



اولویت‌بندی معیارهای امکان سنجی چندسطحی‌سازی معابر شهری بر اساس روش تحلیل عاملی

هومن آنوری* - کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره) قزوین، قزوین، ایران.

شیدا روشن‌خواه - کارشناسی مهندسی عمران دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره) قزوین، قزوین، ایران.

سعید شرافتی‌پور - دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی حمل و نقل دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

علیرضا ماهپور - دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی حمل و نقل دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

Criteria Prioritization for Feasibility Studies of Multilevel Urban Roads Construction by Factor Analysis

Abstract

It's not too hard to see how urbanization and boost of vehicle production have been increasing the tendency toward using private vehicles in decades. Consequently, demand rate have been increased and, now, traffic jam is an inseparable part of urban road networks. Therefore, beside demand management policies, expanding roads' capacity is also inevitable. Although road capacity could be easily increased by adding new lanes in past, various limitations make building multilevel roads more popular rather than constructing additional lanes in many metropolitans. In this paper, authors try to determine effective factors in urban multilevel road feasibility studies by studying other countries' experiences and designing a questionnaire based on collected data. Transportation and urban design experts are asked to fill the questionnaires and the factors are classified and prioritized by factor analysis. The results illustrate that "Road level of service in peak hours", "Historical places' preservation", "Noise pollution", "Capital cost", "protecting urban linear centers", "Number of bottlenecks", "safety considerations (number of accidents)", and "Link's daily volume" are the best 8 chosen factors for further studies. These factors could cover 30 proposed measures without wasting time and money.

Keywords: Capacity, Multilevel Roads, Questionnaire, Factor Analysis, Prioritization

چکیده

با گسترش شهرنشینی و افزایش تولید وسائل نقلیه، تمایل شهروندان به استفاده از خودروهای شخصی نیز افزایش یافته است. در نتیجه، همگام با پیاده‌سازی سیاست‌های مدیریت تقاضا، افزایش ظرفیت معابر شهری امری غیرقابل اجتناب خواهد بود. افزایش ظرفیت معابر در ابتدا با تکیه بر گسترش معابر از طریق افزودن خطوط اضافی به معابر انجام می‌گردد؛ اما با گذشت زمان و افزایش تقاضا، افزایش خطوط به علت معارضین ملکی امری غیرممکن می‌نماید. به منظور رفع محدودیت‌ها، اجرای معابر چندسطحی مورد توجه بسیاری از کلانشهرها واقع شده است. در این پژوهش، نویسنده‌گان سعی نموده‌اند تا با بررسی نمونه‌هایی از این معابر و شناسایی معیارهای موثر، اقدام به تهیه پرسشنامه کارشناسی نموده و با اخذ نظریات کارشناسان حوزه حمل و نقل و شهرسازی، عوامل موثر برای امکان سنجی این نوع معابر را براساس روش تحلیل عاملی اولویت‌بندی نمایند. بررسی نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد عواملی همانند سطح سرویس معبر در ساعت اوج، حفظ بافت بالرزش تاریخی، آلوگوگاه‌های صوتی، هزینه کلی اجرا، حفظ مراکز خطی- محله‌ای و شهری، تعداد گلوگاه‌های ترافیکی موجود در معبر، ملاحظات ایمنی و حجم روزانه شمارش شده در کمان به عنوان مهمترین عوامل موثر از بین ۳۰ معیار شناسایی شده است که با استفاده از این ۸ عامل می‌توان بدون انجام هزینه زیاد و صرف زمان طولانی، مطالعات امکان‌سنجی این نوع معابر را برای سایر شهرها به انجام رسانید.

واژگان کلیدی: ظرفیت، معابر چند سطحی، پرسشنامه، تحلیل عاملی، اولویت‌بندی

۱. مقدمه

در دنیای امروز با گسترش زندگی شهری و توسعه اقتصادی که در جوامع به وقوع پیوسته است، تمایل شهروندان به استفاده از وسایل نقلیه شخصی نیز فزونی یافته و در نتیجه این افزایش تمایل، نرخ تقاضا و تراکم ترافیک معابر شهری به صورت روزانه در حال افزایش است. تراکم ترافیک به عنوان یکی از معضلات امروزی کلانشهرها، را می‌توان نتیجه تقابل نابرابر عرضه و تقاضای شبکه معابر شهری دانست زیرا با وجود آن که فضای شهری، فضایی محدودی است، تقاضای تردد با وسایل نقلیه شخصی به صورت روزانه در حال رشد می‌باشد. برای رفع این مشکل علاوه بر روش‌های مدیریت تقاضا (مانند قیمت‌گذاری معابر، اعمال محدودیت براساس شماره پلاک و سیله‌نقلیه و تغییر ساعات کاری) می‌توان اقدام به افزایش ظرفیت معابر نیز نمود.

بررسی تجرب از استفاده از معابر چندسطحی (فروتراز یا فراتراز) در سایر کشورها نشان می‌دهد، احداث چنین معابری اغلب در کشور ایالات متحده آمریکا و کشورهای جنوب شرق آسیا رواج یافته است و گزینه‌های محدود اروپایی به صورت فروتراز بوده است. از این‌رو به صورت اجمالی تجرب از شهرهای سئول، توکیو، کوالالامپور، سانفرانسیکو و بوستون مرور گردیده و نتایج اجرای طرح، اثربنیجی گردیده است. بزرگراه طبقاتی چنونگیچون سئول که در ابتدا با هدف کاهش بار ترافیکی مناطق مرکزی شهر طراحی شده بود، با گذر زمان، خود موجب ایجاد گره ترافیکی در شهر گردید که شدت آلودگی صوتی و هوای آن، بیش از حد قابل قبول توسط شهروندان بود (چوی، ۲۰۰۶). از این‌رو، این بزرگراه با نظر موافق اکثریت شهروندان (۷۹/۱ درصد) در سال ۲۰۰۰، تخریب و بافت جدید شهری بر مبنای گسترش حمل و نقل عمومی بنا نهاده شد. این اقدام موجب گردید تا استفاده از وسایل نقلیه در این محدوده ۳۰ درصد کاهش یابد و در نتیجه، کاهش تعداد وسایل نقلیه موجب کاهش تولید ذرات معلق و دی‌اکسیدنیتروژن به میزان ۲۱ و ۱۸ درصد گردید. با تخریب این بزرگراه و بازسازی محدوده طرح، ارزش املاک مسکونی و تجاری مجاور طرح به ترتیب ۲۵٪ و ۳۰٪ افزایش یافت (کورو، ۲۰۰۶). شبکه بزرگراهی شهر توکیو (شوتو) نیز مشکل از ۲۴ بزرگراه به طولی در حدود ۳۲۲/۵ کیلومتر است که به علت طبیعت کوهستانی این شهر و کمبود زمین، اغلب به صورت بزرگراه‌های طبقاتی (فروتراز یا فراتراز) اجرا شده است (قارنماهی رسمی سفارت ژاپن). از جمله دیگر شهرهای آسیای جنوب شرقی که ساخته‌های در چندسطحی سازی دارد، می‌توان به کوالالامپور اشاره نمود که با احداث این نوع بزرگراه‌ها سعی در انتقال بخش اعظمی از ترافیک عبوری خود از یک سوی شهر به سوی دیگر داشته است. از جمله معابر چندسطحی این شهر می‌توان به بزرگراه فراتراز امپنگ و تونل دومنظوره اسمارت^۲ اشاره

۲. پیشینه اجرای معابر چندسطحی

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۳۷ زمستان
No.37 Winter 2015

■ ۸ ■

افزایش ظرفیت معابر شهری در فاز ابتدایی با تکیه بر گسترش معابر موجود و افزودن خطوط به این معابر انجام می‌گردد اما پس از گذر زمان و رشد تقاضا، افزایش خطوط جدید به علت مشکلاتی از جمله محدودیت هزینه و لزوم تملک املاک مجاور، امری غیرممکن می‌نماید. از این‌رو در بسیاری از کلانشهرها، توسعه حمل و نقل انسان‌دار و در برخی دیگر توسعه معابر در سطوح مختلف (به صورت فراتراز یا فروتراز) موربد بحث و بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش، نویسنده‌گان سعی نموده‌اند تا پس از مروری بر تجرب کشورهای دارای معابر چندسطحی در بخش دوم، معیارهای موثر در تصمیم‌گیری برای ساخت معابر چندسطحی را در بخش سوم شناسایی نموده و با اخذ نظرات کارشناسان مجرب حمل و نقل و شهرسازی در بخش چهارم با استفاده از روش تحلیل عاملی اقدام به اولویت‌بندی معیارها نمایند و عوامل موثر را شناسایی کنند. در بخش نهایی پژوهش نیز عوامل موثر در زمینه چندسطحی سازی معابر بیان گردیده و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۱. شوتو در زبان ژاپنی به معنای راه‌های سریع السیر کلانشهر است

2. Smart Tunnel

مسئولین شهری برآن شدند تا بجای بازسازی پل، اقدام به جایگزینی پل با مسیری همسطح نمایند. با تخریب این بزرگراه علاوه بر ایجاد تسهیلات شهری، نمای بصری شهر بهبود یافت و ارتباط شهر با ساحل برقار گردید. به موجب تغییرات رخداده، ارزش املاک مجاور بزرگراه نیز تا ۳۰۰ درصد افزایش یافت. (تارنمای اطلاع‌رسانی بزرگراه امبارکادرو) تونل شریانی مرکزی شهر بوسoton (حفر بزرگ^۱) به منظور رفع معضلات ترافیکی و به عنوان جایگزین بزرگراه فراتراز (I-۹۳) تعریف گردیده است. احداث این تونل علاوه بر بهبود جریان ترافیک، بهبود وضعیت حمل و نقل انسان محور، کاهش تراکم ترافیک، کاهش ۶۲ درصدی زمان سفر به فرودگاه و کاهش ۱۲ درصدی آلودگی هوا، موجب تامین مصالح احداث جهت چندین پروژه عمرانی و همچنین کاهش هزینه تردد وسائل نقلیه نیز گردید. البته لازم به ذکر است اجرای این طرح موجب افزایش تقاضا در مسیر و انتقال گرهای ترافیکی به مسیرهای منتهی به تونل نیز شده است (گزارش‌های اداره حمل و نقل فدرال).

۳. شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های چندسطحی سازی معاشر شهری
پس از مرور تجربیات سایر کشورها در احداث معاشر چندسطحی سعی گردیده است تا چالش‌ها و فرصت‌های ناشی از چندسطحی سازی معاشر شهری شناسایی شده و معیارهای موثر در زمینه انتخاب این نوع معاشر معرفی گردد.

۱-۳. چالش‌های ناشی از چندسطحی سازی معاشر شهری

استفاده از معاشر چندسطحی اگرچه در ظاهر موجب افزایش ظرفیت معاشر شهری خواهد گردید، اما چالش‌هایی را نیز برای شهر به دنبال خواهد داشت که از جمله این چالش‌ها می‌توان به هزینه بالای ساخت، افزایش شدت آلینده‌های صوتی و بصری، محدودیت‌های ارتفاعی تردد و جداسازی محیط شهری اشاره نمود.

معابر چندسطحی به دلیل نیاز به احداث سازه‌های عظیم، هزینه بیشتری نسبت به معاشر همسطح در برخواهد

داشت به نحوی که برآوردهای انجام شده از پروژه‌های نمود (تارنمای رسمی تونل اسمرات). برخلاف نمونه‌های ارائه شده در کشورهای جنوب شرق آسیا که اغلب از بزرگراه‌های طبقاتی به عنوان نماد مدرنیته و یا راهکاری جهت رفع معضل کمبود زمین برای احداث و توسعه بزرگراه‌ها (مدیریت عرضه) بهره می‌برند، در کشور ایالات متحده استفاده از این نوع بزرگراه‌ها اکثرًا به منظور مدیریت وسائل نقلیه متعدد موجود است. تمایل به استفاده از وسائل نقلیه شخصی در این کشور به میزانی است که ۸۷ درصد سفرهای روزانه شهر وندان و ۸۸ درصد سفرهای کاری در این کشور با وسائل نقلیه شخصی صورت می‌پذیرد و سالیانه، هزینه‌ای معادل با ۶۳ میلیارد دلار صرف مصرف سوخت و زمان تلف شده در ترافیک می‌گردد. (هئیت حمل و نقل ایالات متحده، ۲۰۰۲) در طی دهه‌های پیشین در ایالات متحده آمریکا به جای برنامه‌ریزی مدون برای رفع این معضل، تعریض معابر در پیش گرفته شده است به نحوی که در برخی ایالات این کشور بزرگراه‌های با خط و بیشتر مشاهده می‌گردد که حتی این نوع معابر نیز موجب نگردیده است تا مشکلات ترافیکی حل گردد و معضلات دیگری از جمله مشکلات اینمی، لزوم احداث شبیه‌اوه چندخطه در تقاطع آزادراه‌ها، نیاز به خطوط انتظار گردشی در تقاطع‌های شریانی و چرخه طولانی چراغ راهنمایی را در پی داشته است. به منظور رفع این معضلات و با توجه به شرایط محیطی موجود، استفاده از بزرگراه‌های چندسطحی در برخی ایالت‌ها رواج یافته است. در بین ایالت‌ها، بزرگراه طبقاتی امبارکادرو از تجارب شکست‌خورده این نوع معابر است، در حالی که تونل شریانی مرکزی تجربه‌ای موفق به شمار می‌رود.

بزرگراه طبقاتی امبارکادرو سانفرانسیسکو به عنوان نخستین بزرگراه دوطبقه این کشور بنا گردید. هدف از ساخت این نوع بزرگراه‌ها در ابتدا ایجاد کریدوری با سرعت عملکردی بالا در شرایط بحران بود. احداث این بزرگراه، علیرغم مخالفت‌های مردمی شروع گردید ولی بعلت اعتراض‌های فعالان زیستمحیطی، احداث آن به صورت نیمه‌کاره رها گردید. براثر وقوع زلزله و تغییر مسیر اجباری بوقوع پیوسته براساس تخریب پل،

گردید تا با افزایش ظرفیت معبر، شرایط ترافیکی محدوده بهبود یافته، از زمان سفر کاسته شده و سطوح آلاینده‌ها، مصرف سوخت و هزینه استهلاک خودروها نیز کاهش یابد. مهمترین فرصت احداث معابر چندسطحی، بهبود شرایط ترافیکی معابر پرتردد و متراکم است که تاثیری مستقیم بر وضعیت ترافیک تمام محدوده شهری دارد. احداث این نوع معابر علاوه بر افزایش ظرفیت، موجب افزایش سرعت عملکردی وسایل نقلیه، کاهش تاخیر و کاهش طول صف در معابر پرترکم نیز خواهد گردید (ساموئل و همکاران، ۲۰۰۶؛ شفرد و همکاران، ۲۰۰۲). لازم به ذکر است برای دستیابی به بهبود شرایط ترافیکی تنها نباید نگاه خود را به معطوف به محدوده طرح نمود و باید تمامی نقاط پیرامونی را مدنظر قرار داد تا با احداث این معابر گلوبال ترافیکی جدیدی در معابر پیش روی ایجاد نگردد. بهبود شرایط ترافیکی در محدوده طرح موجب خواهد گردید تا مصرف سوخت روزانه تا چندین میلیون لیتر کاهش یابد و متعاقب آن، میزان آلاینده‌ها نیز کاهش یافته و شرایط زیست محیطی بهبود یابد. احداث این نوع معابر اگرچه نیازمند هزینه اجرایی افزونتری می‌باشد اما با توجه به مشکلات و هزینه‌های تملک معابر و املاک پیرامونی و یا قرارگیری طرح در بافت تاریخی شهر و لزوم حفظ یکپارچگی و هویت شهری در این مناطق، مزایای متعددی را برای شهر در برخواهد داشت. اجرای معابر چندسطحی علیرغم ایجاد آلودگی‌های بصری، با توجه به عدم دست‌خورده‌گی محدوده طرح و انتقال بار ترافیک به سطحی بالا یا زیر سطح زمین، بدون ایجاد مزاحمت برای سایر کاربری‌ها موجب ایجاد ظرفیتی جدید برای احداث مراکز شهری جدید خواهد گردید. به موجب احداث این نوع معابر و ایجاد مسیر دسترسی مستقیم بین مبادی و مقاصد سفر، خودروهای با سرعت تردد بالا به فضای غیرهمسطح انتقال یافته و در نتیجه فضای اختصاص یافته به عابرین پیاده افزایش یافته، سرعت تردد در معابر همسطح کاهش می‌یابد و در نتیجه اینمی و راحتی عابرین پیاده در مسیر همسطح ارتقا می‌یابد (بوفینگتون، ۱۹۹۷؛ گزارش بانک توسعه

مشابه نشان می‌دهد در شرایط عادی اگر هزینه ساخت معبر همسطح را واحد در نظر بگیریم، هزینه احداث مسیر فراتراز ۲ برابر و هزینه احداث معابر فروتراز ۴/۵ برابر این مقدار خواهد بود. (ریلی و پارکر، ۲۰۰۷) از دیگر سوی با توجه به آن که معابر فراتراز در سطح بالاتری نسبت به معابر همسطح واقع هستند، محدوده پوشش وسیع‌تری را دربرمی‌گیرد و در نتیجه سطح آلودگی صوتی در مناطق مجاور این نوع معابر بیش از معابر همسطح خواهد بود، البته سطح آلودگی صوتی در معابر فروتراز که به صورت تونل اجرا شده است، تا حد زیادی، کمتر از معابر همسطح می‌باشد (شفرد و همکاران، ۲۰۰۲؛ بوفینگتون و همکاران، ۱۹۹۷). لازم به ذکر است، بزرگراه‌های فراتراز به دلیل مسدود نمودن میدان دید، موجب ایجاد آلودگی‌های بصری در محیط‌های شهری نیز خواهد گردید که میزان این نوع آلودگی بسته به روش اجرای سازه و طراحی معماری سازه آن متغیر است (ساموئل و همکاران، ۲۰۰۶). احداث چنین معابری اگرچه فرصتی نو را برای تردد وسایل نقلیه به همراه می‌آورد اما موجب می‌گردد تا با توجه به معارضین تاسیساتی موجود در بالا و زیر زمین، یا به دلیل روش و دستگاه‌های حفاری به کار گرفته شده، ارتفاع سازه‌ها محدود شده و محدودیت‌هایی برای تردد وسایل نقلیه به وجود آورد (گزارش بانک توسعه آسیایی، ۲۰۱۲). احداث معابر چندسطحی بهویژه معابر فراتراز، با هر تراز ارتفاعی موجب تقسیم مناطق شهری به چند بخش و ایجاد اختلال در زندگی ساکنین پیرامونی طرح نیز خواهد گردید. احداث این نوع معابر اگرچه موجب افزایش مقطعي ظرفیت معبر می‌گردد و شرایط ترافیکی محدوده را بهبود خواهد بخشید اما با ارائه خدمات بهتر به رانندگان، آنکه را ترغیب به استفاده از وسیله‌های نقلیه شخصی نموده و در نتیجه موجب افزایش مجدد تقاضای ترافیک و ایجاد گره‌های ترافیکی جدید می‌گردد.

۲.۳. فرصت‌های ناشی از چندسطحی‌سازی معابر شهری

احداث معابر چندسطحی علیرغم تمامی چالش‌هایی که در بخش پیشین بدان‌ها اشاره شد، موجب خواهد

۱. نسبت هزینه‌های ارائه شده مربوط به احداث سازه اضافی می‌باشد و هزینه تملک را در برنمی‌گیرد.

و زیستمحیطی، معیارهای اجرایی و اقتصادی و معیارهای شهرسازی و معماری می‌باشد که در جدول ۱ بدان اشاره شده است (پژوهشگاه حمل و نقل طراحان پارسه، ۱۳۹۱).

۴. اولویت‌بندی عوامل موثر در چندسطحی‌سازی معاشر شهری

پس از شناسایی ۳۰ معیار موثر در این زمینه و تقسیم معیارها به چهار دسته کلی در این بخش سعی گردیده است تا با توجه به تعدد معیارها و همچنین روند وقت‌گیر و پرهزینه جمع‌آوری تمامی معیارها و دشواری تحلیل

آسیایی، ۲۰۱۲). در نهایت نیز می‌توان چنین گفت که با کاهش تعداد رویکردهای تداخلی و سایل‌نقلیه میزان تصادفات کاهش یافته و وضعیت اینمی معتبر بهبود می‌یابد، این در حالی است که در صورت تعریض معاشر شهری، برخوردهای ترافیکی افزایش یافته و در نتیجه از اینمی معاشر کاسته می‌شود.

پس از بررسی چالش‌ها و فرصت‌های احداث معاشر چندسطحی، معیارهای متعددی (۳۰ معیار) در این زمینه شناسایی شده است که قابل تقسیم به چهار گروه معیارهای ترافیکی و حمل و نقلی، معیارهای اجتماعی

جدول ۱. طبقه‌بندی معیارهای موثر در چندسطحی‌سازی معاشر شهری

معیارهای ترافیکی و حمل و نقلی				میانگین سرعت در شبکه
متosط زمان سفر در شبکه	سطح سرویس (ساعت اوج)	مسافت پیموده شده در شبکه		
حجم روزانه عبوری از معب	متosط تاخیر در شبکه	گلوبالهای ترافیکی موجود		متosط زمان سفر(ساعت اوج)
میانگین سرعت خودروها در معب				همانگی با مطالعات فرادست
معیارهای اجتماعی و زیستمحیطی				
کاهش آلودگی هوا	آلدگی صوتی	افزایش پتانسیل تهکاری‌های اجتماعی	راحتی و آسایش مردم	در قالب زمان سفر
معیارهای اجرایی و اقتصادی				
عارض با تاسیسات شهری (خطوط آب، برق، گاز)	هزینه بالای تملک اراضی، قطعات اطراف محور و حریم راه جهت گسترش معاشر موجود		هزینه کلی اجرایی طرح	
معیارهای شهرسازی و معماري				
ملاحظات زیبایی شناختی و منظرآرایی	افزایش دید به بافت مسکونی اطراف محور	حفظ بافت با ارزش تاریخی	حفظ ساختمان‌های دارای ارزش بصری- هویتی	
ایجاد ممانعت دید سازه‌های دارای چشم انداز خاص	حفظ بافت سنتی و جلوگیری از گسستگی و شکست بافت معماري سنتی محلات شهری			نمای بصری
حفظ کاربری‌های خدماتی در کنار معابر فعالیتی	جداسازی نقش عبوری از نقش اجتماعی محور برای دسترسی آسان ساکنین به مراکز خرید			حفظ مراکز خطی- محله‌ای و شهری

برای بررسی اعتمادپذیری عامل‌ها نیز از ضریب آلفای کرونباخ استفاده می‌شود که نشان‌دهنده همبستگی درونی بین متغیرهای اولیه است. مقادیر قابل قبول برای این ضریب بیش از 0.45 است. مقادیر بین 0.50 و 0.60 مقبولیت مشروط دارند، مقادیر بین بازه 0.60 تا 0.70 قابل قبول، 0.70 تا 0.80 خوب و بزرگتر از 0.80 بسیار خوب ارزیابی می‌شود. در این پژوهش مقدار آلفای کرونباخ برابر 0.912 بود. به دست آمده است که در محدوده بسیار خوب قرار می‌گیرد. این موضوع نشان‌دهنده اعتمادپذیری کافی عامل‌های استخراج شده است (عبدی و ولیامز، ۲۰۱۰).

در این پژوهش از بین روش‌های گوناگونی که برای تحلیل عاملی استفاده می‌گردد سعی شده است تا از روش تحلیل مولفه‌های اصلی استفاده شود. در این روش، همبستگی از طریق ماتریس M که با نام ماتریس همبستگی خوانده می‌شود، ارزیابی می‌گردد. این ماتریس با استفاده از متغیرهای تبدیل‌بافته تشکیل می‌شود و مقادیر ویژه (λ_i) و بردار ویژه (e_i) آن براساس رابطه (۳) محاسبه می‌گردد.

رابطه (۳)

$$M \cdot e_i = \lambda_i \cdot I \cdot e_i$$

که در آن:

I: درجه ماتریس، در صورتی که تعداد متغیرهای اولیه برابر n باشد، درجه ماتریس برابر n خواهد بود.

در نهایت مقدار واریانس توضیح داده شده توسط عامل اصلی ۱ با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌گردد.

رابطه (۴)

$$\text{Var}(e^i X) = \lambda_i$$

۲.۴. اولویت‌بندی و گروه‌بندی معیارهای حاصل از پرسشنامه‌ها

به منظور انجام تحلیل عاملی، پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌های تکمیل شده کارشناسان، داده‌های موجود وارد نرمافزار SPSS گردیده و از این نرمافزار برای تحلیل اطلاعات استفاده می‌شود. در نتیجه تحلیل

و منظور نمودن آن‌ها، در راستای اولویت‌بندی معیارها و شناسایی عوامل پراهمیت گام برداشته شود. از این‌رو پرسشنامه کارشناسی تهیه شده و در اختیار ۶۷ نفر از کارشناسان و مسئولین حوزه حمل و نقل و شهرسازی قرار گرفته است. در این پرسشنامه از تمامی کارشناسان خواسته شده است تا به هریک از متغیرهای موثر امتیازاتی از میان ۰ تا ۱۰۰ اختصاص دهند که هرچه میزان این امتیازات برای متغیری بیشتر باشد بدین معنا خواهد بود که اهمیت متغیر موردبحث در این زمینه بیشتر از سایر متغیرهای با امتیازات کمتر است.

۱.۴. روش تحقیق

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، جهت رتبه‌بندی معیارهای مذکور و تعیین الیت هریک از این معیارها از روش تحلیل عاملی استفاده می‌گردد که روشی چندمتغیره است که در آن بحث متغیرهای مستقل و وابسته مطرح نبوده و جزء روش‌های هموابسته به شمار می‌رود یعنی کلیه متغیرها در آن نسبت به هم وابسته هستند. در این روش همواره سعی می‌گردد تا بدانیم که آیا می‌توان تعداد زیادی از متغیرها را به مجموعه کوچکتری از متغیرها تقسیل داد به نحوی که کمترین میزان ریزش اطلاعاتی را شاهد باشیم؛ در واقع می‌توان چنین گفت که از این تکنیک برای خلاصه‌نمودن داده‌ها استفاده می‌گردد (زارع چاهوکی، ۱۳۸۹). برای استفاده از این روش تحلیلی، ابتدا باید کیفیت نمونه‌ها با استفاده از تعیین مقدار شاخص KMO در آزمون بارتلت با استفاده از رابطه (۱) بررسی شود. در این پژوهش میزان شاخص KMO برای ۳۰ معیار مورد مطالعه، برابر با 0.737 است که بیانگر برآورده شدن حداقل کفايت لازم برای انجام این نوع تحلیل در زمینه چندسطحی‌سازی معابر شهری می‌باشد (بیمونت، ۲۰۱۰).

رابطه (۱)

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^2}, i \neq j$$

که در آن:

r_{ij} : ضرایب همبستگی ساده بین متغیرهای اولیه i و j ؛

a_{ij} : ضرایب همبستگی جزئی بین متغیرهای اولیه i و j ؛

پیروی می‌کند و این موضوع خود نمایانگر اعتبار کافی داده‌های جمع‌آوری شده و روش بکاررفته است. لازم به ذکر است عامل‌های استخراج شده مجموعاً ۷۵/۳ درصد کل متغیرها را توضیح می‌دهد که درصد قابل قبولی برای پوشش ۳۰ معیار اولیه به شمار می‌رود.

عاملی انجام‌شده توسط این نرم‌افزار بر روی متغیرهای پرسشنامه، این متغیرها به هشت گروه تقسیم شدند. گروه‌های بدست‌آمده و امتیازات عاملی مربوط به آنها در جدول ۲ نمایش داده شده است. بررسی این جدول نشان می‌دهد دسته‌بندی متغیرها از منطق قابل قبولی

جدول ۲. دسته‌بندی شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل عاملی

عامل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
سطح سرویس معتبر در ساعت اوج								
متوسط زمان سفر در معتبر در ساعت اوج								
متوسط زمان سفر در شبکه								
میانگین سرعت در شبکه								
راحتی و آسایش مردم (زمان سفر جابجایی های بزرگ درون شهری)								
میانگین سرعت خودروها در معتبر								
متوسط تاخیر در شبکه								
حفظ بافت با ارزش تاریخی								
حفظ ساختمان‌های زیبا و دارای ارزش‌های بصری و هویتی								
حفظ بافت سنتی و چلوری از گستینگی و شکست بافت معماری سنتی محلات شهری								
ملاحظات زیبایی شناختی و منظرآرایی								
نمای بصری								
ایجاد ممانعت دید برای سازه‌های با ارزش و دارای چشم انداز خاص								
پتانسیل ایجاد فضایی نامن (بزرگترین اجتماعی)								
آلودگی صوتی								
مدیریت بحران (استفاده از تسهیلات طبقانی در موقع اضطرار و بحران)								
ملاحظات کاربری زمین								
آلودگی هوا								
هزینه بالای تملک اراضی، قطعات اطراف محور و حریم راه چهت گسترش معابر موجود								
تعارض با تاسیسات شهری								
هزینه کلی اجرا (Capital Cost)								
افزایش دید به بافت مسکونی اطراف محور (با توجه به موقعیت محور)								
حفظ مراکز خطی - محله‌ای و شهری								
حفظ کاربری‌های خدماتی در کار معابر فعالیتی								
جداسازی نقش عموری از نقش اجتماعی محور برای دسترسی آسان ساکنین به مراکز خرید								
تعداد گلوبه‌های ترافیکی موجود در معبر								
مسافت پیموده شده در شبکه								
ملاحظات ایمنی (تعداد تصادفات)								
هماهنگی و همواری با برنامه‌های بلند مدت حمل و نقلی								
حجم روزانه شمارش شده در کمان								

در پژوهش شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۳۷ زمستان
No.37 Winter 2015

۱۳

و در واقع، نشان دهنده توانایی عامل‌های استخراج شده در تبیین واریانس متغیرهای اولیه است. این مقدار نباید کمتر از $5/0$ باشد یعنی عامل‌های استخراج شده باید حداقل قابلیت پوشش 50 درصد واریانس متغیر مربوطه را داشته باشد که در این پژوهش تمامی مقادیر جدول بالاتر از $5/0$ می‌باشد. ستون آخر این جدول نیز نشان دهنده سهم واریانس توضیح داده شده توسط هر عامل است. همانطور که پیش از این ذکر شده، هشت عامل استخراجی قادرند مجموعاً بیش از 75% داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به متغیرهای اولیه را توضیح دهنند. در این ستون می‌توان نقش کلی هر عامل را به صورت جداگانه در توضیح متغیرهای اولیه مشاهده نمود. برای مثال، عامل استخراجی نخست، بیش از 11% اطلاعات مربوط به متغیرهای اولیه را توضیح می‌دهد. بدین ترتیب، با 8 عامل استخراجی می‌توان تا 75% واریانس 30 متغیر اولیه را پوشش داد و در تصمیمات بعدی مورد استفاده قرار داد. در ادامه سعی گردیده است تا با توجه به امتیاز عاملی بدست آمده، عامل منتخب هر گروه انتخاب گردیده و چرایی انتخاب این گزینه شرح داده شود. در مورد عامل اول (سطح سرویس معبر در ساعت‌ها) و چرایی انتخاب این گزینه می‌توان دریافت که سطح سرویس معبر به تنها یکی می‌تواند بیانگر تمامی متغیرهای واقع در این گروه باشد به نحوی که متغیر سطح سرویس با زمان سفر، زمان تاخیر، سرعت و راحتی و آسایش کاربران اثرات متقابل دارند و کاهش یا افزایش زمان سفر، تاخیر، سرعت و راحتی وابسته به تغییرات سطح سرویس می‌باشد. پیرامون عامل دوم (حفظ بافت با ارزش تاریخی) نیز می‌توان دریافت با توجه به اهمیت بالای حفظ بافت تاریخی و جلوگیری از تخریب آن در نتیجه اجرای پروژه‌های شهری، مدنظر قرار دادن این متغیر در تصمیم‌گیری حول ساخت معابر چندسطحی نیز حائز اهمیت بالایی است. همچنین محاسبه این متغیر با توجه به قدمت و ارزش بافت تاریخی بسیار دقیق‌تر از محاسبه متغیرهای دیگری همچون آلودگی بصری است. برای مثال می‌توان شاخصی با توجه به میزان قدمت بنای‌های تاریخی نیز

در جدول 1 ، میانگین و انحراف از معیار امتیازات اختصاص یافته از سوی کارشناسان و مسولین به هریک از متغیرها رأی شده است. با توجه به این جدول ملاحظه می‌گردد که معیارهایی مانند «راحتی» و «آسایش مردم (زمان سفر جابجایی های بزرگ درون شهری)»، «حفظ بافت با ارزش تاریخی» و «هماهنگی و همخوانی با برنامه‌های بلند مدت حمل و نقلی» که میانگین امتیازات اکتسابی آنها به ترتیب $85/45$ ، $83/47$ و $81/56$ درصد است، رتبه‌های اول تا سوم را به خود اختصاص داده‌اند. این موضوع بدین معناست که این سه متغیر از نظر کارشناسان و مسولین حمل و نقل و شهرسازی مهمترین معیارها در امکان‌سنجی چندسطحی‌سازی معابر هستند.

ستون امتیاز عاملی نیز نشان دهنده همبستگی هر متغیر با عاملی است که در آن قرار گرفته است و همچنین نشان دهنده توانایی هر متغیر در پذیرفتن نمایندگی هر عامل است. هر متغیر در عاملی قرار می‌گیرد که امتیاز عاملی بالاتر و معنی داری در آن داشته باشد. این مقدار باید حداقل برابر $35/0$ باشد. در این پژوهش امتیاز عاملی تمامی متغیرها بالاتر از این مقدار و معنادار است. در هر عامل، متغیری که امتیاز عاملی بیشتری داشته باشد، نماینده بهتری برای آن دسته از متغیرهای است. اگرچه در دسترس بودن اطلاعات و سهولت در تهیه اطلاعات در مرحله بعدی از اهمیت قرار دارد. به عنوان مثال، با نگاهی به جدول 2 می‌توان در گروه 3 این جدول امتیاز عاملی مرتبط با پتانسیل ایجاد فضایی نالمن و بروز بزهکاری‌های اجتماعی بیش از آلودگی صوتی می‌باشد و لی با توجه به سهولت تهیه اطلاعات، آلودگی صوتی به عنوان عامل برتر انتخاب می‌گردد. لازم به ذکر است پس از انتخاب عامل مربوطه در هر گروه، آن عامل انتخابی باید به خوبی قابلیت بیان سایر پارامترهای هم‌گروه خود را داشته باشد تا بتواند بخوبی بیانگر تمامی آن متغیرها باشد.

ستون بعدی این جدول نیز میزان اشتراک عامل‌ها و متغیرها را نشان می‌دهد. این عدد برابر مجموع مجذورات امتیاز عاملی هر متغیر در تمامی عامل‌ها است

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۳۷ زمستان
No.37 Winter 2015

۱۵

نمی‌توان به دو معیار دیگر دست یافت. بنابراین معیار «حفظ مراکز خطی- محله‌ای و شهری» بهترین عامل این گروه است.

در مورد گروه ششم می‌توان مشاهده نمود که با احداث معابر چندسطحی مسافت پیموده شده تغییر چندانی نخواهد یافت بلکه با کاهش تعداد گلوبهای ترافیکی سفرهای با مسافت طولانی با سهولت انجام می‌پذیرد از این‌رو تعداد گلوبهای ترافیکی نکته مهمتری بوده و باید مدنظر قرار گیرد. از آنجا که بسیاری از طرح‌های حمل و نقلی بلندمدت به منظور بهبود شرایط تردد و افزایش اینمنی معابر و در نتیجه کاهش تعداد تلفات ناشی از تصادفات تعریف می‌گردد، استفاده از ملاحظات اینمنی به عنوان عامل منتخب گروه هفتم قابل تعریف است. بدین ترتیب علاوه بر مدنظر قرار گرفتن طرح‌های بلندمدت، سنجش شرایط اینمنی نیز صورت می‌پذیرد؛ در نهایت نیز عامل حجم روزانه شمارش شده در کمان که در واقع عامل اصلی انتخاب طرح معابر چندسطحی به جای استفاده از معابر همسطح می‌باشد به علت اهمیت خود در یک گروه مجزا قرار گرفته است.

در نهایت با مروری بر جدول ۲ و توضیحات ذکرشده پیرامون این جدول می‌توان دریافت که هشت عامل «سطح سرویس معبر در ساعت اوج»، «حفظ بافت با ارزش تاریخی»، «آلودگی صوتی»، «هزینه کلی اجرا»، «حفظ مراکز خطی- محله‌ای و شهری»، «تعداد گلوبهای ترافیکی موجود در معبر»، «ملاحظات اینمنی (تعداد تصادفات)» و «حجم روزانه شمارش شده در کمان» به عنوان عوامل نهایی جهت امکان‌سنجی احداث

تعريف نمود که با افزایش قدمت بنا، میزان این شاخص نیز فزونی یابد. بنابراین دخیل نمودن معیار مربوط به حفظ بافت تاریخی می‌تواند به عنوان نماینده این دسته معیارها برگزیده شود.

در گروه سوم همانطور که پیش از این ذکر شد، میزان آلودگی صوتی ارتباط نزدیک‌تری با موضوع طرح دارد و از آنجا که علاوه بر داشتن امتیاز بالا در گروه، قبل تهیه نیز می‌باشد به عنوان پارامتر نهایی این گروه انتخاب گردیده است. در گروه چهارم سه متغیر نخست با کسب امتیازات عاملی نزدیک به هم، هر کدام می‌توانند به عنوان نماینده این دسته برگزیده شوند و انتخاب هریک از پارامترها بویژه معیارهای «هزینه بالای تملک اراضی، قطعات اطراف محور و حریم راه جهت گسترش معابر موجود» و «هزینه کلی اجرا» می‌تواند پوشش‌دهنده دیگر متغیرها نیز باشد. اما به علت جامعیت بیشتر هزینه کلی اجرا این متغیر به عنوان متغیر برتر انتخاب گردیده است.

در گروه پنجم نیز، با توجه به این که عبور معابر اصلی بیشتر از میان بافت‌های یکپارچه فرهنگی- اجتماعی موجب ایجاد گستینگی در این بافت‌ها می‌شود، متغیر «حفظ مراکز خطی- محله‌ای و شهری» از اهمیت بالایی برخوردار است ضمن آن که توجه به این متغیر منجر به حفظ کاربری‌های خدماتی در کنار معابر فعالیتی نیز می‌شود و با جداسازی کاربران عبوری و محلی راه، دسترسی آسان ساکنین محلات را به مراکز خرید میسر می‌سازد. این اقدامات در حالی رخ می‌دهد که تنها با حفظ کاربری‌های خدماتی در کنار معابر فعالیتی

جدول ۳. بررسی میزان اهمیت هر یک از معیارهای مورد مطالعه در مبحث چندسطحی‌سازی معابر شهری

		معیارهای مورد مطالعه	
۴۳/۷۷		۳۲/۹۵	معیارهای حمل و نقل و ترافیکی
۲۶/۶۱		۲۰/۰۳	معیارهای شهرسازی و معماری
۱۵/۵۵		۱۱/۷۱	معیارهای اجتماعی و زیست محیطی
۱۴/۰۷		۱۰/۵۹	معیارهای اجرایی و اقتصادی

انتخاب این عوامل براساس امتیاز عاملی هر متغیر و همچنین در دسترس بودن اطلاعات صورت گرفته است، با استفاده از این هشت عامل می‌توان ارزیابی مناسبی از گزینه‌های موجود در این زمینه انجام داد و پیرامون چندسطحی‌سازی معابر شهری تصمیم‌گیری نمود.

منابع و مأخذ

Abdi, H., and Williams, L. J. (2010) "Principal component analysis", Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics.

Beaumont, R., (2010) "An introduction to Principal Component Analysis & Factor Analysis Using SPSS 19 (psych package)."

Buffington. Jesse L, Vadali. Sharada R, Womack. Katie N, Zimmer. Richard A, McCully. Wayne G, Nikolaou. Michael, Lewis. Carol A, (1997), "Social, Economic, and Environmental Effects of Elevated, Depressed, and At-Grade Level Freeways in Texas."

Bureau of Transportation Statistics, (2002)," National Household Travel Survey."

Cervero, R. (2006), "Freeway deconstruction and urban regeneration in the United States", international symposium for the 1st anniversary of the Cheonggyecheon restoration, Seoul, Korea.

Government of Jammu and Kashmir for the Asian Development Bank,)2012(, "Initial Environmental Examination- Construction of Elevated Expressway Corridor (Flyover) from Jehangir Chowk to Rambagh and Natipora in Srinagar City"

Choi, J. (2006). "Cheonggyecheon Restoration Project: A revolution in Seoul."

Reilly. John, Parker. Harvey, (2007). "Benefits and life-cycle costs of underground projects-Underground Space the 4th Dimension of Metropolises", Taylor & Francis Group, London.

Samuel. Peter, Robert W. Poole, Jr. (2006), "Innovative Roadway Design Making Highways More Likeable."

Shepard. Richard, Georgiadis. Andrew, Linn. Jess, (2002), "Assessment of the Miami Urban Watch Alternative for Rebuilding I-395."

پژوهشگاه حمل و نقل طراحان پارسه، (۱۳۹۱) مطالعات امکانسنجی ایجاد خیابان‌های چندسطحی در شهر مشهد، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهر مشهد.

معابر چندسطحی می‌تواند پوشش خوبی از ۳۰ پارامتر شناسایی شده داشته باشد و به منظور انجام مطالعات امکانسنجی احداث این نوع معابر می‌توان با استفاده از این هشت عامل، تصمیم‌گیری دقیق‌تر گرفت.

مروی بر این هشت عامل و گروه‌های انتخابی آنها در جدول ۳ نشان می‌دهد از میان عوامل موثر در چندسطحی‌سازی معابر شهری معیارهای ترافیکی و حمل و نقلی با ۳۲/۹۵ درصد اهمیت، معیارهای شهرسازی و معماری با ۲۰/۰۳ درصد اهمیت، معیارهای اجتماعی و زیستمحیطی با ۱۱/۷۱ درصد اهمیت و معیارهای اجرایی و اقتصادی با ۱۰/۵۹ درصد اهمیت در رتبه‌های اول تا چهارم اهمیت قرار دارند.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با مروری بر تجارت سایر کشورهای مجری چندسطحی‌سازی معابر شهری می‌توان دریافت، در این زمینه تجارب مثبت و منفی بسیاری وجود دارد؛ از این‌رو و با توجه به صرف هزینه‌های هنگفت برای احداث این نوع معابر (چه فروتراز و چه فراتراز)، بهتر آن است تا پیش از اتخاذ هرگونه تصمیم برای ساخت معابر چندسطحی، امکانسنجی در این خصوص انجام پذیرد. از آنجا که با توجه به ۳۰ معیار موثر شناسایی شده در این زمینه، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها روندی سخت و وقت‌گیر خواهد بود، در این مقاله نویسنده‌گان سعی در خلاصه‌نمودن پارامترها و انتخاب عواملی داشته‌اند که به بهترین نحو پوشش‌دهنده تمامی پارامترها باشد. از این‌رو پس از طراحی پرسشنامه و اخذ نظرات کارشناسان حمل و نقل و ترافیک و شهرسازی و معماری، معیارهای شناسایی شده با استفاده از روش تحلیل عاملی مولفه‌های اصلی اولویت‌بندی گردیده است و در نهایت هشت عامل (سطح سرویس معبر در ساعات اوج، حفظ بافت با ارزش تاریخی، آلودگی صوتی، هزینه کلی اجرا، حفظ مراکز خطی- محله‌ای و شهری، تعداد گلوگاه‌های ترافیکی موجود در معبر، ملاحظات ایمنی (تعداد تصادفات) و حجم روزانه شمارش شده در کمان) به عنوان عوامل نهایی انتخاب گردیده است که دارای پوشش بیش از ۷۵ درصدی از معیارهای اولیه نیز می‌باشد. از آنجا که

تارنمای اطلاع رسانی سفارت ژاپن در ایران
<http://www.ir.emb-japan.go.jp/fa/index.html>

تارنمای رسمی تونل اسماارت
www.smarttunnel.com.my

تارنمای اطلاع رسانی بزرگراه امبارکادرو
http://en.wikipedia.org/wiki/Embarcadero_Freeway
زارع چاهوکی، م.ع. (۱۳۸۹) روش های تحلیل
چند متغیره در نرم افزار SPSS، انتشارات دانشگاه
تهران

گزارش های اداره حمل و نقل فدرال
<http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/1/julaug/bigdig.cfm>

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۳۷ زمستان
No.37 Winter 2015

■ ۱۷ ■

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۳۷ زمستان ۹۳
No.37 Winter 2015

۱۸