Agricultural Economics and Development
Vol.32, No.125, Spring 2024

Research Paper

Evaluating the Effects of Economic, Social, Demographic and Climatic Factors on Biological Capacity in Iran

A. Alipour [1]

Received: 22 August, 2023 Accepted: 22 January, 2024

Introduction: The capacity of natural resources and ecosystems of the planet to support human life is limited, because most of the natural resources of the planet are resources with limited renewable characteristics (such as fresh water resources, fertile agricultural soil, forests, deserts, pastures, mountains, seas, etc.). The permitted use of these resources is maximum up to their renewability. Therefore, maintaining and properly managing these resources is very important to maintain biological capacity. Nevertheless, the growth of the world population and the rapid growth of economic activities have caused environmental pressure on all socio-economic systems. In this regard, the review of available information sources shows that from the beginning of human civilization to the middle of the 20th century, environmental resources have always been sufficient for human activities. At the same time, since the middle of the 20th century, these activities have exceeded the capacity of the environment and caused environmental degradation and ecological instability. There have always been various environmental challenges in Iran over time, especially over recent years, which reduction of water resources, soil erosion, air pollution and energy shortage crisis are among the most important ones. Based on this, the Environmental Performance Index (EPI) of 2022 shows that Iran was ranked 133rd among the 180 countries studied. Therefore, in this research, using regression methods and representative indicators of the economic, social, demographic and climatic conditions, the factors affecting the biological capacity in Iran were analyzed and evaluated.

Materials and Methods: In this research, Iran's per capita bio-capacity index was a function of various economic, social, demographic and climatic factors, including GDP, human development index, population density and de-Martone

1. Assistant Professor, Department of Rural Development, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran (a.alipour@iut.ac.ir).

DOI: 10.30490/AEAD.2024.363299.1546

index. For this purpose, the annual time series statistics of 1990-2020 and the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) approach were used. Then, the desired analyses were performed for short-run and long-run time periods and the results were compared.

Results and Discussion: The results showed that in the short-run, with the increase of GDP per capita, the amount of biological capacity per capita would increase in Iran; however, in the long-run, the increase in GDP would not have a significant effect on bio-capacity. Also, with the increase in population density, the amount of bio-capacity per capita in the country would increase in the short-run and decrease in the long-run. Despite this, based on the obtained results, it was found that unlike the short-run periods, in the long-run, the amount of bio-capacity in Iran would increase with the increase of the human development index; in addition, reduced degree of the air dryness and improved the climatic conditions in the short and long run would lead to the improvement of the biological capacity in the country. Therefore, it can be concluded that the positive effects of economic growth on biological capacity in Iran are only limited to short-run periods. In addition, it is inferred that many of the measures taken to improve bio-capacity in Iran, which moderate the negative effects of population density and economic growth, are effective mainly in the short-run. Also, it is inferred that focusing on the components of human development, especially the educational aspects, in the long-run leads to the improvement of the biological capacity in the country. Therefore, it can be admitted that investing in education in the long-run will lead to biological sustainability in the country.

Conclusions: The analysis of the study results showed that the actions taken regarding the promotion of biological capacity in the short-run had controlled and prevented the harmful biological effects of economic growth and population increase. Therefore, it seems that the continuation and sequence of these actions in the long-run can also help in improving the biological conditions in the country in addition, maintaining and promoting effective measures to improve biological capacity in Iran is the first suggestion emphasized in this study. Based on the study results, it was also found that increasing the human development index in the short-run would reduce the amount of bio-capacity per capita in Iran. Nevertheless, in the long-term, the biological capacity in the country would increase with the increase in human development index. Therefore, it seems that focusing on the quantitative dimensions of health and education in the short-run has led to the reduction of biological capacity in Iran. At the same time, despite the adverse effect of the growth of national income in the long-run, the quantitative and qualitative development of health and educational capacities in

the long-run and the increase of life expectancy and enhanced public knowledge in the field of environment have finally led to biological development in the country. Therefore, making more use of the educational capacities in the country in order to manage the biological conditions as optimally as possible is another emphasized suggestion in this study. Also, it seems that by increasing life expectancy in the country, it is possible to act more effectively in the field of managing biological challenges.

Keywords: *Biological Capacity, Economic Growth, Human Development Index (HDI), Autoregressive Distributed Lag (ARDL), Iran.*

JEL Classification: C32, P18, Q56

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۲، شماره ۱۲۵، بهار ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثرگذاری عوامل اقتصادی، اجتماعی، جمعیت‌شناختی و اقلیمی بر ظرفیت زیستی در ایران

علیرضا علی‌پور[1]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۳

چکیده

بخش عمدهٔ منابع طبیعی کره زمین را منابعی با ویژگی تجدیدپذیری محدود تشکیل می‌دهند. از این‌رو، ظرفیت منابع زیستی و زیست‌بوم‌های موجود برای حمایت و پشتیبانی از حیات انسان‌ها محدود است. در پژوهش حاضر، به ارزیابی اثرگذاری عوامل اقتصادی، اجتماعی، جمعیت‌شناختی و اقلیمی بر ظرفیت زیستی در ایران پرداخته شد. بدین منظور، از روش خودتوضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) و داده‌های سری زمانی سالانه ۱۹۹۰–۲۰۲۰ استفاده شد. نتایج نشان داد که در کوتاه‌مدت، با افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه، بر میزان ظرفیت زیستی سرانه در ایران افزوده می‌شود و اما در بلندمدت، افزایش تولید ناخالص داخلی تأثیر معنی‌دار بر ظرفیت زیستی ندارد؛ همچنین، با افزایش تراکم جمعیت، در کوتاه‌مدت، بر میزان ظرفیت زیستی سرانه در کشور افزوده و در بلندمدت، از میزان آن کاسته می‌شود. با این همه، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مشخص شد که برخلاف دوره‌های کوتاه‌مدت، در بلندمدت، با افزایش شاخص توسعه انسانی، بر میزان ظرفیت زیستی در ایران افزوده می‌شود. افزون بر این، کاهش درجه خشکی هوا و بهبود شرایط اقلیمی، در کوتاه‌مدت و بلندمدت، به ارتقای ظرفیت زیستی در کشور می‌انجامد. بنابراین، تداوم اقدامات مختلف پیشین در راستای افزایش ظرفیت زیستی در کشور از جمله افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر، افزایش تعداد تصفیه‌خانه‌های آب شهری، احیای

۱- استادیار گروه توسعهٔ روستایی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. (a.alipour@iut.ac.ir)

DOI: 10.30490/AEAD.2024.363299.1546

جنگل‌ها و رشد کشاورزی ارگانیک در بلندمدت و همچنین، بهره‌گیری روزافزون از ظرفیت‌های آموزشی در کشور به‌منظور توسعه دانش‌های عمومی در زمینه مدیریت هرچه مطلوب‌تر شرایط زیستی از جمله پیشنهادهای پژوهش حاضر است.

کلیدواژه‌ها: *ظرفیت زیستی، رشد اقتصادی، شاخص توسعه انسانی (HDI)، روش خودتوضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL)، ایران.*

طبقه‌بندی JEL : C32, P18, Q56

مقدمه

ظرفیت زیستی[1] به مجموعه منابع طبیعی و زیست‌بوم‌ها اشاره دارد که برای تأمین نیازهای مختلف زندگی انسان‌ها و سایر موجودات زنده ضروری است. ظرفیت منابع طبیعی و زیست‌بوم‌های کره زمین برای حمایت و پشتیبانی از حیات انسان‌ها محدود است، زیرا بخش عمدهٔ منابع طبیعی کره زمین را منابعی با ویژگی تجدیدپذیری محدود (مانند منابع آب شیرین، خاک حاصل‌خیز کشاورزی، جنگل، بیابان‌ها، مراتع، کوهستان، دریا و ...) تشکیل می‌دهند که میزان استفاده مجاز از این منابع حداکثر تا حد تجدیدپذیری آنهاست (GFN, 2023). از این‌رو، حفظ و مدیریت صحیح این منابع برای حفظ ظرفیت زیستی بسیار اهمیت دارد. با این همه، رشد جمعیت جهان و رشد سریع فعالیت‌های اقتصادی سبب فشار زیست‌محیطی بر تمام نظام‌های اقتصادی- اجتماعی شده است، به‌گونه‌ای که امروزه، در بسیاری از کشورها، مسائل ضروری و اساسی مانند ترافیک و تراکم زمین، ساختمان‌های متروک و بایر، مشکلات مواد زائد، تغییر کاربری زمین، آلودگی آب و بسیاری از مسائل دیگر موضع پایداری شهرها و روستاها را تهدید می‌کنند (Miri Qalen-No et al., 2019).

در این ارتباط، بررسی منابع اطلاعاتی موجود نشان می‌دهد که از پیدایش تمدن بشری تا میانه قرن بیستم، منابع محیط زیست همواره جواب‌گوی فعالیت‌های بشری بوده است. در عین حال، از اواسط قرن بیستم، این فعالیت‌ها از ظرفیت محیط زیست فراتر رفته و باعث تخریب محیط زیست و ناپایداری بوم‌شناختی شده است (Ghaderi and Azizi, 2016)، زیرا دو مفهوم رد پای بوم‌شناختی[2] و ظرفیت زیستی با یکدیگر ارتباط تنگاتنگ دارند، به‌گونه‌ای که با افزایش رد پای بوم‌شناختی، ظرفیت زیستی کاهش می‌یابد، چراکه منابع طبیعی به‌سرعت تخلیه می‌شوند و آلودگی‌های زیستی افزایش می‌یابد. این موضوع می‌تواند به کاهش تنوع زیستی، کاهش تأمین منابع طبیعی و افزایش تنش‌های بوم‌شناختی

1. Biocapacity
2. Ecological Footprint (EF)

منجر شود. بنابراین، ارتباط رد پای بوم‌شناختی و ظرفیت زیستی نشان‌دهندهٔ تأثیرات عمیق انسان بر محیط زیست و نیاز به اقداماتی برای مدیریت پایدار منابع طبیعی و حفظ ظرفیت زیستی است. بر اساس آخرین برآوردهای بانک جهانی، رد پای بوم‌شناختی زمین، به مفهوم مقدار منابع زمین که برای حمایت از فعالیت‌های اقتصادی انسان‌ها مورد نیازاست، در سال ۲۰۲۳، در سراسر دنیا، در حدود هجده میلیارد هکتار بوده و متوسط رد پای هر فرد در جهان در حدود ۲/۸ هکتار گزارش شده است؛ اما در جهان، تنها حدود ۱۱/۹ میلیارد هکتار ظرفیت زیستی در سال یا به‌طور متوسط ۱/۶ هکتار زمین برای هر فرد وجود دارد. این موضوع نشان می‌دهد که بشر تقریباً در حدود پنجاه درصد بیش از ذخیره‌هایی که در دست دارد، مصرف می‌کند و با این الگوی مصرف، انسان‌ها به ۱/۵ سیاره برای جبران مصرف خود نیاز دارند (Lin et al., 2023). در این خصوص، آمارهای سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)[1] به‌تنهایی نشان می‌دهد که طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵، در مجموع، سه درصد از سطح جنگل‌های دنیا کاهش یافته، به‌گونه‌ای که مساحت جنگل‌های کره زمین در این مدت از حدود ۴۱۲۸ میلیون هکتار به حدود ۳۹۹۹ میلیون هکتار تنزل کرده است.

در ایران نیز در طول زمان، به‌ویژه در طول سالیان اخیر، همواره چالش‌های زیست‌محیطی مختلف وجود داشته است. کاهش منابع آبی، فرسایش خاک، آلودگی هوا و بحران کمبود انرژی از مهم‌ترین این چالش‌هاست که در ارزیابی‌های بین‌المللی از وضعیت محیط زیست ایران، بارها به آنها اشاره می‌شود. بر این اساس، بررسی شاخص عملکرد زیست‌محیطی[2] سال ۲۰۲۲ که از سوی دانشگاه ییل ارائه شده است و از چهل شاخص عملکردی در سه حوزه تغییرات آب‌وهوا، سلامت محیط زیست و سرزندگی زیست‌بوم استفاده می‌کند، نشان می‌دهد که از میان صد و هشتاد کشور مورد مطالعه، ایران در جایگاه صد و سی‌وسوم قرار داشته است. بنابراین، می‌توان پذیرفت که اهمیت چالش‌های زیست‌محیطی در ایران، در مقایسه با بسیاری از کشورهای جهان، چشمگیر بوده و بررسی و ارزیابی عوامل مختلف اثرگذار در تخریب محیط زیست و کاهش ظرفیت زیستی در این کشور بسیار حائز توجه است. در زمینه بررسی عوامل مختلف اثرگذار بر تخریب محیط زیست و کاهش ظرفیت زیستی، تاکنون پژوهش‌های مختلف در داخل و خارج کشور انجام شده است که از آن میان، می‌توان در پی، پژوهش‌هایی چند را یادآور شد.

وانگ و یانگ (Wang and Yang, 2014) به ارزیابی انتشار غیرمستقیم کربن در میان خانوارهای روستایی و شهری کشور چین در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۰ پرداختند. در این مطالعه،

1. Food and Agriculture Organization (FAO)
2. Environmental Performance Index (EPI)

از شاخص رد پای بوم‌شناختی و رگرسیون حداقل مربعات جزئی[1] استفاده شد. نتایج مطالعه نشان داد که برای شهرنشینان، شاخص رد پای بوم‌شناختی در خصوص استفاده غیرمستقیم از انرژی در حال افزایش است؛ همچنین، این شاخص از سطح شهرنشینی و درآمد سرانه تأثیر مثبت و از ضریب انگل و شدت انرژی تأثیر منفی می‌پذیرد. در عین حال، برای روستانشینان، شاخص رد پای بوم‌شناختی در حال کاهش است؛ و از ضریب انگل و شدت انرژی تأثیر مثبت و نیز از سطح شهرنشینی و درآمد سرانه تأثیر منفی می‌پذیرد. امامی میبدی و همکاران (Emami Meybodi et al., 2015) به ارزیابی عوامل مؤثر بر تخریب محیط زیست در ایران پرداختند. در این ارزیابی، از شاخص آلودگی آب و روش خودرگرسیون برداری[2] برای برآورد مدل پژوهش استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد که در بلندمدت، رشد اقتصادی و فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی بر انتشار آلودگی آب تأثیر مستقیم دارند، در حالی که آزادسازی تجاری با شاخص آلودگی آب رابطه معکوس از خود نشان داد. شرف‌الدین (Charfeddine, 2017) به بررسی اثرات رشد اقتصادی، مصرف انرژی، باز بودن تجارت، شهرنشینی و توسعه مالی بر تخریب محیط زیست در کشور قطر پرداخت. در این مطالعه، از مدل تصحیح تعادل مارکوف سوئیچینگ[3] و منحنی کوزنتس زیست‌محیطی[4] استفاده شد. نتایج مطالعه نشان داد که باز بودن تجارت و شهرنشینی باعث بدتر شدن رد پای بوم‌شناختی می‌شود؛ با این حال، مصرف برق و توسعه مالی به‌طور مثبت با رد پای بوم‌شناختی و منفی با رد پای کربن بوم‌شناختی و انتشار دی‌اکسید کربن مرتبط است. میرزایی و همکاران (Mirzaei et al., 2018) به بررسی عوامل مؤثر بر تخریب زیست‌محیطی کشورهای منطقه منا[5] پرداختند. در این بررسی، از روش اثرات ثابت پانلی متغیرهای ابزاری[6] استفاده شد. نتایج بررسی نشان داد که میان درآمد سرانه و فشارهای زیست‌محیطی برای کشورهای منطقه منا رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد و این اثر برای کشورهای با درآمد پایین‌تر، بسیار قوی‌تر است. نتایج بررسی کیفیت استانداردها و قوانین موجود برای کشورهای منطقه منا نیز حاکی از اثر مطلوب این شاخص بر محیط زیست بوده و همچنین، افزایش تجارت باعث افزایش فشار بر طبیعت شده است. وانگ و دونگ (Wang and Dong, 2019) به بررسی عوامل اثرگذار بر تخریب محیط زیست در کشورهای جنوب صحرای آفریقا پرداختند. در این پژوهش نیز از شاخص رد پای بوم‌شناختی و روش داده‌های پانلی استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد که رشد

1. Partial Least Square (PLS) Regression
2. Vector Autoregressive (VAR)
3. Markov Switching Equilibrium Correction Model (MS-ECM)
4. Environmental Kuznets Curve (EKC)
5. Middle East and North Africa (MENA)
6. Panel Fixed-Effects Instrumental Variable (IV)

اقتصادی، مصرف انرژی تجدیدناپذیر و شهرنشینی اثرات مثبت بر تخریب محیط زیست در این کشورها از خود نشان می‌دهند؛ در عین حال، اثرات مصرف انرژی تجدیدناپذیر و شهرنشینی بر کاهش تخریب محیط زیست در این کشورها مثبت است، در حالی که مصرف انرژی تجدیدپذیر تأثیر منفی در کاهش تخریب محیط زیست از خود بر جای می‌گذارد. مولایی و همکاران (Molaei et al., 2021)، با استفاده از روش اقتصادسنجی خودتوضیح با وقفه‌های گسترده (خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی)[1] و شاخص رد پای بوم‌شناختی، عوامل مؤثر بر میزان مصرف منابع بوم‌شناختی در ایران را با رویکردهای اقتصادی ارزیابی کردند. نتایج مطالعه نشان داد که درآمد سرانه، آزادسازی تجارت، توسعه بازارهای مالی و شهرنشینی، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت، تأثیر مثبت و معنی‌دار و شاخص توسعه انسانی تأثیر منفی و معنی‌دار بر رد پای بوم‌شناختی سرانه دارند. همچنین، نتایج یادشده فرضیه پناهگاه آلودگی را تأیید کرد. حقیقتیان و همکاران (Haghighatian et al., 2021)، با بهره‌گیری از روش تحقیق پیمایشی و ارزیابی رگرسیونی، به مطالعه عوامل اجتماعی و فرهنگی مؤثر بر تخریب محیط زیست در شهر تهران پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که رابطه متغیرهای طبقه اجتماعی، دانش زیست‌محیطی و سرمایه فرهنگی با متغیر تخریب محیط زیست در شهر تهران ضعیف و معکوس است، در حالی که متغیرهای مصرف‌گرایی و میزان دینداری با تخریب محیط زیست در این شهر رابطهٔ مستثیم، به‌ترتیب، متوسط و ضعیف دارند. احمد و همکاران (Ahmad et al., 2022) به ارزیابی اثرگذاری عوامل مؤثر بر تخریب محیط زیست در کشورهای نوظهور[2] پرداختند. در این مطالعه، از شاخص رد پای بوم‌شناختی به‌عنوان شاخص نمایانگر وضعیت محیط زیست و روش داده‌های پانلی استفاده شد و نتایج بررسی نشان داد که توسعه مالی، با افزایش شاخص رد پای بوم‌شناختی، کیفیت زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد. در عین حال، سرمایه انسانی و کیفیت سازمانی نیز شاخص رد پای بوم‌شناختی را کاهش می‌دهند. افزون بر این، توسعه مالی پایداری زیست‌محیطی را از طریق سرمایه انسانی تقویت می‌کند. در نهایت، نتایج این پژوهش نشان داد که هر سیاست مرتبط با توسعه مالی، سرمایه انسانی و کیفیت سازمانی بر رد پای بوم‌شناختی در کشورهای نوظهور تأثیر می‌گذارد. نظری و کلانتری (Nazari and Kalantari, 2022)، با استفاده از روش توصیفی- تحلیلی و منابع کتابخانه‌ای مرتبط با شاخص رد پای بوم‌شناختی و ظرفیت زیستی زیست‌بوم شهری، عوامل مؤثر بر رد پای بوم‌شناختی شهری شهر ساری را بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که رد پای بوم‌شناختی مصرف در شهر ساری برابر با ۰/۹۴ و ظرفیت زیستی این شهر برابر با ۰/۵۹ هکتار جهانی به ازای هر فرد است که در نتیجه، با مقایسه ظرفیت زیستی

1. Autoregressive Distributed Lag (ARDL)
2. Emerging Countries (E7)

و رد پای بوم‌شناختی شهر ساری، این شهر کمبود بوم‌شناختی دارد و به لحاظ بوم‌شناختی، ناپایدار است. بین ردپاهای محاسبه‌شده در بخش مصرف، حمل‌ونقل بیشترین رد پای بوم‌شناختی را به خود اختصاص داده است. سلیک و آلولا (Celik and Alola, 2023)، با بهره‌گیری از روش میانگین گروهی حداقل مربعات معمولی پویا[1]، به بررسی نقش استانداردهای کار، پیچیدگی اقتصادی و جهانی شدن در کمبود ظرفیت زیستی کشورهای عضو اتحادیه کشورهای جنوب شرق آسیا (آسه‌آن)[2] پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که بهره‌وری نیروی کار، سهم درآمد نیروی کار و جهانی‌سازی کمبود ظرفیت زیستی را با بهبود کیفیت زیست‌محیطی کاهش می‌دهد، در حالی که پیچیدگی اقتصادی کیفیت محیطی منطقه را بدتر می‌کند.

بررسی نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد که می‌توان بسیاری از عوامل اثرگذار بر ظرفیت زیستی در مناطق مختلف ایران و جهان را به‌صورت کلی در دسته‌های اقتصادی، اجتماعی، جمعیت‌شناختی و اقلیمی طبقه‌بندی کرد. با این همه، ارزیابی جهت و میزان اثرگذاری این عوامل در مناطق مختلف با یکدیگر متفاوت است. از این‌رو، ارزیابی اثرگذاری عوامل یادشده در هر منطقه نیازمند انجام پژوهش موردی است. در این خصوص، بررسی نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در ارزیابی عوامل اثرگذار بر ظرفیت زیستی، پرداختن هم‌زمان به عوامل یادشده کمتر مورد توجه پژوهشگران به‌ویژه در داخل کشور قرار گرفته است. همچنین، بر اساس بررسی نتایج این مطالعات، استفاده از روش‌های ارزیابی رگرسیونی در بررسی عوامل اثرگذار بر ظرفیت زیستی و تخریب محیط زیست از مقبولیت قابل توجهی نزد پژوهشگران برخوردار بوده و کاربرد این روش‌ها نتایجی قابل اعتنا به‌دست داده است. از این‌رو، با توجه به آنچه گفته شد، در پژوهش حاضر، به‌عنوان یک مساعدت پژوهشی به ادبیات تحقیق، با لحاظ کردن هم‌زمان شاخص‌های نمایندهٔ وضعیت اقتصادی، اجتماعی، جمعیت‌شناختی و اقلیمی، به تحلیل و ارزیابی عوامل اثرگذار بر ظرفیت زیستی در ایران پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، از شاخص ظرفیت زیستی به‌عنوان متغیر اثرپذیر از عوامل اقتصادی، اجتماعی، جمعیتی و اقلیمی استفاده شده است. شاخص ظرفیت زیستی، با محاسبه میزان تولید زیست‌شناختی زمین و مناطق دریایی در دسترس برای تأمین منابع مصرفی یک جمعیت و جذب زباله‌های آن، با توجه به فناوری و شیوه‌های مدیریتی موجود اندازه‌گیری می‌شود. برای اینکه ظرفیت

1. Dynamic Ordinary Least Squares Mean Group (DOLSMG)
2. Association of Southeast Asian Nations (ASEAN)

زیستی در فضا و زمان قابل مقایسه باشد، نواحی و مناطق مختلف متناسب با بهره‌وری زیست‌شناختی آنها تعدیل می‌شوند و در نهایت، شاخص ظرفیت زیستی بر حسب هکتار زمین قابل بهره‌برداری مطلوب به ازای هر نفر محاسبه می‌شود. برای محاسبه شاخص ظرفیت زیستی بر حسب هکتار، ابتدا بررسی و شناسایی تمامی گونه‌های طبیعی، گیاهی و جانوری موجود در هر منطقه بر اساس مستندات اماری موجود صورت گرفته، تعداد آنها ثبت می‌شود. این محاسبه، افزون بر این، عواملی مانند تولید مواد غذایی، ترسیب کربن و استفاده از منابعی مانند آب و زمین را نیز در نظر می‌گیرد. سپس، بر اساس تحقیقات و اطلاعات علمی موجود، به هر عامل و گونه امتیازی بر اساس اهمیت و تأثیر آن بر زیستگاه و تنوع زیستی اختصاص داده می‌شود. در نهایت، با جمع‌آوری امتیازهای تمام عوامل و گونه‌ها و تقسیم بر تعداد هکتارهای مورد بررسی، محاسبهٔ شاخص ظرفیت زیستی بر حسب هکتار برای هر منطقه صورت می‌کیرد. به‌منظور محاسبه شاخص ظرفیت زیستی، از داده‌های سازمان ملل متحد از جمله آمار منتشرشده توسط سازمان فائو، سازمان تجارت جهانی و آژانس بین‌المللی انرژی استفاده می‌شود. داده‌های تکمیلی مورد نیاز برای محاسبه این شاخص نیز از پژوهش‌های علمی استخراج می‌شود (GFN, 2023).

بر اساس آنچه گفته شد، در بررسی حاضر، شاخص ظرفیت زیستی سرانه در ایران به‌عنوان تابعی از تولید ناخالص داخلی[1] سرانه (شاخص اقتصادی)، شاخص توسعه انسانی[2] (شاخص اجتماعی)، تراکم جمعیت[3] (شاخص جمعیت‌شناختی) و درجهٔ خشکی- رطوبت هوا (شاخص اقلیمی) در نظر گرفته شده است. در رابطه (۱)، رابطه تابعی بین ظرفیت زیستی سرانه در ایران (BIO_t) و عوامل اثرگذار بر آن تصریح شده است:

$$BIO_t = f(GDPP_t, HDI_t, POP_t, DE_t) \qquad (۱)$$

که در آن، $GDPP_t$ تولید ناخالص داخلی سرانه، HDI_t شاخص توسعه انسانی، POP_t تراکم جمعیت و متغیر DE_t شاخص دومارتون[4] (DE_t) است که از آن به‌منظور توضیح‌دهی تأثیرات این عوامل بر ظرفیت زیستی در ایران استفاده شده است. لازم به ذکر است که شاخص دومارتون یک شاخص

1. Gross domestic product (GDP)
2. Human Development Index (HDI)
3. population density
4. De Martonne index

خشکی- رطوبت است که عموماً برای تعیین درجات اقلیمی مناطق به‌کار برده می‌شود. این شاخص از طریق رابطه (۲) محاسبه شده است (Mousavi et al., 2018):

$$DE_t = \frac{P_t}{T_t+10} \quad (۲)$$

که در آن، P_t میانگین بارندگی و T_t میانگین درجه حرارت هوای سالانه در ایران است. افزایش این شاخص به مفهوم افزایش میزان رطوبت و کاهش آن به مفهوم افزایش خشکی در منطقه مورد بررسی است (همان منبع). بزای انجام تحلیل‌های مورد نظر در پژوهش حاضر و برآورد مدل، از روش‌های اقتصادسنجی استفاده شده است. استفاده از روش‌های اقتصادسنجی سنتی (کلاسیک) برای مطالعات تجربی مبتنی بر فرض مانایی[1] متغیرهاست. با این همه، بررسی‌های انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهد که در مورد بسیاری از سری‌های زمانی، این فرض نادرست است و اغلب این متغیرها نامانا هستند. بنابراین، طبق نظریه هم‌جمعی[2] در اقتصادسنجی، ضروری است که از روش‌هایی در برآورد سری‌های زمانی استفاده شود که به مسئله مانایی و هم‌جمعی توجه داشته باشند (Houshmand and Daneshnia, 2012). در روش انگل و گرنجر (Engle and Granger, 1987) به‌عنوان یک روش هم‌جمعی، برآوردهای حاصل در نمونه‌های با حجم کوچک، به‌دلیل در نظر نگرفتن واکنش‌های پویای کوتاه‌مدت موجود بین متغیرها، تورش‌دار است. بنابراین، انجام آزمون فرضیه با استفاده از آماره‌های معمول بی‌اعتبار است (همان منبع). برای برطرف کردن اشکالات موجود، جوهانسون و جوسیلیوس (Johansen and Juselius, 1994) روش برآورد حداکثر راست‌نمایی[3] را برای آزمون هم‌جمعی پیشنهاد می‌کنند. بنابراین، در این شرایط، استفاده از روش اقتصادسنجی خودتوضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) که توسط پسران و شین (Pesaran and Shin, 1999) معرفی شد، به‌عنوان بهترین گزینه موجود مطرح می‌شود که درجه هم‌جمعی متغیرها در برآورد آن دارای اهمیت نیست و تفسیر اثرگذاری متغیرها هم‌زمان در کوتاه‌مدت و بلندمدت نیز از جمله قابلیت‌های این روش محسوب می‌شود (Bagherzadeh and Komijani, 2010). شکل عمومی مدل خودتوضیح با وقفه‌های گسترده را می‌توان به‌صورت رابطه (۳) نشان داد (Jaberi Khosroshahi et al., 2012):

$$\alpha(L,P)Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{k}\beta_i\left(L,q_i\right)X_t^i + \delta W_t + u_t \quad (۳)$$

1. stationarity
2. cointegration theory
3. maximum likelihood rati

که در آن، α مقدار ثابت و Y_t متغیر وابسته یوده و L عملگر وقفه به‌گونه‌ای است که رابطه $L_jY_t = Y_{t-j}$ برقرار باشد؛ همچنین، W_t برداری از متغیرهای قطعی (غیرتصادفی) مانند عرض از مبدأ، متغیرهای مجازی و یا برون‌زا با وقفه ثابت است؛ حروف p و q_i نیز به‌ترتیب، تعداد وقفه‌های به‌کار رفته است. اجزای اساسی رابطه (۳) در قالب روابط (۴) و (۵) ارائه شده است:

$$\alpha(L,P) = 1 - \alpha_1 L - \alpha_2 L^2 - \cdots - \alpha_p L^p \quad (۴)$$

$$\beta\left(L,q_i\right) = 1 - \beta_{i1} L - \beta_{i2} L^2 - \cdots - \beta_{iq} L^q \quad (۵)$$

روابط (۳) تا (۵) با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی[1] برای تمامی مقادیر $p = 0,1,2,\dots,d$ و $q = 0,1,2,\dots,k$ یعنی، به تعداد $(d+1)^{k+1}$ مدل مختلف ARDL تخمین زده می‌شوند. در مرحله اول، تعداد حداکثر وقفه‌ها (d) توسط محققان تعیین می‌شود. در مرحله دوم، تعداد وقفه‌های بهینه برای هر کدام از متغیرهای مورد استفاده با به‌کارگیری یکی از معیارهای شوارتز- بیزین[2]، آکائیک[3] و حنان- کوئین[4] تعیین می‌شود. در مرحله سوم، ضرایب بلندمدت مدل از همان مدل خودتوضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) به‌دست می‌آید (Alipour and Yousefi, 2023). برای آزمون هم‌جمعی میان متغیرهای مورد استفاده و اطمینان از کاذب نبودن رابطه بلندمدت متغیرها، از آزمون کرانه‌ها (آزمون باند)[5] و آماره F استفاده می‌شود (Khan et al., 2019). فرضیه صفر آزمون باند مبتنی بر عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها است و اثبات فرضیه مقابل بر وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها دلالت دارد. در این روش، دو حد بحرانی در جدول F ارائه شده است؛ حد بالایی برای سری‌های زمانی $I(1)$ و حد پایینی برای سری‌های زمانی $I(0)$ در نظر گرفته شده است. چنانچه مقدار آماره F محاسبه‌شده (F_C) مدل تصحیح خطای نامقید از مقدار حد بالایی جدول F بیشتر باشد، فرض عدم رابطه بلندمدت رد می‌شود (Pesaran et al., 2001).

پس از بررسی و مقایسه الگوهای اقتصادسنجی مختلف بر اساس خصوصیات برازش هر کدام از الگوها (جدول ۱)، رابطه (۱) در قالب یک الگوی لگاریتم خطی به‌صورت رابطه (۶) تصریح شد و برآورد آن با استفاده از روش خودتوضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) صورت گرفت:

1. Ordinary Least Square (OLS)
2. Schwartz- Bayesian (SBC)
3. Akaike (AIC)
4. Hannan- Quinn (HQC)
5. bound test

$$Log(BIO_t) = \alpha_0 + \alpha_1.Log(GDPP_t) + \alpha_2.Log(HDI_t) + \alpha_3.Log(POP_t) + \alpha_4.Log(DE_t) \quad (۶)$$

داده‌های مورد نیاز برای دوره زمانی ۲۰۲۰- ۱۹۹۰ بوده که با مراجعه به مراکز آماری مربوط، جمع‌آوری شده است. آمار ظرفیت زیستی سرانه ایران با مراجعه به پایگاه اینترنتی شبکه جهانی رد پا[1]، داده‌های میزان تولید ناخالص داخلی سرانه ایران به قیمت‌های ثابت و شاخص توسعه انسانی با مراجعه به آمارهای بانک جهانی و همچنین، داده‌های تراکم جمعیت با استفاده از داده‌های موجود در وبگاه اینترنتی مرکز آمار ایران و بانک جهانی گردآوری شده و داده‌های میزان بارندگی و درجه حرارت هوا برای محاسبه شاخص دومارتون نیز از طریق مراجعه به بانک اطلاعاتی بانک جهانی به‌دست آمده است. برای برآورد نتایج مورد نظر نیز از نرم‌افزارهای Eviews 12 و Excel 2013 استفاده شده است.

جدول ۱- خصوصیات برازش الگوهای اقتصادسنجی مختلف

مدل	آماره
رگرسیون خطی- خطی	R^2: ۰/۷۳
	F-Stat: ۱۸/۰۶
	D-W Stat: ۲/۳۷
	F_C: ۵/۷۰
	Ramsey RESET Test: ۱/۱۰ Prob: ۰/۲۸
	Serial Correlation Test: ۰/۱۶ Prob: ۰/۶۹
	Heteroskedasticity Test: ۰/۷۷ Prob: ۰/۶۸
	Jarque-Bera: ۱/۰۳ Prob: ۰/۵۹
رگرسیون خطی- لگاریتمی	R^2: ۰/۸۷
	F-Stat: ۲۰/۵۲
	D-W Stat: ۲/۱۱
	F_C: ۴/۹۶
	Ramsey RESET Test: ۰/۷۲ Prob: ۰/۴۸
	Serial Correlation Test: ۰/۱۶ Prob: ۰/۶۹
	Heteroskedasticity Test: ۰/۸۹ Prob: ۰/۵۴
	Jarque-Bera: ۱/۰۸ Prob: ۰/۵۸

1. Global Footprint Network (GFN)

مدل	آماره
رگرسیون لگاریتمی- خطی	R^2: ۰/۸۸
	F-Stat: ۲۵/۲۳
	D-W Stat: ۲/۱۰
	F_C: ۵/۸۶
	Ramsey RESET Test: Prob: ۰/۰۶ ۰/۹۵
	Serial Correlation Test: Prob: ۰/۲۰ ۰/۶۶
	Heteroskedasticity Test: Prob: ۱/۰۴ ۰/۴۳
	Jarque-Bera: ۱/۵۸ Prob: ۰/۴۶
رگرسیون لگاریتمی- لگاریتمی	R^2: ۰/۹۲
	F-Stat: ۱۸/۳۸
	D-W Stat: ۲/۳۷
	F_C: ۶/۵۲
	Ramsey RESET Test: Prob: ۰/۳۶ ۰/۷۲
	Serial Correlation Test: Prob: ۱/۵۶ ۰/۲۳
	Heteroskedasticity Test: Prob: ۰/۵۴ ۰/۸۵
	Jarque-Bera: ۳/۲۳ Prob: ۰/۲۰
رگرسیون درجه دوم	R^2: ۰/۸۸
	F-Stat: ۲۵/۲۲
	D-W Stat: ۲/۱۲
	F_C: ۴/۱۲
	Ramsey RESET Test: Prob: ۰/۳۵ ۰/۷۲
	Serial Correlation Test: Prob: ۰/۲۶ ۰/۶۰
	Heteroskedasticity Test: Prob: ۰/۷۱ ۰/۶۶
	Jarque-Bera: ۰/۸۶ Prob: ۰/۶۴
رگرسیون درجه سوم	R^2: ۰/۸۹
	F-Stat: ۲۴/۴۲
	D-W Stat: ۲/۱۴
	F_C: ۳/۹۵
	Ramsey RESET Test: Prob: ۰/۴۹ ۰/۶۲
	Serial Correlation Test: Prob: ۰/۳۲ ۰/۵۷
	Heteroskedasticity Test: Prob: ۰/۸۳ ۰/۵۷
	Jarque-Bera: ۰/۷۰ Prob: ۰/۷۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج و بحث

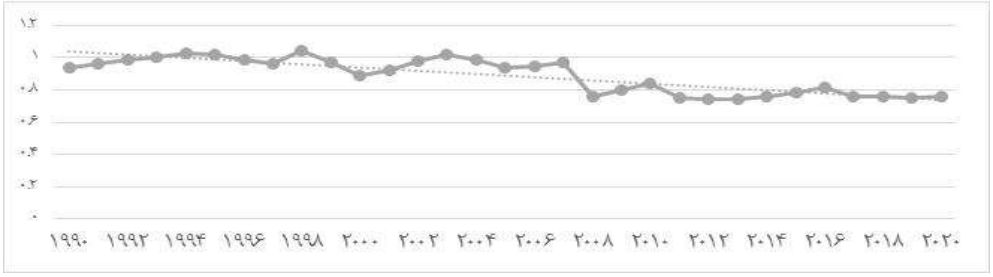
به‌منظور توصیف مناسب‌تر نتایج به‌دست‌آمده، آمار توصیفی داده‌های استفاده‌شده در جدول ۲ آمده است. بر اساس مندرجات این جدول، میانگین ظرفیت زیستی سرانه در ایران در طول دورهٔ مورد نظر در حدود ۰/۹ هکتار بوده است. این رقم در مقایسه با میانگین جهانی در همین دوره (۱/۸ هکتار) نشان می‌دهد که ظرفیت زیستی سرانه در ایران به‌طور متوسط در حدود نصف میانگین جهانی است. بر اساس اطلاعات جدول ۲، بیشترین میزان ظرفیت زیستی سرانه در ایران در حدود ۱/۰۴ هکتار و کمترین میزان آن در حدود ۰/۷۴ هکتار بوده است.

جدول ۲- آمار توصیفی داده‌های مورد نظر در دوره زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۰

متغیر	ظرفیت زیستی سرانه (BIO_t)	شاخص توسعه انسانی (HDI_t)	تولید ناخالص داخلی سرانه ($GDPP_t$)	تراکم جمعیت (POP_t)	شاخص دومارتون (DE_t)
واحد اندازه‌گیری	هکتار	بدون واحد	دلار	نفر/ کیلومتر مربع	میلی‌متر/ سانتی‌گراد
میانگین	۰/۸۹	۰/۷۱	۱۲۷۰۲	۴۳	۷/۹۲
انحراف معیار	۰/۱۱	۰/۰۶	۲۰۳۲	۶	۱/۳۵
بیشینه	۱/۰۴	۰/۷۹	۱۵۳۰۲	۵۲	۱۰/۷۵
کمینه	۰/۷۴	۰/۶۰	۹۴۴۲	۳۳	۵/۱۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش

روند تغییرات ظرفیت زیستی سرانه در ایران نیز که در قالب شکل ۱ آمده، نشان‌دهندهٔ کاهش قابلیت تولیدات زیست‌شناختی در ایران در طول زمان است.



شکل ۱- روند تغییرات ظرفیت زیستی در ایران

به‌منظور برآورد مدل مورد نظر، ابتدا برای جلوگیری از ایجاد رگرسیون کاذب[1]، باید از مانایی متغیرها اطمینان حاصل شود. بدین منظور، در پژوهش حاضر، از آزمون دیکی- فولر تعمیم‌یافته[2] با عرض از مبدأ و در سطح ۹۹ درصد برای انجام آزمون ریشه واحد[3] استفاده شده، که نتایج آن در جدول ۳ آمده است. پس از انجام آزمون ریشه واحد، باید شمار وقفه‌های بهینه برای هر کدام از متغیرهای مورد استفاده، به‌منظور برآورد مدل پویا، از طریق معیارهای مورد نظر تعیین شود. پس از آن، لازم است که نسبت به انجام برآورد مدل مورد نظر و نیز انجام آزمون هم‌جمعی میان متغیرهای مورد استفاده و اطمینان از کاذب نبودن رابطه بلندمدت بین متغیرها اقدام شود.

جدول ۳- نتایج آزمون ریشه واحد

متغیر	آماره آزمون در سطح	آماره آزمون در تفاضل مرتبه اول	ارزش بحرانی	مانایی‌پذیری
LBIO	-۰/۴۸	-۵/۸۴	-۳/۶۹	I(1)
LGDPP	-۱/۶۰	-۴/۹۳	-۳/۶۷	I(1)
LHDI	-۰/۶۹	-۱/۴۷	-۳/۷۲	I(2)
LPOP	-۴/۲۰	-۵/۵۵	-۳/۶۷	I(0)
LDE	-۴/۱۵	-۹/۰۸	-۳/۶۷	I(0)

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج جدول ۳، درجه انباشتگی متغیرهای مورد نظر در پژوهش حاضر که به‌صورت لگاریتمی محاسبه شده‌اند، یکسان نیست و مانایی‌پذیری این متغیرها نیز متفاوت است. بنابراین، به‌منظور برآورد مدل مورد نظر و نیز تفسیر ضرایب متغیرها در کوتاه‌مدت و بلندمدت، استفاده از روش خودتوضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) به‌عنوان روش اقتصادسنجی مورد نظر توجیه‌پذیر است. در جدول ۴، نتایج به‌دست‌آمده از برآورد مدل پویا بر مبنای وقفه‌های بهینه تعیین‌شده برای متغیرهای مورد نظر و نیز نتیجه آزمون کرانه‌ها ارائه شده است. همان‌گونه که در جدول ۴ قابل مشاهده است، مدل ARDL(1, 1, 2, 1, 2) به‌عنوان مدل خودرگرسیونی دارای وقفه بهینه انتخاب شد. نتایج این جدول نشان می‌دهد که مدل برآوردشده دارای خصوصیات برازش مناسب است. در این ارتباط، ضریب تعیین R^2 نشان می‌دهد که متغیرهای مدل در حدود ۹۲ درصد از تغییرات متغیر وابسته را به‌خوبی توضیح می‌دهند. به دیگر سخن، شاخص‌های چهارگانه اقتصادی، اجتماعی، جمعیت‌شناختی و اقلیمی از قابلیت

1. spurious regression
2. Augmented Dickey–Fuller (ADF)
3. unit root test

بسیار بالا در توضیح‌دهی تغییرات ظرفیت زیستی در ایران برخوردارند. همچنین، آماره‌های محاسباتی مربوط به آزمون‌های بعد از برآورد مدل بیانگر خصوصیات مطلوب الگوی برآوردشده است. در این ارتباط، ضریب دوربین واتسون[1] برابر با ۲/۳۷ نشان می‌دهد که خودهمبستگی[2] در مدل وجود ندارد. افزون بر این، سطح احتمال بیش از پنج درصد برای آزمون‌های انتخاب الگوی تبعی[3]، همبستگی سریالی[4]، توزیع جزء اخلال[5] و ناهمسانی واریانس[6] (به‌ترتیب، ۰/۷۲، ۰/۲۳، ۰/۲۰ و ۰/۸۵) نیز نشان می‌دهد که برآورد مدل با خصوصیات برازش مطلوب صورت پذیرفته است. همچنین، معنی‌داری عمده ضرایب رگرسیونی در کنار ضریب تعیین مناسب نشان‌دهندهٔ عدم وجود هم‌خطی در مدل برآوردشده است. افزون بر این، نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که مقدار آماره F_C محاسباتی برابر با ۶/۵۲ است که از مقدار کران بالای این آماره در جدول F در سطح اطمینان ۹۹ درصد (۵/۰۶) بزرگ‌تر است و فرضیه عدم وجود رابطه بلندمدت را به‌صورت قطعی رد می‌کند.

نتایج الگوی پویا در جدول ۴ نشان می‌دهد که با افزایش تولید ناخالص داخلی در هر سال، از میزان ظرفیت زیستی در سال بعد کاسته می‌شود. در عین حال، افزایش تولید ناخالص داخلی در هر سال با رشد ظرفیت زیستی در همان سال همراه است. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که آثار خارجی نامطلوب رشد اقتصادی در ایران تا حدودی از قابلیت جبران شدن توسط همین متغیر برخوردار است. به دیگر سخن، گرچه با افزایش رشد اقتصادی، عوارض مخرب بر محیط زیست و منابع طبیعی تحمیل می‌شود، در عین حال، می‌توان امیدوار بود که سرریزهای مثبت رشد اقتصادی تا اندازه‌ای از میزان این عوارض بکاهد. به دیگر سخن، ابتدا با افزایش رشد اقتصادی فشار بر محیط زیست و منابع طبیعی افزایش می‌یابد؛ اما پس از آن و در دوره بعد، رشد اقتصادی می‌تواند منجر به افزایش تولید و مصرف پایدارتر منابع طبیعی و کاهش فقر و نابرابری اجتماعی شود، که موجبات کاهش فشار بر ظرفیت زیستی را فراهم می‌آورد. از این‌رو، تفکیک اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت رشد اقتصادی بر ظرفیت زیستی مسئله‌ای مهم به‌نظر می‌رسد که در پی، بدان پرداخته می‌شود.

1. Durbin-Watson Statistic (D-W Stat)
2. autocorrelation
3. model specification
4. serial correlation
5. error terms distribution test
6. heteroskedasticity

جدول ۴- نتایج برآورد الگوی پویای ظرفیت زیستی در ایران

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	معنی‌داری
$LBIO(-1)$	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۹۰	۰/۳۸
LGDP	۰/۹۶	۰/۳۲	۳/۰۳	۰/۰۰۷
$LGDP(-1)$	-۰/۹۸	۰/۳۰	-۳/۲۳	۰/۰۰۴
LHDI	-۰/۱۲	۲/۱۸	-۰/۰۵	۰/۹۶
$LHDI(-1)$	-۱/۹۰	۳/۲۳	-۰/۵۹	۰/۵۷
$LHDI(-2)$	۶/۳۲	۲/۴۸	۲/۵۵	۰/۰۲
LPOP	۴/۱۸	۷/۳۸	۰/۵۷	۰/۵۸
$LPOP(-1)$	۳/۸۶	۹/۰۲	۰/۴۳	۰/۶۷
$LPOP(-2)$	-۱۱/۳۰	۵/۲۷	-۲/۱۵	۰/۰۵
LDE	۰/۱۲	۰/۰۶	۱/۹۲	۰/۰۷
$LDE(-1)$	۰/۱۶	۰/۰۷	۲/۳۵	۰/۰۳
C	۵/۶۴	۲/۳۶	۲/۳۹	۰/۰۳
D-W Stat: ۲/۳۷	Fc: ۶/۵۲		F-Stat: ۱۸/۳۸	R^2: ۰/۹۲
Jarque-Bera : ۳/۲۳ Prob: ۰/۲۰	Heteroskedasticity Test: ۰/۵۴ Prob: ۰/۸۵		Serial Correlation Test: ۱/۵۶ Prob: ۰/۲۳	Ramsey RESET Test: ۰/۳۶ Prob: ۰/۷۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج الگوی پویا، همچنین، نشان می‌دهد که شاخص توسعه انسانی با دو وقفه تأثیر مثبت بر افزایش ظرفیت زیستی در ایران خواهد داشت. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که افزایش توسعه انسانی با تمرکز ویژه بر سه متغیر درآمد، آموزش و بهداشت (امید به زندگی) می‌تواند در راستای حفظ و ارتقای توسعه زیستی در ایران ایفای نقش کند، اگرچه باید آثار توسعه انسانی بر ظرفیت زیستی در ایران در کوتاه‌مدت و بلندمدت نیز به‌تفکیک ارزیابی شود. برخلاف شاخص توسعه انسانی، نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که افزایش تراکم جمعیت در ایران با وقفه‌ای دوساله منجر به کاهش ظرفیت زیستی می‌شود. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که فشار جمعیتی بیشتر در ایران هم‌راستا با فشار بر منابع موجود و متضاد با حراست از ظرفیت زیستی است. در عین حال، در خصوص متغیر تراکم جمعیت نیز باید آثار این متغیر بر ظرفیت زیستی در کوتاه‌مدت و بلندمدت تجزیه‌وتحلیل شود. در نهایت، نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که با افزایش شاخص خشکی- رطوبت دومارتون که به مفهوم بهبود شرایط اقلیمی است، بر ظرفیت زیستی در ایران افزوده می‌شود. از این‌رو، اثرپذیری مثبت ظرفیت زیستی در کشور از بهبود شرایط اقلیمی به‌وضوح به اثبات می‌رسد. در ادامه، نتایج برآورد الگوی کوتاه‌مدت و تصحیح خطا در قالب جدول

۵ ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ۵، مشاهده می‌شود که در کوتاه‌مدت، با افزایش تولید ناخالص داخلی در ایران، بر میزان ظرفیت زیستی افزوده می‌شود، به‌گونه‌ای که با هر یک درصد افزایش در تولید ناخالص داخلی، ظرفیت زیستی در حدود ۰/۹۶ درصد در ایران افزایش می‌یابد. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که با افزایش تولید ناخالص داخلی، احتمال ایجاد شغل‌های جدید و افزایش درآمد جامعه افزایش می‌یابد، که می‌تواند به بهبود شرایط زندگی و کاهش فشار بر منابع طبیعی کمک کند. همچنین، افزایش تولید ناخالص داخلی می‌تواند باعث بهبود زیرساخت‌ها و افزایش سرمایه‌گذاری در صنایع مختلف شود، که خود می‌تواند به بهبود ظرفیت زیستی یاری رساند.

جدول ۵- نتایج برآورد الگوی کوتاه‌مدت ظرفیت زیستی در ایران

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	معنی‌داری
$D(LGDP)$	۰/۹۶	۰/۳۲	۳/۰۳	۰/۰۱
$D(LHDI)$	-۰/۱۲	۲/۱۸	-۰/۰۵	۰/۹۶
$D(LHDI(-1))$	-۶/۳۲	۲/۴۸	-۲/۵۵	۰/۰۲
$D(LPOP)$	۴/۱۸	۷/۳۸	۰/۵۷	۰/۵۸
$D(LPOP(-1))$	۱۱/۳۰	۵/۲۷	۲/۱۵	۰/۰۵
$D(LDE)$	۰/۱۲	۰/۰۶	۱/۹۲	۰/۰۷
$ECM(-1)$	-۰/۸۴	۰/۱۷	-۴/۹۲	۰/۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج جدول ۵، همچنین، مشاهده می‌شود که با افزایش تراکم جمعیت، بر سرانه ظرفیت زیستی در ایران افزوده می‌شود. در این خصوص، می‌توان پذیرفت که افزایش تراکم جمعیت منجر به افزایش نیازهای زندگی مانند غذا، آب، انرژی و فضای سکونت می‌شود. این نیازها، به‌دلیل وجود جمعیت بیشتر، به‌طور طبیعی، منجر به افزایش ظرفیت زیستی می‌شود. در این ارتباط، نکته مهمی که باید یادآور شد، این است که علی‌رغم وجود همه تهدیدهای موجود که در ارتباط با کاهش میزان ظرفیت زیستی وجود دارد، ابزارها و روش‌هایی برای افزایش ظرفیت زیستی نیز وجود دارد که از طریق بهره‌وری زیستی[1] بدان می‌کند، که از آن جمله می‌توان به احیای جنگل‌ها، مدیریت خاک، مدیریت آب و انرژی و کشاورزی ارگانیک اشاره کرد. بر این اساس، با استفاده از این ابزار و روش‌ها، می‌توان با صرفه‌جویی در مصرف منابع زیستی و افزایش قابلیت‌های زیست‌بوم‌ها، تا حدودی از شدت کاهش

1. bio-productivity

ظرفیت زیستی کم کرد. در ایران نیز همچون بسیاری از کشورهای جهان، در طول زمان، اقداماتی در این خصوص در حوزه‌های مختلف انجام شده است. در جدول ۶، بخشی از این اقدامات انجام‌شده آمده است.

جدول ۶- برخی از اقدامات انجام‌شده در راستای ارتقای ظرفیت زیستی در ایران

اقدام انجام‌شده	بازه زمانی	متوسط رشد سالانه (درصد)	مرجع
افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر (بیوماس جامد و بیوگاز)	۲۰۱۷- ۲۰۰۱	۵۵	وزارت نیرو
افزایش تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری	۲۰۱۸- ۱۹۸۹	۴۱	شرکت آب و فاضلاب کشور
جنگل‌کاری	۲۰۱۸- ۱۹۸۱	۶۹	سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری
تولید آبزیان پرورشی	۲۰۱۵- ۱۹۹۶	۵۵	مرکز آمار ایران
افزایش راندمان آبیاری	۲۰۱۳- ۱۹۹۶	۱	مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
افزایش اراضی کشاورزی ارگانیک	۲۰۱۹- ۲۰۰۰	۵۱۵	سازمان فائو

مأخذ: یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، بیشتر اقدامات مورد نظر در راستای افزایش ظرفیت زیستی در ایران به‌ویژه در سه دهه اخیر با رشد بسیار چشمگیر به انجام رسیده است. در این ارتباط، آمارهای وزارت نیرو نشان می‌دهد که سهم انرژی‌های تجدیدپذیر (بیوماس و بیوگاز) در سبد انرژی کشور از رقم ۰/۰۲ درصد در سال ۲۰۰۱ به رقم ۰/۲۸ درصد در سال ۲۰۱۷ افزایش یافته است. همچنین، تعداد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری در کشور در بازه زمانی یادشده از رقم پانزده واحد به رقم ۱۹۵ واحد رسیده است. مساحت جنگل‌کاری در کشور نیز در همین بازه زمانی از رقم حدود ۱۶۸۲ هکتار در سال به رقم حدود ۳۲۳۰۰ هکتار افزایش یافته است. افزون بر این، تولید آبزیان پرورشی در بازه زمانی یادشده از حدود ۲۹۹۷۹ تن به حدود ۳۴۳۶۵۳ تن رسیده است. در خصوص راندمان آبیاری نیز باید یادآور شد که در طول همین دوره، این راندمان از رقم ۲۷ به ۴۴ درصد ارتقا یافته است. در نهایت، آمار موجود در خصوص کشاورزی ارگانیک در ایران نشان می‌دهد که سطح زیر کشت محصولات ارگانیک، علی‌رغم نوسان‌های جزئی، از حدود ۵۷ هکتار در سال ۲۰۰۰ به حدود ۱۱۹۱۵

هکتار در سال ۲۰۱۹ افزایش یافته است. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که بیشتر اقدامات مختلف انجام‌شده در طول زمان در راستای حفظ و ارتقای ظرفیت زیستی در کشور در کوتاه‌مدت به ارتقای رشد اقتصادی و سازگاری با تراکم جمعیت کمک کرده است. با این همه، توجه به چگونگی اثرگذاری این دو متغیر بر ظرفیت زیستی در بلندمدت نیز بسیار حائز اهمیت است. علاوه بر آنچه گفته شد، نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت، با افزایش شاخص توسعه انسانی، از میزان ظرفیت زیستی در کشور کاسته می‌شود. در تفسیر این مطلب، باید اشاره کرد که استفاده بیشتر از منابع طبیعی مانند آب، خاک و هوا در مسیر نیل به اهداف توسعه انسانی از جمله سرمایه‌گذاری در حوزه‌های بهداشت و آموزش در کوتاه‌مدت منجر به خرابی و آسیب به محیط زیست می‌شود. از این‌رو، نتایج پژوهش حاضر نتایج مطالعه مولایی و همکاران (Molaei et al., 2021) را تأیید می‌کند، گرچه باید اثرات سرمایه‌گذاری در این حوزه‌ها در بلندمدت نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. بر اساس اطلاعات جدول ۵، همچنین، مشاهده می‌شود که با افزایش شاخص دومارتون و بهبود شرایط اقلیمی در کشور، بر میزان ظرفیت زیستی افزوده می‌شود، به‌گونه‌ای که با هر یک درصد افزایش در شاخص دومارتون، ۰/۱۲ درصد به میزان ظرفیت زیستی در ایران افزوده می‌شود. از این‌رو، به‌صورت طبیعی، می‌توان انتظار داشت که با بهبود شرایط اقلیمی، منابع طبیعی و زیستی فراوان‌تر در دسترس جامعه قرار داشته باشد. افزایش منابع گیاهی و جانوری و افزایش دسترسی به آب‌وهوای سالم از جمله مواردی است که می‌تواند ظرفیت زیستی را در کشور تقویت کند.

افزون بر این، نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که ضریب تصحیح خطا مقداری منفی و در بازه صفر و منفی یک است و از نظر آماری، معنی‌دار به‌دست آمده، این نکته بیانگر پویایی ظرفیت زیستی در ایران از کوتاه‌مدت به سمت بلندمدت است. بر این اساس، روند تصحیح خطا از کوتاه‌مدت به بلندمدت با سرعتی معادل ۰/۸۴ اتفاق می‌افتد و در حدود ۱/۲ سال به طول می‌انجامد. به دیگر سخن، در هر سال، به میزان ۰/۸۴ از عدم تعادل کوتاه‌مدت برای دستیابی به تعادل بلندمدت تعدیل می‌شود. در سایر مطالعات نیز از جمله در مطالعات پارساشریف و همکاران (Parsasharif et al., 2021) مبنی بر بررسی عوامل مؤثر بر رد پای بوم‌شناختی در کشورهای منتخب اوراسیا و نیز ترازکار و همکاران (Tarazkar et al., 2019) مبنی بر بررسی اثر رشد اقتصادی بر پایداری محیط زیست در ایران، به‌ترتیب، ضریب تصحیح خطای ۰/۵۷- و ۰/۸۴- مؤید انجام تعدیلات کوتاه‌مدت برای دستیابی به تعادل بلندمدت زیستی در بازه زمانی کمتر از دو سال است. در مطالعه‌ای دیگر، اسداله و همکاران (Ullah et al., 2023) نیز در بررسی آثار عوامل مؤثر بر رد پای بوم‌شناختی کشور ترکیه، ضریب تصحیح خطا را عدد ۰/۶۸- محاسبه کردند. با این توضیحات، نتایج برآورد الگوی بلندمدت ظرفیت زیستی در ایران در قالب جدول ۷ ارائه شده است.

بر اساس اطلاعات این جدول، مشاهده می‌شود که افزایش تولید ناخالص داخلی در بلندمدت دارای تأثیر منفی بر ظرفیت زیستی در ایران است؛ البته، این تأثیر از نظر آماری معنی‌دار نیست. از این‌رو، می‌توان پذیرفت که تأثیرات مثبت رشد اقتصادی بر ظرفیت زیستی در ایران صرفاً به دوره‌های کوتاه‌مدت محدود می‌شود. در نتیجه، می‌توان گفت که رشد اقتصادی در بلندمدت ممکن است تأثیرات منفی بر ظرفیت زیستی داشته باشد، زیرا منجر به مصرف بیشتر منابع طبیعی، آلودگی محیط زیست، کاهش تنوع زیستی و تخریب منابع طبیعی می‌شود، که خود می‌تواند به کاهش آب‌وهوای پاک، کاهش تولید محصولات غذایی و افزایش مشکلات زیست‌محیطی و در نتیجه، به کاهش ظرفیت زیستی بینجامد. بنابراین، نتایج پژوهش حاضر نتایج مطالعه اسداله و همکاران (Ullah et al., 2023) مبنی بر تأثیر بلندمدت مثبت رشد اقتصادی بر ظرفیت زیستی را تأیید نمی‌کند، گرچه نتایج کوتاه‌مدت پژوهش حاضر مبنی بر تأثیر مثبت رشد اقتصادی بر ظرفیت زیستی هم‌راستا با نتایج آن مطالعه مبنی بر تأثیر کوتاه‌مدت رشد اقتصادی بر رد پای بوم‌شناختی است. همچنین، بر اساس اطلاعات جدول ۷، مشاهده می‌شود که افزایش تراکم جمعیت در بلندمدت بر ظرفیت زیستی سرانه به‌صورت منفی اثرگذار است و افزایش تراکم جمعیت در بلندمدت از میزان ظرفیت زیستی در ایران می‌کاهد. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که در بلندمدت و با افزایش مداوم فشار جمعیت بر منابع طبیعی، کاهش منابع آبی، افزایش آلودگی هوا و آب، کاهش زمین‌های کشاورزی تنزیل ظرفیت زیستی در کشور را به‌همراه خواهد داشت. بنابراین، نتایج پژوهش حاضر نتایج مطالعه ترازکار و همکاران (Tarazkar et al., 2019) مبنی بر تأثیر بلندمدت رشد تراکم جمعیت بر رد پای بوم‌شناختی در ایران را تأیید نمی‌کند. بنابراین، چنان‌که استنباط می‌شود، بسیاری از اقدامات انجام‌گرفته در راستای ارتقای ظرفیت زیستی در ایران که آثار منفی تراکم جمعیت و رشد اقتصادی را نیز تعدیل می‌کنند، در دوره‌های کوتاه‌مدت، اثربخشی مطلوب دارند. با این همه، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مشاهده می‌شود که علی‌رغم دوره‌های کوتاه‌مدت، در بلندمدت، با افزایش شاخص توسعه انسانی، بر میزان ظرفیت زیستی در ایران افزوده می‌شود. بنابراین، نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه عرب و همکاران (Arab et al., 2023) مبنی بر اثرگذاری مثبت توسعه انسانی بر پایداری زیستی کشورهای صادرکننده نفت مطابقت می‌کند. بنابراین، چنین استنباط می‌شود که تمرکز بر اجزای توسعه انسانی به‌ویژه در ابعاد آموزشی در بلندمدت منجر به ارتقای ظرفیت زیستی در کشور می‌شود. از این‌رو، می‌توان پذیرفت که سرمایه‌گذاری در زمینهٔ آموزش در بلندمدت به پایداری زیستی در کشور خواهد انجامید.

جدول ۷- نتایج برآورد الگوی بلندمدت ظرفیت زیستی در ایران

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	معنی‌داری
LGDP	-۰/۰۲	۰/۲۵	-۰/۰۷	۰/۹۴
LHDI	۵/۱۰	۲/۳۶	۲/۱۶	۰/۰۵
LPOP	-۳/۸۷	۱/۴۳	-۲/۷۱	۰/۰۲
LDE	۰/۳۳	۰/۱۲	۲/۸۰	۰/۰۱
C	۶/۶۸	۲/۸۹	۲/۳۱	۰/۰۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

افزون بر این، نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که در بلندمدت نیز با افزایش شاخص دومارتون، بر میزان ظرفیت زیستی در کشور افزوده می‌شود. از این‌رو، مشاهده می‌شود که بهبود شرایط اقلیمی در کوتاه‌مدت و بلندمدت باعث ارتقای ظرفیت زیستی در کشور می‌شود. در این خصوص، نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که تأثیرات مثبت بهبود شرایط اقلیمی در بلندمدت از کوتاه‌مدت بیشتر است، چراکه به‌صورت طبیعی، این تأثیرات حاصل تجمیع آثار کوتاه‌مدت است. به دیگر سخن، با بهبود شرایط اقلیمی، اثرات مثبت آن به‌صورت تجمیعی و پایدار در طولانی‌مدت ادامه پیدا می‌کند. برای نمونه، افزایش جریان آب در رودخانه‌ها به‌دلیل بارش‌های بیشتر می‌تواند بهبود کشاورزی و تأمین آب آشامیدنی در مناطق خشک‌تر را به‌همراه داشته باشد. این تأثیرات مثبت به‌صورت مداوم و پایدار در طولانی‌مدت ادامه می‌یابد و از این‌رو، تأثیرات بلندمدت از کوتاه‌مدت بیشتر است. بنابراین، چنین استنباط می‌شود که بروز خشکسالی‌های پی در پی در کشور نیز در بلندمدت، آثار زیانبار تجمع‌یافته بر ظرفیت زیستی بر جای خواهد گذاشت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعهٔ حاضر، به ارزیابی اثرگذاری عوامل اقتصادی، اجتماعی، جمعیت‌شناختی و اقلیمی بر ظرفیت زیستی در ایران پرداخته شد. نتایج مطالعه نشان داد که در کوتاه‌مدت، با افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه، بر میزان ظرفیت زیستی سرانه در ایران افزوده می‌شود. با این همه، در بلندمدت، افزایش تولید ناخالص داخلی تأثیر معنی‌دار بر ظرفیت زیستی ندارد. افزون بر این، در کوتاه‌مدت، با افزایش تراکم جمعیت، بر میزان ظرفیت زیستی سرانه در کشور افزوده می‌شود. با این همه، افزایش تراکم جمعیت در بلندمدت منجر به کاهش ظرفیت زیستی می‌شود. نتایج مطالعهٔ حاضر در خصوص عوامل ارتقای ظرفیت زیستی نشان می‌دهد که در طول زمان، اقدامات مختلف از جمله افزایش سهم انرژی‌های

تجدیدپذیر، افزایش تعداد تصفیه‌خانه‌های آب شهری، احیای جنگل‌ها و رشد کشاورزی ارگانیک انجام شده است. از این‌رو، تحلیل نتایج مطالعهٔ حاضر نشان می‌دهد که این اقدامات در کوتاه‌مدت باعث مهار و جلوگیری از آثار مخرب زیستی رشد اقتصادی و افزایش جمعیت شده است. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که تداوم و توالی این اقدامات در بلندمدت نیز می‌تواند در بهبود شرایط زیستی در کشور مساعدت کند. بنابراین، حفظ و ارتقای اقدامات مؤثر در راستای ارتقای ظرفیت زیستی در ایران اولین پیشنهاد مورد تأکید در مطالعهٔ حاضر است. بر اساس نتایج مطالعه، علاوه بر این، مشخص شد که با افزایش شاخص توسعه انسانی، در کوتاه‌مدت، از میزان ظرفیت زیستی سرانه در ایران کاسته می‌شود. با این همه، در بلندمدت، با افزایش شاخص توسعه انسانی، بر ظرفیت زیستی در کشور افزوده می‌شود. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که تمرکز بر ابعاد کمی بهداشت و آموزش در کوتاه‌مدت منجر به تنزیل ظرفیت زیستی در ایران شده است. در عین حال، علی‌رغم تأثیر نامطلوب رشد تولید و درآمد ملی در بلندمدت، توسعه کمی و کیفی ظرفیت‌های بهداشتی و آموزشی در بلندمدت و افزایش امید به زندگی و ارتقای دانش‌های عمومی در زمینه محیط زیست، در نهایت، منجر به توسعه زیستی در کشور شده است. از این‌رو، بهره‌گیری بیش از پیش از ظرفیت‌های آموزشی در کشور به‌منظور مدیریت هرچه مطلوب‌تر شرایط زیستی پیشنهاد مورد تأکید دیگر در مطالعهٔ حاضر است. همچنین، به‌نظر می‌رسد که با افزایش امید به زندگی در کشور، می‌توان در زمینه مدیریت چالش‌های زیستی به‌صورت مؤثرتر اقدام کرد. علاوه بر آنچه گفته شد، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مشاهده می‌شود که با بهبود شرایط اقلیمی و کاهش درجه خشکی هوا در کشور در کوتاه‌مدت و بلندمدت، بر میزان ظرفیت زیستی افزوده می‌شود. از این‌رو، به‌صورت طبیعی، می‌توان پذیرفت که با کاربرد راهبردهای مقابله با تغییر اقلیم، مسیر ارتقای ظرفیت زیستی در کشور هموارتر خواهد شد.

منابع

1. Ahmad, M., Ahmed, Z., Yang, X., Hussain, M., & Sinha, A. (2022). Financial development and environmental degradation: Do human capital and institutional quality make a difference? *Gondwana Research, 105*, 299-310. DOI: 10.1016/j.gr.2021.09.012.
2. Alipour, A., & Yousefi, A. (2023). Investigating the effect of expanding the degree of trade openness of the agricultural sector on rural unemployment in Iran. *Agricultural Economics*, *17*(1), 55-78. DOI: 10.22034/iaes.2023.563133.1953. [In Persian]

3. Arab, M., Damankeshideh, M., Jafari Samimi, A., Daghighi Asli, A., & Esmaeilzadeh Maghari, A. (2023). The impact of human development on environmental sustainability in selected oil exporting countries. *Computational Economics*, *2*(1), 25-48. DOI: 10.22111/ijbds.2022.7435. [In Persian]
4. Bagherzadeh, A., & Komijani, A. (2010). The analysis of the domestic and international R&D impact of agricultural TFP in Iran. *Quartery Journal of Economic Modeling*, *4*(11), 93-119. [In Persian]
5. Celik, A., & Alola, A. A. (2023). Examining the roles of labor standards, economic complexity, and globalization in the bio-capacity deficiency of the ASEAN countries. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, *30*(5), 591-604. DOI: 10.1080/13504509.2023.2172475.
6. Charfeddine, L. (2017). The impact of energy consumption and economic development on Ecological Footprint and CO2 emissions: evidence from a Markov Switching Equilibrium Correction Model. *Energy Economics*, *65*, 355-374. DOI: 10.1016/j.eneco.2017.05.009.
7. Emami Meybodi, A., Khorsandi, M., & Morshedi, B. (2015). Study of effective factors on environmental degradation by using water pollution: a case study of Iran. *Quarterly Journal of Applied Economics Studies in Iran*, *4*(13), 69-84. [In Persian]. DOR: 20.1001.1.23222530.1394.4.13.5.2.
8. Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, 251-276. DOI: 10.2307/1913236.
9. GFN (2023). Estimating the date of earth overshoot day 2023. Global Footprint Network (GFN), Switzerland. Available at https://www.overshootday.org
10. Ghaderi, F., & Azizi, M. (2016). Investigating the role of biological capacity in sustainable development: a case study of Iran. The Third Scientific Research Conference of New Horizons in the Sciences of Geography and Architectural Planning and Urban Planning of Iran, Tehran, Iran. [In Persian]

11. Haghighatian, M., Hosseini, F., & Hashemianfar, S. A. (2021). A study of cultural and social factors affecting environmental degradation (case of study: the youth of the city of Tehran). *Journal of Economic and Environmental Sociology*, *10*(2), 259-278. DOI: 10.22034/jeds.2021.46534.1533. [In Persian]
12. Houshmand, M., & Daneshnia, M. (2012). Impact of financial development on economic growth in Iran. *Journal of Monetary & Financial Economics*, *18*(2), 45-61. DOI: 10.22067/pm.v18i2.27610. [In Persian]
13. Jaberi Khosroshahi, N. Mohamadvand Nahidi, M. R., & Noroozi, D. (2012). The effect of financial development on income inequality in Iran. *Iranian Journal of Economic Growth and Development Research*. *2*(6), 173-208.
14. Johansen, S., & Juselius, K. (1994). Identification of the long-run and the short-run structure: an application to the ISLM model. *Journal of Econometrics*, 7-36. DOI: 10.1016/0304-4076(93)01559-5.
15. Khan, M. K., Teng, J. Z. H., & Khan, M. I. (2019). Cointegration between macroeconomic factors and the exchange rate USD/CNY. *Financial Innovation*, *5*(5), 1-15. DOI: 10.1186/s40854-018-0117-x.
16. Lin, D., Wambersie, L., & Wackernagel, M. (2023). Estimating the date of earth overshoot day 2023. Nowcasting the World's Footprint & Biocapacity for 2023. Global Footprint Network (GFN).
17. Miri Qalen-No, M., Eldermi, A. R., Nouri, H., & Mirsanjari, M. M. (2019). Evaluation of the capacity of biological and ecological footprint in Mashhad city. *Environmental Researches*, *9*(18), 77-88. DOR: 20.1001.1.20089597.1397.9.18.7.6. [In Persian]
18. Mirzaei, A., Dehghanpour, H., Bakhshoodeh, M., & Jamshidi, S. (2018). Factor affecting disinvestment in environmental protection of MENA countries (panel data instrumental variables method). *Environmental Economics and Natural Resources*, *1*(1), 95-110. DOI: 10.22054/eenr.2015.7000. [In Persian]
19. Molaei, M., Besharat, E., & Mohammadi, M. (2021). Factors affecting the consumption of ecological resources in Iran using economic approach.

Journal of Environmental Science and Technology (JEST), *22*(8), 377-388. [In Persian].

20. Mousavi, S. H., Alipour, A., & Arjomandi, A. (2018). The role of climatic distinctions in the growth process of agricultural sector in Iran. *Journal of Agricultural Economics and Development*, *26*(2), 1-29. DOI: 10.30490/aead.2018.73545. [In Persian]
21. Nazari, M., & Kalantari, M. (2023). Assessing the level of sustainability of urban development with the ecological footprint approach: a case study of Sari County. *Geography and Environmental Planning*, *34*(2), 1- 4. DOI: 10.22108/gep.2022.133118.1506. [In Persian]
22. Parsasharif, H., Amirnejad, H., & Taslimi, M. (2021). Investigating and determining the factors affecting the ecological footprint of selected Asian and European countries. *Agricultural Economics Research*, *13*(2), 155-172. DOR: 20.1001.1.20086407.1400.13.2.8.9. [In Persian]
23. Pesaran, M. H., & Shin, Y. (1999). An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis. In: S. Strom (ed.) Econometrics and economic theory in the 20th century: the Ragnar Frisch Centennial Symposium, Cambridge University Press, Cambridge. DOI: 10.1017/CCOL521633230.011.
24. Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Economics*, *16*(3), 289-326. DOI: 10.1002/jae.616.
25. Tarazkar, M., Ghorbanian, E., & Bakhshoodeh, M. (2019). The effect of economic growth on environmental sustainability in Iran: application of ecological footprint. *Environmental Economics and Natural Resources*, *2*(3), 51-70. DOI: 10.22054/eenr.2017.9067. [In Persian]
26. Ullah, A., Tekbas, M., & Dogan, M. (2023). The impact of economic growth, natural resources, urbanization and biocapacity on the ecological footprint: the case of Turkey. *Sustainability*, *15*(17), 1-15. DOI: 10.3390/su151712855.

27. Wang, J., & Dong, K. (2019). What drives environmental degradation? Evidence from 14 Sub-Saharan African countries. *Science of the Total Environment*, *656*(15), 165-173. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.354.
28. Wang, Z., & Yang, L. (2014). Indirect carbon emissions in household consumption: evidence from the urban and rural area in China. *Journal of Cleaner Production*, *78*(1), 94-103. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.04.041.