

ارائه روش کارایی سنجی و اثربخشی پل‌های عابر پیاده در معابر شریانی شهر تهران





- - -

ارائه روش کارایی سنجی و اثربخشی پل‌های عابر پیاده در معابر شریانی شهر تهران

دانش شهر شماره ۳۷۲

اسفند ماه ۱۳۹۵

معاونت مطالعات و برنامه‌ریزی امور زیرساخت و طرح جامع

مدیریت مطالعات و برنامه‌ریزی امور حمل و نقل و ترافیک

تهیه‌کننده: محمد مصطفی مسعودی

داور علمی: دکتر غلامحسین سلمانی

نشانی: تهران، خیابان شریعتی، پل رومی، خیابان شهید اکبری، نبش خیابان شهید آقابزرگی، شماره ۳۲، کد پستی ۱۹۶۴۶۳۵۶۱۱

امور مخاطبان: ۳-۲۲۳۹۲۰۸۰-۱۰۸ داخلی <http://ipc.tehran.ir>

حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران است و استفاده از مطالب آن صرفاً با ذکر مأخذ بلامانع می‌باشد.

ضمناً متن (PDF) بر روی سایت فوق قابل دریافت است.

در علم اقتصاد یک سیستم، تحت عنوان کلی "بهره‌وری" مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که به مفهوم رابطه قابل‌اندازه‌گیری بین حجم محصول و حجم عوامل مصرف‌شده (از قبیل زمین، سرمایه و کار) برای تولید است. اما همیشه و در همه زمینه‌ها نمی‌توان در قالب یک شاخص کلی به ارزیابی سیستم‌ها پرداخت. برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و دانش ترافیک نیز بدین گونه است و می‌توان گفت در مورد آن‌ها شاخص کلی "بهره‌وری" از مشخصه‌های متنوعی چون کارایی و اثربخشی تشکیل شده است. در این تقسیم‌بندی کارایی نظیر به شاخص‌های کمی و اثربخشی مرتبط با شاخص‌های غیر کمی چون حفظ ایمنی و جان انسان‌هاست که الزاماً نقشی در ارتقای بازده کمی (کارایی) سیستم موردنظر ندارند.

آگاهی از تفاوت مفاهیم کارایی و اثربخشی، با توجه به مترادف ظاهری اولیه‌ای که از معانی آن‌ها به ذهن متبادر می‌گردد، راه‌حل مناسبی جهت شناخت آن‌ها است. در این خصوص به‌اختصار می‌توان گفت که اثربخشی^۱، "انجام کار درست" و کارایی^۲ "انجام یک کار به‌درستی" است. بدین ترتیب می‌توان گفت یک راهکار زمانی اثربخش است که اهداف پیش‌بینی‌شده را به شکل مناسب‌تری محقق نماید و زمانی کارا است که با توجه به محدودیت‌های زمانی، مالی و ... بازده مناسب‌تری را ارائه نماید.

در خصوص ارزیابی پل‌های عابر پیاده، مفاهیم کارایی و اثربخشی اغلب مترادف با یکدیگر در نظر گرفته شده‌اند و عمده نتایج ارائه‌شده، اساساً به مقوله کارایی و روش‌های ارتقای آن توجه داشته‌اند و مؤثرترین پارامترها را در این زمینه مشخص نموده‌اند. اما همواره در احداث برخی از پل‌های عابر پیاده گروه دیگری از شاخصه‌های ایمنی مدنظر مسئولان شهری است که می‌توان آن‌ها را در گروه پارامترهای اثربخشی طبقه‌بندی کرد. این پژوهش در ابتدا درصدد شناسایی و تفکیک مفاهیم فوق، سپس تبیین محدوده مناسب به‌کارگیری و درنهایت تمرینی از به‌کارگیری آن‌ها در یک نمونه مطالعه موردی است.

بابک نگاهداری

رئیس مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

1- effectiveness

2- efficiency

مدت زمانی است که در روش‌های برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، رویکرد جدیدی تحت عنوان "توسعه انسان محور" در برابر توسعه مرسوم یا "خودرو محور" مطرح شده است. در این رویکرد که در راستای توسعه پایدار حمل‌ونقل شهری است، اولویت سرمایه‌گذاری و تسهیلات متمرکز بر انسان‌ها به عنوان کاربران اصلی سیستم، به جای خودروها است. شهرداری کلان‌شهر تهران به عنوان پیشرو در اقدامات مدیریت شهری کشور، توجه به رویکرد توسعه انسان محور را در دستور کار خود قرار داده است. توسعه روزافزون انواع مختلف شیوه‌های حمل‌ونقل عمومی (مترو، BRT و ...) و به تبع آن ایجاد تسهیلات دسترسی غیر موتوری (دوچرخه، پیاده و ...) به ایستگاه‌های عرضه خدمات حمل‌ونقل عمومی و همچنین ارائه خدمات از راه دور و الکترونیک بر مبنای شبکه‌های مجازی از اقدامات شناخته شده در این زمینه است که به کسب جایگاه مناسب بین‌المللی در این زمینه برای تهران نیز منتهی شده است.

در این میان حضور پیاده شهروندان در شهر از مواردی است که در فرآیند طراحی شهری، امروزه بیش از پیش مورد توجه قرار دارد و فراهم آوردن شرایط امن به‌ویژه در برابر نفوذ روزافزون اتومبیل و وسایل نقلیه، از عوامل تأثیرگذار بر کمیت و کیفیت حضور عابران پیاده است. ایجاد تسهیلاتی نظیر پل عابر پیاده جهت عبور از عرض خیابان، در این راستا قرار دارد اما توسعه و به‌کارگیری آن همچون هر زیرساخت دیگری با محدودیت‌هایی همراه است. این نوشتار از منظر اثر سنجی و کارایی سنجی این نوع تسهیلات را مورد بررسی قرار داده است.

در این دانش شهر نشان خواهیم داد که ایجاد تسهیلاتی نظیر پل عابر پیاده هرچند در نگاه اول نشان از توجه به عابر پیاده است اما در صورت به‌کارگیری بی‌رویه یا نامناسب به‌ویژه در بافت‌های مرکزی شهر که نقش دسترسی معابر آن پررنگ‌تر از نقش جابه‌جایی است، می‌تواند نتیجه معکوس داشته باشد. به عبارت دیگر استفاده از پل عابر پیاده برای عابران در این معابر نتیجه‌ای برخلاف رویکرد پیاده‌مداری است. علاوه بر این با توجه به فقدان احساس شده از وجود یک ملاک عمل ارزیابی پل‌های عابر پیاده موجود، در این مطالعه درصدد آن هستیم که با استفاده از ضوابط قبلی "احداث پل‌های عابر پیاده جدید" الگوریتم ساده‌ای جهت ارزیابی کارایی و اثربخشی پل‌های عابر پیاده موجود، ارائه نماییم.

فهرست مطالب

۱۱	۱- مقدمه: اهمیت پیاده‌مداری و تسهیلات پیاده‌روی در رویکرد توسعه انسان‌محور
۱۴	۲- تدقیق محدوده بررسی: نقش و جایگاه معابر شریانی در ساختار سلسله‌مراتب عملکردی
۱۴	۱-۲- مروری بر ساختارهای رده‌بندی عملکردی معابر
۱۷	۲-۲- سطوح مورد انتظار دسترسی و جابه‌جایی در رده شریانی
۱۸	۳-۲- جمع‌بندی اهداف کلی و معابر منتخب جهت بررسی در پژوهش
۱۹	۳- بررسی تعاریف و پیشینه موضوع
۱۹	۱-۳- تعریف مفاهیم کارایی و اثربخشی
۲۱	۲-۳- بررسی ضوابط و مطالعات قبلی در خصوص پل‌های عابر پیاده
۳۲	۳-۳- جمع‌بندی ضوابط و مطالعات قبلی و بیان نواقص موجود
۳۳	۴- بررسی نمونه‌های موردی با استفاده از نتایج مطالعات ارزیابی کارایی پل‌های عابر پیاده و مکان‌یابی گذرگاه‌های غیر هم‌سطح جدید در سطح ۵ منطقه شهر تهران
۳۳	۱-۴- پل‌های عابر پیاده با کارایی بسیار ضعیف
۴۰	۲-۴- پل‌های عابر پیاده با کارایی ضعیف
۴۶	۳-۴- پل‌های عابر پیاده با کارایی قابل قبول
۵۲	۴-۴- پل‌های عابر پیاده با کارایی خوب
۵۸	۵- جمع‌بندی و ارائه فلوچارت کارایی سنجی و شاخص اثربخشی
۵۸	۱-۵- تبیین جایگاه موضوع "کارایی سنجی و اثربخشی" برای پل‌های عابر پیاده
۵۹	۱-۵- تبیین ملاک "کارایی سنجی و اثربخشی" برای پل‌های عابر پیاده موجود
۶۰	۲-۵- ارائه فلوچارت کارایی سنجی برای پل‌های عابر پیاده موجود
۶۳	منابع و مراجع

فهرست جداول

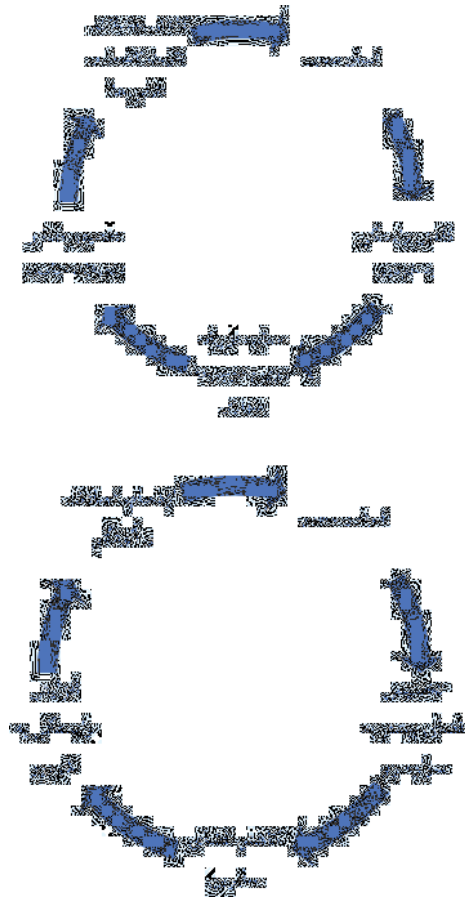
۱۳	جدول ۱- تعداد تسهیلات عبور عرضی عابران پیاده شهر تهران
۱۶	جدول ۲- ضوابط عملکردی، دسترسی و حمل و نقل عمومی معابر شریانی درجه ۱ و ۲
۲۶	جدول ۳- امتیازدهی به عوامل مؤثر در احداث پل عابر پیاده
۳۳	جدول ۴- عناوین گروه‌های تفکیک‌شده کارایی پل‌های عابر پیاده (رده‌بندی کارایی)
۳۵	جدول ۵- پل شماره یک: خیابان سازمان آب، شرق بزرگراه شهید اشرفی اصفهانی
۳۶	جدول ۶- پل شماره دو: خیابان شریعتی- محدوده کوچه سخن (پایینتر از بهار شیراز)
۳۷	جدول ۷- پل شماره سه: خیابان وحدت اسلامی- میدان وحدت
۳۸	جدول ۸- پل شماره چهار: بلوار تعاون- مقابل خیابان آلاله
۳۹	جدول ۹- پل شماره پنج: خیابان هنگام روبروی خیابان شهید کاظمی
۴۱	جدول ۱۰- پل شماره شش: خیابان قزوین- محدوده پارک رازی
۴۲	جدول ۱۱- پل شماره هفت: بلوار فردوس- مقابل خیابان بهار
۴۳	جدول ۱۲- پل شماره هشت: بلوار استقلال- مقابل شهرک گلستان
۴۴	جدول ۱۳- پل شماره نه: بلوار فرحزادی شمال بزرگراه نیایش
۴۵	جدول ۱۴- پل شماره ده: خیابان شهید قنبر زاده
۴۷	جدول ۱۵- پل شماره یازده: خیابان جشنواره- مقابل فرهنگسرای طبیعت (اشراق)
۴۸	جدول ۱۶- پل شماره دوازده: بلوار پاک‌نژاد- حدفاصل بلوار دریا و بزرگراه نیایش
۴۹	جدول ۱۷- پل شماره سیزده: خیابان کارگر- محدوده پارک رازی
۵۰	جدول ۱۸- پل شماره چهارده: بلوار شهران- خیابان بهار (پل مکانیزه)
۵۱	جدول ۱۹- پل شماره پانزده: خیابان شهید بهشتی- تقاطع شهید مفتاح
۵۳	جدول ۲۰- پل شماره شانزده: خیابان کارگر -روزیه (حدفاصل چهارراه لشکر و خیابان آقابالا زاده)
۵۴	جدول ۲۱- پل شماره هفده: خیابان شریعتی- محدوده تقاطع خیابان معلم (روبروی فروشگاه اتکا)
۵۵	جدول ۲۲- پل شماره هیجده: خیابان جلال آل احمد- بلوار فرزانهان (ابراهیمی)
۵۶	جدول ۲۳- پل شماره نوزده: بلوار آیه ... کاشانی مقابل شهرداری منطقه ۵
۵۷	جدول ۲۴- پل شماره بیستم: خیابان جشنواره- خیابان مهران سجده‌ای
۵۸	جدول ۲۵- تدقیق جایگاه موضوع کارایی سنجی و اثربخشی از بین ملاک‌های انتخاب تسهیلات عرضی عبور عابر پیاده در هر رده عملکردی از معابر
۵۹	جدول ۲۶- تعریف شاخص قابل محاسبه جهت رده‌بندی اثربخشی با تفکیک از کارایی
۵۹	جدول ۲۷- نتایج رده‌بندی پل‌های انتخابی از نظر رده کارایی و اثربخشی با توجه به شاخصه‌های انتخابی

فهرست اشکال

۱۱	شکل ۱- مقایسه اصول و پیامدهای برنامه‌ریزی انسان‌محور و خودرو محور
۱۳	شکل ۲- احساس امنیت برای عبور عابران پیاده در روز و شب
۱۷	شکل ۳- رابطه بین سطوح مختلف نقش‌های جابه‌جایی و دسترسی در انواع رده عملکردی
۲۳	شکل ۴- امتیازدهی به عوامل مؤثر در احداث گذرگاه عرضی غیر هم‌سطح با استفاده از نمودار حجم
۲۴	شکل ۵- فلوچارت امکان‌سنجی احداث پل عابر در معابر
۲۷	شکل ۶- یک نمودار پیشنهادی جهت ارتقای کارایی پل‌های عابر پیاده
۲۸	شکل ۷- یک مدل مفهومی عوامل اثرگذار بر تمایل شهروندان در استفاده از پل عابر پیاده
۳۱	شکل ۸- دسته‌بندی تسهیلات عابر پیاده
۶۲	شکل ۹- الگوریتم سنجش کارایی پل‌های عابر پیاده در معابر شریانی شهر تهران

۱- مقدمه: اهمیت پیاده‌مداری و تسهیلات پیاده‌روی در رویکرد توسعه انسان‌محور

رویکرد انسان‌محور، راهکار مناسبی جهت دستیابی به توسعه پایدار حمل‌ونقل شهری است. در این رویکرد توجه مدیران و برنامه‌ریزان شهری بر تحقق هدف سفر کاربران به‌جای تسهیل سفر خودروها است و در نتیجه توجه بیشتر به انسان‌ها به‌عنوان کاربران اصلی سیستم معطوف است. (شکل ۱) چرخه اصول و پیامدهای این دو رویکرد را در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری نشان می‌دهد.



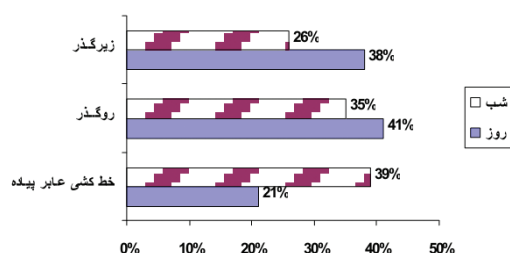
شکل ۱- مقایسه اصول و پیامدهای برنامه‌ریزی انسان‌محور و خودرو محور [۱]

گذرگاه‌های غیر هم‌سطح که به شکل پل و یا زیرگذر طراحی می‌شوند، یکی از تسهیلات تردد عابران پیاده محسوب می‌گردند که به‌منظور تفکیک فیزیکی مسیرهای تردد عابران و وسایل نقلیه در معابر با ویژگی‌های عملکردی (حجم، سرعت) بالا احداث می‌گردند. میزان کارایی گذرگاه‌های غیر هم‌سطح عابر پیاده تابع نوع تجهیزات و نحوه نگهداری از آن‌ها، سطح تأمین‌شده، میزان سهولت دسترسی و تعداد استفاده‌کنندگان از این تسهیلات است. ازجمله محدودیت‌های احداث پل‌های عابر پیاده، می‌توان به هزینه‌های بالای احداث، ضرورت‌های مربوط به هدایت عابران پیاده و همچنین مسائل مربوط به منظر شهری اشاره نمود. در ذیل به برخی از ویژگی‌های

گذرگاه‌های غیر هم‌سطح عابر پیاده در مقایسه با سایر تسهیلات رفع تداخلات میان عابران و وسایل نقلیه، از دیدگاه مرسوم یا خودرو محور، اشاره شده است:

- گذرگاه‌های غیر هم‌سطح پیاده به‌طور کلی باعث قطع شدن هرگونه تداخل عابران با وسایل نقلیه می‌گردند.
- استفاده از گذرگاه‌های غیر هم‌سطح پیاده در مقایسه با سایر گزینه‌های معمول نظیر چراغ‌های راهنمایی ویژه پیاده، موجب هیچ‌گونه کاهشی در ظرفیت سواره‌رو یا کاهش در سرعت وسایل نقلیه نمی‌شود.
- با استفاده از این گذرگاه‌ها می‌توان زمان تأخیر عابران و وسایل نقلیه را در بسیاری از حالات کاهش داد. هرچند که ممکن است زمان عبور پیاده‌ها به سبب بالا رفتن یا پایین آمدن از پله‌ها یا شیب‌راهه‌های گذرگاه‌های غیر هم‌سطح افزایش یابد، لیکن عابران مجبور به صرف زمان انتظار طولانی جهت یافتن یک فاصله عبور مناسب در میان جریان وسایل نقلیه عبوری نیستند. همچنین وسایل نقلیه نیز مجبور به کاهش سرعت خود و یا توقف کامل جهت عبور عابران نمی‌گردند.
- ازجمله محدودیت‌های احداث گذرگاه‌های غیر هم‌سطح پیاده، هزینه‌های سنگین ساخت آن‌ها بوده که باعث شده است به‌طور گسترده مورد استفاده قرار نگیرند. همچنین هزینه اجرای برخی طرح‌های خاص نظیر شیب‌راهه‌ها یا مکانیزاسیون گذرگاه‌ها برای تأمین دسترسی معلولین و افراد سالخورده، باعث افزایش بیشتر هزینه‌های اجرایی و در نتیجه عدم ساخت آن‌ها می‌شود.
- زیرگذرها به دلیل کمبود امنیت لازم و نیز مشکلات فنی در طرح و اجرا از قبیل زهکشی، تداخلات اجرایی با ترافیک روزانه عبوری معمولاً کمتر مورد استفاده و ساخت قرار می‌گیرند.
- ازجمله سایر گذرگاه‌های غیر هم‌سطح پیاده که در چارچوب طرح جامع مجموعه‌ها طراحی و ساخته می‌شود، راه ارتباط هوایی میان ساختمان‌ها است که در مناطق مرکزی شهرهای پرتراکم ساخته می‌شود. همان‌طور که ذکر شد، گذرگاه‌های غیر هم‌سطح عابر پیاده به دودسته روگذر و زیرگذر تقسیم می‌گردند. به‌طور کلی زیرگذرها جاذبه بیشتری نسبت به روگذرها جهت جذب عابران پیاده دارند. زیرا تغییر ارتفاع ۲/۵ الی ۳/۵ متری در زیرگذرها در مقایسه با تغییر ارتفاع ۴/۵ الی ۵/۵ متری در روگذرها ارجحیت دارد. به‌علاوه به هنگام تصمیم‌گیری، عابران در ابتدای ورود به زیرگذرها با یک سرازیری مواجه هستند که در مقایسه با روگذرها که در ابتدا با سربالایی شروع می‌شوند، از لحاظ روانی مطلوب‌تر می‌باشند. اما همان‌گونه که در جدول (۱۱) ارائه شده است، تعداد زیرگذرها به نسبت به روگذر در شهر تهران بسیار کمتر بوده و روگذرها فراوانی و پراکندگی بسیار بیشتری را در شهر دارا هستند. مهم‌ترین دلایل این امر که قبلاً به تفصیل در گزارش دانش شهر شماره ۱۴۵ این مرکز با عنوان "ارزیابی معایب و مزایای احداث زیرگذر عابر پیاده به‌جای پل‌های روگذر" مورد بررسی قرار گرفته است، را می‌توان به شرح زیر برشمرد:
- محدودیت مکانی و مشکلات اجرایی به هنگام ساخت به علت وجود تأسیسات شهری ازجمله لوله‌کشی آب و فاضلاب، کابل‌های برقی، کانال‌های مخابراتی، لوله‌های گاز و

- بروز مشکلات در ترافیک روزانه عبوری در معابر به هنگام اجرای زیرگذر.
- هزینه احداث سنگین‌تر نسبت به روگذرهای دارای دهانه متوسط و کوچک.
- مناسب نبودن برای احداث موقت.
- وجود مشکلات زه‌کشی و دفع آب‌های سطحی، نظافت و همچنین مقابله با جرائم و مفاسد.
- نیاز به تأمین روشنایی آن‌ها در شبانه‌روز به‌منظور تأمین امنیت.



شکل ۲- احساس امنیت برای عبور عابران پیاده در روز و شب [۳]

با رفع مسئله امنیت، در سال‌ها اخیر نمونه‌های موفقی از زیرگذرها به‌ویژه در تقاطعات پرترددی چون تقاطع خیابان انقلاب اسلامی و خیابان ولیعصر (عج) در تهران به بهره‌برداری رسیده است اما پل‌های روگذر به استناد آمارهای موجود و دلایل شناخته‌شده، همچنان سهم قابل‌توجهی را به‌عنوان تسهیلات عبور عرضی عابر به خود اختصاص می‌دهند.

با تقسیم‌بندی تسهیلات غیر هم‌سطح عبور عابران پیاده به روگذر و زیرگذر و همچنین تفکیک پل‌های روگذر به مکانیزه و غیرمکانیزه (با توجه به مکانیکی یا برقی بودن پله‌های آن‌ها)، فراوانی هرکدام از تسهیلات مذکور در شهر تهران در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- تعداد تسهیلات عبور عرضی عابران پیاده شهر تهران [۲]

تعداد تسهیلات عابر پیاده	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۷	منطقه ۸	منطقه ۹	منطقه ۱۰	منطقه ۱۱	منطقه ۱۲
پل غیرمکانیزه	۴۲	۵۸	۲۶	۶۸	۹۸	۲۲	۲۲	۲۷	۳۴	۲۱	۱۷	۲۲
پل مکانیزه	۵	۷	۵	۴	۸	۴	۶	۶	۶	۳	۲	۰
زیرگذر	۲	۵	۰	۱	۱	۱	۱	۵	۱	۰	۱	۲
تعداد تسهیلات عابر پیاده	منطقه ۱۳	منطقه ۱۴	منطقه ۱۵	منطقه ۱۶	منطقه ۱۷	منطقه ۱۸	منطقه ۱۹	منطقه ۲۰	منطقه ۲۱	منطقه ۲۲	جمع مناطق	
پل غیرمکانیزه	۱۹	۳۶	۶۹	۳۵	۱۵	۱۸	۳۴	۷۱	۴۷	۲۲	۸۱۳	
پل مکانیزه	۲	۵	۹	۵	۳	۸	۰	۳	۱	۲	۹۴	
زیرگذر	۰	۰	۲	۱	۱۲	۱	۱	۰	۰	۵	۴۲	

این گذرگاه‌ها هرچند به‌منظور خدمت به عابران پیاده طراحی شده‌اند، اما به تجربه ثابت‌شده است که در برخی

موارد عابران در عمل از آن‌ها استفاده نمی‌کنند و این مسئله مهمی است که باوجود هزینه زیاد، برای ساخت و نگهداری، درنهایت آن‌ها را به عناصری کم بازده در سطح شهر تبدیل می‌کند که نه تنها خدمت موردنظر را به شهروندان ارائه نمی‌کند، که با اشغال فضای قابل توجهی از سطح پیاده‌رو به عنوان مانعی در مسیر عبور عابران و با اشغال فضای قابل توجهی بر روی معبر، به عنوان مانعی در منظر شهری، تلقی می‌گردند. از این جهت مکان‌یابی و نیازسنجی فاکتور مهمی در طراحی گذرگاه است و دستیابی به روشی جهت کارایی سنجی و اثربخشی، راهکار مناسبی برای مکان‌یابی و نیازسنجی خواهد بود.

با توجه به موارد فوق در فصل دوم این گزارش به بررسی نقش‌های مورد انتظار از رده‌های مختلف عملکردی خواهیم پرداخت و از این منظر ضرورت به کارگیری این نوع تسهیلات را در رده‌های مختلف تعیین خواهیم نمود. سپس در فصل سوم به تعریف مفاهیم کارایی و اثربخشی پرداخته و ضوابط شناخته شده در مورد آن‌ها را جمع‌بندی خواهیم کرد. فصل چهارم با استفاده از نتایج مطالعات ارزیابی کارایی پل‌های عابر پیاده که در سال ۱۳۹۰ توسط سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران در سطح مناطق ۲۲گانه شهر تهران به انجام رسیده است، به ارائه نمونه‌های موردی پل‌های عابر پیاده شهر تهران با رده‌های مختلف کارایی اختصاص یافته است و درنهایت در فصل پنجم جایگاه موضوع اثربخشی و کارایی سنجی تبیین شده و مؤثرترین پارامترهای ارزیابی کارایی و اثربخشی پل‌های عابر پیاده موجود ارائه می‌گردند.

۲- تدقیق محدوده بررسی: نقش و جایگاه معابر شریانی در ساختار سلسله‌مراتب عملکردی

درجه‌بندی عملکردی معابر بیان‌کننده نوع و عملکرد راه است و به صورت بازه‌ای از بالاترین رده (آزادراه، بزرگراه و شریانی‌ها) تا پایین‌ترین رده (معابر محلی و کوچه‌ها) تعریف می‌گردد. در رده‌های بالا نقش ترافیکی بر نقش اجتماعی غلبه دارد و سرعت تردد بالاتر است درحالی‌که در رده‌های پایین، نقش اجتماعی بیشتر از نقش ترافیکی است و دسترسی‌ها زیاده‌ترند. مراجع و نهادهای گوناگون، دیدگاه‌های مختلفی را در خصوص ساختار درجه‌بندی عملکردی معابر مطرح نموده‌اند که در نتیجه برخی از معابر دارای نقش‌های متفاوت در هریک از آن دیدگاه‌ها شده‌اند اما نقش‌های اصلی مورد انتظار از معابر (دسترسی و جابه‌جایی) همواره دارای طیف تغییرات مشخصی در ساختارهای مورد اشاره هستند. در این فصل نخست به مرور ساختارهای شناخته شده جهت رده‌بندی معابر پرداخته و سپس به تدقیق نقش‌های دسترسی و جابه‌جایی در رده موردنظر جهت این پژوهش خواهیم پرداخت.

۲-۱- مروری بر ساختارهای رده‌بندی عملکردی معابر

در مقاطع مختلف زمانی و در فواصل تقریبی ۵ ساله، مراجع مختلف داخلی دستورالعمل‌ها و گزارش‌هایی را جهت رده‌بندی معابر منتشر نموده‌اند، که به طور معمول برگرفته از یکی از استانداردها یا مراجع شناخته شده بین‌المللی بوده است. برخی از این گزارش‌ها و دستورالعمل‌های شناخته شده به همراه سال انتشار آن‌ها در ادامه معرفی شده‌اند:

- سلسله‌مراتب معابر شهری، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک، سال ۱۳۷۰

- بخش‌های ۱، ۴، ۶ و ۸ آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری، معاونت شهرسازی و معماری وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۷۵

- صورت‌جلسه شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور، ۱۳۸۰

- گزارش سلسله‌مراتب شبکه معابر درون‌شهری، طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، ۱۳۸۶

- استاندارد ۱۴۱۴۷، معابر شهری - طبقه‌بندی، سازمان ملی استاندارد ایران، چاپ اول، ۱۳۹۰

به‌طورمعمول آخرین منبع پس از انتشار، ملاک عمل هرگونه مطالعات مرتبط قرار خواهد گرفت. ازاین‌رو استاندارد ۱۴۱۴۷ در اولویت بررسی و ارجاع قرار دارد. منبع و مأخذ اصلی این استاندارد که به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر شده است، استاندارد آشتو است.

در مقدمه بند ۴ این سند که ضوابط طبقه‌بندی معابر شهری ارائه شده است، تقسیم‌بندی نخست شبکه معابر شهری بر اساس شرایط عملکردی و طراحی انجام پذیرفته است. در بخش شرایط عملکردی، سهم معبر در تأمین دسترسی، جابه‌جایی و نقش اجتماعی موردبررسی و در بخش طراحی، شاخص‌هایی از قبیل معیارهای هندسی، ترافیکی و کنترلی مدنظر قرار گرفته است. علاوه بر تقسیم‌بندی نخست، در این ضوابط شبکه معابر شهری دارای تقسیم‌بندی شریانی، محلی، اختصاصی و پیاده راه هستند که هرکدام از آن‌ها خود به زیرمجموعه‌هایی تقسیم می‌شوند.

سپس در ادامه و در زیربند ۴-۲ روند طبقه‌بندی معابر به ترتیب به‌صورت آزادراه، تندراه، شریانی درجه ۱، شریانی درجه ۲، جمع‌کننده (محلی اصلی)، محلی دسترسی، اختصاصی و معبر ویژه عابر پیاده، انجام‌شده و در ادامه جدول "ضوابط عملکردی، دسترسی و حمل‌ونقل" و جدول "ضوابط هندسی و فیزیکی" به تفکیک رده‌بندی اخیر ارائه می‌گردد. به‌بیان دیگر اگرچه در تعریف اولیه این استاندارد معابر "شریانی" شامل رده‌های آزادراه، تندراه، شریانی درجه ۱ و شریانی درجه ۲ معرفی شده‌اند اما در بیان جزئیات رده‌های عملکردی، مشابه ضوابط قبلی ازجمله ضابطه مطرح در طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، "شریانی" نامی است که برای دو رده عملکردی مابین تندراه و معابر جمع‌کننده اطلاق شده است. جدول (۲) ضوابط مربوط به معابر شریانی درجه ۱ و ۲ در استاندارد ۱۴۱۴۷ را ارائه نموده است. بدین ترتیب رده‌بندی اخیر استفاده از نقشه‌های رده‌بندی طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران (رده‌بندی قبلی) را نیز امکان‌پذیر نموده است و در این پژوهش نیز مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین لازم به ذکر است که در جداول مشابه مربوط به آزادراه و تند راه مقابل ردیف ۱۱ و ۱۲ که مربوط به نحوه "عبور عابران پیاده از عرض معبر" و "ورود عابر پیاده به حریم شبکه" است، در هر دو رده به ترتیب عبارات "عبور هم‌سطح ممنوع" و "مطلقاً ممنوع" ذکر شده است. که بدین ترتیب واریانسی جهت انتخاب بین گذرگاه هم‌سطح و غیرهم‌سطح در آزادراه و تندراه در اختیار قرار نداده و در این موارد استفاده از گذرگاه غیر هم‌سطح را در صورت نیاز الزام‌آور نموده است.

جدول ۲- ضوابط عملکردی، دسترسی و حمل‌ونقل عمومی معابر شریانی درجه ۱ و ۲ [۵]

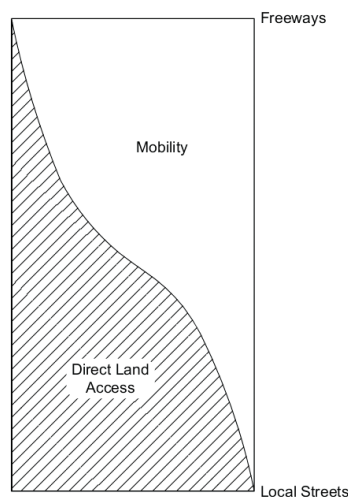
ردیف	مشخصه	شریانی درجه ۱	شریانی درجه ۲
۱	عملکرد راه (قابلیت تأمین جابه‌جایی یا دسترسی)	برقراری ارتباط سریع بین نواحی عمده شهر	برقراری ارتباط سریع بین معابر محلی اصلی با معابر شریانی درجه ۲
۲	کاربری زمین‌های اطراف معبر	شهری به‌صورت محدود	تجاری، اداری و دیگر کاربری‌های شهری
۳	نوع منطقه شهری	مناطق حدفاصل هسته و حومه شهر و شهری	شهری
۴	امکان دسترسی به کاربری‌های شهری پیرامونی	از طریق کندرو	به‌طور مستقیم
۵	نوع تقاطع‌ها	هم‌سطح	هم‌سطح
۶	فاصله تقاطعات	۵۰۰ متر	۳۰۰ تا ۵۰۰ متر
۷	چراغ راهنمایی	دارد	دارد
۸	نحوه خروج از شبکه یا ورود به آن	با استفاده از ضوابط رمپ	با استفاده از طرح هندسی تقاطع
۹	امکان دور زدن (تغییر جهت حرکت رفت‌و برگشت)	به‌طور غیر هم‌سطح	به‌طور هم‌سطح و به کمک چراغ راهنمایی
۱۰	امکان پارک حاشیه‌ای و توقف	در کندرو وجود دارد و در مسیر اصلی غیرمجاز است.	در کندرو وجود دارد و در مسیر اصلی غیرمجاز است.
۱۱	نحوه عبور عابران پیاده از عرض معبر	به‌طور هم‌سطح و به کمک جزیره‌های تفکیک حرکات از طریق خط عبور راست‌گرد و به کمک چراغ راهنمایی	به کمک چراغ راهنمایی و از محل گذرگاه‌های عابر پیاده
۱۲	ورود عابر پیاده به حریم شبکه	برای سوار و پیاده شدن در کندرو و در پیاده‌رو امکان‌پذیر می‌باشد.	برای سوار و پیاده شدن در کندرو و در پیاده‌رو امکان‌پذیر می‌باشد.
۱۳	تراکم تابلوها	۲ تا ۶ تابلو در هر کیلومتر	۲ تا ۶ تابلو در هر کیلومتر
۱۴	جریان ترافیک	منقطع	منقطع
۱۵	سرعت طرح	(۵۰ تا ۷۰) کیلومتر بر ساعت	(۵۰ تا ۶۰) کیلومتر بر ساعت
۱۶	سرعت مجاز	حداکثر (۴۰ تا ۶۰) کیلومتر بر ساعت	حداکثر (۴۰ تا ۵۰) کیلومتر بر ساعت
۱۷	وسایل حمل‌ونقل مجاز به استفاده	تمام وسایل نقلیه شخصی، اتوبوس، تاکسی، مینی‌بوس، ون و دوچرخه فقط مجاز به استفاده از کندرو می‌باشد.	تمام وسایل نقلیه شخصی، اتوبوس، تاکسی، مینی‌بوس و ون
۱۸	تردد دوچرخه	در کندرو مجاز است	مجاز
۱۹	خط ویژه اتوبوس	مجاز	مجاز
۲۰	تردد موتورسیکلت	مجاز	مجاز

مزیت مهم گزارش سلسله‌مراتب شبکه معابر درون‌شهری از مجموعه مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران که بر استفاده از آن در صورت نیاز تأکید شد، بروز رسانی و ارائه نقشه‌های طبقه‌بندی معابر شهر تهران به تفکیک مناطق ۲۲ گانه شهرداری تهران است. نمونه‌هایی از این نقشه‌ها که به‌عنوان مرجع انجام مطالعات توسط معاونت و سازمان حمل‌ونقل و ترافیک تهران به تاریخ ۱۳۹۰، در اختیار مشاوران ترافیکی مناطق قرار گرفته، برای ۵ منطقه شهری در پیوست الف ارائه شده است. در این پژوهش با توجه به اینکه از نتایج مطالعات سال ۱۳۹۰، استفاده شده است. نقشه‌های فوق‌الذکر نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

۲-۲- سطوح مورد انتظار دسترسی و جابه‌جایی در رده شریانی

با توجه به اینکه در این پژوهش رده عملکردی شریانی جهت مطالعه و بررسی مدنظر است، آگاهی از علت انتخاب این رده و شناخت نقش ترافیکی و اجتماعی معابر در این رده با توجه به ساختارهای مطرح درجه‌بندی عملکردی معابر حائز اهمیت است.

پارامترهای اصلی ثابتی در توضیح نقش‌های مورد انتظار از رده‌های مختلف عملکردی معابر بر مبنای "خصوصیات حمل‌ونقل موتوری"، وجود دارند که علیرغم نقش و اهمیت دوچرخه‌سواران، عابران پیاده و استفاده‌کنندگان از حمل‌ونقل عمومی، بر آن مبنای نباشد و مرسوم‌اند. دو خصوصیت اصلی شناخته‌شده، عبارت‌اند از دسترسی و جابه‌جایی. رابطه بین این دو خصوصیت بدین گونه است که در معابری که جابه‌جایی وسایل نقلیه موتوری در اولویت است، ناچاریم دسترسی را به حداقل ممکن کاهش دهیم و برعکس در معابر محلی‌ای که نقش اصلی آن‌ها ایجاد دسترسی است، پیامد آن کاهش نقش جابه‌جایی وسایل نقلیه موتوری است. نمودار شکل (۳) نیز که نمودار شناخته‌شده‌ای در این زمینه است، طیف تغییرات این دو نقش را در رده‌های عملکردی معابر نشان می‌دهد.



شکل ۳- رابطه بین سطوح مختلف نقش‌های جابه‌جایی و دسترسی در انواع رده عملکردی [۱۵]

بنابراین برخی از مراجع، اصلی‌ترین گام جهت انتخاب یا عدم انتخاب تسهیلات عبور عابران پیاده را توجه به رده عملکردی معبر مربوطه دانسته‌اند و حتی استفاده از مسیر ویژه عبور هم‌سطح را در معابر محلی منوط به وجود کاربری خاصی چون مدرسه و در معابر شریانی و جمع و پخش‌کننده منوط به عامل حجم عبور عابر پیاده نموده‌اند [۱۶].

این بدان معنا است که استفاده از تسهیلات عبور عرضی عابر که موجب جداسازی تداخلات حرکتی، به نفع وسایل نقلیه موتوری می‌گردد، الزاماً شیوه درستی در همه رده‌های عملکردی نیست و به عبارت دیگر در معابر محلی

و حتی جمع و پخش‌کننده‌ای که خودرو، کاربر ثانویه نسبت به عابر پیاده است، ایجاد دشواری برای عابر پیاده و افزایش سطح انتظار رانندگان نسبت به خصوصیت جابه‌جایی، نامطلوب است. علاوه بر این باید در نظر داشت که میزان اثربخشی تسهیلات، علاوه بر اینکه بستگی به میزان سهولت دسترسی توسط عابران پیاده دارد، به شرایط دیگری نیز وابسته است که عبارت‌اند از [۱۷]:

- تقاضای نسبتاً بالای عبور عرضی؛
- حجم بالای عابران جوان و نوجوان مثلاً در نزدیکی مدارس؛
- وجود معابر پر حجم به لحاظ وسیله نقلیه و هم‌زمان پر تقاضا به لحاظ عابر پیاده.

همچنین باید توجه داشت که در خصوص رده‌های عملکردی که ضوابط اجازه عبور هم‌سطح و حتی دسترسی عابر پیاده به سطح سواره‌رو را نداده‌اند، نیز انتخاب بین وجود یا عدم وجود تسهیلات عابر پیاده در حیطه موضوع کارایی سنجی و اثربخشی نمی‌باشد و صرف وجود تقاضای قابل توجهی که مسیر جایگزین مناسبی در اختیار نداشته باشد، به کارگیری تسهیلات توصیه می‌گردد.

۲-۳- جمع‌بندی اهداف کلی و معابر منتخب جهت بررسی در پژوهش

با توجه به مطالب بیان‌شده در خصوص ساختار معابر و نحوه عبور مورد انتظار عابران پیاده از آن‌ها، هدف این پژوهش بررسی و تعیین شاخص‌های ایجاد مطلوبیت عبور عابران پیاده از روی پل عابر پیاده است در شرایطی که انتخاب توأمان بین عبور از رو و زیر پل وجود داشته باشد. به عبارت دیگر در خصوص آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها که ضوابط، ممنوعیت عبور هم‌سطح عابر پیاده و اهمیت ایمنی و حفظ جان شهروندان و احداث پل را ملزم نموده است، اصولاً بحث کارایی سنجی و اثربخشی مطرح نمی‌باشد و چه‌بسا که به دلیل عبور روزانه کمتر از ۱۰ نفر، احداث پل عابر پیاده در محلی پیشنهاد شود. اما در شرایطی که ضوابط، اجازه عبور هم‌سطح به عابران پیاده را داده است و درعین حال استفاده از تسهیلات غیر هم‌سطح نیز تعارضی با نقش مورد انتظار معبر ندارد، بررسی مطلوبیت عبور، با ارزیابی کارایی و اثربخشی، جای بررسی دارد. چنانچه در جدول (۱) نشان داده شد، این شرایط برای معابر شریانی درجه ۱ و ۲ وجود دارد. بدین منظور در انتخاب نمونه‌های مطالعه موردی به مواردی توجه شده است که در معبر شریانی احداث شده بودند و امکان عبور از زیر و روی پل، توأمان وجود داشته است، اما با این وجود، نتایج این مطالعه، در صورت احداث تسهیلات در یک موقعیت جدید، به کارگیری موانع فیزیکی عبور عرضی چون نرده‌کشی میانه که در جهت افزایش میزان کارایی پل است را منع نمی‌نماید. چراکه در این خصوص فرض می‌گردد که اثربخشی تسهیلات در محل موردنظر قبلاً به تأیید رسیده است و حال افزایش کارایی آن از طریق ایجاد موانع عبور عرضی قابل قبول است. از این‌رو در فصل بعد به تعریف مفاهیم کارایی و اثربخشی پرداخته می‌شود و ضوابط موجود در این خصوص مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۳- بررسی تعاریف و پیشینه موضوع

در این بخش از گزارش پیش‌رو نخست به بررسی تعاریف کارایی و اثربخشی پرداخته و سپس روش‌های امتیازدهی و کارایی سنجی احداث تسهیلات عبور عرضی عابران پیاده در برخی از ضوابط و نشریات راهنما مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۳-۱- تعریف مفاهیم کارایی و اثربخشی

آگاهی از تفاوت مفاهیم کارایی و اثربخشی، با توجه به مترادف ظاهری اولیه‌ای که از معانی آن‌ها به ذهن متبادر می‌گردد، راه مناسبی جهت شناخت آن‌ها است. در این خصوص به‌اختصار می‌توان گفت که اثربخشی^۱، "انجام کار درست" و کارایی^۲ "انجام یک کار به‌درستی" است [۲۵]. بدین ترتیب می‌توان گفت یک راهکار زمانی اثربخش است که اهداف پیش‌بینی‌شده را به شکل مناسب‌تری محقق نماید و زمانی کارا است که با توجه به محدودیت‌های زمانی، مالی و ... بازده مناسب‌تری را ارائه نماید.

در علم اقتصاد پیوستگی کارایی و اثربخشی یک سیستم، تحت نام "بهره‌وری" سیستم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که در آن صورت بهره‌وری به مفهوم اقتصادی، به رابطه قابل اندازه‌گیری بین حجم محصول و حجم عوامل مصرف‌شده (از قبیل زمین، سرمایه و کار) مورد لزوم برای تولید آن محصول اشاره دارد. اما همیشه و در همه علوم نمی‌توان این دو شاخص را در قالب یک شاخص کمی چون بهره‌وری تجمیع و محاسبه کرد. علم ترافیک نیز بدین گونه است و شاخص‌های غیر کمی چون حفظ ایمنی و جان انسان‌ها در زمره ملاک‌های اثربخشی قرار دارند که الزاماً نقشی در ارتقای بازده کمی (کارایی) سیستم موردنظر ندارند.

همچنین با تأمل بر تعاریف ارائه‌شده فوق می‌توان عوامل مؤثر بر بهره‌وری را به دودسته کلی عوامل "برون‌زا" و عوامل "درون‌زا" تقسیم کرد [۲۶]. عوامل برون‌زا عبارت‌اند از عواملی که تحت تأثیر سیاست‌ها و اقدامات خارج از سیستم بوده و کنترلی بر آن‌ها نیز از طرف سیستم وجود ندارد. تعدادی از این عوامل و مصادیق آن‌ها در خصوص پل‌های عابر پیاده به شرح زیر می‌باشند:

عوامل فرهنگی

فرهنگ عبارت است از مجموعه ارزش‌ها، عقاید و رفتار یک جامعه که چارچوب کلی رفتار افراد عضو آن جامعه را نیز تشکیل می‌دهد. توجه به عامل فرهنگ به‌عنوان یک عامل اصلی برای مطالعه بهره‌وری در سیستم‌ها ضروری است. به‌عنوان مثال فرهنگ احترام به قوانین راهنمایی و رانندگی عامل مهمی در استفاده از پل عابر پیاده است که با انواع روش‌های تبلیغی قابل ارتقاء است.

1- effectiveness

2- efficiency

عوامل اقتصادی

وابستگی اقتصادی کشورها، توزیع نابرابر درآمدها و تحریم‌های اقتصادی ازجمله عوامل عمده کاهش سطح بهره‌وری در سیستم‌های کشورهای رو به رشد است که مشخصاً در ابعاد سرمایه و تکنولوژی بروز پیدا می‌کند. در خصوص پل‌های عابر و اصولاً خدمات فنی و مهندسی این مقوله در کشور ما به‌ندرت به‌عنوان یک محدودیت مطلق بروز می‌نماید. اما بهینه‌سازی و تخصیص مناسب منابع قطعاً از عوامل مؤثر بر تصمیم مدیران شهری است.

عوامل مرتبط به افراد جامعه

وجود روحیه‌ای خاص در طبقه‌ای از افراد جامعه می‌تواند به‌عنوان یک عامل برون‌زا بر سیستم اثرگذار باشد. به‌عنوان مثال وجود روحیه گروهی مبتنی بر توجه یا عدم توجه به عبور از پل عابر پیاده در بین دانش‌آموزان عامل مؤثری در بهره‌وری پل‌های عابر پیاده است.

در مقابل عوامل برون‌زا، می‌توان از عواملی نام برد که از داخل سیستم بر مجموعه اثرگذار بوده و به‌تبع آن قابل کنترل و اصلاح می‌باشند. برخی از این عوامل و مصادیق آن‌ها در خصوص پل‌های عابر پیاده به شرح زیر می‌باشند:

نیروی انسانی

نیروی انسانی به‌عنوان مجریان سیستم و به‌کارگیرنده سایر عوامل تولید از عوامل اثرگذار بر سیستم هستند. آموزش راهبرد ارتقای آثار مثبت این عامل است. البته آموزش نیروی انسانی یک امر کوتاه‌مدت نبوده و یک هدف بلندمدت، همیشگی و تدریجی است. آموزش‌های نیروی انسانی شامل فراهم آمدن امکانات تحصیل در دوره‌های مقدماتی و بالاتر، کسب مهارت‌های فنی، آموزش‌های نظری مرتبط با شغل و پرورش شخصیت کارکنان می‌باشد که می‌تواند به شکل‌های مختلف ارائه گردد. در خصوص پل‌های عابر پیاده استفاده از پیمانکاران مسلط و متعهد به جزئیات اجرایی مثالی از اثر مثبت این عامل است.

تکنولوژی

تکنولوژی معمولاً دارای دو بعد است، یکی سخت‌افزار و دیگر نرم‌افزار. سخت‌افزار نمایانگر بعد مادی ماشین‌آلات، ابزار و امکانات است و بعد نرم‌افزار بیانگر دانش و فن به‌کارگیری ابزار و امکانات است. انتخاب و به‌کارگیری تکنولوژی مناسب عامل مهمی در افزایش کارایی است که در خصوص پل‌های عابر پیاده استفاده از پله‌های برقی و آسانسور مناسب، مثالی در این زمینه است.

مدیریت

مدیریت به‌عنوان هدایت‌کننده، هماهنگ‌کننده، برنامه‌ریزی کنترل‌کننده، نقش بسیار مهمی در ارتقای فرهنگ بهره‌وری و کارایی دارد. مدیریت با تدوین یک برنامه مشخص در افق بلندمدت و کوتاه‌مدت، اهداف موردنظر سازمان را مشخص می‌سازد و با ارائه یک سلسله روش‌ها و سیاست‌ها حصول به اهداف را تسهیل می‌کند و پیش

از آن، عملیات را همواره با اهداف و سیاست‌های از پیش تعیین‌شده کنترل می‌کند. درواقع موفقیت واقعی مدیر در گرو اثربخشی فعالیت وی برای کسب هدف و کارایی عملکرد می‌باشد.

مستندسازی

مجموعه اقدامات، تدابیر و عملیات برای ایفای وظایف در یک محل و یا یک سازمان، روش انجام دادن کار نامیده می‌شود. سازمان‌ها اعم از تولیدی و یا غیر تولیدی نیازمند روش‌های مختلف انجام دادن کار و مستندسازی این روش‌ها هستند. روش‌های انجام دادن کارهای مشابه الزاماً مشابه نیستند بنا بر شرایط خاص خود از الگوی خاصی تبعیت می‌نمایند. مستندسازی روش‌های انجام کار و حتی نمودارهای محتوایی باعث می‌شود که در صورت تغییر افراد در سازمان‌ها، زمان موردنیاز آموزش افراد به حداقل کاهش یابد و هریک از افراد نیز بتوانند در صورت نیاز به‌جای یکدیگر مشغول به کار شوند. تا جایی که حتی اگر نیاز باشد بتوان تجزیه و تحلیل‌های لازم را بر نحوه انجام دادن کار در مقاطع زمانی متفاوت به عمل آورد و نقاط قوت و ضعف هر روش را مشخص نمود و در صورت نیاز به ایجاد یک روش بهتر، روش موردنظر را طراحی کرد و به اجرا درآورد. در خصوص پل‌های عابر پیاده تدوین ضوابط مناسب و انتشار نتایج مطالعات مختلف از جمله مقایسه قبل و بعد از اجرا، از عوامل مؤثر در افزایش بهره‌وری در موارد بعدی است.

۳-۲- بررسی ضوابط و مطالعات قبلی در خصوص پل‌های عابر پیاده

ضوابط، آیین‌نامه‌ها و نشریات متعددی در خصوص پیاده‌روی و تسهیلات مربوطه در دسترس قرار دارند. همچنین عموماً نشریات راهنما و دستورالعمل‌های حمل‌ونقلی، فصلی را به بررسی و تعیین ضوابط ایجاد مسیرهای پیاده‌روی و تسهیلات مربوطه اختصاص داده‌اند، برخی از مهم‌ترین مراجع در این خصوص در ادامه موردبررسی قرار گرفته‌اند:

نشریه ۱۴۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، تسهیلات پیاده‌روی، ۱۳۷۵

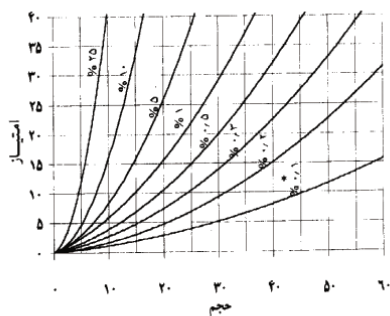
این نشریه که در سه مجلد به ترتیب به عناوین "مبانی فنی"، "توصیه‌ها و معیارهای فنی" و "سوابق مطالعات" پرداخته است، توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (سازمان برنامه‌بودجه سابق) تهیه و در بند ۶-۳ از مبانی فنی آن به موضوع گذرگاه‌های عرضی غیر هم‌سطح پیاده و تعریف انواع روگذر و زیرگذر این نوع تسهیلات به همراه مزایا و معایب هر کدام از آن‌ها پرداخته است که پیشتر در بخش مقدمه این گزارش به برخی از آن‌ها اشاره گردید. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده شهر تهران در این گزارش در سال ۱۳۷۱، حدود ۵۳ پل عابر پیاده روگذر و حدود ۴ زیرگذر فعال وجود داشته است که میزان استفاده از آن‌ها نیز در سطح بسیار پایینی بوده است اما میزان کارایی آن‌ها به‌مرورزمان در حال پیشرفت بوده است. به‌عنوان اصلی‌ترین دلایل شناخته‌شده برای کارایی پایین موارد زیر برشمرده شده است:

- کمبود موانع فیزیکی کافی در محدوده مؤثر گذرگاه غیر هم‌سطح به‌منظور مجبور نمودن عابران به استفاده از گذرگاه‌های غیر هم‌سطح (اعم از روگذر یا زیرگذر)؛

- کمبود فرهنگ استفاده از گذرگاه‌های غیر هم‌سطح و کمبود آموزش و تبلیغات در زمینه استفاده از آن‌ها؛
 - عدم وجود منع قانونی و اعمال جرائم ترافیکی در زمینه عدم استفاده از گذرگاه‌های غیر هم‌سطح توسط عابران.
 - وجود پلکان و شیب‌راهه‌های با شیب غیراستاندارد و عدم تناسب در کف‌سازی گذرگاه‌های غیر هم‌سطح مطابق با ضوابط تعیین‌شده برای معلولین و سالمندان؛
 - افزایش زمان سفر و تأخیر ایجادشده به سبب استفاده از گذرگاه‌های غیر هم‌سطح در مقایسه با عبور مستقیم از عرض سواره‌رو به صورت هم‌سطح؛
 - کمبود امنیت و ایمنی پیاده بخصوص در ساعات شب جهت استفاده از گذرگاه‌های غیر هم‌سطح (بخصوص زیرگذرها)؛
 - عدم وجود جذابیت، زیبایی، نظافت، پاکیزگی و سایر موارد تأثیرگذار در جذب عابران و ترغیب آن‌ها به استفاده از گذرگاه‌های غیر هم‌سطح؛
 - مکان‌یابی نادرست گذرگاه‌ها.
- در این نشریه با توجه به شرایط موجود شهر تهران (در آن زمان) و در نظر گرفتن جمیع جهات، روش‌های زیر جهت بالا بردن کارایی گذرگاه‌های غیر هم‌سطح پیشنهاد شده است:
- کاهش تعداد پله‌ها و ترجیحاً استفاده از شیب‌راهه با شیب مناسب؛
 - به‌کارگیری و رعایت ضوابط معلولین و حتی‌الامکان استفاده از تجهیزاتی نظیر پله‌برقی، آسانسور، سطح متحرک و غیره، جهت استفاده معلولین و سالمندان؛
 - ایجاد کف مناسب، پوشش سقف در روگذرها و تأمین روشنایی کافی در زیرگذرها؛
 - تأمین امنیت کافی در زیرگذرها به وسیله ایجاد کاربری‌های تجاری شبانه‌روزی؛
 - ایجاد موانع فیزیکی در حریم محدوده مؤثر گذرگاه‌های غیر هم‌سطح (از قبیل نرده گذاری) به منظور ممانعت از عبور هم‌سطح عابران پیاده از عرض معابر؛
 - ارائه آموزش و تبلیغات لازم در راستای افزایش سطح فرهنگ ترافیک عمومی جهت رعایت استفاده از گذرگاه‌های غیر هم‌سطح؛
 - در نظر گرفتن پارامترهای زیبایی بهنگام ساخت و طرح گذرگاه‌های غیر هم‌سطح و نظارت دقیق بر امر نظافت و پاک‌سازی دیوارها، کف‌ها و سقف‌های گذرگاه‌های غیر هم‌سطح و جمع‌آوری زباله‌ها و غیره به منظور ترغیب و تشویق عموم به استفاده از آن‌ها.
- جلد دوم این نشریه با عنوان توصیه‌ها و معیارهای فنی نیز به نکات قابل توجهی در خصوص مکان‌یابی و دسترسی گذرگاه‌های عرضی غیر هم‌سطح پرداخته است و با ترکیب برخی از عوامل مؤثر به یک روش امتیازدهی

در قالب شکل (۴) دست یافته است، توسعه‌یافته‌ی این جدول در ضابطه ملاک عمل جدیدی که به آن اشاره خواهیم نمود، مبنای اولویت‌بندی احداث پل‌های عابر پیاده جدید قرار گرفته است.

عوامل	امتیاز تخصیصی
نسبت حجم وسایل نقلیه و عابر پیاده تصادفات	تا ۴۰ امتیاز (براساس شکل ۳-۴۷) تا ۱۵ امتیاز - ۵ امتیاز به ازاء هر تصادف عابر پیاده در یک دوره ۵ ساله
مدرسه ابتدایی	۱۰ امتیاز در صورت مجاور بودن
مدرسه راهنمایی یا دبیرستان	۵ امتیاز در صورت مجاور بودن
گذرگاه مدرسه و گذر بان	۱۰ امتیاز در صورت وجود
عرض خیابان	۱۲ امتیاز به ازاء هر ۳/۲ عرض معبر در هر طرف
جزیره میانی برجسته	کمتر از ۴ امتیاز در صورت وجود
جزیره میانی همسطح	کمتر از ۲ امتیاز در صورت وجود
سرعت وسایل نقلیه بیشتر از ۵۰ کیلومتر بر ساعت (۸۵٪ بالاترین سرعت)	۱۰ امتیاز



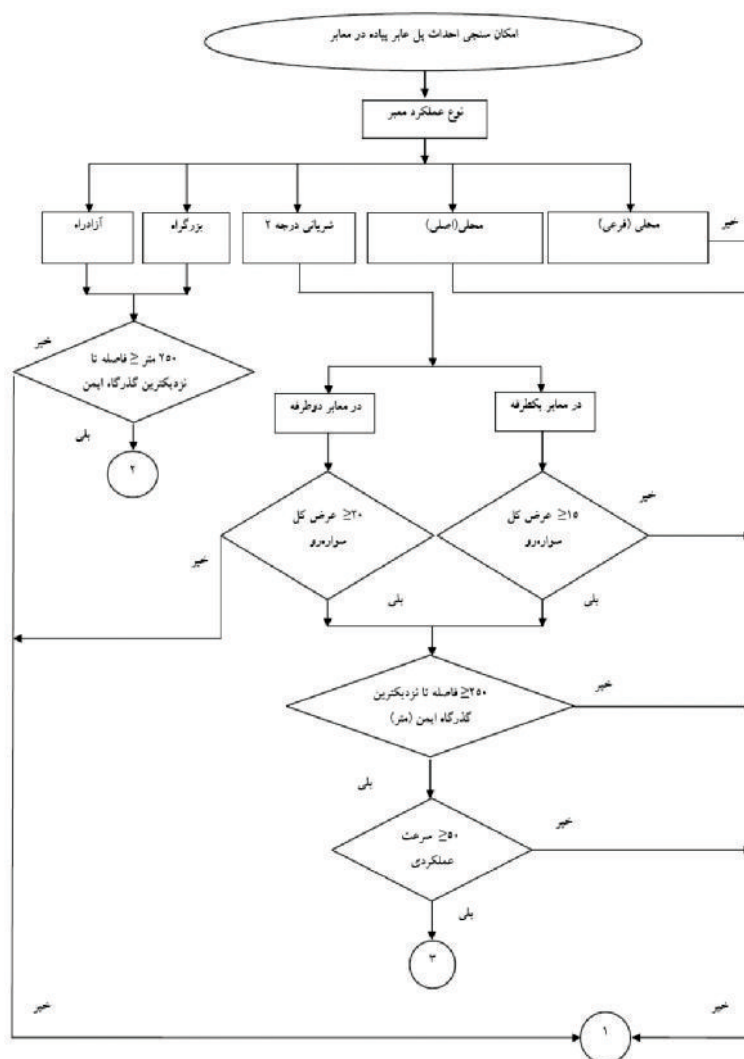
مجموع میانگین ترافیک روزانه وسایل نقلیه و عابرین پیاده (هزار)

ارقام کنار منحنی بیانگر نسبت حجم عبور پیاده به مجموع ترافیک سواره و پیاده است.

شکل ۴- امتیازدهی به عوامل مؤثر در احداث گذرگاه عرضی غیر هم‌سطح با استفاده از نمودار حجم [۴]

ضابطه ملاک عمل احداث گذرگاه‌های غیر هم‌سطح عابر پیاده، معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۰

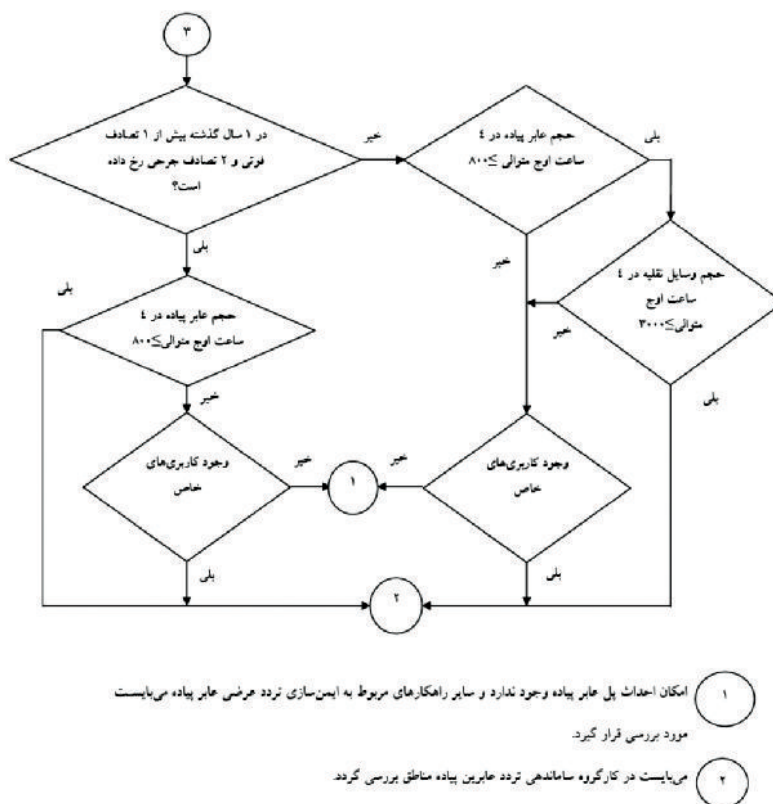
جلد هفتم ضوابط ملاک عمل سال ۱۳۹۰ تهران به ارائه ضوابط ملاک عمل معاونت حمل‌ونقل و ترافیک در خصوص طراحی، تأمین روشنایی، نیازسنجی و اولویت‌دهی احداث و شرایط فیزیکی و هندسی مدنظر برای پل‌های عابر پیاده پرداخته است. در ضوابط نیازسنجی برای احداث پل‌های عابر پیاده، در زمینه هریک از ویژگی‌های نوع عملکرد معبر، عرض معبر، سرعت عملکردی، تاریخچه تصادفات، حجم عبور وسایل نقلیه، حجم تردد عابر پیاده، فاصله تا نزدیک‌ترین گذرگاه ایمن و کاربری‌های اطراف، حدودی را معین نموده است که در نهایت به دو فلوچارت نیازسنجی احداث پل عابر پیاده در تقاطعات و در معابر و همچنین یک فلوچارت نیازسنجی برای مکانیزاسیون پل‌های عابر پیاده منتهی شده است. شکل (۵) فلوچارت پیشنهادی این دستورالعمل را جهت نیازسنجی احداث پل عابر برای معابر نشان می‌دهد.



لازم به ذکر است پس از بررسی سایر راهکارهای مربوط به ایمن سازی گذر عرضی عابر پیاده، پل عابر پیاده مورد ارزیابی قرار می گیرد.

شکل (۲)-فلوچارت امکان سنجی احداث پل عابر پیاده در معابر

شکل ۵-فلوچارت امکان سنجی احداث پل عابر در معابر [۶]



ادامه شکل ۵- فلوچارت امکان‌سنجی احداث پل عابر در معابر [۶]

با توجه به نقش تعیین‌کننده ویژگی "حجم تردد عابر پیاده"، در این ضابطه ملاک عمل، حداقل شرایط لازم در خصوص عامل مذکور بدین شرح بیان شده است: در کلیه تقاطع‌ها شامل تقاطع‌های دارای چراغ راهنمایی و فاقد چراغ؛ حداقل حجم متوسط ساعتی عبور عابر پیاده از عرض معبر در ۴ ساعت اوج متوالی برابر با ۲۰۰ نفر باشد (هر عابر خردسال، سالمند و ناتوان معادل ۲/۵ نفر عابر محسوب می‌گردد). همچنین اگر حجم یادشده بیش از ۶۰۰ نفر باشد ضرورت احداث پل عابر مکانیزه باید مورد بررسی قرار گرفته و موضوع در کمیته مربوطه مطرح گردد. از نکات قابل توجه این نشریه مرتبط با مقوله کارایی پل‌های عابر پیاده، ارائه فرمول برآورد درصد استفاده‌کنندگان از پل عابر پیاده است که به صورت زیر ارائه شده است:

$$U = 0.03W_m + 0.008V_{\max} - 0.245R - 0.329$$

رابطه شماره (۱)

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 (میانگاه) باز باشد، یک و در صورتی که بسته باشد صفر در نظر گرفته شود.

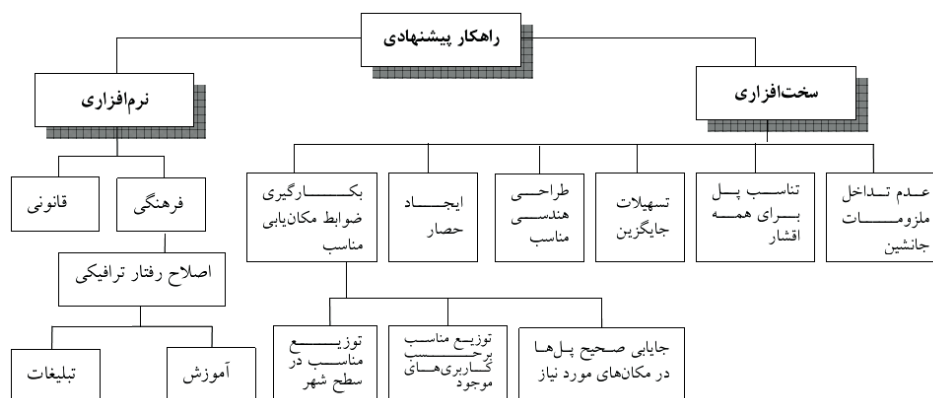
در نهایت و در فصل پنجم این ملاک عمل، جهت اولویت‌بندی احداث مابین نقاط مختلف جهت احداث پل، جدول امتیازدهی مطابق جدول (۳) ارائه شده است، که در واقع، بسط یافته جدول مشابهی از نشریه ۱۴۴ است.

جدول ۳- امتیازدهی به عوامل مؤثر در احداث پل عابر پیاده [۶]

عامل	امتیاز تخصیصی
نسبت حجم وسایل نقلیه و عابر پیاده	تا ۴۰ امتیاز بر اساس نشریه ۱۴۴
تصادفات	به ازای هر تصادف فوتی یا ۷ تصادف جرحی در طول ۱ سال ۱۵ امتیاز اضافه می‌شود
وجود مدرسه ابتدایی	۲۰ امتیاز در صورت نزدیکی به محل پل (تا ۲۵۰ متر)
مراکز آموزشی مانند مدارس راهنمایی، دبیرستان، دانشگاه‌ها و ...	۱۵ امتیاز در صورت نزدیکی به محل پل (تا ۲۵۰ متر)
عرض خیابان	۱۰ امتیاز به ازای هر خط عبور در هر جهت
سرعت ۸۵ درصدی وسایل نقلیه	۱۲ امتیاز به ازای هر ۱۰ کیلومتر افزایش سرعت نسبت به ۵۰ کیلومتر بر ساعت
ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی	۵ امتیاز در صورت قرار داشتن در محدوده تحت تأثیر پل عابر پیاده
مراکز معلولین و سالمندان	۲۰ امتیاز در صورت قرار داشتن در محدوده تحت تأثیر پل عابر پیاده
کاربری‌های خاص مثل پایانه‌ها، مجتمع‌ات مسکونی، تفریحی، بیمارستان‌ها و ...	۱۰ امتیاز در صورت قرار داشتن در محدوده تحت تأثیر پل عابر پیاده
فاصله از پل عابر پیاده موجود در معبر	تا فاصله ۲۵۰ متر ۵ امتیاز افزوده می‌گردد و پس‌از آن به ازای هر ۵۰ متر یک امتیاز اضافه می‌شود.
فاصله از تقاطع ایمن جهت عبور عرضی عابران پیاده	تا فاصله ۲۵۰ متر ۵ امتیاز افزوده می‌گردد و پس‌از آن به ازای هر ۵۰ متر یک امتیاز اضافه می‌شود.

مقاله تحلیل و اثربخشی پل‌های عابر پیاده درون‌شهری (مطالعه موردی شهر تهران)

هدف این مقاله بررسی و ارزیابی میزان اثربخشی پل‌های عابر پیاده درون‌شهری است. نویسندگان در ابتدای مقاله بیان نموده‌اند که طبق آمار سال ۱۳۸۵ راهنمایی و رانندگی ۳۸ درصد تصادفات رانندگی با رفتار عابران پیاده در ارتباط است و یکی از مهم‌ترین دلایل وقوع این تصادفات عدم استفاده از پل عابر است. برای بررسی این امر، اقدام به تحلیل میدانی شده است و نتایج، عواملی چون عدم مکان‌یابی مناسب، عدم کاربرد برای همه اقشار، عرض کم خیابان، زمان‌بر بودن عبور و عوامل مزاحم را به‌عنوان دلایل کاهش اثربخشی پل عابر معرفی نموده است. طبق بررسی‌ها، حداکثر کارایی پل عابر پیاده بررسی‌شده در حد چهل درصد است و در نصب پل‌ها، بیشتر به ضوابط ترافیکی توجه شده و چندان مشوق‌های فرهنگی و اجتماعی در استفاده عابران از پل‌ها مؤثر نبوده است لذا تدوین قوانین مناسب برای بهبود فرایند نصب و استفاده از پل‌ها نیز پیشنهاد شده است. نمودار پیشنهادی این پژوهش را جهت ارتقاء کارایی پل‌های عابر پیاده نشان می‌دهد.

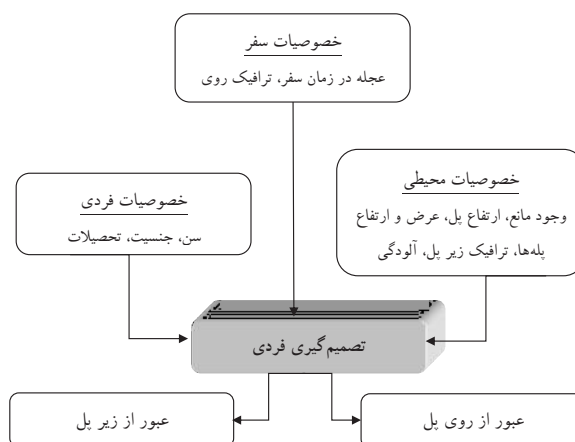


شکل ۶- یک نمودار پیشنهادی جهت ارتقای کارایی پل‌های عابر پیاده [۸]

مقاله بررسی عوامل اثرگذار بر تمایل شهروندان به استفاده از پل‌های عابر پیاده

در این مقاله که با بررسی موردی ۱۰ پل عابر پیاده در شهرهای شیراز و تهران به انجام رسیده است، توجه ویژه‌ای بر میزان ریسک برآورد شده توسط عابر برای عدم استفاده از پل، به‌عنوان پارامتر مؤثر در تصمیم استفاده از پل شده است و میزان همبستگی این عامل با پارامترهای فردی و محیطی چون سن، جنسیت، برخورداری از گواهینامه رانندگی و سرعت عبور وسایل نقلیه از خیابان استخراج شده است. در این مطالعه موارد موردبررسی شامل پل‌های عابر پیاده‌ای بوده‌اند که امکان عبور از زیر پل نیز وجود داشته است و از بررسی پل‌های مکانیزه (برخوردار از پله‌برقی) نیز خودداری شده است. نمودار مدل مفهومی این پژوهش در شکل (۷) نشان داده شده است. فرآیند گردآوری اطلاعات علاوه بر برداشت خصوصیات فیزیکی و ترافیکی، شامل انجام فرآیند پرسشگری از ۲۰۰ نفر از عابران پیاده‌ای بوده است که از پل‌ها استفاده کرده‌اند و یا به فاصله ۵۰ متری از طرفین پل از عرض خیابان عبور کرده‌اند.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داده است که عمده خصوصیات اجتماعی-اقتصادی چون سطح درآمد، مالکیت اتومبیل، سطح سواد، میزان آشنایی با محل و داشتن گواهینامه، رابطه معناداری با تمایل استفاده از پل عابر پیاده ندارد. عمده‌ترین دلیل استفاده از پل، ایمنی حاصل از آن مطرح شده است و هر چیزی که ذهنیت عابران را نسبت به ایمنی تحت تأثیر قرار دهد بر تمایل عبور آن‌ها از روی پل عابر پیاده مؤثر است. اکثر پرسش‌شوندگان اظهار کرده‌اند که در صورت همراه داشتن کودک، حتماً از پل عبور خواهند کرد. در خاتمه نتایج این پژوهش تأکید شده است که با توجه به رویکردهای جدید در مباحث ترافیک شهری، آرام‌سازی ترافیک در مواردی راهکار مناسب‌تری جهت حرکت مسالمت‌آمیز سواره و پیاده است.



شکل ۷- یک مدل مفهومی عوامل اثرگذار بر تمایل شهروندان در استفاده از پل عابر پیاده [۹]

مقاله تأثیر شرایط محیطی در رفتار عابران پیاده

نویسندگان این مقاله که از پژوهشگران دانشگاه سدکس فرانسه هستند تأثیر شرایط محیطی و همچنین سن کاربران را بر رفتار عابران پیاده با سنین مختلف مورد بحث و بررسی قرار داده است. در این راستا شرایط محیطی به پنج رده (مناطق تجاری مرکز شهر، مناطق حاشیه شهر، مناطق بیلاقی، شهرک‌های مسکونی، حاشیه شهرها و نقاط تجاری حاشیه شهرها) تقسیم‌بندی و کاربران نیز برحسب سن به سه رده (نوجوان، جوان و میان‌سال) طبقه‌بندی شده است. محققان در این پژوهش به این نتیجه رسیده‌اند که شرایط محیطی، مناظر اطراف و احساس ایمنی و امنیت در تمایل کاربران به پیاده‌روی و نوع عبور از خیابان‌ها مؤثر است و به‌طور مثال در مناطق مرکزی شهر عابران تمایل بیشتری به عبور هم‌سطح داشته و از تسهیلات غیر هم‌سطح روگذر یا زیرگذر چندان استقبال نمی‌کنند. در مقابل در مناطق حاشیه شهرها به‌خصوص در نواحی کم‌جمعیت، عابران پیاده تمایل کمتری به عبور هم‌سطح داشته و به دلیل سرعت عبور بالای خودروها، از تسهیلات عبور غیر هم‌سطح عابر پیاده استقبال می‌کنند. در این پژوهش احساس امنیت و خطر احتمالی وقوع تصادف به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر رفتار عابران پیاده معرفی شده است [۱۸].

مقاله تعیین میزان کارایی پل‌های عابر پیاده در مالزی

این مقاله توسط سه نفر از پژوهشگران موسسه تحقیقات حمل‌ونقل و دانشگاه تکنولوژی سلانگور مالزی در سال ۲۰۱۳ تهیه و تدوین شده است. روشی که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته بررسی رفتار عابران پیاده هنگام گذر از خیابان با رویکرد اصلی استفاده یا عدم استفاده از پل عابر و همچنین انجام نظرسنجی و مطالعات میدانی از حاضرین در رابطه با نوع نگاه عابران به پل‌های عابر پیاده و اثرات مثبت و منفی آن‌ها است. نویسندگان با استفاده از این اطلاعات، مدل رگرسیون خطی باهدف تعیین متغیرهای مؤثر بر کاهش کارایی پل‌های عابر پیاده ارائه نموده‌اند. تعداد پل‌های عابر پیاده بررسی‌شده در این پژوهش ۱۶ مورد بوده که در اطراف آن‌ها کاربری‌های

مختلف مانند مدرسه، اماکن تفریحی و رفاهی، مراکز تجاری و مسکونی قرار داشته‌اند. نتایج حاصل بیانگر نرخ بالاتر کارایی پل‌های عابر پیاده در اطراف مدارس و مناطق مسکونی و سپس به ترتیب مناطق تجاری و اماکن تفریحی بوده است. وجود یا عدم وجود نرده در وسط تقاطع، یک‌طرفه یا دوطرفه بودن معبر، وجود جداکننده وسط، حجم تردد خودرو و فاصله پل از نزدیک‌ترین تقاطع چراغ‌دار متغیرهایی بودند که در تعیین کارایی پل مؤثر تشخیص داده شدند. که در این بین فاصله پل از تقاطع چراغ‌دار به‌عنوان مهم‌ترین متغیر در کارایی پل تعیین گردیده است. لازم به ذکر است سه عامل تعداد خطوط معبر، فاصله تا تقاطع و وجود سقف در پل عابر پیاده به دلیل همبستگی با سایر متغیرها از مدل رگرسیونی حذف شد. همچنین عابران پیاده، صرف زمان بیشتر جهت دسترسی به پل عابر پیاده و سختی بالا رفتن از تعداد زیاد پله را مهم‌ترین دلایل عدم رغبت به استفاده از پل‌های عابر پیاده ذکر کرده و در مقابل تقاطعات چراغ‌دار را به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای تردد ایمن از تقاطع مطرح نموده‌اند. به‌طور مثال در مقایسه بین عبور هم‌سطح و غیر هم‌سطح در محدوده تقاطع، تنها ۱۸ درصد پاسخگویان، پل عابر را راهکاری مناسب برای عبور ایمن از تقاطع می‌دانند و ۷۶ درصد چراغ‌دار کردن تقاطع را ترجیح می‌دهند [۱۹].

مقاله بررسی به‌کارگیری پل‌های عابر پیاده در مناطق مرکزی شهرها

نویسندگان این مقاله رویکرد خود را بر معرفی سیستم‌های حمل‌ونقل و چگونگی تردد عابران پیاده از معبر اختصاص داده‌اند و در رابطه با پل‌های عابر پیاده کمتر به مباحث آمارگیری و مدل‌سازی پرداخته‌اند. این مقاله مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر افزایش کارایی پل‌های عابر پیاده را انتخاب محل مناسب، نوع اجرای سازه پل، میزان سازگاری با محیط اطراف از نظر مواد و مصالح استفاده‌شده در ساخت، هماهنگی با سیستم‌های حمل‌ونقلی موجود و راحتی استفاده برای عابران پیاده، عنوان نموده است. همچنین مهم‌ترین فواید شناخته‌شده برای ساخت پل‌های عابر پیاده در محیط‌های شهری بدین شرح معرفی شده است:

کاهش تراکم ترافیک، افزایش و بهبودی کیفیت پیاده‌روی در محدوده‌های شهری، افزایش قابلیت‌های درآمدزایی، ارتقای شرایط اقتصادی (ارزش‌افزوده) دو منطقه از طریق اتصال آن‌ها به یکدیگر (به‌خصوص در رابطه با پل‌های بزرگ که دو منطقه جداشده از هم بر اثر ساخت بزرگراه را به یکدیگر متصل می‌کنند) [۲۰].

مقاله تعیین متغیرهای مؤثر بر استفاده عابران از پل‌های عابر پیاده

این مقاله توسط یکی از محققان مرکز تحقیقات حمل‌ونقل فنلاند با همکاری چند نفر از دانشجویان دانشکده عمران دانشگاه آنکارا تهیه شده است. در این مقاله چهار پل عابر پیاده به‌عنوان نمونه انتخاب و مشخصات فیزیکی آن‌ها شامل ارتفاع پل، عرض پل، تعداد پله‌ها، تعداد راهرو، پلکان‌ها و همچنین عرض و تعداد خطوط معبری که پل عابر بر روی آن قرار گرفته است برداشت شده است. در گام بعد کارایی هر پل بر اساس تعداد عابر پیاده‌ای که از روی پل عبور می‌کنند نسبت به کل عابران پیاده، حجم تردد خودروها و میانگین سرعت عبور آن‌ها از آن معبر به‌عنوان داده‌های ضروری تحلیل جمع‌آوری شده است. نویسندگان این مقاله جهت شناسایی مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر استفاده عابران از پل عابر پیاده اقدام به نظرسنجی از کاربران معبر نموده‌اند و در این راستا ۴۰۸ عابر در

سنین بین ۱۴ تا ۸۱ سال مورد پرسشگری قرار گرفته‌اند. ۶۵ درصد پرسش‌شوندگان مرد و ۳۵ درصد زن بوده‌اند. ۵۰ درصد از پرسش‌شوندگان از روی پل عبور کرده و ۵۰ درصد بقیه از زیر پل عبور کرده‌اند. در حدود ۱۰ درصد از پاسخ‌ها فاقد ارزش تشخیص داده‌شده و بقیه در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. مجموعه‌ای از پرسش‌ها در خصوص میزان آشنایی با منطقه نصب پل، فراوانی و راحتی استفاده از پل، زمان عبور صرف شده و وضعیت ایمنی از عابران پیاده پرسیده شده است. نتایج نشان می‌دهد که برخی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر استفاده از پل عابر پیاده عبارت‌اند از: زمان صرفه‌جویی شده در عبور از روی پل، ایمنی و آشنایی با محل. همچنین این‌گونه نتیجه‌گیری شده است که استفاده از پل عابر پیاده بیش از آنکه اقدامی تصادفی باشد، وابسته به عادت‌های فردی است و بهبود دسترسی با افزایش تعداد پلکان‌ها، اثری در کارایی پل ندارد [۲۱].

کتاب مدل‌سازی و شبیه‌سازی تردد عابران پیاده در شهر تهران

این کتاب ارائه‌کننده نتایج مطالعه مدل‌سازی و شبیه‌سازی تردد عابر پیاده در شهر تهران است که توسط معاونت مطالعات و برنامه‌ریزی سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران در سال ۱۳۹۱ به انجام رسیده است. در این کتاب همگام با بررسی رفتار عابران پیاده در شهر تهران و محاسبه پارامترهای ترافیکی مرتبط با آن از جمله سرعت، چگالی و غیره، به شبیه‌سازی تردد عابران پیاده در تسهیلات ترافیکی مختلف پرداخته شده است. از نتایج حاصل از این کتاب می‌توان به تحلیل سرعت پیاده‌روی عابران پیاده، ارزیابی میزان پایبندی به قانون و قانون‌گریزی عابران پیاده در مواجهه با چراغ راهنمایی، تحلیل رفتار قابل قبول فرصت عابران پیاده در عبور از عرض خیابان، تحلیل ظرفیت و عرض مؤثر پیاده‌روی در شهر تهران، کالیبراسیون پارامترهای مدل نیروی اجتماعی با توجه به شرایط رفتاری عابران پیاده شهر تهران و تدوین دستورالعمل و فرآیند تأثیر تردد عابران پیاده در شبیه‌سازی‌های ترافیکی اشاره نمود.

فصل نخست این کتاب در خصوص مشکلات و موضوعات مطرح در تسهیلات پیاده‌روی شهر تهران، موارد ذیل را برشمرده است:

- شیب عرضی و طولی نامناسب مسیرهای پیاده‌روی
- عرض نامناسب مسیرهای پیاده‌روی
- روسازی نامناسب مسیرهای پیاده‌روی
- روشنایی نامناسب مسیرهای پیاده‌روی
- عدم یکپارچگی مسیرهای پیاده‌روی بخصوص برای معلولین
- سد معبر در مسیرهای پیاده‌روی

در این مطالعات مطابق شکل (۸) پل‌های عابر پیاده به‌عنوان یکی از انواع تسهیلات دسته‌بندی عابران پیاده، تحت عنوان پلکان، معرفی و برداشت‌هایی جهت تحلیل رفتار عابران پیاده از آن صورت پذیرفته است. نتایج

برداشت‌های یادشده که به‌عنوان بخش قابل‌استفاده از این کتاب در پژوهش پیش‌رو مورد استفاده قرار گرفته است، در فصل چهارم تحت عنوان تحلیل اطلاعات برداشت‌شده، ارائه شده است.



شکل ۸- دسته‌بندی تسهیلات عابر پیاده [۷]

در فصل چهارم این کتاب در بررسی فاصله قابل قبول عابران پیاده در عبور از عرض یک معبر، بیان شده است که در انواع گذرگاه‌های عرضی که جریان عابران پیاده با جریان وسایل نقلیه تداخل دارد، موضوع ایمنی از اهمیت بیشتری نسبت به موضوع دسترسی برخوردار می‌شود و عابر پیاده تمایل دارد تا با انتخاب فرصت عبوری که بیش از فرصت بحرانی عبور برای خود می‌شناسد، اقدام به عبور از عرض خیابان نماید. فرصت بحرانی عبور بر مبنای تئوری قبول فاصله برای هر عابر پیاده یک فرصت بحرانی (کوچک‌ترین فرصتی که عابر فرصت‌های کمتر از آن را قبول نمی‌کند) تعریف می‌شود. اما دشواری کار اینجاست که فرصت بحرانی یک کمیت خاص و ویژه هر فرد بوده و تابعی از ویژگی‌های فردی مانند سن، جنس و برخی فاکتورهای دیگر است که برخی از آن‌ها به دلیل ماهیت پنهان‌شان قابل اندازه‌گیری نیستند. این مطالعه در نهایت یک ماتریس همبستگی عوامل مؤثر بر قبول فرصت عابران پیاده را با بررسی گذرگاه هم‌سطح عرضی خیابان شریعتی، مقابل مترو شریعتی ارائه نموده است. همچنین در این مطالعه از معادله شماره (۲) که به‌منظور محاسبه فرصت بحرانی در آیین‌نامه ظرفیت راه‌ها ارائه شده است، استفاده شده است.

$$t_c = \frac{L}{S_p} + t_s \quad \text{رابطه شماره (۲)}$$

تعریف پارامترهای این رابطه عبارت‌اند از:

t_c = سرفاصله بحرانی برای یک عابر پیاده برحسب ثانیه

S_p = سرعت متوسط عابر پیاده برحسب متر بر ثانیه (در مطالعات فوق ۱/۶۸، به‌دست آمده است)

L = طول مقطع گذر عرضی

T_s = فاصله زمانی میان رسیدن عابر پیاده به محدوده تا شروع به حرکت عابر پیاده (در مطالعات فوق ۲/۰۴ ثانیه به‌دست آمده است)

بنابراین می‌توان گفت با استفاده از داده‌های میدانی مطالعه فوق و به‌کارگیری آن‌ها در رابطه شماره (۲)، این

رابطه به‌صورت زیر ساده می‌گردد:

$$T_c = (L/1.68) + 2.04 \quad \text{رابطه شماره (۳)}$$

در بند دیگری از فصل چهارم این کتاب به نکته قابل تأمل دیگری در خصوص فرصت بحرانی برای عبور عرضی، بدین شکل اشاره شده است که بنا بر نتایج تحلیل مشخص شد که فرصت مورد قبول عابران با افزایش فاصله عبور افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر در معابر عریض‌تر عابران پیاده در هنگام عبور عرضی فرصت‌های بزرگ‌تری را نسبت به سایر معابر به عنوان فرصت بحرانی می‌پذیرند. همچنین به استناد منابع مورد بررسی در این مطالعات بیان شده است که به طور کلی در تقاطعات پرازدحام و عریض، مقادیر فرصت بحرانی افزایش می‌یابد، زمانی که عابران پیاده با حرکات گردشی وسایل نقلیه مواجه هستند، احتیاط کمتری در عبور از تقاطع دارند و تأثیر سایر عابران پیاده بر رفتار عابران پیاده قابل ملاحظه است.

۳-۳- جمع‌بندی ضوابط و مطالعات قبلی و بیان نواقص موجود

همان‌طور که در بررسی مطالعات و ضوابط قبلی مشخص گردید، مفاهیم کارایی و اثربخشی عمدتاً مترادف با یکدیگر در نظر گرفته شده‌اند. عمده نتایج ارائه شده، و حتی مواردی که به بررسی پل‌های عابر پیاده موجود، پرداخته‌اند، اساساً به مقوله کارایی و روش‌های ارتقای آن توجه داشته‌اند و مؤثرترین پارامترها را در این زمینه مشخص نموده‌اند. از این رو و به علت استفاده از ضوابط احداث پل‌های عابر پیاده جهت ارزیابی پل‌های موجود، موارد متعدد اختلاف نظر بر سر حذف یا احداث پل‌های عابر پیاده‌ای که به لحاظ کارایی وضعیت نامناسبی داشته‌اند، ایجاد گردیده است. غافل از اینکه علت ثانویه‌ای در خصوص احداث برخی از پل‌های عابر پیاده وجود دارد که هم‌تراز با کارایی پل و یا حتی بالاتر از آن مدنظر مسئولان شهری است و می‌توان آن‌ها را در گروه پارامترهای اثربخشی و در زیرمجموعه ایمنی طبقه‌بندی کرد.

درک تفاوت مفاهیم کارایی و اثربخشی کمک می‌کند که بدانیم در تصمیم برای حذف یا ایجاد یک پل عابر پیاده در معابر، پارامتر کارایی به تنهایی ملاک عمل کارشناسان ترافیک نیست و ممکن است یک پل عابر پیاده علیرغم شاخص کارایی نامناسب، به دلیل اثربخشی بالا قابل حذف نباشد. از این رو پیشنهاد می‌شود که در تهیه الگوریتم امکان‌سنجی حذف یا احداث پل‌های عابر پیاده، مشخصه‌های مرتبط با ایمنی چون سابقه تصادفات به تفکیک در گروه پارامترهای اثربخشی و با ضریب تأثیر بالا و مناسب مورد توجه قرار گیرند.

۴- بررسی نمونه‌های موردی با استفاده از نتایج مطالعات ارزیابی کارایی پل‌های عابر پیاده و مکان‌یابی گذرگاه‌های غیر هم‌سطح جدید در سطح ۵ منطقه شهر تهران

مطالعات مذکور، در سال ۱۳۹۰، توسط مشاوران متعدد ترافیکی و به کارفرمایی سازمان حمل و نقل و ترافیک شهر تهران به انجام رسید. در این مطالعات به منظور بررسی میزان دقیق حجم تردد عابران پیاده از رو و زیر پل و همچنین به منظور برداشت حجم تردد وسایل نقلیه در معابر دارای پل عابر پیاده، مهندسین مشاور اقدام به آمارگیری پل‌ها و نقاط پیشنهادی نمودند. مدت زمان برداشت با توجه به ضابطه ملاک عمل سازمان که به عنوان مبنای کار این مطالعات ابلاغ شده بود، ۴ ساعت انتخاب گردید اما ساعات انجام آن بسته به نوع کاربری‌های اطراف پل‌ها و بازه اوج پیش‌بینی شده، ساعات متفاوتی بوده است. علاوه بر آمار تردد، مشخصات فیزیکی معابر (جزئیات مقطع

عرضی) و پل‌ها (عرض پله‌ها و راهروها، ارتفاع و طول پل)، همچنین مشخصات عملکردی معبر دارای پل شامل سرعت و رده عملکردی نیز برداشت و در قالب نتایج پروژه ارائه گردید. این مشخصات عموماً در قالب آلبوم نقشه‌ها و به تفکیک هر پل گردآوری شده‌اند.

بررسی نتایج این مطالعات در مناطق مختلف شهرداری تهران نشان داد که کارایی پل‌های عابر پیاده معابر بزرگراهی بدون ملاحظه حجم عبور عابر پیاده از روی آن‌ها، غالباً نزدیک به صد در صد است. به عبارت دیگر با توجه به سرعت عملکردی وسایل نقلیه در این معابر، وجود موانع فیزیکی و نرده‌کشی معمول و باور عمومی مخاطره‌آمیز بودن عدم استفاده از پل عابر در این معابر، عملاً عبور عابر پیاده از زیر پل صورت نمی‌پذیرد.

لازم به ذکر است که مطابق نتایج مطالعات مذکور، هرگز پیشنهادی توسط مشاورین مبنی بر جمع‌آوری پل‌های بزرگراهی به دلیل حجم عبور کم مشاهده نگردید و حتی در ارائه پیشنهاد جهت احداث پل عابر جدید، در بعضی موارد عبور عرضی کمتر از ۱۰ نفر عابر پیاده در ساعت از یک معبر بزرگراهی منتج به پیشنهاد احداث پل عابر شده بود. لذا مجدداً تأیید شد که مقوله کارایی در خصوص این معابر تعیین‌کننده نیست و فاکتور ایمنی و حفظ جان انسان‌ها که در مقوله اثربخشی تعریف گردید، در این موارد ملاک بررسی پل عابر پیاده است.

در ادامه به بررسی خصوصیات پل‌های عابر پیاده در معابر شریانی شهر تهران با استفاده از اطلاعات پروژه مذکور پرداخته خواهد شد. بدین منظور ابتدا دسته‌بندی اولیه‌ای از پل‌های عابر پیاده بر اساس درصد کارایی محاسبه شده برای آن‌ها انجام شده است که با عبارات کیفی خوب، قابل قبول، ضعیف و بسیار ضعیف نام‌گذاری شده‌اند. حدود کمی این دسته‌بندی در جدول (۴) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در این مطالعه تمامی پل‌ها از مناطق ۲، ۴، ۵، ۷ و ۱۱ شهر تهران انتخاب شدند.

جدول ۴- عناوین گروه‌های تفکیک شده کارایی پل‌های عابر پیاده (رده‌بندی کارایی)

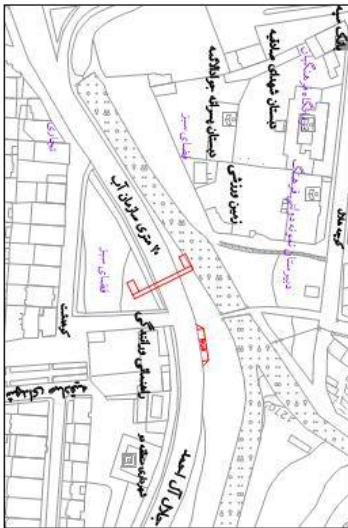
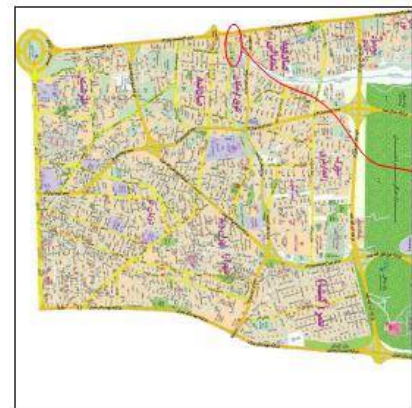
رده	شاخص کارایی (درصد کارایی)	ردیف
بسیار ضعیف	۰-۲۵	۱
ضعیف	۲۵-۵۰	۲
قابل قبول	۵۰-۷۵	۳
خوب	۷۵-۱۰۰	۴

۱-۴- پل‌های عابر پیاده با کارایی بسیار ضعیف

- پل‌هایی با کارایی بسیار ضعیف به پل‌هایی که حداکثر یک چهارم عابران پیاده را در عبور عرضی از خیابان به خود جذب نموده‌اند و به عبارت دیگر از ضریب کارایی (۰-۲۵) درصد برخوردارند، اطلاق گردید.
- در این خصوص نمونه‌های موردی به تعداد ۵ عدد از مناطق مختلف شهر تهران (۲، ۴، ۵، ۷ و ۱۱) مورد بررسی قرار گرفتند.
- رده عملکردی معابر مربوط به این پل‌ها از هر دو نوع شریانی درجه یک و دو بودند.

- از نظر جهت عملکردی، این معابر عمدتاً یک‌طرفه‌اند و فاقد میانه و جزیره هستند.
- حجم کل عبور چهارساعته وسایل نقلیه از زیر پل در معابر مربوطه عمدتاً از ۶۰۰۰ تا ۸۰۰۰ وسیله نقلیه متغیر است.
- عرض سوار رو این معابر عمدتاً از ۱۵ تا ۲۰ متر متغیر است.
- فاصله محل پل تا نزدیک‌ترین گذرگاه (هم‌سطح یا غیر هم‌سطح) بعدی، عمدتاً کمتر از ۲۵۰ متر مشاهده گردید.
- کاربری‌های اطراف این پل‌ها شامل انواع کاربری‌های مرسوم است اما وجود کاربری‌های تجاری (محدوده بازار تهران) و تفریحی (پارک و فضای سبز) در این رده کارایی قابل توجه است.
- جزئیات اطلاعات مربوط به هریک از پل‌های مطالعه‌موردی به ترتیب در جدول (۵) تا جدول (۹) ارائه شده است:

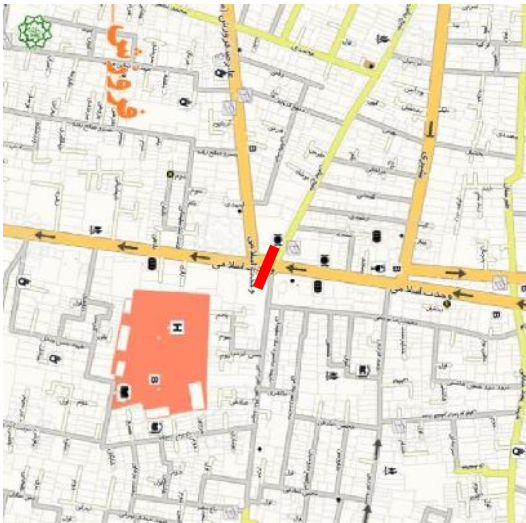
جدول ۵- پل شماره یک: خیابان سازمان آب، شرق بزرگراه شهید اشرفی اصفهانی

خسوصیات معماری رده عملکردی معبر شیربانی درجه دو سرعت عملکردی (کلومتر بر ساعت) ۵۰ حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی) شرق به غرب ۸۰۰۷ عرض سوارودرو (متر) ۱۵	خسوصیات معماری و رانندگی موقعیت پل: منطقه ۲   	خسوصیات معماری و رانندگی حجم عبور پیاده از روی پل (۴ ساعت اوج متوالی) ۶۱ حجم عبور پیاده از زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی) ۱۴۰۰ ضریب کارایی (درصد) ۴/۳ سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال ۲ جرحی
--	--	--

جدول ۶- پل شماره دو: خیابان شریعتی - محدوده کوچه سخن (پایتتو از بهار شنبه‌ارا)

موقعیت پل: منطقه ۷	کاربری‌های محدوده: مسکونی و تفریحی	خصوصیات عملکردی پل
		حجم عملکردی معبر
		رده عملکردی معبر
		شرایطی درجه یک
		سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)
		۵۰
		حجم عبور وسایل ثقلیه از معابر زیر پل (ساعت اوج صبح) شمال به جنوب ۱۵۳۸
عرض سواره‌رو (متر)		۱۸
خصوصیات عملکردی معبر		۱۸
حجم عابر پیاده از روی پل (ساعت اوج)		۴
حجم عابر پیاده از زیر پل (ساعت اوج)		۸۰
ضریب کارایی (درصد)		۴/۷
سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال		۱
اجرای		۱

جدول ۷- پل شماره سه: خیابان وحدت اسلامی - میدان وحدت

خصوصیات عملکردی پل	کاربری‌های محدوده: تجاری، مدرسه راهنمایی و دبیرستان، بیمارستان		موقعیت پل: منطقه ۱۱		خصوصیات معبر	
حجم عابر پیاده از روی پل (ساعت اوج)					رده عملکردی معبر	
۶۲					شریانی درجه یک	
حجم عابر پیاده از زیر پل (ساعت اوج)					سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)	
۶۷۸					۴۵	
ضریب کارایی (درصد)	حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی)	ساعت	چهار ساعت	متوالی	اوج	
۹				۱۳۹۸۰	۳۴۹۵	
سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال				عرض سواره‌رو (متر)		
۱ جرحی				۱۵/۸		

جدول ۸- پل شماره چهار: بلوار تعاون - مقابل خیابان آلاله

خصوصیات عملکردی پل		حجم عبور پیاده از روی پل (۴ ساعت اوج متوالی)
۴۹		
حجم عبور پیاده از زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی)		
۳۱۲		
ضریب کارایی (درصد)		
۱۳/۵		
سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال		
۱ جراحی		
کاربرهای محدود: مسکونی و تفریحی		موقعیت پل: منطقه ۵
خصوصیات معبر		
رده عملکردی معبر		
شیربانی درجه دو		
سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)		
۶۰	حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی)	
۶۶۴۶	عرض سواره‌رو (متر)	
۲۱- بدون رفیقوژ		

جدول ۹- پل شماره پنج: خیابان هنگام روبروی خیابان شهید کاظمی

موقعیت پل: منطقه ۴		کاربرهای محدود: آموزشی و مسکونی	
خصوصیات معبر رده عملکردی معبر شیربانی درجه دو سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت) ۴۵ حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل شمال به جنوب به شمال ۳۵۱۲ جنوب ۳۰۰۸ عرض سواره‌رو (متر) ۲۸	  	خصوصیات عملکردی پل حجم عابر پیاده از روی پل ۱۰۵ حجم عابر پیاده از زیر پل ۴۶۹ ضریب کارایی (درصد) ۱۸ سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال ۱ جرحی	

۲-۴- پل‌های عابر پیاده با کارایی ضعیف

- پلهایی با کارایی ضعیف به پلهایی که یک‌چهارم تا حداکثر نیمی از عابران پیاده را در عبور عرضی از خیابان به خود جذب نموده‌اند و به عبارت دیگر از ضریب کارایی (۵۰-۲۵) درصد برخوردارند، اطلاق می‌گردد.
- در این خصوص نمونه‌های موردی به تعداد ۵ عدد از مناطق مختلف شهر تهران (۲، ۴، ۵، ۷ و ۱۱) مورد بررسی قرار گرفتند.
- رده عملکردی معابر مربوط به این پل‌ها از هر دو نوع شریانی درجه یک و دو هستند.
- از نظر جهت عملکردی، سه مورد یک‌طرفه و دو مورد دوطرفه‌اند.
- حجم کل چهارساعته عبور وسایل نقلیه از زیر پل در معابر مربوطه عمدتاً در حدود ۱۴۰۰۰ وسیله نقلیه است.
- عرض سوار رو این معابر عمدتاً از ۲۰ تا ۲۵ متر متغیر است.
- فاصله محل این پل‌ها تا نزدیک‌ترین گذرگاه (هم‌سطح یا غیر هم‌سطح) بعدی در حدود ۳۰۰ متر مشاهده گردید.
- عمده کاربری‌های اطراف این پل‌ها مسکونی پرتراکم (مجتمعات) است.
- جزئیات اطلاعات مربوط به هریک از این پل‌ها به ترتیب در جدول (۱۰) تا جدول (۱۴) ارائه شده است:

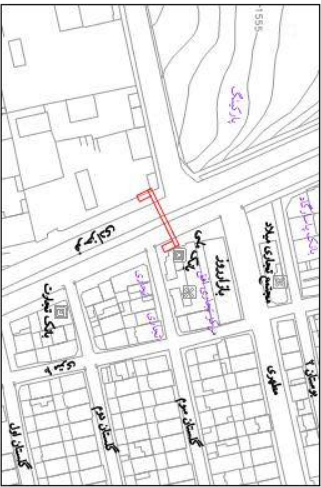
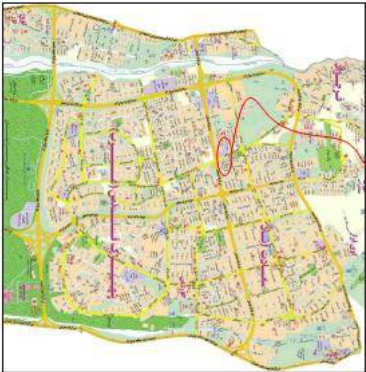
جدول ۱۰- پل شماره شش: خیابان قزوین - محدوده پارک رازی

موقعیت پل: منطقه ۱۱		خصوصیات معبر
	خصوصیات عملکردی پل	رده عملکردی معبر
	حجم عابر پیاده از روی پل (ساعت اوج)	شرایط درجیدگی
	۴۰	سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)
	حجم عابر پیاده از زیر پل (ساعت اوج)	۴۰
	۱۲۱	حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی)
	ضریب کارایی (درصد)	۱۱۸۰۸
	۲۵	عرض سواره‌رو (متر)
	سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال	۱۲
	۲ جراحی	

جدول ۱۱- پل شماره هفت: بلوار فردوس - مقابل خیابان بهار

موقعیت پل: منطقه ۵		کاربری های محدوده: مسکونی، تجاری، آموزشی	
خصوصیات معبر			حجم عوارضات عملکردی معبر
رده عملکردی معبر			۴) حجم عابر پیاده از روی پل (ساعت اوج متوالی)
شرایطی در جداول			۱۶۴
سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)			۴) حجم عابر پیاده از زیر پل (ساعت اوج متوالی)
۶۵			۴۰۴
حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی)			ضریب کارایی (درصد)
شرق-غرب			۲۸
۸۴۶۱			سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال
عرض سواره‌رو (متر)			۰ جراحی
۲۱			

جدول ۱۳- پل شماره نه: بلوار فرخزادی شمال بزرگراه نیایش

موقعیت پل: منطقه ۲	کاربرهای محدود: مسکونی و تفریحی	خصوصیات عملکردی پل
 	 	حجم عابر پیاده از روی پل (۴ ساعت اوج متوالی)
		۷۶۹
		حجم عابر پیاده از زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی)
		۹۷۵
		ضریب کارایی (درصد)
		۴۴
خصوصیات معبر	رده عملکردی معبر شریانی درجه دو سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت) ۵۰ حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی) شمال جنوب به شمال به جنوب ۷۱۶۵ ۸۲۶۶ عرض سواره‌رو (متر) ۲۴	سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال
		۱ جراحی

۳-۴- پل‌های عابر پیاده با کارایی قابل قبول

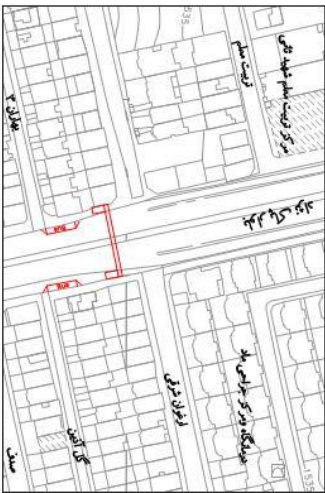
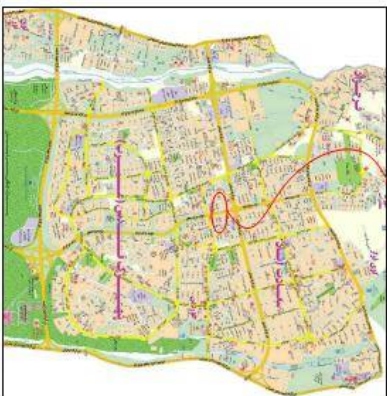
- پل‌هایی با کارایی قابل قبول، به پل‌هایی که نصف تا حداکثر سه چهارم از عابران پیاده را در عبور عرضی از خیابان به خود جذب نموده‌اند و به عبارت دیگر از ضریب کارایی (۷۵-۵۰) درصد برخوردارند، اطلاق می‌گردد.
- در این خصوص نمونه‌های موردی به تعداد ۵ عدد از مناطق مختلف شهر تهران (۲، ۴، ۵، ۷ و ۱۱) مورد بررسی قرار گرفتند.
- رده عملکردی معابر مربوط به این پل‌ها از هر دو نوع شریانی درجه یک و دو هستند.
- از نظر جهت عملکردی، هم معابر یک طرفه و هم دوطرفه قابل مشاهده‌اند.
- حجم کل عبور چهارساعته وسایل نقلیه از زیر پل در معابر مربوط عمدتاً بیش از ۱۴۰۰۰ وسیله نقلیه است.
- عرض سوار رو این معابر از ۲۰ تا ۵۰ متر متغیر است.
- فاصله محل پل تا نزدیک‌ترین گذرگاه (هم سطح یا غیر هم سطح) بعدی ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر مشاهده گردید.
- عمده کاربری‌های اطراف این پل‌ها غیرمسکونی و شامل تراکم بالایی از کاربری‌های تجاری، شرکت‌های دولتی و خصوصی، فرهنگسرا، ایستگاه‌های مترو و تفریحی است.
- جزئیات اطلاعات مربوط به هریک از این پل‌ها به ترتیب در جدول (۱۵) تا جدول (۱۹) ارائه شده است:

جدول ۱-۵ - پل شماره بازده: خیابان جشنواره - مقابل فرهنگسرای طبیعت (اشراق)

خصوصیات عملکردی پل		کاربری‌های محدوده: آموزشی، تفریحی و فرهنگسرا
حجم عابر پیاده از روی پل (ساعت اوج)		
۴۳		
حجم عابر پیاده از زیر پل (ساعت اوج)		
۳۴		
ضریب کارایی (درصد)		موقعیت پل: منطقه ۴
۵۵		
سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال		
۱ اجرایی		

خصوصیات معبر		موقعیت پل: منطقه ۴
رده عملکردی معبر		
شریانی درجه دو		
سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)		
۵۰		
حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل		موقعیت پل: منطقه ۴
تفکیه از معابر زیر پل		
شرق		
به شرق		
غرب		
۱۶۰۴		موقعیت پل: منطقه ۴
۱۸۲۶		
عرض سواره‌رو (متر)		
۴۷		

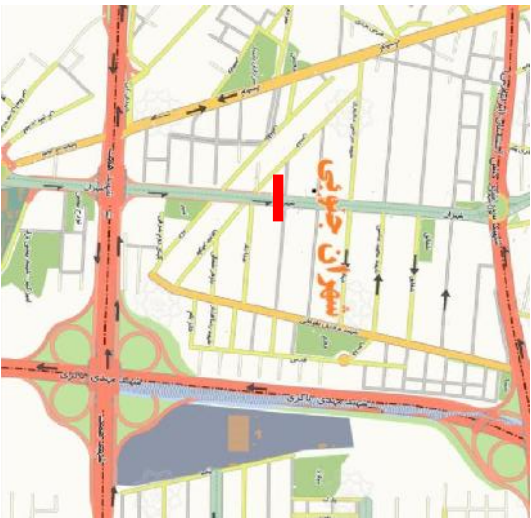
جدول ۱۶- پل شماره دوازده: بلوار پاکباز- حدفاصل بلوار دریا و بزرگراه نیایش

موقعیت پل: منطقه ۲	کاربری‌های محدود: مسکونی، آموزشی، درمانی	خصوصیات عملکردی پل
 	 	حجم عبور پیاده از روی پل (۴ ساعت اوج متوالی) ۲۵۳ حجم عبور پیاده از زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی) ۱۵۶ ضریب کارایی (درصد) ۶۲ سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال ۲ جرحی
خصوصیات معبر رده عملکردی معبر شیربانی درجه‌دو سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت) ۵۰ حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی) شمال جنوب به شمال به جنوب ۶۷۰۵ ۷۸۴۱ عرض سواره‌رو (متر) ۳۷		

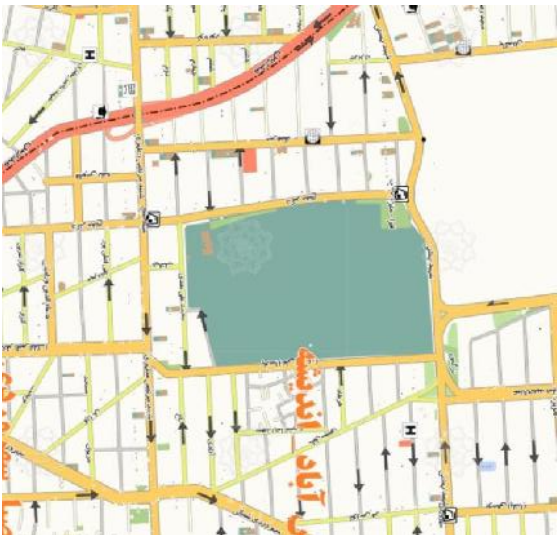
جدول ۱۷- پل شماره سبزده: خیابان کارگر- محدوده پارک رازی

موقعیت پل: منطقه ۱۱		کاربری‌های محدوده: پارک و فرهنگسرا	
خصوصیات معبر			خطر صدمات عملکردی معبر
رده عملکردی معبر			حجم عابر پیاده از روی پل (ساعت اوج)
شرایطی درجه یک			۴۲
سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)			حجم عابر پیاده از زیر پل (ساعت اوج)
۵۵			۲۴
حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی)			ضریب کارایی (درصد)
۱۵۳۶۸			۶۴
عرض معبر آردو (متر)			سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال
۱۷			۲ جراحی

جدول ۱۸- بل شماره چهارده: بلوار شهران- خیابان بهار (بل مکانیزه)

خصوصیات معبر	موقعیت بل: منطقه ۵	کاربری‌های محدوده: مسکونی، آموزشی، درمانی و تجاری	خصوصیات بل
خصوصیات معبر			خصوصیات
رده عملکردی معبر			عملکردی بل
شیربانی درجه‌دو			حجم عابر پیاده از روی بل (۴ ساعت اوج متوالی)
سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)			۴۲۱
۶۰			حجم عابر پیاده از زیر بل (۴ ساعت اوج متوالی)
حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر بل (۴ ساعت اوج متوالی)			۲۳۵
۶۱۸۸			ضریب کارایی (درصد)
عرض سواره‌رو (متر)			۶۴
۱۵			سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال
			۱ جراحی

جدول ۱۹- پل شماره پانزده: خیابان شهید بهشتی- تقاطع شهید مفتاح

موقعیت پل: منطقه ۷	کاربری های محدود: تجاری، ناسیگاهی	خصوصیات عملکردی پل
		حجم عابر پیاده از روی پل (ساعت اوج)
		۱۱۱
		حجم عابر پیاده از زیر پل (ساعت اوج)
		۴۵
		ضریب کارایی (درصد)
		۷۱
خصوصیات معبر رده عملکردی معبر شریانی درجه یک سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت) ۵۰ حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (شرق به غرب، صبح) ساعت اوج ۴۲۳۹ عرض سواره‌رو (متر) ۱۹	سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال ۲ جرحی	

۴-۴- پل‌های عابر پیاده با کارایی خوب

- پل‌هایی با کارایی خوب به پل‌هایی که بیش از سه‌چهارم از عابران پیاده را در عبور عرضی از خیابان به خود جذب نموده‌اند و به عبارت دیگر از ضریب کارایی (۷۵-۱۰۰) درصد برخوردارند، اطلاق می‌گردد.
- در این خصوص نمونه‌های موردی به تعداد ۵ عدد از مناطق مختلف شهر تهران (۲، ۴، ۵، ۷ و ۱۱) مورد بررسی قرار گرفتند.
- رده عملکردی معابر مربوط به این پل‌ها از هر دو نوع شریانی درجه یک و دو هستند.
- از نظر جهت عملکردی، معابر یک‌طرفه قابل توجهی چون خیابان شریعتی و کارگر در این رد قرار دارند.
- حجم کل عبور چهارساعته وسایل نقلیه از زیر پل در معابر مربوطه در حدود ۱۴۰۰۰ وسیله نقلیه است.
- عرض سوار رو این معابر عمدتاً از ۲۰ تا ۲۵ متر متغیر است.
- فاصله محل پل تا نزدیک‌ترین گذرگاه (هم‌سطح یا غیر هم‌سطح) بعدی عمدتاً بالای ۲۵۰ متر مشاهده گردید.
- در کاربری‌های اطراف این پل‌ها کاربری‌های خرده‌فروشی تجاری به تعداد زیاد قابل توجه است.
- جزئیات اطلاعات مربوط به هریک از این پل‌ها به ترتیب در جدول (۲۰) تا جدول (۲۴) ارائه شده است:

جدول ۳۰- پل شماره شانزده: خیابان کارگر- روزه (حدفاصل چهارراه لشکر و خیابان آقابالا زاده)

خصوصیات عملکردی پل		کاربری‌های محدوده: دبستان، بیمارستان، دانشگاه
حجم عابر پیاده از روی پل (ساعت اوج)		
۴۵۶		
حجم عابر پیاده از زیر پل (ساعت اوج)		
۱۲۸		
ضریب کارایی (درصد)		
۷۸		
سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال		موقعیت پل: منطقه ۱۱
۱- جرحی		
۱۸		
عرض سواره‌رو (متر)		
۶۰		
حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی)		
۷۸۰۰+		
شیرانی درجه یک	خصوصیات معبر	خصوصیات معبر
سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)		
۶۰		
حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی)		
۷۸۰۰+		
عرض سواره‌رو (متر)		
۱۸		

جدول ۳۱- پل شماره هفده: خیابان شریعتی - محدوده تقاطع خیابان معلم (روبروی فروشگاه اتکا)

خصوصیات عملکردی پل		کاربری‌های محدوده:	
حجم عبور پیاده از روی پل (ساعت اوج)			
۱۱۸			
حجم عبور پیاده از زیر پل (ساعت اوج)			
۱۸			
ضریب کارایی (درصد)			
۸۷		موقعیت پل: منطقه ۷	
سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال			
۲ جرحی			
خصوصیات معبر			
رده عملکردی معبر			
شرایط درجه یک			
سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)			
۴۰			
حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (جنوب به شمال)			
۴ ساعت متوالی صبح			
۱۳۳۴۳ ۳۳۴۴			
عرض سواره‌رو (متر)			
۱۷			

جدول ۲۲- پل شماره هجده: خیابان جلال آل احمد- بلوار فرزنانگان (ابراهیمی)

موقعیت پل مکانیزه: منطقه ۲		خصوصیات معبر
کاربری های محدوده		خصوصیات عملکردی پل
		حجم عابر پیاده از روی پل (ساعت اوج)
		۳۶۱
		حجم عابر پیاده از زیر پل (ساعت اوج)
		۴۸
		ضریب کارایی (درصد)
		۸۸
		سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال
		۲ ترحی
		رده عملکردی معبر
		شهری درجه یک
		سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)
		۶۰
		حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی)
		شرق به غرب غرب به شرق
		۵۹۵۴ ۵۹۹۷
		عرض سواره‌رو (متر)
		۲۴

جدول ۲۳- پل شماره نوزده: بلوار آیه... کاشانی مقابل شهرداری منطقه ۵

خصوصیات عملکردی پل	کاربری های محدوده	موقعیت پل مکانیزه: منطقه ۵	خصوصیات معبر
حجم عابر پیاده از روی پل (ساعت اوج)			رده عملکردی معبر
۷۴۹			شیرانی درجه یک
حجم عابر پیاده از زیر پل (ساعت اوج)			سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)
۵۹			حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل (۴ ساعت اوج متوالی)
ضریب کارایی (درصد)			۱۴۳۲۵
۹۳			عرض سواره‌رو (متر)
سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال			۲۲
۱ جرحی			

جدول ۳۴- پل شماره بیستم: خیابان جشنواره- خیابان مهران سجده‌ای

خصوصیات عملکردی پل			خصوصیات معبر	
حجم عابر پیاده از روی پل				رده عملکردی معبر
۴۸				شیرانی درجه‌دو
حجم عابر پیاده از زیر پل				سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)
۱				۵۰
ضریب کارایی (درصد)			حجم عبور وسایل نقلیه از معابر زیر پل	
۹۸				شرق به غرب
سابقه یا احتمال وقوع تصادفات معبر در سال				غرب به شرق
۱ جرحی				عرض سواره‌رو (متر)
				۲۵

۵- جمع‌بندی و ارائه فلوچارت کارایی سنجی و شاخص اثربخشی

ابتدا در این فصل به جمع‌بندی مطالب بیان‌شده در فصل‌های قبلی و سپس به ارائه نتایج به‌دست‌آمده خواهیم پرداخت. به‌طور خلاصه می‌توان گفت در فصل اول به پارادایم ایجادشده در مدیریت و توسعه شهری از رویکرد "خودرو محور" به رویکرد "انسان‌محور" اشاره نموده و به اهمیت موضوع پیاده‌مداری و تسهیلات مربوطه در رویکرد انسان‌محور پرداختیم. در فصل دوم این گزارش به بررسی انواع ساختارهای رده‌بندی معابر و نقش‌های مورد انتظار از رده‌های مختلف عملکردی پرداخته و سپس در فصل سوم ضمن تعریف مفاهیم کارایی و اثربخشی، دستورالعمل‌های موجود و مقالات متعدد پژوهشی در خصوص انواع پارامترهای کارایی و اثربخشی موردبررسی قرار گرفت. در فصل چهارم به بررسی موردی نتایج مطالعات ارزیابی کارایی پل‌های عابر پیاده که در سال ۱۳۹۰ در سطح مناطق ۲۲گانه شهر تهران به انجام رسیده بود، پرداخته شد و در ادامه در این فصل به ارائه دو جدول "تبیین جایگاه موضوع اثربخشی و کارایی سنجی برای پل‌های عابر پیاده" و همچنین "رده‌بندی اثربخشی پل‌های عابر پیاده" با استفاده از یک شاخص قابل‌اندازه‌گیری خواهیم پرداخت و با استفاده از این جداول رده‌بندی پل‌های مطالعه‌موردی را این بار با شاخص اثربخشی، علاوه بر شاخص کارایی ارائه خواهیم نمود. علاوه بر این در پایان فلوچارت ساده‌ای جهت تخمین سریع کارایی پل‌های عابر پیاده در معابر شریانی شهر تهران با استفاده از نتایج مطالعه موردی ارائه خواهد شد.

۵-۱- تبیین جایگاه موضوع "کارایی سنجی و اثربخشی" برای پل‌های عابر پیاده

با توجه به نتایج این مطالعه جدول (۲۵) جایگاه اثربخشی و کارایی سنجی را به‌عنوان یکی از ملاک‌های انتخاب و بررسی تسهیلات عبور عرضی عابر پیاده با استفاده از مشخصات تسهیلات مناسب و ضوابط ورود عابر پیاده به حریم معبر و عبور عرضی از آن به تفکیک رده عملکردی معابر مشخص نموده است. توجه به جایگاه موضوع کارایی سنجی و اثربخشی، تصمیم‌گیرندگان امور شهری را جهت استفاده از ضوابط موجود و ارزیابی پل‌های عابر پیاده یاری خواهد نمود.

جدول ۲۵- تدقیق جایگاه موضوع کارایی سنجی و اثربخشی از بین ملاک‌های انتخاب تسهیلات عبور عرضی عابر پیاده در هر رده عملکردی از معابر

رده اصلی	شریانی			محلی		اختصاصی	پیاده راه
	آزادراه	تندراه	شریانی درجه ۱	شریانی درجه ۲	جمع‌کننده (محلی اصلی)	محلی دسترسی	
عبور عرضی	هم‌سطح ممنوع	هم‌سطح، به کمک جزایر تفکیک و چراغ	به کمک چراغ و از محل گذرگاه‌های مخصوص	از طریق گذرگاه عابر پیاده	مجاز است	مجاز است	مجاز است
ورود عابر پیاده به حریم شبکه	مطلقاً ممنوع	برای سوار و پیاده شدن در کندرو مجاز است	برای سوار و پیاده شدن مجاز است	برای سوار و پیاده شدن مجاز است	مجاز به عبور طولی در	مجاز به عبور طولی در پیاده‌رو	مجاز به عبور طولی در پیاده‌رو
تسهیلات مناسب عبور عرضی	۱. پل روگذر ۲. زیرگذر	۱. خط‌کشی ۲. پل روگذر ۳. زیرگذر	۱. خط‌کشی ۲. پل روگذر ۳. زیرگذر	۱. خط‌کشی	-	-	-
ملاک انتخاب و بررسی تسهیلات عبور عرضی	ایمنی، تقاضای عبور	کارایی سنجی و اثربخشی	ایمنی، کاربری خاص	-	-	-	-

۵-۱- تبیین ملاک "کارایی سنجی و اثربخشی" برای پل‌های عابر پیاده موجود

با توجه به مطالب بیان‌شده در خصوص تفاوت مفهومی کارایی و اثربخشی، ضمن تأکید مجدد بر تمام پارامترهای شناخته‌شده‌ی قبلی جهت ارزیابی پل‌های عابر پیاده، یکی از آن‌ها با عنوان "سابقه یا احتمال وقوع تصادفات بین وسیله نقلیه و عابر"، به‌عنوان شاخص اثربخشی انتخاب می‌گردد. علیرغم وجود راهکارهای در دست مطالعه جهت تدقیق روش ثبت و دسترسی به سابقه تصادفات، پیشنهاد می‌گردد تا زمان استمرار دشواری‌های قبلی جهت دسترسی به سوابق فوق، قضاوت مهندسی در تشخیص شدت و تواتر تصادفات احتمالی مدنظر قرار گرفته و به جداول رده‌بندی پل‌های عابر پیاده، فاکتور اثربخشی نیز علاوه بر کارایی اضافه گردد و قابلیت پل در جلوگیری از وقوع تصادفات عابر پیاده با وسیله نقلیه به‌عنوان شاخص تعریف رده‌های مختلف اثربخشی مورد استفاده قرار گیرد. جدول (۲۶) نمونه‌ای از این پیشنهاد است.

جدول ۲۶- تعریف شاخص قابل‌محاسبه جهت رده‌بندی اثربخشی با تفکیک از کارایی

ردیف	رده کیفی	شاخص کمی کارایی (درصد استفاده)	شاخص کمی اثربخشی (احتمال ممانعت از تصادف)
۱	خوب	۷۵-۱۰۰	۱ تصادف فوتی در سال یا بیش از ۲ تصادف جرحی در سال
۲	قابل قبول	۵۰-۷۵	۲ تصادف جرحی در سال
۳	ضعیف	۲۵-۵۰	۱ تصادف جرحی در سال
۴	بسیار ضعیف	۰-۲۵	عدم وجود قطعی سابقه تصادفات

بدین ترتیب به‌عنوان نمونه با استفاده از نظر کارشناسی در خصوص موارد مطالعه موردی، رده‌بندی پل‌های انتخابی از نظر رده کارایی و اثربخشی به‌صورت جدول (۲۷) نشان داده شده است. توجه به تضاد رده کیفی کارایی و اثربخشی در برخی از موارد در این مطالعه موردی مدنظر بوده است.

جدول ۲۷- نتایج رده‌بندی پل‌های انتخابی از نظر رده کارایی و اثربخشی با توجه به شاخصه‌های انتخابی

شماره پل	نام معبر پل	رده شریانی	منطقه	درصد کارایی	رده کارایی	اثربخشی
۱	سازمان آب	درجه ۲	۲	۴/۳	بسیار ضعیف	قابل قبول
۲	شریعتی	درجه ۱	۷	۴/۷	بسیار ضعیف	ضعیف
۳	وحدت اسلامی	درجه ۱	۱۱	۹	بسیار ضعیف	ضعیف
۴	تعاون	درجه ۲	۵	۱۳/۵	بسیار ضعیف	ضعیف
۵	هنگام	درجه ۲	۴	۱۸	بسیار ضعیف	ضعیف
۶	قزوین	درجه ۱	۱۱	۲۵	ضعیف	قابل قبول

شماره پل	نام معبر پل	رده شریانی	منطقه	درصد کارایی	رده کارایی	اثربخشی
۷	فردوس	درجه ۲	۵	۲۸	ضعیف	بسیار ضعیف
۸	استقلال	درجه ۲	۴	۳۰	ضعیف	قابل قبول
۹	فرحزادی	درجه ۲	۲	۴۴	ضعیف	ضعیف
۱۰	قنبر زاده	درجه ۲	۷	۴۷	ضعیف	خوب
۱۱	جشنواره	درجه ۲	۴	۵۵	قابل قبول	ضعیف
۱۲	پاک‌نژاد	درجه ۲	۲	۶۲	قابل قبول	قابل قبول
۱۳	کارگر	درجه ۱	۱۱	۶۴	قابل قبول	قابل قبول
۱۴	شهران	درجه ۲	۵	۶۴	قابل قبول	ضعیف
۱۵	شهید بهشتی	درجه ۱	۷	۷۱	قابل قبول	قابل قبول
۱۶	کارگر	درجه ۱	۱۱	۷۸	خوب	ضعیف
۱۷	شریعتی	درجه ۱	۱۱	۷۸	خوب	قابل قبول
۱۸	جلال آل احمد	درجه ۱	۲	۸۸	خوب	قابل قبول
۱۹	آیه ... کاشانی	درجه ۱	۵	۹۳	خوب	ضعیف
۲۰	جشنواره	درجه ۲	۴	۹۸	خوب	ضعیف

۵-۲- ارائه فلوچارت کارایی سنجی برای پل‌های عابر پیاده موجود

با توجه به نتایج بررسی نمونه‌های موردی و مطالعات پیشین، و همچنین اولویت‌بندی پارامترهای مؤثر در ارزیابی کارایی پل‌های عابر پیاده با حذف پارامتر سابقه تصادفات به‌عنوان شاخص اثربخشی، فلوچارت ساده‌ای برای کارایی سنجی پل‌های عابر پیاده بدون برداشت حجم عبور عابر پیاده و استخراج سهم پل از کل حجم عبوری مطابق شکل (۹) پیشنهاد می‌گردد. پارامترهای مورد استفاده در این فلوچارت به ترتیب اولویت موارد زیر هستند:

حجم عبور وسایل نقلیه از معبر پل

حجم عبور وسایل نقلیه از معبر پل پارامتر بسیار مهمی در تصمیم عابر پیاده در انتخاب یا عدم انتخاب پل است. در احجام کمتر که عابر فرصت عبور مناسب را در اختیار می‌بیند، احتمال عدم استفاده از پل افزایش می‌یابد. این مسئله با افزایش حجم عبور، افزایش سرعت عملکردی و افزایش عرض معبر، افزایش می‌یابد.

عرض معبر

عرض معبر به‌عنوان یکی از مؤثرترین پارامترهای کارایی پل‌های عابر پیاده در معابر شریانی شناخته شد. این

پارامتر با توجه به مفهوم فرصت بحرانی برای عبور عرضی عابر پیاده که در فصل سوم شرح داده شد، به همراه پارامتر حجم و سرعت عملکردی، شاخصی جهت انتخاب عبور هم‌سطح و یا غیر هم‌سطح عابر از عرض معبر هستند.

جهات عبور در معبر

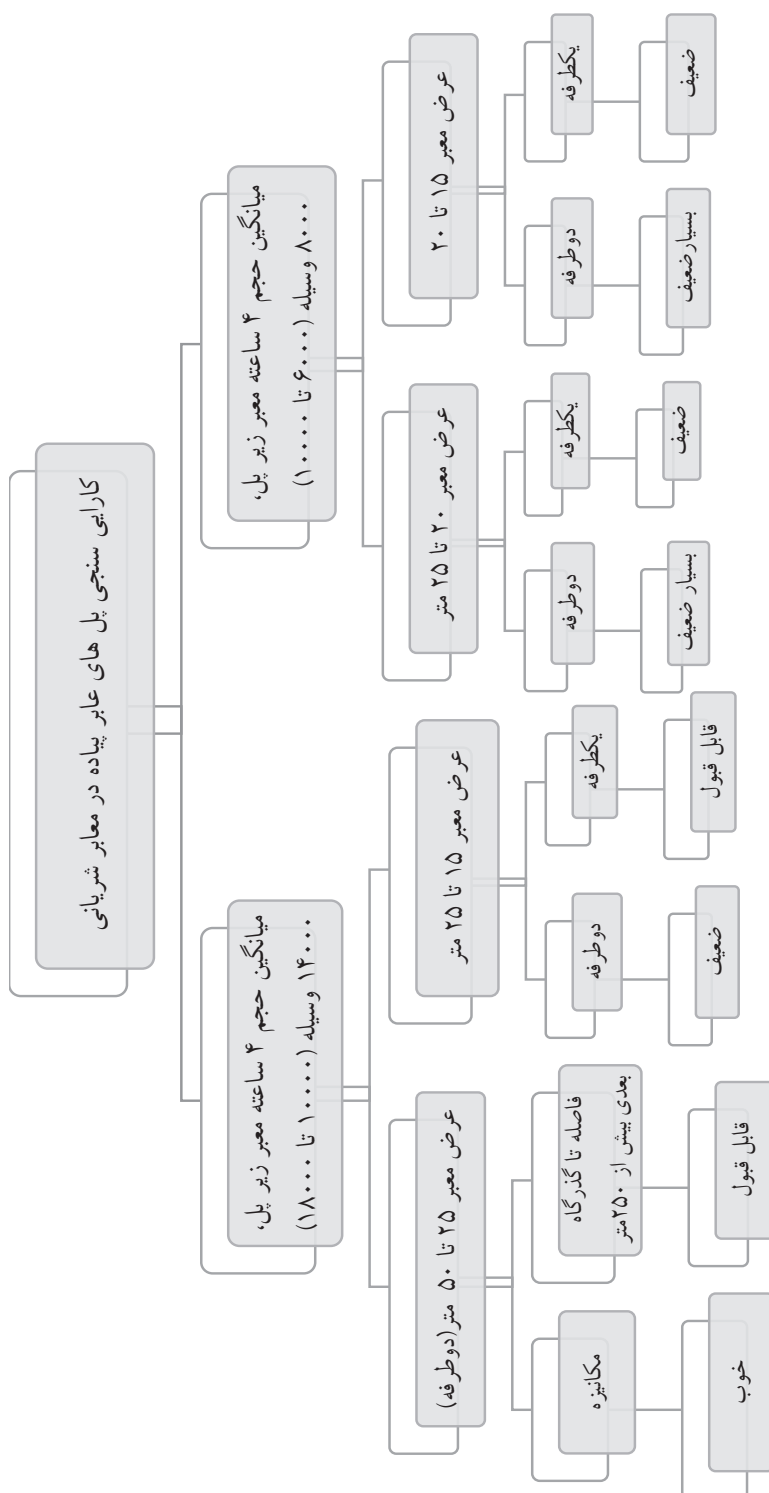
جهت عبور در معبر (یک‌طرفه یا دوطرفه بودن) اثر مهمی بر تصمیم عابران پیاده دارد. در احجام کمتر و روشنایی مناسب معابر یک‌طرفه به دلیل امکان بیشتر جهت یافتن فرصت عبور برای عابران مطلوب‌ترند. با افزایش عرض و نبود روشنایی و دید مناسب، این مطلوبیت کاهش می‌یابد. در معابر دوطرفه، وجود میانه مناسب، تمایل به عبور هم‌سطح را افزایش می‌دهد.

فاصله تا نزدیک‌ترین گذرگاه ایمن

فاصله نزدیک‌ترین گذرگاه ایمن بعدی نقش مؤثری در انتخاب یا عدم انتخاب پل عابر توسط عابران دارد. به‌طور خطی مشاهده گردید که افزایش این فاصله موجب افزایش رغبت به استفاده از پل می‌گردد.

تسهیلات تکمیلی پل

وجود تسهیلات تکمیلی چون پله‌برقی و آسانسور برقی نقش قابل‌ملاحظه‌ای در کارایی پل‌های عابر پیاده احداث‌شده دارد.



شکل ۹- الگوریتم سنجش کارایی پل‌های عابر پیاده در معابر شریانی شهر تهران

منابع و مراجع

۱. اصول برنامه‌ریزی (طراحی) تردد پیاده و دوچرخه- تألیف هرمان کنف لاخر- مترجم فریدون قریب- انتشارات دانشگاه تهران- چاپ اول - ۱۳۸۱؛
۲. گزیده آمار و اطلاعات حمل‌ونقل شهری تهران، معاونت و سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۲؛
۳. ارزیابی معایب و مزایای احداث زیرگذر عابر پیاده به جای پل‌های روگذر، نشریه دانش شهر شماره ۱۴۵، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، مهرماه ۱۳۹۱؛
۴. نشریه شماره ۱۴۴، تسهیلات پیاده‌روی، جدول اول، دوم و سوم، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، معاونت فنی، انتشارات سازمان برنامه‌وبودجه، ۱۳۷۵؛
۵. استاندارد ۱۴۱۴۷، طبقه‌بندی معابر شهری، سازمان ملی استاندارد ایران، چاپ اول، ۱۳۹۰؛
۶. ملاک عمل احداث گذرگاه‌های غیر هم‌سطح عابر پیاده، معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۰؛
۷. مدل‌سازی و شبیه‌سازی تردد عابران پیاده در شهر تهران، معاونت مطالعات و برنامه‌ریزی، معاونت و سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران، بهمن ۱۳۹۲؛
۸. ارزیابی و تحلیل اثربخشی پل‌های عابر پیاده درون‌شهری (مطالعه موردی شهر تهران)، هاشم نیکو مرام، حسین وظیفه دوست و سروش خانی، نشریه هویت شهر، سال دوم، شماره ۲، ۱۳۸۷؛
۹. بررسی عوامل اثرگذار بر تمایل شهروندان به استفاده از پل‌های عابر پیاده، علی سلطانی و سمانه مزینی، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه تبریز، سال ۱۵، شماره ۳۳، تابستان ۱۳۸۹، صفحات ۹۵۰-۱۲۴؛
۱۰. ارزیابی کارایی پل‌های عابر پیاده و مکان‌یابی گذرگاه‌های غیر هم‌سطح جدید در سطح منطقه ۲ تهران، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۰؛
۱۱. ارزیابی کارایی پل‌های عابر پیاده و مکان‌یابی گذرگاه‌های غیر هم‌سطح جدید در سطح منطقه ۴ تهران، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۰؛
۱۲. ارزیابی کارایی پل‌های عابر پیاده و مکان‌یابی گذرگاه‌های غیر هم‌سطح جدید در سطح منطقه ۵ تهران، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۰؛
۱۳. ارزیابی کارایی پل‌های عابر پیاده و مکان‌یابی گذرگاه‌های غیر هم‌سطح جدید در سطح منطقه ۷ تهران، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۰؛
۱۴. ارزیابی کارایی پل‌های عابر پیاده و مکان‌یابی گذرگاه‌های غیر هم‌سطح جدید در سطح منطقه ۱۱ تهران، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۰؛
15. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6th edition, ASHTO, 2011
16. Guidance for the installation of pedestrian crossing facilities, North Central Section of Institute of Transportation Engineers (NCITE), January(2009)
17. Pedestrian Facilities Guidebook, Washington State Department of Transportation, otak, 1997
18. Influence of built environment on pedestrians crossing decision, Marie-Axelle Granie, Thierry Brenac, Marie-Claude Montel, Marine Millot, Cecile Coquelet, Accident Analysis and Prevention 67(2014), pages 75-85
19. The Utilization Rates of Pedestrian Bridges in Malaysia, H. Rizati, Siti Zaharah Ishak, Intan Rohani Endut, IEEE Business Engineering and Industrial Applications Colloquium (BEIAC), (2013)
20. Discussion on Downtown Area Overpass Pedestrian System, Zheng Yang, Ying Jiang, International Journal Of Information and Computer Science (IJICS), Volume 1, Issue 2, May (2012), PP: 52-56

21. Pedestrian self-reports of factors influencing the use of pedestrian bridges, Mikko Rasanen, Timo Lajunen, Farahnaz Alticafarbay, Cumhuriyet, Accident Analysis and Prevention 39 (2007), Pages 969-973
22. Pedestrian and Bicyclist Safety and Mobility in Europe, US. Department of transportation, Federal Highway Administration, February (2010)
23. Improving the Pedestrian Environment Through Innovative Transportation Design, Institute of Transportation Engineers (ITE), (2005).
24. Pedestrian Safety, A Road Safety Manual For Decision-Makers And PRACTITIONERS, World Health Organization.
25. <http://www.smartinsights.com/goal-setting-evaluation/goals-kpis/definition-efficiency-and-effectiveness/>
26. <http://www.sharifimodirir.blogfa.com/post-4.aspx>

کارایی سنجی و اثربخشی به عنوان دو ابزار مناسب در خصوص ارزیابی تسهیلات عابران پیاده شناخته می شوند که بسیار به اشتباه بجای یکدیگر و یا در محدوده های نامناسب بکار گرفته شده اند. به عنوان مثال در خصوص آزادراه ها و بزرگراه ها که ضوابط، ممنوعیت عبور هم سطح عابر پیاده و اهمیت ایمنی و حفظ جان شهروندان، احداث پل را ملزم نموده است، اصولاً کارایی سنجی مطرح نمی باشد و چه بسا که به دلیل عبور روزانه کمتر از ۱۰ نفر، احداث پل عابر پیاده در محلی پیشنهاد گردد. اما در شرایطی که ضوابط، اجازه عبور هم سطح به عابران پیاده را داده است و در عین حال استفاده از تسهیلات غیر هم سطح نیز تعارضی با نقش مورد انتظار معبر ندارد، ارزیابی کارایی و اثربخشی جهت احداث، توأمان ضروری است. این دانش به بررسی انواع ساختارهای رده بندی معابر و نقش های مورد انتظار از رده های مختلف عملکردی می پردازد. در فصل سوم ضمن تعریف مفاهیم کارایی و اثربخشی، دستورالعمل های موجود و مقالات متعدد پژوهشی در خصوص انواع پارامترهای کارایی و اثربخشی را مورد بررسی قرار گرفته است و در ادامه به بررسی موردی نتایج مطالعات ارزیابی کارایی پل های عابر پیاده که در سال ۱۳۹۰ در سطح مناطق ۲۲ گانه شهر تهران به انجام رسیده بود، پرداخته شده است. در پایان ضمن ارائه جدول "تبیین جایگاه موضوع اثربخشی و کارایی سنجی برای پل های عابر پیاده" و همچنین تعریف جدول "رده بندی اثربخشی پل های عابر پیاده" با استفاده از یک شاخص کمی، فلوجارت ساده ای نیز جهت تخمین سریع کارایی پل های عابر پیاده در معابر شریانی شهر تهران با استفاده از نتایج مطالعه موردی ارائه شده است.