مدیریت شهری
شماره ۵۲ پاییز ۱۳۹۷
No.52 Autumn 2018
۶۵-۸۰
زمان دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱/۲۳ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۷/۱

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

پری‌ناز ماشین‌چی عباسی* – دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، ایران.
مهدی عربی– استادیار، گروه نقشه‌برداری، 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 به‌وجود آمدن محدودیت‌ها و مشکلات قابل ملاحظه‌ای برای ساکنان و شاغلان در بخش‌های مرکزی شهرها گردیده است. در تهران نیز مرزبندی و محدودیت‌های ترافیکی سبب به‌وجود 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

*.نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۲٤٤٦۱۳۱٦؛ رایانامه: p_mashinchi@yahoo.com

۱- مقدمه

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 شهر ها 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 ٥٦٢). 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 ١٦٥ و لیتمن، ۲۰۰٦).

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 (وسیله 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.

۲- پیشینه تحقیق

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 مدل گردیده 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 لوجیت 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 لوجیت چندگانه، عوامل مؤثر بر دلیل اصلی تصمیم افراد برای استفاده از سواری شخصی با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده توسط ٣٦٦ 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 لوجیت 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

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

المسری و الراعی (۲۰۱۳، ص ۲٤۷) 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 ۲٤ 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 معمولا 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 مختلف ۲۲گانه 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 سفر۱ 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). درواقع مدل‌های انتخاب حالت۲ 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 همفزون۳ و ناهمفزون٤ 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 همفزون می‌باشد و اگر یک مدل بر مبنای بررسی ویژگی‌های رفتاری افراد خانواده بنا شده باشد، آن مدل ناهمفزون است (اپنهیم، ۱۹۹۵). به دلیل نقاط ضعف فراوان مدل‌های همفزون، مدل‌های نسل دوم تفکیک سفر یعنی مدل‌های ناهمفزون به وجود آمدند و با روند رو به افزایش کاربرد آنها به مرور مدل‌های همفزون کنار گذاشته شدند (اسلاوین، ۱۹۹٦، ص ۳۱۳). آنچه که در مدل‌های ناهمفزون 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 ۱٤۱ 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

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

۳-۱مدل‌های انتخاب گسسته

یکی از زمینه‌های مهم مدل‌سازی، مدل‌های انتخاب گسسته است. مدل‌های انتخاب گسسته۵ انتخاب‌های بین دو یا چند جایگزین٦ 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 جذب۷ 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 ۲٤۷). یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مدل‌سازی حمل‌ونقل پیش‌بینی رفتار انتخاب سفر۸ است که یکی از موارد تصمیم‌گیری 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 چندگانه۹ (بن آکیوا، ۱۹۷٤)، لوجیت آشیانه‌ای۱۰ (ویلیامز،۱۹۷۷،ص ۲۸۵)، پروبیت چندگانه۱۱ (داگانزو، ۲۰۱٤)، مقدار حدی تعمیم یافته۱۲ (دالی و بیرلیر، ۲۰۰٦، ص ۲۸۵)، لوجیت مرکب۱۳ (براوناستون و همکاران، ۲۰۰۰، ص ۳۱۵)، مقادیر حدی چندگانه گسسته-پیوسته۱٤ (باوت، ۲۰۰۵، ص ٦۷۹) اشاره نمود. از بین مدل های 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، ۲۰۰۲). مدل انتخاب لوجیت گسسته اغلب از نظریه مطلوبیت۱۵ استخراج می‌شود. این نظریه فرض می‌کند که هر کاربر حالات حمل‌ونقل یک تصمیم‌گیر است و برای بیشینه 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 شده۱٦ مرتبط می‌کند، که تابعی از توصیفات مختلف بوده و حالت با بیشینه 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،۲۰۰٦):

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad , j \in A_i \qquad (۱)$$

که در آن

$$V_{ij} = \sum_k \theta_k X_{ijk} \qquad (۱-۱)$$

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 kام برای حالت j متعلق به مجموعه انتخاب A_i مرتبط با فرد i است. احتمال انتخاب بیشینه مطلوبیت حالت j می‌تواند به صورت رابطه (۲) نوشته شود (بن آکیوا و لرمن، ۱۹۸۵):

$$P_{ij} = prob\left[V_{ij} + \varepsilon_{ij} > V_{ik} + \varepsilon_{ik}, j \neq k \in A_i\right] \qquad (۲)$$

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):

$$p(\varepsilon_{ij} \leq \varepsilon) = \exp\left[-\exp(-\sqrt{\pi^2/6}\delta 2\varepsilon)\right] \qquad (۳)$$

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

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
15. Utility
16. perceived utility

حال احتمال اینکه هر فرد i حالت j را انتخاب کند به صورت رابطه (٤) بیان می‌شود (دامینسیچ و مکفدن،١٩٧٥):

$$p_{ij} = \frac{\exp(\alpha V_{ij})}{\sum_{k \in A_i} \exp(\alpha V_{ik})} \quad (٤)$$

مقدار α می‌تواند بدون کاهش عمومیت در رابطه (٤)، ١ در نظر گرفته شود. این بدان علت است که α طبق تعریف V_{ij} در تمام پارامترهای مجهول θ_k ضرب می‌شود. بنابراین، برآوردهای این پارامترها در مقدار α نیز در نظر گرفته می‌شود.

روش بیشینه احتمال رایج‌ترین فرآیند استفاده شده در تعیین برآورد کننده‌ها در مدل‌های لوجیت ساده و آشیانه‌ای است. به بیان ساده برآوردکننده‌های بیشینه احتمال، مقادیر پارامترها است در شرایطی که نمونه مشاهده شده به صورت محتمل‌ترین حالت اتفاق می‌افتد (بن آکیوا و لرمن، ١٩٨٥).

روند برآورد بیشینه احتمال شامل دو گام مهم است:

توسعه یک تابع چگالی احتمال توام از نمونه مشاهده شده که تابع احتمال نامیده می‌شود.

برآورد مقادیر پارامتر برای یک نمونه از افراد I، که در آن با M جایگزین به صورت رابطه (٥) تعریف می‌شود (بن آکیوا و لرمن، ١٩٨٥):

$$L(\beta) = \prod_{\forall i \in I} \prod_{\forall m \in M} (P_{mi}(\beta))^{\delta_{mi}} \quad (٥)$$

که در آن L مدل احتمال نسبت داده شده برای پوشش دادن جایگزین‌های موجود است. P_{mi} احتمال آن است که فرد i گزینه m را انتخاب کند. β ضرایب موردنیاز برای محاسبه مدل لوجیت است. δ شاخص انتخاب شده است (اگر j توسط فرد i انتخاب شود برابر ١ بوده و در غیر اینصورت 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 می‌آید. رویکردی که بطور گسترده استفاده می‌شود، بیشینه کردن لگاریتم L به جای خود L است. این کار مقادیر برآوردهای پارامترها را تغییر نمی‌دهد، زیرا تابع لگاریتمی به صورت اکیداً یکنواخت افزایش می‌یابد. بنابراین، تابع احتمال به تابع لگاریتم احتمال تبدیل شده و به صورت رابطه (٦) تعریف می‌شود (بن آکیوا و لرمن، ١٩٨٥):

(٦)

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

مشتق اول لگاریتم تابع احتمال می‌تواند به صورت رابطه (٧) نمایش داده شود (بن آکیوا و لرمن، ١٩٨٥):

$$\frac{\partial(LL)}{\partial \beta_k} = \sum_{\forall i \in I} \sum_{\forall m \in M} \delta_{mi} \times \frac{1}{P_{mi}} \times \frac{\partial P_{mi}(\beta)}{\partial \beta} \quad \forall k \quad (٧)$$

بیشینه احتمال با برابر صفر قرار دادن رابطه (٧) و حل معادله برای بهترین مقادیر بردار پارامتر β به دست می‌آید.

٤- روش‌شناسی تحقیق

روند انجام روش مورد نظر در این پژوهش مطابق با روندنمای ارائه شده در شکل ١ است.

هریک از مراحل ارائه شده در روندنمای شکل ١، در ادامه به تفصیل شرح داده شده است.

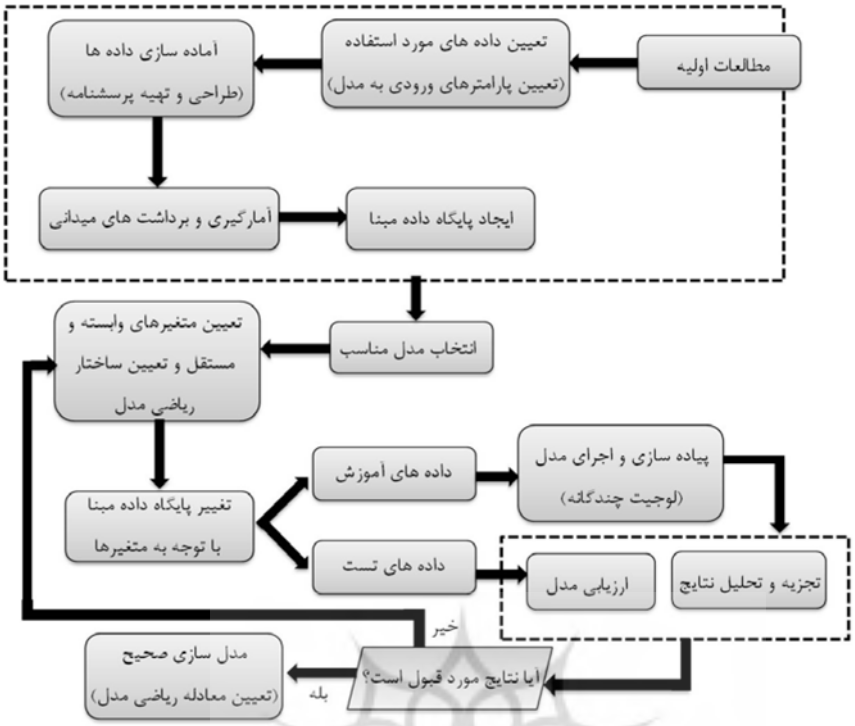
٤-١- آمارگیری

در برنامه‌ریزی‌های حمل‌ونقلی همواره نیاز به جمع‌آوری اطلاعات مربوط به رفتار مسافران است که در اکثر موارد این اطلاعات به صورت آمارگیری از یک نمونه تصادفی[17] از کل جامعه انتخاب شده، مشاهده و جمع‌آوری می‌گردد. به این روش جمع‌آوری اطلاعات، روش رجحان مشاهده شده[18] می‌گویند. زمانی که پرسشها در مورد شرایطی است که در حال حاضر امکان مشاهده آن وجود ندارد و یا به عبارتی نمی‌توان اطلاعات مورد نظر را به صورت مشاهده جمع‌آوری نمود، روش رجحان بیان شده[19] توسط برخی از پژوهشگران به عنوان روش جایگزین پیشنهاد شده است. در این روش تلاش می‌شود در سناریوهایی وضعیت موردنظر برای پاسخگو ترسیم گردد و در این زمینه عکس‌العمل احتمالی وی از او پرسیده شود (سالک مقدم، ١٣٨١، ص ١٨)، 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.

٤-٢- طراحی پرسشنامه

جامعه آماری موردنظر در این مطالعه، کلیه مسافران به مقصد محدوده طرح ترافیک کلانشهر تهران می‌باشد که با در نظرگرفتن این مورد اقدام به طراحی پرسشنامه‌ها گردید.

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



شکل ۱. روندنمای مراحل پیاده‌سازی و تجزیه و تحلیل نتایج

در نهایت پرسشنامه‌ای طراحی گردید که دارای ۳۳ سؤال و سه بخش اصلی می‌باشد. بخش اول پرسشنامه شامل سؤالات عمومی در زمینه مشخصات پرسش‌شوندگان بوده که این اطلاعات مرتبط با ویژگی‌های فردی و اجتماعی و اقتصادی افراد است، بخش دوم شامل سؤالات تردد و حمل‌ونقل شهری پرسش‌شوندگان بود که این اطلاعات مرتبط با سفر و شیوه حمل‌ونقل افراد می‌باشد 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 سیاست‌گذاری‌ها و تغییرات مدنظر مطالعه کننده بود. به همین دلیل در بخش سوم، سناریوهای موردنظر مطرح گردید و از پرسش‌شوندگان خواسته شد تا با در نظر گرفتن تغییرات ارائه شده به آنها جواب دهند. قالب کلی پرسشنامه و سؤالات در پیوست۱ همین تحقیق ارائه شده است.

٤-۳- تعیین تعداد نمونه

یکی از مهم‌ترین مسائل در برداشت اطلاعات، تعیین اندازه مورد نیاز است. اولین قدم در تعیین اندازه نمونه، مشخص کردن سطح قابلیت اعتماد برای برآوردهای موردنظر است. به طور کلی هرچه نمونه بزرگتر باشد، قابلیت اعتماد برآوردهای به دست آمده بیشتر خواهد بود. در این مطالعه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده برای برآورد حجم نمونه استفاده شده است. رابطه مورد استفاده به صورت رابطه (۸) است (هنشر و باتین، ۲۰۰۰).

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

در این رابطه سهمی از جامعه است که به ویژگی موردنظر 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 ٤۰ درصد است (برابر ۰/٤) و همچنین با در نظر گرفتن خطای نسبی ۵% (برابر ۰/۰۵)، کمینه مشاهده لازم برای ساخت مدل ۵٤۲ مشاهده به دست آمد.

٤-٤- جمع‌آوری پرسشنامه

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

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۲ پاییز ۱۳۹۷
No.52 Autumn 2018

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 ۱۳۹٤ 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.

٤-۵- 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 ۳٤ 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.

٤-۶- 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. باتوجه به مطالب بیان شده در بخش‌های قبلی، در این مطالعه از مدل لوجیت استفاده گردید. برای تعیین سهم هر یک از روش‌های حمل‌ونقل نسبت به انجام مدل‌سازی انتخاب گسسته اقدام شد و باتوجه به اینکه تعداد گزینه‌های در دسترس برای هر فرد از دو گزینه بیشتر بود، از مدل لوجیت چندگانه استفاده شد.

٤-۶-۱- تعیین متغیرهای وابسته و مستقل و تعیین ساختار ریاضی مدل

برای انجام مدل‌سازی به روش مدل لوجیت چندگانه، با دو نوع متغیر وابسته و مستقل مواجه هستیم. متغیرهای وابسته یا جایگزین‌ها[20] در واقع همان حالات مختلف گونه‌های حمل‌ونقلی می‌باشند و متغیرهای مستقل یا پارامترها[21] 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 Y۲ و Y۳ 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 حالات Y۲و Y۳ 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 Y۱ در نظر گرفته شده است. همچنین متغیرهای PQ و VP به عنوان متغیر خاص حالت Y۲ 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 لوجیت چندگانه، تعداد کل اطلاعات (۵۶۷ پرسشنامه) به دو سری اطلاعات تبدیل شد، دو سوم این اطلاعات (۳۷۸ داده) به عنوان داده‌های آموزشی[22] برای واسنجی و ایجاد مدل و بقیه داده‌ها (۱۸۹ داده) به عنوان داده‌های تست[23] برای فرآیند اعتبارسنجی مدل ساخته شده مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های آموزشی و تست کاملاً به صورت تصادفی از داده‌های کلی انتخاب گردید.

20. - Alternatives

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

جدول ۲. تعریف متغیرهای مستقل بکار رفته در مدل‌سازی

علامت اختصاری	متغیر	توضیح چگونگی در نظرگرفتن 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 فوق‌دیپلم 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	٦ 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 ٤۵ دقیقه = گزینه ۳ ٤۵ تا ٦۰ و بیشتر از ٦۰ دقیقه = گزینه ٤
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	حمل‌ونقل همگانی = صفر وسیله شخصی هر تعداد که خود فرد اعلام کرده است
PQ	کیفیت حمل‌ونقل همگانی در حال حاضر	ضعیف و متوسط = ۱ در غیر اینصورت = صفر
VP	وسیله ترجیحی در صورت بهبود کیفیت حمل‌ونقل 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

مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۲ پاییز ۱۳۹۷
No.52 Autumn 2018

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
Y۱										✓			✓		✓	✓				✓	✓	✓	✓
Y2	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓				
Y۳		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓			✓						

پس از اجرای مدل تفکیک سفر در نرم‌افزار، خروجی برنامه به صورت جدول ٤ می‌باشد که در زیر ارائه شده است.

جدول۴. نتیجه نهایی تأثیر هر پارامتر در مدل‌سازی (خروجی نهایی مدل‌سازی در نرم‌افزار)

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

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، می‌توان معادلات زیر (۹، ۱۰ و ۱۱) را برای هر یک از انواع سه حالت در نظر گرفته در این پژوهش، به دست آورد:

(۹)

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

جدول ۵. آماره‌های برازش مدل لوجیت چندگانه ایجاد شده

مقدار	توضیح	آماره
-415.275445	لگاریتم تابع هدف با فرض صفر بودن همه پارامترها	(L(0
-210.952003	لگاریتم تابع هدف با فرض درست بودن مدل پرداخت شده	(L(β
408.646884	این آماره با اطمینان بیش از ۹۹% فرض صفر بودن پارامترها را رد می‌کند.	((L(0)- L(β)-2
0.492019	شاخص برازندگی مدل (رو مجانبی مربع)	2ρ
0.436634	شاخص برازندگی مدل (رو تعدیلی مربع)	ρadj2

(۱۰)

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

(۱۱)

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

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 درصددرست‌نمایی بسیار بالای مدل می‌باشد و می‌توان 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 2ρ 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 ۰/۴۹ به دست آمده، نشان از برازش مناسب مدل ساخته شده در این تحقیق می‌باشد. آماره adj 2ρ نیز برای مقایسه برازش نسبی مدل استفاده می‌شود که در آن K تعداد پارامترهای بکار رفته در مدل می‌باشد و مقدار ۰/۴ که در این مطالعه به دست آمده، نشان از برازش عالی مدل می‌باشد.

۵- تجزیه و تحلیل نتایج

۵-۱- تفسیر نتایج

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

- در مورد پارامتر IN (درآمد)، ضریب مثبت به دست آمده در مدل نهایی، نشان‌دهنده این است که افراد با درآمد کمتر از ۲میلیون تومان در ماه، به انتخاب حالات Y۲ و Y۳ 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 Y۲ و Y۳ که در این مدل به این دو حالت ربط داده بودیم، می‌باشد. پس یک رابطه مستقیم و با تأثیر بالا بین انتخاب حالت Y۱ 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 Y۲ و Y۳ بیان می‌کند بنابراین با حالت

24. - Linear Regression Models

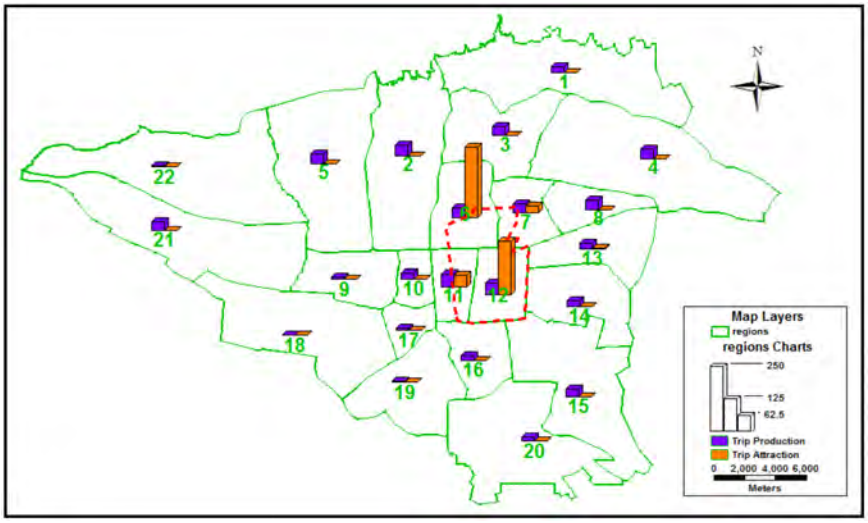
Y۱ یعنی استفاده از خودروی شخصی رابطه مستقیم داشته و هرچه متوسط زمان سفر افزایش می‌یابد، فرد به سمت استفاده از خودروی شخصی راغب‌تر می‌شود.

- در بررسی پارامتر DC (وابستگی کاری به اتومبیل شخصی) و در مدل‌سازی، این پارامتر به عنوان متغیر خاص Y۱ 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 Y۲ و Y۳ 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 (وسیله ترجیحی فرد در صورت بهبود همگانی)، با توجه به اینکه این پارامتر به عنوان متغیر خاص حالت Y۲ در نظر گرفته شده و نیز با توجه به گزینه‌های تعریف شده برای آن (گزینه ۱= مترو گزینه۲= اتوبوس گزینه۳= تاکسی و گزینه٤= 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 دوبرابر)، با توجه به تعریف این پارامتر به عنوان متغیر خاص حالت Y۱ و علامت مثبت حاصل شده برای آن در تخمین مدل، رابطه مستقیم این پارامتر را با انتخاب حالت Y۱ 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 Y۱ 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

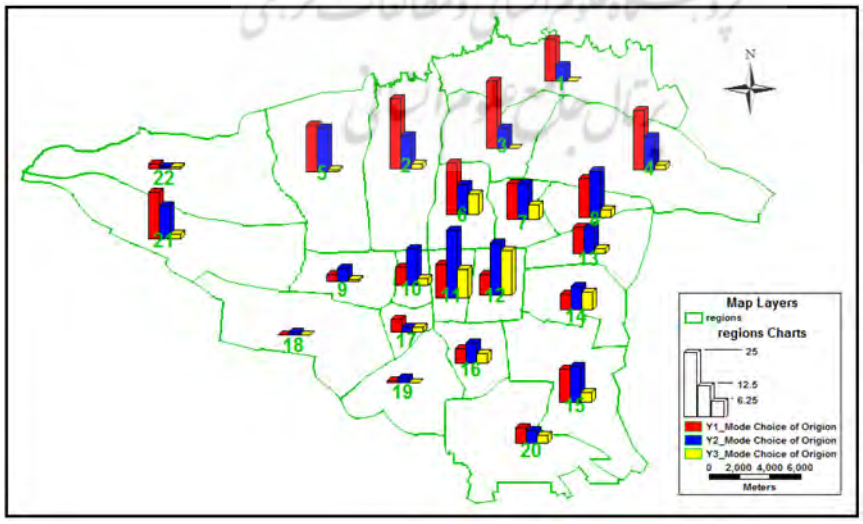
شکل ۲ توزیع مکانی سفرهای جذب شده و تولید شده را نشان می‌دهد، منطقه ٦ بیشترین سهم در جذب سفرها به محدوده طرح ترافیک را دارد و سپس منطقه ۱۲ در نمونه برداشت شده، رتبه دوم در جذب سفر به محدوده طرح ترافیک را دارا می‌باشد. همچنین مناطق ۱۱ و ۱۲ بیشترین سهم را در تولید سفر دارند و از میان مناطق غیر واقع در محدوده 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

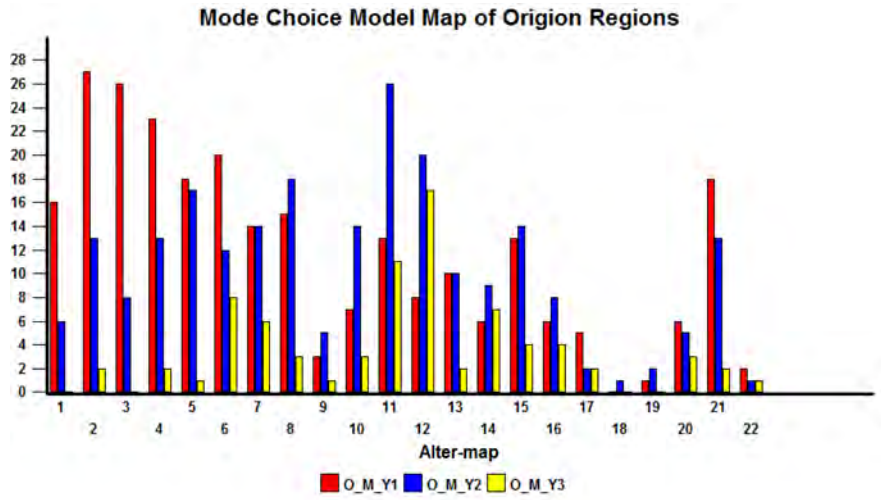


شکل ۲. توزیع مکانی سفرهای تولید و جذب شده توسط مناطق ۲۲گانه (بنفش: تولید سفر، نارنجی: جذب سفر)

تحلیل و بررسی نتایج مدل‌سازی نیز به آن اشاره شد بعد مسافت خود عامل مهمی در انتخاب وسیله شخصی برای انجام سفر می‌باشد 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 می‌دهند همانطور که مدل‌سازی نیز این مورد را پیش‌بینی کرده بود. البته شاید عوامل دیگری نیز در این انتخاب دخیل باشند که مثلاً می‌توان به نبود سیستم حمل‌ونقل همگانی مناسب از سایر مناطق به مقصد محدوده طرح ترافیک اشاره نمود که این مورد با توجه به مدل‌سازی انجام شده در این پژوهش و نتایج به دست آمده مبنی بر اینکه کیفیت حمل‌ونقل همگانی تأثیر چندانی در انتخاب شیوه سفر به محدوده ندارد، کمرنگ تر جلوه می‌کند و یا شاید عامل هزینه نیز تأثیر در تصمیم‌گیری افراد برای انتخاب شیوه سفر داشته باشد چراکه همانطور که از نمودار ارائه شده در شکل ٤ برمی‌آید، مناطقی که از نظر توانایی اقتصادی افراد در سطح پایین‌تری قرار دارند بیشتر تمایل به استفاده از حمل‌ونقل همگانی نشان داده‌اند، این مورد در آمارگیری پاییز سال ۱۳۸۳ توسط شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران نیز به چشم می‌خورد یعنی طبق آمارگیری‌های آن مرکز نیز در مناطق جنوبی سهم اتوبوس از سواری شخصی در سفرهای انجام شده به مقصد محدوده طرح ترافیک بیشتر است.



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)

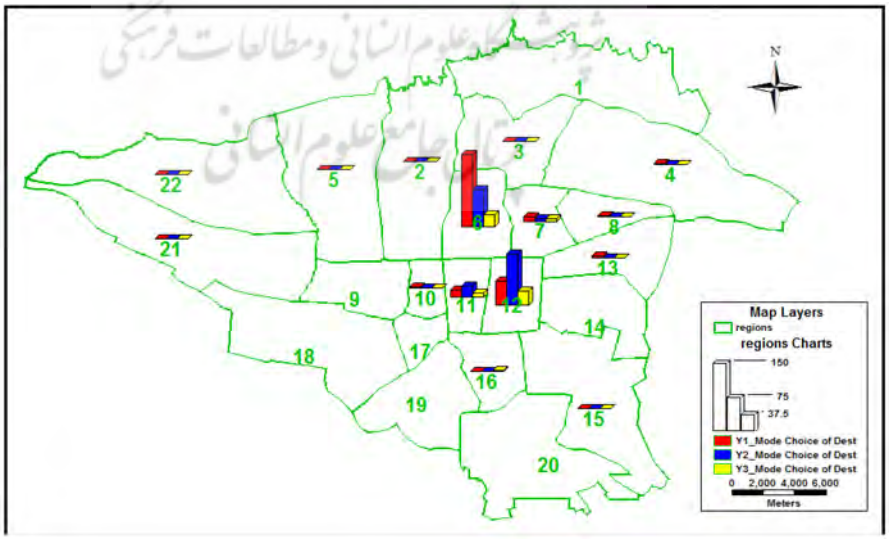


شکل ۵. شیوه‌های مختلف سفر به محدوده طرح ترافیک (مناطق ۲۲گانه به عنوان نقطه تولید سفر)، O_M_Y1: انتخاب وسیله شخصی، O_M_Y2: انتخاب وسیله همگانی، O_M_Y3: انتخاب سایر وسایل

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 ٦ انجام می‌شود ولی مناطق ۱۲ و ۱۱ میزان جذب سفر با وسیله حمل‌ونقل عمومی بالاتری نسبت به استفاده از خودروی شخصی دارند.

٦- نتیجه‌گیری و جمعبندی

در این تحقیق، هدف بررسی تأثیر محدوده طرح ترافیک بر انتخاب وسیله سفر افراد بوده است که برای نیل به آن ابتدا برپایه 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. 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)

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 ٤ منطقه واقع در طرح، منطقه ٦ 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 ٦ انجام می‌شود. همچنین پیاده‌سازی‌ها و ارزیابی‌ها بیانگر این موضوع بود 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.

براساس مدل ساخته شده، وسیله تخمین زده شده در ٨٤% 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.

پیوست ۱: پرسشنامه مورد استفاده

پرسشنامه پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد برای‌نیاز ماشین‌چی — استاد راهنما: جناب آقای دکتر عربی

پرسشنامه ویژه محدوده طرح ترافیک : این پرسشنامه به منظور دریافت اطلاعات آماری برای انجام پایان‌نامه کارشناسی ارشد اینجانب برای‌نیاز ماشین‌چی با عنوان " ارزیابی نقش و عملکرد محدوده کنترل ترافیک بر بار ترافیکی و جریانهای ترافیکی با استفاده از GIS" دانشگاه تربیت دبیر رجایی می‌باشد. نظر شما در نتایج این تحقیق کاملا 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 ۵۰ ۴. ۵۱ تا ۷۰ ۵. ۷۱ 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. ۶-۸ ۲. ۸-۱۰ ۳. ۱۰-۱۲ ۴. ۱۲-۱۴ ۵. ۱۴-۱۶ ۶. ۱۶-۱۸ ۷. ۱۸-۲۰ ۸. ۲۰-۲۲ ۹. ۲۲ تا صبح
۱۳	متوسط زمان سفر از مبدأ به مقصد	۱. ۵ -۱۵ دقیقه ۲. ۱۵-۳۰ 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. موتور ۶. سایر وسایل (اتوبوس های اداری،دوچرخه،)

پرسشنامه پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد پری‌ناز ماشین‌چی — استاد راهنما: جناب آقای دکتر عربی

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 محل‌کار ۴. حاشیه خیابان با پارکبان ۵. حاشیه خیابان بدون پارکبان
۱۹	مسیر ورود به محدوده طرح ترافیک	خیابان .....
۲۰	نوع مجوز ورود به محدوده طرح ترافیک	۱. دایمی 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 یا ترافیک تعیین کننده است؟	۱. از قبل تعیین شده ۲. ترافیک تعیین کننده است.

ج سوالات در زمینه دیدگاه و نظرات پرسش‌شوندگان

ردیف	متغیر	گزینه‌ها
۲۳	لطمه دیدن کسب و کار در صورت اشتغال در محدوده طرح ترافیک	۱. بلی ۲. خیر
۲۴	عمده 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 دروس 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 می کنید ؟	۱. بلی ۲. خیر
۳۲	از قیمت مجوز خبر دارید؟ چند ؟ آیا قیمت مجوز بیشتر شود باز هم وارد محدوده طرح می شوید؟ تا چند برابر بشود استفاده می کنید؟	۱. بلی قیمت مجوز ..... ۲. خیر از قیمت مجوز خبر ندارم. ۳. بلی تا ... برابر شود باز هم وارد محدوده طرح می شوم ۴. خیر از وسیله ..... استفاده می کنم.
۳۳	علت اصلی استفاده از وسیله شخصی	۱. راحت تر ۲. سریع تر ۳. هزینه کمتر ۴. سایر

فهرست مراجع

افندی‌زاده، 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)، «مدل‌سازی دلایل استفاده شهروندان از سواری شخصی در سفرهای کاری به محدوده مرکزی کلانشهر تهران»، مهندسی حمل و نقل، ٤(۲)، ۱۳٦-۱۱۷.

زیاری، کرامت‌الله، فرشید عشق‌آبادی، امیررضا ممدوحی، رحمت‌الله فرهودی (۱۳۹۲)، «مدل‌سازی الگوهای رفتاری سفرهای کار و خدمات ساکنان شهر تهران»، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ٤٥(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)، ۱۷۸-۱٦۵.

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، ١٤(٤)، ١٤٨-١٣٧.

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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی