مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر مبتنی بر روشی جدید برای پیش‌بینی و کاهش ترافیک (منطقهٔ شش شهر تهران)

سیدعلی علوی[1*]، اکبر پرهیزکار[2]، عبدالرضا رکن‌الدین افتخاری[3]، محمدباقر قالیباف[4]، سیدموسی پورموسوی[5]

1- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
2- استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
3- دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
4- دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران
5- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه امام حسین (ع)، تهران، ایران

دریافت: 89/8/29 پذیرش: 89/12/15

چکیده

امروزه، مدل‌سازی تقاضای سفر و استفاده از روش‌های جدید بخش مهمی از دانش مهندسی حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی ترافیک حمل‌ونقل درون‌شهری را به خود اختصاص داده است؛ به گونه‌ای که در سال‌های اخیر، استفاده از روش‌های علمی نوین نتایج امیدوارکننده‌ای داشته است. پرسش کلیدی مقاله این است: مدل مکانی تقاضای سفر چه ویژگی‌هایی داشته است؟ و برای به‌دست آوردن میزان تقاضای سفر واقعی و تأثیر آن در پیش‌بینی و کاهش جریان‌های ترافیکی از سازگاری‌های لازم برخوردار است؟ برای پاسخ به این پرسش، از روش علمی ترکیبی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سنجش از دور (RS) و روش تحلیلی رگرسیون خطی چندمتغیره برای مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر در منطقهٔ شش شهر تهران استفاده شده است. نتایج نهایی تحقیق نشان می‌دهد متغیر (C3) یعنی جمعیت منطقه با ضریب 14/23 درصد بیشترین درجهٔ هم‌بستگی را با متغیر وابسته در مدل داشته است. پس از آن متغیرهای کاربری تجاری (C16) با ضریب 11/9- درصد و تعداد کارمندان شاغل در منطقه با 3/10- درصد به‌ترتیب دومین و سومین پارامترهای مدل هستند که به‌ترتیب از طریق معادلات رگرسیون خطی چندمتغیره به دست آمده‌اند. همچنین، متغیر تعداد واحدهای کسبی منطقه (C11) با ضریب (0089/.)

*نویسندهٔ مسئول مقاله: E-mail: a.alavi@modares.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

درصد کمترین تأثیر را در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر نشان داده است. همچنین، جهت ارزیابی و روایی نتایج نهایی، از معیارهایی جهت برازندگی نتایج مدل و مقایسهٔ‌آن با نتایج مدل‌های تقاضای سفر حمل‌ونقل درون‌شهری استفاده شده است. نتایج نهایی معیارهای استفاده‌شده به‌ترتیب مقدار (R2=0.73415936)، (MARE=78.628)، (RMSE=1.43) درصد حاصل شده است. با توجه به نتایج تحقیق، مدل مکانی تقاضای سفر از توانایی‌های لازم جهت محاسبهٔ میزان واقعی تقاضای سفر حمل‌ونقل درون‌شهری و تأثیر آن بر پیش‌بینی و کاهش جریان‌های ترافیکی در منطقهٔ موردمطالعه برخوردار بوده است.

واژه‌های کلیدی: تقاضای سفر، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل مکانی، روش رگرسیون خطی چندمتغیره.

1- مقدمه

با رشد روزافزون شهرها و تبدیل شهرهای پرجمعیت به کلان‌شهر، مسائل و مشکلات شهرهای بزرگ شکل و ابعاد تازه‌ای به خود گرفته است. یکی از مهم‌ترین مسائلی که مدیران و شهروندان شهرهای بزرگ با آن سروکار دارند، حمل‌ونقل و ترافیک شهری است. انجام دادن فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی در شهر، نیازمند سفر است و هنگامی که ابعاد شهر بزرگ باشد و طول سفرها (در مقایسه با شهرهای کوچک و متوسط) زیاد، سفرکننده زمان زیادی را در شبکهٔ حمل‌ونقلی شهر سپری خواهد کرد (Dantas et al., 2008: 24). حمل‌ونقل به‌خودی‌خود مسئله و مشکل نیست؛ بلکه موهبت است. اما زمانی به مسئله تبدیل خواهد شد که عوارض ناشی از آن باعث نارضایتی شبکهٔ حمل‌ونقل و درنتیجه کاهش سطح کیفی خدمات شهری شود. نبود توازن بین عرضه و تقاضا در سیستم حمل‌ونقل درون‌شهری، فقدان برنامه‌ریزی مناسب در حمل‌ونقل درون‌شهری پایدار، استفاده نکردن از روش‌ها راهکارهای جدید علمی برای حل مشکلات حمل‌ونقل درون‌شهری، به‌روز نبودن با دستاوردهای جدید حمل‌ونقلی شهری جهان، فقدان سیستم حمل‌ونقل شهری روان در دسترس، و سرانجام ناتوانی و کارایی پایین مدل‌های مورد استفادهٔ تقاضای سفر در شهر تهران عواملی است که تشدید و تداوم مشکلات حمل‌ونقل درون‌شهری و معضلات تراکم ترافیکی فشرده را به دنبال خواهد داشت. بنابراین، پاسخ‌گویی به این مسائل و موارد مشابه آن، مستلزم به‌کارگیری دستاوردهای

www.SID.ir

نوین علمی در زمینهٔ توسعهٔ سیستم‌های حمل‌ونقل شهری هوشمند و استفاده از روش‌های جدید علمی در مدل‌سازی تقاضای حمل‌ونقل درون‌شهری است. همین مسائل و مشکلات ضرورت انجام دادن این پژوهش را جهت مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر و تأثیر آن بر پیش‌بینی و کاهش جریان‌های ترافیکی در منطقهٔ موردمطالعه ایجاد کرده است. در این مقاله، پاسخ به این پرسش که آیا مدل مکانی تقاضای سفر در محاسبه و به‌دست آوردن میزان واقعی تقاضای سفر و نقش آن بر پیش‌بینی و کاهش جریان‌های ترافیکی در منطقهٔ شش شهر تهران تأثیرگذار بوده است، مستلزم عملیاتی خواهد بود که استفاده از داده‌های مکانی و مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر را به‌همراه خواهد داشت.

2- مبانی نظری

سیر تکاملی مدل‌سازی حمل‌ونقل شهری، از مدل‌های چهارمرحله‌ای سنتی تا مدل‌های موجود، نمایانگر فهم روبه‌رشد سیستم حمل‌ونقل شهری و ارتباط متقابل با یکدیگر است. گرایش‌های اصلی تصمیم‌سازان شهری در حوزهٔ حمل‌ونقل و کاربری زمین درباب مدل‌سازی، شامل قابلیت بهره‌برداری در سطح ناحیه‌بندی ترافیکی، توانایی پیش‌بینی تقاضای سفر درازمدت، توانایی تشریح تغییرات کاربری زمین و ایجاد ارتباط متقابل پویا بین تقاضای سفر و سیستم حمل‌ونقل و سرانجام استفاده از مدل‌ها به‌منظور ارزیابی سیاست‌گذاری‌هاست (Meyer & Miller, 2001: 6). با آنکه در دو دههٔ اخیر به‌ویژه پس از 1990م در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته موضوع مدیریت تقاضای سفر از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده، متأسفانه در این چارچوب، تاکنون اقدامات بسیار محدودی در ایران انجام شده است. ازاین‌رو، لزوم توجه خاص به این موضوع مهم در طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران به‌منظور تحقق اهداف سند چشم‌انداز بیست‌سالهٔ جمهوری اسلامی ایران گریزناپذیر است. با توجه به گستردگی موضوع‌های وابسته به مبحث مدیریت تقاضای سفر درون‌شهری، مجموعه‌اقدام‌های انجام‌شده با هدف مدیریت تقاضای سفر- که به‌نظر می‌رسد بیشتر جواب‌گوی مسائل و مشکلات حمل‌ونقل درون‌شهری شهرهای کشور است- در قالب راهکارهای

www.SID.ir

تجربه‌شده و طرح‌های مطالعاتی در کشورهای توسعه‌یافته مورد استفاده قرار گرفته است.

2-1- رویکردهای مدل‌سازی تقاضای سفر حمل‌ونقل شهری

مدل‌سازی تقاضای سفر را می‌توان در چهار رویکرد مطرح کرد:

رویکرد اول، مدل‌های چهارمرحله‌ای سنتی مبتنی بر اطلاعات ناحیه‌بندی ترافیکی است. این مدل‌ها قابلیت پیش‌بینی درازمدت فعالیت‌های کاربری زمین و تقاضای سفر را ندارند؛ زیرا فعالیت‌های کاربری زمین به شکل برون‌زا برای مدل تعریف می‌شوند(Goodchild, 1998: 44). به‌علت نبود ارتباط متقابل پویا با سیستم کاربری زمین، نمی‌توان برای پیش‌بینی تقاضای سفر با افق طرح بیش از پنج سال استفاده کرد. به‌دلیل کالیبراسیون اطلاعات[2]، اطلاعات حاصل از یک دورهٔ زمانی، اکثر مدل‌های چهارمرحله‌ای از نوع استاتیکی هستند(Harvey et al., 2002: 15).

رویکرد دوم، مدل‌های تقاضای سفر رفتاری است که توانایی پیش‌بینی درازمدت تقاضای سفر را ندارد. این مدل‌ها فقط از اطلاعات استفاده می‌کنند و از مدل‌های استاتیکی به‌شمار می‌روند (Meyer & Miller, 2001: 14). محدودیت اصلی مدل‌های تقاضای سفر رفتاری، تمرکز فقط در قسمت تقاضای حمل‌ونقل شهری است. در این مدل‌ها، عرضهٔ سیستم حمل‌ونقل به‌صورت شفاف تبیین نشده و باعث ایجاد محدودیت در برنامه‌ریزی سیستم حمل‌ونقل شده است (Nyerges, 1990: 16).

رویکرد سوم، مدل‌های مرتبط حمل‌ونقل و کاربری زمین است. این مدل، در صورت وجود اطلاعات، دارای مکانیسم ارتباط متقابل پویا بوده که به‌وسیلهٔ آن، هزینه‌های حمل ونقل آثار تأخیری بر الگوی کاربری زمین می‌گذارند (Harris, 1999: 5). با وجود این، این مدل‌ها ضعف‌های زیادی دارند. این مدل در مرحلهٔ ایجاد سفر به هزینهٔ سفر حساس نیست؛ این مسئله ممکن است برای سفرهای کاری مناسب باشد؛ اما این فرض در مورد سفرهای خرید و تفریحی صادق نیست. ضعف دیگر این مدل، زائد بودن مدل توزیع سفر در زیرمدل حمل‌ونقل شهری است (Khisty, 1990: 88)؛ به این معنا که در مدل انتخاب محل سکونت مدل

2. cross-sectional

www.SID.ir

کاربری زمین، رابطهٔ بین محل کار و محل سکونت معمولا توسط مدل ارتباط متقابل فضایی که به ماتریس جریان کار- محل سکونت می‌انجامد شبیه‌سازی می‌شود. اگر میزان سفر (سفر برای افراد یا خانوار) برابر 1 باشد، این ماتریس معادل ماتریس سفرهای کاری مدل توزیع می‌شود؛ پس ثابت شد که مدل توزیع زائد است و می‌توان آن را از ساختار مدل حذف کرد (Linde et al., 1980: 25).

رویکرد چهارم، مدل‌های یکپارچهٔ کاربری زمین است که اکثر خصوصیات مورد انتظار را دارایند. اینکه در جدول مقایسهٔ ساختاری رویکردهای مدل‌سازی حمل‌ونقل شهری از واژه به‌طور مشروط استفاده شده، منظور از آن، توانایی در پیش‌بینی درازمدت و پویایی شهری بوده و قابلیت این مدل‌ها به‌طور گسترده به وجود اطلاعات وابسته است (Rodrigue, 1997: 250).

3- روش‌شناسی و منطقهٔ مورد مطالعه

روش تحقیق این مقاله، توصیفی و تحلیلی است. در بخش مطالعات توصیفی، به پیشینهٔ موضوع، تجربه‌ها و رویکردهای مدل‌سازی تقاضای سفر نظری اجمالی شده است. در بخش تحلیلی، استخراج شاخص‌های مؤثر در مدل مکانی تقاضای سفر با توجه به مبانی نظری، تعیین و ترکیب شاخص‌ها با روش سلسله‌مراتبی مقایسهٔ زوجی (AHP)، استفاده از لایه‌های رقومی و ماتریس‌های آماری داده‌های توصیفی- رقومی به‌عنوان توابع ورودی، به‌کارگیری عملگرهای سامانهٔ اطلاعات مکانی (GIS)، پردازش تصاویر رقومی (RS) و روش تحلیلی رگرسیون خطی چندمتغیره جهت مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر برای تجزیه و تحلیل سفرهای تولید و جذب‌شده در نواحی ترافیکی (ZONE) و تأثیر آن بر پیش‌بینی و کاهش جریان‌های ترافیکی در منطقهٔ شش شهر تهران انجام شده است.

به‌کارگیری روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) مستلزم چهار قاعدهٔ اصلی است: 1- مدل‌سازی: در این مرحله، مسئله و هدف تصمیم‌گیری به‌صورت سلسله‌مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط‌اند آورده شده است. 2- قضاوت ترجیحی (مقایسه‌های زوجی): انجام مقایسه‌هایی بین گزینه‌های مختلف تصمیم بر اساس هر شاخص و قضاوت در مورد اهمیت شاخص تصمیم با انجام مقایسه‌های زوجی، بعد از طراحی سلسله‌مراتب مسئله تصمیم ایجاد شده است. 3- محاسبات وزن‌های نسبی: تعیین وزن «عناصر تصمیم» نسبت به هم از طریق مجموعه‌ای از محاسبات عددی.

www.SID.ir

4- سازگاری در قضاوت‌ها: تقریبا تمام محاسبات فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی بر اساس قضاوت اولیهٔ تصمیم‌گیرنده- که در قالب ماتریس مقایسات زوجی ظاهر می‌شود- صورت می‌پذیرد و هرگونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها نتیجهٔ نهایی به‌دست‌آمده از محاسبات را مخدوش می‌کند.

برنامه‌ریزی حمل‌ونقل فرایندی است که به برآورد، آماده‌سازی امکانات فیزیکی، ارائهٔ خدمات لازم جهت برطرف کردن نیازهای آتی حمل‌ونقل درون‌شهری مطرح شده است؛ بنابراین این فرایند مستلزم دسترسی به آنالیز و مدل‌سازی، شبیه‌سازی وضعیت فعلی و آتی سیستم حمل‌ونقل درون‌شهری بر اساس پاره‌ای عوامل تأثیرگذار خواهد بود (Pantas et al., 2008: 22).

گام‌های اصلی مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر عبارت‌اند از:

3-1- مشاهده، جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل مکانی الگوهای رفتاری تقاضای سفر

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) از ابتدای شکل‌گیری و به‌کارگیری آن در زمینه‌های برنامه‌ریزی و طراحی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل (اواخر دههٔ هشتاد)، به‌منظور مشاهده، جمع‌آوری ورود و ذخیره‌سازی داده‌ها و نمایش نتایج در مدل‌ها استفاده شده است. پیشرفت‌های اخیر در زمینهٔ سیستم اطلاعات مکانی با توسعهٔ زبان برنامه‌نویسی در محیط‌های کاربردی (GIS)، این تکنیک را به بستری برای اجرای الگوریتم‌های استاندارد در مدل‌سازی حمل‌ونقل شهری تبدیل کرده است (Chao Yang, 2008: 12).

3-2- پیش‌بینی تقاضای سفر

با توجه به گام نخست تحلیلگران برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری در فرایند تقاضای سفر، با جمع‌آوری اطلاعات و بررسی خصوصیات تأثیرگذار در سفرها، به مطالعهٔ رفتارهای مسافرتی افراد در محیط شهری پرداخته‌ایم. پس از تحلیل و مدل‌سازی داده‌ها، روابطی را به‌وجود آورده که به‌واسطهٔ آن می‌توان تعداد سفرها، مبدأ و مقصد، روش‌های مسافرتی (اتومبیل شخصی، اتوبوس، مترو) و همچنین مسیرهای انتخابی در شبکهٔ حمل‌ونقل درون‌شهری را پیش‌بینی کرد. این روابط اساس پیش‌بینی میزان تقاضای سفر را تشکیل می‌دهند (Mohammad et al., 2008: 42).

www.SID.ir

3-3- سیستم مدل‌سازی حمل‌ونقل شهری

پس از این دو مرحله، سیستم مدل‌سازی حمل‌ونقل شهری (UTMS) چارچوبی فراهم می‌کند که به کمک آن، به مطالعهٔ خصوصیات سفرهای درون‌شهری می‌پردازد و با استفاده از شیوه‌ها و مدل‌های موجود، تقاضای سفر را پیش‌بینی می‌کند (Prsons BrinckerHoff Quade et al., 1995: 13).

با این توصیف، پس از مطالعات نظری شاخص‌های تأثیرگذار در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر با رویکرد توسعهٔ پایدار حمل‌ونقل درون‌شهری، برای مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر در چهار بخش کلی شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی، زیربنایی و زیست‌محیطی مشخص شده است. سپس متغیرهای مرتبط با هر بخش نیز تعیین و استخراج شده است. متغیرهای تأثیرگذار در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر که دربرگیرندهٔ متغیر وابسته (میزان تقاضای سفر واقعی) و 17متغیر (تولید و جذب سفر و مکانی) که به‌عنوان متغیرهای مستقل در 39 ناحیهٔ ترافیکی (ZONE) در منطقهٔ شش شهر تهران جهت مدل‌سازی مکانی استفاده شده است.

جدول 1 شاخص‌های تأثیرگذار در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر

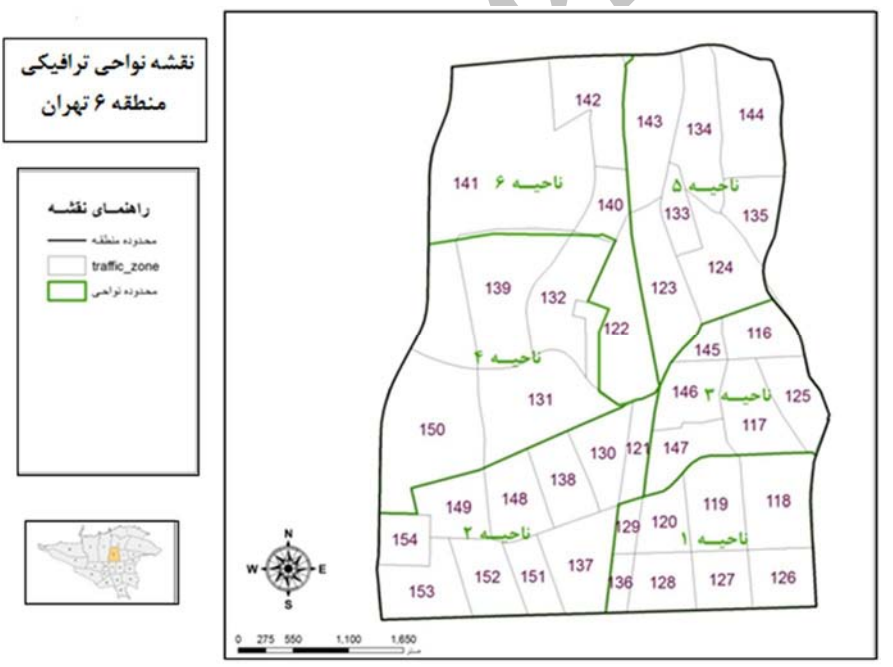
اقتصادی	اجتماعی	زیربنایی	زیست‌محیطی
• سفرهای شغلی	• جمعیت منطقه	• سرانهٔ کاربری مسکونی	• حمل‌ونقل غیرموتوری
• سرانهٔ مالکیت سواری شخصی	• بعد خانوار	• سرانهٔ کاربری تجاری	• تعداد پارک
• تعداد واحدهای کسبی منطقه	• تعداد انشجویان در محل سکونت	• تعداد تخت‌های بیمارستانی منطقه	• آلاینده‌های هوا
• جمعیت شاغل منطقه	• تعداد دانش‌آموزان در محل تحصیل	• زمان سفر با اتوبوس	• انتشار گازهای گلخانه‌ای
• درآمد خانوار	• تعداد دانشجویان در محل تحصیل	• تعداد پارکینگ	• آلودگی صوتی
• تعداد کارمندان شاغل در منطقه	• تعداد دانش‌آموزان در محل سکونت	• سهم شبکهٔ معابر	
		• سهم حمل‌ونقل عمومی	
		• پایانه‌های مسافری	

(منبع: نگارندگان)

www.SID.ir

3-4- اهمیت و موقعیت فضایی منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ شش شهرداری تهران با جمعیت 232/583 نفر و وسعت 2144 هکتار، از شمال به بزرگراه همت، از جنوب به محور انقلاب- آزادی، از شرق به بزرگراه چمران و خیابان شهید مفتح و از غرب به بزرگراه شهید چمران محدود شده است. منطقهٔ شش در وضع موجود با تراکم ناخالص جمعیتی 108.5 نفر در هکتار و با سطحی معادل 3/5 درصد مساحت شهر تهران، یکی از مهم‌ترین مناطق در تحولات شهری تهران است. منطقهٔ شش از یک‌سو به‌دلیل استقرار در مرکزیت جغرافیایی شهر تهران و از سوی دیگر به‌لحاظ موقعیت و همجواری با مرکز قدیمی شهر یعنی محدودهٔ بازار، میدان ارگ و توپخانه، تحت تأثیر اقداماتی که پهلوی اول درباب توسعهٔ شهر تهران انجام داد و با انتقال و حرکت تدریجی موقعیت شهر تهران به سمت شمال و شمال‌غربی، از دههٔ چهل مرکزیت فضایی- فعالیتی پیدا کرد (شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک، 1385: 11).



شکل 1 نقشهٔ نواحی ترافیکی منطقهٔ مورد مطالعه

www.SID.ir

3-5- شبکه‌های ارتباطی منطقه

موقعیت مجراها یا به‌عبارت دیگر، شبکه‌های ارتباطی در منطقه تحت تأثیر الگوی توسعهٔ کالبدی و تدریجی شهر بوده است. به‌این معنا که مرکزیت، قدمت و جهت توسعه ضرورت احداث مسیرهایی که بتواند ارتباط عناصر ساختار فضایی شهری را تأمین کند، سبب ایجاد شبکه‌های شرقی- غربی و در مرحلهٔ بعدی محورهای شمالی- جنوبی شده است. به‌طور کلی، دو محور اصلی ساختار فضایی شهر تهران به نام انقلاب و ولی‌عصر در جریان‌های ارتباطی منطقه تأثیر قاطعی دارد. مجراهای اصلی، شهید بهشتی، شهید مطهری، شهید فاطمی و کردستان. خطوط ارتباطی منطقه عبارت‌اند از: انقلاب، ولی‌عصر، شهید چمران، شهید مدرس، بلوار کشاورز، طالقانی، کریم‌خان زند (همان، 10).

مهم‌ترین مشکلات حمل‌ونقل درون‌شهری و ترافیکی منطقهٔ شش شهر تهران عبارت‌اند از:

- وجود کانون‌های جذب سفر در حاشیه و داخل منطقه؛
- واقع شدن در مسیر ترافیک عبوری مناطق همجوار؛
- بن‌بست شدن دو بزرگراه شهری در منطقه؛
- کمبود پارکینگ‌های خارج از حاشیهٔ خیابان‌ها؛
- عدم پیوستگی در چند نقطه از مسیرهای با درجهٔ اهمیت پایین؛
- جلوگیری از ورود جمعیتی که با هدف منطقهٔ موردمطالعه وارد شده‌اند و مجاز به ورود به محدودهٔ ترافیک نیستند؛
- بالا بودن میزان جمعیت مهاجر (شناور) روزانه.

4- تجزیه و تحلیل تحقیق

همان‌طوری که در مبحث روش‌شناسی تحقیق گفته شده است، جهت مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر در 39 ناحیهٔ ترافیکی (ZONE) منطقهٔ شش شهر تهران، بعد از جمع‌آوری داده‌های موردنیاز، از عملگرهای سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پردازش تصاویر رقومی (RS) و مدل تحلیلی رگرسیون خطی چندمتغیره برای عملیات استانداردسازی و آنالیزهای ترکیبی جهت مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر استفاده شده است. در این مقاله برای اجرای مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر، مراحل عملیاتی زیر انجام شده است:

www.SID.ir

- تهیهٔ لایه‌های رقومی مکـانی: از داده‌هـای رقـومی و توصـیفی متغیرهـای تـأثیرگـذار در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر با ساختار رستری در منطقهٔ مورد مطالعه ایجاد شده است.

- استانداردسازی متغیرها: لایه‌های رستری تولیدشده از متغیرهای تأثیرگذار، بین داده‌های با دامنهٔ 0 تا 255 (8 بیتی) قرار گرفته است. نتایج فرایند کار چند نمونه از متغیرها کـه عملیـات استانداردسازی روی آن‌ها انجام شده، در شکل‌های شمارهٔ سه و چهار نشان داده شده است.

- تبدیل متغیرهای تأثیرگذار مـدل‌سـازی مکـانی تقاضـای سـفر از فرمـت 8 بیتـی بـه فرمـت نرم‌افزارهای پردازش تصاویر رقومی مورد استفاده (نرم‌افزار پردازش تصاویر رقومی IDRISI).

- اجرای مدل تحلیلی رگرسیون خطی چندمتغیره با استفاده از 17 متغیر مسـتقل (تولیـد و جذب سفر و مکانی) و متغیر وابسته (میزان تقاضای سفر موجود در منطقه).

برای ایجاد مدل رگرسیون چندگانه، یک رابطهٔ خطی بین متغیر وابسته و متغیرهای مسـتقل ایجاد شد. معادلهٔ رگرسیون خطی چندگانه به‌صورت رابطهٔ (1) نوشته شده است:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \cdots + a_n x_n \qquad (1)$$

در این رابطه، Y متغیر وابسته و x1، x2 وx3 متغیرهای مستقل هستند. a مقـدار ثابـت و a1، a2 و a3 ضرایب متغیرهای وابستهٔ مورد نظر هستند.

نتایج تجزیه و تحلیل مدل تحلیلی رگرسیون خطی چندمتغیره نشان مـی‌دهـد متغیـر (C3) جمعیت منطقه با ضریب 14/23 درصد به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر، بیشترین هم‌بستگی را با متغیر وابسته در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر داشته است. پس از آن، متغیرهـای کـاربری تجـاری (C16) با ضریب 11/9 درصد و تعداد کارمنـدان شـاغل در منطقـه بـا ضـریب 3/10 درصـد به‌ترتیب دومین وسومین پارامترهای مهم در مدل‌سازی مکانی تقاضـای سـفر در منطقـهٔ مـورد مطالعه بوده‌اند. همچنین، متغیر تعداد واحدهای کسبی (C12) بـا ضـریب 0.008930 درصـد کمترین تأثیر را در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر داشته که در شکل شمارهٔ سه نشان داده شده است.

معادلهٔ رگرسیون چندمتغیره[3]:

3. regression equation

www.SID.ir

(TRAVEL DEMAND) TD = 105.4318 - 0.2835× (c1) + 0.0571× (c2)
+ 14.2533×(c3) - 1.2005×(c4) - 3.1007×(c6) - 0.7151×(c7)+ 0.5064×(c8) -
0.0363×(c10) - 0.0089×(c11) + 0.4234×(c12) - 0.2088×(c13)
+ 2.7037× (c14) + 0.2498× (c15) - 11.9614× (c16) - 0.0646× (c17)

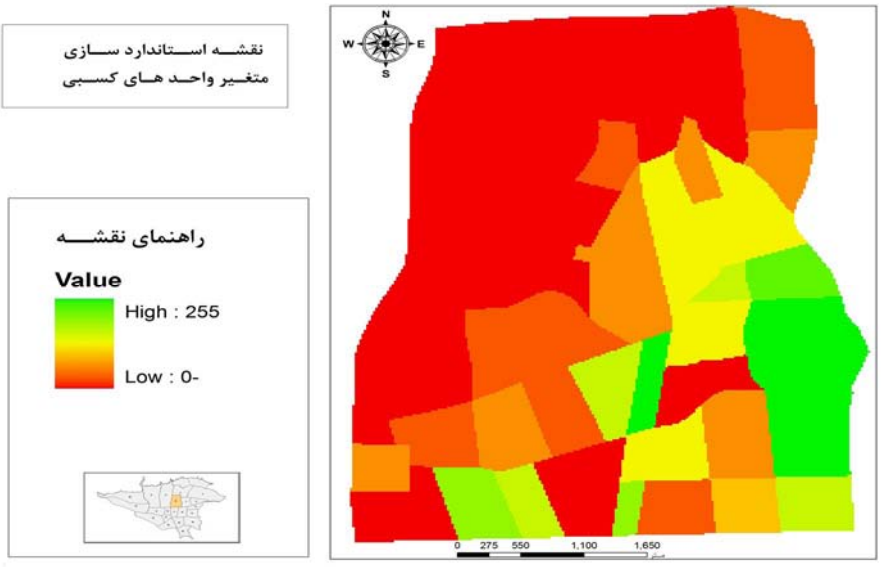
آماره‌های رگرسیون خطی[4]:

(R) = 0.856831 (R2) = 0.73415936

(F) (20, 53569)= 8292.533203

جدول 2 آنالیز واریانس رگرسیونی (ANOVA regression table)

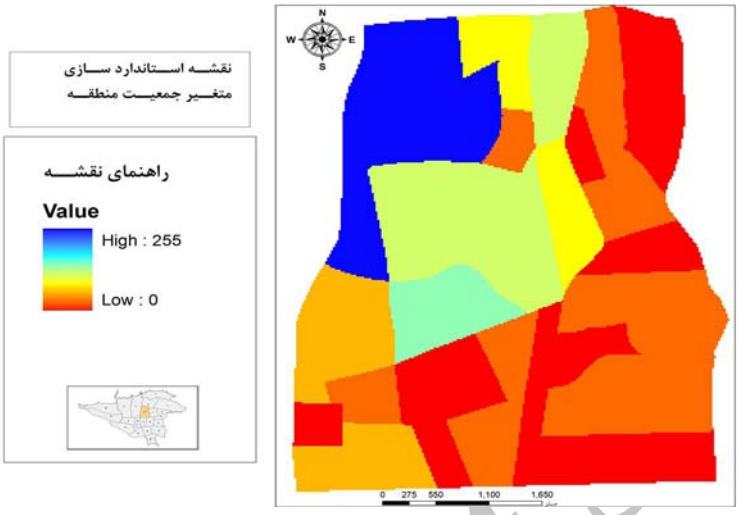
منبع (source)	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)
Regression	17	81450188.54	4734364.00
Residual	53569	30243789.12	567.64
Total	53589	111693977.66	-



شکل 2 استانداردسازی متغیر واحدهای کسبی

4. regression statistics

www.SID.ir

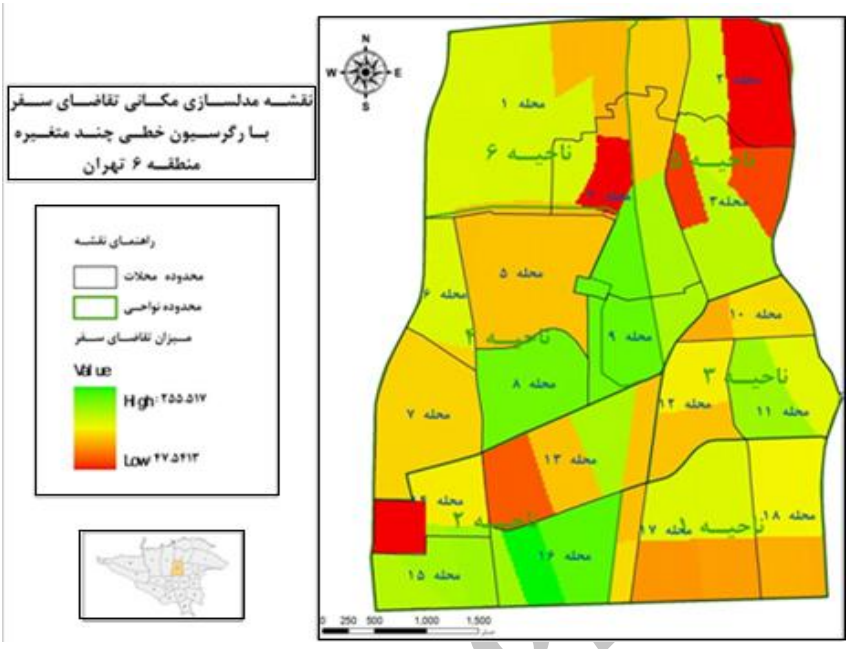


شکل 3 استانداردسازی متغیر جمعیت منطقه

جدول 3 ضرایب مدل رگرسیون چندمتغیره (individual regression coefficients)

متغیر	مؤلفه	Coefficient	t_test (53569)
ثابت	Intercept	105.431841	16.206713
پارک‌های منطقه	c1	-0.283537	108.079063
تخت بیمارستانی	c2	0.057094	23.222214
جمعیت	c3	14.253303	97.011818
جمعیت شاغل	c4	1.200495	-52.692772
کارمندان شاغل	c6	3.100720	29.130489
دانش‌آموزان محل سکونت	c7	0.715145	42.046387
دانش‌آموزان محل تحصیل	c8	0.506378	72.701912
دانشجویان محل تحصیل	c10	0.036269	16.764990
واحدهای کسبه	c11	0.008930	6.745400
شبکهٔ معابر	c12	0.423439	96.012482
زمان سفر اتوبوس	c13	0.208831	55.978897
سفرهای شغلی	c14	2.703667	37.242294
آلاینده‌های هوا	c15	0.249832	12.387186
کاربری تجاری	c16	11.961370	82.624260
کاربری اداری	c17	0.064591	17.122967
دانشجویان محل سکونت	c9	0.103037	18.402447
سرانهٔ مالکیت سواری	c5	0.487516	81.329727

www.SID.ir



شکل 4 نقشهٔ نتایج مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر

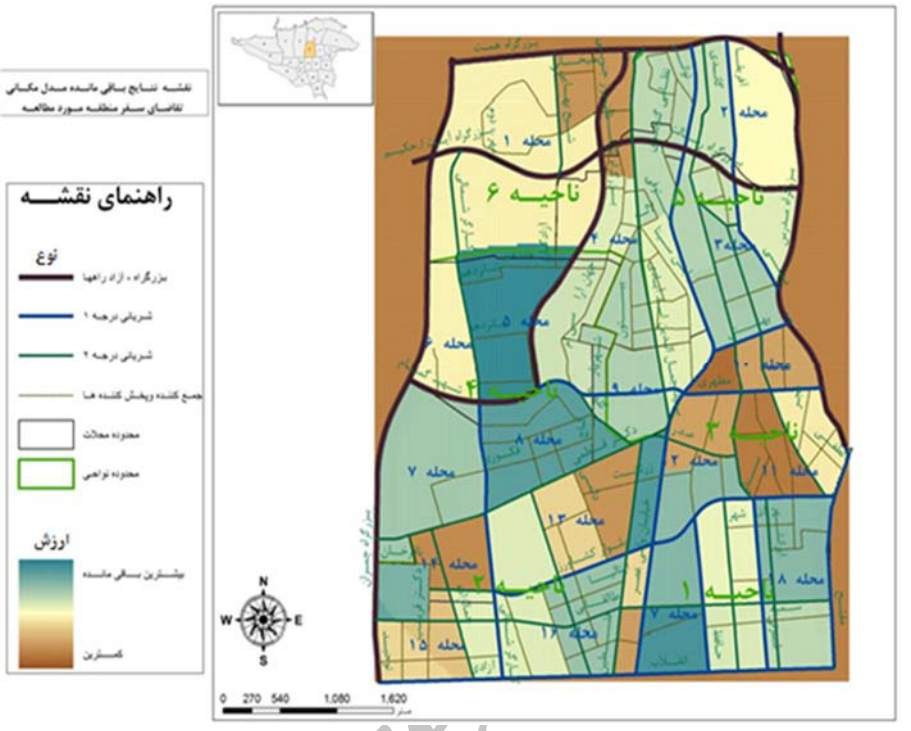
برای ارزیابی و آزمون نتایج مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر با مدل‌های موجود، از معیارهای جدیدی استفاده شده است که در جدول شمارهٔ چهار آمده است.

جدول 4 نتایج معیارهای ارزیابی مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر

معیار ارزیابی	رگرسیون چندمتغیره خطی
R2	0.73
MARE	78.628
RMSE	1.43

همچنین، در ادامه تجزیه و تحلیل عملیات مدل رگرسیون خطی چندمتغیره و نتایج باقی‌مانده برازش مدل رگرسیون خطی در 39 ناحیهٔ ترافیکی در منطقهٔ مورد مطالعه به‌دست آمده است که با ترکیب لایه‌های رقومی رستری و وکتوری نواحی ترافیکی در شکل شمارهٔ پنج نشان داده شده است.

www.SID.ir



شکل 5 نقشه نتایج باقی‌ماندهٔ مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر

5- جمع‌بندی نتایج تحقیق

5-1- تجزیه و تحلیل داده‌های تحقیق با استفاده از روش تحلیلی رگرسیون خطی چندمتغیره نشان می‌دهد متغیر (C3) یعنی جمعیت با ضریب **14/23** درصد به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر، بیشترین درجهٔ هم‌بستگی را با متغیر وابسته در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر در منطقهٔ مورد مطالعه داشته است. پس از آن متغیرهای کاربری تجاری (C16) با ضریب **11/9-** درصد و تعداد کارمندان شاغل در منطقه با **3/10-** درصد به‌ترتیب دومین و سومین پارامترهای مهم در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر هستند که از طریق معادلات رگرسیون خطی چندمتغیره به‌دست آمده‌اند. این متغیرها در معادلهٔ برازش خطی ایجادشده، بیانگر بیشترین میزان درجهٔ هم‌بستگی با متغیر وابسته در مقایسه با سایر متغیرهای تأثیرگذار در محاسبهٔ مقدار واقعی تقاضای سفر حمل‌ونقل درون‌شهری هستند. همچنین،

www.SID.ir

متغیر تعداد واحدهای کسبی منطقه (C11) با ضریب 0.008930- درصد، کمترین تأثیر را در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر در منطقهٔ مورد مطالعه نشان می‌دهد.

5-2- جهت ارزیابی و روایی نتایج نهایی مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر، از معیارهایی جهت برازندگی نتایج مدل و مقایسهٔ آن با نتایج مدل‌های تقاضای سفر حمل‌ونقل درون‌شهری استفاده شده است. نتایج به‌دست‌آمده از معیارهای برازندگی به‌ترتیب مقادیر (R2=0.73415936)، (MARE=78.628) و (RMSE=1.43) درصد نشان داده شده است. بنابراین با توجه به نتایج، مدل مکانی تقاضای سفر توانایی‌های لازم را برای محاسبهٔ میزان واقعی تقاضای سفر حمل ونقل درون‌شهری و تأثیر آن بر پیش‌بینی و کاهش جریان‌های ترافیکی در منطقهٔ مورد مطالعه داشته است.

5-3- با توجه به مشاهده و پردازش نقشه‌های رقومی (رستری- وکتوری) استخراج‌شده از تصویر ماهواره‌ای رقومی (quick beard88) منطقهٔ شش شهر تهران، نواحی 5 با محله‌های 14 و 16 با محوریت شبکهٔ ارتباطی خیابان‌های شمال بزرگراه همت، جنوب خیابان دکتر بهشتی، شرق بزرگراه مدرس و غرب خیابان سیدجمال‌الدین اسدآبادی بیشترین مقدار تقاضای سفر را داشته است. ناحیهٔ 2 با محله‌های 8 و 9 با محوریت شبکهٔ ارتباطی خیابان دکتر فاطمی، جنوب خیابان انقلاب و آزادی، شرق خیابان فلسطین و غرب خیابان‌های توحید و بزرگراه چمران هم بیشترین مقدار تقاضای سفر را داشته است. ناحیهٔ 5 با محله‌های 14، ناحیهٔ 2 با محله‌های 2 و 3 و ناحیهٔ 1 با محلهٔ 2 کمترین رقم تقاضای سفر را در مدل رگرسیون خطی چندمتغیره برای محاسبهٔ میزان واقعی تقاضای سفر و تأثیر آن بر پیش‌بینی و تصمیم‌گیری‌های لازم جهت کاهش بار فشارهای ترافیکی در منطقهٔ مورد مطالعه داشته است.

5-4- مدل مکانی تقاضای سفر علاوه‌بر متغیرهای به‌کاررفته در مدل‌های تولید و جذب سفر موجود، متغیرهای مهم مکانی دیگری نیز- که در به‌دست آوردن میزان واقعی تقاضای سفر، پیش‌بینی و کاهش جریان‌های ترافیکی تأثیر داشته است- وارد مدل مکانی کرده و به نتایج مثبتی رسیده است. نتایج تجزیه و تحلیل نهایی مدل تحلیلی رگرسیون خطی چندمتغیره مصداق تأیید این مطلب است.

www.SID.ir

5-6- مدل مکانی تقاضای سفر علاوه‌بر استخراج نتایج نهایی هم‌بستگی خطی بین متغیرهای تأثیرگذار در تقاضای سفر، به تولید نقشه‌های رقومی مکانی از نتایج مدل‌سازی به‌صورت رستری اقدام کرده است. سپس با آنالیز ترکیبی لایه‌های رقومی مکانی (وکتوری- رستری) و استانداردسازی لایه‌های رقومی، میزان تقاضای سفر را در محوریت شبکه‌های ارتباطی در نواحی ترافیکی منطقه تعیین کرده و به پیش‌بینی جریان‌های ترافیکی پرداخته است.

5-7- مدل مکانی تقاضای سفر با استفاده از ضرایب اوزان شاخص‌های ترکیبی تأثیرگذار در تقاضای سفر- که به روش سلسله‌مراتبی مقایسه (AHP) به‌دست آمده است- و مقایسهٔ آن با اوزان حاصل‌شده از مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر، به مقایسه و ارزیابی نتایج مدل تحلیلی رگرسیون خطی چندمتغیره پرداخته است.

6- منابع

- وزارت مسکن و شهرسازی- شهرداری تهران، *تهیهٔ الگوی توسعه و طرح تفصیلی منطقه با همکاری شهرداری منطقهٔ شش*، پاییز 1384.
- شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک، *طرح جامع تهران، مطالعات جابه‌جایی و حمل‌ونقل شبکه‌های ارتباطی طرح جامع تهران*، 1385.
- شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، *طرح جامع حمل‌ونقل تهران، مدیریت تقاضای سفر، گزارش شمارهٔ 933*، زمستان 1386.
- عراقی، مرتضی، *ارزیابی رویکردهای مدل‌سازی در طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک*، 1388.
- Dantas, Andre, Marcus V. Lamar, Yaeko Yamashita, Koshi Yamamoto & Eizo Hide Shima, Towards A Neural Network Based Model For Travel Demand For Cast: Gis And Remote Sensing Approach, 2008.

www.SID.ir

- Chao Yang, Anthony Chen, "Sensitivity Analysis ofthe Combined Travel Demand Model withApplication", *Journal Homepage: WWW/Elsevier.Com/locate Lejor,* 14 September 2008.
- Mohammad, M. H., M. A Bashar & S. Akhter, "Travel Demand Management (TDM) For Iproved Transportation", *Journal Of Quality And Technology Management, Vol. Iv, Issue ii,* Dec 2008, Pp. 2-43.
- Prsons Brincker Hoff Quade And Douglas, Inc, Travel Demand model Development and Applications Guide lines, Oregen Deparment of Transporttation planning Section, Transporttation Planning Analysis Unit, September, 1994, Revised June 1995.
- Dueker, K. J. & J. A. Butler, Gis-T Enterprise Data Model With Suggested Implementatio Choices, Discussion paper, Center for urban Studies, portland State University, 1997.
- Dueker, K. J. & R. Vrana, "Dynamic Segmentation revised: A Milepoint linear Data model", *Urisa Journal 4*, Pp. 94-105, 1992
- Goodchild, M. F., geographic Information systems And Disaggregate Transportation Modeling, geographical Systems, 5, 19-44, 1998.
- Harvey J. miller And Shih- Lung Shaw, *Gis-Data Models, Excerpts from Geographic Information Systems for transportation:principles And Applications*, Oxford university Press (isbn 0195123948).
- Kevin curtin, Valerian noronha, MikeGoochild, (UCSB), Steve grise (Esri Redlands). ArcGis Transportation Data Model (Unetrans).
- Meyer, M. D. & E. J. Miller, Urban Transportation Planning. Mc Graw Hill, New York, 2001.

www.SID.ir

- Nyerges, T. L., *Locational Referencing And Highway Segmentation In a Geographic Inform*, 1990.
- Avery, T. E. & G. L. Berlin, *Fundamental of Remote Sensing and Airphoto Intrepretation. Maxwell Macmillan International*, New York, USA, 1990.
- Fischer, M. M., from Conventional to Knowledge-based Geographical Information Systems. Computer, Environmental and Urban Systems, Vol. 18, No. 4, Pp. 233-242, USA, 1994.
- _____ *Spatial analysis: retrospect and prospect. In Geographical Information Systems: Principles and Technical issues*, Eds. P. A. Longely, M. F. Goodchild, D. J. Maguirre, D. & W. Rhind, V. 1, Second Edition, USA, 1999.
- Foresman, T. W. & T. L. Millete, Integration of remote sensing and GIS technologies for planning, In Integration of Geographical Information Systems and Remote Sensing, 1997.
- Harris, B., Land use Models in Transportation Planning: a review of past developments and current best practice, Delawae Valley Regional Planning Commision: http://www.bts.gov/tmip/papers/landuse/compendium/dvrpe-appb.htm [1996].
- Khisty, C. J., Transportation Engineering: an introduction, P. 388, Prentice-Hall, 1990.
- Linde, Y., A. Buzo & R. M. Gray, "An Algorithm for vector Quantizers design", IEEE Trans. On Communications, V. com-28, Pp. 84-95, January 1980.
- Morain, S. & S. L. Baros, *Raster imagery in Geographical Information systems*, On Word Press, P. 495, USA, 1996.

www.SID.ir

- Openshaw, S., A concepts-rich approach to spatial analysis, theory generation, and scientific discorvery in GIS using massively parallel computing, In Innovations in GIS 1, 1991.
- Openshaw, S., M. Blake & C. Wymer, Using neurocomputing methods to classify Britain's residential areas, In Innovations in GIS 2, 1995.
- Rodrigue, J. P., "Parallel modelling and Neural Networks: an overview for transportation/ land use systems", *Transportation Research C*, V. 5, N. 5, Pp. 259-271, 1997.
- Taco, P. W., Y. Yamashita, Souza N. Moreira & A. Dantas, Trip Generation Model: A New Conception Using Remote Sensing and Geographic Information Systems, Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, Germany (to be published), 1999.

Archive of SID

www.SID.ir