

## مدل سازی فضایی پیش بینی جریان های ترافیکی در ساماندهی حمل و نقل درون شهری تهران

### چکیده

از چالش های اساسی مدیران و شهروندان تبعات منفی شبکه حمل و نقل و ترافیک درون شهری است. این پدیده به خودی خود یک مساله تلقی نمی گردد، بلکه یک موهبت بوده و زمانی به چالش مبدل می گردد که عواقب ناشی از آن باعث نارضایتی شهروندان و کاهش سطوح کمی و کیفی خدمات رسانی و نیز اختلال در چرخه زیست شهری را به دنبال آورد. برنامه ریزان شهری جهت تهیه برنامه هایی به منظور مستعد ساختن شهرها به عنوان محیطی مطلوب برای ساکنین شهری نیازمند اطلاعات جدید جغرافیایی بوده در حالیکه جمع آوری این اطلاعات اصولاً سخت، زمان بر و پرهزینه و ناقص بوده و تجزیه و تحلیل آن زمان زیادی را طلبیده است. با وجود این رویکرد، پرسش اساسی پژوهش حاضر این است که مدل فضایی از چه ویژگی هایی برخوردار و جهت پیش بینی جریان های ترافیکی در شبکه حمل و نقل درون شهری از قابلیت های مناسب برخوردار است یا خیر؟ بنابراین این پژوهش با استفاده از تکنیک های تلفیقی سنجش از دور و تحلیل های فضایی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS\_RS) جهت مدل سازی فضایی حمل و نقل درون شهری برای پیش بینی جریان های ترافیکی در منطقه ۶ شهر تهران انجام شده است. نتایج پژوهش نشان داده است که از میان متغیرهای تاثیرگذار متغیرهای (C3) یعنی جمعیت منطقه با ضریب ۱۴.۲۳ درصد، کاربری تجاری (C16) با ضریب ۱۱.۹- درصد و تعداد کارمندان شاغل در منطقه با ۳.۱۰- درصد در شکل گیری جریان های ترافیکی در شبکه حمل و نقل درون شهری تاثیر داشته است. همچنین متغیر تعداد واحدهای کسبی (C11) با ضریب ۰.۸۹۳۰- درصد کمترین تاثیر را در مدل نشان داده است. در نهایت جهت ارزیابی وروایی نتایج نهایی مدل، از معیارهای برازندگی نتایج مدل با مدل های مشابه مقایسه که به ترتیب مقادیر (RMSE=1.43), (MARE=78.628), (R2=0.73415936) (F=8292.533203) درصد بدست آمده است. بنابراین استفاده از نتایج پژوهش، انجام برنامه ریزی اصولی، اتخاذ تدابیر مطلوب مهندسی ترافیک و مدیریتی در رسیدن به ساماندهی حمل و نقل درون شهری در راستای اعتلای توسعه پایدار شهری گام های اساسی برداشته شده است.

واژگان کلیدی: مدل سازی فضایی، حمل و نقل درون شهری، جریان های ترافیکی، پیش بینی، تهران

### مقدمه

با رشد روزافزون شهرها و تبدیل شهرهای پر جمعیت به کلان شهری، مسایل و مشکلات شهرهای بزرگ شکل و ابعاد تازه ای به خود گرفته است. یکی از مهمترین مسایلی که مدیران و شهروندان شهرهای بزرگ هرروزه با آن سروکار دارند، حمل و نقل و ترافیک شهری می باشد. انجام فعالیتهای اقتصادی، اجتماعی در شهر، نیازمند انجام سفر است

وهنگامی که ابعاد شهر بزرگ بوده و طول سفرها (درمقایسه باشهرهای کوچک ، متوسط) زیاد باشند، سفرکننده زمان قابل توجهی را در شبکه حمل و نقلی شهر سپری خواهد کرد (Dantas, Lamar, 2008: 24). حمل و نقل به خودی خود یک مساله ومشکل نیست بلکه یک موهبت بوده، زمانی تبدیل به یک مساله خواهد شد که عوارض ناشی از آن باعث نارضایتی شبکه حمل و نقل و به تبع آن کاهش سطح کیفی خدمات شهری شود. با توجه به وجود عدم توازن بین عرضه و تقاضا در سیستم حمل و نقل درون شهری، فقدان برنامه ریزی مناسب در راستای حمل و نقل درون شهری پایدار، عدم استفاده از تکنیک وفنون راهکارهای جدید علمی جهت مشکلات حمل و نقل درون شهری، به روز نبودن با دستاوردهای جدید حمل و نقلی شهری جهان، فقدان سیستم حمل و نقل شهری روان وسهل الوصول، ناتوانی و کارایی پایین مدل های مورد استفاده تقاضای سفر در شهر تهران، که تشدید و ادامه مشکلات موجود حمل و نقل درون شهری و معضلات تراکم ترافیکی فشرده را به دنبال خواهد داشت. لذا پاسخ گویی به این موارد ومسایل مشابه آن، مستلزم به کارگیری دستاوردهای نوین علمی در زمینه توسعه سیستم های حمل و نقل شهری هوشمند، استفاده از فنون وتکنیک های جدید علمی در مدل سازی تقاضای حمل و نقل درون شهری، می تواند از دلایلی باشند که پژوهش حاضر جهت مدل سازی حمل و نقل وتأثیر آن بر پیش بینی و کاهش جریان های ترافیکی در منطقه مورد مطالعه دنبال نموده است. این پژوهش به منظور پاسخ به این پرسش اساسی که آیا مدل فضایی حمل و نقل درون شهری جهت پیش بینی جریان های ترافیکی در منطقه ۶ شهر تهران تأثیر گذار بوده انجام شده است؟

## ادبیات تحقیق

سیر تکاملی مدل سازی حمل و نقل شهری از مدل های چهار مرحله ای سنتی تا مدل های موجود، نمایانگر فهم روبه رشد سیستم حمل و نقل شهری وارتباط متقابل با یکدیگر می باشد. تمایلات اصلی تصمیم سازان شهری در حوزه حمل و نقل و کاربری زمین در خصوص مدل سازی شامل قابلیت بهره برداری در سطح ناحیه بندی ترافیکی، توانایی پیش بینی تقاضای سفر دراز مدت، توانایی تشریح تغییرات کاربری زمین و ایجاد ارتباط متقابل پویا بین تقاضای سفر وسیستم حمل و نقل ونهایتا استفاده از مدل ها به منظور ارزیابی سیاست گذاری ها می باشد. (Meyer, Miller 2001: 6). علیرغم آن که در دو دهه اخیر به ویژه پس از سال ۱۹۹۰ میلادی در بسیاری از کشورهای توسعه یافته موضوع مدیریت تقاضای سفر جایگاه ویژه ای برخوردار بوده، متأسفانه در این چارچوب، تاکنون اقدامات بسیار محدودی در ایران انجام شده است. از این رو لزوم توجه خاص به این موضوع مهم در طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران به منظور تحقق اهداف سند چشم انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران اجتناب ناپذیر می باشد. با توجه به گستردگی موضوع های وابسته با مبحث مدیریت تقاضای سفر درون شهری، مجموعه اقدام های انجام شده در راستای مدیریت تقاضای سفر که به نظر می رسد بیشتر جوابگوی مسایل ومشکلات حمل و نقل درون شهری شهرهای کشور می باشند در قالب راهکارهای تجربه شده و طرح های مطالعاتی در کشورهای توسعه یافته مورد استفاده قرار گرفته است.

## رویکردهای حمل و نقل شهری درون شهری

رویکرد اول مدل های چهار مرحله ای سنتی مبتنی بر اطلاعات ناحیه بندی ترافیکی هستند. این مدل ها قابلیت پیش بینی دراز مدت فعالیت های کاربری زمین و تقاضای سفر را نداشته، زیرا فعالیت های کاربری زمین به شکل برون زا برای مدل تعریف می شوند (Goodchild, 1998:44). به علت عدم وجود ارتباط متقابل پویا با سیستم کاربری زمین نمی توان برای پیش بینی تقاضای سفر با افق طرح بیش از ۵ سال استفاده نمود. به علت کالیبراسیون اطلاعات (-Cross

(Sectional) اطلاعات حاصل از یک مقطع زمانی اکثر مدل‌های چهار مرحله‌ای از نوع استاتیکی هستند (Harvey, Shih- (Lung Shaw, 2002: 15)

رویکرد دوم مدل‌های تقاضای سفر رفتاری می‌باشد، که توانایی پیش‌بینی دراز مدت تقاضای سفر را ندارد. این مدل‌ها فقط از اطلاعات (Cross- Sectional) استفاده نموده و از مدل‌های استاتیکی به شمار می‌روند (Meyer, Miller, 2001: 14) محدودیت کلیدی مدل‌های تقاضای سفر رفتاری، تمرکز فقط در قسمت تقاضای حمل و نقل شهری می‌باشد. عرضه سیستم حمل و نقل در این مدل‌ها به صورت شفاف تبیین نشده، و باعث ایجاد محدودیت در برنامه ریزی سیستم حمل و نقل می‌شود. (Nyerges, 1990: 1)

رویکرد سوم مدل‌های مرتبط حمل و نقل و کاربری زمین بوده، که در صورت وجود اطلاعات، دارای مکانیسم ارتباط متقابل پویا بوده که بوسیله آن هزینه‌های حمل و نقل، اثرات تاخیری بر الگوی کاربری زمین می‌گذارند (Harris, 1999: 5). با این وجود این مدل‌ها از ضعف‌های کلیدی برخوردار هستند. مدل در مرحله ایجاد سفر نسبت به هزینه سفر حساس نبوده، که این مساله ممکن است برای سفرهای کاری مناسب بوده ولیکن این فرض در مورد سفرهای خرید و تفریحی صادق نیستند. ضعف عمده دیگر این مدل زائد بودن مدل توزیع سفر در زیر مدل حمل و نقل شهری است (Khisty, 1990: 88) بدین معنا که در مدل انتخاب محل سکونت مدل کاربری زمین، رابطه بین محل کار و محل سکونت معمولاً توسط مدل ارتباط متقابل فضایی که منجر به ماتریس جریان کار-محل سکونت شده شبیه سازی می‌گردد. اگر نرخ سفر (سفر برای افراد یا خانوار) برابر ۱ باشد، این ماتریس معادل ماتریس سفرهای کاری مدل توزیع می‌گردد. لذا ثابت گردیده که مدل توزیع زائد بوده و می‌توان آن را از ساختار مدل حذف کرد (Linde, Buzo, 1980: 25).

رویکرد چهارم مدل‌های یکپارچه کاربری زمین که اکثر خصوصیات مورد انتظار را دارا می‌باشد. دلیل اینکه در جدول مقایسه ساختاری رویکردهای مدل‌سازی حمل و نقل شهری از واژه به طور مشروط استفاده شده است که منظور از آن توانایی در پیش بینی دراز مدت و پویایی شهری بوده، و قابلیت این مدل‌ها به طور گسترده وابسته به وجود اطلاعات می‌باشد (Rodrigue, 1997: 250).

### خصوصیات جریان ترافیک

جریان ترافیک پدیده‌ای بسیار پیچیده است و شناخت آن مستلزم بیش از فقط یک مکاشفه علت و معلولی در حین رانندگی در آزادراه برای تایید رابطه‌ی غیر مستقیم جریان با سرعت می‌باشد. سرعت، هنگامی که وسایل نقلیه به هر دلیل کنار یکدیگر ازدحام می‌کنند، کاهش می‌یابد جریان ترافیک، فرایند تصادفی با تغییرات تصادفی در ویژگی‌های وسایل نقلیه و رانندگان و کنش‌های متقابل بین آنهاست. این نظریه تا حد زیادی به توضیح نیاز دارد. ساخت مدل‌هایی از واقعیت که در آنها تاثیر تغییرات اتفاقی نادیده و یا به طور میانگین در نظر گرفته می‌شود، به نحوی که هر داده معین دقیقاً یک جواب قابل پیش بینی تولید می‌کند، امری کاملاً رایج است. چنین مدل‌هایی قطعی هستند. وضعیت دیگر آنست که امکان تغییرات اتفاقی رادر درون مدل فراهم آوریم. در این صورت به احتمالات نتایج مختلفی که به دست می‌آید. توجه می‌کنیم این روش مدل‌سازی تصادفی تغییرات نتایج را مورد ملاحظه قرار داده و نه فقط متوسط نتایج را.

### روش‌های شناخت جریان ترافیک

تأثیر متقابل بین وسایل نقلیه و رانندگان آنها و همچنین بین خود وسایل نقلیه فرایندی بسیار پیچیده است. سه روش اصلی برای شناخت و تعیین مقدار جریان ترافیک وجود دارد. اولین روش، روش ماکروسکوپی (کلان گر) است که به جریان به عنوان مفهومی تجمعی نگاه می کند. روش ماکروسکوپی براساس قیاسهای فیزیکی مانند جریان حرارت و جریان سیالات مناسب ترین روش برای بررسی حالت پایدار پدیده جریان است و بنابراین کارایی کلی بالقوه سیستم را به بهترین وجهی توضیح داده است.

دومین روش، روش میکروسکوپی است که پاسخ هر وسیله نقلیه منفرد را به صورتی غیر تجمعی مورد ملاحظه قرار می دهد. در اینجا ترکیب راننده - وسایل نقلیه مورد بررسی قرار می گیرد، مانند نور وسایل نقلیه سواری. این روش کاربرد گسترده ای در عملیات مرتبط با ایمنی راهها دارد. روش سوم، روش عامل انسانی است این روش اساساً به دنبال تعریف ساز و کاری است که به وسیله آن، راننده منفرد و وسیله نقلیه او بتواند موقعیت خود را نسبت به سیستم راهبردی راهها تعیین نماید. توجه داشته باشید که روش های میکروسکوپی و عامل انسانی رابطه نزدیکی با یکدیگر دارند. یکی از طرق ترکیب این سه روش آن است که ابتدا فرض کنیم جریان ترافیک از وسایل نقلیه و راننده های یکسانی تشکیل شده است در نتیجه به راحتی امکان یکپارچه کردن روش های گوناگون را فراهم نماییم. در ساده ترین ترکیب نیز فرض می شود که ترافیک دارای سرعتی یکنواخت است و فاصله مکانی عبور بین وسایل نقلیه به سرعت بستگی دارد، به عبارت دیگر رفتار وسیله نقلیه به وسیله سایر وسایل نقلیه در جریان ترافیک به او تحمیل می شود. در واقع سرعت به عنوان تنها متغیری که بر جریان ترافیک تأثیر می گذارد در نظر گرفته می شود. طبیعتاً یک بهره جریان خاص متناظر با سرعتی که جریان ترافیک آن را قبول کرده است، وجود دارد.

## دسته بندی جریان ترافیکی

جریان وسایل نقلیه در تسهیلات حمل و نقلی را به طور کلی در دودسته می توان طبقه بندی کرد:

**۱- جریان غیر منقطع:** در تسهیلاتی روی می دهد که در آن ها عناصر ثابتی مانند چراغ راهنمایی که باعث قطع جریان ترافیک می شوند وجود ندارد. بنابراین شرایط جریان ترافیک نتیجه متقابل بین وسایل نقلیه در جریان ترافیک و بین وسایل نقلیه با ویژگی های هندسی میسر است. همچنین راننده وسیله نقلیه انتظار ندارد که توسط عوامل خارج از جریان ترافیک وادار به توقف شود.

**۲- جریان منقطع:** روی تسهیلات حمل و نقلی به وقوع می پیوندد که دارای عناصر ثابتی می باشند که سبب انقطاع متناوب جریان ترافیک می شوند. این عناصر شامل چراغ های راهنمایی، تابلوهای توقف و سایر انواع کنترل کننده ها است. این وسایل به طور متناوب سبب توقف و یا کاهش قابل ملاحظه سرعت ترافیک صرف نظر از این که چه اندازه ترافیک موجود است می گردند. طبیعتاً در این حالت راننده انتظار دارد که عواملی سبب توقف وی شود آن هم در زمانی که عواملی ثابت، بخشی از تسهیلات را در بر دارد. باید توجه داشت که جریان غیر منقطع و جریان منقطع اصطلاحاتی هستند که تسهیلات را توصیف می کنند و نه کیفیت را. یک آزادراه دارای تراکم که در آن جریان در حال متوقف شدن است، هنوز به عنوان یک تسهیلات غیر منقطع تلقی می شود، زیرا تراکم از درون جریان نشات می گیرد. سیستم چراغ های راهنمایی با زمان بندی مناسب در شریانی می تواند جریان ترافیکی تقریباً غیر منقطع را ایجاد کند اما چنین جریانی احتمالاً به دلایل مختلف در وهله اول به عنوان بخشی از سیستم خواهد بود در نتیجه به عنوان جریان منقطع طبقه بندی می شود.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو بخش توصیفی و تحلیلی انجام شده است. در بخش مطالعات توصیفی داده‌های مورد نیاز تحقیق از منابع کتابخانه‌ای و اسنادی و نیز فضای مجازی گردآوری شده است. در بخش تحلیلی با استفاده از تکنیک‌های تلفیقی (RS-GIS) و پشتیبانی شبکه عصبی و رگرسیون خطی چند متغییره مدل‌سازی فضایی حمل و نقل درون‌شهری جهت پیش‌بینی جریان‌های ترافیکی در منطقه ۶ شهر تهران انجام شده است.

## مدل‌سازی فضایی حمل و نقل درون‌شهری

سیستم مدل‌سازی حمل و نقل شهری (UTMS) چارچوبی را فراهم نموده که به کمک آن به مطالعه خصوصیات سفرهای درون‌شهری، و با استفاده از شیوه‌ها و مدل‌های موجود به پیش‌بینی تقاضای سفر می‌پردازد (Prsons, 1995, BrinckerHoff Quade, Douglas, 1995).

با این توصیف برای مدل‌سازی فضایی حمل و نقل درون‌شهری، پس از انجام مطالعات نظری شاخص‌های تاثیر گذار راستای رویکرد توسعه پایدار حمل و نقل درون‌شهری در ۴ بخش کلی شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی، زیر بنایی، زیست محیطی مشخص گردیده است، سپس متغیرهای مرتبط با هر بخش نیز تعیین و استخراج شده است. در این راستا مجموعه متغیرهای تاثیر گذار در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر که در برگیرنده، میزان تقاضای سفر واقعی موجود در منطقه به عنوان متغیر وابسته، و تعداد ۱۷ متغیر که از متغیرهای تولید و جذب سفر و نیز متغیرهای مکانی که به عنوان متغیرهای مستقل در ۳۹ ناحیه ترافیکی (ZONE) منطقه ۶ شهر تهران استفاده شده است.

جدول ۱- شاخص‌های تاثیر گذار در مدل‌سازی حمل و نقل درون‌شهری

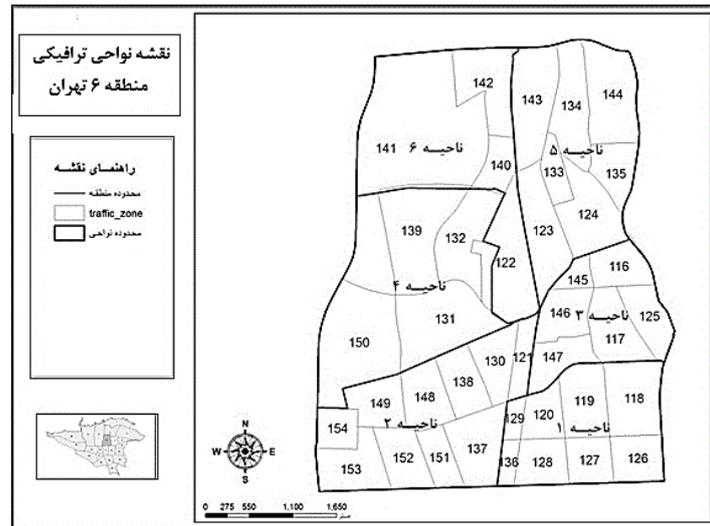
اقتصادی	اجتماعی	زیربنایی	زیست محیطی
سفرهای شغلی	جمعیت منطقه	سرانه کاربری مسکونی	حمل و نقل غیر موتوری
سرانه مالکیت سواری شخصی	بعد خانوار	سرانه کاربری تجاری	تعداد پارک
تعداد واحدهای کسبی منطقه	تعداد انشجویان در محل سکونت	تعداد تخت بیمارستانی	آلاینده‌های هوا
جمعیت شاغل منطقه	تعداد دانش آموزان در محل تحصیل	منطقه	انتشار گازهای گل‌خانه‌ای
درآمد خانوار	تعداد دانشجویان در محل تحصیل	زمان سفر با اتوبوس	آلودگی صوتی
تعداد کارمندان شاغل در منطقه	تعداد دانش آموزان در محل سکونت	تعداد پارکینگ	
		سهم شبکه معابر	
		سهم حمل و نقل عمومی	
		پایانه‌های مسافری	

## اهمیت و موقعیت فضایی منطقه مورد مطالعه

منطقه شش شهرداری تهران با جمعیت ۲۲۹۹۸۰ نفر و وسعت ۲۱۴۴ هکتار از شمال به بزرگ‌راه همت، از جنوب به محور انقلاب - آزادی، از شرق توسط بزرگ‌راه چمران و خیابان شهید مفتاح و از سمت غرب به بزرگ‌راه شهید چمران محدود شده است. منطقه شش در وضع موجود با تراکم ناخالص جمعیتی ۱۰۸.۵ نفر در هکتار و با سطحی معادل ۳.۵ درصد مساحت شهر تهران به عنوان یکی از مهم‌ترین مناطق، در تحولات شهری تهران می‌باشد. منطقه ۶ از سویی به

مدل سازی فضایی پیش بینی جریان های ترافیکی در ساماندهی حمل و نقل درون شهری تهران / ۱۲۵

دلیل استقرار در مرکزیت جغرافیایی شهر تهران و از سوی دیگر به لحاظ موقعیت و همجواری با مرکز قدیمی شهر یعنی محدوده بازار، میدان ارگ و توپخانه تحت تأثیر اقداماتی که پهلوی اول در خصوص توسعه شهر تهران انجام داد و با انتقال و حرکت تدریجی موقعیت شهر تهران به سمت شمال و شمال غربی از دهه چهل مرکزیت فضایی - فعالیتی پیدا نمود (شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک ، ۱۱:۸۵).



شکل ۱- نقشه نواحی ترافیکی منطقه مورد مطالعه  
(منبع: مولف)

### شبکه های ارتباطی منطقه

موقعیت مجراها یا به عبارت دیگر شبکه های ارتباطی در منطقه تحت تاثیر الگوی توسعه کالبدی و تدریجی شهر بوده است. بدین معنی که مرکزیت، قدمت و جهت توسعه ضرورت احداث مسیرهایی که بتواند ارتباط عناصر ساختار فضایی شهری را تامین نماید، سبب ایجاد شبکه های شرقی- غربی و در مرحله بعدی محورهای شمالی- جنوبی شده است. به طور کلی دو محور اصلی ساختار فضایی شهر تهران به نام انقلاب و ولی عصر تاثیر بسیار قاطعی در جریان های ارتباطی منطقه ایفا می نماید. مجراهای اصلی، شهید بهشتی، شهید مطهری، شهید فاطمی و کردستان. خطوط ارتباطی منطقه عبارتند از: انقلاب، ولی عصر، شهید چمران، شهید مدرس، بلوار کشاورز، طالقانی، کریم خان زند (شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک، ۱۰:۸۵).

مشهودترین مشکلات حمل و نقل درون شهری و ترافیکی موجود در منطقه ۶ شهر تهران عبارتند از:

- وجود کانون های جذب سفر در حاشیه و داخل منطقه
- واقع شدن در مسیر ترافیک عبوری مناطق همجوار
- بن بست شدن دوبرگ راه شهری در منطقه
- کمبود پارکینگ های خارج از حاشیه خیابان ها
- عدم پیوستگی در چند نقطه از مسیرهای با درجه اهمیت پایین
- جلوگیری از ورود جمعیتی که با هدف منطقه مورد مطالعه وارد شده اند و مجاز به ورود به محدوده ترافیک نیستند.
- بالا بودن میزان جمعیت مهاجر (شناور) روزانه

## یافته‌های پژوهش

همان‌طوری که در مبحث روش شناسی آمد، با جمع آوری داده‌های مورد نیاز مدل تحلیلی رگرسیون خطی چند متغیره با ترکیب لایه‌های رقومی مرتبط که در برگیرنده شاخص‌های تاثیر گذار، ماتریس‌های آماری داده‌های رقومی و پیوند به این لایه‌ها، جهت مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر در ۳۹ ناحیه ترافیکی منطقه ۶ شهرداری تهران از عملگرهای سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پردازش تصاویر رقومی (RS) و روش تحلیلی رگرسیون خطی چند متغیره استفاده شده است، سپس عملیات استاندارد سازی و آنالیزهای ترکیبی بر روی آن‌ها صورت گرفته است. در این مقاله جهت مدل‌سازی مکانی حمل و نقل درون‌شهری مراحل عملیاتی زیر انجام شده است:

تهیه لایه‌های رقومی مکانی: از داده‌های رقومی و توصیفی متغیرهای تاثیرگذار در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر با ساختار رستری در منطقه مورد مطالعه ایجاد شده است.

استانداردسازی متغیرها: لایه‌های رستری تولید شده از متغیرهای تاثیر گذار، بین داده‌های با دامنه ۰ تا ۲۵۵ (۸ بیتی) قرار گرفته است، که نتایج فرآیند کار، چند نمونه از متغیرها که عملیات استانداردسازی روی آن‌ها انجام شده است در شکل‌های (۳ و ۴) نشان داده شده است:

تبدیل متغیرهای تاثیر گذار مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر از فرمت ۸ بیتی به فرمت نرم افزارهای پردازش تصاویر رقومی مورد استفاده (نرم افزار پردازش تصاویر رقومی IDRISI).

اجرای مدل تحلیلی رگرسیون خطی چند متغیره با استفاده از ۱۷ متغیر مستقل (تولید و جذب سفر و مکانی) و متغیر وابسته (میزان تقاضای سفر موجود در منطقه).

برای ایجاد مدل رگرسیون چندگانه، یک رابطه خطی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل ایجاد شد. معادله رگرسیون خطی چندگانه بصورت رابطه (۱) نوشته شده است.

$$(1): y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

که در آن  $Y$  متغیر وابسته و  $x_1, x_2, x_3$  متغیرهای مستقل هستند.  $a$  مقدار ثابت و  $a_1, a_2, a_3$  ضرایب متغیرهای وابسته مورد نظر هستند

- نتایج تجزیه و تحلیل از مدل تحلیلی رگرسیون خطی چند متغیره نشان می‌دهد، که متغیر (C3) جمعیت منطقه با ضریب ۱۴.۲۳ درصد به عنوان مهمترین پارامتر بیشترین همبستگی را با متغیر وابسته در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر داشته است. پس از آن متغیرهای کاربری تجاری (C16) با ضریب ۱۱.۹ درصد، تعداد کارمندان شاغل در منطقه با ضریب ۳.۱۰ درصد به ترتیب دومین و سومین پارامترهای مهم در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. همچنین متغیر تعداد واحدهای کسبی (C12) با ضریب ۰.۰۰۸۹۳۰ درصد کمترین تاثیر را در مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر داشته که در شکل (۳) نشان داده شده است.

## معادله رگرسیون چند متغیره<sup>۱</sup>

$$\begin{aligned} \text{(TRAVEL DEMAND) TD} = & 105.4318 - 0.2835 \times (c1) + 0.0571 \times (c2) \\ & + 14.2533 \times (c3) - 1.2005 \times (c4) - 3.1007 \times (c6) - 0.7151 \times (c7) + 0.5064 \times (c8) - 0.0363 \times (c10) - 0.0089 \times (c11) \\ & + 0.4234 \times (c12) - 0.2088 \times (c13) \end{aligned}$$

مدل سازی فضایی پیش بینی جریان های ترافیکی در ساماندهی حمل و نقل درون شهری تهران / ۱۲۷

$$+ 2.7037 \times (c14) + 0.2498 \times (c15) - 11.9614 \times (c16) - 0.0646 \times (c17)$$

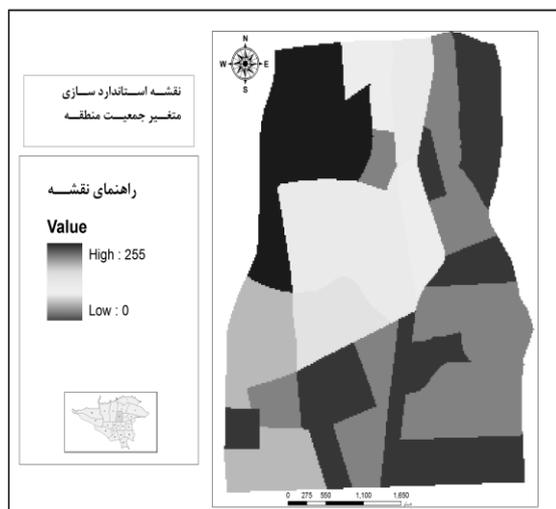
### آماره های رگرسیون خطی<sup>۱</sup>

$$(R) = 0.856831 \quad (R^2) = 0.73415936$$

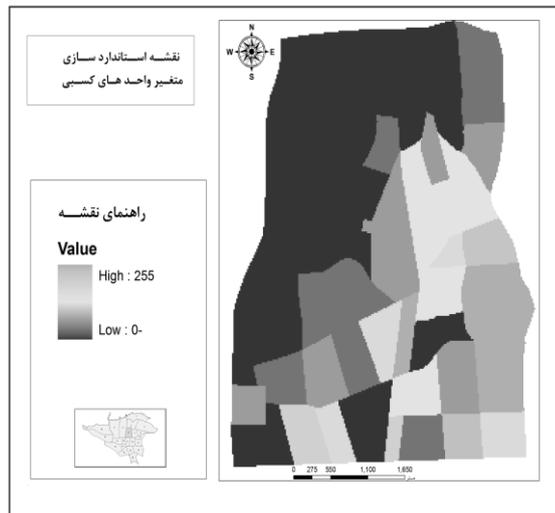
$$(F) = (20, 53569) = 8292.533203$$

### جدول ۲- آنالیز واریانس رگرسیونی<sup>۲</sup>

منبع (SOURCE)	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (RMS)
Regression	۱۷	۸۱۴۵۰۱۸۸.۵۴	۴۷۳۴۳۶۴
Residual	۵۳۵۶۹	۳۰۲۴۳۷۸۹.۱۲	۵۶۷.۶۴
Total	۵۳۵۸۹	۱۱۱۶۹۳۹۷۷.۶۶	-



شکل ۳- استاندارد سازی متغیر جمعیت منطقه ۶ تهران



شکل ۲- استاندارد سازی متغیر واحدهای کسبی منطقه ۶ تهران

### جدول ۳- ضرایب مدل رگرسیون چند متغیره<sup>۳</sup>

متغیر	مؤلفه	Coefficient	t_test ( 53569 )
ثابت	Intercept	۱۰۵.۴۳۱۸۴۱	۱۶.۲۰۶۷۱۳
پارک های منطقه	c1	-۰.۲۸۳۵۲۷	۱۰۸.۰۷۹۰۶۳
تخت بیمارستانی	c2	۰.۰۵۷۰۹۴	۲۳.۲۲۲۲۱۴
جمعیت	c3	۱۴.۲۵۳۳۰۳	۹۷.۰۱۱۸۱۸
جمعیت شاغل	c4	۱.۲۰۰۴۹۵	-۵۲.۶۹۲۷۷۲
کارمندان شاغل	c6	۳.۱۰۰۷۲۰	۲۹.۱۳۰۴۸۹
دانش آموزان محل سکونت	c7	۰.۷۱۵۱۴۵	۴۲.۰۴۶۳۸۷
دانش آموزان محل تحصیل	c8	۰.۵۰۶۳۷۸	۷۲.۷۰۱۹۱۲
دانشجویان محل تحصیل	c10	۰.۰۳۶۲۶۹	۱۶.۷۶۴۹۹۰

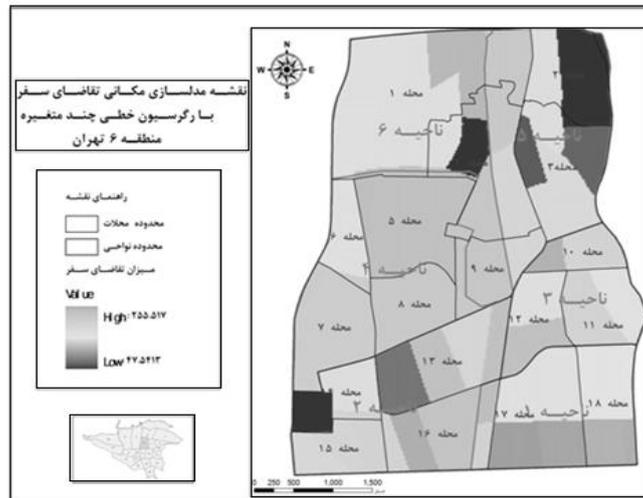
1 -Regression Statistics

2- ANOVA Regression Table

3 -Individual Regression Coefficients

ادامه جدول ۳- ضرایب مدل رگرسیون چند متغیره

متغیر	مولفه	Coefficient	t_test ( 53569 )
واحدهای کسبه	c11	۰.۰۰۸۹۳۰	۶.۷۴۵۴۰۰
شبکه معابر	c12	۰.۴۲۳۴۳۹	۹۶.۰۱۲۴۸۲
زمان سفر اتوبوس	c13	۰.۲۰۸۸۳۱	۵۵.۹۷۸۸۹۷
سفرهای شغلی	c14	۲.۷۰۳۶۶۷	۳۷.۲۴۲۲۹۴
آلاینده‌های هوا	c15	۰.۲۴۹۸۳۲	۱۲.۳۸۷۱۸۶
کاربری تجاری	c16	۱۱.۹۶۱۳۷۰	۸۲.۶۲۴۲۶۰
کاربری اداری	c17	۰.۰۶۴۵۹۱	۱۷.۱۲۲۹۶۷
دانشجویان محل سکونت	c9	۰.۱۰۳۰۳۷	۱۸.۴۰۲۴۴۷
سرانه مالکیت سواری	c5	۰.۴۸۷۵۱۶	۸۱.۳۲۹۷۲۷



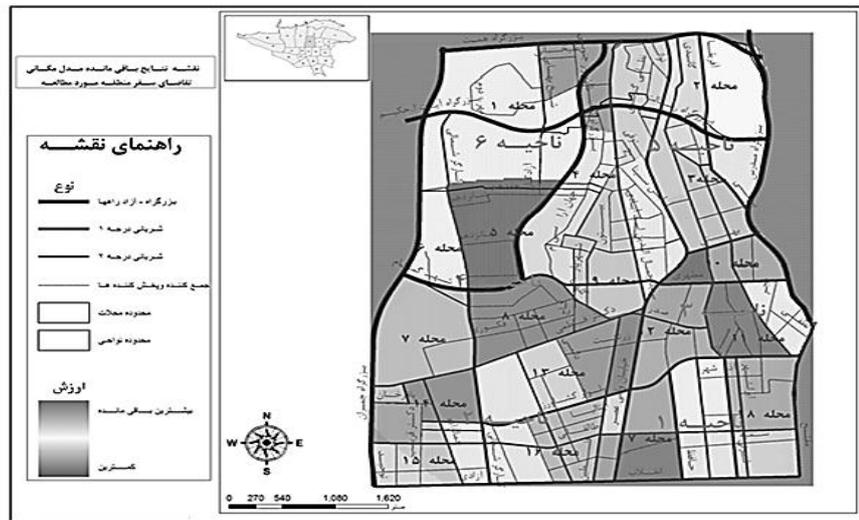
شکل ۴- نقشه مدل‌سازی حمل و نقل درون شهری

جهت ارزیابی و آزمون نتایج مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر با مدل‌های موجود از معیارهای جدیدی جهت تست ارزیابی مدل استفاده شده است که در جدول ۴ نشان داده شده است

جدول ۴- معیارهای برازندگی مدل

معیار ارزیابی	رگرسیون چند متغیره خطی
R2	۰.۷۳
MARE	۷۸.۶۲۸
RMSE	۱.۴۳
F	۸۲۹۲.۵۳۳۲۰۳

(منبع: مولف)



شکل ۵- نقشه نتایج باقی مانده مدل سازی فضایی

همچنین در ادامه تجربه و تحلیل عملیات مدل رگرسیون خطی چند متغیره نتایج باقی مانده برازش مدل رگرسیون خطی در ۳۹ ناحیه ترافیکی در منطقه مورد مطالعه نیز بدست آمده است، که با ترکیب لایه های رقمی رستری و وکتوری نواحی ترافیکی در شکل (۵) نشان داده شده است.

### جمع بندی

نتایج نهایی تجزیه و تحلیل با استفاده از روش تحلیلی رگرسیون خطی چند متغیره نشان داده است، که متغیرهای (C3) یعنی جمعیت با ضریب ۱۴.۲۳ درصد به عنوان مهمترین پارامتر بیشترین درجه همبستگی را با متغیر وابسته در مدل سازی مکانی تقاضای سفر در منطقه مورد مطالعه داشته است. پس از آن متغیرهای کاربری تجاری (C16) با ضریب ۱۱.۹- درصد و تعداد کارمندان شاغل در منطقه با ۳.۱۰- درصد به ترتیب دومین و سومین پارامترهای مهم در مدل سازی مکانی تقاضای سفر می باشند، که به ترتیب از طریق معادلات رگرسیون خطی چند متغیره بدست آمده است. این متغیرها در معادله برازش خطی ایجاد شده، بیانگر بیشترین میزان درجه همبستگی با متغیر وابسته در مقایسه با سایر متغیرهای تاثیر گذار در محاسبه مقدار واقعی تقاضای سفر حمل و نقل درون شهری بوده است. همچنین متغیر تعداد واحدهای کسبی منطقه (C11) با ضریب ۰.۰۰۸۹۳۰- درصد کمترین تاثیر را در مدل سازی مکانی پیش بینی حمل و نقل درون شهری در منطقه مورد مطالعه نشان داده است.

جهت تست، ارزیابی و روایی نتایج نهایی مدل، از معیارهای برازندگی جهت آزمون، تست نتایج مدل و مقایسه آن با نتایج مدل های موجود از روش تحلیلی رگرسیون خطی چند متغیره بدست آمده است. نتایج نهایی از معیارهای استفاده شده به ترتیب مقدار  $(R2=0.73415936)$ ،  $(MARE=78.628)$ ،  $(RMSE=1.43)$  درصد بدست آمده است. لذا با توجه به نتایج بدست آمده، مدل مکانی تقاضای سفر از توانایی های لازم جهت محاسبه میزان واقعی تقاضای سفر حمل و نقل درون شهری و تاثیر آن در پیش بینی و کاهش جریان های ترافیکی در منطقه مورد مطالعه را برخوردار بوده است.

۳- همچنین با توجه به پردازش لایه‌های رقومی (رستری- وکتوری) استخراج شده از تصویر ماهواره‌ای رقومی (quick beard88) منطقه ۶ شهر تهران، نواحی ۵ با محله‌های ۱۴ و ۱۶ با محوریت شبکه ارتباطی خیابان‌های شمال بزرگراه همت و جنوب خیابان دکتر بهشتی و شرق بزرگراه مدرس و غرب خیابان سیدجمال‌الدین اسدآبادی و ناحیه ۲ با محله‌های ۹ و ۸ با محوریت شبکه ارتباطی خیابان دکتر فاطمی، جنوب خیابان انقلاب و آزادی و شرق خیابان فلسطین و غرب خیابان‌های توحید و بزرگراه چمران بیشترین مقدار تقاضای سفر و ناحیه ۵ با محله‌های ۱۴ و ناحیه ۲ با محله‌های ۳ و ۲ و ناحیه ۱ با محله ۲ کمترین رقم تقاضای سفر، را در مدل رگرسیون خطی چند متغیره برای محاسبه میزان واقعی تقاضای سفر و تاثیر آن در پیش بینی و اتخاذ تصمیمات لازم جهت کاهش بار فشارهای ترافیکی در منطقه مورد مطالعه داشته است.

۴- مدل مکانی علاوه بر متغیرهای به کاررفته در مدل‌های تولید و جذب سفر موجود، متغیرهای مهم مکانی دیگری نیز که در بدست آوردن میزان واقعی تقاضای سفر، پیش‌بینی و کاهش جریان‌های ترافیکی تاثیر داشته است، وارد مدل مکانی نموده، و به نتایج مثبتی نیز رسیده است. نتایج تجزیه و تحلیل نهایی مدل تحلیلی رگرسیون خطی چند متغیره مصداق تائید این مطلب می باشد.

۵- مدل مکانی، علاوه بر استخراج نتایج نهایی همبستگی خطی بین متغیرهای تاثیر گذار در تقاضای سفر، به تولید نقشه‌های رقومی مکانی از نتایج مدل‌سازی به صورت رستری اقدام نموده است، سپس با آنالیز ترکیبی لایه‌های رقومی مکانی (وکتوری - رستری) و استاندارد سازی لایه‌های رقومی، میزان تقاضای سفر را در محوریت شبکه‌های ارتباطی در نواحی ترافیکی منطقه تعیین و به پیش‌بینی جریان‌های ترافیکی پرداخته است.

۶- مدل مکانی با استفاده از ضرائب اوزان شاخص‌های ترکیبی تاثیر گذار در تقاضای سفر که به روش تکنیک سلسله مراتبی مقایسه (AHP) بدست آمده است و مقایسه آن با اوزان حاصل گردیده از مدل‌سازی مکانی تقاضای سفر به مقایسه و ارزیابی نتایج مدل تحلیلی رگرسیون خطی چند متغیره پرداخته است.

## منابع و مآخذ

۱. شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران (۱۳۸۶)، طرح جامع حمل و نقل تهران، مدیریت تقاضای سفر، گزارش شماره ۹۳۳.
۲. شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک طرح جامع تهران (۱۳۸۵)، مطالعات جابجایی و حمل و نقل شبکه‌های ارتباطی طرح جامع تهران.
۳. عراقی، مرتضی (۱۳۸۸)، ارزیابی رویکردهای مدل‌سازی در طرح جامع حمل و نقل و ترافیک.
۴. وزارت مسکن و شهر سازی، شهرداری تهران (۱۳۸۴)، تهیه الگوی توسعه و طرح تفصیلی منطقه با همکاری شهرداری منطقه ۶.

5. Andre Dantas, Marcus v. Lamar, Yaeko Yamashita, Koshi Yamamoto, Eizo Hide Shima , (2008), Towards A Neural Network Based Model For Travel Demand For Cast : Gis And Remote Sensing Approach ,
6. Avery, T. E., Berlin, G. L. (1990), Fundamental of Remote Sensing and Airphoto Intrepretation. Maxwell Macmillan International, New York, USA.
7. Chao Yang, Anthony Chen , (2008), Sensitivity Analysis Of The Combined Travel Demand Model With Application , Journal Homepage : WWW/Elsevier.Com/locate Lejor, 14 September.
8. Dueker, K. J. And J. Butler, J.A. (1997) ,Gis-T Enterprise Data Model With Suggested Implementatio Choices , Discussion paper, Center for urban Studies , portland State University.

9. Dueker, K. J. and Vrana, R. (1992), Dynamic Segmentation revised: A Milepoint linear Data model, *Urisa Journal* 4, 94-105.
10. Fischer, M.M. (1994), From Conventional to Knowledge-based Geographical Information Systems. *Computer, Environmental and Urban Systems*. Vol. 18, no. 4, pp-233-242. USA .
11. Fisher, M.M (1999), Spatial analysis: retrospect and prospect. In *Geographical Information Systems: Principles and Technical issues*. Eds Longely, P.A., Goodchild, M.F, Maguire, D.J., Rhind, D.W. v. 1, Second Edition, USA
12. Foresman, T.W., Millete, T.L. (1997), Integration of remote sensing and GIS technologies for planning. In *Integration of Geographical Information Systems and Remote Sensing*
13. Goodchild, M.F. (1998), geographic Information systems And Disaggregate Transportation Modeling, *geographical Systems*, 5, 19-44.
14. Harris, B. (1996), Land use Models in Transportation Planning: a review of past developments and current best practice; Delaware Valley Regional Planning Commission. <http://www.bts.gov/tmip/papers/landuse/compendium/dvrpe-appb.htm>.
15. 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).
16. Kevin curtin, Valerian noronha, Mike Goochild, (UCSB), Steve grise (Esri Redlands), ArcGis Transportation Data Model (Unetrans).
17. Khisty, C. J. (1990), *Transportation Engineering: an introduction*; pp. 388; Prentice-Hall
18. Linde, Y., Buzo, A, Gray, R.M. (1980) "An Algorithm for vector Quantizers design", *IEEE Trans. On Communications*, v.com-28, pp.84-95, January
19. M.H. Mohammad, M.A. Bashar, S. Akhter, (2008), Travel Demand Management (TDM) For Improved Transportation, *Journa Of Quality And Technology Management*, volume, Iv, Issueii, Dec, Pg 2-43.
20. Meyer, M.D. and Miller E.J. (2001), *Urban Transportation Planning*. Mc Graw Hill, New York.
21. Morain, S.; Baros, S. L. (1996), *Raster imagery in Geographical Information systems*. On Word Press, p. 495; USA.
22. Nyerges, T.L. (1990), *Locational Referencing And Highway Segmentation In a Geographic Inform*
23. Openshaw S; Blake, M; Wymer, C (1995), Using neurocomputing methods to classify Britain's residential areas. In *Innovations in GIS 2*.
24. Openshaw, S.; A, (1991), concepts-rich approach to spatial analysis, theory generation, and scientific discovery in GIS using massively parallel computing. In *Innovations in GIS 1*
25. Prsons Brincker Hoff Quade And Douglas, (1995), Inc, *Travel Demand model Development And Applications Guide lines*, Oregon Department Of Transporttation planning Section, Transporttation Planning Analysis Unit, September, (1994), Revised June.
26. Rodrigue, J. P. (1997), Parallel modelling and Neural Networks: an overview for transportation / land use systems. *Transportation Research C*, v. 5, n. 5, p. 259-271
27. Taco, P.W., Yamashita, Y, Moreira, Souza, N, Dantas, A. (1999), Trip Generation Model: A New Conception Using Remote Sensing and Geographic Information Systems. *Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, Germany* (to be published)