Journal of Iranian Architecture & Urbanism
(JIAU)
Homepage: https://www.isau.ir/

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Evaluating the effect of master urban plans on the region sustainability using the ecological footprint method; Case study: Boroujerd city

Sepideh Paymanfar [1,*]

[1] *Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Ayatollah Boroujerdi University, Boroujerd, Iran.*

ARTICLE INFO

Article History:

Received	2021/03/26
Revised	2021/06/08
Accepted	2021/08/20
Available Online	2023/08/06

Keywords:

Sustainability
Ecological Footprint
Boroujerd Master Plan
Biological Capacity
Ecological Deficit

Use your device to scan and read the article online

Number of References
21

Number of Figures
4

Number of Tables
5

Extended ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVES: The increase in population and the development of urbanization have had destructive environmental effects. With the emergence and intensification of these problems, the sustainable development approach was placed on government's and planners' agenda. The history of space development programs prepared in Iran shows that sustainability considerations have been ignored in most programs. These programs are often used for research after implementation. However, the evaluation of the future situations resulting from the implementation of developmental interventions in the region is considered a practical step in modifying and revising the development plans in order to achieve sustainablity. The master plan of Boroujerd, located in Lorestan province, was prepared by the Emco consulting engineers and was approved by the Supreme Council of Urban Planning and Architecture in the spring of 2016. To assess the impact of the Boroujerd comprehensive plan on its sustainability, a comparison will be made between the ecological conditions in 2015 and 2031. With this aim, the ecological footprint and biological capacity of Boroujerd have been calculated separately for each year, and finally, after deducting the ecological footprint from the biological capacity, the sustainability of the region will be determined in terms of ecological surplus or deficit.

METHODS: The Ecological Footprint Index is one of the most important tools for measuring the sustainability status of specific areas or lifestyles, which was proposed by Rees and Wackernagel in the 1990s. This index offers clear insights into regions exerting higher pressure on natural resources. It calculates the ecological footprint based on four consumption categories: food, housing, services, and transportation. Additionally, it categorizes the types of land required to fulfill this consumption and absorb pollution, including forest land, built-up land, fishing land, cropland, grazing land, and carbon. In this study, a combination of a field survey and a questionnaire (the questionnaire was adapted to align with the Iranian-Islamic lifestyle to the greatest extent possible) was employed to determine the ecological footprint in 2020 (the year when the research was conducted). Subsequently, predictions for the ecological footprint in 2015 and 2031 were made. On the other hand, biocapacity pertains to the capacity of water and soil to provide ecological services. Similar to the ecological footprint, biological capacity involves the classification of land types into six groups. Ultimately, Boroujerd's biological capacity was computed based on the area of each of these six land types, utilizing the following formula:

$BC = A \times YF \times EQF$

BC= Biological Capacity; A= Area; YF= Yield Factor; EQF= Equivalence Factor

FINDINGS: The results reveal that Boroujerd's biological capacity, both in 2015 and 2031, surpasses the national average due to its abundant natural resources. However, its ecological footprint and deficit are alarmingly higher. The ecological deficit in Boroujerd is predicted to increase further in 2031, due to inappropriate consumption patterns, population growth, and changes in land use outlined in the proposed master plan. In both 2015 and 2031, the highest percentage of the ecological footprint is associated with Carbon, Cropland, Forest land, Built-up land, Fishing land, and Grazing land, respectively. Notably, the reduction in the biological capacity of cropland and the increase in the biological capacity of built-up land demand particular consideration. Due to the proposed

© 2023, JIAU. All rights reserved.

https://dx.doi.org/10.30475/isau.2023.269346.1620

OPEN ACCESS

* Corresponding Author:
Email: *s.paymanfar@abru.ac.ir*
Phone: +98(664)2468320

Extended ABSTRACT

plan's alteration of cropland use, their biological capacity has dwindled to less than half. As a result, the city will face a greater ecological deficit in this type of land compared to other types. Although in the proposed plan, an attempt has been made to compensate for this ecological deficit by creating a green protection axis in the city limit, due to the increase in population and the conversion of cropland into built-up land, there has been no success in compensating the ecological deficit.

CONCLUSION: The ecological deficit of Boroujerd in 2015 was about -44.3 hectares per person, and if the mentioned plan is implemented, sustainability is expected to slightly decline by 2031, and the ecological deficit will reach -67.3 hectares per person. In the end, two categories of solutions in order to compensate for the ecological deficit and achieve a sustainable situation in Boroujerd will be addressed. The first group is solutions to reduce the ecological footprint aiming to lower demand levels and promote sustainability through education and culture for the optimal consumption of each of the indicators used in the calculation of the footprint. The second set of solutions, commonly adopted in developed societies and seek to increase biological capacity through innovative solutions. In this regard, solutions are proposed to reduce carbon emissions and increase the capacity of environmental resources.

.....

HIGHLIGHTS:

- Evaluating the effects of the implementation of the comprehensive plan of Boroujerd on its sustainability using the ecological footprint method.
- Calculating the ecological footprint using a questionnaire based on measuring the amount of consumption in the four groups of food, housing, transportation and goods and determining the biological capacity based on the area of six types of land.
- Providing solutions for compensating for the ecological deficit and achieving sustainability in Boroujerd.

ACKNOWLEDGMENTS:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-forprofit sectors.

CONFLICT OF INTEREST:

The authors declared no conflicts of interest.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Journal of Iranian Architecture & Urbanism (JIAU). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Paymanfar, S., (2023). Evaluating the effect of master urban plans on the region sustainability using the ecological footprint method; Case study: Boroujerd city. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism*., 14(1): 73-86.

https://dx.doi.org/10.30475/isau.2023.269346.1620
https://www.isau.ir/article_175107.html

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران. دوره ۱۴. شماره ۱. صفحات ۸۶-۷۳. بهار و تابستان ۱۴۰۲

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران
(JIAU)
https://www.isau.ir/

مقاله علمی- پژوهشی

ارزیابی پیامد طرح‌های جامع شهری بر وضعیت پایداری مناطق با استفاده از روش ردپای اکولوژیک؛ نمونه موردی: شهرستان بروجرد

سپیده پیمانفر[1و*]

۱. استادیار، گروه معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آیت الله بروجردی، بروجرد، ایران.

مشخصات مقاله

تاریخ ارسال ۱۴۰۰/۰۱/۰۶
تاریخ بازنگری ۱۴۰۰/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۰۵/۲۹
تاریخ انتشار آنلاین ۱۴۰۲/۰۵/۱۵

واژگان کلیدی

پایداری
ردپای اکولوژیک
طرح جامع بروجرد
ظرفیت زیستی
کسری اکولوژیک

چکیده

افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی، آثار زیست محیطی مخربی به دنبال داشته است. با بروز و تشدید این آثار، رهیافت توسعه پایدار در دستورکار دولت‌ها و برنامه‌ریزان قرار گرفت. سابقه برنامه‌های توسعه فضایی تهیه شده در ایران نشانگر نادیده گرفتن ملاحظات پایداری در اکثر برنامه‌هاست. هدف پژوهش حاضر، ارزیابی اثرات زیست محیطی «بازنگری طرح جامع شهرستان بروجرد» از طریق بررسی وضعیت پایداری شهر در سال افق (۱۴۱۰) نسبت به سال پایه (۱۳۹۴)، برحسب ردپای اکولوژیک و ظرفیت زیستی آن است. از این رو با پیمایش میدانی به روش پرسشنامه‌ای به تشخیص میزان ردپای اکولوژیک اقدام شد. سپس براساس مساحت هریک از انواع شش‌گانه زمین، ظرفیت زیستی شهرستان در سال افق و پایه طرح محاسبه شد. نتایج نشانگر آن است که بیشترین درصد ردپا هم در سال مبدأ و هم در سال افق به ترتیب مربوط به کربن، زمین کشتزاری، زمین جنگلی، زمین ساخته شده، زمین آبی و زمین مرتع می‌باشد. شهرستان بروجرد در سال ۱۳۹۴ با کسری اکولوژیک در حدود ۳/۴۴- هکتار به ازای هر نفر روبه رو بوده است و در صورت اجرای طرح مذکور، وضعیت پایداری با اندکی تغییر تنزل خواهد یافت و کسری اکولوژیک به میزان ۳/۶۷- هکتار به ازای هر نفر خواهد رسید. در انتها به ارائه راهکارهایی جهت جبران کسری اکولوژیک و دستیابی به وضعیت پایداری در شهرستان بروجرد پرداخته می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نکات شاخص

- ارزیابی تأثیرات ناشی از اجرای بازنگری طرح جامع شهرستان بروجرد بر وضعیت پایداری آن با استفاده از روش ردپای اکولوژیک.
- محاسبه ردپای اکولوژیک با استفاده از پرسشنامه براساس سنجش میزان مصرف در چهار گروه خوراک، مسکن، حمل و نقل و کالا و تعیین ظرفیت زیستی براساس مساحت هریک از انواع شش‌گانه زمین.
- ارائه راهکارهایی جهت جبران کسری اکولوژیک و دستیابی به وضعیت پایداری در شهرستان بروجرد.

نحوه ارجاع به مقاله

پیمانفر، سپیده. (۱۴۰۲). ارزیابی پیامد طرح‌های جامع شهری بر وضعیت پایداری مناطق با استفاده از روش ردپای اکولوژیک؛ نمونه موردی: شهرستان بروجرد، *نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران*، ۱۴(۱)، ۷۳-۸۶.

** نویسنده مسئول
تلفن: ۰۰۹۸۶۶۴۲۴۶۸۳۲۰
پست الکترونیک: s.paymanfar@abru.ac.ir

مقدمه

بنا به تعریف برانتلند، تأمین نیازهای امروز بدون آسیب زدن به توانایی نسل‌های آینده در تأمین نیازهایشان، از اهداف اصلی توسعه پایدار است. در این نوع توسعه، مصرف و مداخله در محیط در موازنه و تعادل با ظرفیت تولید و توان پالایش محیطی قرار دارد (Sharifzadegan et al., 2016). برای داشتن توسعه پایدار، نخستین گام، اطلاع از وضعیت پایداری منطقه است تا در صورت ناپایداری، برنامه ریزی لازم برای توسعه پایدار آن انجام گرفته و اجرا شود. سابقه طرح‌های توسعه فضایی تهیه شده در ایران نشانگر نادیده گرفتن ملاحظات پایداری در اکثر برنامه‌ها بوده است. این برنامه‌ها اغلب پس از اجرا، بستر انجام پژوهش قرار می‌گیرند. رویکرد غالب در اکثر پژوهش‌های انجام شده در ایران و جهان ارزیابی وضعیت پایداری منطقه در وضع موجود با دیدگاهی توصیفی یا بررسی تغییرات آن نسبت به مقطع زمانی در گذشته است. حال آنکه ارزیابی وضعیت‌های آتی ناشی از اجرای مداخلات توسعه‌ای در منطقه، گامی مؤثر در جهت اصلاح و بازبینی برنامه‌های توسعه و هدایت آن در راستای دستیابی به جامعه‌ای پایدار به شمار می‌رود. تشریح و تبیین آثار توسعه شهرها و حتی کشورها بر محیط زیست، اغلب با مشکلاتی همچون چگونگی تبدیل ارزش هزینه‌های محیط زیستی یا اجتماعی به مواردی سنجش پذیر و کمی مواجه است. با وجود رویکردهای نظری متعدد برای اندازه‌گیری پایداری، ردپای اکولوژیک در محافل سیاست‌گذاری محیط زیست و برنامه‌ریزی‌های زیست محیطی بسیار محبوب است. نمایه ردپای اکولوژیک از مهم‌ترین ابزارهای اندازه‌گیری وضعیت پایداری مناطق خاص یا سبک‌های زندگی، است که توسط ریز و واکرناگل در دهه ۱۹۹۰ ارائه شده است. این مدل با تبدیل نیاز به منابع و آلودگی به زمین مورد نیاز برای جبران آنها معیاری مناسب برای ارزیابی آثار زیست محیطی فراهم می‌کند. این نمایه به طور روشنی نشان می‌دهد که در کدام منطقه بر منابع طبیعی فشار وارد می‌شود (Barrett & Scott, 2001). طرح جامع شهرستان بروجرد، واقع در استان لرستان، توسط مهندسین مشاور امکو ایران تهیه و در بهار ۱۳۹۵ به تصویب شورای عالی شهرسازی و معماری رسیده است. در این طرح برنامه‌ریزی و طراحی شهر براساس محدوده مصوب برای افق طرح در سال ۱۴۱۰ تهیه شده است. پژوهش حاضر برحسب ردپای اکولوژیک و ظرفیت زیستی مجموعه شهری بروجرد، قصد دارد وضعیت پایداری شهرستان بروجرد را پس از اجرای "طرح جامع" در افق طرح (۱۴۱۰) نسبت به سال مبدأ (۱۳۹۴) مقایسه کند.

ادبیات موضوع

ردپای اکولوژیک، به مجموع زمین‌های خاکی، جنگلی، چراگاهی، کشاورزی و آبی مورد نیاز به منظور تولید مستمر منابع مصرفی مورد نیاز انسانی و جذب تمامی زائدات حاصل از آن در یک اجتماع مشخص در هر مقیاس جهانی گفته می‌شود. این شش دسته زمین عبارتند از:

۱. کربن[1] مساحت جنگلی مورد نیاز برای جذب دی اکسید کربن؛

۲. زمین جنگلی[2] زمین مورد نیاز جنگلی برای تولید چوب سوختنی و محصولات چوبی؛

۳. زمین ساخته شده[3] زمین مورد نیاز برای احداث ساختمان، زیرساخت، سازه های صنعتی و مخازن تولید برق؛

۴. زمین صید آبزیان[4] زمین مورد نیاز برای تولید ماهی و مواد غذایی آبی؛

۵. زمین چراگاهی[5] زمین مورد نیاز برای تولید علوفه مورد نیاز دام؛

۶. زمین کشتزاری[6] شامل زمین مورد نیاز برای تولید کلیه مواد غذایی (غلات ، میوه ها ، سبزیجات و غیره) و محصولات غیر غذایی (غلات برای حیوانات ، پنبه و غیره) است (Holden, 2004: 99-100).

در مقابل ظرفیت زیستی به میزان جمعیتی گفته می‌شود که منطقه با توجه به منابع و خدمات طبیعی در اختیار خود از توانایی تأمین نیازهای آن برخوردار است. این نمایه یا به صورت مساحت و میزان زمین‌های در اختیار یا به صورت جمیت ارائه می‌شود. به طور خلاصه، ظرفیت زیستی توانایی پهنه‌های آبی و خاکی منطقه در تأمین منابع و خدمات اکولوژیک مورد نیاز جمعیت ساکن به شمار می‌رود (Kitzes et al., 2007). ردپای اکولوژیک از یک واحد اندازه گیری استاندارد برای مقایسه نتایج استفاده می‌کند، مشابه ارزیابی‌های مالی که از یک ارز مانند دلار یا یورو برای مقایسه اقتصاد استفاده می‌کنند. واحدهای اندازه گیریِ حساب‌های ردپا، هکتارهای جهانی[7] هستند. به عبارت دقیق‌تر، یک هکتار جهانی یک هکتار فضای تولید بیولوژیک با بهره‌وری متوسط جهانی برای سال معین است (Wackernagel et al., 2006).

در سال ۲۰۰۲، کره زمین ۱۱.۳ میلیارد هکتار مساحت تولید بیولوژیک داشت که تقریباً با یک چهارم سطح کره زمین مطابقت داشت. این ۱۱.۳ میلیارد هکتار شامل ۲.۳ میلیارد هکتار آب (قفسه‌های اقیانوس و آب‌های داخلی) و ۹ میلیارد هکتار زمین است. سطح زمین از ۱.۵ میلیارد هکتار زمین زراعی، ۳.۵ میلیارد هکتار زمین چرا، ۳.۹ میلیارد هکتار زمین جنگلی و ۰.۲ میلیارد هکتار زمین ساخته شده تشکیل شده است. از آنجا که این مناطق به معنای مصارف منحصر به فرد متقابل است و هر هکتار جهانی نشان دهنده همان مقدار پتانسیل تولید زیست توده برای یک سال خاص است، می‌توان آن‌ها را جمع کرد. این مورد هم برای تقاضای

کل انسانی (ردپای اکولوژیک) و هم برای عرضه کل ظرفیت زیستی صدق می‌کند (Wackernagel et al., 2006). با مقایسه نمایه «ردپای اکولوژیک» با نمایه «ظرفیت زیستی» وضعیت پایداری منطقه به صورت کمی و جامع مشخص می‌شود. بدین صورت که اگر ظرفیت زیستی بیش از ردپای اکولوژیک باشد، منطقه پایدار است و در غیر این صورت منطقه با کسری اکولوژیک مواجه و توسعه آن نیز ناپایدار است (Ewing et al., 2010).

روش پیشنهادی واکرناگل و ریز (۱۹۹۶) توسط Ayres (2000), Constanza (2000), Levett (1998)، Lenzen & Murray (2001) مورد نقد و بررسی قرار گرفته است. انتقادات اصلی عبارتند از: اول، در ارتباط با تبدیل همه چیز به واحد مشترک زمین؛ دوم، این روش، زمین را به تعداد محدودی از انواع آن شامل کشتزار، جنگلی و ...، طبقه‌بندی می‌کند، این فرایند تفاوت در ارزش اکوسیستم را زیر پا می‌گذارد - تنوع زیستی، کمبود گونه، زیستگاه و چشم‌انداز منحصر به فرد و غیره. سوم، آب باید بیشتر از آنچه در روش ردپا به آن اهمیت داده شده، در نظر گرفته شود. زیرا در محاسبه «زمین» تأثیر پذیرفته لحاظ نشده است. چهارم، نقص دیگر در این تفکر نادیده گرفتن تفاوت های بین شهرها در ظرفیت تولید و مناطق داخلی است، توجه به این نکته که مناطق به لحاظ حاصلخیزی و میزان باروری متفاوتند. پنجم، مسئله تعریف محدوده برای مقایسه "نمرات" ردپای اکولوژیک است. به عنوان مثال، اگر گفته می‌شود که ردپای لندن ۱۲۰ برابر مساحت شهری آن است، ردپای اکولوژیک دره فریزر ۱۹ برابر مساحت آن است، آیا این به این معنی است که دره فریزر شش برابر پایدارتر از لندن است؟ نه، بلکه معولا مناطقی با جمعیت بالا و فاقد زمین کشاورزی در مرزهایشان به طور حتم ردپای اکولوژیک بالاتری ایجاد می‌کنند مگر اینکه اختلاف زیادی در مصرف مواد بین دو منطقه وجود داشته باشد. نگرانی ششم، این فرض است که زمین فقط برای کارکردهای منفرد استفاده می‌شود. پیامد نادیده گرفتن امکانات استفاده چندگانه از زمین، سوگیری در اثر ردپای اکولوژیک به سمت بالا است (Mcmanus & Haughton, 2006: 119-122).

از طرفی پنج جنبه مهم وجود دارد که ردپای اکولوژیک را به ابزاری ارزشمند برای تجزیه و تحلیل پایداری تبدیل می‌کند: اول، این روش بر اساس اصل چرخه زندگی استوار است، که پیش شرط ارزیابی توسعه پایدار محیط زیست است. دوم، این روش بر مصرف متمرکز است. یکی از اصلی‌ترین ویژگی‌های مشکلات زیست محیطی امروز می‌تواند مربوط به الگوی مصرف ناپایدار در مناطق ثروتمند جهان باشد. این روش را می‌توان برای مصرف در هر سطح، از یک فرد تا یک کشور یا حتی کل جمعیت جهان استفاده کرد. سوم، این روش ترکیبی از دسته‌های مختلف مصرف و همچنین عواقب زیست محیطی را در یک مقیاس واحد، هکتار جهانی، ترسیم می‌کند و امکان انجام «مقایسه» های کلی را فراهم می‌آورد. چهارم، ردپای اکولوژیک، انصاف و عدالت جهانی را در تحلیل‌ها گنجانده است. سرانجام، ثابت شده است که ردپای اکولوژیک، ابزاری عالی برای نشان دادن چالش‌های توسعه پایدار، برای افراد حرفه‌ای و همچنین افراد معمولی است. تجزیه و تحلیل ردپای اکولوژیک هم آموزشی است و هم انگیزشی (Holden, 2004: 99). محاسبه ردپای اکولوژیک را می‌توان با مقیاس‌های مختلف (فرد ، محله ، شهر ، منطقه و کشور) و فعالیت‌های مختلف (مسکن ، تحرک ، غذا و غیره)، تطبیق داد (Muñiz et al, 2013: 115). ردپاها را می‌توان از دیدگاه مصرف، یا در هر مرحله از فرآیند تولید، تجزیه و تحلیل کرد (Wackernagel et al., 2006: 104).

پیشینه پژوهش

مطالعات مربوط به ردپای زیست محیطی در مقیاس های مختلف از یک شهرکوچک تا کلانشهر و کشور را شامل می‌شود. به عنوان مثال، لندن چند دوره مطالعه ردپا را پشت سر گذاشته است. در سال ۱۹۹۵، هربرت ژیراردت، متخصص پایداری شهری تخمین زد که اندازه ردپای پایتخت انگلیس ۱۲۵ برابر مساحت این شهر است. به عبارت دیگر، لندن برای تأمین منابع خود به منطقه‌ای به اندازه کل سطح زمین تولیدی در انگلیس نیاز داشت تا منابع مورد استفاده شهر و دفع آلاینده‌ها و زباله‌های خود را فراهم کند. در سال ۲۰۰۰، تحت رهبری شهردار لندن مطالعه دقیق‌تری درباره اثر زیست محیطی به نام "محدودیت‌های شهر" انجام شد. براساس نتایج این گزارش، پروژه‌ای تحت عنوان "به سوی لندن پایدار: کاهش ردپای اکولوژیک پایتخت" با پشتیبانی بیش از ۳۰۰ گروه شامل مشاغل بزرگ و موسسات آموزش عالی پایتخت، مدیریت پسماند و شرکت‌های مشاور، سعی در کاهش ردپای لندن داشتند. در نمونه دیگر، بیل دانستر یکی از برجسته‌ترین معماران محیط زیست انگلستان که شیوه معماری BedZED[۸] را با همکاری سازمان غیردولتی BioRegional دنبال کرد. BedZED از ردپای اکولوژیک به عنوان یک ابزار مدیریتی و سپس برای بررسی میزان تحقق اهداف استفاده کرد (Wackernagel et al., 2006). در مارس ۲۰۰۱، شورای ملی ولز (جمعیت ۲ میلیون و ۹۰۰ هزار نفر) ردپای زیست محیطی را به عنوان شاخص اصلی خود برای پایداری تصویب کرد و باعث شد ولز اولین کشوری باشد که این کار را انجام می‌دهد (Barrett et al., 2005). در ایالت ویکتوریای استرالیا، سال ۲۰۰۲ آژانس ارشد ایالتی مسئول حفاظت از محیط زیست، مجموعه‌ای از پروژه‌های آزمایشی را با مشارکت طیف وسیعی از سازمان‌ها و مشاغل ایجاد کرد تا بیشتر در مورد کاربردهای عملی ردپای اکولوژیک به منظور ارتقا پایداری تحقیق کند. این کمپین اکنون در حال

گسترش دامنه فعالیت خود است. پارلمان اروپا یک مطالعه تطبیقی را در زمینه استفاده از ردپای زیست محیطی برای پایداری سفارش داد، که شامل مطالعه موردی برای بررسی کاربردهای بالقوه ردپا در قوانین بین المللی بود. این مطالعه در سال ۲۰۰۱ به پایان رسید و تحت نظارت اداره کل تحقیقات، بخش صنعتی، انرژی، محیط زیست و ارزیابی گزینه های علمی و فناوری[۹] (STOA) بود (Wackernagel et al., 2006). هولدن (۲۰۰۴) طی یک پروژه تحقیقاتی چهارساله (۲۰۰۱-۱۹۹۷) با عنوان «سکونت به عنوان پایه‌ای برای مصرف پایدار»، داده‌های مربوط به مصرف را از ۵۳۷ خانوار در شهرهای بزرگ اسلو و فرد در نروژ، جمع‌آوری کرد. این تحقیق از ردپای اکولوژیک به عنوان ابزار تحلیل پیامدهای زیست محیطی این مصرف و ارتباط آن با فرم شهر استفاده کرد. تجزیه و تحلیل ردپای اکولوژیک نشان می‌دهد که توسعه پایدار شهری به سمت تمرکز غیرمتمرکز، یعنی شهرهای نسبتاً کوچک با تراکم بالا و فواصل کوتاه بین خانه‌ها و خدمات عمومی/ خصوصی است. از بین اطلاعات دموگرافیک، تعداد ساکنان خانه؛ مالکیت خودرو؛ و سطح درآمد به ترتیب مؤثر است.

در ایران، صمدپور و فریادی (Samadpour & Faryadi, 2008) در پژوهش خود با استفاده از روش ردپای اکولوژیک به ارزیابی آثار محیط زیستی افزایش تراکم جمعیتی و ساخت و سازهای شهری، به خصوص بلندمرتبه‌سازی در محله الهیه تهران پرداختند. نتایج نشان می‌دهد الهیه سهمی بسیار فراتر از ظرفیت محیط زیستی خود مصرف می‌کند. همچنین در برنامه‌های توسعه محله، افزایش فضاهای سبز و باز برای جبران آثار افزایش فضاهای پر یا ساخته شده پیش‌بینی نشده است. در نهایت مشخص شد که روش "ردپای اکولوژیکی" می‌تواند به عنوان ابزار مناسبی برای ارزیابی و مقایسهٔ کل آثار محیط زیستی در مقیاس توسعه‌های درون شهری برحسب معیار و واحدی مشترک یعنی "زمین" تطبیق و تعمیم یابد.

جمعه‌پور، حاتمی‌نژاد و شهنواز (Jomepour, Hataminejad & Shahnavaz, 2013) با استفاده از روش ردپای اکولوژیک، به بررسی پایداری شهرستان رشت پرداختند. براساس محاسبات، ردپای اکولوژیک مصرف در شهرستان رشت،۹۷۹ /۱ هکتار به ازای هر نفر برآورد شد که در مقایسه با ظرفیت زیستی آن که ۰/۴۱۴ هکتار به ازای هر نفر، بود نشان از کسری اکولوژیک شهرستان رشت داشت.

تقی‌زاده و روشناسی (Taghizadeh Diva & Rooshenasi, 2019) در پژوهش خود به بررسی ردپای اکولوژیک شهرستان گرگان پرداختند و تلاش کردند به این پرسش پاسخ دهند که آیا فضای بوم‌شناسی شهرستان گرگان توان حمایت و برآورد نیازهای اساسی جمعیت شهر را دارد؟ به منظور تحلیل داده‌ها، میزان ردپای اکولوژیک برای هر یک از شاخص‌ها همچون غذا، مواد زائد، حمل ونقل، گرمایش گازهای طبیعی، نیروی الکتریسیته، آب و مسکن محاسبه و مجموع ردپای اکولوژیک این شاخص‌ها با ظرفیت زیستی شهرستان گرگان مقایسه گردید. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ردپای اکولوژیک شهرستان گرگان ۱/۲۴ هکتار بوده است. از آنجا که ظرفیت زیستی گرگان به ازای هر نفر ۰/۶۴۳ هکتار است این بدان معناست که ردپای اکولوژیک ۱/۹۲ برابر بیش از ظرفیت زیستی قابل تحمل شهرستان گرگان است.

روش تحقیق

روش ردپای اکولوژیک نشان می‌دهد که برای حفظ جمعیت با توجه به نیازهای آنها، به چه مقدار از منابع یا ضایعات (برحسب هکتار) نیاز است. این فرآیند از طریق دو روش «تحلیل روند[۱۰]» و روش «ورودی- خروجی[۱۱]» انجام شده است. دو روش برای محاسبه به شیوه «تحلیل روند» وجود دارد که روش «ترکیب[۱۲]» و «جزء[۱۳]» نامیده می‌شوند. روش ترکیب رویکردی از بالا به پایین است که بیشتر مناسب مطالعات بزرگ مقیاس است؛ در حالی که روش جزء با رویکردی از پایین به بالا بیشتر مناسب مطالعات دارای مقیاس‌های کوچکتر می‌باشد. در روش ترکیبی داده‌های کشور یا شهر به سطوح پایینتر تعمیم داده می‌شود و در روش جزء داده ها از سطح محلی به دست می‌آید. روش ورودی- خروجی نیز در صنایع و بخش‌های فعالیتی دارای کاربرد است (Nichols, 2003). ردپای اکولوژیک براساس نیازهای چهارگانه مصرف خوراک، مسکن، حمل و نقل و کالاها و خدمات مصرفی محاسبه می‌شود. همچنین طبقه‌بندی انواع زمین مورد نیاز برای تأمین این میزان مصرف و جذب آلودگی‌ها نیز عبارت است از: زمین جنگلی، زمین ساخته شده، زمین صید آبزیان، زمین چراگاهی، زمین کشتزاری و کربن (Wackernagel et al., 2013; Larson et al., 2013).

در محاسبه ردپای اکولوژیک و ظرفیت زیستی، به منظور مقایسه نتایج از یک واحد یکسان (هکتار جهانی) استفاده می‌شود. هکتار جهانی با کمک دو عامل تخمین زده می‌شود که عبارتند از: «ضریب بازده» و «ضریب معادل». ضریب بازده[۱۴]: میانگین حاصلخیزی ملی[۱۵] را با میانگین حاصلخیزی جهانی در یک نوع یکسان از گروه بندی زمین مقایسه کرده است و ضریب معادل[۱۶] نیز حاصلخیزی نسبی یک نوع خاص از زمین را در مقایسه با سایر انواع زمین سنجش می‌کند (Geng et al., 2014). این ضریب که در سطح جهانی تعریف شده است هر ساله (یا هرچند سالی که در این گزارش ضریب معادل نامیده می‌شود) در گزارش سیاره زنده[۱۷] منتشر می‌شود. جنگ و همکارانش در مقاله‌ای که در سال ۲۰۱۴ ارائه داده اند ضریب‌های معادل ارائه شده در گزارش سیاره زنده بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۵ را مقایسه

کرده‌اند. در این مقاله به عنوان نمونه، ذکر شده که در گزارش سال ۲۰۰۵ میلادی به زمین کشتزار ضریب معادل ۲/۳۹ و به مرتع ۰/۵۱ اختصاص داده شده است؛ زیرا زمین کشتزار نسبت به مرتع برای انسان حاصلخیزتر است (Geng et al., 2014).

در محاسبه ردپای اکولوژیک در گام نخست مقدار کلی تولیدات مورد مصرف و ضایعات ناشی از آن شامل خوراک، مسکن، خدمات و حمل و نقل، به روش «ترکیب» یا «جزء» محاسبه خواهد شد. در گام بعد مقدار تولیدات و ضایعات به تفکیک گروه‌های چهارگانه (خوراک، مسکن، خدمات و حمل و نقل) بر متوسط بازده ملی تقسیم و در ضریب معادل و ضریب بازده ضرب می‌شود. در نهایت تمامی آنها با یکدیگر جمع می‌شوند و ردپای اکولوژیک کل بر حسب هکتار محاسبه می‌شود (فرمول ۱).

$$EF = \frac{P}{Yn} \times YF \times EQF \qquad (1)$$

EF ردپای اکولوژیک، P مقدار تولید یا ضایعات
Yn متوسط بازده ملی برای همان تولید، YF ضریب بازده
EQF ضریب معادل

در مقابل ظرفیت زیستی، نواحی حاصلخیزی است که برای تولید منابع و جذب پسماند وجود دارد. به طور خلاصه، ظرفیت زیستی به توانایی پهنه‌های آبی و خاکی برای تأمین خدمات اکولوژیک اطلاق می‌شود (Ewing et al., 2010). برای محاسبه ظرفیت زیستی ملی مقدار کلی زمین‌های حاصلخیز در دسترس تعیین می‌شود؛ این زمین‌ها اشاره به زمین و منابع آبی دارد که پشتیبان فعالیت فتوسنتزی[۱۸] و تجمع زیست توده[۱۹] است و مناطق بی‌ثمر، کم بهره و پراکنده را وارد محاسبات نمی‌کند. در تعیین ظرفیت زیستی نیز (مشابه ردپای اکولوژیک) انواع زمین به شش گروه تقسیم می‌شوند. ظرفیت زیستی یک کشور نیز برای هر نوع زمین براساس فرمول ۲ (Ewing et al., 2010)، محاسبه می‌شود.

$$BC = A \times YF \times EQF \qquad (2)$$

BC ظرفیت زیستی، A سطح موجود، YF ضریب بازده
EQF ضریب معادل

به منظور ارزیابی تأثیرات ناشی از اجرای طرح جامع شهرستان بروجرد بر وضعیت پایداری آن، وضعیت اکولوژیکی منطقه مورد پژوهش در سال ۱۳۹۴ با ۱۴۱۰ شمسی، مقایسه خواهد شد (شکل ۱ و ۲). با این هدف ردپای اکولوژیک و ظرفیت زیستی شهرستان بروجرد، به صورت مجزا برای سال‌های مدنظر محاسبه شده و درنهایت پس از کسر ردپای اکولوژیک از ظرفیت زیستی، وضعیت پایداری منطقه از نظر اضافه یا کسری اکولوژیک تعیین خواهد شد.

در خصوص ردپای اکولوژیک روش منتخب، روش جزء خواهد بود. به این ترتیب که به منظور محاسبه ردپای اکولوژیک فردی از پرسشنامه تهیه شده در سایت شبکه جهانی ردپا (Footprintcalculator, 2020) استفاده شده است. اساس این پرسشنامه بر مبنای سنجش میزان مصرف در خصوص چهار گروه خوراک، مسکن، حمل و نقل و کالا می‌باشد. در تدوین پرسشنامه‌ای که در اختیار شهروندان بروجردی قرار گرفت، سعی شده است تا حد امکان پرسشها با سبک زندگی ایرانی- اسلامی هماهنگ شود. به منظور محاسبه ظرفیت زیستی، پس از محاسبه انواع زمین موجود در مجموعه شهری شهرستان بروجرد، با داشتن ضریب بازده و ضریب معادل با استفاده از فرمول ۲ ظرفیت زیستی محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است، از آنجا که نوع زمین استفاده شده در جذب دی اکسید کربن و آلاینده‌ها در این پژوهش قابل تشخیص نیست، برای ظرفیت زیستی کربن، مساحتی در نظر گرفته نشده است.

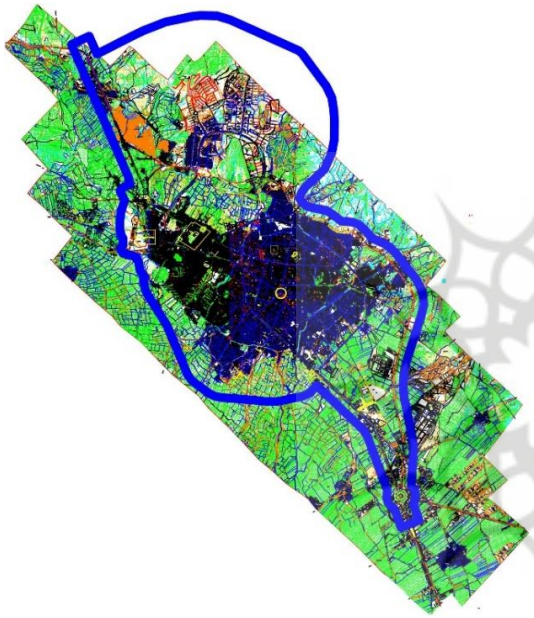

Fig. 1. Land Use Map in 2015
(Emco Consulting Engineers, 2016)

Fig. 2. Proposed Land Use Map in 2031
(Emco Consulting Engineers, 2016)

پیش‌فرض‌های پژوهش

در انجام پژوهش حاضر پیش‌فرض‌هایی به شرح زیر در نظر گرفته شد:

- استفاده از گروه‌بندی هزینه-درآمد خانوارها به منزله تقریبی از سبک زندگی و الگوی مصرف خانوارها و نیز روشی جهت دستیابی به گروه‌های همگن جهت توزیع پرسشنامه

جدول ۱ براساس آمارگیری سالانه مرکز آمار ایران از هزینه و درآمد خانوارها تدوین شده است. از آنجا که اطلاعات هزینه- درآمد در خصوص شهرستان بروجرد در دسترس نبود، اطلاعات استان لرستان به شهرستان بروجرد تعمیم داده شد. برای سهولت محاسبات، سهم درآمدی در ۵ گروه بررسی می شود. جدول ۱، درصد جمعیت استان لرستان را در گروه‌های ۵ گانه درآمدی در سال‌های ۱۳۸۳، ۱۳۹۴و ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. از آنجا که بازه‌های درآمدی سال ۱۳۹۴ مشابه ۱۳۹۸ در نظر گرفته شده، براساس شاخص بها بین سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸، بازه‌های درآمدی ۱۳۹۸ محاسبه و در نهایت سهم درآمدی هرگروه نیز با فرض اینکه تغییر سهم هر گروه در آینده، به روند گذشته نزدیک خواهد بود با استفاده از فرمول ۳، محاسبه شد.

$$P_n = P_0 \times (1+r)^t \qquad (3)$$

با استفاده از این فرمول، ابتدا نرخ رشد سهم درآمدی گروه‌های مختلف برای سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۹۸ و بار دیگر برای سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ محاسبه شد، سپس سهم درآمدی هرگروه برای سال ۱۳۹۹ (پرسشنامه‌ها در این سال توزیع شده است) و سال افق (۱۴۱۰) بدست آمد. به منظور محاسبه حجم نمونه از آنجا که با میانگین یک متغیر کمی سروکار داریم، با استفاده از نرم‌افزار SPSS Sample Power، حجم نمونه برای یک آزمون یک طرفه با میانگین ۷، توان آزمون ۸۰٪، آلفای ۰/۰۵و انحراف معیار ۵ برابر با ۲۴۳ شد. بنابراین، تعداد پرسش نامه برای محاسبه ردپای اکولوژیک هریک از پنج گروه درآمدی، مطابق با سهم هر گروه در سال ۱۳۹۹ در نظر گرفته شد. به این ترتیب برای گروه یک تا پنج به ترتیب، ۵۵، ۷۰، ۶۸، ۲۲ و ۲۸ پرسشنامه تکمیل شد.

- یکسان فرض کردن الگوهای مصرفی و سبک زندگی جمعیت شهرستان بروجرد در سال ۱۴۱۰ و ۱۳۹۴ با وضعیت فعلی (۱۳۹۹)

هرچند براساس پیش بینی‌ها، میزان درآمد و سطح تحصیلات در سال افق طرح (۱۴۱۰) افزایش می‌یابد. و نیز این مقدار در سال انجام پژوهش (۱۳۹۹) بهتر از سال پایه طرح (۱۳۹۴) است. بر این اساس، الگوهای مصرف و سبک زندگی نیز با تغییراتی روبه رو خواهد شد. در پژوهش حاضر به منظور برآورد ردپای اکولوژیک جمعیت شهرستان بروجرد، الگوهای مصرفی جمعیت در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۴۱۰ مشابه با وضعیت جمعیت فعلی در نظر گرفته شده است.

- معادل فرض کردن ضریب بازده ایران با ضریب بازده جهانی

به دلیل مشکلات دسترسی به اطلاعات مربوط به ایران این ضریب برابر با ضریب جهانی و یک فرض شده است.

براساس پیش فرض‌های گفته شده فرآیند پژوهش در قالب گام‌های زیر طبق شکل ۳، تنظیم شده است.

یافته‌ها

پرسشنامه به جز سوالات دموگرافیک، دارای ۱۵ سوال بود که در جدول ۲ خلاصه‌ای از نتایج آن ارائه شده است. در این جدول بیشترین پاسخ‌های هریک از گروه‌های درآمدی به پرسش‌های ۱ تا ۱۵ آورده شده است. لازم به ذکر است که در پرسشنامه برای

Table 1. Documentation of indicators and criteria

Year	Price Index (100=2016)	Row	1	2	3	4	5
2004	14.6	Income grouping (million Rials annually)	16.5 and less	16.5-24	24-45	45-75	More than 75
		share (percentage)	10.3	15	44	22	8.7
2015	93.65	Income grouping (million Rials annually)	100 and less	100-165	165-270	270-480	More than 480
		share (percentage)	6.4	19.7	46.3	25.3	2.3
2019	-	Income grouping (million Rials annually)	100 and less	100-165	165-270	270-480	More than 480
Income grouping of 2015		share (percentage)	4.10	8.42	24.86	37.58	25.06
2019	183.99	Income grouping (million Rials annually)	196 and less	196-323	323-530	530-940	More than 940
New Income grouping		share (percentage)	19.9	28.3	30.9	11	9.9
2020	227.1	Income grouping (million Rials annually)	242 and less	242-399	399-653	653-1161	More than 1161
		share (percentage)	22.5	28.9	27.8	9.3	11.5
2031	-	share (percentage)	34.1	22.2	9.9	2.6	31.2

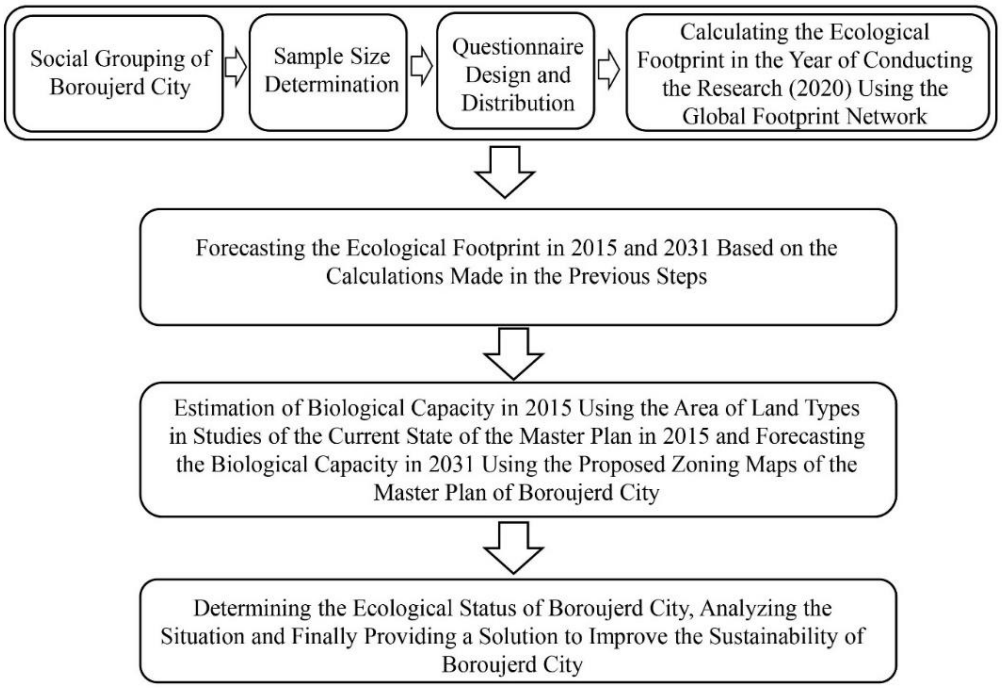

Fig. 3. Research Process

پاسخ به سؤال‌های ۳، ۴، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۱۵ بازه‌ای تعریف نشده است، زیرا هر یک ساعت/ کیلومتر/ مترمربع/ لیتر، کمتر یا بیشتر روی میزان ردپا مؤثر است، ولی در اینجا به منظور خلاصه کردن جواب‌ها، برای آنها نیز بازه تعریف شده است.

با استفاده از نتایج پرسشنامه‌ها، ردپای اکولوژیک هریک از افراد بدست آمد. سپس از ردپای افراد مختلف در گروه‌های پنج‌گانه میانگین گرفته شد و به این ترتیب ردپای هر گروه درآمدی به‌دست آمد. در جدول ۳ میانگین ردپای اکولوژیک هریک از پنج گروه درآمدی به طورکلی و به تفکیک هریک از شش نوع زمین ارائه شده است.

با استفاده از ردپای اکولوژیک هرگروه و با در نظر گرفتن درصد جمعیتی هریک از آن‌ها، ردپای اکولوژیک کل برای شهرستان بروجرد در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۴۱۰، براساس محاسبات زیر به ترتیب ۵/۴۸ و ۵/۵۸ بدست می‌آید:

$$(3.85 \times 6.4) + (4.6 \times 19.7) + (5.72 \times 46.3) + (5.88 \times 25.3) + (8.09 \times 2.3) /100 = 5.48 \quad (1)$$

$$(3.85 \times 34.1) + (4.6 \times 22.2) + (5.72 \times 9.9) + (5.88 \times 2.6) + (8.09 \times 31.2) /100 = 5.58 \quad (2)$$

به منظور محاسبه ظرفیت زیستی، مساحت هریک از انواع زمین براساس مطالعات وضع موجود (۱۳۹۴) و پیشنهادی (۱۴۱۰) انجام شده توسط مهندسین مشاور امکو به دست آمده است (Emco Consulting Engineers, 2016). با توجه به اینکه در سال ۱۳۹۴، جمعیت بروجرد ۲۵۱۶۴۷ نفر و جمعیت پیش بینی شده برای سال مقصد ۳۵۹۸۴۹ نفر می‌باشد، سرانه کاربری‌های زمین بدست آمد. سپس در ضریب معادل که به طور جهانی برای هر نوع زمین در نظر گرفته شده است ضرب شد و در نهایت ظرفیت زیستی کل شهرستان بروجرد از مجموع ظرفیت زیستی زمین‌ها بدست آمد (جدول ۴).

با توجه به جداول ۳ و ۴، کسری اکولوژیک شهرستان بروجرد در سال ۱۳۹۴ به ازای هر نفر، معادل ۳/۴۴- و در سال ۱۴۱۰ و ناشی از اجرای طرح پیشنهادی، ۳/۶۷- هکتار خواهد بود. طبق آخرین گزارش شبکه جهانی ردپا، ردپای اکولوژیک و ظرفیت زیستی کشور ایران در سال ۲۰۱۷، به ترتیب ۳/۲ و ۰/۸ هکتار به ازای هر نفر بوده است، براین اساس ایران در سال ۲۰۱۷ با کسری اکولوژیک برابر با ۲/۴- هکتار به ازای هر نفر مواجه بوده است. هرچند ظرفیت زیستی شهرستان بروجرد (هم در سال مبدأ و هم در سال افق) به دلیل منابع طبیعی موجود، در مقایسه با شرایط ایران بهتر است، اما میزان ردپا و کسری اکولوژیک آن به شکل توجیه ناپذیری بیشتر می‌باشد. کسری اکولوژیک شهرستان بروجرد در افق طرح باز هم بیشتر خواهد شد که ناشی از الگوی مصرف اشتباه، افزایش جمعیت و نیز تغییر کاربری زمین در طرح جامع پیشنهادی است.

همانطور که در شکل ۴ دیده می‌شود، بیشترین درصد ردپا هم در سال مبدأ و هم در سال افق به ترتیب مربوط به کربن، زمین کشتزاری، زمین جنگلی، زمین ساخته شده، زمین آبی و زمین مرتع می‌باشد که نیاز به تغییر الگوی مصرف را گوشزد می‌کند. آنچه بیش از همه باید مورد توجه قرار گیرد، کاهش ظرفیت زیستی زمین کشتزاری و افزایش ظرفیت زیستی زمین ساخته شده است. به دلیل تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی در طرح پیشنهادی، ظرفیت زیستی زمین‌های کشتزاری، به کمتر از نصف کاهش یافته است. در نتیجه مجموعه با کسری اکولوژیک بیشتری در این نوع زمین‌ها نسبت به سایر انواع زمین روبه‌رو خواهد شد. هرچند در

طرح پیشنهادی سعی شده است تا با ایجاد یک محور حفاظتی سبز در حریم شهر (شکل ۲) تا حدودی این کسری اکولوژیک جبران شود ولی به دلیل افزایش جمعیت و تبدیل زمین‌های کشاورزی به زمین ساخته شده (شکل ۱ و ۲) در ارتباط با جبران کسری اکولوژیک، موفقیتی حاصل نشده است.

همانطور که در جدول ۵ آمده است، بهره‌برداری از «زمین‌های کشتزاری» نسبت به سایر زمین‌ها در شهرستان بروجرد، در مقایسه با وضعیت ایران، آسیا و جهان بسیار بیشتر است. این مقایسه نشان می‌دهد، علاوه بر بالا بودن میانگین ردپای اکولوژیک بروجرد در مقایسه با مناطق و جوامع مورد قیاس، میزان بهره‌برداری از «زمین کشتزاری» برای مصرف کالاها و خدمات از میان شش گروه‌بندی زمین، بسیار شدیدتر از سایر مناطق ایران و جهان است.

از آنجا که بخش اعظمی از کسری اکولوژیک نیز وابسته به «زمین کشتزاری» می‌باشد، لزوم حفظ و توسعه این نوع زمین به منظور تأمین نیازهای مصرفی جامعه مشهود است. هرچند ظرفیت زیستی شهرستان در مقایسه با ایران، آسیا و جهان، مطلوب است ولی کسری اکولوژیک آن در سال افق طرح، تقریبا دو برابر ایران و آسیا و سه برابر جهان است، که لزوم بازنگری و ارائه راهکارهای پیشگیرانه را می‌طلبد.

Table 2. Consumption Status of Residents of Boroujerd City according to Income Grouping and the Most Frequent Answers of Each Group

Questions	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
Housing					
1) Which housing type best describes your home?	Duplex, row house or building with 2-4 housing units	Duplex, row house or building with 2-4 housing units	Duplex, row house or building with 2-4 housing units	Duplex, row house or building with 2-4 housing units	Duplex, row house or building with 2-4 housing units
2) What material is your house constructed with?	Brick/Concrete	Brick/Concrete	Brick/ Steel	Brick/ Steel	Brick/ Steel
3) How many people live in your household?	3	4	3	4	3 & 4
4) What is the size of your home?	Between 70-100 m^2	Between 100-150 m^2	Between 100-150 m^2	Between 150-200 m^2	Between 150-200 m^2
5) Do you have electricity in your home?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
6) How energy efficient is your home?	Average	Average	Average	Above average	Average
7) What percentage of your home's electricity comes from renewable sources?	0%	0%	0%	0%	0%
8) Compared to your neighbors, how much trash do you generate?	Less	Less & Same	Same	Same	Same
Food					
9) How often do you eat animal-based products? (beef, chicken, fish, eggs, dairy products)	Occasionally	Often	Often	Often	Often
10) How much of the food that you eat is unprocessed, unpackaged or locally grown?	Less than 25%	Less than 25%	25-50%	50-75%	25-50%
Transportation					
11) How far does your family travel by car or motorcycle each week? 0-800 kms	Zero	Less than 100 kms	101-200 kms	Less than 100 kms	Less than 100 kms
12) What is the average fuel economy of the vehicles you use most often? (2-24 liters/100 kms)	-	2-7 liters	8-13 liters	8-13 liters	8-13 liters
13) When you travel by car, how often do you carpool?	Always 81- 100%	Infrequently 21-40 %	Never 0-20%	Never 0-20%	Never 0-20%
14) How far does your family travel on public transportation each week? (bus, train, etc.) 0-800 kms	200-400 kms	Less than 25 kms	Less than 25 kms	Less than 25 kms	Less than 25 kms
15) How many hours do you fly each year? 0-200 Hours	0	0	0	0	Less than 5 Hours

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Table 3. The Ecological Footprint of the Households of Boroujerd according to the Income grouping

Ecological footprint calculation (gha)	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
The average footprint on built-up land of each group	0.15	0.10	0.19	0.19	0.25
The average footprint on built-up land (2015)			0.172		
The average footprint on built-up land (2031)			0.176		
The average footprint on forest land of each group	0.40	0.40	0.51	0.58	0.74
The average footprint on forest land (2015)			0.505		
The average footprint on forest land (2031)			0.522		
The average footprint on cropland of each group	1.05	1.40	1.71	1.31	1.65
The average footprint on cropland (2015)			1.505		
The average footprint on cropland (2031)			1.387		
The average footprint on grazing land of each group	0.10	0.10	0.17	0.12	0.14
The average footprint on grazing land (2015)			0.139		
The average footprint on grazing land (2031)			0.120		
The average footprint on fishing ground of each group	0.10	0.20	0.17	0.13	0.17
The average footprint on fishing ground (2015)			0.162		
The average footprint on fishing ground (2031)			0.152		
The average footprint on Carbon of each group	2.05	2.40	2.97	3.55	5.14
The average footprint on Carbon (2015)			3.000		
The average footprint on Carbon (2031)			3.222		
Average footprint of each group	3.85	4.60	5.72	5.88	8.09
Average footprint of all groups (2015)			5.48		
Average footprint of all groups (2031)			5.58		

Table 4. The Biological Capacity of Boroujerd in 2015 and 2031

Land Type	2015				2031			
	Land Area (hectares)	Current per Capita (hectares per person)	Equivalence Factor	Biological Capacity (hectares per person)	Land Area (hectares)	Proposed per Capita (hectares per person)	Equivalence Factor	Biological Capacity (hectares per person)
Crop	35788	0.142	2.51	0.35695	17055	0.047	2.51	0.11797
Grazing	3388	0.013	0.46	0.00598	3090	0.008	0.46	0.00368
Forest	18123	0.072	1.26	0.09072	76436	0.212	1.26	0.26712
Fishing	1898	0.007	0.37	0.00259	1898	0.005	0.37	0.00185
Carbon	-	-	1.26		-	-	1.26	
Built-up	158873	0.631	2.51	1.58464	218503	0.607	2.51	1.52409
Total				2.04088				1.91471

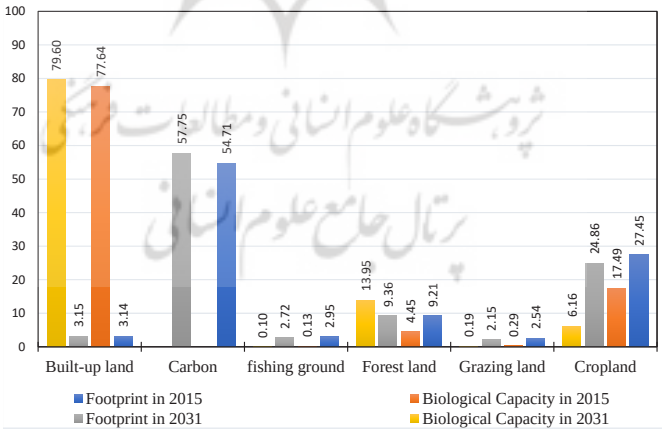

Fig. 3. Ecological Footprint and Biological Capacity of Boroujerd City Based on the Land Types in 2015 and 2031 in Percentage

Table 5. Comparison of Ecological Footprint and Biological Capacity in Different Regions

Location	Year	Hectares per person	Built-up Land	Carbon	Crop Land	Fishing Land	Forest Land	Grazing Land	Total
Boroujerd	2015	Biological Capacity	1.59	0.00	0.36	0.01	0.09	0.01	2.04
Boroujerd	2031	Biological Capacity	1.53	0.00	0.12	0.01	0.27	0.01	1.91
Iran	2017	Biological Capacity	0.07	0.00	0.36	0.18	0.06	0.07	0.74
Asia	2017	Biological Capacity	0.07	0.00	0.39	0.08	0.15	0.06	0.75
World	2017	Biological Capacity	0.06	0.00	0.52	0.15	0.68	0.20	1.60
Boroujerd	2015	Ecological Footprint	0.18	3.00	1.51	0.17	0.51	0.14	5.48
Boroujerd	2031	Ecological Footprint	0.18	3.23	1.39	0.16	0.53	0.12	5.58
Iran	2017	Ecological Footprint	0.07	2.32	0.52	0.16	0.07	0.10	3.22
Asia	2017	Ecological Footprint	0.07	1.57	0.47	0.08	0.17	0.08	2.43
World	2017	Ecological Footprint	0.06	1.69	0.52	0.09	0.27	0.14	2.77

در ادامه به منظور جبران کسری اکولوژیک شهرستان بروجرد و رسیدن به وضعیت پایداری، در راستای روش به کار گرفته شده دو دسته راهکار یکی در جهت کاهش ردپا و دیگری افزایش ظرفیت زیستی پیشنهاد می‌شود:

۱. کمینه کردن ردپای اکولوژیک: این راهکارها با آموزش و فرهنگ‌سازی برای مصرف بهینهٔ هر یک از شاخص‌های بکار رفته در محاسبهٔ ردپا سعی در کاهش سطح تقاضا و دستیابی به وضعیت پایداری دارند. از جمله این راهکارها:

*** کالا و خدمات**

- ارتقای فرهنگ مصرف صحیح و کاهش تولید پسماند؛
- آموزش و اطلاع رسانی در مورد مفهوم زمین و اثرات بالا بودن جای پای اکولوژیک (ناپایداری در منطقه)؛
- تأکید بر استفاده مجدد و بازیافت منابع؛
- شناسایی فعالیت‌ها و محصولات کشاورزی که نیاز به آب کمتری دارند؛

*** مسکن**

- توقف پراکنده‌رویی و جایگزینی الگوی متراکم ساخت یا ساخت وسازهای میان‌افزا؛

*** حمل و نقل**

- فرهنگ‌سازی جهت کاهش استفاده از خودروهای تک سرنشین؛
- ترویج فرهنگ پیاده‌مداری و استفاده از حمل و نقل عمومی؛

۲. افزایش ظرفیت زیستی: این دسته از راهکارها، بیشتر در جوامع توسعه یافته دنبال می‌شوند و در پی افزایش ظرفیت زیستی از طریق راهکارهای نوآورانه‌اند. در این خصوص راهکارهایی جهت کاهش کربن متصاعد شده و نیز افزایش ظرفیت منابع محیطی پیشنهاد می‌شود:

*** تصفیه هوا**

- ممانعت از افزایش ساخت و سازها در اراضی سبز و باز شهرها و انتقال توسعه به اراضی فاقد توان توسعهٔ فضاهای سبز؛
- تدوین و اجرای ضوابط و مقررات توسعهٔ فضاهای سبز و باز به میزان چندین برابر سطوح ساختمانی تولید شده در فرایند متراکم سازی مسکونی؛
- بررسی و کنترل پیامدهای منفی کارخانه‌های منطقه؛

*** افزایش ظرفیت منابع محیطی**

- اعمال سیاست‌هایی در زمینه برداشت بهینه از منابع یا جایگزینی منابع برداشت شده با منابع جدید؛
- افزایش استفاده از منابع تجدیدپذیر به‌جای سوخت‌های فسیلی؛
- اجرای برنامه‌هایی در راستای افزایش بازدهی زمین‌های شش‌گانه؛

نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق برآورد کمی میزان آثار توسعه نواحی شهری بر میزان پایداری آنان است و مقدار ردپای اکولوژیک به عنوان شاخصی از این آثار در نظر گرفته شده است. در این پژوهش تلاش شده است تا با استفاده از دو نمایه ردپای اکولوژیک و ظرفیت زیستی، وضعیت پایداری شهرستان بروجرد، قبل و بعد از اجرای طرح یعنی در سالهای ۱۳۹۴ و ۱۴۱۰، ارزیابی شود. باتوجه به اینکه یکی از وظایف تصمیم‌سازان و برنامه‌ریزان توسعه مناطق، لحاظ کردن ملاحظات واقعی زیست‌محیطی در برنامه‌ها و طرح‌های توسعه فضایی است، هنگامی می‌توان گفت اهداف توسعه پایدار در طرح‌ها لحاظ شده است که بارگذاری‌های آتی جمعیتی، فعالیتی و فضایی در چارچوب ظرفیت‌های زیستی فعلی یا توان‌های آتی مجموعه در افزایش ظرفیت زیستی شهرستان باشد.

نتایج نشانگر آن است که این موضوع در تهیه طرح جامع شهرستان بروجرد مورد غفلت واقع شده است و مجموعه با افزایش ردپای اکولوژیک در حدود ۰/۱ هکتار به ازای هر نفر تا سال ۱۴۱۰ روبه رو خواهد شد، و نیز کاهش ظرفیت زیستی ناشی از تغییر کاربری زمین بنا به پیشنهاد طرح، کسری اکولوژیک حدود ۳/۶۷- هکتاری به ازای هر نفر در سال ۱۴۱۰ رقم خواهد زد.

بیشترین درصد ردپای شهرستان بروجرد، هم در سال مبدأ و هم در سال افق به ترتیب مربوط به کربن، زمین کشتزاری، زمین جنگلی، زمین ساخته شده، زمین آبی و زمین مرتع می‌باشد، در این بین نسبت بهره‌برداری از «زمین‌های کشتزاری» به سایر زمین‌ها در شهرستان بروجرد، در مقایسه با وضعیت ایران، آسیا و جهان بسیار بیشتر است.

در طرح پیشنهادی برای شهرستان بروجرد بدون توجه به این میزان مصرف، با تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی مواجهیم بطوری‌که مجموعه با کسری اکولوژیک بیشتری در این دست زمین‌ها نسبت به سایر انواع زمین مواجه خواهد بود. در نهایت براساس نتایج به دست آمده به منظور جبران کسری اکولوژیک شهرستان بروجرد و رسیدن به وضعیت پایداری، دو دسته راهکار یکی در جهت کاهش ردپا و دیگری افزایش ظرفیت زیستی پیشنهاد گردید. هرچند نقش تصمیم‌سازان در خصوص انجام ارزیابی‌ها و محاسبات تعیین میزان واقعی مصرف زمین براساس محاسبات ردپا قبل از تصویب طرح‌های توسعه نواحی شهری بسیار حائز اهمیت است.

پی‌نوشت

1. Carbon
2. Forest Land
3. Built-up Land
4. Fishing Ground
5. Grazing Land
6. Cropland
7. Global Hectares (gha)
8. BedZED (یا توسعه انرژی فسیلی صفر) یک دهکده شهری مختلط با استانداردهای بالا برای به حداقل رساندن نیازهای انرژی و آب، کاهش پراکندگی و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر است. این توسعه به کاربری مختلط و ادغام مسکن، محل کار و امکانات تفریحی معتقد است.
9. Scientific and Technological Options Assessment
10. Process Analysis
11. Input-Output Analysis
12. Compound
13. Component
14. Yield Factor
15. National Average Yield
16. Equivalence Factor
17. Live Planet Report
18. Photosynthesis
19. Biomass

تشکر و قدردانی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است.

تاییدیه‌های اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیهٔ اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

منابع مالی/ حمایت‌ها

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت و مسئولیت نویسندگان

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته و به طور برابر مسئولیت تمام محتویات و مطالب گفته‌شده در مقاله را می‌پذیرند.

References

1. Ayres, R. (2000). On the utility of the ecological footprint concept. Ecological Economics, 32, 347–349.
2. Barrett, J., & Scott, A. (2001). The ecological footprint: a metric for corporate sustainability. *Corporate Environmental Strategy*, *8*(4), 316-325.
3. Barrett, J., Birch, R., Cherrett, N., & Wiedmann, T. (2005). *Reducing Wales' Ecological Footprint – main report*, Stockholm Environment Institute, University of York, published by WWF–Cymru, Cardiff, UK.
4. Emco Consulting Engineers. (2016). *Boroujerd City Master Plan Review Report*. [In Persian]
5. Constanza, R. (2000). The dynamics of the ecological footprint concept. Ecological Economics, 32, 341–345.
6. Ewing, B., Moore, D., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A., & Wackernagel, M. (2010). Ecological Footprint Atlas 2010. Global Footprint Network, Oakland.
7. Footprintcalculator, 2020. Retrieved from: https://www.footprintcalculator.org/food1, at December, 2020; 18:30 PM.
8. Geng, Y., Zhang, L., Chen, X., Xue, B., Fujita, T., & Dong, H. (2014). Urban ecological footprint analysis: a comparative study between Shenyang in China and Kawasaki in Japan. *Journal of cleaner production*, *75*, 130-142.
9. Jomepour, M., Hataminejad, H, & Shahanavaz, S. (2013). An Investigation on Sustainable Development in Rasht County Using Ecological Footprint. *Human Geography Research Quarterly*, 45(3), 191-208. [In Persian]
10. Kitzes, J., Peller, A., Goldfinger, S., & Wackernagel, M. (2007). Current methods for calculating national ecological footprint accounts. *Science for environment & sustainable society*, *4*(1), 1-9.
11. Larson, J., Moore, D. & Gracey, K. (2013), The Ecological Footprint and Biocapacity of California. Global Footprint Network, Oakland.
12. Lenzen, M., & Murray, S. A. (2001). A Modified ecological footprint method and its application to Australia. Ecological Economics, 17, 229–255.
13. Levett, R. (1998). Footprinting. Local Environment, 3, 67-64.
14. McManus, P., & Haughton, G. (2006). Planning with ecological footprints: a sympathetic critique of theory and practice. *Environment and Urbanization*, *18*(1), 113-127.
15. Muñiz, I., Calatayud, D., & Dobaño, R. (2013). The compensation hypothesis in Barcelona measured through the ecological footprint of mobility and housing. *Landscape and Urban Planning*, *113*, 113-119.
16. Nichols, M. (2003). An application of the Ecological Footprint method to an eco-tourism resort: A case study of Kingfisher Bay resort and Village, Fraser Island. *Bachelor of Science Thesis Faculty of Science, University of the Sunshine Coast, Maroochydore, Australia*.
17. Samadpour, P. & Faryadi, Sh. (2008). Determination of Ecological Footprints of Dense and High-Rise Districts, Case Study of Elahie Neighborhood, Tehran. *Journal of Environmental Studies*, 34(45), 63-72. [In Persian]

18. Sharifzadegan, M., Nedae Tousi, S., Inanlou, L. & Nikbin, A. (2016). Assessing the Spatial Development Plan's Outcome on Regions' Sustainability Status Using Ecological Footprint Method, case study: Qazvin Urban Region Plan. *Journal of Environmental Studies*, 42(2), 259-280. [In Persian]
19. Taghizadeh Diva, S. A. & Rooshenas, S. (2019). Application of Ecological Footprint Method in Environmental Sustainability Assessment (Case Study: Gorgan County). *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 9(33), 157-170. [In Persian]
20. Wackernagel, M., Kitzes, J., Moran, D., Goldfinger, S., & Thomas, M. (2006). The ecological footprint of cities and regions: comparing resource availability with resource demand. *Environment and Urbanization*, *18*(1), 103-112.
21. Wackernagel, M., Galli, A., Borucke, M., Lazarus, E., & Mattoon, S. (2013). Ecological footprint accounting. In: Lawn, P. (Ed.), *Globalisation, economic transition and the environment: forging a path to sustainable development* (pp. 276–304). Edward Elgar Publishing.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی