

مدل سازی انتخاب وسیله سفر افراد برای ورود به محدوده طرح ترافیک کلانشهر تهران

پری ناز ماشینچی عباسی* - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، ایران.
مهدی عربی - استادیار، گروه نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، ایران.

چکیده

آیکی از روش‌های کنترل ترافیک در مناطق مرکزی و پر تردد شهرهای بزرگ، ایجاد محدوده طرح ترافیک و ممنوعیت ورود وسایل نقلیه شخصی به این محدوده در ساعات معینی از روز می‌باشد. اعمال محدوده طرح ترافیک و مرزبندی‌های ممانعتی و ایجاد زیرساخت‌های کنترلی سبب به وجود آمدن محدودیت‌ها و مشکلات قابل ملاحظه‌ای برای ساکنان و شاغلان در بخش‌های مرکزی شهرها گردیده است. در تهران نیز مرزبندی و محدودیت‌های ترافیکی سبب به وجود آمدن مشکلات عدیده‌ای در سیستم‌های شهری، ناحیه‌ای و مکانی شده که در این پژوهش، تأثیر محدوده طرح ترافیک کلان‌شهر تهران بر انتخاب وسیله سفر افراد مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. برای دستیابی به این هدف، اقدام به جمع‌آوری پرسشنامه از سطح محدوده طرح ترافیک گردید و برای مدل‌سازی انتخاب وسیله سفر، با توجه به ماهیت گسسته داده‌ها از مدل لوجیت چندگانه استفاده شد و پیاده‌سازی این مدل با استفاده از نرم‌افزار TransCAD انجام گرفت. نتایج نشان داد پارامترهای وابستگی کاری به اتومبیل، تعداد سرنشین، داشتن مجوز ورود به طرح و میزان تردد به محدوده طرح از جمله پارامترهای تأثیرگذار در استفاده از خودروی شخصی به منظور ورود به محدوده طرح ترافیک می‌باشند. ارزیابی مدل نیز نشان داد، وسیله تخمین زده شده در ۸۴٪ موارد با وسیله انتخابی توسط افراد، همخوانی دارد.

واژگان کلیدی: مدل انتخاب وسیله سفر، محدوده طرح ترافیک، لوجیت چندگانه

Modeling people trips mode choice for entry into the central metropolis Tehran congestion charging zone

Abstract

One of the methods of controlling traffic in central and high traffic areas of major cities is creating central congestion charging zone and the ban on entry private car into this zone at certain hours of the day. This interdictions and control infrastructure constraints cause significant problems for residents and who has been working in the central zone of the cities. This interdictions and traffic constraints cause many urban systems and regional and local problems in Tehran, because of importance of those changes this study is to evaluate and assess the influence of central Tehran congestion charging zone on the mode choice of people trips for entry into the zone. In this context, the questionnaires were collected from the central zone of Tehran and for modeling of mode choice in this study, due to the discrete nature of data, multinomial logit model was used and the implementation of this model was done using the TransCAD software. The results showed business dependence on the automobile, that the number of passengers in the car, having an entry permit to the congestion zone and the amount of commute to the congestion zone are including influencing parameters on the use of private cars in order to enter the study area. Model evaluation showed estimated mode matches with people selected mode at 84%

Key words: Mode choice model, Congestion charging zone, Multinomial logit

به دنبال رشد شهرنشینی در ایران در چند دهه گذشته، شهرها با معضلات زیادی از جمله شلوغی، آلودگی و ازدحام به خصوص در نواحی مرکزی مواجه شدند. عدم توازن کاربری‌ها، دوری محل کار از محل سکونت و ارزانی نسبی بنزین، سهولت نسبی دارا بودن وسیله نقلیه شخصی و نبود سیستم حمل‌ونقل همگانی مناسب سبب شده‌اند تا اکثر مردم از وسیله نقلیه شخصی برای حمل‌ونقل و جابجایی در سطح شهرها استفاده نمایند (کری و سرینیواسان، ۱۹۹۳، ص ۲۱۷). مقرر کردن عوارض برای ورود وسایل نقلیه شخصی یکی از راهکارهایی است که می‌توان از طریق آن، هم از تراکم وسایل نقلیه در این نواحی کاست و هم از درآمدهای آن برای توسعه حمل‌ونقل همگانی کارا بهره جست (هوانگ، ۲۰۰۲، ص ۵۶۲). در واقع ایجاد محدوده طرح ترافیک یکی از روش‌هایی است که با اعمال محدودیت استفاده از تمام یا بخشی از شبکه خیابان‌های شهری، درصدد مقابله با بحران‌های ناشی از حمل‌ونقل شهری و کاهش ترافیک و پیامدهای ناشی از آن است. مروری بر ادبیات مربوطه نشان می‌دهد که هدف اصلی از ایجاد محدوده ترافیک در مناطق شلوغ، کاهش تعداد استفاده وسایل نقلیه شخصی از این مناطق می‌باشد. دیدگاه کلی در این زمینه آن است که کسانی که با آوردن وسایل نقلیه شخصی در این مناطق باعث شلوغی ترافیک می‌شوند باید بهای آن را نیز بپردازند (عسگری و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۱۶۵ و لیتمن، ۲۰۰۶).

سیاست قیمت‌گذاری در محدوده مرکزی شهر تهران موضوع مورد بررسی در این تحقیق است. در این رابطه آگاهی از نحوه توزیع سفر با توجه به این محدودیت در مرکز شهر و نیز آگاهی از نحوه تغییر سهم وسایل نقلیه مختلف (وسيله شخصی، تاکسی، اتوبوس، مترو و غیره) به ازای قیمت‌های مختلف ورود به این محدوده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. آگاهی از سهم وسایل یاد شده به سیاست‌گذاران این امکان را می‌دهد تا نسبت به کنترل ترافیک متقاضی استفاده از محدوده مرکزی شهر در این محدوده اقدام نمایند. به عبارت دیگر برای برآورد میزان تراکم در محدوده مرکزی شهر تهران باید از تقاضای سفر وسایل نقلیه مختلف اطلاع داشت. پس هدف اصلی این پژوهش را می‌توان بررسی و ارزیابی تأثیر محدوده طرح ترافیک بر انتخاب وسیله سفر افراد برای ورود به محدوده طرح بیان نمود.

تاکنون تحقیقات زیادی بر روی مدل‌سازی انتخاب وسیله سفر و نیز در نظر گرفتن محدودیت ورود به طرح ترافیک انجام شده است. در یکسری از این تحقیقات به هدف سفر خاصی اشاره شده است و تنها آن هدف سفر مدل‌گردیده از جمله زیاری و همکاران (۱۳۹۲، ص ۱) به مدل‌سازی الگوهای رفتاری ساکنان شهر تهران در سفرهای کاری و دریافت خدمات پرداختند. این مطالعه در منطقه ۲۲ شهر تهران و با بهره‌گیری از مدل‌های لججیت چندگانه انجام گردید. در نهایت نتایج نشان‌دهنده مقدار برازندگی بالای مدل‌های استفاده شده بر الگوهای رفتاری کار و خدماتی ساکنان محدوده مورد مطالعه بود. حبیبیان و کرمانشاه (۱۳۹۱، ص ۱۱۷) به مدل‌سازی دلایل استفاده از سواری شخصی توسط شهروندان در سفرهای کاری انجام شده به محدوده مرکزی کلانشهر تهران پرداختند. در این تحقیق با استفاده از مدل لججیت چندگانه، عوامل مؤثر بر دلیل اصلی تصمیم افراد برای استفاده از سواری شخصی با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده توسط ۳۶۶ پرسشنامه مورد بررسی قرار گرفت. این دلایل، به سه دسته اصلی راحتی، ضعف سیستم‌های همگانی و نیاز به سواری شخصی در طول روز تقسیم گردید. نتایج نشان داد که اگرچه افراد عمدتاً به دلیل عامل راحتی، از سواری شخصی استفاده می‌کنند، موقعیت خانه و سن آنان نقش عمده‌ای در دیدگاه آنها در مورد سیستم‌های همگانی دارد. همچنین تحلیل دقیق عوامل نارضایتی از سیستم‌های همگانی، مدل‌های به دست آمده در این مطالعه نشان داد که دور بودن ایستگاه‌ها از خانه، نقش مهمی در استفاده نکردن افراد ساکن در محدوده خارج از مرکز شهر از سیستم‌های همگانی دارد. کین و همکاران (۲۰۱۳، ص ۲۳۷۳) مدل‌های لججیت چندگانه را با استفاده از رجحان بیان شده برای تحلیل رفتار انتخاب اتوبوس، دارندگان خودرو در شهرهای متوسط چین مورد بررسی قرار دادند. چهار پارامتر زمان سفر، راحتی اتوبوس، هزینه پارکینگ، و هزینه سوخت به عنوان عوامل مهم جهت تحلیل رفتار سفرکنندگان با خودروی شخصی برای تغییر به استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی در نظر گرفته شد. نتایج نشان‌دهنده آن بود که گروه‌های سفرکننده با خودروی شخصی بیشترین حساسیت را به تغییر هزینه پارکینگ و هزینه سوخت داشته و به راحتی اتوبوس حساس نیستند. پیاده‌سازی‌های مورد نظر این تحقیق با استفاده از ۱۰۷۹ پرسشنامه (۱۰۰۱)

مختلف ۲۲ گانه شهرداری تهران از منظر ایجاد و تولید سفر با انواع وسایل نقلیه به مقصد محدوده طرح ترافیک تهران مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌اند.

۳- مدل مفهومی

مدل تفکیک سفر ۱ به وسیله برنامه‌ریزان برای جوابگویی به سؤالات زیر به کار برده می‌شود: «به وسیله چه مدی از حمل‌ونقل سفرها از نواحی انجام خواهد شد؟» و «چه اشتغالی از وسایل نقلیه را می‌توان انتظار داشت؟» (افندی‌زاده و رحیمی، ۱۳۹۲). در واقع مدل‌های انتخاب حالت ۲ تخمین می‌زنند که افراد برای انجام سفر خود از کدام یک از سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی و خصوصی استفاده می‌کنند (فوریناش و کاپلمن، ۱۹۹۳، ص ۹۸).

مدل‌های تفکیک سفر به دو دسته کلی مدل‌های هم‌مفزون ۳ و ناهم‌مفزون ۴ طبقه‌بندی شده‌اند (فوریناش و کاپلمن، ۱۹۹۳، ص ۹۸). اگر در مدلی برای ارزیابی و پیش‌بینی یک انتخاب نیاز به بررسی ویژگی‌های رفتاری گروهی از افراد جامعه باشد، آن مدل از نوع هم‌مفزون می‌باشد و اگر یک مدل بر مبنای بررسی ویژگی‌های رفتاری افراد خانواده بنا شده باشد، آن مدل ناهم‌مفزون است (اپنهم، ۱۹۹۵). به دلیل نقاط ضعف فراوان مدل‌های هم‌مفزون، مدل‌های نسل دوم تفکیک سفر یعنی مدل‌های ناهم‌مفزون به وجود آمدند و با روند رو به افزایش کاربرد آنها به مرور مدل‌های هم‌مفزون کنار گذاشته شدند (اسلاوین، ۱۹۹۶، ص ۳۱۳). آنچه که در مدل‌های ناهم‌مفزون تفکیک سفر مهم می‌باشد، این نکته است که سفر نتیجه انتخاب‌های افراد می‌باشد. در واقع هدف این مدل، پیش‌بینی و مدل‌سازی نتایج انتخاب‌های افراد می‌باشد. موارد الزامی برای این مدل‌سازی عبارتند از (اسونسان، ۱۹۹۸، ص ۱۴۱ و جاو و همکاران، ۱۹۹۸، ص ۱۸۹):

- شناسایی تصمیماتی (مثل انتخاب حالت) که باید اخذ شوند و گزینه‌های پیشنهادی (از قبیل اتوبوس، مترو، تاکسی و ...) که در دسترس افراد می‌باشند.
- شناسایی متغیرهای احتمالی که بر روی انتخاب‌های افراد تأثیرگذار می‌باشند از قبیل زمان و هزینه سفر

1. Mode Split
2. Mode Choice
3. Aggregate models
4. Disaggregate models

پرسشنامه مؤثر) که در سال ۲۰۱۲ جمع‌آوری شده بودند، انجام گردید.

المسری و الراعی (۲۰۱۳، ص ۲۴۷) عوامل تأثیرگذار بر انتخاب وسیله سفرهای کاری در شهرهای در حال توسعه را بررسی نمودند. این تحقیق بر روی شهر غزه انجام شد که یکی از شهرهای در حال توسعه بوده و عدم وجود کاربرد مؤثر برنامه‌ریزی‌های حمل‌ونقل به عنوان یکی از مشکلات این شهر مطرح است. انتخاب وسیله سفر در این تحقیق با استفاده از مدل لوجیت چندگانه بر روی ۵۵۲ پرسشنامه معتبر (از ۷۰۰ پرسشنامه جمع‌آوری شده) انجام گردید. نتایج نشان‌دهنده معتبر بودن نتایج در بازه اطمینان ۹۵٪ بود. در مطالعات دیگری نیز به بررسی تأثیر محدوده ترافیک پرداخته شده که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

میربها و همکاران (۱۳۹۳، ص ۱۳۷) به بررسی تأثیر قیمت‌گذاری معابر بر شیوه انتخاب وسیله کاربران پرداختند. در این مطالعه بیش از ۳۵۰۰ پرسشنامه جمع‌آوری شده و با توجه به ماهیت گسسته داده‌ها، از مدل لوجیت چندگانه استفاده شد. نتایج نشان داد که قیمت‌گذاری می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب برای مدیریت تقاضای وسایل نقلیه شخصی بکار رود. همچنین نتایج بیانگر آن بود که ۳۰ درصد از افراد نسبت به انتخاب گزینه حمل‌ونقل همگانی و ۲۴ درصد نسبت به انتخاب گزینه تاکسی مبادرت می‌ورزند.

با مرور مطالعات پیشین می‌توان دریافت که تحقیقات انجام شده در زمینه مدل‌سازی انتخاب وسیله سفر معمولاً در ارتباط با انتخاب بین وسیله نقلیه شخصی و شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل همگانی بوده است و کمتر مطالعه‌ای به صورت هم‌زمان انتخاب سایر گزینه‌های سفر را در نظر گرفته است، همچنین در این مطالعات به بررسی سه یا چهار پارامتر مؤثر در تعیین وسیله سفر پرداخته شده است. در پژوهش حاضر بیش از بیست پارامتر مختلف به طور هم‌زمان مورد ارزیابی قرار گرفته است و نیز اکثر تحقیقات فقط یک هدف سفر معمولاً کاری را مدنظر قرار داده‌اند در صورتیکه در تحقیق حاضر کلیه اهداف سفر بررسی شده است. از طرفی در تحقیقات مربوط به انتخاب وسیله سفر، به بعد مکانی توجه نشده است و کمتر تحقیقاتی به بررسی این موضوع با دید مکانی پرداخته است و از منظر مکانی، سهم هر منطقه را در انتخاب هر کدام از حالات شیوه سفر بررسی نموده است در صورتیکه در پژوهش حاضر مناطق



• توسعه یک فرمول ریاضی که وابستگی انتخاب‌ها به متغیرهای مربوطه را تشریح می‌کند.

۲۰۰۲). مدل انتخاب لوجیت گسسته اغلب از نظریه مطلوبیت ۱۵ استخراج می‌شود. این نظریه فرض می‌کند که هر کاربر حالات حمل‌ونقل یک تصمیم‌گیر است و برای پیشینه کردن مطلوبیت خود انتخاب می‌کند. فرض‌های اساسی به شرح زیر هستند:

- هر فرد i در انتخاب، تمام حالات حمل‌ونقل را که مجموعه انتخاب وی را می‌سازد، در نظر می‌گیرد.
- هر فرد i به هر حالت مجموعه انتخاب یک مطلوبیت درک شده V_{ij} مرتبط می‌کند، که تابعی از توصیفات مختلف بوده و حالت با پیشینه مطلوبیت را انتخاب می‌کند.
- در نظریه مطلوبیت تصادفی، فرض می‌شود رابطه بین مطلوبیت تشخیص داده شده مرتبط با هر حالت j توسط هر فرد i و توصیفات خطی هستند (دامینسیچ و مکفدن، ۱۹۷۵ و کاپلمن و باوت، ۲۰۰۶):

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad , j \in A_i \quad (1)$$

که در آن

$$V_{ij} = \sum_k \theta_k X_{ijk} \quad (1-1)$$

که در آن V_{ij} تابعی از توصیفات اندازه‌گیری شده مختص X_{ijk} است؛ ε_{ij} جزء تصادفی مجهول بوده که توصیفات مشاهده نشده، تغییرات ذائقه، و خطاهای اندازه‌گیری شده یا مشاهده شده را در نظر می‌گیرد. θ_k پارامترهای مجهول بوده و X_{ijk} توصیف یا متغیر k ام برای حالت j متعلق به مجموعه انتخاب A_i مرتبط با فرد i است. احتمال انتخاب پیشینه مطلوبیت حالت j می‌تواند به صورت رابطه (۲) نوشته شود (بن آکیوا و لرمن، ۱۹۸۵):

$$P_{ij} = \text{prob} [V_{ij} + \varepsilon_{ij} > V_{ik} + \varepsilon_{ik}, j \neq k \in A_i] \quad (2)$$

بر مبنای فرض توزیع احتمال توأم مجموعه‌ای از آشفتگی‌های $\{\varepsilon_{ij}, j \in A_i\}$ ، یک مدل مطلوبیت تصادفی مشخص می‌تواند به دست آید. طبق توزیع مقدار حدی Gumble یا مقدار حدی نوع I، فرض می‌شود هر خطای ε_{ij} برای مدل لوجیت چندگانه بصورت مستقل و یکنواخت در جمعیت و برای هر فرد توزیع شده است. تابع توزیع رابطه (۳) فرض می‌شود (ماندل و همکاران، ۱۹۹۷، ص ۹۹):

$$p(\varepsilon_{ij} \leq \varepsilon) = \exp \left[-\exp \left(-\sqrt{\pi^2 / 6} \delta^2 \varepsilon \right) \right] \quad (3)$$

• با مد صفر و واریانس δ^2 برای هر مد $j \in A_i$

15. Utility

16. perceived utility

• توسعه یک فرمول ریاضی که وابستگی انتخاب‌ها به متغیرهای مربوطه را تشریح می‌کند.

۳-۱ مدل‌های انتخاب گسسته

یکی از زمینه‌های مهم مدل‌سازی، مدل‌های انتخاب گسسته است. مدل‌های انتخاب گسسته ۵ انتخاب‌های بین دو یا چند جایگزین ۶ یا گزینه گسسته را توصیف، بیان و پیش‌بینی می‌نمایند. بطور کلی در مدل‌های انتخاب گسسته فرض می‌شود که احتمال اینکه افراد یک گزینه را انتخاب نمایند، تابعی از ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی و جذب V نسبی آن گزینه است (اورتوزار و ویلیامسن، ۲۰۱۱).

یکی از زمینه‌های پرکاربرد مدل‌سازی انتخاب گسسته، مدل‌های حمل‌ونقل است. یک مدل حمل‌ونقل در واقع نمایشی ساده شده از جهان واقعی است که معمولاً در یک نرم‌افزار رایانه‌ای انجام شده و تأثیر تصمیم‌گیری‌های حمل‌ونقل را مشخص می‌نماید (المسری و الراعی، ۲۰۱۳، ص ۲۴۷). یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مدل‌سازی حمل‌ونقل پیش‌بینی رفتار انتخاب سفر است که به دفعات مدل‌سازی شده است. این مورد شامل جنبه‌های خاص از رفتار انسان است که به تصمیم‌های انتخاب تخصیص داده شده است. مدل‌های انتخاب مد ناهمفزون بسیاری وجود دارند که از مهمترین آن‌ها می‌توان به مدل لوجیت چندگانه ۹ (بن آکیوا، ۱۹۷۴)، لوجیت آشیانه‌ای ۱۰ (ویلیامز، ۱۹۷۷، ص ۲۸۵)، پروبیت چندگانه ۱۱ (داگانزو، ۲۰۱۴)، مقدار حدی تعمیم یافته ۱۲ (دالی و بیرلیر، ۲۰۰۶، ص ۲۸۵)، لوجیت مرکب ۱۳ (براونستون و همکاران، ۲۰۰۰، ص ۳۱۵)، مقادیر حدی چندگانه گسسته-پیوسته ۱۴ (باوت، ۲۰۰۵، ص ۲۷۹) اشاره نمود. از بین مدل‌های مذکور، مدل لوجیت بطور گسترده برای واسنجی انتخاب حالت به کار می‌رود. زیرا فرموله کردن آن ساده بوده و دقت آن در مقایسه با سایر انواع بیشتر است (کورتوزار و ویلیامسن،

5. discrete choice models

6. Alternative

7. Attractiveness

8. Travel Choice

9. Multinomial Logit

10. Nested Logit

11. Multinomial Probit

12. Generalized Extreme Value

13. Mixed Logit

14. Multiple Discrete-Continuous Extreme Value

حال احتمال اینکه هر فرد i حالت j را انتخاب کند به صورت رابطه (۴) بیان می شود (دامینسیچ و مکفدن، ۱۹۷۵):

$$P_{ij} = \frac{\exp(\alpha V_{ij})}{\sum_{k \in A_i} \exp(\alpha V_{ik})} \quad (4)$$

مقدار α می تواند بدون کاهش عمومیت در رابطه (۴)، ۱ در نظر گرفته شود. این بدان علت است که α طبق تعریف V_{ij} در تمام پارامترهای مجهول θ_k ضرب می شود. بنابراین، برآوردهای این پارامترها در مقدار α نیز در نظر گرفته می شود.

روش بیشینه احتمال رایج ترین فرآیند استفاده شده در تعیین برآورد کننده ها در مدل های لوجیت ساده و آشیانه ای است. به بیان ساده برآوردهای بیشینه احتمال، مقادیر پارامترها است در شرایطی که نمونه مشاهده شده به صورت محتمل ترین حالت اتفاق می افتد (بن آکیوا و لرم، ۱۹۸۵).

روند برآورد بیشینه احتمال شامل دو گام مهم است: توسعه یک تابع چگالی احتمال توام از نمونه مشاهده شده که تابع احتمال نامیده می شود.

برآورد مقادیر پارامتر برای یک نمونه از افراد I که در آن با M جایگزین به صورت رابطه (۵) تعریف می شود (بن آکیوا و لرم، ۱۹۸۵):

$$L(\beta) = \prod_{\forall i \in I} \prod_{\forall m \in M} (P_{mi}(\beta))^{\delta_{mi}} \quad (5)$$

که در آن L مدل احتمال نسبت داده شده برای پوشش دادن جایگزین های موجود است. P_{mi} احتمال آن است که فرد i گزینه m را انتخاب کند. β ضرایب مورد نیاز برای محاسبه مدل لوجیت است. δ شاخص انتخاب شده است (اگر j توسط فرد i انتخاب شود برابر ۱ بوده و در غیر این صورت برابر صفر است).

مقادیر پارامترهایی که تابع احتمال را بیشینه نماید، با پیدا کردن مشتق اول تابع احتمال و برابر صفر قرار دادن آن به دست می آید. رویکردی که بطور گسترده استفاده می شود، بیشینه کردن لگاریتم L به جای خود L است. این کار مقادیر برآوردهای پارامترها را تغییر نمی دهد، زیرا تابع لگاریتمی به صورت اکیداً یکنواخت افزایش می یابد. بنابراین، تابع احتمال به تابع لگاریتم احتمال تبدیل شده و به صورت رابطه (۶) تعریف می شود (بن آکیوا و لرم، ۱۹۸۵):

$$LL(\beta) = \text{Log}(L(\beta)) = \sum_{\forall i \in I} \sum_{\forall m \in M} \delta_{mi} \times \ln(P_{mi}(\beta)) \quad (6)$$

مشتق اول لگاریتم تابع احتمال می تواند به صورت رابطه (۷) نمایش داده شود (بن آکیوا و لرم، ۱۹۸۵):

$$\frac{\partial(LL)}{\partial \beta_k} = \sum_{\forall i \in I} \sum_{\forall m \in M} \delta_{mi} \times \frac{1}{P_{mi}} \times \frac{\partial P_{mi}(\beta)}{\partial \beta} \quad \forall k \quad (7)$$

بیشینه احتمال با برابر صفر قرار دادن رابطه (۷) و حل معادله برای بهترین مقادیر بردار پارامتر β به دست می آید.

۴- روش شناسی تحقیق

روند انجام روش مورد نظر در این پژوهش مطابق با روندنمای ارائه شده در شکل ۱ است. هر یک از مراحل ارائه شده در روندنمای شکل ۱، در ادامه به تفصیل شرح داده شده است.

۴-۱- آمارگیری

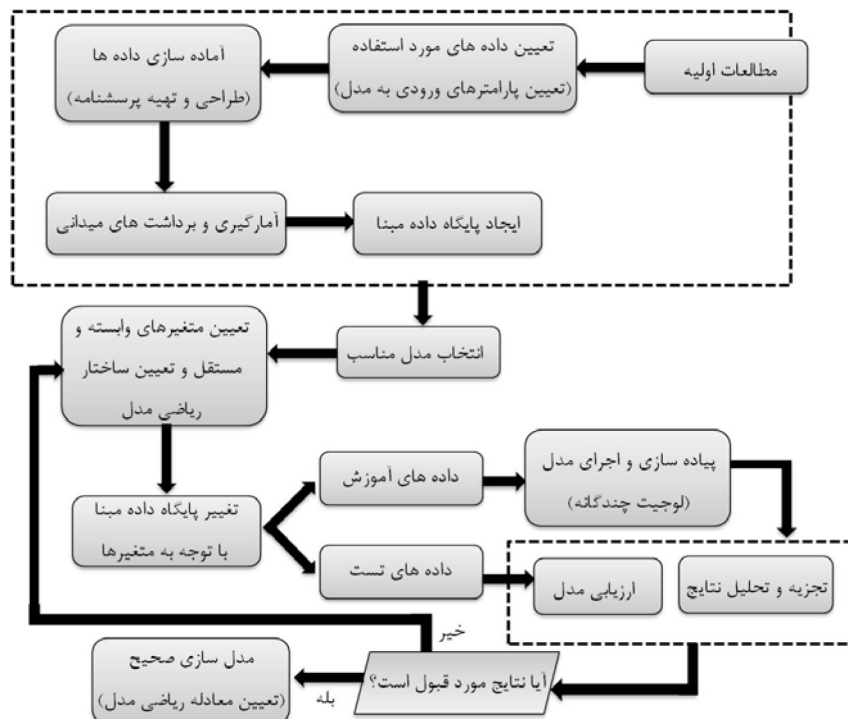
در برنامه ریزی های حمل و نقلی همواره نیاز به جمع آوری اطلاعات مربوط به رفتار مسافران است که در اکثر موارد این اطلاعات به صورت آمارگیری از یک نمونه تصادفی ۱۷ از کل جامعه انتخاب شده، مشاهده و جمع آوری می گردد. به این روش جمع آوری اطلاعات، روش رجحان مشاهده شده ۱۸ می گویند. زمانی که پرسشها در مورد شرایطی است که در حال حاضر امکان مشاهده آن وجود ندارد و یا به عبارتی نمی توان اطلاعات مورد نظر را به صورت مشاهده جمع آوری نمود، روش رجحان بیان شده ۱۹ توسط برخی از پژوهشگران به عنوان روش جایگزین پیشنهاد شده است. در این روش تلاش می شود در سناریوهایی وضعیت مورد نظر برای پاسخگو ترسیم گردد و در این زمینه عکس العمل احتمالی وی از او پرسیده شود (سالک مقدم، ۱۳۸۱، ص ۱۸)، در این پژوهش نیز با توجه به سناریوهای مطرح شده و نیز با توجه به اینکه امکان مشاهده مستقیم آن سناریوها وجود نداشت، از روش رجحان بیان شده استفاده گردید.

۴-۲- طراحی پرسشنامه

جامعه آماری مورد نظر در این مطالعه، کلیه مسافران به مقصد محدوده طرح ترافیک کلانشهر تهران می باشد که با در نظر گرفتن این مورد اقدام به طراحی پرسشنامه ها گردید.

17. Random Sample
18. Revealed Preference Method
19. Stated Preference Method





شکل ۱. روندنمای مراحل پیاده سازی و تجزیه و تحلیل نتایج

برآوردهای به دست آمده بیشتر خواهد بود. در این مطالعه از روش نمونه گیری تصادفی ساده برای برآورد حجم نمونه استفاده شده است. رابطه مورد استفاده به صورت رابطه (۸) است (هنشر و باتین، ۲۰۰۰).

$$n \geq \frac{Z^2(1 - P_y)}{\varepsilon^2 P_y} \quad (۸)$$

در این رابطه سهمی از جامعه است که به ویژگی مورد نظر مبتلا بوده، n جمعیت جامعه آماری، Z ضریب قابلیت اطمینان و خطای نسبی است. در این تحقیق، Z برابر با ۹۵٪ و براساس اطلاعات الگوی سفر شهروندان تهرانی و با توجه به سهم انواع وسایل نقلیه قابل استفاده برای انجام سفرهای درون شهری شهر تهران و اینکه سهم وسیله نقلیه شخصی در حدود ۴۰ درصد است (برابر ۰/۴) و همچنین با در نظر گرفتن خطای نسبی ۵٪ (برابر ۰/۰۵)، کمینه مشاهده لازم برای ساخت مدل ۵۴۲ مشاهده به دست آمد.

۴-۴- جمع آوری پرسشنامه

باتوجه به تعداد نمونه مورد نیاز و با توجه به اینکه همواره در جمع آوری اطلاعات آماری، تعدادی از اطلاعات قابل

در نهایت پرسشنامه ای طراحی گردید که دارای ۳۳ سؤال و سه بخش اصلی می باشد. بخش اول پرسشنامه شامل سؤالات عمومی در زمینه مشخصات پرسش شوندها بوده که این اطلاعات مرتبط با ویژگی های فردی و اجتماعی و اقتصادی افراد است، بخش دوم شامل سؤالات تردد و حمل و نقل شهری پرسش شوندها بود که این اطلاعات مرتبط با سفر و شیوه حمل و نقل افراد می باشد و بخش سوم شامل پرسشهایی در زمینه دیدگاه و نظرات افراد در مورد اجرای محدوده طرح ترافیک است که این اطلاعات مرتبط با پاسخ افراد به سیاست گذاری ها و تغییرات مدنظر مطالعه کننده بود. به همین دلیل در بخش سوم، سناریوهای مورد نظر مطرح گردید و از پرسش شوندها خواسته شد تا با در نظر گرفتن تغییرات ارائه شده به آنها جواب دهند. قالب کلی پرسشنامه و سؤالات در پیوست ۱ همین تحقیق ارائه شده است.

۴-۳- تعیین تعداد نمونه

یکی از مهم ترین مسائل در برداشت اطلاعات، تعیین اندازه مورد نیاز است. اولین قدم در تعیین اندازه نمونه، مشخص کردن سطح قابلیت اعتماد برای برآوردهای مورد نظر است. به طور کلی هرچه نمونه بزرگتر باشد، قابلیت اعتماد

پارامترها ۲۱ در واقع همان پارامترهای مؤثر در تعیین هر کدام از متغیرهای وابسته هستند. جدول ۱ دسته‌بندی متغیرهای وابسته برای انجام فرآیند مدل‌سازی در این پژوهش را نشان می‌دهد.

علاوه بر متغیرهای وابسته، از ۲۱ متغیر مستقل در این مطالعه استفاده کردیم که شرح کامل آن به همراه علائم اختصاری بکار گرفته در این پژوهش در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱. متغیرهای وابسته جهت ورود به مدل

متغیر	توضیح
Y1	انتخاب وسیله شخصی به منظور ورود به محدوده طرح ترافیک
Y2	انتخاب حمل‌ونقل همگانی (مترو، اتوبوس، تاکسی)
Y3	انتخاب سایر روش‌ها (سرویس‌های اداری، دوچرخه، پیاده، موتور، آژانس و ...)

دو ثابت C و D به ترتیب برای حالت Y2 و Y3 در نظر گرفته شد. متغیرهای G و AG و ED و JO و IN و NC و NF و TT و TP و AC و NM به عنوان متغیرهای عمومی مشترک برای حالت Y2 و Y3 در نظر گرفته شده است و متغیرهای ET و DC و PT و PE و VNP و PD و IP و RC به عنوان متغیر خاص حالت Y1 در نظر گرفته شده است. همچنین متغیرهای PQ و VP به عنوان متغیر خاص حالت Y2 منظور شد که خلاصه تخصیص متغیرها در جدول ۳ ارائه شده است.

در این مطالعه به منظور مدل‌سازی از نرم‌افزار Tran-SCAD 4.5 استفاده شده است. به منظور پیاده‌سازی مدل لجیت چندگانه، تعداد کل اطلاعات (۵۶۷ پرسشنامه) به دو سری اطلاعات تبدیل شد، دو سوم این اطلاعات (۳۷۸ داده) به عنوان داده‌های آموزشی ۲۲ برای واسنجی و ایجاد مدل و بقیه داده‌ها (۱۸۹ داده) به عنوان داده‌های تست ۲۳ برای فرآیند اعتبارسنجی مدل ساخته شده مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های آموزشی و تست کاملاً به صورت تصادفی از داده‌های کلی انتخاب گردید.

- 21. - Parameters
- 22. - Train Data
- 23. - Test Data

استفاده نخواهند بود، در این پژوهش نسبت به تکمیل ۶۰۸ پرسشنامه اقدام شد و با انجام مصاحبه حضوری و با مراجعه به محدوده طرح ترافیک تهران در زمستان ۱۳۹۳ و بهار و تابستان ۱۳۹۴ جمع‌آوری گردید. قابل ذکر است که همه این پرسشنامه‌ها در ایام کاری هفته و در ساعت اجرای قانون ممنوعیت ورود به محدوده طرح ترافیک (از ساعت ۶:۳۰ تا ۱۷) جمع‌آوری گردیده است.

۴-۵- ایجاد پایگاه داده

در این تحقیق به منظور ایجاد پایگاه داده اولیه و برای ورود اطلاعات پرسشنامه‌ها به محیط نرم‌افزاری از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 22 استفاده شده و ۳۴ متغیر برای آن تعریف گردیده و ۶۰۸ عنصر وارد شد. پس از ورود اطلاعات پرسشنامه‌ها و ایجاد پایگاه داده اولیه، اطلاعات بررسی کلی گردید و مشخص شد که تعداد ۵۶۷ تا از ۶۰۸ پرسشنامه اولیه قابل استفاده می‌باشد. علت غیرقابل استفاده بودن برخی پرسشنامه‌ها، عدم پاسخ‌گویی مناسب یا کامل افراد و مصاحبه شوندگان بود. خصوصیات کلی جمعیتی نمونه و آمار کلی به دست آمده از پرسشنامه‌ها در پیوست ۲ همین تحقیق ارائه شده است.

۴-۶- انتخاب مدل مناسب

بر مبنای اطلاعات جمع‌آوری شده، یک مدل انتخاب گسسته با توجه به متغیرهای اقتصادی-اجتماعی، مشخصات سفر افراد و سناریوهای مختلف بیان شده انتخاب گردید. با توجه به مطالب بیان شده در بخش‌های قبلی، در این مطالعه از مدل لجیت استفاده گردید. برای تعیین سهم هر یک از روش‌های حمل‌ونقل نسبت به انجام مدل‌سازی انتخاب گسسته اقدام شد و با توجه به اینکه تعداد گزینه‌های در دسترس برای هر فرد از دو گزینه بیشتر بود، از مدل لجیت چندگانه استفاده شد.

۴-۶-۱- تعیین متغیرهای وابسته و مستقل و تعیین ساختار ریاضی مدل

برای انجام مدل‌سازی به روش مدل لجیت چندگانه، با دو نوع متغیر وابسته و مستقل مواجه هستیم. متغیرهای وابسته یا جایگزین‌ها ۲۰ در واقع همان حالات مختلف گونه‌های حمل‌ونقلی می‌باشند و متغیرهای مستقل یا

- 20. - Alternatives



جدول ۲. تعریف متغیرهای مستقل بکار رفته در مدل‌سازی

علامت اختصاری	متغیر	توضیح چگونگی در نظر گرفتن متغیر برای مدل‌سازی
G	جنسیت	مرد = یک زن = صفر
AG	سن	۳۱ تا ۵۰ = یک در غیر اینصورت = صفر
ED	تحصیلات	دیپلم و زیر دیپلم = ۱ فوق دیپلم و لیسانس = ۲ بالاتر از لیسانس = ۳
JO	وضعیت شغلی	تمام وقت = یک در غیر اینصورت = صفر
IN	متوسط سطح درآمد ماهیانه	کمتر از دو میلیون = یک بیشتر از دو میلیون = صفر
NC	تعداد خودروهای شخصی تحت تملک خانوار	هر تعدادی که در پرسشنامه اعلام شده است
NF	تعداد اعضای خانواده	هر تعدادی که در پرسشنامه اعلام شده است
ET	ساعت ورود به محدوده طرح ترافیک	۶ تا ۱۰ صبح = یک (اوج ترافیک صبحگاهی) در غیر اینصورت = صفر
TT	متوسط زمان سفر از مبدأ به مقصد	۵ تا ۱۵ دقیقه = گزینه ۱ ۱۵ تا ۳۰ دقیقه = گزینه ۲ ۳۰ تا ۴۵ دقیقه = گزینه ۳ ۴۵ تا ۶۰ و بیشتر از ۶۰ دقیقه = گزینه ۴
TP	هدف سفر به مرکز شهر	اگر هدف شغل است = یک در غیر اینصورت = صفر
DC	وابستگی کاری به اتومبیل	بیش از سه روز در هفته = یک در غیر اینصورت = صفر
AC	میزان تردد در محدوده طرح ترافیک	روزانه = یک در غیر اینصورت = صفر
PT	نوع پارک وسیله شخصی در محدوده طرح ترافیک	پارکینگ عمومی = ۱ پارکینگ محل کار و شخصی = ۲ حاشیه خیابان با پارکبان = ۳ حاشیه خیابان بدون پارکبان = ۴ از وسیله شخصی استفاده نمی‌کند = صفر
PE	داشتن مجوز ورود به طرح	اگر مجوز دارد = ۱ اگر مجوز ندارد ولی تخلف نکرده است = ۲ اگر مجوز ندارد و تخلف کرده است = صفر
NM	تعداد سرنشین وسیله شخصی	حمل و نقل همگانی = صفر وسیله شخصی هر تعداد که خود فرد اعلام کرده است
PQ	کیفیت حمل و نقل همگانی در حال حاضر	ضعیف و متوسط = ۱ در غیر اینصورت = صفر
VP	وسیله ترجیحی در صورت بهبود کیفیت حمل و نقل همگانی	مترو = ۱ اتوبوس = ۲ تاکسی = ۳ سایر = ۴
VNP	وسیله ترجیحی عدم ممنوعیت ورود به طرح	وسیله شخصی = ۱ در غیر اینصورت = صفر
PD	افزایش هزینه پارک خودرو در محدوده طرح تا دو برابر	اگر با وجود افزایش باز هم از خودرو شخصی استفاده می‌کند = ۱ در غیر اینصورت = صفر
IP	افزایش قیمت مجوز ورود به محدوده طرح	استفاده از خودرو شخصی در صورت افزایش تا دو برابر = ۱ استفاده از خودروی شخصی بالاجبار تا هر سقفی = ۲ عدم استفاده از خودروی شخصی در صورت افزایش = صفر
RC	مهم‌ترین دلیل استفاده از خودرو شخصی	راحتی = ۱ سایر = صفر

جدول ۳. تخصیص متغیرهای مستقل و ثوابت به هر یک از متغیرهای وابسته

	C	D	G	AG	ED	JO	IN	NC	NF	ET	TT	TP	DC	AC	PT	PE	NM	PQ	VP	VNP	PD	IP	RC	
Y1										✓			✓		✓	✓					✓	✓	✓	✓
Y2	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓					
Y3		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓			✓							

پس از اجرای مدل تفکیک سفر در نرم افزار، خروجی برنامه به صورت جدول ۴ می باشد که در زیر ارائه شده است.

جدول ۴. نتیجه نهایی تأثیر هر پارامتر در مدل سازی (خروجی نهایی مدل سازی در نرم افزار)

Maximum likelihood reached at iteration 23			
Parameter	Estimate	.Std. Err	Ttest
C	5.167177	1.846734	2.798008
D	3.948949	1.819675	2.170140
G	0.327387	0.627434	0.521787
AG	-0.117138	0.468988	-0.249769
ED	-0.126437	0.390201	-0.324030
JO	0.480843	0.518075	0.928134
IN	0.469677	0.452397	1.038197
NC	-0.812517	0.395583	-2.053973
NF	-0.153783	0.182451	-0.842874
ET	0.271097	0.501207	0.540888
TT	-0.565166	0.217911	-2.593562
TP	-0.111587	0.535788	-0.208268
DC	2.209363	0.465516	4.746055
AC	1.062448	0.516191	2.058246
PT	0.280004	0.181911	1.539242
PE	-1.346522	0.416263	-3.234784
NM	-1.922638	0.362189	-5.308382
PQ	0.336770	0.274856	1.225263
VP	-0.224713	0.135636	-1.656738
VNP	0.197937	0.445114	0.444688
PD	0.901054	0.462449	1.948441
IP	1.678158	0.355485	4.720758
RC	0.449944	0.436183	1.031548

حالت در نظر گرفته در این پژوهش، به دست آورد:

(۹)

$$Y1 = 0.271097 \times ET + 2.209363 \times DC + 0.280004 \times PT - 1.346522 \times PE + 0.197937 \times VNP + 0.901054 \times PD + 1.678158 \times IP + 0.449944 \times RC$$

با توجه به جدول و ضرایب به دست آمده برای هر یک از پارامترها و نیز با در نظر گرفتن جدول که هر یک از پارامترها را به سه متغیر وابسته تخصیص داده است، می توان معادلات زیر (۹، ۱۰ و ۱۱) را برای هر یک از انواع سه



جدول ۵. آماره‌های برازش مدل لوجیت چندگانه ایجاد شده

آماره	توضیح	مقدار
$L(0)$	لگاریتم تابع هدف با فرض صفر بودن همه پارامترها	-415.275445
$L(\beta)$	لگاریتم تابع هدف با فرض درست بودن مدل پرداخت شده	-210.952003
$(L(0) - L(\beta) - 2)$	این آماره با اطمینان بیش از ۹۹٪ فرض صفر بودن پارامترها را رد می‌کند.	408.646884
$2p$	شاخص برازندگی مدل (رو مجانبی مربع)	0.492019
$padj2$	شاخص برازندگی مدل (رو تعدیلی مربع)	0.436634

(۱۰) نسبی مدل استفاده می‌شود که در آن K تعداد پارامترهای

بکار رفته در مدل می‌باشد و مقدار $0/4$ که در این مطالعه به دست آمده، نشان از برازش عالی مدل می‌باشد.

$$Y2 = 5.167177 + 0.327387 \times G - 0.117138 \times AG - 0.126437 \times ED + 0.480843 \times JO + 0.469677 \times IN - 0.812517 \times NC - 0.153783 \times NF - 0.565166 \times TT - 0.111587 \times TP + 1.062448 \times AC - 1.922638 \times NM + 0.336770 \times PQ - 0.224713 \times VP$$

۵- تجزیه و تحلیل نتایج

۱-۵- تفسیر نتایج

با توجه به مدل‌سازی انجام گرفته، نتایج زیر قابل استحصال است:

(۱۱)

$$Y3 = 3.948949 + 0.327387 \times G - 0.117138 \times AG - 0.126437 \times ED + 0.480843 \times JO + 0.469677 \times IN - 0.812517 \times NC - 0.153783 \times NF - 0.565166 \times TT - 0.111587 \times TP + 1.062448 \times AC - 1.922638 \times NM$$

- در مورد پارامتر IN (درآمد)، ضریب مثبت به دست آمده در مدل نهایی، نشان‌دهنده این است که افراد با درآمد کمتر از ۲ میلیون تومان در ماه، به انتخاب حالات $Y2$ و $Y3$ یعنی غیر از اتومبیل شخصی راغب‌تر می‌باشند.

- در مورد پارامتر NC (تعداد اتومبیل)، با توجه به اینکه هر چه تعداد اتومبیل‌های شخصی که هر خانوار مالک است، افزایش یابد توانایی مالی فرد نیز افزایش می‌یابد بنابراین تمایل فرد به استفاده از خودروی شخصی بالاتر می‌رود پس علامت منفی که در تخمین ضریب مربوط به این پارامتر در مدل به دست آمده صحیح می‌باشد و نشانگر رابطه معکوس تعداد اتومبیل شخصی با حالات $Y2$ و $Y3$ که در این مدل به این دو حالت ربط داده بودیم، می‌باشد. پس یک رابطه مستقیم و با تأثیر بالا بین انتخاب حالت $Y1$ یعنی انتخاب وسیله نقلیه شخصی برای سفر به محدوده طرح ترافیک و این پارامتر وجود دارد.

- بررسی پارامتر TT (متوسط زمان سفر)، در تخمین این پارامتر، علامتی که برای ضریب آن به دست آمده منفی است که رابطه معکوس آن را با حالات $Y2$ و $Y3$ بیان می‌کند بنابراین با حالت

اعتبارسنجی مدل یکسری از داده‌ها به عنوان تست کنار گذاشته شد و وارد فرآیند مدل‌سازی نگردید. داده‌های تست وارد فرآیند ارزیابی نرم‌افزار می‌گردند و در نهایت طبق بررسی‌های انجام شده، وسیله تخمین زده شده براساس مدل ساخته شده در ۸۴٪ موارد با ستون اصلی وسیله انتخابی توسط افراد، همخوانی دارد که این عدد نشان‌دهنده درصد درست‌نمایی بسیار بالای مدل می‌باشد و می‌تواند با اطمینان بیان داشت مدل به درستی ساخته شده و نتایج حاصله قابل اعتماد می‌باشد.

نتیجه نهایی شامل اطلاعات جدول ۵ می‌باشد که این آماره‌ها برازش مدل را می‌سنجند. آماره $2p$ مفهوم مشابهی با $R2$ ضریب تعیین برای حالت مدل‌های رگرسیون خطی 24 از طریق کمترین مربعات را دارد که مقدار مابین صفر و یک بیان‌کننده تطبیق مناسب مدل و برازش خوب آن می‌باشد که با توجه به اینکه برای این مطالعه مقدار $0/49$ به دست آمده، نشان از برازش مناسب مدل ساخته شده در این تحقیق می‌باشد. آماره $adj\ 2p$ نیز برای مقایسه برازش



مستقیم این پارامتر را با انتخاب حالت Y_1 بیان می‌کند. این مورد بیان می‌کند که افزایش هزینه پارک خودرو تا دو برابر در محدوده طرح ترافیک در استفاده افراد از خودرو شخصی تأثیری نداشته و افراد همچنان به استفاده از خودروی شخصی تمایل دارند.

- در بررسی پارامتر IP (افزایش قیمت مجوز)، با توجه به اینکه در تعریف این پارامتر آن را به عنوان متغیر خاص حالت Y_1 تعریف نمودیم و نیز علامت مثبت به دست آمده در تخمین ضرایب مدل نشان می‌دهد که با افزایش قیمت مجوز حتی تا بیش از دو برابر مقدار فعلی باز هم تمایل افراد به استفاده از خودرو شخصی به قوت خود باقی است.

۵-۲- بررسی مکانی نتایج

شکل ۲ توزیع مکانی سفرهای جذب شده و تولید شده را نشان می‌دهد، منطقه ۶ بیشترین سهم در جذب سفرها به محدوده طرح ترافیک را دارد و سپس منطقه ۱۲ در نمونه برداشت شده، رتبه دوم در جذب سفر به محدوده طرح ترافیک را دارا می‌باشد. همچنین مناطق ۱۱ و ۱۲ بیشترین سهم را در تولید سفر دارند و از میان مناطق غیر واقع در محدوده طرح نیز منطقه ۲ بیشترین نقش را در تولید سفر به مقصد محدوده طرح ترافیک ایفا می‌کند که این مورد با آمارگیری پاییز ۱۳۸۳ شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران همخوانی دارد یعنی در آن آمارگیری نیز منطقه ۲ بیشترین سهم را در تولید سفر به محدوده طرح ترافیک داشته است.

شکل ۳ نقشه مدل انتخاب وسیله سفر به محدوده طرح ترافیک را که در واقع هدف اصلی این مطالعه می‌باشد، نشان می‌دهد. همانطور که از شکل ۳ برمی‌آید مناطق ۲ و ۳ بیشترین تولید سفرکنندگان با وسیله شخصی به مقصد محدوده طرح ترافیک می‌باشند و نیز مناطق ۱۱ و ۱۲ بیشترین تولید سفرکنندگان با استفاده از وسایل حمل‌ونقل همگانی می‌باشند، شاید بتوان چنین نتیجه گرفت که افرادی که داخل محدوده طرح زندگی می‌کنند، بیشتر تمایل به استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی دارند ولی افراد در سایر مناطق به ویژه دو منطقه ۲ و ۳ کمتر از وسایل حمل‌ونقل عمومی به منظور سفر به محدوده طرح ترافیک استفاده می‌کنند البته همانطور که در

Y_1 یعنی استفاده از خودروی شخصی رابطه مستقیم داشته و هرچه متوسط زمان سفر افزایش می‌یابد، فرد به سمت استفاده از خودروی شخصی راغب‌تر می‌شود.

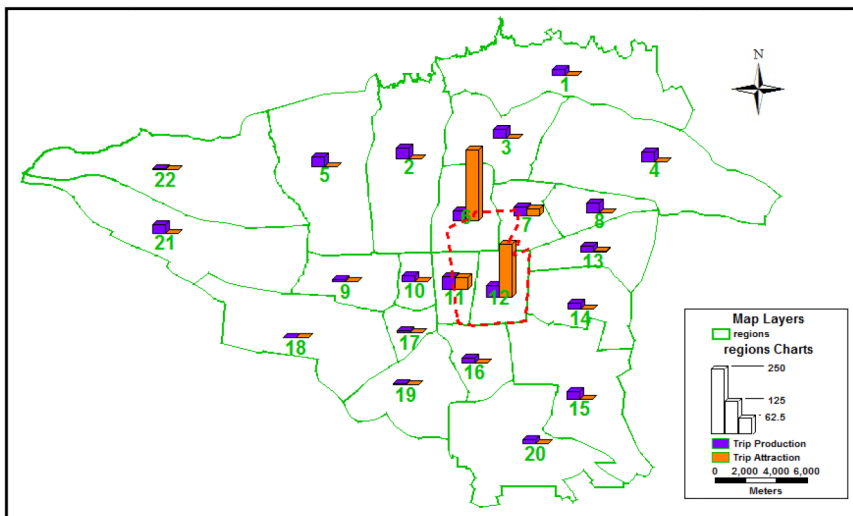
- در بررسی پارامتر DC (وابستگی کاری به اتومبیل شخصی) و در مدل‌سازی، این پارامتر به عنوان متغیر خاص Y_1 در نظر گرفته شده بود، علامت مثبت در تخمین آن نشان‌دهنده رابطه مستقیم پارامتر DC با انتخاب وسیله شخصی به عنوان وسیله سفر به محدوده طرح ترافیک می‌باشد و نتیجه اینکه وابستگی کاری به اتومبیل به طور متوسط در بیش از سه روز از ایام هفته، فرد را به استفاده از خودروی شخصی راغب‌تر می‌کند. همچنین مقدار عددی بالایی که برای تخمین ضریب این پارامتر به دست آمده بیانگر تأثیر زیاد این پارامتر در مدل‌سازی است.

- در مورد پارامتر AC (میزان تردد در محدوده)، این پارامتر را به عنوان یک متغیر عمومی برای حالات Y_2 و Y_3 در مدل‌سازی معرفی کردیم که علامت مثبت در تخمین این پارامتر، رابطه مستقیم آن را با حالاتی غیر از وسیله شخصی بیان می‌دارد و این نشان می‌دهد که تردد روزانه به محدوده طرح ترافیک، افراد را به استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی و سایر وسایل به غیر از خودرو شخصی ترغیب می‌کند.

- پارامتر VP (وسيله ترجیحی فرد در صورت بهبود همگانی)، با توجه به اینکه این پارامتر به عنوان متغیر خاص حالت Y_2 در نظر گرفته شده و نیز با توجه به گزینه‌های تعریف شده برای آن (گزینه ۱= مترو گزینه ۲= اتوبوس گزینه ۳= تاکسی و گزینه ۴= سایر موارد) علامت منفی حاصل شده برای ضریب آن در تخمین ضرایب مدل لوجیت نشان‌دهنده این است که در صورت بهبود کیفیت حمل‌ونقل همگانی، افراد بیشتر راغبند تا از مترو برای ورود به محدوده طرح استفاده کنند تا سایر وسایل حمل‌ونقل همگانی.

- پارامتر PD (افزایش هزینه پارک خودرو در محدوده تا دو برابر)، با توجه به تعریف این پارامتر به عنوان متغیر خاص حالت Y_1 و علامت مثبت حاصل شده برای آن در تخمین مدل، رابطه

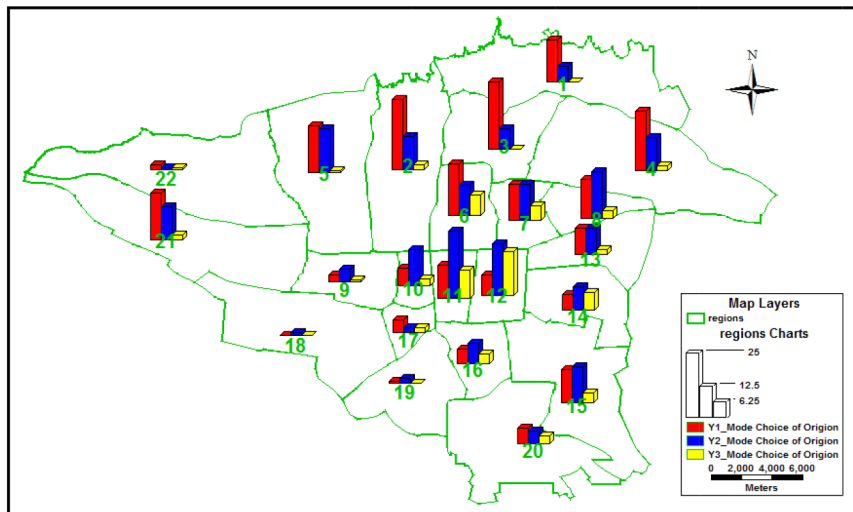




شکل ۲. توزیع مکانی سفرهای تولید و جذب شده توسط مناطق ۲۲گانه (بنفش: تولید سفر، نارنجی: جذب سفر)

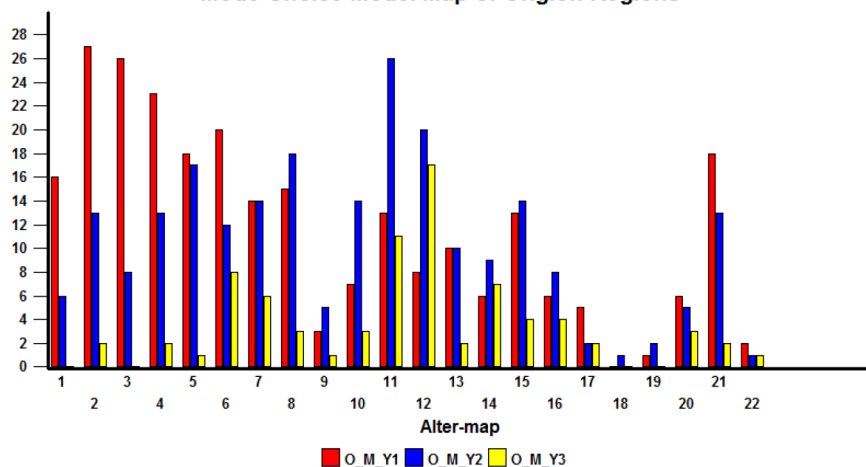
در انتخاب شیوه سفر به محدوده ندارد، کم رنگ تر جلوه می کند و یا شاید عامل هزینه نیز تأثیر در تصمیم گیری افراد برای انتخاب شیوه سفر داشته باشد چراکه همانطور که از نمودار ارائه شده در شکل ۴ برمی آید، مناطقی که از نظر توانایی اقتصادی افراد در سطح پایین تری قرار دارند بیشتر تمایل به استفاده از حمل و نقل همگانی نشان داده اند، این مورد در آمارگیری پاییز سال ۱۳۸۳ توسط شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران نیز به چشم می خورد یعنی طبق آمارگیری های آن مرکز نیز در مناطق جنوبی سهم اتوبوس از سواری شخصی در سفرهای انجام شده به مقصد محدوده طرح ترافیک بیشتر است.

تحلیل و بررسی نتایج مدل سازی نیز به آن اشاره شد بعد مسافت خود عامل مهمی در انتخاب وسیله شخصی برای انجام سفر می باشد و با توجه به اینکه افراد ساکن سایر مناطق باید مدت زمان متوسط بیشتری را در راه باشند تا به محدوده طرح ترافیک برسند استفاده از خودروی شخصی را ترجیح می دهند همانطور که مدل سازی نیز این مورد را پیش بینی کرده بود. البته شاید عوامل دیگری نیز در این انتخاب دخیل باشند که مثلاً می توان به نبود سیستم حمل و نقل همگانی مناسب از سایر مناطق به مقصد محدوده طرح ترافیک اشاره نمود که این مورد با توجه به مدل سازی انجام شده در این پژوهش و نتایج به دست آمده مبنی بر اینکه کیفیت حمل و نقل همگانی تأثیر چندانی



شکل ۳. نقشه مدل انتخاب وسیله سفر به محدوده طرح ترافیک (مناطق ۲۲گانه به عنوان نقطه تولید سفر) (رنگ قرمز: وسیله شخصی، رنگ آبی: همگانی، رنگ زرد: سایر)

Mode Choice Model Map of Origen Regions



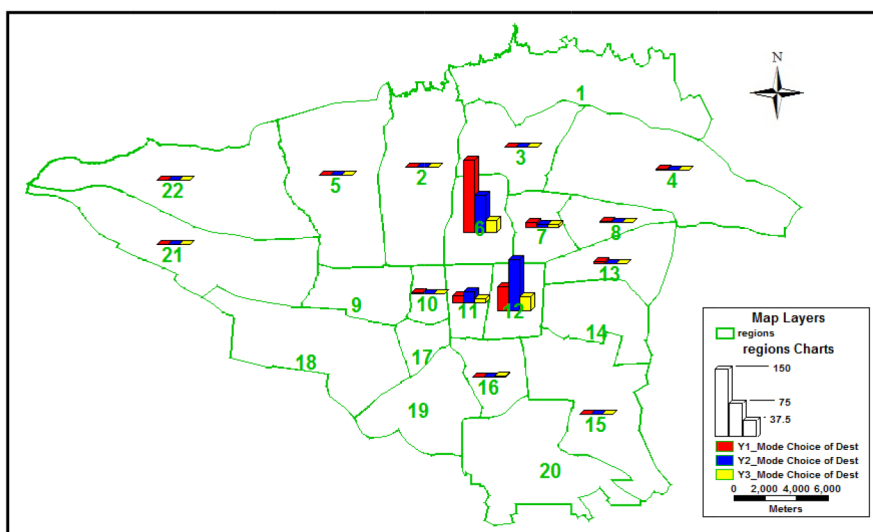
شکل ۵. شیوه‌های مختلف سفر به محدوده طرح ترافیک (مناطق ۲۲گانه به عنوان نقطه تولید سفر)، O_M_Y1: انتخاب وسیله شخصی، O_M_Y2: انتخاب وسیله همگانی، O_M_Y3: انتخاب سایر وسایل

انتخاب وسیله سفر افراد بوده است که برای نیل به آن ابتدا بر پایه روش‌های طراحی تجربی، سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به عدم امکان مشاهده مستقیم آثار قیمت‌گذاری و دیگر سیاست‌های مدیریتی، از روش رجحان بیان شده استفاده گردیده است. به همین منظور پرسشنامه‌ای آماده گردید (پیوست ۱) و بطور تصادفی از افرادی که وارد محدوده طرح ترافیک شهر تهران شده بودند، مورد پرسش قرار گرفت. با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف، ۳ انتخاب کاربران مد نظر قرار گرفت که عبارت بودند از: وسیله نقلیه

شکل ۵ در واقع شکل ۳ را برای هنگامی که مناطق ۲۲گانه به عنوان نقطه جذب سفر باشند، نمایش می‌دهد. همانطور که از شکل ۵ برمی‌آید، بیشترین جذب سفر با خودرو شخصی توسط منطقه ۶ انجام می‌شود ولی مناطق ۱۱ و ۱۲ میزان جذب سفر با وسیله حمل‌ونقل عمومی بالاتری نسبت به استفاده از خودروی شخصی دارند.

۶- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در این تحقیق، هدف بررسی تأثیر محدوده طرح ترافیک بر



شکل ۵. نقشه مدل انتخاب وسیله سفر به محدوده طرح ترافیک (مناطق ۲۲گانه به عنوان نقطه جذب سفر) (رنگ قرمز: وسیله شخصی، رنگ آبی: همگانی، رنگ زرد: سایر)

که مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در استفاده از خودروی شخصی به منظور ورود به محدوده طرح ترافیک عبارتند از: وابستگی کاری به اتومبیل، تعداد سرنشین، داشتن مجوز ورود به محدوده طرح و میزان تردد در محدوده طرح.

بر اساس مدل ساخته شده، وسیله تخمین زده شده در ۸۴٪ موارد با وسیله انتخابی توسط افراد، همخوانی داشته که این عدد نشان‌دهنده درصد درست‌نمایی بسیار بالای مدل بوده و می‌توان با اطمینان بیان داشت مدل دارای صحت و دقت قابل قبولی می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه، در تحقیقات آتی در زمینه بررسی محدوده طرح ترافیک تهران از قبیل: بازنگری در اندازه محدوده و مرز آن و عبور آن از مناطق مختلف، طراحی مسیر و ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی، اندازه‌گیری دسترس‌پذیری افراد به نواحی مختلف محدوده طرح ترافیک از طریق حمل‌ونقل همگانی موجود، تعیین منطقه خدمات‌رسانی هر یک از خطوط حمل‌ونقل همگانی در داخل و اطراف محدوده طرح ترافیک، پیش‌بینی وضعیت ترافیک و مدیریت بهینه حمل‌ونقل شهری در این محدوده می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد.

شخصی، حمل‌ونقل همگانی و سایر موارد. در عملیات میدانی این تحقیق، ۶۰۸ پرسشنامه از سطح محدوده طرح ترافیک جمع‌آوری گردید که پس از بررسی و صحت‌سنجی اطلاعات موجود در پرسشنامه‌ها، پایگاه داده‌ای مکان‌مبنا ایجاد گردید. تعداد ۵۶۷ پرسشنامه برای انجام پیاده‌سازی‌های مورد نظر انتخاب شد که از این تعداد در حدود دو سوم پرسشنامه‌ها (۳۷۸ پرسشنامه) به عنوان نمونه آموزشی مورد استفاده گردید و مابقی (۱۸۹ پرسشنامه) برای تست و ارزیابی مدل‌های منتخب در نظر گرفته شد. برای مدل‌سازی انتخاب حالت به دلیل سادگی و کارایی مناسب و دقت بهتر از مدل لوجیت چندگانه استفاده شد.

نتایج بررسی‌های این تحقیق نشان داد از میان ۴ منطقه واقع در طرح، منطقه ۶ بیشترین سهم را در جذب سفرها به محدوده طرح ترافیک داشته و از میان مناطق غیرواقع در طرح، منطقه ۲ بیشترین نقش را در تولید سفر به این محدوده ایفا می‌کند. مناطق ۲ و ۳ بیشترین تولید سفرکنندگان با وسیله شخصی به مقصد محدوده طرح ترافیک می‌باشند و بیشترین جذب سفر با خودرو شخصی توسط منطقه ۶ انجام می‌شود. همچنین پیاده‌سازی‌ها و ارزیابی‌ها بیانگر این موضوع بود

پیوست ۱: پرسشنامه مورد استفاده



انستیتوی ملی مدیریت شهر و مناطق

پرسشنامه پایان‌نامه کارشناسی ارشد برای‌تاز مائین‌چی

پرسشنامه ویژه محدوده طرح ترافیک: این پرسشنامه به منظور دریافت اطلاعات آماری برای انجام پایان‌نامه کارشناسی ارشد اینجانب برای‌تاز مائین‌چی با عنوان "ارزیابی نقش و عملکرد محدوده کنترل ترافیک بر بار ترافیکی و جریانه‌های ترافیکی با استفاده از GIS" دانشگاه تربیت مدرس تهیه می‌باشد. نظر شما در نتایج این تحقیق کلاماً موثر و مهم بوده و جواب‌های شما محفوظ خواهد بود لذا خواهشمندم با دقت به سوالات پاسخ فرمایید. با تشکر

محل جمع‌آوری پرسشنامه: ساعت جمع‌آوری پرسشنامه: روز و تاریخ جمع‌آوری پرسشنامه: فرد جمع‌آوری کننده:

الف: سوالات عمومی در زمینه مشخصات پرسش‌شوندگان

ردیف	متغیر	گزینه‌ها
۱	جنسیت	۱. مرد ۲. زن
۲	سن	۱. زیر ۲۰ سال ۲. ۲۱ تا ۳۰ ۳. ۳۱ تا ۴۰ ۴. ۴۱ تا ۵۰ ۵. ۵۱ تا ۶۰ ۶. ۷۰ و بالاتر
۳	تحصیلات	۱. زیردیپلم ۲. دیپلم ۳. فوق دیپلم ۴. لیسانس ۵. فوق لیسانس و بالاتر
۴	وضعیت شغلی	۱. تمام وقت ۲. نیمه وقت ۳. دانش‌آموز ۴. دانشجو ۵. بازنشسته ۶. بیکار ۷. سایر
۵	متوسط سطح درآمد ماهیانه	۱. کمتر از یک میلیون تومان ۲. دو میلیون ۳. سه میلیون ۴. چهار میلیون ۵. بیشتر از چهار میلیون
۶	تعداد خودروهای شخصی تحت تملک خانوار	۱. فاقد وسیله ۲. یک وسیله شخصی ۳. دو وسیله ۴. سه و بیشتر
۷	تعداد اعضای خانواده	۱. دو نفر ۲. سه نفر ۳. چهار نفر ۴. پنج نفر ۵. شش نفر و بیشتر
۸	وضعیت جسمانی	۱. سالم ۲. معلول (نوع معلولیت:.....)
۹	وضعیت گواهی‌نامه	۱. ده ساله ۲. پنج ساله ۳. یکساله ۴. پایه ۱ ۵. سایر

ب: سوالات تردد و حمل و نقل شهری پرسش‌شوندگان

ردیف	متغیر	گزینه‌ها
۱۰	آدرس مبدأ (محل سکونت در حد کوچه)	
۱۱	آدرس مقصد	
۱۲	ساعت ورود به طرح	۱. ۸-۶ ۲. ۷-۵ ۳. ۴-۲ ۴. ۱۲-۱۴ ۵. ۱۴-۱۶ ۶. ۱۶-۱۸
۱۳	متوسط زمان سفر از مبدأ به مقصد	۱. ۱۵-۲۰ دقیقه ۲. ۲۰-۳۰ دقیقه ۳. ۳۰-۴۵ دقیقه ۴. ۴۵-۶۰ دقیقه ۵. بیشتر از ۶۰ دقیقه
۱۴	هدف سفر به مرکز شهر	۱. شغل ۲. تحصیل ۳. خرید ۴. تفریح و ورزش ۵. کار اداری ۶. عیادت (بیمارستان)
۱۵	وسیله سفر	۱. اتومبیل شخصی ۲. مترو ۳. اتوبوس ۴. تاکسی ۵. سایر وسایل (اتوبوس‌های اداری، دوچرخه...)



استاد راهنما: جناب آقای دکتر عربی

پرسشنامه پایان نامه کارشناسی ارشد پری باز مائین جی

۱۶	وابستگی کاری به اتومبیل	۱. یک روز در هفته ۲. دو روز در هفته ۳. سه روز در هفته ۴. بیش از سه روز در هفته
۱۷	میزان تردد شما در این محدوده	۱. روزانه ۲. هفتگی ۳. ماهانه ۴. به ندرت
۱۸	نوع پارک وسیله شخصی در داخل محدوده طرح ترافیک	۱. پارکینگ شخصی ۲. پارکینگ عمومی ۳. پارکینگ محل کار ۴. حاشیه خیابان یا پارکینگ ۵. حاشیه خیابان بدون پارکینگ
۱۹	مسیر ورود به محدوده طرح ترافیک	خیابان
۲۰	نوع مجوز ورود به محدوده طرح ترافیک	۱. دائمی ۲. روزانه ۳. هفتگی ۴. ماهانه
۲۱	تعداد افراد داخل خودرو شخصی	۱. تک سرنشین ۲. دو نفر ۳. سه نفر ۴. چهار نفر ۵. پنج نفر
۲۲	آیا مسیرتان از قبل تعیین شده با ترافیک تعیین کننده است؟	۱. از قبل تعیین شده ۲. ترافیک تعیین کننده است.

ج سوالات در زمینه دیدگاه و نظرات پرسش شوندگان

ردیف	متغیر	گزینه‌ها
۲۳	لطمه دیدن کسب و کار در صورت اشتغال در محدوده طرح ترافیک	۱. بلی ۲. خیر
۲۴	عسده مشکل ترافیکی این محدوده	۱. ارائه خدمات شهری در این محدوده ۲. سهولت دسترسی به نقاط مختلف شهر ۳. کاربری های موجود ۴. عدم دسترسی مناسب به حمل و نقل عمومی ۵. سایر موارد (.....)
۲۵	نحوه کنترل ورود خودروهای متخلف به این محدوده	۱. پلیس ۲. دوربین ۳. هردو
۲۶	عملکرد طرح ترافیک	۱. ضعیف ۲. متوسط ۳. خوب ۴. عالی
۲۷	موافق فروش مجوز ورود به طرح هستید؟	۱. بلی ۲. خیر
۲۸	کیفیت حمل و نقل عمومی در محدوده طرح در حال حاضر	۱. ضعیف ۲. متوسط ۳. خوب ۴. عالی
۲۹	در صورت بهبود حمل و نقل عمومی استفاده از چه وسیله حمل و نقل عمومی را به خودرو شخصی ترجیح می دهید؟	۱. مترو ۲. اتوبوس ۳. تاکسی ۴. سایر
۳۰	اگر طرح نباشد از چه وسیله‌ای برای تردد استفاده می‌کنید؟	۱. اتومبیل شخصی ۲. اتوبوس ۳. تاکسی ۴. مترو ۵. سایر
۳۱	اگر هزینه پارک خودرو در محدوده طرح تا دو برابر افزایش یابد باز هم از خودرو شخصی استفاده می‌کنید؟	۱. بلی ۲. خیر
۳۲	از قیمت مجوز خیر دارید؟ چند؟ آیا قیمت مجوز بیشتر شود باز هم وارد محدوده طرح می‌شوید؟ تا چند برابر بشود استفاده می‌کنید؟	۱. بلی قیمت مجوز ۲. خیر از قیمت مجوز خیر ندارم. ۳. بلی تا ... برابر شود باز هم وارد محدوده طرح می‌شوم. ۴. خیر از وسیله استفاده می‌کنم.
۳۳	علت اصلی استفاده از وسیله شخصی	۱. راحت تر ۲. سریع تر ۳. هزینه کمتر ۴. سایر



۱۶۵-۱۷۸

فهرست مراجع

- افندی زاده، شهریار، امیرمسعود رحیمی (۱۳۹۲)، «مهندسی ترابری اصول برنامه ریزی و مدل سازی حمل و نقل»، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- حبیبیان، میقات، محمد کرمانشاه (۱۳۹۱)، «مدل سازی دلایل استفاده شهروندان از سواری شخصی در سفرهای کاری به محدوده مرکزی کلانشهر تهران»، مهندسی حمل و نقل، ۴(۲)، ۱۱۷-۱۳۶.
- زیاری، کرامت‌الله، فرشید عشق‌آبادی، امیررضا ممدوحی، رحمت‌الله فرهودی (۱۳۹۲)، «مدل سازی الگوهای رفتاری سفرهای کار و خدمات ساکنان شهر تهران»، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۴۵(۱)، ۲۲-۱.
- سروش سالک مقدم، (۱۳۸۱)، استفاده از مدل انتخاب وسیله داده های رجحان بیان شده در سیاست قیمت گذاری محدوده مرکزی شهر، کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.
- عسگری، علی، سیدمهدی معینی، علی گلی (۱۳۹۰)، «بررسی ایجاد محدوده پیشنهادی طرح ترافیک شیراز از منظر ساکنین شهر»، نشریه مدیریت شهری، ۱۰(۲۹)،
- میربها، بابک، محمود صفارزاده، سیداحسان سیدابریشمی، سعید شرافتی‌پور (۱۳۹۳)، «بررسی تأثیر قیمت‌گذاری معابر بر شیوه انتخاب وسیله کاربران با استفاده از روش رجحان بیان شده»، فصلنامه مهندسی عمران مدرس، ۱۴(۴)، ۱۴۸-۱۳۷.
- Almasri, E., Alraee, S., (2013), "Factors Affecting Mode Choice of Work Trips in Developing Cities—Gaza as a Case Study", Journal of Transportation Technologies 3, 247-259.
- Ben-Akiva, M. E., (1974), "Structure of passenger travel demand models", Massachusetts Institute of Technology.
- Ben-Akiva, M. E., Lerman, S. R., (1985), "Discrete choice analysis: theory and application to travel demand", MIT press.
- Bhat, C. R., (2005), "A multiple discrete-continuous extreme value model: formulation and application to discretionary time-use decisions", Transportation Research Part B: Methodological, 39(8), 679-707.
- Brownstone, D., Bunch, D. S., Train, K., (2000), "Joint mixed logit models of stated and revealed preferences for alternative-fuel vehicles", Transportation Research Part B: Methodological, 34(5), 315-338.

nested logit models”, US Department of Transportation, Federal Transit Administration 31.

Litman, T., (2006), “London congestion pricing: Implications for other cities”, Victoria Transport Policy Institute 10.

Mandel, B., Gaudry, M., Rothengatter, W., (1997), “A disaggregate Box-Cox Logit mode choice model of intercity passenger travel in Germany and its implications for high-speed rail demand forecasts”, *The Annals of Regional Science*, 31(2), 99-120.

Oppenheim, N., (1995), “Urban travel demand modeling: from individual choices to general equilibrium”, John Wiley and Sons.

Qin, H., Guan, H., Zhang, Z., Tong, L., Gong, L., Xue, Y., (2013), “Analysis on Bus Choice Behavior of Car Owners based on Intent—Ji’nan as an Example”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96, 2373-2382.

Qrtuzar, J. d. D., Willumsen, L., (2002), “Modeling Transport”, New York.

Slavin, H., (1996), “An integrated, dynamic approach to travel demand forecasting”, *Transportation*, 23(3), 313-350.

Svenson, O., (1998), “The Perspective From Behavioral Decision Theory On Modeling Travel Choice: Theoretical foundations of travel choice modeling”, Oxford, Elsevier, 141-172.

Williams, H. C., (1977), “On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit”, *Environment and planning A*, 9(3), 285-344.

Carey, M., Srinivasan, A., (1993), “Externalities, average and marginal costs, and tolls on congested networks with time-varying flows”, *Operations research*, 41(1), 217-231.

Daganzo, C., (2014), “Multinomial probit: the theory and its application to demand forecasting”, Elsevier.

Daly, A., Bierlaire, M., (2006), “A general and operational representation of generalised extreme value models”, *Transportation Research Part B: Methodological*, 40 (4), 285-305.

de Dios Ortuzar, J., Willumsen, L. G., (2011), “Modelling transport”, John Wiley & Sons.

Domencich, T. A., McFadden, D., (1975), “Urban Travel Demand-A Behavioral Analysis”.

Forinash, C. V., Koppelman, F. S., (1993), “Application and interpretation of nested logit models of intercity mode choice”, *Transportation Research Record*, 1413, 98-106.

Hensher, D. A., Button, K., (2000), “Handbook of transport modeling”, (Vol. 1), Oxford, Pergamon.

Huang, H.-J., (2002), “Pricing and logit-based mode choice models of a transit and highway system with elastic demand”, *European Journal of Operational Research*, 140(3), 562-570.

Jha, M., Madanat, S., Peeta, S., (1998), “Perception updating and day-to-day travel choice dynamics in traffic networks with information provision”, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 6(3), 189-212.

Koppelman, F. S. Bhat, C., (2006), “A self instructing course in mode choice modeling: multinomial and

