برنامه‌ریزی جهت بهبود مدیریت شهری با شبیه‌سازی ترافیک در بندر امام‌خمینی

مقاله علمی – پژوهشی

مریم پورنصیر*، استادیار، گروه مدیریت ، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
هانیه مسافر، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه جهرم، جهرم، ایران
سعید محمودی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تفرش، تفرش، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: h.mosafer2008@gmail.com

دریافت: ۱٤۰٤/۰٤/۲۸– پذیرش: ۱٤۰٤/۰۸/۰۲
صفحه ۲۸۸–۲٦۹

چکیده

امروزه افزایش وسایل نقلیه در کشورهای در حال توسعه مشکلات زیادی را در پی داشته است که نشان‌دهنده اهمیت برنامه‌ریزی برای آن است تا بتوان برای حفظ و نگهداری زیرساخت‌های موجود، ایجاد و گسترش امکانات شهری و ایجاد تعادل بین نیازهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی اقدام کرد. در این پژوهش به منظور بهبود مدیریت شهری و رفع مشکلات به واسطه اصلاح هندسی و تنظیم مسیر حرکت گردشی وسیله‌ها در شبکه‌های شهری در بندر امام خمینی مورد بررسی قرار گرفته است و پس از بازدید میدانی از سطح شهر، مشخص گردید که بزرگترین معضل این شهر، وجود سطح درگیری زیاد و عدم وجود جریان‌بندی مناسب برای حرکت‌های گردشی در تقاطع‌های موجود در این شهر است. از این رو، در گام نخست، نقشهٔ محدودهٔ مطالعاتی در محیط نرم‌افزار و عکس هوایی از شهر بندر امام خمینی تهیه گردید و همراه با نتایج به‌دست‌آمده از آماربرداری از احجام ترافیکی و عابر پیاده، در ساعات اوج ترافیک، پس از تعیین روایی و تلخیص داده‌ها، در نرم‌افزار اکسل به‌صورت درصد گردش و مجموع حجم ترافیک برای ورودی‌های منتهی به هر یک از تقاطع‌های شبکهٔ مطالعاتی و برای هر یک از زمان‌های اوج صبح، ظهر و عصر در مدت زمان یک ساعت (به‌صورت چهار قسمت ۱۵ دقیقه‌ای) برای ورود به نرم‌افزار شبیه‌ساز Aimsun مدل گردید، و سپس عکس‌ها و نقشه‌های موجود با مقیاس مناسب بر روی یکدیگر منطبق شدند بر همین اساس، شبکهٔ مرکزی شهر بندر امام خمینی با هدف بررسی مجدد پیشنهادات ترافیکی طرح جامع این شهر تعیین و پیشنهاد گردید. همچنین سناریوهای جایگزین با هدف روان‌سازی حرکت ترافیک در محدودهٔ مرکزی شهر ارائه و سپس، اقدام به اصلاح هندسی و تنظیم مسیر حرکت گردشی وسیله‌ها شد. در انتها، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی، سناریوی برتر معرفی گردید.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی، شبیه‌سازی، ترافیک، مدیریت شهری، محیط زیست، نرم‌افزار AIMSUN

۱– مقدمه

امروزه، گسترش زندگی ماشینی و افزایش روزافزون ترافیک در شهرها و جاده‌ها و همچنین فرایند اقتصادی و رفاهی ناشی از گسترش ارتباطات و سرعت جابه‌جایی کالا و مسافر، به یک معضل و مشکل بزرگ برای سلامت عمومی و توسعه مبدل گشته است (شرافتی و همکاران، ۱۳۹۲). یکی از چالش‌های اصلی توسعه شهری که شهرهای بزرگ با آن مواجه هستند، مربوط به ترافیک است. امروزه تعداد وسایل نقلیه ترانزیت در شهرهای بزرگ به میزان قابل توجهی افزایش یافته که این افزایش ناشی از رشد جمعیت و استفاده از وسایل نقلیه به عنوان وسیله حمل و نقل است (روچا فیلهو و همکاران، ۲۰۲۰). مدل‌سازی و شبیه‌سازی حرکت وسایل نقلیه در زیرساخت‌های حمل‌ونقل مستقر، به‌ویژه در شبکه‌های بزرگ جاده‌ای شهری دارای اهمیت است که به درک و رسیدگی به مشکلات ترافیکی و بهینه‌سازی مقررات ترافیکی کمک می‌کند (بسنزی و همکاران، ۲۰۲۱). برنامه‌ریزی ترافیک، از یک سو سبب حفظ و نگهداری زیرساخت‌های موجود و از سوی دیگر، منجر به طراحی و

برنامه‌ریزی جهت ایجاد و گسترش امکانات شهری و ایجاد تعادل بین نیازهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی می‌شود تا مدیران شهری رویکرد سنتی مدیریت شهری را کنار گذاشته و روش‌های نوین مدیریت شهری را در پیش گیرند. چگونگی مدیریت ترافیک شهری و مسائل مرتبط با حمل و نقل، یکی از راه‌حل‌های مشکلات مذکور و همچنین از معضلات اغلب جوامع امروزی است. حجم وسایل نقلیه به صورت نمایی در حال گسترش است. این مسئله سبب کُند شدن حرکت وسیله‌ها، ترافیک سنگین در سطح شهر و ایجاد توقف‌های طولانی پشتِ چراغ‌های راهنمایی می‌شود. این شهرهای بزرگ برای مدیریت و کنترل ترافیک خود نیازمند سیستمی هوشمند و کارا می‌باشند که به صورت مؤثر به شناسایی و بررسی ترافیک‌های موجود در شهر پرداخته و بهترین عکس‌العمل را در مقابل آن انجام دهد (آذر و مؤمنی، ۱۳۸۰). امروزه، راهکارهای مختلفی برای کنترل ترافیک شهری استفاده می‌گردد. هدف این پژوهش بهبود مدیریت شهری و رفع مشکلات ترافیکی به‌واسطهٔ اصلاح هندسی و تنظیم مسیر حرکت گردشی وسیله‌ها در شبکه‌های شهری به‌عنوان یکی از ابزارهای مدیریت ترافیکی است. در این راستا با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازیِ ترافیکیِ خُردنگر، وضع موجود تقاطع‌های شهر بندر امام ارزیابی می‌شود و سپس بر اساس نیاز منطقه، سناریوهایی در محدوده مورد مطالعه مطرح شده و با توجه به معیارهای کارایی، گزینهٔ برتر انتخاب می‌گردد.

۲- پیشینه تحقیق

برای تبیین ضرورت پژوهش می‌توان بیان کرد که اگر به مدیریت حمل و نقل و ترافیک شهری و نیز مؤلفه‌های مؤثر بر آن با نگاه مدیریتی و اقتصادی نپردازیم، قدرت هرگونه تصمیم‌گیری مناسب از مدیران شهری در برابر مشکلات متعددی از جمله سردرگمی در تعیین اولویت‌ها، عدم پیوستگی و هم‌افزایی در اقدامات و نداشتن برآورد به‌موقع به وجود خواهد آمد. با توجه به اهمیت مسئله ترافیک در شهرها، ضرورتاً باید به مشکلات ترافیکی در شهرها که در پی رشد جمعیت شهرنشین و اندازهٔ شهرها به‌وجود می‌آید، توجه کرد. همچنین باید از تعریض و احداث معابر جدید، به‌ویژه در هستهٔ اولیهٔ شهرها، جلوگیری کرد؛ در غیر این صورت، این مسئله مقوله‌ای برای تشویق به استفادهٔ بیشتر از اتومبیل شخصی در سطح معابر می‌گردد. وانگ و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی با عنوان تحلیل شبیه سازی ترافیک منطقه‌ای و فناوری بهبود ظرفیت ترافیک در بستر نوسازی شهری با مطالعه موردی در منطقه تجاری Xiaozhai چین، ترکیبی از رویکردهای کلان و خرد را به کار گرفتند. آنان با استفاده از نظریه نمودار بنیادی کلان و شبیه سازی پویا در نرم افزار VISSIM نشان دادند که که با اعمال راهکارهای سازمان‌دهی مجدد ترافیک می‌توان متوسط تأخیر را بیش از ۱۳٪ و طول صف تقاطع‌ها را حدود ۱۹٪ کاهش داد (وانگ و همکاران، ۲۰۲۵). وربانیک و همکاران (۲۰۲۱) به مقایسه سه نرم‌افزار شبیه‌ساز ترافیکی VISSIM، AIMSUN و SUMO که عمدتا در این حوزه مورد استفاده قرار می‌گیرند در کنار شبیه‌سازهای شبکه پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که AIMSUN برای مدل‌های ترافیک کمی پیچیده مناسب‌تر است. عابدیان و همکاران (۲۰۲۱) تاثیر قرارگیری نادرست ترمینال غرب تهران بر جریان ترافیک و میزان آلودگی زیست‌محیطی را با استفاده از نرم‌افزار Aimsun شبیه‌سازی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که حضور اتوبوس‌های برون شهری در درون شبکه حمل‌ونقل شهری موجب کاهش ۷/٦ درصدی میانگین سرعت تردد، افزایش ۱۱/۱ درصد کل زمان و همچنین افزایش ۹/۱ درصدی انتشار مونوکسید کربن می‌شود. یانگ یو و همکارانش (۲۰۱۹) با استفاده از چارچوب بیزی به پیش‌بینی ترافیک غیرتثبیت‌شده بر روی پل‌های پُرترافیک پرداختند و تأثیر رشد ترافیک را بر ایمنی پل‌ها بررسی کردند. نتایج این تحقیق، مرجع تصمیم‌گیری درباره تغییر مقررات و مدیریت پل قرار گرفت. ناگی و سیمون (۲۰۱۸) در تحقیقی بیان نمودند که توسعهٔ سریع در یادگیری ماشین و منابع دادهٔ جدید، امکان بررسی و پیش‌بینی ترافیک در شهرهای پیشرفته را دقیق‌تر از همیشه می‌کند. این توسعه می‌تواند برای بهینه‌سازی طراحی و مدیریت خدمات حمل و نقل در یک شهر پیشرفته کمک شایانی نماید. در پژوهش آنها، به ارائه دقیق روش‌های پیش‌بینی ترافیک برای شهرهای پیشرفته پرداخته شده است. شکوهی و فضلی (۱۳۹۳) با استفاده از سیستم حمل ونقل هوشمند بر اساس الگوریتم داده‌کاوی به پیش‌بینی ترافیک پرداختند. نتایج آنالیزشان نشان می‌دهد که روش مطرح‌شده می‌تواند نمونه‌های بالقوهٔ پنهان‌شده در داده‌های ترافیکی را استخراج کند و همین‌طور، می‌تواند پیش‌بینی دقیقی از وضعیت ترافیک در آینده داشته باشد. دقت عمل این پیش‌بینی حدود ۹۵ درصد است؛ بنابراین، الگوریتم داده‌کاوی می‌تواند یک جنبهٔ کاربردی برای پیش‌بینی اطلاعات ترافیکی در سیستم حمل

و نقل هوشمند به وجود آورد. عباسی و یعقوبی (۱۳۹۲) در تحقیقی به بررسی پیش‌بینی‌پذیری ترافیک شهری مبتنی بر تئوری آشوب و پیش‌بینی جریان ترافیک شهر مشهد با استفاده از سیستم فازی-عصبی تطبیقی چندگانه پرداختند. مقایسهٔ نتایج پیش‌بینی‌شدهٔ جریان ترافیک با مقادیر اندازه‌گیری‌شده در واقعیت نشان می‌دهد که مدل مطرح‌شده، به‌طور رضایت‌بخشی، جریان ترافیک را پیش‌بینی می‌کند. در این راستا، در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا با استفاده از تجارب به‌دست‌آمده از مطالعات گوناگون و با استفاده از نرم‌افزار Aimsun، بتوان با تنظیم جهت حرکت معابر در محدودهٔ مورد مطالعه که شامل تقاطع و شریان‌های شهر بندر امام خمینی می‌باشد، به بهبود مشکلات ترافیکی آن کمک نمود.

۳- روش تحقیق

با توجه به ماهیت موضوع و اهداف پژوهش، نوع تحقیق کاربردی و رویکرد حاکم بر فضای تحقیق «توصیفی-تحلیلی» است. همچنین نمونهٔ مورد مطالعه در پژوهش حاضر، «شهر بندر امام خمینی» است. اطلاعات لازم برای این پژوهش، به روش میدانی از طریق برداشت حجم ترافیک محدودهٔ مورد مطالعه و همچنین به روش اسنادی از طریق مجلات و کتب مرتبط با موضوع به‌دست آمده است. پس از بررسی و شناخت وضعیت موجود محدودهٔ مورد مطالعه، به تجزیه و تحلیل آن پرداخته شده و در پایان راه‌حل پیشنهادی تحت عنوان تنظیم جهت شبیه‌سازی شده و به حرکت معابر محدودهٔ مورد مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار Aimsun با وضع موجود مقایسه می‌شود. این نرم‌افزار توانایی به کارگیری سه مدل حمل و نقلی، تخصیص استاتیک جریان، مدل‌سازی مزوسکوپیک جریان و مدل‌سازی میکروسکوپیک را دارد. Aimsun نرم‌افزاری برای شبیه‌سازی میکروسکوپیک شبکه‌های حمل و نقلی است. مدل‌های شبیه‌سازی ترافیکی قادر به فراهم کردن اقدامات بهینه و همچنین معیارهای اضافی برای تحلیل شرایط ترافیکی راه هستند. برخی از این مدل‌های شبیه‌سازی‌شده، حرکت وسایل نقلیه را به‌طور انفرادی دنبال می‌کنند؛ بنابراین، تحلیلگران می‌توانند محدودهٔ وسیعی از پیکربندی و شرایط اجراییِ راه را بررسی کنند؛ که این امر در ابزارهای تحلیلی مرسوم امکان‌پذیر نیست. علاوه بر این، در تحلیل شرایط موجود، بیشتر مدل‌های شبیه‌سازیِ ترافیکی شامل نمایش دیداری عملیات ترافیکی نیز هستند که در گذشته، شرایط ترافیکی فقط در قالب اعداد و کلمات توصیف می‌شد. محدودهٔ مورد مطالعه در طرح حاضر، تقاطع و شریان‌های شهر بندر امام خمینی را شامل می‌گردد که گره‌های ترافیکی در تقاطع‌ها و معابر منتهی به گره‌ها را در برمی‌گیرد. مهم‌ترین معابر محدودهٔ مورد نظر، تقاطع‌های موجود در راستای دو خیابان شریانی بندر امام، یعنی طالقانی و امام خامنه‌ای می‌باشند که به‌نحوی تشکیل‌دهندهٔ ساختار اصلی شهر هستند. محدودهٔ مذکور، به دلیل عدم تناسب شبکه‌های ارتباطی با میزان تمرکز فعالیت‌های گوناگون شهری، همواره با مشکلات ترافیکی همراه بوده است. از جمله دلایل مهمی که این محدوده را با مشکلات ترافیکی همراه ساخته است، می‌توان به عدم پراکندگی مطلوب خدمات شهری در سطح شهر اشاره کرد. به‌طوری‌که تمرکزگرایی در هستهٔ مرکزی شهر از گذشته تا کنون ادامه داشته و به نقاط پیرامونی توجه کمتری شده است که به موجب آن سیل عظیم مسافرت‌های شهری را به‌منظور دریافت خدمات در این نقطه به‌وضوح می‌توان دید.

۳-۱-پارامترهای اساسی در تحلیل جریان ترافیک

در تحلیل جریان ترافیک از سه پارامتر اساسی زیر استفاده می‌شود.

جریان: تعداد وسیله‌های عبوری در یک زمان مشخص از یک نقطهٔ خاص

چگالی: تعداد وسیله‌های عبوری در طول واحد از یک خط معبر

سرعت متوسط: نسبت جابه‌جایی ترافیک یا مسافت طی‌شده در واحد زمان یکی از خروجی‌های ارائه‌شده توسط نرم‌افزار، جریان وسیله‌هاست. این شاخص بیانگر تعداد وسیله‌هایی است که پس از ورود به شبکه پس از طی مدت زمان مشخص در واحد زمان از شبکه خارج شده باشند. واحد جریان، وسیله‌ی معادل در ساعت است و اگر در شبکه مشکلی پیش نیاید (تقاطع‌ها قفل نشود و جریان متوقف نگردد)، این عدد معادل مجموع حجم‌های ورودی به شبکه در ساعت اوج خواهد بود. خروجی دیگر

نرم‌افزار، چگالی وسیله‌ها است. واحد این عدد وسیله بر کیلومتر است. چگالی وسیله‌ها از رابطهٔ (۱) محاسبه می‌شود.

$$D = \frac{V}{S} \quad (۱)$$

در رابطهٔ فوق:

D چگالی (وسیله بر کیلومتر)، V نرخ جریان (وسیله بر ساعت) و S سرعت متوسط (کیلومتر بر ساعت) است.

در نرم‌افزار Aimsun برای محاسبهٔ چگالی از رابطهٔ زیر استفاده می‌گردد که مبنای آن مشابه رابطهٔ (۱) است.

$$DEN_{sys} = \frac{\sum_{t_i \in T} NVeh_{t_{(i-1)}} \times (t_i - t_{(i-1)})}{\frac{I}{L}} \times 1000 \quad (۲)$$

DEN_{sys} چگالی (وسیله بر کیلومتر)، $NV_{eht(i-1)}$ تعداد وسیله در لحظه i-1، I فاصلهٔ زمانی جمع‌آوری داده‌ها و L مجموع طول تمام کمان‌های شبکه (متر) است. خروجی دیگر، سرعت متوسط وسیله‌ها است که شاخصی برای اندازه‌گیری روانی جریان ترافیک است. در نرم‌افزار برای محاسبه سرعت متوسط وسیله‌ها در شبکه، میانگین سرعت وسیله‌های عبوری از شبکه محاسبه شده و به‌منظور انجام آن، مسافت طی‌شده وسیله بر زمان سفر تقسیم می‌شود. در رابطه (۳) که در ذیل آمده، نحوهٔ محاسبهٔ سرعت متوسط هر وسیله در نرم‌افزار آورده شده است و نحوهٔ محاسبهٔ سرعت متوسط شبکه در رابطهٔ (٤) نشان داده شده است.

$$S_i = \frac{D_i}{TEX_i - TEN_i} \quad (۳)$$

$$S_{sys} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{sys}} S_i}{N_{sys}} \times 3.6 \quad (٤)$$

S_i سرعت متوسط هر وسیله (کیلومتر بر ساعت)، D_i مسافت کل طی‌شده توسط وسیله (متر)، TEX_i زمان خروج وسیله از سیستم، TEN_i زمان ورود وسیله در سیستم و N_{sys} تعداد وسیله‌های عبوری از شبکه است. خروجی مهم دیگر، تأخیر است که از تفاضل زمان سفر وسیله‌ها با زمان سفر مطلوب آن‌ها و مطابق روابط محاسبه می‌شود.

$$TT_i = TEX_{si} - TEN_{si} \quad (۵)$$

$$DT_i = TT_i - \left[\frac{L_s}{Min(SMax_i.S_s \times \theta_i)} + \frac{L_t}{Min(SMax_i.S_t \times \theta_i)}\right] \quad (٦)$$

TT_i متوسط زمان سفر وسیله‌ی i، DT_i متوسط تأخیر وسیله‌ی i، L_s طول مقطع i، $SMax_i$ حداکثر سرعت مطلوب وسیله‌ی i، S_s سرعت مجاز مقطع s و θ_i درصد پذیرش سرعت مجاز مقطع توسط رانندهٔ وسیله‌ی i است. اگر مقدار θ_i بزرگتر از یک باشد، یعنی وسیله با سرعتی بیش از سرعت مجاز در حال حرکت است و اگر معادل یک باشد، یعنی وسیله با سرعتی معادل سرعت مجاز در حال حرکت است. تعریف متغیرهای به‌کاررفته در قسمت دوم رابطه هم مشابه تعریف‌های فوق است؛ با این تفاوت که متغیرهای این قسمت برای گردش وسیله‌ها آورده شده است (قسمت اول رابطه مربوط به حرکت مستقیم وسیله در مقطع است). پس از تعیین تأخیر تحمیلی به هر وسیله (DT_i)، تأخیر کل شبکه (DT_{sys}) که برابر میانگین تأخیر هر وسیله است مطابق رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود. واحد تأخیر، ثانیه بر کیلومتر به ازای هر وسیله است.

$$DT_{sys} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{sys}} DT_i}{N_{sys}} \quad (۷)$$

۳-۲-معیارهای اساسی در بررسی مطلوبیت ترافیکی معابر و شبکه

در این بخش، به شاخص‌ها و معیارهای اساسی در بررسی مطلوبیت ترافیکی معابر و شبکهٔ مورد مطالعه پرداخته خواهد شد.

۳-۲-۱- نسبت جریان به چگالی وسیله‌ها

جریان و چگالی از خروجی‌های نرم‌افزار در شبکه می‌باشند که نسبت جریان به چگالی نشان‌دهنده روانی تردد وسیله‌ها در شبکه است. هر چه جریان عبوری شبکه بیشتر باشد، شبکه دارای عملکرد بهتری است و قابلیت عبور تعداد بیشتری وسیله در هر ساعت را دارد و بالعکس، هر چه چگالی شبکه کمتر باشد، شبکه عملکرد بهتری دارد که به‌این‌ترتیب، این نسبت هر چه بزرگتر باشد، شبکه دارای مطلوبیت بیشتری است.

۳-۲-۲- نسبت زمان سفر به سرعت وسیله‌ها

از لحاظ تئوریک، هر شبکه‌ای که زمان سفر کمتری داشته باشد، از نظر ترافیکی مطلوب‌تر است و بالعکس، هر چه سرعت وسیله‌ها در شبکه بیشتر باشد، شبکه از نظر ترافیکی مطلوب‌تر است. از طرفی در نرم‌افزار، زمان سفر وسیله‌هایی محاسبه می‌شود که از شبکه خارج شده باشند؛ بنابراین، در شبکه‌هایی که قفل شده و وسیله‌ها موفق به عبور از شبکه و خروج از آن، نشده‌اند، زمان سفر بیشتری به دست می‌آید و این نشانهٔ عدم مطلوبیت آن سناریو است؛ بنابراین در عمل نمی‌توان از زمان سفر، به تنهایی برای مقایسهٔ سناریوهای پیشنهادی استفاده کرد. به‌این‌ترتیب، از نسبت زمان سفر به سرعت وسیله‌ها برای ارزیابی سناریوها استفاده می‌شود. پس هر چه این نسبت کمتر باشد، شبکه دارای مطلوبیت بیشتری است.

۳-۲-۳- تأخیر وسیله‌ها

تأخیر یکی از ناخوشایندترین پیامدهای ترافیکی است که به دلیل اتلاف وقت مسافران، سبب اثرات منفی روحی-روانی متعددی برای آن‌ها خواهد شد؛ بنابراین، یکی دیگر از متغیرهای تصمیم‌گیری در ارزیابی سناریوهای پیشنهادی، تأخیر تحمیلی بر وسیله‌ها است. طبیعتاً، سناریویی با تأخیر کمتر، مطلوب‌تر خواهد بود.

۳-۲-۴- نسبت زمان سفر به کل مسافت طی‌شدهٔ وسیله‌ها

از منظر تئوریک، هر شبکه‌ای که وسیله‌ها در آن، زمان سفر و مسافت طی‌شدهٔ کمتری داشته باشند، از نظر ترافیکی مطلوب‌تر است؛ از این رو، هر چه حاصل این نسبت عددِ کوچک‌تری باشد، بیان‌کنندهٔ مطلوبیت بیشتر شبکه است.

۳-۲-۵- نسبت زمان سفر به جریان وسیله‌ها

از دیدگاه تئوریک، هر شبکه‌ای که وسیله‌ها در آن، زمان سفر کمتری داشته باشند، به لحاظ ترافیکی مطلوب‌تر است و بالعکس، هر شبکه‌ای که جریان بیشتری از وسیله‌ها را بتواند انتقال دهد، دارای مطلوبیت بیشتری است. به‌این‌شکل، هر چه حاصل این نسبت عددِ کوچک‌تری باشد، بیان‌کنندهٔ مطلوبیت بیشتر شبکه است.

۳-۲-۶-میزان مصرف سوخت و میزان آلایندهٔ CO تولیدشده توسط وسیله‌ها

مواد ناشی از مصرف سوخت وسایل نقلیه که هوا را آلوده می‌کنند، دو نوع است: نوع اول که تأثیرات آلوده‌سازی آن‌ها منطقه‌ای است؛ مانند ازن و آلودگی نوع دوم، یعنی اکسیدهای کربن و بالأخص CO (مونو اکسید کربن) که میزان تأثیرات بیشتری بر آلودگی هوا دارند. میزان آلودگی وسایل نقلیه در آغاز حرکت، در حال درجا کار کردن و یا تغییر سرعتْ بسیار بیشتر است؛ بنابراین، میزان مصرف بالاتر سوخت و میزان تولید آلایندهٔ CO، نشان‌دهندهٔ میزان توقف‌های بیشتر، تأخیر و زمان سفر بالاتر و در نتیجه منجر به عدم مطلوبیت معابر و شبکه خواهد بود.

٤- تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این قسمت، با توجه به تعاریف شبیه‌سازی ترافیکی و ارائه مدل‌های مختلف برای بهبود وضعیت ترافیک شبکهٔ معابر مطالعاتی و ترکیب آن بر مبنای مشکلات شناسایی‌شده، سناریوهای مختلفی جهت بهبود این وضعیت از طریق نرم‌افزار Aimsun ارائه می‌شود که روند کلی تحقیق را نیز بیان می‌کند.

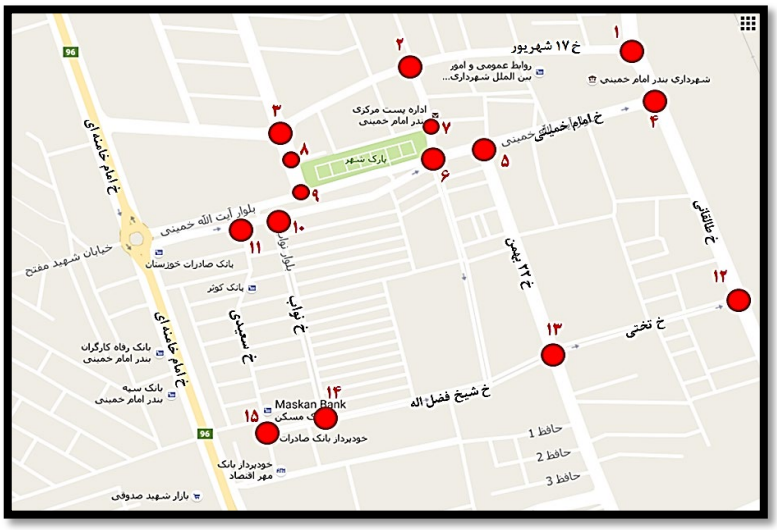
٤-۱- شبیه‌سازی

در گام نخست شبیه‌سازی، نقشهٔ محدودهٔ مطالعاتی در محیط نرم‌افزار Aimsun وارد شد؛ سپس، عکس‌های هوایی محدودهٔ مطالعاتی، دریافتی از Google Earth، وارد نرم‌افزار گردید تا جزئیات بیشتری قابل مشاهده شود. در ادامه، عکس و نقشهٔ موجود با مقیاس مناسب روی یک‌دیگر منطبق شدند.

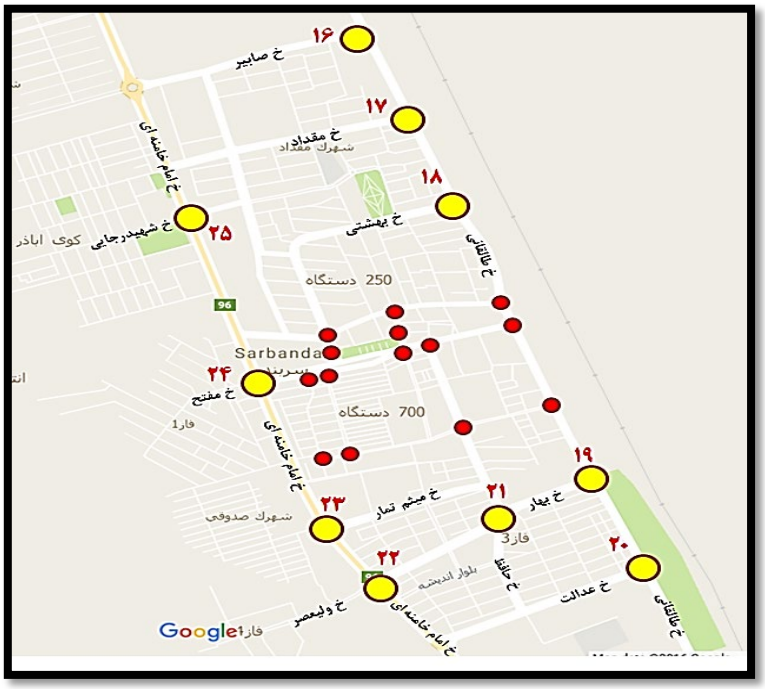
حال، با در اختیار داشتن نقشهٔ شبکهٔ مورد مطالعه می‌توان به ترسیم شبکهٔ ترافیکی در محیط نرم‌افزار پرداخت و اطلاعات مربوط به مشخصات فیزیکی شبکه، پارامترهای ترافیکی و مشخصات فنی وسیله‌ها را وارد نرم‌افزار کرد.

٤-۲- تعیین شبکهٔ مطالعاتی

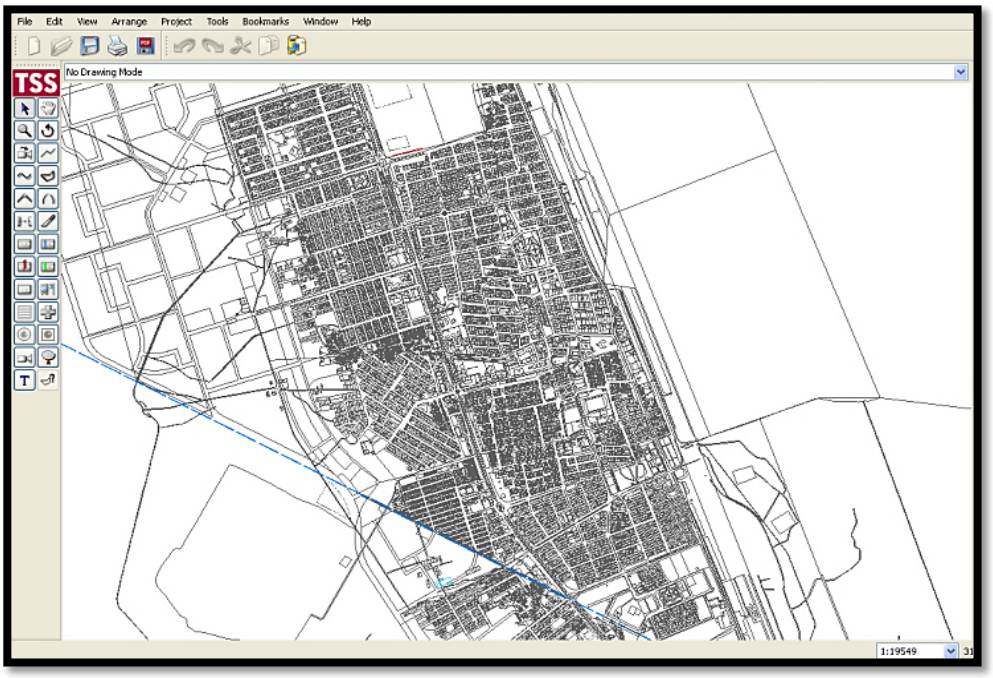
پس از بازدید میدانی از سطح شهر، مشخص شد که عمده معضل تقاطع‌های موجود در راستای دو خیابان شریانی بندر امام – طالقانی و امام خامنه‌ای– وجود سطح درگیری زیاد و عدم وجود جریان‌بندی مناسب برای حرکت‌های گردشی می‌باشد که با اصلاح هندسی و تنظیم مسیر حرکت گردشی وسیله‌ها قابل رفع است. از طرف دیگر، حضور وسیله‌های سنگین در مسیر شریانی طالقانی، بخشی از شرح مسئله اصلی بوده است. با وجود این، به منظور تعیین و پیشنهاد شبکه برای مرکز شهر بندر امام با هدف بررسی مجدد پیشنهادات ترافیکی طرح جامع این شهر و ارائه سناریوهای جایگزین با هدف روان‌سازی حرکت ترافیک در محدودهٔ مرکزی شهر اقدام گردید. شبکهٔ پیشنهادی شامل تقاطع‌های ۱ الی ۱۵ می‌باشد که در تصویر ۱ نشان داده شده است. رویکرد کلی این تحقیق بر این مبنا است که شبکهٔ مدل‌شده با حجم‌های اوج سال‌های افق طرح اجرا شود. سپس، با توجه به نتایج استخراج‌شده از نرم‌افزار و با ملاحظهٔ دغدغه‌های مدیریت شهری بندر امام، بهینه‌ترین گزینهٔ اصلاحی برای روان‌سازی تردد در شبکهٔ مرکزی بندر امام ارائه گردد. در نخستین گام، به تخمین حجم ترافیک در سال‌های افق طرح ۱٤۰۵ و ۱٤۱۰ با کمک جمعیت شهر بندر امام مطابق تخمین طرح‌های فرادست اقدام شده است. سپس، با استفاده از نقشهٔ اتوکد دریافتی (تصویر ۳)، این شبکه شامل ۱۵ تقاطع در نرم‌افزار مدل شده است. (تصویر ٤). سپس، نتایج حاصل از آماربرداری حجم‌های ترافیک و عابر پیاده در ساعات اوج ترافیک، پس از تعیین روایی و تلخیص داده‌ها، در نرم‌افزار اکسل، به‌صورت درصد گردش و مجموع حجم ترافیک برای هر یک از ورودی‌های منتهی به هر کدام از تقاطع‌های شبکهٔ مطالعاتی و برای هر یک از زمان‌های اوج صبح، ظهر و عصر در مدت‌زمان یک ساعت با توزیع یکنواخت (به‌صورت چهار قسمت ۱۵ دقیقه‌ای) برای ورود به نرم‌افزار Aimsun خلاصه شد. نمونه‌ای از فایل‌های اکسل که حاوی داده‌های خلاصه‌شده شامل حجم ترافیک و درصد گردش در هر یک از ورودی‌های منتهی به هرکدام از تقاطع‌ها می‌باشد در تصویر ۵ نشان داده شده است.



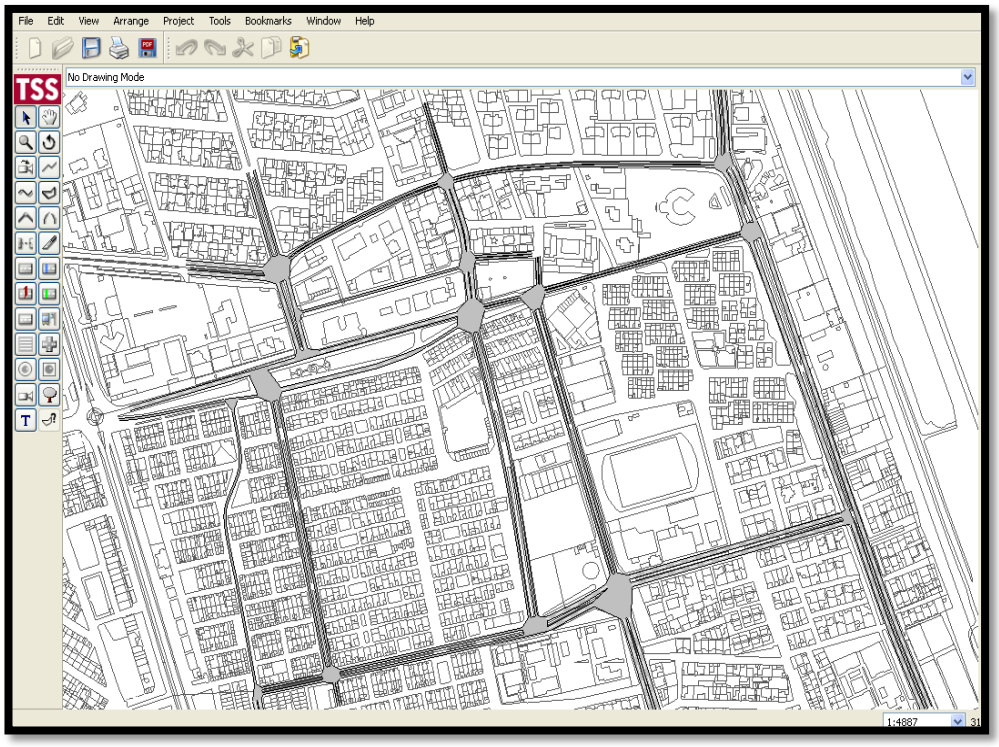
تصویر ۱. تقاطع‌های پیشنهادی مشاور و مورد تأیید کارفرما جهت مدل‌سازی در نرم‌افزار Aimsun



تصویر ۲. تقاطع‌های پیشنهادی مشاور و مورد تأیید کارفرما جهت اصلاح هندسی و جریان‌بندی ترافیک



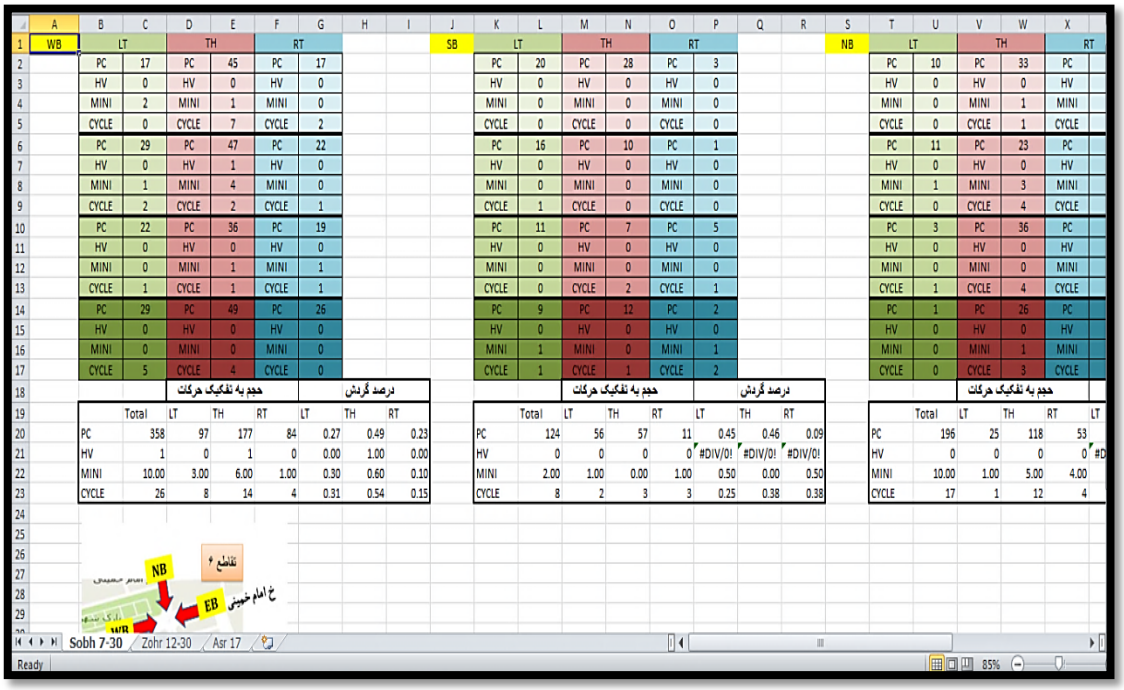
تصویر ۳. استفاده از نقشهٔ اتوکد شهر به‌عنوان مبنای ترسیم شبکهٔ مطالعاتی در نرم‌افزار Aimsun



تصویر ٤. مدل‌سازی وضع موجود شبکهٔ مطالعاتی شامل ۱۵ تقاطع در نرم‌افزار Aimsun

در نهایت، در هر معبر منتهی به هر یک از تقاطع‌های ۱۵ گانه، حجم اوج ترافیک ورودی به تفکیک ترکیب وسایل نقلیه (سواری و وانت، کامیون و تریلی، مینی‌بوس، موتورسیکلت و دوچرخه) و درصد گردش هر یک از این وسایل نقلیه وارد نرم‌افزار Aimsun شد. به‌دلیل اهمیت مدل‌سازیِ ترکیب ترافیک – شامل وسایل نقلیهٔ سبک و سنگین– بر اساس شرایط وضعیت موجود، ضرایب هم‌سنگ‌سواری به‌صورت ذیل در نرم‌افزار Aimsun وارد گردید.

در ادامه، حجم تخمینی برای سال ۱۴۰۵ در شبکهٔ شبیه‌سازی‌شده بارگذاری گردید. در نتیجهٔ این اقدام، مشاهده شد که اگر هیچ اقدامی در شبکهٔ وضع موجود صورت نپذیرد (سناریوی Do Nothing)، معابر موجود در شبکه در افق طرح ۱۴۰۵ دچار انسداد ترافیکی شده و به پایین‌ترین سطح سرویس ترافیکی، یعنی سطح ٦ (به‌عبارتی سطح سرویس F) می‌رسند. گواه این امر در شبیه‌سازیِ صورت‌گرفته، در نرم‌افزار Aimsun به‌ویژه در تقاطع‌های ۵ و ٦ به چشم می‌خورد (تصویر ٦).



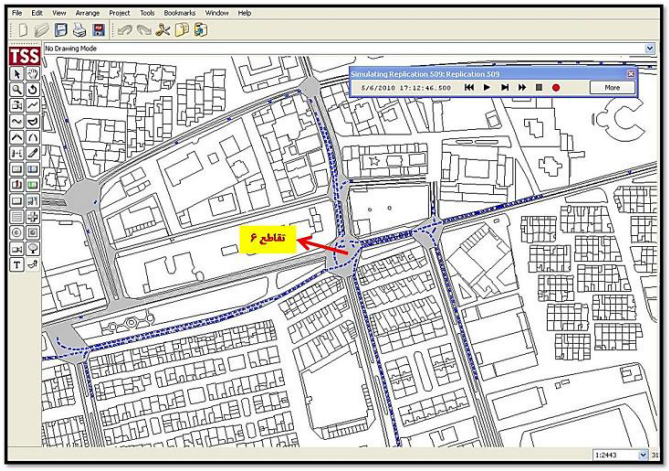
تصویر ۵. نمونه‌ای از فایل‌های اکسل حاوی داده‌های آمادهٔ ورود به نرم‌افزار Aimsun

سناریوی ۱

تصویر ۷ نمایانگر جهت‌های حرکتی معابر موجود در شبکه مورد مطالعه در سناریوی ۱ است و در تصویر ۸ مدل‌سازی سناریوی ۱ در نرم‌افزار شبیه‌ساز مشاهده می‌شود. توضیح آن‌که در تصویر ۸، معابری که فاقد جهت حرکتی می‌باشند، نسبت به وضع موجود بدون تغییر باقی مانده‌اند. سناریوی ۱ در خصوص روان‌سازی تردد شبکه ترافیکی مرکز شهر بندر امام در افق طرح ۱۴۰۵ دارای ویژگی‌هایی است که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌شود.

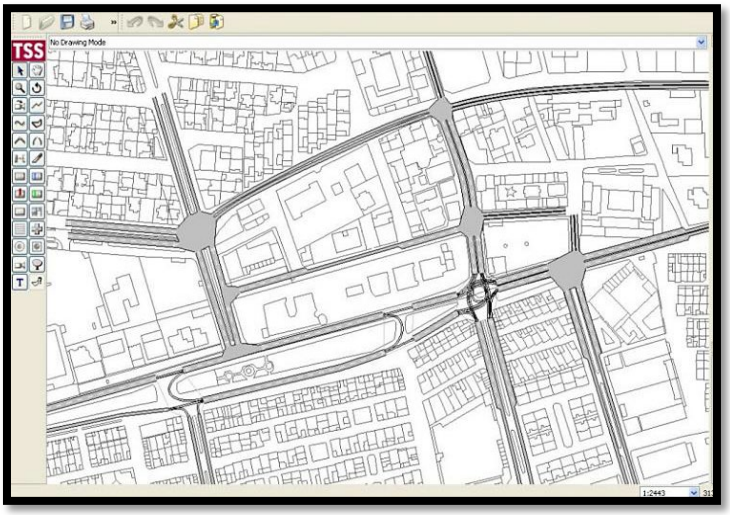
جدول ۱. ضریب همسنگ سواری

نوع وسیلهٔ نقلیه	کدگذاری در نرم‌افزار Aimsun	ضریب هم‌سنگ‌سواری (PCE)
سواری و وانت	PC	۱
کامیون و تریلی	HV	۲/۵
مینی‌بوس و کامیونت	MINI	۲
موتورسیکلت و دوچرخه	CYCLE	۰/۵



تصویر ٦. انسداد ترافیکی در معابر شبکهٔ وضع موجود با فرض عدم انجام اقدامات اصلاحی ترافیکی تا سال ۱۴۰۵

تصویر ۷. جهت‌های حرکتی معابر موجود در شبکهٔ مطالعاتی در سناریو ۱



تصویر ۸ مدل‌سازی سناریوی ۱ در نرم‌افزار شبیه‌ساز ترافیکی

الف- ممنوعیت پارک حاشیه‌ای

پارک حاشیه‌ای، به‌عنوان یک معضل هم در شهرهای بزرگ و هم در شهرهای کوچک، مخصوصاً برای مناطق مرکزی و یا سایر مراکز مهمِ فعالیت‌های شهری مناسب نیست؛ زیرا:

-پارک حاشیه‌ای قسمتی از سطح جاده را که می‌تواند برای عبور وسایل نقلیه مورد استفاده قرار گیرد، به محل توقف اتومبیل‌ها تبدیل می‌کند.

-به علت تقاضای زیاد پارکینگ در این مناطق، اتومبیل‌هایی که دنبال جای پارک می‌گردند، به حجم

-ترافیک و نیز به میزان تداخل در ترافیک عبوری می‌افزایند.

-به علت اشغالِ اکثریت پارکینگ‌های حاشیه‌ای، معمولاً وسایل نقلیه در خط سمت راست جایی برای پیاده و سوار کردن مسافر پیدا نمی‌کنند و ناچار در خط دوم به‌صورت دوبله می‌ایستند.

-به علت کوتاهی زمان اکثر توقف‌ها، میزان اصطکاکی که پارک‌کردن و از پارک درآمدن اتومبیل‌ها به ترافیک عبوری وارد می‌کند زیاد است. این موضوع، باعث کاهش کارایی ترافیکی خیابان می‌گردد (جلد ۹ آیین‌نامهٔ طراحی راه‌های شهری).

بنابراین، یکی از راهکارها برای روان‌سازی تردد در هستهٔ مرکزی شهر (تقاطع‌های ۵ و ٦)، ممنوعیت پارک حاشیه‌ای در فواصل ۵۰ الی ۷۰ متریِ مانده به تقاطع‌های مذکور است. تصویر ۹ مدل‌سازی مدیریت پارک حاشیه‌ای در نرم‌افزار Aimsun را نشان می‌دهد.

ب- تبدیل خیابان سعیدی به پیاده راه

از جمله پیشنهادهای طرح مرتبط با شبکهٔ ترافیکی بندر امام، تبدیل خیابان سعیدی به پیاده‌راه و از بین بردن نقش ترافیکی (چه جابه‌جایی و چه دسترسی) این خیابان است. بازدیدهای میدانی در زمان حضور در شهر مذکور و بازدیدهای مکرر از خیابان سعیدی، دلالت بر بالا بودن نقش اجتماعی این خیابان دارد. این مهم، نشان می‌دهد که نقش ترافیکی این خیابان از نقش اجتماعی آن تأثیر می‌گیرد. همچنین، از دیدگاه ترافیکی، فاصلهٔ ٦۰ متری بین دو تقاطع ۱۰ و ۱۱ پخش جریان ترافیک را دچار اختلال می‌سازد. پس تبدیل خیابان سعیدی به پیاده‌راه و در نتیجه، حذف یک تقاطع، تداخل ترافیکی حاصل از نزدیک بودن دو تقاطع ۱۰ و ۱۱ را رفع می‌کند. مشخصاً، مدیریت پارک حاشیه‌ای مسیر خیابان امام خمینی، مکمل حذف تقاطعات در راستای این خیابان است. تصویر ۱۰ خیابان سعیدی را در شبکهٔ مورد مطالعه نشان می‌دهد.

پ- یک‌طرفه‌نمودن مسیر بین تقاطع‌های ۷ و ۸

در وضع موجود، مسیر حرکت بین تقاطع‌های ۷-۸ و ٦-۹ به‌صورت یک‌طرفه و شرق به غرب است. در راستای ملاحظه به پیشنهاد طرح فرادست، مبنی بر وجود میدان دور پارک شهر، می‌توان پیشنهادِ جهتِ حرکتیِ یک‌طرفهٔ شرق به غرب بین تقاطع‌های ۷-۸ را بررسی نمود. جدا از نتایج نرم‌افزار Aimsun، از مزایای ایجاد این حلقه می‌توان به وجود دسترسی مناسب به اطراف پارک شهر، به‌عنوان یکی از کاربری‌های عمده جاذب

سفر، نام برد. از سوی دیگر، عدم تغییر در نقشهٔ ذهنی رانندگان، به‌ویژه در مسیرهای اصلی، یکی از نقاط قوت یک طرح پیشنهادی است. در این راستا، مسیر یک‌طرفه بین تقاطع‌های ٦- ۹ برای تشکیل حلقهٔ پیشنهادی بدون تغییر باقی ماند. تصویر ۱۱ مدل‌سازی حلقهٔ پیشنهادی در اطراف پارک شهر در نرم‌افزار Aimsun را نشان می‌دهد.

ت- باز نمودن دوربرگردان موجود در نزدیکی تقاطع میدانی ٦

در وضع موجود، دوربرگردان نزدیک تقاطع ٦ مسدود شده است. این اقدام، موجب افزایش طول مسیر وسیله‌هایی می‌شود که از تقاطع ۱۰ (به‌ویژه از خیابان نواب) به سمت شرق حرکت نموده و مقصد سفرشان به سمت غرب است. این وسیله‌ها چاره‌ای جز حرکت تا تقاطع ٦ و انجام حرکت گردشی به دور میدان ندارند؛ بنابراین، باز نمودن دوربرگردان نزدیک تقاطع ٦ تا حد زیادی می‌تواند میزان مطلوبیت شبکهٔ ترافیکی را افزایش دهد. این مهم، خود را در نتایج شبیه‌سازی نیز نشان داد. تصویر ۱۲ مدل‌سازی دوربرگردان واقع در نزدیکی تقاطع ٦ را در نرم‌افزار Aimsun نشان می‌دهد.

سناریوی ۲

تصویر ۱۳ نمایانگر جهت‌های حرکتی معابر موجود در شبکهٔ مورد مطالعه در سناریوی ۲ است. همچنین، مدل‌سازی سناریوی ۲ در نرم‌افزار شبیه‌ساز در تصویر ۱٤ مشاهده می‌شود. توضیح آن‌که در تصویر ۱٤، معابری که فاقد جهت حرکتی می‌باشند، نسبت به وضع موجود بدون تغییر باقی مانده‌اند.

سناریوی ۲، در خصوص روان‌سازی تردد شبکهٔ ترافیکی مرکز شهر بندر امام در افق طرح ۱٤۰۵، شامل موارد گفته شده در ادامه است.

الف- ممنوعیت پارک حاشیه‌ای

پارک حاشیه‌ای در این سناریو نیز مشابه سناریوی ۱ مدیریت می‌شود. تصویر ۱۵ نمایی از مدل‌سازی مدیریت پارک حاشیه‌ای را- در فواصل ۵۰ الی ۷۰ متریِ نرسیده به تقاطع‌های ۵ و ٦- با هدف آزادسازی یک خط عبور نزدیک به تقاطع نشان می‌دهد.

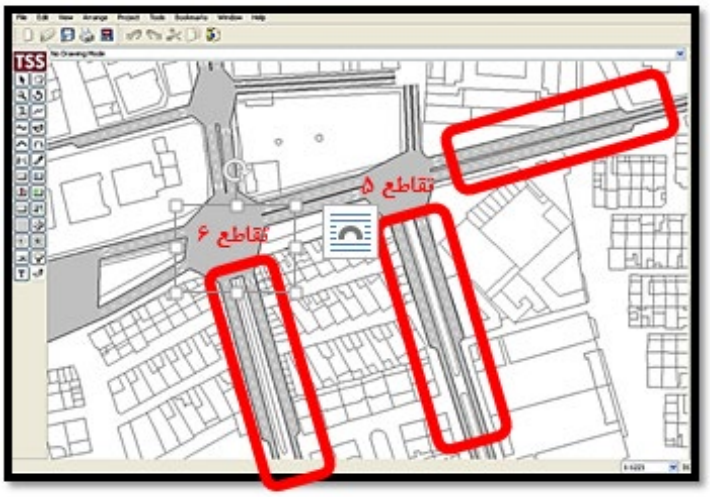
ب- تبدیل خیابان سعیدی به پیاده‌راه

در سناریوی ۲ (مشابه سناریوی ۱) ویژگی سواره از خیابان سعیدی حذف شده و این خیابان تبدیل به پیاده راه می‌گردد.

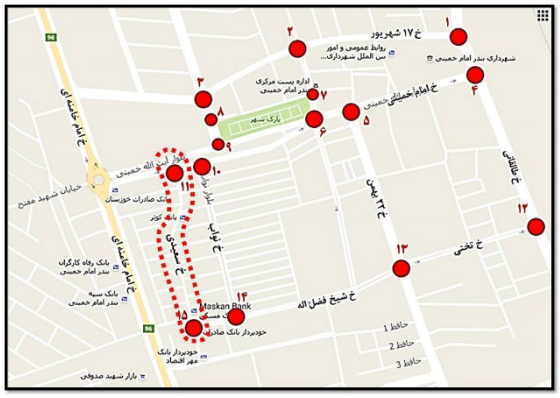
در سناریوی ۲ برای کاهش سطح درگیری ترافیکی در میدان مرکزی شهر، لینک ارتباطی بین دو تقاطع ٦ و ۹ حذف می‌شود. علاوه بر این، تقاطع ٦ که در وضع موجود به‌صورت میدان است، در سناریوی پیشنهادی با هدف کاهش تأخیر در محل این تقاطع و افزایش سطح عملکردی در حجم‌های بالا، بدون نیاز به چراغ راهنمایی، به‌صورت تقاطع هم‌سطح است. اضافه بر آن، جهت حرکتی بین تقاطع‌های ۷ و ۸ با هدف تشکیل حلقهٔ حرکتی با معبر بین تقاطع‌های ٦ و ۹ به‌صورت شرق به غرب پیشنهاد می‌شود. تصویر ۱٦ مدل‌سازی جهت‌های حرکتی معابر اطراف پارک شهر را در سناریوی ۲ نشان می‌دهد.

ت- انتقال حرکت دوربرگردان از تقاطع ۹ به تقاطع ٦ نرسیده به میدان فانوس

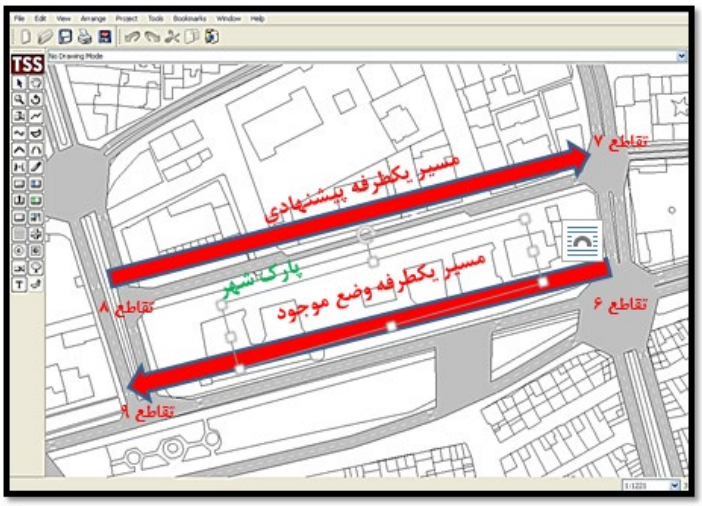
در سناریوی ۲ حرکت دوربرگردان نزدیک تقاطع‌های ٦ و ۹ مسدود شده است. این حرکت، به نزدیکی میدان فانوس و نرسیده به آن منتقل گردیده است. این تصمیم با این فرض معقول مهندسی اتخاذ شد که با حذف یک تقاطع، انجام حرکت دوربرگردان به فاصلهٔ مطلوب‌تری نسبت به وضعیت سناریوی ۱ منتقل می‌شود. این امر، موجبات پخش جریان ترافیک به‌صورت مؤثرتر و بهتر را نسبت به سناریوی ۱ فراهم می‌آورد. تصویر ۱۷ مدل‌سازی ذکر شده را در نرم‌افزار Aimsun نشان می‌دهد.



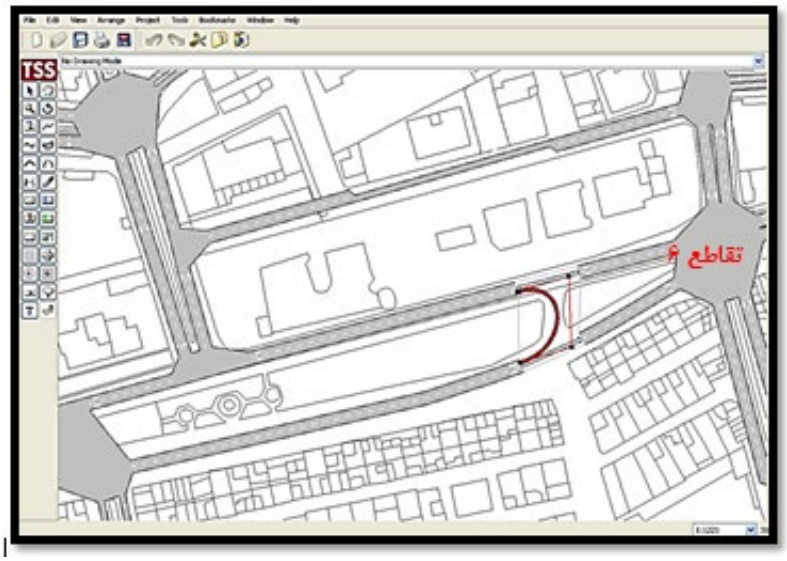
تصویر ۹. مدل‌سازی مدیریت پارک حاشیه‌ای در تقاطع‌های ۵ و ٦ در سناریوی ۱



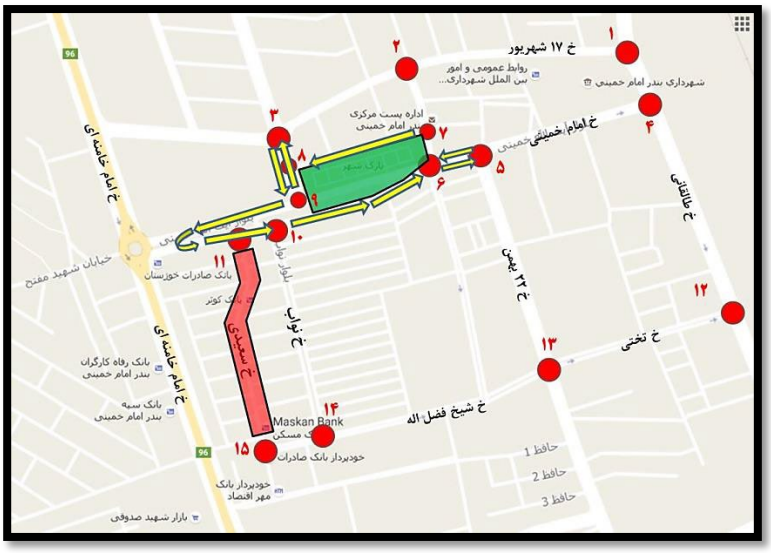
تصویر ۱۰. حذف سواره از خیابان سعیدی و تبدیل آن به پیاده‌راه در سناریوی ۱



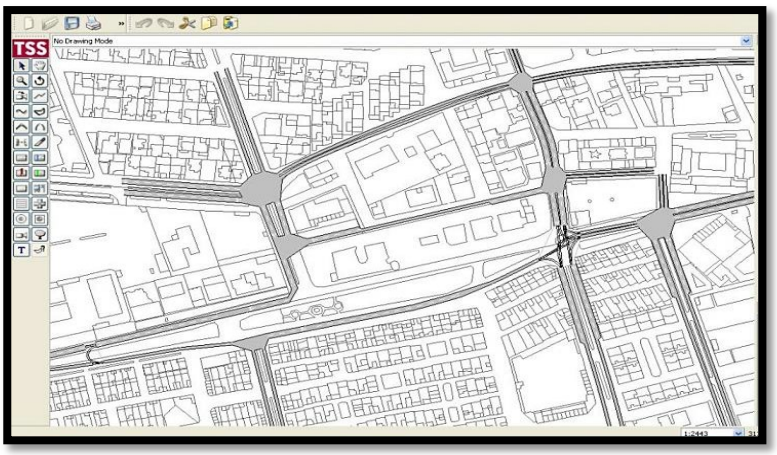
تصویر ۱۱. مدل‌سازی حلقهٔ پیشنهادی مشاور در اطراف پارک شهر در نرم‌افزار Aimsun



تصویر ۱۲. مدل‌سازی دوربرگردان واقع در نزدیکی تقاطع ٦ در نرم‌افزار Aimsun



تصویر ۱۳. جهت‌های حرکتی معابر موجود در شبکهٔ مطالعاتی در سناریوی ۲



تصویر ۱٤. مدل‌سازی سناریوی ۲ در نرم‌افزار شبیه‌ساز ترافیکی

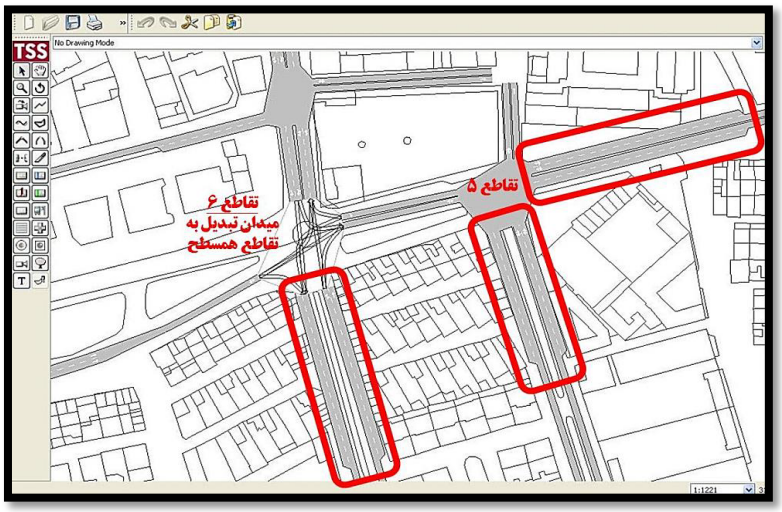
٤-۳- ارائه رتبه‌بندی سناریوها

در مرحلهٔ بعد، باید سناریوی منتخب برای رفع انسداد شبکه افق ۱٤۰۵ در شبکهٔ وضع موجود با حجم‌های وضع موجود را اعمال نمود. نتایج مقایسهٔ معیارهای مطلوبیت ترافیکی استخراج‌شده از نرم‌افزار Aimsun در وضعیت موجود و سناریوهای ۱ و ۲ در قالب تصویر ۱۸ الی تصویر ۲۲ و درصد بهبود معیارهای مطلوبیت در قیاس با سناریو ۲ در تصویر ۲۳ آورده شده است. در تصاویر مذکور، بین دو سناریوی بررسی‌شده، سناریوی ۲ به لحاظ بهبود روان‌سازی تردد در شبکهٔ مرکزی شهر، میزان مطلوبیت بیشتری نسبت به سناریوی ۱ در وضعیت موجود ایجاد می‌نماید. هر چند که این میزان برتری، قابل توجه و بارز نمی‌باشد. از دلایل برتری نسبی سناریوی ۲ نسبت به سناریوی ۱ می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

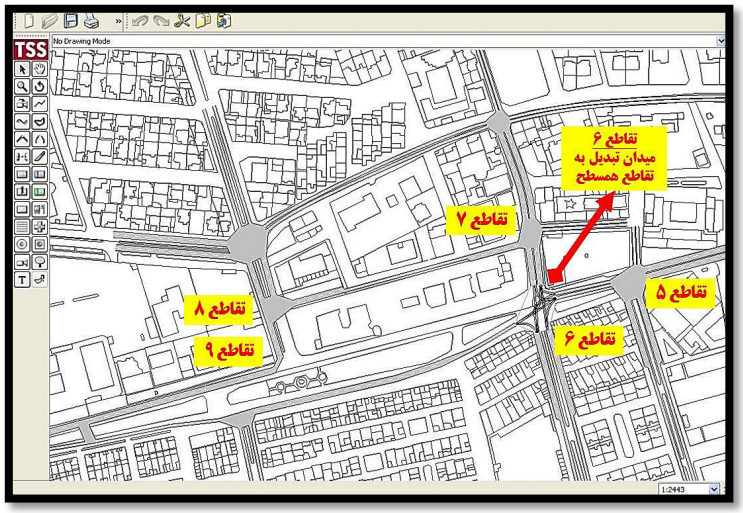
-حذف تقاطع میدانی ٦ و تبدیل آن به تقاطع همسطح، سبب افزایش بازده عملکردی تقاطع در حجم‌های نزدیک به ظرفیت می‌شود؛ زیرا این میدان در حجم‌های بالای ترافیکی، در مدت‌زمان کوتاه‌تری نسبت به تقاطع همسطح به حد ظرفیت و انسداد ترافیکی نزدیک می‌گردد.

-حذف معبر اتصال‌دهندهٔ دو تقاطع ٦ و ۹ سبب کاهش تعداد تقاطع شده که این امر، بر افزایش مطلوبیت ترافیکی شبکه مورد مطالعه افزوده است.

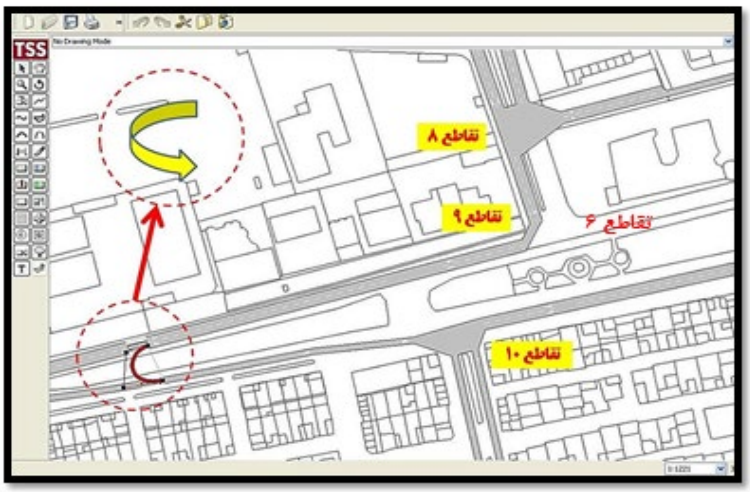
-انتقال دوربرگردان به فاصلهٔ دورتری نسبت به تقاطع ۹ موجب پخش مطلوب‌تر جریان ترافیکی شده که خود، مسبب هدایت وسیله‌های گردشی (که تأخیر گردش را بر وسیله‌های پشت سر خود اعمال می‌کنند) به فاصلهٔ دورتری نسبت به تقاطع‌های حول پارک شهر می‌گردد.



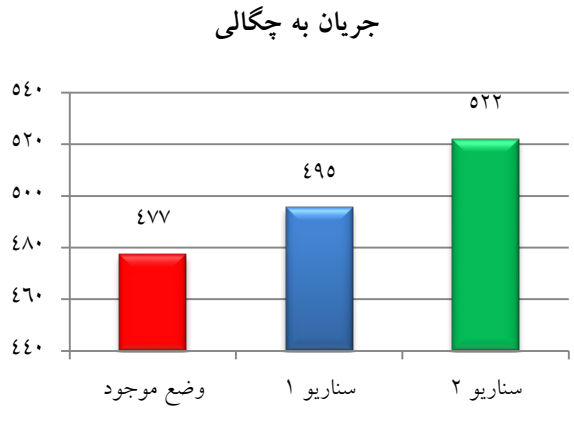
تصویر ۱۵. مدل‌سازی مدیریت پارک حاشیه‌ای در تقاطع‌های ۵ و ٦ در سناریوی ۲



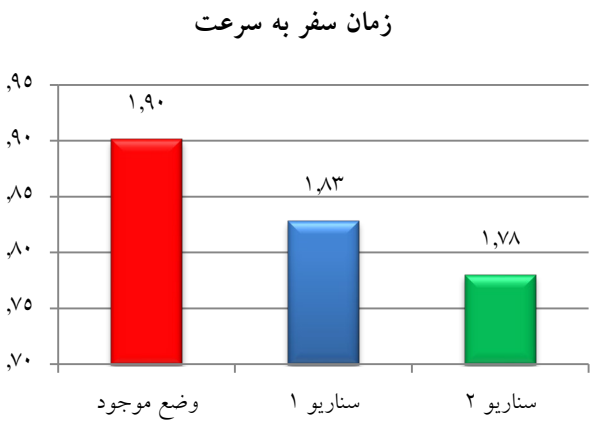
تصویر ۱٦. حذف معبر بین دو تقاطع ٦ و ۹ و مدل‌سازی حلقهٔ پیشنهادی اطراف پارک شهر در سناریوی ۲



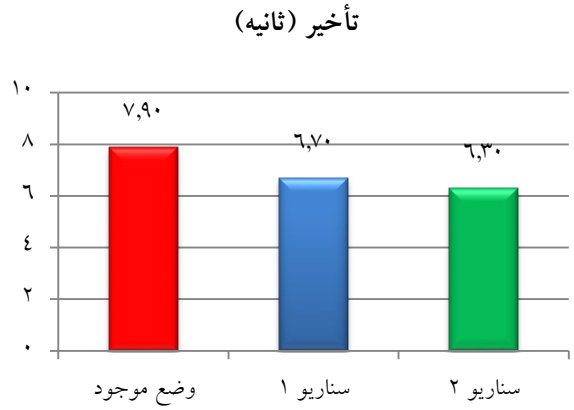
تصویر ۱۷. مدل‌سازی دوربرگردان منتقل‌شده به موقعیت مکانی نرسیده به میدان فانوس در سناریوی ۲



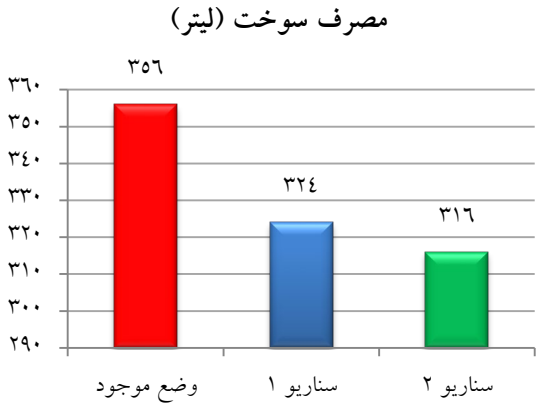
تصویر ۱۸. مقایسهٔ معیار جریان به چگالی بین وضعیت موجود و سناریوهای ۱ و ۲



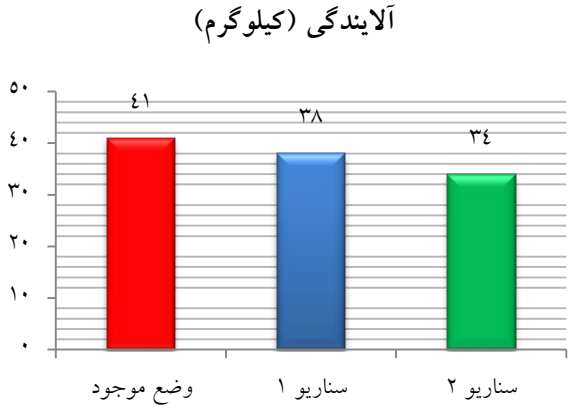
تصویر ۱۹. مقایسهٔ معیار زمان سفر به سرعت بین وضعیت موجود و سناریوهای ۱ و ۲



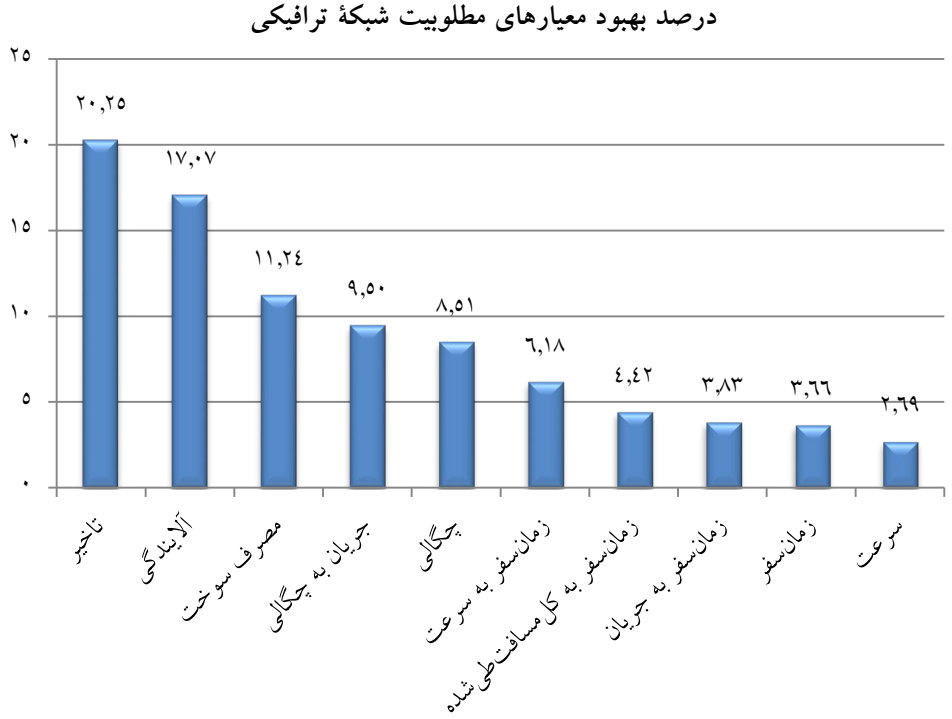
تصویر ۲۰. مقایسه معیار تأخیر بین وضعیت موجود و سناریوهای ۱ و ۲



تصویر ۲۱. مقایسهٔ معیار مصرف سوخت بین وضعیت موجود و سناریوهای ۱ و ۲



تصویر ۲۲. مقایسهٔ معیار میزان آلایندگی هوا بین وضعیت موجود و سناریوهای ۱ و ۲



تصویر ۲۳. درصد بهبود معیارهای مطلوبیت ترافیکی شبکهٔ وضع موجود در قیاس با سناریوی ۲ جهت رفع انسداد در افق طرح ۱۴۰۵

۵- نتیجه‌گیری

به منظور حل معضلات ترافیکی در شهرها، می‌توان از راهکار تنظیم جهت حرکت معابر (یک‌طرفه کردن خیابان، معکوس نمودن جهت خیابان و ...) که یکی از ابزارهای مدیریت ترافیک است استفاده نمود. امروزه این راهکار، رفته‌رفته بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد. همچنین، در این پژوهش، با هدف رفع معضلات ترافیکیِ درون‌شهری، به‌واسطهٔ اصلاح جهت حرکت معابر در شبکه‌های شهری، به‌عنوان یکی از ابزارهای مدیریت ترافیک، سعی بر آن است که با اصلاح هندسی و تنظیم مسیر حرکت گردشی وسیله‌ها به حل مشکلات ترافیکی بپردازد.

در این زمینه، به منظور عینی‌نمودن مباحث و دیدگاه‌های مرتبط با موضوع، معضلات ترافیکی هستهٔ مرکزی شهر بندر امام خمینی و تقاطع‌های ترافیکی واقع در آن، به‌عنوان یک نمونهٔ مطالعاتی، مورد مطالعه و کنکاش قرار گرفته است. محدودهٔ مورد مطالعه، به‌دلیل عدم تناسب شبکه‌های ارتباطی با میزان تمرکز فعالیت‌های گوناگون شهری، همواره با مشکلات عدیدهٔ ترافیکی همراه بوده است. از جمله دلایل عمده‌ای که این محدوده را با مشکلات ترافیکی کنونی همراه ساخته است، می‌توان به عدم پراکندگی مطلوب خدمات شهری در سطح شهر اشاره کرد. به‌نحوی که تمرکزگرایی در هستهٔ مرکزی شهر از گذشته تا کنون ادامه داشته و به نقاط پیرامونی توجه کمتری شده است. در این پژوهش، پس از شناخت وضعیت موجود محدودهٔ مورد نظر و تحلیل مسائل و مشکلات آن، راهکار لازم بر اساس تنظیم جهت حرکت معابر، برای حل معضلات آن ارائه گردید. عمده‌ترین تغییراتی که در خصوص تغییر جهت حرکتی معابر در سناریوی بهینه (سناریوی ۲) لحاظ گردیده به شرح ذیل مطرح است.

-ممنوعیت پارک حاشیه‌ای

-تبدیل خیابان سعیدی به پیاده‌راه

-حذف شدن معبر اتصال‌دهندهٔ دو تقاطع ۶ و ۹ و تبدیل میدان ۶ به تقاطع همسطح

-انتقال حرکت دوربرگردان از تقاطع ۹ به تقاطع ۶ نرسیده به میدان فانوس

در ادامه، طرح پیشنهادی با استفاده از نرم‌افزار Aimsun شبیه‌سازی شد و با وضع موجود، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ وضعیت موجود و طرح پیشنهادی محدودهٔ مطالعاتی، نشان داد که مطابق با پارامترهای خروجی از نرم‌افزار Aimsun در مجموع، راه‌حل تنظیم جهت حرکت معابر، عملکرد مطلوب‌تری را نشان می‌دهد. این در حالی است که طرح تفصیلی شهر، نشان می‌دهد که اگر هیچ اقدامی در شبکهٔ وضع موجود صورت نپذیرد (سناریوی Do nothing)، معابر موجود در شبکه در افق طرح ۱۴۰۵ دچار انسداد ترافیکی شده

و به پایین‌ترین سطح سرویس ترافیکی می‌رسند که از لحاظ اقتصادی- اجتماعی، محدودیت‌های بسیاری را پیش رو قرار می‌دهد. ما در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز ترافیک توانستیم تعداد توقفات را به حداقل رسانده، زمان سفرهای درون‌شهری را کاهش و سرعت عبور و مرور و نرخ جریان ترافیک را افزایش دهیم. همچنین، علاوه بر مزایای مذکور، طراحی انجام‌شده، در کاهش مصرف سوخت و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز مؤثر هستند. بر همین اساس، درصد بهبود معیارهای مطلوبیت ترافیکی شبکهٔ مرکزی شهر بندر امام در قیاس با سناریوی برتر (سناریوی ۲) در پارامترهای تأخیر، آلایندگی و مصرف سوختْ بیشتر از میزان بهبود پارامترهای دیگر است. اگرچه پیش‌تر ذکر کردیم که تفاوت بارزی میان سناریوهای ۱ و ۲ وجود ندارد، ولی با این وجود، سناریوی ۲ برای بهبود روان‌سازی تردد در شبکهٔ ترافیکی مرکزی شهر بندر امام تا افق طرح ۱۴۰۵ پیشنهاد می‌شود.

در این پژوهش محدودیت‌هایی همچون عدم وجود بستر شهر هوشمند در ایران، عدم دسترسی به نرم افزارهای شبیه ساز ترافیکِ موجود در جهان، گرانی سیستم‌های اطلاعاتی و ارتباطی و کمبودِ نیروهای متخصص و مراکز تحقیق و توسعه وجود داشته است. برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود که شهرهایی که هوشمندتر هستند را مورد بررسی قرار دهند و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی موجود در دنیا را به‌منظور بکارگیری آن‌ها در کشور و برطرف کردن مشکلات معضلات ترافیکی موجود، بومی‌سازی نمایند. علاوه بر این می‌توان از ضرایب همسنگ‌سواری مختص به جاده‌های ایران در این پژوهش به منظور افزودن پویایی کار استفاده کرد. همچنین پیشنهاد می‌شود تا استفاده از روش‌های نوین در زمینه مدیریت ترافیک در شبکه‌های درون‌شهری با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی را امکان‌سنجی نمایند.

٦- مراجع

- آذر، عادل و مومنی، منصور (۱۳۸۰). آمار و کاربردهای آن در مدیریت، سمت، تهران.

-شرافتی، ایوب، کشفی، سعید و مهماندار، محمدرضا (۱۳۹۲). بررسی عوامل مؤثر بر مدیریت تصادفات جاده‌ای استان لرستان، *فصل‌نامهٔ راهور*، سال دهم، شمارهٔ ۲۹، ۳۱-۵۳.

- شکوهی، امیرحسین و فضلی، مرضیه (۱۳۹۳). پیش بینی ترافیک با استفاده از سیستم‌های حمل و نقل هوشمند (استفاده از الگوریتم داده کاوی). *سومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی*، زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان.

-Abedian, S., Mirsanjari, M. M., & Salmanmahiny, A. (2021). Investigating the Effect of Suburban Buses on Traffic Flow and Carbon Monoxide Emission by Aimsun Simulation Software. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 1-12.

-Besenczi, R., Bátfai, N., Jeszenszky, P., Major, R., Monori, F., & Ispány, M. (2021). Large-scale simulation of traffic flow using Markov model. *Plos one*, *16*(2), e0246062.

-Nagy, A. M. & Simon, V. (2018). Survey on traffic prediction in smart cities. Pervasive and Mobile Computing, 44, 90-105.

-Rocha Filho, G. P., Meneguette, R. I., Neto, J. R. T., Valejo, A., Weigang, L., Ueyama, J., & Villas, L. A. (2020). Enhancing intelligence in traffic management systems to aid in vehicle traffic congestion problems in smart cities. *Ad Hoc Networks*, *107*, 102265.

-عباسی، سید حمید و یعقوبی، مهدی (۱۳۹۲). رویکردی نو در بررسی پیش‌بینی پذیری ترافیک شهری مبتنی بر تئوری آشوب و پیش بینی جریان ترافیک شهر مشهد مبتنی بر سیستم فازی-عصبی تطبیقی چندگانه. *مهندسی حمل و نقل*، سال چهارم، شماره سوم.

-Vrbanić, F., Čakija, D., Kušić, K., & Ivanjko, E. (2021). Traffic flow simulators with connected and autonomous vehicles: A short review. *Transformation of Transportation*, 15-30.

-Wang, L., Shang, A., Feng, Y., Fu, H., & Gao, z. (2025). Research on Regional Traffic Simulation Analysis and Traffic Capacity Improvement Technology Under the Background of Urban Renewal: A Case Study of Xiaozhai Business Distract. E3S Web of Conferences, 545,02001.

-Yu, Y., Cai, C. S., He, W., & Peng, H. (2019). Prediction of bridge maximum load effects under growing traffic using non-stationary bayesian method. *Engineering Structures*, *185*, 171-183.

Planning to Improve Urban Management by Simulating Traffic in Bandar Imam Khomeini

Maryam Pournasir, Assistant Professor, Department of Management. Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
Hanieh Mosafer, M.Sc., Grad., Faculty of Engineering, Jahrom University, Jahrom, Iran.
Saeed Mahmoodi, M.Sc., Grad., Faculty of Engineering, Tafresh University, Tafresh, Iran.

E-mail: h.mosafer2008@gmail.com

Received: April 2025- Accepted: November 2025

ABSTRACT
Today, the increase in vehicles in developing countries has caused many problem, which indicates the importance of planning for it in order to maintain existing infrastructure, create and expand urban facilities, and create a balance between social, economic, and environmental needs. In this study, in order to improve urban management and solve problems through geometric correction and adjustment of the circulation route of vehicles in urban networks in Bandar Imam Khomeini, it has been investigated. After a field visit to the city, it was determined that the biggest problem of this city is the high level of conflict and the lack of appropriate flow for circulation movements at the intersections in this city. Therefore, in the first step, the study area map was prepared in the software environment, along with an aerial photograph of Bandar Imam Khomeini city. In parallel, the results of traffic volume and pedestrian counts during peak hours were collected. After data validation and summarization, the information was processed in Excel, where the percentage of turning movements and the toral traffic volume for the approaches of each intersection within the study network were calculated. These calculations were carried out separately for the morning, noon, and evening peak hours over a one-hour period, divided into four 15-minute intervals. The processed data were then modeled in the Amisun traffic simulation software. Finally, the available maps and aerial photographs were overlaid at an appropriate scale to ensure consistency and accuracy in the modeling process. Based on this approach, the central network of Bandar Imam Khomeini city was defined with the purpose of re-evaluating the traffic recommendations proposed in the city's comprehensive plan. Furthermore, a set of alternative scenarios was developed to enhance traffic flow within the central area. These scenarios included geometric redesigns and adjustments to vehicle circulation patterns. Ultimately, according to the results of the simulation, the most effective scenario was identified and recommended.

Keywords: Prediction, Simulation, Traffic, Urban Management, Environment, Aimsun software