

## بررسی توسعه پایدار شهرستان اصفهان با استفاده از روش ردپای بوم شناختی

فرزانه ساسان پور\*<sup>۱</sup>، علی شماعی<sup>۲</sup>، سحر عصار<sup>۳</sup>

۱- استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی

۲- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی

۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۶/۱۴

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۸/۲۴

### چکیده

در حال حاضر بشر با چالش بی‌سابقه‌ای در زمینه زیست‌محیطی مواجه شده است. توافق گسترده‌ای در این موضوع وجود دارد که اکوسیستم کره زمین دیگر تحمل سطوح کنونی فعالیت‌های اقتصادی و مصرفی و روند رو به رشد آن را ندارد زیرا فشارها و بار وارده بر طبیعت دوچندان شده و دیگر قادر به پایداری نیست. با مطرح‌شدن مفهوم توسعه پایداری این مبحث در میان دولت‌ها و برنامه‌ریزان سراسر جهان گسترش یافت و تلاش‌های زیادی برای مشخص کردن این مفهوم صورت گرفت. با گسترش مفهوم توسعه پایدار در سطح بین‌المللی دانشمندان مدل‌های کمی و کیفی متعددی برای اندازه‌گیری توسعه پایدار در جوامع شهری ارائه نموده‌اند. یکی از مدل‌های کمی مهم در این زمین روش ردپای بوم‌شناختی می‌باشد، این مدل با تبدیل نیاز به منابع و آلودگی به زمین موردنیاز برای جبران آن، معیاری مناسب برای ارزیابی آثار زندگی مدرن را فراهم می‌کند. هدف اصلی این پژوهش بررسی توسعه پایداری شهرستان اصفهان با روش ردپای بوم‌شناختی است و در پی پاسخ‌گویی به این سؤال می‌باشد که آیا توان و ظرفیت بوم‌شناختی شهرستان اصفهان قادر به پاسخگویی نیازهای کنونی ساکنین خود خواهد بود؟ این پژوهش از نظر نوع توصیفی-تحلیلی و از نظر هدف کاربردی است شیوه جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش به صورت اسنادی و کتابخانه‌ای بوده و برای تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزار GIS استفاده شده است. بر اساس یافته‌های تحقیق، میزان ردپای بوم‌شناختی هر فرد معمولی در شهرستان اصفهان ۲/۴ هکتار به ازای هر نفر محاسبه شد. همچنین، ظرفیت زیستی ۰/۴۲۷ هکتار به ازای هر نفر مشخص گردید. با مقایسه ظرفیت زیستی و ردپای بوم‌شناختی مشخص است که شهرستان اصفهان دچار کسری موازنه بوم‌شناختی شده است. همچنین تحلیل نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که شهرستان اصفهان از دیدگاه بوم‌شناختی ناپایدار است و با شیوه مصرف و تولید کنونی ظرفیت بوم‌شناختی شهرستان اصفهان قادر به پاسخگویی نیازهای کنونی ساکنین خود نمی‌باشد و دچار زیاده‌روی در مصرف از حد جهانی ردپای بوم‌شناختی شده است.

**واژه‌های کلیدی:** توسعه پایدار، ردپای بوم‌شناختی، شهرستان اصفهان، ظرفیت زیستی، کسری موازنه بوم‌شناختی.

## مقدمه

امروزه انسان با چالش‌های بی‌سابقه‌ای در عرصه‌های زیست‌محیطی روبه‌روست و در این زمینه ایده یکسان و همه‌جانبه‌ای میان صاحب‌نظران زیست‌محیطی وجود دارد که اکوسیستم زمین، در سطوح موجود فعالیت‌های اقتصادی و عرصه‌های مادی، دیگر قادر به پایداری نیستند؛ زیرا فشارهای اقتصادی بر منابع طبیعی بیش‌ازپیش رو به افزایش است. طی صدسال اخیر، شهرها درصد زیادی از جمعیت جهان را به‌سوی خود جذب کرده‌اند (حسین زاده و ساسان‌پور، ۱۳۷۸). با اینکه شهرها تنها حدود ۳٪ از سطح زمین را اشغال کرده‌اند، اما بیش از نیمی از جمعیت جهان و بیشترین مصرف منابع را به خود اختصاص داده‌اند. هیچ شهری نمی‌تواند بدون اتکا به منابع و ظرفیت پذیرش ضایعات منطقه پشتیبانش پایدار باشد. البته در مقابل این پشتیبانی، شهر نیز به ارائه کالا و خدمات و تولید نوآوری و دانش و فن به منطقه‌اش، در روال توسعه‌ای اندام‌وار می‌پردازد، تا رابطه‌ای متقابل میان شهر و منطقه برقرار شود (ساسان‌پور و نوروزی، ۱۳۹۵). برای داشتن توسعه پایدار، گام اول اطلاع از وضعیت پایداری منطقه است تا در صورت ناپایدار بودن، برنامه‌ریزی لازم برای توسعه پایدار آن انجام‌گرفته و اجرا شود. برای اندازه‌گیری سطح پایداری، روش‌های کمی و کیفی مختلفی وجود دارد. یکی از این روش‌ها، روش ردپای بوم‌شناختی است (ساسان‌پور، ۱۳۹۰). روش ردپای بوم‌شناختی، یک شاخص پایداری است که میزان مصرف انسان و اثر این مصرف را بر محیط زیست ارزیابی می‌کند. روش ردپای بوم‌شناختی را واکرناگل و ریز اوایل دهه ۱۹۹۰ در دانشگاه کلمبیا معرفی کردند. روش ردپای بوم‌شناختی یک ابزار محاسبه محیطی است که ما را قادر می‌کند تا بر-اساس مناطق زمین و آبی که انسان‌ها صرف تولید

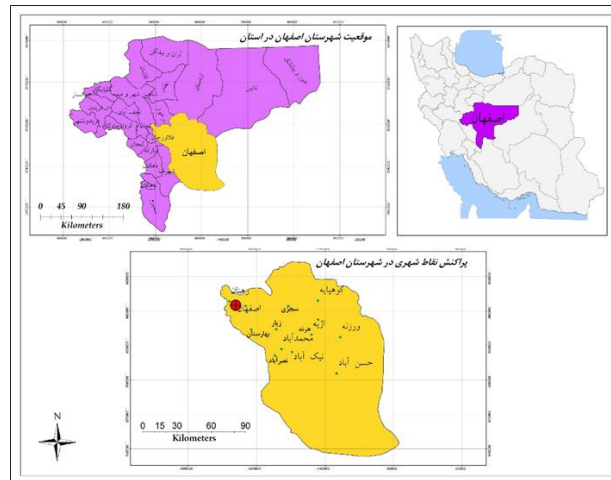
می‌کنند، میزان مصرف منابع و جذب پسماندهای آنان را برآورد کنیم. ردپای بوم‌شناختی رویکردی است که سنجی مداخله در طبیعت را نشان می‌دهد. (واکرناگل و ریز، ۲۰۰۷). این روش، به ارزیابی تأثیر انسان بر محیط می‌پردازد و نشان می‌دهد میزان بار و فشار وارده بر طبیعت است. در این روش منطقه پشتیبان پایداری هر سکونتگاه انسانی را با آن سکونتگاه برآورد می‌کند. این برآورد نشان می‌دهد که چه مقدار از سطح زمین و دریاها دارای قدرت تولید طبیعی برای پاسخ به نیازهای حیاتی و سبک زندگی ساکنان آن است. همچنین ظرفیت زیستی، نواحی زمین حاصل‌خیزی است که برای تولید منابع و جذب پسماند وجود دارد. ظرفیت زیستی، مناطقی مانند صحرای افریقا و کوه‌های آلپ که زندگی در آنجا وجود ندارد را شامل نمی‌شود. به‌طور خلاصه ظرفیت زیستی توانایی پهنه‌های خاکی و آبی برای تهیه خدمات بوم‌شناختی است (ساسان‌پور، ۱۳۹۰). در بررسی چيستی پایداری باید گفت در یک دید اجمالی مبانی نظری مفهوم پایداری در شهر و ناحیه شامل این موارد می‌شود: کاهش آلودگی، نگهداری منابع طبیعی، کاهش حجم ضایعات شهری، افزایش بازیافت، کاهش انرژی مصرفی، توسعه شهرهای کوچک برای کاهش اتکا به شهرهای بزرگ، کاهش فواصل ارتباط، ایجاد اشتغال محلی، ساختار اجتماعی متعادل، حمل‌ونقل عمومی و... (زیاری، ۱۳۸۸). در واقع روش ردپای بوم‌شناختی که برای بررسی پایداری مورد استفاده قرار می‌گیرد، رویکردی است که سنجی مداخله در طبیعت را نشان می‌دهد. این روش، به ارزیابی تأثیر انسان بر محیط می‌پردازد و نشان می‌دهد میزان بار و فشار وارده بر طبیعت چقدر است. این روش منطقه پشتیبانی پایداری هر سکونتگاه انسانی را با آن سکونتگاه برآورد می‌کند. این برآورد نشان می‌دهد

دقیقه تا ۵۳ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. این شهرستان در جنوب شرقی استان اصفهان واقع و شهر اصفهان، مرکز استان در این شهرستان قرار دارد. حدود این شهرستان از شمال به شهرستان‌های اردستان، برخوان و میمه و از جنوب به شهرستان شهرضا و استان فارس و از سمت شرق به شهرستان‌های نائین و استان یزد و از غرب به شهرستان‌های خمینی‌شهر، فلاورجان و مبارکه و شهرضا محدود است. (سالنامه آماری استان اصفهان، ۱۳۹۰). وسعت شهرستان اصفهان ۱۵۷۰۶ کیلومترمربع می‌باشد. و دارای ۶ بخش، ۱۴ شهر، ۱۹ دهستان و ۳۸۳ آبادی دارای سکنه می‌باشد. این شهرستان حدود ۱۴/۷ درصد از مساحت کل استان را به خود اختصاص داده است. در سرشماری ۱۳۹۰ این شهرستان دارای ۶۵۸۰۵۲ خانوار و ۲۱۷۴۱۷۲ نفر جمعیت بوده است، به این معنا که این شهرستان در مجموع ۴۴/۶ درصد از جمعیت کل استان را در خود جای داده است (سالنامه آماری شهرستان اصفهان، ۱۳۹۰). شهرستان اصفهان در بخش وسیعی از جلگه زاینده‌رود واقع شده است. ارتفاع متوسط این شهرستان از سطح دریا حدود ۱۵۷۰ متر می‌باشد. بخش دشتی شهرستان اصفهان از آبرفت رودخانه زاینده‌رود تشکیل یافته و با شیب ملایمی به باتلاق گاوخونی در جنوب خاوری استان اصفهان پایان می‌یابد (افشارسیستانی، ۱۳۷۸). به‌طورکلی شهرستان اصفهان در جلگه‌ای با زمین‌های رسی و آب‌وهوای نیمه بیابانی معتدل واقع شده است که فصول چهارگانه آن کاملاً محسوس است. بیشترین درجه حرارت در اصفهان ۴۲ درجه سانتی‌گراد و کمترین درجه حرارت ۱۶- درجه سانتی‌گراد ثبت شده است (سازمان برنامه و بودجه استان اصفهان، ۱۳۹۰) (شکل ۱).

که چه مقدار از سطح زمین و دریاها دارای قدرت تولید طبیعی برای پاسخ به نیازهای حیاتی و سبک زندگی ساکنان آن‌ها، نیاز است (ساسان‌پور، ۱۳۹۰-). از این رو می‌توان آن را از ابزارهای مؤثر و کارآمد در برنامه‌ریزی دانست. تحلیل ردپای بوم‌شناختی برحسب جوامع کشورها و برحسب میزان فناوری به کار گرفته شده در آن جوامع متفاوت است. به عبارتی دیگر ردپای بوم‌شناختی برحسب میزان توسعه پیشرفت و برخورداری از اراضی در کشورها تفاوت دارد. بررسی ردپای بوم‌شناختی نشان می‌دهد که کشورهای پیشرفته تأثیر بیشتری بر عرصه‌های طبیعی گذاشته‌اند. (واکرناگل و ریز، ۲۰۰۳). در این میان، ایران نیز مانند سایر کشورهای جهان با مشکل افزایش جمعیت روبه‌رو هستند که این امر فشار فزاینده‌ای را بر منابع مانند آب، زمین و انرژی موجود وارد نموده است و باعث تخریب شدید محیط‌زیست شهرها شده است. این شرایط کاهش تولید محلی، افزایش شکاف طبقاتی و کاهش توانایی اداره زندگی در شهرها، افزایش حجم ضایعات شهری، افزایش انرژی مصرفی و ساختار اجتماعی نامتعادل را سبب شده و زمینه ناپایداری شهری را فراهم کرده است. در این میان شهرستان اصفهان نیز با جمعیتی حدود ۲۱۷۴۱۷۲ در سرشماری سال ۱۳۹۰ به عنوان یکی از شهرستان‌های مهم که در مرکز ایران قرار گرفته است با مسائل مطروحه فوق روبه‌رو است، و به نظر می‌رسد توان بوم‌شناختی آن قادر به پاسخگویی به نیازهای کنونی شهروندان اصفهان را ندارد. بنابراین هدف این پژوهش ارزیابی پایداری شهری در شهرستان اصفهان با استفاده از روش ردپای بوم‌شناختی است.

#### محدوده مورد مطالعه

شهرستان اصفهان بین ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۰۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۲



شکل ۱: نقشه موقعیت استان و شهرستان اصفهان و پراکنش شهری در شهرستان  
(منبع: سالنامه آماری شهرستان اصفهان، ۱۳۹۰)

### مواد و روش‌ها

مرحله انجام تحقیق برای به دست آوردن داده‌های لازم برای اندازه‌گیری EF می‌باشد. داده‌های لازم برای اندازه‌گیری اولیه از طریق جداول آماری کشور به دست آمده است که می‌توان به داده‌های آماری مصرف انرژی، غذا و... اشاره کرد. ابتدا مصرف سالیانه یک شخص معمولی را در مورد یک کالای خاص با استفاده از داده‌های خام همان منطقه یا کشور و تقسیم کل مصرف آن بر جمعیت به دست می‌آوریم. در مرحله بعد برای برآورد سرانه زمین مناسب<sup>۳</sup> (aa) برای تولید هر کدام از اقلام مصرفی اصلی<sup>۴</sup> (i) را برآورد می‌نماییم. این کار را از طریق رابطه ۱ با تقسیم کردن متوسط مصرف سالیانه آن کالا (که طبق فرمول مصرف/ سرمایه به کیلوگرم به دست می‌آید) بر میزان تولید یا بازده سالیانه به دست می‌آوریم:

رابطه ۱)

$$aa_i = \frac{C_i}{P_i}$$

روش این پژوهش از نظر نوع توصیفی- تحلیلی و از نظر هدف کاربردی است. داده‌ها عمدتاً از نوع کمی می‌باشند. انجام این پژوهش در چند مرحله به شرح زیر صورت گرفته است:

**مرحله اول:** گردآوری داده‌ها و اطلاعات: در مرحله اول با استفاده از داده‌ای اسنادی و کتابخانه‌ای و سایت‌های اینترنتی و به روش توصیفی و همچنین مراجعه به سازمان‌های ذی‌ربط نسبت به گردآوری و استخراج داده‌های موردنیاز اقدام شد.

**مرحله دوم:** تجزیه و تحلیل اطلاعات: در این مرحله با استفاده از روش تلفیقی ردپای بوم‌شناختی که از ترکیب کاربرد دو روش استقرایی (تفصیلی) و قیاسی (ترکیبی) تشکیل شده، برای محاسبه EF<sup>۲</sup> شهرستان اصفهان استفاده گردید. لازمه به کارگیری این روش، پردازش اطلاعات و ارزیابی توان بوم‌شناختی شهرستان اصفهان در محدوده‌ای به وسعت ۱۵۷۰۶ کیلومترمربع است که دارای ۶ بخش ۱۴ شهر و ۱۹ دهستان باشد (سالنامه آماری شهرستان اصفهان، ۱۳۹۰). این مرحله مهم‌ترین

در بعضی مناطق که اندازه کل منطقه مورد استفاده از طریق آمار قابل دستیابی است، می‌توانیم ردپای بوم‌شناختی سرانه را با تقسیم آن بر تعداد کل جمعیت به دست آوریم. بخش عمده برآورد ردپای بوم‌شناختی ما براساس متوسط مصرف سرانه ملی و میزان زمین موجود در جهان محاسبه می‌شود. البته برای آنکه برآورد دقیق‌تری داشته باشیم که پاسخگوی وضعیت پیچیده هر منطقه باشد، گاهی لازم است که برآورد ردپای بوم‌شناختی را بر اساس آمار مصرف تولید محلی انجام دهیم (واکرناگل و ریز، ۲۰۰۷). مرحله بعدی، تخمین سرانه مساحت زمین تصاحب‌شده برای تولید هر مورد از حوزه‌ها یا زیر حوزه‌های مصرفی است که با تقسیم میانگین مصرف سالیانه آن کالا به میانگین مساحت زمین موردنظر به دست می‌آید. نوع کاربری و سیستم زمین برای برآورد ردپای بوم‌شناختی در جدول ۱ نشان داده شده است (ساسان‌پور، ۱۳۹۰).

البته بسیاری از اقلام مصرفی (از جمله مبلمان و لباس و منزل) شامل سرمایه‌های زیادی هستند و امکان برآورد منطقی به صورت جداگانه کار بسیار مشکلی است. بنابراین ما کل ردپای بوم‌شناختی را با روش محاسبه ردپای انسان معمولی (ef) یعنی سرانه ردپای بوم‌شناختی افراد از طریق رابطه ۲ با محاسبه کل اقلامی که سالیانه در سبد خرید او جای می‌گیرد و کالاهای مصرفی و خدمات اندازه-گیری می‌کنیم:

رابطه ۲)

$$ef = \sum_{i=1}^{ton} aai$$

نهایتاً اینکه ما ردپای بوم‌شناختی یک جمعیت مورد مطالعه ( $EF_p$ ) را از طریق رابطه ۳ با ضرب کردن ردپای بوم‌شناختی شخص متوسط در کل تعداد جمعیت موردنظر (N) به دست می‌آوریم:

رابطه ۳)

$$EF_p = N(ef)$$

جدول ۱: حوزه‌های کاربری. (واکرناگل و ریز، ۲۰۰۷).

حوزه‌های کاربری	زیر حوزه‌ها
مصرف انرژی مستقیم (غیر از حمل و نقل)	برق، گاز، سوخت مایع، نفت، گازوئیل (به جز مصرف حمل و نقل)، سوخت جامد (زغال سنگ)، سایر سوخت‌ها
جابه‌جایی و حمل و نقل	مسافرت با ماشین، موتورسیکلت و قایق رودخانه‌ای (همگی ترمینی)، مسافرت هوایی (اهالی لندن و مسافرت‌های تجاری)، مسافرت با قطار (شهری و بین شهری)، مسافرت با اتوبوس (دیزل) سایر وسایل حمل و نقل افراد
کالا و خدمات و مدیریت ضایعات	ردپای کالا و خدمات (کالا و مواد مختلف)، اعتبار بازیافت انرژی، اعتبار بازیافت انرژی از طریق بازیافت
مدیریت آلودگی	منابع تصفیه پساب، منابع تصفیه آب آشامیدنی، منابع حذف آلودگی هوا، منابع حذف آلودگی‌های زمینی
غذا	غذاهای حیوانی، غذاهای گیاهی
مسکن	ساخت سرپناه (شلتز؛ غیر از مصرف مستقیم برای عملیات، اعتبار ساخت سرپناه برای بازیافت، زمین‌های شهری (زمین‌های مورد استفاده برای حوزه‌های ساخت)

موردنظر به دست می‌آید (ساسان‌پور، ۱۳۹۰). نوع کاربری و سیستم زمین برای برآورد ردپای بوم‌شناختی در جدول ۲ نشان داده شده است.

مرحله بعدی، تخمین سرانه مساحت زمینی تصاحب‌شده برای تولید هر مورد از حوزه‌ها یا زیر حوزه‌های مصرفی است که با تقسیم میانگین مصرف سالیانه آن کالا به میانگین مساحت زمین

جدول ۲: نوع زمین، نوع کاربری، و سیستم آن برای برآورد ردپای بوم‌شناختی. (واکرناگل و ریز، ۲۰۰۷).

ردیف	نوع زمین	نوع کاربری	سیستم‌ها
الف	زمین مورد مصرف انرژی	زمین تصاحب‌شده از طریق کاربرد انرژی فسیلی	زمین انرژی دی‌اکسید کربن
ب	زمین مورد استفاده سکونتگاه‌ها	محیط ساخته‌شده	زمین تخریب‌شده
پ	زمین مصرف موجود	باغ‌ها	محیط ساخته شده قابل برگشت
		زمین‌های زراعی	سیستم‌های کشت
		مراعت، جنگل‌ها	سیستم‌های تغییر یافته
ث	زمین‌های محدود	جنگل‌های دست‌نخورده	اکوسیستم‌های بارور طبیعی
		نواحی غیر بارور	بیابان‌ها، یخ‌پهنه‌ها

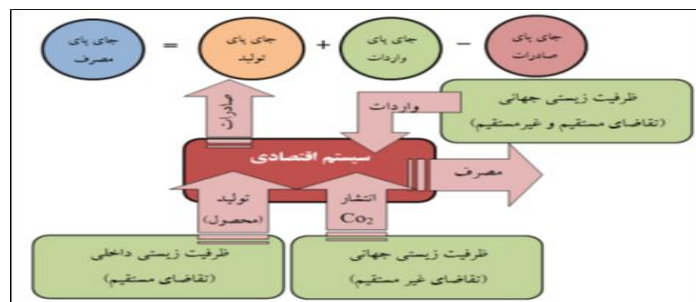
در این رابطه،  $P$ : میزان محصول به دست آمده یا پسماند به‌جا مانده برای  $(D ANNUAL)$ ؛  $YN$ : متوسط بازده ملی برای  $P$ ؛  $YF$  و  $EQF$ : به ترتیب ضریب بازده و ضریب تعادل برای کشور و نوع پهنه زمین در موضوع مورد بحث هستند. هر منطقه دارای ظرفیت زیستی خاص خود است و همچنین ظرفیت زیستی جهانی نیز وجود دارد که پشتیبان ظرفیت‌های منطقه‌ای است. در یک منطقه ما شاهد ورود و خروج مواد و منابع هستیم. هر منطقه براساس ظرفیت خود میزان خاصی منابع تولید می‌کند و از این میزان مقادیری را به خارج از منطقه صادر و در صورت کمبود، مقادیری را وارد می‌کند. در نهایت از جمع تولیدات منطقه‌ای و واردات به منطقه و کم کردن مقادیر صادرات به دیگر نقاط، ردپای مصرف برای منطقه محاسبه می‌شود. در شکل ۲ ورود و خروج منابع را در یک سیستم (منطقه) مشاهده می‌شود (سردارآبادی، ۱۳۹۳).

ردپای بوم‌شناختی در شکل اولیه خود از رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

$$\text{رابطه ۴)} \\ EF = \frac{D ANNUAL}{Y ANNUAL}$$

در این رابطه،  $D$ : تقاضای سالانه به یک محصول و  $y$ : بازده سالانه همان محصول است. واحد اندازه‌گیری ردپای بوم‌شناختی هکتار جهانی است. هکتار جهانی با کمک دو عامل ارزیابی می‌شود. ضریب بازده که متوسط بازده ملی هر هکتار پهنه زمین را با متوسط بازده جهانی همان نوع زمین، مقایسه می‌کند. ضریب تعادل که بهره‌وری نسبی میان انواع مختلف پهنه‌های زمین و آب را نشان می‌دهد. بنابراین ردپای بوم‌شناختی به شکل رابطه ۵ خواهد بود.

$$\text{رابطه ۵)} \\ EF = \frac{P}{YN} \times YF \times EQF$$



شکل ۲: جریان تولید و صادرات و واردات منابع درون یک سیستم

مرحله سوم مدل: همچنین برای تحلیل و نمایش داده‌ها از نرم‌افزار GIS استفاده شده است.

### بحث و نتایج

تمامی آمار مورد استفاده برای شهر اصفهان بر اساس روش ردپای بوم‌شناختی، پس از بومی سازی مورد استفاده قرار گرفته است. بر اساس محاسبات انجام شده، مقدار سرانه ردپای بوم‌شناختی شهرستان اصفهان برابر با ۲,۴۶۶۸ هکتار به ازای هر نفر است. جدول شماره ۳ سرانه ردپای بوم‌شناختی شهرستان اصفهان را نشان می‌دهد.

پس از محاسبه ردپای بوم‌شناختی، ظرفیت زیستی برای تعیین پایداری یا ناپایداری محاسبه شده و با ردپای بوم‌شناختی مقایسه می‌شود. ظرفیت زیستی یک منطقه برای هر نوع پهنه زمین مطابق رابطه ۶ محاسبه می‌شود.

رابطه ۶)

$$BC = A \times YF \times EQF$$

BC: ظرفیت زیستی، A: نواحی موجود برای مصرف یک نوع زمین معین YF و EQF: به ترتیب ضریب بازده و ضریب تعادل برای انواع پهنه‌های زمین (سردارآبادی، ۱۳۹۳)

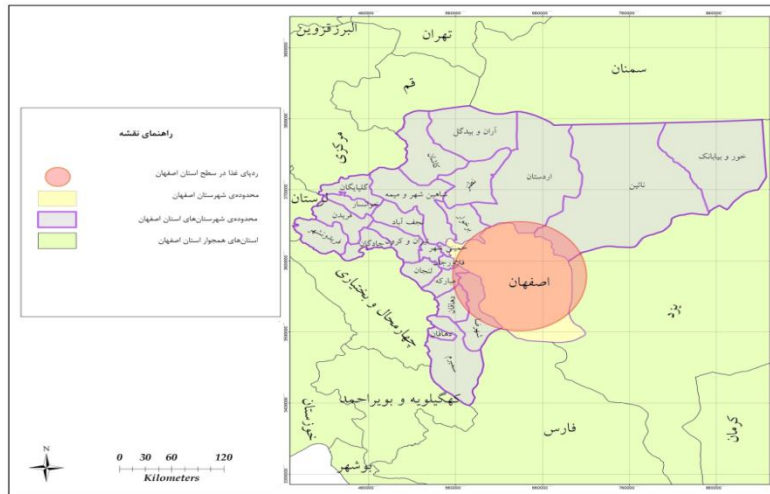
جدول ۳: ردپای بوم‌شناختی شهرستان اصفهان (هکتار).

ردپا / نوع زمین	زمین انرژی	زمین کشاورزی	زمین مرتع	زمین جنگل	زمین دریا	زمین ساخته شده	جمع	کل زمین موردنیاز
غذا*	۰,۰۱۸۴	۰,۰۲۸۲۰	۰,۰۰۰۶۶۵۳	-	۰,۸	۰,۰۰۰۰۱۸۳۹	۰,۸۴۸	۱۸۴۳۶۹۷,۸۵
حمل و نقل	۰,۱۹۸۸	-	-	-	-	۰,۰۰۰۶۷۵۹۵۰	۰,۱۹۹۵	۴۳۳۷۴۷,۳۱
کالا و خدمات	۰,۹۴	۰,۰۰۱۶۷۱۵	۰,۱۲۷	۰,۱۳۹۸۶۱	-	۰,۰۰۳۷۱۴۹۴۹	۱,۲۲	۲۶۵۲۴۸۹,۸۴
مسکن	۰,۱۹۵۳	-	-	-	-	۰,۰۰۳۹۲۸	۰,۱۹۹۳	۴۳۳۳۱۲,۴۷
جمع	۱,۳۵۲۵	۰,۰۲۹۸۷۱۵	۰,۱۲۷۶۶۵۳	۰,۱۳۹۸۶۱	۰,۸	۰,۰۰۸۳۲۱	۲,۴۶۶۸	۵۳۶۳۲۴۷,۴۹

\* غذا شامل کلیه مواد غذایی اصلی حیوانی (گوشت دام و طیور) و گیاهی (بر اساس داده‌های مرکز آمار ایران ۱۵ قلم اساسی از سبد کالای خانوار ایرانی مانند: چای، برنج، حبوبات و ...)

و ردپای غذای مصرفی شهرستان اصفهان، نقاط دیگری از استان اصفهان را، نظیر شهرستان شهرضا، دهقان، مبارکه، فلاورجان، برخوار، اردستان و نائین را نیز در برمی‌گیرد.

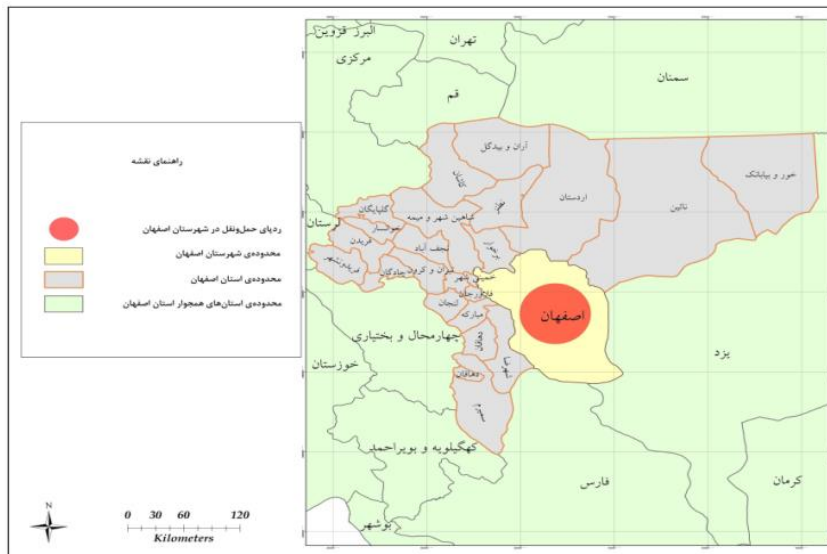
در اینجا مساحت‌های اختصاص داده شده به ردپای هر یک از این بخش‌های مصرفی را بر روی شکل زیر نمایش داده شده است. با توجه به شکل ۳ برای تأمین غذای مصرفی ساکنان شهرستان اصفهان به مساحتی بیش از مساحت این شهرستان نیاز است



شکل ۳: نقشه ردپای بخش غذای مصرفی در شهرستان اصفهان.

اصفهان در بخش حمل‌ونقل فقط در محدوده این شهرستان واقع شده است.

در شکل ۴ مساحت اختصاص داده شده به ردپای بخش حمل‌ونقل نمایش داده شده است. بر اساس اطلاعات این نقشه، ردپای ساکنین شهرستان

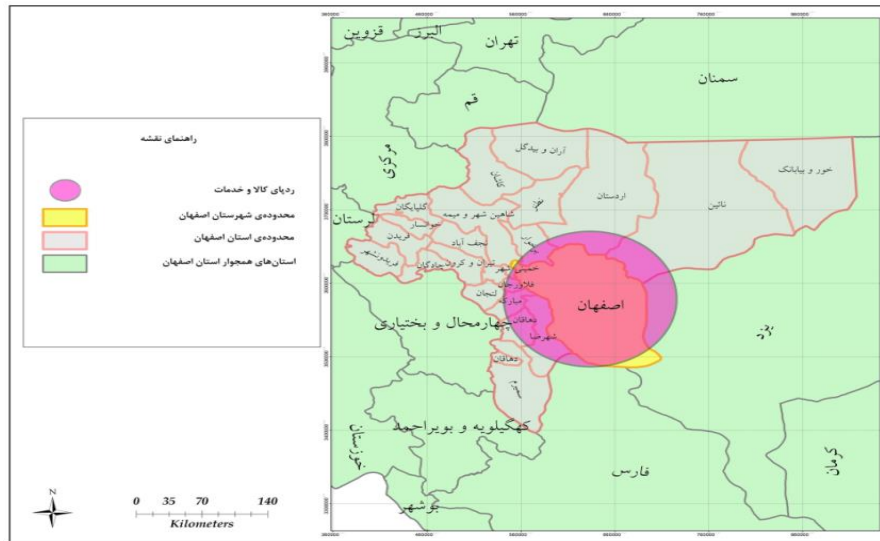


شکل ۴: نقشه ردپای بخش حمل‌ونقل در شهرستان اصفهان.



است، که علاوه بر شهرستان اصفهان بخش‌هایی از شهرستان‌های دیگر استان اصفهان نظیر شهرستان شهرضا، دهاقان، مبارکه، فلاورجان، برخوار، خمینی‌شهر اردستان و نائین و بخش‌هایی از استان‌های فارس و یزد را نیز شامل می‌شود.

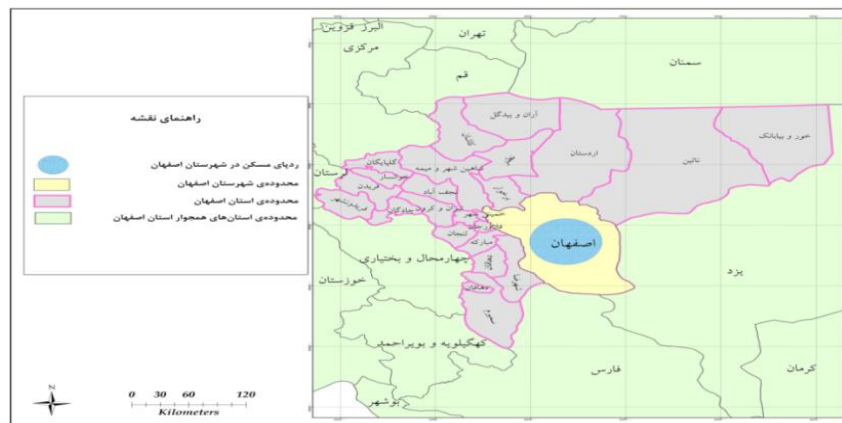
در شکل ۵ مساحت اختصاص داده‌شده به ردپای بخش کالا و خدمات شهرستان اصفهان نمایش داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بخش کالا و خدمات مساحت بیشتری را نسبت به بخش‌های دیگر به خود اختصاص داده



شکل ۵: نقشه ردپای بخش کالا و خدمات در شهرستان اصفهان.

شهرستان اصفهان در بخش حمل‌ونقل فقط در محدوده این شهرستان واقع شده است.

در نقشه شکل ۶ مساحت اختصاص داده شده به ردپای بخش مسکن ساکنین شهرستان اصفهان نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بر اساس اطلاعات این نقشه، ردپای ساکنین



شکل ۶: نقشه ردپای بخش مسکن در شهرستان اصفهان.

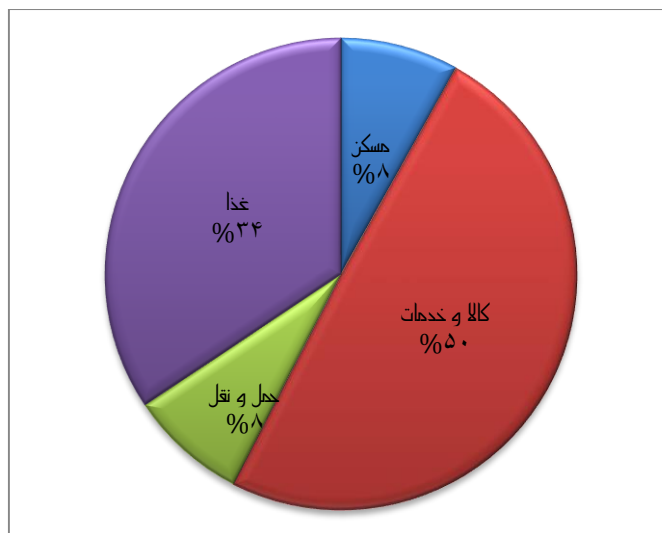
با توجه به نتایج محاسبات ردپا و ظرفیت زیستی شهرستان اصفهان، این شهرستان دارای کسری بوم‌شناختی به میزان ۴۴۱۵۹۸۵ هکتار بوده است. جدول ۴ مقدار این کسری بوم‌شناختی را برای هر یک از پهنه‌های زمین نشان می‌دهد.

جدول ۴: کسری موازنه بوم‌شناختی شهرستان اصفهان (هکتار).

نوع زمین / مقدار	زمین انرژی	زمین کشاورزی	زمین مرتع	زمین جنگل	زمین دریا*	زمین ساخته شده	جمع
سرانه ظرفیت زیستی	-	۰,۰۰۹۵۳۰۶	۰,۳۹۰۱۴	۰,۱۷۲۸۶	۰,۰۰۲۲۴۰	۰,۰۰۷۹۱۰	۰,۴۲۷۱۰۶۶
سرانه ردپا	۱,۳۵۲۵	۰,۰۲۹۸۷۱۵	۰,۱۲۷۶۶۵۳	۰,۱۳۹۸۶۱	۰,۸	۰,۰۰۸۳۲۱	۲,۴۶۶۸
ظرفیت زیستی کل	-	۲۰۷۲۲	۸۴۸۲۳۲	۳۷۵۸۳	۴۸۷۱	۱۷۱۹۸	۹۲۸۶۰۶
ردپای کل	۲۹۴۰۵۶۸	۶۴۹۴۶	۲۷۷۵۶۷	۳۰۴۰۸۲	۱۷۳۹۳۳۸	۱۸۰۹۲	۵۳۴۴۵۹۳
کسری موازنه بوم‌شناختی کل	-۲۹۴۰۵۶۸	-۴۴۲۲۴	۵۷۰۶۶۵	-۲۶۶۴۹۹	-۱۷۳۴۴۶۷	-۸۹۲	-۴۴۱۵۹۸۵

می‌توان بیان کرد، بخش کالا و خدمات و غذا دارای بالاترین شاخص ردپای بوم‌شناختی می‌باشند (شکل ۷).

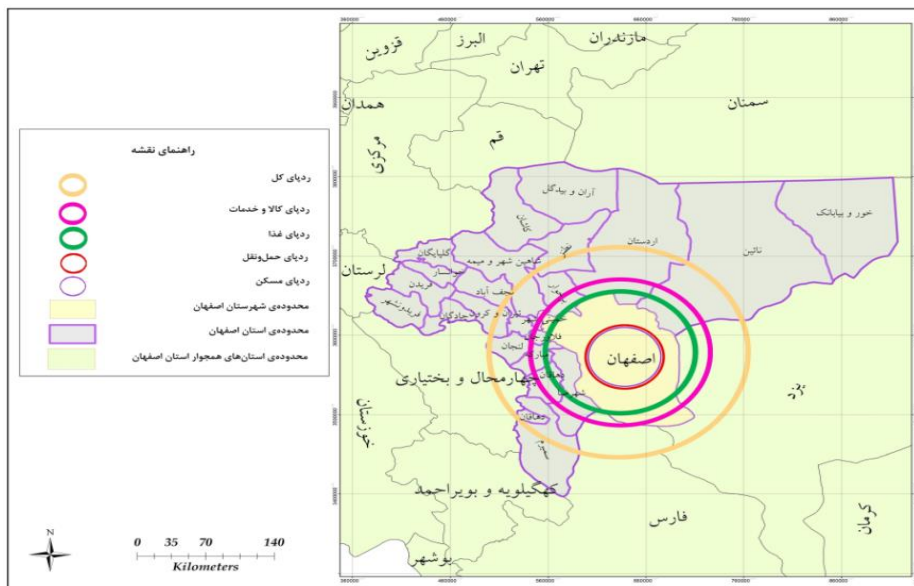
با توجه به نتایج حاصل از محاسبه شاخص ردپای بوم‌شناختی شهرستان اصفهان در بخش‌های مصرفی غذا، حمل‌ونقل، کالا و خدمات و مسکن



شکل ۷: سهم ردپای بوم‌شناختی در بخش‌های مصرفی.

چهارمحال و بختیاری می‌شود. کسری موجود در زمین کشاورزی و زمین دریا و جنگل به میزان ۴۴۲۲۴ و ۲۶۶۴۹۹ و ۱۷۳۴۴۶۷ هکتار برآورد شده است، که نشان‌دهنده آن است که این شهرستان برای رفع نیاز سکنه خود از منابع مناطق پشتیبانی استفاده می‌نماید. با توجه به گزارش سیاره زنده<sup>۵</sup> در سال ۲۰۱۵ میزان ردپای بوم‌شناختی هر فرد معادل ۱,۵ هکتار می‌باشد، محاسبات انجام‌گرفته نشان می‌دهد که میزان ردپای بوم‌شناختی این شهرستان از میزان سطح جهانی افزایش یافته است. دچار زیاده‌روی در مصرف<sup>۶</sup> از حد جهانی بوم شناختی شده است تمامی این موارد مبین ناپایداری شهرستان اصفهان و مصرف بیشتر از ظرفیت زیستی ساکنین این شهرستان است.

ردپای بوم‌شناختی برای هرکدام از سکنه شهرستان اصفهان ۲,۴ هکتار می‌باشد. با توجه به جمعیت - ۲۱۷۴۱۷۲ نفری این شهرستان، برای برطرف کردن نیاز کل افراد به زمینی معادل ۵۳۶۳۲۴۷,۴۹ هکتار نیاز است (شکل ۸). همچنین ظرفیت زیستی این شهرستان طبق جدول ۴ معادل ۹۲۸۶۰۶ هکتار برآورد شده است، بنابراین برای تأمین نیاز سکنه این شهرستان بیش از ۵ برابر مقدار مساحت زمین موجود. کنونی نیاز است که این مقدار زمین علاوه بر مساحت شهرستان اصفهان شامل بخش‌هایی از دیگر شهرستان‌های استان اصفهان نظیر شهرستان شهرضا، دهقان، مبارکه، فلاورجان، برخوار، خمینی‌شهر، اردستان، نائین، مبارکه، لنجان، فلاورجان، سمیرم، تیران، شاهین‌شهر و میمه، نطنز و بخش‌هایی از استان‌های یزد، فارس و



شکل ۸: نقشه ردپای کل ساکنین شهرستان اصفهان.

۲,۸ هکتار برای هر نفر می‌باشد. (گزارش سیاره زنده، ۲۰۱۵) در مقایسه با ردپای بوم‌شناختی جهان (جدول ۵) ردپای بوم‌شناختی هر ایرانی نسبت به ردپای هر فرد در سطح دنیا ۱,۳ هکتار

مقایسه ردپای بوم‌شناختی شهرستان اصفهان با ردپای ایران و جهان  
میزان ردپای بوم‌شناختی هر فرد ایرانی بر اساس برآورد گزارش سیاره زنده در سال ۲۰۱۵ برابر با

6- over shot

5-Living Report Planet

هکتار می‌باشد که این مقدار نسبت به ردپای جهان ۰,۹ بیشتر است. با توجه به ظرفیت زیستی این شهرستان باید گفت شهرستان اصفهان در مقیاس ملی و محلی ناپایدار بوده و بیشتر از ظرفیت زیستی‌اش مصرف می‌نماید.

بزرگ‌تر است. یعنی هر فرد ایرانی با این روش و سبک کنونی مصرف خود، ۱,۳ هکتار بیشتر از سهم واقعی خود استفاده می‌کند. بنابراین هر ایرانی به میزان ۱,۳ هکتار به محیط پشتیبان و توان بوم-شناختی‌اش فشار وارد می‌کند. در این میان هر فرد ساکن در شهرستان اصفهان دارای ردپای ۲,۴

جدول ۵: مقایسه ردپای شهرستان اصفهان با ایران و جهان در سال ۲۰۱۵ (هکتار).

ردپای بوم‌شناختی هر فرد در دنیا	ردپای بوم‌شناختی هر فرد ایرانی	ردپای بوم‌شناختی هر فرد در شهرستان اصفهان	بزرگی ردپای ایران به جهان	کوچکی ردپای شهرستان اصفهان به ایران	بزرگی ردپای شهرستان اصفهان به جهان
۱,۵	۲,۸	۲,۴	۱,۳	۰,۴	۰,۹

منظور می‌باشد. که بیانگر آن است که برای رفع نیاز سکنه شهرستان اصفهان به حمایت مناطق پشتیبانی نیاز است، در نتیجه تغییر شیوه مصرف و تولید کنونی ساکنین شهرستان اصفهان می‌تواند راهکار مناسبی جهت ارتقاء پایداری و کاهش ردپای بوم‌شناختی شهرستان اصفهان باشد.

#### نتیجه‌گیری

الگوی پایداری شهری بر مفاهیمی چون ظرفیت و برد توسعه‌ای تأکید دارد که این امر افزایش کیفیت زیست ساکنان منطقه را سبب می‌شود و زمینه تخریب نظام‌های پشتیبانی حیات منطقه را کاهش می‌دهد بنابراین ضرورت توجه به الگوی توسعه از آنجا ناشی می‌شود که الگوی کنونی تولید، توزیع و مصرف در راستای تخریب منابع زیستی طراحی شده‌اند. شهرستان اصفهان یکی از شهرستان‌های مهم ایران است که در مرکز ایران واقع شده و یکی از مراکز ثقل و نقاط مهم صنعتی کشور می‌باشد. این شهرستان نیز با مشکلاتی نظیر افزایش جمعیت روبه‌رو است که این امر فشار فزاینده‌ای را بر منابع مانند آب، زمین و انرژی موجود وارد نموده است و باعث تخریب شدید

با توجه به محاسبات صورت گرفته باید اذعان داشت که شهرستان اصفهان برای برآوردن نیازهای زیستی و پایداری خویش متکی به منطقه‌ای فراتر از مساحت فعلی خود می‌باشد. با ادامه روند کنونی مصرف، شهرستان اصفهان برای تأمین غذا، انرژی و زمین موردنیاز برای جذب دی‌اکسید کربن به فضایی معادل ۵ برابر مساحت فعلی خود نیازمند است. با توجه به این نتایج و مقایسه میزان ظرفیت زیستی و ردپای بوم‌شناختی این شهرستان (جدول ۴) مبین عدم پایداری در مصرف منابع بوم‌شناختی است. شهرستان اصفهان در بخش کالا و خدمات دارای بالاترین شاخص ردپای بوم‌شناختی در بین سایر بخش‌های مصرفی است، در واقع این بخش حدود ۵۰٪ از کل ردپای بوم‌شناختی شهرستان اصفهان را به خود اختصاص داده است. مقدار سرانه ردپای بوم‌شناختی شهرستان اصفهان در بخش کالا و خدمات ۱,۲۲ هکتار به ازای هر نفر از ساکنین این شهرستان محاسبه گردید و این امر به این معنا است که این شهرستان برای تأمین کالا و خدمات ساکنین خویش به زمینی حدود ۲۶۵۲۴۸۹,۸۴ هکتار نیازمند است. در حالی که این مقدار چندین برابر مساحت زمین‌های اختصاص داده شده به این

محیطزیست آن شده. این شرایط کاهش تولید محلی، افزایش شکاف طبقاتی، کاهش توانایی اداره زندگی، افزایش حجم ضایعات شهری، افزایش انرژی مصرفی و ساختار اجتماعی نامتعادل را در این شهرستان سبب شده و زمینه ناپایداری آن را فراهم کرده است. پژوهش حاضر به بررسی مفهوم پایداری شهری در شهرستان اصفهان پرداخته است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ردپای بوم‌شناختی شهرستان اصفهان معادل ۲,۴ هکتار به ازای هر نفر از ساکنین این شهرستان می‌باشد، این در حالی است که میزان ردپای بوم‌شناختی هر فرد در دنیا در سال ۲۰۱۴، ۱,۵ هکتار می‌باشد. و این امر بیانگر آن است که شهرستان اصفهان برای برآوردن نیازهای زیستی و پایداری خویش متکی به منطقه‌ای فراتر از مساحت فعلی خود می‌باشد. به عبارتی دیگر می‌توان بیان نمود با ادامه روند کنونی مصرف، شهرستان اصفهان برای تأمین غذا، انرژی و زمین موردنیاز برای جذب دی‌اکسید کربن به فضایی معادل پنج برابر مساحت فعلی خود نیازمند است. این شهرستان ۰,۹ بیشتر از سهم خود، از ظرفیت زیستی قابل تحمل جهان را مصرف می‌کند و به همین میزان بار و فشار بیشتری بر محیط پشتیبانی خود وارد می‌نماید. توجه به این نتایج و مقایسه میزان ظرفیت زیستی و ردپای بوم‌شناختی این شهرستان مبین عدم پایداری در مصرف منابع بوم‌شناختی است و زیاده‌روی در مصرف از حد جهانی بوم‌شناختی شده است. به صورت کلی می‌توان بیان کرد که شهرستان اصفهان ناپایدار می‌باشد.

#### پیشنهادها

بر مبنای مطالعات و محاسبات صورت گرفته در محدوده مورد مطالعه و با توجه به مسائل و مشکلات موجود، شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی محدوده مورد نظر، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

- با توجه به محاسبات انجام شده و شهرهای شهرستان اصفهان مانند شهر اصفهان، شهر رهنان که بیشترین تمرکز جمعیت را به خود اختصاص داده است استفاده از توسعه فناوری‌های موجود به منظور افزایش بهره‌وری و افزایش کارایی منابع زیستی، ارتقای سطح زندگی و کاهش ردپای بوم‌شناختی استفاده کرد. برای مثال، سوق دادن سرمایه‌گذاری‌ها به سوی بهره‌برداری از سوخت‌های پاک و تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی، انرژی زمین‌گرمایی و بیوگاز به جای انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی تجدید ناپذیر.

- در زمین‌های اطراف شهرهای زیار و محمدآباد که هنوز دارای زمین‌های کشاورزی می‌باشند استفاده از روش‌های نوین آبیاری، جهت کاهش مصرف آب بدون آنکه به تولیدات لطمه‌ای وارد شود.

- در زمین‌های اطراف شهرهای زیار و محمدآباد و نیک‌آباد اعمال سیاست‌های برداشت بهینه از زمین‌های کشاورزی شهرستان اصفهان، و استفاده از روش‌های علمی نوین در زمینه کشاورزی (مانند کشت هیدروپونیک، استفاده از روش‌های بیو-تکنولوژی و...) صورت گیرد.

- در کلیه شهرهای شهرستان بررسی بهینه‌سازی مصرف برق در بخش‌های مختلف و راهکارهای اجرایی آن مانند استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف.

- بررسی راهکارهای اجرایی کاهش پیک بار و پر کردن نقاط کم‌باری جهت هموار کردن منحنی بار در راستای کاهش ضریب بار؛ برای نمونه تشویق ساکنین در استفاده از وسایل برقی در ساعات کم‌بار.

- در شهر اصفهان تنظیم نظام عوارض و مالیات برای سوق دادن ساکنین به سوی الگوی مصرف برتر و زبان کمتر به محیط‌زیست.

- در تمامی شهرهای شهرستان اصفهان ارتقای فهم ساکنین درباره تحولات جهانی به‌ویژه در جهت

و آموزش عمومی ترافیک، یکی از مناسب‌ترین ابزارها برای بهره‌برداری مناسب از شبکه ارتباطات شهری به شمار می‌رود و می‌تواند راهکار مناسبی در جهت حل مشکلات ترافیکی شهرستان اصفهان باشد. بدیهی است با برنامه‌ریزی دقیق آموزش ترافیک می‌توان از معضلات حمل‌ونقل کاسته و به کاهش تصادفات، افزایش ضریب ایمنی در عبور و مرور و ترافیکی روان دست یافت.

-تشویق ساکنین به استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی و افزایش کارایی سیستم حمل‌ونقل عمومی، از طریق بهبود و توسعه ارتباط انواع سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی، به‌منظور افزایش کارایی آن‌ها و جذب مسافر بیشتر.

نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۲۴، ص ۲۱-۳۷.

-ساسان‌پور، ف.، ۱۳۹۰. مبانی پایداری توسعه کلان‌شهرها با تأکید بر کلان‌شهر تهران، چاپ اول، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۲۹۲ ص.  
-ساسان‌پور، ف. و نوروزی، س.، ۱۳۹۵. پایداری مناطق شهری با رویکرد شهرسبزی مورد: مناطق ۲۲ گانه شهر تهران، فصلنامه علمی پژوهشی و بین-المللی انجمن جغرافیایی ایران، شماره ۵۰، ۲۱۵ ص.

-سردارآبادی، د.، ۱۳۹۳. بررسی پایداری شهرستان گرگان با روش ردپای اکولوژیکی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه سیلات و منابع طبیعی گرگان.

-Living Planet Report, 2015. Global Footprint Network, 59 p.  
-Wackernagel, M. and Rees, W.E., 2007. Our Ecological Footprint, reducing human impact on the earth, Thirteenth printing, p. 65-67.

آشنایی با شیوه‌های زندگی بهتر در شهرهای جهان و مصون ماندن از پیامدهای نامطلوب.

-حفاظت از مراتع موجود شهرستان و ایجاد تعادل در بهره‌وری آن می‌تواند در پایدار کردن این بخش‌ها مؤثر باشد.

-در شهرک‌های صنعتی موجود در شهرستان تأمین امنیت غذایی با تشویق کارخانه‌داران صنایع غذایی به تولید مواد غذایی غنی‌شده به‌منظور کاهش مصرف ساکنین و ترغیب ساکنین شهرستان به مصرف مواد غذایی غنی‌شده نیز می‌تواند از دیگر راهکارهای مناسب در این زمینه باشد.

-ارتقاء و بهره‌برداری مناسب از شبکه معابر و حمل‌ونقل عمومی، گسترش سیستم‌های هوشمند

#### منابع

-استانداری اصفهان، ۱۳۹۰. سالنامه آماری استان اصفهان، چاپ اول، معاونت برنامه‌ریزی و اشتغال دفتر آمار و اطلاعات و GIS اصفهان، ۵۵ ص.

-افشار سیستمی، ا.، ۱۳۷۸. استان اصفهان، چاپ سوم، انتشارات هیرمند، ۱۹۳ ص.

-زیاری، ک.، ۱۳۸۸. مبانی و تکنیک‌های برنامه‌ریزی شهری، چاپ اول، واحد انتشارات دانشگاه بین‌المللی چابهار ۴۲۶ ص.

-سازمان برنامه و بودجه استان اصفهان، ۱۳۹۰. نگاهی به شهرستان اصفهان، ۲۴۵ ص.

-حسین زاده دلیر، ک. و ساسان‌پور، ف.، ۱۳۸۷. روش‌های نوین در ارزیابی پایداری زیست محیطی،

-Wackernagel, M., 2003. Towards a sustainable London: reducing the capitals Ecological Footprint, WSP Environmental ltd natural strategies LIS, London, 185 p.