زودآیند ویرایش نشده

Evaluation of the effects of economic, social, demographic, and climatic factors on biological capacity in Iran

Alireza Alipour[1]

Extended Abstract

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 in recent years. Reduction of water resources, soil erosion, air pollution and energy shortage crisis are among the most important. 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 have been analyzed and evaluated.

Materials and Methods

In this research, Iran's per capita bio-capacity index is a function of various economic, social, demographic and climatic factors, including GDP, human development index, population density and de-Martone index. For the purpose, the annual time series statistics of 1990-2020 and the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) approach were used. Then, the desired analyzes were performed for short-run and long-run time periods and the results were compared.

Results and Discussion

[1] - Assistant Professor, Department of Rural Development, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (Corresponding Author: a.alipour@iut.ac.ir).

The results showed that in the short-run, with the increase of GDP per capita, the amount of biological capacity per capita increases in Iran. However, in the long-run, the increase in GDP does 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 increases in the short-run and decreases 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 increases with the increase of the human development index. In addition, reduction of the degree of dryness of the air and improving the climatic conditions in the short and long run leads 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 accepted that investing in education in the long-run will lead to biological sustainability in the country.

Conclusions

The analysis of the results of this study shows that the actions taken regarding the promotion of biological capacity in the short-run have 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. Therefore, maintaining and promoting effective measures to improve biological capacity in Iran is the first suggestion emphasized in this study. Based on the results of this study, it was also found that increasing the human development index in the short-run reduces the amount of bio-capacity per capita in Iran. Nevertheless, in the long-term, the biological capacity in the country increases with the increase of the 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 promotion of 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

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

علیرضا علی پور*[1]

چکیده

بخش عمده‌ای از منابع طبیعی کره زمین را منابعی با ویژگی تجدیدپذیری محدود تشکیل می‌دهند. از این‌رو، ظرفیت منابع زیستی و اکوسیستم‌های موجود برای حمایت و پشتیبانی از حیات انسان‌ها محدود است. در این پژوهش به ارزیابی اثرگذاری عوامل اقتصادی، اجتماعی، جمعیت‌شناختی و اقلیمی بر ظرفیت زیستی در ایران پرداخته شد. به این منظور، از روش خودتوضیح با وقفه‌های گسترده و داده‌های سری زمانی سالیانه ۲۰۲۰-۱۹۹۰ استفاده شد. نتایج نشان داد که در کوتاه‌مدت با افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه بر میزان ظرفیت زیستی سرانه در ایران افزوده می‌شود. با این وجود، 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. علیرغم این مطلب، بر اساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که بر خلاف دوره‌های کوتاه‌مدت، در بلندمدت با افزایش شاخص توسعه انسانی بر میزان ظرفیت زیستی در ایران افزوده می‌شود. علاوه‌براین، کاهش درجه خشکی هوا و بهبود شرایط اقلیمی در کوتاه‌مدت و بلندمدت منجر به ارتقای ظرفیت زیستی در کشور می‌شود. در نهایت، پیشنهاد شد که انجام اقدامات مختلف انجام شده در جهت افزایش ظرفیت زیستی در کشور از جمله افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر، افزایش تعداد تصفیه‌خانه‌های آب شهری، احیای جنگل‌ها و رشد کشاورزی ارگانیک در بلندمدت تداوم یابد. علاوه‌براین، بهره‌گیری بیش از پیش از ظرفیت‌های آموزشی در کشور به منظور توسعه دانش‌های عمومی در زمینه مدیریت هرچه مطلوب‌تر شرایط زیستی به عنوان پیشنهاد دیگر این مورد مطالعه مورد اشاره قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت زیستی، رشد اقتصادی، شاخص توسعه انسانی، روش خودتوضیح با وقفه‌های گسترده، ایران

طبقه‌بندی JEL: C32, P18, Q56

مقدمه

[1] - استادیار گروه توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. (نویسنده مسئول مکاتبات: Email: a.alipour@iut.ac.ir)

ظرفیت زیستی[1] به مجموعه منابع طبیعی و اکوسیستم‌ها اشاره دارد که برای تأمین نیازهای مختلف زندگی انسان‌ها و سایر موجودات زنده ضروری است. ظرفیت منابع طبیعی و اکوسیستم‌های کره زمین برای حمایت و پشتیبانی از حیات انسان‌ها محدود است؛ زیرا بخش عمده‌ای از منابع طبیعی کره زمین را منابعی با ویژگی تجدیدپذیری محدود (مانند منابع آب شیرین، خاک حاصلخیز کشاورزی، جنگل، بیابان‌ها، مراتع، کوهستان، دریا و غیره) تشکیل می‌دهند که میزان استفاده مجاز از این منابع، حداکثر تا حد تجدیدپذیری آن‌ها می‌باشد (Global Footprint Network, 2023). لذا، حفظ و مدیریت صحیح این منابع برای حفظ ظرفیت زیستی اهمیتی بسیار دارد. با این وجود، رشد جمعیت جهان و رشد سریع فعالیت‌های اقتصادی سبب فشار محیط زیستی 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 زاید، تغییر کاربری زمین، آلودگی آب و بسیاری از مسائل دیگر موضع پایداری شهرها و روستاها را تهدید می‌کنند (Miri Ghalenou et al., 2019).

در این رابطه، بررسی منابع اطلاعاتی موجود نشان می‌دهد که از پیدایش تمدن بشری تا میانه قرن بیستم میلادی، منابع محیط زیستی 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 اکولوژیکی شده است (Ghaderi and Azizi, 2016). این مهم به این علت اتفاق می‌افتد که دو مفهوم رد پای اکولوژیک[2] و ظرفیت زیستی دارای ارتباط تنگاتنگ با یکدیگر هستند؛ به گونه‌ای که با افزایش رد پای اکولوژیک، ظرفیت زیستی کاهش می‌یابد. زیرا منابع طبیعی به سرعت تخلیه می‌شوند و آلودگی‌های زیستی افزایش می‌یابد. این موضوع می‌تواند به کاهش تنوع زیستی، کاهش تأمین منابع طبیعی و افزایش تنش‌های اکولوژیکی منجر شود. بنابراین، ارتباط رد پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی نشان دهنده 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 اکولوژیک[3] زمین که به مفهوم مقدار منابع زمین مورد نیاز برای حمایت از فعالیت‌های اقتصادی انسان‌ها است، در سال ۲۰۲۳ در سراسر دنیا در حدود ۱۸ میلیارد هکتار و متوسط رد پای هر فرد در جهان در حدود ۲/۸ هکتار گزارش شده است. اما تنها حدود ۱۱/۹ میلیارد هکتار جهانی ظرفیت زیستی در سال، یا به طور متوسط ۱/۶ هکتار زمین برای هر فرد وجود دارد. این موضوع نشان می‌دهد که بشر تقریباً در حدود ۵۰ درصد بیش از ذخیره‌هایی که در دست دارد مصرف می‌کند و با این الگوی مصرف، انسان‌ها نیازمند ۱/۵ سیاره برای جبران مصرف خود هستند (Lin et al., 2019). در این خصوص، آمارهای سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو[4]) به تنهایی نشان می‌دهد که طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ مجموعاً ۳ درصد از سطح جنگل‌های دنیا کاهش پیدا کرده به نحوی که مساحت جنگل‌های کره زمین در این مدت از حدود ۴۱۲۸ میلیون هکتار به حدود ۳۹۹۹ میلیون هکتار تنزل یافته است.

در ایران نیز در طول زمان بویژه در طول سالیان اخیر همواره چالش‌های محیط زیستی مختلفی وجود داشته است. کاهش منابع آبی، فرسایش خاک، آلودگی هوا و بحران کمبود انرژی از جمله مهم‌ترین آن موارد است که در ارزیابی‌های بین‌المللی از وضعیت محیط زیست ایران به کرات به آن‌ها اشاره می‌شود. بر این اساس، بررسی شاخص عملکرد محیط زیستی (EPI[5]) سال ۲۰۲۲ که از سوی دانشگاه ییل ارائه شده است و از ۴۰ شاخص عملکردی در سه حوزه تغییرات آب و هوا، سلامت محیط زیست و سرزندگی اکوسیستم استفاده می‌نماید، نشان می‌دهد که ایران از میان ۱۸۰ کشور مورد مطالعه، در جایگاه ۱۳۳ ام قرار داشته است. بنابراین، می‌توان پذیرفت که چالش‌های زیست محیطی در ایران در مقایسه با بسیاری از کشورهای جهان از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است 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

---

[1] - Biocapacity
[2] - Ecological Footprint (EF)
[3] - Ecological Footprint (EF)
[4] - Food and Agriculture Organization (FAO)
[5] - Environmental Performance Index (EPI)

زیستی تاکنون پژوهش‌های مختلفی در داخل و خارج از کشور انجام شده است که از جمله آن پژوهش‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

وانگ و یانگ (Wang and Yang, 2014) در مطالعه‌ای به ارزیابی انتشار غیر مستقیم کربن در میان خانوارهای روستایی و شهری کشور چین در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۰ پرداختند. در مطالعه آنان از شاخص رد پای اکولوژیکی و رگرسیون حداقل مربعات جزئی[1] استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که برای ساکنان شهری، شاخص رد پای اکولوژیک در خصوص استفاده غیرمستقیم از انرژی در حال افزایش است. همچنین، نتایج این مطالعه نشان داد که این شاخص به طور مثبت تحت تأثیر سطح شهرنشینی و درآمد سرانه و تحت تاثیر منفی ضریب انگل و شدت انرژی است. در عین حال، برای ساکنان روستایی، شاخص رد پای اکولوژیک در حال کاهش و تحت تأثیر مثبت ضریب انگل و شدت انرژی و اثرپذیری منفی از سطح شهرنشینی و درآمد سرانه است.

امامی میبدی و همکاران (Emami Meybodi et al., 2015) به ارزیابی عوامل مؤثر بر تخریب محیط زیست در ایران پرداختند. در ارزیابی آنان از شاخص آلودگی آب و روش خودرگرسیون برداری[2] (VAR) برای برآورد مدل پژوهش استفاده شد. نتایج نشان داد که در بلندمدت، رشد اقتصادی و فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی بر انتشار آلودگی آب تاثیر مستقیم دارند؛ در حالی که آزادسازی تجاری با شاخص آلودگی آب رابطه معکوس از خود نشان داد.

شارفدین (Charfeddine, 2017) با انجام پژوهشی به بررسی اثرات رشد اقتصادی، مصرف انرژی، باز بودن تجارت، شهرنشینی و توسعه مالی بر تخریب محیط زیست در کشور قطر پرداختند. در مطالعه آنان از مدل تصحیح تعادل مارکوف سوئیچینگ[3] و منحنی کوزنتس محیط زیستی[4] استفاده شد. نتایج آنان نشان داد که باز بودن تجارت و شهرنشینی باعث بدتر شدن ردپای اکولوژیکی می‌شود. با این حال، مصرف برق و توسعه مالی به طور مثبت با ردپای اکولوژیکی و منفی با ردپای کربن اکولوژیکی و انتشار کربن دی اکسید مرتبط است.

میرزایی و همکاران (Mirzaei et al., 2018) به بررسی عوامل مؤثر بر تخریب محیط زیستی کشورهای منطقه منا[5] پرداختند. در این بررسی از روش اثرات ثابت پانلی متغیرهای ابزاری[6] استفاده شد. نتایج نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌داری میان درآمد سرانه و فشارهای محیط زیستی برای کشورهای منطقه منا وجود دارد که این اثر برای کشورهای با درآمد پایین‌تر، بسیار قوی‌تر است. نتایج کیفیت استانداردها و قوانین موجود برای کشورهای منطقه منا نیز حاکی از اثر مطلوب این شاخص بر محیط زیست است. همچنین افزایش تجارت باعث افزایش فشار بر طبیعت شده است.

وانگ و دونگ (Wang and Dong, 2019) در پژوهشی به بررسی عوامل اثرگذار بر تخریب محیط زیست در کشورهای جنوبی صحرای آفریقا پرداختند. در پژوهش آنان نیز از شاخص رد پای اکولوژیک و روش داده‌های پانلی استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که رشد اقتصادی، مصرف انرژی تجدیدناپذیر و شهرنشینی اثرات مثبتی بر تخریب محیط زیست در این کشورها از خود نشان می‌دهند. در عین حال، مصرف انرژی تجدیدناپذیر و شهرنشینی اثرات مثبتی بر کاهش تخریب محیط زیست در این کشورها از خود نشان می‌دهند. در عین حال، مصرف انرژی تجدیدپذیر تأثیر منفی در کاهش تخریب محیط زیست از خود بر جای می‌گذارد.

مولایی و همکاران (Molaei et al., 2021) عوامل مؤثر بر میزان مصرف منابع اکولوژیک در ایران را با رویکردهای اقتصادی مورد ارزیابی قرار دادند. در ارزیابی آنان از روش اقتصادسنجی خودرگرسیون با وقفه های توزیعی[7] (ARDL) و شاخص رد پای اکولوژیک استفاده شد. نتایج بدست آمده نشان داد که درآمد سرانه، آزادسازی تجارت، توسعه بازارهای مالی و

---

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

شهرنشینی هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت تاثیر مثبت و معنی‌دار و شاخص توسعه انسانی تاثیر منفی و معنی‌دار بر ردپای اکولوژیک سرانه دارند. همچنین نتایج یاد شده فرضیه پناهگاه آلودگی را تأیید نمود.

حقیقتیان و همکاران (Haghighatian et al., 2021) در پژوهشی به مطالعه عوامل اجتماعی و فرهنگی مؤثر بر تخریب محیط زیست در شهر تهران پرداختند. در مطالعه آنان از روش تحقیق پیمایشی و ارزیابی رگرسیونی استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که رابطه متغیرهای طبقه اجتماعی، دانش محیط زیستی و سرمایه فرهنگی با متغیر تخریب محیط زیست در شهر تهران ضعیف و معکوس است. در حالی که رابطه متغیرهای مصرف‌گرایی و میزان دینداری با تخریب محیط زیست در این شهر به ترتیب متوسط، ضعیف و مستقیم است.

احمد و همکاران (Ahmad et al., 2022) به ارزیابی اثرگذاری عوامل مؤثر بر تخریب محیط زیست در کشورهای نوظهور[1] (E7) پرداختند. در مطالعه آنان از شاخص رد پای اکولوژیک به عنوان شاخص نمایانگر وضعیت محیط زیست و روش داده‌های پانلی استفاده شد. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که توسعه مالی با افزایش شاخص ردپای اکولوژیک کیفیت محیط زیستی را کاهش می دهد. در عین حال، سرمایه انسانی و کیفیت سازمانی شاخص ردپای اکولوژیک را کاهش می‌دهد. علاوه‌براین، توسعه مالی پایداری محیط زیستی را از طریق کانال سرمایه انسانی تقویت می‌کند. در نهایت، نتایج این پژوهش نشان داد که هر سیاستی که با توسعه مالی، سرمایه انسانی و کیفیت سازمانی مرتبط باشد بر ردپای اکولوژیک در کشورهای نوظهور تأثیر می‌گذارد.

نظری و کلانتری (Nazari and Kalantari, 2022) در پژوهشی عوامل مؤثر بر ردپای اکولوژیکی شهری شهر ساری را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش از روش توصیفی- تحلیلی و منابع کتابخانه‌ای مرتبط با شاخص رد پای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی اکوسیستم شهری استفاده شد. نتایج نشان داد که رد پای اکولوژیک مصرف در شهر ساری برابر ۰/۹۴ و ظرفیت زیستی این شهر برابر ۰/۵۹ هکتار جهانی به ازای هر فرد است که درنتیجه با مقایسه ظرفیت زیستی و رد پای اکولوژیک شهر ساری کمبود اکولوژیک داشته و به لحاظ اکولوژیک ناپایدار است. بین ردپاهای محاسبه شده در بخش مصرف، حمل ونقل بیشترین رد پای اکولوژیک را به خود اختصاص داده است.

سلیک و آلولا (Celik and Alola, 2023) نقش استانداردهای کار، پیچیدگی اقتصادی و جهانی شدن در کمبود ظرفیت زیستی کشورهای عضو اتحادیه کشورهای جنوب شرق آسیا (ASEAN[2]) را مورد بررسی قرار دادند. در بررسی آنان از روش میانگین گروهی حداقل مربعات معمولی پویا[3] (DOLSMG) استفاده شد. نتایج آنان نشان داد که بهره‌وری نیروی کار، سهم درآمد نیروی کار و جهانی‌سازی کمبود ظرفیت زیستی را با بهبود کیفیت محیط زیستی 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 به صورت کلی در دسته‌های اقتصادی، اجتماعی، جمعیت‌شناختی و اقلیمی طبقه‌بندی نمود. با این وجود، ارزیابی جهت و میزان اثرگذاری این عوامل در مناطق مختلف با یکدیگر متفاوت است. لذا، ارزیابی اثرگذاری عوامل اشاره شده 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 مذکور کمتر مورد توجه پژوهشگران به ویژه در داخل کشور قرار گرفته است. بررسی نتایج این مطالعات همچنین نشان می‌دهد که 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 با کاربرد این روش‌ها نتایج قابل اعتنایی به‌دست آمده است. لذا، با توجه به آنچه گفته شد، در این پژوهش به عنوان یک مساعدت پژوهشی به ادبیات تحقیق با لحاظ نمودن همزمان شاخص‌های نماینده وضعیت اقتصادی اجتماعی، جمعیت‌شناختی و اقلیمی به تحلیل

[1] - Emerging Countries (E7)
[2] - Association of Southeast Asian Nations (ASEAN)
[3] - Dynamic Ordinary Least Squares Mean Group (DOLSMG)

و ارزیابی عوامل اثرگذار بر ظرفیت زیستی در ایران پرداخته شده است. در ادامه، جزئیات روش تحقیق این مطالعه ذکر شده است؛ سپس، نتایج بدست آمده مورد بحث قرار گرفته و در پایان نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از شاخص ظرفیت زیستی به عنوان متغیر اثرپذیر از عوامل اقتصادی، اجتماعی، جمعیتی و اقلیمی استفاده شده است. شاخص ظرفیت زیستی با محاسبه میزان تولید بیولوژیکی زمین و مناطق دریایی در دسترس برای تأمین منابع مصرفی یک جمعیت و جذب زباله‌های آن، با توجه به فناوری و شیوه‌های مدیریتی موجود اندازه گیری می‌شود. برای اینکه ظرفیت زیستی در فضا و زمان قابل مقایسه باشد، نواحی و مناطق مختلف متناسب با بهره‌وری بیولوژیکی 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 تمامی گونه‌های طبیعی، گیاهی و جانوری موجود در هر منطقه بر اساس مستندات اماری موجود مورد بررسی و شناسایی قرار گرفته و تعداد آن‌ها ثبت می‌شود. این محاسبه علاوه‌براین عواملی مانند تولید مواد غذایی، ترسیب کربن و استفاده از منابعی مانند آب و زمین را نیز در نظر می گیرد. 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، شاخص ظرفیت زیستی بر حسب هکتار برای هر منطقه محاسبه می‌شود. به منظور محاسبه شاخص ظرفیت زیستی از داده‌های سازمان ملل متحد، از جمله آمار منتشر شده توسط سازمان فائو، سازمان تجارت جهانی و آژانس بین‌المللی انرژی استفاده می‌شود. داده‌های تکمیلی مورد نیاز جهت محاسبه این شاخص نیز از پژوهش‌های علمی استخراج می‌شود (Global Footprint Network, 2023).

بر اساس آنچه گفته شد، در این بررسی شاخص ظرفیت زیستی سرانه در ایران به عنوان تابعی از تولید ناخالص داخلی[1] سرانه (شاخص اقتصادی)، شاخص توسعه انسانی[2] (شاخص اجتماعی)، تراکم جمعیت[3] (شاخص جمعیت‌شناختی) و درجه خشکی- رطوبتی 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، $GDPP_t$ معرف تولید ناخالص داخلی سرانه ، HDI_t معرف شاخص توسعه انسانی، POP_t معرف تراکم جمعیت و متغیر DE_t معرف شاخص دومارتون[4] (DE_t) است که به منظور توضیح‌دهی تأثیرات این عوامل بر ظرفیت زیستی در ایران استفاده شده است. لازم به ذکر است که شاخص دومارتون یک شاخص خشکی- رطوبتی است که عموماً به منظور تعیین درجات اقلیمی مناطق بکار برده می‌شود. این شاخص از طریق رابطه (۲) محاسبه شده است (Mosavi et al., 2018).

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

در رابطه (۲)، P_t میانگین بارندگی و T_t میانگین درجه حرارت هوای سالیانه 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). به منظور انجام تحلیل‌های مورد نظر در این پژوهش و برآورد مدل از روش‌های اقتصادسنجی استفاده شده است. استفاده از روش‌های اقتصادسنجی سنتی (کلاسیک) برای مطالعات تجربی، مبتنی بر فرض مانایی[5] متغیرها است. علی‌رغم این، بررسی‌های انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهد که در مورد بسیاری از سری‌های زمانی این فرض نادرست است و اغلب این متغیرها

[1] - Gross domestic product (GDP)
[2] - Human Development Index (HDI)
[3] - Population density
[4] - De Martonne Index
[5] - Stationarity

نامانا هستند. بنابراین، طبق نظریه هم‌جمعی[1] در اقتصادسنجی، ضروری است از روش‌هایی در برآورد سری‌های زمانی استفاده شود که به مسئله مانایی و هم‌جمعی توجه داشته باشند (Hoshmand and Daneshnia, 2012). در روش Engle and Granger (1987) به‌عنوان یک روش هم‌جمعی، برآوردهای حاصل در نمونه‌های با حجم کوچک به دلیل 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، یوهانسون و جوسیلیوس (Johansen and Juselius, 1994) روش برآورد حداکثر راست‌نمایی[2] 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 ازجمله 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):

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

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

$$\alpha(L,P) = 1 - \alpha_1 L - \alpha_2 L^2 - \cdots - \alpha_p L^p \qquad (۴)$$
$$\beta(L,q_i) = 1 - \beta_{i1} L - \beta_{i2} L^2 - \cdots - \beta_{iq} L^q \qquad (۵)$$

روابط (۳) تا (۵) با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی[3] 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. تعداد حداکثر وقفه‌ها (d) در ابتدا توسط محققین تعیین می‌گردد. در دومین مرحله، تعداد وقفه‌های بهینه برای هر یک از متغیرهای مورداستفاده با به‌کارگیری یکی از معیارهای شوارتز- بیزین[4]، آکائیک[5] و حنان-کوئین[6] تعیین می‌شود. در مرحله سوم، ضرایب بلندمدت مدل از همان مدل خودتوضیح با وقفه‌های گسترده به دست می‌آید (Alipour and Yousefi, 2023). برای آزمون همجمعی میان متغیرهای مورد استفاده و اطمینان از عدم کاذب بودن رابطه بلندمدت متغیرها استفاده از آزمون کرانه‌ها (آزمون باند)[7] 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 $I(0)$ در نظر گرفته شده است. چنانچه مقدار آماره F محاسبه شده (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 مدل‌های اقتصادسنجی مختلف (جدول پیوست)، رابطه (۱) در قالب یک مدل لگاریتم خطی به صورت رابطه (۶) تصریح شد و با استفاده روش خودتوضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) برآورد شد.

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

---

[1] - Cointegration theory
[1]- Maximum likelihood ratio
[3] - Ordinary Least Square (OLS)
[4] - Schwartz- Bayesian (SBC)
[5] - Akaike (AIC)
[6] - Hannan- Quinn (HQC)
[7] - Bound Test

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

نتایج و بحث

به منظور توصیف مناسب‌تر نتایج بدست آمده، آمار توصیفی داده‌های استفاده شده در جدول (۱) ارائه شده است. بر اساس مندرجات جدول (۱)، میانگین ظرفیت زیستی سرانه در ایران در طول دوره در حدود ۰/۹ هکتار بوده است. این رقم در مقایسه با میانگین جهانی در دوره مورد نظر (۱/۸ هکتار) نشان می‌دهد که ظرفیت زیستی سرانه در ایران به طور متوسط در حدود نصف میانگین جهانی است. بر اساس اطلاعات جدول (۱)، بیشترین میزان ظرفیت زیستی سرانه در ایران در حدود ۱/۰۴ هکتار و کمترین میزان آن در حدود ۰/۷۴ هکتار بوده است.

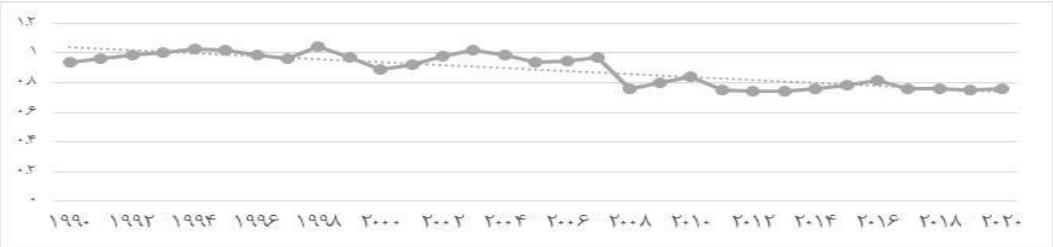
جدول (۱). آمار توصیفی داده‌های مورد نظر در دوره زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۰

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: محاسبات تحقیق

روند تغییرات ظرفیت زیستی سرانه در ایران که در قالب شکل (۱) آمده است نیز نشان می‌دهد که قابلیت تولیدات بیولوژیک در ایران در طول زمان کاهش یافته است.

شکل (۱) روند تغییرات ظرفیت زیستی در ایران



[1] - Global Footprint Network

به‌منظور برآورد مدل موردنظر، ابتدا باید از مانایی متغیرها به جهت جلوگیری از ایجاد رگرسیون کاذب[1] اطمینان حاصل نمود. بدین‌منظور، در این پژوهش از آزمون دیکی- فولر تعمیم‌یافته[2] با عرض از مبدأ و در سطح ۹۹ درصد برای انجام آزمون ریشه واحد[3] استفاده شد. نتایج بدست آمده در جدول (۲) گزارش شده است. پس از انجام آزمون ریشه واحد بایستی شمار وقفه‌های بهینه برای هر یک از متغیرهای مورداستفاده به‌منظور برآورد مدل پویا، به‌وسیله معیارهای موردنظر تعیین شود. پس از آن لازم است که نسبت به انجام برآورد مدل موردنظر و نیز انجام آزمون همجمعی میان متغیرهای مورداستفاده و اطمینان از کاذب نبودن رابطه بلندمدت بین متغیرها اقدام شود.

جدول (۲) 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	$I(0)$

منبع: محاسبات تحقیق

نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد که متغیرهای مورد نظر در این پژوهش که به صورت لگاریتمی محاسبه شده‌اند، دارای درجه انباشتگی یکسانی نیستند و از نظر مانایی‌پذیری متفاوت می‌باشند. بنابراین، به‌منظور برآورد مدل موردنظر و نیز تفسیر ضرایب متغیرها در کوتاه‌مدت و بلندمدت، استفاده از روش خودتوضیح با وقفه‌های گسترده به‌عنوان روش اقتصادسنجی موردنظر توجیه‌پذیر است. در جدول (۳)، نتایج به دست آمده از برآورد مدل پویا بر مبنای وقفه‌های بهینه تعیین‌شده برای متغیرهای موردنظر و نیز نتیجه آزمون کرانه‌ها ارائه شده است.

همانطور که در جدول (۳) قابل مشاهده است، مدل ARDL(1, 1, 2, 1, 2) به‌عنوان مدل خود رگرسیونی دارای وقفه بهینه انتخاب شد. نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که مدل برآورد شده دارای خصوصیات برازش مناسبی است. در این رابطه، ضریب تعیین R^2 نشان می‌دهد که متغیرهای مدل در حدود ۹۲ درصد از تغییرات متغیر وابسته را به‌خوبی توضیح می‌دهند. به عبارت دیگر، شاخص‌های چهارگانه اقتصادی، اجتماعی، جمعیت‌شناختی و اقلیمی از قابلیت بسیار بالایی در توضیح‌دهی تغییرات ظرفیت زیستی در ایران برخوردار هستند. همچنین، آماره‌های محاسباتی مربوط به آزمون‌های بعد از برآورد مدل بیانگر خصوصیات مطلوب الگوی برآورد شده است. در این رابطه، ضریب دوربین واتسون[4] برابر ۲/۳۷ نشان می‌دهد که خودهمبستگی[5] در مدل وجود ندارد. علاوه‌براین، سطح احتمال بیش از ۵ درصد برای آزمون‌های انتخاب الگوی تبعی[6]، همبستگی سریالی[7]، توزیع جزء اخلال[8] و ناهمسانی واریانس[9] (به ترتیب 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 نیز نشان دهنده عدم وجود همخطی در مدل برآورد شده است. علاوه‌براین، نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که مقدار آماره F_C محاسباتی برابر ۶/۵۲ است که از مقدار کران بالای این آماره در جدول F در سطح اطمینان ۹۹ درصد (۵/۰۶) بزرگتر بوده و فرضیه عدم وجود رابطه بلندمدت را به صورت قطعی رد می‌نماید.

1 - Spurious Regression
2 - Augmented Dickey–Fuller (ADF)
3 - Unit Root Test
4 - Durbin–Watson statistic (D-W Stat)
5 - Autocorrelation
6 - Model Specification
7 - Serial Correlation
8 - Error Terms Distribution Test
9 - Heteroskedasticity

نتایج الگوی پویا در جدول (۳) 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، به نظر می‌رسد که آثار خارجی نامطلوب رشد اقتصادی در ایران تا حدودی از قابلیت جبران شدن توسط همین متغیر برخوردار است. به عبارت دیگر، علیرغم آنکه با افزایش رشد اقتصادی عوارض مخربی 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 عبارت دیگر، در ابتدا و 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. لذا، تفکیک اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت رشد اقتصادی بر ظرفیت زیستی مسئله مهمی به نظر می‌رسد که در ادامه بحث به آن پرداخته شده است.

جدول (۳) 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	F_C: 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: محاسبات تحقیق

نتایج الگوی پویا همچنین نشان می‌دهد که شاخص توسعه انسانی با دو وقفه تأثیر مثبتی بر افزایش ظرفیت زیستی در ایران خواهد داشت. لذا، به نظر 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 نماید؛ هرچند که بایستی آثار توسعه انسانی بر ظرفیت زیستی در ایران در کوتاه‌مدت و بلندمدت نیز به تفکیک مورد ارزیابی قرار گیرد. بر خلاف شاخص توسعه انسانی، نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که افزایش تراکم جمعیت در ایران با وقفه‌ای دو ساله منجر به کاهش ظرفیت زیستی می‌شود. لذا، به نظر 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 بایستی آثار این متغیر بر ظرفیت زیستی در کوتاه‌مدت و بلندمدت مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در نهایت، نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که با افزایش شاخص خشکی–رطوبتی دومارتون که به مفهوم بهبود شرایط اقلیمی است، بر ظرفیت زیستی در ایران افزوده می‌شود. لذا، اثرپذیری مثبت ظرفیت زیستی در کشور از بهبود شرایط اقلیمی به وضوح به اثبات می‌رسد. در ادامه، نتایج برآورد الگوی کوتاه‌مدت و تصحیح خطا در قالب جدول (۴) ارائه شده

است. بر اساس نتایج جدول (۴) مشاهده می‌شود که در کوتاه‌مدت با افزایش تولید ناخالص داخلی در ایران بر میزان ظرفیت زیستی افزوده می‌شود؛ به‌گونه‌ای که با هر ۱ درصد افزایش در تولید ناخالص داخلی، ظرفیت زیستی در حدود ۰/۹۶ درصد ایران افزایش می‌یابد. لذا، به نظر می‌رسد که با افزایش تولید ناخالص داخلی، احتمال ایجاد شغل‌های جدید و افزایش درآمد جامعه افزایش می‌یابد. این امر 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 این نیز می‌تواند به بهبود ظرفیت زیستی کمک نماید.

جدول (٤) 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: محاسبات تحقیق

بر اساس نتایج جدول (۴) 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 به دلیل وجود جمعیت بیشتر، به طور طبیعی منجر به افزایش ظرفیت زیستی می‌شود. در این رابطه، نکته مهمی که بایستی به آن اشاره نمود این است که علیرغم وجود همه تهدیدهای موجود که در ارتباط با تنزیل میزان ظرفیت زیستی وجود دارد، ابزارها و روش‌هایی جهت افزایش ظرفیت زیستی نیز وجود دارد که از طریق بهره‌وری زیستی[1] به این امر مساعدت می‌نماید؛ از آن جمله می‌توان به احیای جنگل‌ها، مدیریت خاک، مدیریت آب و انرژی و کشاورزی ارگانیک اشاره نمود. بر این اساس، با استفاده از این ابزار و روش‌ها می‌توان با صرفه‌جویی در مصرف منابع زیستی و افزایش قابلیت‌های اکوسیستم‌ها تا حدودی از شدت کاهش ظرفیت زیستی کم کرد. در کشور ایران نیز همچون بسیاری از کشورهای جهان، در طول زمان اقداماتی در این خصوص در حوزه‌های مختلف انجام شده است. در جدول (۵) به بخشی از این اقدامات انجام شده اشاره شده است.

جدول (۵) برخی از اقدامات انجام شده در جهت ارتقای ظرفیت زیستی در ایران

اقدام انجام شده	بازه زمانی	متوسط رشد سالیانه(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

[1] - Bio-Productivity

افزایش راندمان آبیاری	۲۰۱۳- ۱۹۹۶	۱	مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
افزایش اراضی کشاورزی ارگانیک	۲۰۱۹- ۲۰۰۰	۵۱۵	سازمان فائو

همانطور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود، اقدامات مورد نظر به منظور افزایش ظرفیت زیستی در ایران به ویژه در سه دهه اخیر عمدتاً با رشد بسیار قابل ملاحظه‌ای به انجام رسیده است. در این رابطه، 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 ذکر شده از رقم ۱۵ واحد به رقم ۱۹۵ واحد افزایش یافته است. مساحت جنگل‌کاری در کشور نیز در بازه زمانی ذکر شده از رقم حدود ۱۶۸۲ هکتار در سال به رقم حدود ۳۲۳۰۰ هکتار افزایش یافته است. علاوه‌براین، تولید آبزیان پرورشی در بازه زمانی اشاره شده از حدود ۲۹۹۷۹ تن به حدود ۳۴۳۶۵۳ تن افزایش یافته است. در خصوص راندمان آبیاری نیز بایستی اشاره نمود که در طول دوره ذکر شده رقم ۲۷ درصد به رقم ۴۴ 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. لذا، به نظر می‌رسد که اقدامات مختلفی که در طول زمان در راستای حفظ و ارتقای ظرفیت زیستی در کشور انجام شده، عمدتاً در کوتاه‌مدت در راستای ارتقای رشد اقتصادی و سازگاری با تراکم جمعیت ایفای نقش نموده است. با این وجود، توجه به این مطلب که اثرگذاری این دو متغیر بر ظرفیت زیستی در بلندمدت به چه ترتیب است نیز بسیار حائز اهمیت می‌باشد. علاوه بر آنچه گفته شد، نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت با افزایش شاخص توسعه انسانی از میزان ظرفیت زیستی در کشور کاسته می‌شود. در تفسیر این مطلب بایستی اشاره نمود 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. لذا، این پژوهش نتایج مطالعه مولایی و همکاران (Molaei et al., 2021) را تأیید می‌نماید. هرچند که بایستی اثرات سرمایه‌گذاری در این حوزه‌ها در بلندمدت نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. بر اساس اطلاعات جدول (۴) 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 به میزان ۰/۱۲ درصد به میزان ظرفیت زیستی در ایران افزوده می‌شود. لذا، به صورت طبیعی می‌توان انتظار داشت که با بهبود شرایط اقلیمی، منابع طبیعی و زیستی فراوان‌تری در دسترس جامعه قرار داشته باشد. افزایش منابع گیاهی و جانوری و افزایش دسترسی به میزان آب و هوای سالم از جمله آن موارد است که می‌تواند ظرفیت زیستی را در کشور تقویت کند.

نتایج جدول (۴) علاوه بر این نشان می‌دهد که ضریب تصحیح خطا مقداری منفی و در بازه صفر و منفی یک است و از نظر آماری معنی‌دار به دست آمده است؛ این مسئله 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 عبارت دیگر، در هر سال به میزان ۰/۸۴ از عدم تعادل کوتاه‌مدت برای دستیابی به تعادل بلندمدت تعدیل می‌گردد. در سایر مطالعات نیز از جمله در مطالعه پارساشریف و همکاران (Parsasharif et al., 2021) در مطالعه عوامل مؤثر بر رد پای اکولوژیک در کشورهای منتخب اوراسیا ضریب تصحیح خطا (۰/۵۷-) و نیز ضریب تصحیح خطای ۰/۸۴- در مطالعه ترازکار و همکاران (Tarazkar et al., 2019) مبنی بر بررسی اثر رشد اقتصادی بر پایداری محیط زیست در ایران مؤید انجام تعدیلات کوتاه‌مدت برای دستیابی به تعادل بلندمدت زیستی در بازه زمانی کمتر از ۲ سال است. در مطالعه دیگر نیز الله و همکاران (Ullah et al., 2023) ضریب تصحیح خطا در بررسی آثار عوامل مؤثر بر رد پای اکولوژیک کشور ترکیه را عدد ۰/۶۸- محاسبه کردند. با این توضیحات، نتایج برآورد الگوی بلندمدت ظرفیت زیستی در ایران در قالب جدول (۶) ارائه شده است. بر اساس اطلاعات جدول (۶) مشاهده می‌شود که افزایش تولید ناخالص داخلی در بلندمدت دارای تأثیر منفی بر ظرفیت زیستی در ایران است؛ هرچند که این تأثیر از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد. لذا، می‌توان پذیرفت که تأثیرات مثبت رشد اقتصادی

بر ظرفیت زیستی در ایران صرفاً محدود به دوره‌های کوتاه‌مدت است. در خصوص این مطلب 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. این امر می‌تواند منجر به کاهش آب و هوای پاک، کاهش تولید محصولات غذایی و افزایش مشکلات محیط زیستی و در نتیجه کاهش ظرفیت زیستی شود. بنابراین، نتایج این پژوهش نتایج مطالعه الله و همکاران (Ullah et al., 2023) مبنی بر تأثیر بلندمدت مثبت رشد اقتصادی بر ظرفیت زیستی را تأیید نمی‌نماید؛ هرچند که نتایج کوتاه‌مدت این پژوهش مبنی بر تأثیر مثبت رشد اقتصادی بر ظرفیت زیستی هم جهت با تأثیر کوتاه‌مدت رشد اقتصادی بر رد پای اکولوژیک در آن مطالعه است. همچنین، بر اساس اطلاعات جدول (۶) مشاهده می‌شود که افزایش تراکم جمعیت در بلندمدت بر ظرفیت زیستی سرانه به صورت منفی اثرگذار است و افزایش تراکم جمعیت در بلندمدت از میزان ظرفیت زیستی در ایران می‌کاهد. لذا، به نظر 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 به همراه خواهد داشت. بنابراین، این پژوهش نتایج مطالعه ترازکار و همکاران (Tarazkar et al., 2019) مبنی بر تأثیر بلندمدت رشد تراکم جمعیت بر رد پای اکولوژیکی در ایران را تأیید نمی‌نماید. بنابراین، استنباط می‌شود که بسیاری از اقدامات انجام گرفته در جهت ارتقای ظرفیت زیستی در ایران که آثار منفی تراکم جمعیت و رشد اقتصادی را نیز تعدیل می‌نمایند، عمدتاً در دوره‌های کوتاه‌مدت دارای اثربخشی مطلوب است. با این وجود، بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده می‌شود که علیرغم دوره‌های کوتاه‌مدت، در بلندمدت با افزایش شاخص توسعه انسانی بر میزان ظرفیت زیستی در ایران افزوده می‌شود. بنابراین، نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه مه‌شاد و همکاران (Arab et al., 2023) مبنی بر اثرگذاری مثبت توسعه انسانی بر پایداری زیستی کشورهای صادرکننده نفت مطابقت می‌نماید. بنابراین، استنباط می‌شود که تمرکز بر اجزای توسعه انسانی به ویژه ابعاد آموزشی در بلندمدت منجر به ارتقای ظرفیت زیستی در کشور می‌شود. لذا، می‌توان پذیرفت که سرمایه‌گذاری در امر آموزش در بلندمدت منجر به پایداری زیستی در کشور خواهد شد.

جدول (٦) 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: محاسبات تحقیق

نتایج جدول (۶) علاوه بر این نشان می‌دهد که در بلندمدت نیز با افزایش شاخص دومارتون بر میزان ظرفیت زیستی در کشور افزوده می‌شود. لذا، مشاهده می‌شود که بهبود شرایط اقلیمی در کوتاه‌مدت و بلندمدت باعث ارتقای ظرفیت زیستی در کشور می‌شود. در این خصوص، نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد که تأثیرات مثبت بهبود شرایط اقلیمی در بلندمدت از کوتاه‌مدت بیشتر است؛ چرا که به صورت طبیعی این تأثیرات حاصل تجمیع آثار کوتاه‌مدت است. به عبارت دیگر، زمانی که شرایط اقلیمی بهبود می‌یابد، اثرات مثبت آن به صورت تجمیعی و پایدار در طولانی‌مدت ادامه پیدا می‌کنند. به عنوان مثال، افزایش جریان آب در رودخانه‌ها به دلیل بارش‌های بیشتر می‌تواند بهبود کشاورزی و تأمین آب شرب در مناطق خشک‌تر را به همراه داشته باشد. این تأثیرات مثبت به صورت مداوم و پایدار در طولانی‌مدت ادامه پیدا می‌کنند و از این رو تأثیرات بلندمدت از کوتاه‌مدت بیشتر است. بنابراین، استنباط می‌شود که بروز خشکسالی‌های پی در پی در کشور نیز در بلندمدت آثار زیان‌بار تجمع یافته بر ظرفیت زیستی بر جای خواهد گذاشت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه به ارزیابی اثرگذاری عوامل اقتصادی، اجتماعی، جمعیت‌شناختی و اقلیمی بر ظرفیت زیستی در ایران پرداخته شد. نتایج نشان داد که در کوتاه‌مدت با افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه بر میزان ظرفیت زیستی سرانه در ایران افزوده می‌شود. با این وجود، در بلندمدت افزایش تولید ناخالص داخلی تأثیر معنی‌دار بر ظرفیت زیستی ندارد. علاوه‌براین، در کوتاه‌مدت با افزایش تراکم جمعیت بر میزان ظرفیت زیستی سرانه در کشور افزوده می‌شود. علیرغم این مطلب، افزایش تراکم جمعیت در بلندمدت منجر به کاهش ظرفیت زیستی می‌شود. نتایج این مطالعه در خصوص عوامل ارتقای ظرفیت زیستی نشان می‌دهد که در طول زمان اقدامات مختلفی از جمله افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر، افزایش تعداد تصفیه‌خانه‌های آب شهری، احیای جنگل‌ها و رشد کشاورزی ارگانیک انجام شده است. لذا، تحلیل نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که این اقدامات در کوتاه‌مدت باعث کنترل و جلوگیری از آثار مخرب زیستی رشد اقتصادی و افزایش جمعیت گردیده است لذا، به نظر می‌رسد که تداوم و توالی این اقدامات در بلندمدت نیز می‌تواند در بهبود شرایط زیستی در کشور مساعدت نماید. از این‌رو، حفظ و ارتقای اقدامات مؤثر در جهت ارتقای ظرفیت زیستی در ایران اولین پیشنهاد مورد تأکید در این مطالعه است. بر اساس نتایج این مطالعه، علاوه بر این مشخص گردید که با افزایش شاخص توسعه انسانی در کوتاه‌مدت از میزان ظرفیت زیستی سرانه در ایران کاسته می‌شود. با این وجود، در بلندمدت با افزایش شاخص توسعه انسانی بر ظرفیت زیستی در کشور افزوده می‌شود. لذا، به نظر می‌رسد که تمرکز بر ابعاد کمی بهداشت و آموزش در کوتاه‌مدت منجر به تنزیل ظرفیت زیستی در ایران گردیده 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. لذا، بهره‌گیری بیش از پیش از ظرفیت‌های آموزشی در کشور به منظور مدیریت هرچه مطلوب‌تر شرایط زیستی پیشنهاد مورد تأکید دیگر در این مطالعه است. همچنین، به نظر می‌رسد که با افزایش امید به زندگی در کشور می‌توان در زمینه مدیریت چالش‌های زیستی به صورت مؤثرتر اقدام نمود. علاوه بر آنچه گفته شد، بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده می‌شود که با بهبود شرایط اقلیمی و کاهش درجه خشکی هوا در کشور در کوتاه‌مدت و بلندمدت بر میزان ظرفیت زیستی افزوده می‌شود. لذا، به صورت 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. https://doi.org/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. [In Persian]. https://doi.org/10.22034/iaes.2023.563133.1953
3. Arab, M., Damankeshideh, M., Jafarisamimi, A., Daghighiasli, A., & Esmailzadehmaghari, A. (2023). The Impact of human development on environmental sustainability in selected oil exporting countries. *Computational Economics*, 2(1), 25-49. [In Persian]. https://doi.org/10.22111/ijbds.2022.7435
4. Bagherzadeh, A., & Komijani, A. (2010). The analysis of the domestic and international R&D impact of agricultural TFP in Iran. *Quartery Journal of Economical 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. https://doi.org/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. https://doi.org/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]. https://dorl.net/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*, 251-76. https://doi.org/10.2307/1913236
9. 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]
10. Global Footprint Network (2023). C/o Compatibles Route de Jeunes 1227 Geneva (Acacias). SWITZERLAND. Available at https:// footprintnetwork.org. (Retrieved at: 23 May 2023)
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. [In Persian]. https://doi.org/10.22034/jeds.2021.46534.1533
12. Hoshmand, M., & Daneshnia, M. (2012). Impact of Financial Development on Economic Growth in Iran. *Journal of Monetary & Financial Economics*, 18(2), 45-61. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/pm.v18i2.27610
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. https://doi.org/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. https://doi.org/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.
17. Miri Ghalenou, 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. [In Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20089597.1397.9.18.7.6

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. [In Persian]. https://doi.org/10.22054/eenr.2015.7000
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. Mosavi, 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. [In Persian]. https://doi.org/10.30490/aead.2018.73545
21. Nazari, M., & Kalantari, M. (2023). Assessing the level of sustainability of urban development with the ecological footprint approach studied: Sari city. *Geography and Environmental Planning*, 34 (2), 1- 4. [In Persian]. https://doi.org/10.22108/gep.2022.133118.1506
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. [In Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20086407.1400.13.2.8.9
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. https://doi.org/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. https://doi.org/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. [In Persian]. https://doi.org/10.22054/eenr.2017.9067
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. https://doi.org/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. https://doi.org/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. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.041

جدول پیوست. 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
رگرسیون لگاریتمی- خطی	R^2: ۰/۸۸ F-Stat: ۲۵/۲۳ D-W Stat: ۲/۱۰ F_C: ۵/۸۶ Ramsey RESET Test: ۰/۰۶ Prob: ۰/۹۵ Serial Correlation Test: ۰/۲۰ Prob: ۰/۶۶ Heteroskedasticity Test: ۱/۰۴ Prob: ۰/۴۳

	Jarque-Bera: ۱/۵۸ Prob: ۰/۴۶

جدول پیوست. خصوصیات برازش الگوهای اقتصادسنجی مختلف (ادامه)

مدل	آماره
رگرسیون لگاریتمی- لگاریتمی	R^2: ۰/۹۲ F-Stat: ۱۸/۳۸ D-W Stat: ۲/۳۷ F_C: ۶/۵۲ Ramsey RESET Test: ۰/۳۶ Prob: ۰/۷۲ Serial Correlation Test: ۱/۵۶ Prob: ۰/۲۳ Heteroskedasticity Test: ۰/۵۴ Prob: 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: ۰/۳۵ Prob: ۰/۷۲ Serial Correlation Test: ۰/۲۶ Prob: ۰/۶۰ Heteroskedasticity Test: ۰/۷۱ Prob: 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: ۰/۴۹ Prob: ۰/۶۲ Serial Correlation Test: ۰/۳۲ Prob: ۰/۵۷

Heteroskedasticity Test: ٠/٨٣ Prob: ٠/٥٧ Jarque-Bera: ٠/٧٠ Prob: ٠/٧٠	

مأخذ: محاسبات تحقيق