

## بررسی تأثیر موقعیت ایستگاه‌های تاکسی گردشی بر عملکرد ترافیکی معابر شهری

محمود احمدی نژاد<sup>۱</sup>

افشین شریعت مهمی<sup>۲</sup>

امیر راسخ<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۱/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۲/۰۸

### چکیده

تاکسی‌های گردشی در ایران، حرکات خاص و تغییر خط‌های ناگهانی به‌منظور سوار و پیاده‌کردن مسافر انجام می‌دهند. این وسایل نقلیه با مانور در طول معابر و توقف در هر نقطه دلخواه از مسیر باعث بی‌نظمی در جریان ترافیک و تحمیل تأخیر فراوان به دیگر وسایل نقلیه در حال حرکت در شبکه می‌شوند. اعمال مقررات در خصوص توقف تاکسی‌های گردشی منحصراً در ایستگاه تاکسی همواره مورد توجه بوده است و تعیین تأثیر این محدودیت بر بهبود پارامترهای جریان ترافیک بسیار حائز اهمیت است.

در این پژوهش، تأثیر موقعیت ایستگاه‌های تاکسی گردشی بر عملکرد یک معبر شهری با استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای رفتار این وسیله‌نقلیه در نرم‌افزار *vissim* به‌دست آمده است. اطلاعات جریان ترافیک و رفتارهای تاکسی‌های گردشی یک معبر نمونه با آمارگیری و برداشت میدانی به‌دست آمده است و رفتار تاکسی در جریان ترافیک مختلط معبر مذکور در نرم‌افزار شبیه‌سازی شده است. با استفاده از مقایسه شاخص‌های عملکردی معبر شامل زمان سفر و تأخیر در سناریوهای مختلف موقعیت ایستگاه‌های تاکسی، میزان بهبود پارامترهای جریان ترافیک مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که توقف تاکسی‌های گردشی به‌ویژه در طول معابر یک و دوخطه تأثیر فراوانی بر عملکرد ترافیکی معبر موردنظر و افزایش زمان سفر و تأخیر وارده به وسایل نقلیه ترددکننده در آن معبر می‌گذارد.

**کلیدواژه‌ها:** تاکسی گردشی، شبیه‌سازی، تأثیر ترافیکی، عملکرد معابر شهری

<sup>۱</sup> - استادیار دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

<sup>۲</sup> - استادیار دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

<sup>۳</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران

## مقدمه

در بسیاری از شهرهای جهان، تاکسی به عنوان یک اصل مهم حمل‌ونقلی شناخته می‌شود که قسمت قابل توجه‌ای از جابجایی مسافران توسط این وسیله‌نقلیه صورت می‌گیرد. براساس سیاست دولت‌ها و نحوه مدیریت ترافیک شهری، تاکسی در شهرهای مختلف جهان کارکرد متفاوتی دارد. در بسیاری کشورها از تاکسی به‌عنوان یک وسیله حمل‌ونقل غیراشتراکی استفاده می‌شود، اما در برخی کشورها تاکسی‌ها به‌صورت اشتراکی و گردش‌ی فعالیت کرده و به‌صورت عمومی به جابجایی مسافران در نقاط مختلف شهر می‌پردازند. استفاده از تاکسی به‌عنوان یک وسیله‌نقلیه عمومی که در سطح شبکه معابر تردد می‌نماید و مسافران را در غیر از مکان‌های تعیین‌شده سوار و پیاده می‌کند، باعث به‌وجود آمدن معضلات ترافیکی مهمی می‌گردد. اگر تاکسی‌ها تنها به اندازه یک وسیله‌نقلیه سواری بر جریان ترافیک تأثیر می‌گذاشتند، مسئله چندان مهمی رخ نمی‌داد، لیکن به‌دلیل رفتار خاص تاکسی‌های گردش‌ی مثل سوار و پیاده‌کردن مسافران در کناره مسیر، تغییر خط‌های ناگهانی و مانورهای که توسط این وسیله‌نقلیه صورت می‌گیرد، تاکسی‌ها عملاً بیشتر از یک سواری شخصی با ابعاد و مشخصات مشابه خود بر جریان ترافیک تأثیر می‌گذارند. از این‌رو، جانمایی مناسب ایستگاه‌های تاکسی در سطح معابر و بررسی میزان تأثیر این جانمایی بر بهبود پارامترهای عملکردی مسیر، مسئله مهمی است که باید مورد توجه قرار گیرد.

برآورد تأثیر ترافیکی تاکسی همواره با بهره‌گیری از ضریب همسنگ این وسیله نقلیه انجام می‌شود، اما روش‌های موجود برای استخراج ضریب همسنگ وسایل نقلیه از یک سو عمدتاً برای وسایل نقلیه سنگین مناسب می‌باشند و از سوی دیگر تاکنون اثر وسایل نقلیه‌ای مانند تاکسی بر روی سطح معابر را مورد بررسی قرار نداده‌اند. مسئله موردتوجه پیدا کردن روشی برای تأثیرسنجی رفتارهای خاص تاکسی‌های گردش‌ی در یک معبر شهری است.

در HCM 1965 اساس محاسبه ضرایب همسنگ سواری در جاده‌های دوخطه، کاهش نسبی سرعت می‌باشد که باید جایگزین وسیله نقلیه سنگین گردد تا کاهش معادل با کاهش سرعت ناشی از آن وسیله را ایجاد کند. این روش به‌عنوان روش واکر شناخته می‌شود. در جاده‌های چندخطه نیز، ضریب همسنگ براساس تأخیر نسبی

تعریف می‌گردد[۳]. در سال ۱۹۸۳، کناگین و مسر روش HCM 1965 در تعیین ضریب همسنگ برای جاده‌های چندخطه را تعمیم دادند. در این روش آنها ترکیبی از روش واکر و روش تأخیر نسبی را به کار بردند. آنها دریافتند که در جاده‌های چندخطه تنها مانع برای وسایل عبوری یا درحال سبقت، جریان ترافیک موافق می‌باشد[۵]. از دیگر روش‌های محاسبه ضریب همسنگ می‌توان به روش یاگار در سال ۱۹۸۴ اشاره کرد که بر مبنای نرخ کاهش سرعت می‌باشد[۴]. در این روش که براساس مشاهدات میدانی می‌باشد، یک رابطه مشخص بین سرعت و جریان کالیبره می‌شود که سرعت را براساس سرعت آزاد و تعداد وسایل نقلیه پیش‌بینی می‌کند. یکی از اصلی‌ترین تأثیرات وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک آن است که در مقایسه با سواری‌ها فضای بیشتری از خیابان به آنها اختصاص یافته است. از این‌رو، روش سرفاصله مکانی که این موضوع در آن در نظر گرفته شده است، از مناسب‌ترین روش‌ها برای محاسبه ضریب همسنگ می‌باشد. در سال ۱۹۷۶، ورنر رابطه‌ای را در تعیین ضریب همسنگ در جاده‌های مسطح و در شرایط سطح سرویس پایین پیشنهاد کرد[۱]. سیگون نیز در سال ۱۹۸۲ روشی براساس سرفاصله مکانی برای محاسبه ضریب همسنگ ارائه کرد. در این روش ضریب همسنگ یک وسیله برابر با نسبت متوسط سرفاصله وسیله موردنظر بر متوسط سرفاصله سواری‌ها در نظر گرفته می‌شود[۲].

روش‌های دیگری نیز برای محاسبه ضریب همسنگ یک وسیله نقلیه در جریان ترافیک بر مبنای عوامل مختلفی چون چگالی، سرعت، سرفاصله زمانی و مکانی و ... ارائه شده است که پس از مطالعه تمامی روش‌ها به روشی درمی‌یابیم که ابعاد وسایل نقلیه در کنار توانایی فیزیکی وسیله نقلیه از جمله مهم‌ترین عواملی هستند که در روش‌های مختلف استخراج ضریب همسنگ به آنها توجه شده است. این عوامل در کنار سرعت وسیله نقلیه، شرایط مسیر و ... مبنای اصلی به دست آمدن ضریب همسنگ انواع وسایل نقلیه می‌باشند.

تاکسی‌ها به عنوان یک وسیله نقلیه با ابعادی دقیقاً مشابه با سواری‌های موجود در شبکه فعالیت می‌کنند و از سوی دیگر توانایی و قابلیت حرکتی این وسیله نقلیه نیز تا حد زیادی به مشابه دیگر سواری‌های درحال حرکت در شبکه می‌باشد. باتوجه به عوامل یادشده مشخص می‌شود که تقریباً تنها عامل تأثیرگذار بر عملکرد ترافیکی

خاص تاکسی‌ها، نوع منحصر به فرد حرکت این خودرو است که با هیچ یک از روش‌های یادشده تأثیرسنجی نمی‌شود. ارائه روشی مناسب برای برآورد تأثیرات حضور تاکسی‌گردشی در یک معبر منجر به تعیین میزان بهبود عملکرد معبر براساس جانمایی محل ایستگاه‌های تاکسی در آن خواهد بود. روش مورد استفاده در این پژوهش بر مبنای شبیه‌سازی ترافیکی تاکسی‌گردشی استوار است و به‌طور قابل ملاحظه‌ای بر رفتارهای خاص این وسیله‌نقلیه و مانورها و حرکات ناگهانی این وسیله تکیه دارد. از میان نرم‌افزارهای مختلف شبیه‌سازی ترافیکی ریزنگر، نرم‌افزار VISSIM به عنوان یک ابزار قدرتمند برگزیده شده است که قابلیت‌های فراوان آن در شبیه‌سازی ما را قادر به مدل‌کردن رفتارهای تاکسی‌های گردشی کرده است. همان‌طور که در ادامه نیز شرح داده شده است، از توانایی نرم‌افزار در شبیه‌سازی حمل‌ونقل عمومی بهره گرفته شده است تا با تغییرات انجام شده رفتار تاکسی‌گردشی مدل شود.

### روش‌شناسی پژوهش

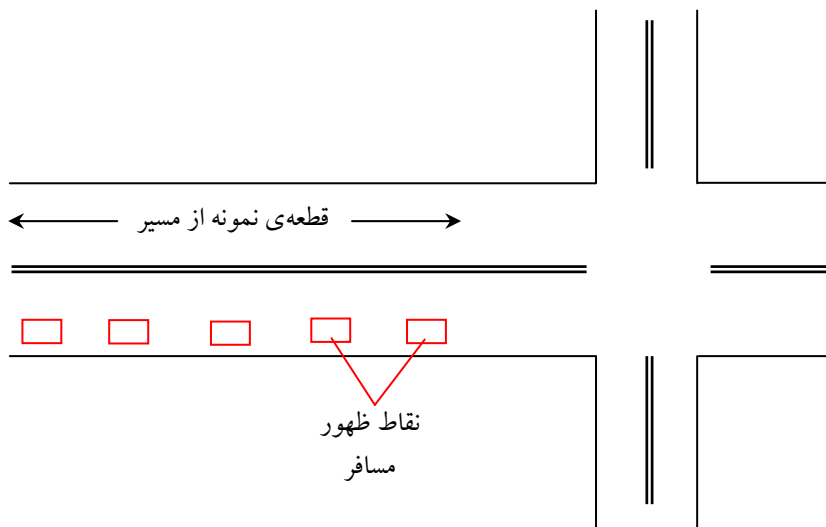
در این پژوهش ابتدا یک معبر نمونه که حضور تاکسی‌های گردشی در آن قابل توجه بوده است، انتخاب شده و سپس رفتارهای خاص تاکسی‌های گردشی طی بازدیدهای میدانی مشاهده شده است. براین‌اساس آمارگیری و اخذ اطلاعات جریان ترافیک و عملکرد تاکسی‌ها در آن معبر در دستورکار قرار گرفته است. پس از آن داده‌ها و آمارهای مزبور وارد نرم‌افزار شبیه‌سازی VISSIM شده و مانورها، حرکات خاص و رفتارهای تاکسی‌های گردشی مختلط با جریان ترافیک معبر شبیه‌سازی شده است. به منظور استفاده از قابلیت‌های حمل‌ونقل عمومی نرم‌افزار برای شبیه‌سازی رفتارهای تاکسی اقدامات خاصی صورت گرفته است و کالیبراسیون نرم‌افزار با استفاده از شاخص عملکردی زمان سفر وسایل نقلیه در معبر انجام شده است. پس از مدل‌سازی شرایط واقعی معبر در نرم‌افزار دوگزینه دیگر نیز مبتنی بر تغییر جانمایی محل ایستگاه‌های تاکسی در نرم‌افزار ساخته شده است. سپس پارامترهای عملکردی جریان ترافیک شامل زمان سفر و تاخیر با استفاده از نتایج حاصل از شبیه‌سازی سناریوهای سه‌گانه مذکور استخراج شده است. در پایان این نتایج باهم مقایسه شده و میزان بهبود حاصل شده در

اثر جانمایی جدید ایستگاه‌های تاکسی در معبر موردنظر بررسی شده است. در ادامه هریک از این گام‌ها به تفکیک شرح داده شده است.

### مبانی نظری و پیشینه مطالعات

برای برداشت خصوصیات جریان ترافیک و بررسی رفتارهای خاص تاکسی در یک معبر نمونه، آمارگیری قطعه‌ای از خیابان تهران پارس واقع در شرق تهران انجام شده است. این قطعه به طول ۶۰۰ متر مابین فلکه دوم و سوم تهران پارس قرار دارد و شامل ۳ خط حرکتی در هر جهت است که یک خط آن دائماً در طول آمارگیری توسط خودروهای پارک شده اشغال بوده و لذا در شبیه‌سازی‌ها نیز در نظر گرفته نشده است. برداشت اطلاعات میدانی مربوط به مانورهای خاص این تاکسی‌های گردشی در طول معبر انجام شده است و با حضور در حاشیه‌ی مسیر و مشاهده‌ی رفتارها، حضور در داخل وسایل نقلیه در حال حرکت در جریان ترافیک و حضور در داخل تاکسی‌های گردشی فعال در آن معبر تمامی مانورها و عملکردهای ویژه این وسیله نقلیه ثبت شده است. براساس مشاهدات میدانی اولیه، مشخص شد که فعالیت تاکسی‌های گردشی در طول مسیر، شامل سرعت کمتر به منظور جستجوی مسافر در خط سمت راست و مسدود کردن قسمتی از سواره‌رو از طریق توقف، جستجو و سوار و پیاده کردن مسافر در طول مسیر می‌باشد. پس از این بررسی‌ها، اقدام به برداشت آمارهای موردنیاز برای شبیه‌سازی رفتارهای مذکور در نرم‌افزار شده است. اطلاعات رفتارهای ترافیکی تاکسی‌های گردشی در معبر نمونه شامل مواردی چون تعداد تاکسی فعال در معبر، تعداد تاکسی پر در معبر، تعداد تاکسی خالی و دربستی در معبر، نقاط ظهور مسافر در معبر (موقعیت‌های تقاضا)، تعداد ظهور مسافر در هر موقعیت (میزان تقاضا)، درصد سوار و پیاده کردن مسافر در نقاط ظهور مسافر و تعداد تاکسی سوال‌کننده مقصد در نقاط ظهور مسافر در معبر نمونه بوده است. علاوه بر این اطلاعات مهم دیگری نیز مانند احجام تردد معبر، ترکیب ترافیک، تعداد ورود و خروج خودروها به کوچه فرعی مهم معبر، زمان سفر وسایل نقلیه در طول مقطع موردنظر از معبر، سرعت‌های وسایل نقلیه، خصوصیات فیزیکی معبر و اطلاعات دیگر نیز به منظور تامین ورودی‌های نرم‌افزار

vissim برداشت شده است. در شکل یک به صورت نمادین معبر مذکور به همراه نقاط احتمالی ظهور مسافر نمایش داده شده است.



شکل شماره یک: نمایش نمادین محل ایستگاه‌های تاکسی‌های گردش‌ی در طول معبر  
آمارگیری شده

### مدل سازی و ساخت تقاطع نمونه در نرم‌افزار vissim

پس از ورود مشخصات فیزیکی معبر به نرم‌افزار، اطلاعات پایه‌ای نرم‌افزار برای آن تعریف شده است. این اطلاعات به‌طور خلاصه شامل مواردی چون شتاب، سرعت، ابعاد و خصوصیات عملکردی وسایل نقلیه، تعریف انواع وسایل نقلیه، تنظیم پارامترهای رفتاری رانندگان برای هر وسیله نقلیه و تخصیص آنها به مسیر، تعیین اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه زمان توقف تاکسی‌های گردش‌ی در نرم‌افزار (Dwell time) و اطلاعات دیگر می‌باشد. لازم به ذکر است که مدل‌های رفتاری رانندگان مانند مدل پیروی خودروها<sup>۱</sup> به دنبال هم و مدل تغییر خط<sup>۲</sup> آنها برای تاکسی‌ها و وسایل نقلیه به‌طور مجزا تعریف شده است تا شرایط واقعی تاحد ممکن شبیه‌سازی شود.

ú Car Following  
ú Lane Changing

## تعریف تاکسی‌های گردشی، ایستگاه‌ها و پارامترهای حمل‌ونقل عمومی

### معبر در نرم‌افزار vissim

به‌منظور ایجاد تاکسی‌های گردشی با مانورهای خاص و حرکات ویژه آنها در میان جریان ترافیک، معبرنمونه پروژه از قابلیت نرم‌افزار در مدل‌کردن حمل‌ونقل عمومی استفاده شده است. با استفاده از این قابلیت براساس درصد تاکسی فعال در معبر موردنظر، تعدادی تاکسی گردشی با عنوان حمل‌ونقل عمومی وارد شبکه می‌شود. مسیر حرکت تاکسی‌های گردشی در معبر مشخص شده و انواع رفتارهای خاص و مانورهای آنها نیز با استفاده از قابلیت‌های بخش حمل‌ونقل عمومی نرم‌افزار شبیه‌سازی شده است.

توانایی‌های عملکردی تاکسی‌های گردشی به غیر از چند مورد همانند یک وسیله‌نقلیه سواری در نظر گرفته شده است. این وسیله نقلیه از لحاظ ابعاد تقریباً مشابه سواری‌های فعال در شبکه می‌باشد و شتاب آن نیز مشابه آنها در نظر گرفته شده است. سرعت تاکسی‌های گردشی از جمله مهم‌ترین خصوصیات است که نوع رفتار خاص آنها تعریف می‌نماید. تاکسی‌های گردشی اکثراً با سرعت کمتر از وسایل نقلیه دیگر و در حاشیه سمت راست مسیر حرکت می‌کنند تا به جستجوی مسافر بپردازند. براساس مشاهدات توزیع سرعت ۷۰ درصد تاکسی‌ها بین ۳۰ تا ۴۰ کیلومتر بر ساعت و ۳۰ درصد آنها بین ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شده است.

### نحوه تعریف انواع رفتارهای خاص تاکسی‌های گردشی در معبر

تاکسی‌های گردشی فعال، در جریان ترافیک رفتارهای خاص و منحصر به فردی دارند که برای شبیه‌سازی هر یک از این رفتارها روشی جداگانه در دستورکار قرار گرفته است. این موارد عبارت‌اند از:

۱. حرکت با سرعت کمتر از وسایل نقلیه دیگر؛
۲. مانور برای پرسیدن مقصد مسافران؛
۳. مانور و تغییر خط به منظور سوار کردن و پیاده‌کردن مسافر.

به منظور مدل‌نمودن رفتارهای یادشده خصوصیات مختلف مثل تعداد سرنشین در هنگام ورود به شبکه، مسیر حرکت، سوار یا پیاده‌کردن مسافر، مقدار زمان توقف در

ایستگاه‌ها تعریف شده است. رویکرد اتخاذ شده برای شبیه‌سازی رفتارهای تاکسی‌های گردشی در این معبر در جدول یک آورده شده و در ادامه در مورد آنها توضیح داده شده است.

با توجه به این موضوع که ماهیت سوار و پیاده‌شدن مسافران در طول یک معبر شهری امری احتمالی و تابع اتفاقات است و به دلیل طول زیاد معبر به عنوان قطعه‌ای از شبکه، بر خلاف یک نقطه از شبکه مثل یک تقاطع، تعداد مسافر سوار و پیاده شده به تاکسی‌های گردشی قابل به برداشت دقیق نیست. با توجه به این موضوع آمارگیری به این صورت انجام شده است که با حرکت در طول مسیر معبر نمونه، محل‌های ظهور مسافران و نقاطی که مسافران در طول بازه آمارگیری منتظر تاکسی بوده‌اند، شناسایی شده و تقاضای مسافر نیز در این نقاط برداشت شده است. به جای تعیین تعداد مسافر پیاده‌شده در هر ایستگاه، احتمال پیاده‌کردن مسافر در هر ایستگاه به دست آمده است، زیرا تعداد مسافر پیاده‌شده در هر ایستگاه با توجه به این عدد و تعداد سرنشین تاکسی توسط نرم‌افزار تعیین می‌شود. به این منظور تعداد تاکسی‌های پیاده‌کننده در طول مسیر برداشت شده و با تقسیم این تعداد بر کل تاکسی‌های فعال معبر احتمال پیاده‌کردن مسافر توسط تاکسی‌های گردشی به دست آمده است. بر این اساس در هر ایستگاه تعداد مسافران منتظر برای تاکسی بر اساس آمارها تعریف شده و احتمال این که چند درصد مسافران هر تاکسی گردشی در آن ایستگاه پیاده شوند نیز برای ایستگاه تعیین شده است. در نهایت و براساس مشاهدات، تاکسی‌های گردشی با متوسط ضریب سرنشین ۲ مسافر وارد معبر شده و در صورت وجود مسافر در ایستگاه‌های مسیر و ظرفیت خالی در تاکسی، مسافر را سوار می‌کنند و براساس احتمال پیاده‌شدن مسافر در هر ایستگاه نیز عمل پیاده‌کردن مسافر صورت می‌گیرد. در صورت عدم وجود تقاضای سوار یا پیاده‌شدن مسافر در ایستگاه، تاکسی وارد ایستگاه می‌شود و از آن جایی که در نرم‌افزار در طول ایستگاه نواحی کاهش سرعت تعریف شده است، تاکسی بدون سوار و پیاده‌کردن مسافر و با کم‌شدن سرعت از ایستگاه عبور می‌نماید. این حرکت سوال کردن مقصد توسط تاکسی‌های گردشی را مدل می‌نماید. احتمال پیاده‌کردن مسافر در هر ایستگاه معبر نمونه ۱۵ درصد در نظر گرفته شده است،



زیرا از میان ۱۷۰ تاکسی فعال در طول معبر در بازه آمارگیری، ۲۵ تاکسی پیاده‌کننده مشاهده شده است.

**جدول یک:** نحوه‌ی مدل کردن انواع رفتار تاکسی‌های گردش‌ی در معبر نمونه‌ی پروژه

انواع رفتار تاکسی‌های گردش‌ی	نحوه شبیه‌سازی هر رفتار در نرم‌افزار	آمار برداشت شده به‌منظور شبیه‌سازی هر رفتار
سوار و پیاده‌کردن مسافر	تعداد تاکسی فعال معبر تعیین شده و با متوسط دو سرنشین وارد معبر می‌شوند. این تاکسی‌ها در هر ایستگاه با توجه به وجود مسافر، او را سوار کرده و در صورت لزوم می‌توانند مسافر نیز پیاده کنند زیرا احتمال پیاده‌کردن مسافر نیز در هر ایستگاه در نرم‌افزار تعریف شده است.	۱- ضریب سرنشین تاکسی‌ها در معبر نمونه ۲- درصد تاکسی فعال معبر نمونه ۳- تعداد تاکسی پیاده‌کننده در طول معبر نمونه
پرسیدن مقصد مسافر	اگر تاکسی‌های فعال در معبر نمونه در رسیدن به ایستگاه مسافری نداشته باشند که سوار یا پیاده کنند، سرعتشان با توجه به نواحی کاهش سرعت تعریف شده در هر ایستگاه کم شده و بدون سوارکردن مسافر ایستگاه را رها می‌کنند و حالت پرسیدن مقصد مدل می‌شود.	-
سرعت کمتر تاکسی‌های گردش‌ی نسبت به وسایل نقلیه دیگر	از طریق تعریف تابع توزیع سرعت خاص برای تاکسی‌های گردش‌ی در نرم‌افزار	۱- سرعت متوسط تاکسی‌های گردش‌ی

### تعریف ایستگاه‌های تاکسی‌های گردش‌ی و جانمایی محل آنها برای معبر نمونه در نرم‌افزار

محل ایستگاه‌های تاکسی‌های گردش‌ی در نرم‌افزار براساس شرایط واقعی برداشت شده در آمارگیری تعیین شده است. تمامی نقاط معبر که در طی آمارگیری مسافری در آنها

منتظر تاکسی بوده‌است، برداشت و تقاضای مسافر آنها ثبت شده است. سپس این نقاط و مسافران منتظر در آنها به‌عنوان ایستگاه در طول مسیر در نرم‌افزار قرار داده شده‌اند.

### کالیبراسیون نرم‌افزار

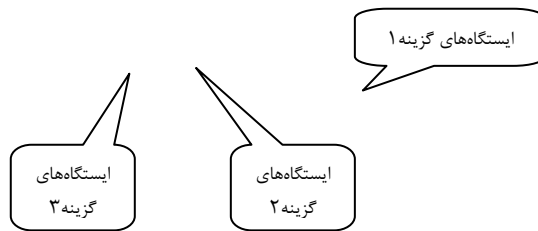
یکی از مهم‌ترین مراحل یک شبیه‌سازی رایانه‌ای، کالیبره کردن نرم‌افزار شبیه‌ساز با شرایط واقعی است. برای آن که اطمینان حاصل شود که مدل شبیه‌سازی شده به خوبی قادر است تا عملکرد ترافیکی پروژه را همانندسازی کند، نیاز داریم تا مدل مذکور را کالیبره کنیم. به‌منظور کالیبراسیون نرم‌افزار VISSIM برای معبر آمارگیری شده در پروژه ابتدا سعی شده است تا یک سری پارامترهای کلی شبکه واقعی مانند: ورود و خروج خودروها از کوچه فرعی مهم معبر، تعداد خطوط حرکتی، تنظیم توابع سرعت، تنظیم توابع شتاب و اندازه خودروها و اطلاعات دیگر شرایط واقعی تا حد ممکن بر شبیه‌سازی نیز حاکم باشد. سپس به‌منظور کالیبراسیون معبر از شاخص عملکردی زمان سفر متوسط در طول معبر مورد مطالعه استفاده شده است. با این هدف آمارگیری زمان سفر با استفاده از یک خودروی شناور در طول دوره آمارگیری در دستور کار قرار گرفته است. متوسط زمان سفرهای برداشت شده در ۴ بازه ۱۵ دقیقه‌ای آمارگیری مشخص شده است و با متوسط زمان سفر ثبت شده در نتایج شبیه‌سازی یک‌ساعته معبر مذکور و در همان ۴ بازه مقایسه شده است. تغییر پارامترهای موثر بر زمان سفر تا جایی انجام شده است که برآزش خطی مقادیر حاصل از شبیه‌سازی و آمارهای برداشت شده در این ۴ نقطه تا حد ممکن حول یک خط قرار گیرند و در این حالت ضریب رگرسیون برابر ۰/۷۵ شده است.

### سناریوهای مختلف در نظر گرفته شده برای جانمایی ایستگاه‌های تاکسی

#### در معبر نمونه

به‌منظور بررسی تاثیر ناشی از تغییر جانمایی ایستگاه‌های تاکسی در معبر، ۳ سناریوی مختلف در نظر گرفته شده که شبیه‌سازی آنها در نرم‌افزار انجام و مقایسه نتایج حاصل از آنها صورت گرفته است. در حالت اول همان‌طور که پیش‌تر شرح داده شد، پس از شناسایی نقاط متعدد توقف تاکسی در طول مسیر، ایستگاه‌هایی در این نقاط قرار داده

شده است. این حالت دقیقاً منطبق بر واقعیت بوده و تاکسی‌ها تقریباً در هر نقطه‌ای از طول مسیر اجازه مانور و توقف دارند. در حالت دوم ایستگاه‌های یادشده به دو نقطه در طول مسیر محدود شده‌اند و فرض شده است که تاکسی‌های گردشی حق توقف در هر نقطه‌ای از مسیر را ندارند و می‌بایست تنها در ایستگاه‌های تاکسی توقف نمایند. سناریوی سوم مبتنی بر احداث همان ایستگاه‌های تاکسی گزینه‌ی دوم لیکن در خارج از سطح سواره‌رو می‌باشد و سوار و پیاده‌کردن مسافر توسط تاکسی‌ها تداخلی در جریان ترافیک به وجود نمی‌آورد. جانمایی محل ایستگاه تاکسی در این ۳ حالت در شکل دو نمایش داده شده است.



شکل دو: جانمایی محل ایستگاه‌های تاکسی گردشی در سناریوهای ۳ گانه شبیه‌سازی شده در مسیر و قطعه‌ای از مسیر - در حین شبیه‌سازی وسایل نقلیه در گزینه سوم

### یافته‌های پژوهش

پس از ساخت معبر مورد آزمایش پروژه در نرم‌افزار vissim و تخصیص داده‌های آمارگیری شده واقعی به این معبر، شبیه‌سازی در بازه زمانی یک ساعته انجام شده است. شبیه‌سازی معبر مذکور یک بار دیگر با محدودکردن ایستگاه‌های تاکسی طول مسیر به دو نقطه و تخصیص تمام تقاضای مسافر به آن دو ایستگاه انجام شده است. در پایان شبیه‌سازی برای بار سوم با انتقال ایستگاه‌های مذکور به خارج از سطح سواره‌رو

صورت گرفته است. پارامترهای عملکردی زمان سفر و تاخیر معبر به عنوان نتایج حاصل از شبیه‌سازی برای هر گزینه مطرح شده به دست آمده است.

در جدول دو نتایج استخراج پارامترهای عملکرد ترافیکی معبر براساس سناریوهای مختلف فوق‌الذکر ارائه شده است. وقتی که تاکسی‌ها اجازه دارند در هر نقطه‌ای از طول مسیر مسافر سوار کنند، جریان ترافیک ترددکننده در معبر تا حد زیادی متاثر از این توقف‌ها خواهد شد. از یک سو این توقف‌ها یک خط عبوری معبر را برای مدت‌زمانی برابر با ایستادن، سوار یا پیاده‌کردن مسافر و حرکت دوباره تاکسی‌ها اشغال می‌نماید و از سوی دیگر وسایل نقلیه پشت سر این تاکسی‌ها ممکن است فرصت و موقعیت مناسب برای تغییر خط و سبقت‌گیری را نداشته و ناچار به تحمل برای به‌وجود آمدن فضای مناسب سبقت‌گیری باشند. در این حالت اگر هم به تغییر خط اقدام نمایند، علاوه بر خط سمت راست مسیر که توسط تاکسی‌ها اشغال شده است، یک خط دیگر نیز به اشغال موقت وسیله نقلیه تغییر خط‌دهنده در خواهد آمد.

بر طبق گزینه دوم شبیه‌سازی، همان‌طور که در جدول دو ملاحظه می‌گردد با محدود شدن توقف تاکسی‌های گردشی تنها در ایستگاه تاکسی، زمان سفر و تاخیر اعمال شده به خودروهای ترددکننده در مسیر کمتر می‌گردد. طبیعی است که محدود بودن نقاط توقف تاکسی‌ها در طول مسیر، اگر چه به دلیل قرار گرفتن در سطح سواره‌رو باز هم در جریان ترافیک تداخل ایجاد می‌کند، لیکن مشخص بودن محل ایستگاه‌ها به وسایل نقلیه دیگر اجازه می‌دهد تا تاکسی‌های متوقف در ایستگاه را مشاهده کنند و در خصوص تغییر خط و سبقت‌گیری از آنها اقدام کنند. در این حالت وسایل نقلیه‌ای که مجبور به توقف پشت سر تاکسی‌ها شده‌اند نیز موقعیت بهتری برای تغییر خط در سمت چپ خود دارند و در صورت تغییر خط با احتمال کمتری با وسایل نقلیه پشت‌سر خود در خط سبقت دچار تداخل می‌گردند. زیرا وسایل نقلیه عقبی به دلیل آگاهی از توقف تاکسی‌ها، فضای بیشتری را با ترمزگیری در اختیار وسیله سبقت‌گیرنده قرار می‌دهند. در شرایط واقعی و عدم محدودیت توقف تاکسی‌ها، تغییر خط این وسایل نقلیه اغلب ناگهانی، بدون تصمیم قبلی و بلافاصله پس از ظهور مسافر صورت می‌گیرد و گاهی اجازه هرگونه عکس‌العملی را از وسایل نقلیه پشت سر سلب

می‌کند. حتی برخی اوقات تاکسی‌ها اقدام به کاهش سرعت و پرسش مقصد افرادی می‌نمایند که قصد عبور عرضی از خیابان داشته و تصمیم به سوار شدن به تاکسی را نیز ندارند. علاوه بر این تعدادی از توقف‌های بیهوده در طول مسیر که به منظور پرسش مقصد مسافران صورت می‌گرفته نیز حذف شده و تاکسی در همان توقف در ایستگاه تاکسی به احتمال بیشتری مسافر مورد نظر خود را از میان تمامی مسافران منتظر پیدا خواهد کرد. اگرچه تمامی بهبودهای یادشده در نرم‌افزار مدل نشده است لیکن باز هم با اجرای این گزینه تا ۳۵ درصد در شاخص عملکردی کل تاخیرهای اعمال‌شده به وسایل نقلیه ترددکننده در معبر بهبود مشاهده می‌شود. همچنین در این گزینه در مجموع زمان سفر تمامی وسایل نقلیه ترددکننده در تقاطع در طول بازه آمارگیری نیز به میزان ۱۱ درصد نسبت به شرایط واقعی بهبود حاصل شده است.

پس از گزینه دوم که باز هم ایستگاه‌های تاکسی در سطح سواره‌رو قرار گرفته بود، گزینه سوم شبیه‌سازی شده است که به طور طبیعی انتظار می‌رود با توجه به حذف کامل تداخل میان تاکسی‌های متوقف در ایستگاه و وسایل نقلیه ترددکننده در مسیر، بهبود چشم‌گیری در پارامترهای عملکردی حاصل از شبیه‌سازی این گزینه مشاهده گردد. انتقال ایستگاه‌های تاکسی به خارج از سطح سواره‌رو علاوه بر این که تداخل توقف تاکسی‌ها با حرکت دیگر خودروها حذف می‌نماید، به مسافران اجازه می‌دهد با آسایش بیشتری سوار به تاکسی و از آن پیاده شوند و در صورت امکان تاکسی لحظاتی را نیز به انتظار رسیدن مسافر در ایستگاه سپری کند. همان‌طور که نتایج حاصل از شبیه‌سازی این گزینه نیز نشان می‌دهد، میزان بهبود در شاخص‌های عملکردی حاصل‌شده از شبیه‌سازی به حدود ۵۰ درصد در مجموع تاخیرهای اعمالی به کل وسایل نقلیه رسیده است. همچنین در این گزینه مقدار بهبود حاصل شده در شاخص عملکردی زمان سفر کل وسایل نقلیه نیز برابر با ۱۵ درصد نسبت به شرایط واقعی معبر است.

جدول دو: پارامترهای عملکردی زمان سفر و تاخیر حاصل از شبیه‌سازی سناریوهای سه‌گانه

معبر نمونه در نرم‌افزار vissim

ردیف	گزینه شبیه‌سازی	زمان سفر کل خودروها (ساعت)	میزان بهبود زمان سفر نسبت به شرایط واقعی (درصد)	مجموع تاخیر اعمال شده به کل خودروها در بازه شبیه‌سازی (ساعت)	میزان بهبود تاخیر نسبت به شرایط واقعی (درصد)
۱	اول: شرایط واقعی - مجاز بودن توقف تاکسی‌گردشی در هر نقطه از مسیر	۳.۳۵	-	۲۸.۵۶	-
۲	دوم: توقف منحصراً در ایستگاه تاکسی داخل سواره‌رو مجاز بودن توقف تاکسی‌های گردشی فقط در ۲ ایستگاه معین شده در طول مسیر	۲.۱۹	۱۱	۲۵.۳۳	۳۵
۳	سوم: توقف منحصراً در ایستگاه تاکسی خارج سطح سواره‌رو مجاز بودن توقف تاکسی‌های گردشی فقط در ۲ ایستگاه معین شده در خارج سطح سواره‌روی مسیر	۱.۷۲	۱۵	۲۴.۳۴	۴۹

### نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش ارائه یک روش برای بررسی تاثیر ترافیکی تاکسی‌های گردشی در معابر شهری بوده است و به این منظور مطالعه موردی بر روی یک معبر شهری تهران انجام شده است. روش مورد استفاده مبتنی بر شبیه‌سازی رفتارهای تاکسی در ترافیک مختلط معبر و در نرم‌افزار vissim است و روش ارائه شده توانایی دارد تا به نحو قابل ملاحظه‌ای هر معبر دیگر را پس از جمع‌آوری داده‌های میدانی مرتبط با مسیر و رفتارهای خاص تاکسی‌ها در آن مورد مطالعه قرار دهد. نتایج نشان داده است که اعمال قوانین محدودکننده برای عدم توقف تاکسی‌ها در حریم طول مسیر و محدود کردن توقف تاکسی‌ها منحصراً در ایستگاه‌های تاکسی، تا حد زیادی بر بهبود عملکرد ترافیکی معبر تاثیر دارد. از طرفی در صورتی که امکان احداث توقف‌گاه تاکسی در خارج سطح سواره‌رو وجود داشته باشد، بهبودهای بسیار بیشتری در عملکرد معابر شهری با فعالیت فراوان تاکسی‌های گردشی مشاهده می‌شود. با شبیه‌سازی معبر در

گزینه دوم و محدود کردن توقف تاکسی فقط در ایستگاه‌های مربوطه، تا میزان ۳۵ درصد بهبود در عملکرد معبر و پارامتر مجموع تاخیر اعمالی به کل وسایل نقلیه نسبت به حالت واقعی مشاهده شده است و زمانی که این ایستگاه‌ها خارج سطح سواره‌رو احداث شده‌اند این بهبود به حدود ۵۰ درصد افزایش پیدا کرده است که اهمیت بسیار زیاد تاثیرات ترافیکی منفی مانورهای تاکسی‌های گردشی بر عملکرد معابر شهری را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که داشتن برآورد مناسب‌تری از آثار عملکرد تاکسی‌های گردشی نیازمند برداشت‌های میدانی وسیع‌تری خواهد بود.

### منابع

- [1] A. Werner, , and J. Morrall, "Passenger Car Equivalencies of Trucks, Buses, and Recreational Vehicles for Two-Lane Rural Highways", In Transportation Research Record 615, TRB, National Research Council, Washington, DC., 1976, pp. 10-17.
- [2] E. Seguin, K. Crowley, and W. Zweig, "Passenger Car Equivalentents on Urban Freeways", In Report DTFH61-80-C-00106, FHWA, U.S. Department of Transportation, 1982 .
- [3] Highway Capacity Manual. TRB, National Research Council, Washington, DC.2000.
- [4] M. Van Aerde, and S. Yagar, "Capacity, Speed, and Platooning Vehicle Equivalentents for Two-Lane Rural Highways", In Transportation Research Record 971, TRB, National Research Council, Washington, DC., 1984, pp. 58-67.
- [5] W. Cunagin, and C. Messer, "Passenger Car Equivalentents for Rural Highways", In Transportation Research Record 905 TRB, National Research Council, Washington, DC., 1983, pp. 61-68.

