

برآورد تقاضای استفاده از پارک سوار مطالعه موردی: ایستگاه متروی حرم مطهر امام خمینی (ره)*

مهدی بشیری نیا ، دانشجوی دکتری برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه تربیت مدرس
خشایار خاوریان ، دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه صنعتی شریف
حسن فرضی پور ، کارشناسی ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، مهندسین مشاور راه های طلایی البرز
تاریخ ارسال مقاله: فروردین ۹۳ تاریخ پذیرش: تیر ۹۳

چکیده

یکی از معضلات شهرنشینی، مسأله پارکینگ است که نیاز به درایت مسئولین شهری، اصلاح سیاست گذاری ها و سرمایه گذاری دارد. پارک سوارها نوعی پارکینگ در میانه مسیر مسافران به منظور تغییر وسیله سفر هستند. ایده اصلی برای احداث یک پارک سوار کاهش سفرهای سواری شخصی در محدوده مرکزی شهر و افزایش مطلوبیت حمل و نقل همگانی است. با بررسی مطالعات گذشته در این زمینه، مشاهده می شود که روش مدونی جهت برآورد تقاضای پارک سوارها وجود ندارد. به همین دلیل در این پژوهش سعی شده است بر اساس یک نمونه موردی روشی برای برآورد تقاضا پیشنهاد گردد. بنابراین ایستگاه متروی حرم مطهر و مسافران عبوری از عوارضی آزادراه قم - تهران، به عنوان نمونه موردی انتخاب شده اند. سپس بر اساس وجود دو انتخاب استفاده از سواری شخصی یا پارک سوار، مدل لوجیت دوگانه پرداخت و ارزیابی شد. با توجه به مدل، اگر مقصد افراد در محدوده طرح ترافیک قرار داشته باشد مطلوبیت استفاده از پارک سوار افزایش می یابد. بعلاوه هرچه تعداد تبادل سفر بیشتر باشد، مطلوبیت استفاده از این شیوه کاهش می یابد. با توجه به متغیر جنسیت، برای زنان استفاده از پارک سوار مطلوبیت بیشتری در مقایسه با مردان دارد. در نهایت اگر سفر تواتر بالایی داشته باشد، مطلوبیت استفاده از پارک سوار کاهش می یابد.

کلید واژه: پارکینگ، پارک سوار، حمل و نقل همگانی، تقاضا، مدل انتخاب گسسته، لوجیت دوگانه، تابع مطلوبیت

۱- مقدمه

با توجه به اهمیت مکانیابی پارک سوارها در شهر تهران، مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران در اقدامی مبتنی بر اعتقاد به توسعه علمی، مطالعه پارکینگ همگانی یکپارچه هوشمند در نقاط تعویض سفر و پارک سوارهای شهر تهران و مکانیابی فنی و تخصصی آنها بر مبنای مدیریت تقاضای ترافیک را در سال ۱۳۹۱ به گروه بین المللی ره شهر واگذار نمود [۱]. در همین راستا، برآورد تقاضای پارک سوارها مطالعه شده و به عنوان نمونه موردی ایستگاه متروی حرم مطهر مد نظر قرار گرفته است. در ادامه ابتدا به صورت اجمالی مسأله و اهداف مطالعه تبیین خواهد شد. سپس در راستای آشنایی با موضوع به بررسی مطالعات مشابه گذشته پرداخته خواهد شد. در بخش بعد نمونه موردی، نحوه برداشت اطلاعات مورد نیاز و خلاصه آماری اطلاعات برداشت شده گزارش می شود. با استفاده از اطلاعات بدست آمده و به کمک مدل لوجیت دوگانه سهم استفاده از پارک سوار برآورد شده و نتایج بدست آمده از آن ارائه خواهد شد.

۲- تعریف مسأله و اهداف تحقیق

به طور معمول پارکینگ در بخش های مختلف سفر مورد استفاده قرار می گیرد. در یک طبقه بندی، استفاده از پارکینگ در بخش های مبدأ، مقصد و پارک سوار قابل تعریف است.

ایده اصلی برای احداث یک پارک سوار کاهش سفرهای سواری شخصی در محدوده مرکزی شهر و افزایش مطلوبیت استفاده از حمل و نقل همگانی در این محدوده است. هدف اصلی احداث پارک سوار ایجاد شرایط مناسب برای استفاده از حمل و نقل همگانی در بخشی از سفر، برای آن دسته از افرادی است که در تمامی طول مسیر خود از سواری شخصی استفاده می کنند. به بیان دیگر اگر پارک سوار باعث شود افراد به جای استفاده از سواری شخصی در تمامی طول مسیر، بخشی از سفر خود (معمولاً در بخش کم تراکم) را با سواری شخصی و ادامه آن را (که معمولاً در بخش مرکزی و پر تراکم انجام می شود) با حمل و نقل همگانی انجام دهند، پارک سوار عملکردی قابل قبول داشته است.

* این مقاله حاصل اطلاعات مربوط به «مطالعه پارکینگ همگانی یکپارچه هوشمند در نقاط تعویض سفر و پارک سوارهای شهر تهران و مکانیابی فنی و تخصصی آنها بر مبنای مدیریت تقاضای ترافیک» به کارفرمایی مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران است که در سال ۱۳۹۱ به مشاور گروه بین المللی ره شهر واگذار شده است.
mahdi.bashirinia@gmail.com
Kh_Khavarian@Meh:Sharif.edu
farzipour@rtattraffic.com

در ادامه، روش جمع‌آوری اطلاعات و نتایج حاصل از تحلیل آن‌ها ارائه می‌شود.

۳- مطالعات پیشین

در این بخش، در راستای بررسی تجربیات موجود در خصوص برآورد تقاضای تسهیلات پارک‌سوار، به شناسایی مطالعات انجام شده مرتبط با مسأله پارکینگ در نقاط تعویض سفر پرداخته می‌شود. مطالعات داخلی و خارجی موجود در این زمینه در قالب پژوهش‌های دانشگاهی، مطالعات تطبیقی و گزارش‌های سازمانی است که در ادامه توضیحات کوتاهی راجع به هر یک ارائه شده است.

مطالعه‌ای در خصوص مکانیابی پارک‌سوارها با عنوان "ارائه مدل مکان‌یابی امکانات پارک‌سوار و حل آن با الگوریتم ژنتیک در محیط GIS"، توسط رحمانی و سعیدیان انجام شده است. در مطالعه آنها تسهیلات پارک‌سوار به عنوان راهکاری مناسب برای ترغیب وسایل نقلیه شخصی در استفاده از حمل و نقل همگانی عنوان شده‌اند. در این تحقیق سعی شده است روشی کارا برای مکان‌یابی تعداد مشخصی پارک‌سوار در دو مرحله نامزد و بهینه ارائه شود. به طوری که در مرحله اول، با استفاده از تعدادی معیار کیفی و کمی، موقعیت‌های نامزد در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی جانمایی شده و در ادامه بهینه‌یابی موقعیت‌ها با حل مدلی چند معیاره، انجام شده است [۲].

مطالعه‌ای با عنوان "ارائه مدلی نوین در جهت جانمایی بهینه تسهیلات پارک‌سوار با به کارگیری الگوریتم ژنتیک" که توسط بنادکی و همکاران انجام شده است، به صورت مقاله، در یازدهمین کنفرانس بین‌المللی حمل‌ونقل و ترافیک پذیرفته شده است. در تحقیق بنادکی و همکاران با هدف ایجاد بیشترین کاهش ترافیک در شبکه، نسبت به ارائه مدلی برای استقرار تسهیلات پارک‌سوار اقدام گردیده است. مدل ارائه شده براساس نقاط جمعیتی، مکان‌های بالقوه برای استقرار پارک‌سوار و مراکز متعدد تجاری فرمول‌بندی شده است. در این تحقیق به صورت مطالعه موردی، مسأله بیان شده برای مکان‌یابی تسهیلات پارک‌سوار در شهر اصفهان استفاده شده است [۳]. مطالعه دیگری با عنوان "استراتژی مکان‌یابی پارک سوار در شبکه خطوط مترو" توسط محمد پورمیدانی و همکاران، به صورت مقاله در یازدهمین کنفرانس بین‌المللی حمل‌ونقل و ترافیک ارائه شده است. در مطالعه آنها پارامترهای اثرگذار بر جانمایی بهینه تسهیلات پارک‌سوار در شبکه خطوط مترو، شناسایی و تأثیرات آن‌ها بررسی شده است [۴].

تکتران^۱ مخفف نام لاتین شرکت برنامه‌ریزی حمل و نقل منطقه مرکزی و تی‌ساید (شامل شهرهایی چون پرت و داندی در

احداث پارک‌سوار به دنبال افزایش دسترسی به سیستم حمل و نقل همگانی شهر است. این مورد بیشتر در نقاط کم تراکم اطراف ایستگاه‌های حمل و نقل همگانی موضوعیت خواهد داشت. در چنین ناحیه‌هایی امکان طراحی خطوط تغذیه‌کننده اتوبوس‌رانی کارا برای پاسخ‌گویی به تقاضای سفر به ایستگاه حمل‌ونقل همگانی دشوار خواهد بود، زیرا که تقاضا بسیار پراکنده است. در این شرایط احداث پارک‌سوار باعث افزایش دسترسی به حمل‌ونقل همگانی خواهد شد. از طرف دیگر احداث پارک‌سوار به دنبال کاهش سفرهای با سواری شخصی در محدوده مرکزی شهر است. در شرایطی که عمده کاربری‌های جاذب سفر در محدوده مرکزی شهر واقع شده باشد، با توجه به این که ظرفیت قابل ارائه برای خدمت‌رسانی به این سفرها در این بخش از شهر محدود است، ممنوعیت‌ها و محدودیت‌هایی برای تردد سواری اعمال خواهد شد. از جمله این موارد می‌توان به محدوده طرح ترافیک اشاره کرد. در چنین شرایطی به منظور برقراری دسترسی‌های محدود شده، باید حمل‌ونقل همگانی کارا و سریع در محدوده فراهم شود و برای ایجاد امکان سفر به محدوده مرکزی شهر برای استفاده‌کنندگان از سواری، تسهیلاتی مانند پارک سوار قبل از ورود به محدوده فراهم می‌گردد. واضح است که انتخاب بین انواع شیوه‌ها، انتخاب پیچیده و وابسته به متغیرهای مختلفی است. دو شیوه غالب سفرهای شهری، استفاده از سواری یا استفاده از حمل‌ونقل همگانی است. همواره برای هر مسافر این تصمیم مطرح است که سفر خود را با سواری انجام دهد یا با حمل و نقل همگانی و جواب به این سوال بسته به متغیرهای مختلفی از جمله؛ در دسترس بودن وسیله نقلیه شخصی، در دسترس بودن حمل‌ونقل همگانی، هزینه عمومی استفاده از هر یک، زمان سفر و راحتی هر کدام تعیین می‌شود. نکته مهمی که همواره باید در نظر داشت سیاست‌های کلان توسعه پایدار است. تسهیلات و راهکارهایی که موجب افزایش سفرهای با سواری شخصی می‌شود در خلاف سیاست‌های توسعه پایدار است. بنابراین، باید به این مسأله توجه داشت که احداث پارک‌سوار نباید باعث افزایش مطلوبیت استفاده از سواری شخصی گردد. با توجه به الگوی سفرهای روزانه شهر تهران و رفتار استفاده‌کنندگان از پارک‌سوار، می‌توان پارک‌سوارها را به دو دسته داخلی و دروازه‌ای تقسیم کرد. هدف پارک‌سوارهای دروازه‌ای تأمین دسترسی به حمل و نقل همگانی برای افرادی است که مبدأ سفر آنها خارج از شهر بوده و با وسیله نقلیه شخصی وارد شهر شده‌اند. ایستگاه‌های همگانی که در مرز و دروازه شهر واقع شده‌اند، پتانسیل بالاتری برای توسعه پارک‌سوار داشته و انتظار می‌رود ایجاد چنین تسهیلاتی در حوالی این ایستگاه‌ها نتایج مثبتی برای وضعیت حمل و نقل شهر به همراه داشته باشد. از این رو، برای برآورد تقاضای استفاده از پارک‌سوار، ایستگاه حرم مطهر از خط یک متروی شهر تهران انتخاب شده است. به منظور شناسایی تقاضای استفاده از پارک‌سوار، از روش برداشت میدانی استفاده گردید.

1. The Tayside and Central Scotland Transport partnership (TACTRAN)

۲. اطلاعات سفر نمونه‌ای از سواری‌های عبوری از گیت‌های عوارضی برای ورود به شهر تهران

این دو نوع اطلاع، در دو روش شمارش تعداد افراد ورودی به شهر تهران، و مصاحبه با برخی از آن‌ها، جمع‌آوری شده است. انجام مصاحبه قبل از رسیدن سواری‌ها به گیت پرداخت عوارض و در صف پشت آن انجام شده است. در مصاحبه سه اطلاع اصلی از افراد پرسیده می‌شود که مشخص می‌کند فرد مورد نظر در مجموعه بازار استفاده‌کنندگان از پارک‌سوار قرار دارد یا خیر. ویژگی‌هایی که باعث می‌شود فرد امکان استفاده از پارک‌سوار نداشته باشد عبارتند از:

۱. اگر راننده مسافرکش باشد.

۲. افرادی که مقصد آن‌ها شهر تهران نیست.

۳. اگر هدف او بازگشت به خانه باشد.

۴. سفر بازگشت در روز جاری انجام نشود.

پس از پرسش راجع به موارد اصلی بالا، از آن دسته از افرادی که در مجموعه بازار استفاده از پارک‌سوار قرار می‌گیرند، اطلاعات زیر اخذ می‌شود:

• مبدأ سفر

• نزدیک‌ترین ایستگاه مترو به مقصد

• مقصد سفر

• نحوه دسترسی از مترو به مقصد نهایی

• زمان انجام سفر بازگشت

• زمان دسترسی از مترو به مقصد نهایی

• هزینه پارکینگ در مقصد

• تجربه استفاده از متروی تهران

• تواتر سفر

• اطلاع از وجود پارکینگ در ایستگاه حرم

• زمان رانندگی تا مقصد

• انتخاب فرد (سواری یا پارک‌سوار)

شمال کشور انگلستان و نواحی جنوبی اسکاتلند) است. بر اساس لایحه سال ۲۰۰۵ اسکاتلند این شرکت یک برنامه استراتژیک منطقه‌ای^۱ برای بهبود وضعیت زیرساخت‌های حمل و نقل منطقه تدوین کرد. با توجه به گزارش استراتژی پارک‌سوار تکتران می‌توان گفت که به طور کلی روش‌های برآورد تقاضای پارک‌سوار بسیار زیاد و متنوع است اما به عنوان یک قانون کلی اگر پارک‌سوار در یک محل مناسب قرار گیرد، معمولاً ۲۰٪ ترافیک ورودی به محدوده را به خود جذب می‌کند و در حالت‌های بسیار موفق ۳۰٪ ترافیک ورودی را می‌تواند به خود جذب کند [۵]. بر اساس نظر سازمان حمل‌ونقل اسکاتلند برای تعیین میزان استفاده از پارک‌سوار در مناطق مختلف به مدل‌سازی نیاز است. نسبت^۲ مخفف نام لاتین شرکت برنامه‌ریزی و حمل و نقل شمال شرقی منطقه اسکاتلند و انگلستان^۳ است. بر اساس گزارش نهایی نسبت^۲، از موارد تأثیرگذار بر تقاضای پارک‌سوار می‌توان به تعداد افرادی که از فضای جذب پارک‌سوار به سمت مرکز شهر حرکت می‌کنند، محل قرارگیری پارک‌سوار نسبت به معابر اصلی، امکان استفاده افراد از پارکینگ در مرکز شهر، هزینه پارک در مرکز شهر، تواتر وسایل حمل و نقل همگانی، هزینه پارک در پارک‌سوار نسبت به مرکز شهر، زمان سفر حمل و نقل همگانی از پارک‌سوار به مقصد سفر در مقایسه با سواری و میزان اطلاع‌رسانی پارک‌سوارهای جدید اشاره کرد [۶].

مشاهده می‌شود که روش منسجم و مدونی جهت برآورد تقاضای استفاده از پارک‌سوارها ارائه نشده است. به همین دلیل در ادامه سعی می‌شود بر اساس یک نمونه موردی روشی برای برآورد این تقاضا پیشنهاد گردد.

۴- رویکرد مطالعه

عوارضی آزادراه تهران - قم در ابتدای ورودی شهر تهران، در جنوب مناطق ۱۹ و ۲۰ شهرداری تهران و در نزدیکی ایستگاه متروی حرم مطهر واقع شده است. در کنار این ایستگاه پارکینگ نسبتاً بزرگی وجود دارد که دسترسی به آن از عوارضی، از بزرگراه خلیج فارس، بزرگراه بهشت زهرا و بلوار بهشت زهرا امکان‌پذیر است. از جمله مکان‌هایی که در سفر به شهر تهران امکان استفاده از این پارک‌سوار برای آن‌ها به سادگی فراهم است شهرها، روستاها و بخش‌هایی مانند ورامین، قرچک، حکیم‌آباد، حسن‌آباد، سلمان‌آباد، اسلامشهر، و شهرک‌های صنعتی جنوب عوارضی است که در جنوب شهر تهران واقع هستند. برای برآورد تقاضای پارک‌سوار دو دسته اطلاعات مورد نیاز است:

۱. تعداد افراد عبوری از گیت‌های عوارضی برای ورود به شهر تهران

1. Regional Transport Strategy(RTS)

2. Nestrans

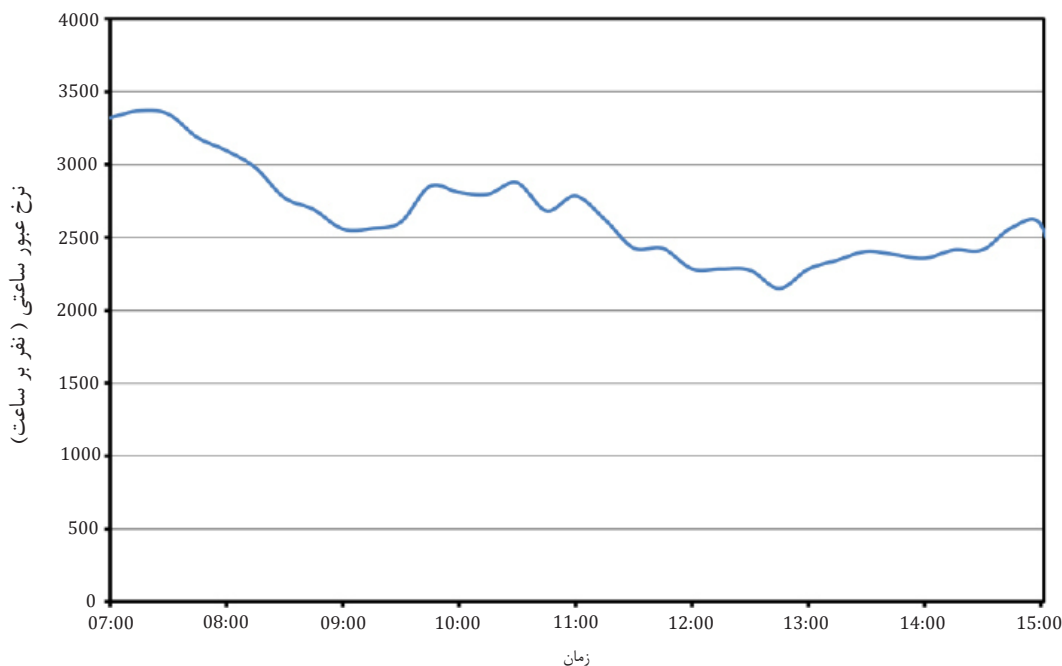
3. The North East of Scotland Transport Partnership

در صورتی که افراد از وجود پارکینگ در حوالی ایستگاه اطلاع نداشتند، رفتار آن‌ها با فرض اطلاع از پارکینگ پرسیده شده است. این اطلاع به نوعی تمایلات بیان شده^۱ افراد را نشان می‌دهد. علاوه بر موارد ذکر شده در بالا برخی از ویژگی‌های افراد نیز (از جمله سن راننده، صاحب خانه بودن یا نبودن راننده، جنسیت راننده، تعداد سرنشین سواری و نوع سواری) پرسیده شده است.

۵- نتایج

نتایج حاصل از برداشت میدانی در دو دسته اطلاعات حجم عبوری و خصوصیات افراد قابل ارائه است. شکل ۱ نرخ ورود افراد از محور قم - تهران به این شهر را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، نرخ ورود افراد تقریباً شکلی یکنواخت دارد. در ساعات ابتدایی روز، این نرخ اندکی بیشتر از ساعات میانی روز است.

افرادی که با سواری شخصی خود از عوارضی وارد شده، مسافرکش نبوده، مقصدشان شهر تهران است، هدفشان بازگشت به خانه نیست و سفر بازگشت خود را در روز جاری انجام می‌دهند، مجموعه بازار استفاده از پارک سوار را تشکیل می‌دهند. اولین مرحله در تحلیل اطلاعات برداشت شده، شناسایی این افراد، از کل افراد وارد شده از محور جنوبی شهر است (جدول ۱). با توجه به جدول، ۵۹ درصد از کلیه افرادی که با سواری از محور قم - تهران به شهر تهران وارد می‌شوند جزء بازار استفاده از پارک سوار قرار می‌گیرند. لازم به ذکر است که ستون دوم این جدول، سهم هر مجموعه را از دسته بالاتر نشان می‌دهد. برای نمونه افراد غیر مسافرکشی که مقصد آن‌ها تهران بوده و هدف سفر آن‌ها بازگشت به منزل نیست ۶۵ درصد از کل افرادی است که مقصدشان تهران است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که ۱۵ درصد از افرادی که با وسیله سواری از عوارضی قم - تهران عبور می‌کنند، از پارکینگ حرم مطهر استفاده می‌کنند.



شکل ۱: نرخ ورود افراد به تهران از عوارضی قم - تهران

1. Stated preferences

عنوان		تعداد		سهم از کل (درصد)		سهم از دسته قبل (درصد)	
		فرد	سواری	فرد	سواری	فرد	سواری
کل افراد		۱۵۲۸	۷۰۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
مسافرکش		۶۳	۲۷	۴	۴	۴	۴
غیر مسافرکش		۱۴۶۵	۶۷۸	۹۶	۹۶	۹۶	۹۶
غیر مسافرکش با مقصد غیر تهران		۱۸۸	۶۷	۱۲	۱۰	۱۲	۱۰
غیر مسافرکش با مقصد تهران		۱۲۷۷	۶۱۱	۸۴	۸۷	۸۴	۸۷
غیر مسافرکش، مقصد تهران با هدف بازگشت به منزل		۲۸۳	۱۵۰	۲۱	۲۵	۱۹	۲۲
غیر مسافرکش، مقصد تهران با هدف غیر بازگشت به منزل		۹۹۴	۴۶۱	۶۵	۷۵	۶۵	۷۸
غیر مسافرکش، مقصد تهران با هدف غیر بازگشت به منزل که امروز بر نمی گردند		۹۹	۴۴	۶	۱۰	۶	۱۰
غیر مسافرکش، مقصد تهران با هدف غیر بازگشت به منزل که امروز بر می گردند		۸۹۵	۴۱۷	۵۹	۹۰	۵۹	۹۰

جدول ۱: اطلاعات سهم مجموعه بازار استفاده از پارک سوار از کل افراد عبوری

با توجه به آن، برای پرداخت تابع انتخاب بین دو گزینه، کافی است یک تابع مطلوبیت پرداخت شود. برای پرداخت مدل از نرم افزار Nlogit استفاده شده است. این نرم افزار که به منظور پرداخت مدل های انتخاب از آن استفاده می شود توانایی پرداخت مدل های لوجیت خاص^۱ را داراست. در فرآیند پرداخت مدل، تابع مطلوبیت استفاده از سواری برابر مقدار ثابت قرار داده شده و در هر مرحله یکی از متغیرها در تابع مطلوبیت پارک سوار وارد می شود. بررسی مفید بودن متغیر وارد شده بر اساس افزایش مقدار ρ^2 مدل پرداخت شده، معنا دار بودن ضریب متغیر وارد شده، و اختلاف معنا دار ضریب متغیر با صفر انجام می شود. به طور کلی متغیرهای تاثیرگذار در انتخاب هریک از شیوه ها را می توان در دو گروه دسته بندی کرد: متغیرهای مربوط به هریک از گزینه ها، و متغیرهای مربوط به خصوصیات استفاده کنندگان. در این مطالعه از میان کلیه متغیرهای موجود برای مدل سازی، متغیرهای زیر با توجه به همبستگی بیشتر نسبت به سایر متغیرها انتخاب شدند:

۱. وسیله تک سرنشین: برای وسایل تک سرنشین برابر ۱ و در غیر این صورت صفر.

۲. هدف سفر: برای هریک از چهار هدف سفر یک متغیر دوتایی تعریف شده است.

از جمله اطلاعاتی که از افراد اخذ شده، هدف انجام سفر آن ها بوده است. به طور کلی اهداف سفر را می توان در چهار گروه دسته بندی کرد. سفرهای شغلی ۲۶ درصد، سفرهای تحصیلی ۴، سفرهای خرید ۳۴ و سایر سفرها ۳۶ درصد اهداف سفر را تشکیل می دهند. از جمله اطلاعات مهم در برنامه ریزی برای ساماندهی افراد، تواتر سفر افراد است. بر اساس نتایج حاصل شده ۵۷ درصد سفرها دارای تواتر یک مرتبه در هفته و ۱۷ درصد آنها دارای تواتر بیش از ۵ مرتبه در هفته هستند.

علاوه بر اطلاعات آماری ارائه شده راجع به افراد ورودی از محور قم - تهران به شهر تهران، از اطلاعات برداشت شده می توان در راستای پرداخت یک مدل انتخاب شیوه ادامه مسیر بین دو گزینه موجود استفاده از سواری شخصی، و استفاده از پارک سوار استفاده کرد. مدلی که در این مطالعه پرداخت شده است، از نوع مدل های لوجیت بوده و با توجه به این که انتخاب تنها بین دو گزینه انجام می شود، مدل لوجیت دوتایی خواهد بود. به طور کلی ساختار مدل های لوجیت دوتایی به شکل زیر است:

$$P(i) = \frac{e^{u_i}}{e^{u_i} + e^{u_j}} \quad (1)$$

در مدل‌های (۷) و (۸) دو متغیر «سایر سفرها» و «مقصد در محدوده» نیز به مدل افزوده می‌شوند، زیرا که نه تنها از نظر آماری با صفر اختلاف معنادار دارند، بعلاوه مقدار شاخص برازندگی مدل را بهبود می‌بخشند. افزودن متغیر «سفر متواتر» در مدل (۹) باعث کم اهمیت شدن متغیرهای «سفر خرید» و «سایر سفرها» شده است. بنابراین مدل‌های (۱۰) و (۱۱) با حذف این دو متغیر پرداخت شده است. در مدل‌های (۱۳) و (۱۴) اهمیت متغیرهای «زمان رانندگی» و «زمان استفاده از مترو» در مدل بررسی شده است. در مدل (۱۵) متغیر «تعداد تبادل» به مدل وارد شده است. متغیرهای «مقصد نزدیک به مترو» و «راننده مسن» در مدل‌های (۱۶) و (۱۷) به مدل افزوده می‌شوند و همانطور که مشاهده می‌شود این متغیرها شرایط مدل را بهبود نمی‌دهند. در مدل (۱۸) آخرین متغیر، یعنی «جنسیت» به مدل افزوده شده است. با توجه به نتایج ارائه شده تابع مطلوبیت هر یک از شیوه‌ها در مدل نهایی به این صورت است:

$$U(Car) = -1.152 \quad (2)$$

$$U(Park \& Ride) = 1.162 TZ + -0.861 FR - 0.577 TR - 1.896 SE$$

که در آن:

$TZ = 1$ اگر مقصد در محدوده طرح ترافیک باشد و صفر در غیر این صورت،

$FR = 1$ اگر تعداد سفر مشابه در هفته گذشته بیشتر از ۱ مرتبه باشد و صفر در غیر این صورت،

$TR =$ تعداد تبادل سفر،

$SE = 1$ اگر فرد مرد باشد و صفر در غیر این صورت.

۳. قرار گرفتن در محدوده طرح ترافیک: در صورتی که مقصد سفر در محدوده طرح ترافیک قرار داشته باشد برابر یک و در غیر این صورت برابر صفر.

۴. تواتر سفر: در صورتی که سفر شخص در هفته گذشته تکرار نشده باشد صفر و در غیر این صورت یک.

۵. زمان رانندگی تا مقصد بر حسب دقیقه.

۶. زمان سفر با مترو بر حسب دقیقه.

۷. تعداد جابجایی بین وسایل.

۸. مقصد نزدیک به مترو: چنانچه مقصد نهایی به ایستگاه مترو نزدیک باشد برابر یک و در غیر این صورت صفر.

۹. راننده مسن: برای افرادی که سن آن‌ها بیشتر از ۵۰ سال است برابر یک و در غیر این صورت برابر صفر.

۱۰. جنسیت: در صورتی که فرد مرد باشد برابر یک و در غیر این صورت صفر.

در صورتی که متغیر وارد شده، در عین حال که ضریب آن منطقی و دارای اختلاف معنادار با صفر است، باعث افزایش مقدار در مدل شود، ρ^2 این متغیر در مدل حفظ می‌شود. جدول ۲ اطلاعات مربوط به تست t هر یک از ضرایب در تابع مطلوبیت شیوه پارک‌سوار را نشان می‌دهد. هر یک از سطرهای این جدول مربوط به یکی از مدل‌های انتخاب پرداخت شده است و تنها اطلاعات برای متغیری که در مدل وارد شده ارائه می‌گردد. جدول ۳ برای هر یک از مدل‌ها، مقدار ضرایب متغیرها و عدد ثابت در تابع مطلوبیت پارک‌سوار را نشان می‌دهد.

در مدل شماره (۱) تنها متغیر وارد شده «راننده تک‌سرنشین» است. همانطور که مشاهده می‌شود با توجه به تست t این متغیر با احتمال ۶ درصد با صفر اختلاف معنادار ندارد. از این رو معنادار بودن آن را می‌پذیریم. در مدل شماره (۲) معناداری «راننده تک‌سرنشین» کاهش یافته است. علت آن وارد شدن «سفر کاری» در مدل است. از این رو مدل شماره (۳) به منظور مقایسه این دو متغیر پرداخت شده است. با مقایسه مدل (۱) و مدل (۳) مشاهده می‌شود که شاخص برازندگی مدل (۳) بیشتر است. از این رو از بین این دو متغیر «سفر کاری» برگزیده می‌شود. در مدل (۴) اضافه شدن متغیر «سفر تحصیلی» بی‌اهمیت تشخیص داده می‌شود. با توجه به مدل (۵) از بین متغیر «سفر خرید» و «سفر کاری» یکی باید انتخاب شود. از این رو، مشابه آنچه که در بالا توضیح داده شد، مدل (۶) پرداخت شده و با مقایسه نتایج بین مدل (۳) و (۶) متغیر «سفر خرید» انتخاب می‌شود.

1. Specific Logit

شماره مدل	تک سرشنین	سفر کاری	سفر تحصیلی	سفر خرید	احتمال			سفر مقصد در محدوده	سفر متواتر	سفر زمان رانندگی	زمان مترو	تعداد تبادل	مقصد نزدیک مترو	مسن راننده	جنسیت	ρ^2	ρ^2 اصلاح شده
					سفر سایر	سفر محدود	سفر متواتر										
۱	۰/۰۶														۰/۲۳۳	۰/۲۲۹	
۲	۰/۲۷	۰/۰۲													۰/۲۴۵	۰/۲۳۸	
۳		۰/۰۱													۰/۲۴۲	۰/۲۳۸	
۴		۰/۰۱	۰/۲۰												۰/۲۴۸	۰/۲۴۰	
۵		۰/۱۸	۰/۰۵												۰/۲۵۱	۰/۲۴۴	
۶			۰/۰۰												۰/۲۴۷	۰/۲۴۲	
۷			۰/۰۰	۰/۰۹											۰/۲۵۳	۰/۲۴۶	
۸			۰/۰۰	۰/۰۶	۰/۰۰										۰/۲۸۱	۰/۲۷۲	
۹			۰/۱۸	۰/۶۷	۰/۰۰	۰/۰۵									۰/۲۹۰	۰/۲۷۹	
۱۰			۰/۱۴		۰/۰۰	۰/۰۱									۰/۲۸۹	۰/۲۸۰	
۱۱					۰/۰۰	۰/۰۰									۰/۲۸۵	۰/۲۷۸	
۱۲					۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۵								۰/۲۸۷	۰/۲۷۸	
۱۳						۰/۲۳									۰/۲۲۹	۰/۲۲۴	
۱۴						۰/۷۸									۰/۲۲۶	۰/۲۲۱	
۱۵					۰/۰۰	۰/۰۰		۰/۰۶							۰/۲۹۳	۰/۲۸۴	
۱۶					۰/۰۰	۰/۰۰		۰/۰۸	۰/۳۹						۰/۲۹۵	۰/۲۸۴	
۱۷					۰/۰۰	۰/۰۰		۰/۰۵	۰/۲۴						۰/۲۹۶	۰/۲۸۵	
۱۸					۰/۰۰	۰/۰۰		۰/۰۵	۰/۰۰						۰/۳۱۸	۰/۳۰۸	

جدول ۲: اطلاعات تست t و شاخص برازندگی مدل‌های پرداخت شده

شماره	تک سرشنین	سفر کاری	سفر تحصیلی	سفر خرید	سفر سایر	مقصد در محدوده	سفر متواتر	سفر زمان رانندگی	زمان مترو	تعداد تبادل	مقصد نزدیک مترو	مسن راننده	جنسیت	عدد ثابت	مقدار ضریب متغیر		
															در	تابع	مطلوبیت پارک
۱	-۰/۵۱۶													۱/۰۲۴	سوار	پارک	مطلوبیت
۲	-۰/۲۲۳	-۰/۱۳۷												۱/۸۹۳			
۳		-۰/۱۸۳۷												۱/۹۸۷			
۴		-۰/۱۸۸۵	-۱/۳۶۳											۱/۹۴۰			
۵		-۰/۱۴۹۷		۰/۶۰۹										۱/۳۲۸			
۶				۰/۱۴۰										۱/۵۶۰			
۷			۱/۱۴۳	۰/۱۶۱۶										۱/۸۶۲			
۸			۰/۹۴۳	۰/۷۰۱	۱/۰۰۷									۲/۲۱۹			
۹			۰/۴۰۵	۰/۱۹۱	۰/۹۶۹	-۰/۶۸۵								۱/۵۷۸			
۱۰			۰/۴۲۶		۰/۹۵۸	-۰/۷۷۱								۱/۴۳۰			
۱۱					۱/۰۵۷	-۰/۸۶۷								۱/۲۵۶			
۱۲					۱/۰۶۰	-۰/۸۵۴	۰/۰۰۵							۱/۵۱۵			
۱۳							۰/۰۰۶							۱/۵۲۰			
۱۴							-۰/۰۰۳							۱/۱۳۴			
۱۵					۰/۹۹۲	-۰/۸۶۶				-۰/۵۵۴				۱/۵۶۴			
۱۶					۰/۹۰۸	-۰/۸۳۵				-۰/۵۱۷	۰/۲۶۵			۰/۴۴۰			
۱۷					۰/۹۷۷	-۰/۸۷۶				-۰/۵۷۳		-۰/۵۳۲		۰/۴۶۶			
۱۸					۱/۱۶۲	-۰/۸۶۱				-۰/۵۷۷				-۱/۱۵۲	-۱/۸۹۶		

جدول ۳: مقادیر ضرایب مدل‌های پرداخت شده

سعی شده است بر اساس یک نمونه موردی روشی برای برآورد این تقاضا پیشنهاد گردد. در این مطالعه ایستگاه متروی حرم مطهر و عوارضی آزادراه قم - تهران به عنوان نمونه موردی انتخاب و مسافرانی که از این معبر وارد شهر تهران شده‌اند به عنوان جامعه آماری نمونه، جهت استفاده از پارک‌سوار مورد مصاحبه قرار گرفته‌اند. اطلاعات سفر و مشخصات افراد آماربرداری شده در بانک اطلاعاتی ثبت شده و بر اساس وجود دو انتخاب استفاده از سواری شخصی یا پارک‌سوار موجود، مدل انتخاب گسسته لوجیت دوگانه پرداخت و ارزیابی شد. با توجه به نتایج حاصل از پرداخت مدل، اگر مقصد افراد در محدوده طرح ترافیک قرار داشته باشد مطلوبیت استفاده از پارک‌سوار افزایش می‌یابد. به همین ترتیب هرچه تعداد تبادل سفر بیشتر باشد، مطلوبیت استفاده از این شیوه کاهش می‌یابد. با توجه به متغیر جنسیت، برای زنان استفاده از پارک‌سوار مطلوبیت بیشتری در مقایسه با مردان دارد. در نهایت اگر سفر تواتر بالایی داشته باشد، مطلوبیت استفاده از پارک‌سوار کاهش می‌یابد. علت این کاهش را می‌توان در آشنا شدن افراد با شبکه معابر و افزایش اعتماد آن‌ها به این شیوه حمل‌ونقل دانست.

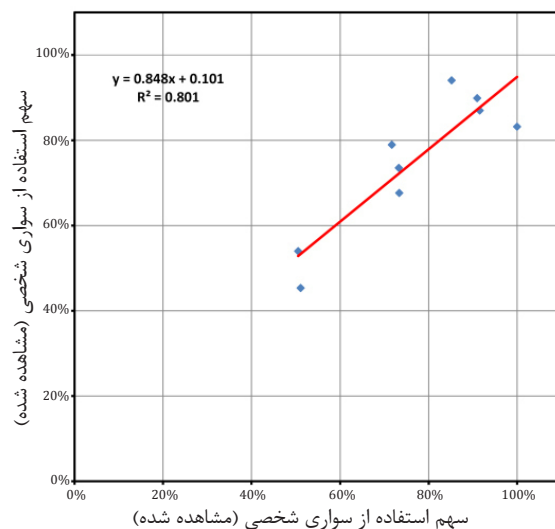
۷- مراجع

۱. مطالعه پارکینگ همگانی یکپارچه هوشمند در نقاط تعویض سفر و پارک سوارهای شهر تهران و مکانیابی فنی و تخصصی آن‌ها بر مبنای مدیریت تقاضای ترافیک، گروه بین‌المللی ره‌شهر، ۱۳۹۱.
۲. رحمانی مهدی، سعیدیان طبعی ماشالله، «ارایه مدل مکانیابی امکانات پارک‌سوار و حل آن با الگوریتم ژنتیک در محیط GIS»، پژوهشنامه حمل‌ونقل، سال ششم، شماره سوم، ۱۳۸۸.
۳. بنادکی حمید و همکاران، «ارائه مدلی نوین در جهت جانمایی بهینه تسهیلات پارک‌سوار با بکارگیری الگوریتم ژنتیک»، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل، ۱۳۹۰.
۴. پورمیدانی محمد، فرخنده احمد، «استراتژی مکان‌یابی پارک‌سوار در شبکه خطوط مترو»، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، ۱۳۹۰.

5. TACTRAN Park and Ride strategy (Best practice review), prepared by Louisa Martin, approved by: Grant Davidson, April 2009.

6. Nestrans Park and Ride Operations Study, final report, ATKINS, May 2009.

با توجه به نتایج حاصل از پرداخت مدل، اگر مقصد افراد در محدوده طرح ترافیک قرار داشته باشد مطلوبیت استفاده از پارک‌سوار افزایش می‌یابد. به همین ترتیب هرچه تعداد تبادل سفر بیشتر باشد، مطلوبیت استفاده از این شیوه کاهش می‌یابد. با توجه به متغیر جنسیت، برای زنان استفاده از پارک‌سوار مطلوبیت بیشتری در مقایسه با مردان دارد. در نهایت اگر سفر تواتر بالایی داشته باشد، مطلوبیت استفاده از پارک‌سوار کاهش می‌یابد. علت کاهش مطلوبیت استفاده از پارک‌سوار با افزایش تواتر سفر را می‌توان در آشنا شدن افراد با شبکه معابر و افزایش اعتماد آن‌ها به این شیوه حمل و نقل دانست. آخرین گام در ارزیابی مدل پرداخت شده، تهیه نمودار برآورد مشاهده برآورد، با توجه به متغیرهای وارد شده در مدل، می‌توان مجموعه نقاط امکان‌پذیر برای مدل را به ۲۴ دسته افزایش کرد. این ۲۴ دسته با توجه به این‌که متغیرهای «مقصد در محدوده مرکزی»، «سفر متواتر» و «جنسیت» متغیرهای دوتایی و متغیر «تعداد تبادل» دارای سه مقدار صفر، یک و دو است، حاصل می‌شود. با استفاده از این اطلاعات، می‌توان نمودار برآورد مشاهده مدل را ترسیم کرد (شکل ۲). با توجه به این شکل، شاخص برازندگی خط مذکور به اطلاعات برابر ۰/۸ است که نشان دهنده توانایی بالای مدل در بازسازی مشاهدات است.



شکل ۲: مقایسه نتایج برآورد مدل و مقادیر مشاهده شده سهم سواری شخصی

۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با بررسی مطالعات گذشته در زمینه مکان‌یابی و برآورد تقاضای استفاده از پارک‌سوار مشاهده می‌شود که روش منسجم و مدونی جهت برآورد تقاضای استفاده از پارک‌سوارها ارائه نشده است. به همین دلیل در این پژوهش و به کمک آمارهای میدانی