

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۲۲، بهار ۱۳۹۶

وصول مقاله: ۱۳۹۵/۳/۱۲

تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۹/۵

صفحات: ۴۰ - ۲۱

## ارزیابی جای پای اکولوژیکی برای دستیابی به حمل و نقل سبز شهری با معرفی استراتژی ASI مورد شناسی: شهر ساری\*

معصومه براری<sup>۱</sup>، دکتر محمدتقی رضویان<sup>۲</sup>، دکتر جمیله توکلی‌نیا<sup>۳</sup>

### چکیده

رشد روزافزون جمعیت شهر ساری و در پی آن ازدیاد تعداد وسایل نقلیه درون شهری، مشکل حمل و نقل و ترافیک را به یکی از اصلی‌ترین مشکلات و متعاقباً انواع پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی و در نهایت، تهدید سلامتی و آسایش شهروندان تبدیل کرده است. تحقیق حاضر با هدف بررسی روند پایداری وسایل حمل و نقل و عوامل تأثیرگذار بر حمل و نقل پایدار، کاربردی و روش مورد استفاده توصیفی - تحلیلی است. برای جمع‌آوری اطلاعات از مطالعات کتابخانه‌ای، اسنادی - آماری و میدانی استفاده شده است. برای تجزیه و تحلیل یافته‌ها، ابتدا با روش جای پای اکولوژیکی (EFA)، روند پایداری وسایل حمل و نقل شهر ساری در سال ۱۳۹۴ مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج حاصل با استاندارد جهانی مورد مقایسه و در ادامه برای وزن‌دهی عوامل تأثیرگذار بر حمل و نقل پایدار که مربوط به استراتژی ASI می‌باشد، از مدل تاپسیس استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در شهر ساری مینی‌بوس، بیشترین میزان جای پای بوم‌شناختی را با (۰/۰۰۰۴۸) هکتار به خود اختصاص داده و کمترین مقدار نیز مربوط به اتوبوس با جای پای بوم‌شناختی (۰/۰۰۰۰۲۷) هکتار است. مقایسه میزان جای پای وسایل حمل و نقل شهری با مقادیر استاندارد نیز حاکی از آن است که به جز اتوبوس، سایر شیوه‌های حمل و نقلی شهر ساری از میزان جای پای بیشتری نسبت به استاندارد جهانی (۲۰۱۱) برخوردارند. همچنین، عوامل تأثیرگذار بر حمل و نقل پایدار شهر ساری براساس آراء متخصصان و مدل تاپسیس، منعکس‌کننده این مطلب است که قراردادن حمل و نقل غیرموتوری در رأس طرح‌های جامع حمل و نقل، اختصاص بیشتر ظرفیت خیابان‌ها به انواع سیستم حمل و نقل پاک و همگانی و تشویق افراد به انجام سفرهای ضروری با حمل و نقل همگانی، به ترتیب با کسب امتیازهای (۰/۷۲۴)، (۰/۶۵۴) و (۰/۶۲۴) بیشترین نقش را در حمل و نقل سبز شهر ساری داشته‌اند.

کلید واژگان: ارزیابی، جای پای اکولوژیکی، حمل و نقل سبز، استراتژی ASI، شهر ساری.

\* این مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده مسؤول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه شهید بهشتی (نویسنده مسؤول)

۲- استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۳- دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

## مقدمه

راهبرد توسعه پایدار شهری در جهان کنونی، حاصل فرهنگ به‌کارگیری شناخته‌های بشر از محیط شهری است. در این نظریه، موضوع نگهداری منابع برای حال و آینده از طریق استفاده بهینه از زمین و وارد کردن کمترین ضایعات به منابع تجدیدنپذیر مطرح است (زیاری، ۱۳۸۹: ۱۷). حمل و نقل نیز به‌عنوان یکی از بخش‌های توسعه پایدار، به‌صورت همزمان زمینه‌ساز توسعه و اثرپذیر از آن بوده و این موضوع، سبب توجه بیشتر برنامه‌ریزان به مقوله حمل و نقل شده است (استادی‌جعفری و رصافی، ۱۳۹۱: ۱۲). در حال حاضر، بیش از نیمی از جمعیت جهان شهری است و با توجه به گزارش سازمان شهرهای جهانی<sup>۱</sup>، فعالیت‌های اقتصادی شهری ۵۵ درصد تولید ناخالص ملی در کشورهای کمتر توسعه‌یافته، ۷۳ درصد در کشورهای که از لحاظ توسعه‌یافتگی در جایگاه متوسطی هستند و ۸۵ درصد در کشورهای پیشرفته را تشکیل می‌دهند (سوخدوف، ۲۰۰۹: ۱) و حمل و نقل شهری به‌عنوان یکی از عوامل مهم حیات و رشد اقتصادی شهر، موثرترین جزء حمل و نقل مطرح می‌باشد، به‌طوری که در شهرهای کشورهای در حال توسعه اغلب بین ۱۵ تا ۲۵ درصد بودجه، بین ۸ تا ۱۶ درصد درآمد خانوارها و بیش از ۳۳ درصد سرمایه‌گذاری‌ها در زیرساخت‌های شهری در بخش حمل و نقل صورت می‌گیرد (بانک جهانی)؛ اما با وجود اهمیت این سیستم‌ها در زندگی روزمره شهروندان، الگوهای رایج حمل و نقل منجر به تحمیل هزینه‌های سنگین زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی می‌شود. حمل و نقل سبز (پایدار)، حمل و نقلی است که از پایداری زیست‌محیطی از طریق حمایت از اقلیم جهانی، اکوسیستم، سلامتی عامه و منابع طبیعی و دو قطب دیگر پایداری به‌ویژه قطب اقتصادی (حمل و نقل عادلانه، کارآمد و قابل دسترس برای همگان و حامی اقتصاد رقابتی پایدار از طریق توسعه منطقه‌ای متعادل و ایجاد مشاغل مناسب) و قطب اجتماعی (برآوردن نیازهای پایه و توسعه‌ای

افراد، مؤسسات و جامعه به روشی ایمن و منطبق با سلامت انسان و اکوسیستم و حمایت از کاهش فقر و ایجاد عدالت بین نسلی) حمایت می‌کند. می‌توان گفت، حمل و نقل پایدار نه تنها به دنبال کاهش گازهای گلخانه‌ای، آلودگی‌های هوا و آلودگی‌های صوتی و ترافیک است؛ بلکه کاهش فقر و حمایت از رشد اقتصادی را نیز در نظر می‌گیرد (بونگارت و شالنتبرگ، ۲۰۱۱: ۱). امروزه در شهرهایی که سیستم‌های ناپایدار حمل و نقل در حال شکل‌گیری است، توسعه حمل و نقل اغلب به غلط به فعالیت‌هایی نظیر ساخت‌وساز پل‌ها، عریض نمودن جاده‌ها و ایجاد سیستم‌های حمل و نقل سریع تعبیر می‌شود. اگرچه حمل و نقل پایدار شامل همه این تکنیک‌ها می‌شود؛ ولی فقط زمانی سیستم حمل و نقل، پایدار تلقی می‌شود که به‌طور همه جانبه، کلیه جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را مورد توجه قرار دهد (محرم‌نژاد و احمدی، ۱۳۸۵: ۳). برای این منظور، با توجه به اینکه در دهه‌های اخیر شاخص‌ها و مفاهیم گوناگونی برای اندازه‌گیری و ارزیابی پایداری در سطوح شهری ارائه شده است، شاخص جای پای بوم‌شناختی، مدل کمی مناسبی برای اندازه‌گیری توسعه پایدار جوامع و شهرها و در پژوهش حاضر (ارزیابی جای پای اکولوژیکی برای دستیابی به حمل و نقل سبز شهری) به‌شمار می‌رود. جای پای اکولوژیکی اصولاً برای ارزیابی ظرفیت بوم‌شناختی، ظرفیت نهایی اکولوژیکی و همچنین توسعه پایدار به‌کار برده می‌شود (ژانگ، ۲۰۰۵: ۱۱). این شاخص نشان داده است که مصرف انرژی و بهره‌برداری از منابع را می‌توان به‌طور مستقیم با زمین‌های اختصاص داده شده به هرکدام از کاربری‌ها در شهر، منطقه و یا کشور مرتبط کرده و مورد ارزیابی قرار داد (Gottlieb et al, 2012:13). هم‌اکنون در بسیاری از کشورها و شهرهای دنیا برای ارزیابی توسعه پایدار منابع در سطح ملی و محلی، این روش به‌کار گرفته می‌شود. در این پژوهش شهر ساری به‌عنوان مرکز، پرجمعیت‌ترین شهر استان مازندران و

و مهمترین عوامل تأثیرگذار بر حمل و نقل سبز شهر ساری کدام عوامل هستند؟

### مبانی نظری و پیشینه تحقیق

شاخص جای پای بوم‌شناختی در اوایل دهه ۱۹۹۰ توسط ویلیام ریز و ماتیس و اکرناگل ارائه شد و به سرعت به عنوان یک شاخص توسعه پایدار مورد پذیرش قرار گرفت (بارت، کراکت و بیرچ، ۲۰۰۱: ۲۴۷-۲۳۴). هم‌اکنون این روش به طور عمومی در سطح جهانی و ملی به کار می‌رود (ریز، واکرناگل، ۱۹۹۶: ۲۲۶). ایده اولیه جای پای بوم‌شناسی این است که هر فرد فرایند، فعالیت و منطقه‌ای از کره زمین، نوعی ارتباط با زمین دارد که این ارتباط از طریق استفاده از منابع، تولید مواد زائد و استفاده از خدمات تولید شده توسط طبیعت است.

از آنجایی که تعبیر جای پای اکولوژیکی به عنوان شاخص پایداری، منجر به معرفی ایده «ظرفیت تحمل» یا «ظرفیت بُرد» در بوم‌شناختی که عبارت است از «حداکثر جمعیتی که زمین می‌تواند نیازهای آنها را به طور نامحدود تأمین کند»، شده است (مکدونالد، پترسون، ۲۰۰۴: ۶۵). با تجزیه و تحلیل جای پای اکولوژیکی، می‌توان وسعتی از زمین برای تأمین نیاز و ساکنان در محدوده‌های مشخص زمین برآورد کرد (ویلسون و انیلسکی، ۲۰۰۵: ۱۲) و با اندازه‌گیری و سنجش جای پای بوم‌شناختی یک جمعیت (فرد، شهر، جامعه شهری یا کشور) که اصولاً برای ارزیابی ظرفیت بوم‌شناختی، ظرفیت نهایی اکولوژیکی و همچنین توسعه پایدار به کار برده می‌شود (ژانگ، ۲۰۰۵: ۱۱)، نشان داد که در کدام ناحیه و کجا، بر منابع طبیعی فشار وارد می‌شود (سرای و زارعی فرشاد، ۱۳۹۰: ۹۹). جای پای بوم‌شناختی، پیش‌درآمد و یکی از ابزارهای مهم و کارآمد در برنامه‌ریزی است که به تحقق پایداری کمک می‌کند. این مفهوم، در عین سادگی، دارای جامعیت رویارویی با محیط است. این روش، نه تنها در آگاه‌سازی و تصمیم‌گیری تأثیر بسزایی دارد؛ بلکه در نهایت، پایداری فعالیت‌های جاری انسان را نیز ارزیابی می‌کند

همچنین مهمترین قطب تجاری، اداری و تمرکز خدمات و امکانات، از جمله فضاهای جغرافیایی است که با وجود توان‌های بالقوه زیاد، با توجه به رشد کالبدی و فضایی گسترده و در پی آن افزایش مالکیت خودرو در استان، قدمت و پیچیدگی معابر شهری، کم‌عرض بودن معابر، کمبود سامانه‌های حمل و نقل عمومی، نقص و کمبود زیرساخت‌ها، نبود استانداردهای لازم در زیرساخت‌های حمل و نقل، گرایش به استفاده از حمل و نقل شخصی به جای حمل و نقل عمومی، نبود و یا کمبود فضاها و حتی آیین‌نامه‌هایی که حمل و نقل عمومی و سبز مثل پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری را ترغیب می‌کند، عدم ایمنی اجتماعی براساس میزان تصادفات رخ داده در مناطق فقیرنشین شهری و عدم دسترسی برابر به حمل و نقل شهری در بین اقشار مختلف جامعه و به دنبال آن، انواع پیامدهای زیست‌محیطی از جمله: افزایش مصرف سوخت، هدر رفتن سرمایه‌های طبیعی، بروز آلودگی‌های مختلف به ویژه آلودگی هوا، کاهش کیفیت محیط زیست شهری و در نهایت، تهدید سلامتی و آسایش شهروندان می‌باشد. بدیهی است که با افزایش و رشد جمعیت در سال‌های آینده، فراوانی و بزرگی مشکلات حمل و نقل درون‌شهری نیز افزایش خواهد یافت؛ بنابراین، با توجه به مسایل و چالش‌های یاد شده، در جهت برون‌رفت از این چالش، هدف اصلی این پژوهش ارزیابی روند پایداری وسایل مختلف حمل و نقل در سال ۱۳۹۴ و مقایسه آن با سطح استاندارد جهانی و در نهایت، وزن‌دهی عوامل تأثیرگذار بر حمل و نقل پایدار - که مربوط به استراتژی ASI بوده - و ارائه راهبردها و به دنبال آن، پیشنهادهایی مؤثر برای ایجاد و گسترش حمل و نقل سبز در شهر ساری - که جنبه نوآوری این پژوهش طبق پیشنهاد برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد را نسبت به سایر تحقیقات مشابه در این زمینه نمایان می‌سازد - می‌باشد. در این تحقیق برآنیم تا به این سؤالات پاسخ دهیم که آیا وسایل حمل و نقل درون‌شهری ساری، روند پایداری را طی می‌کنند؟

(پهنه‌های آبی)، زمین مورد نیاز برای انرژی و زمین ساخته شده (ساختمان‌ها، جاده‌ها و غیره)، اما دیدگاه استقرایی یا جزء به جزء یک روش غیرمتمرکز - پایین به بالا - دارد. در این دیدگاه با توجه به برخوردهای بوم‌شناختی فعالیت‌های خاص؛ مانند حمل و نقل و استفاده از انرژی و غیره، بوم‌شناسی مکان خاصی را محاسبه می‌کنند (Simmons et al, 2000:378). این دیدگاه بیشتر برای محاسبه جای‌پای بوم‌شناختی مناطق و شهرها و به‌طور کلی در سطح بزرگ‌مقیاس مناسب است.

(Holden, 2004: 98). دو دیدگاه اصلی برای محاسبه روش جای پای اکولوژیکی، دیدگاه قیاسی و استقرایی است. دیدگاه قیاسی یا ترکیبی، توسط بنیانگذاران مدل جای پای بوم‌شناختی، یعنی ریز و واکرناگل گسترش یافته است. این دیدگاه یک روش متمرکز - بالا به پایین - دارد و برای محاسبه جای‌پای بوم‌شناختی از داده‌های ملی استفاده می‌کند. این روش بیشتر در سطح جهانی و ملی و به‌طور کلی، در سطح کوچک مقیاس کاربرد دارد. منابع مورد مطالعه در پنج گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شود: زمین‌های تولیدی (کشاورزی، مرتع و جنگل)، تولید زیستی دریا

جدول ۱. جزئیات روش استقرایی

برق (تولید داخلی)	گاز (تولید داخلی)	برق (غیره)	گاز (غیره)	مسافرت با ماشین
مسافرت با اتوبوس	مسافرت با هواپیما	حمل و نقل جاده‌ای	حمل و نقل ریلی	حمل و نقل دریایی
حمل و نقل هوایی	محصولات غذایی	تولید چوب	مواد زائد بازیافت شده (شیشه)	مواد زائد بازیافت شده (کاغذ و کارت)
مواد زائد بازیافت شده (فلزات)	مواد زائد بازیافت شده (کامپوزیت)	مواد زائد بازیافت شده (دیگر)		آب
مواد زائد (دیگر)	مواد زائد (خانگی)	مواد زائد (تجاری)		

منبع: (Simmons et al, 2000:378)

تحلیل ردپای اکولوژیکی علی‌رغم کاربردهای گسترده آن همانند بسیاری از روش‌ها و مدل‌های تحلیلی دیگر، دارای مزیت‌ها و معایبی است که در جدول زیر به اختصار به این موارد اشاره شده است.

جدول ۲. مزایا و معایب تحلیل جایگاه بوم‌شناختی

مزایا	معایب
* ردپای اکولوژیکی، شاخصی جمعی ارائه می‌دهد که هم از نظر علمی قدرتمند بوده و هم شناخت و درک آن توسط افراد غیرمتخصص آسان است.	* روش جای پای بوم‌شناختی تنها شامل مصرف و ضایعاتی است که مستلزم نواحی زمین است.
* از این روش می‌توان برای برای سطوح مختلف مصرف (از یک فرد تا سطح یک کشور و حتی جمعیت جهان) استفاده کرد.	* مشکل‌آفرین‌ترین بُعد و جنبه، ایده جمع‌بندی گروه‌های مختلف زمین در یک عدد واحد است.
* ردپای اکولوژیکی، امکان ترکیب گروه‌های مختلف مصرف و نیز اثرات محیطی آن را در یک تحلیل واحد میسر می‌سازد.	* این شاخص، بیشتر روی مسائل کمی تأکید دارد و کمتر مسائل کیفی را در نظر می‌گیرد.
* از آنجایی که این روش یک مقدار واحد ارائه می‌کند؛ بنابراین قابلیت مقایسه‌های کلی و جزئی را دارد.	* شاخص ردپای اکولوژیکی، تغییر فناوری را نادیده می‌گیرد.
* در این روش عدالت اجتماعی نیز مدنظر قرار می‌گیرد.	* این شاخص در سطح منطقه‌ای بیشتر مبتنی بر احتمالاتی است که اتفاق می‌افتد که قسمتی از آن ناشی از کمبود اطلاعات در سطح محلی و منطقه‌ای است.
* تحلیل جای‌پای بوم‌شناختی هم روش آموزشی بوده و هم انگیزه‌بخش است.	

منبع: حبیبی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۰۲

بالای انرژی (به‌عنوان مثال خودروی شخصی) به‌سوی الگوهایی است که بیشتر حامی محیط زیست‌اند. به‌خصوص حمل و نقل غیرموتوری (شامل پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری) و حمل و نقل عمومی (اتوبوس، مینی‌بوس، مترو و ...) گزینه‌هایی هستند که بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند. دستیابی به این الگوها معمولاً نیازمند سرمایه‌گذاری‌های اساسی در زیرساخت‌هاست.

۳- بخش «ارتقاء یا بهبود»، بر کارایی وسایل نقلیه و زیرساخت‌های حمل و نقل و همچنین بهینه‌سازی سوخت مصرفی تمرکز می‌کند. هدف از این بخش، بهبود کارایی الگوهای حمل و نقل از لحاظ انرژی و تکنولوژی وسایل نقلیه مربوط، به‌منظور کاهش اثرات تخریبی زیست‌محیطی مختلف مانند آلودگی و تقلیل منابع است. بهبود اقتصادی سوخت موتورهای رایج، کاهش وزن وسایل نقلیه و توسعه گزینه‌های پیشنهادی جایگزین مانند خودروهای الکتریکی و هیبریدی، سوخت‌های زیستی و فناوری‌های سوخت هیدروژن و غیره، همه نمونه‌هایی از این استراتژی می‌باشند. در مجموع، این بخش به‌دنبال بهره‌وری بیشتر از طریق بهبود کارایی خودرو، سوخت مصرفی و افزایش سازگاری وسایل نقلیه با محیط زیست است.

با توجه به اینکه سیستم‌های حمل و نقل تفاوت‌های زیادی در سرتاسر دنیا با یکدیگر دارند، سه استراتژی مذکور لازم است در هر منطقه‌ای به‌صورتی اعمال شوند که با بستر و مشکلات اصلی آن منطقه هماهنگی داشته باشند. بسیاری از کشورهای درحال توسعه به‌شدت متکی بر حمل و نقل غیرموتوری هستند؛ بنابراین، برای ایجاد سیستم حمل و نقل پایدارتر در کشورهای درحال توسعه تأکید بر استراتژی‌های انتقال و اجتناب از گزینه ارتقا بیشتر باید باشد (بونگارت و شالنتبرگ، ۲۰۱۱: ۳). به‌طور کلی موضوع حمل و نقل به‌عنوان یکی از عوامل محاسبه جای پای اکولوژیکی (EF) مورد توجه قرار گرفته است؛ از این‌رو، در سال‌های اخیر تحقیقات خارجی و داخلی، هرچند کم، در زمینه ارزیابی و

برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد، استراتژی ASI را با الهام از رهیافت اقتصاد سبز و برپایه اصول توسعه پایدار ارائه می‌دهد که برخلاف رویکرد سنتی است و بر بخش تقاضا تمرکز دارد. رویکرد سنتی در برخورد با افزایش تقاضای بخش حمل و نقل تعریض شبکه معابر موجود و یا احداث معابر جدید بوده است. این رویکرد عرضه‌گرا نه تنها نتایج مثبت مورد انتظار را در پی نداشته است؛ بلکه منجر به تشدید ترافیک و تحمیل بار سنگینی بر شبکه معابر و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای و دیگر ضایعات شده است. به‌منظور دستیابی به اهداف رویکرد مدیریت تقاضا، برنامه محیط زیست سازمان ملل<sup>۱</sup> متحد رویکرد راهبردی «اجتناب»، «انتقال» و «ارتقا» معروف به استراتژی A-S-I را برای کشورهای درحال توسعه پیشنهاد می‌کند. هدف این رویکرد، کاهش قابل توجه انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش مصرف انرژی، ترافیک کمتر و ترویج یک رهیافت جایگزین به‌عنوان راه حلی برای رسیدن به توسعه پایدار در سیستم حمل و نقل و درنهایت ایجاد شهرهای زیست‌پذیر است. این رویکرد راهبردی از سه ابزار اصلی دوری جستن یا اجتناب (Avoid)، تغییر یا نگهداری یا انتقال (Shift) و بهبود یا ارتقا (Improve) تشکیل شده است.

### رویکرد راهبردی ASI: اجتناب، انتقال، بهبود

۱- «اجتناب»، به نیاز برای بهبود کارایی سیستم حمل و نقل و برنامه‌ریزی و مدیریت آن دلالت دارد؛ یعنی اجتناب از ایجاد و تولید سفر یا کاهش تعداد سفرها که از طریق یکپارچه‌سازی برنامه‌ریزی کاربری زمین، برنامه‌ریزی حمل و نقل، طراحی سکونتگاه‌هایی متراکم‌تر و بلندمرتبه‌تر، ایجاد تکنولوژی‌های ارتباط از راه دور مانند تله‌کنفرانس و محلی کردن تولید و مصرف میسر شود و منجر به کاهش تقاضا برای سفر و کاهش مسافت‌ها و فاصله‌ها می‌شود.

۲- «انتقال»، به دنبال افزایش کارایی سفرهاست. در اینجا، هدف تغییر الگوهای حمل و نقل فعلی با مصرف

قرخلو و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی پایداری توسعه شهری با روش جای پای اکولوژیکی در شهر کرمانشاه» به این نتیجه رسیده‌اند که جای پای اکولوژیکی ۱/۸۲ هکتاری شهر کرمانشاه ۲/۳۷۵ برابر با بیش از ظرفیت زیستی قابل تحمل کشور است و با ادامه روند کنونی مصرف، شهر کرمانشاه برای تأمین غذا و انرژی و زمین مورد نیاز برای جذب دی‌اکسیدکربن به فضایی به حدود ۱۸۰ برابر مساحت فعلی خود نیازمند است. این پژوهش پارامترهای آب و انرژی توسعه پایدار شهری را با استفاده از شاخص جای پای بوم‌شناختی مدنظر قرار داده است.

خاکساری و آتشبار (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با عنوان حمل و نقل پایدار و سیاست‌هایی برای رسیدن به آن با معرفی استراتژی ASI، ضمن بررسی جدیدترین سیاست‌ها و راهکارهای علمی و عملی برای رسیدن به حمل و نقل پایدار، مناسب‌ترین استراتژی برای کشورمان را تغییر ساختار شهری و کاربری اراضی، تغییر استفاده از وسایل نقلیه شخصی، مدیریت تقاضای سفر، ارتقای کیفیت زیست‌محیطی و پایدارترین شیوه حمل و نقل را به شیوه پیاده و دوچرخه و بعد از آن حمل و نقل عمومی دانستند.

یزدان‌پناهی و ملکی (۱۳۹۰)، در مقاله‌ای با عنوان «بررسی جایگاه حمل و نقل در توسعه اقتصادی پایدار شهری» اینگونه نتیجه‌گیری می‌کنند که در کشور ما به دلیل توسعه محدود تکنولوژی‌های مربوط به حمل و نقل سبز، گزینه انتقال و تا حدی اجتناب در اولویت اجرایی قرار دارد و در همین راستا، تمرکز سیاست‌های اجرایی باید بر اصلاح مدیریت تقاضای حمل و نقل، توسعه حمل و نقل عمومی با کیفیت بالا و فراهم‌آوری زیرساخت‌های دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی متمرکز باشد. درنهایت، بررسی‌های انجام شده بر روی مشکلات عمده کلان‌شهر مشهد نیز مؤید این موضوع است که به‌کارگیری اقداماتی درجه‌ت رسیدن به اهداف گزینه انتقال، نه تنها در کوتاه مدت باعث حل برخی مشکلات ترافیکی می‌شود؛ بلکه در دراز مدت زمینه را

سنجش اثرات استفاده از شیوه‌های حمل و نقل بر محیط زیست شهری با استفاده از مدل جای پای بوم‌شناختی صورت گرفته است، اما پرداختن به مبحث حمل و نقل پایدار از منظر تلفیقی جای پای اکولوژیکی و استراتژی ASI، مطلبی است که برای نخستین بار در این پژوهش به آن پرداخته شده است.

تیموری (۱۳۹۳)، ردپای اکولوژیک گاز دی‌اکسیدکربن سوخت‌های فسیلی شهر شیراز را با هدف محاسبه مقدار اراضی جنگلی برای جذب میزان گاز دی‌اکسیدکربن منتشر شده از سوخت‌های فسیلی با استفاده از روش ردپای اکولوژیک پرداخت و نشان داد که هر شهروند شیرازی به ۵۱/۷۸ متر مربع سرانه فضای سبز به‌منظور جذب گاز دی‌اکسیدکربن نیاز دارد و شهرداری موظف است با توسعه فضای سبز موجود، حجم و سرانه این کاربری را برای کاهش جای پای گاز دی‌اکسیدکربن افزایش دهد.

رهنما و عبادی‌نیا (۱۳۹۳)، به تحلیل پایداری حمل و نقل شهر مشهد با استفاده از روش جای پای بوم‌شناختی پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که این شهر با مصرف بیش از ۳۱ میلیون گیگاژول انرژی در سال برای برطرف ساختن نیاز به سوخت مصرفی در حمل و نقل، رقمی معادل ۴۹۷۵۵۵۴ تن کربن تولید می‌کند و معادل سرانه بوم‌شناختی آن به‌ازای هر ۱۰۰ گیگاژول در هکتار، ۰/۱۱ هکتار برای هر فرد است.

حبیبی و همکاران (۱۳۹۲)، ارزیابی ردپای بوم‌شناختی را به‌منظور رویکردی نوین برای برنامه‌ریزی حمل و نقل پایدار برای شهر ارومیه بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین ردپای بوم‌شناختی در شهر ارومیه مربوط به مینی‌بوس (۵۵۰۰۰۰ هکتار) و کمترین مقدار نیز مربوط به موتورسیکلت (۱۶۰۰۰۰ هکتار) است. مقایسه نتایج میزان ردپای وسایل حمل و نقل شهری با مقادیر استاندارد نیز حاکی از آن است که به جز اتوبوس، سایر شیوه‌های حمل و نقل شهر ارومیه از میزان ردپای بیشتری نسبت به استانداردهای جهانی برخوردارند.

نقل عمومی پایدار و کمک به مدیران در فرایند تصمیم‌گیری هزینه‌های زیست‌محیطی است. آموکدزی و همکارانش (۲۰۰۹)، در پژوهش خود با استفاده از مدل جای پای بوم‌شناختی به بررسی میزان پایداری شیوه‌های حمل و نقل بین شهری در شهرهای آتلانتا و شیکاگو پرداخته‌اند. آنان در این پژوهش با استفاده از رویکردی جدید، ابتدا میزان جای پای بوم‌شناختی وارد بر هر کدام از مسیرهای بین دو شهر آتلانتا و شیکاگو را محاسبه کرده و سپس با سنجش میزان جای پای مربوط به هر کدام از وسایل حمل و نقل بین شهری (تاکسی، اتوبوس، قطار و ...) رابطه بین این دو (مسیرها و وسایل نقلیه) را بررسی کرده و با استفاده از رابطه موجود بین آنها، تناسبی بهینه در شیوه‌های حمل و نقلی برای سال ۲۰۲۰ برآورد کرده‌اند.

چی و استون (۲۰۰۵) در پژوهش خود میزان جای پای بوم‌شناختی ناشی از ساخت بزرگراه‌ها و مسیرهای شهری را مورد سنجش و ارزیابی قرار داده و سعی کرده‌اند تا با استفاده از این امر، تأثیرات ساخت مسیرهای جدید را در شهرستان هوگتاون در ایالت میشیگان آمریکا مشخص کنند. چی و استون بر این عقیده‌اند که پژوهش آنها مشخص کرده است که با افزایش تعداد خودروهای دیزلی در هر کدام از مسیرها، میزان جای پای مربوط به آن مسیر افزایش خواهد یافت؛ زیرا وسایل نقلیه دیزلی علاوه بر آنکه آلودگی زیادی بر محیط تحمیل می‌کنند، باعث تخریب مسیرهای شهری نیز می‌شوند.

#### محدوده مورد مطالعه

شهر ساری، مرکز استان مازندران است. این شهر در ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است که بر سر راه ارتباطی (تجاری، گردشگری و زیارتی) مرکز ایران با بخش‌های شرقی استان مازندران و استان خراسان به‌ویژه مشهد قرار دارد (شکل ۱).

برای ورود تکنولوژی‌های حمل و نقل سبز جدید، اجرایی کردن گزینه‌های ارتقایی و درپایان، رسیدن به حمل و نقل پایدار فراهم می‌سازد.

فریادی و صمدپور (۱۳۸۹) در مقاله‌ای با عنوان «تعیین تناسب بهینه استفاده از انواع شیوه‌های حمل و نقل با هدف کاهش جای پای اکولوژیکی در شهر تهران» با استفاده از روش جای پای اکولوژیکی مقدار مصرف سوخت انواع وسایل نقلیه به‌ازای هر مسافر و سپس مقدار زمین معادل را که تأمین‌کننده میزان سوخت برای هر فرد است، محاسبه کرده و نشان داده‌اند که مترو با کسب  $0/03$  متر مربع زمین به‌ازای هر مسافر، کمترین مقدار مصرف را معادل مقدار مصرف  $1400$  مسافر خودروی شخصی که بیشترین مقدار مصرف را داراست، به خود اختصاص داده است.

تولگارکان و همکاران (۲۰۱۶)، در مقاله‌ای با عنوان «بررسی کاهش جای پای کربن حمل و نقل عمومی در ایالات متحده آمریکا با رویکرد سیستم پویا» به این نتیجه رسیدند که به‌منظور کاهش مصرف سوخت و انتشار  $CO_2$  روند سناریوهای بلند پروازانه باید اجرا شود؛ به عنوان مثال، افزایش ۹ درصدی مسافران حمل و نقل عمومی، پتانسیل کاهش انتشار گاز  $CO_2$  به‌میزان  $766000$  تن در سال  $2050$  را دارد، در حالی که یک افزایش  $25\%$  در مسافران به‌طور بالقوه می‌تواند  $61300000$  تن انتشار گاز  $CO_2$  را کاهش دهد.

چی یاهو یانگ و همکاران (۲۰۱۶)، در مقاله‌ای با عنوان «جای پای کربن با محدودیت هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت تصمیم‌گیری پروژه‌های زیربنایی حمل و نقل عمومی پایدار» این‌گونه نتیجه‌گیری می‌کنند که چشم‌انداز حمل و نقل پایدار و معیار کاهش مصرف انرژی ترافیک مهمترین عوامل ارزیابی هستند و اینکه پروژه ریل نوری تام‌های (TLR) و پروژه بزرگراه تام‌بای (TF)، تاکنون نمونه کارهای بهینه‌ای از پروژه‌های زیربنایی حمل و نقل پایدار با تقویت ارتباط بین ارزیابی هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت پایدار و جای پای کربن در چرخه زندگی بودند. رویکرد یکپارچه ابزاری کاربردی و مفید در جهت پروژه‌های زیربنایی حمل و

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، سال هفتم، شماره ۲۲، بهار ۱۳۹۶

مناطق سه‌گانه شهرداری ساری است. در سال ۱۳۹۱ جمعیت شهر ساری ۲۹۹۵۲۶ نفر و مساحت آن نیز ۱۰۷۷۵۳ هکتار بوده است (سالنامه آماری استان مازندران، ۱۳۹۱).

شهر به‌عنوان مرکز و پرجمعیت‌ترین شهر استان مازندران و همچنین مهم‌ترین قطب تجاری، اداری و تمرکز خدمات و امکانات دارای بیشترین وسایل نقلیه در استان است. محدوده مورد مطالعه در این تحقیق،



شکل ۱. موقعیت شهر ساری در شهرستان و استان مازندران

تهیه و ترسیم: (سالنامه آماری استان مازندران، ۱۳۹۱)

جدول ۳ نشان داده شده است. براساس این جدول تاکسی و آژانس، خودروی شخصی، اتوبوس، مینی‌بوس و موتورسیکلت به ترتیب بیشترین سهم را در جابه‌جایی روزانه مسافران درون شهری در سال ۱۳۹۴ در شهر ساری دارند.

حمل و نقل و جابه‌جایی در شهر ساری با استفاده از وسایل مختلف حمل و نقل درون‌شهری مانند اتوبوس، مینی‌بوس، تاکسی، آژانس، مسافرهای شخصی و ون، خودروهای شخصی و موتورسیکلت صورت می‌گیرد. توزیع سفرهای روزانه و عملکرد و سهم هر یک از وسایل نقلیه در جابه‌جایی مسافر در شهر ساری در

جدول ۳. توزیع سفرهای روزانه و عملکرد جابه‌جایی وسایل نقلیه در سال ۱۳۹۴ در شهر ساری

سهم یک مسافر از سفر	جابه‌جایی روزانه		سفرهای روزانه		وسیله
	درصد	تعداد	درصد	تعداد	
۰/۶۲۴	۶/۶۶	۵۰۳۳۴	۵/۱۵	۳۱۳۹۰	اتوبوس
۰/۴۷۷	۱/۳۲	۹۹۵۰	۰/۷۸	۴۷۴۵	مینی‌بوس
۰/۶۷	۴۸/۷۸	۳۶۸۷۰۰	۴۰/۴۹	۲۴۷۰۳۰	انواع تاکسی، آژانس، ون
۱	۴۱/۳۳	۳۱۲۴۰۰	۵۱/۲۰	۳۱۲۴۰۰	انواع سواری‌های شخصی و وانت
۱	۱/۹۲	۱۴۵۰۰	۲/۳۸	۱۴۵۰۰	موتورسیکلت
-----	۱۰۰	۷۵۵۸۸۴	۱۰۰	۶۱۰۰۶۵	جمع

منبع: (سازمان حمل و نقل و ترافیک شهر ساری، ۱۳۹۴)

### روش تحقیق

روش مورد استفاده در این تحقیق به صورت روش توصیفی - تحلیلی با تکیه بر مطالعات اسنادی و میدانی (مصاحبه) است. داده‌های پژوهش به طور عمده از نوع کمی است؛ بنابراین ابتدا با بهره‌گیری از مبانی و پیشینه مطالعه، پارامترها و روش مناسب برای ارزیابی جای پای بوم‌شناختی استخراج شده و در نهایت، نیز با استفاده از داده‌ها و آمارهای موجود در طرح جامع حمل و نقل شهر ساری محاسبات لازم صورت گرفته و با محاسبه جای پای بوم‌شناختی هر کدام از شیوه‌های حمل و نقل در شهر ساری میزان پایداری آنها مشخص شده است. با توجه به مطالعات صورت گرفته در این زمینه، ابتدا میزان مصرف بنزین و گازوئیل روزانه برای هر کدام از شیوه‌های حمل و نقلی با استفاده از مطالعات مربوط به طرح جامع حمل و نقل استخراج شده و سپس با استفاده از روش‌ها و متدهای مربوط به جای پای بوم‌شناختی که توسط گوتلیب و کیسنگر و نیز گوزمن و همکاران (۲۰۱۲) ارائه شده است، میزان مصرف سوخت شیوه‌های مختلف حمل و نقل به هکتار زمین مورد نیاز برای جبران آلودگی‌های ناشی از آنها تبدیل و به منظور مشخص کردن میزان پایداری هر کدام از شیوه‌های حمل و نقل، میزان جای پای هر شیوه حمل و نقل با میزان استاندارد جهانی آن که توسط سازمان جهانی محیط زیست و سازمان جهانی جای پا (Global Footprint Network (GFN)) ارائه شده، مقایسه شده است و در نهایت، برای وزن‌دهی عوامل تأثیرگذار بر حمل و نقل پایدار که مربوط به استراتژی

ASI است، از مدل تاپسیس استفاده و به ارائه راهبردها و به دنبال آن پیشنهادهایی مناسب در جهت ایجاد گسترش حمل و نقل سبز در شهر ساری پرداخته شده است.

### نحوه و روش محاسبه جای پای بوم‌شناختی

۱- درج مواردی که در میان تمامی مطالعات مربوط به محاسبه جای پای بوم‌شناختی عمومی است.  
 ۲- درج مواردی در سطح شیوه‌های حمل و نقل شهری که توسط ونوتلیوس، گوتلیب، گوزمن، ریز و ... ارائه شده است.  
 پیرامون گزینه اول همان‌گونه که گفته شد، روش جای پای اکولوژیکی بر این ایده استوار است که برای هر مورد از موارد مصرف انرژی و مواد، مقدار معینی زمین در یک یا چند اکوسیستم مورد نیاز است تا جریان‌های مصرف منابع را فراهم کند. ارزیابی جای پای اکولوژیکی از جمعیت تعریف شده با فضای استقرار و نیازهای مصرفی آن یک روند چندمرحله‌ای است. در مرحله نخست برای محاسبه براساس 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 برحسب 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. جای پای اکولوژیکی در واحد سطح اندازه‌گیری می‌شود. یک واحد سطح برابر است با یک هکتار فضای زیستی

و اما پیرامون گزینه‌ی دو در این زمینه، ابتدا میزان مصرف بنزین و گازوئیل روزانه برای هر کدام از شیوه‌های حمل و نقلی با استفاده از مطالعات مربوط به طرح جامع حمل و نقل استخراج شده و سپس با استفاده از روش‌ها و متدهای مربوط به جای پای بوم‌شناختی که توسط گوتلیب و کیسنگر و نیز گوزمن و همکاران (۲۰۱۲) ارائه شده است، میزان مصرف سوخت شیوه‌های مختلف حمل و نقل به هکتار زمین مورد نیاز برای جبران آلودگی‌های ناشی از آنها تبدیل شده است. از آنجایی که در این پژوهش بعد از ارزیابی روند پایداری وسایل مختلف حمل و نقل به روش جای پای اکولوژیکی در سال ۱۳۹۴ و مقایسه آن با سطح استاندارد جهانی، از وزن‌دهی عوامل تأثیرگذار بر حمل و نقل پایدار که مربوط به استراتژی ASI در جهت رسیدن هر چه بیشتر به حمل و نقل پایدار و سبز در شهر ساری استفاده شده است، به عوامل راهبردی کلی تقاضامحور، در بهبود سیستم حمل و نقل با تأکید بر استراتژی ASI که از سوی برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد پیشنهاد شده است، پرداخته می‌شود:

جدول ۴. عوامل راهبردی پیشنهادی و موثر برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد در بهبود سیستم حمل و نقل شهری با تأکید بر استراتژی ASI

رویکرد	راهبردها
۱.۱	مدیریت یکپارچه حمل و نقل در ارتباط با برنامه‌ریزی کاربری زمین
	مکان‌گزینی صحیح خدمات عمومی
	تشویق توسعه‌های جدید به داشتن فرم‌های فشرده و کاربری‌های مختلط
۱.۲	حمایت از فن‌آوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی (ICT) به منظور کاهش فواصل
	توسعه حمل و نقل عمومی
	ترویج حمل و نقل غیرموتوری (NTM)
۱.۳	مدیریت تقاضای حمل و نقل (TDM)
	ارتقای کارایی سامانه‌های حمل و نقل
	بهبود کیفیت سوخت
	استفاده از سوخت‌های پاک جایگزین
	توسعه حمل و نقل هوشمند

منبع: (UNEP, ۲۰۱۱)

بارور، نسبت به میانگین جهانی بهره‌وری زمین متفاوت است. بارورترین زمین‌ها برای کشت غلات و کم‌بارورترین آنها برای مراتع و چرای دام مورد استفاده قرار می‌گیرند. بدین ترتیب، واحد سطح برابر است با حدود ۰/۳ هکتار از زمین‌های زراعی، نسبت به میانگین جهانی بهره‌وری. همین واحد برابر است با حدود ۰/۶ هکتار از میانگین اراضی جنگلی یا ۲/۷ هکتار از میانگین زمین‌های مرتعی یا ۱۶/۳ هکتار دریا (ساحل)؛ بنابراین یک هکتار زمین کاملاً بارور، نشان‌دهنده 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 جای‌پای اکولوژیکی مناطق و کشورهای مختلف را برحسب انواع کاربری اراضی، اراضی ساخته شده، ظرفیت‌های زیستی و کمبودهای اکولوژیکی برآورد می‌کند (ریز، واکرناگل، ۱۹۹۶: ۲۳۴-۲۲۹).

بر اساس روش کلی ابداعی تعیین ردپای اکولوژیکی توسط ویلیام ریز و واکرناگل (۱۹۹۶)، این محاسبات مراحل اصلی زیر را شامل می‌شوند:

- 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 جای‌پای اکولوژیک هر نفر (EF) از طریق جمع زدن تمامی مناطق اکوسیستم که به هر نفر اختصاص یافته است.
- به دست آوردن جای‌پای اکولوژیک (EFp) برای جمعیت منطقه برنامه‌ریزی شده (N)، با محاسبه حاصل ضرب متوسط جای‌پای هر نفر در اندازه جمعیت (EFp = N × EF) (همان منبع).

## تحلیل یافته‌های تحقیق

نقل شهری ساری در جدول ۵ ارائه شده است. از این مقادیر برای محاسبه میزان جای پای بوم‌شناختی برای هریک از وسایل استفاده شده است.

محاسبه جای پای بوم‌شناختی برای هر شیوه حمل و نقلی میزان مصرف سوخت برای هر کدام از وسایل حمل و

جدول ۵. مصرف سوخت به ازای جابه‌جایی مسافر با انواع وسایل نقلیه

همگانی			شخصی		شرح	
اتوبوس واحد	مینی بوس	اتوبوس سرویس	تاکسی و مسافرکش بنزین سوز	موتورسیکلت		سواری
۰/۰۱۱	۰/۰۲۵	۰/۰۲۴	۰/۰۸۳	۰/۰۴۶	۰/۰۹۷	مصرف سوخت به ازای یک مسافر کیلومتر (لیتر)

منبع: (سازمان حمل و نقل و ترافیک شهر ساری، ۱۳۹۴)

سفرهای انجام شده است. همچنین با توجه به این امر که مقدار پیمایش سفر در شهر ساری برای اتوبوس ۱۰ کیلومتر است؛ در نتیجه،  $۶/۲۴ = ۱۰ \times ۰/۶۲۴$ ، یعنی  $۶/۲۴$  کیلومتر با اتوبوس در روز برای یک مسافر در نظر گرفته می‌شود و با توجه به اینکه میزان مصرف سوخت به ازای یک مسافر در کیلومتر برای اتوبوس  $۰/۱۱$  لیتر است؛ بنابراین:

$$۰/۰۱۱ \times ۶/۲۴ = ۰/۰۶۹ \text{ Litr}$$

در واقع  $۰/۰۶۹$  لیتر سرانه مصرف روزانه گازوئیل برای یک مسافر است. از آنجایی که سوخت گازوئیل در هر لیتر تقریباً برابر با  $۳۶۶۴۲$  واحد گرمای بریتانیا (BTU) تولید می‌کند که در نهایت،  $۱۹/۹۵$  تن کربن در هر میلیارد BTU آزاد می‌شود (Gottlieb et al, 2012:5)؛ در نتیجه:

$$۳۶۶۴۲ \text{ BTU} \times ۰/۰۶۹ \text{ Litr} = ۲۵۱۵ \text{ Litr BTU}$$

$$۱۹/۹۵ \text{ (Tons Carbon/ Billion)} \times ۲۵۱۵ \text{ Litr BTU} \div ۱۰^9 = ۰/۰۰۰۰۵ \text{ TC(Tons Carbon)BTU}$$

در نهایت می‌توان گفت که میزان زمین مورد نیاز برای تأمین سرانه مصرف روزانه گازوئیل برای استفاده از اتوبوس در شهر ساری برابر با  $۰/۰۰۰۰۲۷$  هکتار است.

برای هریک از وسایل نقلیه در شهر ساری براساس اطلاعات به دست آمده از بخش ترافیک شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت در سال ۱۳۹۴، مقدار پیمایش سفر  $۱۰$  کیلومتر است؛ بنابراین با توجه به جدول ۵، مقدار سرانه مصرف سوخت و هکتار زمین تأمین‌کننده آن در هر بخش به صورت زیر محاسبه می‌شود:

## محاسبه جای پای اتوبوس

براساس اطلاعات موجود در جدول ۳ در سال ۱۳۹۴، روزانه  $۵۰۳۳۴$  نفر مسافر به وسیله خطوط اتوبوس شهری جابه‌جا شده‌اند. با توجه به اینکه در همان جدول مشخص شده است که تعداد سفرهای روزانه در سال ۱۳۹۴ برابر  $۳۱۳۹۰$  سفر است و چون معمولاً طی یک سفر چند جابه‌جایی صورت می‌گیرد؛ پس  $۰/۶۲۴ = ۳۱۳۹۰ \div ۵۰۳۳۴$  سهم یک مسافر از

اکنون با توجه به اینکه هر هکتار زمین توانایی جذب  $۱/۸$  تن کربن را دارد؛ در نتیجه:

$$۰/۰۰۰۰۵ \div ۱/۸ = ۰/۰۰۰۰۲۷ \text{ Hec}$$

یعنی  $4/77$  کیلومتر با اتوبوس در روز برای یک مسافر در نظر گرفته می‌شود و با توجه به اینکه میزان مصرف سوخت به ازای یک مسافر در کیلومتر برای مینی‌بوس  $0/025$  لیتر است، پس:  $0/119 \text{ Litr} = 4/77 \times 0/025$ ؛ در واقع  $0/119$  لیتر سرانه مصرف روزانه گازوئیل برای یک مسافر است. از آنجایی که سوخت گازوئیل در هر لیتر تقریباً برابر با  $36642$  واحد گرمای بریتانیا (BTU) تولید می‌کند که در نهایت،  $19/95$  تن کربن در هر میلیارد BTU آزاد می‌شود (Gottelilb et al., 2012:5)؛ در نتیجه:

$$36642 \text{ BTU} \times 0/119 \text{ Litr} = 4370 \text{ Litr BTU}$$

$$19/95 \text{ (Tons Carbon/ Billion)} \times 4370 \text{ Litr BTU} \div 10^9 = 0/00087 \text{ TC(Tons Carbon)BTU}$$

چندین جابه‌جایی صورت می‌گیرد، بنابراین سهم هر مسافر از سفرهای انجام شده با انواع تاکسی در شهر ساری برابر با  $0/67$  است. همچنین، با توجه به اینکه مقدار پیمایش سفر در شهر ساری برای انواع تاکسی  $10$  کیلومتر است، در نتیجه،

تعداد سفرهای روزانه  $\times$  پیمایش سفر در ساری برای انواع تاکسی  $6/7 = 10 \times 0/67$  کیلومتر با تاکسی در روز برای یک مسافر و با توجه به اینکه میزان مصرف سوخت به ازای یک مسافر در کیلومتر برای تاکسی  $0/083$  لیتر است، پس،

$0/56 \text{ Litr} = 6/7 \times 0/083$ ، یعنی  $0/56$  لیتر مصرف روزانه بنزین به ازای یک مسافر. با توجه به اینکه بنزین بدون سرب تقریباً معادل  $33023 \text{ BTU}$  در هر لیتر است که معادل با نرخ  $19/35$  تن کربن آزاد شده در هر میلیارد BTU است (Gottelilb et al., 2012:5).

$$33023 \text{ BTU} \times 0/56 \text{ Litr} = 18000 \text{ Litr BTU}$$

$$19/95 \text{ (Tons Carbon/ Billion)} \times 18000 \text{ Litr BTU} \div 10^9 = 0/00036 \text{ TC(Tons Carbon)BTU}$$

### محاسبه جای پای مینی‌بوس

بر اساس اطلاعات موجود در جدول ۳ در سال ۱۳۹۴، روزانه  $9950$  نفر مسافر به وسیله خطوط مینی‌بوس شهری جابه‌جا شده است. با توجه به اینکه در همان جدول مشخص شده که تعداد سفرهای روزانه در سال ۱۳۹۴ برابر  $4745$  سفر است و چون معمولاً طی یک سفر چند جابه‌جایی صورت می‌گیرد؛ پس  $0/477 = 4745 \div 9950$  سهم یک مسافر از سفرهای انجام شده است. همچنین با توجه به این امر که مقدار پیمایش سفر در شهر ساری برای مینی‌بوس  $10$  کیلومتر می‌باشد؛ در نتیجه  $4/77 = 0/477 \times 10$ ،

اکنون با توجه به اینکه هر هکتار زمین توانایی جذب  $1/8$  تن کربن را دارد. پس:  $0/00048 \text{ Hec} = 1/8 \div 0/00087$

در پایان، می‌توان گفت که میزان زمین مورد نیاز برای تأمین سرانه مصرف روزانه گازوئیل برای استفاده از مینی‌بوس در شهر ساری برابر با  $0/00048$  هکتار است.

### محاسبه جای پای تاکسی

تعداد  $3128$  دستگاه انواع تاکسی در سال ۱۳۹۴ در شهر ساری در حرکت بوده‌اند (سازمان حمل و نقل و ترافیک شهر ساری، ۱۳۹۴). طبق جدول ۳ در سال ۱۳۹۴ روزانه تعداد  $368700$  نفر مسافر با انواع تاکسی جابه‌جا شده و تعداد سفرهای روزانه نیز برابر با  $247030$  بوده است؛ چون معمولاً در طی یک سفر،

به آنکه مقدار پیمایش سفر در شهر ساری برای خودروهای شخصی برابر با ۱۰ کیلومتر است؛ در نتیجه: تعداد سفرهای روزانه  $\times$  پیمایش سفر در ساری برای انواع خودروهای سواری  $10 = 1 \times 10$  کیلومتر با خودروهای شخصی در روز برای یک مسافر و با توجه به اینکه میزان مصرف سوخت به ازای یک مسافر در کیلومتر برای خودروهای شخصی  $0.097$  لیتر است؛ در نتیجه:  $0.097 \text{ Litr} = 10 \times 0.097$ ، یعنی  $0.97$  لیتر مصرف روزانه بنزین به ازای یک مسافر. با توجه به اینکه بنزین بدون سرب تقریباً معادل  $33023 \text{ BTU}$  در هر لیتر است که معادل با نرخ  $19/35$  تن کربن آزاد شده در هر میلیارد BTU است (Gottelieb et al., 2012:5).

$$33023 \text{ BTU} \times 0.97 \text{ Litr} = 32037 \text{ Litr BTU}$$

$$19/95 \text{ (Tons Carbon/ Billion)} \times 32037 \text{ Litr BTU} \div 10^9 = 0.00062 \text{ TC(Tons Carbon)BTU}$$

یک است. از این رو، با توجه به آنکه مقدار پیمایش سفر در شهر ساری برای موتورسیکلت برابر با ۱۰ کیلومتر است.

در نتیجه، تعداد سفرهای روزانه  $\times$  پیمایش سفر در ساری برای موتورسیکلت  $10 = 1 \times 10$  کیلومتر با موتورسیکلت در روز برای یک مسافر و با توجه به اینکه میزان مصرف سوخت به ازای یک مسافر در کیلومتر برای موتورسیکلت  $0.046$  لیتر است؛ بنابراین،  $0.046 \text{ Litr} = 10 \times 0.046$ ، یعنی  $0.46$  لیتر مصرف روزانه بنزین به ازای یک مسافر. با توجه به اینکه بنزین بدون سرب تقریباً معادل  $33023 \text{ BTU}$  در هر لیتر است که معادل با نرخ  $19/35$  تن کربن آزاد شده در هر میلیارد BTU است (Gottelieb et al, 2012: 5).

$$\text{Litr BTU} = 15190 \text{ Litr} \times 0.46 \text{ BTU} = 33023$$

$$19/95 \text{ (Tons Carbon/ Billion)} \times 15190 \text{ Litr BTU} \div 10^9 = 0.00029 \text{ TC(Tons Carbon) BTU}$$

اکنون با توجه به اینکه هر هکتار زمین توانایی جذب  $1/8$  تن کربن را دارد، پس:

$$0.00036 \div 1/8 = 0.00020 \text{ Hec}$$

در نهایت، می توان گفت که میزان زمین مورد نیاز برای تأمین سرانه مصرف روزانه بنزین برای استفاده از انواع تاکسی در شهر ساری، برابر با  $0.00020$  هکتار است.

### محاسبه جای پای خودروی شخصی

با توجه به اطلاعات حاصل از جدول ۳، روزانه  $312400$  سفر و نیز  $312400$  جابه جایی در شهر ساری در سال  $1394$  توسط خودروهای شخصی صورت گرفته است؛ در نتیجه، سهم هر مسافر از سفرهای انجام شده برابر با یک است. از این رو، با توجه

اکنون با توجه به اینکه هر هکتار زمین، توانایی جذب  $1/8$  تن کربن را دارد؛ پس:  $0.00034 \text{ Hec} = 1/8 \div 0.00062$

در نهایت، می توان گفت که میزان زمین مورد نیاز برای تأمین سرانه مصرف روزانه بنزین برای استفاده از انواع خودروی سواری شخصی و وانت در شهر ساری برابر با  $0.00034$  هکتار است.

### محاسبه جای پای موتورسیکلت

با توجه به اطلاعات حاصل از جدول ۳، روزانه  $14500$  سفر و نیز  $14500$  جابه جایی در شهر ساری در سال  $1394$  توسط خودروهای شخصی صورت گرفته است؛ در نتیجه، سهم هر مسافر از سفرهای انجام شده برابر با

ارتباط با هریک از وسایل نقلیه درون‌شهری در شهر ساری در جدول ۶ ارائه شده است. شایان ذکر است که در این جدول مقادیر استاندارد مربوط به جای پای بوم‌شناختی برای هرکدام از وسایل حمل و نقل شهری نیز به‌منظور مقایسه و ارزیابی این مقادیر با مقادیر موجود در شهر ساری ارائه شده است. استانداردها و مقادیر استاندارد مربوط به جای پای بوم‌شناختی در مورد هرکدام از وسایل حمل و نقل شهری مربوط به سازمان جهانی جای‌پای بوم‌شناختی است. (GFN, 2011)

اکنون با توجه به اینکه هر هکتار زمین توانایی جذب  $1/8$  تن کربن را دارد؛ پس:  $0/00016 \text{ Hec} = 1/8 \div 0/00029$

درنهایت، می‌توان گفت که میزان زمین مورد نیاز برای تأمین سرانه مصرف روزانه بنزین برای استفاده از موتورسیکلت در شهر ساری برابر با  $0/00016$  هکتار است.

مجموع نتایج محاسبات میزان زمین مورد نیاز برای تأمین مصرف روزانه سوخت به‌ازای هر مسافر در

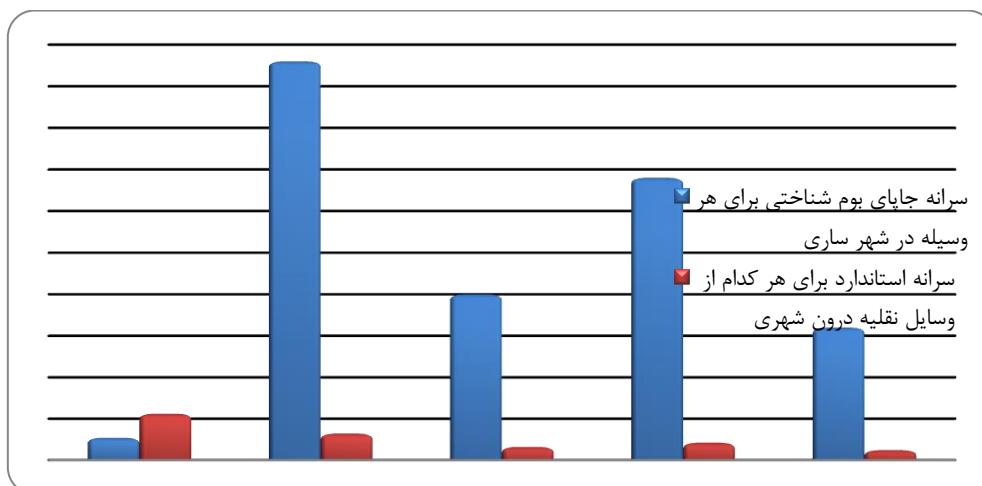
جدول ۶. مقایسه جای‌پای بوم‌شناختی وسایل حمل و نقل شهر ساری با استانداردهای جهانی

وسایل نقلیه	سرانه جای پای بوم‌شناختی برای هر وسیله در شهر ساری (هکتار)	سرانه استاندارد برای هرکدام از وسایل نقلیه درون‌شهری (GFN, 2011) (هکتار)	اختلاف سرانه جای پای شهر ساری در هر وسیله با استانداردهای جهانی (هکتار)
اتوبوس	0/00027	0/00056	+0/00029
مینی‌بوس	0/00048	0/00032	-0/00048
تاکسی و آژانس	0/00020	0/00016	-0/000184
انواع خودروی شخصی	0/00034	0/00021	-0/000319
موتورسیکلت	0/00016	0/00012	-0/000148

منبع: (محاسبات نگارندگان و سازمان جهانی جای‌پای بوم‌شناختی (GFN, 2011))

بنابراین می‌توان گفت که به جز اتوبوس، سایر بخش‌های حمل و نقلی در شهر ساری از سطح ناپایداری خاصی برخوردار هستند. به‌گونه‌ای که در سال‌های آینده با افزایش جمعیت شهر و افزایش تعداد سفرها و تعداد خودروها در صورت نبود برنامه‌ریزی مدون به‌منظور بهبود شرایط مربوط به وسایل حمل و نقلی، شهر ساری با بحران‌های زیست‌محیطی فراوانی در زمینه آلودگی‌های مربوط به وسایل حمل و نقل درون‌شهری روبه‌رو خواهد شد.

بیشترین میزان جای پای بوم‌شناختی در میان وسایل حمل و نقل درون‌شهری در شهر ساری مربوط به مینی‌بوس ( $0/00048$  هکتار) و کمترین مقدار نیز مربوط به اتوبوس ( $0/00027$  هکتار) است. مقایسه میزان جای پای بوم‌شناختی مربوط به وسایل حمل و نقل شهری در شهر ساری با مقادیر استاندارد ارائه شده توسط سازمان جهانی جای‌پای نشان می‌دهد که به‌غیر از اتوبوس، سایر وسایل حمل و نقلی دارای جای پای بیشتری نسبت به میزان استاندارد جهانی آن هستند؛



شکل ۲. مقایسه جای پای بوم‌شناختی وسایل حمل و نقل شهر ساری با استانداردهای جهانی تهیه و ترسیم: (محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۴ و سازمان جهانی جای پای بوم‌شناختی (GFN, 2011))

جدول ۷. ارزیابی روند پایداری وسایل نقلیه در شهر ساری با روش جای پای بوم‌شناختی در سال ۱۳۹۴ و مقایسه آن با سطح استاندارد جهانی

ردیف	جهان	ساری
۱	مترو	مینی‌بوس
۲	موتورسیکلت	خودروی شخصی
۳	تاکسی و آژانس	تاکسی و آژانس
۴	خودروی شخصی	موتورسیکلت
۵	اتوبوس	اتوبوس
۶	مینی‌بوس	-----

منبع: (سازمان جهانی جای پای اکولوژیکی، سازمان حمل و نقل ترافیک شهر ساری، مطالعات و محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۴)

راه‌حل ایده‌آل منفی باشد. در این حالت، نزدیکی نسبی ( $Di^+$ ) نسبت به ( $Di^-$ ) محاسبه‌شده و سپس اقدام به رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس مقدار به‌دست آمده که بین صفر و یک در نوسان است، خواهد شد. هرچه این مقدار به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده رتبه بالا و هرچه مقدار مذکور به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده رتبه کمتر است (جدول ۸).

از آنجایی که هدف اصلی این پژوهش ارزیابی روند پایداری وسایل مختلف حمل و نقل در سال ۱۳۹۴ و مقایسه آن با سطح استاندارد جهانی و در نهایت وزن‌دهی عوامل تأثیرگذار بر حمل و نقل پایدار مربوط به استراتژی ASI است. این امر با استفاده از تکنیک تاپسیس (TOPSIS) رتبه‌بندی می‌شود.

رتبه‌بندی عوامل تأثیرگذار بر حمل و نقل سبز شهر ساری با استفاده از تکنیک تاپسیس (TOPSIS)

در تکنیک تاپسیس دو نوع فاصله در نظر گرفته می‌شود. فاصله گزینه از نقطه ایده‌آل و از نقطه ایده‌آل منفی؛ به این معنی که گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل و بیشترین فاصله از

جدول ۸. نزدیکی نسبت عوامل به ایده‌آل منفی و مثبت

عوامل	Di <sup>+</sup>	Di <sup>-</sup>	CL <sub>i</sub>	TOPSIS
به‌کارگیری استاندارد برنامه‌ریزی یکپارچه سیستم حمل و نقل شهری براساس کاربری زمین	۰/۰۵۹	۰/۰۷۵	۰/۵۵۹	۷
دادن اختیارات لازم به شهرداری‌ها و شورای شهر در جهت انجام برنامه‌ریزی‌های کاربری زمین و حمل و نقل شهری	۰/۰۷۳	۰/۰۴۹	۰/۴۰۲	۱۹
سمت‌دهی محدوده مرکزی شهر به استقرار عناصر، کاربری‌ها و خدمات برتر تقویت و ایجاد مؤسسات و نهادهای اجتماعی - فرهنگی در هر ناحیه شهری برای تأمین کلیه نیازها در همان ناحیه	۰/۰۷۸	۰/۰۵۵	۰/۴۱۳	۱۸
تقویت و ایجاد مراکز محله‌ای، در جهت تأمین نیازهای روزمره شهروندان	۰/۰۷۱	۰/۰۶۵	۰/۴۷۸	۱۴
توسعه زیرساخت‌ها و خدمات عمومی مترکم و کارا	۰/۰۵۸	۰/۰۵۸	۰/۵۰۰	۱۲
حمایت از نوسازی، ساخت و ساز و توسعه مجدد مناطق در محدوده‌های شهری	۰/۰۷۲	۰/۰۸۱	۰/۵۲۹	۱۰
هدایت توسعه‌های جدید در امتداد مسیرهای حمل و نقل عمومی	۰/۰۶۸	۰/۰۷۱	۰/۵۱۲	۱۱
افزایش سطوح برخورداری شهروندان از خدمات الکترونیکی، به همراه فراهم‌سازی سایر زیرساخت‌ها	۰/۰۸۵	۰/۰۶۷	۰/۴۴۱	۱۵
توسعه کمی و کیفی سطوح خدمات الکترونیکی شهر، از جمله توزیع متعادل فضایی مراکز خدمات‌رسان	۰/۰۹۶	۰/۰۷۴	۰/۴۳۵	۱۶
آموزش‌های شهروندی در جایگزینی سفرهای مجازی به‌جای سفرهای فیزیکی	۰/۰۹۴	۰/۰۵۴	۰/۳۶۵	۲۱
بهبود سطح دسترسی به حمل و نقل همگانی و خدمات ارائه شده	۰/۰۵۳	۰/۰۷۷	۰/۵۹۲	۵
تشویق افراد به انجام سفرهای ضروری با حمل و نقل همگانی	۰/۰۴۷	۰/۰۷۸	۰/۶۲۴	۳
اختصاص بیشتر ظرفیت خیابان‌ها به انواع سیستم حمل و نقل پاک و همگانی	۰/۰۴۹	۰/۰۸۹	۰/۶۵۴	۲
تشویق سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در توسعه حمل و نقل عمومی	۰/۰۵۷	۰/۰۶۹	۰/۵۴۸	۹
قراردادن حمل و نقل غیرموتوری در رأس طرح‌های جامع حمل و نقل	۰/۰۳۷	۰/۰۹۷	۰/۷۲۴	۱
ایجاد زیرساخت‌های لازم برای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری شهروندان	۰/۰۴۸	۰/۰۷۳	۰/۶۰۳	۴
استفاده از فناوری نوین ارتباطی به‌جای مراجعه حضوری (دورکاری)	۰/۰۸۵	۰/۰۶۲	۰/۴۲۲	۱۷
آگاه‌سازی استفاده‌کنندگان از روش‌های مختلف حمل و نقل به‌منظور بهبود تقاضای سفر	۰/۰۵۴	۰/۰۷۱	۰/۵۶۸	۶
سیاست‌های تشویقی برای استفاده از خودروهای چند سرنشین برای کارکنان نهادهای دولتی و خصوصی	۰/۰۵۹	۰/۰۷۳	۰/۵۵۳	۸
قیمت‌گذاری تردد و پارک در معابر	۰/۰۸۰	۰/۰۷۸	۰/۴۹۴	۱۳

منبع: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۴)

(۰/۶۵۴) و (۰/۶۲۴) بیشترین نقش را در حمل و نقل سبز شهر ساری دارند و این عوامل با توجه به امتیازهای کسب حاصل از نتایج تاپسیس می‌توانند نقش مؤثرتری نسبت به سایر مؤلفه‌ها داشته باشند. در همین راستا، مؤلفه‌هایی مانند دادن اختیارات لازم به شهرداری‌ها و شورای شهر در جهت انجام برنامه‌ریزی‌های کاربری زمین و حمل و نقل شهری، با

نتایج حاصل از مدل تاپسیس و آراء خبرگان و کارشناسان نشان می‌دهد که در بین عوامل مورد سنجش، قراردادن حمل و نقل غیرموتوری در رأس طرح‌های جامع حمل و نقل؛ اختصاص بیشتر ظرفیت خیابان‌ها به انواع سیستم حمل و نقل پاک و همگانی و تشویق افراد به انجام سفرهای ضروری با حمل و نقل همگانی به‌ترتیب با کسب امتیازهای (۰/۷۲۴)،

با میزان استانداردهای جهانی نشان داد که به جز اتوبوس با (۰/۰۰۰۰۲۷) هکتار، سایر وسایل موجود در سیستم حمل و نقل شهر ساری از میزان جای پای بیشتری نسبت به استانداردهای جهانی برخوردارند (طبق جدول ۶) و به همین دلیل، سطح پایداری آنها بسیار پایین است و در صورت نبود برنامه‌ریزی مناسب در سالیان آتی، می‌تواند اثرات منفی بر محیط زیست شهر و سلامت و رفاه شهروندان داشته باشند. همچنین، نتایج حاصل از مدل تاپسیس و آراء خبرگان و کارشناسان در جهت رتبه‌بندی عوامل تأثیرگذار بر حمل و نقل سبز شهر ساری با استفاده از تکنیک تاپسیس (TOPSIS) نشان می‌دهد که در بین عوامل مورد سنجش، (قراردادن حمل و نقل غیرموتوری در رأس طرح‌های جامع حمل و نقل)، (اختصاص بیشتر ظرفیت خیابان‌ها به انواع سیستم حمل و نقل پاک و همگانی) و (تشویق افراد به انجام سفرهای ضروری با حمل و نقل همگانی) به ترتیب با کسب امتیازهای (۰/۷۲۴)، (۰/۶۵۴) و (۰/۶۲۴) بیشترین نقش را در حمل و نقل سبز شهر ساری دارند و این عوامل با توجه به امتیازهای کسب حاصل از نتایج تاپسیس می‌تواند نقش مؤثرتری نسبت به سایر مؤلفه‌ها داشته باشند. در همین راستا، مؤلفه‌هایی مانند دادن اختیارات لازم به شهرداری‌ها و شورای شهر برای انجام برنامه‌ریزی‌های کاربری زمین و حمل و نقل شهری، با کسب امتیاز (۰/۴۰۲)؛ سمت‌دهی محدوده مرکزی شهر به استقرار عناصر، کاربری‌ها و خدمات برتر، با کسب امتیاز (۰/۳۷۵) و آموزش‌های شهروندی در جایگزینی سفرهای مجازی به جای سفرهای فیزیکی، با کسب امتیاز (۰/۳۶۵) کمترین نقش را در حمل و نقل سبز شهر ساری براساس مدل مذکور و آراء خبرگان و متخصصان داشته‌اند. از سویی، طی فرایند مصاحبه انجام شده توسط نگارندگان با مسئولان و کارشناسان در حوزه حمل و نقل و بیان مشکلات اصلی حمل و نقل شهر ساری چون، رواج استفاده از اتومبیل‌های تک‌سرنشین در سطح شهر، توسعه محدود شبکه حمل

کسب امتیاز (۰/۴۰۲)؛ سمت‌دهی محدوده مرکزی شهر به استقرار عناصر، کاربری‌ها و خدمات برتر، با کسب امتیاز (۰/۳۷۵) و آموزش‌های شهروندی در جایگزینی سفرهای مجازی به جای سفرهای فیزیکی، با کسب امتیاز (۰/۳۶۵) کمترین نقش را در حمل و نقل سبز شهر ساری براساس مدل مذکور و آراء خبرگان و متخصصان داشته‌اند.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به بستر زندگی بیشتر ساکنان شهری که خود محل برقراری ارتباطات اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی می‌باشد، مسائلی از جمله بحران محیط زیست، انرژی، آلودگی هوا، آلودگی صوتی و ترافیک بخشی از عواملی هستند که می‌توانند کیفیت زندگی انسان را دستخوش تغییر کنند. در این شرایط در راستای افزایش و بهبود کیفیت زندگی انسان، توجه به مقوله توسعه پایدار به‌ویژه در نواحی شهری مطرح می‌شود. شاخص‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری میزان پایداری شهرها بیان شده که یکی از معروف‌ترین آنها، شاخص جای پای بوم‌شناختی است. شاخصی که این امکان را به ما می‌دهد تا اقدامات مناسب فردی و جمعی را با ابزارهای موجود برای رسیدن به پایداری در شهرها صورت داده و ضمن سنجش پایداری شهرها راهکارهای مناسب را برای تداوم یا بهبود پایداری شهری پیشنهاد کنیم. نتایج استفاده از مدل جای پای بوم‌شناختی در میزان پایداری شیوه‌های حمل و نقل شهری در شهر ساری مشخص کرد که بیشترین میزان جای پای بوم‌شناختی در سیستم حمل و نقلی شهر ساری مربوط به مینی‌بوس با (۰/۰۰۰۴۸) هکتار و کمترین مقدار نیز مربوط به اتوبوس با جای پای بوم‌شناختی (۰/۰۰۰۰۲۷) هکتار است. البته خودروهای شخصی، تاکسی‌ها و موتورسیکلت به ترتیب با (۰/۰۰۰۳۴)، (۰/۰۰۰۲۰) و (۰/۰۰۰۱۶) هکتار بعد از مینی‌بوس در رتبه‌های دوم، سوم و چهارم در زمینه مقدار جای پای بوم‌شناختی قرار گرفتند. مقایسه مقادیر جای پای وسایل حمل و نقل شهری در ساری

- آگاه‌سازی استفاده‌کنندگان از روش‌های مختلف حمل و نقل به منظور بهبود تقاضای سفر.
- به‌کارگیری استاندارد برنامه‌ریزی یکپارچه سیستم حمل و نقل شهری براساس کاربری زمین.
- سیاست‌های تشویقی برای استفاده از خودروهای چندسرنشین برای کارکنان نهادهای دولتی و خصوصی و همچنین سفرهای آموزشی.
- تشویق سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در توسعه حمل و نقل عمومی.
- حمایت از نوسازی، ساخت و ساز و توسعه مجدد مناطق در محدوده‌های شهری.
- هدایت توسعه‌های جدید در امتداد مسیرهای حمل و نقل عمومی
- توسعه زیرساخت‌ها و خدمات عمومی متراکم و کارا.

#### منابع

استادی‌جعفری، مهدی؛ رصافی، امیرعباس (۱۳۹۱). الگوی زیست‌محیطی برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری با استفاده از مدل‌های سیستم پویایی. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، دوره چهاردهم، شماره سه، صص ۲۸-۱۱.

تیموری، ایرج (۱۳۹۳). ردپای اکولوژیکی گاز دی‌اکسیدکربن سوخت‌های فسیلی شهر شیراز. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. دانشگاه اصفهان، سال ۲۹ (۱). شماره پیاپی ۱۱۲. صص ۲۰۴-۱۹۳.

حبیبی، کیومرث؛ رحیمی‌کاکه‌چوب، آرمان؛ عبدی، محمدحامد (۱۳۹۲). ارزیابی جای پای بوم‌شناختی وسایل حمل و نقل شهری، رویکردی نوین به منظور برنامه‌ریزی حمل و نقل پایدار (نمونه موردی: شهر ارومیه). فصلنامه علمی-پژوهشی آمایش جغرافیایی فضا. سال دوم (۵). دانشگاه گلستان، صص ۹۹-۱۱۶.

خاکساری، علی؛ آتشبار، امیرحسین (۱۳۹۱). حمل و نقل پایدار و سیاست‌هایی برای رسیدن به آن. یازدهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران. تهران. سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران. معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.

رهنما، محمدرحیم؛ عبادی‌نیا، فهیمه (۱۳۹۳). تحلیل پایداری حمل و نقل شهر مشهد با استفاده از روش جای پای بوم‌شناختی. مجله علمی پژوهشی جغرافیا و مخاطرات

و نقل عمومی، نبود سیستم حمل و نقل یکپارچه، حجم بالای ترافیک ساکن، مدیریت ناکارآمد تقاضا، نبود برنامه‌ریزی همزمان کاربری زمین و حمل و نقل، عدم‌رعایت سلسله‌مراتب دسترسی و نیاز به گسترش و ترویج فرهنگ ترافیک و تحمیل هزینه‌هایی بر استفاده‌کنندگان سیستم حمل و نقل شهر ساری، در راستای حل معضلات موجود و ایجاد حمل و نقلی کارآمد، برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد استراتژی ASI را با الهام از رهیافت اقتصاد سبز و بر پایه اصول توسعه پایدار ارائه می‌دهد که با توجه به معرفی کامل این رویکرد، راهبردی در قسمت مبانی نظری و روش پژوهش و بیان این مورد که درنهایت، بررسی‌های انجام شده بر روی مشکلات عمده شهر ساری نیز مؤید این موضوع است که به‌کارگیری اقداماتی در راستای رسیدن به اهداف گزینه انتقال، نه تنها در کوتاه مدت باعث حل برخی مشکلات ترافیکی می‌شود؛ بلکه در دراز مدت زمینه را برای ورود تکنولوژی‌های حمل و نقل سبز جدید و اجرایی کردن گزینه‌های ارتقایی و درنهایت، رسیدن به حمل و نقل پایدار را فراهم می‌سازد، به برخی از راهکارهای کلی دستیابی به توسعه پایدار حمل و نقل شهری (اجتناب، انتقال) شهر ساری با توجه به وزن‌دهی عوامل تأثیرگذار بر حمل و نقل پایدار-مربوط به استراتژی ASI- اشاره می‌شود:

- قراردادن حمل و نقل غیرموتوری در رأس طرح‌های جامع حمل و نقل در شهر مورد مطالعه.

- کاهش تخصیص ظرفیت خیابان‌ها به خودروهای شخصی و اختصاص بیشتر ظرفیت آنها به انواع سیستم حمل و نقل پاک و همگانی.

تشویق افراد به انجام سفرهای ضروری با حمل و نقل همگانی.

- ایجاد زیرساخت‌های لازم برای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری شهروندان.

- بهبود سطح دسترسی به حمل و نقل همگانی و خدمات ارائه شده.

- Vehicle Travel in Future Years, journal of urban planning and development, Vol. 131, No. 3.
- Chih-Hao Yang, Kuen-Chang Lee, Hui-Chiao Chen (2016). Incorporating carbon footprint with activity-based costing constraints into sustainable public transport infrastructure project decisions, Journal of Cleaner Production, Volume 133, 1 October 2016, Pages 1154–1166.
- GFN–Global Footprint Network (2011) <http://www.Footprint network.org/en/index.php>
- Gottlieb, D., Kissinger, M., Vigoda-Gadot, E., and Haim, A (2012). Analyzing the Ecological Footprint at the Institutional Scale – The Case of an Israeli high- school, journal of Ecological Indicators 18, 91–97.
- Holden, E. (2004). Ecological footprints and sustainable urban form. Journal of Housing and the Built Environment. Vol. 19, No. 1, Dimensions of housing and urban sustainability (2004), pp. 91-109
- McDonald G, Patterson M (2004). Ecological Footprints and Interdependencies of New Zealand Regions, Ecological Economics, , 50(1-2): 49-67.
- Rees, W. E. & Wackernagel, M (1996). Urban ecological footprints: why cites cannot be sustainable and why they are a key to sustainability. Environmental Impact Assessment Review, 16, 223-248.
- Simmons C., Lewis K. and Barrett J. (2000). Two feet - two approaches: a component-based model of ecological footprinting. Ecological Economics 32. pp 375-380.
- Siteresources.worldbank.org/INTURBANTRANSPORT /Resources/chapter.pdf.
- Sukhdev. p (2009). Green economy for an urban age, Green Economy Initiative(UNEP) and chairman of the Global Markets Centre, Istanbul: pp1-5.
- Tolga Ercan, Nuri Cihat Onat, Omer Tatari(2016). Investigating carbon footprint reduction potential of public transportation in United States: A system dynamics approach, Journal of Cleaner Production, Volume 133. pp 1260-1276.
- UNEP (2011). Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication.
- Wilson J, Anielski M. (2005). Ecological Footprints of Canadian Municipalities and Regions, The Canadian federation Municipalities. Retrieved from [www.anilski.com](http://www.anilski.com).
- Zhang Y. (2005). The change of Ecological Footprint and Its Effect on Sustainable Development in Beijing of China, Chinese Business Review, 4(10), pp 1-13.
- محیطی. دانشگاه فردوسی مشهد (۱۱). شماره ۳، صص ۹۳-۱۰۵.
- زیاری، کرامت‌الله (۱۳۸۹). برنامه‌ریزی شهرهای جدید. تهران: انتشارات سمت.
- سازمان حمل و نقل و ترافیک شهر ساری (۱۳۹۴).
- سالنامه آماری استان مازندران (۱۳۹۱). معاونت امور اقتصادی و برنامه‌ریزی استان مازندران.
- سرابی، محمد حسین؛ زراعی فرشاد، عبدالحمید(۱۳۹۰). بررسی پایداری منابع بوم‌شناختی با استفاده از شاخص بوم‌شناسی: مورد ایران. مجله علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. دانشگاه اصفهان، سال ۲۲ (۴۱). صص ۹۷-۱۰۶.
- فریادی، شهرزاد؛ صمدپور، پریمه (۱۳۸۹). تعیین تناسب بهینه استفاده از انواع شیوه‌های حمل و نقل با هدف کاهش جای پای اکولوژیکی در شهر تهران. مجله علمی - پژوهشی محیط‌شناسی دانشگاه تهران. سال ۳۶ (۵۴). صص ۹۷-۱۰۸.
- قرخلو، مهدی؛ حاتمی‌نژاد، حسین؛ باغوند، اکبر؛ باوه، مصطفی (۱۳۹۲). ارزیابی پایداری توسعه شهری با روش جای پای اکولوژیکی (نمونه موردی: شهر کرمانشاه). مجله علمی - پژوهشی پژوهش‌های جغرافیای انسانی. دانشگاه تهران، مؤسسه جغرافیا، دوره ۴۵ (۲). صص ۱۰۵-۱۲۰.
- محرم‌نژاد، ناصر؛ احمدی، مه‌ری (۱۳۸۵). بررسی اطلاعات آماری ترافیک تهران براساس شاخص‌های حمل و نقل پایدار شهری. هفتمین همایش مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران. تهران.
- یزدان‌پناهی، ملیسا؛ ملکی، کیمیا (۱۳۹۰). بررسی جایگاه حمل و نقل در توسعه اقتصادی پایدار شهری. اولین کنفرانس اقتصاد شهری ایران. مشهد.
- Amekudzi, A., Khisty, C., and Khayesi, M (2009). Using Sustainability Footprint Model to Assess Development Impacts of Transportation Systems, Journal of Transportation Part A, Vol. 43. Pp 339-348.
- Barrett, J; Cherrect, N; Birch, R (2001). Exploring the Application of Ecological Footprint to Sustainable Consumption Policy, University of York. Pp 234-247.
- Bongardt, D; Schaltenberg, P (2011). Transport in green economy, Transport@giz.de, United Kingdom. Pp 1-4.
- Chi, G. and Stone, B. (2005). Sustainable Transport Planning :Estimating the Ecological Footprint of

