

## تعیین پایداری اکولوژیکی حوضه آبخیز کال شور با کاربرد ردپای اکولوژیکی

ضیاء‌الدین باده یان<sup>۱\*</sup>، معصومه منصوری<sup>۲</sup>

۱. استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

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

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۸/۸

### چکیده

افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای، تخریب محیط‌زیست و جنگل‌زدایی به‌همراه کاهش ظرفیت زیستی کره زمین در پاسخ‌دهی به نیازهای بشر از مهم‌ترین نگرانی‌ها در سطح جهانی است. در این پژوهش با استفاده از مفهوم ردپای اکولوژیکی، پایداری حوضه آبخیز کال شور 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 حوضه آبخیز، کمترین نقش را در ناپایداری این منطقه دارد. لذا، می‌توان ردپای اکولوژیکی را ابزاری مناسب برای ارزیابی آثار محیط‌زیستی در مقیاس درون شهری و نیز ارزیابی پایداری اکوسیستم‌ها به کار برد و از راهکارهایی مانند آموزش و ارتقای سطح آگاهی مسئولان، اصلاح الگوی مصرف در رابطه با مؤلفه‌های آب، غذا و حمل‌ونقل، توسعه زیرساخت‌های ارتباطی و برطرف کردن کمبودهای موجود به‌خصوص در زمینه مصرف آب و سازمان‌دهی و نظام‌مند کردن ساخت‌وسازها به‌منظور هماهنگی با محیط‌زیست بهره جست.

### کلیدواژه

پایداری اکولوژیکی، حوضه آبخیز کال شور، ردپای اکولوژیک، کسری اکولوژیک، ظرفیت زیستی.

### ۱. سرآغاز

در هر روز آثاری روی سیاره زمین یا بیوسفر برجای می‌گذارد. اما آنچه اهمیت دارد میزان اثری است که هر شخص به‌هنگام استفاده از منابع طبیعی و محیط‌زیست روی کره زمین برجای می‌گذارد. در این خصوص میزان اندازه اثر انسان اهمیت دارد که باعث به‌هم خوردن تعادل پایدار اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود. در این راستا مفهوم ردپای اکولوژیکی مشخص‌کننده میزان نیاز و آثار انسان و پیشنهاددهنده فاکتورهای بهبوددهنده وضعیت پایداری و استفاده پایدار از منابع طبیعت است.

جوامع مختلف بشری در جهان به‌دلیل تراکم جمعیت و فشرده‌گی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی، مهم‌ترین مراکز مصرفی منابع و تولیدکننده مواد زائد و آلودگی به‌شمار می‌رود. انسان حدود سه چهارم منابع طبیعی مورد نیاز جهان را به‌مصرف می‌رساند. طی سال‌های اخیر مسائلی همچون افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای، تخریب محیط‌زیست و جنگل‌زدایی به‌همراه کاهش ظرفیت زیستی کره زمین در پاسخ‌دهی به نیازهای بشر از مهم‌ترین دغدغه‌های جهانی بوده است. بدیهی است که هر شخص از جمعیت انسانی

اصطلاح و تکنیک ردپای اکولوژیکی را نخستین بار

اکولوژیکی سوخت مصرفی عنوان کردند. Jing و Zurong (۲۰۱۰) در مطالعه خود با عنوان ردپای اکولوژیکی و بازتاب‌های توسعه سبز در هانگزو، به محاسبه ردپای اکولوژیکی شهر هانگزو طی سال‌های ۱۹۹۸-۲۰۰۸ پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که سرانه 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 نشان‌دهنده ردپای بزرگ‌تر از ظرفیت زیستی هانگزوست و برای کاهش ردپا، باید توسعه سبز را تحقق بخشید.

در ایران نیز مطالعاتی در این زمینه طی سال‌های اخیر انجام شده است. حسین‌زاده دلیر و ساسان‌پور (۱۳۸۸) در مطالعه 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 سوی دیگر به منطقه پشتیبان سوق می‌دهد که مواد انرژی را تأمین می‌کند. همچنین، نتایج نشان داد که سرانه ردپای کل تهران ۳/۷ هکتار محاسبه شده است. در مطالعه مذکور نویسنده بیان کرده است که با این مقدار ردپا، کلان‌شهر تهران در شرایط ناپایدار به‌سرمی‌برد و از آنجا که این مشکل روزه‌روز 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 منطقه الهیه تهران پرداختند. در این بررسی ابتدا به مقایسه روند تغییرات کاربری‌های محله الهیه پرداختند. سپس، با استفاده از روش ردپای اکولوژیکی مشخص شد که میزان زمین مصرف‌شده در تأمین نیازهای مصرفی ساکنان ناحیه الهیه در سال ۱۳۸۴ بیش از پنج برابر مساحت این ناحیه و ۱/۶ برابر کل

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 منطقه 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 محاسبه ردپای اکولوژیکی صورت گرفته است. در سال ۱۹۹۳ محاسبه 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 مطالعه 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. نتیجه 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

حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی بنزین و گازوییل در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۷ به ترتیب 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 سرانه فضای سبز به‌منظور جذب گاز دی‌اکسید کربن نیاز دارد. براساس آمارهای موجود تا پیش از سال ۱۹۶۱، میزان ردپای اکولوژیکی کره زمین کمتر از ظرفیت زیستی زمین بوده است.

در این راستا، مطالعه حاضر قصد دارد تا تأثیر کاربری‌های مختلف موجود در حوضه 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 محاسبه این شاخص در منطقه مورد بررسی را بیان خواهیم کرد.

## ۲. مواد و روش‌ها

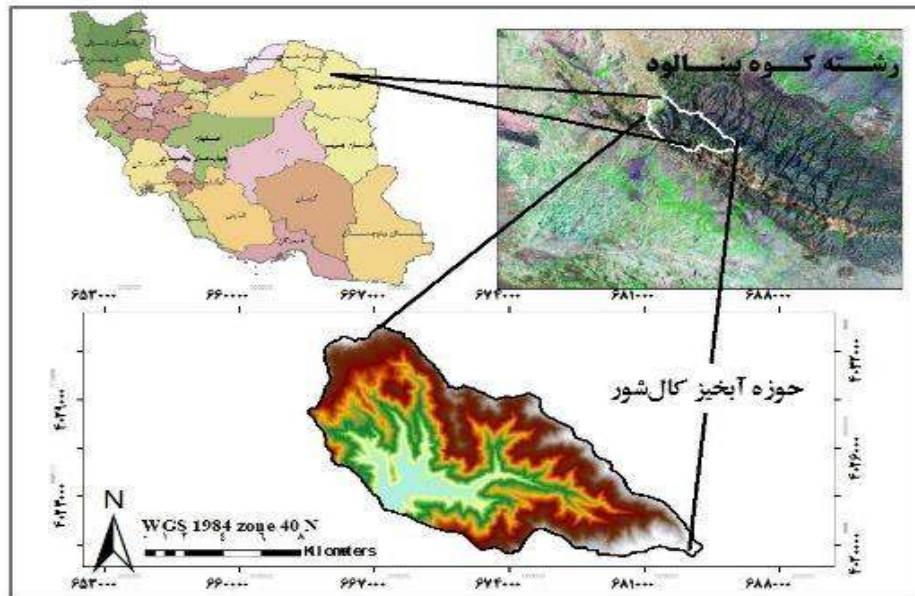
حوضه کال‌شور منطقه‌ای است کوهستانی در بخش شمال‌شرقی کشور، در محدوده‌ای با مختصات جغرافیایی (۵۸ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی). این حوضه دارای وسعتی معادل ۲۴۲۳۱/۶۱ هکتار است. بالادست این منطقه در شمال منطقه کاشمر واقع است و نقطه خروجی آن ۶۳ کیلومتر از جنوب شهر کال‌شور و حدود ۶۵ 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 چلیو و اکبرآباد منتهی می‌شود. تغییرات اقلیمی منطقه مطالعاتی به استناد اقلیم‌نمای آمبرژه دارای سه اشکوب خشک سرد، نیمه‌خشک سرد و کوهستانی است که به ترتیب 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

مساحت شهر تهران بوده است. همچنین، در پژوهش دیگری با عنوان تعیین تناسب بهینه استفاده از انواع شیوه‌های حمل‌ونقل با هدف کاهش ردپای اکولوژیکی در شهر تهران، مقدار مصرف سوخت انواع وسیله نقلیه به ازای هر مسافر و سپس مقدار زمین معادل آن را که تأمین‌کننده میزان سوخت برای هر فرد است محاسبه شده و نشان داده شده است که مترو با کسب ۰/۰۳ 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 منطقه بوان ممسنی با استفاده از مدل رد پای اکولوژیکی پرداختند. هدف از این پژوهش دستیابی به برنامه‌ریزی آینده 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 مطالعه موردی انتخاب کردند و روش مذکور در آن دهستان ارزیابی شد. نتایج پژوهش حاکی از پایداری گردشگری در منطقه 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 سرانه 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 به ترتیب 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

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



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

## ۱.۲. روش تحقیق

با طرح موضوع پایداری و توسعه پایدار در میان سیاستمداران و برنامه‌ریزان، تلاش‌های زیادی برای مشخص کردن 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 کمی می‌پردازد. در سازوکاری اقتصادی، جوامع کالا تولید می‌کنند، اما این کالاها با توجه به منابع اولیه 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 سرانه اقلام عمده 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 به راحتی در جدول‌های آماری ملی در دسترس است. قدم بعدی، برآورد سرانه زمین‌های تخصیص داده شده به تولید هر کدام از اقلام مصرفی با استفاده از تقسیم میانگین مصرف سالانه هر کدام از اقلام بر میانگین تولید یا محصول است (ترنر و همکاران، ۱۳۷۴). بررسی حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر شیوه انجام توصیفی - تحلیلی است. عمده اطلاعات مورد نیاز برای انجام این بررسی به دو مرحله 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، منابع طبیعی و محیط‌زیست). برآورد ردپای اکولوژیکی جمعیتی معین فرایندی چندمرحله‌ای است. براساس روش کلی ابداع شده Wackernagel و Rees (۱۹۹۶) محاسبه شاخص ردپای

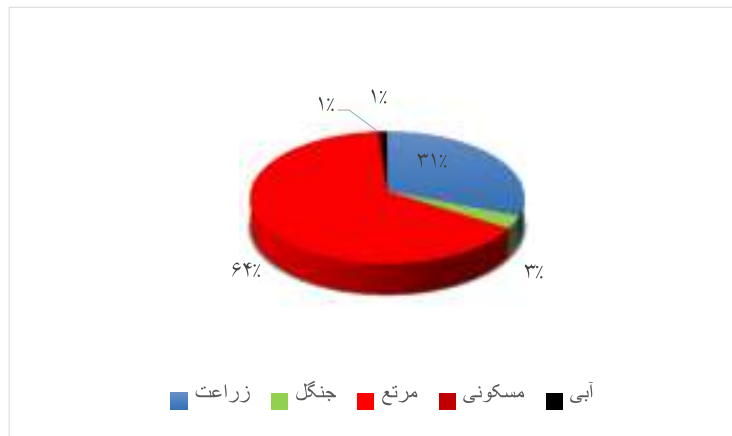
معین که با محاسبه حاصل ضرب متوسط جای پای هر نفر در اندازه جمعیت به دست می آید.

### ۳. نتایج

نتایج اولیه این مطالعه نشان داد که حوضه کال شور به دلیل موقعیت جغرافیایی خود، دارای زمین های حاصلخیز فراوانی است که سبب خواهد شد تا پراکندگی کاربری اراضی در این منطقه پس از کاربری مرتع بیشتر به سمت کشاورزی سوق یابد. بقیه سطح منطقه نیز از جنگل، اراضی مسکونی و منطقه آبی (شامل دریاچه، رودخانه و چشمه) تشکیل شده است (شکل ۲).

اکولوژیکی مورد استفاده در این مطالعه شامل مراحل زیر است:

۱. تخمین سرانه مصرف سالانه مواد مصرفی اصلی بر اساس مجموع داده های منطقه ای و تقسیم میزان مصرف کل به میزان جمعیت
۲. تخمین زمین اختصاص داده شده به هر نفر برای تولید هر مورد مصرفی، از طریق تقسیم متوسط مصرف سالانه هر مورد بر متوسط سالانه تولید، یا بازده زمین
۳. محاسبه متوسط کل ردپای اکولوژیکی هر نفر از طریق جمع کردن تمام مناطق اختصاص داده شده برای همه بخش هایی مصرفی فرد در یک سال
۴. محاسبه ردپای اکولوژیکی برای جمعیت منطقه ای



شکل ۲. سطح کاربری اراضی حوضه آبخیز کال شور

انرژی وجود دارد.

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule/second}$$

$$1000 \text{ watt} = 1 \text{ kilo watt}$$

$$1000 \text{ Joule} = 1 \text{ kilo joule}$$

$$24642500 \text{ kwh} \times 1 \text{ kj/sec} \times 60$$

$$\text{sec/min} \times 60 \text{ min/hr} = 88713000000$$

سپس، زغال سنگی که برای تولید کیلوژول الکتریسیته

محاسبه شده لازم است، محاسبه می شود.

$$4435650000 = \text{kJ} \times 20 \text{ grams} \div 1 \times 88713000000$$

برای محاسبه زمین انرژی<sup>۱</sup>، از میزان برق مصرفی منطقه با واحد مگاژول استفاده شد. سپس، با احتساب ضریب مورد نظر، این مقدار را به زمین تبدیل می کنیم. برای این مهم ابتدا آمار مقدار مصرف برق مورد نیاز است. به دلیل در اختیار نداشتن اطلاعات به روز، از میزان برق مصرفی سال ۱۳۹۱ بر حسب کیلووات ساعت استفاده شد. در نتیجه، محاسبات مربوط براساس آنچه در بحث جاپای بوم شناختی ثبت شده به صورت زیر است. نخست باید مشخص شود که در مقدار معین کیلووات ساعت ذکر شده چند کیلوژول

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

$$\text{grams} 141262739 = 31/4 \div 443565000$$

و با قبول آنکه در این مقدار زغال سنگ ۰/۸۵ کربن وجود دارد:

$$85000 = 1000000 \div 12007333 = 0/85 \times 141262739$$

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

هکتار زمین برای کل جمعیت منطقه  $85000 \div 1/8 = 4223$

### ۱.۳. مصرف آب

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

$$0/8 \div 1000000 = 501/583 \times 626978750$$

### ۲.۳. حمل و نقل

امروزه، حمل و نقل با وسایل نقلیه انجام می‌شود و این کاربری با تولید دی‌اکسید کربن همراه است. براساس آمار به‌دست‌آمده از شهرداری منطقه، مقدار تولید سرانه CO<sub>2</sub> برای هر فرد ساکن در منطقه حدود ۰/۱۱ تن اعلام شده که با توجه به جامعه ۷۷۵۰۳۳ نفری و این قانون که هر هکتار زمین ۱/۸ تن کربن را جذب می‌کند خواهیم داشت:

$$5254 = 0/11 \times 775033$$

$$1/8 = 153458 \times 85254$$

هکتار زمین برای جذب کربن در منطقه

### ۳.۳. خدمات

براساس آمار به‌دست‌آمده از بخش خدمات شهری، سرانه تولید زباله به‌ازای هر فرد 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 (۴/۶۲۰۰۲۶ تن) زباله در یک سال بر حسب هکتار برابر است با:

$$450 = 11023 \div 620026/4 \times (8)$$

### 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 سرانه مصرف غذایی کشور و تعمیم آن به منطقه مطالعاتی مقدار آن را برآورد می‌کنیم. برای این کار، نخست، میزان سرانه مصرف غذایی کشور بر اساس داده‌های مندرج در تزارنامه غذایی سال ۲۰۰۳ سازمان فائو برای ایران تهیه (www.fao.com) و به روش زیر محاسبه شد.

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

$$\Sigma \text{ food} + \Sigma \text{wast} = 49750000 + 4682000 = 54432000 \text{ kg}$$

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

$$54432000 \text{ tone} \div 775033 = 70/23$$

برای محاسبه مقدار زمین تأمین‌کننده 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

$$15020000 = 7/46 \div 201290000$$

هکتار زمین برای تولید یک تن محصول مقدار اراضی مورد نیاز برای تأمین مصرف غذایی

به روش زیر عمل می‌شود.

هکتار زمین برای تولید یک تن محصول برحسب هکتار

$$54430/30 \times 7/46 = 406050$$

در نهایت آنکه نتایج حاصل از محاسبات مربوط به هر

فاکتور در جدول ۱ جمع‌بندی شده است.

جمعیت ساکن در منطقه به هکتار به این شرح است.

جمعیت محله  $\times$  سرانه مصرف غذا = میزان غذا مورد

نیاز بر حسب تن

$$1000 = 54430/30 \div 70 = 23 \times 7750 \times 33 = 54430568$$

غذا مصرف

برای محاسبه مقدار زمین تأمین‌کننده این مقدار مصرف

جدول ۱. محاسبه فاکتورهای رد پای اکولوژیکی در هر بخش

کاربری	میزان EF به دست آمده (هکتار)	سرانه EF (n=775033)
غذا	406050	0/6
حمل و نقل	153458	0/2
خدمات	11023	0/16
مصرف آب	501583	0/65
انرژی	4223	0/006
جمع	1076337	1/62

انرژی با سهم حدود ۱٪ کمترین میزان رد پای اکولوژیکی را  
 به خود اختصاص داده است.

با توجه به شکل ۳، از کل مساحت موجود در حوضه  
 آبخیز کال شور، بخش مصرف آب با ۴۷٪ بالاترین و بخش



شکل ۳. رد پای اکولوژیکی حوضه آبخیز کال شور به تفکیک بخش‌های مصرف

کال شور (۱۰۵۲۱۰۵/۴ هکتار)، ۴۸٪ به بخش مصرف آب و  
 ۳۹٪ به غذا اختصاص دارد. حمل و نقل نیز با حدود ۱۵٪ از  
 کل کسری زمین حوضه آبخیز، کمترین نقش را در  
 ناپایداری این منطقه دارد. دو بخش انرژی و خدمات با

براساس نتایج به دست آمده از محاسبات، زمین مربوط  
 به بخش‌های مصرفی غذا، حمل و نقل و آب برای افراد  
 ساکن در منطقه از مساحت منطقه بیشتر است. با توجه به  
 شکل ۴، از کل مساحت کمبود زمین موجود در منطقه

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 حوضه آبخیز کال‌شور

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 حوضه 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 منطقه الهیه تهران و شهرستان رشت در محدوده زمانی مورد مطالعه همسوست.

با توجه به جمعیت ۷۷۵۰۳۳ نفری منطقه مورد بررسی، کل ردپای اکولوژیکی حوضه 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 حوضه آبخیز نیاز است که با میزان ۱۰۵۲۱۰۵/۵۳ هکتار کمبود زمین

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

امروزه، ردپای اکولوژیکی شهرها، به‌خصوص در جوامع صنعتی، به‌طور روزافزونی در حال افزایش است. در نتیجه این مصرف بیش‌ازحد، سرمایه طبیعی کره 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 اکولوژیکی 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 زمینه ارزیابی پایداری اکولوژیکی است که از مباحث جدید در دهه‌های اخیر به‌شمار می‌رود. مدل ردپای اکولوژیکی با قابلیت تعیین سرانه هر فرد از منابع سرزمین را می‌توان به‌همین منظور به‌کار برد. در این پژوهش سعی بر آن بود تا وضعیت پایداری اکولوژیکی حوضه آبخیز کال‌شور مشخص شود. از سویی، با به‌کارگیری مدل ردپای اکولوژیکی، برآورد میزان تقاضا از منابع مختلف با



از ناپایداری اکولوژیکی برخوردار است، با مدیریت صحیح منابع و کنترل جمعیت می‌توان از افزایش این اختلاف با سطح استانداردهای بین‌المللی جلوگیری کرد. به عقیده برخی محققان برای حل این مشکل، یعنی کاهش تأثیر ردپای اکولوژیکی در این منطقه یا در مناطق مشابه، سه راه حل جامع وجود دارد: ۱. بزرگ‌تر شدن کره زمین (!)، ۲. کاهش جمعیت، و ۳. کاهش کمیت مصرف سرانه. اولین راه حل مسلماً ناممکن است. راه حل دوم مشکل، و سومین راه حل، منطقی و ضروری به نظر می‌رسد.

توماس مالتوس (۱۷۹۸) راه حل دوم را پیشنهاد می‌دهد. این دانشمند انگلیسی، در مقاله‌ای نسبت به نظارت بر رشد جمعیت در هر منطقه‌ای هشدار می‌دهد. به عقیده 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 به کار می‌رود؛ به این صورت که استفاده از فناوری کارآمد، از سویی باعث بهبود نحوه تولید و کاهش میزان مصرف زمین می‌شود؛ و از دیگر سوی، عوارض اکولوژیکی پیشرفت‌های صنعتی را کاهش می‌دهد. یکی از راه‌های پیشنهاد شده 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 به خصوص در زمینه مسکن خواهد انجامید. به بیانی 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

اکولوژیکی روبه‌روست. این نکته بیانگر جهت‌گیری نامناسب و کمبود منابع مهم منطقه و افزایش فشار بر منابع است. به بیان دیگر، حوضه آبخیز کال شور در تأمین نیازهای مصرفی خود، نیاز به پشتیبانی خواهد داشت. از دلایل عمده 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 ساخته شده پیش‌بینی نشده است. این روند ناموزون اکولوژیکی ممکن است از طرق مختلف دیگری نیز صورت گرفته باشد.

به گفته 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 به یاری تجارت سودپیشه، برخی افراد به خصوص در کشورهای در حال توسعه (نظیر ایران) توانسته‌اند با محدودیت ظرفیت مکانی به مصادره نامناسب ظرفیت اکولوژیکی بپردازند و به شیوه‌ای ناپایدار توسعه یابند. علاوه بر این، از مهم‌ترین دلایل دیگر ناپایداری اکولوژیکی حوضه آبخیز کال شور می‌توان به برداشت غیربینه منابع موجود در منطقه اشاره کرد. البته، در حوضه آبخیز کال شور منطقه 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، به واسطه ورود هر ساله بازدیدکنندگان به این منطقه، آثار عمده محیط‌زیستی به منطقه وارد می‌شود که به همراه خود، افزایش ردپای اکولوژیکی را در پی دارد. نکته حائز اهمیت این است که اگر کاهش منابع با این روند ادامه یابد، پایداری منطقه به خطر می‌افتد و با کاهش منابع به صورت چشمگیر مواجه خواهیم بود. هرچند به صورت کلی حوضه آبخیز کال شور

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 پیگیر بر فعالیت واحدهای تولیدی در راستای کنترل سطح قیمت‌ها و کیفیت کالا و خدمات مورد نیاز ساکنان منطقه
- توسعه زیرساخت‌های ارتباطی و برطرف کردن کمبودهای موجود به خصوص در زمینه مصرف آب
- سازمان‌دهی و نظام‌مند کردن 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.

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 عرصه 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، سرانه مصرف انرژی و مواد مصرفی طی چند دهه اخیر در کشورهای صنعتی و درحال توسعه سریع‌تر از رشد جمعیت افزایش یافته است. با توجه به اینکه در این کشورها مدرنیزه کردن اتفاق افتاده، مصرف منابع طبیعی افزایش یافته و از توان محیطی این کشورها فراتر رفته است، در نتیجه 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 استفاده افراطی از اکوسیستم‌ها و نیز کاهش میزان ضایعات و زباله و بازیافت آن‌ها، استفاده از فناوری کارآمد برای کاهش

### منابع

۱. ترنر، ر.ک. پیرس، د. باتمن، ا. ۱۳۷۴. *اقتصاد محیط‌زیست*. ترجمه 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)، شماره پیاپی ۱۱۲: ۱۹۳-۲۰۴.
۳. جمعه‌پور، م. حاتمی‌نژاد، ح. شهنواز، س. ۱۳۹۲. بررسی وضعیت توسعه 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، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۱(۲): ۶-۱۳.

۵. شکور، ع. باسطقریشی، م. لشگری، م. جعفری، م. ۱۳۹۰. ارزیابی و سنجش چگونگی پایداری گردشگری در بهشت گمشده بوان ممسنی با استفاده از مدل رد پای اکولوژیک، فصلنامه علمی پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، ۳(۳): ۵۷-۶۷.
۶. صالحی، ا. شعبانی، ز. باریکانی، ح. یزدانی، س. ۱۳۸۸. بررسی رابطه علیت بین تولید ناخالص داخلی و حجم گازهای گلخانه‌ای در ایران (مطالعه 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 (نمونه مطالعاتی: ناحیه الهیه). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.
۸. فریادی، ش. صمدپور، پ. ۱۳۸۷. تعیین جای پای اکولوژیکی در نواحی شهری پرتراکم و بلندمرتبه (نمونه مورد مطالعه: محله 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.