



ارزیابی اقتصادی احداث خط ۴ اتوبوس‌های تندرو در شهر تهران (فاز اول) به کمک آنالیزهای اقتصادی سود- هزینه

محمود احمدی‌نژاد، مسعود جعفری کنگ^۱، مسعود خدادادی فرد^۲، سعید سلیمانی امیری

۱- دانشیار برنامه‌ریزی حمل‌ونقل دانشگاه علم و صنعت ایران ahmady@iust.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل دانشگاه علم و صنعت ایران jafarikang@civileng.iust.ac.ir

۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل دانشگاه علم و صنعت ایران ma_khodadadi@civileng.iust.ac.ir

۴- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف saeedsoleimani_a@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق، خط چهارم سامانه اتوبوس‌های تندرو شهر تهران بررسی می‌شود تا اثر کاهش تعداد خط بر بزرگراه شهید چمران مورد تحلیل و ارزیابی قرار گیرد. حجم بالای ترافیک عبوری از این بزرگراه که یکی از کریدورهای اصلی شمالی- جنوبی شهر تهران است، از مهمترین معضلات ترافیکی این شهر بشمار می‌رود. در این مطالعه برای بررسی اثر حذف یک خط از مسیر و اختصاص آن به سامانه اتوبوس‌های تندرو، از آنالیزهای اقتصادی سود- هزینه کمک گرفته شده است. منظور از تحلیل سود- هزینه، اندازه‌گیری و کمی کردن تمامی اثرات ممکن سناریوها بر روی تمامی افراد در تمامی زمان‌ها و مکان‌ها است. در احداث یک خط BRT هزینه‌ها شامل؛ هزینه‌های اجرایی و هزینه‌های ناشی از حذف یک خط از مقطع و اختصاص آن به سامانه BRT می‌باشد. از طرف دیگر سودهای این پروژه عبارتند از: افزایش سهم حمل‌ونقل همگانی از مسافر جابه‌جا شده، کاهش زمان سفر، کاهش حجم آلاینده‌های هوا، کاهش تصادفات و غیره.

کلید واژه: اتوبوس‌های تندرو، BRT، ارزیابی اقتصادی، آنالیزهای سود- هزینه

^۱ دانشجوی کارشناسی‌ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل ۰۹۳۳۲۲۸۲۹۶۱ jafarikang@civileng.iust.ac.ir
^۲ دانشجوی کارشناسی‌ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل ۰۹۳۰۹۶۶۲۳۱۰ ma_khodadadi@civileng.iust.ac.ir



۱- مقدمه

شهر تهران به دلیل داشتن جمعیت بالا (حدود ۸.۵ میلیون نفر) و در پی آن افزایش روز افزون سفرهای شهری، با مشکلات ترافیکی زیادی دست و پنجه نرم می‌کند [۱]. گزیده آمار و اطلاعات حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران در سال ۱۳۹۲ نشان می‌دهد که بیشترین سهم در جابه‌جایی سفرهای روزانه این شهر مربوط به خودروهای شخصی و سایر می‌باشد (۴۳/۹ درصد). در این بین اتوبوس و مینی‌بوس با ۲۰ درصد، پس از تاکسی و ون در رتبه سوم قرار دارند [۲]. احداث خطوط BRT در کلان‌شهرها، با اختصاص دادن یک مسیر کاملاً مجزا (محصور) ضمن افزایش سرعت این سیستم، می‌تواند حجم بالایی از مسافران را در مدت زمان کوتاه‌تری جابه‌جا کند [۳]. فاز اول خط ۴ سامانه اتوبوس‌های تندرو در ۱۶ مرداد ۱۳۸۹ از پایانه افشار تا میدان جمهوری اسلامی به طول ۱۳/۷ کیلومتر با تعداد ۱۱ ایستگاه در دو جهت افتتاح گردید. مسافر جابه‌جا شده در این خط در سال ۱۳۸۹ برابر ۹۸ هزار نفر در روز اعلام شده است [۴]. همچنین در مهرماه ۱۳۹۰، فاز دوم این خط از میدان جمهوری اسلامی تا ترمینال جنوب به طول ۹۰۷۰ متر و با تعداد ۹ ایستگاه افتتاح گردید [۵].

خشایی‌پور و همکارانش (۱۳۹۰) در بررسی خط چهار BRT شهر تهران نشان دادند که با احداث این خط در کریدور پایانه جنوب-پایانه افشار، میزان مسافر جابه‌جا شده ۳۱ درصد افزایش یافته و زمان سفر اتوبوس‌ها نسبت به قبل، ۴۳ درصد کاهش یافته است. همچنین طبق تحقیقات ایشان در این مسیر، میزان مصرف سوخت ۲۰۳۴ درصد کاهش یافته است که مهمترین اثر کاهش مصرف سوخت، کاهش در حجم آلاینده‌های موجود در هوا می‌باشد [۱]. در احداث یک خط BRT، در کنار مسائل جابه‌جایی مسافر، افزایش سرعت و کاهش زمان سفر، مسئله‌ای که متخصصان به آن توجه ویژه‌ای دارند، کاهش حجم ترافیک است. که علاوه بر بالا بردن سطح سرویس مسیر، کاهش مصرف سوخت و آلودگی هوا را به ارمغان می‌آورد [۶].

۲- تعریف مسأله و اهداف تحقیق

توسعه کلان‌شهر تهران و معضل ترافیک ناشی از تردد بالای وسایل نقلیه شخصی، یکی از مهم‌ترین چالش‌های این کلان‌شهر می‌باشد. بنابر اعتقاد کارشناسان در راستای جلوگیری از رشد روزافزون به کارگیری خودروهای شخصی در سطح شهرهای بزرگ، طرح‌های توسعه حمل‌ونقل عمومی و محدودیت استفاده از خودروهای شخصی قادر خواهند بود تا روند مذکور را تعدیل نمایند. راه‌اندازی خطوط اتوبوس تندرو همراه با اختصاص یک خط از مسیر به خط ویژه BRT همواره، همراه با مزایا و معایبی است. مهمترین مزیت افزایش سطح سرویس برای کاربران BRT می‌باشد و ایراد اساسی کاهش ظرفیت مقطع و افزایش تأخیر برای کاربران خطوط مجاور می‌باشد [۷]. هدف اصلی این مطالعه ارائه یک شاخص و معیار تصمیم‌گیری برای ارزیابی پروژه تبدیل یک خط از جریان به خط ویژه BRT می‌باشد.



۳- روش تحقیق

بسیاری از پروژه‌های حمل‌ونقلی هزینه‌های احداث بسیار زیادی در بردارند. مثلاً احداث تقاطع غیرهم‌سطح در یک تقاطع که باعث کاهش تأخیر در زمان سفر افراد می‌شود، هزینه‌ی بسیار بالایی را به همراه خواهد داشت. مهمترین اثر حاصل از احداث پروژه‌های هزینه‌بر، بالا رفتن سطح رفاه عمومی از طریق بهبود سیستم عرضه است. مرز تعادل بین هزینه صرف شده و رفاه به دست آمده کجاست و معیار تصمیم‌گیری چیست؟ ارزیابی اقتصادی و مالی به دنبال پاسخ این پرسش است، لذا به کمک آن می‌توان میزان بازدهی و یا درآمد حاصل از اجرای پروژه‌ها را در قبال هزینه‌های اجرا و بهره‌برداری مشخص نمود. در این مطالعه نیز از تحلیل‌های سود-هزینه که روشی شناخته شده در ارزیابی اقتصادی است، استفاده شده است. در ادامه، ضمن معرفی تحلیل‌های سود-هزینه، منافع و هزینه‌ها در پروژه مورد مطالعه، یعنی احداث خط ویژه برای خط چهار سامانه اتوبوس‌های تندرو شهر تهران، معرفی و دسته‌بندی شده است.

۳-۱- ارزیابی اقتصادی

منظور از تحلیل هزینه و فایده اندازه‌گیری و کمی کردن تمامی اثرات ممکن سناریوها بر روی تمامی افراد در تمامی زمان‌ها و مکان‌ها است [۹]. بر روی چنین تعریفی از هزینه و فایده تمامی متخصصین توافق دارند، اما ممکن است درباره چگونگی تعیین، اندازه‌گیری و تجمیع هزینه‌ها و فواید توافق نظر وجود نداشته باشد. تحلیل هزینه-فایده دارای اصولی به شرح زیر است [۹]:

- تمامی اثرات مهم سناریوها باید مدنظر قرار گیرند.
- تفاوت نسبی میان سناریوها مهمتر از مقادیر مطلق آن‌ها است.
- توزیع اثرات خیلی مهمتر از مقادیر حاصل جمع آن‌هاست.
- مقادیر یکسان هزینه و فایده در آینده دارای ارزش کمتری نسبت به زمان حال است (اثر تورم).

۳-۲- شناسایی سود و هزینه‌ها

هدف از آنالیز سود-هزینه این است که با مقایسه ارزش مالی سود و هزینه‌های هر یک از آلترناتیوها با یکدیگر، پروژه‌ای که بیشترین سود را تأمین می‌کند، را مشخص کند [۸]. برای این منظور لازم است هزینه‌ها و فایده‌های هر کدام از سناریوها تعریف و اندازه‌گیری شوند. به طور کلی اثرات سناریوها به دو بخش تقسیم‌بندی می‌شوند [۹]:

الف) اثرات (هزینه‌ها و فواید) مستقیم

ب) اثرات (هزینه‌ها و فواید) غیرمستقیم



الف) اثرات (هزینه‌ها و فواید) مستقیم: این اثرات به سه بخش تقسیم می‌شوند:

۱. اثرات سفر: در این بخش به اندازه‌گیری اثرات اولیه پروژه‌ها تمرکز شده‌است. این اثرات تأثیر بسیار مستقیمی بر روی کاربران، مسافران و سیستم حمل‌ونقلی دارند. به عنوان مثال از این دسته می‌توان به کاهش زمان سفر، کاهش مصرف سوخت و کاهش مسافت سفر اشاره کرد. در این بخش هم کاربران سیستم حمل‌ونقل همگانی و هم خودروهای شخصی مورد توجه قرار می‌گیرند.
 ۲. اثرات ثانویه: اثراتی هستند که از برخی دیگر از شاخص‌های عملکرد سناریوها ناشی می‌شوند. به عنوان مثال کاهش زمان سفر و کاهش مسافت سفر باعث کاهش آلاینده‌های هوا، تعداد تصادفات و آلودگی صوتی می‌شود. اثرات دسته دوم معلول اثرات دسته اول هستند. این اثرات به روی تمامی شهروندان (کاربران و غیرکاربران حمل‌ونقل) تأثیرگذار است.
 ۳. هزینه‌های مستقیم سیستم حمل‌ونقل (مخارج): این بخش بر روی منابع مالی مورد نیاز برای اجرا و بهره‌برداری سیستم حمل‌ونقل تمرکز می‌کند. به عنوان مثال در این بخش هزینه‌های مطالعات مهندسی، خرید تجهیزات، ساخت تعمیر و نگهداری و غیره مورد بررسی قرار می‌گیرند. این اثرات معمولاً متوجه متصدیان حمل‌ونقل شهری و دولت است.
- ب) اثرات (هزینه‌ها و فواید) غیر مستقیم: اثراتی هستند که بر سیستم‌هایی غیر از سیستم حمل‌ونقل شهر (مانند کاربری‌ها و اقتصاد شهری) تأثیر می‌گذارند و بسیار تدریجی عمل می‌کنند. این اثرات در کوتاه مدت بسیار نامحسوس هستند ولی در بلند مدت نمود یافته و بروز می‌کنند. به عنوان مثال با احداث معابر جدید، دسترسی به برخی نقاط شهر بهبود و در نتیجه، قیمت زمین افزایش می‌یابد. بدیهی است که متخصصین حمل‌ونقل با اجرای سناریوها به دنبال تنظیم نوع و ارزش کاربری‌ها در شهر نیستند. ولی سناریوها بر روی نوع و ارزش کاربری‌ها در بلند مدت اثرگذار خواهد بود.

برای مقایسه آلترناتیوها با یکدیگر لازم است که دسته‌های سود و هزینه که در نظر گرفته شده و روش محاسبه آن‌ها همگون و مطابق یک استاندارد شود. مزایای مستقیمی که به کاربران سیستم حمل‌ونقلی می‌رسد (مانند صرفه‌جویی در زمان سفر، کاهش هزینه سفر و کاهش خسارت تصادفات) و مزایای مستقیمی که هم به کاربران سیستم حمل‌ونقل همگانی و هم به غیر کاربران می‌رسد (مانند کاهش گازها و صداهای متصاعد شده و دیگر اثرات زیست‌محیطی) به نسبت راحت‌تر بدست می‌آیند. اگر چه حرف و حدیث‌های زیادی وجود دارد که چگونه این مزایا به واحد پول تبدیل شده‌اند. مزایای غیرمستقیم به صورت توسعه اقتصادی و کاربری زمین خود را نشان می‌دهند که معمولاً محاسبه آن‌ها سخت است و به همین دلیل ممکن است سازمان‌ها آن‌ها را در نظر نگرفته باشند. هزینه‌ها نیز مانند منافع متنوع و گوناگونند. محاسبه هزینه ساخت، مدیریت و پشتیبانی یک پروژه بسیار آسان‌تر از محاسبه هزینه ناشی از تأخیر در ترافیک در حین ساخت و یا هزینه‌های اثرات زیست‌محیطی طولانی مدت می‌باشد [۸]:



با توجه به مطالعات گذشته و دسته‌بندی فوق، اثرات پروژه‌های حمل‌ونقلی بر کاربران و جامعه به صورت جدول ۱ در نظر گرفته شده است.

جدول ۱ اثرات پروژه‌های حمل‌ونقلی بر کاربران و جامعه

شاخص (ریال به ...)	شرح موارد		اثر عمده بر	اثرات		
نفر- ساعت	زمان سفر درون خودرو	ارزش زمان سفر	کاربر	اثرات اولیه		
نفر- ساعت	زمان سفر بیرون خودرو					
نفر- سفر	کرایه اتوبوس/ تاکسی	کرایه				
نفر- سفر		هزینه پارکینگ				
خودرو- کیلومتر	بیمه و عوارض	هزینه‌های مالکیت				
خودرو- کیلومتر	استهلاک (افت بها و ارزش)					
خودرو- کیلومتر	سوخت	هزینه‌های بهره‌برداری				
خودرو- کیلومتر	تعویض روغن					
خودرو- کیلومتر	لاستیک					
خودرو- کیلومتر	تعمیر و نگهداری					
نفر- ساعت	هزینه تأخیر اضافی	تراکم ترافیک	غیر کاربر	اثرات ثانویه		
خودرو- کیلومتر		تصادفات	جامعه			
خودرو- کیلومتر		آلودگی هوا				
	هزینه ساخت	سرمایه‌گذاری اولیه	مسئولین شهری	اثرات مستقیم	هزینه‌های مستقیم پروژه‌های حمل‌ونقلی (مخارج)	
	هزینه مطالعات مهندسی					
	هزینه خرید تجهیزات	بهره‌برداری و نگهداری از اتوبوس				
خودرو- کیلومتر	هزینه انرژی					
خودرو- کیلومتر	هزینه تعمیرات و سرویس فنی					
خودرو- کیلومتر	هزینه کارواش					
خودرو- کیلومتر	هزینه بیمه					
خودرو- کیلومتر	هزینه استهلاک					
خودرو- کیلومتر	هزینه رانندگان					
خودرو- کیلومتر	سایر هزینه‌ها					
خودرو- کیلومتر	بیمه و عوارض		بهره‌برداری و نگهداری از تاکسی			
خودرو- کیلومتر	استهلاک (افت بها و ارزش)					
خودرو- کیلومتر	سوخت					
خودرو- کیلومتر	تعویض روغن					
خودرو- کیلومتر	لاستیک					
خودرو- کیلومتر	تعمیر و نگهداری					
خودرو- کیلومتر	هزینه راننده					
خودرو- کیلومتر	هزینه شارژ					
در اغلب منابع و مراجع به صورت کیفی بحث شده است.		کاربری زمین اقتصادی		جامعه	سایر اثرات پروژه‌های حمل‌ونقلی	



۴- مطالعه موردی و ارائه نتایج

در این تحقیق خط چهار سامانه اتوبوس‌های تندرو شهر تهران مورد مطالعه قرار گرفته است و اثرات احداث این خط بر بزرگراه شهید چمران بررسی شده است [۵]. خلاصه ویژگی‌ها و پارامترهای عملکردی خط ۴ BRT در جدول ۲ گردآوری شده است.

جدول ۲: خلاصه آمار و اطلاعات خط ۴ BRT

واحد	میزان و مقدار	پارامتر
کیلومتر	۱۳.۷۵	طول خط
کیلومتر	۸.۵	طول خط جدا شده با نرده
کیلومتر	۵.۲۵	طول خط جدا نشده
کیلومتر بر ساعت	۲۰.۱	متوسط سرعت
تعداد	۱۶	تعداد ایستگاه
تعداد	۶۰	تعداد اتوبوس
نفر- سفر	۹۸۰۰۰	تعداد مسافر جابه‌جا شده در روز
نفر- سفر	۳۵۷۷۰۰۰۰	تعداد مسافر جابه‌جا شده در سال

۴-۱- معرفی سناریوها

بر اساس مرجع [۱۰] با احداث خط ۴ BRT، ۲۵ خط اتوبوسرانی، مسیری مرتبط با مسیر این خط تندرو داشته‌اند که از این تعداد، ۹ خط اتوبوسرانی با خط ۴ اتوبوس‌های تندرو ادغام گردیده و ۲ خط تغییر مسیر یافته‌اند. همچنین بر اساس این مرجع در اثر احداث این خط BRT، سهم حمل‌ونقل همگانی از مسافر جابه‌جا شده ۳۰ درصد افزایش یافته است. در نتیجه تعداد مسافر جابه‌جا شده در سال توسط این ۹ خط حذف شده برابر است با:

$$\text{معادله ۱} \quad \text{نفر- سفر} = 35770000 \times (1 - 0.30) = 25039000 \quad \text{جابه‌جایی سالانه توسط ۹ خط حذف شده}$$

در نتیجه با فرض اینکه تمامی مسافران اتوبوس معمولی به سیستم BRT جذب شده باشند، ۱۰۷۳۱۰۰۰ نفر-سفر در سال، از سایر مدها به سیستم BRT تغییر مد داده‌اند.

بر اساس شیفت مدی صورت گرفته به BRT، سناریوهای قابل بررسی عبارتند از:

- ☑ **سناریو یک:** نفر- سفر اتوبوس عادی به صورت کامل به اتوبوس‌های تندرو منتقل شده و نفر- سفر باقی مانده به نسبت سهم هر یک از مدهای تاکسی و سواری شخصی به سیستم BRT جذب شده‌اند.
- ☑ **سناریو دو:** نفر- سفر اتوبوس عادی به صورت کامل به اتوبوس‌های تندرو منتقل شده و نفر- سفر باقی مانده، تماماً از مد سواری شخصی به سیستم BRT جذب شده‌اند.



☑ سناریو سه: نفر - سفر اتوبوس عادی به صورت کامل به اتوبوس های تندرو منتقل شده و نفر - سفر باقی مانده، تماماً از مد تاکسی به سیستم BRT جذب شده اند.

۴-۱- محاسبه هزینه ها در سناریوها

برای محاسبه اثرات هر سناریو ابتدا هزینه واحد هر یک از موارد هزینه ای محاسبه شد. سپس شاخص مرتبط با هر یک از هزینه های واحد در اوج صبح برآورد گردید. محاسبات مربوط به سناریو اول در جدول ۳ تا جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۳ هزینه های عملیاتی خط ۴ BRT در اوج صبح در سناریو یک

هزینه	شاخص برآورد شده	هزینه واحد به ریال	شرح موارد	موارد هزینه ای
۱۰,۹۶۵,۵۹۳,۰۱۰	۷۳۱۰۳۹.۵۳	۱۵,۰۰۰	زمان سفر درون خودرو	ارزش زمان سفر
۲۳,۱۴۲,۱۰۶,۰۶۱	۷۷۱۴۰۳.۵۴	۳۰,۰۰۰	زمان سفر بیرون خودرو	ارزش زمان سفر
۷,۱۵۴,۰۰۰,۰۰۰	۳۵۷۷۰۰۰	۲,۰۰۰	کرایه اتوبوس	کرایه
۱,۳۳۹,۴۹۸,۹۵۱	۲۹۷۶۶۶۴	۴۵۰	زمان تأخیر اضافه شده	هزینه تراکم ترافیک در خطوط مجاور خط ویژه
۱۱۶,۰۳۳,۵۰۰	۲۰۰۷۵۰	۵۷۸		تصادفات
۲۹,۱۰۸,۷۵۰	۲۰۰۷۵۰	۱۴۵		آلودگی هوا
۲۰۰,۷۵۰,۰۰۰	۲۰۰۷۵۰	۱,۰۰۰	هزینه انرژی	بهره برداری و نگهداری
۶۲۷,۷۶۲,۱۳۸	۲۰۰۷۵۰	۳,۱۲۷	هزینه تعمیرات و سرویس فنی	
۵۳,۷۰۰,۶۲۵	۲۰۰۷۵۰	۲۶۸	هزینه کارواش	
۱۶۳,۰۲۳,۸۰۵	۲۰۰۷۵۰	۸۱۲	هزینه بیمه	
۱,۵۳۶,۹۹۲,۱۸۸	۲۰۰۷۵۰	۷,۶۵۶	هزینه استهلاک	
۱,۰۵۰,۳۵۴,۸۶۵	۲۰۰۷۵۰	۵,۲۳۲	هزینه رانندگان	
۳۸,۳۹۳,۴۳۷	۲۰۰۷۵۰	۱۹۱	سایر هزینه ها	
۴۶,۴۱۷,۳۱۷,۳۳۰			مجموع	



جدول ۴ هزینه‌های احداث (سرمایه‌گذاری اولیه) خط ۴

هزینه	شاخص برآورد شده	هزینه واحد به ریال	شرح موارد	موارد هزینه ای
۱۷۰,۰۰۰,۰۰۰	۸.۵	۲۰,۰۰۰,۰۰۰	مسیر	هزینه ساخت
۵,۷۶۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۶	۳۶۰,۰۰۰,۰۰۰	ایستگاه	
۳۹۶,۰۰۰,۰۰۰	۶۰	۶,۶۰۰,۰۰۰	اولویت عبور در تقاطع چراغ دار	
۶۶,۱۲۵,۰۰۰,۰۰۰	۱	۶۶,۱۲۵,۰۰۰,۰۰۰	مرکز کنترل	
۳,۱۶۸,۰۰۰,۰۰۰	۱۶	۱۹۸,۰۰۰,۰۰۰	سیستم اطلاع‌رسانی	
۲,۱۱۲,۰۰۰,۰۰۰	۱۶	۱۳۲,۰۰۰,۰۰۰	دستگاه جمع آوری کرایه	
۲,۴۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۶۰	۴۰,۰۰۰,۰۰۰	مکان نمایی خودرو	
۱,۵۹۰,۰۰۰,۰۰۰	۶۰	۲۶,۵۰۰,۰۰۰	اطلاع‌رسانی درون خودرو	هزینه مطالعات مهندسی
۸,۹۸۹,۳۱۰,۰۰۰	۱۱ درصد هزینه ساخت			
۰	۰	۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	اتوبوس تک کابین	هزینه خرید تجهیزات
۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۶۰	۲,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰	اتوبوس دو کابین	
۲۴۰,۷۱۰,۳۱۰,۰۰۰	مجموع			

هزینه سرمایه‌گذاری باید بصورت هزینه یکنواخت سالیانه برآورد گردد. برای این منظور از رابطه زیر استفاده شده است:

$$A = \frac{P(1+i)^n}{i}$$

معادله ۲

A : هزینه معادل یکنواخت سالیانه
 P : کل هزینه در سال پایه
 n : عمره دوره سرمایه‌گذاری
 i : نرخ بهره بانکی

جدول ۵ هزینه‌های عملیاتی اتوبوس معمولی در سناریو یک

هزینه	شاخص برآورد شده	هزینه واحد به ریال	شرح موارد	موارد هزینه ای
۱۰,۱۳۰,۹۱۱,۱۸۴	۶۷۵,۳۹۴	۱۵,۰۰۰	زمان سفر درون خودرو	ارزش زمان سفر
۲۰,۵۸۱,۲۹۹,۲۴۲	۶۸۶,۰۴۳	۳۰,۰۰۰	زمان سفر بیرون خودرو	ارزش زمان سفر
۵,۰۰۷,۸۰۰,۰۰۰	۲,۵۰۳,۹۰۰	۲,۰۰۰	کرایه اتوبوس	کرایه
۱۵۱,۹۵۲,۴۲۶	۲۶۲,۸۹۳	۵۷۸		تصادفات
۳۸,۱۱۹,۵۵۳	۲۶۲,۸۹۳	۱۴۵		آلودگی هوا
۲۶۲,۸۹۳,۴۷۰	۲۶۲,۸۹۳	۱,۰۰۰	هزینه انرژی	بهره‌برداری و نگهداری
۸۲۲,۰۸۹,۹۹۶	۲۶۲,۸۹۳	۳,۱۲۷	هزینه تعمیرات و سرویس فنی	
۷۰,۳۲۴,۰۰۳	۲۶۲,۸۹۳	۲۶۸	هزینه کارواش	
۲۱۳,۴۸۸,۸۸۶	۲۶۲,۸۹۳	۸۱۲	هزینه بیمه	
۷۸۰,۴۶۴,۹۸۹	۲۶۲,۸۹۳	۲,۹۶۹	هزینه استهلاک	
۱,۳۷۵,۴۹۹,۰۵۴	۲۶۲,۸۹۳	۵,۲۳۲	هزینه رانندگان	
۵۰,۲۷۸,۳۷۶	۲۶۲,۸۹۳	۱۹۱	سایر هزینه ها	
۳۹,۴۸۵,۱۲۱,۱۸۰	مجموع			



جدول ۶ هزینه‌های عملیاتی تاکسی در سناریو یک

هزینه	شاخص برآورد شده	هزینه واحد به ریال	شرح موارد	موارد هزینه ای
۵۹۸,۰۳۲,۹۱۰	۳۹,۸۶۹	۱۵,۰۰۰	زمان سفر درون خودرو	ارزش زمان سفر
۳۸۷,۰۱۹,۶۷۲	۱۲,۹۰۱	۳۰,۰۰۰	زمان سفر بیرون خودرو	ارزش زمان سفر
۱,۶۲۵,۴۸۲,۶۲۳	۳۸۷,۰۲۰	۴,۲۰۰	کرایه تاکسی	کرایه
۲۵,۶۷۸,۱۹۳	۶۵۸,۴۱۵	۳۹		تصادفات
۱۶,۴۶۰,۳۸۰	۶۵۸,۴۱۵	۲۵		آلودگی هوا
۱۶۴,۶۰۳,۸۰۲	۶۵۸,۴۱۵	۲۵۰	بیمه و عوارض	بهره‌برداری و نگهداری سیستم تاکسی
۲۳۰,۴۴۵,۳۲۳	۶۵۸,۴۱۵	۳۵۰	استهلاک (افت بها و ارزش)	
۷۴۰,۷۱۷,۱۱۱	۶۵۸,۴۱۵	۱,۱۲۵	سوخت	
۹,۲۱۷,۸۱۳	۶۵۸,۴۱۵	۱۴	تعویض روغن	
۶۵,۸۴۱,۵۲۱	۶۵۸,۴۱۵	۱۰۰	لاستیک	
۲۳۰,۴۴۵,۳۲۳	۶۵۸,۴۱۵	۳۵۰	تعمیر و نگهداری	
۱,۵۸۰,۱۹۶,۵۰۴	۶۵۸,۴۱۵	۲,۴۰۰	هزینه راننده	
۷۹,۰۰۹,۸۲۵	۶۵۸,۴۱۵	۱۲۰	هزینه شارژ	
۵,۷۵۳,۱۵۱,۰۰۲			مجموع	

جدول ۷ هزینه‌های عملیاتی سواری شخصی در سناریو یک

هزینه	شاخص برآورد شده	هزینه واحد به ریال	شرح موارد	موارد هزینه ای
۱,۰۶۰,۱۴۹,۲۵۰	۷۰,۶۷۷	۱۵,۰۰۰	زمان سفر درون خودرو	ارزش زمان سفر
۶۸۶,۰۸۰,۳۲۸	۲۲,۸۶۹	۳۰,۰۰۰	زمان سفر بیرون خودرو	ارزش زمان سفر
۴,۴۵۹,۵۲۲,۱۳۱	۶۸۶,۰۸۰	۶,۵۰۰		هزینه پارک
۵۰۲,۳۰۸,۸۱۱	۲,۰۰۹,۲۳۵	۲۵۰	بیمه و عوارض	هزینه‌های مالکیت
۷۰۳,۲۳۲,۳۳۶	۲,۰۰۹,۲۳۵	۳۵۰	استهلاک (افت بها و ارزش)	
۲,۲۶۰,۳۸۹,۶۵۲	۲,۰۰۹,۲۳۵	۱,۱۲۵	سوخت	هزینه‌های بهره‌برداری
۲۸,۱۲۹,۲۹۳	۲,۰۰۹,۲۳۵	۱۴	تعویض روغن	
۲۰۰,۹۲۳,۵۲۵	۲,۰۰۹,۲۳۵	۱۰۰	لاستیک	
۷۰۳,۲۳۲,۳۳۶	۲,۰۰۹,۲۳۵	۳۵۰	تعمیر و نگهداری	
۴۴۲,۰۳۱,۷۵۴	۲,۰۰۹,۲۳۵	۲۲۰		تصادفات
۵۰,۲۳۰,۸۸۱	۲,۰۰۹,۲۳۵	۲۵		آلودگی هوا
۱۱,۰۹۶,۲۳۰,۲۹۸			مجموع	



۴-۲- ارزیابی اقتصادی سناریوها

جدول ۸ خلاصه اثرات در سناریو یک را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول هزینه خالص در این سناریو برابر ۱۴,۶۰۷,۱۱۱,۸۵۰ ریال است. همچنین سود خالص به صورت معادله ۳ محاسبه شده است. این میزان برابر ۱۵,۰۴۸,۶۴۲,۷۹۴ ریال در سال برآورد شده است.

جدول ۸ خلاصه اثرات سناریو یک در سال ۱۳۸۹

مورد	هزینه به ریال
هزینه سرمایه گذاری معادل سالیانه در اوج صبح	۹,۷۳۸,۰۷۴,۵۶۷
مجموع هزینه عملیاتی BRT در سال در اوج صبح	۴۶,۴۱۷,۳۱۷,۳۳۰
مجموع هزینه عملیاتی اتوبوس عادی در سال در اوج صبح	۳۹,۴۸۵,۱۲۱,۱۸۰
مجموع هزینه عملیاتی تاکسی در سال در اوج صبح	۵,۷۵۳,۱۵۱,۰۰۲
مجموع هزینه عملیاتی سواری شخصی در سال در اوج صبح	۱۱,۰۹۶,۲۳۰,۲۹۸

$$B_t = 39485121180 + 5753151002 + 11096230298 - 46417317330 = 9917185150 \text{ ریال} \quad \text{معادله ۳}$$

بنابراین BCR و NPV در این سناریو برابر خواهند بود با:

$$BCR = \frac{9917185150}{9738074567} = 1.02 \quad \text{معادله ۴}$$

$$NPV = 9917185150 - 9738074567 = 179110583 \text{ ریال} \quad \text{معادله ۵}$$



خلاصه نتایج تحلیل سه سناریو در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹ خلاصه تحلیل اقتصادی سه سناریو

مد وسیله	سناریو یک	سناریو دو	سناریو سه
نفر - سفر شخصی	۶۸۶,۰۸۰	۱,۰۷۳,۱۰۰	۰
نفر - سفر مسافر تاکسی	۳۸۷,۰۲۰	۰	۱,۰۷۳,۱۰۰
نفر - سفر اتوبوس واحد	۲,۵۰۳,۹۰۰	۲,۵۰۳,۹۰۰	۲,۵۰۳,۹۰۰
نفر - سفر BRT	۳,۵۷۷,۰۰۰	۳,۵۷۷,۰۰۰	۳,۵۷۷,۰۰۰
سود خالص (ریال)	۹,۹۱۷,۱۸۵,۱۵۰	۱۰,۶۴۶,۶۹۵,۹۳۶	۹,۲۴۲,۹۷۲,۳۶۳
هزینه خالص (ریال)	۹,۷۳۸,۰۷۴,۵۶۷	۹,۷۳۸,۰۷۴,۵۶۷	۹,۷۳۸,۰۷۴,۵۶۷
BCR	۱.۰۲	۱.۰۹	۰.۹۵
NPV (ریال)	۱۷۹,۱۱۰,۵۸۳	۹۰۸,۶۲۱,۳۶۹	-۴۹۵,۱۰۲,۲۰۴

۵- نتیجه گیری و پیشنهاد

از تحلیل سه سناریو نتایج زیر حاصل شده است:

- ☑ در هر دو سناریو اول و دوم نسبت سود به هزینه بیشتر از یک بوده که اقتصادی بودن پروژه احداث خط ۴ BRT را اثبات می کنند.
- ☑ بر اساس سناریو سوم می توان ادعا نمود در صورتی که هیچ یک از مسافران سواری به سیستم BRT تغییر مد ندهند، دیگر BCR پروژه احداث خط تندرو بیشتر از یک نخواهد بود. چرا که هدف از سرمایه گذاری در سیستم ها همگانی کاهش استفاده از خودروی شخصی می باشد. لذا زمانی که هیچ یک از خودروهای شخصی به سیستم جدید تغییر مد ندهند، بدیهیست که پروژه شکست خورده است. البته این یک سناریو غیرمحمتمل بوده و صرفاً برای نشان دادن اهمیت این موضوع بیان شده است.
- ☑ بیشترین ارزش خالص کنونی مربوط به سناریو دوم و کمترین آن مربوط به سناریو سوم است. در واقع هرچه مسافر جذب شده به سیستم BRT از سواری شخصی نسبت به تاکسی، بیشتر باشد سود آوری پروژه بیشتر خواهد بود.

۶- مراجع

- ۱- مرتضی خشایی پور، مه‌ری بهرامی، پیمان نوربخش، اثر سنجی اجرای خطوط BRT در معابر شهری؛ مطالعه موردی در شهر تهران، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی ترافیک، تهران، (۱۳۹۰).
- ۲- گزیده آمار و اطلاعات حمل و نقل شهری تهران سال ۱۳۹۱، معاونت و سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، تهران، (۱۳۹۲).
- ۳- سید مصطفی نبویان، لاله شجاعی، شناسایی عوامل موثر بر تبدیل خطوط عادی اتوبوسرانی شهر تهران به سامانه تندرو (BRT) دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی ترافیک، تهران (۱۳۹۱).
- ۴- گزیده آمار و اطلاعات حمل و نقل شهری تهران سال ۱۳۸۹، معاونت و سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، تهران، (۱۳۹۰).
- ۵- بازنگری خطوط تغذیه کننده خط ۴ سامانه اتوبوسهای تندرو، معاونت برنامه ریزی و توسعه شهری، شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه، (۱۳۹۰).
- ۶- محمد صدیق باور، محسن حدیقه جوانی، ارزیابی و تحلیل عملکرد سیستم حمل و نقل سریع اتوبوسرانی (BRT) در کلان شهرها توسط نرم افزار AIMSUN دهمین کنفرانس بین‌المللی ترافیک، تهران، (۱۳۸۹).
- 7- Cost/Benefit Analysis of Converting a Lane for Bus Rapid Transit-Phase II Evaluation and Methodology, NCHRP Project 20-65, Task 22, (2011).
- 8- Cost/Benefit Analysis of Converting a Lane for Bus Rapid Transit, NCHRP Project 20-65, Task 21, (2009).
- 9- Estimating the Benefits and Costs of Public Transit Projects: A Guidebook for Practitioners, Transportation Research Board, TCRP Report 78, (2002).
- ۱۰- مطالعات نیازسنجی و امکان سنجی احداث خطوط BRT در شهر تهران، معاونت مطالعات و برنامه ریزی، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، (۱۳۹۰).



Economic Evaluation of Tehran BRT Line4 (Phase I) Using Benefit/Cost Analysis

Mahmoud Ahmadinejad, Masood Jafari Kang, Masoud Khodadadi Fard, Saeed Soleimani Amiri

- 1- Associate Professor, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
- 2- M.Sc. Student, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
- 3- M.Sc. Student, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
- 4- B.Sc. Student, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

This paper reviews Tehran BRT Line 4 in order to evaluate the effect of exclusive lane of BRT on Chamran highway's performance. Heavy traffic passing through this highway, which is a north-south corridor, is the one of most important traffic issues in city of Tehran. Applying Economic evaluation is an appropriate technique to assess the impacts of lane converting. Benefit/Cost analysis (BCA), is a systematic approach to estimate the benefits and costs of each alternative which is experienced by anyone in anywhere. In this case study, On the one hand, the costs include: implementation and operation costs, and consequence costs of lane converting. On the other hand its benefits consist of increase in public transit ridership and reducing the travel time, the volume of emitted gases, the number of accident, etc.

Keywords: *BRT, Economic evaluation, Benefit-cost analysis, BCA*