



کاربرد روش جای پای اکولوژیکی در ارزیابی پایداری توسعه شهری (نمونه موردی: شهر ساری)

براتعلی خاکپور^۱، محمدرحیم رهنما^۲، هادی دماوندی^{۳*}

^۱دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه فردوسی مشهد. *khakpoor@um.ac.ir*
^۲دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه فردوسی مشهد. *Rahnama2002@yahoo.com*
^۳دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه فردوسی مشهد *damavandihadil367@gmail.com*

چکیده

هدف رویکرد ردپای اکولوژیکی برقراری تعادل بین "مصرف منابع و تولید ضایعات بوسیله انسان‌ها" و "تولید منابع و جذب ضایعات بوسیله طبیعت" است. امروزه، شاخص جای پای اکولوژیکی در بسیاری از کشورهای جهان در سطح ملی و محلی استفاده می‌شود و نشان می‌دهد که در کدام ناحیه و کجا، بر منابع طبیعی فشار وارد می‌شود. این مقاله که با استفاده روش EF (ردپای اکولوژیکی) و با بررسی مبانی نظری و شناخت وضع موجود در گروه‌های مصرفی مواد غذایی، انرژی بخش حمل و نقل، گرمایش گاز طبیعی، نیروی الکتریسیته، آب و زمین مورد نیاز برای دفع مواد زاید در شهر ساری می‌پردازد، تلاش می‌کند به این مسأله پاسخ دهد که آیا فضای بوم‌شناختی شهر ساری توان حمایت و برآوردن نیازهای اساسی جمعیت شهر را دارد؟ این پژوهش با روش توصیفی-تحلیلی صورت پذیرفته و جمع‌آوری داده‌ها از دو روش مراجع رسمی و آمارنامه‌ها و پرسش‌نامه محقق‌ساخته بوده است. جامعه آماری آن تمام خانوارهای شهر ساری و حجم نمونه آن نیز که بر اساس فرمول کوکران محاسبه شده، تعداد ۳۸۰ خانوار در نظر گرفته شده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در مجموع جای پای اکولوژیکی شهر ساری ۰.۸۲ هکتار می‌باشد؛ که بخش حمل و نقل با ۰.۲۲ هکتار بیشترین و زمین مورد نیاز برای دفن مواد زاید با ۰.۰۷ مترمربع برای هر نفر کمترین سهم را در بین سایر مواد داشته‌اند. اگرچه این موارد فهرست کاملی از مصارف شهر نیست؛ اما با توجه به اینکه، مصرف زمین ساکنان شهر ساری ۸۲ برابر بیش از مساحت اشغالی کنونی می‌باشد، بنابراین شهر ساری فاقد توان لازم و کافی فضای بوم‌شناختی برای تأمین نیازهای ساکنان خویش و جذب کربن تولید شده است و چنانچه آن را با مجموع اراضی کشاورزی استان که برابر ۳۷۵۷۸۹ هکتار است، مقایسه کنیم، ۰.۶۴ کل این اراضی را به خود اختصاص می‌دهد. به بیانی دیگر، سامانه زیستی که برای حمایت از شهر ساری لازم است، محدوده‌ای بسیار فراتر از محدوده جغرافیایی شهرستان ساری و بیش از نیمی از مساحت اراضی استان را شامل می‌شود.

واژگان کلیدی: جای پای اکولوژیکی، پایداری، توسعه پایدار شهری، ظرفیت زیستی، شهر ساری.

^۱. نویسنده مسؤل ۰۹۱۵۰۷۳۹۱۲۹

^۲. *Ecological footprint*



مقدمه

گسترش بی‌رویه شهرها و رشد جمعیت یکی از عوامل اصلی کاهش و از بین رفتن زیستگاههای طبیعی و تخریب محیط زیست می‌باشد (فتائی و دیگران، ۱۳۹۲: ۱) و این چالش‌های زیست محیطی کنونی، یکی از پیچیده‌ترین چالش‌هایی است که انسان‌ها تاکنون با آن مواجه شده‌اند. در این راستا گسترده‌ی اهرم‌های فشار و نیروهای متعامل به حدی است که پیش‌بینی و درک همه انواع پیامدهای آن دشوار است. به نظر اندیشمندان، رسیدن به شکل پایدار شهر، یکی از راه‌حل‌های قابل تأمل بوده است. ولی بحث مربوط به شکل شهر پایدار تاکنون نسبتاً ناامید کننده و چیزی به جز فهرستی کلی از معیارهای پایداری به دست نداده است (حسین‌زاده دلیر و ساسان‌پور، ۱۳۸۵: ۸۴). شهرها، ارگانسیم‌هایی زنده و پویا هستند که هیچ‌گاه شکل تمام شده‌ای را برای آنها نمی‌توان متصور شد. زیرا شکل شهر در فرآیند توسعه برای انطباق با شرایط محیطی، اجتماعی- اقتصادی همواره در حل دگرگون شدن می‌باشد. با این حل می‌توان مقاطعی تاریخی از شکل شهر را که دارای پایداری نسبی می‌باشد، تعریف نمود. اصطلاح پایداری به عنوان اصولی برای راهنمایی واکنش عمومی و خصوصی به کار می‌رود که بر شرایط زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی رایج اثر می‌گذارد. علاقه به ارزیابی پایداری شهری از اواخر ۱۹۹۰ افزایش یافته است که در آن پایداری یک سیستم شهری می‌تواند به طور گسترده به عنوان توسعه شهری و جریان‌هایی تعریف شود که بتواند نیازهای رایج را بدون تباهی نسل‌های آینده برآورده سازد. امروزه تفکر غالب در توسعه شهری این است که شهرها باید هر اندازه که امکان دارد، با محیط زیست طبیعی سازگار باشند و در راستای حفظ تعادل چرخه طبیعی حیات عمل کنند. به عبارتی دیگر، شهرها باید به سوی پایداری گام بردارند و به توسعه پایدار شهری توجه نمایند (سجادی و دیگران، ۱۳۹۰: ۱۸). برای داشتن توسعه پایدار، گام اول، اطلاع از وضعیت پایداری منطقه است تا در صورت ناپایدار بودن، برنامه‌ریزی لازم برای آن صورت گرفته و اجرا شود. برای اندازه‌گیری سطح پایداری روش‌های کمی و کیفی مختلفی وجود دارد که یکی از این روش‌ها، روش چاپای اکولوژیکی می‌باشد (سردارآبادی و دیگران، ۱۳۹۳: ۲).

نزدیک به دو دهه از زمانی که ویلیام ریس و ماتیس واکر ناگل^۱ مفهوم ردپای اکولوژیکی را به عنوان ابزاری برای به تصویر کشیدن اثرات بشر بر روی محیط و منابع طبیعی معرفی کردند، می‌گذرد. مفهوم ردپای اکولوژیکی، با تأکید بر روی محدودیت سرمایه‌ها و منابع زمینی، به عنوان چهارچوبی برای ارزیابی اثرات و برنامه‌ریزی پایدار رواج یافت. نقطه منحصر به فرد این مفهوم، تأکید بر روی محدودیت‌های فیزیکی می‌باشد، که در نتیجه آن را به یک شیئی مبتنی بر محیط و شبیه به سایر روش‌شناسی‌های ارزیابی اثرات متعادل تبدیل می‌کند. به همان گونه که مفهوم ردپای اکولوژیکی به طور فزاینده‌ای متداول و مورد استفاده قرار می‌گیرند، به طور خاص در جهت حفاظت از محیط زیست و ساخت شهرهای اکولوژیکی، تلاش‌هایی به منظور بهبود متدولوژی‌های موجود در محاسبات ردپای اکولوژیکی صورت گرفته و مطالعات در این زمینه، از نظر تنوع و رواج پیشرفت خوبی را از خود نشان داده است. با این حال باید عناصر مختلف ردپای اکولوژیکی، به صورت کامل مورد بررسی قرار گیرند تا به تنظیم مجدد مطالعات آینده در جهت اهداف اصلی مفهوم ردپای اکولوژیکی امکان دهد (چی و وونگ، ۱۳۹۲: ۲۲۹-۲۳۰). در همین راستا، این مقاله با هدف ارزیابی پایداری توسعه شهری با روش رد پای اکولوژیکی در شهر ساری، بر آن است تا به این سؤال پاسخ دهد که آیا فضای بوم‌شناختی شهر ساری و سامانه‌های زیستی آن، قادر به پشتیبانی و یا توان حمایت از نیازهای اساسی جمعیت شهر را دارد؟

¹. William Rees & Mathis Wackernagle



مبانی نظری

از دهه ۱۹۹۰ تاکنون با توجه به اهمیت روزافزون توسعه پایدار، محققان تلاش نموده‌اند تا با معرفی شاخص‌ها و روش‌های مختلف، توسعه پایدار را ارزیابی و محاسبه قرار دهند. یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای سنجش پایداری در سطوح مختلف، روش معروف به شاخص ردپای اکولوژیک (EF) می‌باشد که توسط واکرناگل (۱۹۹۱)، ریز (۱۹۹۲) و واکرناگل و ریز^۱ (۱۹۹۶) و فولک و همکاران (۱۹۹۷) مطرح و امروزه، در مطالعات مختلف تغییرات بسیاری نموده و به عنوان یک معیار برای توسعه پایدار شناخته شده است. محاسبه ردپای اکولوژیک بر اساس دو واقعیت ساده صورت می‌پذیرد: نخست، ما می‌توانیم ردپای اکثر منابعی را که مصرف می‌کنیم و بیشتر زباله‌هایی را که دفع‌شان می‌نماییم مشخص کنیم؛ و دوم اینکه، بیشتر این جریان‌های منابع و زباله‌ها می‌توانند به منطقه زیستی تولیدکننده‌ای که برای تدارک این امور لازم است، تبدیل شوند بنابراین، ردپاهای اکولوژیک به ما نشان می‌دهند که ملل مختلف به چه میزان از طبیعت استفاده می‌کنند (Wackernagel, 1997:2). ردپای اکولوژیک ابزاری برای مدیریت استفاده از منابع توسط افراد می‌باشد. این روش، محدوده‌ای را اندازه‌گیری می‌کند که در آن استفاده بشر از منابع تولیدی سریع‌تر از بازتولید آن‌هاست. در واقع ردپای اکولوژیک، محدوده‌ای را محاسبه می‌کند که در آن تقاضای اکولوژیک مسووی یا از ظرفیت طبیعت برای عرضه کالا و خدمات بیشتر است. زمانی که تقاضای افراد بیشتر از ظرفیت‌های زیستی تجدیدپذیر باشد، در این صورت، منابع طبیعی کاهش یافته و این مسأله منجر به ناپایداری می‌شود. بدین ترتیب ردپای اکولوژیک ابزاری است که به ما کمک می‌کند تا به طور روشن، در زمینه رابطه بین انسان و کره زمین و نیز تولیدات آینده تفکر نماییم. بنابراین EF ابزار منسبی برای اندازه‌گیری پیشرفت جوامع به سوی پایداری است. در اینجا پایداری به معنای دستیابی به سطحی از رضایت از زندگی بدون کاهش ظرفیت بازتولید کره زمین است؛ به عبارتی دیگر نباید میزان مصرف، از ظرفیت بازتولید زمین فراتر رود. با تجزیه و تحلیل ردپای اکولوژیک می‌توان وسعتی از زمین برای تأمین نیاز افراد و ساکنان در محدوده‌های مشخص زمین را برآورد نمود (شکور و دیگران، ۱۳۹۰: ۶۲). در واقع جاپای بوم‌شناختی، محاسبه قابلیت هر طبیعت در مکان با توجه به نیازهای انسان است (رضوانی و دیگران، ۱۳۸۹: ۱۵۰). هدف رویکرد ردپای اکولوژیک برقراری تعادل بین "مصرف منابع و تولید ضایعات بوسیله انسان‌ها" و "تولید منابع و جذب ضایعات بوسیله طبیعت" است.

امروزه، شاخص جای پای اکولوژیک در بسیاری از کشورهای جهان در سطح ملی و محلی استفاده می‌شود. این شاخص روش یکپارچه مصرف منابع طبیعی و جذب ضایعات است و به روشنی نشان می‌دهد که در کدام ناحیه و کجا، بر منابع طبیعی فشار وارد می‌شود. این روش ابزاری است که به تدوین برنامه‌های درازمدت و پایداری زندگی یاری می‌رساند و نه تنها اهداف و راهبردهای آینده را در جلوگیری از تخریب‌ها و نابرابری‌های مادی بیان می‌کند، بلکه تصمیم‌گیری‌های نهادی را در مجرا و مسیرهای درستی هدایت می‌کند. با تجزیه و تحلیل ردپای اکولوژیک می‌توان وسعتی از زمین برای تأمین نیاز افراد و ساکنان در محدوده مشخص زمین را برآورد نمود (قرخلو و دیگران، ۱۳۹۲: ۱۰۷). روش جای پای اکولوژیک نه تنها فشارهای انسان بر روی کره زمین را برآورد می‌کند، بلکه مقایسه میزان تقاضا از طبیعت و ظرفیت کره زمین در عرضه منابع و جذب مواد زاید را نیز امکان‌پذیر می‌سازد (Living Planet Report, 2000: 24-26). شاخص ردپای اکولوژیک، هم‌اکنون به طور عمومی در سطح جهانی و ملی به کار می‌رود. لیکن

¹. Mathis Wackernagel and Wiliam Rees



اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار

The 1st National Conference on Geography, tourism, natural resources and sustainable development

معتبرترین گزارش‌های سالانه درباره بوم‌شناختی در سطح جهان با عنوان گزارش سیاره زنده توسط ¹ WWF منتشر می‌گردد که در آن بوم‌شناختی همه کشورهای دنیا را محاسبه می‌کند. به عنوان مثال مقایسه الگوی مصرف منابع در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که در سال ۱۹۹۶، میانگین بوم‌شناختی هر فرد در کشورهای صنعتی چهار برابر بیشتر از کشورهای کم‌درآمد بوده است و همچنین جمعیت جهان ۳۰٪ بیشتر از ظرفیت زیستی بارور کره زمین استفاده می‌کند. بر مبنای این گزارش (۲۰۰۶) متوسط مصرف بوم‌شناختی سالانه جهان ۲/۲۳ هکتار برآورد شده و کشور امارات متحده عربی با توجه به دارا بودن حداقل ظرفیت زیستی و متوسط مصرف اکولوژیکی ۱۱/۷۸ به عنوان ناپایدارترین کشور دنیا بوده است. در مقابل کشورهایی مانند کانادا (۱۴/۵)، استرالیا (۱۲/۴)، نیوزیلند (۱۴/۹)، سوئد (۹/۴) و نروژ (۶/۸)، که به علت موقعیت جغرافیایی و شرایط طبیعی و با توجه به اینکه از بیشترین ظرفیت زیستی نسبت به سایر کشورهای جهان برخوردارند، علاوه بر مصرف زیاد و بسیار فراتر از متوسط جهانی منابع خود، به عنوان کشورهایی با مصرف پایدار تلقی می‌شوند. مانند کانادا که اگر چه دارای مصرف منابع تقریباً ۷/۳۲ است (بیش از سه برابر متوسط مصرف جهانی)، اما به دلیل ظرفیت زیستی بالا (سرانه ۱۴/۵ هکتار برای هر نفر)، دارای مصرف پایدار است (سجادی و دیگران، ۱۳۹۰: ۱۷).

بر اساس روش ابداعی واکرناگل و ویلیام ریز (۱۹۹۶) محاسبات ردپای اکولوژیکی مراحل اصلی زیر را شامل می‌شود:

- برآورد سرانه مصرف سالانه مواد مصرفی اصلی، بر اساس مجموع داده‌های منطقه‌ای و تقسیم مصرف کل به میزان جمعیت.
- برآورد زمین اختصاص داده شده به هر نفر برای تولید هر مورد مصرفی، از راه تقسیم متوسط مصرف سالانه هر مورد بر متوسط سالانه تولید یا بازده زمین.
- محاسبه متوسط کل ردپای اکولوژیکی هر نفر از طریق جمع زدن تمامی مناطق اکوسیستم که به هر نفر اختصاص یافته است
- بدست آوردن ردپای اکولوژیکی (EF_p) برای جمعیت منطقه برنامه‌ریزی شده (N) با محاسبه حاصل ضرب متوسط ردپای اکولوژیکی هر نفر در اندازه جمعیت ($EF_p = (N)(EF)$) (قرخلو و دیگران، ۱۳۹۲: ۱۰۹ صمدپور و فریادی، ۱۳۸۷: ۶۷).

همانطور که مفهوم ردپای اکولوژیکی، به طور فزاینده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند، تلاش‌هایی به منظور بهبود متولوژی‌های موجود در محاسبات ردپای اکولوژیکی نیز صورت گرفته است. با این حال این روش در کنار مزیت‌های متعدد با معایبی نیز همراه است که در جدول زیر بدان اشاره شده است.

جدول (۱): مزیت‌ها و معایب شاخص EF

معایب شاخص EF	مزیت‌های شاخص EF
نادیده گرفتن تغییر سطوح فناوری	سازماندهی داده‌های حاصل از منابع مختلف
نادیده گرفتن منابع زیرزمینی	جمع کردن اطلاعات واگرا و شناسایی اولویت‌ها
کمبود اطلاعات در سطح منطقه‌ای و ملی و تأکید بر احتمالات منطقه‌ای	مشخص کردن ریسک‌ها و کاربردهای ناشناخته

¹ . World Wildlife Found



اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار

The 1st National Conference on Geography, tourism, natural resources and sustainable development

پیگیری پیشرفت و امکان بحث در مورد تحمل پذیری شهرها	توجه کمتر به مسایل کیفی
----------------------------------------------------	-------------------------

منبع: (برگرفته از سردار آبادی و دیگران، ۱۳۹۳).

روش رد پای اکولوژیکی در سطوح مختلف ملی، منطقه‌ای و شهری به کار گرفته شده است. از جمله این مطالعات که در سطوح شهری انجام شده: معمار و غفاری (۱۳۹۲) به ارزیابی زیست‌محیطی تراکم جمعیت با روش رد پای اکولوژیکی در منطقه ۹ شهر مشهد پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که مساحت زمین مورد بهره‌برداری برای تأمین نیازهای مصرفی ساکنان منطقه، در سال ۱۳۹۱ بیش از ۵۵۰ برابر محدوده فیزیکی واقعی و EF جمعیت ساکن در منطقه ۹ بیش از ۵۱۳ برابر سایر شهروندان مشهدی و بسیار فراتر از محدوده فیزیکی و آماری آن است.

فتائی و دیگران (۱۳۹۲)، در مقاله "تعیین جای بوم‌شناختی شهر اردبیل" با استفاده از مطالعات اسنادی و میدانی به بررسی زیست‌محیطی شهر اردبیل که در دو دهه اخیر رشد چشمگیری داشته است، پرداخته‌اند. ابتدا به ارزیابی منطقه با استفاده از روش جای پای اکولوژیکی اقدام و سهم هر نفر در هکتار تخمین زده شد. در پایان به این نتیجه رسیده‌اند که میانگین رد پای اکولوژیکی شهر اردبیل برابر با $۰/۲۶$ و نزدیک به میانگین کشوری می‌باشد و در تحقیق خود روش EF را روش مناسبی ارزیابی کرده‌اند که می‌تواند برای برنامه‌ریزی محیط‌زیست شهری و ارزیابی پایداری مورد استفاده قرار گیرد.

قرخلو و دیگران (۱۳۹۲)، در "ارزیابی پایداری توسعه شهری با روش جای پای اکولوژیکی (نمونه موردی: شهر کرمانشاه)" در تحلیل فضای بوم‌شناسی شهر کرمانشاه و توان حمایت و برآوردن نیازهای اساسی جمعیت شهر، رد پای اکولوژیکی آن را $۱/۸۲$ هکتار برآورد کرده‌اند و با توجه به اینکه ظرفیت زیستی ایران $۰/۸$ هکتار می‌باشد، در نتیجه شهر کرمانشاه $۲/۲۷۵$ برابر بیش از سهم خود، از ظرفیت زیستی قابل تحمل کشور را به خود اختصاص داده است.

روش پژوهش

در این پژوهش به طور کلی از روش‌های توصیفی-تحلیلی و کمی استفاده شده است. داده‌های این پژوهش به طور عمده از نوع کمی است. جامعه مورد مطالعه آن شامل تمام خانوارهای ساکن در شهر ساری بوده 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 از سازمان‌های مختلف گردآوری شده است. بخش از داده‌ها که امکان گردآوری آنها به روش اسنادی امکان پذیر نبود، از طریق پرسشنامه تدوین شده پژوهشگر به دست آمده است. از عمده‌ترین آمارهای که پژوهشگر نتوانست از طریق مراجع رسمی به آنها دست یابد، آمار میزان مصرف غذایی بود که از روش میدانی بهره گرفته شده است. نمونه این پژوهش از طریق فرمول کوکران (ابراهیم‌زاده و آقاسی‌زاده، ۱۳۸۸: ۱۱۲) در سطح اطمینان ۹۵ درصد، به میزان ۳۸۰ خانوار محاسبه و در ادامه از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای یا طبقه‌بندی شده در سطح مناطق چهارگانه شهر ساری استفاده شده است.

برای سنجش پیامدهای زیست‌محیطی مربوط به مصرف کالا و انرژی شهر ساری با توجه به داده‌های موجود و قابل اندازه‌گیری، از روش تلفیقی جای پای اکولوژیکی که از ترکیب کاربرد دو روش استقرایی (تفصیلی) و قیاسی (ترکیبی) تشکیل شده است، برای محاسبه رد پای اکولوژیکی در سطح نواحی شهر اقدام شده است. این روش را اولین بار، پرفسور ویلیام ریز، زیست‌شناس و برنامه‌ریز منطقه‌ای در دانشگاه بریتیش کلمبیای کانادا مطرح کرده است. در این روش میزان



اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار

The 1st National Conference on Geography, tourism, natural resources and sustainable development

نیاز سالانه شهر ساری به مقدار زمین مولد (از نظر بوم‌شناختی) که با فناوری موجود تمامی نیازهای آن را برآورده می‌کند، محاسبه شد. ارزیابی جای پای اکولوژیکی از جمعیت تعریف شده با فضای استقرار و نیازهای مصرفی آن یک روند چند مرحله‌ای است. در مرحله نخست، برای محاسبه بر اساس آمارها و داده‌های موجود در سطوح ملی، منطقه‌ای و محلی، میانگین مصرف سالانه اقلام مورد نظر در حوزه‌های مصرفی مانند انرژی، حمل و نقل کالا و خدمات، مواد غذایی و مدیریت آلودگی بر حسب مصرف کل و حجم جمعیت برآورد می‌شود. در مرحله دوم، سرانه مساحت زمین تصاحب شده برای تولید هر مورد از حوزه‌ها یا زیرحوزه‌های مصرفی تخمین زده می‌شود و با اندازه‌گیری و سنجش بوم‌شناختی یک حوزه جمعیتی می‌توانیم، عبور از حد مجاز مصرف منابع را با دقت بیشتری ارزیابی و مهار کنیم. برای محاسبه ردپای اکولوژیکی در این مرحله، ابتدا مقدار EF شهر ساری ناشی از مصرف هر یک از مشخصه‌های الکترونیسیته، گرمایش گاز طبیعی، مصرف آب، حمل و نقل، دفع زباله و غذا با توجه به آمار سال ۱۳۹۰ بر حسب هکتار زمین محاسبه شد. سپس با توجه به جمعیت شهر ساری سرانه EF هر فاکتور و سرانه کل به دست آمده است.

معرفی محدوده مورد مطالعه

شهر ساری به عنوان مرکز شهرستان ساری و همچنین مرکز سیاسی-اداری استان مازندران با پهنه‌ای حدود ۵۰ کیلومتر مربع در مسیر راه آسفالت‌ه اصلی آمل-گرگان (افشاری سیستانی، ۱۳۷۸: ۳۸۸) و سر راه ارتباطی، تجاری، جهانگردی و زیارتی مرکز ایران با استان‌های شرقی به ویژه استان خراسان (مشهد مقدس) قرار دارد و به خاطر موقعیت سیاسی و اداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و از طریق راه آهن سراسری، راه آسفالت‌ه و راه هوایی، با مرکز ایران و سایر استان‌ها راه دارد. فاصله این شهر تا تهران از طریق راه آسفالت‌ه (جاده فیروزکوه)، ۲۵۰ کیلومتر و از طریق راه آهن ۳۴۵ کیلومتر و فاصله هوایی آن با تهران ۱۸۵ کیلومتر است (نیساری، ۱۳۵۰: ۲۰۵). شهر ساری از لحاظ موقعیت جغرافیایی در طول ۵۳ درجه و ۳ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی واقع شده است (افشار سیستانی، ۱۳۷۸: ۳۸۸). شهر ساری از شمال شرقی به فاصله حدود ۲۵ کیلومتر به نکا و به فاصله ۴۵ کیلومتر به بهشهر و از شمال به فاصله ۳۵ کیلومتر از دریای مازندران و از شمال غربی به فرح‌آباد، جویبار و لاریم و از جنوب غربی به فاصله ۲۲ کیلومتر به قائمشهر محدود شده است (خیرخواه، ۱۳۹۱: ۴). این شهر از سمت شرق به شهر نکا، از غرب به شهر قائمشهر، از جنوب به رشته کوه‌های البرز و از شمال به دریای خزر می‌رسد.

جدول (۲): تحولات جمعیت و مساحت شهر ساری در فاصله سال‌های ۱۳۰۰ الی ۱۳۹۰

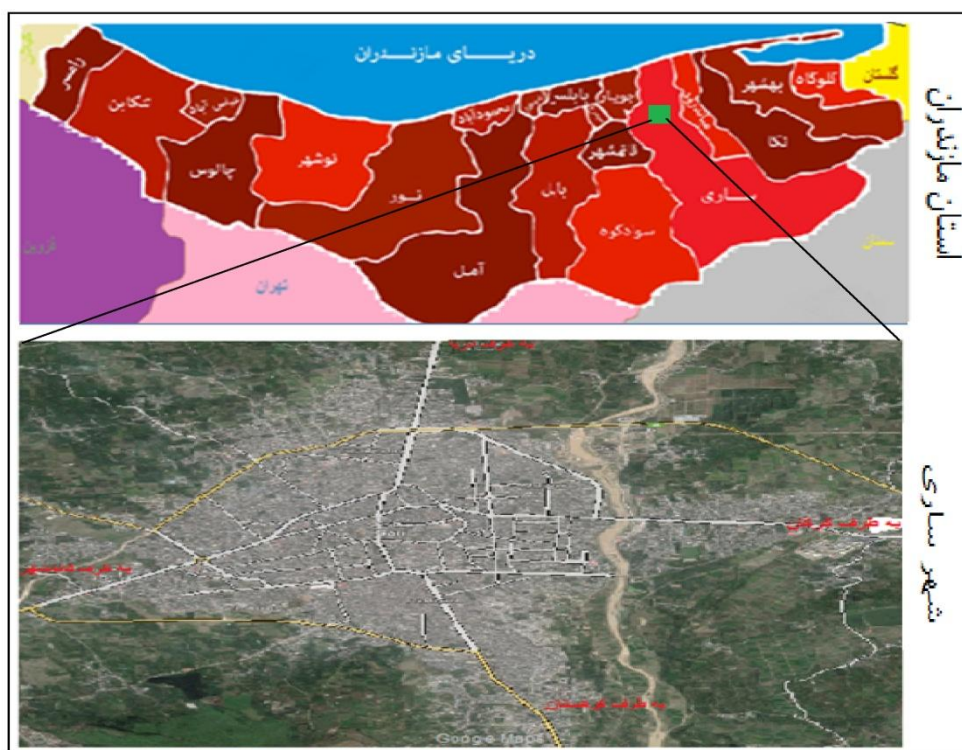
سال	جمعیت	نرخ رشد	مساحت	نرخ رشد	تراکم ناخالص	سرانه زمین	افزایش مطلق جمعیت	افزایش نسبی جمعیت
۱۳۰۰	۱۰۰۰۰	-	۱۳۰	-	۷۶,۹۲	۱۳۰	-	-
۱۳۳۵	۲۶۲۷۸	۲,۷۹	۲۶۰	۲	۱۰۱,۰۶	۹۸,۹۴	۱۶۲۷۸	۱۶۲,۷۸
۱۳۴۵	۴۴۵۴۷	۵,۴۱	۳۹۰	۴,۱۳	۱۱۴,۲۲	۸۷,۵۴	۱۸۲۶۹	۶۹,۵۲
۱۳۵۵	۷۰۷۵۳	۴,۷۳	۹۸۰	۹,۶۵	۷۲,۱۹	۱۳۸,۵۱	۲۶۲۰۶	۵۸,۸۲
۱۳۶۵	۱۴۱۰۲۰	۷,۱۴	۱۸۰۰	۶,۲۶	۷۸,۳۴	۱۲۷,۶۴	۷۰۲۶۷	۹۹,۳۱
۱۳۷۵	۱۹۵۸۸۲	۳,۳۴	۳۴۰۰	۶,۵۶	۵۷,۶۱	۱۷۳,۵۷	۵۴۸۶۲	۳۸,۹۰
۱۳۸۵	۲۶۱۲۹۳	۲,۹۲	۴۲۰۰	۲,۱۳	۶۲,۲۱	۱۶۰,۷۳	۶۵۴۱۱	۳۳,۳۹

۱۳,۴۴	۳۵۱۲۴	۱۴۷,۴۲	۶۷,۸۲	۰,۷۹	۴۳۷۰	۲,۵۵	۲۹۶۴۱۷	۱۳۹۰
-------	-------	--------	-------	------	------	------	--------	------

منبع: (سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال‌های ۱۳۳۵ - ۱۳۹۰ و محاسبات نگارنده: ۱۳۹۳).

دوره‌های تاریخی توسعه کالبدی شهر ساری را برحسب وقوع تغییرات مؤثر بر روند توسعه های کالبدی آتی، می‌توان به سه دوره هسته اولیه شهر تاریخی تا دوره قاجار، پهلوی و دوران معاصر تقسیم نمود. شهر ساری که قدمت آن به بیش از دو هزار سال می‌رسد، همواره دارای برج و بارو بوده است. از محلات تاریخی و قدیمی شهر ساری می‌توان از زرگر محله، آسیب‌سر، عبدالعظیم، سه‌گنبدان، آلوکنده، قصر تور، دروازه گرگان و غیره را نام برد که بسیاری از این محلات هنوز هم در بین مردم قدیمی شهر به همین نام‌ها شناخته می‌شود (احمدی، ۱۳۹۱: ۱۲۴).

نقشه (۱): موقعیت شهر ساری در شهرستان و استان مازندران



منبع: (Google Maps/ ترسیم نگارنده، ۱۳۹۳).

بحث و یافته‌ها

به طور کلی شهرها و خصوصاً شهرهای بزرگ، از نظر بیولوژیکی در استفاده از منابع حیاتی همچون آب، غذا، هوا در متابولیسم شهری همانند انگل عمل می‌کنند و هر چه شهر بزرگتر باشد، از اطراف خود بیشتر طلب می‌کند؛ بدین ترتیب خطر تخریب محیط‌زیست افزایش می‌یابد. در نتیجه نه تنها شرایط ناپایداری در شهرها، بلکه ناپایداری مناطق اطراف را نیز به دنبال دارد. مفهوم متابولیسم، مفهوم ارزشمندی برای تحلیل و ارزیابی وضعیت اکولوژیکی شهرهاست (معمار و غفاری، ۱۳۹۲: ۲). رویکرد تحلیل جای‌پای اکولوژیکی بر این ایده استوار است که برای مصرف هر گونه انرژی یا کالا



مقدار معینی از زمین در یک یا چند حوزه زیست محیطی لازم خواهد بود تا بتواند جریان منابع مصرف شده و دفع فضولات ناشی از آن را تأمین نمایند. بنابراین برای تأمین کل زمین مورد نیاز برای جبران الگوی مصرفی خاص، استفاده‌های گوناگون از زمین باید محاسبه شود (Wackernagle & Rees, 1996: 67). برای سنجش پیامدهای زیست محیطی مربوط به میزان مصرف کالا و انرژی شهر ساری از روش ابداعی ویلیام ریز و واکرناگل استفاده شده است. در این روش، میزان نیز سالانه شهر ساری به مقدار زمین و دریای مولد (از نظر بوم‌شناختی)، که با فناوری‌های موجود تمام 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، مقداری معینی زمین در یک یا چند اکوسیستم مورد نیاز است تا جریان‌های مصرف منابع را فراهم نماید. ارزیابی جای پای اکولوژیکی از جمعیت تعریف شده با فضای استقرار و نیازهای مصرفی آن یک روند چند مرحله‌ای است. در مرحله نخست، برای محاسبه، بر اساس آمارها و داده‌های موجود در سطح ملی، منطقه‌ای و محلی، میانگین مصرف سالانه اقلام مورد نظر در حوزه‌های مصرفی مانند انرژی، حمل و نقل کالا و خدمات، مواد غذایی و مدیریت آلودگی بر حسب مصرف کل و حجم جمعیت برآورد می‌شود. در مرحله دوم، سرانه مساحت زمین تصاحب شده برای تولید هر مورد از حوزه‌ها یا زیرحوزه‌های مصرفی تخمین زده می‌شود (قرخلو و دیگران، ۱۳۹۲: ۱۱۱).

حوزه‌های مصرفی

• مواد غذایی

برای برآورد مقدار مصرف غذایی شهر ساری از طریق پرسشنامه در شهر ساری بر اساس سهم خانوار مناطق و اختصاص تعداد نمونه پرسشنامه مشخص در هر یک از مناطق چهارگانه از لحاظ برخورداری و محرومیت اقتصادی توسط افراد آموزش دیده اقدام شده است. میزان مصرف مواد غذایی در ۵ گروه اصلی تقسیم شده است و از خانوارهای نمونه خواسته شده که میزان مصرف هفتگی خانوار در هر یک از گروه‌های مواد غذایی را بیان نمایند از مجموع تعداد ۳۸۰ خانوار نمونه که مشخصات اقتصادی و اجتماعی آنان در جدول زیر آمده است، میزان مصرف غذایی آنها در هفته ۷۱۹۰٫۹۱ کیلوگرم بوده است. به عبارتی به طور متوسط مصرف مواد غذایی هر خانوار ۱۸٫۹۲ کیلوگرم در هفته می‌باشد. بر اساس داده‌های حاصله و با تعمیم آن بر جامعه آماری، میزان مصرف غذایی کل خانوار شهر ساری در یک سال ۸۹۵۸۷٫۶۳ تن برای کل خانوار شهر ساری بدست آمده است.^۱

^۱ با برقراری تناسب بین خانوار نمونه و تعداد کل خانوار در سال ۱۳۹۱ (۹۰۷۹۸)، مصرف هفتگی مواد غذایی کل خانوار ۱۷۱۸۲۱۳٫۱۷ کیلوگرم می‌باشد که با ضرب در ۵۲٫۱۴ مقدار مصرف مواد غذایی کل خانوار ۸۹۵۸۷۶۳۴٫۶۸ کیلوگرم و برای هر خانوار ۹۸۶٫۶۶۹ کیلوگرم در سال بدست می‌آید.



اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار

The 1st National Conference on Geography, tourism, natural resources and sustainable development

جدول (۳): مصرف هفتگی مواد غذایی (کیلوگرم) خانوارهای نمونه و تعمیم آن به کل خانوار شمو

کل خانوار (۹۰۷۹۸)		خانوار نمونه (۳۸۰)														
متوسط مصرف سالانه	مصرف سالانه	مصرف هفتگی	مشخصات اقتصادی و اجتماعی								اندازه خانوار					
			وضعیت ملکی	متوسط درآمد ماهیانه		شغل		اندازه خانوار								
				مستأجر	مالک	۱ میلیون و بیشتر	۷۰۰-۵۰۰ هزار	۲۰۰-۵۰۰ هزار	۵۰۰-۷۰۰ هزار	۷ نفر و بیشتر		۵الی ۶ نفر	۳الی ۴ نفر	دو نفر		
۹۸۶/۶۶۹	۸۹۵۸۷۶۳۴/۶۸	۱۷۱۸۲۱۳/۱۷	۴۳٫۲	۵۶٫۸	۴۲٫۶	۳۳٫۹	۱۱٫۱	۱۲٫۴	۲٫۶	۸۰٫۵	۱۵۰	۱۰۸	۳۰۹	۱۴۵	۴۷۶	۳۳۰٫۹
گروه‌های غذایی																
متوسط مصرف	مجموع	شیرینی‌ها و روغن‌ها	نان و غلات	هویه و اسفنج	گوشت	لبنیات										
۱۸/۹۲	۷۱۹۰/۹۱	۴۹۶/۳۲	۲۰۷۶/۴۲	۲۰۰۰/۸۱	۱۰۵/۸۰	۱۷۹۶/۸۵										

منبع: (برداشت‌های میدانی نگارنده، ۱۳۹۳).

در بخش مصرف غذایی، برای محاسبه ردپای اکولوژیک نیاز است که مقدار ضایعات پیش از مصرف نیز لحاظ گردد.

در واقع مصرف سالانه برابر است با مجموع مقادیر غذایی و مقدار ضایعات:

$$E_{food} + E_{wast} = \text{مصرف سالانه}$$



اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار

The 1st National Conference on Geography, tourism, natural resources and sustainable development

برای بدست آوردن مقدار ضایعات از آمارهای وزارت جهاد کشاورزی استفاده شده است که بر اساس آن حدود ۱۰٪ از کل تولیدات محصولات کشاورزی به ضایعات پیش از مصرف اختصاص دارد.

$$E_{food} + E_{wast} \Rightarrow ۸۹۵۸۷,۶۳ + ۸۹۵۸,۷۶۳ = ۹۸۵۴۶,۳۹ \text{ ton} = \text{کل مصرف سالانه}$$

عدد بدست آمده کل مصرف سالانه شهر ساری می باشد که باید مشخص گردد، برای تولید این مقدار مصرف چند هکتار زمین نیاز است. به همین منظور برای برآورد اراضی مورد نیاز برای تولید این مقدار مصرف، از تناسب سطوح زیر کاشت و مقدار تولید محصولات سالانه کشاورزی شهرستان بر اساس آمار سرشماری عمومی کشاورزی سال ۱۳۸۲ استفاده شده است. در این سل مجموع سطوح زیر کشت محصولات شهرستان ۷۸۷۳۷ هکتار و مقدار تولید محصولات سالانه ۲۹۲۶۱۷ تن بوده است. بر این اساس می توان عملکرد محصول در هکتار و یا مساحت زمین مورد نیاز برای تولید یک تن محصول در منطقه را به صورت زیر محاسبه کرد:

$$۲۹۲۶۱۷ \text{ ton} \div ۷۸۷۳۷ \text{ hectare} = ۳,۷۱ \text{ ton}$$

$$۷۸۷۳۷ \text{ hectare} \div ۲۹۲۶۱۷ \text{ ton} = ۰,۲۶۹ \text{ hectare}$$

بدین صورت به طور متوسط برای تولید یک تن محصول کشاورزی در شهرستان ساری حدود ۰,۲۶۹ هکتار زمین مورد نیاز است و در هر هکتار نیز حدود ۳,۷۱ تن محصول تولید می گردد (مرکز آمار ایران، سالنامه آماری استان مازندران، ۱۳۹۰). بر همین اساس می توان میزان زمین تأمین کننده مقدار کل مصرف غذایی شهر ساری را بر اسل عملکرد محصول در هکتار شهرستان محاسبه کرد. بنابراین زمین مورد نیاز برای تأمین مقدار مصرف غذایی شهروندان ساری:

$$۹۸۵۴۶.۳۹ \text{ ton} \times ۰.۲۶۹ \text{ hectare} = ۲۶۵۰۸.۹۸ \text{ hectare}$$

و جای پای مصرف مواد غذایی برای هر فرد:

$$۲۶۵۰۸,۹۸ \div ۲۹۶۴۱۷ = ۰.۰۸۹۴$$

• تولید مواد زاید

بر اساس اطلاعات طرح جامع شهر ساری (۱۳۹۰) میزان تولید روزانه زباله، در شهر ساری حدود ۲۳۰ تن و میزان سرانه آن برای هر شهروند ساری ۷۷۶ گرم در روز می باشد. بر همین اساس می توان میزان تولید کل زباله و سرانه سالانه را محاسبه کرد.

$$۲۳۰۰۰۰ \times ۳۶۵ = ۸۳۹۴۸۲۵۸.۵۷ \text{ kg} / ۲۹۶۴۷۱ = ۲۸۳.۲۱ \text{ kg}$$

در نتیجه می توان گفت مقدار تولید زباله شهر ساری ۸۳۹۴۸,۲۵۸۵۷ تن می باشد. با توجه به اینکه ۸۰ درصد از زباله شهر ساری را مواد آلی (پسماندهای آشپزخانه ای و باغچه ای) تشکیل می دهند و در هنگام دفن حدود ۲۵٪ حجم اولیه خود تقلیل می یابد و در هر متر مکعب با ۴۵۰ کیلوگرم به حجم ۰,۲ متر مکعب تبدیل خواهد شد. بنابراین حجم زباله پیش از دفن مساوی است با:

$$۸۳۹۴۸۲۵۸.۵۷ \div ۴۵۰ = ۱۸۶۵۵۱.۶۹ \text{ m}^3$$

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

$$۱۸۶۵۵۱.۶۹ \text{ m}^3 \times ۰,۲۵ = ۴۶۶۳۷.۹۲ \text{ m}^3$$

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

$$۴۶۶۳۷.۹۲ \text{ m}^3 \div ۲ = ۲۳۳۱۸.۹۶ \div ۱۰۰۰۰ = ۲.۳۳ \text{ hectare}$$



$$2.33 \div 296417 = 0.000007 \text{ hectare}$$

به گفته‌ای شهر ساری برای دفن زباله، به طور متوسط سالانه به بیش از ۲ هکتار زمین نیاز دارد.

• مصرف انرژی بخش حمل و نقل

در این بحث، مصرف گازوئیل و بنزین به عنوان سوخت‌های اصلی خودروها مبنای محاسبات می‌باشد. بخش حمل و نقل همواره یکی از بزرگترین مصرف‌کننده انرژی و عامل اصلی آلودگی‌ها در شهرهای امروزی است. به عقیده لویییز مرفورد اتومبیل‌ها، در بین دستاوردهای جدید در زمینه فناوری، مخرب‌ترین نقش را در شهرهای امریکایی داشته‌اند. در واقع استفاده از خودرو، اولین نیرویی است که شهرها را به سوی افزایش استفاده از انرژی، آب، ترافیک و آلودگی آب‌ها پیش می‌برد و مشکلات اقتصادی ناشی از آن منجر به هزینه‌های بالای زیرساخت‌های پراکنده، هزینه‌های مستقیم حمل و نقل، هزینه‌های غیرمستقیم حمل و نقل (تصادفات جاده‌ای، آلودگی و غیره)، همراه با اتلاف منابع عمومی می‌شود (اطمینانی و سلطانی، ۱۳۹۲: ۶۴). به همین جهت در دهه‌های اخیر تلاش‌های گسترده‌ای در جهت کاهش ردپای اکولوژیکی بخش حمل و نقل شهری صورت گرفته که این تلاش‌ها به ایجاد راهکارهایی برای رسیدن به حمل و نقل پایدار منجر گردیده است. مقدار مصرف سوخت خودروها از دو روش مستقیم و غیرمستقیم به دست می‌آید. در روش غیرمستقیم مواقعی که آمار رسمی از مصرف سوخت وجود نداشته باشد، با استفاده از تعداد سفرها (مورد) و نیز، تعداد مسافران جابجا شده (نفر) در طول شبانه‌روز یا ماهانه و سالانه به وسیله انواع وسایل مختلف شخصی و عمومی، مانند اتوبوس، مینی‌بوس، سواری‌ها و همچنین موتورسیکلت و اعمال ضرایب جابجایی برای هر یک از وسایل ذکر شده، قابل حصول است. اما در روش مستقیم که در این پژوهش از این روش استفاده گردیده، با استفاده از آمارهای رسمی شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، میزان سوخت انواع خودروها بدست می‌آید.

بر اساس آمار شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، که هر ساله در مقیاس شهرستان ارائه می‌شود، مصرف کل بنزین شهرستان ساری ۱۷۰۴۹۹ هزار لیتر و مصرف گازوئیل ۱۱۲۷۳۱ هزار لیتر بوده است (آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی‌زا، ۱۳۹۰: ۲۶۱-۲۶۴). محاسبه مقدار مصرف این سوخت‌ها در شهر ساری از طریق برقرای تناسب بین جمعیت شهر و کل مصرف شهرستان انجام گرفته است. با توجه به محاسبات انجام شده، میزان سرانه مصرف سالانه بنزین و گازوئیل در شهر ساری به ترتیب ۳۵۶،۴۱ و ۲۳۵،۶۶ لیتر^۱ می‌باشد.

بنزین بدون سرب کمابیش برابر ۱۲۵۰۰۰ BTU در هر گالن می‌باشد که برابر با نرخ ۱۹،۳۵ تن کربن آزاد شده در هر بیلیون BTU است. سوخت گازوئیل در هر گالن ۱۳۸۷۰۰ BTU تولید می‌کند که در نهایت، ۱۹،۹۵ تن کربن در هر بیلیون BTU آزاد می‌کند (قرخلو و دیگران، ۱۳۹۲: ۱۱۳). بنابراین باید برای محاسبه میزان زمین مورد نیاز برای تأمین سرانه مصرف بنزین و گازوئیل به روش زیر عمل نمود:

• محاسبه‌ی جای پای بنزین:

سرانه مصرف سالانه بنزین بر حسب گالن:

$$۳۵۶,۴۱ \div 3.7853 = 94.156 \text{ gallons}$$

$$۹۴,۱۵۶ \text{ gallons} \times 125000 \text{ BTU} / \text{gallon} = 11769500 \text{ BTU} / 10^9 = 0.0117695 \text{ billion BTU}$$

^۱ میزان مصرف بنزین بخش حمل و نقل در شهر ساری ۱۰۵۶۴۷۹۳۳،۷۸ لیتر و مصرف گازوئیل ۶۹۸۵۲۵۲۹۸۱ لیتر در سال ۱۳۹۰ بوده است.



اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار

The 1st National Conference on Geography, tourism, natural resources and sustainable development

$$0.0117695 \text{ billion BTU} \times 19.35 \text{ tones Carbon} / \text{billion BTU} = 0.227739825 \text{ tones Carbon}$$

حال با توجه به این قانون که سالانه برای جذب ۱.۸ تن کربن یک هکتار زمین نیاز است (صمدپور و فریادی، ۱۳۸۷: ۶۶)، بنابراین:

$$0.227739825 \text{ tones Carbon} \times 1 \text{ hectare} \div 1.8 \text{ tones Carbon} = 0.126522125 \text{ hectare}$$

عدد بدست آمده، سرانه EF هر فرد در سطح شهر ساری می‌باشد. یعنی اینکه حدود ۱۲۶۵ مترمربع زمین نیاز است تا بتواند کربن تولید شده را جذب نماید. محاسبه کلی جای پای شهر ضروری است که عدد 0.126522125 را در تعداد جمعیت شهر در سال ۱۳۹۰ ضرب کنیم

$$0.126522125 \text{ hectare} \times 296417 = 37503.30 \text{ hectare}$$

• محاسبه جای پای گازوئیل

سرانه مصرف سالانه گازوئیل بر حسب گالن:

$$235.66 \div 3.7853 = 62,257 \text{ gallons}$$

$$62,257 \text{ gallons} \times 138700 \text{ BTU} / \text{gallon} = 8635045.9 \text{ BTU} / 10^9 = 0.00866350459 \text{ billion BTU}$$

$$0.00866350459 \text{ billion BTU} \times 19.95 \text{ tones Carbon} / \text{billion BTU} = 0.172291657 \text{ tones Carbon}$$

حال با توجه به این قانون که سالانه برای جذب ۱.۸ تن کربن یک هکتار زمین نیاز است، بنابراین:

$$0.172291657 \text{ tones Carbon} \div 1.8 \text{ tones Carbon} = 0.0957050921 \text{ hectare}$$

بنابراین حدود ۹۵۷ مترمربع، سهم هر فرد در جذب مقدار کربن تولید شده ناشی از مصرف گازوئیل می‌باشد. برای محاسبه کلی جای پای شهر ضروری است که عدد 0.0957050921 را در تعداد جمعیت شهر ضرب کنیم.

$$0.0957050921 \times 296417 = 28368.62 \text{ hectare}$$

• محاسبه کلی ردپای حمل و نقل

محاسبه کلی ردپای اکولوژیکی حمل و نقل با مجموع ردپای انواع سوخت‌ها (هکتار بر نفر و به هکتار) بدست می‌آید:

$$0.126522125 \times 0.0957050921 = 0.2222272171 \text{ hectare}$$

$$37503.30 + 28368.62 = 65871.92 \text{ hectare}$$

بنابراین ردپای اکولوژیکی کل حمل و نقل ۰.۲۲ هکتار بر نفر می‌باشد که بیشترین مقدار هکتار مورد نیاز برای جذب کربن تولید شده را به خود اختصاص داده است. میزان ردپای کل شهر در بخش حمل و نقل حدود ۱۵ برابر بیش از مساحت فعلی شهر است. نکته گفتنی اینکه امروزه بخشی قابل توجهی از ناوگان حمل و نقل عمومی و حتی وسائط نقلیه شخصی شهر ساری، به استفاده از گاز طبیعی به جای گازوئیل و بنزین روی آورده‌اند. به دلیل عدم تفکیک میزان مصرف خودروها و گاز مصرفی منازل و کارگاه‌ها جای پای اکولوژیکی ناشی از گرمایش گازه‌های طبیعی در بخشی جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است که بخشی از آن مربوط به بخش حمل و نقل است.



• گرمایش گازهای طبیعی

گاز طبیعی از دسته سوخت‌هایی است که تمایل جهانی برای مصرف آن روند رو به رشدی داشته و نسبت به سایر سوخت‌های فسیلی به عنوان انرژی جایگزین و پاک مطرح است. کشور ایران با دارا بودن حدود 15 درصد از کل ذخائر جهان، دومین کشور جهان از حیث دارا بودن این منبع با ارزش پس از روسیه است. در ایران نیز سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی در این زمینه انجام شده و گرایش به مصرف گاز طی سال‌های گذشته روند رو به رشدی داشته است (قرخلو و دیگران، ۱۳۹۲: ۱۱۴). در سالنامه آماری استان مازندران (۱۳۹۰) و طبق اظهارات شرکت ملی گاز ایران در منطقه مازندران، سرانه مصرف سالانه گاز طبیعی در شهر ساری در حدود ۱۳۲۱،۱۵ مترمکعب برآورد شده است. برای محاسبه زمین مورد نیاز (هکتار) برای جذب کربن تولید شده ناشی از مصرف گازهای طبیعی از روش زیر استفاده شده است:

نخست برای محاسبه تعداد مول‌ها در فوت مکعب باید از قانون گازها استفاده کرد. این گونه که تعداد مول‌ها در فوت مکعب مساوی است با تقسیم حاصل ضرب فشار (اتمسفِر) و حجم (فوت مکعب) بر حاصل ضرب ضریب ثابت R در درجه حرارت (کلوین) که در رابطه ی زیر نشان داده شده است.

$$N = P * V / R * T$$

گفتنی است که فشار گاز داخل لوله در منازل $Psi 0.25$ است و از آنجایی که هر $Psi 14.5$ معادل ۱۴،۵ اتمسفر است بنابراین می‌توانیم مقدار زیر را نتیجه‌گیری کنیم:

$$P = 0.25 \div 14.5 = 0.017 \text{ atm}$$

$$V = 1 \text{ cubic Foot} = 28.3 \text{ L}$$

$$R = 0.08206 \text{ L atm/mole K}$$

$$T = 60 \text{ degrees Fahrenheit}^3 = 15.56 \text{ Centigrade} = 288.5 \text{ Kelvin}$$

در نتیجه می‌توانیم بر اساس شاخص‌های معین شده به محاسبه ی تعداد مول‌ها در فوت مکعب بپردازیم:

$$N = (0.017) \times (28.3) \div (0.08206) \times (288.5) = 0.02$$

نتیجه می‌گیریم که در یک فوت مکعب 0.02 مول متان وجود دارد و با این نکته که جرم ملکولی متان 16.043 گرم در مول است، بنابراین جرم مولکولی متان در یک فوت مکعب:

$$16.043 \text{ g/mole} * 0.02 \text{ moles} = 0.32 \text{ grams } CH_4 \text{ per cubic Foot}$$

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

$$0.32 \text{ grams carbon per cubic foot} \times 0.75 = 0.24 \text{ grams carbon per cubic foot}$$

۲. شیمیدان‌ها پس از آزمایش‌های بسیار پیشنهاد کردند که اگر $10.23 * 6.022$ اتم کنار هم قرار گیرند، در این صورت، جرم کل آنها به اندازه‌ای خواهد شد که بتوان مقدار آن را به آسانی با ترازوهای معمولی اندازه گرفت. آنها این تعداد را یک مول نامیده‌اند.

۳. فشار هوا در سطح دریا به عنوان فشار استاندارد پذیرفته شده است، این فشار را یک اتمسفر نیز می‌گویند. $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$

۱. درجه API نمونه‌های نفتی در 15.56 درجه سانتیگراد (۶۰ درجه فارنهایت) اندازه‌گیری می‌شود.



اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار

The 1st National Conference on Geography, tourism, natural resources and sustainable development

با توجه به تبدیل واحدها، هر فوت مکعب برابر 0.02832 متر مکعب و از سوی دیگر، یک متر مکعب نیز 35.314 فوت مکعب است می توان برای محاسبه کربن، مقدار مصرف سرانه گاز طبیعی شهر ساری را از متر مکعب $(1321,15)$ به فوت مکعب $(46655,091)$ تبدیل کرد:

$$1321,15 \times 35 / 314 = 46655,091 \text{ cubic Foot consumption natural gas}$$

$$46655,091 \times 0 / 24 = 11197,22184 \text{ grams carbon}$$

$$11197,22184 \div 10^6 = 0.011197222 \text{ ton carbon}$$

با توجه به قانون ۱ هکتار به ازای هر ۱.۸ تن کربن داریم:

$$0.011197222 \div 1.8 = 0.0062206 \text{ hectare} = 63 \text{ m}^2$$

$$0.0062206 \times 296417 = 1843.89 \text{ hectare}$$

بنابراین زمین مورد نیاز برای جذب کربن ناشی از مصرف گاز طبیعی هر شهروند ساروی 63 مترمربع (0.062) هکتار) و برای کل شهر نیز، این جای پای حدود 1843.89 هکتار است.

• مصرف نیروی الکتریسیته

در رابطه با مصرف برق به دلیل عدم همکاری سازمان مربوطه از (سالنامه آماری استان مازندران، $1390:423$ به نقل از شرکت توزیع برق مازندران و شرکت توزیع برق غرب استان) و از تناسب جمعیت شهرستان با شهر ساری استخراج گردیده است. میزان کل برق مصرفی شهرستان ساری حدود 872144 مگاوات ساعت می باشد. بر همین اساس با برقراری تناسب بین جمعیت شهری و روستایی شهرستان با جمعیت شهر ساری، مقدار برق مصرفی حدود 540414960 KWh محاسبه شده است^۱.

برای تعیین مقدار کیلوژول (KJ) مصرفی باید از روش تبدیل واحدهای اندازه گیری، مشخص گردد که در یک مقدار معین کیلووات ساعت مصرفی چند کیلوژول وجود دارد. مقدار مورد نظر بر مبنای رابطه زیر محاسبه می شود:

$$1 \text{ KWh} = 1 \times (1000 \text{ W}) \times (3600 \text{ S}) = 3.6 \times 10^6 \text{ J} \quad WS = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

بنابراین، مقدار کیلوژول مصرفی در کل برق مصرف شده شهر ساری به صورت زیر می باشد:

$$(540414960) \text{ KWh} \times 3.6 \times 10^6 = 19454938856 \times 10^6 \text{ J} / 1000 = 19454938856000 \text{ KJ}$$

از این رو می توان مقدار زغال سنگی که برای تولید این مقدار کیلوژول محاسبه شده، نیاز است را از روش زیر بدست آورد:

$$19454938856000 \text{ KJ} \times 1 \text{ gram} / 20 \text{ KJ} = 972746928000 \text{ grams}$$

حال با در نظر داشتن این نکته که گیاهان حدود $31,4$ بازدهی تولید زغال سنگ دارند، بنابراین:

$$972746928000 \text{ gram} \div 0.314 = 309792015286,62 \text{ grams coal}$$

^۱ تبدیل مگاوات ساعت به کیلووات ساعت در تناسب با میزان مصرف برق شهرستان ساری در سال 1390 صورت گرفته است.

$$540414,96 \text{ MWh} = 540414960 \text{ KWh}$$



اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار

The 1st National Conference on Geography, tourism, natural resources and sustainable development

با پذیرش اینکه در زغال سنگ ۸۵٪ کربن وجود دارد به محاسبه ی مقدار کربن در آن می پردازیم.

$$30979201528662 \text{ grams coal} \times 0.85 = 26332321299362 \text{ grams Carbon} = 263323,21299362 \text{ tone Carbon}$$

در نتیجه با توجه به این نکته که هر هکتار زمین، حدود ۱٫۸ تن کربن جذب می کند:

$$263323,21 \div 1.8 = 146291 \text{ hectare}$$

در نتیجه، جای پای اکولوژیکی هر یک از شهروندان ساروی از مصرف نیروی الکتریسیته با تقسیم هکتار محاسبه شده بر کل جمعیت بدست می آید:

$$146291 \div 296417 = 0,49 \text{ hectare} = 4900m^2$$

• مصرف آب

مصرف کلی آب شامل مصارف خانگی، عمومی، تجاری، صنعتی و فضای سبز و تلفات آب می باشد. طبق نظر شرکت آب و فاضلاب شهرستان ساری، آب استحصالی از منابع آب شهر ساری از کیفیت شیمیایی مطلوب برخوردار بوده و هیچ گونه آلودگی ندارد و عمدتاً جهت مصارف خانگی و مسکونی مورد استفاده قرار می گیرد. گفتنی است که آب شرب شهر ساری از ۲۳ حلقه چاه با دبی ۱۳۰۰ لیتر در ثانیه تأمین می شود. با توجه به بررسی های صورت گرفته، برای هر ۰٫۰۸ هکتار زمین یک میلیون لیتر آب مورد نیاز است (قرخلو و دیگران، ۱۳۹۲: ۱۰۶). سرانه مصرف روزانه آب، در شهر ساری ۱۹۶،۱۹ لیتر و ۷۱،۷۴ مترمکعب در سال است. از آنجایی که مصرف آب شهر ساری در سال ۱۳۹۰ حدود ۲۱۲۶۶۹۳۹،۵۳ متر مکعب بوده است (سالنامه آماری استان مازندران، ۱۳۹۰: ۴۱۰ به نقل از شرکت آب و فاضلاب شهری استان مازندران)، بنابراین جای پای مصرف آب شهر ساری (به هکتار):

$$(21266939,53 \times 1000) \text{ liter} \times 0,08 \text{ hectare} \div 1000000 = 1702 \text{ hectare}$$

$$1702 \text{ hectare} \div 296417 = 0,005$$

بنابراین EF شهر ساری ناشی از مصرف آب در سال ۱۳۹۰ بر حسب هکتار حدود ۱۷۰۲ هکتار و سرانه آن برای هر شهروند ساروی حدود ۰٫۰۰۵ هکتار یا ۵۰ مترمربع محاسبه شده است.

جدول (۴): رد پای اکولوژیکی شهر ساری به تفکیک عناصر و مواد مصرفی

جمع	عناصر و مواد مصرفی						غذا (تن)	زباله (تن)	انرژی حمل و نقل (هزار لیتر)	گاز طبیعی (هزار مترمکعب)	برق (مگاوات)	آب (هزار مترمکعب)	برای مواد غذایی سال ۱۳۹۳ و سایر، آمار سال ۱۳۹۰
	گازوئیل	بنزین	EF (هکتار نفر)	EFP (به هکتار)									
					۰٫۰۸۹۴	۰٫۰۰۰۰۰۷							
-	۲۱۲۶۶،۹۴	۵۴۰۴۱۴،۹۶	۳۹۱۶۱۲،۳۳	۶۹۸۵۲،۵۳	۱۰۵۶۴۷،۹۳	۸۳۹۴۸،۲۶	۸۹۵۸۷،۶۳	۱۰۵۶۴۷،۹۳	۳۹۱۶۱۲،۳۳	۵۴۰۴۱۴،۹۶	۲۱۲۶۶،۹۴	میزان مصرف	
-	۰٫۰۷۱۷	۱،۸۳۲	۱،۳۲۲	۰٫۲۳۶	۰٫۳۵۶	۰٫۲۸۳	۰٫۹۸۶	۰٫۳۵۶	۱،۳۲۲	۱،۸۳۲	۰٫۰۷۱۷	سرانه	
رد پای اکولوژیک به تفکیک عناصر و مواد مصرفی													
۲۴۲۲۰/۱۱	۱۷۰۲	۱۴۶۲۹۱	۱۸۴۳،۸۹	۲۸۳۶۸،۶۲	۳۷۵۰۲،۳۰	۲،۳۲	۲۶۵۰۸،۹۸	۳۷۵۰۲،۳۰	۲۸۳۶۸،۶۲	۱۴۶۲۹۱	۱۷۰۲	EFP (به هکتار)	
۰/۸۲	۰٫۰۰۵	۰٫۴۹	۰٫۰۰۶۲۲	۰٫۰۹۵۷	۰٫۱۲۶	۰٫۰۰۰۰۰۷	۰٫۰۸۹۴	۰٫۱۲۶	۰٫۰۹۵۷	۰٫۴۹	۰٫۰۰۵	EF (هکتار نفر)	

منبع: (محاسبات نگارنده، ۱۳۹۳).

نتیجه گیری

امروزه بسیاری از شهرها به مصرف منابع مناطق پشتیبان خود پرداخته و الگوی مصرف‌گرایی را پیش رو داشته‌اند. این امر موجب ناپایداری به سبب عدم ناتوانی در تأمین نیازهای اقتصادی و اجتماعی سکنه خود، می‌شود و در نتیجه ناپایداری اکولوژیکی را از یک سو به درون خود و از سوی دیگر به منطقه پشتیبانش که مواد و انرژی را برای آن تهیه می‌نماید، سوق می‌دهد. با توجه به یافته‌های تحقیق جای پای اکولوژیکی شهر ساری در گروه‌های مصرفی (مواد غذایی، حمل و نقل، گرمایش گاز طبیعی، آب، برق و زمین مورد نیاز برای دفع زباله) ۰.۸۲ هکتار می‌باشد. اگرچه این موارد فهرست کاملی از مصارف شهر نیست؛ اما با توجه به جمعیت ۲۹۶۴۱۷ نفری ساکن در مناطق چهارگانه شهر ساری و وسعت ۴۳۷۰ هکتاری آن در سال ۱۳۹۰، به طور متوسط به هر یک از ساکنان آن ۰.۰۱ هکتار زمین اختصاص می‌یابد. بنابراین ملاحظه می‌شود که مصرف زمین ساکنان شهر ساری ۸۲ برابر بیش از مساحت اشغالی کنونی می‌باشد و شهر ساری فاقد توان لازم و کافی فضای بوم‌شناختی برای تأمین نیازهای ساکنان خویش است و چنانچه آن را با مجموع اراضی کشاورزی استان که برابر ۳۷۵۷۸۹ هکتار است، مقایسه کنیم، ۰.۶۴ کل این اراضی را به خود اختصاص می‌دهد. به بیانی دیگر، سامانه زیستی که برای حمایت از شهر ساری لازم است، محدوده‌ای بسیار فراتر از محدوده جغرافیایی شهرستان ساری را در برمی‌گیرد و در واقع شامل بیش از نیمی از مساحت اراضی استان مازندران می‌شود. در تطبیق با میزان ظرفیت زیستی ایران که ۰/۸ هکتار (بر مبنای گزارش سیاره زنده سال ۲۰۰۶ و به نقل از سجادی و دیگران، ۱۳۹۰) می‌باشد، مصرف منابع شهر ساری ۰.۰۲ بیش از ظرفیت زیستی آن است. اما جای پای اکولوژیکی آن ۱.۵۶ کمتر از متوسط EF تعیین شده هر نفر در هکتار ایران می‌باشد. اگرچه شهر ساری در مقایسه با ظرفیت زیستی ایران دارای الگوی مصرف نسبتاً پایدار می‌باشد و تنها ۰.۰۲ بیش از ظرفیت زیستی از منابع خود استفاده می‌کند، اما با توجه به سرانه بدست آمده EF هر نفر و میزان زمین تخصیص یافته برای پشتیبانی از سامانه زیستی، به مساحتی بسیار فراتر از محدوده سیاسی و جغرافیایی که در آن واقع شده است، نیاز دارد.

منابع

- ابراهیم‌زاده، عیسی و آقاسی‌زاده، عبدا... (۱۳۸۸). تحلیل عوامل مؤثر بر گسترش گردشگری در ناحیه ساحلی چابهار با استفاده از مدل راهبردی *SWOT*، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال اول، شماره اول، صص ۱۰۷-۱۲۸.
- احمدی، سید مهدی. (۱۳۹۱). تاریخ محلات شهر ساری، پژوهشکده فرهنگی ساری‌شناسی، انتشارات آوای مسیح، چاپ سوم.
- اطمینانی، رویا و سلطانی، علی. (۱۳۹۲). تأثیر توسعه پراکنده مناطق شهری بر الگوی سفرهای روزانه ساکنین شهرها (بررسی موردی: منطقه یک کلان‌شهر شیراز)، فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، شماره ۱۰، صص ۶۱-۷۰.
- افشار سیستانی، ایرج. (۱۳۷۸). پژوهشی در نام شهرهای ایران، چاپ اول، انتشارات زوزنه
- آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی‌زا. (۱۳۹۰). شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران.



اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار

The 1st National Conference on Geography, tourism, natural resources and sustainable development

- جی ونگ، تای و یوئن، بلیندا. (۱۳۹۲). برنامه‌ریزی شهر اکولوژیک سیاست‌ها، تجارب و طراحی، ترجمه محمد رحیم رهنما و الهه کریمی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.
- حسین زاده دلیر، کریم و ساسان پور، فرزانه. (۱۳۸۵). روش جاپای اکولوژیک (بوم‌شناختی) در پایداری کلان‌شهرها با نگرش بر کلان‌شهر تهران، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۲ (علمی - پژوهشی)، صص ۸۳-۱۰۱.
- خیرخواه، زلیخا. (۱۳۹۱). راهبرد توسعه شهری، مطالعات موردی: شهر ساری، چهارمین همایش ملی سراسری دانشجویی جغرافیا، تهران.
- رضوانی، محمدرضا و همکاران. (۱۳۸۹). جاپای بوم‌شناختی؛ رویکردی نو برای سنجش اثرات زیست‌محیطی (مفهوم، کاربرد و سنجش آن)، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۲۰، صص ۱۴۵-۱۶۶.
- سالنامه آماری استان مازندران. (۱۳۹۰). استناداری مازندران - معاونت برنامه‌ریزی، دفتر آمار و اطلاعات.
- سجادی، ژیلا و رضویان، محمدتقی و پهلوانی، عباس. (۱۳۹۰). تقسیمات کشوری و توسعه پایدار شهری با رویکرد بوم‌شناختی، مورد: بجنورد، پژوهش‌های دانش زمین، سال دوم، شماره ۵۰، صص ۱۵-۲۷.
- سردارآبادی، دانیال و دیگران. (۱۳۹۳). رویکردهای جای پای اکولوژیکی برای سنجش توسعه پایدار، دومین همایش ملی و تخصصی پژوهش‌های محیط زیست ایران.
- سرشماری عمومی نفوس و مسکن سالهای ۱۳۳۵-۱۳۹۰، شهرستان ساری. معاونت برنامه‌ریزی.
- شکور، علی و دیگران. (۱۳۹۰). ارزیابی و سنجش چگونگی پایداری گردشگری در بهشت گمشده بوان ممسنی با استفاده از مدل ردپای اکولوژیک، فصلنامه علمی و پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، سال دوم، شماره سوم.
- صمدپور، پریماه و فریادی، شهرزاد. (۱۳۸۷). تعیین ردپای اکولوژیک در نواحی شهری پرتراکم و بلندمرتبه (نمونه مورد مطالعه: محله الهیه تهران)، نشریه محیط‌شناسی، دوره ۳۳، شماره ۴۵، صص ۶۳-۷۲.
- فتایی، ابراهیم و دیگران. (۱۳۹۲). تعیین جای پای بوم‌شناختی شهر اردبیل، سومین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست.
- قرخلو، مهدی و دیگران. (۱۳۹۲). ارزیابی پایداری توسعه شهری با روش جاپای اکولوژیکی (نمونه موردی: شهر کرمانشاه)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۵، شماره ۲، صص ۱۰۵-۱۲۰.
- متینا، معمار و غفاری، الهام. (۱۳۹۲). ارزیابی زیست‌محیطی تراکم جمعیت با روش ردپای اکولوژیکی (نمونه موردی منطقه ۹ شهر مشهد)، اوپین همایش سراسری محیط‌زیست، انرژی و پدافند زیستی.
- مهندسین مشاور مازندطرحد. (۱۳۹۰). طرح جامع شهر ساری، جلد سوم: گزارش تشریحی بررسی و شناخت شهر: مطالعات کالبدی شهر.
- نیساری، سیروس. (۱۳۵۰). کلیات جغرافیای ایران، تهران.
- Wackernagel, Mathis. (1997). Ecological Footprint of Nation, www.ecouncil.ac.cr/rio/focus/report/english footprint.
- World Wide Fund for Nature, (2000), Living planet Report 2000
- Wackernagel, Mathis, and Rees, William, (1996), our Ecological footprint, educating human Impact on the earth.