

تحلیل هزینه و فایده ساخت و بهره‌برداری از خطوط مترو در کلان‌شهرها (مطالعه موردی: پروژه خط B مترو قم)

مقاله علمی - پژوهشی

مهدی مرادی، استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران
عماد معینی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی معدن، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین و معاونت
فنی سازمان قطار شهری قم، قم، ایران
محمدرضا انگشت باف، دانشجوی دکتری، گروه مدیریت، دانشگاه تهران و مدیرعامل سازمان قطار شهری قم، قم، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Mahdi.Moradi@iau.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۱ - پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۱

صفحه ۲۵۶-۲۴۳

چکیده

شهر قم یکی از مراکز مهم مذهبی بوده و با توجه به نزدیکی به دیگر شهرهای پرجمعیت و تأمین مسیر ارتباطی آن‌ها، به‌صورت یک کلان‌شهر متراکم در حاشیه دشت کویر درآمده است. تراکم روزافزون کلان‌شهرها و محدودیت ایجاد مسیرهای سطحی جهت کاهش ترافیک، لزوم به‌کارگیری روش‌های حمل‌ونقل درون‌شهری ریلی مانند مترو را ایجاب می‌کند. درآمدها، منافع و هزینه‌های ساخت خطوط مترو در کلان‌شهرها می‌بایست قبل از شروع پروژه مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرد. در خصوص احداث خطوط مترو بخشی از هزینه‌های پروژه که بیشتر مورد توجه است، مربوط به مرحله ساخت است. اما هزینه‌های ناشی از تعمیر و نگهداری، مرمت دوره‌ای و فعالیت‌های عملیاتی ادامه خواهند داشت. این هزینه‌ها همانند قسمتی از کوه یخ در زیر آب هستند و در نگاه اول مورد توجه قرار نمی‌گیرند. بر این اساس در مطالعه مالی و اقتصادی یک خط مترو، هزینه‌های پروژه شامل هزینه‌های مطالعات اولیه، ساخت، بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری می‌شوند. همچنین درآمدهای مستقیم پروژه شامل فروش بلیت، تبلیغات، اجاره یا فروش کاربری‌های ایجاد شده در محدوده ایستگاه هستند. ساخت مترو منافع مرتبط نظیر کاهش مصرف سوخت، کاهش تولید آلاینده‌ها و کاهش هدر رفت منابع ناشی از تصادفات و کاهش استهلاک را به همراه دارد. در این پژوهش شاخص منفعت به هزینه پروژه مترو خط B قم مورد بررسی قرار می‌گیرد. مطابق با نتایج ارائه شده در این مقاله پروژه مترو خط B قم پس از گذشت ۲۰ سال به سوددهی رسیده و دارای منفعت اقتصادی برای دولت خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل هزینه و فایده، خطوط مترو، ساخت، بهره‌برداری، مترو قم

۱- مقدمه

حمل‌ونقل شهروندان موفق باشد (Benardos et al., 2021). امروزه، متروها با استفاده از فضای زیرزمینی شهری (به‌عنوان یک منبع ارزشمند و بعد جدیدی از شهرها) به حل مشکلات شهرهای مدرن در توسعه فضای شهری قابل‌زندگی و حمایت از

ارتقای تحرک و حمل‌ونقل آسان در یک منطقه شهری یک عنصر کلیدی است که زندگی شهری را تسهیل می‌کند. در انجام این کار، باید تصمیماتی برای یافتن مناسب‌ترین روش اتخاذ شود که بتواند از نظر کارایی، سازگاری و همچنین اقتصادی در

بر این اساس می‌تواند گفت به طور کلی مترو موجب توسعه اقتصادی و اجتماعی، بهبودهای حمل و نقل و محیط زیست می‌شود (Lin et al. 2024). شهرها فضای سطحی محدودی برای توسعه شهری دارند و یکی دیگر از مزیت‌های مترو استفاده کارآمدتر از فضا در مقایسه با سایر انواع سیستم‌های حمل و نقل است. به عنوان مثال خودروها ۳۰ تا ۹۰ برابر فضای بیشتری نسبت به مترو اشغال می‌کنند (با توجه به هدف از استفاده نظیر خرید، سرگرمی، کار و غیره)، در حالی که اتوبوس‌ها بسته به ماهیت خدمات ارائه شده و ترافیک مسیر ۳ تا ۱۲ برابر فضای بیشتری نسبت به مترو اشغال می‌کنند (Lin et al. 2022).

در برنامه‌ریزی و طراحی خطوط باید جنبه‌های زیادی مانند شرایط هیدرولوژی و زمین‌شناسی زیرزمینی، تأسیسات و سازه‌های روی زمین و روش ساخت را در نظر گرفت. همچنین در روند ساخت باید خطوط لوله زیرزمینی، فرونشست ساختمان‌ها، آلودگی محیط‌زیست و سایر جنبه‌ها را نیز در نظر گرفت. این مسائل مدیریت ساخت و برنامه‌ریزی را بسیار دشوار می‌کند (Lin et al. 2024). سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی دارای هزینه‌های راه‌اندازی بالایی نسبت به سایر سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی هستند (Lin et al. 2024). ساخت زیرساخت‌های مترو یک کار چالش‌برانگیز است که مستلزم برنامه‌ریزی دقیق و بلندمدت است. مهم‌تر از همه، این کار شامل هزینه‌های بالایی بوده که در ابتدای پروژه مورد نیاز است. پروژه‌های مترو اغلب به‌عنوان بزرگ‌ترین سرمایه‌گذاری یک شهر در نظر گرفته می‌شوند و سرمایه‌گذاری اولیه در ساخت مترو ۲۰ تا ۳۰ برابر بیشتر از سیستم‌های حمل‌ونقل اتوبوس‌های تندرو است (Benardos et al., 2021). هزینه‌های احداث مترو شامل هزینه مطالعات اولیه، ساخت، بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری می‌شوند. همچنین درآمدهای مستقیم آن شامل فروش بلیت، تبلیغات، اجاره یا فروش کاربری‌های ایجاد شده در محدوده ایستگاه است. احداث مترو منافع مرتبط دیگری نظیر کاهش مصرف سوخت، کاهش تولید آلاینده‌ها و کاهش هزینه ناشی از تصادفات، کاهش استهلاک ناوگان حمل‌ونقل را به همراه دارد. منافع اقتصادی مستقیم حاصل از ایجاد مترو باید بتواند سرمایه‌گذاری‌های اولیه را جبران کنند. در غیر این صورت توجیه اقتصادی لازم برای ساخت آن فراهم نیست. هزینه‌ها و درآمدهای حاصل از ایجاد خطوط مترو وابستگی زیادی به کشور

نوسازی شهری کمک می‌کنند (Cui et al., 2021). مترو به‌عنوان یکی از روش حمل‌ونقل عمومی بیش از ۱۵۰ سال سابقه دارد. قدیمی‌ترین سیستم متروی جهان، راه‌آهن متروپولیتن لندن از پدینگتون تا فارینگدون است که در سال ۱۸۶۳ افتتاح شد (Cui and Nelson, 2019).

تأثیر توسعه مترو مدت‌هاست که موضوعی جذاب برای محققان، مسئولان و تصمیم‌گیران شهری است. افزایش چشمگیر تعداد مطالعات و انتشارات در مورد تأثیرات مترو بر توسعه شهری در جنبه‌های مختلف در دو دهه اخیر مشاهده شده است (Lin et al. 2024). پژوهشگران معمولاً با تمرکز بر روی یکی از جنبه‌های موثر مترو، مطالعات خود را ارائه کردند. از دیدگاه اقتصاددانان مترو بر قیمت زمین تأثیرگذار است و به عنوان یک سیستم حمل و نقل کارآمد و ارزان می‌تواند باعث افزایش تحرک نیروی کار و ارتقای بهره‌وری اقتصادی شهر شود (Ahn et al., 2020). برنامه ریزان شهری تأثیرات مترو را بر کاربری و تراکم زمین بررسی کردند. مطابق با بررسی‌های آن‌ها، مترو باعث توسعه مناطق مسکونی شهری شده و در کنار مسیر آن کاربری مسکونی، تجاری و امکانات تفریحی- ورزشی افزایش می‌یابند (Peng et al., 2019). محققان حوزه حمل و نقل به بهبود وضعیت ترافیک و تغییر در رفتار سفر توجه کردند. مطابق با این مطالعات توسعه مترو رفتار سفر را تغییر می‌دهد. به عنوان مثال مترو باعث کاهش سفرهای اتوبوس، تاکسی، ماشین شده و به کاهش سفرهای به صورت پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و اتوبوس کمک می‌کند (Liu and Li, 2020). بر این اساس مترو موجب کاهش ترافیک و کاهش میانگین زمان سفرهای شهری می‌شود (Gu et al., 2021; Mansory, 2021) Sadat Hoseini and

همچنین در ارزیابی‌ها مشاهده شد که مسافران رضایتمندی بالاتری در استفاده از مترو نسبت به خطوط اتوبوس تندرو دارند (Mahpour, 2021). دانشمندان محیط زیست بر تأثیرات مثبت مترو بر آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای متمرکز شدند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که بهره‌برداری از مترو به دلیل ملاحظات مختلفی از جمله کاهش استفاده از خودروهای شخصی، کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، استفاده از انرژی پاک‌تر، کاهش ترافیک به کاهش انتشار گازهای آلاینده هوا کمک می‌کند (Li et al. 2019).

۲-۲- برآورد هزینه‌های احداث و طراحی مسیر و

ساختمان

هزینه احداث خط مترو شهری با توجه به طول خط و تعداد ایستگاه‌ها متغیر بوده و شامل موارد ذیل است.

- هزینه‌های بخش ساخت مسیر و ساختمان‌های جانبی
 - هزینه روسازی مسیر
 - هزینه‌های بخش ایستگاه‌ها
 - هزینه‌های بخش دپو
 - هزینه‌های بخش طراحی و کنترل کیفیت کارهای سازه‌ای
- هزینه احداث خط B قطار شهری قم شامل ۱۶ ایستگاه و نزدیک به ۲۲ کیلومتر طول خط (۲۱,۹۷۹ کیلومتر) در جداول ۱ تا ۵ زیر نمایش داده شده است (قیمت‌ها و مقایسه‌ها براساس سال پایه ۱۳۹۸ است).

۲-۳- هزینه‌های ناوگان و سیستم

هزینه تأمین ناوگان برای خطوط مترو به صورت دلاری و ارزی بوده و هزینه نسبتاً بالایی را به خود اختصاص می‌دهد. هزینه تأمین ناوگان برای خط B قطار شهری قم، ۱۶۷ میلیون دلار برآورد شده است. هزینه سایر سیستم‌های مورد نیاز این خط به همراه هزینه تأمین ناوگان ۲۶۴ میلیون دلار برآورد می‌شود (جدول ۶).

جدول ۱. هزینه‌های بخش ساخت مسیر و ساختمان‌های جانبی

ردیف	شرح هزینه	مجموع هزینه‌های ریالی (میلیون ریال)
۱	ساخت تونل مکانیزه TBM	۷,۱۵۶,۲۶۹
۲	روسازی مسیر	۳۹۵,۴۷۸
۳	خروجی‌های اضطراری و ایستگاه‌های پمپاژ	۵۱,۴۶۷
۴	مسیر رویاز	۶۱,۹۷۸
۵	ساختمان و محوطه پست‌های فشارقوی	۶۶,۰۹۶
۶	ساختمان کنترل مرکزی	۱۶۷۳۰۰
۷	مجموع	۷,۸۹۸,۵۸۷

و منطقه احداث و شرایط زمین‌شناسی منطقه دارد و نمی‌توان یک ارزیابی را به کلیه پروژه‌ها نسبت داد.

استان قم با مساحتی حدود ۱۱۲۳۸ کیلومتر مربع و با ارتفاع ۸۷۸ متر از سطح دریا با جمعیت ۱۲۹۲۲۸۳ نفر در فاصله ۱۲۰ کیلومتری از کلان شهر تهران قرار دارد (Statistical yearbook of Qom, 2021). شهر قم علاوه بر اینکه یکی از مراکز مهم مذهبی به شمار می‌رود، از دیرباز و در طول تاریخ دارای نقش گذرگاهی در حاشیه کویر بوده و بین شهرهای مهم شمال و جنوب ایران ارتباط برقرار کرده است. به همین دلیل با مراکز جمعیتی مرتبط بوده و به تدریج به صورت کلانشهر ارتباطی در حاشیه دشت کویر درآمد است. بر این اساس نیاز به سیستم‌های حمل و نقلی ویژه نظیر مترو در این شهر ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به این نیاز در این مقاله به صورت موردی پروژه مترو خط B شهر قم از لحاظ درآمدها و هزینه‌ها بررسی می‌شود. سپس تخمینی برای زمان سوددهی مستقیم پروژه ارائه می‌شود. مطمئناً این مسئله جزء مهمترین عوامل برای تصمیم‌گیری مسئولان شهری در احداث چنین پروژه‌هایی است.

۲-۲- برآورد هزینه‌های اولیه

برآورد هزینه‌های پروژه ضروری‌ترین فعالیت جهت ارزیابی و توجیه فنی و اقتصادی پروژه‌ها است. در ادامه هزینه‌های اولیه پروژه شامل هزینه مطالعه و نظارت، تملک، احداث ایستگاه، مسیر، دپو، ناوگان و غیره بررسی می‌شوند.

۲-۱- برآورد هزینه‌های عملیات ساخت و تجهیز

این هزینه‌ها معمولاً بدون توجه به میزان تقاضای سفر، برای هر سیستم مقدار ثابتی دارند. درحالی‌که ممکن است مقدار آن‌ها از جایی به جای دیگر تغییرات زیادی داشته باشد. علت اصلی این تغییرات در مترو روش‌های اجرای روسطحی و زیرسطحی، ارزش زمین در نقاط مختلف، شرایط زمین محل و موقعیت شبکه‌های تأسیسات شهری زیرزمینی (آب، گاز و غیره) است. در این مورد بیشترین هزینه مربوط به احداث تونل مترو در زیرزمین است.

جدول ۲. هزینه روسازی مسیر به صورت ارزی

ردیف	شرح هزینه	مجموع هزینه‌های ارزی (میلیون دلار)
۱	تأمین، حمل و دپو ریل - تأمین، حمل و اجرای پابند ارتجاعی سوزن - کراس اور - کراس اور دوبل و غیره	۲۵/۳
۲	مجموع	۲۵/۳

جدول ۳. هزینه‌های بخش ایستگاه‌ها

ردیف	شرح هزینه	مقدار (مترمربع)	مجموع هزینه‌های ریالی (میلیون ریال)
۱	زیربنای ایستگاه‌ها	۱۰۴,۰۰۰	۵,۲۸۰,۲۴۰
۲	تأسیسات غیر ویژه ایستگاه‌ها (تأسیسات غیر ویژه برقی و مکانیکی شامل سیستم‌های تهویه و تهویه مطبوع فضاهای غیر عمومی، آبرسانی، آتش نشانی، فاضلاب، روشنایی، کابل کشی، تلفن، صوتی، پریز و غیره)	۱۶ ایستگاه	۹۶۱,۶۲۴
۳	مجموع		۶,۲۴۱,۸۶۴

جدول ۴. هزینه‌های بخش دپو

ردیف	شرح هزینه	متر از (مترمربع)	مجموع هزینه‌های ریالی (میلیون ریال)
۱	دپو و پارکینگ - پردیسان	۶۰۰,۰۰۰	۱,۵۵۷,۸۶۴
۲	مجموع		۱,۵۵۷,۸۶۴

جدول ۵. هزینه‌های بخش طراحی و کنترل کیفیت کارهای سازه‌ای

ردیف	شرح هزینه	مجموع هزینه‌های ریالی (میلیون ریال)
۱	طراحی کارهای سازه‌ای	۳۷۱,۳۶۰
۲	مجموع	۳۷۱,۳۶۰

جدول ۶. هزینه ناوگان و سیستم‌های مترو

ردیف	شرح هزینه	مجموع هزینه‌های ریالی (میلیون ریال)	مجموع هزینه‌های ارزی (میلیون دلار)
۱	ناوگان	-	۱۶۷
۲	تهویه و دفع دود	۱,۰۱۸,۴۷۱	۴۲
۳	تأمین توان	۲,۳۶۲,۴۳۳	۶۸
۴	اطفای حریق و هشدار	۱,۲۱۰,۹۶۵	۴۶
۵	سیگنالینگ	۱,۵۰۴,۹۵۷	۶۲
۶	تجهیزات تعمیرگاهی	۳۷۷,۹۸۹	۱۱
۷	مخابرات	۴۵۱,۴۸۷	۱۷
۸	مرکز کنترل	۴۶۱,۹۸۷	۱۳
۹	آسانسور و پله برقی	۱,۰۵۶,۹۷۰	۴۰
۱۰	سیستم جمع‌آوری بلیت	۱۶۷,۹۹۵	۶
۱۱	اسکادا و BMS	۱۳۹,۹۹۶	۵
۱۲	هزینه بخش مشاور خارجی و مهندسی	۴۸۶,۴۸۶	۱۴
۱۳	مجموع		۲۶۴

۲-۴- هزینه‌های تملک در مسیر مترو

یکی از مهم‌ترین اجزاء قیمت در تمامی پروژه‌های اقتصادی و از جمله احداث مترو، هزینه زمین و تملک آن است. اما محاسبه این ارزش در عمل مشکلات زیادی به همراه دارد. طبق اصول اقتصاد، قیمت اقتصادی یک کالا می‌بایست دربرگیرنده تمامی هزینه‌های تهیه آن باشد. تنها با اخذ قیمت اقتصادی در قبال استفاده از کالاها و از جمله تملک در مسیر قطار شهری، مشابه یک کالای اقتصادی، تخصیص بهینه کالا میان متقاضیان تضمین می‌گردد. این تملک شامل محدوده‌های ایستگاه و محدوده دپو است. تملک خط B قطار شهری قم در دو دسته تقسیم‌بندی می‌شود.

تملك زمین مربوط به ۱۶ ایستگاه قطار شهری (با توجه به قرارگیری این ایستگاه‌ها در نقاط مختلف شهر، قیمت این زمین‌ها با یکدیگر متفاوت است و برای هر ایستگاه باید به‌طور جداگانه محاسبه شود). هزینه مربوط به تملک هر یک از ایستگاه‌ها در جدول ۷ ارائه شده است.

تملك زمین دپو و بخشی از مسیر (در حدود ۳۰۰ متر) که در نزدیکی دپو به روی زمین می‌آید. با توجه به اینکه این زمین از بخش دولتی اخذ شده است، برای آن هزینه‌ای در نظر گرفته نمی‌شود. جمع بندی هزینه‌های تملک در جدول ۸ بررسی شدند.

۲-۵- برآورد هزینه‌های بهره‌برداری مترو

هزینه‌های دوره‌های بهره‌برداری خط مترو شهری شامل سه عنوان اصلی است. لازم به تأکید است که ممکن است هزینه‌های دیگری هم در طول دوره بهره‌برداری وجود داشته باشد، ولیکن در برابر این سه عنوان بسیار ناچیز هستند.

هزینه نیروی انسانی (پرسنل دوره بهره‌برداری)

هزینه تأمین انرژی برای ایستگاه‌ها و ناوگان

هزینه تعمیر و نگهداری زیرساخت، ناوگان و سیستم

برآورد هزینه‌های بهره‌برداری بر اساس مطالب فوق، در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۷. میزان تملک در ایستگاه‌های خط B قطار شهری قم

ردیف	کد ایستگاه	نام ایستگاه	مساحت تملک شده با مالکیت خصوصی (مترمربع)	مساحت تملک شده فضای عمومی شهری (مترمربع)	مساحت تملک از فضای عمومی شهری (مترمربع)	هزینه تملک (ریال بر مترمربع)	هزینه تملک (میلیارد ریال)
۱	B1	خیابان ۱۹ دی در تقاطع خیابان فرهنگیان	۷۰۷	۴۸۵	۴۸۵	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰۶
۲	B2	خیابان ۱۹ دی مابین کوچه‌های ۷۱ الی ۷۵	۷۰۷	۴۸۵	۴۸۵	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰۶
۳	B3	میدان جهاد	۷۰۷	۴۸۵	۴۸۵	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰۶
۴	B4	چهارراه بازار	۷۰۷	۴۸۵	۴۸۵	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰۶
۵	B5	تقاطع خیابان ارم با کوچه شبستان (در مجاورت حرم مطهر)	۷۰۷	۴۸۵	۴۸۵	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰۶
۶	B6	صفائیه (میدان شهدا)	۵۳۶	۳۷۸	۳۷۸	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۸۰
۷	B7	ورزشگاه حیدریان	۴۸۷	۵۴۴	۵۴۴	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۷۳
۸	B8	بلوار صدوقی	۹۸۹	۱۶۷	۱۶۷	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۴۸
۹	B9	بلوار فردوسی	۱۷۸	۳۳۳	۳۳۳	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۷
۱۰	B10	میدان مفید	۰	۹۶۰	۹۶۰	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۰
۱۱	B11	شهرک آوینی (شهرک مهدیه)	۰	۶۲۳	۶۲۳	۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۰
۱۲	B12	بلوار غدیر (دانشگاه قم)	۰	۴,۲۱۰	۴,۲۱۰	۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۰
۱۳	B13	بوستان علوی	۴۴۸	۴,۰۲۹	۴,۰۲۹	۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۲
۱۴	B14	پردیسان - میدان علوم	۱,۸۶۴	۱۰۹	۱۰۹	۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۹۳
۱۵	B15	بلوار سلمان فارسی	۱,۶۴۱	۲۱۲	۲۱۲	۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۸۲
۱۶	B16	شهرک دانشگاه	۶۷۲	۱,۰۳۹	۱,۰۳۹	۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۳۴
۱۷		جمع	۱۰,۳۵۱	۱۵,۰۲۹	۱۵,۰۲۹	-	۱,۰۹۰

جدول ۸. هزینه تملک در خط B قطار شهری قم

ردیف	عنوان	واحد	تعداد	متوسط مساحت هر واحد (مترمربع)	متوسط وزنی هزینه تملک (ریال بر مترمربع)	هزینه تملک (میلیارد ریال)	
۱	ایستگاه‌ها	-	۱۶	۶۴۷	۱۰۵.۳۲۴.۷۵۷	۱.۰۹۰	
۲	دپو	-	۱	۲,۰۰۰,۰۰۰	۰	۰	
۳	مسیر رو سطحی	متر	۳۰۰	۱۰	۰	۰	
۴	مجموع						۱.۰۹۰

جدول ۹. هزینه‌های بهره‌برداری خط B قطار شهری قم

دوره	ردیف	سال	تعمیر و نگهداری زیرساخت (میلیارد ریال)	تعمیر و نگهداری ناوگان و تجهیزات (میلیارد ریال)	هزینه نیروی انسانی (میلیارد ریال)	هزینه تأمین انرژی (میلیارد ریال)	کل هزینه بهره‌برداری (میلیارد ریال)	هزینه بهره‌برداری کل بر اساس سال پایه ۱۳۹۸ (میلیارد ریال)
ساخت	۱	۱۳۹۹	-	-	-	-	-	-
	۲	۱۴۰۰	-	-	-	-	-	-
	۳	۱۴۰۱	-	-	-	-	-	-
	۴	۱۴۰۲	-	-	-	-	-	-
	۵	۱۴۰۳	-	-	-	-	-	-
بهره‌برداری	۱	۱۴۰۴	۲۶۴	۱.۰۳۴	۱.۴۰۲	۳۳	۲.۷۳۳	۱.۰۹۹
	۲	۱۴۰۵	۳۱۲	۱.۲۲۰	۱.۶۵۵	۳۹	۳.۲۲۵	۱.۲۹۶
	۳	۱۴۰۶	۳۶۸	۱.۴۴۰	۱.۹۵۲	۴۶	۳.۸۰۶	۱.۵۳۰
	۴	۱۴۰۷	۴۳۴	۱.۶۹۹	۲.۳۰۴	۵۴	۴.۴۹۱	۱.۸۰۵
	۵	۱۴۰۸	۵۱۲	۲.۰۰۵	۲.۷۱۸	۶۴	۵.۳۰۰	۲.۱۳۰
	۶	۱۴۰۹	۱.۸۱۳	۷.۰۹۷	۳.۲۰۸	۷۶	۱۲.۱۹۴	۴.۹۰۰
	۷	۱۴۱۰	۲.۱۴۰	۸.۳۷۴	۳.۷۸۵	۸۹	۱۴.۳۸۸	۵.۷۸۲
	۸	۱۴۱۱	۲.۵۲۵	۹.۸۸۲	۴.۴۶۷	۱۰۵	۱۶.۹۷۸	۶.۸۲۳
	۹	۱۴۱۲	۲.۹۷۹	۱۱.۶۶۰	۵.۲۷۰	۱۲۴	۲۰.۰۳۴	۸.۰۵۱
	۱۰	۱۴۱۳	۳.۵۱۵	۱۳.۷۵۹	۶.۲۱۹	۱۴۷	۲۳.۶۴۱	۹.۵۰۱
	۱۱	۱۴۱۴	۴.۱۴۸	۱۶.۲۳۶	۷.۳۳۹	۱۷۳	۲۷.۸۹۶	۱۱.۲۱۱
	۱۲	۱۴۱۵	۴.۸۹۵	۱۹.۱۵۸	۸.۶۶۰	۲۰۵	۳۲.۹۱۷	۱۳.۲۲۹
	۱۳	۱۴۱۶	۵.۷۷۶	۲۲.۶۰۷	۱۰.۲۱۸	۲۴۱	۳۸.۸۴۲	۱۵.۶۱۰
	۱۴	۱۴۱۷	۶.۸۱۵	۲۶.۶۷۶	۱۲.۰۵۸	۲۸۵	۴۵.۸۳۴	۱۸.۴۲۰
	۱۵	۱۴۱۸	۸.۰۴۲	۳۱.۴۷۸	۱۴.۲۲۸	۳۳۶	۵۴.۰۸۴	۲۱.۷۳۵
	۱۶	۱۴۱۹	۹.۴۹۰	۳۷.۱۴۴	۱۶.۷۸۹	۳۹۷	۶۳.۸۱۹	۲۵.۶۴۷
	۱۷	۱۴۲۰	۱۱.۱۹۸	۴۳.۸۲۹	۱۹.۸۱۱	۴۶۸	۷۵.۳۰۶	۳۰.۲۶۴
	۱۸	۱۴۲۱	۱۳.۲۱۴	۵۱.۷۱۹	۲۳.۳۷۷	۵۵۲	۸۸.۸۶۱	۳۵.۷۱۱
	۱۹	۱۴۲۲	۱۵.۵۹۲	۶۱.۰۲۸	۲۷.۵۸۵	۶۵۱	۱۰۴.۸۵۶	۴۲.۱۳۹
	۲۰	۱۴۲۳	۱۸.۳۹۹	۷۲.۰۱۳	۳۲.۵۵۰	۷۶۹	۱۲۳.۷۳۱	۴۹.۷۲۵

۳- برآورد درآمدهای مستقیم طرح

درآمدهای مستقیم خط مترو شامل درآمدهایی است که به طور مستقیم درآمد ریالی برای مترو داشته باشند و یا بتوان آن را به عنوان بازگشت سرمایه به یک سرمایه‌گذار بخش خصوصی اختصاص داد. این درآمدها شامل درآمد حاصل از کرایه دریافتی از مسافران، درآمد حاصل از مجتمع‌های ایستگاهی یا غرفه‌های ایجاد شده در ایستگاه‌ها و درآمد حاصل از تبلیغات است (Assayesh et al., 2020).

۳-۱- درآمد حاصل از کرایه دریافتی از مسافران

این درآمد شامل درآمدی است که از بلیت‌فروشی و استفاده مسافرین از سامانه، عاید آن می‌گردد. محاسبه درآمدهای معمول سامانه، مستلزم آگاهی از قیمت بلیت در سال‌های مختلف بهره‌برداری است. درآمد ناشی از فروش بلیت، درآمد معمول سامانه حمل‌ونقل همگانی است و مسلم است که میزان این درآمد ارتباط مستقیم با تعداد مسافری که در هر سال از سامانه استفاده می‌کنند، دارد. به همین دلیل در اولین قدم باید تعداد مسافر استفاده‌کننده از هر خط پیش‌بینی شود (شکل ۱).

جابه‌جایی چقدر است. در واقع هر مسافر می‌تواند حداکثر جابه‌جایی را در یک خط مشخص مترو (از ایستگاه ابتدایی تا ایستگاه انتهایی) تنها با پرداخت هزینه یک بلیت انجام دهد. در نتیجه تا زمانی که مسافر در هر یک از خطوط قطار شهری قرار دارد و تعویض خطی انجام نداده، می‌تواند تنها با همان بلیت خریداری کرده به سفر خود ادامه دهد. در این مطالعه بر اساس قیمت بلیت در سایر خطوط قطار شهری در سایر کلان‌شهرها، قیمت ۱۰۰۰۰ ریال برای هر سفر فرض شده است (با فرض متوسط دریافتی بصورت فروش بلیت تک سفره یا استفاده از بلیت‌های اعتباری و استفاده مشترک و تبادل بین دو خط) و نرخ رشد آن ۸ درصد فرض شده است.

جدول ۱۰. پیش‌بینی تعداد سفرهای انجام شده توسط خط B قم (در مسیرهای رفت و برگشت مربوط به ساعت اوج صبحگاهی و در هر جهت)

ردیف	مبدأ خط	مقصد خط	تعداد مسافر جابه‌جا شده	مجموع
۱	شهرک فرهنگیان	شهرک دانشگاه	۳۰۱۸۳	۵۱۹۳۳
۲	شهرک دانشگاه	شهرک فرهنگیان	۲۱۷۵۰	

۳-۲- درآمد حاصل از مجتمع‌های ایستگاهی

جهت رفاه حال مسافرین برای اینکه در ایستگاه‌های خط B قطار شهری قم، پابانه‌های فروش اجناس و مایحتاج (اعم از فروشگاه‌های رفاهی و اغذیه) فراهم باشد؛ طرح ایجاد فضاهای مربوط به واحدهای تجاری با توجه به تجربه موفق متروی تهران و با همکاری کارشناسان مربوطه در جهت امکان‌سنجی و جانمایی‌های لازم مد نظر قرار گرفت. واحدهای تجاری در خط B قطار شهری قم به صورت زیر تعریف و ارزش‌گذاری شدند. -مترائز غرفه در هر ایستگاه به‌صورت متوسط ۱۰۰۰ متر مربع فرض شده است.

-متوسط اجاره هر مترمربع ۴ میلیون ریال فرض شده است.

۳-۳- درآمد حاصل از تبلیغات

از تبلیغات قابل‌انجام در خطوط مترو می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (Assayesh et al., 2020).

- تبلیغات محیطی در فضای ایستگاه‌ها
- تبلیغات بر روی واگن‌های مسافری
- تبلیغات داخل واگن‌های مسافری



شکل ۱. درآمدزایی مترو از فروش بلیت

جدول ۱۰ نشان‌دهنده آمار تقاضای سفرهای پیش‌بینی شده در مجموع ایستگاه‌های خط B قطار شهری قم در سال افق طرح (۱۴۰۵) می‌باشد.

همانطور که در جدول مشاهده می‌شود مجموعاً ۳۰۱۸۳ مسافر در مسیر رفت و ۲۱۷۵۰ مسافر در مسیر برگشت توسط قطار شهری جابه‌جا می‌شوند. این جدول مبنای تحلیل آثار اقتصادی محاسبه شده برای سال افق طرح (۱۴۰۵) است. شایان توجه است که قیمت متوسط برآورد شده بلیت براساس تعداد جابه‌جایی مسافران است و تفاوتی نمی‌کند که طول این

صرفه‌جویی می‌شود (Shirazi, 2021). بنابراین، با توجه به آمار فوق‌الذکر در حوزه تعداد سفرهای تحت پوشش خط B قطار شهری قم، میزان صرفه‌جویی در مصرف سوخت به واسطه احداث این خط مطابق جدول ۱۱ است. مردم و به‌خصوص قشرهای کم درآمد و متوسط جامعه نیز دریافته‌اند که اضافه‌شدن خودروهای سواری، به معنای افزایش رفاه نسبی خانوارها و شهروندان نیست و تنها به ترافیک، آلودگی هوا، مصرف بی‌رویه بنزین و تحمیل میلیاردها دلار هزینه به دولت و جامعه منجر خواهد شد. ازاین‌رو برای حل این معضلات دولت تصمیم به اصلاح مدیریت شهری، بافت هندسی شهرها، از رده خارج کردن خودروهای فرسوده، گازسوز کردن خودروها، گسترش حمل‌ونقل عمومی، اتوبوس‌های گازسوز و تقویت فرهنگ استفاده از وسایل نقلیه عمومی بیش‌ازپیش مطرح نمود (Shirazi, 2021). اما واقعیت آن است که باید از یک سیستم کم‌هزینه و مناسب عمومی مانند قطار شهری استفاده شود. استفاده از قطار شهری به لحاظ رعایت استانداردهای زیست‌محیطی در مصرف بنزین و گازوئیلی صرفه‌جویی‌های چشمگیری دارد. نسبت صرفه‌جویی در مصرف بنزین توسط خط B قطار شهری به کل سوخت مصرفی در جدول ۱۲ ارائه شده است.

جدول ۱۱. میزان صرفه‌جویی در مصرف سوخت پس از احداث

سال	روز	ساعت اوج	میزان صرفه‌جویی در سوخت توسط خط B قطار شهری قم (هزارلیتر)
۱۳۳۳۷۰	۳۳۸	۳۳/۸	

جدول ۱۲. نسبت صرفه‌جویی در مصرف بنزین توسط خط B قطار شهری به کل سوخت مصرفی

نسبت (درصد)	صرفه‌جویی پس از بهره‌برداری (میلیون لیتر)	مصرف سوخت سالانه (میلیون لیتر)
۲۳	۱۲۳	۵۲۲

۴-۲- صرفه جویی در زمان مسافران

در قرن حاضر یکی از دغدغه‌های مهم انسان‌ها زمان است. اما در شهرهای شلوغ به دلیل ترافیک‌های سنگین و نبود وسائل نقلیه عمومی مناسب، عدم اتلاف زمان تبدیل به یک آرزوی دست نیافتنی شده است. افراد مایل‌اند از تعداد سفرهایشان بکاهند و یا زمان آنها را به حداقل ممکن کاهش دهند و این

بر اساس برآوردهای انجام شده سهم نسبتاً مناسبی از درآمدهای سالانه را این بخش شامل می‌شوند (شکل ۲). براساس برآوردهای انجام شده سهم سه مورد اشاره شده برابر ۳/۲ میلیارد ریال در ماه است.

۴- برآورد منافع طرح

درآمدهای غیرمستقیم پروژه شامل تمام درآمدهایی است که سود حاصل از آن به‌صورت مستقیم به دولت برمی‌گردد. امکان محاسبه ریالی این درآمدها اغلب بسیار مشکل است یا امکان‌پذیر نیست. این درآمدها شامل صرفه‌جویی در هزینه انرژی، صرفه‌جویی در زمان مسافران، صرفه‌جویی هزینه‌های کاهش انتشار آلاینده‌ها، افزایش ایمنی سفر، افزایش رفاه جامعه و اشتغال‌زایی می‌شوند (Purahmad et al., 2015).



شکل ۲. تبلیغات در مترو

۴-۱- صرفه جویی در هزینه انرژی

سوخت‌های فسیلی معایبی چون تجدیدنپذیری، آلوده‌سازی محیط‌زیست، باران‌های اسیدی، اثرات زیان‌بار گازهای سمی و افزایش دمای کره زمین دارند و همچنین علاوه مشکلاتی که در توزیع سوخت یارانه‌ای کشور وجود دارد، مردم جامعه و دولت را با هزاران مشکل مواجه می‌نماید. در صورت ادامه روند فعلی مصرف انرژی در کشور، میزان تولید نفت در آینده نزدیک با میزان مصرف داخلی برابر خواهد شد و نفت از اقلام صادراتی حذف خواهد گردید (Shirazi, 2021). ایران از نظر سرانه مصرف انرژی جزو پرمصرف‌ترین کشورهای جهان است. بنابراین بنزین به‌عنوان ذخایر ملی کشور، متعلق به تمام مردم جامعه است. ازاین‌رو باید در مصرف آن صرفه‌جویی نمود تا این سرمایه ملی برای تمام نسل‌ها حفظ شود. طبق مطالعات انجام شده، به‌زای هر سفر با قطار شهری، ۰٫۶۵ لیتر در مصرف بنزین

آلاینده در محیط را نیز کاهش دهد، این امر سبب صرفه‌جویی در هزینه‌های ناشی از آلودگی هوا (نظیر هزینه‌های نگهداری تأسیسات، نظافت و سایر) شود. همچنین، با کاهش چشمگیر آلودگی ناشی از مصرف بنزین، هزینه‌های غیرمستقیم ناشی از تعطیلی فعالیت‌ها و مشاغل به علت آلودگی هوا روزهای خاص سال به طور محسوس کاهش خواهد یافت. به عنوان مثال، به گزارش معاونت نظارت و پایش اداره کل محیط زیست قم، در سال ۱۳۹۶، تعداد روزهای ناسالم برای گروه‌های حساس در فصل تابستان ۹۶ نسبت به مدت مشابه سال قبل از ۱۳ روز به ۴۹ روز و تعداد روزهای خطرناک در همین بازه زمانی از یک به سه روز افزایش یافت. احداث خط B قطار شهری با کاهش بالقوه این آمار، هزینه‌های مذکور ناشی از آن را نیز کاهش خواهد داد. به عنوان نمونه هزینه‌های اجتماعی انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای به قیمت‌های سال ۱۳۸۱ در جدول ۱۴ ارائه شده است.

جدول ۱۴. هزینه‌های اجتماعی انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای به قیمت‌های سال ۱۳۸۱ براساس ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۱

(Ministry of Energy, 2011)

نوع گاز	NOX	SO ₂	CO	SPM	CO ₂	CH ₄
هزینه (هزار ریال بر تن)	۴۸۰۰	۱۴۶۰۰	۱۵۰۰	۳۴۴۰۰	۳۴	۱۶۸۰

۴-۴- افزایش ایمنی سفر

همه کلان‌شهرها با معضل ترافیک درگیر هستند به طوری که اتلاف مداوم زمان سفر و تراکم زیان‌آور خودروها و بی‌نظمی در تردهای شهری زندگی را برای شهروندان مشکل ساخته است. از سوی دیگر هر روز به علت داشتن ترافیک سنگین و مقدار قابل توجهی سوخت هدر می‌رود. چند صد هزار خودرو روزانه در شهرها تردد می‌کنند و با رشد جمعیت و رشد شهرنشینی، خیابان‌های کلان‌شهرها گنجایش هجوم خودروها که عموماً تک‌سرنشین نیز هستند را ندارد. در شهرهای پرجمعیت آمار مجروحین و کشته‌شدگان در جریان تصادفات نیز جای تأمل دارد که به معضلات حمل‌ونقل افزوده است. به طوری که تبعات اقتصادی و اجتماعی این حوادث بسیار بالا است. بنا به دلایل متعدد اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی استفاده از خودروی شخصی سالانه سبب معضلاتی از جمله تخلفات و تصادفات درون‌شهری بسیاری می‌شود. جدول ۱۵ تعداد تصادفات درون‌شهری قم در سال ۱۳۹۶ که منجر به فوت، جرح و یا خسارت شده است را نشان می‌دهد.

مسئله یک امر ارزشمند برای کل اجتماع است. با توجه به این که بیشتر سفرهای درون‌شهری با نیت انجام فعالیت اقتصادی انجام می‌گیرد (Sadat Hoseini and Mansory, 2021). در نتیجه با یک سیستم حمل‌ونقل بهینه (که قادر است با سرعت بالا افراد را به مقصد برساند) می‌توان بهره‌وری کار را افزایش داد. احداث خط B قطار شهری قم می‌تواند نقش چشمگیری در کاهش زمان سفرهای شهری داشته باشد. طبق مطالعات انجام شده به‌ازای هر سفر با قطار شهری، حدود ۲۷ دقیقه در زمان سفر صرفه‌جویی می‌شود که معادل آن، ۲۱۰۰۰ ریال به‌ازای هر ساعت است (Sadat Hoseini and Mansory, 2021). میزان ساعت صرفه‌جویی در زمان توسط خط B قطار شهری قم در جدول ۱۳ ارائه شده است.

جدول ۱۳. میزان ساعت صرفه‌جویی در زمان (خط B قطار شهری)

سال	روز	در ساعت اوج	میزان صرفه‌جویی در زمان توسط خط B قطار شهری قم (ساعت)
۸۵۳۰۰۵۰۰	۲۳۳۷۰۰	۲۳۳۷۰	

۴-۳- صرفه‌جویی هزینه‌های کاهش انتشار آلاینده‌ها

با توجه به این که بیشترین بخش آلودگی هوا به وسایل نقلیه موتوری به‌ویژه خودروهای شخصی مربوط می‌شود در نتیجه اگر در کلان‌شهرها برای تردد از وسایل نقلیه عمومی استفاده شود کاهش آلودگی هوا در این شهر بسیار چشمگیر خواهد بود. قطار شهری به‌عنوان بهترین وسیله حمل‌ونقل عمومی برای کلان‌شهرها مطرح است زیرا مانند سایر وسایل نقلیه عمومی مانند اتوبوس، مینی‌بوس و تاکسی ایجاد آلودگی نمی‌کند.

در صورتی که آمار هزینه‌های آلاینده‌ها را در مقدار آن آلاینده‌ها در کلان‌شهر محاسبه شود، رقم چشمگیری از هزینه‌های مواد آلاینده به دست خواهد آمد. مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی موجب شده روزانه صدها تن کربن و سرب و دیگر ترکیبات کشنده وارد هوا شده و موجب آسیب و بیماری‌هایی با هزینه‌های ده‌ها میلیارد تومان می‌شود. آلودگی‌های یاد شده و آلودگی‌های صوتی موجب بیماری‌های روحی و روانی بسیار گسترده خفیف یا شدید می‌شود. واقعیت آن است که تاکنون آمار دقیقی از بیماران و مرگ‌ومیرهای ناشی از آلودگی و شلوغی شهرها در دست نمی‌باشد.

به طور متوسط در بخش حمل‌ونقل شهر قم سالانه ۵۲۲ میلیون لیتر بنزین مصرف می‌شود. خط B قطار شهری می‌تواند سبب کاهش سالانه حدود ۲۳ درصد از این میزان شود. این میزان صرفه‌جویی در مصرف بنزین می‌تواند میزان انتشار گازهای

۴-۵- اشتغال‌زایی

با رشد شهرنشینی و افزایش نیاز به شغل، اشتغال‌زایی جدید معمولاً نیاز به سرمایه‌گذاری بزرگ دارد. احداث قطار شهری بر خلاف سایر روش‌های حمل و نقل بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی را درگیر و یا ایجاد می‌کند. از سوی دیگر با ایجاد کاربری‌های جدید در ایستگاه‌ها و مسیرهای قطار شهری، منجر به شغل‌های پایدار متعددی می‌شود. از آنجایی که حدود ۸۵٪ صنعت قطارشهری در ایران، توسط متخصصان و صنایع داخلی اجرا می‌گردد، بر طبق مطالعات انجام شده، به ازای ایجاد هر شغل مستقیم، ۱۰ فرصت شغلی غیر مستقیم نیز ایجاد خواهد شد. همچنین مطابق تجربه قطار شهری تهران پس از بهره‌برداری از هر خط، ۱۰۶۰ فرصت شغلی ایجاد خواهد شد (Assayesh et al., 2020). در حال حاضر درصد جمعیت فعال شهری استان قم برابر با ۳۵٫۸٪ است. همچنین نرخ بیکاری و اشتغال در استان قم به ترتیب برابر با ۳٫۹٪ و ۳۱٫۹ درصد از جمعیت شهری می‌باشد (Statistical yearbook of Qom, 2018). بنابراین با فرض احداث خط B قطارشهری در مدت زمان ۵ سال و در نظر گرفتن طول متوسط ۲۰ کیلومتر، مجموعاً ۷۷۰۸۵ شغل مستقیم در شهر ایجاد خواهد شد. همچنین پس از بهره‌برداری، ۱۰۶۰ فرصت شغلی جدید ایجاد خواهد شد. تعداد کل مشاغل غیرمستقیم در زمان ساخت ۱۵۴۱۷۰ نفر در یک سال و در زمان بهره‌برداری ۱۰۶۰۰ نفر به ازایی هر خط مترو است. با توجه به رشد نرخ جمعیت شهر قم در سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ (معادل سالانه ۲٫۳۳ درصد) و اعمال آن در جمعیت کنونی شهر قم، ترکیب جمعیت فعال اقتصادی در سال افق احداث مطابق جدول ۱۷ خواهد بود. جمع‌بندی اشتغال ایجاد شده در اثر احداث خط B قطار شهری در جدول ۱۸ ارائه شده است.

جدول ۱۷. تأثیر احداث خط B قطار شهری بر جمعیت فعال

اقتصادی شهر قم در سال افق طرح

(Statistical yearbook of Qom, 2018)

سال	شرح	جمعیت کل شهر قم	جمعیت فعال از نظر اقتصادی	
			شاغل	بیکار
سال پایه	نفر	۱.۲۲۹.۹۶۴	۳۸۰.۰۰۰	۴۶.۴۶۲
افق طرح	درصد	۱۰۰	۳۱/۹	۳/۹
سال پایه	نفر	۱.۳۶۱.۰۰۱	۴۴۰.۷۴۷	۳۵.۳۹۷
افق طرح	درصد	۱۰۰	۳۳	۲/۶

جدول ۱۵. تصادفات درون‌شهر قم

(Statistical yearbook of Qom, 2018)

سال	تصادفات (کل)	منجر به فوت	منجر به جرح	منجر به خسارت
۱۳۹۶	۸۲۱۹	۸۴	۷۷۲۴	۴۱۱

یکی دیگر از مزایای قطار شهری تضمین ایمنی و آرامش است. خطوط زیرزمینی قطار شهری در مراکز شهر از تراکم ترافیک در خیابان‌ها کاسته و متناسب با سهم خود از حمل‌ونقل درون‌شهری، تردد وسایل نقلیه عمومی و شخصی کاهش می‌دهد. احداث خط B قطار شهری استفاده از خودروی شخصی را تا ۲۳ درصد کاهش خواهد داد. این امر می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش خسارات سالیانه ناشی از تصادفات داشته باشد. بر اساس اطلاعات شرکت‌های بیمه در استان قم، هزینه متوسط هر تصادف در جدول ۱۶ استخراج شده است.

جدول ۱۶. تعداد و مبلغ خسارت واقع شده در شرکت‌های بیمه

استان قم بر حسب نوع بیمه در پایان سال ۹۶ (میلیون ریال)

شرکت بیمه	نوع خسارت	تعداد	مبلغ خسارت (میلیون ریال)
بیمه ایران	حوادث راننده	۹۰	۲۷.۴۶۵
	بدنه اتومبیل	۲.۷۱۲	۳۳.۹۳۵
	شخص ثالث و مازاد	۴.۶۷۴	۳۵۵.۵۵۳
بیمه دانا	حوادث راننده	۱۷	۶.۶۱۱
	بدنه اتومبیل	۹۵۱	۸.۳۸۹
	شخص ثالث و مازاد	۲.۰۷۰	۹۴.۶۴۲
بیمه البرز	حوادث راننده	۵	۹.۷۷۸
	بدنه اتومبیل	۵۹۰	۱۱.۲۷۱
	شخص ثالث و مازاد	۹۶۶	۸۹.۶۷۴
بیمه آسیا	حوادث راننده	۳۰۵	۶۸.۰۰۰
	بدنه اتومبیل	۲.۱۸۵	۳۰.۴۳۷
	شخص ثالث و مازاد	۳.۹۸۰	۳۰۰.۹۴۴
جمع	حوادث راننده	۴۱۷	۱۱۱.۸۵۴
	بدنه اتومبیل	۶.۴۳۸	۸۴.۰۳۲
	شخص ثالث و مازاد	۱۱.۶۹۰	۸۴۰.۸۱۳
جمع کل هزینه			۱.۰۳۶.۶۹۹
متوسط هزینه هر تصادف در سال ۱۳۹۶			۲.۴۸۶
متوسط هزینه هر تصادف در سال ۱۳۹۸			۳.۰۱۲

جدول ۱۸. سرانه اشتغال ناشی از احداث طرح

سرانه اشتغال	اشتغال ناشی از احداث مترو	جمعیت شهر قم در افق طرح
۰,۱۲	۱۶۴۷۷۰	۱۳۶۱۰۰۱

(قیمت‌های واقعی موجود در بازار) برآورد و محاسبه می‌شود تا به این ترتیب موارد ذیل مشخص گردد.

-نیاز مالی طرح

-زمان‌بندی نیاز مالی طرح

-شیوه تأمین مالی طرح

-سودآوری مالی طرح (در مواردی که طرح درآمد دارد)

در ارزشیابی اقتصادی طرح‌ها، هزینه و فایده طرح باید بر پایه قیمت‌های ثابت محاسبه شود. استفاده از قیمت‌های ثابت این اطمینان را به وجود می‌آورد که هزینه و فایده آینده طرح، برحسب همان قیمت‌هایی که هنگام تصمیم‌گیری درباره طرح مورد استفاده قرار گرفته است، محاسبه خواهد شد. در جدول شماره ۱۹ خلاصه تحلیل مالی پروژه خط B مترو قم بر اساس قیمت‌های مبنای سال ۱۳۹۸ ارائه شده است.

ارزیابی مالی طرح از دیدگاه سرمایه‌گذار

تحلیل مالی طرح‌ها با هدف محاسبه سودآوری مالی آن طرح انجام می‌شود و بیشتر در خصوص طرح‌های سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و همچنین طرح‌های عمرانی انتفاعی مطرح است. در چنین طرح‌هایی علاوه بر سودآوری اقتصادی که ضابطه توجیه اقتصادی است، طرح باید از سودآوری مالی نیز برخوردار باشد. در تحلیل مالی، تمام هزینه‌ها و نیز درآمدهای حاصل از طرح و گزینه‌های مختلف آن، بر اساس قیمت‌های مالی

جدول ۱۹. خلاصه تحلیل مالی پروژه خط B قطار شهری قم

دوره	ردیف	سال	هزینه کل بر اساس سال پایه (میلیارد ریال) ۱۳۹۸	هزینه کل تصحیحی بر اساس سال پایه (میلیارد ریال) ۱۳۹۸	درآمد بر اساس سال پایه (میلیارد ریال) ۱۳۹۸	درآمد کل تصحیحی بر اساس سال پایه (میلیارد ریال) ۱۳۹۸	تحلیل مالی ارزش خالص فعلی (میلیارد ریال)	تحلیل مالی نسبت درآمد به هزینه	جریان نقدی
ساخت	۱	۱۳۹۹	۱۴,۳۹۳	۱۴,۳۹۳	۰	۰	-۱۴,۳۹۳	۰/۰۰	-۱۴,۳۹۳
	۲	۱۴۰۰	۱۳,۴۳۳	۲۷,۸۲۶	۰	۰	-۲۷,۸۲۶	۰/۰۰	-۱۳,۴۳۳
	۳	۱۴۰۱	۱۲,۵۳۸	۴۰,۳۶۳	۰	۰	-۴۰,۳۶۳	۰/۰۰	-۱۲,۵۳۸
	۴	۱۴۰۲	۱۱,۷۰۲	۵۲,۰۶۵	۰	۰	-۵۲,۰۶۵	۰/۰۰	-۱۱,۷۰۲
	۵	۱۴۰۳	۱۰,۹۲۲	۶۲,۹۸۷	۰	۰	-۶۲,۹۸۷	۰/۰۰	-۱۰,۹۲۲
بهره‌برداری	۱	۱۴۰۴	۱,۰۹۹	۶۴,۰۸۵	۱,۵۳۰	۱,۵۳۰	-۶۲,۵۵۵	۰,۰۲	۴۳۲
	۲	۱۴۰۵	۱,۲۹۶	۶۵,۳۸۲	۱,۴۰۴	۲,۹۳۵	-۶۲,۴۴۷	۰/۰۴	۱۰۸
	۳	۱۴۰۶	۱,۵۳۰	۶۶,۹۱۱	۱,۲۸۸	۴,۲۲۳	-۶۲,۶۸۸	۰/۰۶	-۲۴۱
	۴	۱۴۰۷	۱,۸۰۵	۶۸,۷۱۶	۱,۱۸۳	۵,۴۰۶	-۶۳,۳۱۰	۰/۰۸	-۶۲۲
	۵	۱۴۰۸	۲,۱۳۰	۷۰,۸۴۶	۱,۰۸۵	۶,۴۹۱	-۶۴,۳۵۵	۰/۰۹	-۱,۰۴۴
	۶	۱۴۰۹	۴,۹۰۰	۷۵,۷۴۶	۹۹۷	۷,۴۸۸	-۶۸,۲۵۸	۰/۱۰	-۳,۹۰۴
	۷	۱۴۱۰	۵,۷۸۲	۸۱,۵۲۸	۹۱۵	۸,۴۰۳	-۷۳,۱۲۶	۰/۱۰	-۴,۸۶۷
	۸	۱۴۱۱	۶,۸۲۳	۸۸,۳۵۲	۸۴۰	۹,۲۴۳	-۷۹,۱۰۹	۰/۱۰	-۵,۹۸۳
	۹	۱۴۱۲	۸,۰۵۱	۹۶,۴۰۳	۷۷۲	۱۰,۰۱۵	-۸۶,۳۸۸	۰/۱۰	-۷,۲۷۹
	۱۰	۱۴۱۳	۹,۵۰۱	۱۰۵,۹۰۴	۷۰۹	۱۰,۷۲۴	-۹۵,۱۸۰	۰/۱۰	-۸,۷۹۱
	۱۱	۱۴۱۴	۱۱,۲۱۱	۱۱۷,۱۱۴	۶۵۲	۱۱,۳۷۶	-۱۰۵,۷۳۹	۰/۱۰	-۱۰,۵۵۹
	۱۲	۱۴۱۵	۱۳,۲۲۹	۱۳۰,۳۴۳	۵۹۹	۱۱,۹۷۴	-۱۱۸,۳۶۹	۰/۰۹	-۱۲,۶۳۰
	۱۳	۱۴۱۶	۱۵,۶۱۰	۱۴۵,۹۵۳	۵۵۰	۱۲,۵۲۵	-۱۳۳,۴۲۸	۰/۰۹	-۱۵,۰۵۹

دوره	ردیف	سال	هزینه کل بر اساس سال پایه (میلیارد ریال) ۱۳۹۹	هزینه کل تصحیح بر اساس سال پایه (میلیارد ریال) ۱۳۹۸	درآمد بر اساس سال پایه (میلیارد ریال) ۱۳۹۸	ارزایش مانده بر اساس سال پایه (میلیارد ریال) ۱۳۹۸	درآمد کل تصحیح بر اساس سال پایه (میلیارد ریال) ۱۳۹۸	تحلیل مالی ارزش خالص فعلی (میلیارد ریال)	تحلیل مالی نسبت درآمد به هزینه	جریان نقدی
	۱۴	۱۴۱۷	۱۸.۴۲۰	۱۶۴.۳۷۲	۵۰۶		۱۳.۰۳۱	-۱۵۱.۳۴۲	۰/۰۸	-۱۷.۹۱۴
	۱۵	۱۴۱۸	۲۱.۷۳۵	۱۸۶.۱۰۷	۴۶۵		۱۳.۴۹۶	-۱۷۲.۶۱۲	۰/۰۷	-۲۱.۲۷۰
	۱۶	۱۴۱۹	۲۵.۶۴۷	۲۱۱.۷۵۵	۴۲۸		۱۳.۹۲۴	-۱۹۷.۸۳۱	۰/۰۷	-۲۵.۲۲۰
	۱۷	۱۴۲۰	۳۰.۲۶۴	۲۴۲.۰۱۸	۳۹۳		۱۴.۳۱۷	-۲۲۷.۷۰۱	۰/۰۶	-۲۹.۸۷۰
	۱۸	۱۴۲۱	۳۵.۷۱۱	۲۷۷.۷۳۰	۳۶۲		۱۴.۶۷۹	-۲۶۳.۰۵۱	۰/۰۵	-۳۵.۳۴۹
	۱۹	۱۴۲۲	۴۲.۱۳۹	۳۱۹.۸۶۹	۳۳۳		۱۵.۰۱۲	-۳۰۴.۸۵۷	۰/۰۵	-۴۱.۸۰۶
	۲۰	۱۴۲۳	۴۹.۷۲۵	۳۶۹.۵۹۴	۳۰۶	۴.۲۷۵	۱۵.۳۱۸	-۳۵۴.۲۷۵	۰/۰۴	-۴۵.۱۴۳

areas. *Research in Transportation Economics*, 83, 100900.

-Assayesh, M., Khaksari Rafsanjani, A., & Ghorbanizadeh, V. (2020). The impact of the construction of the metro station on the social and traffic functions of the street in Tehran city (Comparative study between Shademan and Gholhak metro stations). *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 8(4), 695-714. (in Persian).

-Benardos, A., Sourouvali, N., & Mavrikos, A. (2021). Measuring and benchmarking the benefits of Athens metro extension using an ex-post cost benefit analysis. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 111, 103859.

-Cui, J., Broere, W., & Lin, D. (2021). Underground space utilisation for urban renewal. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 108, 103726.

-Cui, J., & Nelson, J. D. (2019). Underground transport: An overview. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 87, 122-126.

-Gu, Y., Jiang, C., Zhang, J., & Zou, B. (2021). Subways and road congestion. *American Economic Journal Applied Economics*, 13(2), 83-115.

-Li, S., Liu, Y., Purevjav, A. O., & Yang, L. (2019). Does subway expansion improve air quality?. *Journal of Environmental Economics and Management*, 96, 213-235.

-Lin, D., Broere, W., & Cui, J. (2022). Metro systems and urban development: Impacts and implications. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 125, 104509.

-Lin, D., Zhou, Z., Weng, M., Broere, W., & Cui, J. (2024). Metro systems: Construction, operation and impacts. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 143, 105373.

نتایج تحلیل مالی طرح نشان‌دهنده شاخص‌های نهایی زیر است.

-نرخ بازگشت داخلی پروژه در سال ۲۰ ام بهره‌برداری، پروژه در طول دوره ۲۰ ساله بازگشت سرمایه ندارد.

-شاخص ارزش فعلی (NPV) پروژه در سال ۲۰ ام بهره‌برداری: ۳۵۴۲۷۵- میلیارد ریال

-نسبت منفعت به هزینه (B/C) پروژه در سال ۲۰ ام بهره‌برداری: ۴ درصد

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته در خصوص هزینه‌ها و درآمدهای ناشی از سیستم حمل‌ونقل همگانی مترو، محرز است که هزینه‌های اجرایی ساخت خطوط مترو بسیار بالا بوده و هزینه‌های بالایی را در زمان اجرا به شهرداری‌ها تحمیل می‌کند. همچنین منافع مالی و اقتصادی چندانی در برنخواهد داشت؛ اما در خصوص رفاه اجتماعی و کاهش هزینه‌های مصرف سوخت و آلودگی‌های محیطی، منافع و درآمدهای بسیاری را در سطح جامع در پی خواهد داشت. ازاین‌رو، در مجموع منافع مالی و صرفه‌جویی هزینه‌ای آن در بلندمدت برای شهر بسیار بالا بوده و منفعت اجرای خطوط مترو با توجه به موارد جانبی، هزینه‌های آن را توجیه خواهد نمود.

۶- مراجع

-Ahn, K., Jang, H., & Song, Y. (2020). Economic impacts of being close to subway networks: A case study of Korean metropolitan

- Public Transit Systems in Tehran Metropolis with TOPSIS and Shannon Entropy Technique. *Journal of Geography and Regional Development*, 12(2) (in Persian).
- Sadat Hoseini, M., & Mansory, A. (2021). Effect of subway stations on the peripheral streets. *Road*, 29(106), 75-84 (in Persian).
- Shirazi, H. (2021). Review of Public Transportation Policies in Tehran, Necessity of an Integrated Policy Package. *Strategic Studies of Public Policy*, 10(37), 336-358 (in Persian).
- Statistical Municipality Yearbook of Qom, 2018, (in Persian).
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, (2019). World Urbanization Prospects. The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420). *United Nations*, New York.
- Liu, C., & Li, L. (2020). How do subways affect urban passenger transport modes? Evidence from China. *Economics of Transportation*, 23, 100181.
- Mahpour, A. (2021). Modeling and Evaluation of Factors Affecting Public Transportation System User Satisfaction: A Case Study of Tehran Metro and BRT. *Road*, 29(109), 171-187 (in Persian).
- Ministry of Energy, (2011). Iranian Energy Balance, (in Persian).
- Peng, J., Peng, F. L., Yabuki, N., & Fukuda, T. (2019). Factors in the development of urban underground space surrounding metro stations: A case study of Osaka, Japan. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 91, 103009.
- Purahmad, A., Omranzadeh, B., & Mahdi, A. (2015). Evaluation and Preferring of Rapid

A Cost-Benefit Analysis of Constructing and Operating Metro Lines in Metropolitan Cities (Case Study: Qom Metro Line B Project)

*Mahdi Moradi, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Qo.C., Islamic Azad
University, Qom, Iran.*

*Emad Moeini, Head of the Supervision Department of the Urban Train Organization of Qom
Municipality, Qom, Iran.*

*Mohammad Reza Angoshtbaf, Ph.D., Student, Department of Management,
University of Tehran and CEO of Qom City Train Organization, Qom, Iran.*

E-mail: mahdi.moradi@iau.ac.ir

Received: January 2025- Accepted: April 2025

ABSTRACT

Qom is a significant religious center that has become a densely populated metropolis. This is due to its proximity to other populated cities and its role as a communication route. As megacities become increasingly dense, surface routes alone cannot reduce traffic, making subway transportation methods like metros necessary. Before beginning the project, the incomes, benefits, and costs of building metro lines in large cities should be studied and evaluated. Most metro line construction project costs are related to the construction phase. Considering the costs of repair, maintenance, and operational activities when planning a metro line is worthwhile. These costs are often hidden and not considered initially. Therefore, when conducting a financial and economic study of a metro line, it is necessary to include the costs of initial studies, construction, operation, repair, and maintenance. Additionally, direct revenues from the project can come from ticket sales, advertising, rent, or sales of commercial sections within the station. Building a metro line can also bring benefits, such as reducing fuel consumption, pollution, resource waste caused by accidents, and depreciation. In this study, we analyzed the benefit-to-cost index of the Qom B line metro project. The results showed that the project would become profitable after 20 years and benefit the government economically.

Keywords: Cost-benefit Analysis, Metro Lines, Construction, Operation, Qom Metro