

بررسی نقش تعریض معابر در طراحی سیستم‌های کلان حمل و نقل 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 حمل و نقل همگانی است. ابتدا مسیر خطوط اصلی حمل و نقل 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 شده است. سپس شاخص دسترسی بر پایه مدل هنسن به تفکیک دو حالت مذکور محاسبه شده است. آزمون فرض تحقیق نشان داد، شاخص دسترسی به خطوط اصلی حمل و نقل همگانی شهر در حالت گزینه‌ای که در شرایط تحقق تعریض‌های طرح تفصیلی تولید شده، به‌طور معناداری بیشتر از شرایط گزینه دیگر است. نتیجه به دست آمده نشان می‌دهد، تعریض معابر بافت مرکزی شهر بر مبنای طرح تفصیلی، نقش مؤثر و مهمی در بهبود مسیر خطوط اصلی حمل و نقل همگانی و افزایش کارایی آنها دارد.

واژه‌های کلیدی

حمل و نقل 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

Email: rahnama@um.ac.ir

Email: Shokouhim@um.ac.ir

Email: mafi@um.ac.i

** استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد.

*** دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد.

**** دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد.

لـ مقدمه

تعریض معابر، به خصوص در مراکز شهرهای بزرگ همواره به عنوان موضوعی چالش برانگیز مطرح بوده است. برخی از برنامه ریزان شهری تعریض معابر مرکز شهر را موجب حضور بیشتر خودروهای شخصی در مرکز شهر، آلودگی هوای بیشتر و در نتیجه مخالف اصول پایداری شهری می دانند. در مقابل اغلب کارشناسان حمل و نقل و ترافیک، تعریض معابر به صورت کنترل شده و محدود را موجب روانی جریان ترافیک و رفع گره های ترافیکی می دانند.

در ادبیات برنامه ریزی شهری، معمولاً تعریض معابر (به خصوص در بافت مرکزی شهرها) امری مذموم و برخلاف اصول پایدار شهری تلقی شده و به تفکرات قبل از دهه ۷۰ میلادی نسبت داده می شود. اکنون چطور می توان این تناقض را توجیه نمود؟ توضیح اینکه در دوران مدرنیسم و استیلای خودروهای شخصی بر ابعاد مختلف برنامه ریزی شهری، برنامه ریزی حمل و نقل و ترافیک به این مسئله خلاصه می شد که برنامه ریزان، حجم ترافیک آینده را پیش بینی نموده و امکانات مورد نیاز آن را تأمین نمایند. برنامه ریزان آن دوران سه فرض را قبول کرده بودند. اول اینکه کنترل حجم ترافیک از عهده برنامه ریزان خارج است. دوم اینکه می توان با هر حجم ترافیکی وسایل مورد نیاز آن را فراهم نمود و سوم اینکه فراهم کردن این امکانات هیچ گونه آثار مخربی بر محیط زیست ندارد. امروزه بیان می گردد که فرض دوم و سوم اشتباه است و برای مقابله با مشکلات ترافیکی شهرها باید فرض اول را از پیش رو برداشت (زرزیونی، ۱۳۵۶، ۱۲). به عبارت دیگر برنامه ریزی حمل و نقل صرفاً به پیش بینی حجم ترافیک آینده و فراهم سازی امکانات مورد نیاز آن محدود نمی شود بلکه امروزه یکی از مهم ترین ابعاد برنامه ریزی حمل و نقل شهری، بحث کنترل تقاضای سفر است. کنترل تقاضای سفر از ابعاد مختلفی قابل بررسی است و روش های مختلفی دارد. علاوه بر پیش بینی تمهیدات لازم برای حذف یا کاهش سفرهای غیر ضروری از طریق توسعه امکانات تردد امواج به جای 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 دستگاه هایی چون پیاده روی، دوچرخه سواری و حمل و نقل همگانی نیز موجب کاهش حجم ترافیک معابر بوده و در زمره سیاست های کاهش تقاضای سفر محسوب می شود.

آنچه در این تحقیق مورد بررسی قرار می گیرد پاسخ این سؤال است که تحقق تعریض های پیش بینی شده در طرح تفصیلی چه تأثیری می تواند بر طراحی استخوان بندی حمل و نقل همگانی، سطح دسترسی و کیفیت سرویس دهی آن داشته باشد. منظور از استخوان بندی حمل و نقل همگانی شهر مشهد ۴ خط اتوبوس سریع شهری موسوم به BRT^۱ و ۴ خط قطار سبک شهری موسوم به LRT^۲ است که مسیر آنها در مطالعات پیشین تعریف و مصوب گردیده است. با این وجود مسیرهای مذکور دارای برخی مشکلات اجرایی است که عمدتاً ناشی از کمبود عرض معابر مرکز شهر در وضع موجود است

به طوری که امکان عبور خطوط BRT را از برخی معابر مسیره های تعیین شده غیرممکن می سازد. به این علت، مطالعه ای باهدف امکان سنجی اصلاح مسیر خطوط استخوان بندی حمل و نقل 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 حمل و نقل، استحقاق عبور خطوط حمل و نقل همگانی را داشتند لکن به لحاظ مشخصات فیزیکی امکان عبور دادن خطوط حمل و نقل همگانی از آنها وجود نداشت. البته معابر مذکور، معابری بودند که در طرح تفصیلی خازنی^۳ (۱۳۴۷) دارای تعریض بودند ولی تا امروز این تعریض ها به طور کامل محقق نشده است. بنابراین در پروسه بازطراحی مسیر خطوط استخوان بندی حمل و نقل همگانی دو فرض مختلف در نظر گرفته شد. فرض اول این بود که تا زمان اجرای خطوط مذکور، تعریض های طرح تفصیلی محقق نمی شود که این فرض یک سناریوی بدبینانه لکن مطابق تجربیات گذشته را تعریف می کند. در این حالت، کمبود عرض معابر مرکز شهر به عنوان یک محدودیت در روش مسیریابی خطوط اعمال شده است. فرض دوم این بود که تا زمان اجرای خطوط استخوان بندی حمل و نقل همگانی، تعریض های معابر مرکز شهر بر اساس طرح تفصیلی انجام خواهد شد. این فرض مبین یک سناریو خوش بینانه است که بر اساس آن مسیرهای جدیدی برای استخوان بندی حمل و نقل همگانی شهر مشهد تعریف شده است.

هدف از تحقیق حاضر تبیین نقش عرض معابر در طراحی شبکه های حمل و نقل همگانی و مقایسه سطح دسترسی شهروندان به استخوان بندی حمل و نقل همگانی در هر یک از سناریوهای فوق الذکر که متأثر از عرض معابر مرکز شهر هستند، است. اهمیت تحقیق از منظر برنامه ریزی شهری مطرح می شود. بدیهی است با توجه به هزینه های سنگین تعریض معابر، در صورتی که ثابت شود چنین پروژه هایی امکانات مفیدی را برای سیستم حمل و نقل شهر ایجاد نمی کنند، حذف آن می تواند مورد توجه جدی قرار گیرد. نکته مهم این است که مجموع طول خطوط استخوان بندی حمل و نقل همگانی^۴ 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 سیستم های حمل و نقل همگانی تأثیر گذار است یا خیر؟ بر این اساس فرضیه تحقیق به صورت زیر تدوین شده است: «به نظر می رسد تعریض معابر مرکز شهر می تواند از طریق اصلاح مسیرهای خطوط استخوان بندی حمل و نقل همگانی باعث افزایش سطح دسترسی به آنها شود». البته منظور از تعریض، افزایش عرض بی حدمرز معابر نیست و صرفاً تعریض در حد تعریف شده در طرح های مصوب شهرسازی مدنظر است.

پیشینه پژوهش

موضوع بررسی معابر و تأثیر آنها بر جنبه‌های مختلف محیط شهری تاکنون در مطالعات مختلفی بررسی شده است. باین‌وجود تأثیر تعریض معابر در طراحی مسیر سیستم‌های اصلی حمل‌ونقل همگانی و سطح دسترسی به آنها برای اولین بار در این تحقیق مورد بررسی 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 از جمله معابر و سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی پرداخته می‌شود. برآیند دورسی^۵ (۲۰۰۵)، در مطالعه خود به مسئله تأثیر پارامتر دسترسی بر تقاضای استفاده از سیستم‌های 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 شده است. 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 شده است. برای این منظور از روش تحلیل فضایی شبکه بر پایه اندازه‌گیری دسترسی به کمک GIS استفاده شده است. مدل مذکور در ارزیابی بهبود میزان دسترسی به ۶ فعالیت مختلف در اثر اصلاح سیستم حمل‌ونقل همگانی ریلی شهر ادینبورگ مورد استفاده قرار گرفته است. سطح دسترسی در حالت ۴ سناریوی مختلف توسعه سیستم حمل‌ونقل همگانی شهر ادینبورگ محاسبه شده 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 بوده است. 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 مورد بررسی قرار گرفته است. 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).

در زمینه طراحی مسیر سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی در شهر مشهد نیز تاکنون دو مطالعه مهم انجام شده است. مرکز مطالعات حمل‌ونقل دانشگاه صنعتی شریف (ممتحن) در سال ۱۳۷۷ اولین مطالعه در زمینه 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 مورد بررسی 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 مورد بررسی قرار گرفت و کردیورهای با حجم بالای مسافر برای استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی با ظرفیت بالا شناسایی و معرفی شدند. در ادامه شاخص‌های عملکردی سیستم‌های همگانی ریلی بررسی شده است. در نهایت 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 مورد بازنگری اساسی قرار گرفت. بعد از آن مرکز مطالعات حمل‌ونقل دانشگاه شریف، مطالعات دیگری را با هدف 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 انجام شده 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. در نهایت 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 با هدف 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

همگانی نیز تمرکزی ویژه دارد (همان، ۷). امروزه بهبود عملکرد سیستم حمل و نقل همگانی به عنوان یک راهکار مهم در جذب سفرهای شهری به دستگاه‌های عمومی و کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی و در نتیجه بهبود محیط زیست شهری محسوب می‌شود. به طور کلی هر نوع راهکار توسعه شهری که آلودگی و کاربرد انرژی کمتر را فراهم سازد، نیاز به سفر به ویژه 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 سازد و در یک کلام هر آنچه موجب حفظ و ارتقاء کیفیت محیط زندگی حال و آینده گردد، در زمره شاخص‌ها، الزامات و عوامل ایجاد توسعه پایدار شهری به حساب می‌آید (پرهیزکار و فیروز بخت، ۱۳۹۰، ۶۰).

در حال حاضر توسعه مبتنی بر حمل و نقل به عنوان روشی در توسعه پایدار ابر شهرها شناخته شده است. تأمین امنیت و خدمات عبور و مرور مناسب علاوه بر اینکه باعث کاهش وابستگی به خودرو شخصی و گسترش بزرگراه‌ها می‌شود، باعث افزایش دسترسی کاربران به سیستم‌های اصلی حمل و نقل همگانی است (Xiaosu & Hong, 2013, 7). دسترسی پایدار شهری که موجب حفظ، افزایش و تقویت قابلیت‌های تحرک اجتماعی می‌شود یکی از ملزومات توسعه پایدار شهری است (احمدی ترشیزی، ۱۳۸۷، ۲۹۷). اولین و مهم‌ترین ویژگی در یک سیستم حمل و نقل پایدار این است که دسترسی مناسب و عادلانه‌ای را فراهم کرده تا مردم بتوانند به راحتی نیازهای جابجایی خود را با کمترین آثار سوء زیست محیطی برآورده نمایند (Bongardt et al., 2011, 3). حمل و نقل پایدار هنگامی که در معنایی وسیع‌تر در نظر گرفته شود، موقعیتی را توصیف می‌کند که الگوها و زیربنای حمل و نقل، دسترسی قابل اطمینان و عادلانه‌ای را برای حمل و نقل مردم و کالا با حداقل اثر بر روی محیط زیست، فراهم کند (سید حسینی و موسوی زاده، ۱۳۹۱، ۲). معابر شهر به عنوان زیرساخت مورد نیاز هرگونه تحرک و محل تردد دستگاه‌های مختلف حمل و نقل شهری از جمله حمل و نقل همگانی، نقش مهمی در اهداف توسعه پایدار شهری دارند. اهمیت معابر به عنوان یک فضای شهری به این دلایل است: ۱) طراحی شهری به عنوان هنر ارتباطات است؛ ۲) معبر به عنوان مهم‌ترین عنصر ارتباطی شهری محسوب می‌شود؛ ۳) معابر به عنوان مفصل بین فضاهای شهری ارتباط برقرار می‌سازد؛ و ۴) معابر سطح قابل ملاحظه‌ای از شهر را اشغال کرده‌اند و عنصر اصلی تشکیل دهنده شهر می‌باشند؛ ۵) معابر به عنوان نماد فرهنگی و محل تعاملات اجتماعی است (عباس زادگان و همکاران، ۱۳۹۱، ۱۶۵).

از اواخر قرن بیستم به این طرف، گرایش به رویکردهای اجتماعی در طراحی شهری به شکل توسعه بافت‌های پیرامون پایانه‌های حمل و نقلی و توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی به عنوان دیدگاهی بر طرفدار مطرح شده 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

سرنشین و همچنین آمارگیری‌های شمارش حجم و سرنشین در خطوط برش، اطلاعات تقاضای سفر نیز به هنگام شده‌اند. ابتدا گزینه‌های مختلف شبکه اتوبوسرانی ایجاد شده و برای ارزیابی آنها از روش ارزیابی چند هدفی استفاده شده است. برای هزینه‌سازی در سطح خطوط اتوبوس‌های تندرو، امکان‌پذیری عبور فیزیکی اتوبوس‌های این سامانه از شبکه خیابانی، خطوط تمایل حرکت تقاضای سفر با وسایل حمل و نقل همگانی، مسیرهای اتوبوسرانی گذشته و همچنین پیشنهادهای کارشناسان و دست‌اندرکاران بخش حمل و نقل در زمینه شبکه آینده مورد بررسی واقع شده‌اند. با استفاده از تحلیل همایی بر اساس شاخص‌های هزینه استفاده‌کننده از سیستم، هزینه گرداننده سیستم، هزینه مصرف منابع محدود، هزینه‌های محیط زیست و شاخص عدالت اجتماعی، گزینه‌ها مقایسه شده‌اند. پس از تعیین گزینه‌های برتر و رقیب، انتخاب گزینه نهایی بر اساس دو ضابطه کل هزینه‌های سیستم حمل و نقل و نسبت مسافر- کیلومتر اتوبوس تندرو بر کیلومتر طول شبکه اتوبوس تندرو انجام شده است. در نهایت گزینه نهایی پس از کنترل نتایج تخصیص ترافیک به شبکه به وسیله نرم‌افزار EMME/2^A (نرم‌افزار تخصیص ترافیک به شبکه) و ارزیابی شاخص‌های ترافیکی مشخص گردیده است.

مبانی نظری

حمل و نقل همواره یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر ساختار شهرها بوده است. اما به ویژه در یک سده اخیر با گسترش انواع وسایل نقلیه موتوری و تغییرات فزاینده جمعیتی به یکی از اصلی‌ترین مشکلات شهرنشینی بدل گردیده است. رویکردهای نظری به حمل و نقل درون شهری نیز طی دوره‌های زمانی مختلف از روندی متفاوت برخوردار بوده است (کاشانی جو و مفیدی شمیرانی، ۱۳۸۸، ۳). از اواخر دهه ۶۰ میلادی به ویژه با آشکار شدن مشکلات فراوان در شهرها ناشی از ازدحام بیش از اندازه خودروهای شخصی، حرکت‌هایی جدی جهت توجه به عابران پیاده و حفاظت آنها همچنین افزایش کیفیت و در نتیجه استفاده بیشتر از حمل و نقل همگانی به وجود آمد. ارائه نظریه پهنه‌های محیطی^۹ کالین بیوکنن^{۱۰} که البته دارای رویکردی ترافیکی بود از جمله مهم‌ترین مصادیق این موارد است. به طور کلی از ابتدای قرن بیستم تا پایان دهه ۶۰ رویکرد اصلی در شهرها حمل و نقل خودرو مدار بود. در این دوره حمل و نقل همگانی آن‌چنان مورد توجه نبود و سامانه‌های محدود موجود (اتوبوس‌ها) نیز تابع خودروها بودند. اما از اوایل دهه ۱۹۷۰ تغییر نگرشی اساسی بین صاحب‌نظران در رابطه با مسئله ترابری در شهرها به وجود آمد. چنانکه در روندی معکوس نسبت به گذشته، اولویت‌بخشی به حرکت خودروی شخصی به یک ضد ارزش بدل گردید و بر حمل و نقل همگانی و گونه‌های جابجایی غیر موتوری تأکید گردید. اصول شهرسازی هوشمند^{۱۱} از جمله اصلی‌ترین نظریه‌های مطرح شده در این زمان است که هم‌راستا با توجه به تحول در تمامی عرصه‌های مسائل شهری بر حمل و نقل

کرده و در نهایت محدودیت‌های تعریف‌شده را ارضاء نماید. انتخاب یک کمان توسط یک مورچه به مطلوبیت آن کمان و یا به عبارت دیگر به منفعت حاصل از انتخاب آن بستگی دارد. این منفعت شامل جمعیت و سطح کاربری‌های جاذب سفر در حوزه نفوذ^{۱۳} آن گره است (رابطه ۱):

$$U_{ij} = \tau_j + p_j + k_j \quad \text{رابطه ۱: تابع مطلوبیت}$$

که در آن:

U_{ij} = مطلوبیت مربوط به انتخاب گره j از گره انتخاب i (یا کمان (i,j)).
 τ_j = 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 گرفته شده و در الگوریتم حل مسئله پیش‌بینی شده‌اند 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 به صورت 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 تعریف شده (در نتیجه دو گزینه اصلاحی تولید شده 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

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 انجام شده است. جهت بازطراحی مسیر خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی از روش الگوریتم کلونی مورچگان استفاده شده است. این روش در زمره سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در حوزه مسیریابی است. سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری از جمله ابزارها و فنون پیشرفته‌ای هستند که به عنوان ابزاری کارآمد جهت تسهیل و هدایت فرایند اتخاذ تصمیمات بهینه در خدمت برنامه ریزان و مدیران شهری قرار گرفته‌اند (شکوری اصل و رفیعیان، ۱۳۹۴، ۲۵).

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 این گونه 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 به وسیله یک دو شاخه با طول‌های متفاوت به لانه متصل شد، این شاخه‌ها به صورتی قرار داده شده بود که مورچه‌ها راهی از لانه به منبع غذایی و یا برعکس به‌جز این دو راه نداشته باشند و می‌بایست یکی از این دو شاخه 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 در حرکت از لانه به منبع غذا و بالعکس، در مسیرهای بهتر و نزدیک‌تر، به مرور 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 به گونه‌ای نوشته شده که مسیر هر خط را به صورت گره به گره با توجه به تابع مطلوبیت تعیین

محدوده و قلمرو پژوهش

محدوده جغرافیایی پژوهش شهر مشهد است. جهت ناحیه بندی محدوده مطالعه، نتایج مطالعات جامع حمل و نقل مشهد ملاک عمل قرار گرفته است. شکل ۱ محدوده تحقیق و ناحیه بندی آن به همراه مراکز یا گرانیگاه نواحی را نمایش می دهد.

نمونه محاسبه شاخص دسترسی

تاکنون روش های مختلفی برای تعریف و اندازه گیری متغیر دسترسی ارائه شده است. از مطالعه این روش ها می توان نتیجه گرفت، عامل فاصله (اعم از فاصله فیزیکی، فاصله طبقاتی، فاصله هزینه ای، 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 شاخص دسترسی به شرح فرمول زیر است (رهنما و فرقانی، ۱۳۸۷: ۷۸):

رابطه ۲: شاخص دسترسی

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

بوده است. بر این اساس ابتدا فهرستی از متغیرهای مؤثر در طراحی مسیر سیستم های حمل و نقل همگانی تهیه شد. سپس با به کارگیری روش دلفی و استفاده از پرسش نامه و کسب نظرات کارشناسان با جامعه آماری تعداد ۳۸ نفر از اعضاء گروه ترافیک سازمان نظام مهندسی خراسان رضوی، متغیرهای تحقیق تدقیق و نهایی شده است. بر اساس توضیحات فوق، متغیرهای تحقیق به عبارت اند 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 نزدیک ترین خط استخوان بندی حمل و نقل همگانی
مقادیر متغیرهای P_i ، W_j ، VK_j و K_j از بانک اطلاعات مطالعات جامع حمل و نقل مشهد در افق زمانی ۱۴۱۰ استخراج گردیده است. همچنین متغیر d_i به کمک امکانات نرم افزار GIS در حالت گزینه های ۱ و ۲ استخوان بندی حمل و نقل همگانی به طور جداگانه محاسبه شده است. با توجه به اینکه متغیرهای فوق الذکر به تفکیک ۲۵۳ ناحیه استخراج شده اند، ارائه مقادیر آنها به دلیل محدودیت حجم مقاله امکان پذیر نمی باشد.



شکل ۱. نقشه نواحی ترافیکی شهر مشهد

که در آن:

V_j : شاخص جاذبه مقصد j

S_{ij} : معیار جداکننده فضایی، به عنوان 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)، به صورت مجموع سه شاخص جزئی زیر تعریف شده است.

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

$$A_i = \sum_{j=1}^n P_j \cdot d_i^{-2}$$

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

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

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

$$A_{ej} = \sum_{j=1}^n W_j \cdot d_i^{-2}$$

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

رابطه ۶: شاخص کلی دسترسی

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

شایان ذکر است چون در تحقیق حاضر بحث مقایسه دو گزینه مطرح است، لذا نتایج به دست آمده از فرمول هنسن (علی‌رغم قدیمی بودن مدل) کارایی لازم را داشته و لذا به دلیل سادگی مدل مذکور، از آن استفاده شده است.

یافته‌های پژوهش

معرفی مسیرهای اصلاح شده استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی
نقشه ارائه شده در شکل ۲، مسیر خطوط BRT و LRT را که در حالت عدم تحقق تعریض‌های مصوب بافت مرکزی شهر تولید شده است (گزینه ۱)، نمایش می‌دهد. شکل ۳ نیز مسیر خطوط BRT و LRT که با فرض تحقق تعریض معابر مرکز شهر طراحی شده (گزینه ۲) را ارائه می‌نماید.

آزمون فرضیه

در این تحقیق جهت تجزیه و تحلیل‌های آماری و آزمون فرضیات تحقیق از نرم‌افزار SPSS^{۱۴} استفاده شده است. نرم‌افزار SPSS برای تجزیه و تحلیل 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 مورد استفاده قرار می‌گیرد (اسماعیلی و خیری، ۱۳۸۵، ۲). برای مقایسه شاخص دسترسی در حالت گزینه‌های ۱ و ۲ استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی از آزمون میانگین استفاده شده 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 وقتی که واژه «نتیجه معنادار» استفاده می‌شود منظور رد فرضیه صفر در سطح خطای



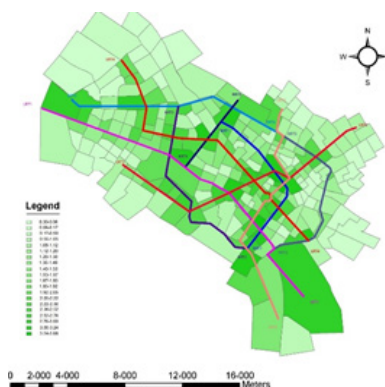
شکل ۳. نمایش مسیر خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی در حالت گزینه ۲ (عدم تحقق تعریض‌ها)



شکل ۲. نمایش مسیر خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی در حالت گزینه ۱ (عدم تحقق تعریض‌ها)^{۱۳}



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



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

گزینه دوم ۳/۱۹۹۶ است. نتیجه به دست آمده در جدول ۲ ($\text{Sig.} < 0.05$) نیز به معنای تأیید فرض تحقیق است بدین معنا که شاخص دسترسی نواحی شهر به استخوان بندی حمل و نقل همگانی در حالت تحقق تعریض های طرح تفصیلی به طور معناداری بیشتر از حالت عدم تحقق تعریض های مذکور است.

بمط

با توجه به مشکلات ترافیکی نواحی مرکزی شهرهای بزرگ و تبعات آن از جمله آلودگی هوا و موارد دیگر، اتخاذ سیاست هایی جهت مقابله با این مشکلات ضروری است. یکی از این سیاست ها، انتقال سفرها از خودروهای شخصی به حمل و نقل همگانی است که مستلزم داشتن حمل و نقل همگانی کارا و قابل اتکا است. بر اساس مطالعات پیشین، مهم ترین شاخصه کارایی سیستم های حمل و نقل همگانی، سطح دسترسی به این گونه سیستم ها است. افزایش سطح دسترسی به استخوان بندی حمل و نقل همگانی که در صورت اجرایی شدن تعریض های پیش بینی شده در طرح تفصیلی مرکز شهر حاصل می شود می تواند افزایش میزان استفاده مردم از وسایل نقلیه همگانی و در نتیجه استفاده کمتر از وسایل نقلیه شخصی را به دنبال داشته باشد. این مسئله موجب کاهش مصرف منابع محدود انرژی و کاهش تولید آلاینده های زیست محیطی در شهر بوده و در راستای اهداف شهرهای پایدار تلقی می شود لذا از این منظر تعریض معابر قابل توجیه است. بدیهی است در اینجا منظور از

تعریف شده است. در عمل فرض بر این است که فرضیه صفر صحیح است، پس از آن میزان تطابق احتمالی نمونه به دست آمده با فرضیه صفر محاسبه شده است. این مقدار در نرم افزارهای آماری با عبارت P-Value یا Sig. مشخص می شود. آماره P-Value نشان می دهد که تفاوت مشاهده شده بین دو گروه تا چه اندازه ناشی از شانسی و تصادف بوده است (بانشی و همکاران، ۱۳۹۳، ۷). اگر مقدار P-Value کم باشد (معمولاً کمتر از ۰/۰۵) پذیرفته می شود که تفاوت مشاهده شده نمی تواند تصادفی باشد و این بدان معناست که دو گروه باهم اختلاف معناداری دارند (Davies & Crombie, 2009). استفاده از میانگین سبب سهولت استنتاج های ریاضی در روش های آماری و خواص بهینه در آنها نظیر افزایش حساسیت آزمون ها می گردد (اصغری جعفرآبادی و محمدی، ۱۳۹۳، ۱۴۶). آزمون میانگین انواع مختلفی دارد که حسب شرایط تحقیق، نوع آزمون مشخص می شود. در این مطالعه با توجه به نوع داده ها و ماهیت مستقل گزینه هایی که باهم مقایسه می شوند، از آزمون برابری میانگین دو گروه مستقل^{۱۵} استفاده شده است. آزمون t دو نمونه مستقل برای مقایسه میانگین متغیرهای کمی (عددی) در دو گروه مستقل استفاده می شود (Shahravan et al., 2013).

نتیجه آزمون فرضیه تحقیق در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. با توجه به اطلاعات ارائه شده، متوسط شاخص دسترسی نواحی ۲۵۳ گانه شهر به استخوان بندی حمل و نقل همگانی در حالت گزینه اول ۱/۴۴۷۸ و در حالت

جدول ۱. نتیجه آزمون فرضیه تحقیق (Group Statistics)

Groups	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
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

افزایش دهد. در پایان پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، موضوع تعریض معابر مرکز شهر از منظر اقتصادی (برآورد منافع و هزینه‌های تعریض معابر) موردسجش قرار گیرد. از آنجاکه علت اصلی حذف تعریض‌های طرح تفصیلی در نواحی مرکزی شهر مشهد که بخش مهمی از آن باگذشت بیش از ۴۰ سال هنوز محقق نشده است، مشکلات مالی (عدم توانایی شهرداری در تحصیل حریم املاک مجاور) بوده است، آنالیز اقتصادی نشان خواهد داد که اجرای چنین پروژه‌هایی از منظر اقتصادی چه منافع عمومی به دنبال داشته و این منافع به چه میزان هزینه‌های پروژه را جبران می‌نماید.

تعریض معابر، افزایش عرض سواره‌رو جهت عبور بیشتر وسایل نقلیه شخصی نیست بلکه منظور به‌کارگیری عرض اضافه‌تولید شده برای توسعه تسهیلات ویژه عبور دستگاه‌های 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، توجه به راهکارهای کاهش تقاضای سفر و نیز انتقال سفرها 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 ایده‌هایی نظیر رژیم معابر^{۱۶} اگرچه قابل بحث و بررسی است لکن در شرایط کشور 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 سایر تسهیلات حمل‌ونقل پاک نظیر خطوط ویژه دوچرخه‌سواری و یا پیاده‌روهای فراخ و جذاب) باشند و این حداقل عرض (در شرایط شهر مشهد) همان عرض‌های پیش‌بینی شده در طرح تفصیلی است. عدم تحقق تعریض‌های طرح تفصیلی در مسیریابی خطوط انبوه بر حمل‌ونقل همگانی تأثیرگذار بوده و این امکان را از طراحان سلب می‌کند که مسیر خطوط را متناسب با نیاز نواحی شهری که توسط متغیرهایی چون جمعیت، اشتغال و سطح 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 مشخصات کالبدی لازم هستند، تبعات اجتماعی و مشکلات اجرایی فراوانی به دنبال داشته آن‌چنان که ممکن است اصل موضوع توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی در نواحی مرکزی شهر را با چالش مواجه سازد. در نتیجه این تحقیق مشخص گردید تحقق تعریض‌های طرح تفصیلی در معابر بافت مرکزی شهر مشهد می‌تواند بر طراحی مسیر خطوط استخوان‌بندی حمل‌ونقل همگانی تأثیر گذارد و شاخص دسترسی به این خطوط را به‌طور معناداری

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

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 internauonal 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.

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 SPSS 11.5. 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. باننشی، محمدرضا؛ ذوالعلی، فرزانه؛ و محبی، الهام. (۱۳۹۳). راهنمای انتخاب آزمون‌های آماری صحیح در پروپوزال‌ها و مقالات علوم پزشکی. گام‌های توسعه در آموزش پزشکی، ۱۱ (۳)، ۳۲۹–۳۲۱.

۵. پرهیزکار، اکبر؛ و فیروزبخت، علی. (۱۳۹۰). چشم‌انداز مدیریت شهری در ایران با تأکید بر توسعه پایدار شهری. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۸ (۳)، ۶۶–۴۳.

۶. رهنما، محمدرحیم؛ و لیس، آنا. (۱۳۸۵). اندازه‌گیری تغییرات دسترسی در منطقه 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. زرینی، محمد رضا. (۱۳۵۶). برنامه‌ریزی 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، ص (۲۱۷–۲۲۸). تهران: سازمان حمل‌ونقل و ترافیک.

۱۰. شکوری اصل، شیده؛ و رفیعیان، مجتبی. (۱۳۹۴). کاربرد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی در برنامه‌ریزی شهری. هویت شهر، ۹ (۲۴)، ۴۲–۳۵.

۱۱. عباس زادگان، مصطفی؛ بیدرام، رسول؛ و مختارزاده، صفورا. (۱۳۹۱). نگاهی ساختاری به اصلاح شبکه معابر در بافت‌های فرسوده جهت حل مشکل نفوذپذیری و انزوای فضایی این محلات؛ نمونه موردی: بافت‌های 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 گورداد، 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*

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.

Mohamad Rahim Rahnama, Ph.D., Professor of Geography and Urban Planning, Ferdowsi University of Mashhad.

Mohammad 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