علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۰

ارزیابی ردپای بوم‌شناختی و ظرفیت‌زیستی اکوسیستم شهری

(مطالعه موردی: شهر همدان)

پریسا فرهادی[۱*]

Pf.world@yahoo.com

علیرضا ایلدرمی[۲]

میرمهرداد میرسنجری[۳]

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۲۶ **تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۲۵**

چکیده

زمینه و هدف: اطلاع ازشرایط اکولوژی حاکم بر منطقه جهت دستیابی به توسعه پایدار و کاهش روند تخریب روزافزون منابع طبیعی و محیط-زیست ضروری است. شاخص ردپای بوم‌شناختی، به عنوان روشی برای اندازه‌گیری سطوح پایداری مورد توجه بسیاری است. در این مطالعه با استفاده از شاخص ردپای‌بوم‌شناختی اکوسیستم شهری همدان در سال ۱۳۹۳ مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: در این پژوهش ردپای‌بوم‌شناختی مصرفی در دو بخش مصرف و تولید شهر مورد ارزیابی قرار گرفت. ردپای بوم‌شناختی بخش مصرف در هر کدام از چهار منطقه شهری برآورد و با استفاده از نرم‌افزار SPSS اختلاف معنی‌دار بین مناطق مشخص شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که سرانه‌ی ردپای بوم‌شناختی در بخش مصرف شامل بخش‌های مسکن، حمل‌ونقل، خدمات، کالا و غذا، ۰/۱۳ هکتار-جهانی است. بیشترین ردپای بوم‌شناختی در این بخش، ردپای حمل‌ونقل با ۴۹۹۸۰/۳۹ هکتارجهانی و کمترین ردپا در این بخش ردپای غذا با ۳۸۶/۴۱ هکتار جهانی، ظرفیت‌زیستی شهر۰/۵۹ هکتارجهانی بدست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل نشان‌دهنده این است که ردپای بوم‌شناختی بخش مصرف سبب ناپایداری اکوسیستم شهری نمی‌شود و با ایجاد مازاد اکولوژیکی در این بخش شهر همدان به عنوان طلبکار اکولوژی معرفی می‌شود. که نشاندهنده‌ی تقاضای کمتر از عرضه در این بخش است همچنین بین ردپای بوم‌شناختی مصرفی بخش مصرف در چهار منطقه شهری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. همچنین در بخش تولید کمبود اکولوژی حاصل شد که نشاندهنده مصرف بیش از ظرفیت زیستی اکوسیستم است و سبب برهم زدن پایداری اکولوژیکی اکوسیستم شد.

کلید واژه: کمبود اکولوژیکی، پایداری بوم‌شناختی، عرضه و تقاضا، هکتارجهانی، شهر همدان

۱- کارشناس ارشد محیط زیست،دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۲- دانشیار ژئومرفولوژی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۳- استادیار محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No.1, April, 2021

Assessment Bio Capacity and Ecological Footprint of Urban Ecosystems (Case study: Hamedan)

Parisa Farhadi[1*]

Pf.world@yahoo.com

Alireza Eldermi[2]

Mirmihardad Migranir[3]

Accepted: 2019.03.16 Received: 2018.10.18

Abstract

Background and Purpose: Knowledge of the ecological conditions prevailing in the region is essential to achieve sustainable development and reduce the increasing degradation of natural resources and the environment. The ecological footprint index is of great interest as a way to measure levels of sustainability. In this study, using the ecological footprint index of Hamedan urban ecosystem in 2014, it was studied.

Material and Methods: In this study, ecological traces of consumption in two parts of consumption and production of the city were evaluated. The ecological footprint of the consumption sector was estimated in each of the four urban areas and using SPSS software, a significant difference between the areas, was determined.

Results: The results showed that per capita ecological footprints in the consumption sector, including housing, transportation services, goods and food, were 0.13 globalhectares. The most significant ecological footprints in this section was of transportation with 3980.499 (gh) and the least important Foot print in this regard was food with 3864.6 global hectare; therefore, the urban living capacity was determined 0.59 globl hectare.

Conclusion: The results indicate that the ecological footprint of the consumption sector does not create the unsustainability of the urban ecosystem and, by creating an ecological surplus in this part, the city of Hamedan is introduced as a creditor of ecology. Which indicates in this sector that the demand is lower than the supply. Besides, there is no significant difference between the ecological effects of consumption in four urban areas. It was also concluded that there was an ecological deficiency in production sector which indicates of ecosystem bioaccumulation consumption and it could disturb the ecological stability of the ecosystem.

Keywords: Ecological Defect, Ecological Sustainability, Supply and Demand, Global Hectare, Hamedan

1- Senior Researcher of the Environment, Malayer University, Malayer, Iran
2- Associate Professor of Geomorphology, Malayer University, Malayer, Iran
3- Environmental Assistant, Malayer University, Malayer, Iran

زمینه و هدف

محیط‌زیست جهانی کاهش جدی را در کیفیت محیط‌زیست درنتیجه بهره‌برداری‌های انسان تجربه کرده است. خطر آینده بشریت ترکیبی از رشد جمعیت، کاهش منابع و تخریب محیط‌زیست است. درواقع ترکیبی از افزایش جمعیت و افزایش سرانه مصرف، محرک بسیاری از زوال‌های محیط‌زیستی رخ‌داده در سطح ملی و جهانی است(۱). این بشریت سبب رخ دادن خارج‌ازحدشدن[1]در محیط‌زیست هستند. خارج‌ازحدشدن نشان‌دهنده‌ی این است که جامعه فراتر از محدودیت‌های محیط‌زیستی رفته است که باعث ایجاد بحران‌های محیط‌زیستی شده است (۲). شهرنشینی سریع پدیده نیم‌قرن پیش است که نتیجه مهاجرت‌های فراوان روستائیان به شهرها است. بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع طبیعی، تخریب اکوسیستم‌ها و آلودگی‌ها تأثیر زیادی بر محیط‌زیست و پایداری نسل آینده دارد (۳). شهر یک نهاد پیچیده و زنده است، جمعیت انسانی و متوسط مصرف با سرعتی بیش از گذشته در حال افزایش است و از سوی دیگر مساحت کل زمین مولد و موجودی سرمایه‌های طبیعی ثابت و یا در حال کاهش است. با توجه به روند شهرنشینی شتابان در سطح کشور، تغییر الگوی مصرف جامعه، هجوم گسترده مهاجران از شهرها و روستاهای اطراف پیامدهای همچون ایجاد بحران‌های شهری و در پی آن توسعه فیزیکی شهر و در مقابل تخریب و از بین رفتن منابع بوم‌شناختی را به دنبال دارد. نتیجه این روند عدم تعادل و ناسازگاری میان انسان و طبیعت و به هم خوردن روابط اکوسیستم خواهد بود. بنابراین میزان عرضه و تقاضا به طور دقیق شناسایی و تحت مدیریت قرار گیرند تا میزان عرضه از تقاضا فراتر نرود و میزان مصرف شهر را به سمت ناپایداری نکشاند. در حال حاضر توسعه جامعه انسانی با دو موضوع مهم محیط‌زیست و توسعه روبرو است. برای رسیدن به پایداری اکولوژیکی، کاهش مطلق و قابل‌توجه در تقاضا خدمات طبیعت برای برداشت منابع و جذب مواد زائد موردنیاز است (۵). ردپا و ظرفیت‌زیستی نشان دهنده تقاضا و عرضه از اکوسیستم منطقه است. یکی از عناصر اساسی توسعه‌ی‌پایدار این است که انسان‌ها در چارچوب ظرفیت-زیستی طبیعت زندگی کنند (۵). در تجزیه و تحلیل متابولیسم-های شهری با افزایش تقاضا، میزان استفاده از منابع، از توان تولید منابع پیشی گرفته است (۶،۷)، و ناپایداری شهری و به دنبال آن ناامنی اکولوژیکی را به همراه دارد (۸،۹). مطالعات نشان می-دهدکه تقاضای بشر، از حد توان کره‌ی زمین فراتر رفته است و به همین دلیل، توانایی آینده‌ی زیست‌کره برای فراهم کردن نیازهای بشریت در معرض خطر است (۱۰،۹)، که نتیجه بسیاری از فشار-های انسانی است و برای پیش‌بینی چنین فشارهایی بر اکوسیستم‌ها ابزاری لازم است تا به کمک آن بتوان راه‌های تعامل بین انسان با زیست‌کره را برای اطمینان از رفاه آینده بررسی کرد (۱۱). در این پژوهش، با توجه به اطلاعات در دسترس و با در نظر گرفتن توان طبیعی، فرهنگی و اجتماعی و همین‌طور الگو و وسعت استفاده از سرزمین، از مدل ردپای بوم‌شناختی برای ارزیابی ظرفیت برد و ظرفیت زیستی شهر همدان استفاده شد (۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۹). ظرفیت زیستی و ردپای‌اکولوژیکی، هر دو پارامترهایی برای تعیین کمیت سالانه‌ی عرضه و تقاضا برای خدمات کلیدی اکوسیستم‌ها هستند (۹،۱۶). مدل ردپای بوم-شناختی براساس داده‌های حاصل از بررسی منابع، که نشان‌دهنده تقاضا برای محصولات و خدمات اکوسیستم است درحالی‌که ظرفیت‌زیستی نشان‌دهنده بهره‌وری در دسترس برای خدمات و محصولات است (۱۱). این اشاره به ظرفیت معین تولیدات بیولوژیکی منطقه در ایجاد کردن حمایت مداوم منابع تجدیدپذیر و جذب مواد زائد سریزجمعیت دارد. هدف این تحقیق محاسبه ردپای اکولوژی شهر و مقایسه با ظرفیت زیستی اکوسیستم و در نهایت بررسی وضعیت اکوسیستم شهری است ردپای اکولوژیکی در بخش مصرف هر کدام از مناطق شهری شهر همدان به صورت مجزا است که جزو اولین بررسی‌های منطقه‌ای ردپای اکولوژیکی اکوسیستم شهری است. مطالعاتی برای برآورد ردپای اکولوژیکی

1-Overshoot

شهری انجام شده که به طور خلاصه به چند مورد آن اشاره می-شود. قرخلو و همکاران(۱۳۹۱)، جاپای بوم شناختی شهر کرمانشاه را مورد بررسی قرار دادند، یافته‌های این پژوهش نشان داد که جاپای بوم شناختی شهر کرمانشاه ۱/۸۲ هکتار بوده است. شهر کرمانشاه، برای برآوردن نیازهای زیستی و پایداری خویش، متکی به منطقه‌ای فراتر از استان کرمانشاه است. جمعه پور و همکاران(۱۳۹۲)، با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی به محاسبه ردپای‌اکولوژیکی و ظرفیت‌زیستی شهرستان رشت پرداخته است برای محاسبه‌ی ردپای اکولوژیکی، بخش‌های مصرف به چهاربخش اصلی حمل‌ونقل، مسکن، غذا وکالا و خدمات تقسیم شده است، شهرستان رشت دارای ناپایداری اکولوژیکی می‌باشد. خاکپور و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی ردپای اکولوژیکی شهر رشت مجموع جای‌پای اکولوژیکی شهر ساری ۰/۸۲ هکتار اعلام کردند و با توجه به اینکه مصرف زمین ساکنان شهر ساری ۸۲ برابر بیش از مساحت اشغالی است به این نتیجه رسیده‌اند که شهر ساری فاقد توان بوم‌شناختی لازم و کافی برای تامین نیازهای ساکنان خویش است. مور و همکاران (۲۰۱۳) متابولیسم شهری و ردپای‌اکوژیکی شهر ونکور را مورد بررسی قرار دادند و ردپای کل شهر را ۴/۷۵ اعلام کردند. فو و همکاران (۲۰۱۵)، ردپای منابع بیولوژیکی و ردپای منابع انسان‌ساخت را در طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۱ در چین مورد بررسی قراردادند. در طی این دوره‌ی ۱۵ ساله، ردپای منابع بیولوژیکی ۵۴ درصد افزایش‌یافته است و از ۱۳۵۲/۰۴ میلیون هکتار در ۱۹۹۷ به ۲۰۸۶/۸۷ میلیون هکتار در ۲۰۱۱ رسیده است.

ردپا ابزار مناسبی برای اندازه‌گیری پیشرفت جوامع به‌سوی پایداری است. در اینجا پایداری به معنای دستیابی به سطحی از رضایت از زندگی بدون کاهش ظرفیت بازتولید کره‌زمین است، به‌عبارتی‌دیگر نباید میزان مصرف از ظرفیت بازتولید زمین فراتر رود. با تجزیه‌وتحلیل ردپای بوم‌شناختی می‌توان وسعتی از زمین برای تأمین نیاز افراد و ساکنان در محدوده‌های مشخص زمین را برآورد نمود. تعداد جمعیت در ردپای بوم‌شناختی عامل اصلی نیست، میزان ثروت، الگوی مصرف و فناوری مورداستفاده نقش تعیین‌کننده را در این زمینه ایفا می‌کنند. هدف از این تحقیق محاسبه ردپای بوم‌شناختی (میزان مصرف) در چهار منطقه شهری همدان می‌باشد. در ایران تاکنون ردپای بوم‌شناختی به صورت منطقه‌ای در شهرها مورد ارزیابی قرار نگرفته است و این پژوهش جزو اولین پژوهش‌های بررسی ردپای بوم‌شناختی منطقه‌ای در اکوسیستم شهری می‌باشد.

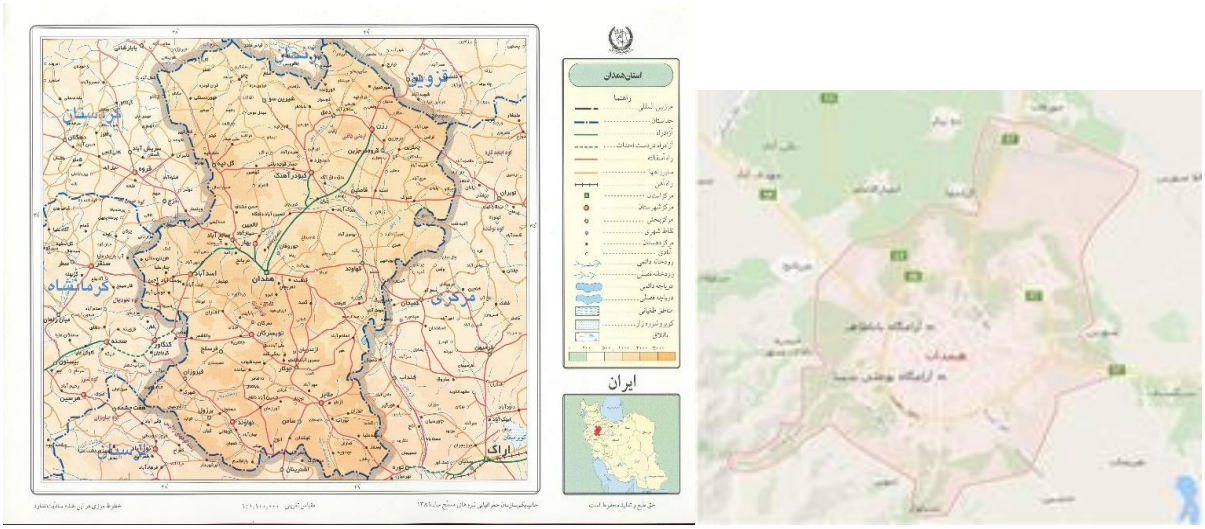
روش بررسی

این مطالعه یک پژوهش نظری-کاربردی[1] است که در چند مرحله انجام شد. اطلاعات و داده‌های موردنیاز از طریق مراجعه به سازمان‌ها و ادارات مربوطه، مطالعه‌ی کتابخانه‌ای و توزیع پرسشنامه در سطح شهر همدان گردآوری‌شده است. در این مطالعه ردپای بوم‌شناختی مصرفی در دو بخش مصرف و تولید بررسی می‌شود، در بخش مصرف ردپای بوم شناختی مسکن، حمل‌ونقل، خدمات و غذا در هر کدام از چهار منطقه شهر و ردپای کالا برای کل شهر محاسبه شد، همچنین ردپای مصرفی در بخش تولید از برآورد ردپای تولید مواد غذایی ارزیابی شد. همچنین ردپای اکولوژیکی چهار منطقه شهری همدان در چهار بخش مسکن، حمل‌ونقل، خدمات و غذا به طور جداگانه بررسی و مورد مقایسه قرار گرفت. برای محاسبه‌ی ردپای بوم‌شناختی شهرها باید از روش غیرمستقیم با تفکیک ردپای سطح ملی به فعالیت‌های مصرفی مختلف و سپس مقیاس‌گذاری آن‌ها، براساس مقایسه بین متوسط ملی این فعالیت‌ها و متوسط آن در سطح یک جامعه محاسبات انجام می‌گیرد.

۱-تحقیق کاربردی یک نوع پژوهش در راستای عمل و نیازهای جوامع و بشریت است، هر تحقیق کاربردی نیازمند پیش‌زمینه‌ای چون پژوهش بنیادی است. تحقیق بنیادی از نوع تحقیقات نظری است که در آن محقق بدون داشتن یک هدف کاربردی خاص، صرفا برای توسعه دانش به مطالعه می‌پردازد. تحقیق کاربردی اغلب ویژگی‌های تحقیق بنیادی مانند استفاده از تکنیک نمونه‌گیری و استنتاج متعارف آن در جامعه اصلی را دارند، اما هدف آن توسعه یک محصول یا پروسه آزمایش و تبیین مفاهیم در شرایط واقعی است.

منطقه مورد مطالعه

شهر همدان، در مرکز استان همدان در ارتفاعات غربی ایران و در منطقه کوهستانی رشته کوه زاگرس قرار گرفته است. متوسط ارتفاع این شهرستان از سطح دریا حدود ۱۸۵۰ متر است. درموقعیت جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و۴۴ دقیقه شمالی و ۴۷ درجه و ۴۷ دقیقه و ۴۹درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. شهر همدان براساس تقسیم‌بندی شهری به چهار منطقه تفکیک‌شده است. شهرستان همدان با موقعیت ژئوستراتژیک در غرب ایران امکان ارتباط شهر-های غربی را با پایتخت فراهم می‌آورد همچنین مرکزیت اداری و سیاسی استان و مهاجرت روستایان از جمله مسائل مهم اجتماعی و اقتصادی است.



شکل۱- موقعیت شهر همدان

Figure 1- Location of the city of Hamedan

ردپای مسکن در اکوسیستم شهری، شهر همدان از طریق محاسبه‌ی مساحت اشغال‌شده توسط اماکن مسکونی در چهار منطقه شهر (ردپای زمین‌ساخته شده)، میزان گاز طبیعی مصرف‌شده به‌عنوان انرژی گرمایشی در هر یک از مناطق شهر (ردپای انرژی)، میزان الکتریسیته مصرف‌شده در بخش مسکونی در هرکدام از مناطق شهر (ردپای انرژی) و میزان آب مصرف‌شده در چهار منطقه شهر مورد محاسبه قرار گرفت. ردپای زمین‌ساخته‌شده، با استفاده از رابطه زیر برآورد شود:

$$EF = \sum_{i=1}^{4} A_B \times Q_B \quad (۱)$$

$EF(gha)$ردپای زمین‌ساخته‌شده انواع بخش‌های مصرفی، $A_B(ha)$ مساحت زمین‌ساخته‌شده در بخش‌های مختلف مصرفی $Q_B\left(\frac{gha}{ha}\right)$ فاکتور معادل زمین‌ساخته‌شده که برابر با زمین زراعی است (۱۷).

برای به دست آوردن ردپای پارامترهای مربوط به انرژی مانند گاز طبیعی، الکتریسیته و سوخت‌های مصرفی باید میزان دی‌اکسید کربنی که در طی احتراق آن‌ها تولید می‌شود و زمین موردنیاز برای جذب این میزان دی‌اکسید کربن را به دست می‌آورد که روش محاسبه هر یک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- روش محاسبه‌ی ردپای انرژی و آب

Table 1- Method for calculating energy and water footprints

پارامترهای مورد بررسی	فرمول مورد استفاده برای محاسبه
ردپای انرژی (۹،۱۸)	مقدار انرژی مصرف شده = سالانه هکتار $ton\ Co_2 \div (3/996\ ^{ton\ co_2}/_{ha/year})$ سالانه هکتار $\times$ $EF = EQF^*$
آب (۹،۱۸)	(میزان آب مصرفی بر حسب میلیون لیتر) $\times$ $(0/08\ ha)$ = هکتار سالانه مصرف آب هکتار سالانه $\times$ $EF = EQF^*$

*(فاکتور معادل برای آب، گاز و برق برابر فاکتور معادل جنگلی است.)

ردپای بخش حمل و نقل از ردپای زمین‌های اختصاص‌یافته و میزان انرژی مصرفی این بخش حاصل شد. مصرف گازوئیل، بنزین و گاز (CNG) به‌عنوان سوخت‌های اصلی خودروها مبنای محاسبات می‌باشد. با استفاده از آمارهای رسمی شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، میزان سوخت انواع خودروها به دست می‌آید. که ردپای سوخت مصرفی از فرمول ردپای انرژی حاصل شد. ردپای بخش خدمات از مجموع ردپای زمین ساخته‌شده (در کاربری‌هایی مانند: پارک‌ها، مجتمع‌های فرهنگی، فضای سبز شهری و...) و ردپای زمین انرژی محاسبه شد. ردپای بخش کالا از مجموع ردپای مساحت زمین‌های اختصاص‌یافته به کاربری‌ها تولیدی و صنعتی و ردپای انرژی مصرفی در این کاربری‌ها حاصل می‌شود. ردپای بوم‌شناختی غذا در دو بخش مصرف و تولید مورد بررسی قرار می‌گیرد. اطلاعات مرتبط با برآورد ردپای بوم‌شناختی بخش مصرف از بررسی میزان کالای مصرفی در سبد غذایی خانوارهای همدانی از طریق پرسشنامه و اطلاعات مربوط به زمین‌های قابل کشت و میزان محصولات تولیدی آن‌ها (اداره جهاد کشاورزی شهرستان همدان) و سپس تجزیه و تحلیل داده‌ها در فضای اکسل ردپای اکولوژیکی حاصل شد. در نهایت Ef_c از مجموع ردپاهای محاسبه شده بالا به ازای جمعیت ساکن در شهر همدان به دست آمد (۱۸). برای محاسبه ردپای بوم‌شناختی مصرف در بخش تولید، ردپای تولید اولیه منطقه برای همه منابع برداشت شده در داخل مرز جغرافیایی منطقه (رابطه ۲) استفاده شده است

$$EF_p = \frac{P}{Y_N} \times YF \times EQF \qquad (۲)$$

در این رابطه EF_p = ردپای تولید، P= مقدار محصول استخراج‌شده، Y_N= عملکرد متوسط ملی برای تولید محصول ، YF= فاکتور عملکرد، EQF= فاکتور معادل است (۱۱).

برای برآورد ردپای بوم‌شناختی مصرفی در بخش تولید، ردپای بوم‌شناختی تولید مواد غذایی، ردپای بوم‌شناختی واردات مواد غذایی و ردپای صادرات محاسبه شد.

$$EF_C = EF_P + EF_I - EF_E \qquad (۳)$$

در این رابطه EF_C ردپای بوم‌شناختی مصرف ، EF_P ردپای بوم-شناختی تولید، EF_I ردپای بوم‌شناختی واردات، EF_E ردپای بوم-شناختی صادرات است.

ظرفیت زیستی زمین، براساس تولید منابع و جذب زباله است که این منطقه‌ی مولد بیولوژیکی شامل منطقه‌ی زمینی و دریایی است. براساس مساحت زمین‌های مولد زیستی شهر همدان با توجه به داده‌های موجود در جهاد کشاورزی برای هر نوع پهنه طبق رابطه (۴) محاسبه شد.

$$BC = \sum_{j=1}^{4} A_j \times Q_j \times Y_j \quad (۴)$$

BC ظرفیت زیستی انواع زمین‌های مولد زیستی، A مساحت زمین‌های مولد زیستی، Q فاکتور معادل، Y فاکتور عملکرد است(۱۸).

کمبود اکولوژیکی یک منطقه، تفاوت بین ظرفیت‌زیستی و ردپای بوم‌شناختی است، که نشاندهنده‌ی فعالیت‌های تولیدی منطقه و فعالیت‌های مصرفی در سیستم بوم‌شناختی است و بررسی می‌کند که این فعالیت‌ها، در حد ظرفیت برد منطقه باشد (۹،۱۸) (Persian).

$$Ed = BC - EF$$

یافته‌ها

با توجه به فرمول‌های معرفی شده، ردپای بوم‌شناختی مصرفی در دوبخش مصرف و تولید شهر همدان در سال ۱۳۹۳ مورد بررسی قرار گرفت. ردپای اکولوژیکی مصرف در بخش مسکن، حمل‌و-نقل، خدمات و غذا در چهار منطقه شهر به طور جداگانه برآورد شد. نتایج به تفکیک ردپای اکولوژیکی بخش مصرف و تولید، کمبود اکولوژیکی و ظرفیت زیستی مورد بررسی قرار گرفت . نتایج در جدول (۲) بیان شده است.

جدول ۲- میزان ردپای بوم‌شناختی مصرفی در بخش‌های مسکن، حمل‌ونقل، کالا، خدمات و غذا شهر همدان

Table 2. Ecological footprint consumption in housing, transportation, goods, services and food sectors in Hamedan

نوع ردپا	بخش	مقدار(هکتارجهانی)	منطقه	مقدار(هکتار جهانی)
مسکن	زمین ساخته شده	۸۱۴۲/۶۷		
	برق	۱۴۰/۵۳		
	آب	۲۹۸۱/۲۴		
	گاز	۲۷۱۶/۶۴		
	کل	۱۳۹۸۰/۲۹	۱	۳۴۵۸/۵۵
			۲	۲۳۳۴/۸۵
			۳	۲۹۰۷/۵۹
			۴	۵۲۷۹/۳
حمل و نقل	زمین ساخته شده	۳۰۰۹/۱۸		
	انرژی	۱۹۹۶۱/۲۱		
	کل	۴۹۹۸۰/۳۹	۱	۱۱۵۳۶/۹۹
			۲	۱۴۷۷۶/۸۴
			۳	۱۱۳۸۴/۵۴
			۴	۱۲۲۸۲/۰۲

خدمات	زمین ساخته شده	۲۱۱۳/۸۹		
	انرژی	۵۱۶/۹۳		
	کل	۲۶۳۰/۸۲	۱	۶۶۷/۳۱
			۲	۵۵۴/۴۱
			۳	۶۳۸/۱۳
			۴	۷۷۰/۹۸
غذا	کل	۳۸۶/۴۱	۱	۸۱/۷۴
			۲	۱۰۷/۰۸
			۳	۱۰۴/۴۱
			۴	۹۳/۱۸
کالا	زمین ساخته شده	۱۱۴۲/۰۵		
	انرژی	۱۴۳۲/۲		
	کل	۲۵۷۴/۲۵		
جمع کل		۶۹۵۵۲/۱۸		
سرانه		۰/۱۳		

براساس نتایج حمل‌ونقل با ردپای مصرفی ۴۹۹۸۰/۳۹ هکتار جهانی (سرانه‌ی ۰/۰۹) و غذا با ردپای ۳۸۶/۴۱ هکتار جهانی بیشترین و کمترین ردپای بخش مصرف را به خود اختصاص داده است. برای برآورد ردپای بوم‌شناختی مصرفی غذا میزان مصرف ۱۱ ماده غذایی توسط خانوارهای همدانی در چهار منطقه شهر مورد بررسی قرار گرفت. از بین مواد مصرفی گندم با ردپای بوم‌شناختی ۱۳۸/۵ هکتارجهانی بیشترین ردپای بوم‌شناختی و تخم مرغ با ردپای بوم‌شناختی ۲/۵۷ هکتارجهانی کمترین ردپا را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین نتایج مربوط به محاسبه ردپای تولید مواد غذایی که از جمع آوری داده های مربوط به میزان تولید و عملکرد زمین های مولد، صادرات و واردات ۱۵ ماده غذایی در همدان حاصل شد، که از این ۱۵ ماده غذایی ۸ ماده غذایی شامل سیب زمینی، سیر، گردو، زردآلو، گیلاس، انگور، مرغ و تخم‌مرغ به خارج از شهر صادر و گوشت قرمز، ماهی، شیر، گوجه، هلو و سیب به شهر وارد می‌شود، میزان گندم تولیدی در شهرستان به مصرف شهر می‌رسد. در نهایت ردپای بوم‌شناختی مصرفی بخش تولید مواد غذایی (از رابطه ۳) ۴۹۸۵۲۷ هکتارجهانی بدست آمد، که فراتر از ظرفیت‌زیستی اکوسیستم است، در بررسی ظرفیت زیستی شهر همدان بر اساس زمین‌های مولد و میزان عملکرد این زمین‌ها، مقادیر ظرفیت زیستی در هر نوع از زمین‌های مولد از جمله جنگل، زمین‌های کشاورزی، مرتع، زمین ساخته شده و زمین ماهیگیری حاصل شد (جدول ۴). برای بررسی وضعیت اکولوژیکی اکوسیستم شهری همدان، کسری اکولوژیکی را مورد بررسی قرار می‌دهیم و از دو پارامتر ردپای بوم‌شناختی و ظرفیت‌زیستی استفاده می‌کنیم، که تفاوت این دو کمبود یا مازاد اکولوژیکی شهر را نشان می‌دهد. باتوجه به ردپای بوم‌شناختی برآورد شده در دو بخش مصرف و تولید و ظرفیت‌زیستی محاسبه شد. در بخش مصرف کمبود اکولوژیکی برابر است با ۲۴۵۸۳۶/۶۵ هکتارجهانی و در بخش تولید برابر با ۱۸۳۱۳۸/۱۷- هکتارجهانی برآورد گردید.

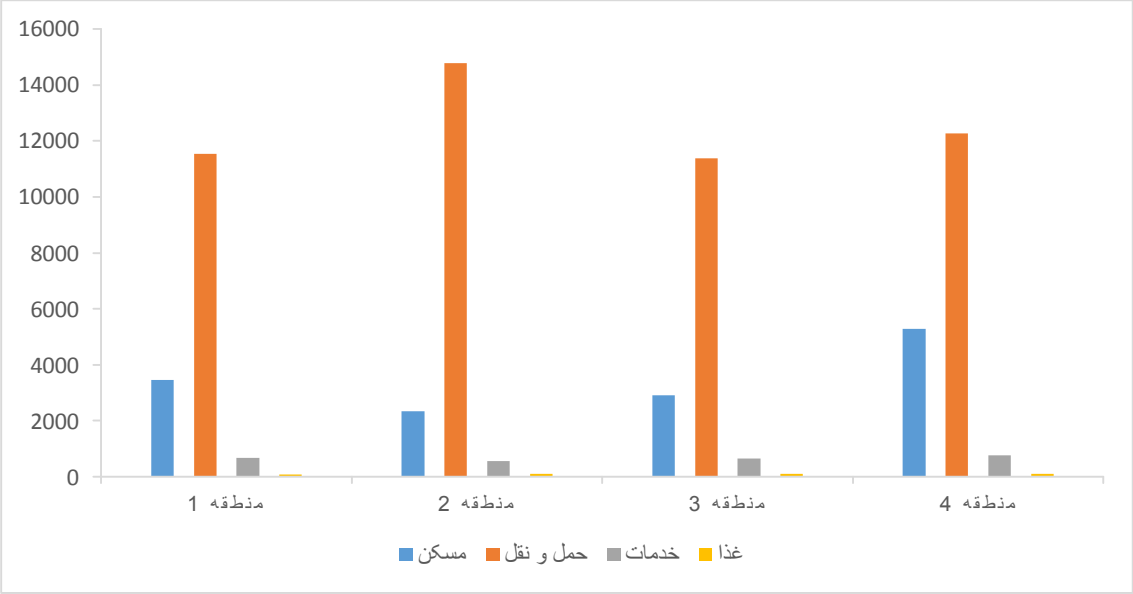
سرانه مصرف هر شهروند همدانی در این بخش ۰/۹۴ (هکتار-جهانی) می‌باشد. شهر همدان در بخش تولید با کمبود اکولوژیکی مواجه است و سرانه این کمبود ۰/۳۴ هکتارجهانی است، این در صورتی است که ردپای تولید، واردات و صادرات برای ۱۵ ماده غذایی مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۴- ظرفیت زیستی زمین‌های مولد زیستی همدان

Table 4- Biological Capacity of the Biodiversity Generating Field of Hamadan

نوع زمین	جنگل	مرتع	کشاورزی	زمین‌ماهیگیری	منطقه ساخته‌شده	جمع کل
ظرفیت‌زیستی (هکتارجهانی)	۰/۴۴۲	۵۹۲/۶۶	۲۹۴۰۰۴/۵۵	۰/۶۵	۲۰۷۹۰/۵۵	۳۱۵۳۸۸/۸۳

ردپای بوم‌شناختی در بخش مصرف در چهار بخش، مسکن، حمل‌ونقل، خدمات و غذا برآورد شده است. در نرم‌افزار SPSS برای پیدا کردن تفاوت معنی‌دار بین چهار منطقه شهر از آزمون تجزیه واریانس و مقایسه میانگین استفاده شده است و براساس تحلیل آماری انجام شده تفاوت معنی‌داری بین مناطق شهر یافت نشد.



شکل ۱-مقایسه ردپای بوم شناختی مصرفی در بخش مصرف در چهار منطقه شهر همدان

Figure 1. Comparison of Ecological Footprints Consumed in the Consumption Section in Four Districts of Hamedan

بحث و نتیجه‌گیری

در بررسی ردپای بوم‌شناختی مصرف در بخش مصرفی در شهر همدان این نتیجه حاصل شد که زمین مورد نیاز برای تامین نیازهای مصرفی در پنج بخش مصرفی وجود دارد. سرانه ردپای بوم‌شناختی مصرفی در بخش مصرف شهروندان همدانی، ۰/۱۳

است. در مقایسه با ردپای بوم‌شناختی ایران که برابر با۲/۷ هکتار- جهانی کمتر است، از طرفی سرانه ظرفیت‌زیستی برآورد شده برای شهر همدان ۰/۵ هکتارجهانی و سرانه ظرفیت‌زیستی ایران ۰/۸هکتارجهانی است. از بررسی تفاضل ردپای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی در بخش مصرف عدد ۲۴۵۸۳۶/۶۵ هکتارجهانی حاصل شد در واقع می‌توان شهر همدان را در بخش مصرف با سرانه مازاداکولوژیکی ۰/۴۹ هکتارجهانی به عنوان طلبکار اکولوژیکی معرفی نمود. این در حالی است که در کشور کمبود - اکولوژیکی وجود دارد. این آمار نشان دهنده‌ای این است که توان بوم‌شناختی اکوسیستم شهری همدان برای تامین نیازهای شهروندان در بخش مصرف متناسب است، از طرفی در بررسی ردپای بوم‌شناختی مصرف با ظرفیت زیستی در بخش تولید در اکوسیستم شهری همدان عدد ۱۸۳۱۸/۱۷- هکتارجهانی بدست آمد که منفی بودن این عدد نشان دهنده کمبود اکولوژیکی در بخش تولید است سرانه‌ی کمبود اکولوژیکی در بخش تولید ۰/۳۴ می‌باشد و بیانگر این است که میزان مصرف در این بخش از ظرفیت زیستی شهر فراتر رفته است. این درحالی است که ۱۵ ماده غذایی در بررسی ردپای بخش تولید مورد بررسی قرار گرفته است اما فشار حاصل از تولید و صادرات همین میزان محصولات بیش از ظرفیت‌زیستی شهر همدان است و نشاندهنده فشار وارده به محیط‌زیست، خارج از حد شدن و ناپایداری اکولوژیکی شهر همدان می‌باشد. ردپای اکولوژیکی مسکن، حمل‌ونقل، خدمات و غذا در هر کدام از مناطق شهری با هم متفاوت بود و منطقه چهار بیشترین میانگین مصرف و منطقه دو پایین‌ترین میانگین مصرف را دارند ولی با توجه به آزمون تجزیه واریانس بین میزان ردپای بوم‌شناختی مصرف در نقاط مختلف شهری از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

شهر یک نهاد پیچیده و زنده است، جمعیت انسانی و متوسط مصرف با سرعتی بیش از گذشته در حال افزایش است و از سوی دیگر مساحت کل زمین مولد و موجودی سرمایه‌های طبیعی ثابت و یا در حال کاهش است. همدان مرکز استان و شهرستان همدان است و با توجه به روند شهرنشینی شتابان در سطح کشور، تغییر الگوی مصرف جامعه، هجوم گسترده مهاجران از شهرها و روستاهای اطراف پیامدهای همچون ایجاد بحران‌های شهری و در پی آن توسعه فیزیکی شهر و در مقابل تخریب و از بین رفتن منابع بوم‌شناختی را به دنبال دارد. نتیجه این روند عدم تعادل و ناسازگاری میان انسان و طبیعت و به هم خوردن روابط اکوسیستم خواهد بود. بنابراین لازم است میزان عرضه و تقاضا به طور دقیق شناسایی و تحت مدیریت قرار گیرند تا میزان عرضه از تقاضا فراتر نرود و میزان مصرف شهر را به سمت ناپایداری نکشاند. در بخش تولید میزان عرضه کمتر از تقاضا است که نشاندهنده‌ی کمبود اکولوژی در این بخش است و در واقع ما در حال بهره‌کشی از سیستم هستیم. بنابراین باید میزان تولید محصولات و صادرات متناسب با توان بوم‌شناختی اکوسیستم باشد و نباید صادرات محصولات زراعی به عنوان یک فاکتور اقتصادی در نظر گرفته شود. اقتصاد شهر باید مبتنی بر ظرفیت‌های دیگر شهر مانند ظرفیت گردشگری، صنعتی، معدنی و سایر ظرفیت‌های موجود اکوسیستم شهری و با برنامه‌ریزی پایه‌گذاری شود. میزان فشار بوم‌شناختی حاصل از تولید در اکوسیستم کاهش یابد و تعادل بین عرضه و تقاضا در این بخش برقرار شود و اکوسیستم شهری به سمت پایداری پیش رود.

منابع

1. Gergely, T. (۲۰۱٦). The historical ecological Footprint: From over-population over-consamptive. Ecological Indicators, ٦٠, ۲۸۳-۲۹۱.
2. Washington, H. (۲۰۱٥). Overshoot. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. ISBN: ۹۷۸-۰-۱۲-٤۰۹٥٤۸-۹.

3. Tahseen, S, Moinul, H. (۲۰۱۲). International Conference on Environment Science and Engieering IPCBEE ,۳۲.
4. Gall, A. (۲۰۱۵). On the rationale and pdicyusefulness of Ecological Footprint Accounting: The case of Morocco. ENVIRONMENTAL SCIENCE POLICY, ٤٨, ۲۱۰-۲۲٤.
5. Jame Pour, M., Hatami Nejad, H.(2013). Investigating the Status of Sustainable Development in Rasht by Using Ecological Footprint Method. Human Resource Research. 45 (3). PP 208-191.Persian
6. Browne, D., O'Regan, B,.Moles.R. (۲۰۱۱) Material Flow Accounting in an Trish City-Region ۱۹۹۲-۲۰۰۲, Cleaner Production, ۱۹(۹-۱۰), pp. ۹٦۷-۹۷٦.
7. Rees, W. E. (۲۰۱۲) Cities as Dissipative Structure: Global Change and the Vulnerability of Urban Civilization, Sustainability Science, the Emerging Paradigm and the Urban Environment, pp. ۲٤۷-۲۷۳.
8. Liu, D., Chang, Q. (۲۰۱۵) Ecological Security Research Progress in China, Acta EcologicaSinica, ۳۵ (۵), pp. ۱۱۱-۱۲۱.
9. Shayesteh, K. et al. (2016) Evaluation of Ecological Bird Capacity and Ecological Safety in Sanandaj by Ecological Footprint Method in 2016, Journal of Geography and Environmental Sustainability, Winter, No. 21, PP. 79-69. persian
10. Tam, T., Tway, T., Iha, K., Thompson, P.,Mooe, D. (۲۰۱۱). Ecological Footprint analysis San Francisco-Oakland-Fremont, CA. Urban Research Association.Ecological Footprint Network.
11. Borucke, M. Moore, D. Cranston, G. Gracey, K. Iha, K. Larson, J. Wackernagel, M. Galli, A. (۲۰۱۳). Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. Ecological Indicators ۲٤, ۵۱۸–۵۳۳.
12. Sarma, A. K., Borthwick, L., Moralesa, J. (۲۰۱۲). Urban carrying capacity: Concept and calculation. Guwahati, Assam, India.
13. Graymore, M. L. M., Sipe, N. G., & Rickson, R. E. (۲۰۱۰). Sustaining human carrying capacity: a tool for regional sustainability assessment. Ecological Economics.٦۹(۳), ٤۵۹- ٤٦۸.
14. Shi, Y., Wang, H., & Yin, C. (۲۰۱۳). Evaluation method of urban land population carrying capacity based on GISdA case of Shanghai, China.Computers, Environment and Urban Systems, ۳۹, ۲۷- ۳۸.
15. Li,A., Tian, M., Wang, H., Wang, H., Yu, J. (۲۰۱٤).Development of an ecological security evaluation methodbased on the ecological footprint and applicationto a typical steppe region in Chin.Ecological Indicators ۳۹(۷) ۱۵۳– ۱۵۹.
16. Senbel, M., McDaniels, T., Dowlatabadi, H. (۲۰۰۳). The ecological footprint: a non-monetary metric of human consumption applied to North America. Glob.Environ. Change ۱۳ (۲), ۸۳–۱۰۰.

17. Galli, A. Wiedmann, TH. Ercin, E. Knoblauch, D. Ewing, B. Giljum, S. (۲۰۱۵). Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a “Footprint Family” of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. Ecological Indicators ۱٦, ۱۰۰–۱۱۲.

18. Mohammadi, N. Assessment of ecological capacity and ecological safety of Sanandaj city using the method of ecological traces. Master's thesis. Environmental group. University of Malayer Iran 1394. Page 87. persian