ارایه راهکار بهبود شرایط ترافیکی با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی Aimsun

امیر کاظمی فرد، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران (مدیریت و برنامه ریزی حمل و نقل)، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
فریدون مقدس نژاد، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
شعله کاظمی فرد، دانشجوی دکتری، شیمی کاربردی، دانشکده شیمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: moghadas@aut.ac.ir
دریافت: 95/02/01– پذیرش: 95/06/18

چکیده

در این مقاله، که از نرم‌افزار شبیه‌سازی Aimsun به‌منظور مدل‌سازی در سطح خردنگر[1] استفاده می‌گردد، میدان اول شهران واقع در شمال غرب کلان شهر تهران شبیه‌سازی شد و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. داده‌های حاصل از مطالعات میدانی، شامل سرشماری تعداد خودروهای سواری و اتوبوس‌های عبوری از هر ضلع میدان و خود میدان در ساعت اوج ترافیک (از 5 عصر الی 6 عصر) بوده است. به‌علاوه، درصد انتخاب مسیر حرکت خودروها در میدان نیز جهت تعیین وضعیت ترافیکی میدان مشخص گردید. پس از جمع‌آوری و ورود داده‌ها در نرم‌افزار Aimsun، کالیبراسیون و بومی‌سازی نرم‌افزار صورت می‌گیرد تا خروجی نرم‌افزار، بر اساس کشور ایران تنظیم گردد و نتایج حاصل دارای صحت و اعتبار باشند. بدین منظور، دو سناریوی اصلی مورد بررسی قرار گرفت. در سناریوی اول، شرایط فعلی میدان با یک دور برگردان پیش از میدان در مسیر منتهی به ضلع جنوبی ارزیابی شد. سپس به عنوان راهکار ترافیکی در سناریوی دوم، سه دور برگردان پیش از میدان، به مسیرهای منتهی به میدان اول شهران در ضلع‌های شمالی، غربی، و شرقی اضافه شد. نتایج حاصل از خروجی نرم‌افزار نشان می‌دهد که در سناریوی دوم، زمان سفر و تعداد توقف‌ها روندی نزولی داشته و در عوض، نرخ سرعت و نرخ جریان ترافیک روندی صعودی را نشان می‌دهند.

واژهای کلیدی: شبیه‌سازی، زمان سفر، نرخ جریان ترافیک، نرم‌افزار Aimsun

1- مقدمه

نرم‌افزارهای شبیه‌سازی ترافیک برای متخصصان رشته حمل‌ونقل و ترافیک، به منزله ابزاری قدرتمند می‌باشند که می‌توان به‌وسیله آن‌ها، به مطالعه شرایط کنونی ترافیکی پرداخت و تاثیرات هر گونه تغییر در ساختار حمل‌ونقل را به صورت کاملا مجازی، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داد (Respati, 2015). نرم‌افزارهای مدل‌سازی ترافیک در سطوح میان‌نگر[2] و کلان‌نگر[3] اصولا جهت شبیه‌سازی شبکه‌های بزرگ ترافیکی استفاده می‌شوند. جهت بررسی و تحلیل مقاطع کوچکتر نظیر یک میدان، چهار راه، مسیر و یا وسیله نقلیه خاص، سطح خردنگر گزینه مناسب‌تری می‌باشد (Anya et al., 2014). عوامل متعددی می‌توانند بر وضعیت ترافیکی تاثیر گذار باشند و کالیبره نمودن برخی پارامترهای رفتاری که در شبیه‌سازی سطح خردنگر مؤثر می‌باشند، بایستی مورد بررسی قرار گیرند. در یک پروژه تحقیقاتی، جهت محک‌زدن مدل‌های جریان ترافیکی معمول در سطح خردنگر، تنظیمات بهینه پارامترها توسط داده‌های سامانه موقعیت یابی جهانی[4] (GPS) توسعه داده شده و مورد استفاده قرار گرفتند و در انتها، نتایج حاصل

مورد بررسی قرار گرفت (Brockfeld et al., 2003). پارامترهای مدل بهینه شده در پروژه مذکور شامل حداکثر سرعت، افزایش سرعت، کاهش سرعت، و سایر مواردی بودند که رفتارهایی نظیر ترمز گرفتن تصادفی و زمان‌های تاخیر را در واکنش راننده کنترل می‌نمودند. زمان سفر و سرعت در خطوط نیز جزو مقیاس‌های متعارف در میزان کارایی جریان ترافیکی هستند که در فرایند بهینه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Franco et al., 2013).

نرم‌افزار Aimsun یکی از نرم‌افزارهای مدل‌سازی ترافیک می‌باشد که به کاربران اجازه می‌دهد هر چیزی را از یک مسیر یکطرفه اتوبوس گرفته تا تمامی یک ناحیه ترافیکی، مدل‌سازی کنند. این نرم‌افزار دارای سرعتی استثنایی در امر شبیه‌سازی بوده و در سطوح خردنگر، میان‌نگر، و هیبریدی[5] توانایی مدل‌سازی ترافیکی را دارد. همچنین این نرم‌افزار می‌تواند محاسبات ترافیکی را در هر مقیاس و پیچیدگی اجرا نماید. برخی از کاربردهای نرم‌افزار Aimsun شامل ارزیابی و بهینه‌سازی اولویت‌دهی چراغ راهنمایی[6] و سامان دهی خطوط BRT[7]، مطالعه امکان سنجی برای وسایل نقلیه چند سرنشین[8]، تحلیل تاثیرات طرح‌های زیر ساختی نظیر ساخت و یا بهبود دهلیزهای بزرگراهی، تحلیل مسایل محیط زیستی، مبحث قیمت‌گذاری و عوارض مسیرها، ارزیابی استراتژی‌های مرتبط با مدیریت تقاضای سفر، بهینه‌سازی فرایند کنترل چراغ راهنمایی، تحلیل ایمنی، ارزیابی سیاست‌های مرتبط با سرعت متغیر و سایر سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، تحلیل مبتنی بر مرجع راهنمای ظرفیت بزرگراه‌ها و مدیریت مسیرهای در حال تعمیر و بازسازی و یا ساخت و ساز می‌باشد (Aimsun 8 User's Manual, 2015).

در ادامه، به برخی از ویژگی‌های برجسته نرم‌افزار Aimsun که آن را به یکی از نرم‌افزارهای مطلوب و کاربرپسند تبدیل می‌کند اشاره شده است. مدل‌سازی تقاضای سفر چهار مرحله‌ای یکی از مهمترین مزایای نرم‌افزار Aimsun در جهت یکپارچه‌سازی حقیقی می‌باشد. به‌عبارت دیگر می‌توان یک پروژه مدل‌سازی حمل‌ونقل را با استفاده از نقشه‌های دستی و یا وارد کردن داده‌های خام اجتماعی-اقتصادی و جغرافیایی شروع کرد و بدون نیاز به هیچ بسته نرم‌افزاری جانبی، مسیر را ادامه داد. قابلیت استفاده از یک نرم‌افزار کاربردی برای تمامی مراحل پروژه به معنای سازگاری و پایداری، مقرون به صرفه بودن، و کیفیت بالای نرم‌افزار Aimsun برای تمامی کاربران آن می‌باشد (Aimsun 8 User's Manual, 2015).

شبیه‌ساز هیبریدی Aimsun امکان شبیه‌سازی همزمان در سطوح خردنگر و میان‌نگر را می‌دهد که با وجود این خصیصه، می‌توان نواحی بزرگ ترافیکی را مدل‌سازی نمود. به‌گونه‌ای که با بزرگنمایی در هر قسمت از ناحیه مدل، بتوان ریزترین جزئیات مربوط به زیر نواحی و بخش‌های کوچک را نیز وارد کرد، و یا مشاهده و تحلیل نمود. برخی از ویژگی‌های مهم شبیه‌ساز هیبریدی، شامل مشخص نمودن نواحی برای شبیه‌سازی خردنگر از درون یک شبکه شبیه‌سازی شده در مقیاس میان‌نگر، تعریف تقاضا با استفاده از ماتریس‌های O/D[10] و یا شرایط ترافیکی، اتحاد مجموعه‌های آماری، پیش‌بینی انتشار ترافیک مابین نواحی خردنگر و میان‌نگر، تخصیص ترافیکی پویا بر پایه انتخاب تصادفی مسیر، قابلیت اجرای شبیه‌سازی هیبریدی در زیر شبکه‌ها، تخصیص ترافیکی پویا بر پایه توازن پویای کاربران و مدیریت ترافیک می‌باشد (Aimsun 8 User's Manual, 2015).

یکی دیگر از ویژگی‌های برجسته نرم‌افزار Aimsun، سرعت بالای آن در شبیه‌سازی خردنگر می‌باشد که به گفته سازندگان نرم‌افزار، سریع ترین شبیه‌ساز خردنگر برای پروژه‌های با مقیاس بزرگ در بازار جهانی نرم‌افزارهای مدل‌سازی ترافیک می‌باشد. سرعت نرم‌افزار در حدی است که شبیه‌ساز خردنگر Aimsun مدل کامل کشور سنگاپور با 10/580 تقاطع و 4/483 کیلومتر مسیر حمل‌ونقلی را 2 تا 3 بار سریع تر از زمان واقعی آن محاسبه می‌کند (Aimsun 8 User's Manual, 2015). همچنین، تکنیک توازن کاربر پویا[11] و مدل‌های انتخاب

مسیر تصادفی/گسسته هر دو در ترکیب با هر دو سطح خردنگر و میان‌نگر در نرم‌افزار Aimsun مهیا می‌باشند. این خصیصه به کاربر اجازه می‌دهد تا بهره‌برداری‌هایی از شبکه که بر روی برنامه زمان‌بندی پارکینگ‌ها، برنامه زمان‌بندی نظافت معابر و خیابان‌ها، انسداد دور برگردان‌ها در ساعات اوج ترافیک، و معابر با قابلیت تردد معکوس تاثیر می‌گذارند را مدل‌سازی نموده و نتایج حاصل را استخراج نماید (Aimsun 8 User's Manual, 2015). به‌علاوه، قابلیت‌های برنامه نویسی و ساختار ماژول‌های نرم‌افزار، توسعه آن را برای رنج وسیعی از ابزارهای جانبی فراهم نموده است (Aimsun 8 User's Manual, 2015). به عنوان مثال، از بهینه سازی چراغ راهنمایی تا مدل‌سازی انتشار ترافیک و یا حتی فراهم‌سازی شرایط ترافیکی مجازی واقع گرایانه، همه و همه دست کاربر را برای انجام تمامی مسائل ترافیکی باز می‌گذارد.

خصیصه برهمکنش مابین عابرین پیاده و وسایل نقلیه، کاربر را قادر می‌سازد تا برهمکنش میان حداکثر 30.000 عابر پیاده در ساعت را با وسایل نقلیه مرتبط ارزیابی نماید (Aimsun 8 User's Manual, 2015) که این ابزار، در مواردی نظیر ارزیابی‌های مرتبط با سیستم حمل‌ونقل عمومی، تحلیل ایمنی، مدیریت حوادث بزرگ و عمده، و مطالعات زیست محیطی شهری بسیار ضروری می‌باشد.

نرم‌افزار Aimsun در واقع هسته مرکزی ماژول شبیه‌سازی در بسته نرم‌افزاری توسعه یافته شرکت TSS[12] می‌باشد. اداره کل بزرگراه‌های ایالات متحده[13] پیشنهاد می‌دهد که برای دستیابی به نتایج صحیح و درست در فرآیند شبیه‌سازی، پارامترهای بخش کالیراسیون به حداقل تعداد ممکن برسد (Olstam and Tapani, 2004). زیرمدل‌های متعددی در ساختار هسته مدل‌های رفتاری Aimsun دخیل می‌باشند که برخی از آن‌ها شامل توالی جریان خودروها، تعویض خطوط، فاصله قابل قبول از خودروی جلویی برای تعویض خط، فاصله قابل قبول از خودروی جلویی برای راه دادن، سبقت گرفتن، و رمپ‌های ورودی و خروجی می‌باشند.

در نرم‌افزار Aimsun، مکان و سرعت هر وسیله نقلیه پس از هر تغییر مسیری بروز رسانی شده و مدل جریان خودروی گیپس[14] مجددا اعمال می‌گردد (Barceló and Casas, 2005). مدل گیپس محدودیتی را بر روی توانایی ترمز گرفتن در رانندگان ایجاد می‌نماید تا فاصله امن میان خودروها برقرار باشد (Gipps, 1986).

در سال 1392، پژوهشی در باب اصلاح طرح هندسی تقاطع نمازی در شهر شیراز به کمک نرم‌افزار Aimsun انجام گرفت که در آن، پارامترهای موثر بر جریان ترافیک نظیر حجم ترافیک، سرعت جریان ترافیک، تاخیر و جریان عبوری مورد بررسی قرار گرفت.

سپس راهکارهایی جهت بهبود شرایط موجود ارایه گردید و شرایط موجود با شرایط پس از اعمال تغییرات مورد ارزیابی قرار گرفت (Shafabakhsh, Mosallanejad and Riasatian, 2013). در همان سال، تحقیقی در زمینه ساماندهی ترافیک معابر شهری با استفاده از نرم‌افزار Aimsun انجام گرفت که در آن، کاربرد این نرم‌افزار در مدیریت ترافیک شبکه معابر، ساماندهی ترافیک محدوده میدان فردوسی تهران نشان داده شد (Ebrahimian and Enayati Noabadi, 2013).

در مقاله پیش رو، بررسی وضعیت فعلی میدان اول شهران و ارائه راهکاری مناسب جهت بهبود شرایط ترافیکی در جهت کاهش زمان تاخیر کل و افزایش نرخ سرعت و جریان ترافیکی در میدان مذکور بوده است. به‌همین منظور دو سناریوی اصلی مورد بررسی قرار گرفت. در سناریوی اول، شرایط فعلی میدان با یک دور برگردان پیش از میدان در مسیر منتهی به ضلع جنوبی ارزیابی شد. سپس به عنوان راهکار ترافیکی در سناریوی دوم، سه دور برگردان پیش از میدان به مسیرهای منتهی به میدان اول شهران در ضلع‌های شمالی، غربی، و شرقی اضافه شد. نتایج با استفاده از نرم‌افزار بررسی شدند.

2- روش‌ها

در این قسمت به توصیف مدل شبیه‌سازی در سطح خردنگر نرم‌افزار Aimsun، محدوده مورد مطالعه و نحوه جمع آوری و ورود داده‌های میدانی مرتبط با فعالیت وسایل نقلیه، انتخاب پارامترهای کالیبراسیون و تنظیم آن‌ها بر اساس رفتارهای مرتبط با رانندگان در کشور ایران پرداخته شده است. دو سناریوی اصلی در این پروژه مطرح می‌گردد که با هم نیز مقایسه می‌شوند. در سناریوی اول، به بررسی و تحلیل شرایط ترافیکی و وضعیت فعلی محدوده مورد مطالعه پرداخته می‌شود. در سناریوی دوم، راهکاری در جهت بهبود شرایط ترافیکی ارائه شده و به تحلیل و بررسی نتایج حاصل از اعمال راهکار پرداخته می‌شود.

2-1- محدوده مورد مطالعه

در این پژوهش، میدان اول شهران واقع در شمال غرب کلان شهر تهران مورد بررسی قرار گرفته است. این میدان از سمت شمالی و جنوبی به بولوار شهران، و از سمت غرب و شرق به بزرگراه آبشناسان متصل می‌باشد. میدان مذکور در تمامی جهات مجهز به چراغ راهنمایی بوده و دارای یک دور برگردان قبل از میدان در ضلع جنوبی میدان واقع در خیابان شهران جنوبی می‌باشد. در سناریوی اول، شرایط حال حاضر میدان از ساعت 5 عصر الی 6 عصر مورد مطالعه قرار گرفته است. سپس در سناریوی دوم، سه دور برگردان دیگر نیز قبل از میدان طراحی شد که به ترتیب در اتوبان آبشناسان در بخش شرقی و غربی میدان، و در بولوار شهران در ضلع شمالی میدان تعبیه شدند. در هر دو سناریو، داده‌های مربوط به اتوبوس‌ها و خودروهای سواری، به صورت مجزا سر شماری و وارد شدند. در شکل شماره 1 تصویر ماهواره‌ای میدان اول شهران مشاهده می‌شود که در آن، شرایط فعلی میدان قابل رویت است.

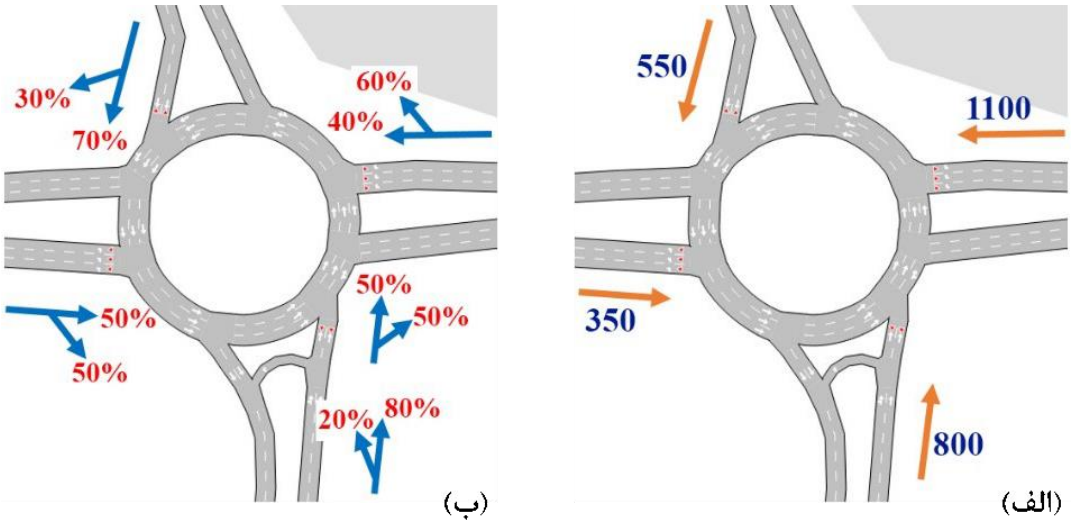
شکل 1. تصویر ماهواره‌ای میدان اول شهران

2-2- داده‌های میدانی

یکی از ویژگی‌های نرم‌افزار Aimsun که در قسمت قبلی ذکر شده است، توانایی در دریافت نقشه‌های آنلاین OpenStreetMap است که یکی از ویژگی‌های مهم برای مهندسان ترافیک می‌باشد. پس از ورود نقشه محدوده مورد مطالعه و تعیین پارامترهای مختص هر کدام از معابر، بزرگراه‌ها، میادین و غیره، اعم از نوع مسیر، حداکثر سرعت مربوط به آن مسیر و نام گذاری، نوبت به ورود داده‌های ترافیکی می‌رسد. در این مقاله، حداکثر سرعت اتوبان آبشناسان در ضلع شرقی میدان اول شهران برابر با 60 کیلومتر بر ساعت و در ضلع غربی آن، برابر با 50 کیلومتر بر ساعت بوده است. حداکثر سرعت در بولوار شهران واقع در ضلع شمالی و جنوبی میدان نیز برابر 40 کیلومتر بر ساعت می‌باشد. حداکثر سرعت در خود میدان نیز برابر با 20 کیلومتر بر ساعت لحاظ شده است. داده‌های ترافیکی از طریق مشاهده میدانی و سرشماری خودروها از ساعت 5 عصر الی 6 عصر در چند روز مختلف و در شرایط جوی مشابه، و در انتها میانگین گیری از آن‌ها به دست آمده است. دلیل استفاده از این بازه زمانی، ساعات اوج ترافیک و تشکیل صف طولانی از وسایل نقلیه می‌باشد که در واقع، همان بیان مساله است.

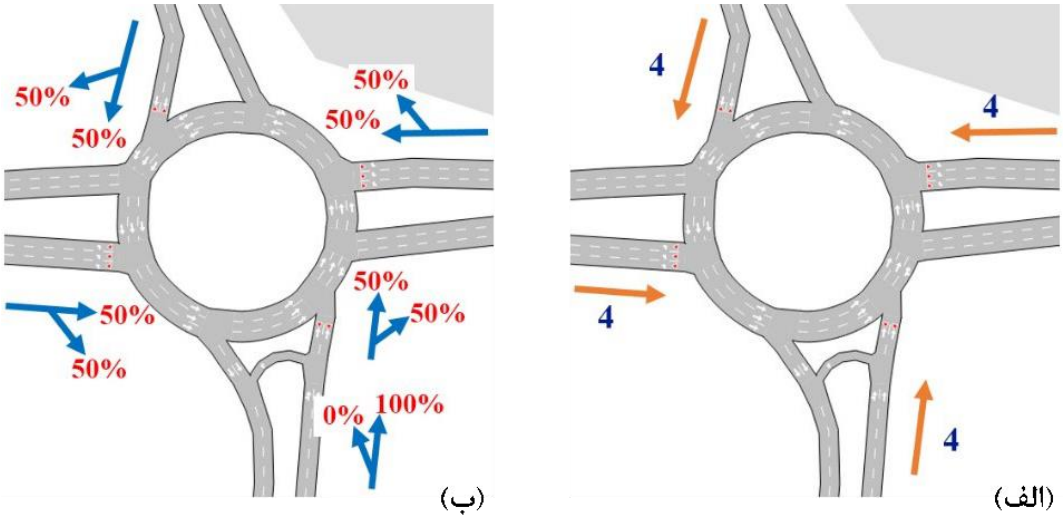
خودروهای مورد بررسی به دو دسته عمده تقسیم‌بندی شدند که شامل خودروهای سواری و اتوبوس‌ها بودند و تعداد هر دسته سرشماری شد. سپس این موضوع بررسی گردید که چند درصد از خودروها به مسیر مستقیم خود ادامه داده‌اند و چند درصد نیز به سمت راست تغییر مسیر داده‌اند. داده‌های ورودی به شیوه شرایط ترافیکی[15] وارد نرم‌افزار Aimsun شدند. طرح کلی مرتبط با سناریوی اول در شکل‌های شماره 2 و 3 آورده شده است.

در شکل شماره 2 الف، تعداد خودروهایی که از مسیرهای مختلف وارد میدان می‌شوند نمایش داده شده است. این اعداد میزان متوسط خودروهایی است که طی چند روز سرشماری، در جهات مختلف میدان تردد داشته‌اند. مسیر حرکت خودروهای ورودی به میدان و میزان تغییر مسیر آن‌ها در شکل 2 ب، نشان داده شده است. همچنین در شکل 2 ب، یک دور برگردان در بولوار آبشناسان مسیر شرق به غرب، قبل از میدان وجود دارد که 20٪ از خودروها هنگام رسیدن به میدان از مسیر آبشناسان، از این دوربرگردان برای ادامه مسیر خود استفاده می‌نمایند.



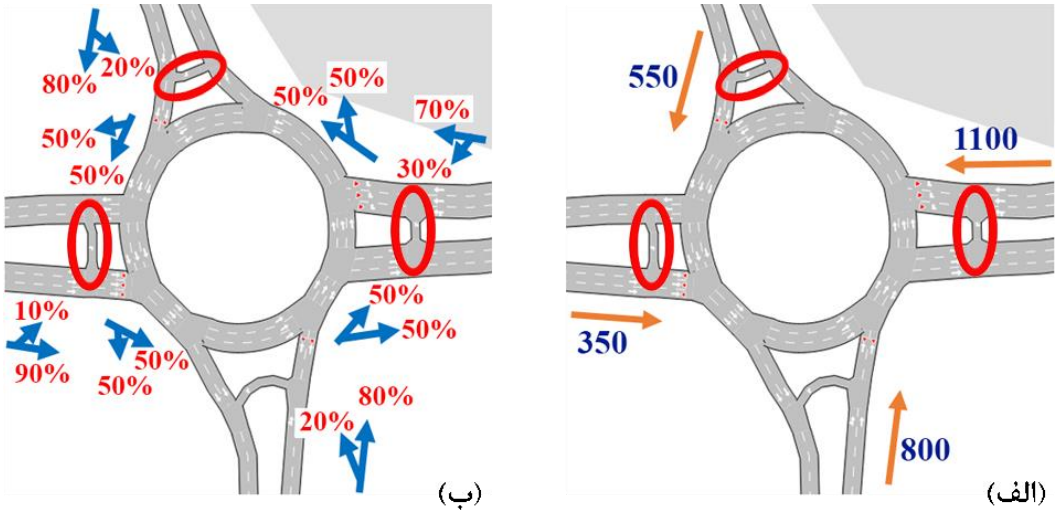
شکل 2. مقادیر شرایط ترافیکی برای خودروهای سواری در سناریوی اول؛ (الف) تعداد خودروها، (ب) درصد گردش خودروها

در شکل شماره 3 الف تعداد اتوبوس‌های عبوری طی سرشماری، درجهات مختلف میدان نمایش داده شده است. شکل 3 ب نیز درصد تغییر مسیر برای حرکت اتوبوس‌ها را نمایش می‌دهد که همانگونه که در شکل مشخص شده است، 50٪ اتوبوس‌ها وارد میدان می‌شوند و 50٪ دیگر به سمت راست مسیر خود را تغییر می‌دهند. تنها در مسیر آبشناسان شرق به غرب که از یک دوربرگردان قبل از میدان بهره می‌برد، تمامی اتوبوس‌ها وارد میدان می‌شوند و تغییر مسیری به سمت دوربرگردان مشاهده نمی‌شود.



شکل 3. مقادیر شرایط ترافیکی برای اتوبوس‌ها در سناریوی اول (الف) تعداد خودروها، (ب) درصد گردش خودروها

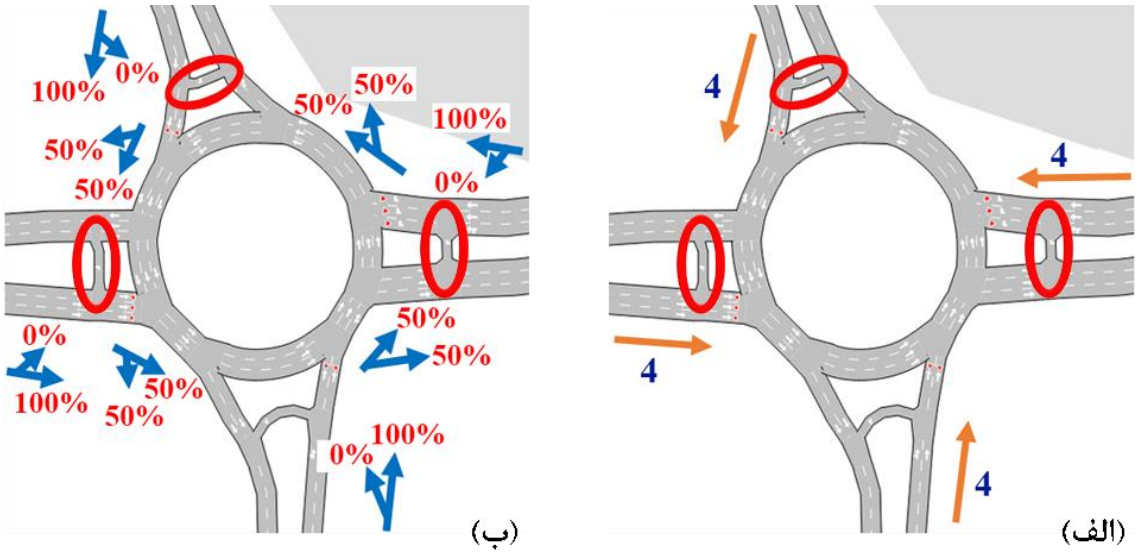
نحوه اعمال راهکار ترافیکی در میدان مذکور و شرایط ترافیکی جدید بعنوان سناریوی 2، در شکل‌های شماره 4 و 5 نشان داده شده است. در شکل 4 الف و ب، بترتیب راهکار پیشنهادی در سناریو 2 و تغییر مسیر خودروها نمایش داده شده است. در شکل 4 الف برای حل مشکل ترافیک در ساعت 5 الی 6 عصر، 3 دور برگردان قبل از میدان در مسیرهای شمال، غرب و شرق میدان طراحی شده است. طراحی این دوربرگردان‌ها در سه ضلع دیگر میدان، شرایط حرکت در مسیر عکس مسیر اولیه را بدون ورود خودروها به میدان و دور زدن آن ممکن می‌سازند. شکل 4 ب، درصد تغییر مسیر خودروها قبل از ورود به میدان با استفاده از دوربرگردان‌های طراحی شده را نشان می‌دهد. در این شکل مشخص شده است که بطور مجموع، 60٪ از خودروهایی که به سمت میدان حرکت می‌کنند، از دوربرگردان‌های طراحی شده در سه جهت دیگر میدان، برای تغییر مسیر خود قبل از ورود به میدان بهره می‌برند.



شکل 2. مقادیر شرایط ترافیکی برای خودروهای سواری در سناریوی دوم(الف) تعداد خودروها، (ب) درصد گردش خودروها

شکل 5 الف، دوربرگردان‌های طراحی شده و تعداد اتوبوس‌های عبوری در ساعت مشخص در میدان را نمایش می‌دهد و قسمت ب، میزان استفاده اتوبوس‌ها از دوربرگردان‌های طراحی شده در سه سمت میدان را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل 5 ب مشخص شده است، با توجه به برنامه ناوگان حمل‌ونقل عومی کلان‌شهر تهران، اتوبوس‌ها، مسیرهای مشخصی را برای حمل‌ونقل مسافران در رفت و برگشت طی می‌کنند. بنابراین دوربرگردان‌های طراحی شده در حرکت اتوبوس‌ها تاثیرگذار نخواهد بود.

در ادامه، زمان‌بندی و فازبندی مربوط به چراغ راهنمایی میدان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. فازبندی در میدان شهران از نوع ثابت می‌باشد که بر اساس حجم ترافیک مرتبط با هر مسیر، مشخص گردیده است. زمان‌بندی و فازبندی چراغ‌ها درجدول 1 نمایش داده شده است.



شکل 5. مقادیر شرایط ترافیکی برای اتوبوس‌ها در سناریوی دوم(الف) تعداد خودروها، (ب) درصد گردش خودروها

جدول 1. برنامه فازبندی و زمانبندی چراغ راهنمایی میدان اول شهران

مسیر	زمان شروع (ثانیه)	بازه زمانی (ثانیه)	مدت زمان چراغ زرد (ثانیه)
مسیر شرق به غرب	0	60	3
مسیر شمال به جنوب	63	40	3
مسیر غرب به شرق	106	30	3
مسیر جنوب به شمال	139	40	3

2-3- کالیبراسیون

از آنجایی که نرم‌افزار به صورت پیش فرض، مبتنی بر یک راننده استاندارد اروپایی تنظیم شده است، لذا بایستی برخی از مشخصات آن را بر اساس کشور مورد مطالعه (ایران)، تغییر داد. تغییراتی که در این بخش می‌توان به آن‌ها اشاره نمود از شامل میزان سبقت از سمت راست، راه گرفتن به جای راه دادن، حداکثر و حداقل سرعت در اتوبان‌ها، میزان فاصله قابل قبول با خودروی جلویی، میزان تحریک دیگران به سبقت از سمت راست، مصرف سوخت خودروها و مسائل زیست محیطی می‌باشند که همگی، در خلال روند سرشماری به دست آمده‌اند. در جدول 2، برخی از پارامترهای کالیبراسیون و بومی‌سازی مورد استفاده در این پژوهش نمایش داده شده است.

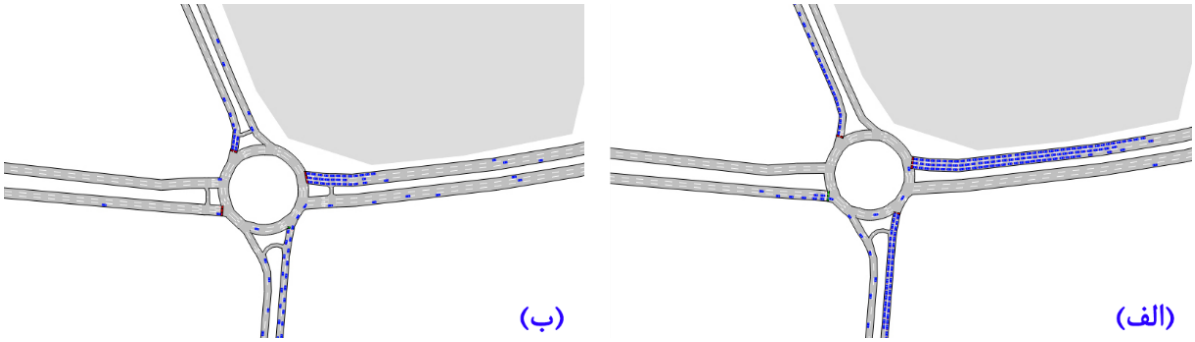
جدول 2. پارامترهای کالیبراسیون و بومی سازی مورد استفاده در پژوهش

اصطلاح انگلیسی	معادل فارسی	مقادیر کالیبراسیون
Maximum Yield Time	حداکثر زمان راه دادن	6 ثانیه
Staying in Overtaking Lane	عدم بازگشت به خط عبور پیشین پس از انجام سبقت	50 درصد
Imprudent Lane-Changing	بی احتیاطی در تعویض خط عبور	20 درصد
Undertaking	سبقت از سمت راست	30 درصد
Sensitivity for Imprudent Lane-Changing	میزان حساسیت بی احتیاطی در تعویض خط عبور	2

2-4- اجرای مدل شبیه‌سازی شده

پس از مرحله ورود داده‌ها، کالیبراسیون و بومی سازی، اجرای مدل شبیه‌سازی شده جهت دریافت نتایج حاصل از قبل و بعد از اعمال راهکار ترافیکی صورت می‌پذیرد. برای این منظور، از گزینه سناریوی پویا[16] استفاده شده است و در ادامه، چون تحلیل یک میدان مدنظر بوده است، لذا از گزینه آزمون شبیه‌سازی خردنگر[17] جهت شبیه‌سازی استفاده شد. همچنین تعداد تکرار شبیه‌سازی[18] نیز برابر با 30 تکرار در نظر گرفته شد. دلیل استفاده از تکرارها، ماهیت تصادفی داده‌ها می‌باشد. چون داده‌ها به صورت تصادفی به خودروها و رانندگان منتصب می‌گردد، لذا با یک تکرار نتیجه قابل قبولی به دست نخواهد آمد و حداقل بایستی 30 تکرار صورت پذیرد تا از میانگین آن‌ها، نتیجه به واقعیت نزدیک گردد. تصویر شرایط ترافیکی در زمان‌های مشابه در سناریوی اول که قبل از اعمال تغییرات بوده و سناریوی دوم که بعد از اعمال تغییرات بوده است، در شکل 6 نمایش داده می‌شود.

همانگونه که در شکل 6 مشخص شده است، در بخش الف از این شکل، شرایط فعلی و اصلی میدان نمایش داده شده است که در ساعت 5:40 عصر، ترافیک سنگینی در مسیرهای شمال به جنوب، غرب به شرق و شرق به غرب میدان مشاهده می‌گردد (شکل 6 الف). اما بعد از اعمال راهکار پیشنهادی منطبق بر سناریوی 2 (شکل 6 ب)، با طراحی 3 دوربرگردان در مسیرهای مختلف در اطراف میدان، کاهش چشمگیر ترافیک قبل از میدان در زمان مذکور رخ می‌دهد و خودروهای از مسیرهای طراحی شده در اطراف میدان بهره می‌برند.



شکل 6. شرایط ترافیکی در زمان 5:40 عصر در (الف) سناریوی اول و قبل از اعمال تغییرات، (ب): سناریوی دوم و بعد از اعمال تغییرات

3- نتیجه‌گیری

پس از مرحله اجرای سناریوها و کامل شدن تکرارها، برنامه Aimsun یک گزارش خروجی عددی کلی از شرایط ترافیکی حاکم بر سناریو را فراهم نموده و نمایش می‌دهد. در این گزارش خروجی، مهمترین پارامترهای ترافیک نظیر زمان سفر، زمان تاخیر، نرخ جریان ترافیک، چگالی خودروها، و نرخ سرعت پیش‌بینی شده به نمایش گذاشته می‌شوند. جدول 3 مقایسه‌ای از پارامترهای بسیار مهم ترافیکی شامل زمان سفر، زمان تاخیر، نرخ جریان و نرخ سرعت از دو سناریوی مورد بررسی را نمایش می‌دهد.

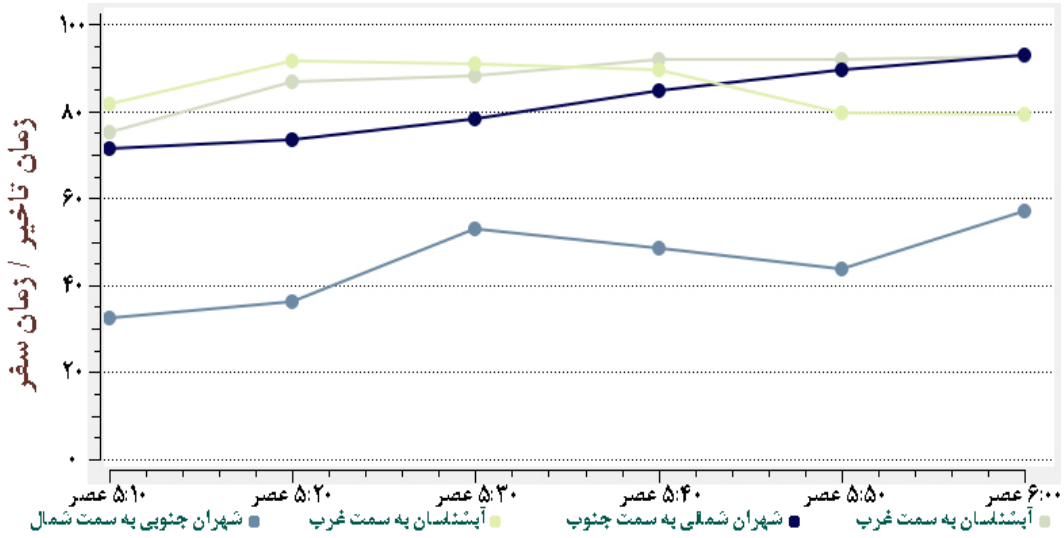
جدول 3. مقایسه پارامترهای مهم ترافیکی در خروجی نرم‌افزار Aimsun میان سناریوی اول و دوم

پارامتر مورد ارزیابی	سناریوی اول	سناریوی دوم	بهبود شرایط (٪)
زمان سفر (ثانیه بر کیلومتر)	251/09	140/29	44/13
زمان تاخیر (ثانیه بر کیلومتر)	178/02	68/39	61/58
نرخ جریان (خودرو بر ساعت)	2576	2621	1/72
نرخ سرعت (کیلومتر بر ساعت)	20/53	32/75	37/31

با توجه به داده های موجود در جدول، بعد از اعمال سناریو 2، زمان سفر به میزان 44/13 درصد و زمان تاخیر نیز به میزان 61/58 درصد تنزل یافته که کاهش چشمگیری می‌باشد. همچنین، نرخ جریان خودروها معادل 1/72 درصد و نرخ سرعت خودروها نیز معادل 37/31 درصد افزایش یافته است. در ادامه، تاثیر تغییرات حاصل از اعمال راهکار ترافیکی بر روی دو شاخص مهم به

نام‌های شاخص زمان تاخیر به زمان سفر و شاخص زمان کل سفر، مورد بررسی قرار گرفته است (شکل 7).

داده‌های خروجی مرتبط با زمان تاخیر نسبت به زمان سفر برای سناریوی اول، در 6 سر فاصله زمانی با بازه‌های 10 دقیقه به 10 دقیقه، در جدول 4 آورده شده است.

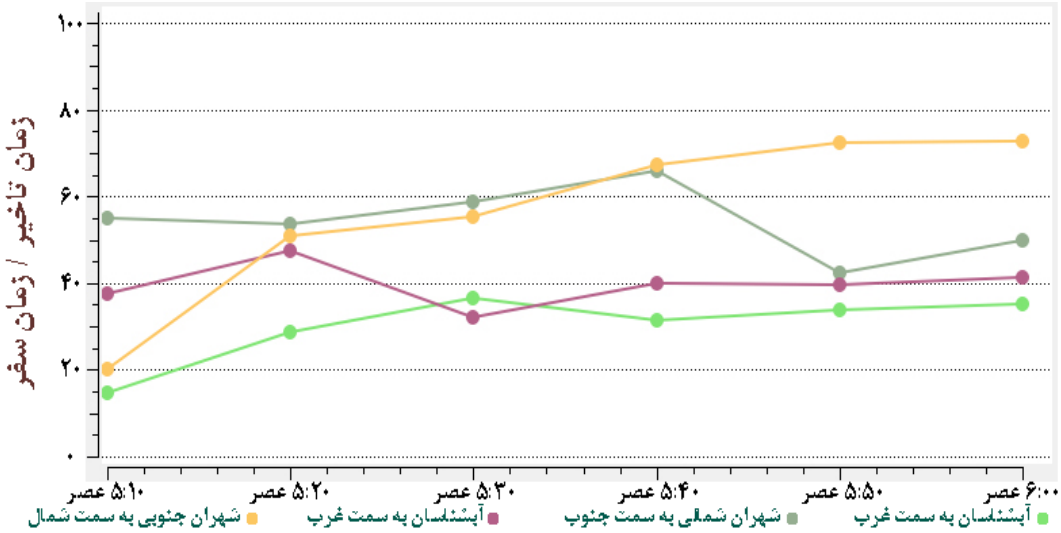


شکل 7. نمودار زمان تاخیر نسبت به زمان سفر برای سناریوی اول

جدول 4. مقادیر زمان تاخیر نسبت به زمان سفر برای سناریوی اول

محور / زمان	5:10 عصر	5:20 عصر	5:30 عصر	5:40 عصر	5:50 عصر	6:00 عصر
بزرگراه آبشناسان به سمت غرب	75/15	84/60	87/47	90/73	91/60	91/50
بزرگراه آبشناسان به سمت شرق	81/62	88/98	89/92	89/39	78/75	79/36
خیابان شهران شمالی به سمت جنوب	71/36	71/86	77/83	84/80	89/20	93/27
خیابان شهران جنوبی به سمت شمال	32/67	36/58	52/48	48/67	44/49	57/24

نمودار زمان تاخیر نسبت به زمان سفر و داده های خروجی از آن به ترتیب در شکل 8 و جدول 5 نمایش داده شده‌اند.



شکل 8. نمودار زمان تاخیر نسبت به زمان سفر برای سناریوی دوم

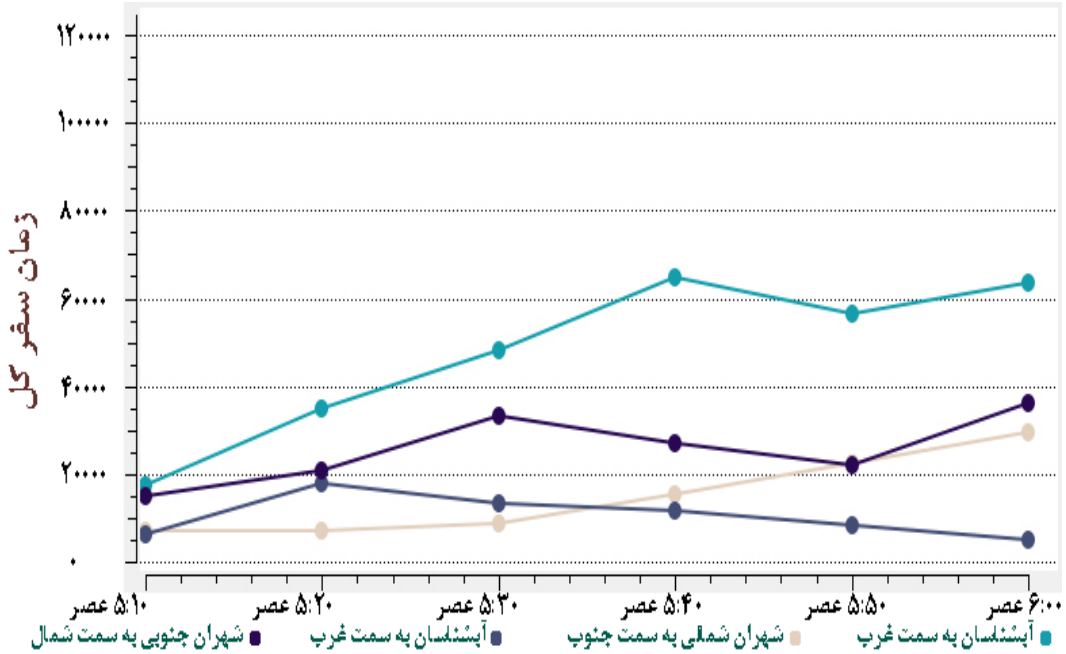
جدول 5. مقادیر زمان تاخیر نسبت به زمان سفر برای سناریوی دوم

محور / زمان	5:10 عصر	5:20 عصر	5:30 عصر	5:40 عصر	5:50 عصر	6:00 عصر
بزرگراه آبشناسان به سمت غرب	15/18	28/80	36/31	31/42	33/99	35/56
بزرگراه آبشناسان به سمت شرق	38/00	45/46	32/43	40/20	39/61	41/59
خیابان شهران شمالی به سمت جنوب	55/24	52/77	58/69	63/04	42/69	50/16
خیابان شهران جنوبی به سمت شمال	20/80	50/09	55/53	67/49	71/90	72/90

در ادامه، داده‌های خروجی مرتبط با زمان تاخیر نسبت به زمان سفر برای سناریوی دوم، برای 6 سر فاصله زمانی با بازه‌های 10 دقیقه به 10 دقیقه، در جدول 5 گردآوری شده است.

همان گونه که از مقایسه نتایج بدست آمده برای دو سناریو مشهود است، میزان شاخص زمان تاخیر به زمان سفر در تمامی محورها به جز محور جنوبی میدان کاهش یافته است که همین امر، بیانگر منطقی بودن راهکار ارائه شده می‌باشد. دلیل افزایش مقادیر در محور جنوبی نیز، با توجه به تداخل اندک خودروهای عبوری از سمت جنوب میدان با خودروهایی که در حال دور زدن در دور برگردان‌های طراحی شده می‌باشند، کاملا امری منطقی می‌باشد که با توجه به بهبود قابل توجه در سایر محورها، تاخیر حاصل توجیه پذیر بوده و در نتیجه، شاخص رضایت در کل سیستم افزایش خواهد یافت. در ادامه، به بررسی شاخص دیگری با نام زمان سفر کل پرداخته شده است (شکل 9). از طریق تحلیل داده‌های خروجی نرم‌افزار، دریافت می‌گردد که زمان تاخیر در سناریوی دوم به میزان 61/58 درصد کاهش یافته است. همچنین، نسبت زمان تاخیر به زمان سفر نیز در حد مطلوبی کاهش یافته است. میزان تراکم و ازدحام خودروها نیز کاهش چشم گیری داشته است.

داده‌های خروجی مرتبط با زمان سفر کل در سناریوی اول نیز همانند قبل، در بازه‌های زمانی 10 دقیقه به 10 دقیقه محاسبه شده و در جدول 6 نمایش داده شده است.

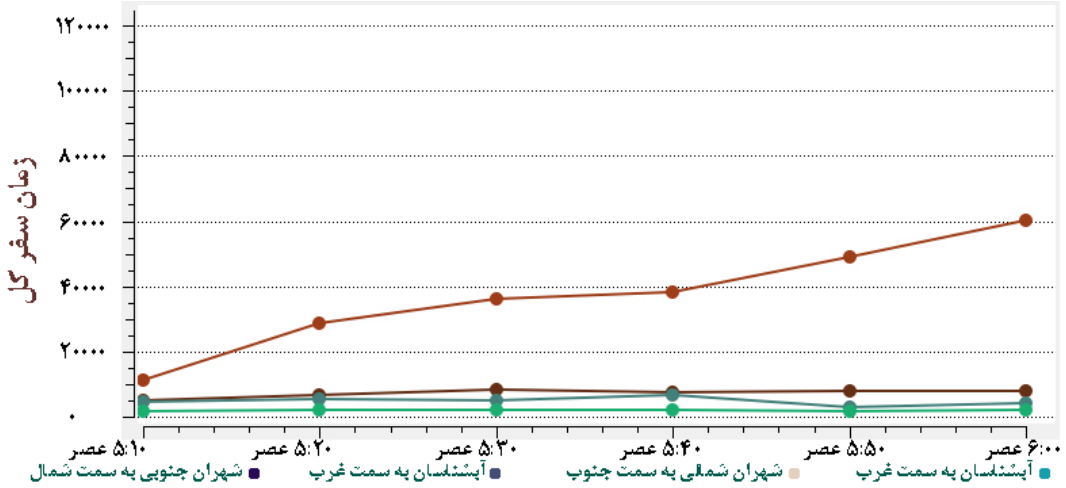


شکل 3. نمودار زمان سفر کل برای سناریوی اول

جدول 6. مقادیر زمان سفر کل برای سناریوی اول

محور / زمان	5:10 عصر	5:20 عصر	5:30 عصر	5:40 عصر	5:50 عصر	6:00 عصر
بزرگراه آبشناسان به سمت غرب	18535/30	35154/68	48767/13	64360/72	56787/83	64011/65
بزرگراه آبشناسان به سمت شرق	6889/98	17976/72	13615/76	11881/29	8564/77	5554/71
خیابان شهران شمالی به سمت جنوب	9056/10	7512/52	9550/97	16136/65	24834/73	30022/65
خیابان شهران جنوبی به سمت شمال	15515/45	21354/22	33298/28	27073/20	23037/30	36659/67

در نمودار شکل 10، زمان سفر کل در بازه های زمانی مذکور به تصویر کشیده شده است.



شکل 4. نمودار زمان سفر کل برای سناریوی دوم

جدول 7. مقادیر زمان سفر کل برای سناریوی دوم

محور / زمان	5:10 عصر	5:20 عصر	5:30 عصر	5:40 عصر	5:50 عصر	6:00 عصر
بزرگراه آبشناسان به سمت غرب	6100/43	7598/69	8590/71	8147/21	8277/85	8429/25
بزرگراه آبشناسان به سمت شرق	2209/20	2450/13	2585/31	2433/13	2282/12	2766/01
خیابان شهران شمالی به سمت جنوب	5361/18	5911/55	5712/79	6942/05	3721/90	5194/57
خیابان شهران جنوبی به سمت شمال	11910/49	29122/46	36463/21	38860/02	49645/06	60287/25

در ادامه نیز، داده‌های خروجی مرتبط با زمان سفر کل در سناریوی دوم مطابق با همان بازه‌های زمانی، در جدول 7 نشان داده شده است.

داده‌های خروجی مرتبط با زمان سفر کل دو سناریوی مذکور نیز کاملا منطبق با داده‌های خروجی مرتبط با زمان تاخیر نسبت به زمان سفر بوده و به نوبه خود، نتایج به دست آمده را تایید می‌کنند. از تحلیل داده‌های خروجی نرم‌افزار Aimsun دریافت می‌گردد که نرخ جریان به میزان 1/72 درصد افزایش یافته است. لذا، سرعت نیز در تناسب با این نرخ جریان، به میزان 37/31 درصد افزایش یافته است. همچنین، میزان زمان توقف‌ها نیز کاهش یافته است. با توجه به نمودارها، زمان سفر به میزان 44/13 درصد افزایش داسته است. پیرو بهبود های حاصل از سناریوی دوم در قیاس با سناریوی اول، نتیجتا شاخص رضایت مندی کل نیز افزایش خواهد یافت.

4- نتیجه‌گیری

با استناد بر نتایج حاصل از شبیه‌سازی، طراحی و اجرای دور برگردان‌ها باعث کاهش زمان سفر به میزان 44/13 درصد، کاهش تعداد توقف‌ها، افزایش نرخ سرعت به میزان 37/31 درصد و افزایش نرخ جریان ترافیک به میزان 1/72 درصد شده است.

همچنین علاوه بر مزایای مذکور، طراحی انجام شده در کاهش مصرف سوخت و کاهش آلودگی های زیست محیطی نیز موثر می‌باشند. زیرا میزان سوخت مصرفی ناشی از ازدحام در میدان و یا حرکت کند وسایل نقلیه، با کاهش زمان تاخیر و افزایش نرخ جریان، و همچنین کاهش میزان توقف‌ها روند نزولی داشته و همین امر خود عاملی اساسی در کاهش آلودگی‌های ناشی از سوختن سوخت‌های فسیلی و گازهای گلخانه‌ای می‌گردد.

به‌علاوه، زمان تاخیر در سناریوی دوم به میزان 61/58 درصد کاهش یافته است و در نتیجه، زمان که مهمترین عنصر در جریان زندگی بوده و غیر قابل بازگشت می‌باشد نیز، به نحو مطلوبی مدیریت شده و صرفه‌جویی می‌گردد و در پی آن، جامعه و افراد آن می‌توانند بهره دهی مؤثرتری داشته باشند.

5- پی‌نوشت

1. Microscopic
2. Mesoscopic
3. Macroscopic
4. Global Positioning System
5. Hybrid
6. Transit Signal Priority (TSP)
7. Bus Rapid Transit

8. High Occupancy Vehicle (HOV)
9. Highway Capacity Manual (HCM)
10. Origin-Destination Matrices
11. Dynamic User Equilibrium (DUE)
12. Transport Simulation Systems
13. Federal Highway Administration (FHWA)
14. Gipps Car-Following Model
15. Traffic State
16. Dynamic Scenario
17. Micro SRC Experiment
18. Replication

6- مراجع

- Anya A., Rouphail, N., Frey, H., and Schroeder, B., (2014), "Application of Aimsun Microsimulation Model to Estimate Emissions on Signalized Arterial Corridors", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2428, pp. 75-86.
- Barceló J. and Casas J., (2005), "Dynamic Network Simulation with Aimsun", Simulation Approaches in Transportation Analysis, Springer, pp. 57-98.
- Brockfeld E., Kühne, R., Skabardonis, A., and Wagner, P., (2003), "Toward Benchmarking of Microscopic Traffic Flow Models, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1852, pp. 124-129.
- Ebrahimian, S. M. and Enayati Noabadi, I., (2013), " Case Study of Aimsun Software Application in Traffic Management of Ferdowsi Square in Tehran", National Conference on Applied Civil Engineering and Advances.
- Franco V., Kousoulidou, M., Muntean, M., Ntziachristos, L., Hausberger, S., and Dilara, P., (2013), "Road Vehicle Emission Factors Development: A Review, Atmospheric Environment, Vol. 70 , pp. 84-97.
- Gipps P. G., (1986), "A Model for the Structure of Lane–Changing Decisions", Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 20, No. 5, pp. 403-414.
- Olstam J. J. and Tapani A., (2004), "Comparison of Car-Following Models, Swedish National Road and Transport Research Institute", Project VTI meddelande, pp.Vol. 960.
- Respati S. W., (2015), "Traffic Modeling and Simulation on the Norra Promenaden-Packhusgatan Intersection", Sweden, Jurnal Teknologi Terpadu, Vol. 3, No. 1.
- Shafabakhsh, Gh. A., Mosallanejad, A., and Riasatian, M. H., (2013), " Geometric Design Modification of Nemazee Intersection in Shiraz with Aimsun Simulation Software ", Rahvar Journal, Vol. 10, No. 22, pp. 111-127.
- TSS - Transport Simulation Systems, (2015) "Aimsun 8 User's Manual".

Traffic Condition Improvement using Aimsun Simulation Software

A. Kazemi Fard, M.Sc., Grad., Department of Civil Engineering (Transportation Management and Planning), South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
F. Moghadas Nejad, Associate Professor, Head of Transportation Group, Department of Civil & Environmental Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.
Sh. Kazemifard, Ph.D. Candidate, Department of Chemistry, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.

E-mail: moghadas@aut.ac.ir

Received: May 2016-Accepted: August 2016

ABSTRACT
In this paper, the 1st Shahran square that is located in the North West of Tehran metropolis, was simulated and analyzed with Aimsun simulation software based on microscopic level. Field study data were obtained from census of cars and buses passing through each side of the square and around it in peak hour traffic (from 5 pm to 6 pm). In addition, the percentage of the route choice was specified to determine traffic conditions. After collecting and entering data in Aimsun, calibrating values based on observed drivers' behavior were entered to achieve validation and verification of the input data. For this purpose, two main scenarios were examined. In the first scenario, the current situation of the square with just one U-turn on the east side of the square was evaluated. Then, as a traffic solution in the second scenario, three U-Turns were designed on the west side, north side, and south side of the square. The output results from comparison two scenarios showed a downward trend in travel time and number of stops, while, speed rate and traffic flow rate showed an upward trend.

Keywords: Simulation, Travel Time, Traffic Flow Rate, Aimsun Software