

ارائه متدولوژی مناسب به منظور احداث پل های عابر پیاده در معابر شهری با رویکرد توسعه پایدار

مجتبی رمضان پور احمدچالی^۱، محمود صفارزاده^۲، احسان جهانمرد^۳، مرتضی جهانشاهی^۴،
اشکان اله یاری نیک^۵

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل دانشگاه علوم و تحقیقات تهران
- ۲- استاد گروه راه و ترابری دانشگاه تربیت مدرس
- ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی راه و ترابری دانشگاه علوم و تحقیقات تهران
- ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی راه و ترابری تهران جنوب
- ۵- کارشناس ارشد مهندسی راه و ترابری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

تامین ایمنی برای تردد عابرین پیاده موضوعی است بسیار حائز اهمیت که با افزایش تمایل به حمل و نقل پایدار و حرکت به سمت حمل و نقل های غیرموتوری از اهمیت بیشتری برخوردار می گردد. آنچه که یکی از مهمترین نگرانی ها و شاید اصلی ترین مقوله ی ارتقاء ایمنی در معابر شهری برای عابرین پیاده می باشد، تامین ایمنی تردد عرضی عابرین پیاده است. در این مطالعه با بررسی برروی یک مطالعه ی موردی به صورت عینی به محاسبات دقیق برای یک پل عابرپیاده پرداخته شود و هزینه ها و منافع حاصله نسبت به یکدیگر دیده شوند. هرچند که پل های عابر پیاده ای وجود دارد که در خصوص احداث آنها و مکان احداثشان براساس نظر شخصی تصمیم گیرنده اقدام شده است. استفاده از نرم افزارهای شبیه ساز کامپیوتری خردنگر در خصوص احداث پل های عابر پیاده و تعیین دقیق اثر پل های عابر پیاده بر اساس خروجی های آنها در این پژوهش مفصلاً بحث گردیده و نحوه ی محاسبات و ارزیابی های فنی و اقتصادی شرح داده شده است، ضروری می باشد. پس از

^۱ Ramzanpoor.mojtaba@gmail.com ، ۰۹۱۱۱۴۱۱۷۰

^۲ saffar_m@modares.ac.ir 02182883386

^۳ eh_jahanmard88@yahoo.com ، ۰۹۱۰۴۴۴۸۰۴۴

^۴ jahanshahi.morteza@gmail.com ، ۰۹۱۱۳۱۳۴۵۲۳

^۵ allahyarinik@gmail.com ، ۰۹۱۲۰۴۸۹۶۱۰

بررسی و ارزیابی های دقیق فنی و اقتصادی از آنجایی که نسبت سود به زیان بیش از یک گردید
احداث پل عابر پیاده در نقطه مطالعه موردی از توجیه فنی و اقتصادی برخوردار است و همچنین
هزینه پله های برقی پل های عابر پیاده مکانیزه بیش از ۸۰ درصد هزینه ساخت را در بر دارد.

کلید واژه : پل عابر ، سود، هزینه، تصادف، زمان سفر، مصرف سوخت، آلودگی هوا، توسعه پایدار.

۱- مقدمه

در سراسر دنیا، یکی از مهمترین صنایع، صنعت حمل و نقل می باشد. با رشد صنعت حمل و نقل هر کشور، اقتصاد آن کشور می تواند شکوفا شود. از بین انواع مختلف طرق حمل و نقل، حمل و نقل جاده‌ای پرکاربردترین حالت جایجایی انسان و کالا می باشد. لازم به ذکر است منظور از حمل و نقل جاده‌ای، صرفاً حمل و نقل در جاده‌های برون شهری نمی باشد. بلکه حمل و نقل در معابر درون شهری را نیز شامل می گردد. بدون شک چنانچه در شرایطی خاص بین دو ویژگی کارایی و ایمنی جریان ترافیک ناگزیر به انتخاب یکی باشیم، ویژگی ایمنی برگزیده شده هرچند که باعث کاهش کارایی سیستم حمل و نقل گردد. بر این اساس باید سیاستهایی در پیش گرفته شود که مسافری ترغیب به استفاده از تسهیلات حمل و نقلی که دولت ها ارائه می کنند شوند. عوامل مهمی در افزایش رغبت شهروندان برای استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی وجود دارند. عواملی همچون راحتی بیشتر، هزینه کمتر، زمان سفر کوتاه تر و... یکی از تسهیلاتی که برای عبور عرضی عابرین پیاده از معابر درون شهری وجود دارد، پل های عابر پیاده می باشد. توجه به تردد عابرین پیاده از جنبه‌هایی همچون ایمنی، زمان سفر، راحتی مطلوب، اطمینان خاطر و آرامش روانی عابرین پیاده، بسیار ضروری می باشد. بنابراین پل های عابر پیاده به عنوان یکی از مهمترین تسهیلاتی که برای عبور عرضی عابرین پیاده از عرض معابر در نظر گرفته می شود باید از جنبه های فوق به دقت بررسی و تجزیه و تحلیل شود. ایمنی و کارایی که برای عابرین پیاده در سطح شهر تأمین می کنند به دقت ارزیابی فنی و اقتصادی شود [1].

۲- تعریف مسأله و اهداف تحقیق

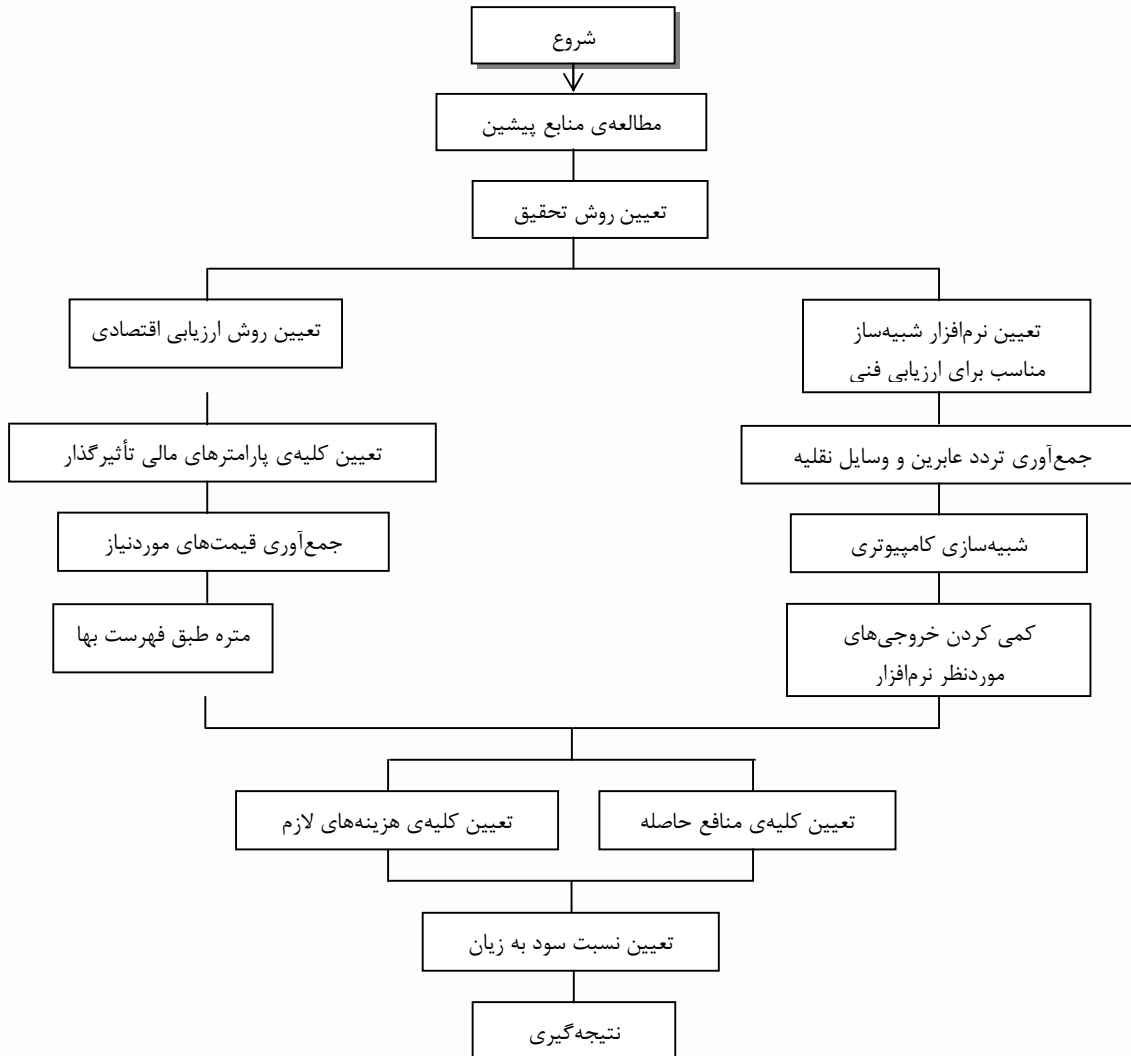
توجه به تسهیلات عابرین پیاده امری است که در دهه‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این راستا، اهتمام جدی به مقوله‌ی ایمنی تردد عابرین پیاده چه به صورت طولی از پیاده‌روها و پیاده-راهها و چه به صورت عرضی از عرض معابر شهری بسیار ضروری گشته است. در کشور عزیزمان متأسفانه آمار کشته‌شدگان عابرین پیاده بسیار چشم‌گیری می باشد. بنابراین انجام کلیه‌ی اموری که در جهت ارتقا ایمنی معابر درون شهری با رویکرد حفظ جان شهروندان خصوصاً عابرین پیاده باشد، ضروری است. از آنجایی که بودجه‌ی در اختیار تصمیم‌گیرندگان همیشه محدود بوده است، لذا تصمیم‌گیری در خصوص اینکه در چه مکانی از چه راهکاری برای کاهش حوادث و تلفات رانندگی جلوگیری شود، نیاز به یک کار کارشناسی و اطلاع دقیق از کلیه‌ی هزینه‌های انجام آن اقدام و کلیه‌ی

منافع حاصله از صورت گرفتن آن راهکار می باشد. نظر به اینکه در معابر درون شهری برای عبور عرضی عابرین پایده از عرض معابر غالباً از پل های عابر پیاده استفاده می گردد و نه از زیرگذر عرضی، لازم می باشد که هزینه های احداث پل عابر و کلیه ی منافع مستقیم و غیرمستقیم ناشی از احداث پل عابر به دقت و پس از شبیه سازی های کامپیوتری متره و برآورد دقیق مالی حساب گردد. بنابراین در این مطالعه به بررسی و ارزیابی دقیق فنی و اقتصادی پل های عابر پیاده پرداخته گردیده است.

در تحقیق پیش رو، به منظور هرچه پرکاربردتر شدن و عملی تر شدن موضوع تحقیق اهداف ذیل تعریف گشته است، که از جنبه ی هدف کلی ارزیابی فنی و اقتصادی پل های عابر پیاده می باشد که به منظور جامع تر شدن کار بر روی ارزیابی فنی و اقتصادی یک پل عابر پیاده مکانیزه کار گشته شده است. به عبارت دیگر هدف کلی تعیین اینکه آیا احداث پل عابر پیاده توجیه فنی و اقتصادی دارد یا خیر می باشد. از لحاظ اهداف جزئی که برای رسیدن به هدف کلی به آنها رسیده خواهد شد تعیین هزینه های ساخت پل های عابر پیاده، مشخص کردن کلیه ی منافع حاصل از وجود پل عابر پیاده در بخشی از یک معبر شهری، کمی کردن پارامترهایی همچون آلودگی هوا و گازهای آلاینده نظیر $[CO, NO_x, HC]$ ، تعیین منفعت سالیانه ی ناشی از هدر نرفتن وقت رانندگان و سرنشینان وسایل نقلیه به خاطر عدم تداخل جریان ترافیک با عبور عابری پیاده گذرنده از عرض خیابان می باشد.

۳- متدولوژی تحقیق

برای رسیدن به کلیه ی اهدافی که تعریف گشته است و برای پاسخ دادن به سؤالات مطرح گشته پس از مطالعه ی کارهای علمی انجام شده ی مشابه با این تحقیق، به تحقیق و جمع آوری اطلاعات لازم از ارگان های مربوطه و سایت های مرتبط پرداخته شده است و برای جایی که نیاز به برداشت آمار تردد برای وارد کردن به نرم افزار شبیه ساز بوده است، کلیه ی آمار تردد برداشت گردیده است. در محاسبات مالی نیز کلیه ی قیمت ها یا از فهرست بها اخذ گردیده است یا از سازندگان و افرادی که متولی امر ساخت بوده اند تهیه گردیده است. پس از شبیه سازی های کامپیوتری و تعیین دقیق پارامترهای مدنظر خروجی های نرم افزار و کمی کردن کلیه ی پارامترها از طریق روش نسبت منافع، هزینه ها به ارزیابی فنی و اقتصادی کل پروژه ی احداث پل های عابر پیاده پرداخته شده است. روشی که در مدل پیشنهادی این مقاله برای متدولوژی مناسب در جهت افزایش ایمنی در معابر درون شهری مورد استفاده قرار می گیرد، در شکل 1 آمده است.



شکل ۱- روند طراحی شبکه اتوبوسرانی در شهرهای متوسط و کوچک در مدل پیشنهادی

۴- مروری بر تحقیقات انجام‌شده

۴-۱- ضوابط جانمایی و احداث پل‌های عابر پیاده

گذر ایمن عابر از یک معبر با روش‌هایی چون خط‌کشی عابر، چراغ راهنمایی و گذرگاه‌های غیر همسطح پیش‌بینی می‌شود. شرایط تأثیرگذار در انتخاب هر یک از این روش‌ها عبارتند از: حجم و سرعت وسایل نقلیه عبوری، تعداد تصادفات، حجم عابرین پیاده، مشخصات فیزیکی راه، کاربری

حاشیه‌ای و وضعیت ایمنی راه است. برای انتخاب گذرگاه غیرهمسطح سیستمی امتیازی به شرح جدول ۴-۱ در نظر گرفته می‌شود [2].

جدول ۱ - میزان امتیاز هر یک از عوامل [2]

امتیاز	عوامل
۴۰	حجم سواره و پیاده به نسبت حجم ۳۰۰۰ وسیله نقلیه و ۳۵۰ مسافر در ساعت اوج:
۱۲	عرض خیابان به ازای هر ۳/۳ متر:
۴	وجود هر جزیره میانی برجسته:
۱۰	وجود هر مدرسه ابتدایی در محدوده:
۵	وجود هر تصادف عابر با وسیله نقلیه در سال:
۲	وجود هر جزیره میانی همسطح:
۵	وجود هر مدرسه راهنمایی و دبیرستان در محدوده:
۱۰	سرعت وسایل نقلیه بیش از ۵۰ کیلومتر بر ساعت:

امتیاز لازم جهت انتخاب گزینه گذرگاه غیرهمسطح بین ۸۵-۱۰۰ می‌باشد. شرایط خاصی که در آنها گذرگاه غیرهمسطح برای عبور عابر پیاده استفاده می‌شود نیز وجود دارد که در جدول (۴-۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- شرایط احداث گذرگاه غیرهمسطح [2]

بیش از ۳۰۰۰ وسیله نقلیه عبوری در ساعت اوج	حجم وسایل نقلیه:
۵۰ کیلومتر بر ساعت یا بیشتر	سرعت متوسط وسایل نقلیه:
بیش از ۳۵۰ عابر پیاده عبوری در ساعت اوج	حجم عابر پیاده عبوری:
در صورت وجود در یک سال	تعداد تصادفات عابر:
در محدوده ۲۵۰ متر یا بیشتر	نزدیکترین گذرگاه ایمن عابر پیاده:
حداقل ۲۵ متر	عرض معبر:

۴-۲- نیازسنجی احداث پل عابر پیاده در معابر شهری

در این بخش فرض بر این است که احداث زیرگذر نامقدور و یا توجیه فنی مهندسی ندارد. بدیهی است احداث زیرگذر برای عبور عابری پیاده در کلیه شرایط دارای اولویت بوده و احداث پل‌های عابر پیاده فقط و فقط در صورتی که به هیچ وجه امکان احداث زیرگذر وجود نداشته باشد قابل طرح و

بررسی خواهد بود. نیاز به احداث پل‌های عابر پیاده براساس ویژگی‌های فیزیکی، هندسی و ترافیکی معبر تعیین خواهد شد. برخی از این ویژگی‌ها عبارتند از [3].

۴-۲-۱- نوع عملکرد معبر

در معابر شریانی درجه ۱ (آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها) و در معابر شریانی درجه ۲ اصلی، بهترین راه عبور عابرین از عرض معبر، پل عابر پیاده می‌باشد. در صورت وجود کاربری‌های مهم و مراکز جذب سفر در اطراف این گونه معابر و لزوم عبور عابرین پیاده از عرض معبر، احداث پل عابر پیاده به عنوان یک راهکار ایمنی توصیه می‌گردد. در معابر محلی نیازی به احداث زیرگذر عابر پیاده نمی‌باشد.

۴-۲-۲- تاریخچه تصادفات خودرو و عابر پیاده

یکی از اهداف عمده احداث پل عابر پیاده، بهبود شرایط ایمنی عابرین پیاده می‌باشد. به همین دلیل بررسی آمار و تاریخچه تصادفات معبر مورد نظر به منظور لزوم نصب پل عابر پیاده، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در این خصوص لازم است تا نسبت به جمع‌آوری آمار تصادفات خودرو و عابر پیاده در معبر اقدامات لازم صورت پذیرد. برای این منظور، باید حداقل ۱ تصادف فوتی و ۲ تصادف جرحی در معبر مورد نظر در طول ۱ سال گذشته بر اثر برخورد خودرو با عابر پیاده روی داده باشد [3].

۴-۲-۳- حجم عبور وسایل نقلیه

یکی از اطلاعاتی که برای بررسی ضرورت احداث پل‌های عابر پیاده در یک معبر مورد بررسی قرار می‌گیرد، آمار حجم عبور وسایل نقلیه می‌باشد. حداقل حجم‌های عبور وسایل نقلیه به منظور احداث پل عابر پیاده به شرح زیر می‌باشد:

در تقاطع فاقد چراغ راهنمایی زماندار: حداقل حجم عبور در ۴ ساعت اوج متوالی در هر جهت معبر، برابر با ۳۰۰۰ وسیله نقلیه باشد.

در تقاطع دارای چراغ راهنمایی زماندار: حداقل حجم عبور در ۴ ساعت اوج متوالی در هر جهت معبر، برابر با ۷۰۰۰ وسیله نقلیه می‌باشد.

نحوه برآورد درصد استفاده کنندگان از پل عابر [3].

$$U=0/03 W_m+0/008V_{max}-0/245R-0/329$$

U: میزان استفاده از پل عابر پیاده برحسب درصد

V_{max}: سرعت ماکزیمم معبر

W_m: عرض سواره‌رو (مجموع دو جهت)

R: در صورتی که جانپناه میانی (میانگاہ) باز باشد ۱ و در صورتی که بسته باشد صفر در نظر گرفته شود

۴-۲-۴- تلفات و صدمات جاده ای

بنابر گزارش مشترک سازمان بهداشت جهانی و بانک جهانی در اطراف و اکناف جهان، هر روز در حدود ۱۶۰۰۰ نفر به علت انواع مصدومیت‌ها فوت می‌کنند. جرح ناشی از انواع صدمات ۱۲ درصد از بار ناخوشی و عدم سلامت انسان‌ها را در سطح جهان تشکیل می‌دهد و این سومین عامل کل مرگ و میر و مهمترین عامل مرگ و میر انسانهای یک تا چهل ساله می‌باشد. در این میان صدمات جاده‌ای مهمترین عامل ایجاد مصدومیت بوده و یافته‌های سازمان بهداشت جهانی نشان می‌دهد که ۲۵ درصد تلفات ناشی از مصدومیت‌ها در سطح جهان، ناشی از مصدومیت‌های تصادفات رانندگی است. بر مبنای مطالعات انجام یافته در میان ملل مختلف، یک برآورد محافظه کارانه نسبت بین تعداد تلفات جاده‌ای، تعداد مجروحان سخت که احتیاج به بستری شدن در بیمارستان دارند و تعداد مجروحان سبک را به صورت (۷۰:۱۵:۱) در بیشتر کشورها نشان می‌دهد [۴].

۴-۲-۵- تصادفات برون شهری و درون شهری ایران

تصادفات برون شهری به علت سرعت زیاد وسایل نقلیه و شدت بالای برخوردها، گرچه از نظر تعداد تصادفات کم‌تر از تعداد تصادفات درون شهری است؛ اما از جهت خسارت‌ها و ضایعات مادی و معنوی به مراتب سنگین‌تر می‌باشد. به طور مثال براساس تحقیقات قبلی که برای هزینه تصادفات برون شهری و درون شهری به صورت جداگانه توسط دکتر اسماعیل آیتی انجام یافته است نسبت تعداد تصادفات برون شهری و درون شهری ایران برابر [۸].

$$\frac{95268}{175172} = 0/54$$

بوده است، در حالی که نسبت هزینه‌های تصادفات برون شهری به درون شهری برابر:

$$\frac{6170/6}{1777/7} = 3/47$$

محاسبه گردیده است. به عبارت دیگر در حالی که در جاده‌های برون شهری ایران در آن سال فقط ۵۴ درصد تصادفات درون شهری رخ داده بود، اما همان ۰/۵۴ تصادفات، ۳/۴۷ برابر هزینه برای کشور ایجاد کرده بود. از نگاهی خاص، اگر هزینه را مستقیماً متناسب با شدت تصادفات بدانیم، تصادفات برون شهری از شدتی معادل:

$$(3/47)/(0/54)=6/43$$

برابر نسبت به تصادفات درون شهری برخوردار بوده است. بدین جهت محاسبه‌ی هزینه‌ی تصادفات جاده‌ای برون شهری از اهمیت و اولویت بالاتری برخوردار می‌باشد [۴].

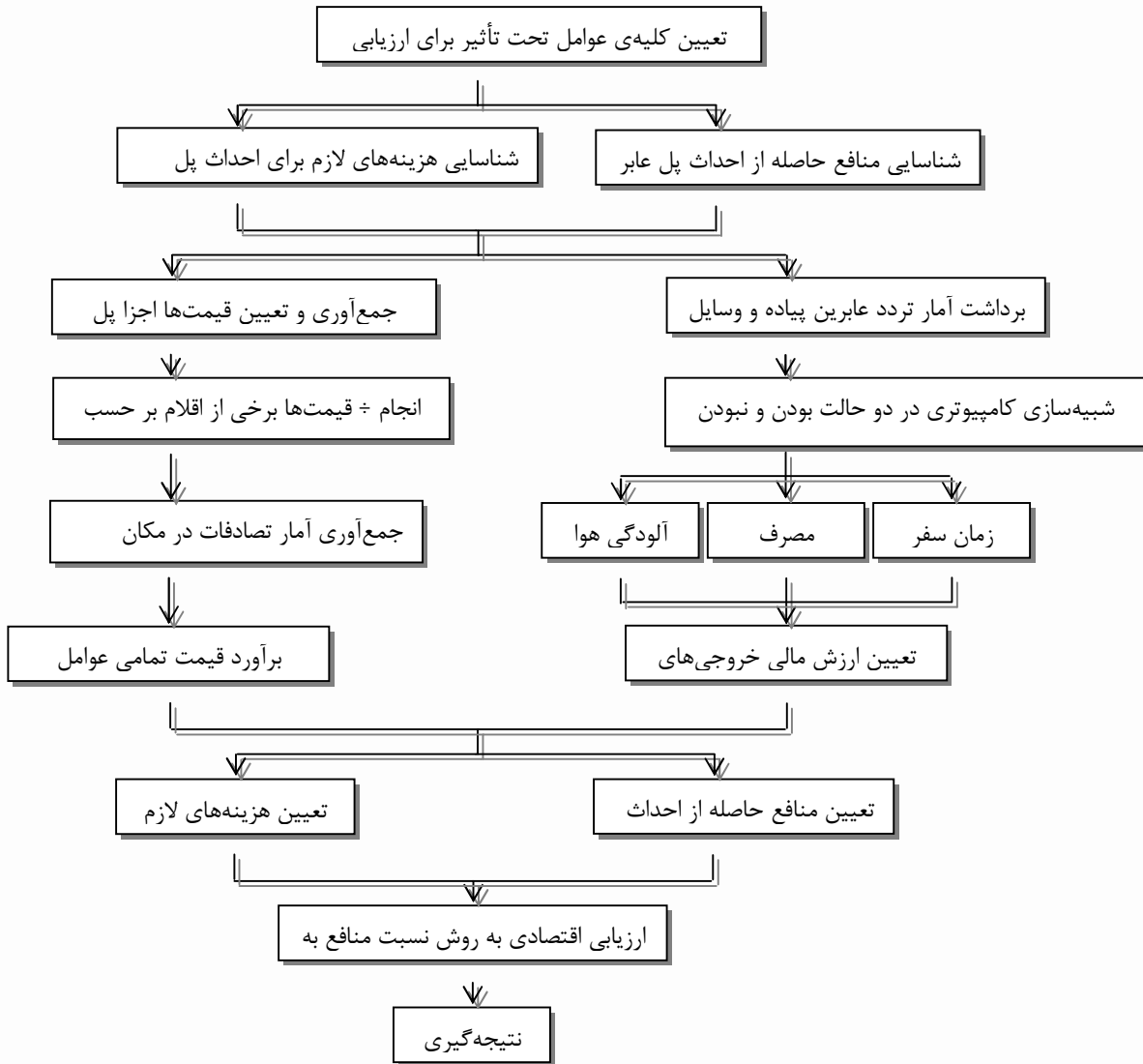
ضرورت مهم دیگر محاسبه هزینه تصادفات ترافیکی، کاربرد وسیع و مؤثر آنها در فرایندهای قضایی و در جهت کمک به اجرای عدالت می باشد

۵- روش تحقیق

در این فصل به توضیح مبانی نظری تحقیق و فرآیند روش انجام آن پرداخته شده است. در ابتدا، روش به کار گرفته شده و کلیات روش‌های موجود دیگر بیان می‌گردد و سپس به معرفی مختصری از نرم-افزار شبیه‌ساز به کار گرفته شده پرداخته می‌شود. در ادامه به بیان انواع روش‌های ارزیابی اقتصادی که امکان به کارگیری در این گونه تحقیقات را داشته باشد، تشریح می‌گردد و در عین حال اصطلاحات کاربردی نیز بیان و تعریف می‌گردد.

۵-۱- تشریح متدولوژی تحقیق

در این تحقیق، اولین کاری که نیاز به انجام آن می‌باشد تعیین دقیق کلیه پارامترها و عوامل تأثیرگذار مثبت و منفی در قبل و بعد از اجرای پل‌های عابر پیاده می باشد. بنابراین طی بررسی‌ها و مطالعه‌ی کارهای مشابه تمامی عواملی به نوع به عنوان منافع و یا به عبارت دیگر پارامترهای سوددهی بوده‌اند و در کنار آن تمامی عواملی که به عنوان هزینه‌ها بوده‌اند تعیین گردیده‌اند تا نهایتاً بتوان براساس یکی از روش‌های ارزیابی اقتصادی به اقتصادی بودن یا نبودن طرح اجرای پل‌های عابر پیاده پی برد. لازم به ذکر است که در این تحقیق از روش نسبت سود به زیان برای ارزیابی اقتصادی بودن پروژه استفاده گردیده است. در واقع ارزیابی‌های اقتصادی، ابزاری دقیق برای تصمیم‌گیرندگان اند تا به کمک آنها با صرف بودجه‌ای محدود، به نتیجه‌ای بهینه رسیده و گامی مؤثر در راستای نیل به اهدافی همچون ارتقا ایمنی معابر، کاهش تصادفات، افزایش ایمنی عابرین پیاده، برآورد هزینه‌ی مالی ناشی از آلودگی هوا و برآورد هزینه مالی ناشی از صرفه‌جویی زمانی در وقت شهروندان برداشته شود. برای درک بهتر از کارهای انجام شده در این فصل، در شکل (۵-۱) فلوچارت روش تحقیق ترسیم گشته است.



شکل (۵-۱) فلوجارت متدولوژی

۲-۵- شناسایی منافع حاصله

در این تحقیق منظور از منافع حاصله، فقط منافع مالی که پس از احداث پل به صورت مستقیم نمود مالی پیدا می‌کند. مانند اجاره‌ی بیلبوردهای تبلیغاتی که در طرفین عرشه‌ی پل‌های عابر پیاده نصب می‌گردند نمی‌باشد. بلکه کلیه‌ی منافع که در وهله‌ی اول ممکن است به چشم نیایند. مانند صرفه جویی در زمان سفر وسایل نقلیه و کاهش مصرف سوخت و حتی کاهش آلاینده‌های هوا نیز لحاظ گردیده است [22].

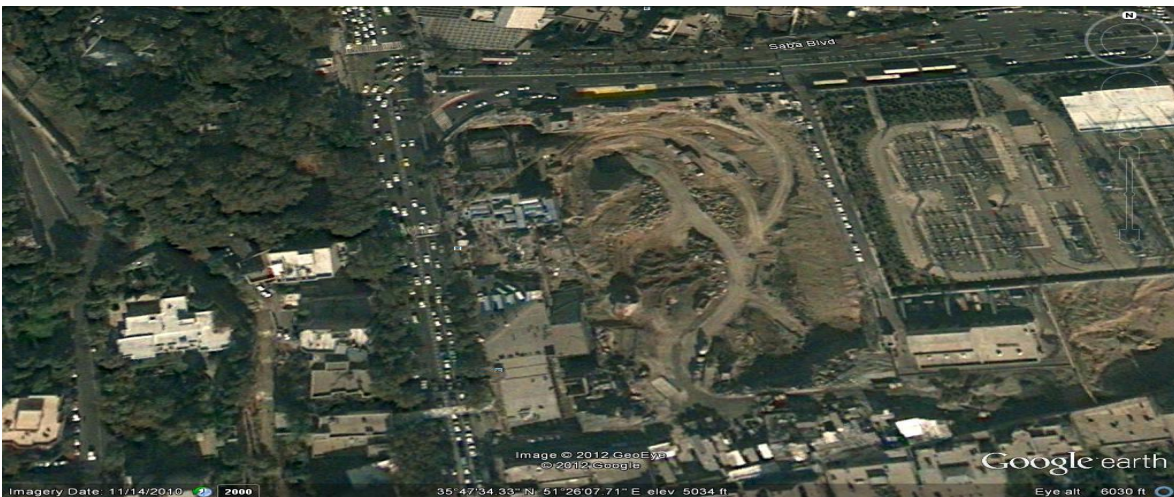
۳-۵- شبیه سازی کامپیوتری

به منظور بررسی تأثیر عملکرد وجود پل عابر پیاده به منظور تردد عرض عابرین پیاده‌ای که قصد عبور از عرض خیابان را دارند نیاز به شبیه‌سازی دقیق کامپیوتری توسط نرم‌افزاری میکروسیمولیتور (Micro simulator) می‌باشد. یکی از بهترین نرم افزارهای شبیه‌ساز میکروسیمولیتور، نرم‌افزار ایمنسان (Aimsun) می‌باشد. این نرم‌افزار با توجه به توانایی‌هایی که دارد مناسب‌ترین نرم‌افزار شبیه‌ساز سیمولیتور، توسط معاونت ترافیکی شهرداری تهران گردیده است و در تمامی شرکت‌های مشاور ترافیکی از نرم‌افزار مذکور استفاده می‌گردد. بنابراین در تحقیق پیش رو نیز از این نرم‌افزار برای شبیه‌سازی استفاده گردید. برای پی بردن به تأثیر وجود یا عدم وجود پل عابر نیاز است که دو بار شبیه‌سازی صورت گیرد. یک بار در حالتی که پل عابری در شبیه‌سازی وجود ندارد و عابرین پیاده گذرنده از عرض خیابان با تداخل با وسایل نقلیه عبوری از وسط خیابان رد شده و به سمت دیگر خیابان می‌رسند و یک بار هم در حالتی که پل عابر پیاده وجود دارد و به واسطه‌ی پل عابر پیاده و نرده‌کشی در رفوژ میانی عابری با وسایل نقلیه تداخل ندارد. از تفاضل خروجی‌های تجزیه و تحلیل شده‌ی نرم‌افزار به اختلاف مواردی همچون زمان سفر و مصرف سوخت و آلاینده‌های هوا می‌توان پی برد که با کمی کردن و به عبارت دیگر ریالی کردن کلیه پارامترها به ارزش مالی آنها و در نهایت به ارزش مالی هر کدام از این پارامترها در طول سال می‌توان پی برد.

۶- مطالعه ی موردی

ایستگاه‌های مترو در سطح زمین، مکان‌هایی هستند که تردد بالای عابرین پیاده در آنها صورت می‌گیرد. در حالتی که در سطح زمین در طرفیت خیابان یا بزرگراه، ایستگاه مترو تعبیه نگشته باشد و فقط یک ورودی و خروجی برای مسافرین مترو از سطح زمین وجود داشته باشد، بخشی از مسافرین ناچار به گذر از عرض خیابان می‌باشند. چنانچه پل عابر پیاده‌ای در محل ایستگاه مترو بر روی خیابان به همراه نرده در رفوژ میانی احداث نگردد، عواقب خیلی زیادی که در رأس آنها کاهش ایمنی تردد عابرین پیاده می‌باشد، به همراه خواهد داشت. بنابراین برای ارتقا ایمنی تردد عابرین در معابر درون شهری، نیاز به احداث پل‌های عابر پیاده خصوصاً در نزدیکی ایستگاه‌های مترو ضروری می‌باشد. بخشی از خط ۲ متروی تهران از خیابان دکتر شریعتی می‌گذرد. خیابانی که به واسطه‌ی تجاری بودن اکثر نقاط بافت اطراف خیابانش در حالتی که حتی خط مترو از آنجا رد نشده بود، تردد عرضی قابل توجهی از عرض خیابان توسط عابرین پیاده صورت می‌گرفت. بعد از راه‌اندازی ایستگاه‌های مترو در ایران، خیابان در محل ایستگاه‌های مترو تردد عابرین پیاده بیش از پیش گردید. همانطور که در

شکل (۶-۱) نشان داده شده است، ایستگاه متروی قیطریه، از جمله ایستگاه‌هایی است که به واسطه اینکه فقط در یک سمت خیابان شریعتی و آن هم سمت شرقی خیابان می‌باشد، در سطح زمین ورودی و خروجی به مترو وجود دارد. تردد عرضی عابرین از سطح خیابان دکتر شریعتی بسیار زیاد است. شهرداری منطقه ۱ اقدام به احداث پل عابر پیاده‌ی مکانیزه‌ای در جلوی ایستگاه مذکور در خیابان شریعتی نموده است که هنوز بهره‌برداری نگشته است. این ایستگاه مترو و پل عابر پیاده مکانیزه، پایین تر از بلوار صبا، پل رومی واقع گشته‌اند.



شکل (۶-۱) عکس هوایی از مطالعه موردی [45]

۶-۲-۲- منافع حاصل از احداث پل

در این قسمت به محاسبه‌ی دقیق کلیه‌ی سودآوری‌های ناشی از ساخت یک پل عابر پیاده که همانا پل عابر پیاده مورد مطالعه‌ی موردیمان یعنی پل عابر پیاده‌ی جلوی متروی قیطریه در خیابان دکتر شریعتی باشد، می‌پردازیم. مجموع تمامی منافع حاصله به عنوان سود در محاسبات نهایی نسبت سود به زیان لحاظ می‌گردد.

۶-۲-۱- منفعت حاصل از عدم وقوع تصادف (B₁)

مهمترین عملکرد پل‌های عابر پیاده، ارتقا ایمنی در معابر شهری و به عبارت دیگر، جلوگیری از رخداد تصادف عابرین پیاده با وسایل نقلیه می‌باشد. برای محاسبه‌ی میزان منفعت حاصل از عدم وقوع تصادف، به دو مطلب نیازمند می‌باشیم. یکی اینکه تا قبل از احداث پل عابر پیاده و نرده‌کشی در رفوژ میانی، سالیانه به طور متوسط چه تعداد تصادف در آن محل رخ می‌داده است و مطلب دیگر آنکه هر

تصادف چه هزینه‌ای در پی دارد. آمار تصادفات در جدول ۶-۱ که از پلیس راهور منطقه یک تهران اخذ گردیده است آورده شده است.

جدول (۶-۱) آمار تصادفات

نوع تصادف			
مجموع	فوتی	جرحی	خسارتی
۴۶	۰	۴	۴۲

جدول ۶-۱ آمار تصادفات در ده ماه اول سال یعنی از ۹۰/۱/۱ الی ۹۰/۱۰/۳۰ را نشان می‌دهد. در جدول ۶-۲ تعداد تصادفات در ۱۲ ماه یعنی در یک سال شمسی، یعنی از ۹۰/۱/۱ الی ۹۰/۱۲/۳۰ برآورد گردیده است.

جدول (۶-۲) آمار تصادفات

نوع تصادف			
مجموع	فوتی	جرحی	خسارتی
۵۵/۲	۰	۴/۸	۵۰/۴

از آنجایی که کمی بالاتر از متروی قیطریه، تقاطع چراغ‌دار زمان‌داری بین خیابان دکتر شریعتی و پل رومی وجود دارد و با توجه به اینکه در خیابان دکتر شریعتی محدوده‌ی جلوی متروی قیطریه معبر خیلی پهن نمی‌باشد، سرعت وسایل نقلیه گذرنده از این قسمت خیابان خیلی بالا نمی‌باشد. بنابراین فرض بر آن است که تصادفات جرچی همگی تصادفاتی که در آنها عابر پیاده مجروح گشته است. چرا که احتمال اینکه دو وسیله نقلیه با یکدیگر در سرعت پایین تصادف داشته باشند و منجر به مجروح شدن رانندگان یا سرنشینان وسایل نقلیه گردد بسیار کم می‌باشد. بنابراین در اثر نبود پل عابر پیاده و بالطبع آن عبور عرض عابرین پیاده از خیابان دکتر شریعتی در محدوده‌ی جلوی متروی قیطریه سالیانه حدود ۴/۸ تصادف جرچی به بار می‌آورد. حال به بررسی هزینه تصادفات بپردازیم. براساس محاسبات دکتر آیتی نسبت تعداد تصادفات برون‌شهری به درون‌شهری برابر است با:

$$\frac{\text{تعداد تصادفات برون‌شهری}}{\text{تعداد تصادفات درون‌شهری}} = 0/54$$

این در حالی است که نسبت هزینه‌های تصادفات برون‌شهری به هزینه‌های تصادفات درون‌شهری برابر است با:

$$\frac{\text{هزینه‌های تصادفات برون‌شهری}}{\text{هزینه‌های تصادفات درون‌شهری}} = 3/47$$

بنابراین با تقسیم هزینه تصادفات برون شهری بر عدد ۳/۴۷، می توان به هزینه تصادفات درون شهری رسید. محاسباتی که با نهایت دقت و کامل و جامع در سال ۸۳ توسط دکتر اسماعیل آیتی بر روی هزینه تصادفات برون شهری انجام گرفت، به صورت خلاصه در جدول ۳-۴ آورده شده است.

جدول (۳-۶) هزینه تصادفات برون شهری

نوع تصادف	فوتی	جرحی	خسارتی
هزینه تصادفات برون شهری به میلیون تومان	۱۷۰۰	۴۵/۲	۱/۸

حال با تقسیم هزینه های جدول ۳-۶ بر ضریب ۳/۴۷ جدول ۴-۶ حاصل می گردد.

جدول (۴-۶) هزینه تصادفات درون شهری

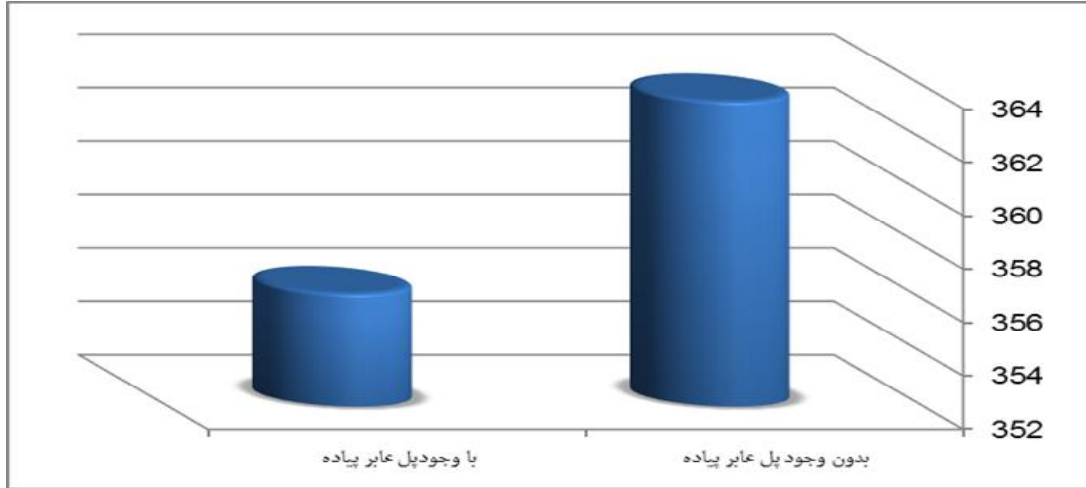
نوع تصادف	فوتی	جرحی	خسارتی
هزینه تصادفات درون شهری به میلیون تومان	۴۸۹/۹۱	۱۳/۰۳	۰/۵۲

۲-۲-۶- منفعت حاصل از کاهش زمان سفر (B₂)

برای محاسبه این سود، نیاز به شبیه سازی توسط نرم افزار شبیه ساز میکروسیمولیتور داریم. بنابراین توسط نرم افزار ایمسان (Aimsun) به شبیه سازی می پردازیم. اولین اقدام برای شبیه سازی، جمع آوری حجم تردد وسایل نقلیه و عابرین پیاده ای که از عرض خیابان عبور می کنند می باشد. طول شبکه توسط خود نرم افزار محاسبه می گردد که شبکه ما ۶۶۹ متر می باشد. تعداد وسایل نقلیه گذرنده ای که در یک ساعت تحت تأثیر عبور عرضی عابرین پیاده از عرض خیابان شریعتی بوده اند نیز برابر با ۲۶۳۲ وسیله نقلیه که حاصل جمع تعداد وسایل نقلیه عبوری از جنوب به شمال (۱۰۸۰) وسیله نقلیه و وسایل نقلیه عبوری از شمال به جنوب (۱۵۵۲ وسیله نقلیه) می باشد. پس از دو بار شبیه سازی دقیق مطالعه مورديمان توسط نرم افزار ایمسان اعداد جدول ۴-۷ به عنوان خروجی های نرم افزار حاصل می گردید.

جدول (۴-۷) زمان های تأخیر

زمان های تأخیر	مقدار	واحد
زمان تأخیر بدون وجود پل عابر پیاده	۳۶۳/۴۳۸	second/km
زمان تأخیر با وجود پل عابر پیاده	۳۵۶/۲۳۴	second/km



نمودار (۶-۱) زمان های تاخیر

اختلاف تأخیرها در دو حالت بدون پل عابر پیاده و با وجود پل عابر پیاده به اثر پل عابر پیاده در زمان تأخیر وسایل نقلیه می توان پی برد.

$$363/438 - 356/234 = 7/204$$

تأخیری که نرم افزار به ما می دهد برای هر ۱۰۰۰ متر است و از آنجایی که طول شبکه ی ما ۶۶۹ متر می باشد، تأخیر برابر خواهد بود با:

$$\frac{7/204}{\text{تأخیر}} = \frac{1000}{669} \rightarrow \text{تأخیر} = 4/8195$$

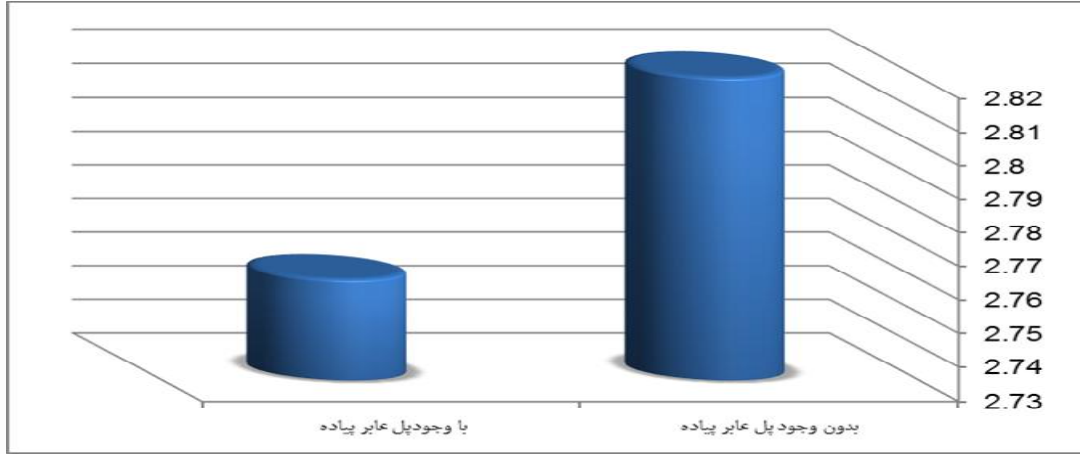
۳-۲-۴- منفعت حاصل از کاهش آلودگی هوا (B₄)

در این مرحله نیز مانند محاسبه ی منافع حاصل از کاهش زمان سفر و کاهش مصرف سوخت نیاز به دو بار شبیه سازی توسط نرم افزار می باشد که توس نرم افزار ایمنان صورت گرفته است. خروجی هایی

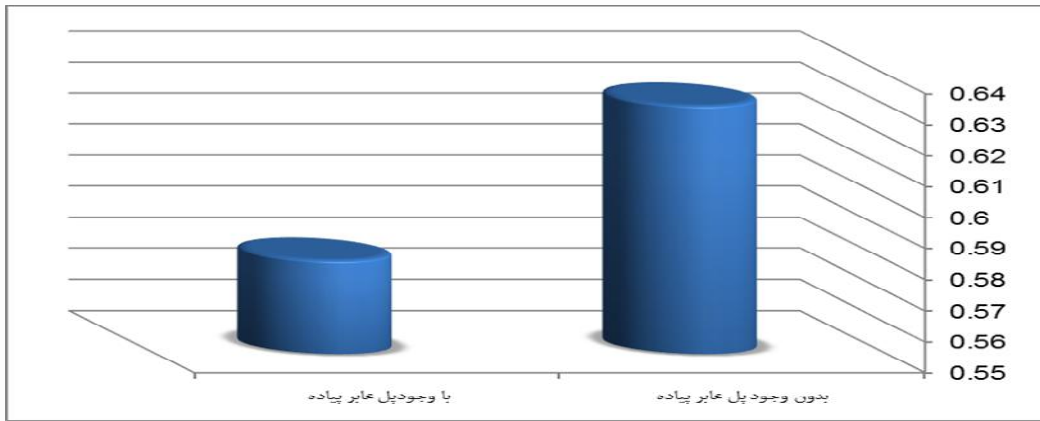
که نرم افزار در ارتباط با گازهای آلاینده محیط زیست عبارتند از **HC**، **NO_x**، **CO**. از خروجی های نرم افزار در دو حالت بدون وجود پل و با وجود اطلاعات جدول ۶-۹ حاصل گردید.

جدول (۶-۹) میزان تولید آلاینده های هوا

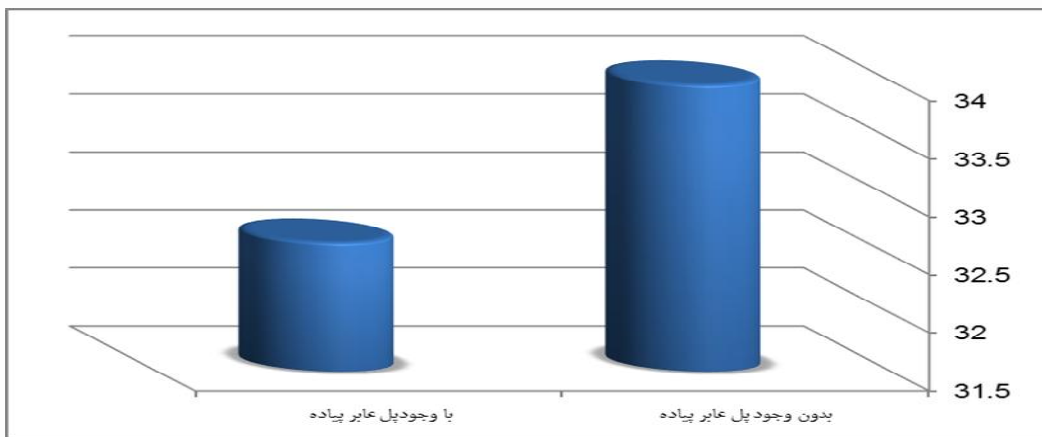
آلاینده های هوا	HC	NX	CO
میزان تولید بدون وجود پل عابر پیاده	۲/۸۲	۰/۶۳	۳۳/۹۷
میزان تولید با وجود پل عابر پیاده	۲/۷۶	۰/۵۸	۳۲/۶۱



نمودار (۳-۶) میزان تولید گاز HC



نمودار (۴-۶) میزان تولید گاز NOx



نمودار (۵-۶) میزان تولید گاز CO

۷- نتیجه گیری

با توجه به ارزش فعلی کلیه ی منافع و هزینه ها، ارزیابی فنی و اقتصادی صورت گرفت. پس از محاسبات، تحقیقات و شبیه سازی های کامپیوتری برای به دست آوردن کلیه ی منافع حاصل از احداث پل عابر پیاده نتایج ذیل حاصل گردید:

مشاهده گردید که منفعت حاصل از عدم رخداد تصادف در مکان مطالعه ی موردی سالانه برابر با ۲۰۶.۱۶۰.۰۰۰ تومان است.

مشاهده گردید که منفعت حاصل از ذخیره شدن و به عبارتی هدر نرفتن زمان سرنشینان وسایل نقلیه عبوری گذرنده از نقطه ی مطالعه ی موردی برابر با ۳۱.۳۹۵.۰۰۰ تومان در سال است. مشاهده گردید که سود ناشی از کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه گذرنده از محدوده ی مطالعه ی موردی در اثر احداث پل عابر پیاده مکانیزه در هر سال برابر با ۳۴.۹۳۹.۰۰۰ تومان است. مشاهده گردید که سود

ناشی از کاهش آلودگی هوا یا به عبارت دیگر منفعت ناشی از کاهش آلاینده های هوایی از قبیل CO HC NOx در اثر وجود پل عابر پیاده مکانیزه در خیابان دکتر شریعتی، روبروی ایستگاه متروی قیطریه سالانه برابر با ۵.۷۹۷.۰۰۰ تومان است. ارزش اسقاط پل عابر پیاده مکانیزه برابر با ۳۳.۹۱۸.۰۰۰ تومان محاسبه گردید. همچنین ارزش اسقاط نرده در رفوژ میانی برابر با ۱.۲۸۰.۰۰۰ تومان به دست آمد. از سوی دیگر پس از محاسبات و تهیه قیمت های هزینه های احداث پل عابر پیاده مکانیزه در خیابان دکتر شریعتی جلوی ایستگاه متروی قیطریه هزینه های زیر حاصل گردید:

✓ هزینه خرید عرشه پل عابر پیاده برابر با ۵۹.۱۷۶.۰۰۰ تومان محاسبه گردید.

✓ هزینه نصب عرشه برابر با ۶.۲۷۰.۰۰۰ تومان است.

✓ هزینه پله برقی های مورد نیاز برابر با ۲۸۰.۰۰۰.۰۰۰ تومان می باشد.

✓ هزینه رساندن برق از پست برق منطقه برابر با ۳۰.۰۰۰.۰۰۰ تومان است.

✓ هزینه کشیدن نرده مورد نظر طبق فهرست بها برابر با ۱۲.۷۹۷.۰۰۰ تومان برآورد گردید.

✓ و نهایتاً پس از محاسبه ارزش فعلی کلیه ی منافع و هزینه ها از روش ارزیابی نسبت منافع به هزینه ها از آنجایی که نسبت مذکور بیش از یک به دست آمد، معلوم گردید که احداث پل عابر پیاده مکانیزه در خیابان دکتر شریعتی، روبروی ایستگاه متروی قیطریه از توجیه اقتصادی برخوردار است.

براساس نتایج حاصل از این تحقیق احداث پل های عابر پیاده که صرفاً برای ارتقا ایمنی صورت می گردد، منافع و سودآوری های زیاد دیگری هم دارد که به اختصار در زیر به آن ها اشاره می گردد. از آنجایی که هزینه تصادفات بسیار بالا می باشد باید سیاست ها و رویکردهای کلی در راستای کاهش

تصادفات باشد تا بار سنگین ناشی از آن از بین برود. هرچند که هزینه تصادفات جرحی کمتر از تصادفات فوتی می باشد ولی مشاهده گردید که با احداث پل عابر پیاده مکانیزه جلوی استگاه متروی قیصریه هزینه ای برابر با ۲۰۶.۱۶۰.۰۰۰ تومان از هزینه کسر می گردد و به بیان دیگر به میزان فوق الذکر از سودآوری ناشی از پل عابر پیاده مکانیزه بوده است. به همین دلیل هم هست که یکی از ملاک های اصلی در خصوص تصمیم گیری در مورد مکان احداث پل عابر پیاده آمار تصادفات آن نقطه می باشد.

در ارزیابی فنی و اقتصادی پل های عابر پیاده نباید فقط سود ناشی از حفظ جان شهروندان را تنها منفعت حاصل از احداث پل های عابر پیاده دانست. همانطور که از نتایج شبیه سازی ها معلوم گردید، صرفه جویی در زمان سفر و کاهش مصرف سوخت و کاهش آلاینده های هوا از دیگر منافع است که در وهله ی اول ممکن است به چشم نیاید. از سوی دیگر در مورد هزینه های لازم برای احداث یک پل عابر پیاده معلوم گردید که هزینه هایی که در ابتدای امر ممکن است خود را نشان ندهند نیز پدیدار می گردند، مانند هزینه نصب عرشه و یا هزینه رساندن برق به پای پل عابر پیاده مکانیزه.

در ارزیابی فنی و اقتصادی پل های عابر پیاده به منظور اینکه هدف از احداث پل عابر پیاده تحقق یابد یعنی شهروندانی که قصد عبور از عرض خیابان را دارند از پل عابر پیاده استفاده نمایند و نه اینکه از عرض خیابان به صورت هم سطح عبور نمایند، ناچار به نرده کشی در رفوژ میانی معبر می باشیم. بنابراین کلیه ی هزینه ها و منافع هرچند کم ناشی از احداث نرده در رفوژ میانی باید دیده شود.

از آنجایی که آلودگی هوا خصوصا آلودگی هوا در شهری با هوای آلوده ای مثل تهران مسئله ای بسیار مهم می باشد، هر اقدامی در راستای کاهش آلودگی هوا بسیار ضروری می باشد. همانطور که قبلا گفته شد ممکن است در وهله ی اول احداث پل عابر پیاده هیچ ارتباطی با کاهش آلودگی هوا نداشته باشد، ولی پس از شبیه سازی های دقیق کامپیوتری در حالت عدم وجود پل عابر پیاده و در حالت وجود پل عابر پیاده معلوم گردید که احداث پل عابر پیاده باعث کاهش آلاینده هایی همچون NO_x و HC هر کدام به ترتیب برابر با ۲۳۲ و ۲۷۸ کیلوگرم در سال است. علاوه بر این دو گاز، گاز سمی CO نیز به میزان سالیانه ۶۳۱۰ کیلوگرم در سال در اثر احداث پل عابر پیاده مطالعه موردیمان دیگر تولید نمی شوند.

مشاهده کردیم که با احداث پل عابر پیاده مکانیزه در نقطه مطالعه موردیمان در هر سال ۲۴.۹۱۷ ساعت در وقت شهروندان صرفه جویی می شود که این صرفه جویی برابر با منفعت ۳۱.۳۹۵.۰۰۰ تومان در سال است.

۸- مراجع

- ۱- کلاهدوز، ع. (۱۳۹۰) راهسازی طرح هندسی راه، سازمان بسیج دانشجویی.
- ۲- دفتر هماهنگی و حمل و نقل و ترافیک، (۱۳۸۸) ضوابط جانمایی و احداث پلهای عابر پیاده مکانیزه با مشارکت بخش خصوصی، نشر موج سبز.
- ۳- خشایی پور، م. و یزدان پناه، ح. و عطایی، ر. و فرامرزی، ا. و عزیزی فر، ا. (۱۳۹۰) ملاک عمل احداث گذرگاه های غیر هم سطح عابر پیاده، نشر موج سبز.
- ۴- آیتی، ا. (۱۳۸۸) هزینه تصادفات تئوری و کاربرد، پژوهشکده حمل و نقل.
- ۵- کرامتی اصل، ر. "بررسی و تعیین ایمنی ابنیه فنی راه پل و برآورد هزینه تصادفات مطالعه موردی استان کهگیلویه و بویراحمد"، پایان نامه کارشناسی ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- ۶- <http://www.google.com/search?hl=en&blm=1280@bih>

Provide appropriate methodology to construct pedestrian bridges in the urban routes with Sustainable Development Approach

Mojtaba Ramzanpour Ahmadchali¹, Mahmoud Saffarzadeh², Ehsan Jahanmard³,
Morteza Jahanshahi⁴, Ashkan Allahyari Nik⁵

1-M.Sc. Student in Transportation Engineering, Islamic Azad University: Science and Research Branch Tehran.

2- Professor of Highway and Transportation Engineering, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

3- M.Sc. Student of Highway and Transportation Engineering, Science and Research branch of Islamic Azad University, Tehran, Iran

4- M.Sc. Student of Transportation Engineering, South Tehran Branch of Islamic Azad University, Tehran, Iran

5- M.Sc. Graduated of Highway and Transportation Engineering, Science and Research branch of Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract:

Providing safety for pedestrian movement is significant issue that increasing tendency of sustainable transportation and non-motorized transportation make its importance more and more. The thing which is one of the most important challenges in urban road safety improvement is pedestrian transverse movement. Pedestrian bridges demolish the conflict between vehicles flow and pedestrian movement in one road in order to prevent accidents. In this thesis it was tried to work on the effects of pedestrian bridge with a case study all calculation are shown. Although there are some pedestrian bridges which for their constructing decision and their locating were decided on the taste of decision makers, the codes for that issue are necessary. However, deciding according to codes is necessary, it is not enough. Using the simulation with simulator software like Microscopic simulator for pedestrian bridges and defining their all effects base on its outcome has been discussed in this thesis.

Keywords: *Pedestrian bridges, Benefit, Cost, Accident, Travel time, Fuel consumption, Air pollution, Sustainable Development.*