

مقایسه هزینه‌های سامانه‌های حمل و نقل تراموا و اتوبوس تندرو - مطالعه موردی شهر مشهد: کریدور پایانه امام رضا (ع) - پایانه طبرسی

مجید وحدتی پور^۱، علی نظامی^۲، حسن نادری راد^۳

۱- دانشجوی دکتری تخصصی برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد

۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران - ژئوتکنیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳- کارشناس ارشد مهندسی عمران - مدیریت ساخت، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

چکیده

در چند دهه اخیر استفاده از سامانه‌های حمل و نقل انبوه بر به یکی از راه‌حل‌های معضل ترافیک در کلان‌شهرهای جهان تبدیل شده است. در ایران نیز برنامه‌ریزان و مدیران شهری استفاده از این سامانه‌ها را در اولویت برنامه‌های توسعه حمل و نقل درون‌شهری قرار داده‌اند. سامانه اتوبوس تندرو و تراموا دو مورد از این سامانه‌ها هستند که اولی به‌طور گسترده‌ای در ایران مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گرفته ولی مورد دیگر علی‌رغم کاربرد وسیع در کشورهای مختلف جهان، تاکنون در ایران مورد استفاده قرار نگرفته است. در این تحقیق هزینه‌های مورد نیاز جهت استفاده از این دو سیستم در یک کریدور انتخابی مورد بررسی قرار گرفت و ارزش فعلی این هزینه‌ها با هم مقایسه شدند. همچنین یک تحلیل حساسیت برای پارامترهای نرخ بهره و نرخ رشد تقاضا در طول دوره طرح انجام شد. نتایج نشان می‌دهند که هرچند هزینه‌های ساخت و راه‌اندازی تراموا بیشتر است، ولی هزینه‌های بهره‌برداری از آن به مراتب کمتر از سامانه اتوبوس تندرو است. همچنین با توجه به تحلیل حساسیت، کاهش پارامتر نرخ بهره دارای اثرات مثبتی به نفع تراموا است در حالی که تغییرات نرخ رشد تقاضا اثرات چندانی بر نسبت هزینه‌های بهره‌برداری از این دو سامانه ندارد.

واژگان کلیدی: سامانه‌های حمل و نقل انبوه بر، تراموا، سامانه اتوبوس تندرو، هزینه‌های اقتصادی، نرخ بهره، نرخ رشد تقاضا

۱- مقدمه

غالب سامانه‌های به‌کاررفته در کلان‌شهرهای ایران جهت پاسخگویی به این نیاز شامل حمل و نقل ریلی مانند مترو، قطار سبک، مونوریل و حمل و نقل جاده‌ای شامل اتوبوس‌های تندرو و بی‌آر تی بوده‌اند. این سامانه‌ها را می‌توان از جهات مختلفی مانند هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری، مصرف انرژی، اثرات زیست‌محیطی، سهولت دسترسی، ظرفیت سامانه‌ها، سرفاصله زمانی، مدت‌زمان اجرا، میزان فضای لازم، سرعت عملکردی و سایر موارد طبقه‌بندی و مقایسه کرد. [۲]

بین سال‌های ۱۹۷۰ و ۲۰۰۰، ۶۱ مترو و ۷۸ سامانه قطار سبک شهری در سراسر جهان افتتاح شده‌اند. هم‌زمان با احداث سامانه‌های مترو در کشورهای در حال توسعه در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰، کشورهای اروپای غربی و آمریکای شمالی به

در سال‌های اخیر گسترش روزافزون مساحت و جمعیت شهرهای بزرگ کشور و گسترش بی‌رویه شهرها بدون برنامه‌ریزی صحیح، چیدمان اتفاقی مراکز تولید و جذب سفر و کمبود زیرساخت‌های فن‌آوری ارتباطات، سبب ایجاد سفرهای شهری زیاد به‌ویژه با وسایل نقلیه شخصی شده است. این مسئله اثرات سوئی نظیر اتلاف وقت شهروندان، افزایش تصادفات، مشکلات روانی و عدم بهره‌وری مردم و خسارت‌های جبران‌ناپذیری مانند آلودگی محیط‌زیست و مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی به همراه دارد. برای حل مشکلات فوق، سامانه‌های حمل و نقل عمومی که قادر به جایجایی حجم انبوه مسافران به‌ویژه در ساعات اوج باشند، راه‌حل مناسبی به نظر می‌رسد. [۱] تاکنون

سمت سرمایه‌گذاری بر روی سامانه‌های حمل و نقل ریلی سبک حرکت کردند. [۱۸] در ادامه تعریفی خلاصه از سامانه‌های تراموا و سامانه اتوبوس تندرو ارائه می‌شود.

۱-۱- سامانه اتوبوس تندرو (بی آر تی)

از دیدگاه عملکردی و طراحی، بی آر تی یک سامانه حمل و نقل عمومی شهری مجهز به سامانه‌های هوشمند بوده و در عین اینکه از لحاظ سرعت و دقت زمان‌بندی دارای عملکردی نظیر سامانه‌های ریلی است، دارای انعطاف‌پذیری سامانه اتوبوس‌رانی نیز هست.

سامانه اتوبوس تندرو سامانه‌ای سریع، راحت و مناسب است که در عین حفظ هویت اتوبوس‌رانی خود، دارای ظرفیت بالای جابجایی مسافر است. این اتوبوس‌ها بیشتر مسیر خود را در خطوط ویژه اختصاصی طی می‌کنند. تقاطع‌های مسیر نیز جهت تقدم عبور آن‌ها برنامه‌ریزی شده و در ایستگاه‌های با ظرفیت بالا که مسافران قبل از ورود به ایستگاه کرایه خود را پرداخت می‌کنند، توقف دارند. اتوبوس‌های مورد استفاده در این سامانه به‌منظور جابجایی حجم بالای مسافر طراحی شده‌اند. ایستگاه‌های آن به‌گونه‌ای طراحی شده که هم‌سطح با کف خودرو بوده و مسافران جهت پیاده و سوار شدن نیاز به بالا و پایین رفتن از پله‌های اتوبوس نداشته باشند.

با توجه به این‌که این سامانه مجهز به اولویت‌دهی در تقاطع‌هاست، حداقل زمان توقف ممکن را در پشت چراغ قرمز دارند. در داخل اتوبوس‌ها و ایستگاه‌ها تجهیزات هوشمند حمل و نقل نصب‌شده تا اطلاعات موردنیاز مسافران از قبیل زمان رسیدن اتوبوس به ایستگاه، برنامه حرکت اتوبوس‌ها و غیره را در اختیار آن‌ها قرار دهد. [۳]

۱-۲- تراموا

تراموا وسیله‌ای است که با استفاده از انرژی الکتریکی بر روی یک مسیر دو ریلی حرکت می‌کند و در سال‌های اخیر انواع دارای چرخ لاستیکی آن نیز ایجاد شده است. این سامانه دارای مسیر و ایستگاه‌های مشخص بوده و هر قطار آن معمولاً دارای ۱ تا ۳ واگن است. این سامانه به علت برخی ویژگی‌ها از جمله سهولت دسترسی، ایمنی و راحتی از مطلوبیت خاصی بین برنامه ریزان حمل و نقل شهری و استفاده‌کنندگان برخوردار است. سادگی فناوری، اجرا و نگهداری، ارزانی بهره‌برداری از تراموا نسبت به سایر سامانه‌های ریلی و همچنین تشابه بیشتر آن با وسایل نقلیه همگانی و شخصی از لحاظ انعطاف‌پذیری

در گذشته باعث استقبال مسئولان و مجریان شهری از آن شده است. شاید به همین دلیل است که تاکنون از تراموا بیش از هر سامانه حمل و نقل ریلی دیگر در شهرهای دنیا استفاده شده است. امکان حرکت در مسیرهای جدا نشده از ترافیک سایر وسایل نقلیه موتوری و برخورداری از فناوری پر سابقه، از وجوه تمایز تراموا و سایر سامانه‌های ریلی است. [۴]

۲- پیشینه تحقیق

در زمینه ارزیابی‌های اقتصادی پروژه‌های حمل و نقلی تحقیقات علمی زیادی انجام شده که در این قسمت به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

حسینی و تهرانی [۵] با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به ارزیابی فنی و اقتصادی به‌کارگیری سامانه‌های اتوبوس تندرو و قطار سبک شهری برای کریدور تهرانپارس-آزادی پرداختند. نسبت مزیت بی آر تی به ال آر تی در این تحقیق ۰.۵۷۷ حاصل شد که بیانگر مطلوبیت بیشتر ال آر تی نسبت به بی آر تی است.

صفارزاده و ملک‌زاده فر [۱] با استفاده از روش نسبت منافع به هزینه مقایسه‌ای اقتصادی میان به‌کارگیری قطار سبک شهری و سامانه موتور القایی خطی انجام دادند. آن‌ها یک مطالعه موردی بر روی کریدور ۸۰۴ مطالعات جامع شهر تهران انجام دادند که در آن نسبت منافع به هزینه‌ها برای قطار سبک شهری و سامانه موتور القایی خطی به ترتیب ۱.۸۴۲ و ۱.۱۲۲ به دست آمد و در نتیجه قطار سبک شهری دارای مزیت شناخته شد.

یک مطالعه موردی بر روی سامانه‌های قطار سبک شهری مورد استفاده در شهرهای مختلف اسپانیا نشان داد که با توجه به معیارهایی مانند هزینه‌ها، ظرفیت و دوره ساخت، تراموا بین مترو و اتوبوس معمولی قرار می‌گیرد و زمانی که تقاضا بسیار کم باشد توجیه اجرایی ندارد. [۱۹]

مطالعه‌ی موردی بر روی سامانه تراموای شهر مونت پلپه [۲۰] در کشور فرانسه که جایگزین اتوبوس‌های تندروی آن شده بود نشان داد که عملکرد اقتصادی این سامانه حمل و نقل نسبت به برنامه‌ریزی صورت گرفته موفق بود؛ در این تحقیق با استفاده از روش نسبت هزینه به‌فایده نشان داده شد که نرخ بازدهی آئی (منافع سال ۲۰۰۵ به‌صورت درصدی از هزینه سرمایه) ۹.۳٪ بود در حالی که نرخ بازدهی داخلی - محاسبه شده در افق ۳۰ ساله - برابر با ۹.۱٪ در نظر گرفته شده بود که بیانگر

به جای دیگر ممکن است تغییرات زیادی داشته باشد. مقدار دقیق این هزینه‌ها را باید پس از انتخاب طرح نهایی و با توجه به ویژگی‌های مسیر، شرایط زمین‌شناسی محل، موقعیت شبکه‌های شهری زیرزمینی، محل دقیق ایستگاه‌ها و غیره بر اساس نرخ واحد جزئیات انجام کار محاسبه نمود.

۴-۲- هزینه راه‌اندازی

هزینه راه‌اندازی یک سامانه حمل‌ونقل به معنی هزینه خرید ناوگان لازم برای آن سامانه در طول دوره طرح است. مقدار سالیانه این هزینه از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C_R = N \cdot c_R \quad (1)$$

در این رابطه:

C_R : هزینه راه‌اندازی سامانه حمل‌ونقل عمومی،

N : تعداد ناوگان لازم در هر سال بهره‌برداری، و

c_R : هزینه واحد ناوگان هستند.

تعداد کل ناوگان در طول عمر پروژه وابسته به طول عمر وسایل نقلیه است؛ زیرا معمولاً طول عمر وسایل نقلیه کمتر از طول عمر پروژه بوده و لازم است تا در طول دوره بهره‌برداری بخشی از ناوگان نوسازی شود.

۴-۳- هزینه مدیریت و بهره‌برداری

هزینه‌های بهره‌برداری مربوط به زمانی هستند که احداث سامانه حمل‌ونقل عمومی به پایان رسیده و نوبت به بهره‌برداری و استفاده از سامانه می‌رسد. این هزینه‌ها تا حد زیادی وابسته به تقاضای سفر است؛ به طوری که با افزایش تقاضا و به دلیل نیاز به سرویس‌های بیشتر این هزینه‌ها نیز افزایش می‌یابند. در این تحقیق هزینه بهره‌برداری‌های سالانه هر سامانه از مجموع سه هزینه نیروی انسانی موردنیاز، هزینه سوخت و هزینه کارکرد و نگهداری سالانه سامانه محاسبه گردید.

۴-۴- مطالعه موردی

در بهنگام سازی مطالعات جامع حمل‌ونقل شهر مشهد [۴] چهار مسیر برای اجرای سامانه حمل‌ونقل اتوبوس تندرو پیشنهاد شده‌اند که یکی از آن‌ها کریدور پایانه امام رضا (ع) - پایانه طبرسی است. هدف این تحقیق مقایسه هزینه‌های استفاده از بی آر تی و تراموا در این کریدور است.

مسیر این کریدور از پایانه امام رضا (ع) شروع شده و پس از

موفقیت اقتصادی پروژه است.

در تحقیق دیگری به منظور مقایسه بین قطار سبک، مترو و بی آر تی در شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی شعاعی، مدلی بر پایه اقتصاد خرد ارائه شد. [۲۱] این مدل با استفاده از داده‌های چند شهر در استرالیا و با در نظر گرفتن اثر پارامترهای متغیر مدل یعنی فراوانی سرویس در یک بازه زمانی و تعداد خطوط بر هزینه‌های زمان دسترسی، زمان انتظار، زمان ماندن در وسیله نقلیه و بهره‌برداری ایجاد شد. جمع‌بندی به این صورت بود که در اغلب حالت‌های مورد بررسی، برای این که قطار سبک یا سنگین نسبت به بی آر تی مقرون به صرفه تر باشد، لازم است سرعت آن به ترتیب حداقل ۵ و ۹ کیلومتر بر ساعت بیشتر باشد و نیز سطوح تقاضا نسبت به بی آر تی بسیار بیشتر (برای مثال در یک حالت بیش از ۳٫۲ میلیون مسافر) باشد.

۳- طرح مسئله

در قسمت پیشینه تحقیق طیف متنوعی از تحقیقات صورت گرفته بر روی جنبه‌های مختلف ارزیابی فنی و اقتصادی سامانه‌های حمل‌ونقل عمومی ارائه شدند. تمرکز مطالب مطرح شده بر روی سامانه‌های حمل‌ونقل انبوه بر بود. با توجه به مطالب مطرح شده این گونه استنباط می‌شود که علی‌رغم سابقه زیاد استفاده از سامانه‌های قطار سبک شهری و به خصوص تراموا در جهان و نیز تحقیقات متعدد انجام شده بر روی آن، عدم استفاده از این سامانه در حمل‌ونقل عمومی ایران و متعاقباً عدم انجام تحقیقات جدی در این خصوص، نیاز به بررسی‌های دقیق‌تر را ضروری ساخته است. در این میان با توجه به پررتنگ بودن مباحث مربوط به تأمین مالی و تخصیص بهینه این منابع به پروژه‌های عمرانی، ضرورت انجام ارزیابی‌های مالی و اقتصادی بیش از پیش اهمیت یافته‌اند.

۴- روش تحقیق

به منظور ارزیابی هزینه‌های استفاده از دو سامانه حمل‌ونقل بی آر تی و تراموا لازم است ابتدا هزینه‌ها در هر سال از دوره طرح محاسبه شده و باهم جمع شوند. این هزینه‌ها شامل هزینه ساخت، هزینه راه‌اندازی و هزینه بهره‌برداری هستند که در ادامه توضیح داده می‌شوند. [۱]

۴-۱- هزینه ساخت

این هزینه‌ها معمولاً بدون توجه به میزان تقاضای سفر برای هر سامانه مقدار ثابتی دارند. در حالی که میزان آن‌ها از جایی

عبور از بلوار امام رضا(ع)، حرم مطهر و بلوار طبرسی، به پایانه طبرسی ختم می‌شود. طول این مسیر ۱۴ کیلومتر بوده و برای بی آر تی دارای ۲۲ ایستگاه است. تعداد ایستگاه‌ها برای تراموا و به ازای یک ایستگاه در هر کیلومتر، ۱۴ عدد فرض می‌شود [۲۲] شکل زیر مسیر این کریدور را نشان داده است:



شکل ۱: نقشه کریدور مورد مطالعه (خط ۱۰۰۸) [۴]

تقاضای سفر این کریدور طبق آمار سازمان حمل‌ونقل و ترافیک مشهد [۶] در سال ۱۳۹۲ حدود ۳۰۸۰۰ مسافر در ساعت اوج در یک جهت است. با توجه به آمارنامه‌های منتشرشده توسط سازمان حمل‌ونقل و ترافیک مشهد، نرخ رشد تقاضای سفرهای شهری در سال‌های اخیر به‌طور متوسط ۲,۱٪ بوده است که در این مقاله نیز مبنای محاسبه قرار می‌گیرد. [۶-۱۵] بنابراین پیش‌بینی می‌شود این تقاضا در سال طرح به ۵۸۳۰۰ برسد. پس هر نوع سامانه پیش‌بینی شده‌ای باید بتواند جوابگوی تقاضا در سال طرح باشد. هرچند عیب هر دو سامانه بی آر تی و تراموا این است که در سطح معابر احداث شده و سبب کاهش ظرفیت جاده‌ای می‌شوند.

- در محاسبات آتی مفروضات زیر در نظر گرفته شده‌اند [۶-۱۵]:
- متوسط ضریب سرنشین وسایل نقلیه مختلف تغییر نخواهد کرد (۱,۹ نفر برای خودروهای شخصی و ۲,۶ نفر برای تاکسی‌ها).
 - سهم حمل‌ونقل عمومی از کل تقاضا ثابت باقی بماند (در حال حاضر ۴۲,۵٪ است).
 - ضریب ساعت اوج ۱۱٪ است.

فرضیات مرتبط با ارزیابی اقتصادی در جدول ۱ و مشخصات فنی این دو سامانه در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

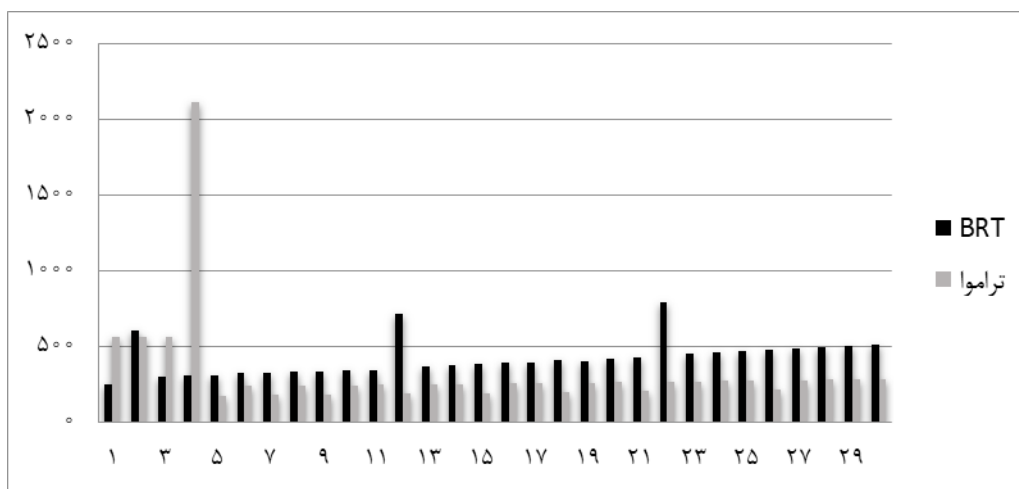
جدول ۱: فرضیات در نظر گرفته شده جهت ارزیابی اقتصادی سامانه‌ها

توضیحات	مقدار	پارامتر
	۱۳۹۲	سال پایه
	۳۰ سال	دوره طرح
بر اساس نرخ بهره قانونی	۲۰٪	نرخ تنزیل

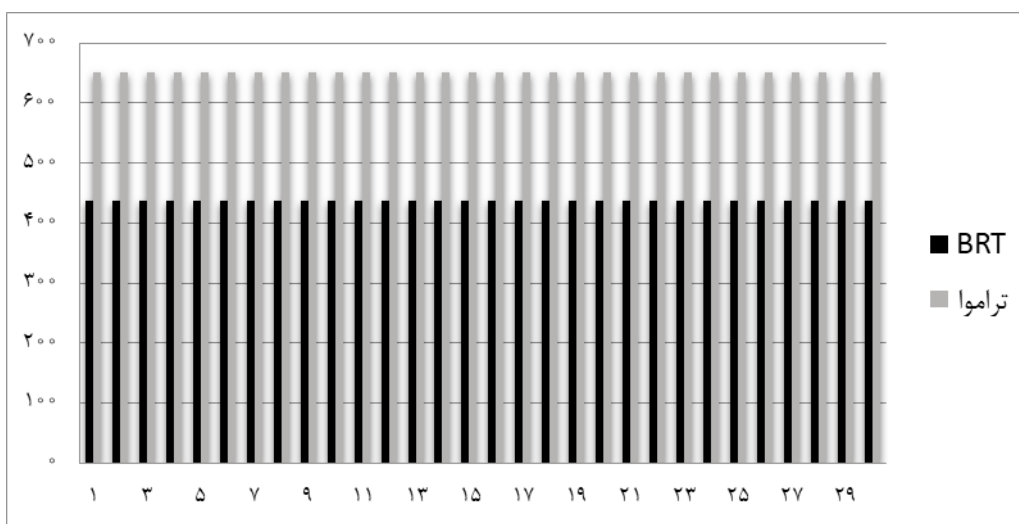
جدول ۲: مشخصات فنی سامانه‌های حمل‌ونقل بی آر تی و تراموا [۱۶، ۱۷، ۲۲، ۲۳]

مشخصات	عنوان سامانه	بی آر تی	تراموا
حداقل سرفاصله (دقیقه)		۴	۲
حداکثر سرعت (کیلومتر بر ساعت)		۲۰	۵۰
ظرفیت وسیله نقلیه (نشسته و ایستاده)		۱۵۰	۴۰۰
هزینه هر دستگاه (میلیارد ریال)		۵,۵ (اتوبوس درون شهری اسکانیای سه محور)	۲۰ (هر ست تراموا)
عمر مفید ناوگان (سال)		۱۰	۳۰
هزینه احداث هر کیلومتر (میلیارد ریال)		۳۶	۱۶۰
دوره ساخت (سال)		۲	۴
دوره طرح		۳۰	۳۰

نمودارهای شکل ۱ و شکل ۲ به ترتیب مقایسه بین جریان نقدی هزینه‌ها و مقدار هزینه‌های یکنواخت سالانه در طول عمر طرح برای هر دو سامانه را نشان می‌دهند.



شکل ۲: مقایسه جریان نقدی هزینه‌های دو سامانه بی آر تی و تراموا در طول دوره طرح (میلیارد ریال)



شکل ۳: مقایسه هزینه‌های یکنواخت سالیانه دو سامانه بی آر تی و تراموا در طول دوره طرح (میلیارد ریال)

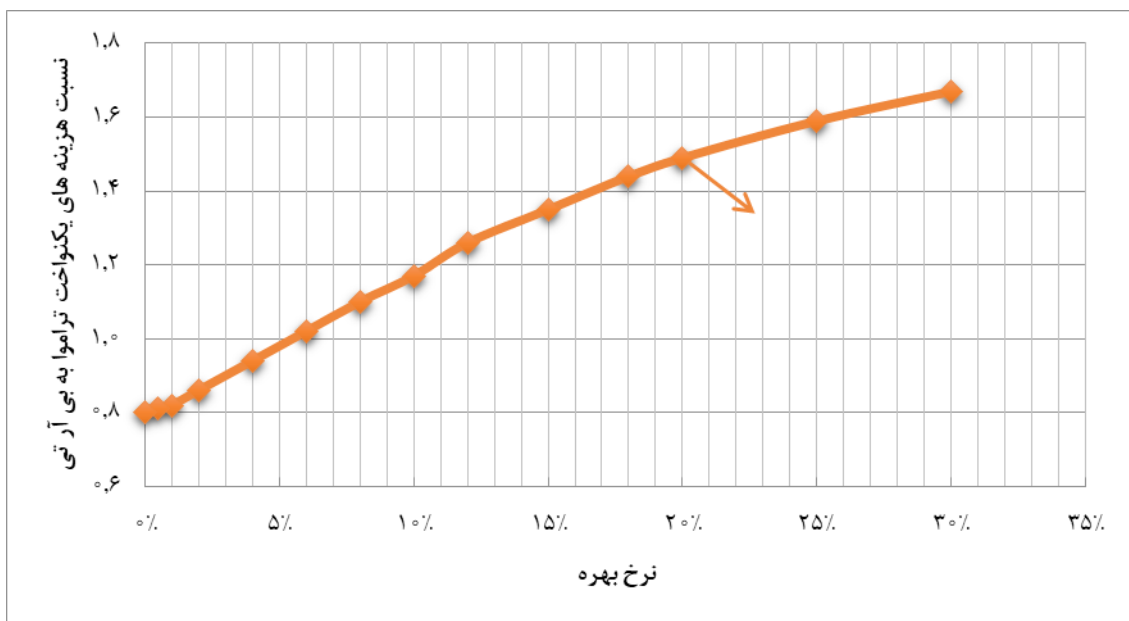
مفروضات محاسبه نمودارهای هزینه فوق در [۱۶، ۱۷] برای تراموا ۳۰ ساله در نظر گرفته می‌شود [۲۳]. در ادامه به منظور بررسی اثر تغییرات دو پارامتر مؤثر مهم اقتصادی یعنی نرخ بهره (نرخ تنزیل) و میزان رشد تقاضا، نتایج تحلیل حساسیت این دو پارامتر ارائه می‌شوند.

۴-۱- تحلیل حساسیت برای نرخ بهره (نرخ تنزیل)

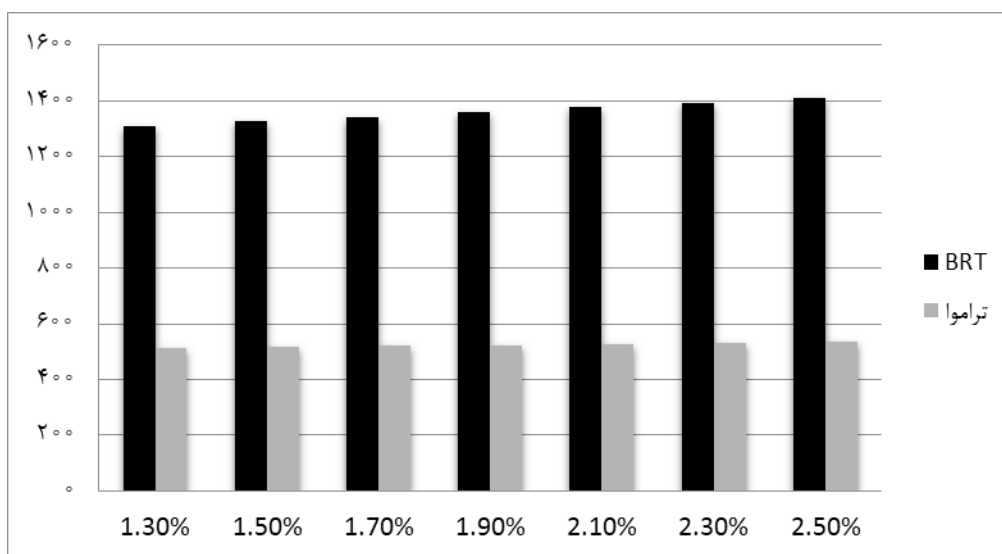
به منظور بررسی اثرات تغییر نرخ بهره بر هزینه‌های یکنواخت سالیانه بهره‌برداری تحلیل حساسیت برای نرخ بهره در بازه ۰٪ تا ۳۰٪ انجام شد که نتایج آن در شکل زیر ارائه شده است.

مفروضات محاسبه نمودارهای هزینه فوق در [۱۶، ۱۷] برای تراموا ۳۰ ساله در نظر گرفته می‌شود [۲۳]. در ادامه به منظور بررسی اثر تغییرات دو پارامتر مؤثر مهم اقتصادی یعنی نرخ بهره (نرخ تنزیل) و میزان رشد تقاضا، نتایج تحلیل حساسیت این دو پارامتر ارائه می‌شوند.

لیتر گازوئیل نسبت به تعرفه برق تجاری برای حمل‌ونقل ریلی در ایران است. همچنین به دلیل دوره عمر کمتر ناوگان بی آر تی، هر ده سال هزینه بالای تأمین و نوسازی ناوگان به هزینه‌های عمومی تحمیل می‌شود در صورتی که این هزینه



شکل ۴: نمودار نسبت هزینه‌های یکنواخت سالیانه تراموا به بی آر تی برای نرخ بهره‌های مختلف



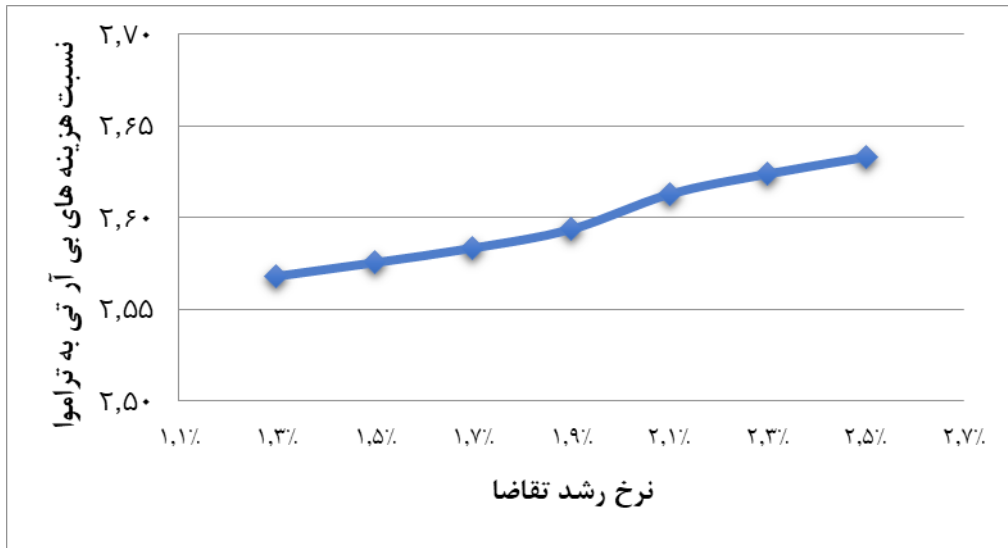
شکل ۵: مجموع ارزش‌های فعلی هزینه‌های بهره‌برداری و راه‌اندازی تراموا و بی آر تی با نرخ‌های رشد مختلف (برحسب میلیارد ریال)

هزینه‌های بهره‌برداری در هر سامانه حمل‌ونقلی است، اثر نرخ‌های رشد در بازه ۱٫۳٪ تا ۲٫۵٪ بر هزینه‌های راه‌اندازی و نگهداری در طول دوره طرح مورد بررسی قرار گرفتند که در شکل‌های بعدی آورده شده است. این هزینه‌ها با نرخ بهره ۲۰٪ به ارزش فعلی تبدیل شده‌اند. از آنجاکه هزینه ساخت ابتدایی در تمامی حالت‌ها یکسان است، در این قسمت آورده نشده است.

همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، نرخ بهره حدود ۵٫۵٪ معرف سربه‌سر بودن نسبت هزینه‌های سالیانه تراموا و بی آر تی است. در نرخ‌های بیشتر از این مقدار، هزینه‌های سالانه تراموا و در نرخ‌های کمتر هزینه‌های سالانه بی آر تی بیشتر هستند.

۴-۲- تحلیل حساسیت برای نرخ رشد تقاضا

با توجه به اینکه میزان تقاضای سفر پارامتری اثرگذار بر



شکل ۶: تغییرات نسبت هزینه‌های فعلی بهره‌برداری و راه‌اندازی بی آر تی به تراموا

۱,۵ میلیارد ریال بر سال است.

۵- تحلیل حساسیت با پارامتر نرخ بهره نشان داد که تغییرات نسبت هزینه‌های یکنواخت سالانه تراموا به بی آر تی قابل توجه بوده و با کاهش نرخ بهره مزیت تراموا افزایش می‌یابد. علت اصلی این امر کمتر بودن هزینه‌ها بهره‌برداری از ترامواست که با کاهش نرخ بهره اثر آن بر ارزش فعلی بیشتر نمایان می‌شود.

۶- انجام تحلیل حساسیت با پارامتر نرخ بهره نشان‌دهنده بی‌تأثیر بودن این نرخ بر نسبت هزینه‌های بهره‌برداری و راه‌اندازی از دو سیستم در طول دوره طرح است. دلیل این مسئله را می‌توان به جبران شدن اثر هزینه بهره‌برداری کمتر تراموا در برابر هزینه‌های بالای ساخت و راه‌اندازی آن مرتبط دانست.

۷- مراجع

- ۱- صفارزاده، م.، ملک زاده فر، ع.، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، ۱۳۸۴، کاربرد آنالیز هزینه-فایده در انتخاب سیستم حمل‌ونقل عمومی مناسب برای یک کریدور شهری، شماره سوم.
- ۲- حجازی، ج.، اورک، الف.، اولویت‌بندی انتخاب بهترین سیستم قطار شهری (مترو، قطار سبک شهری) برای شهرهای کشور با استفاده از روش AHP، شهریور ۱۳۹۳، پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دانشگاه ارومیه.

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، نرخ رشد هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری بی آر تی به تراموا بیشتر است، ولی چندان محسوس نیست. دلیل این امر را می‌توان این‌گونه توضیح داد که هزینه‌های بالای سوخت و استهلاک بالای ناوگان بی آر تی، با هزینه زیاد تأمین ناوگان تراموا خنثی می‌شود. هرچند همان‌طور که در قسمت قبل نشان داده شد، قابل پیش‌بینی است که با تغییرات نرخ تنزیل و با کاهش آن، این نسبت بیشتر به نفع تراموا تغییر خواهد کرد.

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب مطرح‌شده در این مقاله موارد زیر به‌عنوان جمع‌بندی قابل ارائه هستند:

- ۱- بالا بودن هزینه تأمین ناوگان تراموا و در عوض کمتر بودن هزینه‌های بهره‌برداری از آن در دوره طرح قابل توجه است، در صورتی که عکس این موارد برای سامانه بی آر تی صادق است.
- ۲- کمتر بودن هزینه بهره‌برداری از تراموا عمدتاً مرتبط با کمتر بودن هزینه انرژی الکتریکی نسبت به سوخت مصرفی گازوییل در ناوگان بی آر تی است.
- ۳- به دلیل پایین بودن عمر مفید ناوگان بی آر تی و استهلاک بالای آن، هر ۱۰ سال هزینه نسبتاً بالای نوسازی و بازسازی ناوگان به سامانه تحمیل می‌شود.
- ۴- متوسط شیب افزایش میزان هزینه‌های بهره‌برداری بی آر تی در طول دوره طرح ۵ میلیارد ریال بر سال و برای تراموا

- ۳- خشایب پور، م. بهرامی، م.، نوربخش، پ.، اثرسنجی اجرای خطوط BRT در معابر شهری: مطالعه موردی در شهر تهران، ۱۳۹۰، یازدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.
- ۴- بهنگام سازی مطالعات جامع حمل و نقل شهر مشهد، مرداد ۱۳۹۲، سازمان حمل و نقل و ترافیک مشهد.
- ۵- سید حسینی، م.، راستیان تهرانی، ا.، مدل ارزیابی فنی و اقتصادی عملکرد سیستم‌های اتوبوس تندرو و قطار سبک شهری در کلان شهرهای ایران (مطالعه موردی: تهران)، ۱۳۸۹، دهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.
- ۶- دهمین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد، ۱۳۹۳، سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری مشهد.
- ۷- اولین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد، ۱۳۸۲، سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری مشهد.
- ۸- دومین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد، ۱۳۸۴، سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری مشهد.
- ۹- سومین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد، ۱۳۸۶، سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری مشهد.
- ۱۰- چهارمین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد، ۱۳۸۷، سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری مشهد.
- ۱۱- پنجمین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد، ۱۳۸۸، سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری مشهد.
- ۱۲- ششمین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد، ۱۳۸۹، سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری مشهد.
- ۱۳- هفتمین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد، ۱۳۹۰، سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری مشهد.
- ۱۴- هشتمین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد، ۱۳۹۱، سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری مشهد.
- ۱۵- نهمین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد، ۱۳۹۲، سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری مشهد.
- ۱۶- معرفی تراموا، ۱۳۹۴، مهندسی مشاور ایمن سازان.
- ۱۷- خلاصه گزارش مدیریتی طراحی شبکه سیستم اتوبوسرانی تندرو (BRT) مشهد، بهار ۸۶- زمستان ۸۷، سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری مشهد.
- 18- O. Ozgur, Transport Policy, 2010, Performance analysis of rail transit investments in turkey: Istanbul, Ankara, Izmir and Bursa, 18, 147-155, Elsevier.
- 19- L.Martin, F. Calvo, A. Hermoso, J. de ona, Social and behavioral sciences, 2014, Analysis of light rail systems in Spain according to their type of funding, 162, 419-428, Elsevier.
- 20- G.Mills, Transport Reviews, 2010, New tramways in France: The case of Montpellier, 21, 3, 337-352, Taylor & Francis Group.
- 21- A. Tirachini, D. Hensher, S. Jara-Diaz, Research in Transportation Economics, 2010, Comparing operator and users costs of light rail, heavy rail and bus rapid transit over a radial public transport network, 29, 231-242, Elsevier.
- 22- Alstom report, 2015, How can tramway systems solve congestion in growing cities?
- 23- G.tegner, L.Fabian, Automated people movers, 2001, Comparison of transit modes for king's curve, Huddings, Sweden, 1-18, ASCE.

Comparison of costs of Tramway and Bus rapid transit systems – case study: Tabarsi-Imam Reza terminal corridor

Majid Vahdatipoor, Ali Nezami, Hasan Naderi Rad

- 1- Phd candidate, Urban planning, Azad university, Mashhad
- 2- M.Sc graduate, Geotechnical engineering, Tarbiat modares university, Tehran
- 3- M.Sc graduate, Construction management engineering, IUST university, Tehran

Abstract

Employing mass transit systems has become one of the traffic solutions in metropolitan cities in the world in the recent decades. Using these systems in Iran has also become the priority of city planners and municipality officials. Bus rapid transit and tramway are two of these systems in which the first one is widely employed in Iran and the latter has not been used yet; although there is an increasing trend in the world to apply and implementation of tramways. In this study operation costs of these two system was investigated in a selected corridor and their net present values were compared. Also a sensitivity analysis was performed for demand growth rate and interest rate. The results show that although the construction and starting costs of tramway are much more than BRT, its operation and management costs are much less. According to sensitivity analysis effect of interest rate reduction is beneficial for tramway but demand growth rate does not have any significant effect on operational costs.

Keywords: mass transit systems, tramway, bus rapid transit, Economical costs, interest rate, demand growth rate