پژوهش حاضر اقتصاد غیررسمی به‌عنوان متغیر مستقل در تحلیل اثرات فعالیت‌های اقتصادی بر ردپای اکولوژیکی مورد توجه قرار گرفته است.

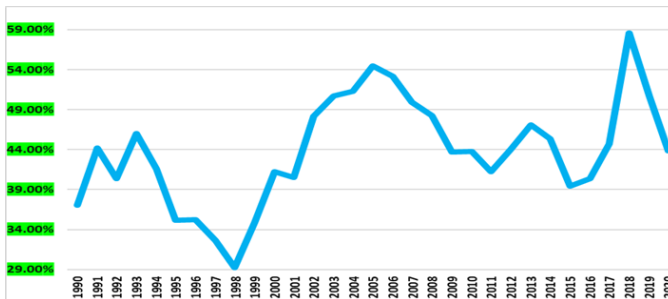
نمودار (۴): روند اقتصاد غیررسمی در ایران



منبع: یافته‌های پژوهش

درجه بازبودن تجاری: درجه بازبودن تجاری به‌عنوان شاخصی برای سنجش میزان تعامل یک اقتصاد با بازارهای بین‌المللی، مطابق با روش استاندارد بانک جهانی و از نسبت مجموع صادرات و واردات کالاها و خدمات به تولید ناخالص داخلی^۱ محاسبه می‌شود. این نسبت به صورت درصد بیان می‌گردد و هرچه مقدار آن بزرگتر باشد، اقتصاد کشور از بازبودن بیشتری برخوردار است. این متغیر بیانگر سطح ادغام اقتصادی کشور در تجارت جهانی بوده و می‌تواند از طریق گسترش مبادلات تجاری، انتقال فناوری و تغییر الگوی تولید و مصرف، بر عملکرد اقتصادی و پیامدهای زیست‌محیطی اثرگذار باشد. از این‌رو، درجه بازبودن تجاری در پژوهش حاضر به‌عنوان یکی از متغیرهای مؤثر در تبیین تغییرات ردپای اکولوژیکی در نظر گرفته شده است.

نمودار (۵): روند درجه بازبودن تجاری در ایران

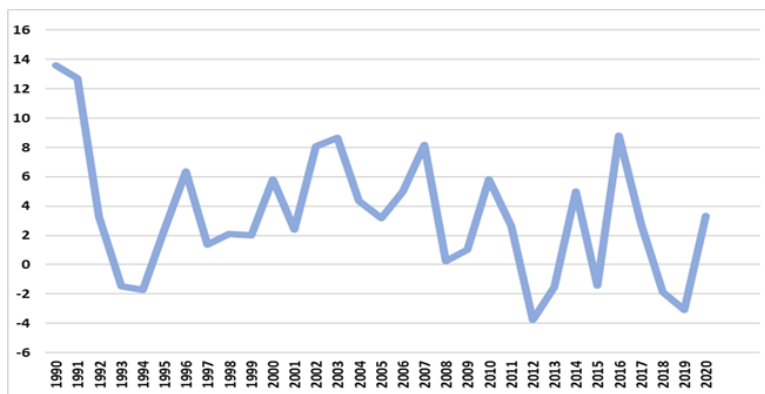


منبع: یافته‌های پژوهش

^۱. Gross Domestic Product

رشد اقتصادی: رشد اقتصادی بیانگر افزایش مستمر توان تولیدی یک اقتصاد در طول زمان است. در این پژوهش، از نرخ رشد تولید ناخالص داخلی واقعی استفاده شده است. فرمول محاسبه این شاخص به صورت نرخ رشد سالانه تولید ناخالص داخلی واقعی است که از تقسیم اختلاف تولید ناخالص داخلی واقعی سال جاری و سال قبل بر تولید ناخالص داخلی واقعی سال قبل و ضرب در صد به دست می‌آید. این متغیر نشان‌دهنده گسترش فعالیت‌های اقتصادی و افزایش سطح رفاه بوده و می‌تواند از طریق افزایش تولید، مصرف انرژی و بهره‌برداری از منابع طبیعی، پیامدهای زیست‌محیطی قابل‌توجهی به همراه داشته باشد. از این‌رو، رشد اقتصادی در پژوهش حاضر به‌عنوان یکی از عوامل اثرگذار بر تغییرات ردپای اکولوژیکی مورد بررسی قرار گرفته است.

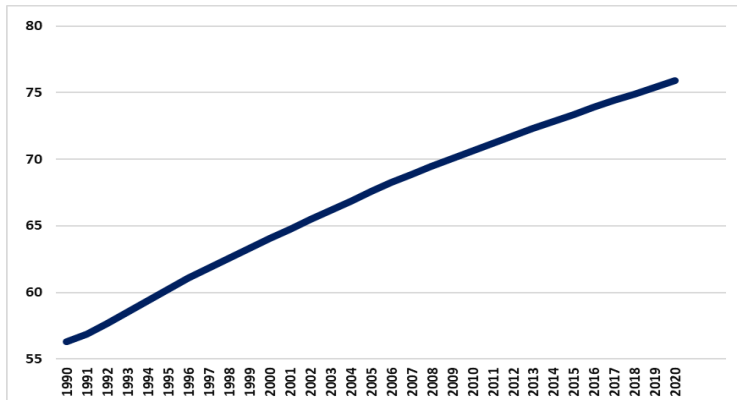
نمودار (۶): روند رشد اقتصادی در ایران



منبع: یافته‌های پژوهش

شهرنشینی: شهرنشینی به فرآیند افزایش سهم جمعیت ساکن در مناطق شهری اطلاق می‌شود و یکی از شاخص‌های مهم تحولات ساختاری و اجتماعی در اقتصادها به شمار می‌رود. گسترش شهرنشینی معمولاً با تمرکز فعالیت‌های اقتصادی، افزایش مصرف انرژی، توسعه زیرساخت‌ها و تغییر الگوهای مصرف همراه است که می‌تواند پیامدهای قابل‌توجهی برای محیط‌زیست به همراه داشته باشد. از این‌رو، متغیر شهرنشینی در پژوهش حاضر به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر بر تغییرات ردپای اکولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته است.

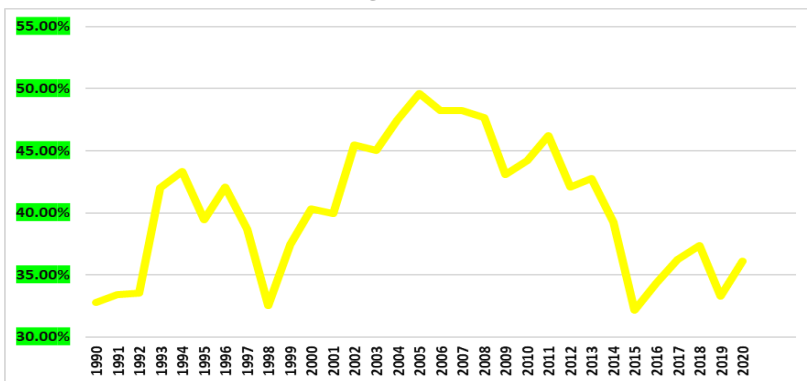
نمودار (۷): روند شهرنشینی در ایران



منبع: یافته‌های پژوهش

صنعتی شدن: صنعتی شدن به فرآیند گسترش فعالیت‌های صنعتی و افزایش سهم بخش صنعت در اقتصاد یک کشور اشاره دارد. در این پژوهش، صنعتی شدن به صورت ارزش افزوده بخش صنعت (شامل صنایع تولیدی، معدن، ساختمان، برق و آب) به عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی تعریف و اندازه‌گیری شده است. این متغیر نشان‌دهنده تحول ساختاری اقتصاد بوده و معمولاً با افزایش تولید، مصرف انرژی و بهره‌برداری از منابع طبیعی همراه است که می‌تواند آثار زیست‌محیطی قابل توجهی به دنبال داشته باشد. از این رو، صنعتی شدن در پژوهش حاضر به عنوان متغیر توضیحی اثرگذار بر تغییرات ردپای اکولوژیکی در نظر گرفته شده است.

نمودار (۸): روند صنعتی شدن در ایران



منبع: یافته‌های پژوهش

متغیرهای مطالعه در معادله اقتصادسنجی تصریح شده به صورت کامل در جدول (۱) معرفی شده‌اند. لازم به ذکر است که درجه بازبودن تجاری از مجموع (صادرات + واردات) که تقسیم بر تولید ناخالص داخلی شده است، محاسبه می‌شود.

جدول (۱): معرفی متغیرهای پژوهش

نوع متغیر	نماد	متغیر	واحد	منبع
وابسته	EF	ردپای بوم‌شناختی	هکتار جهانی	Global Footprint Network
مستقل	IE	اقتصاد غیررسمی	درصدی از تولید ناخالص داخلی	World Bank Open Data Data
	FT	درجه باز بودن تجاری	درصدی از تولید ناخالص داخلی	World Bank Open Data Data
	URB	شهرنشینی	درصدی از کل جمعیت	World Bank Open Data Data
	IND	صنعتی شدن	درصدی از تولید ناخالص داخلی	World Bank Open Data Data
	GDP	رشد اقتصادی	درصد %	World Bank Open Data Data
	GDPP	توان دوم رشد اقتصادی	درصد %	World Bank Open Data Data

منبع: یافته‌های پژوهش

۴. برآورد مدل و آزمون فرضیه‌ها

به منظور آشنایی اولیه با ویژگی‌های آماری داده‌های مورد استفاده در پژوهش، آمارهای توصیفی متغیرهای مدل در جدول (۲) ارائه شده است. این آمارها تصویر کلی از توزیع، پراکندگی و نوسانات هر متغیر را در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهند.

جدول (۲): آمارهای توصیفی متغیرهای پژوهش

IE	FT	URB	IND	GDP	GDPP	EF	
۱۷/۱۷	۴۳/۷۷	۶۶/۹۶	۴۰/۴۷	۳/۶۲	۲۹/۴۵	۲/۷۳	Mean
۱۷/۵۷	۴۳/۸۱	۶۷/۵۵	۴۰/۳۰	۲/۷۵	۱۰/۱۷	۲/۹۹	Median
۱۸/۲۱	۵۸/۵۶	۷۵/۸۷	۴۹/۶۳	۱۳/۵۹	۱۸۴/۸۲	۳/۲۶	Maximum
۱۶/۱۰	۲۹/۲۲	۵۶/۳۳	۳۲/۱۷	-۳/۷۴	۰/۰۶	۱/۵۵	Minimum
۰/۷۷	۶/۷۰	۶/۰۰۲	۵/۳۷	۴/۳۳	۴۴/۷۵	۰/۵۵	Std. Dev.
-۰/۲۹	-۰/۰۱	-۰/۲۲	-۰/۰۱	۰/۴۹	۲/۲۹	-۰/۸۸	Skewness
۱/۳۴	۲/۷۱	۱/۸۳	۱/۸۱	۲/۸۳	۷/۸۰	۲/۴۲	Kurtosis

۳/۹۶	۰/۱۰	۲/۰۱	۱/۸۲	۱/۳۰	۵۷/۰۸	۴/۴۵	Jarque-Bera
۰/۱۳	۰/۹۴	۰/۳۶	۰/۴۰	۰/۵۲	۰/۰۰۰	۰/۱۰	Probability
۵۳۲/۵۷	۱۳۵۷/۰۳	۲۰۷۵/۸۰	۱۲۵۴/۵۹۱	۱۰۴/۲۵	۹۱۳/۱۳	۸۴/۹۰	Sum
۱۷/۸۳	۱۳۴۷/۰۳	۱۰۸۰/۹۵	۸۶۷/۱۵	۵۶۲/۵۵	۶۰۰۹۸/۹۲	۹/۱۴	Sum Sq. Dev.
۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	Observations

منبع: یافته‌های پژوهش

باتوجه به جدول (۲) که آمار توصیفی متغیرها را نشان می‌دهد، شاخص ردپای اکولوژیکی دارای میانگین ۲/۷۳ و حداکثر مقدار ۳/۲۶ و حداقل ۱/۵۵ است. متغیر اقتصاد غیررسمی نیز میانگین ۱۷/۱۷ و حداکثر مقدار ۱۸/۲۱ و درنهایت حداقل ۱۶/۱۰ است. متغیر درجه باز بودن تجاری میانگین ۴۳/۷۷، حداکثر مقدار ۵۸/۵۶ و حداقل ۲۹/۲۲ دارد. متغیر شهرنشینی نیز حداکثر مقدار ۷۵/۸۷، حداقل مقدار ۵۶/۳۳ با میانگین ۶۶/۹۶ دارد. صنعتی شدن نیز حداقل مقدار ۳۲/۱۷ و حداکثر مقدار ۴۹/۶۳ و میانگین ۴۰/۴۷ را دارد. متغیر رشد اقتصادی نیز دارای حداقل مقدار ۳/۷۴، حداکثر ۱۳/۵۹ و میانگین ۳/۶۲ است. درنهایت، متغیر توان دوم رشد اقتصادی نیز دارای حداقل مقدار ۰/۰۶ و حداکثر مقدار ۱۸۴/۸۲ با میانگین ۲۹/۴۵ است. تعداد ۳۱ مشاهده وجود دارد. به غیر از توان دوم رشد اقتصادی که توزیع نرمالی ندارد و سطح احتمال آن کمتر از ۰/۰۵ بوده، مابقی متغیرهای پژوهش توزیع نرمال دارند. زیرا براساس فرض صفر، سطح احتمال آن‌ها بیشتر از ۰/۰۵ است.

۴-۱. آزمون مانایی متغیرها

در مدل‌های مبتنی بر خودرگرسیون برداری، به‌منظور بررسی مانایی متغیرها، استفاده از آزمون ریشه واحد زیوت اندریوز^۱ (۱۹۹۲) با لحاظ یک شکست ساختاری توصیه می‌شود. نتایج حاصل از اجرای این آزمون نیز در جدول (۳) گزارش شده است.

بر اساس نتایج ارائه‌شده در جدول (۳)، متغیرهای مورد بررسی با لحاظ یک شکست ساختاری در سطوح معناداری ۵ و ۱۰ درصد دارای مانایی هستند؛ ازاین‌رو، شرایط لازم برای به‌کارگیری مدل‌های خودرگرسیون برداری فراهم است.

^۱. Zivot – Andrews

شایان ذکر است که علی‌رغم وجود روند زمانی در نمودار برخی متغیرها مانند شهرنشینی، آزمون زیوت-اندروز با لحاظ شکست ساختاری، ماهیت ایستای آن‌ها را آشکار می‌سازد. به عبارت دیگر، این متغیرها با در نظر گرفتن یک تغییر ساختاری درون‌زا (مانند سال ۲۰۰۶ برای متغیر شهرنشینی) به حالت ایستا بازمی‌گردند.

جدول (۳): نتایج آزمون مانایی متغیرهای پژوهش

نماد	متغیر	سطح	یک‌بار تفاضل	سال شکست ساختاری	مانایی
EF	رد پای اکولوژیکی	۳/۳۸- (۰/۰۰۸)	-	۲۰۰۸	I(0)
IE	اقتصاد غیررسمی	۶/۳۱- (۰/۰۰۲)	-	۲۰۰۸	I(0)
FT	درجه بازبودن تجاری	۴/۰۸- (۰/۰۰۸)	-	۲۰۰۲	I(0)
URB	شهرنشینی	۳/۸۹- (۰/۰۰۱)	-	۲۰۰۶	I(0)
IND	صنعتی‌شدن	۲/۸۸- (۰/۰۰۳)	-	۲۰۱۴	I(0)
GDP	رشد اقتصادی	۴/۷۶- (۰/۰۰۸)	-	۲۰۰۰	I(0)
GDPP	توان دوم رشد اقتصادی	۵/۰۰۷- (۰/۰۰۳)	-	۲۰۰۲	I(0)

یادداشت: مقادیر داخل پرانتز () نشان‌دهنده سطح احتمال است.

منبع: یافته‌های پژوهش

۴-۲. تعیین طول وقفه بهینه

پس از اطمینان از مانایی متغیرها، تعیین طول وقفه بهینه مدل ضروری است؛ زیرا افزایش تعداد وقفه‌ها منجر به کاهش درجه آزادی سیستم می‌شود. از این‌رو، انتخاب وقفه بهینه از اهمیت بالایی برخوردار است و در این پژوهش از معیار شوارتز - بیزین به‌عنوان شاخص مناسب‌تر برای این منظور استفاده شده است.

جدول (۴): طول وقفه بهینه مدل

وقفه	آکائیک	حنان - کوین	شوارتز - بیزین	خطای پیش‌بینی نهایی
۰	۳۰/۰۶	۳۰/۱۷	۳۰/۳۹	۲۶۹۶۱/۵۶
۱	۱۵/۵۲	۱۶/۳۴	۱۸/۱۶*	۰/۰۱۴
۲	۱۳/۵۲*	۱۵/۰۷*	۱۸/۴۷	۰/۰۰۳*

یادداشت: * نشانگر طول وقفه بهینه است.

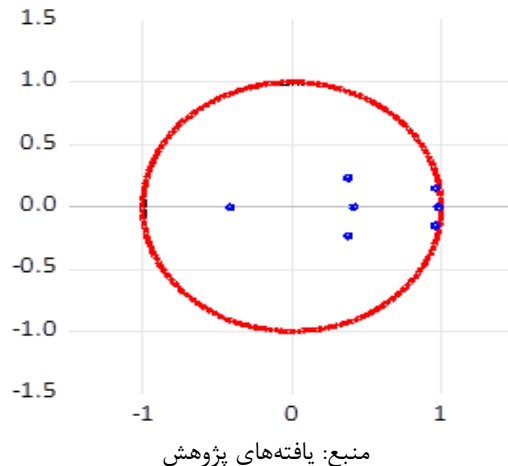
منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به معیارهای اطلاعاتی آکائیک، حنان-کوبین، شوارتز-بیزین و خطای پیش‌بینی نهایی گزارش‌شده در جدول (۴)، و بر اساس معیار شوارتز که مبتنی بر اصل تعادل است، طول وقفه بهینه مدل برابر با یک وقفه تعیین می‌شود. بر اساس این اصل، در شرایطی که تعداد مشاهدات کمتر از ۱۰۰ باشد، معیار شوارتز مناسب‌ترین شاخص برای انتخاب وقفه بهینه محسوب می‌گردد.

۳-۴. آزمون پایداری ضرایب مدل

بر اساس نتایج این آزمون، پایداری مدل خودرگرسیون برداری زمانی تأیید می‌شود که تمامی ریشه‌ها دارای قدر مطلق کمتر از یک بوده و در داخل دایره واحد قرار گیرند. در غیر این صورت، در صورت عدم مانایی مدل، نتایج حاصل از توابع واکنش آنی و تجزیه واریانس از اعتبار لازم برخوردار نخواهند بود.

شکل (۱): آزمون دایره ریشه‌های معکوس چندجمله‌ای



همان‌گونه که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، هیچ‌یک از ریشه‌ها خارج از دایره واحد قرار ندارد؛ بنابراین، مدل خودرگرسیون برداری از پایداری لازم برخوردار بوده و محدودیتی برای تفسیر نتایج حاصل از مدل وجود نخواهد داشت.

۴-۴. نتایج مدل

در مدل‌های خودرگرسیون برداری، ضرایب به‌طور مستقیم قابل تفسیر نیستند؛ با این حال، بر اساس علامت و سطح معناداری آن‌ها می‌توان استنباط‌های آماری اولیه ارائه داد و سپس به

تحلیل نتایج حاصل از توابع واکنش آنی و تجزیه واریانس پرداخت. جدول (۵) نتایج برآورد بلندمدت مدل خودرگرسیون برداری ساختاری را ارائه می‌کند؛ به‌طوری‌که سطرها بیانگر متغیرهای وابسته و ستون‌ها نشان‌دهنده واکنش هر متغیر نسبت به شوک‌های وارد شده هستند.

جدول (۵): نتایج مدل خودرگرسیون برداری ساختاری

	IE	FT	URB	IND	GDP	GDPP	EF
IE	-۱/۳۶*	-	-	-	-	-	-
FT	-۱۵/۷۰*	۱۱/۵۶*	-	-	-	-	-
URB	-۱/۷۰**	۳/۰۵*	۳/۸۱*	-	-	-	-
IND	-۷/۰۶**	۴/۶۴*	۴/۵۱*	۳/۷۹*	-	-	-
GDP	-۵/۱۱*	-۱/۲۰***	۰/۳۶	۱/۱۱***	۳/۵۹*	-	-
GDPP	-۲۰/۱۵*	-۱۴/۶۱**	-۲۸/۳۹*	۰۸/۰۴**	۲۱/۴۰*	۸/۸۴*	-
EF	-۰/۳۸*	۰/۳۱*	۰/۵۸*	۰/۱۲*	۰/۰۹*	-۰/۰۳**	۰/۱۰*

یادداشت: *، **، *** به ترتیب بیانگر سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و ۱۰٪ است.

منبع: یافته‌های پژوهش

بر پایه نتایج ارائه‌شده در جدول (۵)، اقتصاد غیررسمی (IE) اثری منفی و از نظر آماری معنادار بر شاخص ردپای اکولوژیکی (EF) دارد. در آغاز، مطابق با فرضیات تحقیق انتظار می‌رفت گسترش اقتصاد غیررسمی در ایران به تشدید فعالیت‌های آسیب‌زننده به محیط‌زیست بینجامد و در نتیجه موجب افزایش ردپای اکولوژیکی شود؛ با این حال، با توجه به کاهش تدریجی سهم اقتصاد غیررسمی در بازه زمانی مورد بررسی، مشاهده اثر کاهنده آن بر ردپای اکولوژیکی قابل تبیین است. افزون بر این، داده‌های منتشرشده از سوی مرکز تحقیقات کاربردی دانشگاه توبینگن آلمان و بانک جهانی نشان می‌دهد که در کشورهای در حال توسعه، اقتصاد غیررسمی به طور متوسط حدود ۳۵ درصد از تولید ناخالص داخلی را تشکیل می‌دهد. همچنین در میان کشورهای اروپایی، سهم اقتصاد غیررسمی از تولید ناخالص داخلی در یونان، ایتالیا و اسپانیا به ترتیب برابر با ۲۱/۵ درصد، ۱۹/۸ درصد و ۱۷/۲ درصد گزارش شده است. در این چارچوب، سهم اقتصاد غیررسمی در ایران نسبت به تولید ناخالص داخلی پایین‌تر از متوسط کشورهای در حال توسعه ارزیابی می‌شود؛ به‌گونه‌ای که در فاصله سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰، این بخش به‌طور میانگین حدود ۱۵ درصد از تولید ناخالص داخلی کشور را به خود اختصاص داده است. این روند بیانگر کاهش تدریجی اندازه اقتصاد غیررسمی در ایران در مقایسه با دوره‌های پیشین است. بر همین

اساس، اثر منفی اقتصاد غیررسمی بر شاخص ردپای اکولوژیکی قابل تفسیر و منطقی به نظر می‌رسد؛ چرا که با محدود شدن فعالیت‌های غیرقانونی نظیر قاچاق سوخت، چوب و مواد مخدر، فشار وارد بر منابع طبیعی و زیستی کاهش یافته و در نتیجه میزان آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز کمتر می‌شود. بنابراین می‌توان گفت کاهش سهم اقتصاد غیررسمی در ایران به افت ردپای اکولوژیکی منجر شده است.

یافته‌های این تحقیق با نتایج پژوهش (چو^۱، ۲۰۲۲) همخوانی دارد که در آن به اثر منفی اقتصاد غیررسمی بر شاخص ردپای اکولوژیکی اشاره شده است. کاهش اندازه اقتصاد غیررسمی طی سال‌های اخیر موجب تقویت نظارت بر فعالیت‌های اقتصادی و الزام بیشتر واحدهای تولیدی به رعایت مقررات و استانداردهای زیست‌محیطی شده است. در نتیجه، اقتصاد غیررسمی اثری کاهنده بر ردپای اکولوژیکی بر جای گذاشته است. علاوه بر این، می‌توان استدلال کرد که محدود شدن فعالیت‌های غیررسمی اقتصادی، فشار وارد بر منابع طبیعی را کاهش داده و زمینه لازم برای بازسازی و احیای این منابع را فراهم می‌کند؛ امری که در نهایت به کاهش ردپای اکولوژیکی منجر می‌شود. با توجه به افزایش سطح نظارت دولت بر بخش غیررسمی اقتصاد در سال‌های اخیر، شدت فعالیت‌های آسیب‌زا در این بخش کاهش یافته است. محدود شدن فعالیت‌های غیررسمی موجب کاهش مصرف منابع طبیعی و انرژی شده و در پی آن، میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی نیز کاهش پیدا کرده است. در واقع، بخشی از اقدامات مخرب متناسب به اقتصاد غیررسمی که به تخریب محیط‌زیست و افت تنوع زیستی منجر می‌شوند، شامل فعالیت‌هایی نظیر شکار غیرقانونی، بهره‌برداری غیرمجاز از منابع جنگلی و استخراج معدنی با شیوه‌های ناپایدار است. از این‌رو، کاهش دامنه اقتصاد غیررسمی از این مسیر می‌تواند به کاهش فشار بر محیط‌زیست و در نهایت افت شاخص ردپای اکولوژیکی منجر شود.

نتایج نشان می‌دهد که درجه بازبودن تجاری (FT) اثر مثبت و از نظر آماری معناداری بر شاخص ردپای اکولوژیکی دارد و موجب افزایش آن می‌شود. بازبودن تجاری به فرآیندی اشاره دارد که در آن موانع موجود بر سر راه تجارت خارجی کاهش یافته و زمینه برای گسترش مبادلات بین‌المللی فراهم می‌شود؛ امری که به افزایش تولید، مصرف و تقاضا در سطح جهانی می‌انجامد. گسترش تقاضا برای کالاها و خدمات، بنگاه‌ها را به افزایش سطح تولید سوق می‌دهد و در نتیجه

¹.Chu

مصرف منابع طبیعی و انرژی شدت می‌گیرد که این موضوع به رشد ردپای اکولوژیکی منجر می‌شود. افزون بر این، توسعه فعالیت‌های تجاری موجب افزایش جابه‌جایی و حمل‌ونقل کالاها شده و به دنبال آن مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی افزایش می‌یابد؛ عاملی که به طور مستقیم اثر افزایشی بر ردپای اکولوژیکی برجای می‌گذارد.

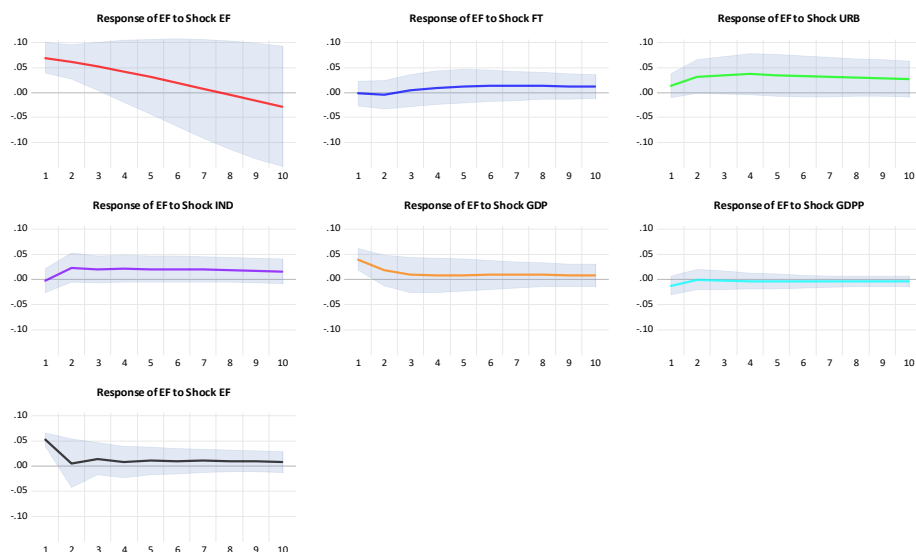
نتایج حاکی از آن است که شهرنشینی (URB) اثری مثبت و از نظر آماری معنادار بر شاخص ردپای اکولوژیکی دارد و موجب افزایش آن می‌شود. رشد شهرنشینی نیاز به توسعه زیرساخت‌ها، گسترش ساخت‌وسازهای شهری و افزایش مصرف خانگی را به همراه دارد که همگی مستلزم مصرف بیشتر انرژی و منابع طبیعی هستند و در نتیجه فشار بیشتری بر محیط‌زیست وارد می‌کنند. افزون بر این، تمرکز جمعیت در مناطق شهری باعث افزایش تولید پسماند و انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌شود که خود عاملی مؤثر در تشدید ردپای اکولوژیکی است. از سوی دیگر، افزایش استفاده از وسایل نقلیه وابسته به سوخت‌های فسیلی و توسعه فعالیت‌های صنعتی برای پاسخگویی به نیازهای جمعیت شهرنشین، آلودگی آب، خاک و هوا را تشدید کرده و به افزایش ردپای اکولوژیکی می‌انجامد. همچنین گسترش فیزیکی شهرها اغلب با تخریب منابع طبیعی و کاهش اراضی کشاورزی حاصلخیز همراه است که این امر نیز نقش قابل‌توجهی در افزایش ردپای اکولوژیکی دارد. یافته‌ها نشان می‌دهد که صنعتی‌شدن (IND) اثر مثبت و از نظر آماری معناداری بر شاخص ردپای اکولوژیکی دارد و موجب افزایش آن می‌شود. توسعه فعالیت‌های صنعتی با افزایش تولید کالاهای متنوع همراه است که این امر نیازمند مصرف گسترده انرژی و نهاده‌هایی همچون سوخت‌های فسیلی، منابع آبی و مواد معدنی است. علاوه بر این، فعالیت‌های صنعتی معمولاً با انتشار آلاینده‌ها در بخش‌های هوا، آب و خاک همراه بوده و فشار مضاعفی بر محیط‌زیست وارد می‌کنند. از سوی دیگر، گسترش صنایع اغلب مستلزم تغییر کاربری زمین‌ها و بهره‌برداری بیشتر از منابع طبیعی و اراضی کشاورزی است. مجموعه این عوامل به تخریب اکوسیستم‌ها و تشدید مداخلات انسانی در طبیعت منجر شده و در نهایت افزایش ردپای اکولوژیکی را به دنبال دارد.

نتایج نشان می‌دهد که رشد اقتصادی (GDP) اثر مثبت و از نظر آماری معناداری بر متغیر وابسته دارد و موجب افزایش آن شده است. به‌طور طبیعی، گسترش فعالیت‌های اقتصادی در یک کشور از طریق افزایش تولید کالا و خدمات، توسعه زیرساخت‌ها و گسترش بخش‌های صنعتی، فشار بیشتری بر محیط‌زیست وارد می‌کند. افزایش سطح مصرف، تقاضا برای منابع طبیعی و انرژی را

تشدید کرده و در نتیجه استفاده از منابع آلاینده، به‌ویژه انرژی‌های تجدیدناپذیر نظیر سوخت‌های فسیلی، افزایش می‌یابد که این امر با رشد انتشار گازهای آلاینده همراه است. افزون بر این، بهره‌برداری فزاینده از منابع طبیعی و تغییر کاربری اراضی کشاورزی قابل کشت نیز از پیامدهای رشد اقتصادی به شمار می‌رود. از این رو، رشد اقتصادی از مسیرهای مختلف به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر شده است. توان دوم رشد اقتصادی (GDPP) اثر منفی و معناداری بر ردپای اکولوژیکی به‌عنوان متغیر وابسته دارد؛ به‌گونه‌ای که افزایش آن به کاهش فشارهای زیست‌محیطی منجر می‌شود. این یافته با فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس و شکل منحنی U معکوس آن همخوانی دارد؛ بدین معنا که در مراحل ابتدایی رشد اقتصادی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، تخریب محیط‌زیست افزایش می‌یابد، اما با تداوم رشد و ورود به مراحل بالاتر توسعه، شدت تخریب زیست‌محیطی کاهش پیدا می‌کند. از این رو، نتیجه به‌دست‌آمده به‌طور ضمنی تأییدکننده فرضیه کوزنتس زیست‌محیطی است. لذا، به‌صورت کلی همان‌طور که انتظار می‌رفت، ضریب رشد اقتصادی مثبت و معنادار است که نشان می‌دهد در مراحل ابتدایی رشد اقتصادی، فشار بر محیط‌زیست افزایش می‌یابد. در مقابل، ضریب توان دوم رشد اقتصادی منفی و معنادار است که تأییدکننده فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس می‌باشد. به‌عبارت دیگر، رابطه میان رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیکی در ایران به شکل منحنی «یو معکوس» است؛ بدین معنا که پس از عبور از سطح آستانه رشد اقتصادی، افزایش بیشتر تولید ناخالص داخلی با کاهش فشار بر محیط‌زیست همراه خواهد شد.

شاخص ردپای اکولوژیکی (EF) نیز با وقفه‌های زمانی بر مقدار آتی خود اثر مثبت و معناداری بر جای می‌گذارد و موجب تداوم و افزایش آن می‌شود. در ادامه، به‌منظور بررسی پویایی این اثرات، نتایج توابع واکنش آنی و تجزیه واریانس ارائه می‌گردد؛ به‌طوری‌که تحلیل واکنش آنی نشان می‌دهد یک شوک مثبت واردشده به هر متغیر تا چه اندازه و در چه افقی زمانی بر سایر متغیرها اثر می‌گذارد.

شکل (۲): توابع واکنش آنی



منبع: یافته‌های پژوهش

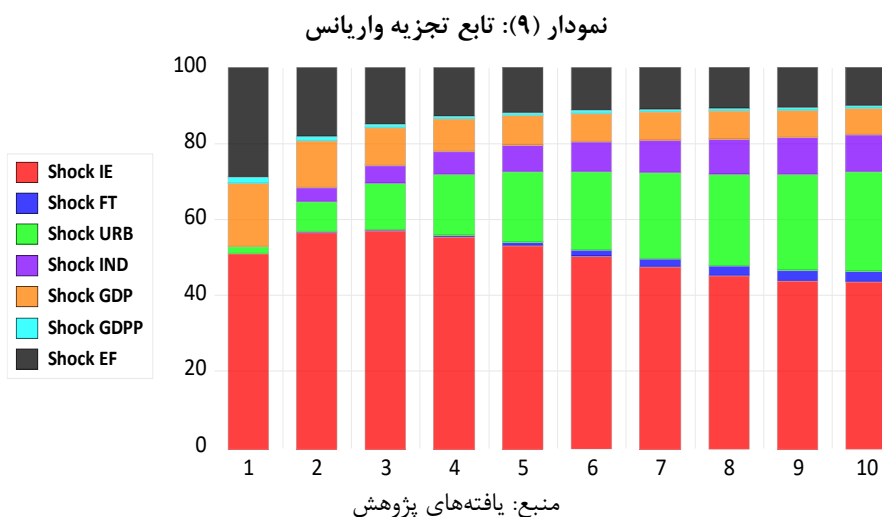
توابع واکنش آنی گزارش شده از نوع واکنش‌های آنی ساختاری هستند، به این معنا که شوک‌های وارد شده به هر متغیر، پس از اعمال محدودیت‌های ساختاری بر روابط همزمان به شوک‌های خالص و نامرتب تبدیل شده‌اند و واکنش هر متغیر در هر دوره به صورت جداگانه و نه به صورت تجمعی گزارش می‌شود. شکل (۲) توابع واکنش آنی شاخص ردپای اکولوژیکی را در واکنش به شوک‌های وارد شده از سوی متغیرهای مدل، در سطح اطمینان ۹۵ درصد و طی افق زمانی ۱۰ دوره نشان می‌دهد. در این نمودارها، خط ممتد نشان‌دهنده واکنش تخمین زده شده و خطوط چین خورده نشان‌دهنده فاصله اطمینان ۹۵ درصد هستند؛ چنانچه فاصله اطمینان مقدار صفر را در بر نگیرد، واکنش از نظر آماری معنادار تلقی می‌شود. بر این اساس، شوک اقتصاد غیررسمی تا دوره هفتم اثری مثبت اما غیرمعنادار بر ردپای اکولوژیکی دارد و از دوره هشتم به بعد با واکنشی منفی و معنادار همراه می‌شود. شوک درجه بازبودن تجاری در تمام دوره‌ها اثری مثبت دارد، اما این واکنش تا دوره چهارم غیرمعنادار و از دوره پنجم به بعد معنادار می‌گردد. شوک شهرنشینی در کل افق زمانی اثری مثبت دارد که از دوره اول تا سوم غیرمعنادار و از دوره چهارم به بعد معنادار می‌شود. شوک صنعتی شدن نیز در تمام دوره‌ها اثری مثبت داشته که از دوره اول

تا دوم غیرمعنادار و از دوره سوم به بعد معنادار می‌گردد. شوک رشد اقتصادی در دوره‌های اول تا سوم اثری مثبت اما غیرمعنادار دارد و از دوره سوم به بعد با واکنشی مثبت و معنادار ادامه می‌یابد. شوک توان دوم رشد اقتصادی در دوره‌های اول و دوم اثری منفی و غیرمعنادار دارد و از دوره سوم به بعد با واکنشی منفی و معنادار همراه می‌شود. همچنین شوک خود ردپای اکولوژیکی در دو دوره ابتدایی اثری مثبت و غیرمعنادار داشته و از دوره دوم به بعد با واکنشی مثبت و معنادار تداوم می‌یابد. به طور کلی، بیشتر واکنش‌های معنادار از دوره سوم به بعد ظاهر می‌شوند که با ضرایب بلندمدت گزارش شده در جدول (۶) سازگاری دارد. در ادامه، نتایج مربوط به تجزیه واریانس ارائه خواهد شد.

جدول (۶): تجزیه واریانس

دوره	S.E.	شوک EF	شوک GDPP	شوک GDP	شوک IND	شوک URB	شوک FT	شوک IE
۱	۰/۰۷	۲۸/۹۷	۱/۶۱	۱۶/۵۲	۰/۰۷	۱/۸۵	۰/۰۳	۵۰/۹۲
۲	۰/۱۱	۱۸/۲۹	۱/۰۰۸	۱۲/۴۷	۳/۵۹	۷/۸۸	۰/۱۵	۵۶/۵۷
۳	۰/۱۵	۱۵/۰۷	۰/۷۹	۹/۹۷	۴/۷۶	۱۲/۲۴	۰/۲۰	۵۶/۹۲
۴	۰/۲۰	۱۲/۹۰	۰/۷۰	۸/۶۰	۵/۹۹	۱۵/۹۳	۰/۵۴	۵۵/۳۱
۵	۰/۲۴	۱۱/۹۲	۰/۶۹	۷/۹۱	۶/۸۹	۱۸/۵۲	۱/۰۶	۵۲/۹۸
۶	۰/۲۹	۱۱/۳۶	۰/۷۰	۷/۵۹	۷/۷۹	۲۰/۶۹	۱/۵۹	۵۰/۲۴
۷	۰/۳۳	۱۱/۰۵	۰/۷۲	۷/۴۴	۸/۶۰	۲۲/۵۸	۲/۰۷	۴۷/۵۰
۸	۰/۳۷	۱۰/۷۹	۰/۷۴	۷/۳۲	۹/۲۶	۲۴/۱۹	۲/۴۷	۴۵/۱۹
۹	۰/۴۱	۱۰/۴۹	۰/۷۵	۷/۱۶	۹/۶۹	۲۵/۳۸	۲/۷۷	۴۳/۷۳
۱۰	۰/۴۴	۱۰/۰۸	۰/۷۴	۶/۹۲	۹/۸۴	۲۶/۰۱	۲/۹۷	۴۳/۴۱

منبع: یافته‌های پژوهش



در واقع، تحلیل تجزیه واریانس نشان می‌دهد که شوک‌های وارد شده از سوی هر یک از متغیرهای مستقل در مدل خودرگرسیون برداری، تا چه اندازه در تبیین نوسانات ردپای اکولوژیکی نقش دارند. به بیان دیگر، این روش مشخص می‌کند چه سهمی از واریانس خطای پیش‌بینی ردپای اکولوژیکی توسط شوک‌های اقتصاد غیررسمی، درجه بازبودن تجاری، شهرنشینی، صنعتی‌شدن، رشد اقتصادی و توان دوم رشد اقتصادی توضیح داده می‌شود. از این‌رو، تجزیه واریانس در مدل خودرگرسیون برداری بر اساس میزان مشارکت هر متغیر در خطای پیش‌بینی متغیر وابسته انجام می‌گیرد.

بر اساس نتایج ارائه شده در نمودار (۹)، شوک‌های ناشی از اقتصاد غیررسمی (رنگ قرمز) در دوره نخست حدود ۵۰/۹۲ درصد از نوسانات ردپای اکولوژیکی را تبیین می‌کنند، اما این سهم به تدریج کاهش یافته و در دوره دهم در سطح ۴۳/۴۱ درصد تثبیت می‌شود. در مقابل، شوک‌های درجه بازبودن تجاری (رنگ آبی پررنگ) در دوره اول سهم بسیار اندکی، در حدود ۰/۰۳ درصد، از تغییرات ردپای اکولوژیکی به عنوان متغیر وابسته را توضیح می‌دهند که این مقدار با روندی افزایشی تا دوره دهم به حدود ۲/۹۷ درصد می‌رسد. شوک‌های شهرنشینی (سبز رنگ) در دوره نخست حدود ۱/۸۵ درصد از تغییرات متغیر وابسته را تبیین می‌کنند، اما این سهم با افزایشی قابل توجه تا پایان دوره دهم به حدود ۲۶/۰۱ درصد می‌رسد. همچنین، شوک‌های ناشی از صنعتی‌شدن (رنگ بنفش) در دوره اول سهم بسیار محدودی معادل ۰/۰۷ درصد از نوسانات ردپای اکولوژیکی دارند که این مقدار در دوره دهم به حدود ۹/۸۴ درصد افزایش می‌یابد. در مورد

شوکه‌های رشد اقتصادی (نارنجی‌رنگ)، نتایج نشان می‌دهد که این شوک‌ها در دوره نخست حدود ۱۶/۵۲ درصد از تغییرات ردپای اکولوژیکی را توضیح می‌دهند، اما با گذشت زمان سهم آن‌ها کاهش یافته و در دوره دهم در سطح ۶/۹۲ درصد تثبیت می‌شود. افزون بر این، شوک‌های توان دوم رشد اقتصادی (آبی روشن) در دوره اول تنها ۱/۶۱ درصد از نوسانات متغیر وابسته را تبیین می‌کنند که این سهم در پایان دوره دهم با کاهش محسوس به حدود ۰/۷۴ درصد می‌رسد. در نهایت، شوک‌های خود شاخص ردپای اکولوژیکی (مشکی‌رنگ) در دوره نخست حدود ۲۸/۹۷ درصد از تغییرات این شاخص را توضیح می‌دهند، اما این سهم با روندی کاهشی در دوره دهم به حدود ۱۰/۰۸ درصد کاهش می‌یابد.

۵. نتیجه‌گیری و ارائه توصیه‌های سیاستی

در دهه‌های اخیر، تخریب محیط‌زیست و کاهش منابع طبیعی و زیستی به یکی از چالش‌های اساسی جوامع انسانی تبدیل شده است؛ چرا که فاصله زمانی میان مصرف منابع و توان بازسازی مجدد آن‌ها، در مقایسه با سرعت بهره‌برداری بشر، بسیار طولانی است. انسان‌ها برای تأمین کالاها و خدمات مورد نیاز خود، از یک‌سو با بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع طبیعی و تنوع زیستی، زمینه کاهش این منابع را فراهم می‌کنند و از سوی دیگر، با گسترش فعالیت‌های مخرب زیست‌محیطی نظیر افزایش مصرف انرژی، وابستگی به سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای آلاینده، فشار مضاعفی بر اکوسیستم‌ها وارد می‌سازند. از آنجا که منابعی مانند مراتع، جنگل‌ها، دریاها، اراضی کشاورزی و پهنه‌های آبی در معرض تخریب فزاینده قرار دارند و توان بازسازی طبیعی آن‌ها محدود است، تداوم این روند در نهایت به بروز کمبود اکولوژیکی در سطح کره زمین منجر خواهد شد. ردپای اکولوژیکی به‌عنوان شاخصی جامع و کارآمد، برای ارزیابی کیفیت محیط‌زیست، سنجش میزان مداخله انسان در فرآیند تغییرات اقلیمی و اندازه‌گیری شدت اثرات منفی فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست به کار می‌رود. از آنجا که بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع طبیعی و تنوع زیستی در فرآیند تولید کالاها و خدمات، به تشدید تخریب زیست‌محیطی و افزایش ردپای اکولوژیکی می‌انجامد، نقش فعالیت‌های اقتصادی، به‌ویژه در بخش غیررسمی که خارج از نظارت و کنترل دولت انجام می‌شود، اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. در همین راستا، هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی اثر اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی در ایران طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

است که برای تحلیل این رابطه از روش خودرگرسیون برداری ساختاری استفاده شده است. همچنین، پژوهش حاضر با الهام از چارچوب تجربی آلواردو^۱ و همکاران (۲۰۲۲) و با بهره‌گیری از متغیرهای کنترلی مطالعات تکمیلی چو^۲ (۲۰۲۲)، دادا^۳ و همکاران (۲۰۲۲) و قیوم^۴ و همکاران (۲۰۲۱) اعمال تعدیلات متناسب با اقتصاد ایران، به بررسی تأثیر اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی پرداخته است.

نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که اقتصاد غیررسمی اثری منفی و معنادار بر ردپای اکولوژیکی دارد و موجب کاهش آن می‌شود. این یافته را می‌توان به کاهش تدریجی فعالیت‌های بخش غیررسمی در سال‌های اخیر نسبت داد که در نتیجه افزایش نظارت‌های دولتی، گسترش اشتغال رسمی و بهبود سازوکارهای اقتصادی تحقق یافته است. کاهش سهم اقتصاد غیررسمی سبب شده است شدت فعالیت‌های آلاینده این بخش، از جمله مصرف انرژی، انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی و تنوع زیستی، کاهش یابد و در نتیجه فشار وارد بر محیط‌زیست کمتر شود. از این رو، اثر کاهنده اقتصاد غیررسمی بر ردپای اکولوژیکی از منظر تحلیلی قابل توجیه است. افزون بر این، نتایج بیانگر آن است که درجه بازبودن تجاری، شهرنشینی، صنعتی‌شدن و رشد اقتصادی تأثیری مثبت بر ردپای اکولوژیکی دارند و طی دوره مورد بررسی موجب افزایش آن شده‌اند. این امر بدین دلیل است که گسترش فعالیت‌های تجاری و اقتصادی با مصرف بیشتر منابع طبیعی و زیستی، افزایش حمل‌ونقل، رشد مصرف انرژی و وابستگی بیشتر به سوخت‌های فسیلی همراه بوده و در نهایت به تشدید انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و افزایش ردپای اکولوژیکی منجر می‌شود.

گسترش شهرنشینی معمولاً با افزایش تولید آلاینده‌ها و رشد مصرف انرژی، منابع طبیعی و زیستی همراه است که در نهایت به افزایش ردپای اکولوژیکی منجر می‌شود. همچنین، تشدید روند صنعتی‌شدن و رشد اقتصادی در کشور، با افزایش فشارهای وارد بر اکوسیستم‌ها همراه بوده است؛ چرا که تولید بیشتر کالاها و خدمات مستلزم مصرف بالاتر انرژی و بهره‌برداری گسترده‌تر از منابع طبیعی و تنوع زیستی است. افزون بر این، افزایش انتشار گازهای آلاینده ناشی از فعالیت‌های صنعتی نقش مهمی در تخریب محیط‌زیست ایفا می‌کند. در این راستا، توسعه صنعتی

1. Alvarado

1. Chu

2. Dada

3. Qayyum

و رشد تولید ناخالص داخلی به افزایش ردپای اکولوژیکی می‌انجامد. بر اساس فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس، توان دوم رشد اقتصادی اثر منفی بر ردپای اکولوژیکی دارد و موجب کاهش آن می‌شود؛ به این معنا که در مراحل بالاتر رشد اقتصادی، بهبود کیفیت محیط‌زیست و حرکت به‌سوی توسعه پایدار محتمل‌تر خواهد بود. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که خود شاخص ردپای اکولوژیکی در دوره‌های بعدی اثری مثبت و معنادار بر مقدار آتی این شاخص بر جای می‌گذارد. به‌طور کلی، این پژوهش تأیید فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در ایران را بیان می‌کند؛ چراکه ضریب مثبت رشد اقتصادی نشان می‌دهد که در دهه‌های ابتدایی دوره مورد بررسی، افزایش تولید ناخالص داخلی با افزایش ردپای اکولوژیکی همراه بوده است. در مقابل، ضریب منفی توان دوم رشد اقتصادی نشان می‌دهد که نرخ افزایش تخریب محیط‌زیست با ادامه رشد اقتصادی کاهش یافته است. به عبارت دیگر، رابطه میان رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیکی در ایران به شکل منحنی «یو معکوس» می‌باشد. این بدان معناست که در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، افزایش تولید ناخالص داخلی فشار بر محیط‌زیست را افزایش می‌دهد، اما پس از عبور از سطح مشخصی از درآمد و توسعه، رشد اقتصادی بیشتر با بهبود کیفیت محیط‌زیست همراه خواهد شد. این یافته حاکی از آن است که اگر رشد اقتصادی در مسیر صحیح خود ادامه یابد (با تأکید بر استفاده از فناوری‌های پاک و اجرای کارآمد قوانین زیست‌محیطی)، در آینده می‌توان انتظار داشت رشد بیشتر تولید ناخالص داخلی با کاهش فشار بر منابع طبیعی و کاهش ردپای اکولوژیکی همراه شود.

در نهایت، می‌توان بیان کرد که شوک‌های ناشی از اقتصاد غیررسمی در بلندمدت به کاهش ردپای اکولوژیکی در ایران منجر شده‌اند. همچنین، نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در افق دوره دهم، حدود ۴۳/۴۱ درصد از نوسانات ردپای اکولوژیکی توسط اقتصاد غیررسمی تبیین می‌شود. بر پایه نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، مجموعه‌ای از رهیافت‌ها و راهبردهای سیاستی با هدف کاهش ردپای اکولوژیکی و محدودسازی تخریب محیط‌زیست در ایران به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران ارائه می‌گردد:

- توصیه‌های مرتبط با اقتصاد غیررسمی: با توجه به اینکه کاهش سهم اقتصاد غیررسمی در سال‌های اخیر با کاهش ردپای اکولوژیکی همراه بوده است، به سیاست‌گذاران توصیه می‌شود با تقویت نظارت‌های دولتی، توسعه فرصت‌های اشتغال رسمی، حمایت از گسترش کسب‌وکارهای

قانونی و کاهش موانع اداری، زمینه کوچک‌تر شدن هرچه بیشتر اقتصاد غیررسمی را فراهم آورند. در این راستا، ساده‌سازی نظام مالیاتی و ارائه مشوق‌های مالیاتی به بنگاه‌های رسمی می‌تواند انگیزه فعالیت در بخش رسمی را افزایش دهد. همچنین، شناسایی و حذف زمینه‌های شکل‌گیری فعالیت‌های غیررسمی آلاینده (مانند قاچاق سوخت، چوب و مواد معدنی) از طریق بهبود نظام مالیاتی، شفاف‌سازی فرآیندهای تولید و توزیع و راه‌اندازی سامانه‌های هوشمند نظارت، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش فشار بر منابع طبیعی ایفا کند. افزون‌براین، آگاه‌سازی عمومی در خصوص پیامدهای زیست‌محیطی اقتصاد غیررسمی از طریق رسانه‌های جمعی، به‌عنوان راهکاری مکمل در بلندمدت توصیه می‌گردد.

- توصیه‌های مرتبط با درجه بازبودن تجاری: با توجه به اثر مثبت بازبودن تجاری بر ردپای اکولوژیکی، به سیاست‌گذاران توصیه می‌شود توسعه فعالیت‌های تجاری را در مسیری هدایت کنند که با تأکید بر فناوری‌های نوین و پاک همراه باشد. کاهش تعرفه‌های وارداتی برای کالاهای با فناوری پاک و افزایش تعرفه‌ها برای کالاهای آلاینده و انرژی‌بر، می‌تواند ساختار تجارت خارجی را به سمت کاهش ردپای اکولوژیکی سوق دهد. همچنین، تسهیل انتقال فناوری‌های سبز از طریق موافقت‌نامه‌های تجاری و حمایت از واردات تجهیزات انرژی‌های تجدیدپذیر توصیه می‌گردد.

- توصیه‌های مرتبط با شهرنشینی: با توجه به اثر مثبت شهرنشینی بر ردپای اکولوژیکی، به سیاست‌گذاران توصیه می‌شود زیرساخت‌های شهری را بر پایه فناوری‌های نوین و ملاحظات زیست‌محیطی طراحی و توسعه دهند. گسترش حمل‌ونقل عمومی پاک (مانند مترو و اتوبوس‌های برقی)، بهبود سامانه‌های انرژی در ساختمان‌های شهری، توسعه فضای سبز شهری، نوسازی شبکه‌های آب و فاضلاب و اعمال استانداردهای ساختمانی کم‌مصرف، از جمله اقداماتی هستند که می‌توانند اثرات منفی شهرنشینی بر محیط‌زیست را کاهش دهند.

- توصیه‌های مرتبط با صنعتی‌شدن: با توجه به اثر مثبت صنعتی‌شدن بر ردپای اکولوژیکی، به سیاست‌گذاران توصیه می‌شود مسیر توسعه صنعتی را با تأکید بر بهره‌وری انرژی و استفاده از فناوری‌های پاک دنبال کنند. سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای طراحی فرآیندهای صنعتی کم‌کربن، بازنشستگی تدریجی صنایع فرسوده و انرژی‌بر، اعمال استانداردهای سخت‌گیرانه زیست‌محیطی برای واحدهای صنعتی جدید و ارائه مشوق‌های مالیاتی به صنایع پاک، می‌تواند فشار صنعتی‌شدن بر منابع طبیعی را کاهش دهد.

• توصیه‌های مرتبط با رشد اقتصادی و فرضیه کوزنتس: با توجه به تأیید فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در ایران، به سیاست‌گذاران توصیه می‌شود مسیر رشد اقتصادی را همسو با ملاحظات زیست‌محیطی هدایت کنند. افزایش آگاهی عمومی نسبت به مسائل زیست‌محیطی، تصویب و اجرای مؤثر قوانین حفاظت از محیط‌زیست، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز و پاک و حرکت به سمت اقتصاد کم‌کربن، زمینه‌ساز تحقق همزمان رشد اقتصادی و بهبود کیفیت محیط‌زیست در مراحل پیشرفته‌تر توسعه خواهد بود.

• توصیه‌های عمومی و زیرساختی: افزون بر موارد فوق، مجموعه‌ای از راهبردهای کلی نیز به سیاست‌گذاران پیشنهاد می‌شود: نخست، ارتقای بهره‌وری در مصرف منابع آب، خاک و انرژی از طریق توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی، بادی و آبی) و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی. دوم، تقویت و اجرای مؤثر قوانین زیست‌محیطی همراه با ارتقای آگاهی عمومی و تشویق شهروندان به رعایت این قوانین. سوم، افزایش سرمایه‌گذاری‌های زیست‌محیطی و تسهیل انتقال دانش و فناوری‌های روز با هدف کاهش تخریب محیط‌زیست. چهارم، توسعه و نوسازی زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی، تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، بخش انرژی و صنعت همراه با ارتقای بهره‌وری در این بخش‌ها.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

References

- Abdollahi, F., & Ghaderi, S. (2023). The impact of natural resources and human capital on Iran's ecological footprint. *Governance and Development*, 3(1), 99–120. [In Persian]
- Alayi, B., Fattorehchi, Z., & Hassanzadeh, M. (2022). The relationship between the shadow economy and ecological footprint quality. In *Proceedings of the 3rd International Conference and 6th National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment*. [In Persian]
- Alola, A. A., Bekun, F. V., & Sarkodie, S. A. (2019). Dynamic impact of trade policy, economic growth, fertility rate, renewable and non - renewable energy consumption on ecological footprint in Europe. *Science of the Total Environment*, 685, 702 - 709.

- Alvarado, F., Tillaguango, B., Murshed, M., Ochoa Moreno, W. (2022). Impact of the informal economy on the ecological footprint: The role of urban concentration and globalization. *Economic Analysis and Policy* 75:750-767.
- Alvarado, R., Tillaguango, B., Dagar, V., Ahmad, M., Işık, C., Méndez, P., & Toledo, E. (2021). Ecological footprint, economic complexity and natural resources rents in Latin America: empirical evidence using quantile regressions. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128585.
- Ansari, M. A., Haider, S., & Masood, T. (2021). Do renewable energy and globalization enhance ecological footprint: an analysis of top renewable energy countries?. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 6719 - 6732.
- Bernanke, B. S. (1986). Alternative explanations of the money-income correlation. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 25, 49-99.
- Blanchard, O. J., & Quah, D. (1988). The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances.
- Blanchard, O. J., & Watson, M. W. (1986). Are business cycles all alike?. In *The American business cycle: Continuity and change* (pp. 123 - 180). University of Chicago Press.
- Chatziantoniou, I., Duffy, D., & Filis, G. (2013). Stock market response to monetary and fiscal policy shocks: *Multi-country evidence*. *Economic modelling*, 30, 754-769.
- Christiano, L. J., Eichenbaum, M., & Evans, C. L. (1999). Monetary policy shocks: What have we learned and to what end?. *Handbook of macroeconomics*, 1, 65-148.
- Chu, L. K. (2022). The impact of informal economy on technological innovation-ecological footprint nexus in OECD countries: new evidence from panel quantile regression. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 12(3), 515-533.
- Clarida, R., & Gali, J. (1994). Sources of real exchange-rate fluctuations: How important are nominal shocks?. In *Carnegie-Rochester conference series on public policy*, 41, pp. 1-56. December, North-Holland SSDI 0167-2231(94)00012B
- Dada, J. T., & Ajide, F. M. (2021). The moderating role of institutional quality in shadow economy-pollution nexus in Nigeria. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 32(3), 506-523.
- Dada, J., Olaniyi, C., Ajide, F., Adeiza, A., Arnaut, M. (2022). Informal economy and ecological footprint: the case of Africa. *Environmental Science and Pollution Research* (2022) 29:74756-74771.
- Destek, M. A., & Sarkodie, S. A. (2019). Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: the role of energy and financial development. *Science of the total environment*, 650, 2483-2489.

Elbourne, A. (2008). The UK housing market and the monetary policy transmission mechanism: An SVAR approach. *Journal of Housing Economics*, 17(1), 65-87.

Eugene, A. R., Andreas, D., Thomas, D., & Carlo, J. (2010). Human footprints on the global environment: threats to sustainability.

Fakher, H. A., Abedi, Z., & Shaygani, B. (2017). Investigating the relationship between trade openness and financial openness with ecological footprint. *Quarterly Journal of Economic Modeling*, 11(40), 49-67. [In Persian]

Global Footprint Network (2020). Available Online: <http://data.footprintnetwork.org>

Gross, J., & Ouyang, Y. (2021). Types of urbanization and economic growth. *International Journal of Urban Sciences*, 25(1), 71-85.

Hassan, S. T., Xia, E., Khan, N. H., & Shah, S. M. A. (2019). Economic growth, natural resources, and ecological footprints: evidence from Pakistan. *Environmental science and pollution research*, 26, 2929-2938.

Javaheri, B., Ghaderi, S., Ghamashi, N., & Amani, R. (2023). The impact of economic complexity and ecological footprint on economic growth in OPEC countries. *Economic Research (Sustainable Growth and Development)*. [In Persian]

Kazemzadeh, E., Fuinhas, J. A., & Koengkan, M. (2022). The impact of income inequality and economic complexity on ecological footprint: an analysis covering a long-time span. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 11(2), 133-153.

Khan, H., Weili, L., & Khan, I. (2022). Institutional quality, financial development and the influence of environmental factors on carbon emissions: evidence from a global perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(9), 13356-13368.

Latifat, N., Jahangirpour, D., & Zibae, M. (2023). The impact of economic and political globalization on Iran's ecological footprint: An asymmetric nonlinear cointegration approach. *Environmental Sciences Studies*, 8(1), 6003-6012. [In Persian]

Lee, C. C., Chen, M. P., & Xu, W. (2022). Assessing the impacts of formal and informal regulations on ecological footprint. *Sustainable Development*, 30(5), 989-1017.

Leeper, E. M., Sims, C. A., Zha, T., Hall, R. E., & Bernanke, B. S. (1996). What does monetary policy do?. *Brookings papers on economic activity*, 1996(2), 1-78.

- Maddah, M., & Mohammadinia Sarvari, Z. (2016). Investigating the relationship between economic corruption, the shadow economy, and environmental pollution in selected OPEC countries (LISREL approach). *Quantitative Economics Quarterly*, 13(4), 1–18. [In Persian]
- Medina, L. & Schneider, F., (2017). "Shadow Economies Around the World: New Results for 143 Countries Over 1996-2014". Discussion Paper, Department of Economics, University of Linz, Linz, Austria.
- Meredian, A., Yarmohammadian, N., Motalebi, M., & Shadmehr, A. (2021). The role of economic complexity in ecological footprint: Testing the environmental Kuznets curve hypothesis for Iran. *Quarterly Journal of Planning and Budgeting*, 26(2), 153-179. [In Persian]
- Monfreda, C., Wackernagel, M., & Deumling, D. (2004). Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity assessments. *Land use policy*, 21(3), 231-246.
- Nasrollahi, Z., Rezaei, A., & Dehghan Banadaky, F. (2022). The effect of the shadow economy on quality of life. *Stable Economy*, 3(1), 98–131. [In Persian]
- Nazari, M., & Kalantari, M. (2023). Investigating the factors affecting the ecological footprint of Sari urban areas. *Geography and Urban Planning Journal*, 34(2), 17-26. [In Persian]
- Nkengfack, H., Kaffo Fotio, H., & Totouom, A. (2021). How does the shadow economy affect environmental quality in Sub-Saharan Africa? Evidence from heterogeneous panel estimations. *Journal of the Knowledge Economy*, 12, 1635-1651
- North, D. C. (1990). Institutions, institutional change and economic performance. *Cambridge Univ Pr*.
- Okelele, D. O., Lokina, R., & Ruhinduka, R. D. (2022). Effect of trade openness on ecological footprint in sub-Saharan Africa. *African Journal of Economic Review*, 10(1), 209-233.
- Pang, J., Li, N., Mu, H., & Zhang, M. (2021). Empirical analysis of the interplay between shadow economy and pollution: with panel data across the provinces of China. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124864.
- Parrado, R., Pérez-Blanco, C.D., Gutiérrez-Martín, C., Standardi, G., (2019). Micro-macro feedback links of agricultural water management: insights from a coupled iterative positive Multi-Attribute Utility Programming and Computable General Equilibrium model in a Mediterranean basin, *Hydrol, Vol 569*: 291-309.

- Parsa Sharif, H., Amirnejad, H., & Taslimi, M. (2021). Investigating the effective factors on ecological footprint in selected Asian and European countries. *Agricultural Economics Research Journal*, 13(2), 155-172. [In Persian]
- Qaiser Gillani, D., Gillani, S. A. S., Naeem, M. Z., Spulbar, C., Coker-Farrell, E., Ejaz, A., & Birau, R. (2021). The nexus between sustainable economic development and government health expenditure in Asian countries based on ecological footprint consumption. *Sustainability*, 13(12), 6824.
- Qayyum, U., Sabir, S., & Anjum, S. (2021). Urbanization, informal economy, and ecological footprint quality in South Asia. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 67011-67021.
- Rees, W. E. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and urbanization*, 4(2), 121-130.
- Rudolph, A., & Figge, L. (2017). Determinants of ecological footprints: what is the role of globalization?. *Ecological Indicators*, 81, 348-361.
- Salman, M., Zha, D., & Wang, G. (2022). Interplay between urbanization and ecological footprints: Differential roles of indigenous and foreign innovations in ASEAN-4. *Environmental Science & Policy*, 127, 161-180.
- Shahrazi, M., Ghaderi, S., & Sanginabadi, B. (2023). Commodity prices and inflation: an application of structural VAR. *Applied Economics*, 55(27), 3110-3120.
- Shao, J., Tillaguango, B., Alvarado, R., Ochoa-Moreno, S., & Alvarado-Espejo, J. (2021). Environmental impact of the shadow economy, globalisation, trade and market size: Evidence using linear and non-linear methods. *Sustainability*, 13(12), 6539.
- Sohail, M. T., Ullah, S., Majeed, M. T., Usman, A., & Andlib, Z. (2021). The shadow economy in South Asia: dynamic effects on clean energy consumption and environmental pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 29265-29275.
- Vahabzadeh Moghadam, M. S., Emami Jozzeh, K., & Hajihassani, F. (2022). The role of economic and environmental policies in controlling air pollution. *Economic Modeling Quarterly*, 16(59), 1-17. [In Persian]
- Wang, Q., Ge, Y., & Li, R. (2023). Does improving economic efficiency reduce ecological footprint? The role of financial development, renewable energy, and industrialization. *Energy & Environment*, 0958305X231183914.

Zivot, E., & Donald, W. K. Andrews. (1992). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 251–270.