پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره‌ی ٤٥، شماره‌ی ۲، تابستان ۱۳۹۲
صص. ۱۲۰-۱۰۵

ارزیابی پایداری توسعه‌ی شهری با روش جای پای اکولوژیکی (نمونه‌ی موردی: شهر کرمانشاه)

مهدی قرخلو * ـ دانشیار دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
حسین حاتمی نژاد ـ استادیار دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
اکبر باغوند ـ استادیار دانشکده‌ی محیط زیست، دانشگاه تهران
مصطفی یلوه ـ دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۱/۲۹ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۲/۲۷

چکیده

این مقاله به بررسی جای پای اکولوژیکی شهر کرمانشاه، می‌پردازد و تلاش می‌کند به این پرسش پاسخ دهد: آیا فضای بوم‌شناسی شهر کرمانشاه توان حمایت و برآوردن نیازهای اساسی جمعیّت شهر را دارد؟ این پژوهش با روش توصیفی انجام گرفته و جامعه‌ی آماری آن تمام خانوارهای شهری کرمانشاه بوده که آمار مربوط به میزان مصرف آنها از دو روش مراجع رسمی و پرسش‌نامه‌ی پژوهشگر ساخته، متشکّل از ١٤ گویه جمع‌آوری شده است. حجم نمونه ۳۲۲ خانوار بوده است.یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که جای پای اکولوژیکی شهر کرمانشاه در گروه‌های مصرفی موادّ غذایی، حمل‌ونقل، گرمایش گازهای طبیعی، آب، برق و زمین مورد نیاز برای دفع موادّ زائد ۱/۸۲ هکتار بوده است، که مقایسه‌ی آن با فضاهای پشتیبان آن، مانند شهرستان و استان، بیانگر این است که شهر کرمانشاه برای برآوردن نیازهای زیستی و پایداری خویش متّکی به منطقه‌ای فراتر از استان کرمانشاه است. نگاهی به میزان مواد مصرفی شهر کرمانشاه، نشان می دهد که سهم موادّ غذایی با ۱/۲۲ هکتار، بیشترین سهم را در بین سایر مواد دارد. کمترین میزان مربوط به زمین مورد نیاز برای دفع زباله ٠/٠٦متر مربّع به ازای هر نفربوده است. از آنجایی که ظرفیت زیستی ایران ۰/۸هکتار است، جای پای اکولوژیکی ۱/۸۲ هکتاری شهر کرمانشاه بدان معناست که ۲/۲۷۵ برابر بیش از سهم خود، از ظرفیت زیستی قابل تحمّل کشور را به خود اختصاص داده است. به‌گفته‌ی دیگر با ادامه‌ی روند کنونی مصرف، شهر کرمانشاه برای تأمین غذا، انرژی و زمین مورد نیاز برای جذب دی‌اکسیدکربن، به فضایی حدود ۱۸۰ برابر مساحت کنونی خود نیازمند است.

کلیدواژه‌ها: ، جایّ پای اکولوژیکی، توسعه‌ی پایدار شهری، پایداری، ظرفیت برد، کرمانشاه.

---

* نویسنده مسئول : ۰۹۱۲۳۳۰۲۳۸۱ E-mail:mehdegh@ut.ac.ir

مقدمه

چه شاخص‌هایی برای سنجش پایداری جوامع وجود دارد؟ اهمّیّت این شاخص‌ها به چه میزانی است؟ امروزه انسان با چالش‌های بی‌سابقه‌ای در عرصه‌های زیست‌محیطی روبه‌روست و در این زمینه، ایده‌ی یکسان و همه‌جانبه‌ای میان صاحب‌نظران زیست‌محیطی وجود دارد که بوم‌سازگان[1] زمین، در سطوح موجود فعّالیّت‌های اقتصادی و عرصه‌های مادّی، دیگر قادر به پایداری نیستند؛ زیرا فشارهای اقتصادی بر منابع طبیعی بیش از پیش رو به افزایش است (ارجمندنیا، ۱۳۸۰: ۹۳). افزایش جمعیّت به‌همراه الگوی مصرف ناپایدار، فشار فزاینده‌ای را بر زمین، آب، انرژی و سایر منابع ضروری زمین وارد می‌کند. رشد شتابان جمعیّت به‌طور معمول با تخریب شدید محیط زیست، ازجمله فرسایش خاک، بیابان‌زایی و جنگل‌زدایی همراه است. این وضعیّت می‌تواند فراسوی حدود منابع طبیعی و اقتصادی و ظرفیت تحمّل منطقه باشد و توانایی اداره‌ی زندگی آن را در درازمدّت به مخاطره بیاندازد (پالمر، ۱۳۸۲: ۵۸). به‌همین دلیل، ناپایداری شهری یکی از اصلی‌ترین موضوعات و چالش‌های شهرهای قرن بیست‌ویکم به‌شمار می‌آید. از این رو، شناخت کشورها از ظرفیت ملّی تحمّل خویش، نخستین اقدام در زمینه‌ی گام نهادن در مسیر توسعه‌ی پایدار است. از سوی دیگر یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های ناپایداری فرایند توسعه‌ی کنونی، به رشد شتابان شهرنشینی و شیوه‌ی زندگی مترادف آن در جهان بازمی‌گردد. افزایش بی‌سابقه‌ی جمعیّت به‌همراه نسبت روزافزون شهرنشینی که در واقع تمرکز و فشار نقطه‌ای به‌همراه گسترش شیوه‌های زندگی ضدّ محیط زیست را در پی دارد، پیامدهای زیانباری برای زیست کره[2] داشته است. تداوم این‌گونه رشد شهری، به‌ویژه شکل و کارکردی که در کشورهای جنوب دارد، چالش‌آفرین بوده و هشداری بر ناپایداری شهرنشینی به‌روال کنونی است (صرّافی، ۱۳۸۰: ۳). از سوی دیگر، ابعاد سکونتگاه‌های شهری روزبه‌روز پیچیده‌تر و به‌دنبال آن، ناپایداری در زیست‌بوم‌های شهری نمایان شده است (زیاری و دیگران، ۱۳۹۱: ۲).

در همین راستا، این مقاله با هدف ارزیابی پایداری توسعه‌ی شهری در شهر کرمانشاه با استفاده از روش جای پای اکولوژیکی، بر آن است تا به این پرسش‌ها پاسخ دهد: آیا فضای بوم‌شناسی شهر کرمانشاه توان حمایت و برآوردن نیازهای اساسی جمعیّت شهر را دارد؟ به‌گونه‌ای که سامانه‌های زیستی آن قادر به پشتیبانی و پاسخ‌گویی به تمامی فعّالیّت‌های اجتماعی و اقتصادی ساکنان خود باشد.

مبانی نظری

یکی از مهم‌ترین ابزارهای پیچیده برای اندازه‌گیری پایداری مکان‌های خاص یا سبک‌های زندگی، تحلیل جای پای اکولوژیکی است که ویلیام ریز، استاد دانشگاه بریتیش کلمبیا و شاگردان و دانش‌آموختگان این دانشگاه اجرا کردند. این مدل با تبدیل نیاز به منابع و آلودگی به زمین مورد نیاز برای جبران آنها، معیاری مناسب برای ارزیابی آثار زندگی مدرن را فراهم می‌کند. این آثار می‌توانند برای افراد، شهرها، مناطق و کشورها مورد محاسبه قرار بگیرند. همچنین تحلیل جای

1. Ecosystems
2. Biosphere

پای اکولوژیکی می‌تواند یک ابزار آموزشی مفید باشد و توضیح عمومی را از پایداری مکان‌های خاص و شیوه‌های گوناگون زندگی ارائه دهد. گرچه پژوهشگران در تلاش برای تشریح دقیق آثار برای بعضی شهرها و حتّی کشورها هستند، اما این تلاش‌ها اغلب با همان مشکلاتی روبه‌رو می‌شوند که اقتصاددانان طرفدار محیط زیست با آن دست‌وپنجه نرم می‌کنند. یکی از این مشکلات، چگونگی تبدیل ارزش هزینه‌های زیست‌محیطی یا اجتماعی به مواردی همچون، پول یا سطح زمین است. برای این کار لازم است که ابتدا فرضیه‌هایی را برای چگونگی تفسیر استفاده از منابع و آلودگی آنها توسط این متغیّرها ایجاد کرد و این ازجمله مواردی است که همواره مورد مطالعه بوده است. مفهوم جای پای اکولوژیکی بسیار ساده، اما جامع است. این مفهوم با تداوم وابستگی انسان به طبیعت و آنچه می‌تواند از فشار بار جمعیّت به محیط زیست بکاهد، ارتباط دارد. جای پای اکولوژیکی، بر چالش‌های انسان با طبیعت و بر تداوم زندگی با طبیعت و تنظیم روابط خود با باقی‌مانده‌ی طبیعت تأکید دارد. این روش همچنین نشان می‌دهد که در درازمدّت، انسان نمی‌تواند با مصرف بی‌نهایت از منابع زیستی به زندگی ادامه دهد (ارجمندنیا، ۱۳۷۹: ۳۲).

تعبیر جای پای اکولوژیکی به‌عنوان شاخص پایداری، منجر به معرّفی ایده‌ی "ظرفیت تحمّل" یا "ظرفیت برد" شده است. ظرفیت برد در بوم‌شناختی عبارت است از "حداکثر جمعیّتی که زمین می‌تواند نیازهای آنها را به‌طور نامحدود تأمین کند". این موضوع زمانی که برای توزیع جمعیّت برحسب منابع بوم‌شناختی استفاده شود، به‌نسبت صحیح و دقیق است. برای نمونه، مقدار مشخّصی از زمین می‌تواند نیازهای تعداد معیّنی از انسان‌ها را تأمین کند و زمانی که این تعداد از ظرفیت زمین فراتر رود، منابع مورد نیاز، به‌ویژه موادّ غذایی نایاب می‌شود و دوره‌ی بازگشت مرگ جمعیّت رخ می‌دهد (McDonald et al, 2004: 50). با تجزیه و تحلیل جای پای اکولوژیکی، می‌توان وسعتی از زمین برای تأمین نیاز افراد و ساکنان در محدوده‌های مشخّص زمین را برآورد کرد (Wilson, 2005: 8).

امروزه، شاخص جای پای اکولوژیکی در بسیاری از کشورهای جهان در سطوح ملّی و محلّی استفاده می‌شود. این شاخص، روش یکپارچه‌ی مصرف منابع طبیعی و جذب ضایعات است. این شاخص به‌طور روشنی نشان می‌دهد که در کدام ناحیه و کجا، بر منابع طبیعی فشار وارد می‌شود (سرایی و همکار، ۱۳۸۸: ۱۶). این روش ابزاری است که به تدوین برنامه‌های درازمدّت و پایداری زندگی یاری می‌رساند و نه‌تنها اهداف و راهبردهای آینده را در جلوگیری از تخریب‌ها و نابرابری‌های مادّی بیان می‌کند، بلکه تصمیم‌گیری‌های نهادی را در مسیر و مجرای درستی هدایت می‌کند (ارجمند نیا، ۱۳۸۰: ۹۶). پیام اصلی جای پای اکولوژیکی، توسعه‌ی پایدار است که خود فراتر از رفرمی ساده است. تغییر و تحوّل ساختاری و بنیادی در جامعه‌ی صنعتی، در گرو تغییر رویکرد همسو با ملاحظات بوم‌شناختی است (حسین‌زاده دلیر و ساسان پور، ۱۳۸۷: ۱۳). از این رو جای پای اکولوژیکی از دو دیدگاه می‌تواند شاخص پایداری به‌شمار رود؛ نخست اینکه جاپای اکولوژیکی هزینه‌های بوم‌شناسی تأمین تمام کالاها و خدمات جمعیّت مصرفی انسان را محاسبه می‌کند و نشان می‌دهد که مردم، نه‌تنها به‌طور مستقیم برای تولیدات کشاورزی، احداث جادّه‌ها، ساختمان‌سازی و غیره به زمین نیاز دارند، بلکه به‌طور غیر مستقیم نیز کالا و خدمات مورد نیاز انسان‌ها از زمین تأمین می‌شود. دوم اینکه، تعبیر جا پای

اکولوژیکی به‌عنوان شاخص پایداری، به معرّفی ایده‌ی "ظرفیت تحمل"[1] منجر شده است.

برخی نیز این نوع مطالعات را در مقیاس نواحی شهری به‌کار گرفته‌اند. برای نمونه، صمدپور در ناحیه‌ی الهیّه‌ی تهران به ارزیابی آثار زیست‌محیطی افزایش تراکم جمعیّتی و ساخت‌وسازهای شهری، به‌خصوص بلندمرتبه‌سازی در نواحی و محلّه‌های شهری با استفاده روش جای پای اکولوژیکی پرداخته است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داده است که با افزایش ساخت‌وسازهای محلّه‌ی الهیّه طیّ ۲۶ سال دوره‌ی مطالعه، میزان فضای سبز و باز به‌منزله‌ی یکی از اصلی‌ترین شاخص‌های کیفیت محیط زیست شهری، به‌طرز چشمگیری کاهش یافته است. بر اساس نتایج این پژوهش جای پای اکولوژیک ناحیه‌ی الهیّه ۶/۳۳ نفر در هکتار محاسبه شده است که ۲۷۲ برابر سهم قابل اختصاص به آن و ۱۰۵۵برابر سهم متوسّط شهروندان تهرانی است. به‌گفته‌ی دیگر، محلّه‌ی الهیّه طیّ دهه‌های گذشته بخش زیادی از منابع محیط زیست پیرامونی را تخریب و آثار زیانبار فراوانی را بر شهر تحمیل کرده است (صمد پور، ۱۳۸۵: ۶۷).

در حقیقت همان‌گونه که ساسان پور پنداشته است، پیامدهای ناپایداری بوم‌شناسی کلان‌شهری چون تهران، موجب کاهش توان بوم‌شناختی منطقه‌ی پشتیبان یا منطقه‌ی کلان‌شهری خود (کشور) می‌شود. به‌گفته‌ای، فضای بوم‌شناختی کلان‌شهر تهران توان برآوردن نیازهای اساسی جمعیّت خود را ندارد. نتایج حاصل از این پژوهش مبیّن این نکته‌ی اساسی است که جای پای اکولوژیک هر نفر تهرانی حدود ۲/۴۶ هکتار است که توزیع آن در گروه‌های موادّ غذایی ۰/۹۱، مسکن ۰/۳۴، حمل‌ونقل ۰/۳۸ و خدمات ۰/۸۳ است. با توجّه به ارقام جمعیّت و مساحت شهر تهران، این بدان مفهوم است که چنانچه شهروندان تهرانی برای ادامه‌ی زیست خود با همین شیوه‌ی تولید و مصرف ادامه دهند، به فضایی بیش از ۲۵ برابر فضای کنونی کلان‌شهر تهران نیاز دارند. از سوی دیگر، بالا بودن جای پای اکولوژیک شهر تهران نسبت به سایر شهرهای ایران، سبب می‌شود که ناپایداری در کلان‌شهر تهران به منطقه‌ی پشتیبان خود، یعنی کلّ ایران منتقل شود (ساسان پور، ۱۳۸۵: ۴).

روش پژوهش

در این پژوهش به‌طور کلّی از روش‌های توصیفی ـ تبیینی و تحلیلی و کمّی استفاده شده است. داده‌های این پژوهش به‌طور عمده از نوع کمّی است. جامعه‌ی مورد مطالعه‌ی آن، شامل تمام خانوارهای ساکن در شهر کرمانشاه بوده است. مطالعه‌ی پیش رو به‌صورت مقطعی و در سال ۱۳۹۰ هجری شمسی انجام گرفته است. داده‌های این پژوهش از دو روش اسنادی و میدانی گردآوری شده‌اند. این داده‌ها در روش اسنادی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و فیش‌برداری و نیز، مراجعه به تارنماهای اینترنتی و پایگاه‌های علمی و همچنین سازمان‌های مختلف، گردآوری شداند. بخشی از داده‌ها که امکان گردآوری آنها با روش اسنادی امکان‌پذیر نبود، از طریق پرسش‌نامه‌ی تدوین‌شده‌ی پژوهشگر به‌دست‌آمده است. عمده‌ترین آماری که پژوهشگر نتوانست از طریق مراجع رسمی بدانها دست یابد، آمار میزان مصرف موادّ غذایی بود.

1. Carrying Capacity.

نمونه‌ی این پژوهش با استفاده از فرمول کوکران[1] (حافظ نیا، ۱۳۷۷: ۱۱۷)، در سطح دقّت ۵ درصد و سطح اطمینان ۹۵درصد، به‌میزان ۳۲۲ خانوار محاسبه شد. در این مطالعه از روش نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای استفاده شده است. شهر کرمانشاه به شش منطقه برحسب مناطق شهرداری انتخاب و از هر منطقه‌ای چند بلوک به‌صورت قرعه‌کشی انتخاب و برداشت شد.

در مرحله‌ی بعدی با استفاده از روش تلفیقی جاپای اکولوژیکی که از ترکیب کاربرد دو روش استقرایی (تفصیلی) و قیاسی (ترکیبی) تشکیل شده است، برای محاسبه‌ی ردِّ پای اکولوژیک (EF)[2] در سطوح نواحی شهری اقدام خواهد شد.

لازمه‌ی به‌کارگیری این روش، پردازش اطلاعات و ارزیابی توان بوم‌شناختی شهر کرمانشاه در محدوده‌ای به وسعت ۱۰هزار هکتار است که با استفاده از نقشه‌ی مناطق شهرداری کرمانشاه به‌دست‌آمده است.

شاید مهم‌ترین مرحله‌ی انجام پژوهش، به‌دست‌آوردن داده‌های لازم برای اندازه‌گیری ردِّ پای اکولوژیک (EF) باشد. داده‌های لازم برای اندازه‌گیری اوّلیه با کمک جداول آماری کشور به‌دست خواهند آمد. ازجمله داده‌های مورد نیاز برای تحلیل، می‌توان به مصرف انرژی، غذا، تولیدات جنگلی و مصارف آن، اشاره کرد.

براساس روش کلّی ابداعیِ واکرناگل و ویلیام ریز[3] (۱۹۹۶)، این محاسبات مراحل اصلی زیر را شامل می‌شوند:

- برآورد سرانه‌ی مصرف سالانه‌ی موادّ مصرفی اصلی، بر اساس مجموع داده‌های منطقه‌ای و تقسیم مصرف کل به میزان جمعیّت.
- برآورد زمین اختصاص داده شده به هر نفر برای تولید هر مورد مصرفی، از راه تقسیم متوسّط مصرف سالانه‌ی هر مورد بر متوسّط سالانه‌ی تولید یا بازده زمین.
- محاسبه‌ی متوسّط کلّ ردِّ پای اکولوژیک هر نفر (EF) از طریق جمع زدن تمامی مناطق اکوسیستم که به هر نفر اختصاص یافته است.
- به‌دست آوردن ردِّ پای اکولوژیک (Efp) برای جمعیّت منطقه‌ی برنامه‌ریزی‌شده (N)، با محاسبه‌ی حاصل‌ضرب متوسّط ردِّ پای هر نفر در اندازه‌ی جمعیّت ($Efp = N \times EF$) (Wackernagel & Rees, 1996).

برای تعیین جاپای اکولوژیکی شهر کرمانشاه، داده‌های موجود و قابل اندازه‌گیری عبارتند از: غذا، میزان دی‌اکسیدکربن ناشی از حمل‌ونقل، گرمایش حاصل از گازهای طبیعی، آب، نیروی الکتریسیته و مقدار زباله.

---

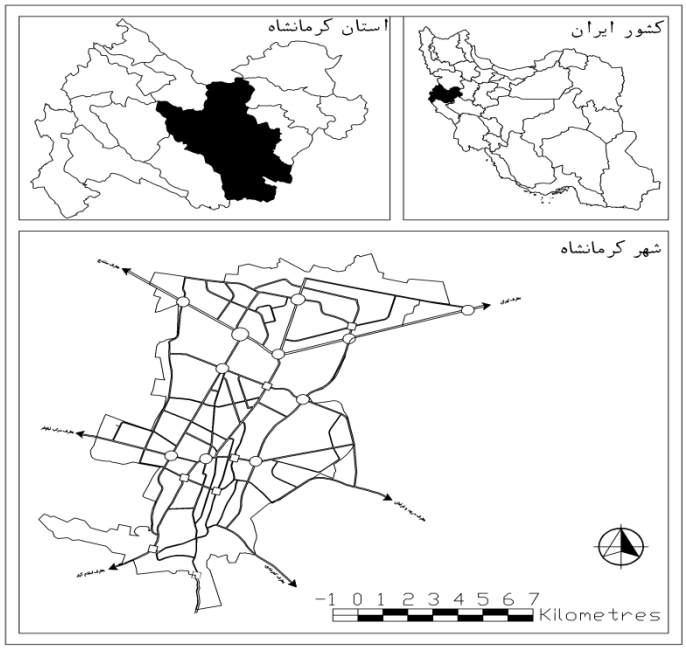
1. $N = \dfrac{\dfrac{(۱.۹۶)^۲(۰.۷)(۰.۳)}{(۰.۰۵)^۲}}{۱+\dfrac{۱}{۲۰۶۶۵۷}\left\{\dfrac{(۱.۹۶)^۲(۰.۷)(۰.۳)}{(۰.۰۵)^۲}-۱\right\}} \cong ۳۲۲$ فرمول کوکران

2. Ecological Footprint

3. Mathis Wackernagel and William Rees

معرّفی محدوده‌ی مورد مطالعه

شهر کرمانشاه، مرکز استان کرمانشاه با موقعیّت ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه‌ی عرض شمالی از خط استوا و ۴۷ درجه و ۷ دقیقه‌ی طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ در غرب ایران و در ارتفاع ۱۳۲۲متری از سطح دریای آزاد واقع شده است (شکل شماره‌ی ۱). مساحت این شهر با احتساب شهرک‌های پیرامون که جزء محدوده‌ی خدماتی شهر به‌شمار می‌روند، افزون‌بر ۱۰ هزار هکتار است (مهندسان مشاور طرح و آمایش، ۱۳۸۲: ۳۸). مسافت زمینی این شهر تا تهران ۵۲۵ کیلومتر است. شهر کرمانشاه بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵ دارای ۷۸۴۶۰۲ نفر و ۱۹۸۱۱۷ خانوار بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵). این شهر از نظر جمعیّتی سومین شهر بزرگ ایران در حاشیه‌ی غربی کشور پس از تبریز و اهواز است. محاسبات مربوط بر پایه‌ی اطلاعات سال ۱۳۸۷ انجام گرفته است. بر اساس برآورد مرکز آمار ایران، جمعیّت شهر کرمانشاه در سال یاد شده ۸۱۸۳۶۲ نفر بوده است (همان، ۱۳۸۷).



شکل ۱. نقشه‌ی موقعیّت شهر کرمانشاه نسبت به کشور و سایر سطوح بالاتر

منبع: مرکز آمار ایران

بحث و یافته‌ها

برای سنجش پیامدهای زیست‌محیطی مربوط به میزان مصرف کالا و انرژی شهر کرمانشاه، از روش جای پای اکولوژیکی ابداعیِ پروفسور ویلیام ریز، زیست‌شناس و برنامه‌ریز منطقه‌ای در دانشگاه بریتیش کلمبیای کانادا، استفاده شده است. در این روش، میزان نیاز سالانه‌ی شهر کرمانشاه به مقدار زمین و دریای مولّد (از نظر بوم‌شناختی) که با

فناوری‌های موجود تمامی نیازهای آنها را برآورده می‌کند، محاسبه شد. همان‌گونه که گفته شد، روش جای پای اکولوژیکی بر این ایده استوار است که برای هر مورد از موارد مصرف انرژی و مواد، مقدار معیّنی زمین در یک یا چند اکوسیستم مورد نیاز است تا جریان‌های مصرف منابع را فراهم کند. ارزیابی جای پای اکولوژیکی از جمعیّت تعریف شده با فضای استقرار و نیازهای مصرفی آن یک روند چند مرحله‌ای است (Wackernagel and Ress, 1995: 25). در مرحله‌ی نخست برای محاسبه براساس آمارها و داده‌های موجود در سطوح ملّی، منطقه‌ای و محلّی، میانگین مصرف سالانه‌ی اقلام مورد نظر در حوزه‌های مصرفی مانند انرژی، حمل‌ونقل کالا و خدمات، موادّ غذایی و مدیریت آلودگی برحسب مصرف کل و حجم جمعیّت برآورد می‌شود (Wackernagel & Ress, 1995: 30). در مرحله‌ی دوم، سرانه‌ی مساحت زمین تصاحب‌شده برای تولید هر مورد از حوزه‌ها یا زیرحوزه‌های مصرفی تخمین‌زده می‌شود.

جای پای اکولوژیکی در واحد سطح اندازه‌گیری می‌شود. یک واحد سطح برابر است با یک هکتار فضای زیستی بارور، نسبت به میانگین جهانی بهره‌وری. زمین از نظر بهره‌وری متفاوت است. بارورترین زمین‌ها برای کشت غلات و کم بارورترین آنها برای مراتع و چرای دام مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wackernagel and Rees,1995: 63).

بدین ترتیب واحد سطح برابر است با حدود ۰/۳ هکتار از زمین‌های زراعی، نسبت به میانگین جهانی بهره وری. همین واحد برابر است با حدود ۰/۶ هکتار از میانگین زمین‌های جنگلی و ۲/۷ هکتار از میانگین اراضی مرتعی، یا ۱۶/۳ هکتار دریا (ساحل). بنابراین یک هکتار زمین کاملاً بارور، نشان‌دهنده‌ی میزان بیشتری از واحد سطح نسبت به همان مقدار زمین نه‌چندان بارور است. مساحت تمام زمین‌ها برحسب ظرفیت آنها برای تولید "زیست توده" سنجش می‌شود و دریا نیز برحسب تولید مواد پروتئینی برای مصرف انسان اندازه‌گیری می‌شود. روش "واحد سطح" مقیاس کاملی از جای پای اکولوژیکی مناطق و کشورهای مختلف را برحسب انواع کاربری اراضی، اراضی ساخته‌شده، ظرفیت‌های زیستی و کمبودهای اکولوژیکی برآورد می‌کند (Wackernagel, 2003: 9).

حوزه‌های مصرفی

- **غذا**

برای برآورد مقدار مصرف موادّ غذایی شهر کرمانشاه از طریق پرسش‌نامه اقدام شده است. پرسش‌نامه‌ها در محلّه‌های مختلف از لحاظ برخورداری و محرومیّت اقتصادی، توسّط افراد آموزش‌دیده در محلّه‌های کرمانشاه تکمیل شده است. در بخش مصرف غذایی، مصرف سالانه از مجموع مقادیر غذایی و مقدار ضایعات به‌دست می‌آید:

مصرف سالانه = $Efood + Ewast$

بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از طریق پرسش‌نامه، مقدار کلّ مصرف موادّ غذایی شهر کرمانشاه ۵۳۵۲۰۸/۷ تن بوده است. از طرفی، بر اساس آمارهای وزارت جهاد کشاورزی حدود ۱۰ درصد از کل تولیدات محصولات کشاورزی به ضایعات پیش از مصرف اختصاص دارد و بر این اساس می‌توان گفت مقدار ضایعات ۵۳۵۲۰/۸۷ تن بوده است.

مصرف سالانه = Efood + Ewast ⇒ ۵۳۵۲۰۸/۷ + ۵۳۵۲۰/۸۷ = ۵۸۸۷۲۹/۵۷ tons

به‌منظور برآورد اراضی مورد نیاز برای تولید این مقدار مصرف، از تناسب سطوح زیر کاشت و مقدار تولید محصولات

سالانه‌ی بهره‌برداری‌های کشاورزی استان کرمانشاه بر اساس آمار سرشماری عمومی کشاورزی۱۳۸۲، استفاده شده است. در سال یاد شده، مجموع سطوح زیر کشت محصولات استان ۶۷۰۸۹۳ هکتار و مقدار تولید محصولات سالانه ۱۱۴۴۹۴۵ تن بوده است. بر این اساس:

$$۱۱۴۴۹۴۵ \div ۶۷۰۸۹۳ = ۱/۷ \quad hectar$$

بدین معنا که به‌طور متوسّط ۱/۷ هکتار زمین برای تولید یک تن محصول کشاورزی در استان کرمانشاه نیاز است (مرکز آمار ایران، سالنامه‌ی آماری استان کرمانشاه، ۱۳۸۷: ۲۲).

بنابراین می‌توان میزان زمین تأمین‌کننده‌ی مقدار مصرف موادّ غذایی شهر کرمانشاه را تعیین کرد:

زمین مورد نیاز برای تأمین مقدار مصرف غذایی کرمانشاه

$$۵۸۸۷۲۹/۵۷ \times ۱/۷ = ۱۰۰۰۸۴۰/۲۶۹ \quad hectar$$

جای پای موادّ غذایی شهر کرمانشاه

$$۱۰۰۰۸۴۰/۲۶۹ \div ۸۱۸۳۶۲ = ۱/۲۲ \quad hectar$$

- **مواد زائد**

بر اساس اطلاعات شرکت بازیافت مواد و تولید کود آلی کرمانشاه، سرانه‌ی تولید زباله‌ی هر شهروند کرمانشاهی حدود ۶۰۰ گرم در روز است (شرکت بازیافت مواد و تولید کود آلی کرمانشاه، ۱۳۹۰: ۲)، با توجّه به این رقم می‌توان سرانه‌ی سالانه‌ی هر نفر و به‌تبع کلّ شهر را محاسبه کرد.

سرانه‌ی سالانه‌ی تولید زباله‌ی هر نفر کرمانشاهی

$$۰/۶ \times ۳۶۵ = ۲۱۹ \quad kg$$

$$۸۱۸۳۶۲ \times ۲۱۹ = ۱۷۹۲۲۱۲۷۸ kg \Rightarrow ۱۷۹۲۲۱۲۷۸ \div ۱۰۰۰ = ۱۷۹۲۲۱/۲۷۸ \; ton$$

درنتیجه می‌توان گفت مقدار تولید زباله‌ی شهر کرمانشاه، ۱۷۹۲۲۱/۲۷۸ تن است. با توجّه به اینکه ۸۰درصد از زباله‌های شهر کرمانشاه را موادآلی (پسماندهای آشپزخانه‌ای و باغچه‌ای) تشکیل می‌دهند و در هنگام دفن حدود ۲۵درصد حجم اوّلیه خود تقلیل می‌یابد و در هر متر مکعّب با ۴۵۰ کیلوگرم به حجم ۰/۲ متر مکعّب تبدیل خواهد شد. بنابراین حجم زباله پیش از دفن مساوی است با:

$$۱۷۹۲۲۱۲۷۸ \div ۴۵۰ = ۳۹۸۲۶۹/۵ \quad m^۳$$

حجم زباله با توجّه به تغییرات فیزیکی در هنگام دفن مساوی است با :

$$۳۹۸۲۶۹/۵ \times ۰/۲۵ = ۹۹۵۶۷/۴ \quad m^۳$$

به‌طور معمول دفن هر لایه از زباله به عمق حدود ۲ متر است. با توجّه به این امر مساحت زمین مورد نیاز برای دفن زباله شهر کرمانشاه برابر است با:

$$۹۹۵۶۷/۴ \div ۲ = ۴۹۷۸۳/۷ m^۳ \Rightarrow ۴۹۷۸۳/۷ \div ۱۰۰۰۰ = ۴/۹۸ \quad hectare$$

$$۴/۹۸ \div ۸۱۸۳۶۲ = ۰/۰۰۰۰۰۶ \quad hectare$$

به‌گفته‌ای شهر کرمانشاه برای دفن زباله به‌طور متوسّط سالانه حدود ۵ هکتار زمین نیاز دارد.

- **حمل‌ونقل**

در این بحث، مصرف گازوییل و بنزین به‌عنوان سوخت اصلی خودروها مبنای اصلی محاسبات بوده است. مقدار مصرف خودروها از دو روش غیر مستقیم و مستقیم به‌دست می‌آید. در روش غیر مستقیم مواقعی که آمار رسمی از مصرف سوخت وجود نداشته باشد با استفاده از تعداد سفرها (مورد) و نیز، تعداد مسافران جابه‌جا شده (نفر) در طول شبانه‌روز یا ماهانه یا سالانه، به‌وسیله‌ی انواع وسایل مختلف شخصی و عمومی، مانند اتوبوس، مینی‌بوس و سواری‌ها و همچنین موتورسیکلت و اعمال ضرایب جابه‌جایی برای هر یک از وسایل ذکر شده قابل حصول است. اما در روش مستقیم با استفاده از آمار رسمی شرکت ملّی پخش و فراورده‌های نفتی ایران، میزان سوخت انواع خودروها به‌دست می‌آید.

آمار مصرف سالانه‌ی انواع سوخت‌ها از سوی شرکت ملّی پخش و فراورده‌های نفتی ایران، هر ساله در مقیاس شهرستان ارائه می‌شود. محاسبه‌ی مقدار مصرف شهر کرمانشاه از طریق برقراری تناسب جمعیّت شهر و شهرستان با کلّ مصرف اعلام شده، انجام گرفته است.

با توجّه به محاسبات انجام‌شده، میزان مصرف سرانه‌ی بنزین کرمانشاه، ۳۸۹ لیتر و مصرف نفت گاز نیز ۴۵۳ لیتر است. بنزین بدون سرب کمابیش برابر ۱۲۵۰۰۰ BTU در هر گالن است که برابر با نرخ ۱۹/۳۵ تن کربن آزاد شده در هر بیلیون BTU است. سوخت گازوئیل نیز در هر گالن کمابیش ۱۳۸۷۰۰ BTU تولید می‌کند که درنهایت، ۱۹/۹۵ تُن کربن در هر بیلیون BTU آزاد می‌کند (فریادی و صمدپور به نقل از پزتا و دروسام، ۱۳۸۹: ۱۰۳-۱۰۲).

بنابراین باید برای محاسبه‌ی میزان زمین مورد نیاز برای تأمین سرانه‌ی مصرف بنزین و گازوییل به‌صورت زیر عمل کرد:

محاسبه‌ی جای پای بنزین

گالن سرانه‌ی مصرف روزانه‌ی بنزین ۳۸۹ ÷ ۳/۷۸۵۳ = ۱۰۲/۷۶۶

$$۱۰۲/۷۶۶\ gallons \times ۱۲۵۰۰۰\ BTU / gallon = ۱۲۸۴۵۷۵۰\ BTU$$

$$۰/۰۱۲۸۴۵۷۵\ billion\ BTU \times ۱۹/۳۵\ tonnes\ Carbon / bilionBTU = ۰/۲۴۸۵۶۵۲۶۲\ tonnes\ Carbon$$

حال با توجّه به این قانون که سالانه برای جذب ۱/۸ تن کربن یک هکتار زمین نیاز است، بنابراین:

$$۰/۲۴۸۵۶۵۲۶۲\ tonnes\ Carbon \times ۱\ hectare \div ۱/۸\ tonnes\ Carbon = ۰/۱۳۸۰۹۱۸۱۲\ hectare$$

درنتیجه برای محاسبه‌ی کلّی جای پای شهر ضروری است که عدد ۰/۱۳۸۰۹۱۸۱۲را در تعداد جمعیّت شهر ضرب کنیم.

$$۰/۱۳۸۰۹۱۸۱۲ \times ۸۱۸۳۶۲ \cong ۱۱۳۰۰۹\ hectare$$

محاسبه‌ی جای پای گازوئیل

گالن سرانه‌ی مصرف روزانه‌ی گازوییل ۴۵۳ ÷ ۳/۷۸۵۳ = ۱۱۹/۶۷۳

$۱۱۹ / ۶۷۳ \ gallons \times ۱۳۸۷۰۰ \ BTU \ / \ gallon = ۱۶۵۹۸۶۴۵ / ۱ \ BTU$

$۰ / ۰۱۶۵۹۸۶۴۵۱ BTU \times ۱۹ / ۹۵ \ tonnesCarbon / bilionBTU = ۰ / ۳۳۱۱۴۲۹۶۹ \ tonnes \ Carbon$

حال با توجّه به این قانون که سالانه برای جذب ۱/۸ تن کربن یک هکتار زمین نیاز است، بنابراین:

$۰ / ۳۳۱۱۴۲۹۶۹ \ tonnes \ Carbon \times ۱ \ hectare \div ۱ / ۸ \ tonnes \ Carbon = ۰ / ۱۸۳۹۶۸۳۱۶ \ hectare$

برای محاسبه‌ی کلّی جای پای شهر ضروری است که عدد ۰/۱۸۳۹۶۸۳۱۶را در تعداد جمعیّت شهر ضرب کنیم.

$۰ / ۱۸۳۹۶۸۳۱۶ \times ۸۱۸۳۶۲ \cong ۱۵۰۵۵۳ \ hectare$

محاسبه‌ی جای پای اکولوژیکی حمل‌ونقل

محاسبه‌ی کلّی ردِّ پای اکولوژیکی حمل‌ونقل با مجموع ردِّ پای انواع سوخت‌ها به‌دست می‌آید.

$۰ / ۱۳۸۰۹۱۸۱۲ + ۰ / ۱۸۳۹۶۸۳۱۶ = ۰ / ۳۲۲۰۶۰۱۲۸ \quad hectare$

بنابراین ردِّ پای حمل‌ونقل ۰/۳۲ هکتار است. نکته‌ی گفتنی اینکه امروزه بخشی قابل توجّهی از ناوگان حمل‌ونقل عمومی و حتّی وسائط نقلیّه‌ی شخصی شهر کرمانشاه، به‌استفاده از گاز طبیعی به جای گازوییل و بنزین روی آورده‌اند. به‌دلیل عدم تفکیک میزان مصرف خودروها و گاز مصرفی منازل و کارگاه‌ها از سوی شرکت ملّی پخش و فراورده‌های نفتی ایران، جای پای اکولوژیکی ناشی از گرمایش گازهای طبیعی در بخشی جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است که بخشی از آن مربوط به بخش حمل‌ونقل است.

- **گرمایش گازهای طبیعی**

گاز طبیعی از دسته سوخت‌هایی است که تمایل جهانی برای مصرف آن روندی افزایشی داشته و به‌عنوان انرژی جایگزین و پاک مطرح است. کشور ایران با دارا بودن حدود ۱۵ درصد از کلّ ذخائر جهان، دومین کشور جهان از حیث دارا بودن این منبع با ارزش پس از روسیه است (عباس پور، ۱۳۸۶: ۱۲). در ایران نیز سرمایه‌گذاری‌های قابل توجّهی در این زمینه انجام‌شده و گرایش به مصرف گاز طیّ سال‌های گذشته، روندی رو به رشد را نشان می‌دهد. به‌دلیل عدم همکاری شرکت گاز منطقه‌ی کرمانشاه در خصوص ارائه‌ی آمار مصرف گاز شهر کرمانشاه به نگارنده، برای محاسبه‌ی میزان مصرف گاز شهر از طریق محاسبه‌ی میانگین استانی و تعمیم آن به محدوده‌ی مطالعاتی، میزان سرانه‌ی مصرف سالانه‌ی گاز طبیعی شهر کرمانشاه در سال ۱۳۸۷، برابر ۱۲۲۴متر مکعّب برآورد شده است (شرکت ملّی پخش فراورده‌های نفتی ایران، ۱۳۸۷). با وجود این حقیقت که بسیاری از روستاهای استان از لوله‌کشی گاز طبیعی بی‌بهره هستند و این گمان وجود دارد که ممکن است میزان مصرف گاز شهر کرمانشاه بیش از مقدار برآورد شده باشد، اما به‌نظر می‌رسد، محاسبه‌ی مقدار حدّاقل مصرف به میزان خیلی زیادی اطمینان‌بخش‌تر باشد. برای محاسبه‌ی زمین مورد نیاز برای جذب کربن تولید شده‌ی گازهای طبیعی به‌روش زیر عمل شده است:

نخست برای محاسبه‌ی تعداد مول‌ها[۱] در فوت مکعّب باید از قانون گازها استفاده کرد. این‌گونه که تعداد مول‌هـا در فوت مکعّب مساوی است با تقسیم حاصل‌ضرب فشار (اتمسفر)[۲] و حجم (فوت مکعّب) بر حاصل ضرب ضـریب ثابـت R در درجه حرارت (کلوین) که در رابطه‌ی زیر نشان داده شده است.

$$N = P \times V / R \times T$$

گفتنی است که فشار گاز داخل لوله در منازل ۰/۲۵ psi است و از آنجایی که هر psi معـادل ۱۴/۵ اتمسـفر اسـت، بنابراین می‌توانیم مقدار زیر را نتیجه‌گیری کنیم:

$$P = ۰/۲۵ \div ۱۴/۵ = ۰/۰۱۷\ atm$$

تعداد مول در یک فوت مکعّب

$$V = ۱\ cubic\ Foot = ۲۸/۳\ L$$

ضریب ثابت

$$R = ۰/۰۸۲۰۶\ L\ atm / mole\ K$$

$$T = ۶۰\ degrees\ Farenheit = ۱۵/۵۵\ Centigrade = ۲۸۸/۵\ Kelvin$$

در نتیجه می‌توانیم بر اساس شاخص‌های معیّن‌شده به محاسبه‌ی تعداد مول‌ها در فوت مکعّب بپردازیم.

$$N = (۰/۰۱۷) \times (۲۸/۳) \div (۰/۰۸۲۰۶) \times (۲۸۸/۵) = ۰/۰۲$$

نتیجه می‌گیریم که در یک فوت مکعّب ۰/۰۲ مول متان وجود دارد و با این نکته که جـرم ملکـولی متـان ۱۶/۰۴۳ گرم در مول است، بنابراین:

$$۱۶/۰۴۳ g / mole \times ۰/۰۲\ moles = ۰/۳۲\ grams\ CH_۴\ per\ cubic\ Foot$$

با در نظر داشتن این نکته که ۷۵ درصد از متان، کربن است نتیجه می‌گیریم که:

$$۰/۳۲\ grams\ carbon\ per\ cubic\ foot \times ۰/۷۵ = ۰/۲۴\ grams\ carbon\ per\ cubic\ foot$$

با توجّه به تبدیل واحدها، هر فوت مکعّب برابر ۰/۰۲۸۳۲ متر مکعّب و از سوی دیگر، یک متر مکعّب نیـز ۳۵/۳۱۴ فوت مکعّب است، می‌توان برای محاسبه‌ی کربن، مقدار مصرف گاز طبیعی شهر کرمانشاه را به فوت مکعّب تبدیل کرد:

$$۱۲۲۴ \times ۳۵/۳۱۴ = ۴۳۲۲۴/۳۳۶\ cubic\ Foot\ consumtion\ natural\ gas$$

$$۴۳۲۲۴/۳۳۶ \times ۰/۲۴ = ۱۰۳۷۳/۸۴۰۶۴\ grams\ carbon$$

---

۱. شیمیدان‌ها پس از آزمایش‌های بسیار پیشنهاد کردند که اگر ۱۰۲۳ × ۶/۰۲۲ اتم کنار هـم قـرار گیرنـد، در ایـن صـورت، جـرم کـلّ آنهـا به‌اندازه‌ای خواهد شد که بتوان مقدار آن را به‌آسانی با ترازوهای معمولی اندازه گرفت. آنها این تعـداد را یـک مـول نامیـده‌انـد. بعـدها عـدد $۶/۰۲۲ \times ۱۰^{۲۳}$ را به یاد دانشمند پر آوازه‌ی ایتالیایی آمدئو آووگادرو عدد آووگادرو نامیدند.

۲. فشار هوا در سطح دریا به‌عنوان فشار استاندارد پذیرفته شده است، این فشار را یک اتمسفر نیز می گویند. 1atm=760 mmHg

$۱۰۳۷۳ / ۸۴۰۶۴ / ۱۰^{۶} = ۰/۰۱۰۳۷۳۸۴\ ton$

با توجّه به قانون ۱ هکتار به ازای هر ۱/۸ تن کربن داریم:

$۰/۰۱۰۳۷۳۸۴ \div ۱/۸ = ۰/۰۰۵۷۶\ hectare$

می‌توان گفت که زمین مورد نیاز برای جذب کربن ناشی از مصرف گاز طبیعی هر شهروند کرمانشاهی، ۵۸ متر مربّع است و برای کلّ شهر نیز، این جای پای حدود ۴۷۱۴ هکتار است.

- **نیروی الکتریسیته**

کلّ برق مصرفی شهرستان کرمانشاه در سال ۱۳۸۷، حدود ۹۸۲۰۶۲مگاوات بوده است. با برقراری تناسب بین میزان مصرف برق به جمعیّت شهری و روستایی شهرستان، مقدار برق مصرفی شهر کرمانشاه حدود ۸۱۳۵۵۲۲۳۸ کیلو وات ساعت محاسبه شده است (سالنامه‌ی آماری استان کرمانشاه، ۱۳۸۷، به نقل از شرکت برق منطقه‌ای غرب).

برای تعیین مقدار کیلو ژول مصرفی باید از روش تبدیل واحدهای اندازه‌گیری، مشخّص شود که در یک مقدار معیّن کیلو وات ساعت مصرفی چند کیلو ژول وجود دارد. مقدار مورد نظر بر مبنای رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$۱kwh=۱\times(۱۰۰۰W)\times(۳۶۰۰s)=۳/۶\times۱۰^{۶}\ W.s=۳/۶\times۱۰^{۶}J$

$(۸۱۳۵۵۲۲۳۸)\ kwh \times ۳/۶\times۱۰^{۶}\ J = ۲۹۲۸۷۸۸۰۵۶۸۰۰۰۰۰\ J/۱۰۰۰= ۲۹۲۸۷۸۸۰۵۶۸۰۰\ KJ$

از این رو می‌توان مقدار زغال سنگی که برای تولید مقدار کیلو ژول محاسبه شده، از رابطه‌ی زیر محاسبه کرد:

$۲۹۲۸۷۸۸۰۵۶۸۰۰KJ\times۱gram/۲۰KJ=۱۴۶۴۳۹۴۰۲۸۴۰grams$

حال با درنظر داشتن این نکته که گیاهان حدود ۳۱/۴ درصد بازدهی تولید زغال سنگ دارند:

$۱۴۶۴۳۹۴۰۲۸۴۰gram\div۰.۳۱۴=۴۶۶۳۶۷۵۲۴۹۶۸grams\ coal$

با پذیرش اینکه در زغال سنگ ۸۵درصد کربن وجود دارد، به محاسبه‌ی مقدار کربن در آن می‌پردازیم.

$۴۶۶۳۶۷۵۲۴۹۶۸grams\ coal \times ۰/\ ۸۵= ۳۹۶۴۱۲۳۹۶۲۲۳\ grams\ Carbon = ۳۹۶۴۱۲\ tone\ Carbon$

در نتیجه با توجّه به این نکته که هر هکتار زمین، حدود ۱/۸تن کربن جذب می‌کند:

$۳۹۶۴۱۲\div۱/۸=۲۲۰۲۲۹\ hectare$

در نتیجه، جای پای اکولوژیکی هر یک از شهروندان کرمانشاهی از نیروی الکتریسیته ۰/۲۷هکتار است.

- **آب**

با توجّه به بررسی‌های صورت گرفته برای هر ۰/۰۸ هکتار زمین یک میلیون لیتر آب مورد نیاز است (صمدپور، ۱۳۸۵: ۳۶). از آنجایی که مصرف آب شهر کرمانشاه در سال ۱۳۸۷حدود ۸۵۷۷۰ هزار متر مکعّب بوده است (سالنامه‌ی آماری استان کرمانشاه، به نقل از شرکت آب و فاضلاب استان کرمانشاه، ۱۳۸۷: ۱۰).

$۸۵۷۷۰۰۰۰۰۰۰litre\times۰/۰۸\ hrctare\div۱۰۰۰۰۰۰=۶۸۶۲\ \ hectare$

جای پای مصرف آب شهر کرمانشاه (به هکتار) ۶۸۶۲ ÷ ۸۱۸۳۶۲ = ۰/۰۰۸

با توجّه به جمعیّت ۸۱۸۳۶۲ نفری ساکن در مناطق شش‌گانه‌ی شهری کرمانشاه و وسعت ۱۰ هزار هکتاری آن در سال ۱۳۸۷، به‌طور متوسّط به هر یک از ساکنان آن ۰/۰۱ هکتار زمین اختصاص می‌یابد. بنابراین ملاحظه می‌شود که مصرف زمین ساکنان شهر کرمانشاه ۱۸۰ برابر بیش از مساحت اشغالی کنونی شهر است و حتّی چنانچه آن را با مجموع سطوح زیر کشت استان که برابر ۶۷۰۸۹۳ هکتار است مقایسه کنیم، ۲/۲۳ آن خواهد بود. به این ترتیب برای تأمین نیازهای مصرفی ساکنان شهر کرمانشاه، به فضایی بیش از دو برابر مساحت استان نیاز است. به سخنی دیگر، سامانه‌های زیستی که برای حمایت از شهر کرمانشاه لازم است، محدوده‌ای بسیار فراتر از محدوده‌ی سیاسی یا جغرافیایی را در بر می‌گیرد (جدول شماره‌ی ۱).

جدول ۱. ردپای اکولوژیک شهر کرمانشاه به تفکیک عناصر و مواد مصرفی

اجزا	EFP (به هکتار)	EF (هکتار /نفر)
غذا	۱۰۰۰۸۴۰/۲۶۹	۱/۲۲
مواد زائد	۴/۹۸	۰/۰۰۰۰۰۰۶
حمل‌ونقل	۲۶۳۵۶۲	۰/۳۲۲
نیروی الکتریسیته	۲۲۰۲۲۹	۰/۲۷
گرمایش گازهای طبیعی	۴۷۱۴	۰/۰۰۵۸
آب	۶۸۶۲	۰/۰۰۸
جمع	۱۴۹۶۲۱۲	۱/۸

نتیجه‌گیری

در این مقاله تلاش شده است با استفاده از روش جای پای اکولوژیکی، پایداری شهری در شهر کرمانشاه مورد ارزیابی قرار بگیرد. پیش‌فرض اصلی این بررسی بر این پایه است که شهر کرمانشاه فاقد توان لازم و کافی فضای بوم‌شناسی برای تأمین نیازهای ساکنان خویش است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که جای پای نشان اکولوژیکی شهر کرمانشاه در گروه‌های مصرفی موادّ غذایی، حمل‌ونقل، گرمایش گازهای طبیعی، آب، برق و زمین مورد نیاز برای دفع مواد زائد ۱/۸۲ هکتار بوده است. گرچه این موارد فهرست کاملی از مصارف شهر نیست؛ اما مقایسه‌ی آن با فضاهای اشغال‌شده‌ی شهر و حتّی فضاهای پشتیبان آن، مانند شهرستان و همچنین استان، بیانگر این است که شهر کرمانشاه برای برآوردن نیازهای زیستی و پایداری خویش، متّکی به منطقه‌ای فراتر از استان کرمانشاه است. مقایسه‌ی یافته‌های این پژوهش با نتایج پژوهش‌های مشابه پیشین، بیانگر نکات قابل توجّهی است. بر اساس مطالعات ساسان‌پور در دانشگاه تبریز، جای پای اکولوژیکی کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۸۵، حدود ۲/۴۶ هکتار محاسبه شده است. در این مطالعه موادّ غذایی بیشترین سهم از جای پای را به‌خود اختصاص داده است و حدود ۰/۹ هکتار برآورد شده است. به‌طور کلّی جای پای کلان‌شهر تهران ۰/۶۴ هکتار از شهر کرمانشاه بیشتر است. از آنجاکه گروه‌های مصرفی برای محاسبه‌ی جای پای اکولوژیکی این دو شهر مشابه یکدیگر نیستند، شاید مقایسه‌ی کلّی جای پای آنها نیز تا حدودی بی‌معنا به نظر

برسد. اما مقایسه‌ی تک‌تک موارد مانند، حمل‌ونقل و موادّ غذایی که در هر دو شهر یکسان است، بیانگر این نکته‌ی اساسی است که الگوی مصرف تا حدود زیادی به هم شبیه است. همگام با این نتایج، این پژوهش نیز نشان می‌دهد که میزان بالای جای پای اکولوژیکی مربوط به مصرف موادغذایی شهر کرمانشاه، مربوط به سهم موادّ غذایی با ۱/۲۲ هکتار و سایر موارد مصرفی که در این پژوهش محاسبه شده است، به‌مراتب سهمی کمتر از موادّ غذایی دارند. کمترین میزان مربوط به زمین مورد نیاز برای دفع زباله است که حدود ۰/۰۰۰۰۰۶ هکتار یا ۰/۰۶متر مربّع بوده است. از آنجاکه ظرفیت زیستی ایران ۰/۸ هکتار است، جای پای اکولوژیکی ۱/۸۲ هکتاری شهر کرمانشاه بدان معناست که ۲/۲۷۵ برابر بیش از ظرفیت زیستی قابل تحمّل کشور را به‌خود اختصاص داده است. به‌گفته‌ی دیگر، می‌توان بیان کرد که با ادامه‌ی روند کنونی مصرف، شهر کرمانشاه برای تأمین غذا، انرژی و زمین مورد نیاز برای جذب دی‌اکسیدکربن، به فضایی حدود ۱۸۰ برابر مساحت فعلی خود نیازمند است. این امر بدان معناست که چنانچه در آینده روند کنونی مصرف همچنان بدین طریق ادامه یابد، محیط طبیعی دیگر توان تأمین نیازهای جمعیّت را نداشته و منطقه‌ی پشتیبان بزرگتری را برای تدارک این نیازها لازم خواهد داشت. تحلیل زیست‌محیطی ما بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش این است که ادامه‌ی روند کنونی توسعه، موجب کاهش فرصت‌های زندگی برای نسل‌های آینده خواهد شد. روش‌ها و راهبردهایی که در این مطالعه به‌کار گرفته‌شده و نتایجی که به‌دست آمده‌اند، می‌توانند در خصوص مطالعه‌های دیگر در هر گوشه‌ای از جهان، به‌ویژه در زمینه‌ی حوزه‌ی علمی زیست‌محیطی و جغرافیایی به‌کار گرفته شوند.

منابع

1. Abbaspour, M., 2007, **Energy, Environment and Sustainable Development**, Vol. 1, Sharif University Institute Publications, Tehran. (*in Persian*)
2. Arjmandnia, A., 2000, **Eco City, the Crystallization of Urban Sustainability**, Urban Management Quarterly, Vol. 1, No. 4, PP. 26-33. (*in Persian*)
3. Arjmandnia, A., 2001, **Ecological Footprint, a New Approach in Assessing the Human Impact on the Environment**, Journal of Urban Management, Vol. 2, No. 6, PP. 92-99. (*in Persian*).
4. Arjmandnia, A., 2002, **Ecological Footprint, Principles, Concepts and Strategies**, Journal of Urban Management, Vol. 3, No. 11-12, PP. 106-113. (*in Persian*)
5. Bahraini, S.H., 1999, **Modernity, Postmodern and then in Urban Planning**, Tehran University Press, Tehran. (*in Persian*)
6. Faryadi, SH. and Samadpour, P., 2010, **the Optimal Fit Using a Variety of Transportation Methods with the Aim of Reducing the Ecological Footprint in Tehran City**, Journal of Environmental Studies, Vol. 36, No. 54, PP. 97-108. (*in Persian*)
7. Hafeznia, M.R., 1998, **Introduction to Research in the Humanities**, Samt Publication, Tehran. (*in Persian*)
8. Hosseinzadeh-Dalir, K. & Sassanpour, F., 2008, **New Methods for Assessing the Sustainability of the Urban Environment**, Journal of Geography and Planning, Vol. 13, No. 25, PP. 1-24. (*in Persian*)
9. Housing and Urban Development of Kermanshah, 1999, **Kermanshah City's**

Comprehensive Plan Revision, the Second Volume, Geographic Characteristics. (*in Persian*).

10. Maclaren, V.W., 1996, **Urban Sustainability Reporting**, Journal of the America Planning Association, Vol. 62, No. 2, PP.183-184.
11. McDonald, G. W., Patterson, M. G., 2004, **Ecological Footprints and Interdependencies of New Zealand Regions**, Ecological Economics**,** Vol. 50, No. 1-2, PP. 49-67.
12. Palmer, J. A., 2003, **Environmental Education in the 21st Century,** Translation: Ali Mohamed Khorshiddost, Samt Publication, Tehran. (*in Persian*)
13. Recycled Materials and Organic Fertilizer Production Kermanshah Company, 2010, **Education in the Organic Waste Source Separation Scheme**, Unpublished. (*in Persian*)
14. Ress, W., Wackernagel, M., 1996, **Urban Ecological Fotprints: Why Cities Cannot be Sustainable and Why They are a Key to Sustainability**, Environmental Impact Assessment Review, Vol. 16, No. 4-6, PP. 223-248.
15. Rezvani, M. R., et al., 2010, **Ecological Footprint, a New Approach to Environmental Impact Assessment (Concept, Application and It's Test)**, Journal of Geography and Development, Vol. 8, No. 20, PP. 145-166. (*in Persian*)
16. Samadpour, P., 2006, **Assessment of Environmental Effects and High Density Urban Development with Ecological Footprint (Case Study: District of Elahieh in Tehran City)**, Supervisor: Dr. Faryadi, Department of Environment, Tehran University, Tehran. (*in Persian*)
17. Sarafy, M., 2001, **Foundation for Sustainable Development**, Tehran Metropolis Conference, Standards Development and Cultural Development of Anti- social - in Tehran. (*in Persian*)
18. Sarafy, M., 1998, **Foundations of Regional Development Planning**, Budget and Planning Organization Press, (Center for Economic Papers - Social and Publications). (*in Persian*)
19. Sarafy, M., 2000, **What is Sustainable City?** Municipal Management Quarterly, Vol. 1, No. 4, PP. 6-13. (*in Persian*)
20. Sarayy, M.H., and Zarei Farshad, A. H., 2009, **Ecological Footprint, (EF) as a Measure of Community Stability**, Journal of Environmental Studies in Focus, Vol. 20, No. 50, PP. 37-61. (*in Persian*)
21. Sassanpour, F., 2006, **Examining the Stability of Tehran Metropolis with the Ecological Footprint Method**, Supervisor: Dr. K. Hosseinzadeh Dalir, University of Tabriz, Tabriz. (*in Persian*)
22. Statistical Centre of Iran, 2008, **Statistical Yearbook of Kermanshah**. (*in Persian*)
23. Tarh& Amayesh Consulting Engineers, 2003, **Master Plan of Kermanshah City.** (*in Persian*)
24. Wackernagel, M., Yount, J.D., 1998, **The Ecological Footprint: an Indicator of Progress toward Regional Sustainability**, Journal of Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 51, No. 1-2, PP. 511-529.
25. Wackernagel, M. and Ress, W.E., 1995, **Our Ecological Footprint,** Reducing Human Impact on the Earth, New Society Publishers, Gabriola Island, Canada.

26. Wackernagle, M. & Rees, W.E., 1996, **Our Ecological Footprint,** New Society Publisheres, Gabriola Island, Canada.

27. Wilson, J., Anielski, M., 2005**, Ecologicl Footprints of Canadian Municipalities and Regions**, The Canadian Federation of Canadian Municipalities, Retrieved from http://www.anielski.com.

28. Ziari, K. et al., 2012, **Planning Priority for Making Safe in Obliteratad Urban Fabrics of Karaj Metropolis with Use Multi Criteria Evaluation**, Human Geography Research Quarterly, Vol. 44, No.79, PP. 1-14. (*in Persian*)