

نقش شبکه ریلی درون شهری در چشم‌انداز بوم‌شناختی و اقتصادی

حمل و نقل شهر مشهد

محمد اجزاء شکوهی (دانشیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران)

shokouhim@um.ac.ir

عزت‌الله مافی (دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی شیروان، شیروان، ایران)

ezzatollah_mafi@gmail.com

فهیمه عبادی‌نیا (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، نویسنده مسؤل)

ebadinia@um.ac.ir

تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۲۰

چکیده

هدف این مقاله بررسی اثرات زیست‌محیطی حمل و نقل شهر مشهد با استفاده از روشی بوم‌شناختی و ارزیابی پیامدهای اقتصادی آن بر شهروندان است. این بررسی بر مبنای ارزیابی از وضعیت جاری، به عنوان سناریوی پایه یا مرجع و مقایسه آن با وضعیت آتی توسعه و بهره‌برداری از سایر خطوط شبکه ریلی شهر، به عنوان سناریو مطلوب، صورت گرفته است. بر اساس نتایج به دست آمده، بر اساس سناریو مرجع، جابجایی بوم‌شناختی حمل و نقل شهر مشهد از ۰/۱۱ هکتار برای هر فرد در سال ۱۳۹۲ به ۰/۱۴ هکتار برای هر فرد در سال ۱۴۰۴ افزایش خواهد یافت. و در سال ۱۴۰۴ انرژی مصرفی در بخش حمل و نقل به ۵۴ میلیون گیگاژول خواهد رسید که سهم بنزین در بین سایر حامل‌های انرژی به تنهایی ۶۹ درصد است. بر اساس سناریو مطلوب و با تکمیل شبکه ریلی این مقدار به ۴۴ میلیون گیگاژول کاهش خواهد یافت و جابجایی بوم‌شناختی برابر با ۰/۱۱ هکتار برای هر فرد؛ یعنی مانند وضعیت فعلی ثابت باقی می‌ماند که این علاوه بر اثرات مثبت زیست‌محیطی به لحاظ صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از مصرف بنزین نیز حایز اهمیت است، به طوری که صرفه‌جویی حاصل از کاهش مصرف بنزین می‌تواند به تنهایی هزینه‌های عمرانی و ساختاری شرکت قطار شهری مشهد را توجیه کند.

کلیدواژه‌ها: جابجایی بوم‌شناختی، حمل و نقل پایدار، قطار شهری، مصرف بنزین، شهر مشهد.

۱. مقدمه

در حال حاضر انرژی یکی از عوامل کلیدی رشد و توسعه اقتصادی و است و به دلیل اهمیت نقش آن در هزینه‌های تولیدی و خدماتی و همچنین مسایل زیست‌محیطی مرتبط بر مصرف آن، کاهش و بهینه‌سازی مصرف و کارایی هرچه بیشتر آن بسیار مورد توجه بوده است. بخش حمل و نقل امروزه یکی از بزرگترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی و عمده‌ترین مصرف‌کننده فرآورده‌های نفتی است (مزرعتی، ۱۳۸۴: ۵۸). به همین دلیل لزوم توجه به توسعه پایدار حمل و نقل از ارکان اصلی توسعه پایدار شهری و فراشهری است. توسعه پایدار حمل و نقل، جزیی از مفهوم گسترده‌تری است که در درون مرزهای توسعه پایدار تعریف می‌شود و به معنای حفظ و بهبود کیفیت زندگی انسانی و تنوع فرصت‌های اجتماعی برای تحرک و تردد بشر، در چهارچوب محدودیت‌ها و تنگناهای اکوسیستم جهانی است (Browne and O'Regan and Moles, 2008: 315). از این رو سیستم پایدار حمل و نقل باید به بهبود زندگی و رفع نیازهای حرکتی انسان با تأکید بر حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های آینده، از طریق جایگزین کردن منابع تجدیدپذیر، حفظ و نگهداری از تنوع زیستی، کاهش انتشار کربن و حمایت از دانش آگاهانه اقتصادی در بحث حمل و نقل منجر شود (Gudmundsson and Hojer, 1996: 269). امروزه آسیب‌های زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و بهداشتی بخش حمل و نقل بسیار گسترده است. پیش‌بینی می‌شود میزان تولید سالانه گاز دی‌اکسید کربن که در ابتدای هزاره سوم ۴۲ گیگاتن در سال بوده است، تا سال ۲۰۵۰ به ۸۵ گیگاتن در سال برسد (طباطبایی، ۱۳۹۲: ۲۵۴). حمل و نقل شهری اصلی‌ترین عامل ایجاد این وضعیت است. شهرها فقط ۴/۰ درصد سطح زمین را اشغال می‌کنند در حالی که عامل تولید ۸۰ درصد گازهای آلاینده و مخرب به شمار می‌روند، به همین دلیل برای رسیدن به توسعه پایدار باید گزینه‌های

پاک‌تر حمل و نقل مورد توجه قرار گیرد که در این میان حمل و نقل ریلی بنیان نظام حمل و نقل پایدار در شهرها است. خطوط راه‌آهن از نظر جغرافیایی ثابت هستند؛ لذا راه‌آهن یک وسیله حمل و نقل دائمی است که شهروندان می‌توانند به راحتی از آن استفاده کنند. حمل و نقل ریلی در میان انواع بخش‌های حمل و نقل بیشترین کارایی را در برابر انرژی مصرفی تولید می‌کند و این در حالی است که کمترین آسیب را به محیط زیست وارد می‌کند، به گونه‌ای که به صنعت سبز معروف شده است. میزان انتشار کربن قطارهای سریع‌السریر برقی به ازای هر مایل - مسافر تقریباً یک‌سوم خودروها و یک‌چهارم هواپیماها است (لستر براون، ۲۰۰۹: ۱۵۱). علاوه بر این، حمل و نقل ریلی به ازای ظرفیت مساوی حمل و نقل معادل ۲/۰ تا ۳/۰ حمل و نقل جاده‌ای زمین اشغال می‌کند که امروزه در مسایل مربوط به توسعه یک پارامتر تعیین‌کننده است و اثرات آلوده‌کنندگی آن نسبت به دیگر انواع حمل و نقل ۱/۱ است (فروزنده، ۱۳۸۷: ۴۷). صنعت حمل و نقل ریلی باید با ایجاد خطوط جدید و اتصال ریلی نقاط پرجمعیت، شرایط مساوی برای مسافرت آسان و سریع همه مردم از هر نقطه به نقطه دیگر شهر را فراهم آورد. به این ترتیب حمل و نقل ریلی نقش مهم خود را در حفاظت از محیط زیست و قابل زیست- کردن نقاط مختلف شهر برای همه به عرصه ظهور خواهد رساند.

۱.۱. طرح مسأله

هم اکنون حدود ۱۹ درصد از مصرف انرژی در جهان و بیش از یک‌چهارم دی‌اکسید کربن انتشار یافته در جهان، ناشی از حمل و نقل است. این میزان در بخش حمل و نقل بیش از سایر بخش‌ها در حال افزایش است (IFEU, 2011: 4). به طوری که بر اساس پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته مصرف سوخت در بخش حمل و نقل از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۳۰ به میزان ۵۰ درصد و تا سال ۲۰۵۰ به میزان ۸۰ درصد افزایش خواهد یافت (IEA, 2011: 29-113). طی سال‌های اخیر سرانه

استفاده از جایای بوم‌شناختی به عنوان ابزاری برای ارزیابی آثار بوم‌شناختی شهری، رهیافتی جدید است که با توجه به طبیعت جامع‌گرای آن و قابلیتش برای بیان تقاضای منابع، می‌توان گفت که داده‌های حاصل از ارزیابی این روش می‌توانند مرجع سایر داده‌ها قرار گیرند و شرایط را برای بحث در مورد تحمل‌پذیری شهرها و محاسبه و مقایسه گزینه‌های مختلف برای صرفه‌جویی فراهم آورد (Wackernagel, 2003). جایای بوم‌شناختی نشان می‌دهد که به چه مقدار از سطح زمین و دریا‌های دارای قدرت طبیعی، برای پاسخ به نیازهای حیاتی و سبک زندگی ساکنان آن‌ها نیاز است. از این روجایای بوم-شناختی روشی است که به شکل مستقیم مفهوم اکولوژیک از ظرفیت کشش^۲ را در بر می‌گیرد (Chi and Stone, 2011) (2) در حقیقت «ظرفیت حامل صادره‌شده»^۳ در دیگر نواحی کره زمین به وسیله «واحد سطح» مورد تحلیل قرار می‌گیرد و هر چه این سطح بزرگ‌تر باشد، تحمل بیشتری بر محیط وارد می‌شود که این خود از امکان پایداری دیگر جهانیان می‌کاهد (Chambers and Lewis, 2001: 12).

گستره‌ای از مطالعات در رابطه با روش‌های ارزیابی ظرفیت زیستی در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ زمینه‌ای مناسب برای ابداع روش جایای بوم‌شناختی فراهم آوردند، از جمله اقداماتی مانند سامانه سنجش جریان انرژی از طریق شبیه‌سازی توسط هاوارد ادم^۴ (۱۹۹۴)، توسعه مدل‌سازی پویای منابع جهانی توسط جی رندرز^۵ (۱۹۹۲) و میزان حاصل‌خیزی اکوسیستم‌های جهان از طریق برنامه‌های بیولوژیکی بین‌المللی توسط رابرت ویتاکر^۶ (۱۹۷۵) و همچنین ارزیابی چرخه حیات از آلبل^۷ (۱۹۹۰) و ارزیابی چرخه حیات انرژی توسط

انتشار CO₂ در کشور ایران از ۶۶۸۳/۸ کیلوگرم به ازای هر نفر در سال ۸۶ به ۷۲۷۲ کیلوگرم در سال ۱۳۹۰ رسیده است (ترازنامه انرژی ۱۳۹۰: ۲۷۶) که از این مقدار ۲۳۲۷ کیلوگرم به ازای هر فرد در نتیجه فرآیند حمل‌ونقل است. بخش حمل‌ونقل امروزه یکی از بزرگ‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در کشور است، به طوری که در ۱۰ سال اخیر مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل سالیانه ۶/۶۷ درصد رشد داشته است که از میزان رشد مصرف نهایی انرژی در سایر بخش‌ها ۵/۴۷ درصد سریع‌تر بوده است (اطلاعات حمل و نقل و انرژی کشور، ۱۳۸۸: ص. ۲۹). بنابر مطالعات آژانس بین‌المللی انرژی (IEA^۱)، بخش حمل‌ونقل تا سال ۲۰۲۰ بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی خواهد بود و در آن زمان مصرف انرژی جهان به مقدار $\frac{2}{3}$ بیشتر از مصرف امروز خواهد رسید. سهم هر یک از بخش‌های مصرف انرژی در انتشار آلاینده‌ها نشانگر این است که بخش حمل‌ونقل با تولید ۶۴/۷ درصد از کل انتشار NO_x و ۴۴/۷ درصد از SO₂، ۲۷/۵ درصد از CO₂، ۴۰/۵ درصد از SO₃، ۹۸/۸ درصد از CO، ۹۶/۸ درصد از HC و ۷۹/۴ درصد از ذرات معلق، دارای بیشترین میزان انتشار انواع گازها در میان سایر بخش‌های مصرف‌کننده انرژی کشور است و به طور متوسط سهم حمل‌ونقل در انتشار گازهای نام‌برده ۸۱ درصد است (فروزنده، ۱۳۸۵: ۴۷).

این تحقیق با رویکردی بوم‌شناختی، به بررسی اثرات مثبت زیست‌محیطی استفاده از حمل‌ونقل ریلی در شهر مشهد و ارزیابی آثار غیر مستقیم اقتصادی، اجتماعی و بهداشتی درمانی بر شهروندان می‌پردازد. این بررسی بر مبنای ارزیابی از وضعیت جاری به عنوان سناریوی پایه یا مرجع و مقایسه آن با وضعیت آتی توسعه و بهره‌برداری از سایر خطوط شبکه ریلی شهر، صورت گرفته است.

۲.۱. پیشینه و مبانی نظری تحقیق

2 - Carrying capacity

3 - Appropriated Carrying Capacity

4 - Odum

5 - Randers

6 - Whittaker

7 - Albel

1 - International Energy Agency

ترافیک در آن زمان را برای نواحی شهری و بر کیفیت محیط زیست محلی و رسیدن به اشباع مالکیت اتومبیل را تا سال ۲۰۱۰ هشدار داد (کلیم موتین ۲۰۰۵: ۷۵). اصطلاح حمل و نقل پایدار نیز از حدود دو دهه پیش وارد ادبیات تخصصی مطالعات شهری شد که مفهوم آن را می توان برگرفته از تعریف اصلی توسعه پایدار، چنین دانست: «آن گونه از حمل و نقل است که نیازهای جابه جایی انسان امروزی را بدون آن که مخاطره ای برای نسل های آتی جهت تأمین نیازهای جابه جایی آن ها ایجاد کند، تأمین کند. بنابراین، روشن است که حمل و نقل همگانی و گونه های جابه جایی غیر موتوری همچون پیاده روی و دوچرخه در زیرمجموعه این نوع از حمل و نقل قرار دارند (Jeon, Amekudzi, 2005: 32). اصول شهرسازی هوشمند از جمله اصلی ترین نظریه های مطرح شده در دهه ۹۰ میلادی است که ریشه های آن در توسعه پایدار قرار داشته و از پیاده مداری بر پایه ابعاد انسانی، پایداری زیست محیطی، سامانه حمل و نقل به هم پیوسته، تعادل بین گونه های مناسب حرکتی و نقاط تقسیم گره گاهی همگانی را پشتیبانی می کند (Caves Roger, 2004). در ایالات متحده آمریکا اولین نشانه های توجه به حمل و نقل همگانی هم به عنوان کانون موجد توسعه و هم به منظور حفظ محیط زیست شهری را می توان در همین دوران مشاهده کرد. آن جا که سرمایه گذاران بخش خصوصی به توسعه مسکونی و ایجاد خرده فروشی های تجاری در اطراف خطوط تراموای حومه ای جهت ایجاد حداکثر بازگشت اقتصادی مبادرت کردند که سبب طرح نظریه حمل و نقل همگانی توسعه مدار TOD شد. از جمله مهم ترین نظریه های ارائه شده در این رابطه، دهکده های حمل نقلی^۳ است که منظور ایجاد محلاتی سرزنده تر و پایدارتر با محوریت ایستگاه های حمل و نقل همگانی مطرح شده است و بر ترکیب اصول طراحی شهری و حمل و نقل همگانی به ویژه سامانه های ریلی، در جهت استقرار اجتماعی

هوفستر^۱ (۱۹۹۱) اشاره کرد. برون، رگان و مولس در مقاله ای به مقایسه جایای بوم شناختی حمل و نقل بین سال های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۲ پرداختند و با استفاده از روش سناریوسازی تأثیر سیاست های مختلف برگرفته از ۶ سناریو را بر اندازه جایای بوم شناختی شهر - منطقه ایرلند تا سال ۲۰۱۲ مقایسه کردند. بر اساس یافته های این مقاله پنجمین سناریو که ترکیبی از کاهش تقاضای سفر و افزایش کارایی موتور خودروها است، به عنوان تأثیرگذارترین سناریو برای کاهش جایای بوم شناختی در بخش حمل و نقل انتخاب شد (Brown and O'Regan and Moles, 2008: 315-322) در ایران، رضوانی، سلمانی، قنبری نسب و باغیانی به شناخت روش های آن به عنوان ابزاری برای اندازه گیری پایداری فعالیت های انسانی پرداختند و نحوه سنجش، کاربرد و در نهایت تحلیل و ارزیابی روش جایای بوم شناختی را تشریح کردند. یافته ها حاکی از آن بود که علی رغم محدودیت ها و دشواری های جایای بوم شناختی و برآورد اراضی پشتیبان، این روش می تواند چهارچوب مناسبی برای سنجش و ارزیابی اثرات زیست محیطی در راستای توسعه پایدار باشد (رضوانی، سلمانی، قنبری نسب و باغیانی، ۱۳۹۱). مقاله دیگری به نام «روش جایای اکولوژیکی در پایداری کلان شهرها با نگرشی بر کلان شهر تهران» توسط حسین زاده دلیر و ساسان پور به نگارش درآمده که در آن جایای بوم شناختی و میزان ناپایداری کلان شهر تهران محاسبه شده و با ارزیابی این ناپایداری و علل آن رهیافت های مدیریتی بهینه ای برای رسیدن به پایداری بیشتر در کلان شهر تهران ارائه شده است (دلیر و ساسان پور، ۱۳۹۱) است. به لحاظ سیر تاریخی پیشینه جایگاه مسایل زیست محیطی در بحث حمل و نقل به طور خاص به چهل سال قبل در گزارش بوکانان^۲ (۱۹۶۳) با عنوان «ترافیک در شهرها» برمی گردد که به طور روشن مسائل ناشی از افزایش تخمینی

1 - Hofstetter

2 - Buchanan

3 - Transitvillages

بر اندازه‌های جابجایی بوم‌شناختی شهر را بررسی نکرده است. از جمله پژوهش‌های مرتبط می‌توان به مقاله عباس‌پور اشاره کرد که با نام «دستورالعمل ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های حمل‌ونقل ریلی، به منظور هدایت مجریان و مشاوران طرح-های حمل‌ونقل ریلی، با شناسایی کلیه فعالیت‌های و جنبه‌های اثرگذار بر محیط زیست ناشی از پروژه‌های ریل‌سازی، ویژگی‌های محیط زیست موجود اعم از محیط زیست فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مورد بررسی قرار دادند و پارامترهای هر محیط به تفصیل شناسایی و تحلیل کرده و سپس اثرات زیست‌محیطی ناشی از اجرای طرح بر محیط‌های مختلف شامل اثرات بر محیط خاک، آب، هوا، صدا و پوشش گیاهی و جانوری شناسایی شده و روش‌های کاهش اثرات و برنامه‌های پایش و مدیریت زیست‌محیطی برای آن‌ها را تعیین کردند (عباس‌پور، ۱۳۸۹). همچنین مزرعتی و پرتوی در مقاله‌ای به بررسی تأثیرات متروی تهران در کاهش و صرفه‌جویی تقاضای بلندمدت مصرف بنزین پرداختند. یافته‌ها حاکی از آن است تا سال ۱۴۰۰ روزانه ۲۷ تا ۳۲ میلیون لیتر بنزین صرفه‌جویی خوانده شد و این مقدار می‌تواند همه هزینه‌های بهره‌برداری و راه‌اندازی مترو را کاهش دهد (مزرعتی و پرتوی، ۱۳۸۹).

۲. روش‌شناسی تحقیق

این تحقیق از نوع تحقیقات نظری و توصیفی-تحلیلی است که با استفاده از منابع اطلاعاتی سازمانی و اسنادی انجام شده است، رویکرد حاکم بر روش تحلیل داده‌ها با استفاده از روش جابجایی بوم‌شناختی است که به ارزیابی تأثیر انسان بر محیط می‌پردازد و نشان‌دهنده فضا و بار واردشده بر طبیعت است. این رویکرد از دو دهه پیش توسط ویلیام ریز، زیست‌شناس و برنامه‌ریز منطقه‌ای در دانشگاه بریتیش کلمبیا کانادا (UBC)، ابداع شده است که در آن میزان نیاز سالیانه یک کشور، یک شهر، یک محله یا یک خانواده بر اساس مقدار

فشرده‌تر، دارای کاربری مختلط و با قابلیت پیاده‌روی در پیرامون پایانه‌های حمل‌ونقلی بیش از پیش تأکید می‌کند. درحقیقت نظام ریلی، بنیاد نظام حمل‌ونقل شهر است. در میان تمام دیدگاه‌های نظری و پژوهش‌های انجام‌شده در بحث حمل‌ونقل، آن دسته از نظام‌های حمل‌ونقل شهری که بر ترکیبی از خطوط راه‌آهن، خطوط اتوبوس، مسیرهای دوچرخه‌رو و راه‌های پیاده‌رو مبتنی هستند، بهترین امکان را برای تأمین تحرک و حمل‌ونقل ارزان و نیز ایجاد محیط زیست شهری سالم فراهم می‌آورند. در همین رابطه کلان-شهرها معمولاً برای تأمین تحرک به مترو زیرزمینی روی می‌آورند. در حالی که در شهرهای متوسط، قطار سبک شهری گزینه جذاب‌تری است. وقتی خطوط راه‌آهن مستقر شد گره-گاه‌های آن به محل تمرکز ساختمان‌های اداری و مجموعه‌های مسکونی مرتفع و مغازه‌ها تبدیل می‌شود (لستر براون، ۲۰۰۶: ۱۵۱). علاوه بر نظریات گسترده در رابطه با حمل‌ونقل پایدار، حجم فزاینده گزارش‌های رسمی در قبال تحرک در شهرها از جمله گزارش کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه^۱ در سال ۱۹۸۷ و گردهمایی زمین^۲ در سال ۱۹۹۲ همراه با جنبش‌های محیط زیستی معترض‌تر، مسائل مرتبط با آلودگی ناشی از حمل‌ونقل را در عین این‌که اقدامات وسیعی برای برخورد با آن و حفظ انرژی پیشنهاد می‌کردند، انتشار یافتند. این اقدامات شامل برنامه‌هایی برای تأمین مالی در جهت اخذ مالیات از آلوده‌کننده و پیشنهادهایی برای ایجاد تکنولوژی پیشرفته‌تر، همراه با توصیه‌هایی برای ایجاد ساختار شهری می‌شد که نیاز به حرکت را با اتکای بیشتر بر استفاده از حمل‌ونقل ریلی، دوچرخه‌سواری و حرکت پیاده برای تأمین تحرک لازم کاهش می‌داد (کلیف موتین، ۲۰۰۵: ۸۱). در ایران البته تاکنون هیچ پژوهشی به طور خاص اثرات حمل‌ونقل ریلی را

1 - The World Commission on Environment and Development

2 - The Earth Summit

aa : زمین لازم برای تأمین سرمایه سرانه برای تولید هر کدام از اقلام مصرفی (i)
 C_i : متوسط مصرف سالیانه آن کالا
 P_i : تولید یا بازده سالیانه

$$ef = \sum aa_i \quad \text{رابطه شماره (۲)}$$

(ef) سرانه جاپای افراد که از محاسبه کل میزان مصرف فرد نسبت به زمین بوم‌شناختی لازم برای تأمین آن به دست می‌آید.

$$EF_p = N(ef) \quad \text{رابطه شماره (۳)}$$

(EF_p) جاپای بوم‌شناختی جمعیت مورد مطالعه که از ضرب کردن (ef) یا همان سرانه جاپای افراد در کل جمعیت مورد نظر (N) به دست می‌آید (Wackernagel & Rees, 1996: p.65-67).

۲.۲. قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهر مشهد دومین کلان‌شهر ایران دارای مساحتی معادل ۳۵۰ کیلومتر مربع یا ۳۵۰۰۰ هکتار و جمعیتی برابر با ۳۰۰۹۲۹۵ نفر در سال ۱۳۹۱ است. تعداد سفرهای درون شهری ساکنین شهر مشهد در یک شبانه‌روز از ۴۰۳۵۵۶۰ سفر در سال ۱۳۸۵ به ۵۸۷۶۳۱۳ سفر در سال ۱۳۹۰ افزایش پیدا کرده است؛ یعنی رشدی معادل ۳۲ درصد داشته است. همچنین ضریب ساعات اوج سفرهای روزانه از ۵/۱۱٪ به ۱۰/۹۴٪؛ یعنی بیش از دو برابر شده است (آمارنامه شهر مشهد، ۱۳۹۱: ص. ۱۴). بر طبق آخرین آمارهای موجود از حمل‌ونقل ریلی شهر مشهد، در سال ۱۳۹۳ تعداد کل سفرهای درون‌شهری معادل ۶۰۱۵۹۸ بوده است که روزانه ۱۱۰ هزار نفر توسط قطار شهری جابه‌جا می‌شوند، که با در نظر داشتن میانگین روزانه دو سفر برای هر فرد تعداد ۲۲۰ هزار سفر درون شهری توسط قطار شهری پوشش داده می‌شود. این رقم در حدود ۳٫۷ درصد از کل سفرهای شهر مشهد را شامل می‌شود. بر اساس همین

زمین یا دریای مولد (از نظر بوم‌شناختی) که با فناوری‌های موجود، تمامی نیازهای آن‌ها را به طور همیشگی تأمین کند، محاسبه می‌شود. (Wackernagel & Rees, 1996: 25-26)

۱.۲. روش تحقیق

روش تحقیق بر مبنای روش پیشنهادی ویکرناگل و ریس، استفاده از آمارهای مصرف و جمعیت است که بر اساس آن مصرف سالانه «میانگین فرد» در بخش‌های مختلف به دست می‌آید. وسعت لازم برای هر شخص را می‌توان با تقسیم درصد سرمایه مصرفی در سال، بر میانگین سالیانه تولید محصول برای هر بخش مصرفی محاسبه کرد. اقلام مصرف به پنج مقوله جداگانه تقسیم می‌شود: ۱- غذا ۲- مسکن ۳- حمل‌ونقل و رفت‌وآمد ۴- کالاهای مصرفی ۵- خدمات.

با توجه به این‌که در این مقاله جاپای اکولوژیک حمل‌ونقل هدف محاسبه قرار گرفته است. تعیین جاپای اکولوژیک حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی و محاسبه توان بوم‌شناختی طبیعت برای جذب و دفع کربن نیز حایز اهمیت است. بر این اساس هر یک هکتار جنگل توان جذب ۱۰۰ گیگاژول انرژی برابر با ۱٫۴۲ تن دی‌اکسید کربن در سال را دارد (Wackernagel and Rees, 1996). برای محاسبه جاپای اکولوژیک در حمل‌ونقل مجموعه‌ای از فعالیت‌های مختلف در نظر گرفته می‌شود که بر روی محیط تأثیر می‌گذارد که شامل: دی‌اکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن و متان حاصل از سوخت‌های فسیلی و کربن حاصل از حفظ و نگهداری از وسایط نقلیه، جاده‌ها و زیرساخت‌های حمل‌ونقل است (Barrett and Amekudzi, 2001: 7).

$$aai = c_i / p_i \quad \text{رابطه شماره (۱)}$$

محاسبات تا سال ۱۴۰۴ که تعداد کل سفرهای روزانه به ۴ خط دیگر، جابه‌جایی ریلی سهمی حدود ۲۰ درصد از بیش از ۱۰ میلیون سفر خواهد رسید، در صورت راه‌اندازی سفرهای درون شهری به خود اختصاص خواهد داد.

جدول ۱- تعداد و برآورد سفرهای روزانه شهر مشهد در دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۴

مأخذ: محاسبات و برآورد نگارندگان با استفاده از آمار موجود در آمارنامه‌های حمل‌ونقل مشهد (سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۲)

سال	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۳	۱۳۹۵	۱۴۰۰	۱۴۰۴
تعداد کل سفرهای روزانه درون شهری	۴۰۳۵۵۶۰	۵۸۷۶۳۱۳	۶۰۰۱۵۹۸	۷۵۰۱۵۹۷	۹۳۴۲۳۵	۱۰۸۴۲۳۵۱
تعداد مسافران جابه‌جاشده در روز توسط قطار شهری	.....	۲۶۲۳۷	۱۱۰۰۰۰	۵۷۶۰۰۰	۸۳۲۰۰۰	۱۰۸۸۰۰۰
درصد جذب مسافر با قطار شهری	.....	٪۰٫۴	٪۱٫۳	٪۷٫۶	٪۸٫۹	٪۱۰٫۳
درصد جذب سفر درون شهری با قطار شهری	.....	٪۰٫۹	٪۳٫۷	٪۱۵	٪۱۷٫۸	٪۲۰

۳. یافته‌های پژوهش

۱.۳ سناریو پایه: ادامه روند موجود و کسب و کار طبق

معمول

به طور کلی جابه‌جایی و حمل‌ونقل ۸۷۷۸۵۶۱۶ متر مربع از کل کاربری اراضی شهر مشهد و سرانه‌ای معادل ۰/۰۰۲۹ هکتار را به خود اختصاص داده است. مشهد در

حال حاضر با مصرف بیش از ۳۵ میلیون گیگاژول انرژی در سال برای برطرف‌ساختن نیاز به سوخت مصرفی در حمل‌و-نقل، رقمی معادل ۴۹۷۵۵۴ تن کربن تولید می‌کند. بر اساس جدول زیر سهم بنزین در بین سایر حامل‌های انرژی بیش از ۲۴ میلیون گیگاژول است که به تنهایی ۶۹ درصد از انرژی مصرفی را شامل می‌شود.

جدول ۲. میزان انرژی مصرفی در بخش حمل‌ونقل (۱۳۹۱)

مأخذ: محاسبات نگارندگان با استفاده از داده‌های شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران- منطقه مشهد مقدس و شرکت بهره‌برداری قطار

شهری مشهد

انواع حامل‌های انرژی	بنزین (هزارلیتر)	نفت گاز (هزارلیتر)	LPG ¹ (تن)	CNG ² (متر مکعب)	سوخت هواپیما (ATK و JPF)	برق (کیلووات ساعت)
میزان انرژی مصرفی	۷۶۶۲۹۲	۷۳۰۰۰	۸۱۲۵	۲۷۴۴۸۳۳۳۷	۱۶۷۱۹۱۰۰۰	۱۱۹۳۹۱۵۰
انرژی به گیگاژول	۲۴۴۶۰۹۶۴٫۷	۲۵۸۲٫۱	۶۳۷۷۴۵٫۹	۹۳۲۵۴۵۲٫۷	۵۶۹۳۵۲٫۶	۴۲۹۳۹٫۳
مجموع انرژی مصرفی (گیگاژول)	۳۵۰۳۹۰۳۷٫۷					

1 -Liquefied Petroleum Gas

2 -Compressed Natural Gas

۵۴ میلیون گیگاژول افزایش می‌یابد و میزان تولید کربن به ۷۷۳۹۷۳ تن خواهد رسید. بر اساس پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته، جمعیت مشهد تا سال ۱۴۰۴ بالغ بر ۴ میلیون نفر خواهد بود. بنابراین جایای بوم‌شناختی حمل‌ونقل شهر مشهد در سال ۱۴۰۴ برابر با ۰/۱۴ هکتار برای هر فرد افزایش خواهد یافت.

محاسبات قبلی نگارندگان مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل برای هر شهروند مشهدی ۱۱/۱۷ گیگاژول و معادل سرانه بوم‌شناختی آن به ازای هر ۱۰۰ گیگاژول در یک هکتار ۰/۱۱ هکتار برای هر فرد است (رهنما و عبادی‌نیا، ۱۳۹۳). با ادامه روند موجود و افزایش سالانه ۴۰ هزار خودرو به شهر تا سال ۱۴۰۴ بیش از یک میلیون و ۴۰۰ هزار خودرو در شهر تردد خواهد کرد و مجموع انرژی مصرفی در حمل‌ونقل به

جدول ۳- ضرایب پخش آلودگی در حمل‌ونقل درون شهری بر حسب تن در سال ۱۳۹۲

مأخذ: محاسبات نگارندگان با استفاده از جدول ضرایب پخش آلودگی (سازمان حفاظت محیط زیست استان خراسان رضوی)

سرب	R-COOH ²	R-CHO	R-CH	ذرات	SO _x	NO _x	CO	سوخت
۳۲۵	۳۸۷	۳۸۷	۴۸۷۸۸	۱۰۰۷	۱۱۶۲	۱۰۴۵۵	۲۷۱۰۴۶	بنزین
-	۵۳۳	۸۷٫۶	۱۶۰٫۶	۹۷۱	۱۲۲۶	۱۹۷۱	۵۲۶	گازوئیل

جدول ۴- (ضرایب پخش آلودگی در حمل‌ونقل درون شهری بر حسب تن در سال بر اساس سناریو اول)

مأخذ: همان

سرب	R-COOH ²	R-CHO	R-CH	ذرات	SO _x	NO _x	CO	سوخت
۵۰۲	۵۹۷	۵۹۷	۷۵۲۷۳	۱۵۵۳	۱۷۹۲	۱۶۱۳۰	۴۱۸۱۸۵	بنزین
-	۸۲۲	۱۳۵	۲۴۷۸	۱۴۹۸	۱۸۹۲	۳۰۴۱	۸۱۱	گازوئیل

۵ سال یکی از ۴ خطوط ریلی شهر راه‌اندازی شود. فرض بر این است که با تحقق کامل شبکه حمل‌ونقل ریلی تا سال ۱۴۰۴ سهم حمل‌ونقل ریلی در جابه‌جایی مسافر از ۳/۷ به ۲۰ درصد افزایش خواهد یافت و تعداد ۱ میلیون و ۸۸ هزار نفر در روز توسط شبکه ریلی جابه‌جا می‌شوند که به لحاظ صرفه‌جویی در مصرف سوخت حایز اهمیت است. بر این اساس با فرض تحقق کامل شبکه ریلی تا سال ۱۴۰۴، میزان بنزین صرفه‌جویی‌شده در روز ۶۷۴۵۶۰ لیتر می‌رسد که در سال رقمی بالغ بر (۲۴۶۲۱۴ هزار لیتر) ۷۸۵۹۴۶۰ گیگاژول صرفه‌جویی خواهد شد که معادل کاهش ۱۱۱۶۰۴ تن کربن در سال است. همچنین به میزان (۲۳۸۲۷ هزار لیتر) مصرف سالانه گازوئیل نیز کاهش خواهد یافت؛ یعنی با تکمیل شبکه ریلی شهر و بهره‌برداری از آن، مصرف بنزین و گازوئیل در بخش حمل‌ونقل به میزان ۲۰ درصد کاهش خواهد یافت. با

۳.۲. سناریوی مطلوب: افزایش سهم حمل‌ونقل ریلی شهر مشهد در سفرهای روزانه از ۳/۷ درصد در سال ۱۳۹۳ به ۲۰ درصد تا سال ۱۴۰۴

طبق برنامه‌ریزی صورت‌گرفته در افق ۱۴۰۴ تعداد چهار خط مترو به طول ۷۷ کیلومتر و یک خط هوایی (مونوریل) به طول ۴۷ کیلومتر در مشهد به بهره‌برداری می‌رسد. هم‌اکنون خط ۱ قطار شهری مشهد در حال بهره‌برداری است. بر اساس مطالعات انجام‌شده، در صورت استفاده از حمل‌ونقل ریلی میزان صرفه‌جویی در مصرف سوخت به ازای هر مسافر ۰/۶۲ لیتر بنزین و ۰/۰۶ لیتر گازوئیل است. با توجه به این‌که متوسط روزانه جابه‌جایی مسافر در خط یک قطار شهری مشهد ۱۱۰۰۰۰ نفر است، روزانه ۶۸۲۰۰ لیتر بنزین صرفه‌جویی خواهد شد. این میزان در سال به رقمی برابر با ۲۴۸۹۳۰۰۰ لیتر می‌رسد. بر اساس پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته باید در هر

توجه به مصرف سالیانه ۵۲ میلیون گیگاژول انرژی در بخش حمل‌ونقل در سال ۱۴۰۴، با تکمیل شبکه ریلی این مقدار به ۴۴ میلیون گیگاژول کاهش خواهد یافت و جایای بوم‌شناختی برابر با ۰/۱۱ هکتار برای هر فرد؛ یعنی مانند وضعیت فعلی ثابت باقی می‌ماند.

جدول ۵- (ضرایب پخش آلودگی در حمل‌ونقل درون شهری بر حسب تن در سال بر اساس سناریو مطلوب)

مأخذ: همان

سرب	R-COOH ²	R-CHO	R-CH	ذرات	SO _x	NO _x	CO	سوخت
۳۹۸	۴۷۴	۴۷۴	۵۹۷۶۱	۱۲۳۳	۱۴۲۲	۱۲۸۰۶	۳۳۲۰۱۰	بنزین
-	۳۲۸	۱۰۶	۱۹۵۳	۱۱۸۱	۱۴۹۱	۲۳۹۷	۶۳۹	گازوئیل

در سال ۱۴۰۴ نسبت به سال مبنا می‌شود که با توجه به این که ضریب ساعت اوج ترافیک شهر مشهد ۹/۷۹٪ بوده و همچنین قیمت جهانی تمام‌شده یک لیتر سوخت ۰/۳۳ دلار (هر دلار معادل ۳۰۰۰۰ ریال) است. بنابراین:

$$\text{ریال } ۲ \times ۱۰^{۱۲} = \text{دلار } ۸۲ \times ۱۰^۶ = ۳۳ \times ۰ / ۳۶۵ \times ۶۷۴۵۶۰ = \text{مصرفه جویی در مصرف بنزین در سال } ۱۴۰۴$$

$$\text{ریال } ۱۰۷ \times ۱۰^۹ = \text{دلار } ۳۵ \times ۱۰^۶ = ۱۵ / ۳۶۵ \times ۶۵۲۸۰ = \text{مصرفه جویی در مصرف گازوئیل در سال } ۱۴۰۴$$

$$\text{ریال } ۳۳۳ \times ۱۰^۹ = ۵۰۰ \times ۰ / ۴۲ \times (۱۰۸۸۰۰۰ \times ۰ / ۲۰) \times ۳۶۵ = \text{هزینه زمان تلف‌شده}$$

۱.۲.۳. صرفه‌جویی در مصرف سوخت:

با توجه به تحلیل به‌عمل‌آمده، مشخص شده است که اجرای قطار شهری باعث کاهش مصرف بنزین روزانه به میزان ۶۷۴۵۶۰ و گازوئیل به میزان ۶۵۲۸۰ و لیتر در یک روز

۲.۲.۳. هزینه زمان تلف‌شده

بر اساس مطالعات انجام‌شده سرعت جابه‌جایی در شهر با ناوگان ریلی تا ۳۴ کیلومتر در ساعت افزایش می‌یابد (سرعت اتوبوس ۱۲ کیلومتر در ساعت است). در سال ۱۴۰۴ تعداد سفرهای روزانه در مشهد ۱۰ میلیون سفر خواهد بود با احتساب ۲۵ دقیقه وقت تلف‌شده در هر سفر و ارزش یک ساعت وقت تلف‌شده مردم معادل پانصد هزار ریال (که مسلماً رقم واقعی آن بسیار بیشتر است)، سالانه ۱/۵ میلیارد ساعت یا ۷۵۰۰ میلیارد ریال از وقت مردم مشهد هدر می‌شود. با جذب ۲۰ درصد از سفرهای روزانه مشهد توسط ناوگان ریلی در سال ۱۴۰۴، شبکه ریلی درون شهری باعث کاهش حدود ۳۳/۳ میلیارد ریال ارزش مادی اتلاف وقت شهروندان مشهد می‌شود.

۳.۲.۳. صرفه‌جویی در هزینه درمان ناشی از آلودگی هوا:

۷۰ تا ۸۰ درصد آلودگی هوای مشهد ناشی از خودروهای سواری است. آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین عوامل در بروز

بیماری‌ها و ایجاد اختلالات در وضعیت جسمانی و روانی شهروندان است، آمارها نشان می‌دهد که تعداد روزهای ناسالم در مشهد که در آن شاخص PSI بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ است در سال ۹۱ به ۸۷ روز رسید (هشتمین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد، ۱۳۹۱: ص ۳۶) و فقط در هشت ماه اول سال ۹۲ این مقدار ۱۹،۶ درصد رشد داشته است (شهرآرا، ۱ آذر ۱۳۹۲). طبق آمار سازمان فردوس‌های مشهد، اختلال در دستگاه تنفسی در سال ۹۱ جان ۲۶۵۴ نفر از شهروندان را گرفت؛ لذا با توجه به این‌که شهر مشهد یکی از آلوده‌ترین شهرهای کشور بوده، افزایش میزان آلودگی هوا تا سال ۱۴۰۴ می‌تواند باعث تشدید عوارض ناشی از آلودگی هوا شود، با تحقق شبکه ریلی درون شهری مشهد و بهره‌برداری از تمام ظرفیت جابه‌جایی آن، میزان قابل ملاحظه‌ای از نشر آلاینده‌ها کاهش می‌یابد که به تبع آن هزینه‌های درمان نیز تقلیل خواهد یافت. بر اساس مطالعات به‌دست‌آمده اگر هر خانوار مشهدی به طور متوسط یک بار در سال به پزشک مراجعه کند و هزینه هر

درمان به طور تقریبی ۳۰۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شود، با توجه به این که در سال ۱۳۹۵ تعداد خانوار شهر مشهد ۸۰۰۰۰۰۰ بوده (بر طبق برآورد ۴ میلیون نفر جمعیت و سرانه هر خانوار ۵ نفره) و میزان کاهش آلودگی هوا در اثر اجرای قطار شهری حدود ۲۰٪ بر آورد شده است. بنابراین:

$$\text{ریال}^9 = 48 \times 10^9 = 8000000 \times 3000000 \times 20\%$$

یک خودرو ۲۰۰ میلیون ریال و استهلاک سالیانه هر خودرو ۱۰٪ و هزینه مصرف لوازم یدکی سالیانه هر خودرو ۵٪ قیمت خودرو در نظر گرفته شود (مطابق با گزارش توجیهی متروی تهران)، با توجه به این که راه اندازی قطار شهری باعث ۲۰٪ کاهش در میزان تردد خودروها می شود، بنابراین:

$$\text{ریال}^{12} = 5/6 \times 10^{12} = 14000000 \times 200 \times 10^6 \times 10\% \times 20\%$$

$$\text{ریال}^{12} = 2/8 \times 10^{12} = 14000000 \times 200 \times 10^6 \times 5\% \times 20\%$$

۵.۲.۳. صرفه جویی در هزینه های توسعه شبکه خیابانی شهر مشهد

به این که اجرای قطار شهری سرعت در شبکه را km/h 7/4 افزایش داده است، بنابراین:

نتایج مطالعات نشان می دهد که جهت افزایش 1 Km/h سرعت وسایل نقلیه در شبکه، نیاز به یک سرمایه گذاری در کل شبکه، معادل ۳۳۸ میلیارد ریال سرمایه گذاری در سال ۱۳۸۰ است (با نرخ تورم ۱۹٪ در نظر گرفته شود). با توجه

$$\text{ریال}^{12} = 13/9 \times 10^{12} = 1/8 \times 9^{12} \times 7/4$$

میلیونی است. در کلان شهر مشهد که علاوه بر جمعیت بیش از ۳ میلیون نفری، هر ساله حجم عظیمی از مسافر به شهر وارد می شوند، توجه به حمل و نقل ریلی به مثابه کلید اصلی رسیدن به پایداری و از ضرورت های بسیار مهم برنامه ریزی شهری است. سناریوی مطلوب در این مقاله با خوش بینی بسیار به این صورت تدوین شده است که هر چهار خط ریلی به همراه یک خط مونوریل تا سال ۱۴۰۴ با تمام ظرفیت جابه جایی به بهره برداری کامل برسد، در حالی که چنین فرضی فقط در چشم انداز طرح دیده شده است و با توجه به روند کند تکمیل شبکه ریلی بعید به نظر می رسد تا ۱۰ سال آینده این سناریو محقق شود لکن از یافته های این تحقیق مشخص شد که با رسیدن به وضعیت مطلوب در حمل و نقل ریلی شهر مشهد روند افزایش جابجایی بوم شناختی شهر علی رغم افزایش

بنابراین میزان کل بهبود با توجه به شاخص های فوق معادل ۷۵۶ میلیون دلار خواهد بود. از طرفی طبق هزینه اجرای طرح قطار شهری فوق الذکر با فرض ارزش هر دلار معادل ۳۰۰۰۰ ریال، ۱۰۰۰۰ میلیارد ریال تخمین زده شده است که با توجه به شرایط سال ۱۳۹۳ (هر دلار معادل ۳۰۰۰۰ ریال)، و با فرض ثابت ماندن نرخ ارز تا سال ۱۴۰۴ هزینه فوق ۳۳۳ میلیون دلار خواهد شد که در نهایت مشخص می شود که این طرح سودده خواهد بود.

۴. نتیجه گیری و پیشنهادها

تأکید بر حمل و نقل ریلی و ضرورت توجه به آن بسیار مهم است و در بلندمدت، حمل و نقل ریلی مهم ترین و موثرترین راه برای رسیدن به حمل و نقل پایدار به خصوص برای شهرهای

مثبتی دارد، به طوری که صرفه جویی حاصل از کاهش مصرف بنزین می‌تواند به تنهایی هزینه‌های عمرانی و ساختاری شرکت قطار شهری مشهد را توجیح کند. به طوری که با بررسی شاخص‌های ذکر شده میزان کل صرفه‌جویی اقتصادی معادل ۷۵۶ میلیون دلار خواهد بود.

سیاسگزاری

از شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران- منطقه مشهد مقدس، شرکت بهره‌برداری قطار شهری مشهد، سازمان حفاظت محیط زیست استان خراسان رضوی و سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری مشهد که آمار و اطلاعات مربوط را در اختیار نگارندگان قرار دادند و به سبب همکاری بی‌دریغشان کمال سپاسگزاری را داریم.

جمعیت و افزایش خودروهای موجود متوقف می‌شود. شهر مشهد در حال حاضر با مصرف بیش از ۳۵ میلیون گیگاژول انرژی در سال برای برطرف ساختن نیاز به سوخت مصرفی در حمل‌ونقل، رقمی معادل ۴۹۷۵۵۴ تن کربن تولید می‌کند. در سال ۱۴۰۴ با تکمیل شبکه ریلی شهر و بهره‌برداری از آن، مصرف بنزین و گازوییل در بخش حمل‌ونقل به میزان ۲۰ درصد کاهش خواهد یافت. با توجه به مصرف سالانه ۵۲ میلیون گیگاژول انرژی در بخش حمل‌ونقل در سال ۱۴۰۴، با تکمیل شبکه ریلی این مقدار به ۴۴ میلیون گیگاژول کاهش خواهد یافت و جایای بوم‌شناختی برابر با ۰/۱۱ هکتار برای هر فرد؛ یعنی مانند وضعیت فعلی ثابت باقی می‌ماند. با مقایسه سناریوی اول و سناریو مطلوب مشخص شد که تکمیل بهره‌برداری از شبکه ریلی به لحاظ صرفه‌جویی ریلی نیز تأثیر

کتاب‌نامه

۱. اطلاعات حمل‌ونقل و انرژی کشور (۱۳۸۸). شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت، تهران: جهاد دانشگاهی واحد شهید بهشتی. پژوهشکده علوم کاربردی.
۲. براون، ل. (۱۳۹۱). *نجات محیط زیست (پلن B4.0)*. مترجم حمید طراوتی. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد
۳. ترازنامه انرژی. (۱۳۹۰). وزارت نیرو. معاونت امور برق و انرژی. دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی دفتر تقسیمات کشوری. استانداری خراسان رضوی.
۴. حسین‌زاده، ک و ساسان پور، ف. (۱۳۹۱). روش جایای بوم‌شناختی در در پایداری کلان‌شهرها با نگرشی بر کلان‌شهر تهران. *فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی*. شماره ۸۲. صص. ۱۰۱-۸۳
۵. رضوانی، م. ر. سلمان، م. قنبری نسب، ع و باغیانی، ح. ر. (۱۳۸۹). جایای بوم‌شناختی رویکردی نو برای سنجش اثرات زیست محیطی (مفهوم، کاربرد و سنجش آن). *جغرافیا و توسعه*. شماره ۲۰. صص ۱۶۶-۱۵۴.
۶. رهنما، م. ر و عبادی‌نیا، ف. (۱۳۹۳). تحلیل پایداری حمل‌ونقل شهر مشهد با استفاده از روش جایای بوم‌شناختی. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره آماده انتشار برای پاییز و زمستان.
۷. سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری مشهد. (۱۳۹۱). هشتمین آمارنامه حمل‌ونقل شهر مشهد. پاییز. صص ۳۶.
۸. ساسان‌پور، فرزانه. (۱۳۹۰). *مبانی پایداری توسعه کلان‌شهرها با تأکید بر کلان‌شهر تهران*. تهران: مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی.
۹. شهرداری مشهد. *آمارنامه شهر مشهد*. (۱۳۹۱). معاونت برنامه‌ریزی و توسعه.
۱۰. فروزنده، ک. (۱۳۸۵). طرح مقایسه آلودگی زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت در دو بخش حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی. راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران. مرکز تحقیقات. گروه مطالعات اقتصادی.
۱۱. عباسپور، م. (۱۳۸۹). ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های حمل‌ونقل ریلی. *انسان و محیط زیست* شماره ۱۵. صص ۱۷-۳۶.

۱۲. مزرعتی، م و پرتوی، ب. (۱۳۸۴). پیش‌بینی مصرف بنزین و نقش متروی تهران در کاهش مصرف آن. فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی. سال دوم. شماره ۴. صص ۵۷-۸۲.

۱۳. موتین، ک. (۲۰۰۵). ابعاد سبز طراحی شهری. ترجمه کاوه مهربانی. تهران: انتشارات پردازش و برنامه‌ریزی شهری (وابسته به شهر داری تهران) ۱۳۸۶.

14. Barret, J., Scott, A., & Vallack, H. (2001). *The ecological footprint of passenger transport in merseyside*. New York: Stockholm Environment Institute.
15. Brown, D., O'Regan, B., & Moles, R. (2008). Use of ecological footprinting to explore alternative transport policy scenarios in an Irish city-region. *Transport Research Journal*, 13, 315-322.
16. Buchanan, C. D., et al., (1963) Traffic in Town. The specially shortened edition of the Buchanan Report Harmondsworth: Penguin.
17. Caves, R. (Ed.). (2004). "Principles of intelligent urbanism", "Encyclopedia of the City". Londo Routledge.
18. Chambers, N., & Kevin, L. (2001). *Ecological Footprint Analysis: Towards a sustainability indicator for business*. London: Spon Press.
19. Chi, G., & Stone, B. (2005). Sustainable Transport Planning: Estimating the ecological footprint of vehicle travel in future years. *Journal of Urban Planning and Development*, 131(3), 170-180.
20. Eco Transit. (2011). Ecological Transport Information Tools for Worldwide Transport, Berlin - Hannover -Heidelberg, July 31th.
21. Gudmundsson, H., & Hojer, M. (1996). Sustainable development principles and their implications for transport. *Ecological Economics*, 19, 269-282.
22. International Energy Agency. (2011). Transport Energy and CO2- Moving toward sustainability.
23. Jeon, C. M., & Amekudzi, A. (2005). Addressing sustainability in transportation systems: Definitions, indicators and metrics. *ASCE Journal of Infrastructure Systems. American Society of Civil Engineers*, 11(10), 31-50.
24. Odum, H.T., (1994). *Ecological and General Systems*. revised edition. Bulder: University of Colorado Press.
25. Organization for Economic Cooperation and Development. (2004). Environmentally Sustainable Transport, OECD, Paris.
26. Wackenagel M., & Rees, W. (1996). Our Ecological Footprint, educating human impact on the earth Gabriola Iisland, BC: New Society Publishers.
27. Wackernagele, M., (2003). Towards a sustainable London: Reducing the Capital Ecological Footprint, WSP Environmental Ltd natural strategies LIS, London: Spon Press.