

ارزیابی اقتصادی ایجاد کریدور دوچرخه به کمک آنالیز سود-هزینه

زهرا دهقانی^۱، احمد گلی^۲، مجید فاضلی^۳، محمدرضا سنبلستان^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل و نقل دانشگاه اصفهان

۲- استادیار دانشکده حمل و نقل دانشگاه اصفهان

۳- کارشناس ارشد راه و ترابری دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- دانشجوی دکتری راه و ترابری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده

ازدحام ترافیک وسایل نقلیه‌ی موتوری و مشکلات زیست محیطی ناشی از آن یکی از بزرگترین دغدغه‌های امروز در جوامع شهری است که توجه مدیران و برنامه‌ریزان حمل و نقل را به سمت توسعه و ارتقاء حمل و نقل غیرموتوری سوق داده است. گسترش تسهیلات و بهبود فرهنگ دوچرخه سواری یک راهکار قابل دستیابی است که می‌تواند دوچرخه را به عنوان یک مد سالم در سفرهای کوتاه درون شهری به جایگزینی برای وسایل نقلیه شخصی تبدیل نماید. با این حال به نظر می‌رسد در مورد میزان اثربخشی گسترش کریدور جدید دوچرخه هنوز عدم قطعیتی وجود دارد و صرف هزینه در زیرساخت‌های دوچرخه سواری در مقایسه با سرمایه‌گذاری در جاده‌ها در اولویت قرار ندارد. تحلیل سود-هزینه می‌تواند یک ابزار تصمیم‌گیری در این زمینه باشد. در این مطالعه برای ایجاد یک کریدور دوچرخه به طول ۲/۲ کیلومتر در شهر اصفهان با کمک آنالیز سود-هزینه ارزیابی اقتصادی انجام شد و منافع حاصل از ایجاد این مسیر ویژه برای دوره‌ی طرح ۵ ساله بیش‌تر از مجموع هزینه‌های ساخت و نگهداری آن بدست آمد.

کلید واژه: آنالیز سود-هزینه، کریدور دوچرخه، تحلیل اقتصادی، حمل و نقل غیرموتوری.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، جای‌گیری مدهای حمل و نقل غیرموتوری مانند دوچرخه سواری در شبکه‌ی حمل و نقل بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است. کم هزینه بودن، عدم آلاینده‌گی، کاهش تراکم ترافیکی و ارتقاء سلامت عمومی از دلایل استقبال رو به رشد کاربران از دوچرخه سواری است [۱]. مطالعات نشان داده‌اند که تنها در صورت تدارک تسهیلات مناسب، دوچرخه سواری می‌تواند به یکی از مدهای قابل توسعه در حمل و نقل تبدیل شود [۲]. با این حال اما صرف هزینه در زیرساخت‌ها و تسهیلات دوچرخه سواری در مقایسه با سرمایه‌گذاری در جاده‌ها و حمل و نقل عمومی و دیگر هزینه‌های دولتی در اولویت قرار ندارد [۳]. با توجه به محدودیت‌های منابع و بودجه، تجزیه و تحلیل اقتصادی می‌تواند به عنوان یک ابزار مؤثر برای دستیابی به یک

تخصیص بهینه از منابع باشد [۴]. برای بررسی توجیه‌پذیر بودن ایجاد تسهیلات و کریدور دوچرخه در این پژوهش از آنالیز سود-هزینه که یک تحلیل کمی اقتصادی است و عموماً برای ارزیابی پروژه‌ها به‌کار می‌رود، استفاده شده است.

۲- تعریف مسأله و اهداف تحقیق

از اواخر دهه‌ی ۱۳۳۰ با توجه به فرهنگ سیاسی و اقتصادی موجود، دوچرخه از متن جامعه به تدریج بیرون رانده شد و تصور یک اتومبیل برای هر نفر توسعه یافت و بدین صورت با رشد سریع اتومبیل در ایران، نبودن ایمنی و تسهیلات لازم برای دوچرخه سواران، حذف شدن و یا کم توجهی به آن‌ها در برنامه‌ریزی‌های سطوح مختلف کشور، اهمیت دوچرخه به عنوان یک وسیله سفر کاهش یافت [۵]. اما با توجه به رشد مشکلات ناشی از ازدحام ترافیک و آلودگی هوا، استفاده از دوچرخه با رویکرد دیگری

در سال ۱۳۶۸ مواجه شد و شورای عالی شهرسازی و معماری ایران مصوبه‌ی طراحی مسیرهای مخصوص عبور دوچرخه برای شهرها با جمعیت بیش از ۵۰ هزار نفر را به تصویب رساند [۶].

به منظور بهبود فرهنگ دوچرخه سواری و افزایش استفاده از آن فراهم ساختن زیرساخت‌ها و تسهیلات ضروری آن اجتناب‌ناپذیر است. وجود خطوط دوچرخه در فضای شهر علاوه بر امنیت خاطری که برای دوچرخه سواران به همراه دارد سبب می‌شود اهمیت و جایگاه دوچرخه در دید شهروندان نیز تغییر یابد.

پروژه‌های سرمایه‌گذاری مانند ایجاد تسهیلات برای افزایش پیاده‌روی و دوچرخه سواری ممکن است طیف گسترده‌ای از پارامترهای مربوط به اقتصاد، حرکت، محیط زیست و سلامت را تحت تأثیر قرار دهند [۴]. با وجود گستردگی حوزه‌های حمل و نقل شهری و محدودیت‌های بودجه‌ای، سرمایه‌گذاری بهینه و بازدهی طرح‌ها از ملاک‌های برنامه‌ریزان و مدیران شهری برای اجرای یک طرح است. بنابراین ایجاد یک کریدور جدید دوچرخه سواری نیز لازم است مورد ارزیابی اقتصادی قرار بگیرد.

۳-۲- شناسایی منافع

همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان شد، منافع قابل سنجش دوچرخه سواری به دو دسته‌ی اصلی تقسیم می‌شوند. منافع نصیب دوچرخه سواران می‌شود که شامل صرفه جویی در زمان، افزایش فعالیت‌های فیزیکی، کاهش هزینه‌ی تصادفات، کاهش مراقبت‌های بهداشتی، کاهش مرگ و میر و صرفه‌جویی در مصرف سوخت هستند. در منافع غیر مستقیم می‌توان به کاهش ازدحام، کاهش آلاینده‌ها و کاهش آلودگی صوتی اشاره نمود.

۴- مسیر مورد مطالعه

در مطالعه‌ای که توسط ملک آبادی در سال ۱۳۹۰ در مورد دوچرخه سواری در شهر اصفهان انجام شد، نامناسب بودن خیابان‌ها و معابر شهری و ناامن بودن از مهم‌ترین تنگناهای استفاده از دوچرخه بیان شدند [۸]. در حال حاضر در شهر اصفهان ۵۰ کیلومتر مسیر ویژه دوچرخه وجود دارد که یکی از مشکلات این مسیرها ناپیوستگی آن‌ها با یکدیگر است [۷]. در این مطالعه احداث مسیر دوچرخه برای خیابان چهارباغ از میدان آزادی تا هتل پل مورد بررسی قرار گرفته است. این مسیر که بخشی از بدنه چهارباغ می‌باشد و در گذشته مسیر تردد پیاده و دورشکه بوده است، به دلیل عبور خودروها در چندین سال اخیر، به فراموشی سپرده شده است که با اجرای مسیر دوچرخه می‌توان کارکرد گذشته آن را احیا کرد. مسیر مورد نظر با طول ۲/۲ کیلومتر علاوه بر برخورداری از فضای زیبا در یکی از محدوده‌های پر ترافیک شهر واقع شده است. هم‌چنین این مسیر دارای پیوستگی با مسیر اتوبوس‌های تندرو است و به دلیل نزدیکی به دانشگاه می‌تواند مورد استقبال دانشجویان نیز قرار بگیرد. شکل ۱ مسیر مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

در سال ۱۳۶۸ مواجه شد و شورای عالی شهرسازی و معماری ایران مصوبه‌ی طراحی مسیرهای مخصوص عبور دوچرخه برای شهرها با جمعیت بیش از ۵۰ هزار نفر را به تصویب رساند [۶].

به منظور بهبود فرهنگ دوچرخه سواری و افزایش استفاده از آن فراهم ساختن زیرساخت‌ها و تسهیلات ضروری آن اجتناب‌ناپذیر است. وجود خطوط دوچرخه در فضای شهر علاوه بر امنیت خاطری که برای دوچرخه سواران به همراه دارد سبب می‌شود اهمیت و جایگاه دوچرخه در دید شهروندان نیز تغییر یابد.

پروژه‌های سرمایه‌گذاری مانند ایجاد تسهیلات برای افزایش پیاده‌روی و دوچرخه سواری ممکن است طیف گسترده‌ای از پارامترهای مربوط به اقتصاد، حرکت، محیط زیست و سلامت را تحت تأثیر قرار دهند [۴]. با وجود گستردگی حوزه‌های حمل و نقل شهری و محدودیت‌های بودجه‌ای، سرمایه‌گذاری بهینه و بازدهی طرح‌ها از ملاک‌های برنامه‌ریزان و مدیران شهری برای اجرای یک طرح است. بنابراین ایجاد یک کریدور جدید دوچرخه سواری نیز لازم است مورد ارزیابی اقتصادی قرار بگیرد.

آنالیز کمی سود-هزینه‌ی احداث مسیر دوچرخه می‌تواند معیاری برای تشخیص قابل قبول بودن یا نبودن سرمایه‌گذاری انجام شده باشد و هم‌چنین به عنوان یک مبنای اولویت‌بندی و مقایسه‌ی پروژه‌ها استفاده شود.

۳- روش تحقیق

آنالیز سود-هزینه فرآیندی نظام‌مند برای محاسبه و مقایسه‌ی مزایا و هزینه‌های یک پروژه یا سیستم است که یکی از پرکاربردترین تکنیک‌های اقتصاد مهندسی است. در این تحلیل هزینه‌های احداث و تعمیر کریدور دوچرخه با منافع ناشی از آن مقایسه شد که منافع حاصله را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: گروه اول منافع هستند که مستقیم عاید استفاده‌کنندگان از این سیستم می‌شوند و گروه دوم منافع غیر مستقیمی هستند که جامعه را شامل می‌شوند.

کلیه برآوردهای این مطالعه با نرخ دلار و یورو به ترتیب ۳۲۰۰۹۵ و ۳۳۰۸۲۰ ریال محاسبه شده‌اند.

۳-۱- شناسایی هزینه‌ها

برای ارزیابی منطقی و معقول، یک برآورد جامع از هزینه‌های موجود پروژه لازم است. هزینه‌های احداث تسهیلات و

- مسیرهای مشترک پیاده‌روی و دوچرخه^۴ که معمولاً در مکان‌هایی که عرض خیابان امکان تأمین خط مجزا برای دوچرخه را نمی‌دهد ایجاد می‌شوند و دارای عرض بین ۱/۵ تا ۱/۸ متر هستند.

در مسیری که در این مطالعه به بررسی آن می‌پردازیم با توجه به وجود پیاده‌رو عریض میانی امکان احداث خط ویژه یا نیمه انحصاری دوچرخه وجود دارد، بنابراین برآورد هزینه برای ساخت این نوع مسیر دوچرخه با عرض ۱/۵ متر انجام گرفت [۹].

۵- برآورد هزینه‌ها

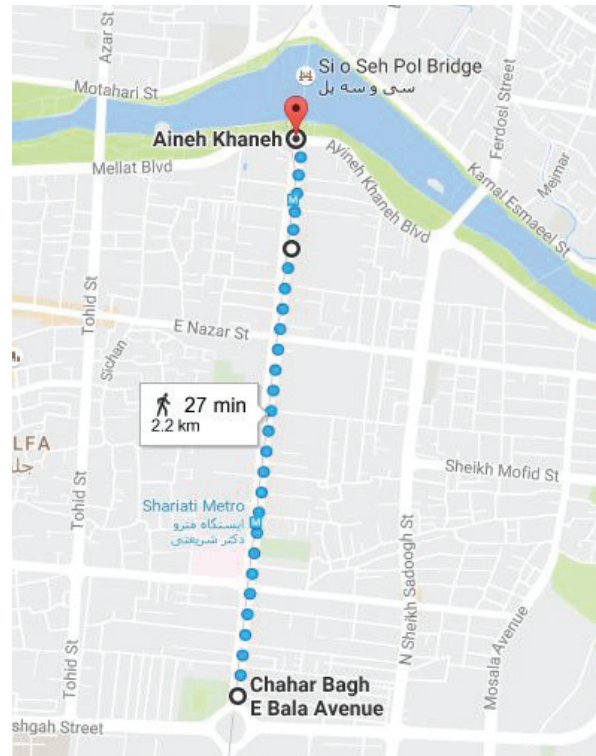
معتبرترین منبع موجود در زمینه برآورد هزینه‌ها فهرست بهای راه و راهداری منتشر شده توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور است. به منظور برآورد هزینه‌های احداث و بهره‌برداری مسیر دوچرخه فهرست بهای سال ۹۵ ملاک قرار گرفت و برای هزینه‌هایی که در این فهرست بها برای آنها برآوردی انجام نشده بود، از فهرست بهای تجهیزات ترافیکی که توسط سازمان حمل و نقل شهر مشهد منتشر شده است، استفاده شد. جدول ۱ هزینه‌های احداث و مقادیر آن برای مسیر مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۵-۱- برآورد هزینه‌های تعمیر و نگهداری کریدور دوچرخه

هزینه‌های تعمیر و نگهداری سالیانه‌ی تسهیلات دوچرخه با مشورت با کارشناسان حمل و نقل و با توجه به ترافیک کم مسیر دوچرخه ۳ درصد هزینه‌ی اولیه‌ی احداث تعیین شد؛ زیرا با وجود وزن کم دوچرخه و خسارت کم به علائم و تابلوهای هدایتگر مسیر عمدتاً تعمیر رسازی و تجهیزات دوچرخه به هزینه زیادی نیاز ندارد.

۶- برآورد منافع

برای برآورد منافع می‌توان به دو صورت عمل نمود، یکی اینکه با توجه به سهم دوچرخه از سفرها و کیلومترهای طی شده به برآورد منافع پرداخت و یا اینکه سفر با دوچرخه را به عنوان جایگزینی برای سفر با خودرو در نظر گرفت و منافع ناشی از دوچرخه را در مقایسه با سفر با خودروی شخصی بدست آورد. با توجه به عدم دسترسی به اطلاعات از روش دوم برای برآورد منافع استفاده شد و منافی که امکان محاسبه‌ی آنها با داده‌های موجود وجود داشت، تعیین گردیدند.



شکل ۱: خیابان چهارباغ بالا از میدان آزادی تا هتل پل

۴-۱- انواع مسیرهای دوچرخه

مسیرهای دوچرخه براساس عرض و مجزا بودن یا تلفیق با مسیر پیاده‌رو و سواره‌رو به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

- مسیر انحصاری دوچرخه^۱ که این مسیر مستقل و مجزا از وسایل نقلیه‌ی موتوری است و صرفاً برای عبور دوچرخه ایجاد می‌شود. عرض این مسیر بین ۲/۴ تا ۳/۶ متر می‌باشد. کاربرد این نوع مسیر در مناطق تفریحی و پارک‌ها که محدودیت مکانی ندارند، بیش‌تر است.

- خط ویژه دوچرخه یا مسیر نیمه انحصاری^۲ که در مجاورت و به موازات سواره‌رو احداث می‌شود و توسط مانع مانند اختلاف سطح و جدول‌گذاری مجزا می‌شود. عرض این معابر معمولاً بین ۱/۵ تا ۱/۸ متر است.

- مسیرهای مختلط یا جانبی^۳ که به صورت مختلط برای دوچرخه و وسایل نقلیه‌ی موتوری با عرض ۲/۴ تا ۲/۶ متر طراحی می‌شوند و از طریق کف‌سازی و علائم و تابلوهای جداکننده مشخص می‌شوند.

- 1 Bicycle path
- 2 Bicycle lane
- 3 Wide outside lane

4 Shared road

جدول ۱: هزینه‌های احداث مسیر دوچرخه

هزینه در مسیر مورد مطالعه (ریال)	تعداد/مقدار	قیمت فهرست بها (ریال) [۱۱،۱۰]	اقدامات
۱۵۴،۶۳۸،۰۰۰	۲/۳*۲۲۰۰*۱/۵*۰/۰۵	به ازای هر تن ۴۲۶،۰۰۰	اصلاح پیاده رو و ساختن کریدور دوچرخه- هزینه‌های مربوط به آسفالت
۳۷،۴۰۰،۰۰۰	۲۲۰۰*۲	متر طول ۸،۵۰۰	خط کشی تهیه مصالح خط‌کشی منقطع یا متصل مسیر دوچرخه
۱،۵۰۰،۰۰۰	۱۰	مترمربع ۱۵۰،۰۰۰	تهیه مصالح و ترسیم نقوش، فلش و خط نوشته مسیر دوچرخه
۲،۵۲۰،۰۰۰	۶	۴۲۰،۰۰۰	خرید صفحه تابلوهای عمودی
۳،۰۰۰،۰۰۰	۶	۵۰۰،۰۰۰	خرید پایه تابلوهای انتظامی، اخباری و اختطاری
۱،۸۰۰،۰۰۰	۶	۳۰۰،۰۰۰	حفاری، اجرای فونداسیون و نصب پایه و صفحه تابلوهای انتظامی، اخباری و اختطاری
۲۰۰،۸۵۸،۰۰۰	مجموع		

۱-۶- کاهش هزینهی مراقبت‌های سلامتی

قیمت سوخت به قیمت واقعی از نرخ جهانی سوخت در سه ماهی سوم سال ۹۵ که ۱/۴۲ دلار به ازای هر گالن است، استفاده شد. بنابراین برای مسیر مورد مطالعه، میزان صرفه‌جویی در مصرف سوخت معادل ۹۰۴ ریال در هر کیلومتر بدست می‌آید.

کم تحرکی و فعالیت‌های کم بدنی یکی از دلایل اصلی ابتلا به دیابت که زمینه‌ساز بیماری‌های قلبی و عروقی است، می‌باشد [۱۲]. دوچرخه با افزایش تحرک فرد می‌تواند هزینهی درمان و مراقبت‌های این بیماری‌ها را کاهش دهد. هزینهی سرانه سالانه‌ی هر فرد مبتلا به دیابت حدود ۷،۰۹۳،۸۶۸ ریال در مطالعات امینی و همکاران برای اصفهان در سال ۱۳۷۷ بیان شده است که با در نظر گرفتن متوسط نرخ تورم ۱۶/۶ درصد از سال ۱۳۷۷ تا سال ۱۳۹۵، سرانه هزینهی درمان و مراقبت‌های بخشی از بیماری‌های ناشی از کم تحرکی حدود ۱۲۳،۳۵۴،۹۳۱ ریال بدست می‌آید. با توجه به نظر پزشکان به طور متوسط ۳۰ دقیقه فعالیت بدنی در روز می‌تواند امکان ابتلا به بیماری دیابت را برطرف نماید [۱۲]؛ بنابراین کاهش هزینهی سلامت مسیر مورد مطالعه که حدوداً ۱۰ دقیقه با دوچرخه طول می‌کشد ۸۵۳ ریال برای هر فرد در هر سفر دوچرخه بدست می‌آید.

۳-۶- منافع ناشی از کاهش فضای پارکینگ

از نظر فضای شهر دوچرخه نسبت به سایر وسایل نقلیه فضای کمتری را اشغال می‌کند. در فضایی که برای توقف یک خودرو در نظر گرفته شده است به راحتی می‌توان نزدیک ۱۵ دوچرخه را جای داد [۸]. در این مطالعه روی هزینهی پارکینگ‌های آزادکنار خیابان تمرکز شد و مشابه مطالعه‌ی هاشمی فرد و همکارانش از روش ابداعی شیخ الاسلامی استفاده شده است با این تفاوت که به ازای هر ۱۵ دوچرخه یک فضای پارکینگ خودرو در نظر گرفته شد. ارزش زمین در خیابان مورد مطالعه حدوداً ۲۵ میلیون ریال به ازای هر متر مربع است که با توجه به سطح ۵*۲/۵ متر مربعی لازم برای پارک هر خودرو، ارزش زمین هر پارکینگ معادل ۳۱۲،۵۰۰،۰۰۰ ریال بدست می‌آید. با فرض سود سالانه‌ی ۱۵ درصدی مطابق با سود بانکی، کل سود سالانه این مبلغ ۴۶،۸۷۵،۰۰۰ ریال محاسبه می‌شود. بنابراین هزینهی تحمیل شده ناشی از پارک یک ساعت خودرو ۵،۳۵۱ ریال است که از این میزان ۹۳/۳ درصد آن یعنی ۴،۹۹۳ ریال منفعت پارکینگ حاصل از استفاده از دوچرخه به جای خودرو است.

۲-۶- صرفه جویی در مصرف سوخت

دوچرخه از نظر مصرف انرژی از با صرفه‌ترین وسایل نقلیه است و انرژی که فرد برای راندن دوچرخه طی مسافت ۴۰۰ کیلومتر صرف می‌کند، فقط با انرژی حاصل از یک لیتر بنزین برابری می‌کند [۸]. برای برآورد میزان صرفه جویی در مصرف سوخت، متوسط سوخت مصرف شده توسط وسایل نقلیه ۷/۵ لیتر در هر ۱۰۰ کیلومتر در نظر گرفته شد. برای نزدیکتر شدن برآورد

۶-۴- منافع ناشی از هزینه‌های عملکردی و بهره‌برداری

تعمیر، نگهداری و زمان سفر هزینه‌های عملکردی و بهره‌برداری را تشکیل می‌دهند. در مورد زمان سفر با توجه به اینکه عموماً ملاک انتخاب دوچرخه برای سفر، کاهش زمان سفر نیست؛ می‌توان گفت که کاربران استفاده‌کننده حساسیتشان به زمان سفر کمتر است. البته در مسیرهای پرتراфик ممکن است زمان سفر برای دوچرخه کمتر از زمان سفر برای خودرو باشد.

متوسط سرعت حرکت خودرو برای مسیر مورد مطالعه ۴۰ کیلومتر در ساعت و برای دوچرخه ۱۲ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شد. بنابراین برای هر کیلومتر از مسیر اختلاف زمان سفرشان ۳/۵ دقیقه است. برای محاسبه‌ی ارزش اقتصادی این زمان سفر، فرض شد سفرهای جایگزین شده با دوچرخه سفرهای شخصی باشند که به پیشنهاد بانک جهانی ارزش زمانی آن ۳۰ درصد ارزش زمانی سفرهای کاری است [۱۳]. ارزش متوسط زمان برای سفرهای کاری با استفاده از مطالعه‌ای که توسط خشایی پور و همکارانش انجام شده است، تعیین شد که طبق این مطالعه ارزش زمان به درآمد سالانه خانوار، متوسط ساعت کاری در ماه، متوسط درصد افراد شاغل در هر خانوار و بعد خانوار وابسته است. با توجه به اطلاعات سرشماری متوسط درآمد سالانه‌ی خانوارها ۲۱۸۰۷۳۲۰۵۴۰ ریال و درصد افراد شاغل ۳۰/۶ و متوسط بعد خانوار ۳/۴۴ می‌باشد. بنابراین ارزش زمان در هر سفر شخصی ۲۹۰۵۱۶ ریال بر ساعت بدست می‌آید و در نتیجه‌ی آن ارزش ۳/۵ دقیقه اختلاف زمان سفر بین دوچرخه و خودرو ۱۰۷۲۲ ریال به ضرر دوچرخه محاسبه می‌شود. هزینه‌ی تعمیر و نگهداری دوچرخه در مقایسه با اتومبیل

بسیار کمتر است. این هزینه با توجه به پژوهش خشایی پور و همکارانش و با در نظر گرفتن نرخ جدید دلار بدست آمد که برای خودرو ۶۰۴۲۰ ریال در هر کیلومتر و برای دوچرخه ۸۰۰ ریال در هر کیلومتر برآورد شد.

بنابراین در مجموع منافع بهره‌برداری حاصل از جایگزینی دوچرخه ۳۰۸۹۸ ریال در هر کیلومتر بدست می‌آید.

۶-۵- کاهش آلودگی هوا

برای محاسبه‌ی هزینه‌های پیامد آلودگی هوا ناشی از حرکت خودروها لازم است متوسط انتشار آلاینده‌های هوا با توجه به مصرف سوخت به ازای هر لیتر بنزین یا هر کیلومتر مسیر طی شده مشخص گردد و سپس ارزش‌گذاری پولی برای خسارت‌های زیست محیطی ناشی از آلاینده‌ها انجام شود تا در نهایت هزینه‌ی آلودگی هوا به ازای هر خودرو در هر کیلومتر مسیر طی شده را بتوان به صورت ریالی محاسبه کرد.

طبق آمار منتشر شده توسط سازمان بهینه‌سازی سوخت در جدول ۲ میزان انتشار آلاینده‌های هوا برای خودروی سواری در هر کیلومتر بدست آمده است.

برای محاسبه‌ی ارزش ریالی آلاینده‌ها تاکنون در مطالعات قبلی دو روش بیان شده است؛ در روش اول خسارت وارده ناشی از آلاینده‌ها تعیین و سپس براساس واحد پول اندازه‌گیری می‌شود که یکی از ارزیابی‌های دقیق در این زمینه را بیگل و همکارش در سال ۱۹۹۷ انجام دادند و میزان خسارت واحد وزن آلاینده‌ها را در هر کیلومتر تعیین نمودند. آنان نتایج را در قالب جدولی تحت عنوان جدول اکسترن ارائه نمودند (جدول ۳). در روش

جدول ۲: انتشار آلاینده‌های هوا به ازای هر گرم بر کیلومتر [۱۴]

PM	NO	HC	CO
۰/۴۴	۱/۸۲۹	۰/۳۳۱	۵/۴۲۵

جدول ۳: ارزش پولی خسارت ناشی از آلاینده‌ها (برحسب یورو بر گرم) [۱۴]

SO _x	CO _۲	PM	NO _x	VOC	CO
۰/۰۱۱۳	۰/۰۰۰۰۲۵۲	۰/۳۴۷	۰/۰۰۷۳	۰/۰۰۰۷۸	۰/۰۰۰۰۰۲۷

جدول ۴: هزینه‌ی نهایی آلودگی هوا ناشی از خودروهای سواری (ریال / کیلومتر)

مجموع	PM	NO	HC	CO
۵۶۲۴	۵۱۶۳/۶۴	۴۵۱/۵۵	۸/۷۳۲	۰/۴۹۵

جدول ۵: منافع محاسبه شده برای تغییر مد سفر از خودرو به دوچرخه

منافع	ارزش ریالی در هر سفر
کاهش هزینه‌ی مراقبت‌های سلامتی	۸۵۳
صرفه جویی در مصرف سوخت	۱,۸۰۸
منافع ناشی از کاهش فضای پارکینگ	۴,۹۹۳
کاهش هزینه‌های عملکردی و بهره‌برداری	۸,۵۷۶
کاهش آلودگی هوا	۱۲,۳۷۳
مجموع	۲۸,۶۰۳

جدول ۶: آنالیز سود-هزینه‌ی کریدور چهارباغ بالا برای دوره‌ی طرح ۵ ساله

سال (k)	منافع ناشی از تغییر مد سفر از خودرو به دوچرخه	هزینه‌های کریدور دوچرخه
۰	در شروع پروژه هیچ منفعتی حاصل نمی‌شود.	هزینه احداث برابر با ۲۰۰,۸۵۸,۰۰۰ ریال
۱	$450 \times 365 \times 28,603 \times (1/(1+0.15))^1 = 4,085,254,565$	$200,858,000 \times 0.3 \times (1/(1+0.15))^1 = 5,239,774$
۲	$450 \times 365 \times 28,603 \times (1/(1+0.15))^2 = 3,552,395,274$	$200,858,000 \times 0.3 \times (1/(1+0.15))^2 = 4,556,325$
۳	$450 \times 365 \times 28,603 \times (1/(1+0.15))^3 = 3,089,039,369$	$200,858,000 \times 0.3 \times (1/(1+0.15))^3 = 3,962,021$
۴	$450 \times 365 \times 28,603 \times (1/(1+0.15))^4 = 2,686,121,190$	$200,858,000 \times 0.3 \times (1/(1+0.15))^4 = 3,445,236$
۵	$450 \times 365 \times 28,603 \times (1/(1+0.15))^5 = 2,335,757,557$	$200,858,000 \times 0.3 \times (1/(1+0.15))^5 = 2,995,858$
مجموع	۱۵,۷۴۸,۵۶۷,۹۵۵	۲۲۱,۰۵۷,۲۱۵
	نسبت منافع به هزینه‌ها B/C=	۷۱/۲۴

۷- آنالیز سود-هزینه

برای مقایسه‌ی هزینه و منافع، ارزش خالص فعلی آن‌ها مدنظر قرار گرفت و از تابع سود-هزینه (رابطه ۱) استفاده شد [۶]. در این محاسبات نرخ کاهش، برابر با ۱۵ درصد مطابق با نرخ سود بانکی یکساله در سال ۹۵ انتخاب گردید. هم‌چنین با توجه به گسترش اقدامات شهرداری اصفهان در جهت افزایش فرهنگ دوچرخه سواری فرض شده است که در دوره‌ی ۵ ساله‌ی در نظر گرفته شده، حدود ۴۵۰ مورد از سفرهای روزانه در مسیر میدان آزادی تا هتل پل با دوچرخه جایگزین می‌شود.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{k=0}^n B_k \left(\frac{1}{(1+d)^k} \right)}{\sum_{k=0}^n C_k \left(\frac{1}{(1+d)^k} \right)} \quad (1)$$

دوم هزینه‌ی کاهش آلاینده‌ها به میزان مشخص برآورد می‌شود و سپس با توجه به میزان آلاینده‌های منتشر شده از طریق حمل و نقل، خسارت برای هر کیلومتر مسیر تعیین می‌گردد. در این مطالعه از روش اول برای محاسبه ارزش پولی آلاینده‌ها استفاده شد که جدول ۴ هزینه‌ی ریالی نهایی آلودگی هوای را نشان می‌دهد.

۶-۶- مجموع منافع

برای مسیر ۲/۲ کیلومتری مورد مطالعه کلیه‌ی منافع برحسب ریال به ازای یک سفر تعیین شد که در جدول ۵ این مقادیر قابل مشاهده است.

۳- آنالیز سود-هزینه می‌تواند معیار مناسبی برای اولویت‌بندی پروژه‌ها و سرمایه‌گذاری‌های مختلف باشد و ابزار مناسبی برای تصمیم‌گیری در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان قرار می‌دهد.

۹- مراجع

۱- بهزادی، غ.، توکلی صابر، ا.، نبی پور، م.، ارزیابی و الویت‌بندی تسهیلات مؤثر بر افزایش مطلوبیت دوچرخه سواری، اردیبهشت ۱۳۹۳، هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، ۷.

۲- مهندسی حمل و نقل، بهار ۱۳۹۵، شناسایی سیاست‌های مؤثر بر سیستم اشتراک دوچرخه در شهر تهران، شماره سوم، ۴۶۳-۴۸۰.

3- Journal of Physical Activity and Health, 2011, Costs and Benefits of Bicycling Investments in Portland, Oregon, 8(Suppl 1), S49-S58, Human Kinetics, Inc.

4- Mingxin Li, Ardeshir Faghri, 2014, Cost-Benefit Analysis of Added Cycling Facilities, TRB 2014 Annual Meeting, 16.

5- www.traffic18.persianblog.ir/post/28/

۶- حجازی، ج.، آرمن، ع.، هاشمی فرد، ح.، تحلیل منفعت به هزینه‌ی ایجاد تسهیلات کریدورهای دوچرخه در کلان شهرها- مطالعه موردی کلان شهر اهواز، تیر ۱۳۹۴، همایش بین‌المللی معماری، عمران و شهرسازی در هزاره‌ی سوم، تهران، ۱۷.

7- <http://ebtekarnews.com/?newsid=4463>

۸- مجله مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، تابستان ۱۳۹۰، تحلیلی جغرافیایی بر نقش دوچرخه در سیستم حمل و نقل پایدار شهر اصفهان، شماره نهم، ۱۰۱-۱۲۲.

۹- جامعه‌شناسی کاربردی، پاییز ۱۳۹۰، معیارهای مکان‌گزینی و طراحی مسیرهای دوچرخه سواری

(با تأکید بر شهر اصفهان)، شماره پیاپی (۴۳)، ۱۳۵-۱۵۲.

۱۰- فهرست بهای واحد پایه رشته راهداری، ۱۳۹۵، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۷۲-۵۹.

۱۱- فهرست بهای واحد پایه تجهیزات ترافیک، ۱۳۹۵، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری مشهد، ۲۳-۳.

در این رابطه B_k و C_k هزینه‌ها و منافع در سال k ، d نرخ کاهش و n دوره‌ی طرح هستند.

با استفاده از رابطه‌ی بیان شده هزینه‌ها و منافع در دوره‌ی طرح ۵ ساله محاسبه گردید. در جدول ۱۶ این محاسبات ارائه شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود نرخ سود به هزینه برای ایجاد کریدور دوچرخه برای مسیر میدان آزادی تا هتل پل برای دوره‌ی ۵ ساله حدود ۷۱ برآورد شد که این نشان از قابل قبول بودن سرمایه‌گذاری در این زمینه است. همچنین از این آنالیز می‌توان به عنوان معیاری برای مقایسه بین اولویت اجرای این طرح و سایر پروژه‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها استفاده نمود.

۸- نتیجه‌گیری

رشد روز افزون شهرها و جمعیت شهری، افزایش استفاده از خودرو و آلودگی‌های شدید هوا و تبعات آن در زندگی امروز افراد، مسائل و مشکلات پیچیده‌ای ایجاد نموده است که با نگاهی به گذشته ممکن است راهکار این مشکلات بدست آید. در زمینه‌ی مشکلات حمل و نقل و ترافیک می‌توان حمل و نقل غیر موتوری (پیاده‌روی- دوچرخه سواری) را مورد توجه قرار داد و با گسترش مسیرهای مناسب در بافت مناطق مختلف شهری موجبات رفع مشکلات را فراهم نمود.

شهر اصفهان به عنوان شهری است که از قدیم استفاده از دوچرخه در آن رواج داشته است. با توجه به این تمایل، طراحی مسیرهای مناسب دوچرخه می‌تواند گامی در جهت کاهش آلودگی‌های هوای ناشی از سوخت‌های فسیلی و ترافیک سرسام‌آور شهری باشد چرا که مکانیزهای شهری سیستم‌وار به یکدیگر وابسته هستند و طرح‌های کوچک و مناسب می‌تواند سودمندی‌های بزرگ و بی‌شماری به همراه داشته باشد. با ارزیابی اقتصادی انجام شده برای این طرح نتایج زیر نیز حاصل گردید:

۱- ایجاد مسیر و تسهیلات دوچرخه با برتری ۷۱ برابری سود نسبت به هزینه برای یک دوره‌ی طرح ۵ ساله یک سرمایه‌گذاری قابل قبول و مناسب است و می‌تواند در دستور کار برنامه‌ریزان حمل و نقل قرار بگیرد.

۲- در این مطالعه از بخشی از منافع مثل کاهش ازدحام، کاهش آلودگی صوتی و کاهش هزینه‌ی تصادفات چشم‌پوشی شد که با در نظر گرفتن این منافع اقتصادی بودن اجرای مسیر دوچرخه بیش تر نیز می‌شود.

- ۱۲- حکیم، زمستان ۹۰، چاقی در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲: مروری بر شواهد اقتصاد سلامت، شماره چهارم، ۲۴۱-۲۳۳.
- ۱۳- خشایی پور، م.، عابدینی، م.، بابایی، ش.، تعیین هزینه سیستمی سفر با هر یک از مدهای حمل و نقل شهر تهران در سال ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران، ۱۷.
- ۱۴- فصلنامه اقتصاد مقدراتی (بررسی‌های اقتصادی سابق)، تابستان ۱۳۹۰، پیامدهای بیرونی حمل و نقل با خودرو شخصی در شهر تهران، شماره ۲، ۷۷-۵۲.

Economic evaluation of added cycling Corridor with Benefit-cost analysis

Zahra Dehghani¹, Ahmad Goli², Majid Fazeli³, Mohamadreza Sonbolestan⁴

1- Graduate student of transportation planning, Isfahan University

2- Assistant Professor Faculty of Transportation, University of Isfahan

3- Graduate student of transportation engineering, Isfahan University of Technology

4- PHD student of transportation engineering, K. N. Toosi University of Technology

Abstract

Motor vehicle traffic congestion and environmental problems caused by it are one of the biggest concerns of today's urban societies that attention of transportation planners and managers has led to develop and promote non-motorized transportation. Expansion facilitate and improve the culture of cycling is an achievable solution which can convert bicycle as a healthy mode to alternative to personal vehicles for short trips within the city. However, it seems about the effectiveness of expansion a new cycling corridor is still uncertain and spending on cycling infrastructure compared to investment in roads is not a priority. Benefit-cost analysis can be a decision-making tool in this context. In this study, to create a cycling corridor with a length of 2.2 km in Esfahan economic evaluation was performed with benefit-cost analysis and the benefits of creating this special path for 5-year plan period, were obtained more than the total cost of construction and maintenance.

Keywords: Benefit-cost analysis, Cycling Corridor, Economic Analysis, Non-motorized transportation