محیط‌شناسی، دورهٔ ۴۲، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵، صفحهٔ ۶۳۵-۶۲۵

تعیین پایداری اکولوژیکی حوضهٔ آبخیز کال‌شور با کاربرد ردپای اکولوژیکی

ضیاءالدین باده یان[1]*، معصومه منصوری[2]

۱ استادیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه لرستان

۲. دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه لرستان

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹٤/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله:۱۳۹۵/۸/۸

چکیده

افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای، تخریب محیط‌زیست و جنگل‌زدایی به‌همراه کاهش ظرفیت زیستی کرهٔ زمین در پاسخ‌دهی به نیازهای بشر از مهم‌ترین نگرانی‌ها در سطح جهانی است. در این پژوهش با استفاده از مفهوم ردپای اکولوژیکی، پایداری حوضهٔ آبخیز کال‌شور واقع در شهرستان سبزوار بررسی شده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که کل ردپای اکولوژیکی حوضه برابر با ۱۰۷۶۳۳۷ هکتار است. با توجه به مساحت حوضه (۲۴۳۲۳۱ هکتار)، کسری اکولوژیکی حوضه به میزان ۱۰۵۲۱۰۵ هکتار زمین در خور بررسی است. از این مقدار بخش مصرف آب با ۴۸٪ بیشترین میزان کسری و بخش‌های حمل‌ونقل نیز با ۱۵٪ از کل کسری زمین حوضهٔ آبخیز، کمترین نقش را در ناپایداری این منطقه دارد. لذا، می‌توان ردپای اکولوژیکی را ابزاری مناسب برای ارزیابی آثار محیط‌زیستی در مقیاس درون‌شهری و نیز ارزیابی پایداری اکوسیستم‌ها به‌کار برد و از راهکارهایی مانند آموزش و ارتقای سطح آگاهی مسئولان، اصلاح الگوی مصرف در رابطه با مؤلفه‌های آب، غذا و حمل‌ونقل، توسعهٔ زیرساخت‌های ارتباطی و برطرف کردن کمبودهای موجود به‌خصوص در زمینهٔ مصرف آب و سازمان‌دهی و نظام‌مندکردن ساخت‌وسازها به‌منظور هماهنگی با محیط‌زیست بهره جست.

کلیدواژه

پایداری اکولوژیکی، حوضهٔ آبخیز کال‌شور، ردپای اکولوژیک، کسری اکولوژیک، ظرفیت زیستی.

۱. سرآغاز

جوامع مختلف بشری در جهان به‌دلیل تراکم جمعیت و فشردگی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی، مهم‌ترین مراکز مصرفی منابع و تولیدکنندهٔ مواد زائد و آلودگی به‌شمار می‌رود. انسان حدود سه‌چهارم منابع‌طبیعی مورد نیاز جهان را به‌مصرف می‌رساند. طی سال‌های اخیر مسائلی همچون افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای، تخریب محیط‌زیست و جنگل‌زدایی به‌همراه کاهش ظرفیت زیستی کرهٔ زمین در پاسخ‌دهی به نیازهای بشر از مهم‌ترین دغدغه‌های جهانی بوده است. بدیهی است که هر شخص از جمعیت انسانی در هر روز آثاری روی سیارهٔ زمین یا بیوسفر برجامی‌گذارد. اما آنچه اهمیت دارد میزان اثری است که هر شخص به‌هنگام استفاده از منابع طبیعی و محیط‌زیست روی کرهٔ زمین برجامی‌گذارد. در این خصوص میزان اندازهٔ اثر انسان اهمیت دارد که باعث به‌هم‌خوردن تعادل پایدار اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود. در این راستا مفهوم ردپای اکولوژیکی مشخص‌کنندهٔ میزان نیاز و آثار انسان و پیشنهاددهندهٔ فاکتورهای بهبوددهندهٔ وضعیت پایداری و استفادهٔ پایدار از منابع طبیعت است.

اصطلاح و تکنیک ردپای اکولوژیکی را نخستین بار

* نویسنده مسئول: Email: badehian.z@lu.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Wackernagel و Rees (۱۹۹۶) بیان کردند. از منظر این دو اندیشمند، هر واحد انسانی (اعم از فرد، شهر یا کشور) بر زمین تأثیر می‌گذارد، چرا که تولیدات و خدمات طبیعت را استفاده می‌کند. بنابراین، تأثیر اکولوژیکی آن‌ها برابر با وسعتی از طبیعتی است که برای تداوم زندگی اشغال کرده‌اند (ترنر و همکاران، ۱۳۷۴). Wackernagel و Rees (۱۹۹۶) به‌جای طرح این سؤال اساسی که منطقه‌ای خاص، از چه تعداد جمعیت به‌صورت پایدار حمایت می‌کند، سؤال انتقادی دیگری را مطرح می‌کنند: اینکه چه مقدار از منطقهٔ حاصلخیز برای تداوم نامحدود جمعیتی محدود لازم است و آن سرزمین در کجای زمین واقع شده است؟ به نظر آن‌ها، طرح این رهیافت بر هر گونه ایراد وارد بر مفهوم ظرفیت انسانی مبتنی بر عوامل تجاری و تکنولوژیکی فائق می‌آید.

در این راستا تحقیقات متعددی برای محاسبهٔ ردپای اکولوژیکی صورت گرفته است. در سال ۱۹۹۳ محاسبهٔ ردپای اکولوژیکی شهر سانتیاگو، بر اساس برآورد ملی کشور شیلی انجام گرفت. محاسبات نشان داد که ظرفیت زیستی شیلی ۵۰٪ بیش از میانگین جهانی است. ردپای اکولوژیکی شیلی ۲/۴۴ هکتار است، در حالی که ظرفیت زیستی موجود کشور ۳/۲ هکتار است. بنابراین، در کل کشور شیلی در زمان مطالعهٔ انجام‌شده، کسری اکولوژیکی وجود نداشته است. محاسبات، ردپای اکولوژیکی شهر سانتیاگو را ۲/۶۴ هکتار نشان می‌دهد که اندکی بیش از ردپای اکولوژیکی کل شیلی است (حسین‌زاده دلیر و ساسان‌پور، ۱۳۸۸).

Mac Donald و Patterson (۲۰۰۸)، به بررسی ردپای اکولوژیکی شانزده منطقه در نیوزلند پرداختند. نتیجهٔ این تحقیق نشان داد که ردپای اکولوژیکی شهر اکلند ۲/۳۲ میلیون هکتار است؛ یعنی، برای هر شهروند ۲ هکتار زمین موردنیاز است. Holden و Hoyer (۲۰۰۵) با بررسی ردپای اکولوژیکی سوخت، استفاده از سوخت‌های جایگزین با آلودگی‌های کمتر را مهم‌ترین راه برای کاهش ردپای اکولوژیکی سوخت مصرفی عنوان کردند. Zurong و Jing (۲۰۱۰) در مطالعهٔ خود با عنوان ردپای اکولوژیکی و بازتاب‌های توسعهٔ سبز در هانگزو، به محاسبهٔ ردپای اکولوژیکی شهر هانگزو طی سال‌های ۱۹۹۸–۲۰۰۸ پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که سرانهٔ ردپای اکولوژیکی شهر هانگزو، از ۱/۱۶ هکتار در سال ۱۹۸۸، به ۲/۲۲ هکتار در سال ۲۰۰۸ رسیده است. از سال ۱۹۹۵، کسری اکولوژیکی در هانگزو نمایان شده و اکنون به ۰/۹۵۴ هکتار رسیده است. کسری اکولوژیکی به وجود آمده نشان‌دهندهٔ ردپای بزرگ‌تر از ظرفیت زیستی هانگزوست و برای کاهش ردپا، باید توسعهٔ سبز را تحقق بخشید.

در ایران نیز مطالعاتی در این زمینه طی سال‌های اخیر انجام شده است. حسین‌زاده دلیر و ساسان‌پور (۱۳۸۸) در مطالعهٔ ردپای اکولوژیکی در پایداری کلان‌شهرها، با نگرشی بر کلان‌شهر تهران به این نتیجه رسیدند که فضای اکولوژیکی تهران توان برآوردن نیازهای اساسی خود را ندارد و این ناتوانی، ناپایداری را از یک‌سو به درون خود و از سویی دیگر به منطقهٔ پشتیبان سوق می‌دهد که مواد و انرژی را تأمین می‌کند. همچنین، نتایج نشان داد که سرانهٔ ردپای کل تهران ۳/۷ هکتار محاسبه شده است. در مطالعهٔ مذکور نویسنده بیان کرده است که با این مقدار ردپا، کلان‌شهر تهران در شرایط ناپایدار به‌سرمی‌برد و از آنجا که این مشکل روزبه‌روز جدی‌تر می‌شود، نیاز به شیوه‌های مدیریت جدی است.

فریادی و صمدپور (۱۳۸۷) در تحقیقی با عنوان تعیین ردپای اکولوژیکی در نواحی شهری پرتراکم، به بررسی آثار محیط‌زیستی افزایش تراکم جمعیت و ساخت‌وسازهای شهری، به‌خصوص بلندمرتبه‌سازی در منطقهٔ الهیهٔ تهران پرداختند. در این بررسی ابتدا به مقایسهٔ روند تغییرات کاربری‌های محلهٔ الهیه پرداختند. سپس، با استفاده از روش ردپای اکولوژیکی مشخص شد که میزان زمین مصرف‌شده در تأمین نیازهای مصرفی ساکنان ناحیهٔ الهیه در سال ۱۳۸۴ بیش از پنج برابر مساحت این ناحیه و ۱/۶ برابر کل

Archive of SID
www.SID.ir

مساحت شهر تهران بوده است. همچنین، در پژوهش دیگری با عنوان تعیین تناسب بهینهٔ استفاده از انواع شیوه‌های حمل‌ونقل با هدف کاهش ردپای اکولوژیکی در شهر تهران، مقدار مصرف سوخت انواع وسیلهٔ نقلیه به ازای هر مسافر و سپس مقدار زمین معادل آن را که تأمین‌کنندهٔ میزان سوخت برای هر فرد است محاسبه شده و نشان داده شده است که مترو با کسب ۰/۰۰۳ مترمربع زمین به ازای هر مسافر کمترین مقدار مصرف را به خود اختصاص داده است که معادل مقدار مصرف ۱۴۰۰ مسافر خودروی شخصی و با بیشترین مقدار مصرف است (فریادی و صمدپور، ۱۳۸۷).

بعدها شکور و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی و سنجش چگونگی پایداری گردشگری در منطقهٔ بوان ممسنی با استفاده از مدل رد پای اکولوژیکی پرداختند. هدف از این پژوهش دستیابی به برنامه‌ریزی آیندهٔ گردشگری روستایی و از طرفی اصلاح آلودگی مصرفی گردشگران بوده است تا با توجه به این روش سعی شود بین میزان تقاضا برای منابع و امکانات تعادل ایجاد شود. در این راستا ،دهستان بوان از شهرستان نورآباد ممسنی را به‌عنوان مطالعهٔ موردی انتخاب کردند و روش مذکور در آن دهستان ارزیابی شد. نتایج پژوهش حاکی از پایداری گردشگری در منطقهٔ مورد مطالعه است.

تیموری و همکاران (۱۳۹۳) نیز در تازه‌ترین بررسی با موضوع ردپای اکولوژیکی گاز دی‌اکسید کربن سوخت‌های فسیلی شهر شیراز نشان دادند که سرانهٔ فضای سبز در سطح شهر شیراز برای کاهش ردپای اکولوژیکی گاز دی‌اکسید کربن منتشرشده از سوخت انرژی‌های فسیلی در شهر جوابگو نیست. همچنین، یافته‌ها نشان داد که حجم گاز دی‌اکسید کربن منتشرشده از سوخت‌های نفت و گازوییل طی سال‌های ۱۳۸۵–۱۳۸۷ به‌ترتیب برابر با ۵۲۱۰۵۸، ۴۷۶۷۶۷، ۴۹۰۱۰۶ تن بوده است. محاسبه ردپای اکولوژیکی این مقدار گاز منتشرشده نیز نشان داد که کل اراضی جنگلی مورد نیاز برای جذب گاز دی‌اکسید کربن حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی بنزین و گازوییل در سال‌های ۱۳۸۵–۱۳۸۷ به‌ترتیب برابر ۷۸۱۶، ۷۱۲۵، ۷۳۵۲ هکتار است، حال آنکه مساحت فضای سبز شیراز در سال ۱۳۸۷، ۱۸۶۹ هکتار بوده است. این بدان معناست که گاز دی‌اکسید کربن تولیدشده از این دو سوخت به‌تنهایی ۳/۹ برابر ظرفیت زیستی شهر شیراز است. در واقع، هر شهروند شیرازی به ۵۱/۷۸ مترمربع سرانهٔ فضای سبز به‌منظور جذب گاز دی‌اکسید کربن نیاز دارد. براساس آمارهای موجود تا پیش از سال ۱۹۶۱، میزان ردپای اکولوژیکی کرهٔ زمین کمتر از ظرفیت زیستی زمین بوده است.

در این راستا، مطالعهٔ حاضر قصد دارد تا تأثیر کاربری‌های مختلف موجود در حوضهٔ آبخیز کال‌شور با روش ردپای اکولوژیکی را بررسی کند. برای این منظور در گام نخست روش ردپای اکولوژیکی معرفی شده است. سپس، نتایج حاصل از محاسبهٔ این شاخص در منطقه مورد بررسی را بیان خواهیم کرد.

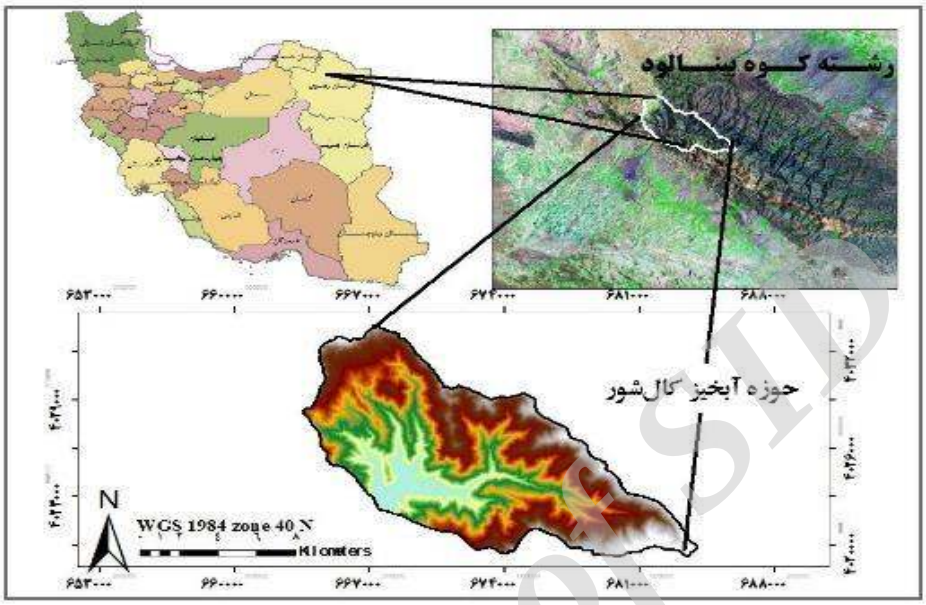
۲. مواد و روش‌ها

حوضهٔ کال‌شور منطقه‌ای است کوهستانی در بخش شمال‌شرقی کشور، در محدوده‌ای با مختصات جغرافیایی (۵۸ درجه و ۲۱ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۵ دقیقهٔ طول شرقی). این حوضه دارای وسعتی معادل ۲۴۲۳۱/۶۱ هکتار است. بالادست این منطقه در شمال منطقهٔ کاشمر واقع است و نقطهٔ خروجی آن ۶۳ کیلومتر از جنوب شهر کال‌شور و حدود ۶۵ کیلومتر از شمال شهر کاشمر فاصله دارد. این منطقه از شمال به روستای شوررود، از شمال‌شرق به روستای آستایش، از شرق به روستای بزق، و از غرب به روستاهای چلپو و اکبرآباد منتهی می‌شود. تغییرات اقلیمی منطقهٔ مطالعاتی به استناد اقلیم نمای آمبرژه دارای سه اشکوب خشک سرد، نیمه‌خشک سرد و کوهستانی است که به‌ترتیب هر یک از اقلیم‌ها ۳۹/۶٪، ۳۱/۹٪ و ۲۸/۵٪ حوضه را پوشش می‌دهد. این حوضه با سیمای عمومی نسبتاً باریک و کشیده و راستای عمومی

Archive of SID

www.SID.ir

NW-SE در محدودهٔ استان خراسان رضوی واقع شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه

۱.۲. روش تحقیق

با طرح موضوع پایداری و توسعهٔ پایدار در میان سیاستمداران و برنامه‌ریزان، تلاش‌های زیادی برای مشخص‌کردن مفاهیم مذکور شکل گرفت (ترنر و همکاران، ۱۳۷۴). بنابراین، روش‌های مختلفی برای سنجش پایداری مناطق ابداع و استفاده شد. ردپای اکولوژیکی یکی از روش‌هایی است که به بررسی پایداری مناطق با استفاده از شاخص‌های کمّی می‌پردازد. در سازوکاری اقتصادی، جوامع کالا تولید می‌کنند، اما این کالاها با توجه به منابع اولیهٔ استفاده شده در آن‌ها توانایی لازم برای احیای اکوسیستم را ندارد. این عمل در بسیاری از مناطق منجر به ناپایداری می‌شود (Wilson and Anielski, 2008). محاسبات اساسی در برآورد ردپای اکولوژیکی از لحاظ مفهومی ساده است. نخست، مصرف سرانهٔ اقلام عمدهٔ مصرفی (برای مثال، انرژی، غذا، تولید و مصرف تولیدات جنگلی) از طریق تقسیم کل مصرف بر تعداد جمعیت برآورد می‌شود. بسیاری از داده‌های مورد نیاز در بررسی‌های اولیه به‌راحتی در جدول‌های آماری ملی در دسترس است. قدم بعدی، برآورد سرانهٔ زمین‌های تخصیص‌داده‌شده به تولید هر کدام از اقلام مصرفی با استفاده از تقسیم میانگین مصرف سالانهٔ هر کدام از اقلام بر میانگین تولید یا محصول است (ترنر و همکاران، ۱۳۷۴). بررسی حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر شیوهٔ انجام توصیفی- تحلیلی است. عمدهٔ اطلاعات مورد نیاز برای انجام این بررسی به دو مرحلهٔ اصلی تقسیم می‌شود:

۱. گردآوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز پژوهش از طریق مطالعات کتابخانه‌ای

۲. بررسی اسناد و آمارهای موجود سازمان‌ها و ادارات مرتبط (مانند جهاد کشاورزی، منابع‌طبیعی و محیط‌زیست).

برآورد ردپای اکولوژیکی جمعیتی معین فرایندی چندمرحله‌ای است. براساس روش کلی ابداع‌شدهٔ Wackernagel و Rees (۱۹۹۶) محاسبهٔ شاخص ردپای

Archive of SID
www.SID.ir

اکولوژیکی مورد استفاده در این مطالعه شامل مراحل زیر است:

۱. تخمین سرانهٔ مصرف سالانهٔ مواد مصرفی اصلی بر اساس مجموع داده‌های منطقه‌ای و تقسیم میزان مصرف کل به میزان جمعیت

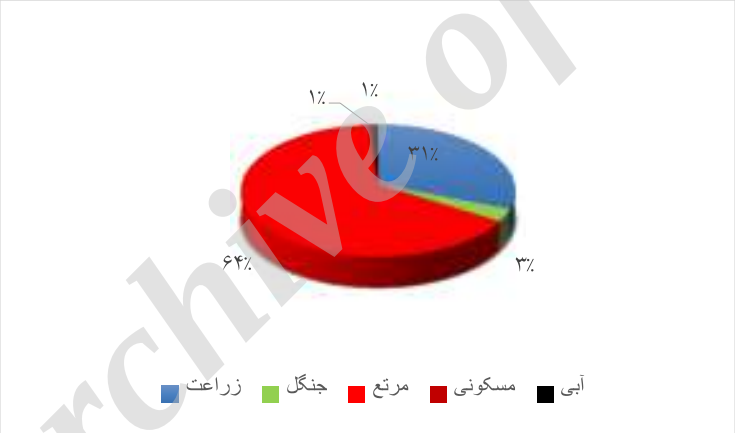
۲. تخمین زمین اختصاص داده‌شده به هر نفر برای تولید هر مورد مصرفی، از طریق تقسیم متوسط مصرف سالانهٔ هر مورد بر متوسط سالانهٔ تولید، یا بازده زمین

۳. محاسبهٔ متوسط کل ردپای اکولوژیکی هر نفر از طریق جمع‌کردن تمام مناطق اختصاص داده‌شده برای همهٔ بخش‌هایی مصرفی فرد در یک سال

۴. محاسبهٔ ردپای اکولوژیکی برای جمعیت منطقه‌ای معین که با محاسبهٔ حاصل‌ضرب متوسط جای پای هر نفر در اندازهٔ جمعیت به‌دست می‌آید.

۳. نتایج

نتایج اولیهٔ این مطالعه نشان داد که حوضهٔ کال‌شور به‌دلیل موقعیت جغرافیایی خود، دارای زمین‌های حاصلخیز فراوانی است که سبب خواهد شد تا پراکندگی کاربری اراضی در این منطقه پس از کاربری مرتع بیشتر به سمت کشاورزی سوق یابد. بقیهٔ سطح منطقه نیز از جنگل، اراضی مسکونی و منطقهٔ آبی (شامل دریاچه، رودخانه و چشمه) تشکیل‌شده است (شکل ۲).



شکل ۲. سطح کاربری اراضی حوضهٔ آبخیز کال‌شور

برای محاسبه زمین انرژی[1]، از میزان برق مصرفی منطقه با واحد مگاژول استفاده شد. سپس، با احتساب ضریب مورد نظر، این مقدار را به زمین تبدیل می‌کنیم. برای این مهم ابتدا آمار مقدار مصرف برق مورد نیاز است. به‌دلیل در اختیار نداشتن اطلاعات به‌روز، از میزان برق مصرفی سال ۱۳۹۱ بر حسب کیلووات ساعت استفاده شد. در نتیجه، محاسبات مربوط براساس آنچه در بحث جایای بوم‌شناختی ثبت شده به صورت زیر است. نخست باید مشخص شود که در مقدار معین کیلووات ساعت ذکرشده چند کیلوژول انرژی وجود دارد.

۱watt=۱joule/second

۱۰۰۰watt =۱ kilo watt

۱۰۰۰Joule=۱ kilo joule

۲۴۶۴۲۵۰۰ kwh×۱ kj/sec×۶۰

sec/min×۶۰min/hr=۸۸۷۱۳۰۰۰۰۰

سپس، زغال‌سنگی که برای تولید کیلوژول الکتریسیتهٔ محاسبه‌شده لازم است، محاسبه می‌شود.

۴۴۳۵۶۵۰۰۰۰ =kj۲۰grams÷۱×۸۸۷۱۳۰۰۰۰۰

Archive of SID
www.SID.ir

و با قبول آنکه گیاهان حدود ۳۱/۴٪ بازدهی تولید زغال سنگ دارد:

۴۴۳۵۶۵۰۰۰۰÷۳۱/۴=۱۴۱۲۶۲۷۳۹grams

و با قبول آنکه در این مقدار زغال‌سنگ ۰/۰۸۵ کربن وجود دارد:

۱۴۱۲۶۲۷۳۹×۰/۰۸۵=۱۲۰۰۷۳۳۳÷۱۰۰۰۰۰۰=۸۵۰۰۰

با توجه به آنکه هر هکتار زمین ۱/۸ تن کربن را جذب می‌کند، پس EF بخش الکتریسیته خواهد بود:

هکتار زمین برای کل جمعیت منطقه ۸۵۰۰۰ ÷ ۱/۸=۴۲۲۳

۱.۳. مصرف آب

با توجه به آنکه برای یک میلیون لیتر آب تقریباً ۰/۸هکتار زمین نیاز دارد، همچنین با توجه به مصرف آب منطقه در سال ۱۳۹۱ (حدود ۶۲۶۹۷۸۷۵۰ مترمکعب) جاپای اکولوژیکی این کاربری برابر است با:

۶۲۶۹۷۸۷۵۰×هکتار ۵۰۱/۵۸۳=۱۰۰۰۰۰۰ ÷ ۰/۸

۲.۳. حمل‌ونقل

امروزه، حمل‌ونقل با وسایل نقلیه انجام می‌شود و این کاربری با تولید دی‌اکسید کربن همراه است. براساس آمار به‌دست‌آمده از شهرداری منطقه، مقدار تولید سرانهٔ Co_2 برای هر فرد ساکن در منطقه حدود ۰/۱۱ تن اعلام‌شده که با توجه به جامعهٔ ۷۷۵۰۳۳ نفری و این قانون که هر هکتار زمین ۱/۸ تن کربن را جذب می‌کند خواهیم داشت:

۷۷۵۰۳۳ × ۰/۱۱ = ۵۲۵۴

۱۵۳۴۵۸×۸۵۲۵۴= ۱/۸

هکتار زمین برای جذب کربن در منطقه

۳.۳. خدمات

براساس آمار به‌دست آمده از بخش خدمات شهری، سرانهٔ تولید زباله به‌ازای هر فرد در در سال ۱۳۹۱ حدود ۰/۰۸ تن است. از سویی ،برای دفن ۴۵۰ کیلوگرم زباله به زمینی به مساحت ۸ متر (۲ مترمکعب) نیاز است، بنابراین کل زمین مورد نیاز برای دفن ۶۲۰۰۲۶۴۰۰ کیلوگرم (۶۲۰۰۲۶/۴ تن) زباله در یک سال بر حسب هکتار برابر است با:

۸)× (۶۲۰۰۲۶/۴÷۱۱۰۲۳=۴۵۰

۴.۳. غذا

برآورد میزان مصرف غذایی ساکنان به دو روش پرسشنامه‌ای و آماری صورت می‌گیرد. در روش پرسشنامه‌ای، با نظرخواهی از افراد و تکمیل فرم‌های مربوط، میزان متوسط مصرف آن‌ها برآورد می‌شود و به جامعه تعمیم می‌یابد، ولی در روش آماری که در این تحقیق استفاده شده است، با توجه به میزان سرانهٔ مصرف غذایی کشور و تعمیم آن به منطقهٔ مطالعاتی مقدار آن را برآورد می‌کنیم. برای این کار، نخست، میزان سرانهٔ مصرف غذایی کشور بر اساس داده‌های مندرج در تزارنامهٔ غذایی سال ۲۰۰۳ سازمان فائو برای ایران تهیه (www. fao.com) و به روش زیر محاسبه شد.

نخست، میزان مصرف سالانه با محاسبهٔ مجموع مقادیر غذا و ضایعات به‌دست‌آمده می‌شود:

Σ food +Σwast = ۴۹۷۵۰۰۰۰ + ۴۶۸۲۰۰۰ = ۵۴۴۳۲۰۰۰kg

با تقسیم آن بر جمعیت، میزان سرانهٔ مصرف بر حسب کیلوگرم در سال ۲۰۰۳ میلادی محاسبه می‌شود.

۵۴۴۳۲۰۰۰tone÷۷۷۵۰۳۳ =۷۰/۲۳

برای محاسبهٔ مقدار زمین تأمین‌کنندهٔ این مقدار مصرف به روش زیر عمل شد.

مقدار زمین مزروعی در ایران در سال ۲۰۰۲ میلادی (آخرین آمار موجود) برابر با ۱۵۰۲۰ هزار هکتار تولیدات کشاورزی در همان سال برابر ۲۰۱۲۹ میلیون تن است (www. fao.com). در نتیجه

۲۰۱۲۹۰۰۰۰۰÷۷/۴۶=۱۵۰۲۰۰۰۰

هکتار زمین برای تولید یک تن محصول

مقدار اراضی مورد نیاز برای تأمین مصرف غذایی

Archive of SID

www.SID.ir

جمعیت ساکن در منطقه به هکتار به این شرح است.

جمعیت محله ×سرانهٔ مصرف غذا = میزان غـذا مـورد نیاز بر حسب تن

۵۴۴۳۰۵۶۸ =۷۷۵۰۳۳ ×۲۳/ ۷۰ =میـزان÷۵۴۴۳۰/۳۰=۱۰۰۰ غذا مصرف

برای محاسبهٔ مقدار زمین تأمین‌کنندهٔ این مقدار مصرف به روش زیر عمل می‌شود.

هکتار زمین برای تولید یک تن محصول برحسب هکتار

۵۴۴۳۰/۳۰×۷/۴۶ =۴۰۶۰۵۰

در نهایت آنکه نتایج حاصل از محاسبات مربوط به هـر فاکتور در جدول ۱ جمع‌بندی شده است.

جدول ۱. محاسبهٔ فاکتورهای رد پای اکولوژیکی در هر بخش

کاربری	میزان EF به‌دست آمده (هکتار)	سرانهٔ EF (n =۷۷۵۰۳۳)
غذا	۴۰۶۰۵۰	۰/۶
حمل‌ونقل	۱۵۳۴۵۸	۰/۲
خدمات	۱۱۰۲۳	۰/۱۶
مصرف آب	۵۰۱۵۸۳	۰/۶۵
انرژی	۴۲۲۳	۰/۰۰۶
جمع	۱۰۷۶۳۳۷	۱/۶۲

با توجه به شکل ۳، از کل مساحت موجـود در حوضـهٔ آبخیز کال‌شور، بخش مصرف آب با ۴۷٪ بالاترین و بخش انرژی با سهم حدود ۱٪ کمترین میزان ردپای اکولوژیکی را به خود اختصاص داده است.

شکل ۳. ردپای اکولوژیکی حوضهٔ آبخیز کال‌شور به تفکیک بخش‌های مصرف

براساس نتایج به‌دست‌آمده از محاسبات، زمـین مربـوط به بخش‌های مصرفی غـذا، حمـل‌ونقـل و آب بـرای افـراد ساکن در منطقه از مساحت منطقه بیشتر است. با توجه بـه شکل ۴، از کـل مسـاحت کمبـود زمـین موجـود در منطقـهٔ کال‌شور (۱۰۵۲۱۰۵/۴ هکتار)، ۴۸٪ به بخش مصرف آب و ۳۹٪ به غذا اختصاص دارد. حمل‌ونقل نیز با حدود ۱۵٪ از کـل کسـری زمـین حوضـهٔ آبخیـز، کمتـرین نقـش را در ناپایداری این منطقه دارد. دو بخـش انـرژی و خـدمات بـا

Archive of SID
www.SID.ir

توجه به مساحتی که دربرمی‌گیرد و در مقایسه با مساحت منطقه کمتر است، تأثیر چندانی بر ناپایداری اکولوژی ندارد.

شکل ۴. ردپای اکولوژیکی حمل‌ونقل، مصرف آب و غذا در حوضهٔ آبخیز کال‌شور

۴. بحث و نتیجه‌گیری

امروزه، ردپای اکولوژیکی شهرها، به‌خصوص در جوامع صنعتی، به‌طور روزافزونی در حال افزایش است. در نتیجهٔ این مصرف بیش‌ازحد، سرمایهٔ طبیعی کرهٔ زمین در حال نابودشدن است. در مواردی که میزان ردپای اکولوژیکی به‌طور معناداری بیش از مقدار زمین‌های تولیدی است، این تفاوت بیانگر ناپایداری و نقصان اکولوژیکی است. این مقدار تفاوت نشان می‌دهد که مصرف (یا تأثیر سنجش‌پذیر مصرف) باید به‌منظور پایداری اکولوژیکیِ بلندمدت کاهش یابد (Zurong and Jing, 2010). به‌عبارت دیگر، از آنجا که زمین منطقه محدود است، مجموع ردپاهای اکولوژیکی باید کمتر از کل تقاضای جمعیت فعلی نواحی مختلف زمین باشد تا اکوسیستم پایدار بماند. نکته‌ای مهم، لزوم توجه به مدل‌های جدید در زمینهٔ ارزیابی پایداری اکولوژیکی است که از مباحث جدید در دهه‌های اخیر به‌شمار می‌رود. مدل ردپای اکولوژیکی با قابلیت تعیین سرانهٔ هر فرد از منابع سرزمین را می‌توان به‌همین منظور به‌کار برد. در این پژوهش سعی بر آن بود تا وضعیت پایداری اکولوژیکی حوضهٔ آبخیز کال‌شور مشخص شود. از سویی، با به‌کارگیری مدل ردپای اکولوژیکی، برآورد میزان تقاضا از منابع مختلف با توجه به نیازهای مصرفی روزانه ارزیابی شد. مؤلفه‌های به‌کار گرفته‌شده در این مدل عبارت بود از آب، الکتریسیته (انرژی)، حمل‌ونقل، غذا و زباله (خدمات). علی‌رغم مشکلات ناشی از گردآوری داده، کمبود آمار و اطلاعات، همچنین دشواری محاسبات، نتایج مطلوبی از این مدل حاصل شده است.

در این بررسی یافته‌ها نشان داد که بخش مصرفی آب با ۴۸٪ بیشترین و بخش حمل‌ونقل با ۱۵٪ از کل کسری زمین در حوضهٔ آبخیز کال‌شور، کمترین نقش را در ناپایداری این منطقه دارد. این یافته با مطالعات فریادی و صمدپور (۱۳۸۷)، همچنین جمعه‌پور و همکاران (۱۳۹۲)، در تعیین میزان ردپای اکولوژیکی در دو منطقهٔ الهیهٔ تهران و شهرستان رشت در محدودهٔ زمانی مورد مطالعه همسوست.

با توجه به جمعیت ۷۷۵۰۳۳ نفری منطقهٔ مورد بررسی، کل ردپای اکولوژیکی حوضهٔ کال‌شور برابر با ۱۰۷۶۳۳۷ هکتار است. با توجه به مساحت کل حوضه (۲۴۳۲۳۱/۴ هکتار)، برای تأمین نیازهای مصرفی ساکنان منطقه به فضایی بیش از ۴/۴ برابر مساحت کنونی حوضهٔ آبخیز نیاز است که با میزان ۱۰۵۲۱۰۵/۵۳ هکتار کمبود زمین

Archive of SID
www.SID.ir

اکولوژیکی روبه‌روست. این نکته بیانگر جهت‌گیری نامناسب و کمبود منابع مهم منطقه و افزایش فشار بر منابع است. به‌بیان دیگر، حوضهٔ آبخیز کال‌شور در تأمین نیازهای مصرفی خود، نیاز به پشتیبانی خواهد داشت. از دلایل عمدهٔ این ناپایداری می‌توان به افزایش ساخت‌وسازهای غیراصولی و تراکم جمعیت اشاره کرد که باعث دربرگرفتن سهمی بسیار فراتر از ظرفیت محیط‌زیستی این مناطق شده است. از طرفی، در برنامه‌های توسعه‌ای این نواحی، افزایش فضاهای سبز و باز برای جبران آثار افزایش فضاهای پر یا ساخته‌شده پیش‌بینی نشده است. این روند ناموزون اکولوژیکی ممکن است از طرق مختلف دیگری نیز صورت گرفته باشد.

به گفتهٔ Wackernagel و Rees (۱۹۹۶)، امروزه و در شرایط کنونی که جهان با انفجار جمعیت مواجه شده است، مکان اکولوژیکی سکونتگاه‌های بشری با مکان جغرافیایی آن‌ها تطابق ندارد و به‌یاری تجارت سوداپیشه، برخی افراد به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه (نظیر ایران) توانسته‌اند با محدودیت ظرفیت مکانی به مصادرهٔ نامناسب ظرفیت اکولوژیکی بپردازند و به شیوه‌ای ناپایدار توسعه یابند. علاوه‌بر این، از مهم‌ترین دلایل دیگر ناپایداری اکولوژیکی حوضهٔ آبخیز کال‌شور می‌توان به برداشت غیربهینهٔ منابع موجود در منطقه اشاره کرد. البته، در حوضهٔ آبخیز کال‌شور منطقهٔ جنگلی خاصی وجود ندارد، بنابراین شهروندان در تأمین نیازهای اساسی در این بخش به مناطق پشتیبان وابسته‌اند. بازده در هکتار پایین محصولات تولیدی کشاورزی و آبی از علل دیگر ناپایداری اکولوژیکی در این منطقه است. همچنین، به‌واسطهٔ ورود هر سالهٔ بازدیدکنندگان به این منطقه، آثار عمدهٔ محیط‌زیستی به منطقه وارد می‌شود که به همراه خود، افزایش ردپای اکولوژیکی را درپی‌دارد. نکتهٔ حائز اهمیت این است که اگر کاهش منابع با این روند ادامه‌یابد، پایداری منطقه به‌خطر می‌افتد و با کاهش منابع به‌صورت چشمگیر مواجه خواهیم بود. هرچند به‌صورت کلی حوضهٔ آبخیز کال‌شور از ناپایداری اکولوژیکی برخوردار است، با مدیریت صحیح منابع و کنترل جمعیت می‌توان از افزایش این اختلاف با سطح استانداردهای بین‌المللی جلوگیری کرد. به عقیدهٔ برخی محققان برای حل این مشکل، یعنی کاهش تأثیر ردپای اکولوژیکی در این منطقه یا در مناطق مشابه، سه راه‌حل جامع وجود دارد: ۱. بزرگ‌ترشدن کرهٔ زمین (!)، ۲. کاهش جمعیت، و ۳. کاهش کمیت مصرف سرانه. اولین راه‌حل مسلماً ناممکن است. راه‌حل دوم مشکل، و سومین راه‌حل، منطقی و ضروری به‌نظر می‌رسد.

توماس مالتوس (۱۷۹۸) راه‌حل دوم را پیشنهاد می‌دهد. این دانشمند انگلیسی، در مقاله‌ای نسبت به نظارت بر رشد جمعیت در هر منطقه‌ای هشدار می‌دهد. به عقیدهٔ وی، رشد جمعیت باعث رشد مصرف می‌شود. این در حالی است که در درازمدت، رشد مواد غذایی کمتر از میزان رشد جمعیت خواهد بود (صمدپور، ۱۳۸۵). Wackernagel و Yount(۲۰۰۰) نیز بر این باورند که فناوری باعث بهبود قابلیت تولید زمین یا افزایش کارایی منابعی می‌شود که برای تولید کالا و خدمات به‌کار می‌رود؛ به این صورت که استفاده از فناوری کارآمد، از سویی باعث بهبود نحوهٔ تولید و کاهش میزان مصرف زمین می‌شود؛ و از دیگر سوی، عوارض اکولوژیکی پیشرفت‌های صنعتی را کاهش می‌دهد. یکی از راه‌های پیشنهادشده برای کاهش ردپای اکولوژیکی، تراکم نامتمرکز است (تیموری و همکاران، ۱۳۹۳).

Holden و Hoyer (۲۰۰۵) معتقدند تراکم نامتمرکز (ساخت شهرهای نسبتاً کوچک، با تراکم بالا و فواصل اندک بین خانه‌ها و مراکز خدمات عمومی و خصوصی) در نهایت به کاهش ردپای اکولوژیکی به‌خصوص در زمینهٔ مسکن خواهد انجامید. به‌بیانی دیگر، با ساخت شهرهای کوچک و متراکم، ردپای اکولوژیکی جوامع نیز کاهش می‌یابد. در نتیجه، سیاست‌های مربوط به توزیع مجدد جمعیت در سرزمین جای‌بحث دارد (صالحی و همکاران، ۱۳۸۸).

یکی دیگر از متغیرهای عمده در کاهش میزان ردپای اکولوژیکی این منطقه، مدیریت علمی به‌ویژه در

Archive of SID

www.SID.ir

سکونتگاه‌های شهری است تا بتوان میزان دستیابی به امکانات شهری را به‌صورت پایدار تضمین کرد. با تحقق این امر، زندگی شهری پایدار نیز صورت خواهد گرفت. بسیاری از صاحب‌نظران در عرصهٔ محیط‌زیست معتقدند که تداوم روش و الگوهای سنتی اقتصادی و مصرف بیش‌ازحد مواد و منابع طبیعی افراد بومی یک منطقه، بقای انسان را به‌خطر انداخته است. از نظر اکولوژیکی، سرانهٔ مصرف انرژی و مواد مصرفی طی چند دههٔ اخیر در کشورهای صنعتی و درحال‌توسعه سریع‌تر از رشد جمعیت افزایش یافته است. با توجه به اینکه در این کشورها مدرنیزه‌کردن اتفاق افتاده، مصرف منابع طبیعی افزایش‌یافته و از توان محیطی این کشورها فراتر رفته است، درنتیجه برای حفظ سلامتی، پایداری و رفاه زندگی جامعه نیاز به ردپای اکولوژیکی جدیدی دارد که این ردپا را با توجه به سیاست‌های خارجی خود انتخاب می‌کند. لذا، توجه به محیط‌زیست و اکوسیستم‌های طبیعی در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها مستلزم تعیین و شناخت عمیق‌تر میزان ردپای اکولوژیکی و اتخاذ سیاست‌های حمایتی از محیط‌زیست به‌منظور کنترل و کاهش ردپای اکولوژیکی است. به‌همین منظور آگاهی‌رسانی در جهت کاهش استفادهٔ افراطی از اکوسیستم‌ها و نیز کاهش میزان ضایعات و زباله و بازیافت آن‌ها، استفاده از فناوری کارآمد برای کاهش میزان استفاده از اکوسیستم طبیعی، و کنترل آلودگی‌های صنعتی فناوری‌های نوین لازم در تأمین پایداری اکوسیستم‌های خرد و کلان اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد.

برای رسیدن به اهداف مورد نظر پیشنهادهای زیر مطرح می‌شود:

– برنامه‌ریزی برای آموزش و ارتقای سطح آگاهی مسئولان و مدیران شهری

– اصلاح الگوی مصرف و حفظ منابع موجود انسانی و طبیعی در رابطه با مؤلفه‌های آب، غذا و حمل‌ونقل

– نظارت فعال و پیگر بر فعالیت واحدهای تولیدی در راستای کنترل سطح قیمت‌ها و کیفیت کالا و خدمات مورد نیاز ساکنان منطقه

– توسعهٔ زیرساخت‌های ارتباطی و برطرف‌کردن کمبودهای موجود به‌خصوص در زمینهٔ مصرف آب

- سازمان‌دهی و نظام‌مندکردن ساخت‌وسازها به‌منظور هماهنگی با محیط‌زیست.

یادداشت‌ها

۱. مجموع نواحی زمین که برای تولید انرژی در بخش‌های غیرتغذیه استفاده می‌شود. این نواحی شامل زمین برای تولید برق، زمین جنگل برای سوخت فسیلی و نظایر آن است.

منابع

۱. ترنر، ر.ک. پیرس، د. باتمن، ا. ۱۳۷۴. *اقتصاد محیط‌زیست*. ترجمهٔ دهقانیان،س. کوچکی، ع. کلاهی اهری، ع. انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد.

۲. تیموری، ا. سالاروندیان، ف. گرامی، ز. ۱۳۹۳. ردپای اکولوژیک گاز دی‌اکسید کربن سوخت‌های فسیلی شهر شیراز، *تحقیقات جغرافیایی*، ۲۹(۱)، شمارهٔ پیاپی ۱۱۲: ۱۹۳-۲۰۴.

۳. جمعه‌پور، م. حاتمی‌نژاد، ح. شهانواز، س. ۱۳۹۲. بررسی وضعیت توسعهٔ پایدار شهرستان رشت با استفاده از روش جای پای اکولوژیک، *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*.۴۵(۳): ۱۹۱-۲۰۸.

۴. حسین‌زاده دلیر، ک. ساسان‌پور، ف. ۱۳۸۸. روش ردپای اکولوژیکی در پایداری کلان‌شهرها با نگرشی بر کلان‌شهر تهران، *فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی*، ۱(۲): ۶-۱۳.

Archive of SID
www.SID.ir

۵. شکور، ع. باسط‌قریشی، م. لشگری، م. جعفری، م. ۱۳۹۰. ارزیابی و سنجش چگونگی پایداری گردشگری در بهشت گمشدهٔ بوان ممسنی با استفاده از مدل رد پای اکولوژیک، *فصلنامهٔ علمی پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*، ۳(۳): ۵۷-۶۷.

۶. صالحی، ا. شعبانی، ز. باریکانی، ح. یزدانی، س. ۱۳۸۸. بررسی رابطهٔ علیت بین تولید ناخالص داخلی و حجم گازهای گلخانه‌ای در ایران (مطالعهٔ موردی: گاز دی‌اکسیدکربن). *اقتصاد کشاورزی و توسعه*. ۱۷(۶۶).

۷. صمدپور، پ. ۱۳۸۵. ارزیابی آثار محیط‌زیستی توسعه‌های شهری متراکم و بلندمرتبه به روش ردپای اکولوژیکی (نمونهٔ مطالعاتی: ناحیهٔ الهیه). پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشکدهٔ محیط‌زیست، دانشگاه تهران.

۸. فریادی، ش. صمدپور، پ. ۱۳۸۷. تعیین جای پای اکولوژیکی در نواحی شهری پرتراکم و بلندمرتبه (نمونهٔ مورد مطالعه: محلهٔ الهیه تهران). *محیط‌شناسی*، دانشگاه تهران، ۴۵: ۶۳-۷۲.

9. Holden, E. Hoyer, K. 2005. The ecological Foot Prints of Fuels. *Transportation Research Part D*. 10: 395-403.

10. Mac Donald, G. Patterson, M. 2008. Ecological Footprints and interdependencies of New Zealand regions. *Ecological Economics*. 5049-67.

11. Wackernagel, M. Rees, W. 1996. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, Canada.

12. Wackernagel, M. Yount, J.D. 2000. Footprints for Sustainability: the Next Steps, Environment, Development and Sustainability. 1(2): 23-44.

13. Wilson, J. Anielski, M. 2008. Ecological Footprints of Canadian Municipalities and Regions, the Canadian Federation of Canadian Municipalities, Anielski Management Inc, from: www.anielski.com.

14. Zurong, D. Jing, L. 2010. Ecological Footprint and Reflections on Green Development of Hangzhou. *Energy Procedia*. 5: 118-124.

15. www.footprintnetwork.org.

.

Archive of SID

www.SID.ir