بررسی نقش تعریض معابر در طراحی سیستم‌های کلان حمل‌ونقل همگانی شهر مشهد

دکتر هومن شاداب مهر*، دکتر محمد رحیم رهنما**، دکتر محمد اجزاء شکوهی***، دکتر عزت اله مافی****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۷/۱۰

چکیده

تحقیق حاضر به بررسی اثر تعریض‌های پیش‌بینی‌شده در طرح تفصیلی بافت مرکزی شهر مشهد بر فرایند طراحی مسیر خطوط اصلی حمل‌ونقل همگانی است. ابتدا مسیر خطوط اصلی حمل‌ونقل همگانی شهر مشهد با استفاده از روش الگوریتم کلونی مورچگان در دو حالت، با فرض تحقق و عدم تحقق تعریض معابر بافت مرکزی شهر بازطراحی شده‌است. سپس شاخص دسترسی بر پایه مدل هنسن به تفکیک دو حالت مذکور محاسبه‌شده است. آزمون فرض تحقیق نشان داد، شاخص دسترسی به خطوط اصلی حمل‌ونقل همگانی شهر در حالت گزینه‌ای که در شرایط تحقق تعریض‌های طرح تفصیلی تولیدشده، به‌طور معناداری بیشتر از شرایط گزینه دیگر است. نتیجه به‌دست‌آمده نشان می‌دهد، تعریض معابر بافت مرکزی شهر بر مبنای طرح تفصیلی، نقش مؤثر و مهمی در بهبود مسیر خطوط اصلی حمل‌ونقل همگانی و افزایش کارایی آنها دارد.

واژه‌های کلیدی

حمل‌ونقل همگانی، مسیریابی، شاخص دسترسی، تعریض معابر، شهر مشهد.

* دانش‌آموخته دوره دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه فردوسی مشهد، پردیس بین‌الملل. (مسئول مکاتبات)
Email: Ho_sh852@stu-mail.um.ac.ir

** استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد. Email: rahnama@um.ac.ir

*** دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد. Email: Shokouhim@um.ac.ir

**** دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد. Email: mafi@um.ac.i

مقدمه

تعریض معابر، به‌خصوص در مراکز شهرهای بزرگ همواره به‌عنوان موضوعی چالش‌برانگیز مطرح بوده است. برخی از برنامه‌ریزان شهری تعریض معابر مرکز شهر را موجب حضور بیشتر خودروهای شخصی در مرکز شهر، آلودگی هوای بیشتر و درنتیجه مخالف اصول پایداری شهری می‌دانند. در مقابل اغلب کارشناسان حمل‌ونقل و ترافیک، تعریض معابر به‌صورت کنترل‌شده و محدود را موجب روانی جریان ترافیک و رفع گره‌های ترافیکی می‌دانند.

در ادبیات برنامه‌ریزی شهری، معمولاً تعریض معابر (به‌خصوص در بافت مرکزی شهرها) امری مذموم و برخلاف اصول پایدار شهری تلقی شده و به تفکرات قبل از دهه ۷۰ میلادی نسبت داده می‌شود. اکنون چطور می‌توان این تناقض را توجیه نمود؟ توضیح اینکه در دوران مدرنیسم و استیلای خودروهای شخصی بر ابعاد مختلف برنامه‌ریزی شهری، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و ترافیک به این مسئله خلاصه می‌شد که برنامه‌ریزان، حجم ترافیک آینده را پیش‌بینی نموده و امکانات موردنیاز آن را تأمین نمایند. برنامه‌ریزان آن دوران سه فرض را قبول کرده بودند. اول اینکه کنترل حجم ترافیک از عهده برنامه ریزان خارج است. دوم اینکه می‌توان با هر حجم ترافیکی وسایل موردنیاز آن را فراهم نمود و سوم اینکه فراهم کردن این امکانات هیچ‌گونه آثار مخربی بر محیط‌زیست ندارد. امروزه بیان می‌گردد که فرض دوم و سوم اشتباه است و برای مقابله با مشکلات ترافیکی شهرها باید فرض اول را از پیش‌رو برداشت *(زریونی، ۱۳۵۶، ۱۲)*. به‌عبارت‌دیگر برنامه‌ریزی حمل‌ونقل صرفاً به پیش‌بینی حجم ترافیک آینده و فراهم‌سازی امکانات موردنیاز آن محدود نمی‌شود بلکه امروزه یکی از مهم‌ترین ابعاد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری، بحث کنترل تقاضای سفر است. کنترل تقاضای سفر از ابعاد مختلفی قابل‌بررسی است و روش‌های مختلفی دارد. علاوه بر پیش‌بینی تمهیدات لازم برای حذف یا کاهش سفرهای غیرضروری از طریق توسعه امکانات تردد امواج به‌جای افراد و نیز کوتاه نمودن طول سفرها از طریق شهرسازی صحیح (نزدیک نمودن محل کار و نیازهای اساسی زندگی به محل سکونت)، تغییر شیوه سفرهای شهری از وسایل نقلیه شخصی به دستگاه‌هایی چون پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و حمل‌ونقل همگانی نیز موجب کاهش حجم ترافیک معابر بوده و در زمره سیاست‌های کاهش تقاضای سفر محسوب می‌شود.

آنچه در این تحقیق موردبررسی قرار می‌گیرد پاسخ این سؤال است که تحقق تعریض‌های پیش‌بینی‌شده در طرح تفصیلی چه تأثیری می‌تواند بر طراحی استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی، سطح دسترسی و کیفیت سرویس‌دهی آن داشته‌باشد. منظور از استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی شهر مشهد ۴ خط اتوبوس سریع شهری موسوم به BRT[1] و ۴ خط قطار سبک شهری موسوم به LRT[2] است که مسیر آنها در مطالعات پیشین تعریف و مصوب گردیده است بااین‌وجود مسیرهای مذکور دارای برخی مشکلات اجرایی است که عمدتاً ناشی از کمبود عرض معابر مرکز شهر در وضع موجود است به‌طوری‌که امکان عبور خطوط BRT را از برخی معابر مسیرهای تعیین‌شده غیرممکن می‌سازد. به‌این‌علت، مطالعه‌ای باهدف امکان‌سنجی اصلاح مسیر خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی شهر مشهد تعریف شد لکن در مراحل مطالعه مذکور نیز مشکل کمبود عرض برخی از معابر مهم مرکز شهر نمایان گشت. بدین معنا که برخی از معابر مرکز شهر از منظر تقاضای حمل‌ونقل، استحقاق عبور خطوط حمل‌ونقل همگانی را داشتند لکن به لحاظ مشخصات فیزیکی امکان عبور دادن خطوط حمل‌ونقل همگانی از آنها وجود نداشت. البته معابر مذکور، معابری بودند که در طرح تفصیلی خازنی[3] (۱۳۴۷) دارای تعریض بودند ولی تا امروز این تعریض‌ها به‌طور کامل محقق نشده‌است. بنابراین در پروسه بازطراحی مسیر خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی دو فرض مختلف در نظر گرفته شد. فرض اول این بود که تا زمان اجرای خطوط مذکور، تعریض‌های طرح تفصیلی محقق نمی‌شود که این فرض یک سناریوی بدبینانه لکن مطابق تجربیات گذشته را تعریف می‌کند. در این حالت، کمبود عرض معابر مرکز شهر به‌عنوان یک محدودیت در روش مسیریابی خطوط اعمال شده‌است. فرض دوم این بود که تا زمان اجرای خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی، تعریض‌های معابر مرکز شهر بر اساس طرح تفصیلی انجام خواهد شد. این فرض مبین یک سناریو خوش‌بینانه است که بر اساس آن مسیرهای جدیدی برای استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی شهر مشهد تعریف شده‌است.

هدف از تحقیق حاضر تبیین نقش عرض معابر در طراحی شبکه‌های حمل‌ونقل همگانی و مقایسه سطح دسترسی شهروندان به استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی در هر یک از سناریوهای فوق‌الذکر که متأثر از عرض معابر مرکز شهر هستند، است. اهمیت تحقیق از منظر برنامه‌ریزی شهری مطرح می‌شود. بدیهی است با توجه به هزینه‌های سنگین تعریض معابر، درصورتی‌که ثابت شود چنین پروژه‌هایی امکانات مفیدی را برای سیستم حمل‌ونقل شهر ایجاد نمی‌کنند، حذف آن می‌تواند موردتوجه جدی قرار گیرد. نکته مهم این است که مجموع طول خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی[4] در حالت هر دو سناریوی ۱ و ۲ یکسان است و لذا امکان مقایسه آنها وجود دارد.

سؤال تحقیق این است که آیا تعریض معابر مرکز شهر از طریق اصلاح مسیر خطوط بر سطح دسترسی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی تأثیرگذار است یا خیر؟ بر این اساس فرضیه تحقیق به‌صورت زیر تدوین شده‌است: «به نظر می‌رسد تعریض معابر مرکز شهر می‌تواند از طریق اصلاح مسیرهای خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی باعث افزایش سطح دسترسی به آنها شود». البته منظور از تعریض، افزایش عرض بی‌حدومرز معابر نیست و صرفاً تعریض در حد تعریف‌شده در طرح‌های مصوب شهرسازی مدنظر است.

پیشینه پژوهش

موضوع بررسی معابر و تأثیر آنها بر جنبه‌های مختلف محیط شهری تاکنون در مطالعات مختلفی بررسی‌شده است. بااین‌وجود تأثیر تعریض معابر در طراحی مسیر سیستم‌های اصلی حمل‌ونقل همگانی و سطح دسترسی به آنها برای اولین بار در این تحقیق موردبررسی قرار می‌گیرد. از طرفی دسترسی مطلوب، یک عامل ضروری برای توفیق پایداری محیط شهری تلقی می‌شود *(رهنما و لیس‌آنا، ۱۳۸۵، ۱۳۷)*. لذا در این بخش به سابقه تحقیق از منظر اهمیت دسترسی در طراحی تسهیلات حمل‌ونقل ازجمله معابر و سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی پرداخته‌می‌شود. برایان دورسی[۵] (۲۰۰۵)، در مطالعه خود به مسئله تأثیر پارامتر دسترسی بر تقاضای استفاده از سیستم های کلان حمل‌ونقل همگانی پرداخته است. در این تحقیقات موضوع دسترسی بدون محدودیت[۶] به‌عنوان عامل محرکی برای توسعه دستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی و افزایش میزان استفاده از آنها مطرح شده‌است. دسترسی بدون محدودیت از دو جنبه نزدیک بودن محل زندگی و کار افراد به خطوط و ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی و نیز قیمت ارزان حمل‌ونقل همگانی (یا بدون هزینه برای بعضی از گروه‌های اجتماعی نظیر دانشجویان) می‌تواند مطرح شود. بدیهی است مدیریت تقاضای دستگاه‌های حمل‌ونقل (TDM[۷]) مخصوصاً در بعد حمل‌ونقل همگانی، یکی از مهم‌ترین عوامل افزایش کارایی این سیستم‌ها و مقابله با مشکلات ترافیکی کلان‌شهرها است.

به‌منظور پاسخگویی به نیازهای آینده حمل‌ونقل و جابه‌جایی در شهر ادینبورگ (اسکاتلند)، یک راهکار ترکیبی از توسعه حمل‌ونقل ریلی و سیستم اتوبوسرانی تدوین شده‌است. برای این منظور از روش تحلیل فضایی شبکه بر پایه اندازه‌گیری دسترسی به کمک GIS استفاده شده‌است. مدل مذکور در ارزیابی بهبود میزان دسترسی به ۶ فعالیت مختلف در اثر اصلاح سیستم حمل‌ونقل همگانی ریلی شهر ادینبورگ مورداستفاده قرارگرفته‌است. سطح دسترسی در حالت ۴ سناریوی مختلف توسعه سیستم حمل‌ونقل همگانی شهر ادینبورگ محاسبه‌شده و طراحان را در افزایش سطح دسترسی و کاهش بی‌عدالتی (از منظر دسترسی به سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی) کمک کرده است *(Karou & Hull, 2014)*.

توسعه شهرهای بزرگ عمدتاً همراه با افزایش جمعیت و رشد اقتصادی بوده‌است. در یک تحقیق، رابطه بین توسعه شبکه حمل‌ونقل ریلی و رشد قابلیت دسترسی به این سیستم با ابعاد مختلف توسعه شهر گوانگجو در کشور چین موردبررسی قرارگرفته‌است. برای این منظور ابتدا شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری توسعه شبکه حمل‌ونقل ریلی شهر تعریف شد. نتیجه تحقیق مشخص ساخت سطح دسترسی به شبکه ریلی نسبتاً پائین است که این مسئله به لزوم افزایش قابلیت اطمینان اتصال بین گره‌های شبکه با کاربری‌های شاخص شهری تأکید می‌کند *(Chen et al., 2014)*.

درزمینهٔ طراحی مسیر سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی در شهر مشهد نیز تاکنون دو مطالعه مهم انجام‌شده‌است. مرکز مطالعات حمل‌ونقل دانشگاه صنعتی شریف (ممتحن) در سال ۱۳۷۷ اولین مطالعه درزمینهٔ تعیین مشخصات سیستم حمل‌ونقل همگانی را در قالب مطالعات جامع حمل‌ونقل شهر مشهد انجام داده است. در این مطالعه ابتدا عملکرد سیستم اتوبوسرانی موجود شهر مشهد در سال ۱۳۷۵ زیر بار تقاضای ۱۳۹۵ موردبررسی قرار گرفت و کمبودهای آن مشخص گردید. سپس با تغییرات جزئی در مسیر خطوط شبکه اتوبوسرانی و افزایش ناوگان آن، یک سیستم اتوبوسرانی برای سال ۱۳۹۵ پیشنهاد گردید. عملکرد این سیستم زیر بار تقاضای سال ۹۵ توسط مدل تخصیص ترافیک مطالعات جامع حمل‌ونقل موردبررسی قرار گرفت و کریدورهای با حجم بالای مسافر برای استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی با ظرفیت بالا شناسایی و معرفی شدند. در ادامه شاخص‌های عملکردی سیستم‌های همگانی ریلی بررسی‌شده است. درنهایت پیشنهاد مطالعات مذکور برای توسعه سیستم حمل‌ونقل همگانی شهر مشهد، تقویت سیستم اتوبوسرانی موجود، ایجاد یک خط تراموا و ایجاد یک خط قطار سبک شهری در شهر مشهد بود. اگرچه مطالعات جامع حمل‌ونقل شهر مشهد در سال ۱۳۷۸ به تصویب شورای عالی ترافیک شهرهای کشور رسید لکن نتایج این مطالعات در سال ۱۳۸۲ موردبازنگری اساسی قرار گرفت. بعدازآن مرکز مطالعات حمل‌ونقل دانشگاه شریف، مطالعات دیگری را باهدف بررسی سیستم حمل‌ونقل همگانی شهر مشهد و راهکارهای برطرف کردن مشکلات آن تا افق زمانی ۱۴۰۰ انجام داده است. مرجع و پایگاه اطلاعاتی اصلی این مطالعه، اطلاعات حاصل و موجود در مطالعات جامع حمل‌ونقل بوده است. همچنین چند آمارگیری تکمیلی نیز برای تصحیح و به‌روزرسانی اطلاعات موجود انجام‌شده است. به‌منظور ارائه گزینه‌های مناسب ریلی برای شهر مشهد، ابتدا نظرات مسئولان، گردانندگان و کارشناسان سیستم حمل‌ونقل شهر مشهد در مورد مسیرهای با امکان بالا برای ساخت مسیر قطار شهری گردآوری شد. سپس گزینه‌های ریلی شهر مشهد با توجه به معیارهایی چون خطوط تمایل حرکت، توان ظرفیتی مسیرهای مختلف، نظرات مسئولان و تحلیل‌های کارشناسی و امکان گسترش و توسعه خطوط طراحی و ارائه شد. لازم به ذکر است در زمان انجام آن مطالعه، خط یک سامانه قطار سبک شهری مشهد در حال ساخت بوده است. درنهایت مطالعات مذکور منجر به تعیین چهار مسیر برای سیستم قطار سبک شهری شد که به تصویب شورای عالی ترافیک شهرهای کشور رسید.

مرکز مطالعات حمل‌ونقل دانشگاه شریف در سال ۱۳۸۷، مطالعات دیگری را باهدف طراحی شبکه ویژه اتوبوس سریع شهر مشهد انجام داده است. در این مطالعات پس از بررسی مطالعات فرادست و مرتبط، شبکه خیابانی مشهد به هنگام شده و با استفاده از برآوردهای جمعیتی، مالکیت خودرو، متوسط

سرنشـــین و همچنین آمارگیری‌های شـــمارش حجم و سرنشین در خطوط برش، اطلاعات تقاضای ســـفر نیز به هنگام شده‌اند. ابتدا گزینه‌های مختلف شبکه اتوبوسرانی ایجادشـــده و برای ارزیابی آنها از روش ارزیابی چند هدفی استفاده‌شده اســـت. برای هزینه‌سازی در ســـطح خطوط اتوبوس‌های تندرو، امکان‌پذیـــری عبـــور فیزیکی اتوبوس‌های این ســـامانه از شـــبکه خیابانی، خطوط تمایل حرکت تقاضای ســـفر با وسایل حمل‌ونقل همگانی، مسیرهای اتوبوسرانی گذشـــته و همچنین پیشنهادهای کارشناســـان و دست‌اندرکاران بخش حمل‌ونقل درزمینهٔ شـــبکه آینده موردبررسی واقع‌شده‌اند. با استفاده از تحلیل همایی بر اساس شـــاخص‌های هزینه استفاده‌کننده از سیستم، هزینه گرداننده سیســـتم، هزینه مصرف منابع محدود، هزینه‌های محیط‌زیســـت و شـــاخص عدالت اجتماعی، گزینه‌ها مقایسه شده‌اند. پس از تعیین گزینه‌های برتر و رقیب، انتخاب گزینه نهایی بر اساس دو ضابطه کل هزینه‌های سیستم حمل‌ونقل و نســـبت مســـافر- کیلومتر اتوبوس تندرو بر کیلومتر طول شبکه اتوبوس تندرو انجام‌شـــده اســـت. درنهایت گزینه نهایی پس از کنترل نتایج تخصیص ترافیک به شبکه به‌وسیله نرم‌افزار EMME/2[8] (نرم‌افزار تخصیص ترافیک به شبکه) و ارزیابی شاخص‌های ترافیکی مشخص گردیده است.

مبانی نظری

حمل‌ونقل همواره یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر ســـاختار شـــهرها بوده اســـت. اما به‌ویژه در یک سده اخیر با گســـترش انواع وسایل نقلیه موتوری و تغییـــرات فزاینده جمعیتی به یکی از اصلی‌ترین مشـــکلات شهرنشـــینی بدل گردیده اســـت. رویکردهای نظری به حمل‌ونقل درون‌شـــهری نیز طی دوره‌های زمانی مختلف از روندی متفاوت برخوردار بوده اســـت *(کاشانی جو و مفیدی شـــمیرانی، ۱۳۸۸، ۳)*. از اواخر دهه ۶۰ میلادی به‌ویژه با آشـــکار شدن مشکلات فراوان در شهرها ناشی از ازدحام بیش‌ازاندازه خودروهای شخصی، حرکت‌هایی جدی جهت توجه به عابران پیاده و حفاظت آنها همچنین افزایش کیفیت و درنتیجه اســـتفاده بیشـــتر از حمل‌ونقل همگانی به وجود آمد. ارائه نظریـــه پهنه‌های محیطی[9] کالین بیوکنن[10] که البته دارای رویکردی ترافیکی بود ازجمله مهم‌تریـــن مصادیق این موارد اســـت. به‌طورکلی از ابتدای قرن بیســـتم تا پایان دهه ۶۰ رویکرد اصلی در شهرها حمل‌ونقل خودرو مدار بود. در این دوره حمل‌ونقل همگانی آن‌چنان موردتوجه نبود و ســـامانه‌های معدود موجـــود (اتوبوس‌ها) نیـــز تابع خودروها بودند. اما از اوایـــل دهه ۱۹۷۰ تغییر نگرشـــی اساسی بین صاحب‌نظران در رابطه با مســـئله ترابری در شهرها به وجود آمد. چنانکه در روندی معکوس نســـبت به گذشـــته، اولویت‌بخشی به حرکت خودروی شـــخصی به یـــک ضد ارزش بدل گردیـــد و بر حمل‌ونقل همگانـــی و گونه‌های جابجایی غیر موتوری تأکید گردید. اصول شهرســـازی هوشـــمند[11] ازجمله اصلی‌ترین نظریه‌های مطرح‌شـــده در این زمان است که هم‌راســـتا با توجه به تحول در تمامی عرصه‌های مسائل شهری بر حمل‌ونقل همگانـــی نیز تمرکزی ویـــژه دارد *(همان، ۷)*. امروزه بهبود عملکرد سیســـتم حمل‌ونقل همگانی به‌عنوان یک راهکار مهم در جذب ســـفرهای شهری به دســـتگاه‌های عمومی و کاهش استفاده از وســـایل نقلیه شخصی و درنتیجه بهبود محیط‌زیست شهری محسوب می‌شود. به‌طورکلی هر نوع راهکار توسعه شـــهری که آلودگی و کاربرد انرژی کمتر را فراهم ســـازد، نیاز به سفر به‌ویژه سفر با خودرو شخصی را به حداقل رساند، امکان دسترسی پیاده و یا دوچرخه را گسترش دهد، بیشترین ظرفیت برای سفر با وسایل نقلیه عمومی را فراهم ســـازد و در یک‌کلام هر آنچه موجب حفظ و ارتقاء کیفیت محیط زندگی حال و آینده گردد، در زمره شاخص‌ها، الزامات و عوامل ایجاد توسعه پایدار شهری به‌حساب می‌آید *(پرهیزکار و فیروز بخت، ۱۳۹۰، ۶۰)*.

در حال حاضر توســـعه مبتنی بر حمل‌ونقل به‌عنوان روشـــی در توسعه پایدار ابر شـــهرها شناخته‌شده اســـت. تأمین امنیت و خدمات عبور و مرور مناسب علاوه بااینکه باعث کاهش وابستگی به خودرو شخصی و گسترش بزرگراه‌ها می‌شـــود، باعث افزایش دسترســـی کاربران به سیستم‌های اصلی حمل‌ونقل همگانی اســـت *(Xiaosu & Hong, 2013, 7)*. دسترسی پایدار شهری که موجب حفظ، افزایش و تقویت قابلیت‌های تحرک اجتماعی می‌شـــود یکی از ملزومات توســـعه پایدار شهری است *(احمدی ترشـــیزی، ۱۳۸۷، ۲۹۷)*. اولین و مهم‌ترین ویژگی در یک سیســـتم حمل‌ونقل پایدار این اســـت که دسترسی مناسب و عادلانه‌ای را فراهم کرده تا مردم بتوانند به‌راحتی نیازهای جابجایی خود را با کمترین آثار سوء زیست‌محیطی برآورده نمایند *(Bongardt et al., 2011, 3)*. حمل‌ونقـــل پایدار هنگامی‌که در معنایی وســـیع‌تر در نظر گرفته شـــود، موقعیتی را توصیف می‌کند که الگوها و زیربنای حمل‌ونقل، دسترسی قابل‌اطمینـــان و عادلانه‌ای را برای حمل‌ونقل مـــردم و کالا با حداقل اثر بر روی محیط‌زیســـت، فراهم کند *(سید حسینی و موســـوی زاده، ۱۳۹۱، ۲)*. معابر شهر به‌عنوان زیرســـاخت موردنیاز هرگونه تحرک و محل تردد دستگاه‌های مختلف حمل‌ونقل شهری ازجمله حمل‌ونقل همگانی، نقش مهمی در اهداف توسعه پایدار شـــهری دارند. اهمیت معابر به‌عنوان یک فضای شهری به این دلایل است: ۱) طراحی شهری به‌عنوان هنر ارتباطات است؛ ۲) معبر به‌عنوان مهم‌ترین عنصر ارتباطی شـــهری محسوب می‌شود؛ ۳) معابر به‌عنوان مفصل بین فضاهای شـــهری ارتباط برقرار می‌ســـازد؛ و ۴) معابر سطح قابل‌ملاحظه ای از شـــهر را اشغال کرده‌اند و عنصر اصلی تشکیل‌دهنده شهر می‌باشند؛ ۵) معابر به‌عنوان نماد فرهنگی و محل تعاملات اجتماعی اســـت *(عباس زادگان و همکاران، ۱۳۹۱، ۱۶۵)*.

از اواخر قرن بیستم به این‌طرف، گرایش به رویکردهای اجتماعی در طراحی شـــهری به شکل توســـعه بافت‌های پیرامون پایانه‌های حمل‌ونقلی و توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی به‌عنوان دیدگاهی پرطرفدار مطرح‌شده است که برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های آن، وجود کاربری مختلط در پیرامون پایانه‌ها، توجه به کیفیات طراحی محله، کاهش استفاده از اتومبیل شخصی و گسترش

گونه‌های ترابری همساز با حمل‌ونقل همگانی نظیر پیاده‌روی است *(Daisa, 2004, 118)*. با توجه به توضیحات فوق مهم‌ترین مبنای مطالعات حاضر، دیدگاه توسعه پایدار شهری است.

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع توصیفی- تحلیل بوده و جمع‌آوری داده‌های موردنیاز به روش مطالعه اسنادی با استفاده از بانک اطلاعات مطالعات جامع حمل‌ونقل مشهد انجام‌شده است. جهت بازطراحی مسیر خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی از روش الگوریتم کلونی مورچگان استفاده‌شده است. این روش در زمره سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در حوزه مسیریابی است. سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری ازجمله ابزارها و فنون پیشرفته‌ای هستند که به‌عنوان ابزاری کارآمد جهت تسهیل و هدایت فرایند اتخاذ تصمیمات بهینه در خدمت برنامه ریزان و مدیران شهری قرارگرفته‌اند *(شکوری اصل و رفیعیان، ۱۳۹۴، ۳۵)*.

کلونی مورچه‌ها یا در حالت کلی جوامع حشرات اجتماعی، دارای سازمان اجتماعی ساختاریافته‌ای هستند. یکی از نتایج این سازمان، انجام کارهای پیچیده و حل مسائل روزمره زندگی است که از توانایی‌های یک مورچه منفرد بالاتر است. نظیر این‌گونه رفتار که در گروه‌های خاصی از حشرات مشاهده می‌شود، هوش گروهی نامیده می‌شود *(Ghoseiri & Morshedsolouk, 2006)*. الگوریتم مورچه به کمک آزمایشی که توسط گوس و همکارانش (۱۹۸۹) انجام گردید، توسعه داده شد. آنان در این آزمایش، رفتار مورچه‌های آرژانتینی را برای یافتن غذا از لانه به منبع غذایی شبیه‌سازی کردند. در این آزمایش ابتدا منبع غذایی به‌وسیله یک‌دو شاخه با طول‌های متفاوت به لانه متصل شد، این شاخه‌ها به صورتی قرار داده‌شده بود که مورچه‌ها راهی از لانه به منبع غذایی و یا برعکس به‌جز این دو راه نداشته باشند و می‌بایست یکی از این دوشاخه را برای ادامه مسیر انتخاب می‌نمودند. آنها مشاهده کردند که هر چه از شروع آزمایش می‌گذرد مورچه‌های بیشتری راه کوتاه‌تر را انتخاب می‌کردند. علت این است که مورچه‌ها هنگام حرکت ماده‌ای به نام فرمون ترشح می‌کنند که بعد از مدتی تبخیر می‌شود. بنابراین درحرکت از لانه به منبع غذا و بالعکس، در مسیرهای بهتر و نزدیک‌تر، به‌مرور فرمون بیشتری انباشته می‌شود و لذا احتمال انتخاب آنها بیشتر می‌شود. این آزمایش نشان داد که هوش جمعی بسیار ساده‌ای که مورچه‌ها بر اساس غریزه خود به کار می‌برند چگونه سبب می‌شود که بتوانند این مسئله مشکل بهینه‌سازی ترکیبی را حل کنند *(لرکی و همکاران، ۱۳۹۲، ۷۶)*. الگوریتم تعیین مسیر خطوط اصلی حمل‌ونقل همگانی شامل یک تابع مطلوبیت و تعدادی محدودیت است. مسیر خطوط بر روی شبکه خیابانی تعریف می‌شود. شبکه خیابانی شامل یک سری گره (تقاطع) و کمان (خیابان) است. الگوریتم حل مسئله به‌گونه‌ای نوشته‌شده که مسیر هر خط را به‌صورت گره به گره با توجه به تابع مطلوبیت تعیین کرده و درنهایت محدودیت‌های تعریف‌شده را ارضاء نماید. انتخاب یک کمان توسط یک مورچه به مطلوبیت آن کمان و یا به‌عبارت‌دیگر به منفعت حاصل از انتخاب آن بستگی دارد. این منفعت شامل جمعیت و سطح کاربری‌های جاذب سفر در حوزه نفوذ[۱۲] آن گره است (رابطه۱):

رابطه ۱: تابع مطلوبیت

$$U_{ij} = \tau_j + p_j + k_j$$

که در آن:

U_{ij} = مطلوبیت مربوط به انتخاب گره j از گره انتخاب i (یا کمان (i,j)).

τ_{ij} = میزان فرمون موجود روی کمان (i,j) که از تکرارهای قبلی محاسبه می‌شود

P_j= جمعیت در حوزه نفوذ گره j ام

k_j= سطح کاربری‌های جاذب سفر در حوزه نفوذ گره j ام است.

همچنین در تعیین مسیر خطوط اصلی حمل‌ونقل همگانی، محدودیت‌های مختلفی وجود دارد که بخشی از آنها مربوط به محدودیت‌های فیزیکی (کالبدی) معابر بوده و بخشی دیگر به سیاست‌های طراحی مربوط می‌شود. محدودیت‌هایی که در این تحقیق در نظر گرفته‌شده و در الگوریتم حل مسئله پیش‌بینی‌شده‌اند عبارت‌اند از: ۱) محدودیت دیگر در ارتباط با محدودیت بودجه است. در این مطالعه جهت حفظ شرایط واقعی، محدودیت بودجه به شکل محدودیت طول خطوط در حل مسئله لحاظ گردیده است (طول خطوط گزینه‌های اصلاحی با طول خطوط گزینه مصوب موجود برابر است). ۲) شرط ایجاد دسترسی خطوط به حرم مطهر به‌صورت دسترسی مستقیم و یا دسترسی با حداکثر یک‌بار تغییر خط در الگوریتم حل مسئله لحاظ شده است. ۳) شرط عدم عبور دو خط از یک کمان. ۴) محدودیت مربوط به خصوصیات کالبدی و عملکردی معابر به این معنا که معابر باید امکان عبور خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی را داشته باشند. این محدودیت به دو شکل تعریف‌شده (درنتیجه دو گزینه اصلاحی تولیدشده است). در حالت اول فرض شده عرض معابر مطابق شرایط وضع موجود باشد و در حالت دوم فرض شده عرض معابر مطابق عرض‌های تعریف‌شده در طرح تفصیلی باشد.

متغیرهای پژوهش

در نظریه توسعه پایدار شهری، سیستم حمل‌ونقل متکی بر روش‌های پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و حمل‌ونقل همگانی است. از این منظر سیستم حمل‌ونقل همگانی جایگاه مهمی داشته و باید خصوصیات ویژه‌ای داشته باشد. این خصوصیات شامل حداکثر پوشش دهی به مناطق پرجمعیت، نواحی با سطح اشتغال بالا و کاربری‌های جاذب سفر است *(Stead & Marshall, 2001, 124)*. توجه به عوامل فوق تضمین‌کننده حداکثر شدن دسترسی سیستم خواهد بود که این مسئله مبنای اولیه انتخاب متغیرهای تحقیق

بوده اســت. بر این اساس ابتدا فهرســتی از متغیرهای مؤثر در طراحی مسیر سیســتم‌های حمل‌ونقل همگانی تهیه شد. سپس با به‌کارگیری روش دلفی و استفاده از پرسش‌نامه و کســب نظرات کارشناسان با جامعه آماری تعداد ۳۸ نفر از اعضاء گروه ترافیک سازمان نظام‌مهندسی خراسان رضوی، متغیرهای تحقیق تدقیق و نهایی شــده اســت. بر اســاس توضیحات فوق، متغیرهای تحقیق به عبارت‌اند از:

P_i: جمعیت ناحیه i

W_j : تعداد شاغلان در محل شغل (ناحیه j)

VK_j : سطح کاربری تجاری در ناحیه j

K_j : سطح کاربری اداری در ناحیه j

d_i : فاصله مرکز ناحیه i تا نزدیک‌ترین خط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی

مقادیــر متغیرهای VK_j ، W_j ، P_i و K_j از بانــک اطلاعات مطالعات جامع حمل‌ونقل مشهد در افق زمانی ۱۴۱۰ استخراج گردیده است. همچنین متغیر d_i به کمک امکانات نرم‌افزار GIS در حالت گزینه‌های ۱ و ۲ استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی به‌طور جداگانه محاسبه‌شــده اســت. بــا توجه به اینکه متغیرهای فوق‌الذکر به تفکیک ۲۵۳ ناحیه استخراج‌شده‌اند، ارائه مقادیر آنها به دلیل محدودیت حجم مقاله امکان‌پذیر نمی‌باشد.

محدوده و قلمرو پژوهش

محدوده جغرافیایی پژوهش شــهر مشهد اســت. جهت ناحیه بندی محدوده مطالعه، نتایج مطالعات جامع حمل‌ونقل مشــهد ملاک عمل قرارگرفته است. شــکل ۱ محدوده تحقیق و ناحیه بندی آن به همراه مراکز یا گرانیگاه نواحی را نمایش می‌دهد.

نحوه محاسبه شاخص دسترسی

تاکنون روش‌های مختلفی برای تعریف و اندازه‌گیری متغیر دسترسی ارائه‌شده اســت. از مطالعه ایــن روش‌ها می‌توان نتیجه گرفت، عامــل فاصله (اعم از فاصله فیزیکی، فاصلــه طبقاتی، فاصله هزینه‌ای، فاصله زمانی و ...) و عامل قدرت مبدأ- مقصد (متغیرهایی نظیر جمعیت، اشتغال، کاربری و غیره) عوامل کلیدی در محاسبه شاخص دسترسی هستند.

در اصطلاح عمومی شــاخص دسترسی به شــرح فرمول زیر است *(رهنما و فرقانی، ۱۳۸۷: ۷۸)*:

رابطه ۲: شاخص دسترسی

$$A_{ij} = \sum_j f(V_j, S_{ij})$$

شکل ۱. نقشه نواحی ترافیکی شهر مشهد

که در آن:

V_j : شاخص جاذبه مقصد j

S_{ij} : معیار جداکننده فضایی، به‌عنوان نمونه فاصله یا زمان سفر از i به j است.

در این تحقیق، شاخص دسترسی به استخوان‌بندی سیستم حمل‌ونقل همگانی بر پایه رابطه هنسن *(Hansen, 1959)*، به‌صورت مجموع سه شاخص جزئی زیر تعریف‌شده است.

۱. A_i شاخص دسترسی جمعیت نواحی از مبدأ سفر به خطوط LRT و BRT مطابق رابطه (۳):

رابطه ۳: شاخص دسترسی جمعیت

$$A_i = \sum_{i=1}^{n} P\ P_i.d_i^{-2}$$

که در آن n : تعداد نواحی (۲۵۳ ناحیه) می باشد.

۲. A_{Cj} شاخص دسترسی از خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی به کاربری‌های عمده جاذب سفر در مقصد مطابق رابطه (۴):

رابطه ۴: شاخص دسترسی از خطوط به کاربری‌های عمده

$$A_{Cj} = \sum_{j=1}^{n} (VK_j.K_j).d_i^{-2}$$

۳. A_{ej} شاخص دسترسی از خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی به نواحی اشتغال در مقصد سفر مطابق رابطه (۵):

رابطه ۵: شاخص دسترسی از خطوط به نواحی اشتغال

$$Aej = \sum_{j=1}^{n} W_j.d_i^{-2}$$

شاخص کلی دسترسی به استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی در شهر مشهد از رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

رابطه ۶: شاخص کلی دسترسی

$$A = A_i + A_{Cj} + A_{ej}$$

شایان‌ذکر است چون در تحقیق حاضر بحث مقایسه دو گزینه مطرح است، لذا نتایج به‌دست‌آمده از فرمول هنسن (علی‌رغم قدیمی بودن مدل) کارایی لازم را داشته و لذا به دلیل سادگی مدل مذکور، از آن استفاده‌شده است.

یافته‌های پژوهش

معرفی مسیرهای اصلاح‌شده استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی

نقشه ارائه‌شده در شکل ۲، مسیر خطوط BRT و LRT را که در حالت عدم‌تحقق تعریض‌های مصوب بافت مرکزی شهر تولیدشده است (گزینه ۱)، نمایش می‌دهد. شکل ۳ نیز مسیر خطوط BRT و LRT که با فرض تحقق تعریض معابر مرکز شهر طراحی‌شده (گزینه ۲) را ارائه می‌نماید.

آزمون فرضیه

در این تحقیق جهت تجزیه‌وتحلیل‌های آماری و آزمون فرضیات تحقیق از نرم‌افزار SPSS[۱۴] استفاده‌شده است. نرم‌افزار SPSS برای تجزیه‌وتحلیل آماری و مدیریت داده‌ها استفاده می‌شود. اگرچه این نرم‌افزار در ابتدا برای تحلیل داده‌ها در حوزه علوم انسانی ابداع شد لکن در حال حاضر با توجه به مزایای فراوانی که دارد، در تمام شاخه‌های علوم مورداستفاده قرار می‌گیرد *(اسماعیلی و خیری، ۱۳۸۵،۲)*. برای مقایسه شاخص دسترسی در حالت گزینه‌های ۱ و ۲ استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی از آزمون میانگین استفاده‌شده است. فرض تحقیق این است که میانگین شاخص دسترسی در حالت گزینه ۲ به‌طور معناداری بیشتر از حالت گزینه ۱ است و فرض صفر این است که میانگین‌های مذکور باهم اختلاف معناداری ندارند. معمولاً وقتی‌که واژه «نتیجه معنادار» استفاده می‌شود منظور رد فرضیه صفر در سطح خطای

شکل ۲. نمایش مسیر خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی در حالت گزینه ۱ (عدم تحقق تعریض‌ها)[۱۳]

شکل ۳. نمایش مسیر خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی در حالت گزینه ۲ (تحقق تعریض‌ها)

شکل ۴. حدود تغییرات مقادیر شاخص دسترسی به تفکیک ۲۵۳ ناحیه ترافیکی در حالت گزینه ۱

شکل ۵. حدود تغییرات مقادیر شاخص دسترسی به تفکیک ۲۵۳ ناحیه ترافیکی در حالت گزینه ۲

تعریف‌شـــده است. در عمل فرض براین‌اســـت که فرضیه صفر صحیح است، پس‌ازآن میزان تطابق احتمالی نمونه به‌دســـت‌آمده با فرضیه صفر محاســـبه شده‌اســـت. این مقـــدار در نرم‌افزارهای آماری با عبـــارت P-Value یا Sig. مشخص می‌شود. آماره P-Value نشان می‌دهد که تفاوت مشاهده‌شده بین دو گروه تا چه اندازه ناشـــی از شانس و تصادف بوده است *(بانشی و همکاران، ۱۳۹۳، ۷)*. اگـــر مقدار P-Value کم باشـــد (معمولاً کمتـــر از ۰/۰۵) پذیرفته می‌شـــود که تفاوت مشاهده‌شده نمی‌تواند تصادفی باشد و این بدان معناست که دو گروه باهـــم اختلاف معناداری دارند *(Davies & Crombie, 2009)*. استفاده از میانگین سبب سهولت اســـتنتاج‌های ریاضی در روش‌های آماری و خواص بهینـــه در آنها نظیر افزایش حساســـیت آزمون‌ها می‌گردد *(اصغری جعفرآبـــادی و محمـــدی، ۱۳۹۳، ۱۴۶)*. آزمون میانگین انـــواع مختلفی دارد که حسب شرایط تحقیق، نوع آزمون مشخص می‌شود. در این مطالعه با توجه به نوع داده‌ها و ماهیت مســـتقل گزینه‌هایی که باهم مقایسه می‌شوند، از آزمون برابری میانگین دو گروه مستقل[۱۵] استفاده‌شده است. آزمون t دو نمونه مستقل برای مقایســـه میانگین متغیرهای کمّی (عددی) در دو گروه مستقل استفاده می‌شود *(Shahravan et al., 2013)*.

نتیجه آزمون فرضیه تحقیق در جداول ۱ و ۲ ارائه‌شده است.

با توجه به اطلاعات ارائه‌شده، متوسط شاخص دسترسی نواحی ۲۵۳ گانه شهر به استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی در حالت گزینه اول ۱/۴۴۷۸ و در حالت گزینه دوم ۳/۱۹۹۶ است. نتیجه به‌دست‌آمده در جدول ۲ (Sig.<0.05) نیز به معنای تأیید فرض تحقیق است بدین معنا که شاخص دسترسی نواحی شهر به استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی در حالت تحقق تعریض‌های طرح تفصیلی به‌طور معناداری بیشتر از حالت عدم تحقق تعریض‌های مذکور است.

بحث

با توجه به مشـــکلات ترافیکی نواحی مرکزی شـــهرهای بزرگ و تبعات آن ازجمله آلودگی هـــوا و موارد دیگر، اتخاذ سیاســـت‌هایی جهت مقابله با این مشـــکلات ضروری است. یکی از این سیاست‌ها، انتقال سفرها از خودروهای شـــخصی به حمل‌ونقل همگانی است که مستلزم داشتن حمل‌ونقل همگانی کارا و قابل‌اتکا اســـت. بر اســـاس مطالعات پیشین، مهم‌ترین شاخصه کارایی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی، سطح دسترسی به این‌گونه سیستم‌ها است. افزایش ســـطح دسترسی به استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی که در صورت اجرایی شـــدن تعریض‌های پیش‌بینی‌شده در طرح تفصیلی مرکز شهر حاصل می‌شـــود می‌تواند افزایش میزان اســـتفاده مردم از وســـایل نقلیه همگانی و درنتیجه اســـتفاده کمتر از وسایل نقلیه شـــخصی را به دنبال داشته باشد. این مسئله موجب کاهش مصرف منابع محدود انرژی و کاهش تولید آلاینده های زیست‌محیطی در شهر بوده و در راستای اهداف شهرهای پایدار تلقی می‌شود لذا از این منظر تعریض معابر قابل توجیه است. بدیهی است در اینجا منظور از

جدول ۱. نتیجه آزمون فرضیه تحقیق *(Group Statistics)*

	Groups	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Mean access level	1 (Alternativ1)	253	1.4478	5.154	.324
	2 (Alternativ2)	253	3.1996	13.055	.820

جدول ۲. نتیجه آزمون فرضیه تحقیق *(Independent Samples Test)*

F		Levene's test for equality of variances	T-Test for equality of means			
		Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	
Mean access level	Equal variances assumed	14.554	.000	-1.985	504	.048
	Equal variances not assumed			-1.985	328.690	.048

تعریض معابر، افزایش عرض سواره‌رو جهت عبور بیشتر وسایل نقلیه شخصی نیست بلکه منظور به‌کارگیری عرض اضافه‌تولید شده برای توسعه تسهیلات ویژه عبور دســتگاه‌های انبوه بر حمل‌ونقل همگانی و نیز تسهیلات پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری است.

نتیجه‌گیری

با توجه به مشکلات روزافزون حمل‌ونقل و ترافیک در بافت مرکزی شهرهای بزرگ، توجــه به راهکارهای کاهش تقاضای ســفر و نیز انتقال ســفرها از خودروهای شخصی به سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی، به‌خصوص در نواحی مرکزی شهرها اهمیت بیشتری دارد. اجرایی نمودن چنین سیاست‌هایی مستلزم ابزار لازم است. حذف تعریض معابر بافت مرکزی شهر به بهانه کمبود بودجه و اعتبارات و یا طرح ایده هایی نظیر رژیم معابر[۱۶] اگرچه قابل‌بحث و بررســی است لکن در شرایط کشــور ما مشکلاتی را ایجاد خواهد نمود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد، معابر بافت مرکزی شهر باید دارای حداقل عرض لازم برای راه‌اندازی خطوط انبوه بر حمل‌ونقل همگانی (و ســایر تسهیلات حمل‌ونقل پاک نظیر خطوط ویژه دوچرخه‌ســواری و یا پیاده‌روهای فراخ و جذاب) باشند و این حداقل عرض (در شرایط شهر مشهد) همان عرض‌های پیش‌بینی‌شده در طرح تفصیلی اســت. عدم تحقق تعریض‌های طرح تفصیلی در مسیریابی خطــوط انبوه بر حمل‌ونقل همگانی تأثیرگذار بوده و این امکان را از طراحان سلب می‌کند که مســیر خطوط را متناســب با نیاز نواحی شهری که توسط متغیرهایی چون جمعیت، اشتغال و ســطح کاربری‌های جاذب سفر سنجیده می‌شود، تعیین نمایند. از طرفی بی‌توجهی به مشخصات کالبدی معابر (به‌ویژه عرض معبر) و عبور دادن خطوط اصلی حمل‌ونقل همگانی از معابری که فاقد مشــخصات کالبدی لازم هستند، تبعات اجتماعی و مشکلات اجرایی فراوانی به دنبال داشــته آن‌چنان‌که ممکن اســت اصل موضوع توسعه سیستم های حمل‌ونقل همگانی در نواحی مرکزی شــهر را با چالش مواجه سازد. درنتیجه این تحقیق مشــخص گردید تحقق تعریض‌های طرح تفصیلی در معابر بافت مرکزی شهر مشهد می‌تواند بر طراحی مسیر خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی تأثیر گذارد و شــاخص دسترســی به این خطوط را به‌طور معناداری افزایش دهد. در پایان پیشــنهاد می‌شــود در مطالعات آتی، موضوع تعریض معابر مرکز شــهر از منظر اقتصادی (برآورد منافع و هزینه‌های تعریض معابر) موردسنجش قرار گیرد. ازآنجاکه علت اصلی حذف تعریض‌های طرح تفصیلی در نواحی مرکزی شهر مشهد که بخش مهمی از آن باگذشت بیش از ۴۰ سال هنوز محقق نشــده است، مشکلات مالی (عدم توانایی شهرداری در تحصیل حریم املاک مجاور) بوده اســت، آنالیز اقتصادی نشان خواهد داد که اجرای چنین پروژه‌هایی از منظر اقتصادی چه منافع عمومی به دنبال داشــته و این منافع به چه میزان هزینه‌های پروژه را جبران می‌نماید.

پی‌نوشت‌ها

1. Bus Rapid Transit
2. Light Rail Transit
۳. طرح تفصیلی مشاور خازنی در سال ۱۳۴۷ تهیه‌شده و در حال حاضر در بسیاری از نواحی شهر مشهد ملاک عمل است.
۴. خطوط LRT و BRT
5. Dorsey, Bryan(2005)
6. Unlimited Access
7. Transportation Demand Management
8. Equilibre Multimodal, Multimodal Equilibrium
9. Environmental Zones
10. Colin Buchanan
11. Principles of Intelligent Urbanism (PIU)
۱۲. حوزه نفوذ هر گره، محدوده اطراف آن تا شعاع ۴۰۰ متر در نظر گرفته‌شده است و مقادیر متغیرهای تحقیق (نظیر جمعیت و سطح کاربری‌های جاذب سفر) با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار GIS محاسبه‌شده است.
۱۳. نقشه‌ها، خروجی نرم‌افزار GIS می‌باشند.
14. Statistical Package for the Social Sciences
15. Independent Samples T Test
16.Road diet

فهرست مراجع

۱. احمدی ترشیزی، میترا. (۱۳۸۷). *پایداری شهری، مدیریت شهری و روستایی.* (چاپ اول). تهران: سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

۲. اسماعیلی، حبیب اله؛ و خیری، سلیمان. (۱۳۸۵). *کارگاه مقدماتی آموزش نرم‌افزار SPSS11.5.* مشهد: دانشگاه علوم پزشکی مشهد.

۳. اصغری جعفرآبادی، محمد؛ و محمدی، سیده‌مؤمنه. (۱۳۹۳). *سری آماری: روش‌های متداول ناپارامتری، دیابت و متابولیسم ایران*، ۱۴ (۳)، ۱۶۲-۱۴۵.

۴. بانشی، محمدرضا؛ ذوالعلی، فرزانه؛ و محبی، الهام. (۱۳۹۳). *راهنمای انتخاب آزمون‌های آماری صحیح در پروپوزال‌ها و مقالات علوم پزشکی.* گام های توسعه در آموزش پزشکی، ۱۱ (۳)، ۳۲۹-۳۲۱.

۵. پرهیزکار، اکبر؛ و فیروزبخت، علی. (۱۳۹۰). چشم انداز مدیریت شهری در ایران با تأکید بر توسعه پایدار شهری. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، ۸ (۳۲)، ۶۶-۴۳.

۶. رهنما، محمدرحیم؛ و لیس، آنا. (۱۳۸۵). *اندازه‌گیری تغییرات دسترسی درمنطقه مادرشهر سیدنی. جغرافیا و توسعه*، ۴ (۷)، ۱۵۵-۱۳۷ .

۷. رهنما، محمدرحیم؛ و فرقانی، حجت. (۱۳۸۷). *برنامه‌ریزی دسترسی به اتوبوس در ایران: شهر مشهد*، مدرس علوم انسانی، ۱۲ (۲)، ۹۶-۷۳ .

۸. زریونی، محمد رضا. (۱۳۵۶). *برنامه ریزی حمل‌ونقل شهری.* تهران: انتشارات دهخدا.

۹. سیدحسینی، سیدمحمد و موسوی‌زاده، سیاوش. (۱۳۹۱). طراحی شاخص‌های حمل‌ونقل پایدار در شهرهای صنعتی. *مجموعه مقالات دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک*. اسفند ۱-۲، (ص۲۱۷-۲۲۸). تهران: سازمان حمل‌ونقل و ترافیک.

۱۰. شکوری اصل، شیده ؛ و رفیعیان، مجتبی. (۱۳۹۴). کاربرد سیستم های پشتیبان تصمیم گیری فضایی در برنامه ریزی شهری. *هویت شهر*، ۹ (۲۴)، ۴۲-۳۵ .

۱۱. عباس زادگان، مصطفی؛ بیدرام، رسول؛ و مختارزاده، صفورا. (۱۳۹۱). *نگاهی ساختاری به اصلاح شبکه معابر در بافت های فرسوده جهت حل مشکل نفوذپذیری و انزوای فضایی این محلات؛ نمونه موردی: بافت های فرسوده مشهد. مدیریت شهری*، (۳۰)، ۱۷۸-۱۶۳.

۱۲. کاشانی‌جو، خشایار و مفیدی شمیرانی، سید مجید. (۱۳۸۸). سیر تحول نظریه‌های مرتبط با حمل‌ونقل درون شهری. *هویت شهر*، ۳ (۴)، ۱۴-۳.

۱۳. لرکی، حسین؛ ملک‌زاده گورادل، نسرین؛ نخعی، فردیس و یوسفی خوشبخت، مجید. (۱۳۹۲). یک روش ترکیبی اصلاحی فرا ابتکاری برای حل مسأله مسیریابی وسیله نقلیه ظرفیت‌دار. *پژوهشنامه حمل‌ونقل*، ۱۰ (۱)، ۸۸-۷۳ .

14. Bongardt, D., Schmid, D., Huizenga, C., & Litman, T. (2011). *Sustainable transport evaluation: Developing practical tools for evaluation in the context of the CSD process.* Partnership on Sustainable Low Carbon Transport, Eschborn, Germany.

15. Chen, S., Claramunt, C., & Ray, C. (2014). Aspatio-temporal modelling approach for the study of the connectivity and accessibility of the Guangzhou metropolitan network. *Journal of Transport Geography*, 36, 12–23.

16. Daisa, M. J. (2004). *Traffic, Parking and Transit- Oriented Development, The New Transit Town; Best Practices in Transit-Oriented Development.* (Edited by Hank, D. & Gloria O.). 113-130, Washington, London: Island Press.

17. Davies, H. T. O., & Crombie, I. K. (2009). *What are confidence intervals and p-values?*. London: Hayward Medical Communications.

18. Dorsey, B. (2005). Mass transit trends and the role of unlimited access in transportation demand management. *Journal of transport geography*, 13 (3), 235–246.

19. Ghoseiri, K., & Morshedsolouk, F. (2006). ACS-TS: Train Scheduling Using Ant Colony System. *Journal of Applied Mathematics and Descision Science*, ID 95060, 1-28.

20. Hansen, W. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25 (1), 73-76.

21. Karou, S., & Hull, A. (2014). Accessibility modelling: predicting the impact of planned transport infrastructure on accessibility patterns in Edinburgh, UK. *Journal of Transport Geography*, 35, 1–11.

22. Shahravan, A., Ghassemi, A.R. & Baneshi, M.R. (2013). Statistics for Dental Researcher, Part 2: Descriptive Statistics, *Journal of Oral Health and Oral Epidemiology*, 1 (2),53-59.

23. Stead, D., & Marshall, S. (2001). The relationships between urban form and travel patterns. *An international review and evaluation.* 1 (2), 113 – 141.

24. Xiaosu, M., & Hong, K. L. (2013). On Joint Railway and Housing Development Strategy, *Social and Behavioral Sciences*, 80, 7–24.

ISNN:17359562

The Role of Road Widenings in Designing of Mass Public Transportation Systems in Mashhad

Houman Shadabmehr*, Ph.D., Geography and Urban Planning, Ferdowsi University of Mashhad, International Campus.
Mohmad Rahim Rahnama, Ph.D., Professor of Geography and Urban Planning, Ferdowsi University of Mashhad**.**
Mohhamad Ajza Shokouhi, Ph.D., Associated Professor of Geography and Urban Planning, Ferdowsi University of Mashhad.
Ezatollah Mafi. Ph.D., Associated Professor of Geography and Urban Planning, Ferdowsi University of Mashhad.

Abstract

Today, transport planning is one of the important aspects of urban planning. In this regard, enhancement of the public transport systems and guiding the urban travels towards these systems has found a crucial role in traffic improvement, preventing capital waste and reaching to the sustainable cities. In Mashhad, two systems, namely Light Rail Transit (LRT) and Bus Rapid Transit (BRT) are defined as the main public transport systems. This research has down with the aim of effect explain of city detailed design texture streets downtown road widening on the process of public transport route designing. It should be noted that the mean of widening is not the rampant road widening but it is just road widening according to approved urban detailed designs. Theoretical foundations of research is theory of urban sustainability. The research method is descriptive-analytic. Research data is obtained from data bank of Mashhad transportation comprehensive studies by documentary study. The most part of zoning in the city of Mashhad mean divided the city to 253 traffic zones has used in order to increase the accuracy of study. The routes of the main public transport lines have re-designed using ant colony algorithm. The algorithm objective function includes variables of population, employment and the surface of trip attractive land uses and the main limitation have been defined as width of streets in two case, present situation and widening streets. So, two reform options of mass public transport systems have been produced. Then, the access index has been measured based on Hansen relation in case of two mentioned alternatives. The research hypothesis testing showed that the access index in case of alternative which achieved road widening is significantly higher than the other alternative. The research results explain importance of city detailed design road widening in view point of improving main public transport routes and increase their efficiency. According to traffic problems of central business districts of mega cities and the consequences of this include air pollution and etc. it is necessary to adopt policies to deal with these problems. One of these policies is transferring trips from private cars to public transportation which requires efficient, reliable transportation. Based on previous studies, the most important performance indicator for public transportation systems is the level of access to such systems. Increasing the level of access to the main public transportation network which will be achieved in the event of implementation of the expected road widening in the city center's detailed plan can increase the use of public transport and consequently use less than personal vehicles. So, though, on the basics of planning sustainable cities, road widening is not a good way to overcome traffic problems but such modifications appear to be necessary in the minimum amount that would allow the design and implementation of a convenient and efficient public transport network. The result of this study proved the above hypothesis. This results reveal the importance of adherence to the results of urban detailed studies, including the development of urban road networks.

Keywords: public transport, route finding, access index, road widening, Mashhad city

* Corresponding Author: Email: Ho_sh852@stu-mail.um.ac.ir