DOI: 10.22067/gusd.v1i1.39272

نقش شبکهٔ 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، نویسندهٔ مسئول)
ebadinia@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۰/ ۰۶/ ۱۳۹۳ تاریخ تصویب : ۱۳۹۳/۱۱/۲۱

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 مقایسهٔ آن با وضعیت آتی توسعه و بهره‌برداری از سایر خطوط شبکهٔ ریلی شهر، به عنوان سناریو مطلوب، صورت گرفته است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بر اساس سناریو مرجع، جاپای بوم‌شناختی حمل ونقل شهر مشهد از ۰/۱۱ هکتار برای هر فرد در سال ۱۳۹۲ به ۰/۱٤ هکتار برای هر فرد در سال ۱٤۰٤ افزایش خواهد یافت. و در سال ۱٤۰٤ انرژی مصرفی در بخش حمل و نقل به ٥٤ میلیون گیگاژول خواهد رسید که سهم بنزین در بین سایر حامل‌های انرژی به تنهایی ٦۹ درصد است. بر اساس سناریو مطلوب و با تکمیل شبکهٔ ریلی این مقدار به ٤٤ میلیون گیگاژول کاهش خواهد یافت و جاپای 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: جاپای بوم‌شناختی، حمل و نقل پایدار، قطار شهری، مصرف بنزین، شهر مشهد.

۱. مقدمه

در حال حاضر انرژی یکی از عوامل کلیدی رشد و توسعهٔ اقتصادی و است و به دلیل اهمیت نقش آن در هزینه-های تولیدی و خدماتی و همچنین مسایل زیست‌محیطی مرتبط بر مصرف آن، کاهش و بهینه‌سازی مصرف و کارایی هرچه بیشترآن بسیار مورد توجه بوده است. بخش حمل و نقل امروزه یکی از بزرگترین بخش‌های مصرف‌کنندهٔ انرژی و عمده‌ترین مصرف‌کنندهٔ فرآورده‌های نفتی است (مزرعتی، ۱۳۸٤: ۵۸). به همین دلیل لزوم توجه به توسعهٔ پایدار حمل‌و-نقل از ارکان اصلی توسعهٔ پایدار شهری و فراشهری است. توسعهٔ پایدار حمل‌ونقل، جزیی از مفهوم گسترده‌تری است که در درون مرزهای توسعهٔ پایدار تعریف می‌شود و به معنای حفظ و بهبود کیفیت زندگی انسانی و تنوع فرصت‌های اجتماعی برای تحرک و تردد بشر، در چهارچوب محدودیت-ها و تنگناهای اکوسیستم جهانی است (Browne and O'Regan and Moles, 2008: 315). از این رو سیستم پایدار حمل‌ونقل باید به بهبود زندگی و رفع نیازهای حرکتی انسان با تأکید بر حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های آینده، از طریق جایگزین‌کردن منابع تجدیدپذیر، حفظ و نگهداری از تنوع زیستی، کاهش انتشار کربن و حمایت از دانش آگاهانهٔ 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 سالانهٔ گاز دی‌اکسید کربن که در ابتدای هزارهٔ سوم ٤۲ گیگاتن در سال بوده است، تا سال ۲۰۵۰ به ۸۵ گیگاتن در سال برسد (طباطبایی، ۱۳۹۲: ۲۵٤). حمل‌ونقل شهری اصلی-ترین عامل ایجاد این وضعیت است. شهرها فقط ۰/٤ درصد سطح‌زمین را اشغال می‌کنند در حالی که عامل تولید ۸۰ درصد گازهای آلاینده و مخرب به شمار می‌روند، به همین دلیل برای رسیدن به توسعهٔ پایدار باید گزینه‌های پاک‌تر حمل‌ونقل مورد توجه قرار گیرد که در این میان حمل و نقل ریلی بنیان نظام حمل‌ونقل پایدار در شهرها است. خطوط راه-آهن از نظر جغرافیایی ثابت هستند؛ لذا راه‌آهن یک وسیلهٔ حمل‌ونقل دائمی است که شهروندان می‌توانند به راحتی از آن استفاده کنند. حمل‌ونقل ریلی در میان انواع بخش‌های حمل و نقل بیشترین کارآیی 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 سریع‌السیر برقی به ازای هر مایل- مسافر تقریباً یک‌سوم خودروها و یک‌چهارم هواپیماها است (لستر براون، ۲۰۰۹: ۱۵۱). علاوه بر این، حمل‌ونقل ریلی به ازای ظرفیت مساوی حمل‌ونقل معادل ۰/۲ تا ۰/۳ حمل‌ونقل جاده‌ای زمین اشغال می‌کند که امروزه در مسایل مربوط به توسعهٔ یک پارامترتعیین‌کننده است و اثرات آلوده‌کنندگی آن نسبت به دیگر انواع حمل‌ونقل ۱/۱است (فروزنده،۱۳۸۷: ٤۷). صنعت حمل‌ونقل ریلی باید با ایجاد خطوط جدید و اتصال ریلی نقاط پرجمعیت، شرایط مساوی برای مسافرت آسان و سریع همهٔ مردم از هر نقطه به نقطهٔ دیگر شهر را فراهم آورد. به این‌ترتیب حمل‌ونقل ریلی نقش مهم خود را در حفاظت از محیط زیست و قابل زیست‌کردن نقاط مختلف شهر برای همه به عرصهٔ ظهور خواهد رساند.

۱. ۱. طرح مسأله

هم اکنون حدود ۱۹ درصد از مصرف انرژی در جهان و بیش از یک‌چهارم دی‌اکسید کربن انتشاریافته در جهان، ناشی از حمل‌ونقل است. این میزان در بخش حمل‌ونقل بیش از سایر بخش‌ها در حال افزایش است (IFEU, 2011: 4). به طوری که بر اساس پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۳۰به میزان ۵۰ درصد و تا سال ۲۰۵۰ به میزان ۸۰ درصد افزایش خواهد یافت (IEA, 2011: 29-113). طی سال‌های اخیر سرانهٔ انتشار CO_2 درکشور ایران از٦٦۸۳/۸ کیلوگرم به ازای هر نفر

در سال ۸٦ به ۷۲۷۲ کیلوگرم در سال ۱۳۹۰رسیده است (ترازنامهٔ انرژی ۱۳۹۰: ۲۷٦) که از این مقدار ۲۳۲۷ کیلوگرم به ازای هر فرد در نتیجهٔ فرآیند حمل‌ونقل است. بخش حمل-ونقل امروزه یکی از بزرگ‌ترین بخش‌های مصرف‌کنندهٔ انرژی در کشور است، به طوری که در ۱۰ سال اخیر مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل سالیانه ٦/٦۷ درصد رشد داشته است که از میزان رشد مصرف نهایی انرژی در سایر بخش‌ها ۵/٤۷ درصد سریع‌تر بوده است (اطلاعات حمل و نقل و انرژی کشور، ۱۳۸۸: ص. ۲۹). بنابر مطالعات آژانس بین‌المللی انرژی (IEA[1])، بخش حمل‌ونقل تا سال ۲۰۲۰ بزرگ‌ترین مصرف-کنندهٔ 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 ٦٤/۷ درصد از کل انتشار NO_X و ٤٤/۷ درصد از SO_2 ، ۲۷/۵ درصد از CO_2 ، ٤۰/۵ درصد از SO_3 ، ۹۸/۸ درصد از CO ، ۹٦/۸ درصد از HC و ۷۹/٤ درصد از ذرات معلق، دارای بیشترین میزان انتشار انواع گازها در میان سایر بخش‌های مصرف‌کنندهٔ انرژی کشور است و به طور متوسط سهم حمل‌ونقل در انتشار گازهای نام‌برده ۸۱ درصد است (فروزنده،۱۳۸۵: ٤۷). 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 مقایسهٔ آن با وضعیت آتی توسعه و بهره‌برداری از سایر خطوط شبکهٔ ریلی شهر، صورت گرفته است.

۱ .۲.پیشینه و مبانی نظری تحقیق

استفاده از جاپای 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، می-توان 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 مقایسهٔ گزینه‌های مختلف برای صرفه‌جویی فراهم آورد (Wackernagel, 2003). جاپای 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 روجاپای بوم-شناختی روشی است که به شکل مستقیم مفهوم اکولوژیک از ظرفیت کشش[2] را در بر می‌گیرد (Chi and Stone, 2011: 2) در حقیقت «ظرفیت حامل مصادره‌شده»[3] در دیگر نواحی کرهٔ زمین به وسیلهٔ «واحد سطح» مورد تحلیل قرار می‌گیرد و هر چه این سطح بزرگ‌تر باشد، تحمیل 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 ۱۹٦۰ و ۱۹۷۰ زمینه‌ای مناسب برای ابداع روش جاپای بوم‌شناختی فراهم آوردند، از جمله اقداماتی مانند سامانهٔ سنجش جریان انرژی از طریق شبیه-سازی توسط هاوارد ادم[4] (۱۹۹٤)، توسعهٔ مدل‌سازی پویای منابع جهانی توسط جی رندرز[5] (۱۹۹۲) و میزان حاصل‌خیزی اکوسیستم‌های جهان از طریق برنامه‌های بیولوژیکی بین‌المللی توسط رابرت ویتاکر[6] (۱۹۷۵) و همچنین ارزیابی چرخهٔ حیات از آلبل[7] (۱۹۹۰) و ارزیابی چرخهٔ حیات انرژی توسط

1 -International Energy Agency

2 - Carrying capacity
3 -Appropriated Carrying Capacity
4 -Odum
5 - Randers
6 - Whittaker
7 - Albel

هوفستر[1] (۱۹۹۱) اشاره کرد. برون، رگان و مولس در مقاله‌ای به مقایسهٔ جاپای بوم‌شناختی حمل‌ونقل بین سال‌های ۱۹۹٦ تا ۲۰۰۲ پرداختند و با استفاده از روش سناریوسازی تأثیر سیاست‌های مختلف برگرفته از ٦ سناریو را بر اندازهٔ جاپای بوم‌شناختی شهر- منطقهٔ ایرلند تا سال ۲۰۱۲ مقایسه کردند. بر اساس یافته‌های این مقاله پنجمین سناریو که ترکیبی از کاهش تقاضای سفر و افزایش کارایی موتور خودروها است، به عنوان تأثیرگذارترین سناریو برای کاهش جاپای بوم‌شناختی در بخش حمل‌ونقل انتخاب شد (Brown and O'Regan and Moles, 2008: 315-322). در ایران، رضوانی، سلمانی، قنبری نسب و باغیانی به شناخت روش‌های آن به عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری پایداری فعالیت‌های انسانی پرداختند و نحوهٔ سنجش، کاربرد و در نهایت تحلیل و ارزیابی روش جاپای بوم‌شناختی را تشریح کردند. یافته‌ها حاکی از آن بود که علی‌رغم محدودیت‌ها و دشواری‌های جاپای بوم-شناختی و برآورد اراضی پشتیبان، این روش می‌تواند چهارچوب مناسبی برای سنجش و ارزیابی اثرات زیست-محیطی در راستای توسعهٔ پایدار باشد (رضوانی، سلمانی، قنبری نسب و باغیانی ،۱۳۹۱). مقالهٔ دیگری به نام «روش جاپای اکولوژیکی در پایداری کلان‌شهرها با نگرشی بر کلان-شهر تهران» توسط حسین‌زاده دلیر و ساسان پور به نگارش درآمده که در آن جاپای بوم‌شناختی و میزان ناپایداری کلان-شهر تهران محاسبه شده و با ارزیابی این ناپایداری و علل آن رهیافت‌های مدیریتی بهینه‌ای برای رسیدن به پایداری بیشتر در کلان‌شهر تهران ارایه شده است (دلیر و ساسان پور،۱۳۹۱) است. به لحاظ سیر تاریخی پیشینهٔ جایگاه مسایل زیست-محیطی در بحث حمل‌ونقل به طور خاص به چهل سال قبل در گزارش بوکانان[2](۱۹٦۳) با عنوان «ترافیک در شهرها» برمی‌گردد که به طور روشن مسائل ناشی از افزایش تخمینی ترافیک در آن زمان را برای نواحی شهری و بر کیفیت محیط زیست محلی و رسیدن به اشباع مالکیت اتومبیل را تا سال۲۰۱۰ هشدار داد (کلیف موتین۲۰۰۵: ۷۵). اصطلاح حمل‌ونقل پایدار نیز از حدود دو دهه پیش وارد ادبیات تخصصی مطالعات شهری شد که مفهوم آن را می‌توان برگرفته از تعریف اصلی توسعهٔ پایدار، چنین دانست: «آن‌گونه از حمل‌ونقل است که نیازهای جابه‌جایی انسان امروزی را بدون آن‌که مخاطره‌ای برای نسل‌های آتی جهت تأمین نیازهای جابه‌جایی آن‌ها ایجاد کند، تأمین کند. بنابراین، روشن است که حمل‌ونقل همگانی و گونه‌های جابه‌جایی غیر موتوری همچون پیاده‌روی و دوچرخه در زیرمجموعهٔ این نوع از حمل‌ونقل قرار دارند (Jeon, Amekudzi, 2005: 32). اصول شهرسازی هوشمند از جمله اصلی‌ترین نظریه-های مطرح‌شده در دههٔ ۹۰ میلادی است که ریشه‌های آن در توسعهٔ پایدار قرار داشته و از پیاده مداری بر پایهٔ ابعاد انسانی، پایداری زیست‌محیطی، سامانهٔ حمل‌ونقل به هم پیوسته، تعادل بین گونه‌های مناسب حرکتی و نقاط تقسیم گره‌گاهی همگانی را پشتیبانی می‌کند (Caves Roger, 2004). در ایالات متحدهٔ امریکا اولین نشانه‌های توجه به حمل‌ونقل همگانی هم به عنوان کانون موجد توسعه و هم به منظور حفظ محیط زیست شهری را می‌توان در همین دوران مشاهده کرد. آن‌جا که سرمایه‌گذاران بخش خصوصی به توسعهٔ مسکونی و ایجاد خرده‌فروشی های تجاری در اطراف خطوط تراموای حومه‌ای جهت ایجاد حداکثر بازگشت اقتصادی مبادرت کردند که سبب طرح نظریهٔ حمل‌ونقل همگانی توسعه‌مدار*TOD* شد. از جمله مهم‌ترین نظریه‌های ارایه‌شده در این رابطه، دهکده-های حمل نقلی[3] است که منظور ایجاد محلاتی سرزنده‌تر و پایدارتر با محوریت ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی مطرح شده است و بر ترکیب اصول طراحی شهری و حمل‌ونقل همگانی به ویژه سامانه‌های ریلی، درجهت استقرار اجتماعاتی

1 - Hofstetter
2 - Buchanan
3 - Transitvillages

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 پیاده رو مبتنی هستند، بهترین امکان را برای تأمین تحرک و حمل‌ونقل ارزان و نیز ایجاد محیط زیست شهری سالم فراهم می‌آورند.در همین رابطه کلان‌شهرها معمولاً برای تأمین تحرک به مترو زیرزمینی روی می‌آورند. در حالی که در شهرهای متوسط، قطار سبک شهری گزینهٔ جذاب‌تری است. وقتی خطوط راه‌آهن مستقر شد گره‌گاه‌های 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 فزایندهٔ گزارش‌های رسمی در قبال تحرک در شهرها از جمله گزارش کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه[1] در سال ۱۹۸۷ و گردهمایی زمین[2] 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 أخذ 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 بر اندازهٔ جاپای بوم‌شناختی شهر را بررسی نکرده است. از جمله پژوهش‌های مرتبط می‌توان به مقالهٔ عباس‌پور اشاره کرد که با نام «دستورالعمل ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های حمل‌ونقل ریلی، به منظور هدایت مجریان و مشاوران طرح‌های حمل‌ونقل ریلی، با شناسایی کلیهٔ 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 همهٔ 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 جاپای بوم‌شناختی است که به ارزیابی تأثیر انسان بر محیط می‌پردازد و نشان‌دهندهٔ 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 سالیانهٔ یک کشور، یک شهر ، یک محله یا یک خانواده بر اساس مقدار

1 - The World Commission on Environment and Development
2 - The Earth Summit

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)

۲ .۱. 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 سرمایهٔ مصرفی در سال، بر میانگین سالیانهٔ تولید محصول برای هر بخش مصرفی محاسبه کرد. اقلام مصرف به پنج مقولهٔ جداگانه تقسیم می‌شود: ۱- غذا ۲-مسکن ۳- حمل‌ونقل و رفت‌وآمد ٤- کالاهای مصرفی ۵- خدمات.

با توجه به این‌که در این مقاله جاپای اکولوژیک حمل-ونقل 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 ۱,٤۲ تن دی‌اکسید کربن در سال را دارد (Wackernagel and Rees, 1996) . برای محاسبهٔ 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 وکربن حاصل از حفظ و نگهداری از وسایط نقلیه، جاده‌ها و زیرساخت‌های حمل‌ونقل است (Barrett and Amekudzi, 2001: 7).

رابطهٔ شمارهٔ (۱) $aai=c_i/p_i$

aa:زمین لازم برای تأمین سرمایهٔ سرانه برای تولید هر کدام از اقلام مصرفی(i)

c_i:متوسط مصرف سالیانهٔ آن کالا

P_i:تولید یا بازده سالیانه

رابطهٔ شمارهٔ(۲) $ef = \sum aa_i$

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

رابطهٔ شمارهٔ(۳): $EF_p = N(ef)$

(EF_p) جاپای بوم‌شناختی جمعیت مورد مطالعه که از ضرب‌کردن (ef) یا همان سرانهٔ جاپای افراد در کل جمعیت مورد نظر (N) به دست می‌آید (Wackenagel & 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 ٤۰۳۵۵٦۰ سفر در سال۱۳۸۵ به۵۸۷٦۳۱۳ 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 ۱۰/۹٤٪ ؛یعنی بیش از دو برابر شده است(آمارنامهٔ شهر مشهد، ۱۳۹۱ : ص.۱٤). بر طبق آخرین آمارهای موجود از حمل‌ونقل ریلی شهر مشهد، در سال ۱۳۹۳ تعداد کل سفرهای درون‌شهری معادل ٦۰۰۱۵۹۸بوده است که روزانه۱۱۰ هزار نفر توسط قطار شهری جابه‌جا می‌شوند، که با درنظرداشتن میانگین روزانهٔ 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

محاسبات تا سال ۱٤۰٤ که تعداد کل سفرهای روزانه به بیش از ۱۰ میلیون سفر خواهد رسید، در صورت راه‌اندازی ٤ خط دیگر، جابه‌جایی ریلی سهمی حدود ۲۰ درصد از سفرهای درون شهری به خود اختصاص خواهد داد .

جدول۱- تعداد و برآورد سفرهای روزانه شهر مشهد در دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱٤۰٤

مأخذ: محاسبات و برآورد نگارندگان با استفاده از آمار موجود در آمارنامه‌های حمل‌ونقل مشهد (سال‌های۱۳۸۵ تا۱۳۹۲)

سال	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۳	۱۳۹۵	۱٤۰۰	۱٤۰٤
تعداد کل سفرهای روزانهٔ درون شهری	٤۰۳٥٥٦۰	٥۸۷٦۳۱۳	٦۰۰۱٥۹۸	۷٥۰۱٥۹۷	۹۳٤۲۳٥۱	۱۰۸٤۲۳٥۱
تعداد مسافران جابه‌جاشده در روز توسط قطار شهری	.....	۲٦۲۳۷	۱۱۰۰۰۰	٥۷٦۰۰۰	۸۳۲۰۰۰	۱۰۸۸۰۰۰
درصد جذب مسافر با قطار شهری	.....	٪۰,٤	٪۱,۳	٪۷,٦	٪۸,۹	٪۱۰,۳
درصد جذب سفر درون شهری با قطار شهری	.....	٪۰/۹	٪۳,۷	٪۱٥	٪۱۷,۸	٪۲۰

۳. یافته‌های پژوهش

۳ .۱. سناریو پایه: ادامه روند موجود و کسب و کار طبق معمول

به طور کلی جابه‌جایی و حمل‌ونقل ۸۷۷۸٥٦۱٦ 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 **۳٥** میلیون گیگاژول انرژی در سال برای برطرف‌ساختن نیاز به سوخت مصرفی در حمل‌و-نقل، رقمی معادل ٤۹۷٥٥٤ تن کربن تولید می‌کند. بر اساس جدول زیر سهم بنزین در بین سایر حامل‌های انرژی بیش از ۲٤ میلیون گیگاژول است که به تنهایی ٦۹ درصد از انرژی مصرفی را شامل می‌شود.

جدول۲. میزان انرژی مصرفی در بخش حمل‌ونقل (۱۳۹۱)

مأخذ: محاسبات نگارندگان با استفاده از داده‌های شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران– منطقهٔ 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	۷٦٦۲۹۲	۷۳۰۰۰	۸۱۲٥	۲۷٤٤۸۳۳۳۷	۱٦۷۱۹۱۰۰۰	۱۱۹۳۹۱٥۰
انرژی به گیگاژول	۲٤٤٦۰۹٦٤,۷	۲٥۸۲,۱	٦۳۷۷٤٥,۹	۹۳۲٥٤٥۲,۷	٥٦۹۳٥۲,٦	٤۲۹۳۹,۳
مجموع انرژی مصرفی (گیگاژول)	۳٥۰۳۹۰۳۷,۷					

1 -Liquefied Petroleum Gas
2 -Compressed Natural Gas

محاسبات قبلی نگارندگان مصرف انرژی در بخش حمل-ونقل برای هر شهروند مشهدی ۱۱/۱۷گیگاژول و معادل سرانهٔ بوم‌شناختی آن به ازای هر ۱۰۰ گیگاژول در یک هکتار ۰/۱۱ هکتار برای هر فرد است (رهنما و عبادی‌نیا، ۱۳۹۳). با ادامهٔ روند موجود و افزایش سالیانه ٤۰ هزار خودرو به شهر تا سال ۱٤۰٤ بیش از یک میلیون و ٤۰۰ هزار خودرو در شهر تردد خواهد کرد و مجموع انرژی مصرفی در حمل‌ونقل به ٥٤ میلیون گیگاژول افزایش می‌یابد و میزان تولید کربن به ۷۷۳۹۷۳ تن خواهد رسید. بر اساس پیش‌بینی‌های صورت-گرفته، جمعیت مشهد تا سال ۱٤۰٤ بالغ بر ٤ میلیون نفر خواهد بود. بنابراین جاپای بوم‌شناختی حمل‌ونقل شهر مشهد در سال ۱٤۰٤ برابر با ۰/۱٤ هکتار برای هر فرد افزایش خواهد یافت.

جدول۳- 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)

سوخت	CO	NOx	SOx	ذرات	R-CH	R-CHO	R-COOH²	سرب
بنزین	۲۷۱۰٤٦	۱۰٤٥٥	۱۱٦۲	۱۰۰۷	٤۸۷۸۸	۳۸۷	۳۸۷	۳۲٥
گازوئیل	٥۲٦	۱۹۷۱	۱۲۲٦	۹۷۱	۱٦۰٦	۸۷,٦	٥۳۳	-

جدول٤- (ضرایب پخش آلودگی در حمل‌ونقل درون شهری بر حسب تن در سال بر اساس سناریو اول)

مأخذ: همان

سوخت	CO	NOx	SOx	ذرات	R-CH	R-CHO	R-COOH²	سرب
بنزین	٤۱۸۱۸٥	۱٦۱۳۰	۱۷۹۲	۱٥٥۳	۷٥۲۷۳	٥۹۷	٥۹۷	٥۰۲
گازوئیل	۸۱۱	۳۰٤۱	۱۸۹۲	۱٤۹۸	۲٤۷۸	۱۳٥	۸۲۲	-

۳ .۲. سناریوی مطلوب: افزایش سهم حمل‌ونقل ریلی شهر مشهد در سفرهای روزانه از۳/۷درصد در سال ۱۳۹۳ به۲۰درصد تا سال ۱٤۰٤

طبق برنامه‌ریزی صورت‌گرفته در افق ۱٤۰٤ تعداد چهار خط مترو به طول ۷۷ کیلومتر و یک خط هوایی(مونوریل) به طول ٤۷ 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 ۰/٦۲ لیتر بنزین و ۰/۰٦ لیتر گازوئیل است. با توجه به این‌که متوسط روزانه جابه‌جایی مسافر در خط یک قطار شهری مشهد ۱۱۰۰۰۰ نفر است، روزانه٦۸۲۰۰ لیتر بنزین صرفه‌جویی خواهد شد. این میزان در سال به رقمی برابر با ۲٤۸۹۳۰۰۰ لیتر می‌رسد. بر اساس پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته باید در هر ٥ سال یکی از ٤ خطوط ریلی شهر راه‌اندازی شود. فرض بر این است که با تحقق کامل شبکهٔ حمل‌ونقل ریلی تا سال ۱٤۰٤ سهم حمل‌ونقل ریلی در جابه‌جایی مسافر از ۳/۷ به ۲۰درصد افزایش خواهد یافت و تعداد ۱ میلیون و ۸۸ هزار نفر در روز توسط شبکهٔ ریلی جابه‌جا می‌شوند که به لحاظ صرفه‌جویی در مصرف سوخت حایز اهمیت است. بر این اساس با فرض تحقق کامل شبکهٔ ریلی تا سال ۱٤۰٤، میزان بنزین صرفه‌جویی‌شده در روز ٦۷٤٥٦۰ لیترمی‌رسد که در سال رقمی بالغ بر (۲٤٦۲۱٤هزار لیتر)۷۸٥۹٤٦۰ گیگاژول صرفه‌جویی خواهد شد که معادل کاهش ۱۱۱٦۰٤ تن کربن در سال است. همچنین به میزان(۲۳۸۲۷هزار لیتر) مصرف سالانهٔ گازوئیل نیز کاهش خواهد یافت؛ یعنی با تکمیل شبکهٔ ریلی شهر و بهره‌برداری از آن، مصرف بنزین و گازوییل در بخش حمل‌ونقل به میزان ۲۰درصد کاهش خواهد یافت. با توجه به مصرف سالیانه ٥۲ میلیون گیگاژول انرژی در بخش

حمل‌ونقل در سال ۱٤۰٤، با تکمیل شبکهٔ ریلی این مقدار به ٤٤ میلیون گیگاژول کاهش خواهد یافت و جاپای بوم‌شناختی برابر با ۰/۱۱ هکتار برای هر فرد؛ یعنی مانند وضعیت فعلی ثابت باقی می‌ماند.

جدول۵- (ضرایب پخش آلودگی در حمل‌ونقل درون شهری بر حسب تن در سال بر اساس سناریو مطلوب)

مأخذ: همان

سوخت	CO	NO_X	SO_X	ذرات	R-CH	R-CHO	$R\text{-}COOH^2$	سرب
بنزین	۳۳۲۰۱۰	۱۲۸۰٦	۱٤۲۲	۱۲۳۳	٥۹۷٦۱	٤۷٤	٤۷٤	۳۹۸
گازوئیل	٦۳۹	۲۳۹۷	۱٤۹۱	۱۱۸۱	۱۹٥۳	۱۰٦	۳۲۸	-

۳. ۲ .۱. صرفه‌جویی در مصرف سوخت:

با توجه به تحلیل به‌عمل‌آمده، مشخص شده است که اجرای قطار شهری باعث کاهش مصرف بنزین روزانه به میزان ٦۷٤٥٦۰ و گازوئیل به میزان٦٥۲۸۰ و لیتر در یک روز در سال ۱٤۰٤ 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:

صرفه‌جویی در مصرف بنزین در سال ۱٤۰٤ = ٦۷٤٥٦۰ × ۳٦٥× ۰/ ۳۳ = ۸۲×۱۰٦ دلار = ۲×۱۰۱۲ ریال

صرفه‌جویی در مصرف گازوئیل در سال ۱٤۰٤ = ٦٥۲۸۰ × ۳٦٥× ۰ /۱٥ = ۳٥×۱۰٦ دلار = ۱۰۷×۱۰۹ ریال

هزینهٔ زمان تلف‌شده = ۳٦٥ × (۱۰۸۸۰۰۰×٪۲۰) × ٤۲٪ × ٥۰۰ × ۳۳۳ × ۱۰۹ ریال

۳. ۲ .۲. هزینهٔ زمان تلف‌شده

بر اساس مطالعات انجام‌شده سرعت جابه‌جایی در شهر با ناوگان ریلی تا ۳٤ کیلومتر در ساعت افزایش می‌یابد (سرعت اتوبوس ۱۲ کیلومتر در ساعت است). در سال ۱٤۰٤تعداد سفرهای روزانه در مشهد ۱۰ میلیون سفر خواهد بود با احتساب ۲٥ دقیقه وقت تلف‌شده در هر سفر و ارزش یک ساعت وقت تلف‌شدهٔ مردم معادل پانصد هزار ریال (که مسلماً رقم واقعی آن بسیار بیشتر است)، سالانه ۱/٥ میلیارد ساعت یا ۷٥۰۰ میلیارد ریال از وقت مردم مشهد هدر می‌شود. با جذب ۲۰ درصد از سفرهای روزانهٔ مشهد توسط ناوگان ریلی در سال ۱٤۰٤، شبکهٔ ریلی درون شهری باعث کاهش حدود ۳۳/۳ میلیارد ریال ارزش مادی اتلاف وقت شهروندان مشهد می‌شود.

۳. ۲ .۳. صرفه‌جویی در هزینهٔ 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 شهروندن 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 آمارنامهٔ حمل و نقل شهر مشهد،۱۳۹۱: ص.۳٦)و فقط در هشت ماه اول سال ۹۲ این مقدار ۱۹,٦ درصد رشد داشته است (شهرآرا،۱ آذر ۱۳۹۲). طبق آمار سازمان فردوس‌های مشهد، اختلال در دستگاه تنفسی در سال ۹۱ جان ۲٦٥٤ نفر از شهروندان را گرفت؛ لذا با توجه به این‌که شهر مشهد یکی از آلوده‌ترین شهرهای کشور بوده، افزایش میزان آلودگی هوا تا سال ۱٤۰٤ می‌تواند باعث تشدید عوارض ناشی از آلودگی هوا شود، با تحقق شبکهٔ 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 هزینهٔ هر درمان به طور تقریبی ۳۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شود، با توجه به این که در سال ۱۳۹٥ تعداد خانوار شهر مشهد ۸۰۰۰۰۰ بوده (بر طبق برآورد ٤ میلیون نفر جمعیت و سرانهٔ هر خانوار ٥ نفره) و میزان کاهش

آلودگی هوا در اثر اجرای قطار شهری حدود ۲۰٪ بر آورد شده است. بنابراین:

ریال ^{9} ۱۰×٤۸= ۲۰٪×۳۰۰۰۰۰×۸۰۰۰۰۰ = صرفه‌جویی هزینه‌های درمان ناشی از آلودگی هوا

٤.۲.۳. صرفه‌جویی در استهلاک و لوازم یدکی خودرو:

با توجه به این که جمعیت شهر مشهد در سال ۱٤۰٤ حدود ٤ میلیون نفر بر آورده شده است و سرانهٔ مالکیت اتومبیل در شهر مشهد ۷٦٪ پیش‌بینی شده است؛ لذا در سال ۱٤۰٤ حدود ۱میلیون و ٤۰۰ هزار خودرو در سطح شهر موجود و در حال حرکت خواهند بود. حال اگر قیمت متوسط یک خودرو ۲۰۰ میلیون ریال و استهلاک سالیانه هر خودرو ۱۰٪ و هزینهٔ مصرف لوازم یدکی سالیانهٔ هر خودرو ۵٪ قیمت خودرو در نظر گرفته شود (مطابق با گزارش توجیهی متروی تهران)، با توجه به این که راه‌اندازی قطار شهری باعث ۲۰٪ کاهش در میزان تردد خودروها می‌شود، بنابراین:

ریال^{12} ۱۰×۵/٦=۲۰٪×۱۰٪×^{6} ۱۰×۲۰۰×۱٤۰۰۰۰۰= صرفه‌جویی در هزینه‌های استهلاک سالیانهٔ خودروها در سال ۱٤۰٤

ریال^{12} ۱۰×۲/۸= ۲۰٪× ۵٪ ×^{6} ۱۰×۲۰۰×۱٤۰۰۰۰۰= صرفه‌جویی در هزینه‌های لوازم یدکی سالیانهٔ خودروها در سال ۱٤۰٤

۵.۲.۳. صرفه‌جویی در هزینه‌های توسعهٔ شبکهٔ خیابانی شهر مشهد

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که جهت افزایش 1 Km/h سرعت وسایل نقلیه در شبکه، نیاز به یک سرمایه‌گذاری در کل شبکه، معادل ۳۳۸ میلیارد ریال سرمایه‌گذاری در سال ۱۳۸۰ است (با نرخ تورم ۱۹٪ در نظر گرفته شود). با توجه به این که اجرای قطار شهری سرعت در شبکه را km/h 7/4 افزایش داده است، بنابراین:

ریال ^{12} ۱۰×۱۳/۹= ۷/٤ ×^{12}۹×۱/۸= صرفه‌جویی در هزینه‌های توسعهٔ شبکهٔ خیابانی در شهر مشهد در سال۱٤۰٤

بنابراین میزان کل بهبود با توجه به شاخص‌های فوق معادل ۷۵٦ میلیون دلار خواهد بود.از طرفی طبق هزینهٔ اجرای طرح قطار شهری فوق‌الذکر 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)، وبا فرض ثابت‌ماندن نرخ ارز تا سال ۱٤۰٤هزینهٔ فوق ۳۳۳ میلیون دلار خواهد شد که در نهایت مشخص می‌شود که این طرح سودده خواهد بود.

٤. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تأکید بر حمل‌ونقل ریلی و ضرورت توجه به آن بسیار مهم است و در بلندمدت، حمل‌ونقل ریلی مهم‌ترین و موثرترین راه برای رسیدن به حمل‌ونقل پایدار به‌خصوص برای شهرهای میلیونی است. در کلان‌شهر مشهد که علاوه بر جمعیت بیش از ۳ میلیون نفری، هر ساله حجم عظیمی از مسافر به شهر وارد می‌شوند، توجه به حمل‌ونقل ریلی به مثابه کلید اصلی رسیدن به پایداری و از ضرورت‌های بسیار مهم برنامه‌ریزی 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 ۱٤۰٤ با تمام ظرفیت جابه‌جایی به بهره‌برداری کامل برسد، در حالی‌که چنین فرضی فقط در چشم‌انداز طرح دیده شده است و با توجه به روند کند تکمیل شبکهٔ ریلی بعید به نظر می‌رسد تا ۱۰ سال آینده این سناریو محقق شود لکن از یافته‌های این تحقیق مشخص شد که با رسیدن به وضعیت مطلوب در حمل‌ونقل ریلی شهر مشهد روند افزایش جاپای بوم‌شناختی شهر علی‌رغم افزایش جمعیت و افزایش خودروهای موجود متوقف می‌شود. شهر مشهد در حال حاضر با مصرف بیش از ۳۵ میلیون گیگاژول انرژی در سال برای برطرف‌ساختن نیاز به سوخت مصرفی در حمل‌ونقل، رقمی معادل ٤۹۷۵۵٤ تن کربن تولید می‌کند. در

سال ۱٤۰٤با تکمیل شبکهٔ ریلی شهر وبهره‌برداری از آن، مصرف بنزین و گازوییل در بخش حمل‌نقل به میزان ۲۰درصد کاهش خواهد یافت. با توجه به مصرف سالیانه ۵۲ میلیون گیگاژول انرژی در بخش حمل‌و نقل‌در سال ۱٤۰٤، با تکمیل شبکهٔ ریلی این مقدار به ٤٤ میلیون گیگاژول کاهش خواهد یافت و جاپای بوم‌شناختی برابر با ۰/۱۱ هکتار برای هر فرد؛ یعنی مانند وضعیت فعلی ثابت باقی می‌ماند. با مقایسهٔ سناریوی اول و سناریو مطلوب مشخص شد که تکمیل و بهره‌برداری از شبکهٔ ریلی به لحاظ صرفه‌جویی ریالی نیز تأثیر مثبتی دارد، به طوری‌که صرفه جویی حاصل از کاهش مصرف بنزین می‌تواند به تنهایی هزینه‌های عمرانی و ساختاری شرکت قطار شهری مشهد را توجیح کند. به طوری‌که با بررسی شاخص‌های ذکرشده میزان کل صرفه‌جویی اقتصادی معادل ۷۵٦ میلیون دلار خواهد بود .

سپاسگزاری

از شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران- منطقهٔ 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.

کتاب‌نامه

۱. اطلاعات حمل‌ونقل و انرژی کشور (۱۳۸۸). شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت، تهرن: جهاد دانشگاهی واحد شهید بهشتی . پژوهشکدهٔ علوم کاربردی.

۲. براون، ل. (۱۳۹۱). *نجات محیط زیست (پلن B4.0)*. مترجم حمید طراوتی. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

۳. ترازنامهٔ انرژی. (۱۳۹۰). وزارت نیرو . معاونت امور برق و انرژی. دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی دفتر تقسیمات کشوری. استانداری خراسان رضوی.

٤. حسین‌زاده، ک و ساسان پور، ف. (۱۳۹۱). روش جاپای بوم‌شناختی در در پایداری کلان‌شهرها با نگرشی بر کلان‌شهر تهران. *فصل‌نامهٔ تحقیقات جغرافیایی*. شمارهٔ ۸۲ صص. ۱۰۱-۸۳

۵. رضوانی،م.ر. سلمانی، م. قنبری نسب،ع و باغیانی، ح.ر. (۱۳۸۹). جاپای بوم‌شناختی رویکردی نو برای سنجش اثرات زیست محیطی (مفهوم، کاربرد و سنجش آن). *جغرافیا و توسعه*. شمارهٔ ۲۰. صص ۱٦٦-۱۵٤.

٦. رهنما، م. ر و عبادی‌نیا، ف. (۱۳۹۳). تحلیل پایداری حمل‌و نقل شهر مشهد با استفاده از روش جاپای بوم‌شناختی. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شمارهٔ آمادهٔ انتشار برای پاییز و زمستان.

۷. سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری مشهد. (۱۳۹۱). هشتمین آمارنامهٔ حمل‌ونقل شهر مشهد. پاییز. ص ۳٦.

۸ ساسان‌پور، فرزانه. (۱۳۹۰). *مبانی پایداری توسعهٔ کلان‌شهرها با تأکید بر کلان‌شهر تهران*. تهران: مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی.

۹. شهرداری مشهد. *آمارنامهٔ شهر مشهد*. (۱۳۹۱). معاونت برنامه‌ریزی و توسعه.

۱۰. فروزنده،ک. (۱۳۸۵). طرح مقایسهٔ آلودگی زیست‌محیطی 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 زیست‌محیطی طرح‌های حمل‌ونقل ریلی. *انسان و محیط زیست* شمارهٔ ۱۵. صص۱۷-۳٦.

۱۲. مزرعتی، م و پرتوی، ب. (۱۳۸٤). پیش‌بینی مصرف بنزین ونقش متروی تهران در کاهش مصرف آن. *فصل‌نامهٔ مطالعات اقتصاد انرژی*. سال دوم. شمارهٔ ٤. صص ۵۷-۸۲

۱۳. موتین، ک. (۲۰۰۵). *ابعاد سبز طراحی شهری*. ترجمهٔ کاوه مهربانی. تهران: انتشارات پردازش و برنامه‌ریزی شهری (وابسته به شهر داری تهران) ۱۳۸٦.

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 spacially shortened edition of the Buchanan Report Harmonddsworth: 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.