

عوامل موثر در توجیه اقتصادی قطار سبک شهری

(مطالعه موردی شهر کرمانشاه)

سید فرزین فائزی*، استادیار، گروه علمی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
شاپور زارعی چقالهی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Farzin_faezi@yahoo.com

دریافت: ۹۶/۱۱/۰۶ - پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۰

صفحه ۲۷-۱۳

چکیده

از بهترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های کاهش آلاینده‌های کلان‌شهرها کاستن مصرف سوخت‌های فسیلی است. برای این منظور باید کاربرد ناوگان ریلی برقی را در شهرها گسترانند. هم‌اینک گازهای متصاعد از خودروها و سوخت‌های فسیلی و نیز گردوغبار منطقه‌ای سبب شده تا شهر کرمانشاه که از قطب‌های مهم کشاورزی، صنعتی و خدماتی، از دید آلودگی نه تنها در کشور بلکه در جهان از شهرهای بسیار آلوده به شمار آید. از این رو هدف از این تحقیق تعیین عوامل موثر در توجیه اقتصادی قطار سبک شهری کرمانشاه می‌باشد. روش تحقیق، روش تحلیل اقتصاد مهندسی بوده که پس از مشخص شدن هزینه‌های مختلف ساخت و بهره‌برداری و همچنین برآورد دقیق تمامی درآمدهای کمی، به بررسی اقتصادی بودن موضوع تحقیق پرداخته شده است. مسیرهای مورد مطالعه عبارت‌اند از: میدان معلم (شمال شهر) تا میدان آزادی و از میدان آزادی تا میدان فردوسی (جنوب شهر). نتایج نشان می‌دهد با توجه به روش‌های اقتصاد مهندسی از جمله روش‌های ارزش خالص کنونی طرح، نسبت منافع به هزینه‌ها، نرخ بازده داخلی و ارزش‌افزوده اقتصادی و مثبت بودن تمامی پارامترهای فوق و همچنین به دلیل کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، کاهش زمان سفر، کاهش سوانح و تصادفات و حفظ محیط‌زیست پروژه قطار سبک شهری کرمانشاه دارای توجیه اقتصادی می‌باشد. نتایج مطالعات انجام‌شده در تحقیق حاضر می‌تواند در دیگر کلان‌شهرهای ایران جهت استفاده از سیستم حمل‌ونقل ریلی درون‌شهری به کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: قطار سبک شهری، کرمانشاه، توجیه اقتصادی، ارزش خالص کنونی، ارزش‌افزوده

۱- مقدمه

در سالهای اخیر حمل‌ونقل در شهرها ابعاد بسیار گسترده‌ای به خود گرفته است و پاسخگوی نیازهای ترافیکی مردم در سطح شهرها نمی‌باشد، این امر در شهرهای متوسط و بزرگ بیشتر نمود داشته است. از این رو سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی سستی نمی‌تواند پاسخگوی این مشکلات باشد، لذا توسعه حمل‌ونقل عمومی مدرن یکی از راهکارهای اصلی برای بر طرف کردن اینگونه مشکلات ترافیکی به حساب می‌آید. برای حل مشکلات حمل و نقلی به ویژه در کلان‌شهرها نیازمند

سیستمی کارآمد و مناسب همچون سیستم‌های ریلی شهری (قطار سبک شهری (LRT)) هستیم تا بتواند جایگزین مناسبی برای سیستم‌های حمل‌ونقل موتوری باشد (حجازی، اورک، ۱۳۹۵). با توجه به اینکه کرمانشاه از کلان‌شهرهای ایران است؛ مانند بسیاری از شهرها برای بهبود وضعیت حمل‌ونقل و ترافیک خود نیاز به داشتن سیستم‌های نوین و کارآمد حمل‌ونقلی از جمله سیستم‌های ریلی شهری دارد. مسائل اقتصادی و مالی یکی از مهمترین معیارها برای حمل‌ونقل

صرفاً استفاده از سیستم مترو و یا قطارهای سریع‌السیر شهری و تکمیل آن‌ها توسط سایر سامانه‌های حمل‌ونقل امری اجتناب‌ناپذیر است (کاکاوند، ۱۳۹۴). مطالعات حمل‌ونقل شهری در طول ۵۰ سال گذشته تغییرات بسیاری داشته است. در دهه‌های اولیه تأکید اصلی مطالعات امور حمل‌ونقل، بر افزایش ظرفیت برای پاسخگویی به روند افزایش تقاضای سفر با وسایل نقلیه موتوری استوار بوده است. مطالعات پس‌ازآن، در پی نگرانی‌ها از تأکید بر توسعه ظرفیت معابر، نشان داد تعریض خیابان‌های شهری برخلاف تصور عموم به کاهش حجم و شدت ترافیک نمی‌انجامد.

مطالعه در شهرهای مختلف دنیا نشان می‌دهد که هر چه میزان زیرساخت‌های جاده‌ای و مقدار فضای تخصیص‌یافته به حمل‌ونقل درون‌شهری بیشتر باشد به همان اندازه میزان استفاده از اتومبیل و مصرف بنزین و آلودگی بیشتر خواهد شد. از این‌رو روند پیشرفت‌های سامانه‌های حمل‌ونقل شهری در دنیا نشان می‌دهد که رویکرد صنعتی اتومبیل محور طی دهه‌های اخیر به سمت پیاده محوری و استفاده از حمل‌ونقل عمومی تغییر یافته است (سیفی پور، امینی، ۱۳۹۱). امروزه آنچه متخصصین حمل‌ونقل جهان بر روی آن اتفاق‌نظر دارند، دستیابی به الگوی حمل‌ونقل پایدار در شهرهاست تا بتواند چشم‌انداز شهر سالم، آرام، دارای حمل‌ونقل سریع، ایمن و کارآمد برای عموم شهروندان را تأمین کند. پایداری در حمل‌ونقل چنین معنا می‌پذیرد که توسعه حمل‌ونقل بر مبنای الگوی باشد که باوجود گسترش جمعیت و شهر و توسعه فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و... که طبیعتاً از عوامل ترافیک‌زا هستند، شهرها همچنان بدون بروز مشکل ترافیک، به نحو مطلوبی پاسخگویی جابجایی‌های مسافر و کالا باشد و با گسترش این فعالیت‌ها سیستم حمل‌ونقل به مشکل برخورد نکند و پایدار باقی بماند (Elyasi, et al, 2017). استراتژی‌های نوین حمل‌ونقل شهرها مبتنی بر سیاست حمل‌ونقل پایدار بر توسعه کیفی و کمی حمل‌ونقل عمومی، افزایش قابلیت پیاده‌روی یا افزایش پتانسیل استفاده از سامانه‌های غیرموتوری شامل پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری، مدیریت تقاضای سفر، کاهش استفاده از خودروی شخصی و ارتقاء فرهنگ ترافیک تأکید دارد (رضازاده و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیقی، به بررسی روش پوششی برای مسیریابی بهینه قطار سبک شهری (LRT) می‌پردازد. روش تحقیق در این مقاله

می‌باشد؛ بنابراین بررسی و مقایسه اقتصاد سیستمهای مورد نظر از جنبه‌های گوناگون شاید اولین گام برای ارزیابی سیستم باشد. هزینه ساخت، نگهداری و بهره‌برداری به عوامل متفاوتی بستگی دارد و ممکن است که در کشورهای مختلف متغیر باشد. البته در برخی کلانشهرهای کشور بهره‌برداری، اجرا و یا مطالعه سیستمهای ریلی شهری در حال شکل‌گیری می‌باشد. لذا شناخت و بررسی این سیستمها منجر به طراحی، اجرا و بهره‌برداری هر چه بهتر از آنها می‌شود. حال، این سؤال مطرح است، عوامل موثر در توجیه اقتصادی قطار سبک شهری چیست؟ لذا هدف از این پژوهش تعیین عوامل موثر در توجیه اقتصادی قطار سبک شهری کرمانشاه با استفاده از روش‌های اقتصاد مهندسی است.

۲- پیشینه تحقیق

شهرهای ایران، مانند دیگر شهرهای دنیا قبل از مرحله صنعتی شدن، بر اساس الگوهای اقتصادی- اجتماعی قرون وسطی شکل‌گرفته و دارای مشخصات ویژه مناطق شهری آن دوران، یعنی وجود فضاهای تنگ مسکونی و حرکت‌های تداخلی بوده‌اند (Dziauddin, 2014). بافت توسعه‌یافته تاریخی مناطق مرکزی شهرهای ایران، که امروزه نیز قابل‌رؤیت و تشخیص هست، نشان می‌دهد که در دوران قبل از صنعتی شدن، ترافیک مناطق داخلی شهرها عموماً به ترافیک پیاده، محدود می‌شده است. با پروسه صنعتی شدن، این شهرها به شکل فضایی توسعه یافتند و در همان زمان، نواحی متمرکزی از توابع مختلف شهری در مناطق مختلف شهرها شکل گرفتند (نعمت زاده، ۱۳۹۴). از آنجاکه در بخش حمل‌ونقل ریلی برای ساخت و بهره‌برداری از سیستم قطار سبک محدودیت‌های مختلفی از قبیل عدم دسترسی به فناوری این سیستم، کاربری زمین در سطح شهر، کمبود اعتبارات عمرانی حمل‌ونقل وجود دارند، از این‌رو برآورد نادرست آن‌ها ممکن است پروژه را از لحاظ مالی یا زمان اجرا دچار مشکل گرداند. بنابراین با تخمین صحیح از هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری برای اجرا این پروژه در شهرهایی با جمعیت سیصد هزار تا یک‌میلیون و یک‌میلیون تا دو میلیون نفر می‌تواند راه‌گشا باشد چراکه در شهرهای زیر سیصد هزار نفر جمعیت شبکه اتوبوس‌رانی و تاکسی‌جوابگویی نیازهای ترافیکی می‌باشد و در شهرهای بالای دو میلیون نفر نیز

دارای هزینه‌های زیرساخت و عملیاتی بالاتری نسبت به اتوبوس تندرو می‌باشد ولی نقش و اهمیت تسهیلات و محیط‌زیست باعث می‌گردد که اجرای قطار سبک شهری از دیدگاه فنی و اقتصادی دارای ارجحیت باشد (حسینی و راستیان تهرانی، ۱۳۹۰). در تحقیقی دیگر که به ارزیابی آثار احداث سیستم ریلی درون‌شهری بر کیفیت محیط شهری بر روی خط یک قطار شهری مشهد انجام گرفت. روش تحقیق این پژوهش، تحقیقی توصیفی - تحلیلی است که در آن از روش‌های پرسشنامه، مصاحبه، برداشت میدانی و مراجعه به اسناد و مدارک برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز استفاده شده است. در بررسی آثار احداث قطار شهری مشخص گردید که بعضی از آثار، مواردی هستند که تنها در محدوده حوزه نفوذ ایستگاه و محیط و افراد واقع در این محدوده دیده می‌شوند. دسته دیگر، آثاری هستند که بر کل شهر تأثیرگذار است و کل ساکنان شهر و محیط شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهند. نتایج نشان داد احداث سیستم ریلی درون‌شهری در خط یک قطار شهری مشهد و سه ایستگاه طالقانی، پروین اعتصامی و نمایشگاه، اثراتی همچون افزایش آلودگی صوتی به‌واسطه خطوط روزمینی (زیست‌محیطی)، ایجاد تصور رفاه و سعادت در ذهن شهروندان و افزایش نشاط و بازده (اجتماعی)، تقویت استخوان‌بندی شهر (کالبدی - عملکردی) در مناطق مورد بررسی دارد (نور الهی و برکپور، ۱۳۹۴).

بعضی از تحقیقات انجام شده در شهرهای مختلف جهان تنها به بررسی یک وجه از آثار احداث سیستم ریلی پرداخته‌اند. تحقیقی که توسط پاک، تسوجی و سوزوکی انجام شده، به ارزیابی فنی و اقتصادی سه نوع سیستم حمل‌ونقل مونوریل، خودرو موتور القایی خطی، خودرو شناور مغناطیسی برای منطقه کانسای پرداخته شده که در آن معیارهای کیفی و کمی از سه دیدگاه مختلف یعنی کاربر، ساکنین محل و مجری به‌صورت توأم مورد بررسی قرار گرفته و با روش تحلیل AHP ارزیابی گشته است (Pak et al, 2015). در دسته‌ای دیگر از تحقیقات تأثیر احداث سیستم ریلی بر ارزش زمین و املاک مورد توجه قرار گرفته است. روش تحقیق اصلی در این نوع تحقیقات، جمع‌آوری اطلاعات مربوط به قیمت زمین، قبل و بعد از آغاز به کار سیستم ریلی و مقایسه آن‌ها با یکدیگر است. در تمامی تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، تأثیر وجود ایستگاه LRT برافزایش قیمت زمین مورد تأیید قرار گرفته است. در این

یک‌روند دوماجره‌ای بوده، بدین منظور با استفاده از مدل مسیر- پوششی در مرحله اول با توجه به معیار انتخابی، کریدورهایی که پتانسیل گذر مسیر LRT را دارد شناسایی می‌شود و سپس در مرحله دوم با استفاده از اطلاعات این کریدورهای مجزا، شبکه‌ای شامل چند مسیر برای LRT پیشنهاد می‌شود. شاخص‌های اندازه‌گیری معیارهای ارزیابی مورد استفاده در این پژوهش اغلب، جنبه کیفی داشته و غیرقابل اندازه‌گیری هستند. نتیجه این تحقیق ضمن ارائه مدلی برای طراحی شبکه حمل‌ونقل سریع شهری، روشی کارآ و سریع مبتنی بر الگوریتم پوشش به منافع شبکه برای حل مسئله و یافتن مسیرهای بهینه ارائه شد. معیارهایی که در این روش برای ارزیابی مسیرها و همچنین برای محاسبه تابع هدف مسئله در نظر گرفته شدند، پوشش حداکثر به تقاضای سفر و جمعیت و حجم ترانزیت روی کمان‌ها و حجم سوار و پیاده شدن در ایستگاه‌ها و حداقل هزینه بودند (آیتی، باقری، ۱۳۹۴). تحقیقی دیگر تحت عنوان مدل ارزیابی فنی و اقتصادی عملکرد سامانه‌های اتوبوس تندرو و قطار سبک شهری در کلان‌شهرهای ایران (مطالعه موردی: تهران) ارائه شد که متدولوژی این تحقیق بر اساس انتخاب معیارهای حائز اهمیت و توسعه مدل ارزیابی فنی و اقتصادی عملکرد سامانه‌های اتوبوس تندرو (BRT) و قطار سبک شهری (LRT) که این معیارها در سه دسته اقتصادی، تسهیلات و محیط‌زیست استوار است انجام گرفته بود. در این

تحقیق برای محاسبه وزن معیارها از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شده به‌گونه‌ای که پس از واردکردن مدل موردنظر در نرم‌افزار در دو سطح و وارد کردن ارقام پرسش‌نامه‌ها به‌صورت تک‌تک، ابتدا ضریب ناسازگاری هر یک از پرسش‌نامه‌ها بررسی شده و برای تلفیق نظرات مختلف و رسیدن به وزن نهایی از روش AHP گروهی استفاده گردید. درنهایت با بررسی مقادیر معیارهای اصلی همچون هزینه زیرساخت (احداث و ناوگان)، هزینه عملیاتی، درآمد حاصل از بلیت و سایر پارامترهای کیفی همانند ایمنی، راحتی، قابلیت اطمینان و زیبایی (از طریق نظرسنجی از کارشناسان حوزه حمل‌ونقل) هر دو سیستم مشاهده می‌گردد مطلوبیت قطار سبک شهری بیشتر است و این گواه این موضوع است که صرف نظر از دیدگاه صرفاً اقتصادی، قطار سبک شهری می‌تواند گزینه خوبی برای کریدورهایی که تقاضا آن با ظرفیت سیستم مطابقت دارد باشد. لذا نتایج نشان داد که هرچند قطار سبک شهری

سوانح رانندگی ۵- صرفه‌جویی در هزینه‌های استهلاک، نگهداری و تعمیر و بیمه خودروهای شخصی و تاکسی، ۶- صرفه‌جویی ناشی از کاهش تعداد اتوبوس‌های لازم برای راه‌اندازی BRT جایگزین و هزینه‌های کارکردی مربوطه، می‌باشد (شکل ۱). هزینه‌های مختلف قطار سبک شهری کرمانشاه نیز شامل چهار گروه اصلی بوده و این گروه‌ها عبارت‌اند از: ۱- هزینه اجرای پروژه قطار سبک شهری کرمانشاه، ۲- هزینه‌های نگهداری و تعمیر (نت) ناوگان، زیرساخت (ریل) و تجهیزات مکانیکی و الکتریکی، ۳- هزینه‌های برق مصرفی، ۴- هزینه‌های اداری و دستمزد کارکنان قطار سبک شهری. در مرحله سوم اقدام به وزن دهی تمام پارامترهای اصلی منافع (صرفه‌جویی‌ها) و هزینه‌ها گردیده است. مرحله چهارم شامل تعیین شاخص‌های تحلیل اقتصادی جهت بررسی توجیه اقتصادی قطار سبک شهری کرمانشاه می‌باشد. برای این کار می‌توان با یک روش تحلیل اقتصادی استاندارد پروژه مذکور را بررسی نمود ولی در تحقیق حاضر از چهار روش تحلیلی استفاده شده است که با هرکدام از آن‌ها می‌توان به‌طور مستقل به ارزیابی اقتصادی یک پروژه پی برد. این روش‌ها عبارت‌اند از: الف- ارزش خالص کنونی طرح، ب- تحلیل نسبت منافع به هزینه‌ها، یا همان شاخص سودآوری، ج- نرخ بازده داخلی د- ارزش افزوده اقتصادی.

۴- یافته‌های پژوهش

در بررسی آثار اقتصادی قطار سبک شهری کرمانشاه ابتدا می‌بایست پارامترهای کمی قابل محاسبه را به‌درستی مشخص نمود و سپس بر اساس آمار و اطلاعاتی که از منابع معتبری که از آن‌ها در این تحقیق استفاده شده اقدام به برآورد هزینه آن‌ها نمود لذا برای این کار ابتدا صرفه‌جویی‌های ناشی از ساخت و راه‌اندازی گام‌به‌گام قطار شهری کرمانشاه، محاسبه و سپس هزینه‌های مختلف اجرا و بهره‌برداری آن مورد بررسی و برآورد قرار خواهد گرفت. برای محاسبه صرفه‌جویی اقتصادی حاصل از استفاده شهروندان از خط یک قطار شهری کرمانشاه، نخست مفروضات تعیین و در گام بعدی محاسبات مربوطه به این دادها انجام خواهد شد؛ بنابراین ویژگی‌ها، پارامترها و مفروضات

تحقیقات، تمامی فاکتورهای تأثیرگذار بر قیمت زمین شناسایی و ارزیابی می‌شوند تا از این طریق تأثیرگذاری فاکتور نزدیکی به ایستگاه LRT مشخص شود. به‌عنوان مثال در تحقیقی که در یکی از شهرهای کشور مالزی انجام شده است، با مطالعه ۵۵ فاکتور، اثرگذاری وجود ایستگاه LRT بر قیمت زمین واحدهای مسکونی نزدیک به ایستگاه تأیید شده است (Litman, 2004). در تحقیق دیگری که توسط ویهوا، هاپو، ژیجان و کیانگ انجام گرفته است، از روش ارزیابی فازی چندلایه‌ای (ترکیب روش AHP و روش ارزیابی جامع فازی) استفاده گشته است. در این تحقیق معیارهای اقتصادی- اجتماعی، فاکتورهای تابع ترافیکی، تأثیرات زیست‌محیطی و مصرف منابع را جهت ارزیابی حالت‌های مختلف اتوبوس تندرو معرفی نموده است (Weihoa et al, 2015).

۳- روش تحقیق

در این تحقیق در مرحله نخست تمامی پارامترهای تأثیرگذار بر توجیه اقتصادی قطار سبک شهر کرمانشاه تعیین شد. انتخاب تعداد و نوع پارامترهای تأثیرگذار بر اساس مشورت با خبرگان، استفاده از اطلاعات مشاور طرح (مهندسین مشاور مترا) و سازمان قطار شهری کرمانشاه به‌دست‌آمده است. با توجه به اینکه برای دستیابی به این پارامترها می‌توان از منابع مختلفی همچون آمارهای مکتوب قبلی و یا برداشت‌های میدانی و غیره استفاده نمود، ولی به جهت قانون حمایت از حمل‌ونقل ریلی که بیان می‌دارد در شهرهای بزرگ الزاماً از اطلاعات طرح جامع مصوب بایستی استفاده گردد، در این پژوهش از طرح جامع مصوب سال ۱۳۸۴ شهر کرمانشاه استخراج گردیده است. مرحله دوم شامل دسته‌بندی پارامترهای تأثیرگذار می‌باشد که شامل دو قسمت اصلی بوده: الف - منافع (صرفه‌جویی‌ها) ب - هزینه‌ها. منافع (صرفه‌جویی‌ها) شامل گونه‌های مختلف کمی و غیرکمی بوده و به دلیل محدودیت در تعیین ارزش ریالی هر کدام از پارامترهای کمی و غیرکمی، صرفاً آن‌هایی که قابلیت تعیین ارزش ریالی داشته‌اند در برآورد هزینه‌ها لحاظ گردیده است. برای این منظور از ۱۵ گونه صرفه‌جویی باقابلیت تعیین ارزش ریالی در قالب شش گروه اصلی شامل: ۱- صرفه‌جویی در مصرف سوخت، ۲- صرفه‌جویی ناشی از کاهش آلاینده‌های محیط زیستی ۳- صرفه‌جویی ناشی از کاهش زمان سفر ۴- صرفه‌جویی ناشی از کاهش هزینه کشته‌های

۴-۲- صرفه‌جویی ناشی از کاهش تولید آلاینده‌های

زیست‌محیطی

با عملیاتی شدن قطار شهری، میانگین طول جابجایی اتوبوس‌ها نیز به سبب نقش تازه‌ای که برای تغذیه LRT خواهند یافت، کاهش قابل‌ملاحظه‌ای دارد (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، ۱۳۸۹). صرفه‌جویی برآمده از کم شدن تولید آلاینده CO₂ در اثر کاسته شدن طول سفر اتوبوس‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است.

۴-۳- صرفه‌جویی حاصل از کاهش بار ترافیکی شهر و

در نتیجه کاهش زمان سفر

از پارامترهای بسیار مهم و بحث‌برانگیز در محاسبه صرفه‌جویی هزینه‌های اتلاف وقت مردم در شلوغی ترافیک، هزینه فرصت میانگین یا ارزش ریالی یک ساعت از زمان سفر است (عباس زادگان، ۱۳۹۴). جدول ۴ میزان صرفه‌جویی سالانه را در زمان سفر مردم شهر کرمانشاه با گونه‌های دیگر جابجایی در دوره ۱۴۱۰-۱۳۹۸ برحسب دلار نشان می‌دهد.

۴-۴- کاهش تعداد تصادفات و افزایش ایمنی رفت‌وآمد

شهروندان

تعداد کشته‌های تصادفات ایران در سال‌های ۳-۱۳۸۱ به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر از جمعیت ۴۱ نفر و در رده دوم جهان بوده که در سال ۱۳۸۵ به ۳۹ نفر کاهش یافته است (آیتی، ۱۳۹۰). روشن است که به سبب سرعت بیشتر و شدت بالاتر سوانح رانندگی جاده‌ای، شاخص یاد شده در شهرها بسیار کمتر است. برای نمونه بر پایه آمار در شهر کرمانشاه این رقم در سال ۱۳۹۰ نزدیک ۹ نفر در هر ۱۰۰ هزار جمعیت بوده است. نمودار ۱ تغییرات تعداد کشته‌های تصادفات شهر کرمانشاه را در بازه ۹۳-۱۳۸۸ به همراه خط روند و معادله ریاضی آن نشان می‌دهد. با اینکه برازش خطی این خم خوب نیست، ولی برای متغیرهای بدون رفتار منظم و سامانمند در گذر زمان، معمولاً تقریب خطی مناسب‌تر است و بیشتر توصیه می‌شود.

مرتبط با محاسبات اقتصادی قطار سبک شهری کرمانشاه به شرح زیر است:

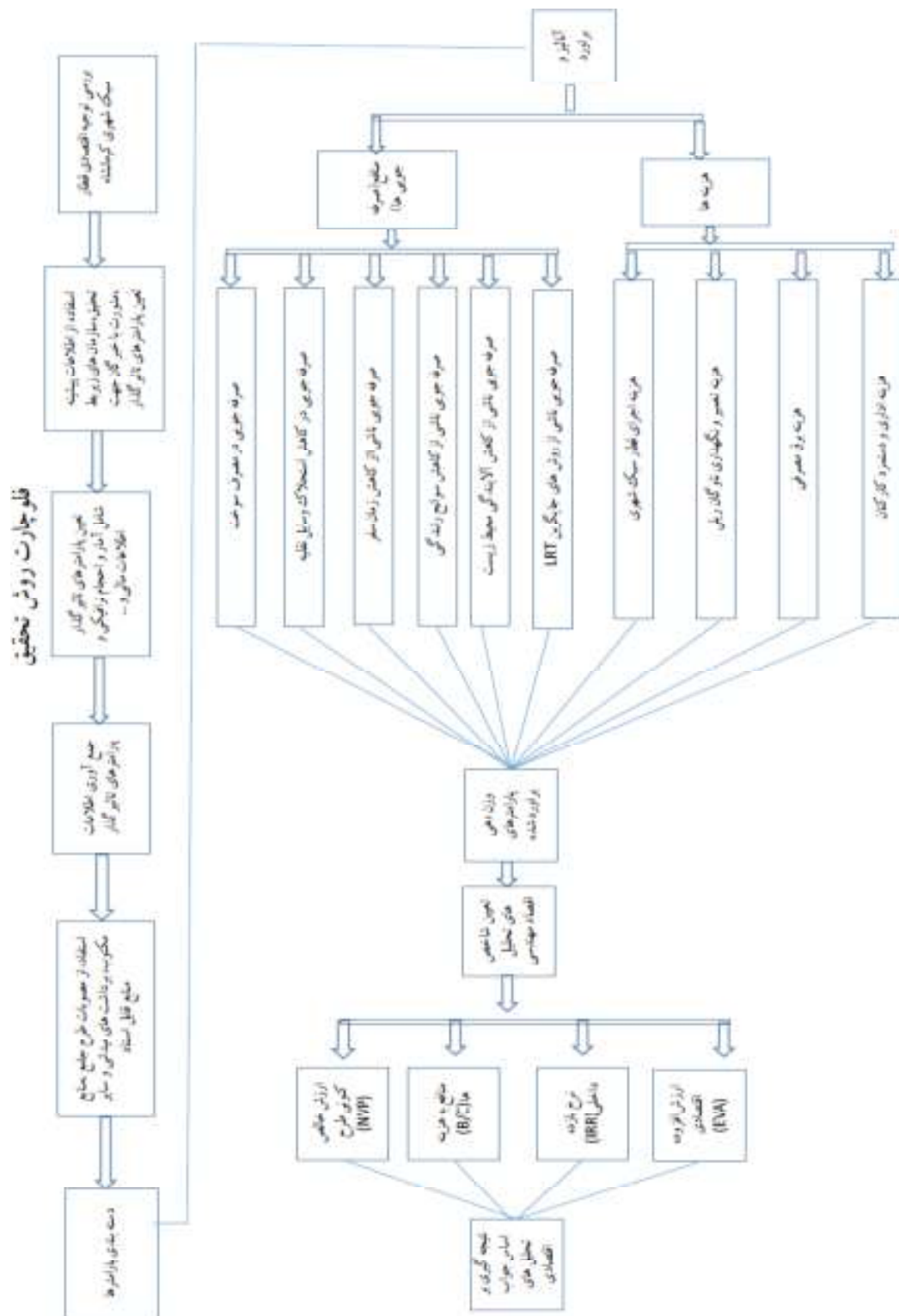
میانگین طول سفر با قطار سبک شهری، طول مسیر، تعداد ایستگاه‌ها، ساعت کاری، تعداد روزهای فعالیت، سرفاصله زمانی حرکت قطارها، نرخ ارز (دلار)، بازه بهره‌برداری، سهم مسافر حمل شده با سایر گونه‌های حمل‌ونقل، میانگین ضریب اشغال سرنشین، مسافت طی شده جهت تعیین مصرف سوخت، تعیین بهای انواع سوخت‌های مصرفی، سرانه مصرف سوخت، میزان آلاینده‌های هوا، بهای بلیت، نرخ تنزیل سالانه سرمایه، هزینه تعمیرات و نگهداری، بهای برق مصرفی، میزان کاهش زمان سفر، درصد سهم انواع سفرها و سایر پارامترهای مرتبط. تمامی موارد ذکر شده بالا به‌طور خلاصه در جدول ۱ بیان گردیده و شیوه محاسبه برخی ارقام جدول هم در ادامه بیان شده است.

۴-۱- صرفه‌جویی‌های ناشی از کاهش مصرف سوخت

برای تعیین صرفه‌جویی ناشی از کاهش مصرف سوخت ناشی از بهره‌برداری قطار سبک شهری کرمانشاه، ابتدا می‌بایست مفروضاتی مانند: میانگین طول سفرهای روزانه، میانگین تعداد سرنشین انواع ناوگان و مصرف سوخت آن‌ها در واحد مسافت و بر نفر و بهای سوخت و سایر پارامترهای مربوطه را نسبت به گزینه عدم اجرای این سامانه محاسبه نمود (پورتیموری، ۱۳۹۰، خاکساری و همکاران، ۱۳۹۰). بر پایه برآوردهای انجام شده برای تعداد سفرهای سالانه قطار شهری در دوره بهره‌برداری و با کاربرد مفروضات یاد شده از جمله: میانگین طول سفرهای روزانه، میانگین تعداد سرنشین انواع ناوگان و مصرف سوخت آن‌ها در واحد مسافت و بر نفر و بهای سوخت و تغییرات آن بر اساس سیاست‌های کلان اقتصادی کشور، می‌توان اندازه صرفه‌جویی ارزی سالانه از محل کاهش مصرف سوخت سواری و تاکسی را طبق جدول ۲ محاسبه کرد.

با توجه به آمار ارائه شده در جدول ۲ مشاهده می‌شود که با بهبود سرعت و کیفیت، افزون بر مسافران قطار شهری، تعداد قابل‌توجهی هم از کاربران سواری و تاکسی متقاضی سامانه حمل‌ونقل همگانی می‌شوند.

جدول ۲ صرفه‌جویی ارزی ناشی از کاهش مصرف بنزین را در بازه ۱۴۱۰-۱۳۹۸ به سبب جذب کاربران سواری و تاکسی به LRT نشان می‌دهد.



شکل ۱. مراحل روش تحقیق

جدول ۱. ویژگی‌ها و مفروضه‌های محاسباتی مرتبط با عملکرد قطار شهری کرمانشاه

ملاحظات	مقدار	موضوع
مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر کرمانشاه (۱۳۸۴)	۷	میانگین طول هر سفر با قطار شهری
قطار شهری کرمانشاه، مشاور: تأمین سرمایه نوین، خرداد ۱۳۹۱	۱۲.۵	طول مسیر خط یک LRT
	۱۲	تعداد ایستگاه خط یک قطار شهری
۶ بامداد تا ۲۱ شب	۱۵	ساعت کاری قطار
کرمانشاه، شهری گردشگری و جاذبه‌های آن در مسیر LRT است.	۳۶۵	تعداد روزهای فعالیت LRT در سال
	۳	سرفاصله زمانی حرکت قطارها (Headway)
با نرخ رشد سالانه ۱۰٪ تا افق ۱۴۱۰ با توجه به عزم دولت برای یکسان‌سازی نرخ ارز	۳۰,۰۰۰	میانگین نرخ ارز (دلار) در سال ۱۳۹۳
با توجه به زیرساخت سنگین و تعمیر و نگهداری مرتب آن	۶۰	بازه بهره‌برداری
قطار شهری کرمانشاه، مشاور: تأمین سرمایه نوین، خرداد ۱۳۹۱	۴۵	تاکسی و مسافربر (همسنگ ۲)
	۱۹	اتوبوس واحد (۵۵ خط - ۳۵۰۰ سرویس روزانه - سرفاصله ۱۵ دقیقه - هم‌سنگ ۵)
	۶	مینی‌بوس و اتوبوس سرویس (همسنگ ۲.۵)
	۳۰	سواری شخصی و وانت (همسنگ ۱)، دوچرخ (همسنگ ۰.۵)، سنگین (همسنگ ۲.۵)
طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهرهای کرمانشاه (۱۳۸۴) و اهواز	۲.۵	سواری شخصی، تاکسی و گازسوز
	۳۰	اتوبوس
	۳۵۰	قطار شهری سبک
بر پایه اطلاعات شرکت مادر تخصصی مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر اهواز	۰.۱۱	سواری شخصی و تاکسی
	۰.۴	اتوبوس و مینی‌بوس
به استناد اطلاعات دریافتی از ستاد بهینه‌سازی مصرف سوخت در مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر اهواز برای سال ۱۳۹۲ و نرخ رشد سالانه ۲.۵ درصد	۰.۱۵	ناوگان گازسوز
	۰.۷۶	بنزین
	۰.۷۸	گازوییل
شرکت مادر تخصصی مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر اهواز	۰.۳۲	گاز (CNG)
	۰.۰۴۴	سواری شخصی و تاکسی
مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر اهواز	۰.۰۱۳	اتوبوس و مینی‌بوس
	۰.۰۶	خودرو گازسوز
	۲۸.۵۵	سواری شخصی و تاکسی
	۱۷.۲۰	اتوبوس و مینی‌بوس
	۳.۲۳	مترو یا قطار شهری
قطار شهری کرمانشاه، مشاور: تأمین سرمایه نوین،	۵۰۰۰	بهای بلیت مترو تهران در سال ۱۳۹۳ با نرخ رشد سالانه ۱۵٪

خرداد ۱۳۹۱	۱۰	نرخ تنزیل سالانه یا هزینه سرمایه
مطالعات شهرهای گوناگون ایران	۱۲ تا ۱۵	نسبت تعداد مسافران ساعت اوج به کل مسافران روز
موارد مشابه موجود در کشور (مترو تهران)	۱	نسبت درآمد تبلیغات به فروش بلیت
	۲	نسبت درآمد تبلیغات غرفه و آگهی‌نما به فروش بلیت
	۱۵	نرخ رشد سالانه درآمد تبلیغات
	۵	هزینه سالانه نگهداری و تعمیرات زیرساخت، ناوگان و تجهیزات مکانیکی و الکتریکی با افزایش سالانه ۱.۵ درصد
مشاور ره پویان و تام ایران‌خودرو، مرداد ۱۳۹۳ (بر اساس صورت‌حساب برق مصرفی قطار شهری مشهد در گزارش مطالعات اهواز)	۱۵	نرخ رشد هزینه پرسنلی
	۳۷۱.۴۳	بهای هر کیلووات ساعت برق صنعتی در سال ۱۳۹۲ با نرخ رشد سالانه ۲.۵ درصد
مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر اهواز	۵	صرفه‌جویی ارزی کاهش تولید CO ₂
محاسبه بر پایه نتایج مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر کرمانشاه (۱۳۸۴)	۰.۰۶	کاهش زمان هر سفر شهری با LRT
	۲۵,۰۰۰	میانگین ارزش زمانی هر مسافر شهری (هزینه فرصت) در سال ۱۳۹۴ با ۱۵٪ رشد سالانه تا ۱۴۱۰
گزارش مطالعات مقدماتی خط یک قطار شهری کرمانشاه، مشاور مترا، آذر ۱۳۸۸	۹.۲۰	کاری
	۱۹.۴۰	تحصیلی
	۱۴.۹۰	خرید و دریافت خدمات
	۶.۱۳	دیدار و تفریح
	۴۸.۵۰	بازگشت به خانه
	۱.۸۰	سایر
		سهم انواع هدف‌ها در کل سفرها

جدول ۲. صرفه‌جویی ارزی ناشی از کاهش مصرف بنزین در سفر با خط یک قطار شهری کرمانشاه

سال بهره‌برداری	تعداد مسافر سالانه LRT	نفر-کیلومتر (تعداد مسافر* میانگین طول سفر)	حجم سالانه کاهش مصرف بنزین-لیتر	بهای بنزین دلار	صرفه‌جویی ارزی سالانه بنزین-دلار
۱۳۹۸	۳۱,۰۲۵,۰۰۰	۲۱۷,۱۷۵,۰۰۰	۹,۵۵۵,۷۰۰	۰.۸۴	۸,۰۱۶,۲۵۶
۱۳۹۹	۵۰,۱۸۷,۵۰۰	۳۵۱,۳۱۲,۵۰۰	۱۵,۴۵۷,۷۵۰	۰.۸۶	۱۳,۲۹۱,۶۵۹
۱۴۰۰	۶۹,۳۵۰,۰۰۰	۴۸۵,۴۵۰,۰۰۰	۲۱,۳۵۹,۸۰۰	۰.۸۸	۱۸,۸۲۵,۸۲۳
۱۴۰۱	۷۰,۳۶۶,۱۶۰	۴۹۲,۵۶۳,۱۲۰	۲۱,۶۷۲,۷۷۷	۰.۹۰	۱۹,۵۷۹,۲۱۲
۱۴۰۲	۷۱,۳۹۷,۲۰۹	۴۹۹,۷۸۰,۴۶۶	۲۱,۹۹۰,۳۴۱	۰.۹۳	۲۰,۳۶۲,۷۵۲
۱۴۰۳	۷۲,۴۴۳,۳۶۶	۵۰۷,۱۰۳,۵۶۵	۲۲,۳۱۲,۵۵۷	۰.۹۵	۲۱,۱۷۷,۶۴۸
۱۴۰۴	۷۳,۵۰۴,۸۵۲	۵۱۴,۵۳۳,۹۶۷	۲۲,۶۳۹,۴۹۵	۰.۹۷	۲۲,۰۲۵,۱۵۵
۱۴۰۵	۷۴,۵۸۱,۸۹۲	۵۲۲,۰۷۳,۲۴۳	۲۲,۹۷۱,۲۲۳	۱	۲۲,۹۰۶,۵۷۸
۱۴۰۶	۷۵,۶۷۴,۷۱۳	۵۲۹,۷۲۲,۹۹۰	۲۳,۳۰۷,۸۱۲	۱.۰۲	۲۳,۸۲۳,۲۷۶
۱۴۰۷	۷۶,۷۸۳,۵۴۷	۵۳۷,۴۸۴,۸۲۶	۲۳,۶۴۹,۳۳۲	۱.۰۵	۲۴,۷۷۶,۶۵۸
۱۴۰۸	۷۷,۹۰۸,۶۲۸	۵۴۵,۳۶۰,۳۹۳	۲۳,۹۹۵,۸۵۷	۱.۰۷	۲۵,۷۶۸,۱۹۴
۱۴۰۹	۷۹,۰۵۰,۱۹۴	۵۵۳,۳۵۱,۳۵۸	۲۴,۳۴۷,۴۶۰	۱.۱۰	۲۶,۷۹۹,۴۱۰
۱۴۱۰	۸۰,۲۰۸,۴۸۷	۵۶۱,۴۵۹,۴۱۲	۲۴,۷۰۴,۲۱۴	۱.۱۳	۲۷,۸۷۱,۸۹۴

جدول ۳. صرفه‌جویی ارزی سالانه ناشی از کاهش تولید CO2 با کم شدن میانگین طول سفر اتوبوس‌ها (با راه‌اندازی LRT) در شهر

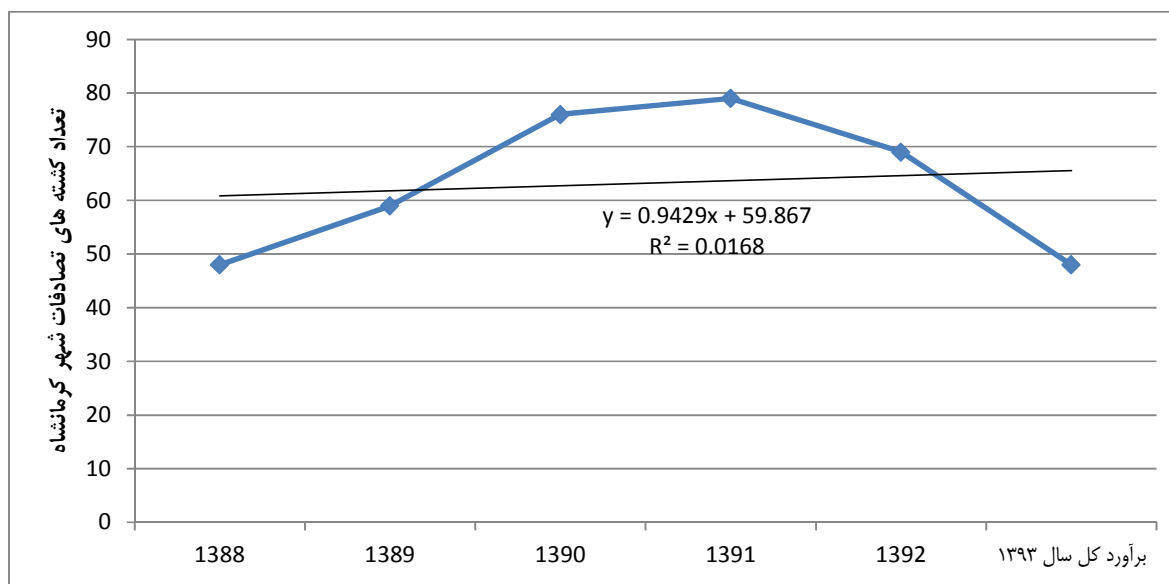
کرمانشاه در بازه ۱۳۹۸-۱۴۱۰

سال بهره‌برداری	تعداد مسافر سالانه اتوبوس در گزینه پایه	کاهش نفر-کیلومتر (تعداد مسافر * کاهش میانگین طول سفر)	کاهش تناژ تولید CO2 اتوبوس با کاهش طول سفر	صرفه‌جویی ارزی سالانه کاهش تولید CO2- دلار
۱۳۹۸	۱۱۹,۵۵۲,۳۱۸	۱۴۹,۹۳۰,۹۸۶-	۲,۵۷۹-	۱۲,۸۹۴-
۱۳۹۹	۱۲۱,۷۵۰,۹۶۳	۱۵۲,۶۸۸,۳۱۴-	۲,۶۲۶-	۱۳,۱۳۱-
۱۴۰۰	۱۲۳,۹۹۰,۰۴۲	۱۵۵,۴۹۶,۳۵۲-	۲,۶۷۵-	۱۳,۳۷۳-
۱۴۰۱	۱۲۵,۸۰۶,۸۲۳	۱۵۷,۷۷۴,۷۸۲-	۲,۷۱۴-	۱۳,۵۶۹-
۱۴۰۲	۱۲۷,۶۵۰,۲۲۴	۱۶۰,۰۸۶,۵۹۸-	۲,۷۵۳-	۱۳,۷۶۷-
۱۴۰۳	۱۲۹,۵۲۰,۶۳۵	۱۶۲,۴۳۲,۲۸۸-	۲,۷۹۴-	۱۳,۹۶۹-
۱۴۰۴	۱۳۱,۴۱۸,۴۵۳	۱۶۴,۸۱۲,۳۴۹-	۲,۸۳۵-	۱۴,۱۷۴-
۱۴۰۵	۱۳۳,۳۴۴,۰۸۰	۱۶۷,۲۲۷,۲۸۳-	۲,۸۷۶-	۱۴,۳۸۲-
۱۴۰۶	۱۳۵,۲۹۷,۹۲۱	۱۶۹,۶۷۷,۶۰۳-	۲,۹۱۸-	۱۴,۵۹۲-
۱۴۰۷	۱۳۷,۲۸۰,۳۹۲	۱۷۲,۱۶۳,۸۲۶-	۲,۹۶۱-	۱۴,۸۰۶-
۱۴۰۸	۱۳۹,۲۹۱,۹۱۱	۱۷۴,۶۱۶,۴۸۰-	۳,۰۰۵-	۱۵,۰۲۳-
۱۴۰۹	۱۴۱,۳۳۲,۹۰۴	۱۷۷,۲۴۶,۰۹۶-	۳,۰۴۹-	۱۵,۲۴۳-
۱۴۱۰	۱۴۳,۴۰۳,۸۰۳	۱۷۹,۸۴۳,۲۱۸-	۳,۰۹۳-	۱۵,۴۶۷-

جدول ۴. ارزش دلاری صرفه‌جویی سالانه زمان سفر مردم شهر کرمانشاه با ناوگان غیر قطار شهری در دوره ۱۳۹۸-۱۴۱۰ بر اثر افزایش

سرعت حرکت

سال بهره‌برداری	کل وسیله-کیلومتر ساعت اوج همسنگ سواری	کل نفر-کیلومتر ساعت اوج	تعداد مسافر ساعت اوج LRT غیر	میانگین طول سفر هر مسافر غیر LRT- کیلومتر	مسافران سالانه غیر LRT	از وقت مردم - هزینه فرصت	میانگین ارزش ریالی هر ساعت	ارزش دلاری کاهش سالانه زمان سفر غیر LRT با افزایش سرعت
۱۳۹۸	۵۷۸,۳۸۱	۱,۴۴۵,۹۵۲	۱,۳۳۶,۱۷۵	۶.۳	۲۱۱,۱۳۳	۴۳,۷۲۵	۴۳,۷۲۵	۴,۸۱۱,۵۱۳
۱۳۹۹	۵۹۳,۷۸۰	۱,۴۸۴,۴۵۱	۱,۳۷۱,۷۵۱	۶.۴	۲۱۵,۰۱۶	۵۰,۳۸۴	۵۰,۳۸۴	۵,۱۶۴,۱۵۰
۱۴۰۰	۶۰۹,۵۹۰	۱,۵۲۳,۹۷۵	۱,۴۰۸,۲۷۵	۶.۴	۲۱۸,۹۷۰	۵۷,۸۲۷	۵۷,۸۲۷	۵,۵۴۲,۶۳۳
۱۴۰۱	۶۲۵,۸۲۱	۱,۵۶۴,۵۵۲	۱,۴۴۵,۷۷۱	۶.۵	۲۲۲,۱۷۹	۶۶,۵۰۰	۶۶,۵۰۰	۵,۹۴۸,۸۵۴
۱۴۰۲	۶۴۲,۴۸۳	۱,۶۰۶,۲۰۹	۱,۴۸۴,۲۶۵	۶.۶	۲۲۵,۴۳۴	۷۶,۴۷۶	۷۶,۴۷۶	۶,۳۸۴,۸۴۷
۱۴۰۳	۶۵۹,۵۹۰	۱,۶۴۸,۹۷۵	۱,۵۲۳,۷۸۵	۶.۷	۲۲۸,۷۳۷	۸۷,۹۴۷	۸۷,۹۴۷	۶,۸۵۲,۷۹۵
۱۴۰۴	۶۷۷,۱۵۲	۱,۶۹۲,۸۸۰	۱,۵۶۴,۳۵۶	۶.۷	۲۳۲,۰۸۹	۱۰۱,۱۳۹	۱۰۱,۱۳۹	۷,۳۵۵,۰۳۸
۱۴۰۵	۶۹۵,۱۸۱	۱,۷۳۷,۹۵۳	۱,۶۰۶,۰۰۸	۶.۸	۲۳۵,۴۹۰	۱۱۶,۳۱۰	۱۱۶,۳۱۰	۷,۸۹۴,۰۹۱
۱۴۰۶	۷۱۳,۶۹۱	۱,۷۸۴,۲۲۷	۱,۶۴۸,۷۶۹	۶.۹	۲۳۸,۹۴۰	۱۳۳,۷۵۶	۱۳۳,۷۵۶	۸,۴۷۲,۶۵۲
۱۴۰۷	۷۳۲,۶۹۳	۱,۸۳۱,۷۳۳	۱,۶۹۲,۶۶۸	۷	۲۴۲,۴۴۱	۱۵۳,۸۲۰	۱۵۳,۸۲۰	۹,۰۹۳,۶۱۵
۱۴۰۸	۷۵۲,۲۰۲	۱,۸۸۰,۵۰۴	۱,۷۳۷,۷۳۶	۷.۱	۲۴۵,۹۹۴	۱۷۶,۸۹۳	۱۷۶,۸۹۳	۹,۷۶۰,۰۸۹
۱۴۰۹	۷۷۲,۲۲۹	۱,۹۳۰,۵۷۴	۱,۷۸۴,۰۰۵	۷.۱	۲۴۹,۵۹۸	۲۰۳,۴۲۷	۲۰۳,۴۲۷	۱۰,۴۷۵,۴۰۹
۱۴۱۰	۷۹۲,۷۹۰	۱,۹۸۱,۹۷۶	۱,۸۳۱,۵۰۵	۷.۲	۲۵۳,۲۵۶	۲۳۳,۹۴۱	۲۳۳,۹۴۱	۱۱,۲۴۳,۱۵۵



نمودار ۱. روند تغییر زمانی تعداد کشته‌های تصادفات شهری کرمانشاه در بازه ۹۳-۱۳۸۸

۱,۳۶۶,۱۷۳	۷۰	۷۴	۱۴۰۲
۱,۴۲۵,۰۸۵	۷۱	۷۵	۱۴۰۳
۱,۴۸۶,۳۰۳	۷۲	۷۶	۱۴۰۴
۱,۵۴۹,۹۱۱	۷۳	۷۷	۱۴۰۵
۱,۶۱۵,۹۹۸	۷۴	۷۸	۱۴۰۶
۱,۶۸۴,۶۵۵	۷۵	۷۹	۱۴۰۷
۱,۷۵۵,۹۷۸	۷۶	۸۰	۱۴۰۸
۱,۸۳۰,۰۶۳	۷۷	۸۱	۱۴۰۹
۱,۹۰۷,۰۱۳	۷۸	۸۲	۱۴۱۰

بر پایه این نمودار، برآوردی خطی (ادامه روند موجود) از تعداد کشته‌های سوانح رانندگی در شهر کرمانشاه برای سال‌های دوره ۱۴۱۰-۱۳۹۸ در دو سناریو در جدول ۵ آمده است.

یادآور می‌شود که پس از گشایش LRT نسبت تعداد کشته‌ها به نسبت کاهش وسیله- کیلومتر (حدود ۵ درصد) کم خواهد شد.

جدول ۵. برآورد خطی تعداد کشته‌های سالانه تصادفات

رانندگی شهر کرمانشاه در بازه نخست بهره‌برداری قطار شهری (۱۴۱۰-۱۳۹۸) و کاهش هزینه مربوطه

سال بهره‌برداری	تعداد کشته‌ها با ادامه روند کنونی	تعداد کشته‌ها پس از گشایش LRT	ارزش دلاری کاهش هزینه‌ها در اثر کم شدن کشته‌ها
۱۳۹۸	۷۰	۶۷	۱,۱۵۱,۹۷۰
۱۳۹۹	۷۱	۶۸	۱,۲۰۲,۴۵۷
۱۴۰۰	۷۲	۶۹	۱,۲۵۴,۹۳۷
۱۴۰۱	۷۳	۷۰	۱,۳۰۹,۴۸۳

آخرین بخش از هزینه‌های سوانح ترافیکی که با راه‌اندازی قطار شهری کاهش می‌یابد و باید حساب شود، خسارات وارد بر ناوگان، زمان تلف‌شده و هزینه‌های اداری و غیره است. این هزینه‌ها نیز متناسب با سهمی که در سال ۱۳۸۶ داشته‌اند محاسبه می‌شوند. بر پایه آمار از حدود ۸۷ هزار میلیارد ریال هزینه تصادفات سال ۱۳۸۶ بیش از ۲۸ هزار میلیارد ریال صرف هزینه‌های به‌جز کشته‌ها و زخمیان شده که معادل ۱/۰۴ برابر هزینه‌های مربوط به درگذشتگان است؛ بنابراین این‌گونه هزینه‌ها نیز برای دوره پس از LRT با این

ضریب محاسبه می‌شود و برون‌داد در جدول ۶ بیان شده است.

جدول ۶. برآورد تعداد تصادفات خسارتی شهر کرمانشاه در دوره ۱۴۱۰-۱۳۹۸ پیش و پس از راه‌اندازی LRT و میزان کاهش هزینه‌های مربوطه

سال بهره‌برداری	تعداد تصادفات خسارتی با ادامه روند کنونی	تعداد تصادفات خسارتی پس از گشایش LRT	ارزش دلاری کاهش هزینه‌ها در اثر کم شدن تعداد تصادفات خسارتی
۱۳۹۸	۱۰۲۴	۹۷۵	۱,۱۹۷,۹۵۶
۱۳۹۹	۹۵۶	۹۱۰	۱,۲۵۰,۴۵۹
۱۴۰۰	۸۹۷	۸۵۴	۱,۳۰۵,۰۳۳
۱۴۰۱	۸۴۶	۸۰۵	۱,۳۶۱,۷۵۷
۱۴۰۲	۸۰۱	۷۶۳	۱,۴۲۰,۷۱۰
۱۴۰۳	۷۶۱	۷۲۵	۱,۴۸۱,۹۷۴
۱۴۰۴	۷۲۶	۶۹۱	۱,۵۴۵,۶۳۵
۱۴۰۵	۶۹۴	۶۶۰	۱,۶۱۱,۷۸۳
۱۴۰۶	۶۶۴	۶۳۲	۱,۶۸۰,۵۰۸
۱۴۰۷	۶۳۸	۶۰۷	۱,۷۵۱,۹۰۶
۱۴۰۸	۶۱۴	۵۸۴	۱,۸۲۶,۰۷۶
۱۴۰۹	۵۹۲	۵۶۳	۱,۹۰۳,۱۱۸
۱۴۱۰	۵۷۱	۵۴۴	۱,۹۸۳,۱۴۱

تأمین بخشی از خدمات موردنیاز حمل‌ونقل همگانی شهر خواهد بود. اگر عمر مفید هر اتوبوس ۲۰ سال فرض شود، سالانه ۵ درصد از بهای خود، هزینه استهلاک خواهد داشت. همچنین سهم هزینه‌های سالانه لوازم‌یدکی، نگهداری و تعمیر دست‌کم ۵٪ از بهای آن خواهد بود. برای بیمه و هزینه‌های مصرفی سوخت و روغن نیز سالانه معادل ۵٪ از بهای اتوبوس واحد را باید در نظر گرفت. جدول ۷ اندازه این هزینه‌های صرفه‌جویی شده سالانه را در دوره موردنظر نشان می‌دهد.

جدول ۷. صرفه‌جویی در هزینه‌های خرید، نگهداری و تعمیر و

استهلاک اتوبوس‌های جایگزین در صورت نبود LRT

سال بهره‌برداری	هزینه‌های خرید، کارکرد و استهلاک اتوبوس‌های لازم در صورت نبود LRT
۱۳۹۸	۱۶,۱۰۰,۰۰۰
۱۳۹۹	۲,۱۰۰,۰۰۰
۱۴۰۰	۲,۱۰۰,۰۰۰
۱۴۰۱	۲,۱۰۰,۰۰۰
۱۴۰۲	۲,۱۰۰,۰۰۰
۱۴۰۳	۲,۱۰۰,۰۰۰
۱۴۰۴	۲,۱۰۰,۰۰۰
۱۴۰۵	۲,۱۰۰,۰۰۰
۱۴۰۶	۲,۱۰۰,۰۰۰
۱۴۰۷	۲,۱۰۰,۰۰۰
۱۴۰۸	۲,۱۰۰,۰۰۰
۱۴۰۹	۲,۱۰۰,۰۰۰
۱۴۱۰	۲,۱۰۰,۰۰۰

پس از تعیین صرفه‌جویی‌های ناشی از احداث قطار سبک شهری کرمانشاه اقدام به وزن دهی این پارامترها بر اساس اهمیت آن‌ها و همچنین دسته‌بندی این موارد به شش گروه اصلی اقدام گردیده است. نتیجه این وزن دهی را می‌توان در جدول ۸ ارائه شده است.

۴-۷- ارزش خالص کنونی طرح

از معیارهای بسیار مفید بودجه‌بندی سرمایه‌ای و بررسی اقتصادی پروژه‌ها است، ولی به سبب دشواری گزینش نرخ

۴-۵- صرفه‌جویی در تعداد، استهلاک و لوازم‌یدکی

ناوگان عمومی و شخصی موردنیاز

با بررسی طرح جامع حمل‌ونقل شهر کرمانشاه برای حمل‌ونقل همگانی سال ۱۴۰۰ دیده می‌شود که در صورت عدم راه‌اندازی قطار شهری دست‌کم باید خط ویژه سریع اتوبوس‌رانی (BRT) در همان محور به کار گرفته شود. با اینکه BRT هم در قیاس با LRT از دید شاخص‌های کارکردی به میزان قابل‌توجهی ضعیف‌تر است، به ۴۲۳ اتوبوس در دوره بهره‌برداری موردنظر (۱۳۹۸-۱۴۱۰) نیاز دارد که ۱۴۰ دستگاه بیشتر از حالتی است که LRT در حال سرویس باشد (۲۸۳ دستگاه). اگر بهای هر اتوبوس ۱۰۰ هزار دلار فرض شود، ۱۴ میلیون دلار سرمایه موردنیاز برای

کنونی آن مثبت و توجیه اقتصادی و سودآوری آن تأیید می‌شود. (قیمت‌ها به دلار می‌باشد).
 $451516771/450633809 = 1/002$
 قطار شهری کرمانشاه (PI).

۴-۹- نرخ بازده داخلی

نرخ بازده داخلی پروژه، اندازه سودآوری آن را ملموس‌تر بیان می‌کند و برای محاسبه آن نیاز به در نظر گرفتن نرخ تنزیل ثابت برای جریان‌های نقدی پروژه نیست. البته این معیار در پروژه‌های با الگوی جریان‌های نقدی متعارف کاملاً با NPV و PI مرتبط است؛ یعنی اگر $NPV > 0$ باشد، $PI > 1$ و IRR بزرگ‌تر از نرخ هزینه سرمایه است و برعکس. هدف این روش، یافتن نرخ تنزیلی است که ارزش کنونی جریان‌های نقدی ورودی (دستاوردها) و خروجی (هزینه‌ها) پروژه را یکسان کند. اگر IRR بزرگ‌تر از هزینه سرمایه (نرخ بازده مورد انتظار سرمایه‌گذاری) باشد، طرح توجیه اقتصادی دارد و اگر کمتر باشد، اجرای آن صرفه ندارد. در این تحقیق نرخ بازده داخلی طرح قطار شهری کرمانشاه $IRR = 10.04\%$ می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نرخ بازده داخلی قطار شهری کرمانشاه بیش از نرخ تنزیل یا هزینه سرمایه (بازده مورد انتظار) است.

۴-۱۰- ارزش افزوده اقتصادی

معیاری است که هزینه فرصت همه منابع به‌کار رفته را در نظر می‌گیرد. EVA مثبت نشانگر تخصیص بهینه منابع، ایجاد ارزش افزوده و افزایش ثروت است. EVA منفی یعنی اتلاف، تخصیص نا بهینه و ناکارآمد منابع و در نتیجه کاهش ثروت (رابطه ۱).

$$EVA = (IRR - C) * k \quad (1)$$

که IRR نرخ بازده داخلی سرمایه به‌کاررفته، C هزینه (نرخ بازده مورد انتظار) سرمایه به‌کاررفته و k سرمایه مورد بهره‌برداری (ارزش کنونی جریان نقدی خروجی یا هزینه‌ها) است. (قیمت‌ها به دلار می‌باشد). در این تحقیق ارزش افزوده اقتصادی طرح قطار شهری کرمانشاه برابر با ۱۶۲۴۲۸ می‌باشد.

تنزیل (هزینه سرمایه) مناسب در عمل، کمتر از معیار نرخ بازده داخلی به کار می‌رود (مهاجری و همکاران، ۱۳۹۳). اگر منابع لازم به هراندازه با هزینه سرمایه در نظر گرفته شده قابل تأمین باشد، ارزش خالص کنونی مناسب‌ترین معیار برای گزینش یکی از چند پروژه یا سناریو است؛ اما درک ملموسی از میزان سودآوری پروژه نمی‌دهد و تنها قادر به پذیرش یا رد آن است. مثبت بودن ارزش خالص کنونی به معنی بیشتر بودن ارزش کنونی دستاوردهای طرح از هزینه‌های آن است و طرح از دید اقتصادی تأیید می‌شود، وگرنه اجرای آن مقرون‌به‌صرفه نیست. در این تحقیق با توجه به بازگشت ثبات نسبی به اقتصاد کشور، نرخ تنزیل (بازده مورد انتظار) برابر ۱۰٪ به‌عنوان هزینه سرمایه در نظر گرفته می‌شود.

ارزش کنونی جریان‌های نقدی ورودی (دستاوردها) به دلار =
 $451,516,477\$$

ارزش کنونی جریان‌های نقدی خروجی (هزینه‌ها) به دلار =
 $450,633,809\$$

ارزش خالص کنونی جریان‌های نقدی به دلار (NPV) =
 $87,678,668$

جدول ۸ درصد وزنی صرفه‌جویی در هزینه‌های قطار سبک شهری

درصد	شرح
۴۲.۴	صرفه‌جویی ناشی از مصرف سوخت
۲.۲	صرفه‌جویی ناشی از آلاینده‌ها
۲۰.۲	صرفه‌جویی ناشی از زمان سفر
۴.۳	صرفه‌جویی ناشی از سوانح و تصادفات
۲۸.۷	صرفه‌جویی ناشی از استهلاک و تعمیر و... خودروها
۲.۲	صرفه‌جویی ناشی از کاهش اتوبوس درراه اندازی BRT
۱۰۰	جمع کل

۴-۸- تحلیل نسبت دستاوردها/ منافع به هزینه‌ها

از معیارهای ارزش‌یابی پروژه‌های اقتصادی است و به شکل نسبت ارزش کنونی جریان‌های نقدی ورودی (دستاوردها) به ارزش کنونی جریان‌های نقدی خروجی (هزینه‌ها) تعریف می‌شود. نرخ تنزیل جریان‌های نقدی همان نرخ هزینه سرمایه یا بازده مورد انتظار است. اگر شاخص سودآوری پروژه بیش از یک باشد، یعنی خالص ارزش

۱۶۲۴۲۸ = ۶۳۳۸۰ * ۰.۲۵ = (۱۰ - ۱۰.۰۴) = ارزش افزوده اقتصادی طرح قطار شهری کرمانشاه (EVA).

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق جهت بررسی توجیه اقتصادی قطار سبک شهری کرمانشاه از روش‌های تحلیل اقتصاد مهندسی استفاده شد. شایان ذکر است جهت بررسی توجیه اقتصادی یک طرح می‌توان فقط از یک روش تحلیل اقتصادی بهره جست و نتایج آن تحلیل را ملاک عمل قرار داد؛ اما در تحقیق حاضر از چهار روش مهم و اساسی تحلیل اقتصادی استفاده گردیده است تا نهایت دقت و اطمینان خاطر به دست آید. نتایج تحلیل اقتصادی حاصل از روش‌های به‌کار گرفته شده در این تحقیق شامل موارد زیر است:

۱- با توجه به مثبت شدن ارزش خالص کنونی طرح ساخت و راه‌اندازی قطار سبک شهری کرمانشاه از دید اقتصادی موجه است.

۲- نسبت دستاوردها به هزینه‌های طرح یا همان شاخص سودآوری قطار شهری بیش از یک و در نتیجه سرمایه‌گذاری روی آن مورد تأیید است.

۳- نرخ بازده داخلی قطار شهری کرمانشاه بیش از نرخ تنزیل یا هزینه سرمایه (بازده مورد انتظار) است و در نتیجه از دید اقتصادی تأیید می‌شود.

۴- مثبت بودن ارزش افزوده اقتصادی LRT کرمانشاه بازهم مهر تأییدی بر موجه بودن تخصیص سرمایه و منابع به آن است.

در نهایت با هر ۴ روش ارزیابی اقتصادی به‌کاررفته، سرمایه‌گذاری در قطار سبک شهری کرمانشاه دارای توجیه اقتصادی می‌باشد؛ و نکته بسیار مهم این است که برای ۱۳ سال نخست بهره‌برداری (۱۴۱۰-۱۳۹۸) هم نتایج ارزیابی اقتصادی مثبت است. روشن است که هر چه سال‌های بیشتری از چرخه عمر طرح در بر گرفته شود، شاخص‌های ارزیابی اقتصادی بهبود بیشتری می‌یابند. در این مطالعه که نگاهی بسیار گسترده و تا جای ممکن فراگیر به صرفه‌جویی‌های هزینه‌ای ناشی از ساخت قطار شهری شده و ۱۵ گونه کاهش مخارج در قالب شش گروه اصلی شامل: صرفه‌جویی در مصرف سوخت، صرفه‌جویی ناشی از کاهش

آلاینده‌های محیط زیستی، صرفه‌جویی ناشی از کاهش زمان سفر، صرفه‌جویی ناشی از کاهش هزینه کشته‌های سوانح رانندگی، صرفه‌جویی در هزینه‌های استهلاک، نگهداری و تعمیر و بیمه خودروهای شخصی و تاکسی، صرفه‌جویی ناشی از کاهش تعداد اتوبوس‌های لازم برای راه‌اندازی BRT جایگزین و هزینه‌های کارکردی مربوطه، بررسی و محاسبه شد. نکته بسیار مهم در تحقیق حاضر آن است که در هر مرحله و یا در هر زمان دیگری در آینده چنانچه توجیه‌پذیری قطار سبک شهری کرمانشاه بخواند مورد بازبینی مجدد قرار گیرد، به‌راحتی می‌توان با بروز رسانی داده‌های موجود با کمترین زمان لازم از این تحقیق حاضر استفاده نموده و نتایج آن را تحلیل نمود. نکته مهم دیگر آن است که نتایج این تحقیق با توجه به رعایت معیارهای قابل قبول از جمله استفاده از مصوبات طرح جامع و همچنین استفاده از آمارهای بانک مرکزی (جهت قیمت ارز) و همچنین هزینه‌های عمده سرمایه‌ای (در طول دوره ساخت) قطار شهری که بر پایه اطلاعات مربوط به تجربیات مشابه موجود در کشور (و هزینه‌های استاندارد بر پایه فهرست‌بها) یا از هزینه‌های بین‌المللی برآورد شده است می‌تواند مبنای خوبی برای تمامی محققان و حتی کارشناسانی باشد که در این حوزه فعالیت نموده و یا از این داده‌ها برای بررسی حمل‌ونقل ریلی درون‌شهری که در آن شهرها از سامانه‌های مشابه استفاده می‌کنند کاربرد داشته باشد.

نکته بعدی که می‌بایست به آن توجه کافی داشت آمار ضریب ساعت اوج است که نسبت به شهرهای دیگر کشور مانند تهران و مشهد به میزان قابل توجهی بالاتر است؛ یعنی بیش از ۱۵ درصد کل سفرهای سواره روزانه شهر کرمانشاه تنها در یک ساعت بین ۷ تا ۸ بامداد انجام می‌شود و این بدین معنا خواهد بود که جهت جابجایی سریع، ایمن، راحت و به‌موقع این‌گونه سفرها می‌بایست از یک سامانه حمل‌ونقل انبوه بر با ظرفیت بالا استفاده نمود و این خود نیز دلیل دیگری برای استفاده از قطار سبک شهری است.

در بحث آلاینده‌های محیط‌زیست متأسفانه در چندین سال اخیر وجود ریزگردهای وارده از کشور عراق، شهر کرمانشاه را در زمره آلوده‌ترین شهرهای جهان قرار دارد و امید چندانی به حل این معضل بین‌المللی در آینده‌ای نزدیک وجود ندارد، لذا در صورت افزوده شدن سایر آلاینده‌های

- رضازاده، ر. رادمند، م. و آهی، پ.، (۱۳۹۵)، "تأثیر شبکه مترو بر ساختار توسعه شهری در شهر تورتو"، فصلنامه ساخت شهر، شماره ۷، ص. ۲۶-۳۶.

- سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت (۱۳۸۹)، "طرح جامع ارزیابی خسارت وارده بر سلامتی حاصل از آلودگی هوای تهران"، دانشکده بهداشت دانشگاه تهران.

- سیفی پور، ر.، امینی، و افروز، ف.، (۱۳۹۱)، "تأثیرات افزایش قیمت سوخت بر تقاضای باری ریلی و سهم آن در حمل و نقل زمینی"، فصل نامه مهندسی حمل و نقل، سال سوم، شماره چهارم.

- عباس زادگان، م.، رضازاده، ر.، و محمدی، م.، (۱۳۹۴)، "بررسی مفهوم توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی و جایگاه قطار شهری تهران در آن، فصلنامه علمی پژوهشی باغ نظر"، مرکز پژوهشی هنر، معماری و شهرسازی نظر شماره هفده، سال هشتم.

- کاکاوند، الف.، (۱۳۹۴)، "اثرات متقابل سیاست‌های حمل و نقل در اقتصادی شهری"، کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین.

- نورالهی، ح.، برکپور، ن.، (۱۳۹۴)، "ارزیابی آثار احداث سیستم ریلی درون شهری بر کیفیت محیط شهری مطالعه موردی: خط یک قطار شهری مشهد"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره: ۵، شماره: ۳.

- مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر کرمانشاه، (۱۳۸۴)، "آمار گزارش مقایسه و ارزیابی گزینه‌های نهایی برای سال ۱۴۰۰.

- مشاور مترا، (۱۳۸۸)، "گزارش‌های مطالعات مقدماتی خط یک قطار شهری کرمانشاه".

- مهاجری برج قلعه، ر.، نصرتی، س.ع.ر.، (۱۳۹۳)، "بررسی و ارزیابی اقتصادی قطار سبک شهری"، دومین کنفرانس

محیط زیستی به فضای شهری، عملاً امکان زندگی در این کلان‌شهر ایران را روبه نابودی خواهد کشاند؛ بنابراین استفاده از سامانه‌های فاقد آلاینده‌گی می‌توان حتی فارغ از جنبه‌های اقتصادی بسیار مفید باشد. درخصوص سوانح رانندگی و تعداد کشته‌شدگان در این‌گونه موارد با توجه به این کشور ایران در رتبه‌های نخست جهانی بیشترین آمار جان‌باختگان سوانح رانندگی می‌باشد و کلان‌شهر کرمانشاه هم از این قاعده جدا نیست، لذا استفاده از سامانه‌های ایمن و کارآمد در حمل و نقل عمومی این شهر می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش تعداد جان‌باختگان سوانح رانندگی داشته باشد.

۶-مراجع

- آیتی، الف.، باقری، م.، (۱۳۹۴)، "روش پوششی برای مسیریابی بهینه قطار سبک شهری"، پژوهشنامه حمل و نقل، سال سوم، شماره اول.

- پور تیموری، م.، (۱۳۹۰)، "بررسی نقش توسعه حمل و نقل همگانی در کاهش مصرف سوخت: مورد مطالعه تهران"، مطالعات مدیریت ترافیک، ش ۲۰.

- حسینی، س.م.، راستیان تهرانی، الف.، (۱۳۹۰)، "مدل ارزیابی فنی و اقتصادی عملکرد سیستم های اتوبوس تندرو و قطار سبک شهری در کلان شهرهای ایران (مطالعه موردی: تهران)"، دهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک تهران - سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.

- حجازی، س.ج.، و اورک، الف.، (۱۳۹۵)، "روش‌های انتخاب سیستم‌های ریلی مناسب (مونوریل، قطار سبک شهری، مترو و تراموا)"، پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، ارومیه، انجمن علمی دانشجویی عمران دانشگاه ارومیه.

- خاکساری، ع.، موسوی، م. ح.، محمودزاده و عبدالرضا رضایی ارج رودی، ع.ر.، (۱۳۹۰)، "برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش حمل و نقل"، مجموعه مقالات همایش ابعاد اقتصادی حمل و نقل شهری، پژوهشگاه نیرو، تهران.

- Elyasi, M.R., Faezi, S.F., Haghsheno-Sabet, M., Mazaheri, M. (2017), "An ANP-based Model for Location of Fixed Speed Cameras, International Journal of Transportation Engineering, Vol.5, No.1.
- Litman, T. (2004), "Comprehensive evaluation of rail transit benefits", Victoria Transport Policy Institute, Canada.
- Pak, P.S., Tsuji, K. and Suzuki, Y. (2015), "Comprehensive Evaluation of New Urban Transportation Systems by AHP", INT.J. Systems SCI., Vol.1 8, NO. 6.
- Topalovic, P. (2012), "Light rail transit in Hamilton: health, environmental and economic impact analysis, Social Indicators Research Journal", volume108, pp. 329-350.
- Weihua, Z., Huapu, L., Zhijun, G. and Qiang, L., (2015), Study on Method Evaluation Bus Rapid Transit (BRT) Scheme, Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation.
- بین‌المللی پیشرفت‌های اخیر در مهندسی راه‌آهن، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- نعمت زاده، الف.، (۱۳۹۴)، "مقدمه‌ای بر شناخت قطار سبک شهری"، مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری وزارت کشور
- Brand, D., Kiefer, M.R., Parody, T.E., and Mehndireatta, Sh.R. (2010), "Application of benefit – cost analysis to the proposed California high-speed rail system", Transportation Research Record, 1742, 11P.
- Douglas, Gordon (2010), "Rail transit identification and neighborhood identity. Exploring the potential for 'community-supportive transit'", Journal of Urban Design, Vol. 15. No. 2, pp.175–193.
- Dziauddin, M.F., (2014), "Measuring the effects of the light rail transit system on house prices in the Klang Valley, Malaysia", Newcastle Universit.