

مدل سازی تغییر رفتار انتخاب شیوه سفر کاربران تحت تأثیر سیاست احداث خطوط پر سرنشین (مطالعه موردی: بزرگراه چمران - تهران)

امید محمدحسینی^۱، بابک میربهاء*^۲، امیر عباس رصافی^۳، مازیار لایق^۴

- ۱- کارشناسی ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
- ۲- دانشیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
- ۳- دانشیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
- ۴- کارشناسی ارشد راه و ترابری، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

Mirbaha@ENG.ikiu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۵

تاریخ دریافت: ۹۹/۳/۱۸

چکیده

احداث خطوط پر سرنشین یکی از راه کارهای مدیریت ترافیک شهری است که تمایل به ساخت این خطوط در چند سال اخیر مورد توجه بسیاری از کشورهای در حال توسعه قرار گرفته است. در این پژوهش هدف اصلی، تعیین عوامل تأثیرگذار در انتخاب شیوه سفر افراد در حضور این تسهیلات است. در همین راستا داده ها به علت عدم وجود این تسهیلات در ایران، با استفاده از روش رجحان بیان شده و بر اساس مفهوم ارزش زمان صرفه جویی شده، افراد در اثر استفاده از این خطوط محاسبه شد. برای برداشت نمونه ها ۱۰۰۰ مشاهده انجام شد و از مدل لجوجیت دوتایی برای تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده شد. بکارگیری مفهوم ارزش زمان ذخیره شده برای تعیین نرخ عوارض متغیر بین مبادی و مقاصد مختلف بزرگراه یکی از جنبه های جدید مطالعه فعلی محسوب می شود. همچنین مطالعات بسیار محدودی در ارتباط با خطوط پر سرنشین در ایران انجام شده و مطالعه فعلی بر اساس داده های تمایل پرداخت افراد در ایران در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می دهد که با افزایش قیمت (ناشی از افزایش زمان صرفه جویی افراد) تمایل افراد به استفاده از خط پر سرنشین نیز کاهش می یابد. در همین راستا در قیمت رایگان، نزدیک به ۲۶ درصد رانندگان حاضر به استفاده از خطوط پر سرنشین هستند در صورتی که در قیمت های زیاد، درصد انتخاب خطوط پر سرنشین با عوارض تقریباً به سمت صفر میل می کند. در قیمت ۱۸۰۰۰۰ ریال درصد انتخاب به زیر ۵٪ می رسد همچنین بر اساس مکان ورود/ خروج به/ از بزرگراه چمران تمایل افراد به استفاده از خط پر سرنشین تغییر می کند. علاوه بر آن، زمانی که محل سکونت افراد در کمترین فاصله از محدوده مطالعه شده قرار داشته باشد ۳۱٪ تمایل برای استفاده از خطوط پر سرنشین وجود دارد و با افزایش فاصله تا ۲۵ کیلومتر تمایل افراد تقریباً به صفر درصد می رسد. همچنین قابل ذکر است که خانم ها تمایل بیشتری به استفاده از خطوط پر سرنشین دارند.

واژگان کلیدی: خطوط پرسرنشین با عوارض، رجحان بیان شده، مدل لجوجیت دوتایی، انتخاب شیوه سفر

۱. مقدمه

نابسامانی و وضعیت عرضه و تقاضا و استفاده بی‌رویه و سایل نقلیه، مشکلات بسیاری مانند هدر رفت زمان مفید افراد، افزایش مصرف سوخت، آثار روانی نامطلوب برای افراد (مانند آثار ناشی از آلودگی شنیداری) و آثار مخرب زیست‌محیطی را ایجاد می‌کند. بر همین اساس اگر خانوارها تغییر در رفتار سفرشان ایجاد کنند، می‌توان به حمل‌ونقل پایدار طولانی‌مدت دست یافت. چندین روش برای تشویق خانوارها برای استفاده کمتر از خودروی شخصی و یا تغییر در چگونگی استفاده از آن وجود دارد. این روش‌ها به‌عنوان مدیریت تقاضای سفر در نظر گرفته شده‌اند که یکی از این روش‌های پیشنهادی، استفاده از خطوط پر سرنشین است [1].

خطوط پر سرنشین، خطوط ترافیکی محدود شده‌ای هستند که برای استفاده انحصاری و سایل نقلیه دارای یک مسافر و یا بیشتر اختصاص داده شده‌اند و این محدودیت‌ها ممکن است فقط در طول زمان سفرهای اوج و یا تمام زمان‌ها اعمال شوند. به‌طور کلی، بیشتر سفرها به صورت تک‌سرنشین صورت می‌گیرد که منجر به افزایش خودرو در خیابان‌ها می‌شود [2] در سال ۱۹۹۰ تقریباً ۹۰ درصد سفرهای کاری و ۵۸ درصد سایر سفرها در ایالات متحده به صورت تک‌سرنشین انجام شده‌اند [3] آمار سال ۱۹۹۷ نشان می‌دهد که نرخ میانگین سرنشین و سایل نقلیه در سفرهای روزانه برای ۱۵ کشور عضو اتحادیه اروپا در حدود ۱/۱ تا ۱/۲ نفر به ازای هر وسیله نقلیه بوده است [4]. در همین راستا برای کاهش تردد خودروهای تک‌سرنشین، به‌ویژه در خطوط پر سرنشین، و همچنین افزایش ظرفیت این خطوط از خطوط پر سرنشین با عوارض استفاده شده است [5]، خطوط پر سرنشین با عوارض همچنین برای مدیریت تراکم ترافیک و کنترل آلودگی هوا نیز مؤثر هستند [6].

آمارهای اخیر نشان می‌دهد که میزان افزایش مالکیت خودرو در برخی از شهرهای در حال توسعه آسیا بسیار بالاتر از کشورهای توسعه‌یافته با همان سرانه درآمد است [7] بنابراین حرکت به سمت افزایش استفاده از حمل‌ونقل عمومی در کشورهای در حال توسعه آسیایی برای برنامه‌ریزها بسیار مهم

است تا بتوانند شیوه‌های حمل‌ونقل خصوصی را مدیریت کنند [8]. در مجموع، هنوز روی اقداماتی که به بهترین وجه باعث رونق خطوط پر سرنشین به ویژه در کشورهای در حال توسعه شود، اجماع نظر وجود ندارد و خواستار پژوهش بیشتر در مورد روش‌هایی است که می‌تواند به دولت‌ها در طراحی اقدامات مؤثرتر برای ارتقا تقاضا که برای کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی و توسعه ترافیک شهری پایدار حیاتی است، کمک کند [9].

ایران جز کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود که پایتخت آن، تهران، از بین ۲۶ شهر آلوده جهان رتبه ۱۲ را دارد. خودروها و موتورسیکلت‌ها به عنوان منابع متحرک سهم ۸۰ درصدی در آلودگی هوای شهر تهران دارند و همچنین یکی از متهمان اصلی آلودگی هوا در تهران خودروهای تک‌سرنشین است که از هر ۱۰ خودرو در ترافیک حداقل ۶ مورد آن تک‌سرنشین‌اند. به همین منظور در مطالعه حاضر، بزرگراه چمران (با نام پیشین بزرگراه پارک‌وی) یکی از بزرگراه‌های شمالی-جنوبی تهران با طول ۱۱/۵ کیلومتر که در غرب تهران جای دارد بررسی شده است. این بزرگراه از راستای بزرگراه مدرس در تقاطع پارک‌وی آغاز شده و در میدان توحید به پایان می‌رسد. این بزرگراه در طول مسیر خود با بزرگراه یادگار امام، بزرگراه هاشمی رفسنجانی (نیایش)، بزرگراه همت، بزرگراه حکیم و بزرگراه جلال آل احمد تقاطع دارد که به وسیله زیرگذر از تمامی آن‌ها می‌گذرد. شکل (۱) بزرگراه چمران را نشان می‌دهد.

هدف اصلی این پژوهش، تعیین عوامل تأثیرگذار در انتخاب شیوه سفر افراد در حضور این تسهیلات است. این پژوهش از اولین مطالعاتی است که به‌طور کلی در این منطقه و کشور و به‌طور خاص در شهر تهران انجام می‌شود. خطوط پر سرنشین با عوارض در آمریکا و اروپا اجرا شده است اما هرگز در کشورهای در حال توسعه اجرا نشده است. بکارگیری مفهوم ارزش زمان ذخیره شده برای تعیین نرخ عوارض متغیر بین مبادی و مقاصد مختلف بزرگراه یکی از جنبه‌های جدید مطالعه فعلی محسوب می‌شود. همچنین مطالعات بسیار محدودی در ارتباط با خطوط پر سرنشین در ایران انجام شده و مطالعه فعلی براساس داده‌های تمایل پرداخت افراد در ایران در نظر گرفته شده است. قابل ذکر

۲. ادبیات تحقیق

مطالعات صورت گرفته در زمینه خطوط پر سرنشین، به دودسته کلی، خطوط پر سرنشین بدون عوارض اچ او وی ۱ و با عوارض آن اچ او تی ۲ تقسیم می‌شوند که تفاوت این دو در این است که در خطوط با عوارض، وسایل نقلیه کم سرنشین (یک یا دو نفر) با پرداخت عوارض از این خطوط استفاده می‌کنند.

مطالعات متعددی در ارتباط با قیمت گذاری تراکم و سایر خدمات حمل و نقل (پارکینگ، حمل و نقل عمومی و ...) در سالهای اخیر انجام شده است [10-12]. از مطالعاتی که خطوط پر سرنشین بدون عوارض را بررسی کرده‌اند، [13] عوامل مؤثر بر اجرای خطوط پر سرنشین و عدم اجرای آن در فرانسه مورد بررسی قرار گرفته که داده‌های آن با کمک پرسش‌گری رجحان بیان شده آنلاین در سفر کاری و تحصیلی افراد جمع‌آوری شده است. نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از این است که ۵۲ درصد افراد نظر مثبتی نسبت به اجرای این خطوط داشته و مخالفان این طرح را بیشتر مردان و موافقان را زنانی که کودک خردسالی دارند معرفی می‌کند [13]. در همین زمینه نیز مطالعه‌ای روی عواملی که باعث تحریک افراد در استفاده از خطوط پر سرنشین در سفرهای کاری می‌شود انجام داده‌اند که در نتایج این مطالعه نیز ۸ ویژگی از قبیل زمان سفر و هزینه سفر، انتظار در محل شروع، عدم قطعیت در زمان سفر، هزینه سفر، تعداد سرنشینان، وضعیت پارکینگ در محل کار، در دسترس بودن خودرو دوطرفه در محل کار و انعطاف‌پذیری زمان ورود و خروج مهم ارزیابی شدند. که نتایج حاصل از مدل لجیت چندجمله‌ای نشان‌دهنده مؤثر بودن هر ۸ عامل در مشارکت افراد در هم‌پیمایی است و در مورد کمترین تعداد افراد حاضر در هم‌پیمایی اثر قابل توجهی مشاهده نشد [14].

در سال ۲۰۱۶ شاهین و همکاران رفتار و چگونگی نگرش افرادی که در سانفرانسیسکو موافق اجرای خطوط پر سرنشین هستند، را بررسی کردند. نتایج حاصل از مدل لجیت چندجمله‌ای حاکی از آن است که سن و وضعیت اشتغال از انگیزه‌های اصلی ارزیابی شده و میزان راحتی، ذخیره پول و زمان در اولویت هستند و حفظ محیط‌زیست اولیوی ندارد

است که با در نظر گرفتن میزان تمایل افراد به پرداخت هزینه و میزان زمان صرفه‌جویی شده، می‌توان برای ساختن خطوط پر سرنشین امکان‌سنجی کرد. علاوه بر آن، این مطالعه می‌تواند مشخص کند که افراد در چه قیمت‌هایی استفاده از وسیله نقلیه شخصی خود را محدود می‌کنند و به سفرهای اشتراکی به عنوان یک رویکرد مدیریت تقاضا روی می‌آوردند نتیجه چنین سیاستی می‌تواند منجر به کاهش تراکم ترافیکی، مصرف سوخت و زمان سفر شود. با توجه به اینکه مطالعه انجام شده وابسته به میزان زمان صرفه‌جویی شده بین مبدأ و مقصدها است در نتیجه اگر بزرگراه‌های دیگر نیز دارای همین مقدار زمان‌های صرفه‌جویی شده بین مبدأ و مقصدها باشند قابل گسترش است اما اگر تفاوت‌ها چشمگیر باشد، نیاز به مطالعات تکمیلی است. در هر صورت نتایج بدست آمده در ارتباط با ارزش زمان صرفه‌جویی شده که در تعیین نرخ عوارض این پژوهش بکار رفته‌اند می‌توانند به عنوان تخمین‌های مناسبی برای این مهم در نظر گرفته شوند.

روند کلی مقاله به این صورت است که در بخش دوم، به بررسی مطالعات پیشین در این زمینه و بعداز آن به معرفی چگونگی جمع‌آوری داده‌ها اشاره شده و در بخش‌های چهارم و پنجم نیز نتایج مدل‌سازی به همراه بحث بر یافته‌های آن‌ها ارائه شده است.

شکل ۱. نمایی از بزرگراه چمران

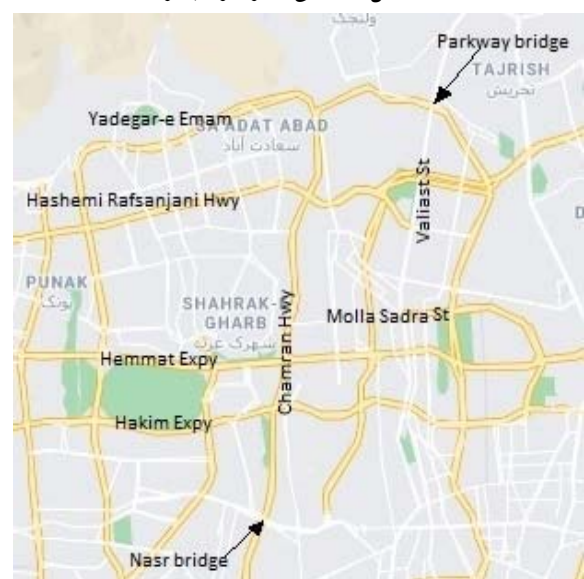


Fig. 1. The view of Chamran Hwy

وضعیت اشتغال و تعداد وسایل نقلیه تحت مالکیت بر تمایل افراد به انتخاب این خطوط و میزان پرداخت عوارض آن‌ها، تأثیرگذار است [20].

همان‌گونه که دیده می‌شود، مطالعات بسیاری در زمینه استفاده از خطوط پر سرنشین انجام شده است. بنابراین با توجه به این نکته که استفاده از این تسهیلات در کشورهای درحال توسعه رو به افزایش است، نیاز به انجام چنین مطالعه‌ای در کشور ما وجود دارد. بنابراین در این مطالعه کلیه عوامل مؤثر بر انتخاب این خطوط در بزرگراه شهید چمران تهران بررسی شده است و همچنین برای دانستن اینکه، آیا افراد از خطوط پر سرنشین استفاده می‌کنند یا نه از مدل لجیست دوگانه استفاده شده است. در همین راستا داده‌ها به علت عدم وجود این تسهیلات در ایران، با استفاده از روش رجحان بیان شده جمع‌آوری شده است و برای طراحی پرسشنامه، سطوح قیمتی بر اساس ارزش زمان صرفه‌جویی شده‌ی افراد در اثر استفاده از این خطوط به‌دست آمده‌اند. با جمع‌آوری ۱۰۰۰ مشاهده انجام شده، متغیرهای مربوط به ورودی و خروجی به بزرگراه برای اولین بار در این مطالعه از آن‌ها استفاده شد، همچنین با محاسبه ارزش زمانی ذخیره شده در مسیرهای گوناگون و تبدیل آن به ارزش پولی برای پرداخت عوارض در مسیرهای مختلف نسبت به محل ورود و خروج به‌عنوان شاخصی در این مطالعه در نظر گرفته شده است.

۳. روش تحقیق

بزرگراه شهید چمران یک بزرگراه شمالی غربی است و در حاشیه آن مراکز عمومی پرشماری قرار گرفته‌اند. از جمله مراکز مهم اطراف این بزرگراه می‌توان به هتل استقلال، سازمان صداوسیما، سالن اجلاس سران، نمایشگاه بین‌المللی تهران، دانشگاه امام صادق (ع)، دانشگاه مدیریت دانشگاه تهران، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه تهران، بیمارستان دکتر شریعتی، بوستان گفتگو و دانشکده پرستاری و مامایی دانشگاه تهران، پل مدیریت، هتل پارسیان آزادی و همچنین از محله‌های مهم اطراف بزرگراه می‌توان به ترتیب از شمال به غرب به محله‌های ولنجک، اوین، امیرآباد، کوی نصر، باقر خان و نصرت اشاره کرد. قابل ذکر است

[15]. در راستای بررسی عوامل مؤثر بر اجرای خطوط پر سرنشین، [16] بررسی کردند که برای چه نوع سفرهای روزانه‌ای راننده‌های فرانسوی از این خطوط استفاده می‌کنند و به این نتیجه رسیدند که بیشتر برای سفرهای تفریحی و به دنبال آن برای خرید، کار و سفرهای کودکان استفاده می‌شود. علاوه بر آن، [17] هنگام مطالعه‌ای در فرانسه و با استفاده از مدل لجیست مرکب یافتند که ارزش زمان برای کسانی که اعتقاد به استفاده از خطوط پر سرنشین دارند ۱۳٪ بیشتر از کسانی است که تنهایی سفر می‌کنند و همچنین زنان کمتر از مردان اعتقاد به خطوط پر سرنشین دارند.

از بین مطالعاتی که به قیمت‌گذاری خطوط پر سرنشین پرداخته‌اند می‌توان به مطالعه [18] اشاره کرد که در آن افرادی که در سفرهای خانه به کار (به شهر سالرنو می‌روند یا از آن می‌آیند) از خطوط پر سرنشین با عوارض استفاده می‌کنند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند و نتایج حاصل از این مطالعه بیانگر این است که با توجه به مزیت‌های این خطوط، به‌طور یقین جایگزین مدهای دیگر شده و زمان دسترسی به نقاط پارکینگ و تغییرات هزینه بیشترین اثر را برای انتخاب افراد موافق اجرای این طرح دارد. قابل ذکر است که [19]، در مطالعه‌ای بررسی کردند که با تغییر خطوط پر سرنشین بدون عوارض به خطوط پر سرنشین با عوارض، آیا خودروهای تک‌سرنشین بیشتر تشویق به استفاده از خودروی خود در این خطوط می‌شوند یا خیر، که در نهایت به این نتیجه رسیدند که تنها درصد کمی از افراد ترجیح می‌دهند از خودروی شخصی خود به صورت تک‌سرنشین در خطوط پر سرنشین با عوارض استفاده کنند و همچنین یافتند که در زمان شرایط جریان آزاد در بزرگراه، خطوط پر سرنشین بدون عوارض از خطوط پر سرنشین با عوارض بهتر عمل می‌کند.

از جدیدترین مطالعاتی که به منظور بررسی عوامل مؤثر بر انتخاب خطوط پر سرنشین توسط افراد و تمایل آن‌ها به پرداخت عوارض در این خطوط پرداخته است، مطالعه [20] است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که علاوه بر ویژگی‌های فردی افراد، ویژگی‌های سفر نیز بر تمایل افراد به پرداخت عوارض برای استفاده از خطوط پر سرنشین، مؤثر است. این مطالعه بیان کرده است که فاصله، سرعت، هدف سفر، جنسیت، درآمد، سن،

خروجی، زمان سفر جریان آزاد آن مسیر به دست آمده و به همین ترتیب با میانگین‌گیری بین ۳ مقدار زمان سفر در ساعت اوج صبح و اوج عصر نیز زمان سفر اوج صبح و عصر برای هر ورودی و خروجی نیز برحسب دقیقه محاسبه شده است. حال با داشتن مقدار زمان سفر جریان آزاد و تفاضل آن از زمان سفر اوج صبح، مقدار زمان صرفه‌جویی شده صبح (در صورت استفاده از خطوط HOV) به دست می‌آید به همین ترتیب مقدار زمان صرفه‌جویی شده عصر نیز به دست آمده است.

۲-۱-۳- تعیین سطوح قیمتی

با توجه به این‌که در سال ۱۳۹۱ مقدار ارزش زمانی کاربران ۴۳۷۶۰ ریال برای هر ساعت برآورد شده بود [21]، بنابراین با توجه به نرخ تورم و بهره سال‌های ۹۱ تا ۹۶ که به ترتیب ۱۴، ۱۵، ۲۲، ۲۲ و ۱۵ درصد است [22] و با استفاده از رابطه ۱، ارزش یک ساعت زمان صرفه‌جویی شده در این مطالعه ۱۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. از آنجایی‌که واحدهای زمانی مطرح شده در این مطالعه برحسب دقیقه هستند در نتیجه ارزش زمانی برای هر دقیقه افراد ۱۶۶۶،۶ ریال است.

(۱) مبلغ سال π ام = (۱ + نرخ تورم و بهره π ام) × (مبلغ سال $\pi-1$ ام) در ادامه برای تعیین قیمت زمان‌های صرفه‌جویی شده در مسیرهای مختلف، جمع زمان‌های صرفه‌جویی شده صبح و عصر هر قسمت به روش میانگین k -خوشه‌بندی شدند و میانگین هر خوشه به عنوان مقدار معیار آن خوشه مدنظر قرار گرفت که در مسیر کوی نصر به پارک‌وی پنج خوشه به دست آمد. در جدول (۱)، تقسیم‌بندی هر مسیر بر اساس خوشه‌های مختلف آورده شده است. در همین راستا برای عدد میانگین هر خوشه، دو سطح باقیمت کم‌تر (۰/۷۵ و ۰/۲۵ برابر) و دو سطح باقیمت بیشتر (۱/۷۵ و ۱/۲۵ برابر) تعیین شد. بنابراین بر اساس جمع مقادیر زمان صرفه‌جویی شده صبح و عصر برای هر ورودی و خروجی، پنج سطح قیمتی در ساعات اوج به دست آمد، قیمت ساعت‌های اوج صبح و عصر برابر هم و قیمت ساعت غیر اوج نصف قیمت اوج در نظر گرفته شده است. با توجه به این‌که معیار محاسبه قیمت، جمع زمان صرفه‌جویی صبح و عصر است، مبلغ

که در این بزرگراه تاکسی و ون به تعداد زیادی و به مقصد مراکز مهم شمال و غرب تهران تردد می‌کنند.

با توجه به این‌که در ایران، خطوط پرسرنشین وجود ندارد، باید برای طراحی پرسشنامه این مطالعه از رویکرد رجحان بیان‌شده استفاده کرد، از طرفی با توجه به وجود خط ویژه اتوبوس در بزرگراه شهید چمران، محدوده مطالعه در پرسشگری حدفاصل بین کوی نصر به پارک‌وی و پارک‌وی به کوی نصر انتخاب شد که در نهایت برای پرسشگری نهایی به علت بالاتر بودن زمان سفر در مسیر کوی نصر به پارک‌وی، تنها رویکرد جنوب به شمال این بزرگراه مورد مطالعه قرار گرفت.

پرسشنامه طراحی شده برای این مطالعه، شامل سه قسمت کلی است، مشخصات فردی و اجتماعی، مشخصات سفر و در قسمت آخر پرسشنامه، با توجه به زمان سفرهای مختلف، قیمت‌گذاری‌های مختلفی برای مسیرهای مختلف محاسبه شد و در اختیار افراد قرار گرفت. لازم به ذکر است که قیمت‌های ارائه شده بر اساس ارزش زمانی افراد [21] و تبدیل این ارزش زمانی برای سال ۱۳۹۶ صورت گرفته است. در نهایت گزینه‌های موجود در سناریوها در سه دسته کلی، تغییر در زمان سفر، شیوه سفر و استفاده از وسیله نقلیه شخصی در خطوط پرسرنشین، تقسیم‌بندی شدند که فرد باید یکی از این گزینه‌ها را انتخاب می‌کرد. پرسشگری در مناطق مختلف نزدیک به بزرگراه شهید چمران (پمپ‌بنزین‌ها، کارواش‌ها و ...) توسط افراد ماهر، انجام شد و در مجموع ۱۰۰۰ مشاهده برای مدل‌سازی استفاده شد.

۳- روش قیمت‌گذاری

۱-۱-۳- تعیین زمان سفر بین هر ورودی و خروجی

در مسیر کوی نصر به پارک‌وی (چمران شمال)، سه مرتبه در اوج صبح (ساعت ۷ تا ۹ روزهای یکشنبه، دوشنبه و سه‌شنبه)، سه مرتبه در اوج عصر (ساعت ۱۶ تا ۲۰ روزهای یکشنبه، دوشنبه و سه‌شنبه) و دو مرتبه در جریان آزاد (ساعت ۶ تا ۱۲ روز جمعه)، زمان سفر و مسافت جابه‌جایی بین هر ورودی و خروجی توسط دستگاه GPS اندازه‌گیری شد. در نهایت با میانگین‌گیری بین ۲ مقدار جریان آزاد برای هر ورودی و

معنی که اگر پاسخ ها بیشترین ارتباط را با هدف مورد بررسی داشته باشند این ضریب بزرگتر می شود. بر اساس نتایج پایلوت، ضریب آلفای کرونباخ برای سؤالات پرسشنامه بیشتر از ۰,۷ به دست آمده است در نتیجه پرسشنامه از پایایی مطلوبی برخوردار است [23].

در این پژوهش برای جمع آوری اطلاعات از ۱۳ نفر پرسشگر مجرب استفاده شده است که در نهایت با پرسشگری از ۲۰۰ نفر اطلاعات مورد نیاز برای تحلیل به دست آمد. همان گونه که بیان شد برای کسب اطلاعات دقیق تر، محدوده مطالعه شده تنها بزرگراه چمران شمال حدفاصل پل کوی نصر تا پل پارکوی در نظر گرفته شده است. همچنین برای دستیابی به نمونه ای مناسب، دسترسی بزرگراه هایی که با چمران شمال ارتباط دارند نیز به عنوان مکان پرسشگری در نظر گرفته شده اند، از طرفی با توجه به این که دانشگاه هایی مانند دانشگاه شهید بهشتی در شمال، دانشگاه الزهرا در شرق، دانشگاه امام صادق و علامه طباطبایی در غرب این بزرگراه قرار دارند، سفرهای باهدف تحصیل بخش عمده ای از سفرها را به خود اختصاص می دهند، به همین دلیل زمان جمع آوری داده ها باید به گونه ای در نظر گرفته شود که شامل سفرهای باهدف تحصیلی نیز باشد در نتیجه، داده ها در روزهای ۱۵ تا ۲۰ مهرماه سال ۹۶ جمع آوری شدند.

به دست آمده برای هر خوشه نیز برای افرادی است که هم در ساعت اوج صبح و هم در ساعت اوج عصر در مسیر کوی نصر به پارکوی بوده اند، به همین لحاظ برای افرادی که تنها در یکی از این ساعت های اوج (فقط اوج صبح یا فقط اوج عصر) در مسیر هستند قیمت محاسبه شده نصف می شود. قیمت گذاری خوشه بندی های مختلف را در جدول (۲) می توان مشاهده کرد.

۲-۳- پرسشنامه

پرسشنامه طراحی شده برای این مطالعه، شامل سه قسمت کلی است، مشخصات فردی و اجتماعی، مشخصات سفر و ترجیحات افراد در قالب سناریوها است. در قسمت سناریوها، پنج سؤال با ۱۱ گزینه یکسان مطرح شد که میزان قیمت اعلام شده در صورت سؤال هر کدام از این پنج پرسش، با توجه به مسیری که هر فرد گذرانده بود، تعیین شده است. در واقع هر کدام از این پنج سؤال، برای یک سطح قیمتی (شامل قیمت اوج و غیر اوج) مطرح شدند و همچنین گزینه ها تشکیل شده اند از، تغییر زمان سفر، استفاده از وسیله نقلیه شخصی یا اشتراکی، تغییر وسیله از مبدأ. شکل (۲) قسمتی از پرسشنامه که مربوط به سناریوها است را نشان می دهد. لازم به ذکر است که در مطالعه صورت گرفته برای سنجش سازگاری درونی پرسشنامه از آلفای کرونباخ استفاده شده است. به این ترتیب با افزایش میزان سازگاری درونی پرسشنامه ضریب آلفا نیز افزایش می یابد به این

جدول ۱. شماره خوشه ورودی و خروجی های مختلف بر اساس جمع زمان صرفه جویی شده چمران شمال

No	Entrance	Departure	Cluster.No	No	Entrance	Departure	Cluster.No
1	Hakim	Hemmat	1	42	Next to the cancer complex	U-turn under the bridge	2
2	Hakim	Molla Sadra	1	43	Next to the cancer complex	Parkway	2
3	Hakim	Hashemi	2	44	Molla Sadra	Hashemi	1
4	Hakim	Seoul	2	45	Molla Sadra	Seoul	2
5	Hakim	Namayeshgah	3	46	Molla Sadra	Yadegar-e Emam	2
6	Hakim	U-turn towards South Chamran	3	47	Molla Sadra	U-turn towards South Chamran	3
7	Hakim	Esteghlal Hotel	3	48	Molla Sadra	Parkway	3
8	Hakim	Yadegar-e Emam	4	49	Molla Sadra	Namayeshgah	4
9	Hakim	U-turn under the bridge	5	50	Molla Sadra	U-turn under the bridge	4
10	Hakim	Parkway	5	51	Molla Sadra	Esteghlal Hotel	4
11	Kouye Nasr Gas station	Hakim	1	52	Namayeshgah	U-turn towards South Chamran	1
12	Kouye Nasr Gas station	Hemmat	2	53	Namayeshgah	Esteghlal Hotel	1
13	Kouye Nasr Gas station	Molla Sadra	2	54	Namayeshgah	U-turn under the bridge	1
14	Kouye Nasr Gas station	Namayeshgah	3	55	Namayeshgah	Parkway	1
15	Kouye Nasr Gas station	U-turn towards South Chamran	3	56	Hashemi	Seoul	1
16	Kouye Nasr Gas station	Hashemi	4	57	Hashemi	Yadegar-e Emam	2
17	Kouye Nasr Gas station	Seoul	4	58	Hashemi	Namayeshgah	2
18	Kouye Nasr Gas station	Yadegar-e Emam	4	59	Hashemi	U-turn towards South Chamran	4

No	Entrance	Departure	Cluster.No	No	Entrance	Departure	Cluster.No
19	Kouye Nasr Gas station	Esteghlal Hotel	5	60	Hashemi	Esteghlal Hotel	4
20	Kouye Nasr Gas station	U-turn under the bridge	5	61	Hashemi	U-turn under the bridge	4
21	Kouye Nasr Gas station	Parkway	5	62	Hashemi	Parkway	4
22	Under the Kouye Nasr bridge	Hakim	1	63	Esteghlal Hotel	U-turn under the bridge	1
23	Under the Kouye Nasr bridge	Hemmat	2	64	Esteghlal Hotel	Parkway	1
24	Under the Kouye Nasr bridge	Molla Sadra	2	65	Hemat East to West	Molla Sadra	1
25	Under the Kouye Nasr bridge	Namayeshgah	3	66	Hemat East to West	Hashemi	2
26	Under the Kouye Nasr bridge	U-turn towards South Chamran	3	67	Hemat East to West	Seoul	2
27	Under the Kouye Nasr bridge	Hashemi	4	68	Hemat East to West	Esteghlal Hotel	3
28	Under the Kouye Nasr bridge	Seoul	4	69	Hemat East to West	U-turn towards South Chamran	3
29	Under the Kouye Nasr bridge	Yadegar-e Emam	4	70	Hemat East to West	Parkway	3
30	Under the Kouye Nasr bridge	Esteghlal Hotel	5	71	Hemat East to West	Yadegar-e Emam	4
31	Under the Kouye Nasr bridge	U-turn under the bridge	5	72	Hemat East to West	Namayeshgah	4
32	Under the Kouye Nasr bridge	Parkway	5	73	Hemat East to West	U-turn under the bridge	4
33	Seoul	Yadegar-e Emam	2	74	Hemat East to West	Molla Sadra	1
34	Seoul	Namayeshgah	2	75	Hemat East to West	Hashemi	2
35	Seoul	U-turn towards South Chamran	2	76	Hemat East to West	Seoul	2
36	Seoul	Esteghlal Hotel	4	77	Hemat East to West	U-turn towards South Chamran	3
37	Seoul	U-turn under the bridge	4	78	Hemat East to West	Esteghlal Hotel	3
38	Seoul	Parkway	4	79	Hemat East to West	U-turn under the bridge	3
39	Next to the cancer complex	Namayeshgah	1	80	Hemat East to West	Yadegar-e Emam	4
40	Next to the cancer complex	U-turn towards South Chamran	1	81	Hemat East to West	Namayeshgah	4
41	Next to the cancer complex	Esteghlal Hotel	1	82	Hemat East to West	Parkway	5

Table 1. Clusters of different entrance and departure based on the saved time in North Chamran

جدول ۲. سطوح قیمتی ورودی و خروجی خوشه‌بندی‌های مختلف در مسیر چمران شمال

Cluster type	Price levels*	Price(Rials)					
		Rush hour of morning and evening			Rush hour of morning or evening		
		Rush hour of morning	Non-Rush hour	Rush hour of evening	Rush hour of morning	Non-Rush hour	Rush hour of evening
One	1. 0.25	5000	3000	5000	3000	5000	3000
	2. 0.75	15000	8000	15000	8000	15000	8000
	3. 1	20000	10000	20000	10000	5000	10000
	4. 1.25	25000	12500	25000	15000	8000	15000
	5. 1.75	35000	17500	35000	20000	10000	20000
Two	1. 0.25	10000	5000	10000	5000	3000	5000
	2. 0.75	30000	15000	30000	15000	8000	15000
	3. 1	40000	20000	40000	20000	10000	20000
	4. 1.25	50000	25000	50000	25000	13000	25000
	5. 1.75	65000	35000	65000	35000	18000	35000
Three	1. 0.25	15000	8000	15000	8000	4000	8000
	2. 0.75	45000	25000	45000	25000	13000	25000
	3. 1	60000	30000	60000	30000	15000	30000
	4. 1.25	75000	40000	75000	40000	20000	40000
	5. 1.75	110000	55000	110000	55000	30000	55000
Four	1. 0.25	15000	8000	15000	8000	4000	8000
	2. 0.75	35000	20000	35000	20000	10000	20000
	3. 1	50000	25000	50000	25000	13000	25000
	4. 1.25	60000	30000	60000	30000	15000	30000
	5. 1.75	85000	45000	85000	45000	25000	45000
Five	1. 0.25	20000	10000	20000	10000	5000	10000
	2. 0.75	55000	30000	55000	30000	15000	30000
	3. 1	75000	40000	75000	40000	20000	38000
	4. 1.25	95000	50000	95000	50000	25000	50000
	5. 1.75	130000	65000	130000	65000	35000	65000

*1. The price of average number of cluster × 0.25 Table 2. The price levels of different entrance and departure clusters in North Chamran

- 2. The price of average number of cluster × 0.75
- 3. The price of average number of cluster × 1
- 4. The price of average number of cluster × 1.25
- 5. The price of average number of cluster × 1.75

شکل ۲. قسمتی از پرسشنامه مربوط به سناریوها

scenario		7 Am	9 Am	4 Pm	8 Pm
price	
Changing travel time	Changing the travel start time for using in non-Rush hour and less payment				
	Changing the travel end time for using in non-Rush hour and less payment				
	No travel				
Use or not use of private car or shared vehicle	Using a private car with a maximum of two occupants and high-occupancy toll lanes				
	Using a private car with more than two occupants and high-occupancy lanes free of charge				
	Using a private car and no high-occupancy lane				
Changing vehicle from origin	Using taxi				
	Using BRT bus				
	Using ride hailing and more ticket price				
	Using ride hailing with two occupants and no more ticket price				
Others(changing route)					

Fig. 2. The part of questionnaire related to scenarios

شکل ۳. درصد مشارکت زنان و مردان در پرسشگری

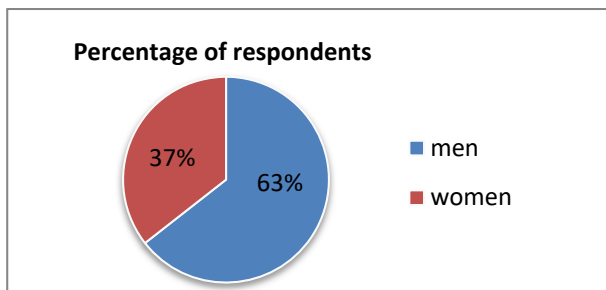


Fig. 3. The percentage of men and women

شکل ۴. سن افراد شرکت کننده

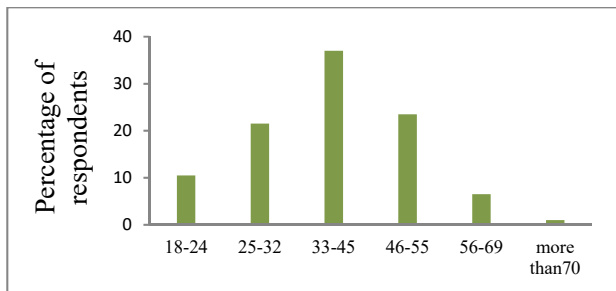


Fig. 4. respondents' age

شکل ۵. شغل افراد شرکت کننده

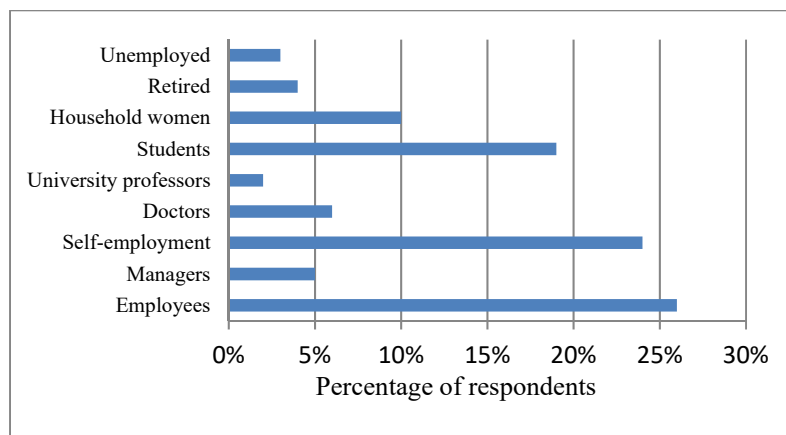


Fig. 5. respondents' occupation

۴- داده‌ها

در این پژوهش روش جمع‌آوری داده‌ها به صورت تصادفی ساده بوده است. با توجه به پرسشگری صورت گرفته در محدوده مورد مطالعه، ۲۰۰ پرسشنامه در قالب پنج سناریو و با مجموع ۱۰۰۰ مشاهده مورداستفاده قرار گرفت. از بین اطلاعات جمع‌آوری شده، با توجه به ورودی و خروجی‌های افراد، بیشترین فراوانی در بین سطوح قیمتی، ۳۰۰۰۰ ریال برای ساعات اوج و برای ساعات غیر اوج نیز ۱۵۰۰۰ ریال است. در شکل‌های (۳، ۴، ۵ و ۶) برخی از اطلاعات توصیفی برداشت شده از پرسشنامه‌ها آورده شده است. همچنین جدول (۳) میزان درصد انتخاب گزینه‌های موجود در سناریوها که برای سطح‌های قیمتی مختلف ارائه شده است را نشان می‌دهد.

شکل ۶. هدف سفر افراد در عصر

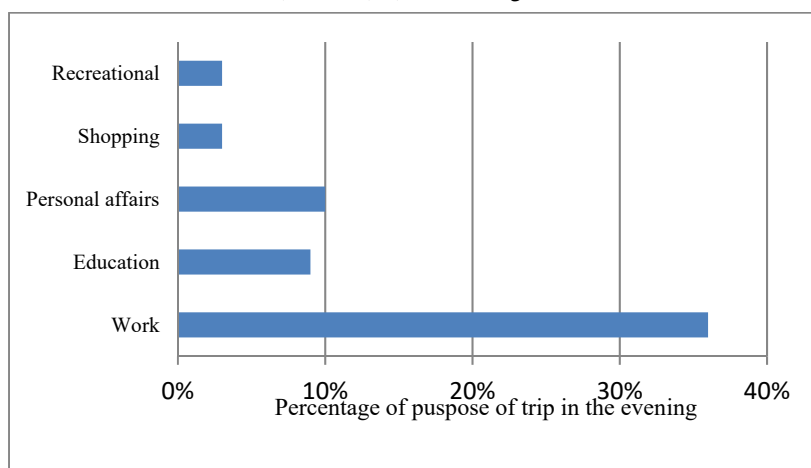


Fig. 6. The purpose of trip in the evening

جدول ۳. درصد انتخاب گزینه‌های موجود در سناریو

Alternatives	Choice percentage
Changing the travel start time for using in non-Rush hour and less payment	3.8
Changing the travel end time for using in non-Rush hour and less payment	1.7
No travel	0
Using a private car with a maximum of two occupants and high-occupancy toll lanes	33.1
Using a private car with more than two occupants and high-occupancy lanes free of charge	13.2
Using a private car and no high-occupancy lane	34.3
Using taxi	3.7
Using BRT bus	1
Using ride hailing and more ticket price	2.2
Using ride hailing with two occupants and no more ticket price	1.2
Others(changing route)	5.8

Table 3. Share of alternatives in scenarios

توسط هر فرد از رابطه (۲) و احتمال انتخاب گزینه دوم از

رابطه (۳) به دست می‌آید.

$$P(i) = Pr(U_i \geq U_j) = \frac{e^{v_i}}{e^{v_i} + e^{v_j}} \quad (2)$$

(۲)

$$P(j) = 1 - P(i) = \frac{e^{v_j}}{e^{v_i} + e^{v_j}} \quad (3)$$

(۳)

همان‌گونه که گفته شد متغیرهای بررسی شده در این مطالعه به سه دسته کلی، فردی و اجتماعی افراد، سفر و اولویت‌های بیان شده تقسیم شده‌اند. در جدول (۴) آمار توصیفی متغیرهای

مدل آورده

شده است.

۵- روش مدل‌سازی

با توجه به هدف این مطالعه که بررسی انتخاب و یا عدم انتخاب افراد برای استفاده از خطوط پر سرنشین است، از مدل لوجیت دوتایی استفاده شده است. این مدل ساده‌ترین و کاربردی‌ترین مدل انتخاب گسسته است. در این مدل، متغیر وابسته باید به صورت دوگانه تعریف شود که انتخاب یا عدم انتخاب یک گزینه، با جواب "صفر و یک" مشخص شده باشد. مطلوبیت هر گزینه به دو بخش، سیستماتیک (V) و خطای تصادفی (ϵ) تقسیم می‌شود [24].

مجموعه انتخاب در مدل لوجیت دوتایی به دو گزینه محدود می‌شود. در این مدل‌ها، احتمال انتخاب گزینه اول

جدول ۴. آمار توصیفی متغیرها

Variable	Definition	Type	Min	Max	Average	Std.dev
MXP	Maximum payment for one hour in a high-occupancy lane(rials)	CONTINIOUS	0	25000	2890	4288.5
DHEN2	Exiting the highway in the evening after the Molla Sadra	YES=1 NO=0	0	1	0.55	0.49
TTMN2	Travel time in the morning is 81mins and more	YES=1 NO=0	0	1	0.18	0.38
HIMN2	Entrance to the highway in the morning between 7:30 and 8:15	YES=1 NO=0	0	1	0.37	0.48
NFE	The number of family members between 5-18 years	CONTINIOUS	0	3	0.65	0.85
NC3	two university students in the family	YES=1 NO=0	0	1	0.01	0.09
NC4	four university students in the family	YES=1 NO=0	0	1	0.63	0.48
NS4	Four students in the family	YES=1 NO=0	0	1	0.55	0.49
NW5	Five women in the family	YES=1 NO=0	0	1	0.04	0.19
NEF	The number of employees in the family	CONTINIOUS	0	3	1.24	0.52
FM3	Single individual and living accompanied by family	YES=1 NO=0	0	1	0.20	0.40
AG5	Individual's age between 56-69	YES=1 NO=0	0	1	0.06	0.24
AG4	Individual's age between 46-55	YES=1 NO=0	0	1	0.23	0.42
AG1	Individual's age between 18-24	YES=1 NO=0	0	1	0.10	0.30
DG1	the education level of respondents is diploma and under diploma	YES=1 NO=0	0	1	0.16	0.37
JBS	Having another job with independent income	YES=1 NO=0	0	1	0.30	0.45
JB9	Unemployed	YES=1 NO=0	0	1	0.03	0.18
JB3	Self-employment	YES=1 NO=0	0	1	0.24	0.42
TLME	Total saved time in the morning and evening(min)	YES=1 NO=0	3.5	92	37.95	25.48
HAE3	Individual tends to enter Hakim West to East Hwy after passing through Chamran in the evening	YES=1 NO=0	0	1	0.04	0.20
HAE1	South Chamran is after Chamran in the evening	YES=1 NO=0	0	1	0.05	0.22
REDIS	The distance between the gravity of the residence and study area(Km)	CONTINIOUS	4	32.8	9.23	4.33
HBEY	Individuals enter Chamran from any other highway in the evening	YES=1 NO=0	0	1	0.46	0.49
HBE8	Hashemi West to East is before Chamran in the evening	YES=1 NO=0	0	1	0.06	0.24
HBMV	Individual enter Chamran from any other highway in the morning	YES=1 NO=0	0	1	0.30	0.46
DW5	The number of commuting days in Chamran is five	YES=1 NO=0	0	1	0.27	0.44
OC2	The maximum number of occupants is 2	YES=1 NO=0	0	1	0.30	0.46
LOE2	Origin of travel in the evening is home	YES=1 NO=0	0	1	0.26	0.44
LOM2	Origin of travel in the morning is home	YES=1 NO=0	0	1	0.43	0.49
LDM1	Destination of travel in the morning is work or education	YES=1 NO=0	0	1	0.42	0.49
CVCOM	the values of the respondents' vehicle(million rials)	Less than 200 =1 Between 200 and 500=2 Between 500 and 1000=3 More than 1000=4	1	4	2.65	1.09
TGE3	Personal affairs is the purpose of travel in the evening	YES=1 NO=0	0	1	0.10	0.30
TGM3	Personal affairs is the purpose of travel in the morning	YES=1 NO=0	0	1	0.02	0.15
GEN	Gender	Women=1 Men=0	0	1	0.37	0.48
OC4	Occupant of car is four or more	YES=1 NO=0	0	1	0.03	0.17

Table 4. Descriptive statistics of variables

۶- نتایج مدل سازی

در بزرگراه شهید چمران تهران است و از ویژگی‌های سفر و مشخصات فردی افراد جدول (۴) به عنوان متغیر مستقل استفاده شده است و همچنین نتایج این مدل به همراه ضرایب، میزان

متغیر وابسته برای مدل سازی، انتخاب و یا عدم انتخاب استفاده از وسیله نقلیه شخصی در خط ویژه و سایل نقلیه پر سرزنشین

در نتیجه در هنگام ورود به محدوده این مطالعه تمایل به استفاده از خطوط پر سر نشین دارد. همچنین افرادی که بعد از بزرگراه چمران شمال، قصد ورود به بزرگراه حکیم غرب به شرق و یا چمران جنوب دارند به علت حجم ترافیک بالا تمایلشان به استفاده از وسیله نقلیه شخصی در خط ویژه افزایش می‌یابد. در همین راستا می‌توان ذکر کرد که، از آنجایی که خروجی ملاصدرا یکی از مهم‌ترین خروجی‌های این محدوده است بر اساس نتایج، افرادی که در ساعت اوج عصر وارد محدوده می‌شوند، اگر خروج آن‌ها از خروجی‌های بعد از ملاصدرا یعنی سنول، هاشمی و پارک‌وی که تقاضای بالایی دارند باشد تمایل بیشتری به استفاده از خطوط پر سر نشین است.

می‌توان اشاره کرد که افرادی که در صبح، زمان سفر شان ۸۱ دقیقه و بالاتر است تمایلشان برای استفاده از وسیله نقلیه شخصی در خط چند سر نشین بیشتر است چراکه با استفاده از این خط، زمان سفر آن‌ها کاهش می‌یابد. همچنین افرادی که ۵ روز در هفته در این محدوده تردد دارند، در طول هفته زمان هدررفته بالاتری داشته و بنابراین تمایلشان به استفاده از خط ویژه با وسیله نقلیه شخصی بیشتر است.

با توجه به در نظر گرفتن متغیر فاصله دشوار محل سکونت تا سختی بزرگراه چمران در مدل می‌توان نتیجه گرفت که هرچه فاصله دشوار محل سکونت افراد از سختی بزرگراه چمران بیشتر شود، به طور کلی محل سکونت او از دسترسی به محل مطالعه شده بیشتر است، تمایل فرد به استفاده از وسیله نقلیه پر سر نشین کم‌تر می‌شود در همین راستا همان‌طور که شکل (۷) نشان می‌دهد اگر محل سکونت افراد در کمترین فاصله از خطوط پر سر نشین قرار داشته باشد ۳۱٪ تمایل برای استفاده از این خطوط وجود دارد و با افزایش فاصله تا ۲۵ کیلومتر تمایل افراد تقریباً به صفر درصد می‌رسد. با مشاهده جدول (۵) می‌توان برداشت کرد که، و سایل نقلیه‌ای که ۲ سر نشین سفر می‌کنند با توجه به اینکه مانند افراد تک سر نشین باید مبلغی را پرداخت کنند در نتیجه تمایلشان کمتر است اما و سایل نقلیه ۴ سر نشین به دلیل رایگان بودن استفاده از این خط تمایلشان بیشتر است.

معناداری و خوبی برازش مدل ($R^2 = 0.59$) در جدول (۵) آورده شده است.

در تفسیر جدول (۵) می‌توان گفت که، خانواده‌هایی که دانشجو ندارند یا تعداد دانشجویهای آن‌ها ۳ تا است و یا دانش‌آموز و افراد شاغل آن‌ها بیشتر است تمایلشان به استفاده از خطوط پر سر نشین بیشتر است. اما افرادی که بیکار هستند و یا شغل آزاد دارند و همچنین از نظر مدرک تحصیلی زیر دیپلم یا دیپلم هستند، تمایلی به استفاده از وسیله نقلیه شخصی در خطوط پر سر نشین ندارند. در واقع فرد بیکار می‌تواند زمان دیگری را برای تردد انتخاب کند، فردی که شغل آزاد نیز دارد می‌تواند زمان سفر را به گونه‌ای تنظیم کند که در ساعت اوج سفری نداشته باشد.

بر اساس ویژگی‌های فردی افراد می‌توان یافت که، تعداد بیشتر خانم‌ها و افراد مجرد در خانواده و همچنین افرادی که سن آن‌ها بین ۴۶ تا ۵۵ است تأثیر مثبت بر استفاده از وسیله نقلیه شخصی در خط پر سر نشین دارد در عوض با افزایش تعداد افراد بین ۵ تا ۱۸ سال و همچنین افزایش افراد با سن‌های ۱۸ تا ۲۴ و ۲۶ تا ۵۶ تمایل به استفاده از این خط کم می‌شود. با توجه به مکان ورودی و خروجی افراد به/از بزرگراه، جمع زمان صرفه‌جویی شده صبح و عصر قابل محاسبه است و با توجه به بررسی جدول (۵) می‌توان برداشت کرد که، هرچه زمان صرفه‌جویی شده افراد هنگام استفاده از وسیله نقلیه شخصی در خط پر سر نشین افزایش یابد، تمایل آن‌ها به استفاده از این ویژگی کم‌تر می‌شود علت نیز این است که مبلغ تعیین شده برای خطوط بر اساس میزان زمان صرفه‌جویی شده افراد است و هرچه فرد زمان بیشتری را صرفه‌جویی کند یعنی مدت زمان بیشتری از خط ویژه استفاده کرده و به دنبال آن مبلغ بیشتری نیز پرداخت کرده است.

در راستای بررسی مکان ورود و خروج به/از محدوده مطالعه شده (بزرگراه چمران) به‌طور کلی اگر افراد چه در صبح و چه در عصر، قبل از ورود به محدوده مورد مطالعه (بزرگراه چمران) از بزرگراهی دیگر وارد شده باشند به دلیل ترافیک زیاد بزرگراه‌ها و شلوغی شبکه معابر شهری و با توجه به اینکه فرد قبل از ورود به محدوده مورد مطالعه زمانش هدررفته است

شکل ۷. منحنی تحلیل حساسیت سهم استفاده از خطوط پر سرنشین نسبت به فاصله ثقل محل سکونت تا ثقل محدوده مورد مطالعه

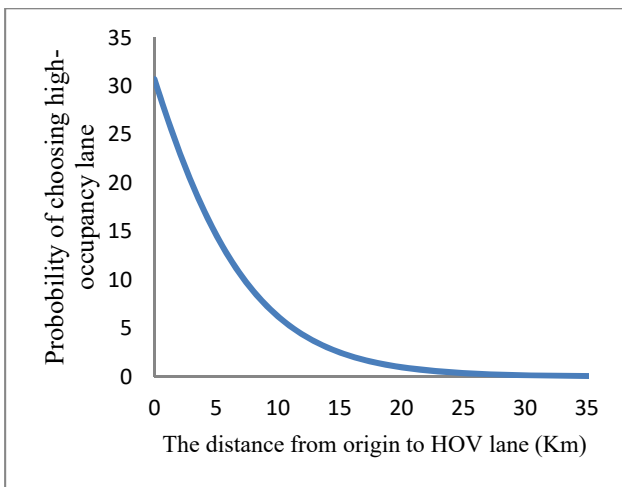


Fig. 7. Sensitivity analysis of choosing HOV lane versus the distance between the passenger origin to HOV lane

جدول ۵. مدل لجیست دوتایی انتخاب وسیله نقلیه شخصی در خطوط پر سرنشین

variable	Coef.	Std.err	P> z	variable	Coef.	Std.err	P> z
constant	1.49	0.27	0.03	JB3	-2.98	0.43	0.00
MXP	0.00	0.00	0.00	TLME	-0.04	0.01	0.00
DHEN2	1.96	0.74	0.01	HAE3	3.22	0.80	0.00
TTMN2	-2.31	0.41	0.00	HAE1	-4.95	1.09	0.00
HIMN2	-0.91	0.44	0.04	REDIS	-0.19	0.03	0.00
NFE	-2.67	0.45	0.00	HBEY	1.04	0.51	0.04
NC3	6.40	1.59	0.00	HBE8	2.13	0.57	0.00
NC4	0.86	0.28	0.00	HBMY	1.08	0.38	0.01
NS4	-3.19	0.65	0.00	DW5	1.95	0.28	0.00
NW5	3.33	0.69	0.00	OC2	-1.72	0.30	0.00
NEF	1.26	0.25	0.00	LOE2	-2.12	0.41	0.00
FM3	1.40	0.37	0.00	LOM2	-6.15	1.48	0.00
AG5	-2.36	0.61	0.00	LDM1	4.81	1.38	0.00
AG4	2.11	0.36	0.00	CVCOM	0.38	0.15	0.01
AG1	-2.83	0.49	0.00	TGE3	1.23	0.51	0.02
DG1	-1.34	0.35	0.00	TGM3	-2.48	0.89	0.01
JBS	-0.69	0.26	0.01	GEN	0.62	0.32	0.05
JB9	-4.77	1.55	0.00	OC4	2.01	1.09	0.06

Number of Observations = 1000, Log-likelihood = -279.98, $\rho^2 = 0.59$, AIC/N = 0.632

Table 5. The result of Binary logit model

با توجه به شکل (۸) می توان برداشت کرد که، در قیمت های کم تر، شیب نمودار بیشتر است و در واقع در قیمت رایگان، نزدیک به ۲۶ درصد رانندگان حاضر به استفاده از خطوط پر سرنشین هستند. در صورتی که در قیمت های زیاد، درصد انتخاب وسیله نقلیه شخصی تقریباً به سمت صفر میل می کند همان گونه که مشخص است در قیمت ۱۸۰۰۰۰ ریال درصد انتخاب به زیر ۵٪ می رسد.

۷- نتیجه گیری و پیشنهادها

در این مطالعه با استفاده از رجحان بیان شده، پرسشنامه ای طراحی شد و از افراد خواسته شده است که استفاده و یا عدم

همان گونه که در قسمت های قبل گفته شد، میزان زمان صرفه جویی شده برای افراد دارای ارزشی است که می توان آن را به متغیری از جنس قیمت تبدیل کرد از همین رو در این بخش، تحلیل حساسیت انتخاب وسیله نقلیه شخصی در خطوط پر سرنشین نسبت به ارزش زمان صرفه جویی شده انجام گرفته است. شکل (۸)، بیانگر تغییرات قیمت نسبت به درصد تمایل افراد در استفاده از وسیله نقلیه شخصی در خط HOV است. همان گونه که در شکل (۸) نیز نشان داده شده است، با افزایش قیمت (ناشی از افزایش زمان صرفه جویی افراد) تمایل افراد به استفاده از خط پر سرنشین نیز کاهش می یابد.

شکل ۸. منحنی تحلیل حساسیت سهم استفاده از خطوط پر سرنشین نسبت به ارزش زمان صرفه جویی شده

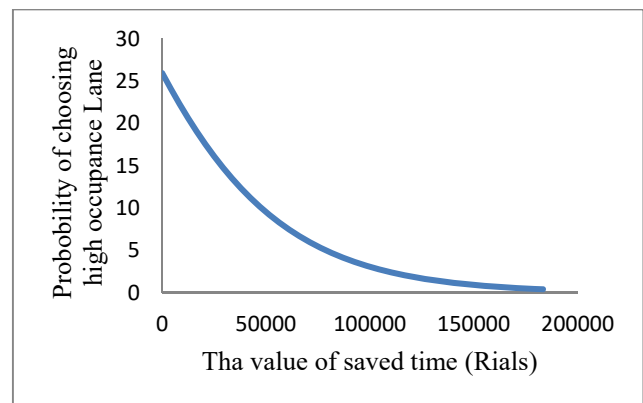


Fig. 8. Sensitivity analysis of choosing high-occupancy lane versus the value of saved time

کمترین فاصله از این محدوده قرار داشته باشد ۳۱٪ تمایل برای استفاده از این خطوط پر سرنشین وجود دارد و با افزایش فاصله تا ۲۵ کیلومتر تمایل افراد تقریباً به صفر درصد می‌رسد.

برای مطالعات آتی موارد زیر می‌تواند در نظر گرفته شود:

- با در نظر گرفتن متغیرهای پنهان و استفاده از مدل‌های هیبریدی نتایج دقیق‌تری در ارتباط با تاثیر مشخصات روانشناسی و اخلاقی افراد بر مشخصات انتخاب گزینه سفرشان به دست آورد که این موضوع نیازمند داشتن اطلاعات اجتماعی و اقتصادی بیشتری است.
- خطوط پر سرنشین می‌تواند برای بزرگراه‌ها و آزادراه‌های بین شهری که دارای سفرهای پر تواتر روزانه هستند (آزادراه تهران-کرج) بررسی شود.
- بررسی شرایط جوی مختلف بر تصمیم در خصوص ترجیح شیوه‌های اشتراکی مورد توجه و مطالعه قرار گیرد.

۸-مراجع

- [1] Eriksson, L., Garvill, J., & Nordlund, A. M. (2006). Acceptability of travel demand management measures: The importance of problem awareness, personal norm, freedom, and fairness. *Journal of environmental psychology*, 26(1), 15-26.
- [2] Correia, G., & Viegas, J. M. (2011). Carpooling and carpool clubs: Clarifying concepts and assessing value enhancement possibilities through a Stated Preference web survey in Lisbon, Portugal. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(2), 81-90.
- [3] Shaheen, S., Sperling, D., & Wagner, C. (1999). Carsharing and partnership management: an international perspective. *Transportation Research Record*, 1666(1), 118-124.
- [4] International Energy Agency. (1997). Indicators of energy use and efficiency: understanding the link between energy and human activity. OECD.
- [5] Perez, B. G., Sciara, G. C., & Parsons, B. (2002). A guide for HOT lane development (No. FHWA-OP-03-009). United States. Federal Highway Administration.
- [6] Li, J. (2001). Explaining high-occupancy-toll lane use. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 6(1), 61-74.
- [7] Morichi, S. (2005). Long-term strategy for transport system in Asian megacities. *Journal*

استفاده و سایل نقلیه شخصی خود در خطوط پر سرنشین را بیان کنند.

به این ترتیب مدل لجیت دوتایی با توجه به مشخصات فردی و مشخصات سفر افراد ساخته شد. که نتایج این مدل نشان می‌دهد که بر اساس مکان ورود و خروج به/از بزرگراه چمران تمایل افراد به استفاده از خط پر سرنشین تغییر می‌کند. در همین راستا اگر افراد چه در صبح و چه در عصر، قبل از ورود به محدوده مطالعه شده (بزرگراه چمران) از بزرگراهی دیگر وارد شده باشند به دلیل ترافیک زیاد بزرگراه‌ها و شلوغی شبکه معابر شهری و با توجه به اینکه فرد قبل از ورود به محدوده مورد مطالعه زمانش هدررفته است در نتیجه در هنگام ورود از خطوط پر سرنشین استفاده می‌کند. همچنین هرچقدر مسافت بین ورود و خروج وسیله نقلیه به محدوده مطالعه بیشتر باشد، زمان صرفه‌جویی شده بیشتر می‌شود در نتیجه مبلغ تعیین شده برای خطوط که بر اساس میزان زمان صرفه‌جویی شده است افزایش می‌یابد و تمایل آن‌ها به استفاده از این ویژگی کم‌تر می‌شود. این نکته قابل ذکر است که افرادی که ارزش خودروی آن‌ها بیشتر است تمایل بیشتری به پرداخت عوارض و استفاده از خطوط پر سرنشین دارند. در مجموع می‌توان یافت که افراد با سطح درآمد بالاتر تمایل بیشتری به استفاده از این خطوط دارند.

بر اساس ویژگی‌های افراد یافت شد که خانم‌ها تمایل بیشتری به استفاده از خطوط پر سرنشین دارند اما از لحاظ تحصیلات و شغل تمایل به استفاده از این خطوط در کسانی که سطح تحصیلات آن‌ها زیر دیپلم یا دیپلم است، بیکار هستند و یا شغل آزاد دارند، کمتر است. در کل، به کارگیری چنین تسهیلاتی در مناطقی که سهم سفرهای کاری سهم قابل توجهی از سفرها را به خود اختصاص دهند می‌تواند موثر باشد.

از نتایج دیگر این پژوهش می‌توان اشاره کرد که، در قیمت رایگان، نزدیک به ۲۶ درصد رانندگان حاضر به استفاده از خطوط پر سرنشین هستند در صورتی که با افزایش قیمت، درصد انتخاب و وسیله نقلیه شخصی تقریباً به سمت صفر میل می‌کند در همین راستا، در قیمت ۱۸۰۰۰۰ ریال در صد انتخاب به زیر ۵٪ می‌رسد. علاوه بر آن، زمانی که محل سکونت افراد در

- [18] De Luca, S., & Di Pace, R. (2015). Modelling users' behaviour in inter-urban carsharing program: A stated preference approach. *Transportation research part A: policy and practice*, 71, 59-76.
- [19] Chum, G. L., & Burris, M. W. (2008). Potential mode shift from transit to single-occupancy vehicles on a high-occupancy toll lane. *Transportation Research Record*, 2072(1), 10-19.
- [20] Abulibdeh, A., & Zaidan, E. (2018). Analysis of factors affecting willingness to pay for high-occupancy-toll lanes: Results from stated-preference survey of travelers. *Journal of Transport Geography*, 66, 91-105.
- [21] Mirbaha, B., Saffarzadeh, M., Seyedabrishami, E., Sherafatipour, S. (2013). Users' Value of Time Estimation in Congestion Priced Urban Areas. *Quarterly Journal of Transportation Engineering*, 4(3), 275-292 . (In Persian)
- [22] Statistical Centre of Iran ‹ <https://www.amar.org.ir> ‹/2017
- [23] Nunnally, J.C., 1978. *Psychometric theory* (2nd edit.) mcgraw-hill. Hillsdale, NJ, 416.
- [24] Ben-Akiva, M. E., Lerman, S. R., & Lerman, S. R. (1985). *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand* (Vol. 9). MIT press.
- of the Eastern Asia society for transportation studies, 6, 1-22.
- [8] Van, H. T., Choocharukul, K., & Fujii, S. (2014). The effect of attitudes toward cars and public transportation on behavioral intention in commuting mode choice—A comparison across six Asian countries. *Transportation research part A: policy and practice*, 69, 36-44.
- [9] Liu, X., Yan, X., Liu, F., Wang, R., & Leng, Y. (2019). A trip-specific model for fuel saving estimation and subsidy policy making of carpooling based on empirical data. *Applied Energy*, 240, 295-311.
- [10] Mirbaha, B., Saffarzadeh, M., Seyedabrishami, E., Pirdovani, A. (2014). Users' Value of Time Estimation in Congestion Priced Urban Areas. *International Journal of Transportation Engineering*, 1(3), 199-210.
- [11] Kazemi, A., Mirbaha, B., Abdi Kordani, A. (2019). Effect of on-street parking pricing on motorists' mode choice. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer*, 172(2), 96-105.
- [12] Mirbaha, B., Saffarzadeh, M. (2016). Investigating on the Effects of Congestion Pricing on Increasing Public Transit Shares. *Quarterly Journal of Transportation Engineering*, 4(1), 41-52 . (In Persian)
- [13] Delhomme, P., & Gheorghiu, A. (2016). Comparing French carpoolers and non-carpoolers: Which factors contribute the most to carpooling?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 42, 1-15.
- [14] Van der Waerden, P., Lem, A., & Schaefer, W. (2015). Investigation of factors that stimulate car drivers to change from car to carpooling in city center oriented work trips. *Transportation research procedia*, 10, 335-344.
- [15] Shaheen, S. A., Chan, N. D., & Gaynor, T. (2016). Casual carpooling in the San Francisco Bay Area: Understanding user characteristics, behaviors, and motivations. *Transport Policy*, 51, 165-173.
- [16] Gheorghiu, A., & Delhomme, P. (2018). For which types of trips do French drivers carpool? Motivations underlying carpooling for different types of trips. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113, 460-475.
- [17] Monchambert, G. (2020). Why do (or don't) people carpool for long distance trips? A discrete choice experiment in France. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132, 911-931.

Modeling The Effects of High Occupancy Toll Lane implementation Policy on Users` Trip Choice Behavior (Case Study: Chamran Highway)

Omid Mohammad Hasani¹, Babak Mirbaha*², Amir Abbas Rassafi³, Maziyar Layegh⁴

1- M.Sc. Transportation Planning, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

2- Associate Professor, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

3- Associate Professor, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

4- M.Sc. Transportation Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

*Mirbaha@ENG.ikiu.ac.ir

Abstract

The high-occupancy lanes are one of the urban traffic management strategies which has been implemented by many developing countries in recent years. High-occupancy Toll (HOT) lanes have been implemented in United States and Europe, but never in developing countries. Thus, considering such a study is necessary in Iran. In Tehran, significant share of daily trips are dedicated to single-occupant vehicles (SOV), which increases the daily congestion. In this regard, HOT can be considered in developing countries to reduce SOVs and also total travel time and delays. The main purpose of the present study is modeling and evaluating the factors influencing the mode choice of trips regarding the presence of HOT lanes. Many studies evaluated the use of high-occupancy lanes, while in the present study the value of saved travel time for different entrances and exits to / from the field of study was considered as the basis for defining the tolls. In addition, assessing the high-occupancy lane was conducted for the first time in Iran, Tehran city, as well as data were unique to Iranian people. In this paper, the data were collected using the stated preference method due to the lack of these facilities in Iran. The survey was performed from Nasr to Parkway Bridge. The questionnaire was divided into individual characteristics, trip characteristics, and five scenarios related to individuals' trip mode choices. Each scenario had the same alternatives while the questions was designed for a certain price level (including rush and non-rush hours). Furthermore, the alternatives were contained changing travel time, choosing or not choosing private car, and changing the mode from origin. Thus, 1000 observations were obtained from 200 individuals and a binary logit model was used to analyze the data. The results indicated that the willingness of individuals to choose high occupancy lanes decreases by increasing price (due to increasing saved travel time). In addition, almost 26% of individuals were willing to use HOT lanes when the price was free of charge, while the percentage of choosing HOT was approximately zero when the price was high. For example, in 180000 Rials the choice percentage of high-occupancy lanes reached below 5%. The findings of the model showed that based on the entrance and exits to / from Chamran Highway, the willingness of individuals changes in choosing HOT lanes. In addition, the distance between the gravity of the residence and study area directly affect the individuals' choices. In this regard, the tendency to choose HOT lanes was 31% when individuals reside in the shortest distance from the field of study, while increasing the distance to 25 km, tendency reaches almost zero percent. It is also worth noting that women were more inclined to choose HOT lanes. In the future studies, the different climate conditions can be considered in evaluating the preference of individuals in trip mode choice. Furthermore, high occupancy lanes should be evaluated for highways or freeways between two towns for example Tehran-Karaj. Additionally, by considering latent variables and using hybrid model can obtain significant results which will help policy makers in implementing HOT lanes.

Keywords: HOT lane, stated preference, Binary logit, trip mode choice