

## ارزیابی سناریوهای روان‌سازی ترافیک شهری با استفاده از شبیه‌سازی نرم‌افزاری (مورد مطالعه: محلات کیان‌پارس و کیان‌آباد کلان‌شهر اهواز)

سید جعفر حجازی\*، استادیار، گروه عمران، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: HEJAZI\_J@scu.ac.ir

دریافت: ۹۶/۱۰/۰۶ - پذیرش: ۹۷/۰۳/۱۸

صفحه ۸۵-۱۰۴

### چکیده

امروزه جمعیت کلان‌شهرها به شدت در حال افزایش می‌باشد این در حالی است که زیرساخت‌ها به ویژه حمل‌ونقل جوی این تغییر نبوده و این امر ترافیک را به معضل اساسی در کلان‌شهرها تبدیل کرده است. از این رو جهت روان‌سازی این معضل توجه به تغییرات کاربری اراضی شهری و استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی جهت حل آن، امری ضروری است. هدف این پژوهش نیز ارزیابی سناریوهای روان‌سازی ترافیک در محلات کیان‌پارس و کیان‌آباد کلان‌شهر اهواز می‌باشد. روش این تحقیق بر اساس هدف کاربردی و از حیث روش توصیفی - تحلیلی می‌باشد. جهت گردآوری مبانی نظری از روش اسنادی و کتابخانه‌ای و جهت کسب اطلاعات ترافیکی از روش میدانی استفاده گردید. در تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزار Arc GIS و AIMSUN برای تهیه نقشه‌ها و شبیه‌سازی سناریوها استفاده گردید. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که از میان چهار سناریوی که در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند به ترتیب سناریوی یکطرفه‌سازی شبکه، سناریوی نصب چراغ‌های فرمان، سناریوی مدیریت شبکه و سناریوی حمل‌ونقل همگانی به علت کیفیت بالای شاخص‌های خروجی مدل AIMSUN بهترین عملکرد را در روان‌سازی ترافیک محدوده مورد مطالعه مورد خواهند داشت. در نهایت سناریوی یکطرفه‌سازی شبکه در اولویت اول و اجرای تقاطع‌های چراغ‌دار در اولویت دوم جهت روان‌سازی در نظر گرفته شده‌اند. البته بدون در نظر گرفتن مطالعات کاربری اراضی و پیش‌بینی‌های مربوط به آن هر کدام از سناریوهای پیشنهادی با شکست مواجه خواهند شد.

واژه‌های کلیدی: روان‌سازی ترافیک، سناریو، کاربری اراضی، کلان‌شهر اهواز، مدل شبیه‌سازی (AIMSUN)

### ۱- مقدمه

می‌شود (Miyamoj&Vichiensan,2001). ازجمله آثار آن می‌توان به تردد حجم بالای وسایل نقلیه در معابر شهری، عدم توسعه متوازن شهرها، بی‌توجهی به کاربری فضا، بی‌توجهی به مسائل و قواعد شهرسازی و تخریب بناها و مسیرهای قدیمی به منظور توسعه مسیرهای جدید و آلودگی بصری ایجادشده در اثر احداث زیرساخت‌ها و موارد مشابه ازجمله مشکلات اصلی مرتبط با ترافیک در شهرها هستند (اسماعیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). یکی از مهم‌ترین آثار آن عدم

سرعت قابل توجه رشد شهرنشینی در ایران و نرخ بالای مهاجرت روستا شهری در دهه‌های گذشته به واقعیتی بالاتر دید در جامعه ایران بدل شده است. این واقعیت به وضوح مسائل عدیده‌ای را موجب گردیده که از آن جمله می‌توان به مشکلات مربوط به رفت‌وآمد در کلان‌شهرهای ایران اشاره نمود (افشار کهن و بلالی و قدسی، ۱۳۹۱).

این عامل موجب افزایش تقاضای سفر و به تبع آن، افزایش تعداد خودرو و در نهایت افزایش تراکم ترافیک

توانایی زیرساخت‌های شهری ازجمله زیرساخت‌های حمل‌ونقل در پاسخگویی به نیازها است.

از سویی درک این نکته ضروری است که امروزه افزایش تسهیلات حمل‌ونقل از طریق روش‌های مرسوم سنتی به دلیل نیاز به سرمایه‌گذاری کلان و زمان زیاد برای اجرا نمی‌تواند به عنوان راهکاری مناسب و اساسی محسوب گردد (صالح نصیر و هندیانی، ۱۳۹۶).

به منظور حل مشکلات ترافیکی کلان‌شهرها راهبردها و راه‌حل‌های مختلفی وجود داشته که به دو دسته روبرنایی (مدیریتی) و زیربنایی (ساختاری) تقسیم‌بندی می‌شوند. راه‌حل‌های زیربنایی عموماً مرتبط با ساختار شهرها، الگوهای توسعه شهری و مباحث مرتبط با کاربری زمین و حمل‌ونقل در ارتباط است اما راه‌حل‌های روبرنایی اقدامات مدیریتی از قبیل تعریف محدوده طرح ترافیک و غیره را در بر می‌گیرد. علی‌رغم تأثیر بالاتر راهبردهای ساختاری نسبت به راهبردهای مدیریتی، تاکنون اغلب راهبردهای اتخاذ شده در زمینه حل معضل ترافیک شهری، رو بنایی بوده و نسبت به ارتباط کاربری زمین و حمل‌ونقل در ساختاری یکپارچه در برنامه‌ریزی‌های شهری غفلت ورزیده شده است. برای مثال، در کلان‌شهرهایی نظیر تهران و اصفهان با وجود اتخاذ راهکارهای روبرنایی نظیر تعریف طرح زوج و فرد، مشکل ترافیک شهری و آلودگی هوا کمابان به قوت خود باقی است (مسعود و صاحبقرانی، ۱۳۹۳). از سوی دیگر تجربه در دنیا نشان داده است که جهت حل مشکل ترافیک شهری احداث معابر جدید یا تعریض معابر موجود (راه حل زیربنایی) تنها راه حل نیست چرا که در مواردی این راه حل پس از مدتی خود مشکلات جدیدی مانند ترافیک زایشی که خود شامل ترافیک انتقالی و ترافیک القایی و تقاضای پنهان سفر را ناشی می‌گردد (کرمی و نصیری و ابولفتحی، ۱۳۹۳). این امر مؤید آن است که اتخاذ راه‌حل‌های روبرنایی به تنهایی مفید فایده نبوده و به‌کارگیری راهبردهای ساختاری و مدیریتی به طور توأم نتایج مناسب تری را در پی خواهد داشت. لازم به ذکر است که پایداری حمل‌ونقل و کاربری زمین شهری در آینده یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران شهری به شمار می‌رود که لازمه دستیابی به آن استفاده از ابزارهای مناسب مبتنی بر ارتباط متقابل کاربری زمین و حمل‌ونقل است (مسعود و صاحبقرانی، ۱۳۹۳).

از این رو در سال‌های اخیر، گرایش به استفاده از سازوکارهایی به منظور بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، استفاده بهینه از منابع موجود، ابتکار عمل و استفاده از تکنیک‌های مدیریت ترافیک شهری در اغلب کشورها، به عنوان بهترین راهکارها مورد توجه مدیران ترافیک کلان‌شهرها قرار گرفته است (پورحیدر، ۱۳۸۸). لذا امروزه تصمیم‌گیری برای اجرای طرح‌های روان‌سازی ترافیک و ارزیابی این تصمیمات به علت صرفه اقتصادی و زمانی بهتر امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. ذکر این نکته ضروری است که ارزیابی سیستم‌های مدیریت ترافیک نیازمند نمایش واقعی جریان ترافیک سیستم‌های کنترل و رفتار پاسخ رانندگان به ابزار کنترل است. عملیات کنترل در یک قسمت از شبکه ممکن است بر الگوی ترافیک در دیگر قسمت‌های شبکه تأثیر داشته باشد؛ بنابراین به نیازمندی به ارزیابی در سطح شبکه اشاره می‌کند. همچنین زمانی که چندین روش و یا ابزار کنترل ترافیک به کار برده می‌شود اثر کلی آن‌ها بر الگوی ترافیک شبکه از تعاملات پیچیده میان آن‌ها پدیدار می‌شود. بنابراین درک ذات این تعاملات برای دستیابی به بهبودهای مطلوب، اهمیت دارد. از این رو با توجه به زمان بر بودن و پرهزینه بودن ارزیابی‌های میدانی، اهمیت استفاده از روش شبیه‌سازی برای ارزیابی راهبردهای روان‌سازی ترافیک با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی مشخص می‌گردد (فرخ نیا همدانی، ۱۳۹۰).

محلات کیان‌پارس و کیان‌آباد در منطقه دو کلان‌شهر اهواز واقع شده‌اند که قرارگیری جذاب‌ترین محدوده پارک ساحلی در این منطقه، استقرار واحدهای آموزشی دولتی و غیرانتفاعی، افزایش بی‌رویه سطوح درمانی خصوصی همچنین احداث بزرگ‌ترین مجتمع‌های تجاری شهر، رستوران‌ها و فست‌فودهای متعدد با جذب مشتری بالا در ساعات پایانی عصر تا اواخر شب، حلقه ارتباطی شهر با استان‌های شمالی، اتصال مناطق هفت و سه با مناطق شش و چهار باعث جذب بالای سفر و افزایش ترافیک در این بخش از شهر شده که مجموعه این عوامل باعث شده است که سیاست سرمایه‌گذاری حاکم از طرف مدیران و متولیان امر حمل‌ونقل و ترافیک بیش از راهکارهای مبتنی بر توسعه و ساخت شبکه‌های حمل‌ونقل به سمت راهکارهای مدیریت ترافیک مانند روان‌سازی ترافیک، استفاده حداکثری از شریان‌های ارتباطی موجود، کاهش تنش‌های اجتماعی، کاهش مصرف سوخت، کاهش زمان

حمل و نقل منطقه را با استفاده از مدل نرم افزار شبیه سازی حمل و نقل AIMSUN مدل سازی کرده سپس سناریوهای روان سازی را با استفاده از سه راهبرد رمپ میتزینگ، انسداد بخشی از بزرگراه و میتزینگ مسیر اصلی با توجه به نتایج شبیه سازی مورد بررسی قرار گرفته تا بهترین راهبرد انتخاب شود. نتایج نشان می دهد که استفاده از راهبرد رمپ میتزینگ در ورودی سعادت آباد به نیایش می تواند جریان و سرعت را در مقطع قبل از ورود به سعادت آباد بهبود داده و همزمان زمان سفر، زمان تأخیر و بیشینه طول صف را کاهش دهد (فرخ نیا همدانی، ۱۳۹۰). طباطبائی و داودی (۱۳۸۷) در پژوهشی با عنوان آنالیز امکان سنجی استفاده از سیستم های هوشمند حمل و نقل در کلان شهرها با هدف کاهش بحران های ترافیکی: مطالعه موردی شهر اهواز را مورد بررسی قرار داده و در این پژوهش ضمن ارائه تعریف ITS و مزایای آن ضرورت انجام مطالعات پیاده سازی ITS در اهواز بررسی شده و اهمیت اجرای این امر بیان گردید. در ادامه ضمن ارائه محدودیت های این طرح در اهواز شبکه مورد مطالعه تعیین و مشکلات آن دسته بندی گردید و در انتها خدمات مورد نیاز شهر اهواز بر پایه اطلاعات مذکور و نتیجه تأثیر به کارگیری ITS در شهر اهواز روی روان سازی ترافیک، کاهش تأخیر، تصادفات و آلودگی را ارائه داده اند (طباطبائی و داودی منجزی، ۱۳۸۷).

## ۲-۲- پیشینه خارجی

تیان و همکاران (۲۰۱۶) ویژگی های کارکردی شبکه ترافیک شهری را با استفاده از روش های آماری بررسی کردند و دریافتند که میان ظرفیت شبکه و کارایی آن، رابطه معناداری وجود دارد (Tian et al., 2016). کیم و یئو (2016) آسیب پذیری شبکه جاده ای در رویدادهای غیرمنتظره را با دیدگاه کلان ارزیابی کردند. آنها با شبیه سازی مدل، به این نتیجه رسیدند که رویدادهای یاد شده بر عملکرد شبکه جاده ای پیامدهای شگرفی دارد (Kim & Yeo, 2016). لوپز نری، رامیرز و لوپز ملادو (2009) با ارائه یک مدل خرد و تشریح شبکه ترافیک و پویایی نهادهایی مانند خودروها، چراغ ها و مسافران و به کارگیری شبکه های پتری، چارچوبی برای مدل سازی و شبیه سازی خرد سیستم های ترافیک شهری

سفرهای درون شهری و کاهش آلودگی هوا معطوف شود. حال با توجه به مطالب و ضروریات ذکر شده در بالا در این تحقیق سعی بر آن است تا سناریوهای مختلف روان سازی ترافیک با در نظر گرفتن میزان تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل شبیه سازی مورد ارزیابی قرار گیرند. سناریوهای مدیریتی مختلفی که در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفته اند عبارتند از:

۱. سناریوی اجرای تقاطع های چراغ دار جدید
۲. سناریوی یک طرفه کردن خیابان ها فرعی
۳. سناریوی حمل و نقل همگانی
۴. سناریوی مدیریت شبکه

ذکر این نکته ضروری است که با توجه به مطالعات میدانی انجام شده اوج جریان ترافیک در محدوده مطالعات در زمان بعد از ظهر (ساعات ۱۷:۳۰ تا ۱۸:۳۰ در نیمه دوم سال) رخ داده است، لذا شبیه سازی ترافیک در این بازه زمانی انجام شده و میزان تغییرات کاربری اراضی نیز با دید ادامه روند وضع موجود در این شبیه سازی در نظر گرفته شده است.

سوالی که پژوهش به دنبال پاسخ به آن برآمده است این مطلب می باشد که چنانچه تغییر کاربری اراضی ادامه روند کنونی را دنبال کند با توجه به مدل شبیه سازی شده کدام سناریو بهترین عملکرد را در رسیدن به هدف مورد نظر یعنی روان سازی ترافیک را دارد؟ پس از شبیه سازی هر کدام از چهار سناریو در نرم افزار Aimsun؛ به ارزیابی مزایا و معایب آنها پرداخته و سناریوی برتر انتخاب می شود.

## ۲- پیشینه تحقیق

حوزه تحقیقات به ویژه در تدوین سناریوهای شبیه سازی و آینده نگاری در حوزه ترافیک همچنان نو محسوب می شود از مهم ترین نمونه سوابق تحقیقاتی انجام شده می توان به موارد پیوست اشاره کرد.

## ۲-۱- پیشینه داخلی

فرخ نیا همدانی (۱۳۹۰) در پایان نامه کارشناسی ارشد با موضوع تحلیل راهبردهای روان سازی ترافیک بزرگراهی به کمک شبیه سازی خردنگر ترافیک- مطالعه موردی بزرگراه نیایش به بررسی راهبردهای روان سازی ازدحام موجود در بزرگراه نیایش در ساعات اوج صبح پرداخته وی ابتدا سیستم

به دست آمده در جهت رفع معایب و نواقص برنامه و اصلاح سیستم استفاده نمود. ارزیابی عملکرد عبارت است از: «فرایند کمی کردن کارایی و اثربخشی عملیات». در واقع فرآیندی است که به وسیله آن یک مدیر رفتارهای کاری نیروی انسانی را از طریق سنجش و مقایسه آن‌ها با معیارهای از پیش تنظیم شده ارزیابی می‌کند و نتایج حاصله را ثبت می‌نماید و آن‌ها را به اطلاع نیروی انسانی سازمان می‌رساند (حاجی کریمی و رنگریز، ۱۳۸۷). پیرسون معتقد است که در روند برنامه‌ریزی بایستی در دو مرحله به ارزیابی طرح پرداخت. مرحله اول، بعد از پیش‌بینی پیامدهای هر راه حل و قبل از اجرای برنامه می‌باشد که بر اساس استانداردها و محدودیت‌ها بایستی به ارزیابی راه‌حل‌های ارائه شده پرداخت تا از طریق آن بتوان راه حل بهینه را انتخاب نمود. مرحله دوم ارزیابی، بعد از اجرای برنامه می‌باشد تا از طریق این ارزیابی متوجه شویم که آیا برنامه به اهداف و نتایج واقعی خود دست پیدا کرده است یا خیر و در صورت لزوم اصلاحات و تغییرات لازم را در مراحل اجرای طرح ایجاد نماییم. بدین ترتیب از طریق ارزیابی و ایجاد اصلاحات و تغییرات، می‌توان انعطاف‌پذیری و تداوم فرآیند برنامه‌ریزی را بالا برد و به اهداف تعیین شده دست پیدا کرد (آرون، ۱۳۸۶).

**سناریو:** از سال‌ها قبل، برنامه‌ریزان به دنبال راه‌هایی بودند تا به طور کامل از شیوه‌های قدیمی برنامه‌ریزی دوری کنند. شاید روشی که در سال‌های اخیر گرایش زیادی به آن وجود داشته، سناریونویسی بوده است (Glasson, 2007). برنامه‌ریزی مبتنی بر سناریو ابزار برنامه‌ریزی راهبردی برای دوره میان‌مدت و بلندمدت تحت شرایط عدم قطعیت است (رهنما و معروفی، ۱۳۹۳). در واقع برنامه‌ریزی سناریو برای دوره‌ای است که برنامه‌ریزی راهبردی سستی منسوخ شده است (Lindgren & Bandhold, 2003). اهداف اصلی برنامه‌ریزی سناریو در برنامه‌ریزی شهری عبارت‌اند از ۱- ارائه درک درستی از مشکلات کنونی و آینده؛ ۲- ترکیب گزینه‌های توسعه زیست‌محیطی در چارچوبی که با آینده مدیریت شهری ارتباط دارد؛ ۳- شناسایی گسستگی‌ها و احتمالاتی که به عنوان سیستم‌های هشداردهنده زود هنگام عمل می‌کنند و برنامه‌هایی که برای این رویدادهای احتمالی باید تدوین شوند؛ ۴- برنامه‌ریزی سناریو نشان می‌دهد چگونه مسائل در درازمدت می‌تواند سیاست‌های کوتاه و بلندمدت را تحت تأثیر

ارائه دادند (Lopez-Neri & Ramirez-Trevino & Lopez-Mellado, 2009).

لی و لی (2008) نیز با تجزیه و تحلیل سیستم‌های گسسته پیشامد، رویکردی نو برای مدل‌سازی کنترل چراغ‌های راهنمایی پیشنهاد دادند. آن‌ها برای این کار از شبکه‌های پتری استفاده کردند و توانستند سیاست‌های اولویت‌بندی و دیرکرد چراغ‌ها را نیز بررسی کنند (Li & Li, 2008).

هوانگ و چانگ و لین (2006) مدلی برای چهارراه‌های پیچیده و تعیین فازبندی هر مرحله ارائه کردند و به طراحی و تجزیه و تحلیل چراغ‌های راهنمایی با شبکه‌های پتری رنگین زمانمند پرداختند. آن‌ها، کنترل‌کننده‌ای هم برای سامانه‌های ترافیک شهری طراحی کردند که با شبکه‌های پتری رنگین زمانمند به مدل‌سازی و شبیه‌سازی ترافیک شهری می‌پرداخت (Huang & Chang & Lin, 2006).

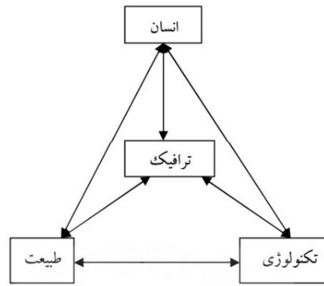
تولبا و همکاران (2003) برای ارزیابی عملکرد کنترل ترافیک در چهارراه با شبکه‌های پتری زمانمند، به مدل‌سازی و ترکیب دو دیدگاه خرد و کلان پرداختند. در مدل پیشنهادی، خیابان‌ها، با نماد جا و جریان ترافیک خودروها با نمادگذار مدل‌سازی شد (Tolba et al., 2003).

### ۳- مبانی نظری

#### ۳-۱- تعریف مفاهیم

**ارزیابی:** ارزیابی فرایندی است که مشخص می‌کند «تا چه اندازه به معیارهای مورد نظر رسیده ایم و یا تا چه اندازه از آن فاصله پیدا کرده ایم»؛ بنابراین قبل از هر اقدامی، مسئله هدف‌گذاری مطرح می‌گردد. در واقع ارزیابی ابزاری است که به وسیله آن روند کلی طرح‌ها یا پژوهش‌های متعددی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته، مزایا و معایب نسبی آن‌ها را مشخص نموده و یافته‌های حاصل از این تحلیل‌ها را در چهارچوبی منطقی تنظیم می‌نماید. در واقع ارزیابی فرایندی است که تعیین می‌کند که برنامه‌های ما به اهداف و مقاصد مشخص شده رسیده است یا خیر (اسحاقیان و حسنی و سیدالحسنی، ۱۳۹۱). با توجه به مطالب ذکر شده، می‌توان به این نتیجه رسید که در ارزیابی بایستی یک سری از اهداف و معیارهایی را جهت ارزیابی مشخص نمود تا به وسیله آن بتوان به مقاصد اهداف مورد نظر با وضع موجود پرداخت و از نتایج

رفتارهای ترافیکی گروه‌هایی از جامعه سبب‌ساز بروز مشکلاتی می‌شود و یا در مواقعی که ترافیک، پیامدها و هزینه‌های انسانی، مالی یا زیست‌محیطی را موجب شود، می‌تواند همچون امری زیان‌بار و نامطلوب مد نظر قرار گیرد (متشکر آرانی و عظیمی، ۱۳۹۵). با این حال ترافیک داری اجزای سه‌گانه می‌باشد که در شکل (۱)، آورده شده است.



شکل ۱. ترافیک و اجزای سه‌گانه آن

(متشکر آرانی و عظیمی، ۱۳۹۵)

**مدیریت ترافیک:** منظور از مدیریت ترافیک، ساماندهی و کنترل عوامل مؤثر در ایجاد مشکلات ترافیکی در شهرها برای به حداقل رساندن مضرات تراکم ترافیکی در شهرها است. به طور کلی هدف مدیریت ترافیک، استفاده بهینه از شبکه راه‌های ارتباطی موجود و افزایش ایمنی راه‌ها است. این هدف تا حد ممکن بدون لطمه زدن به محیط‌زیست تحقق می‌یابد؛ به عبارت دیگر، مدیریت ترافیک، استفاده از امکانات موجود، افزایش بهره‌وری آن‌ها و حفظ منافع عمومی مربوط به شبکه راه‌های ارتباطی است (اسماعیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). روش‌های مختلفی برای طراحی و اعمال مدیریت ترافیک در شهرها وجود دارد؛ متداول‌ترین این روش‌ها که در یک طرح جامع مدیریت ترافیکی آمده است، شامل موارد زیر است:

۱. کنترل پارک‌های خیابانی و طرح استفاده بهینه از پارکینگ؛
۲. اقدامات مربوط به ساخت پیاده راه‌ها؛
۳. اقدامات مربوط به حق تقدم عبور اتوبوس؛
۴. وضع قوانین مربوط به دوچرخه‌سواری؛
۵. طرح آرام‌سازی ترافیک؛
۶. کنترل بهبود وضعیت تقاطع‌ها؛
۷. هماهنگی بین چراغ‌های راهنمایی؛
۸. ایجاد محدودیت عبور؛
۹. یک طرف کردن خیابان‌ها و رنگ کردن خیابان‌ها؛

قرار دهد (Khakee, 1991). در زیر به تعریف سناریو از نظر تعدادی از صاحب‌نظران اشاره شده است:

۱- مایکل پورتر<sup>۱</sup>: سناریو، دیدگاهی است با سازگاری درونی و محتوایی نسبت به آنچه که در آینده می‌تواند رخ دهد.

۲- پیترو شوارتز<sup>۲</sup>: سناریوها ابزاری برای نظم دهی به ادراک یک فرد درباره محیط‌های بدیل آینده است که تصمیم‌های فرد در آن محیط‌ها گرفته خواهند شد.

۳- گیل رینگلند<sup>۳</sup>: سناریوها بخشی از برنامه‌ریزی استراتژیک می‌باشند که به عنوان ابزاری برای مدیریت عدم قطعیت آینده استفاده می‌شود.

۴- میشل گوده و روبلا<sup>۴</sup>: سناریوها توصیف موقعیت‌های آینده و رویدادها ممکن در آن موقعیت‌ها هستند، به گونه‌ای که شخص بتواند از موقعیت کنونی خود به سوی آینده‌های بدیل حرکت کند. سناریوها شیوه‌ای هستند که نتایج پیش‌بینی‌ها را به صورتی منسجم و متقاعدکننده ارائه می‌دهند (علیزاده و وحیدی مطلق و ناظمی، ۱۳۸۷).

**ترافیک:** کلمه ترافیک از نظر لغوی دارای مفاهیم مختلفی است. یک مورد از این مفاهیم به پدیده یا مشغله‌ای گفته می‌شود که مسافران یا محموله‌هایی را از طریق سیستم حمل و نقل جابه‌جا می‌نماید. همچنین به عبور افراد، وسایل نقلیه یا پیام‌های مختلف از طریق مسیرهای حمل و نقل نیز ترافیک گفته می‌شود. از سویی به میزان وسایل در حال جابه‌جایی (مثلاً ترافیک سنگین در ساعات اوج ترافیکی) نیز ترافیک اطلاق می‌شود (امینی نژاد و افتخاری، ۱۳۸۹). در کل می‌توان گفت مفهوم ترافیک به رفت و آمد وسایل نقلیه در محدوده مکانی مشخص اشاره دارد. بر همین اساس، حجم ترافیک را تعداد وسایل نقلیه‌ای تعریف می‌کنند که در مدت زمان معینی در جهت یا جهات مشخصی از یک یا چند خط از مقطع سیستمی از جاده عبور می‌کنند. این حجم می‌تواند برای دسته‌ای خاص از وسایل نقلیه مانند اتومبیل سواری، اتوبوس، کامیون و غیره یا به طور کلی برای همه نوع وسایل نقلیه که از جاده مورد نظر عبور می‌کنند، مد نظر باشد که در آن صورت، واحد حجم ترافیک، تعداد اتومبیل‌گذرنده خواهد بود. نکته‌ای که در اینجا باید خاطر نشان کرد، آن است که مفهوم ترافیک به تنهایی بیانگر یک مشکل نیست، بلکه به پدیده آموشد انسان‌ها و یا غالباً وسایل نقلیه اشاره دارد. در واقع هنگامی که ترافیک با حجم بالا و در قلمروی محدود مورد اشاره است یا زمانی که

در کنار نیاز کمتر به حافظه و فراوری رایانه‌ای، به نمایش  
تفصیلی عوامل یا نقش‌های هدایت‌کننده جریان ترافیک یاری  
می‌رساند(امینی نژاد و افتخاری، ۱۳۸۹).

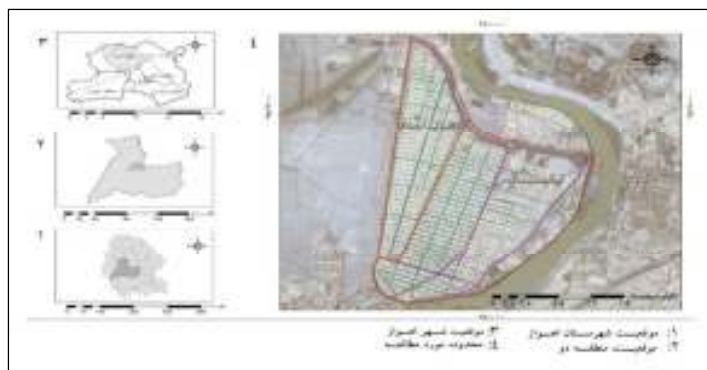
۱۰. خط کشی؛

۱۱. آسفالت رنگی(قلی زاده بستان‌آباد، ۱۳۹۳).

**مدل‌های شبیه‌سازی ترافیک:** دو نوع اصلی نرم‌افزار کلان  
نگر و خردنگر شبیه‌سازی ترافیک وجود دارد. اختلاف اساسی  
این دو در واحد یا مقیاس شبیه‌سازی آن‌هاست. در نوع کلان  
نگر (برای مثال در نرم‌افزار TRANSYT) وسایل نقلیه به  
صورت گروهی یا جریان‌های شبیه‌سازی می‌شوند. درحالی‌که در  
حالت خردنگر (مانند نرم‌افزار AIMSUN) به شبیه‌سازی وسایل  
نقلیه منفرد می‌پردازد. هر دو حالت دارای مزایایی هستند. حالت  
خردنگر تفصیلی تر بوده و نمایش بصری واقعی‌ای را در مورد  
فرایند ترافیک نشان می‌دهد. اما این نوع به وقت زیاد و غالباً  
مفرط فراوری یارانه‌ای نیازمند است. از سوی دیگر، شبیه‌سازی  
کلان نگر کارایی بیشتری بر حسب مدت فراوری دارا می‌باشد.

### ۳-۲- موقعیت محدوده مورد مطالعه

منطقه دو کلان‌شهر اهواز در شمال شرقی شهر واقع شده است  
که شامل ۷ محله می‌باشد. محدوده مورد مطالعه این پژوهش  
خیابان‌های محلات کیان‌پارس با جمعیت ۳۳۳۲۶۰ نفر و  
کیان‌آباد با جمعیت ۲۳۲۸۵ نفر می‌باشد. با توجه به وسعت  
ناحیه مطالعاتی و ساختار شبکه معابر به منظور شبیه‌سازی  
ترافیکی، برای دو محله ۵۲ زیر ناحیه تعریف گردید  
(شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۲. موقعیت محدوده مورد مطالعه (نگارنده)



شکل ۳. ناحیه‌بندی نواحی مطالعاتی داخلی

#### ۴-روش پژوهش

روش این تحقیق بر اساس هدف کاربردی و از حیث روش توصیفی - تحلیلی می‌باشد. جهت گردآوری مبانی نظری از روش اسنادی و کتابخانه‌ای و جهت کسب اطلاعات ترافیکی از روش میدانی استفاده گردید. در تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزار Arc GIS و AIMSUN برای تهیه نقشه‌ها و شبیه‌سازی سناریوها استفاده گردید. در ادامه نرم‌افزار شبیه‌سازی ایسمان توضیح داده شده است. برای بررسی شبکه و شبیه‌سازی آن از نرم‌افزار شبیه‌ساز ایسمان استفاده شد.

ایسمان یکی از بهترین نرم‌افزار شبیه‌سازی میکروسکوپییک حال حاضر در دنیا است. توانایی ایسمان در ترکیب نمودن رویکردهای استاتیک و دینامیک در یک محیط واحد، ویژگی منحصر به فرد آن می‌باشد. قبل از شبیه‌سازی باید شبکه در ایسمان کالیبره شود تا بتوان شبکه‌ای که در واقعیت وجود داشته را در ایسمان نیز به همان شکل ایجاد کرد که بتوان بعد از ایجاد سیستم مدیریت جدید، تغییرات را در آن مشاهده کرد (مهماندار و همکاران، ۱۳۹۵). در ادامه مراحل انجام پژوهش تشریح گردید.

۱. **طبقه‌بندی شبکه معابر:** از مهم‌ترین اقدامات پیش از شبیه‌سازی یک شبکه، رده‌بندی عملکردی شبکه معابر محدوده است. بر همین اساس سازمان ترافیک شهر تهران

مطالعاتی را در این زمینه ارائه نموده که مبنای شبیه‌سازی شبکه معابر مناطق کیان‌پارس و کیان‌آباد نیز قرار گرفته است. که طبق آن شامل معابر شریانی درجه یک (بزرگراه مدرس ۹ شریانی درجه دو اصلی (بلوار ساحلی)، شریانی درجه دو فرعی (بلوارهای چمران، توحید و ارونند)، خیابان‌های محلی اصلی (ایدون و خرداد)، خیابان‌های محلی فرعی (مانند وهابی و میهن) و خیابان‌های محلی جهت دسترسی مانند (خیابان‌های فرعی، ۱۷، ۱۳، ۹ و غیره) می‌باشد.

۲. **آمارگیری مبدأ- مقصد و ورود اطلاعات:** مهم‌ترین بخش در جمع‌آوری اطلاعات سفر، آمارگیری مبدأ- مقصد می‌باشد با انجام پرسشگری ۱۸ ایستگاه به صورت تصادفی از خودروهای در حال عبور انجام شده است. با استفاده از ماتریس مبدأ- مقصد جریان ترافیک در تمام نقاط شبکه شبیه‌سازی گردید. با استفاده از این ماتریس می‌توان تولید و جذب سفر در هر کدام از ۵۲ زیر ناحیه محدوده را محاسبه نمود که هدف از آن نشان دادن میزان برتری نواحی در تولید یا جذب سفرهاست. که معمولاً سفر از نواحی مسکونی تولید و در نواحی تجاری، پزشکی، تفریحی و غیره جذب می‌شود. در شکل (۴)، میزان تولید و جذب سفر نشان داده شده است.



شکل ۴. تولید سفر (راست) و جذب سفر (چپ) در نواحی مورد مطالعه

### ۵-۱- شناخت و تحلیل مشکلات موجود

هر چند نتایج شبیه‌سازی ترافیک در وضع موجود، نشان از وجود مشکلات ناشی از ازدحام در برخی تقاطع‌ها دارد در ادامه به برخی از مشکلات محدوده به صورت اختصاصی اشاره می‌شود:

ا. ازدحام در تقاطع‌های چراغ‌دار: فلکه دوم کیان‌پارس، تقاطع خیابان ۹ و ۱۳ با بلوار چمران نمونه بارز این مسئله است (شکل‌های ۵ و ۶).

ب. عدم یک‌طرفه‌سازی: یکی از مشکلات شناخته شده در محدوده‌های پرازدحام و به خصوص با ساختار شطرنجی، دسترسی کلیه خیابان‌های اصلی و فرعی به یکدیگر است. این مساله در محدوده خیابان‌های فرعی ۱ تا ۵ در درجه اول مشاهده می‌شود.

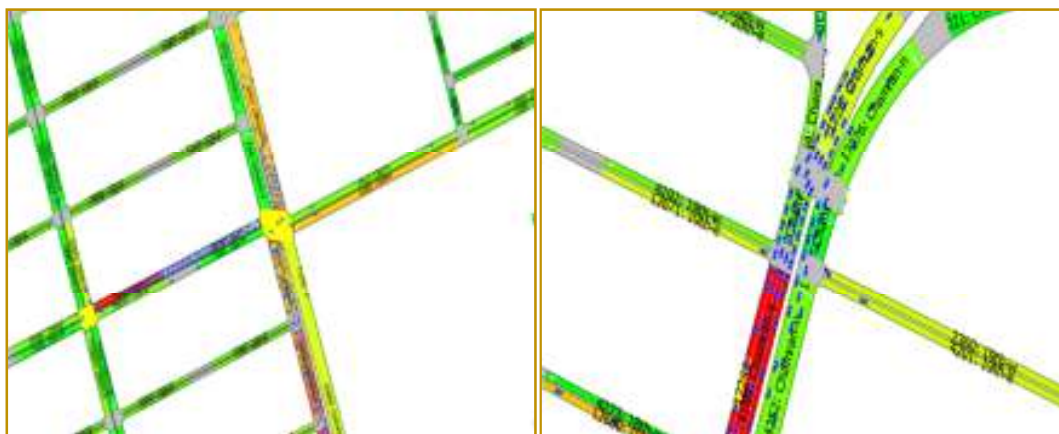
ت. مشکلات حمل‌ونقل عمومی: از دیگر مشکلات مهم این محدوده عدم توجه به حمل‌ونقل همگانی است. عدم اجرای خطوط ویژه تردد وسایل عمومی، توقف وسایل نقلیه شخصی در ایستگاه‌های اتوبوس، تعداد کم ناوگان و مسائلی از این قبیل از مهم‌ترین مشکلات این محدوده است.

ث. تردد عرضی عابران از مقاطع مختلف محور چمران: در حال حاضر بیش از ۱۰ گذرگاه عرضی عابر پیاده موجود می‌باشد که حجم تردد بسیار بالایی به خصوص در ساعات عصر دارند.

۳. شبیه‌سازی ترافیک: پس از ترسیم شبکه معابر و تقسیم‌بندی ناحیه مطالعاتی، با استفاده از ماتریس سفرهای مبدأ-مقصد استخراج شده می‌توان شبیه‌سازی جریان ترافیک را انجام داد. دو روش برای شبیه‌سازی وجود دارد. یکی بارگذاری حجم ترافیک بر روی همه کمان‌های شبکه و دیگری استفاده از ماتریس مبدأ-مقصد. در این پژوهش از روش دوم استفاده گردید. یعنی نتایج مطالعات مبدأ-مقصد به صورت یک ماتریس به نرم‌افزار داده شده و تخصیص ترافیک توسط نرم‌افزار انجام و خروجی جریان ترافیک روی کمان‌ها مشخص شده است که نمونه‌ای از نتایج آن در ادامه بحث آورده شده است. به منظور کالیبره کردن نتایج شبیه‌سازی نیز از نتایج حجم خطوط برش و برداشت زمان سفر استفاده شده است.

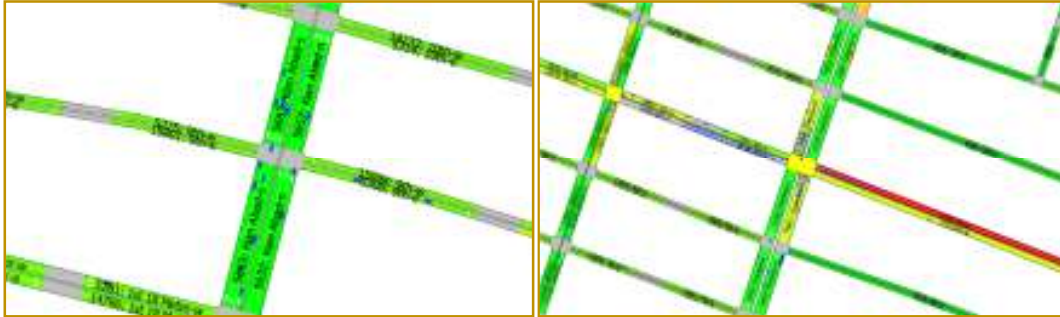
### ۵-۲- بحث و یافته‌های پژوهش

در این قسمت ابتدا به بررسی و تحلیل مشکلات وضع موجود ترافیک در محدوده مورد مطالعه پرداخته سپس سناریوهای روان‌سازی ترافیک شبیه‌سازی و ارزیابی می‌گردد.



شکل ۵. نتایج شبیه‌سازی ترافیک وضع موجود محدوده بازار مرو(راست) و تقاطع خیابان ۱۳ با چمران(چپ)





شکل ۶. نتایج شبیه‌سازی ترافیک وضع موجود تقاطع خیابان ۹ با چمران (راست) و محدوده بلوار اروند کیان‌آباد (چپ)



شکل ۷. نصب چراغ فرمان در تقاطع خیابان ۱۳ با بلوار ایدون

#### ۲-۵- ارائه سناریوهای پیشنهادی

۲-۵-۱- اجرای تقاطع‌های چراغ‌دار جدید: یکی از مهم‌ترین اقداماتی که طی سال‌های اخیر در کاهش میزان حوادث و نظم‌بخشی به جریان ترافیک منطقه مطالعاتی کمک نموده، اجرای تقاطع‌های چراغ‌دار می‌باشد. به منظور کاهش بار ترافیکی در برخی از این تقاطع‌ها و روان‌سازی ترافیک پیشنهاد راه‌اندازی دو چراغ فرمان جدید در محل تقاطع خیابان‌های ۱۷ و ۵ با بلوار چمران، اجرای چراغ فرمان در تقاطع توحید-خرداد به منظور تکمیل طرح ساماندهی تقاطع فلکه دوم و نیز اجرای تقاطع چراغ فرمان در تقاطع‌های ایدون و خیابان‌های ۱۳ و ۵ اجرای این چراغ‌ها به دو روش می‌تواند تردد از خیابان چمران را تا حدودی کاهش دهد. یکی اینکه دسترسی به خیابان‌های فرعی در زمان و مسیر کوتاه‌تری قابل تحقق است. دوم اینکه بخشی از ترافیک به خیابان خرداد که ظرفیت مناسب و ترددی روان دارد، منتقل خواهد شد. از بار ترافیک تقاطع‌های چراغ‌دار محدوده می‌کاهد. علاوه بر تقاطع‌های محدوده کیان‌پارس در منطقه کیان‌آباد نیز چراغ فرمان می‌تواند به نظم‌بخشی جریان ترافیک کمک کند. که هدف از اجرای آن در این منطقه روان‌سازی ترافیک و ایجاد امنیت تردد برای عابر پیاده است. از جمله این تقاطع‌ها می‌توان از دو تقاطع متوالی خیابان‌های ۱۸ متری سوم و چهارم با بلوار اروند و تقاطع بلوار توحید با خرداد است. نمونه‌ای از تقاطع‌های پیشنهادی در شکل (۷)، آورده شده است.

۲-۵-۲- یک‌طرفه‌سازی شبکه معابر: بدون شک یک‌طرفه سازی خیابان‌های فرعی محدوده اقدامی موثر در روان‌سازی تردد در کوچه‌ها خواهد بود. در زیر چند نمونه از این معابر ذکر گردیده است.

- یک‌طرفه کردن خیابان‌های ۳، ۴، ۶ و ۸ شرقی از غرب به شرق و خیابان‌های ۱ و ۷ شرقی از شرق به غرب حد فاصل خیابان چمران تا بلوار ساحلی.
- یک‌طرفه کردن خیابان‌های ۴ و ۷ غربی از غرب به شرق و ۱، ۳، ۶ و ۸ غربی از شرق به غرب حد فاصل چمران تا ایدون.
- یک‌طرفه سازی خیابان میهن حد فاصل فلکه سوم تا ایدون و خیابان وهابی.
- یک‌طرفه سازی معکوس خیابان‌های ایدون و خرداد (شکل ۸).

۵-۲-۴- مدیریت جهت حرکت در محدوده خیابان‌های ۹ تا ۱۳ فرعی: یکی از مهم‌ترین اقدامات مدیریت ترافیک، توزیع جریان از قسمت‌های شلوغ به قسمت‌های خلوت و استفاده از ظرفیت همه معابر است. به همین منظور یک‌طرفه سازی خیابان شهید چمران از خیابان ۹ تا ۱۳ در جهت جنوب به شمال و اختصاص باندها مقابل (شمال به جنوب) صرفاً به وسایل همگانی به عنوان یکی از پیشنهادها مهم این محدوده مطرح شده است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. مدیریت جهت حرکت در شبکه خیابان‌های ۹، ۱۳، چمران و ایدون

### ۵-۳- نتایج شبیه‌سازی سناریوهای روان‌سازی ترافیک

با توجه به اثرگذاری هر سناریو در تمام محدوده مطالعات، پیش‌بینی اثر هر سناریو در بهبود عملکرد جریان ترافیک بدون استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز امکان‌پذیر نیست از این رو در محیط نرم‌افزار ایمنسان هر سناریو شبیه‌سازی و نتایج به صورت نقشه گرافیکی و در نهایت نتیجه مقایسه‌ای همه آن‌ها به صورت جدول و شکل ارائه شده است.

### ۵-۳-۱- سناریو نصب چراغ‌های فرمان

در این سناریو دو تقاطع جدید خیابان ۱۷ و ۵ با بلوار چمران بازگشایی شده و در مجموع تقاطع این دو خیابان با بلوار چمران و ایدون چراغدار شده است. این موضوع سبب بهبود تردد در خیابان‌های فرعی و عرضی محدوده شده است. دلیل این مساله دسترسی سریع‌تر و ساده‌تر در منطقه مطالعاتی است. به عبارت دیگر در این گزینه حداکثر استفاده از ظرفیت شبکه معابر شطرنجی این محدوده شده است. همچنین تقاطع فلکه سوم کیان‌پارس نیز عملکرد بهتری را نشان می‌دهد (شکل ۱۱).



شکل ۸. یک‌طرفه سازی معکوس خیابان‌های ایدون و خرداد

۵-۲-۳- اجرای خطوط ویژه همگانی: در حال حاضر ۴ خط اتوبوس از این محدوده تردد می‌نمایند. کیان پارش کیان‌آباد و کیان شهر به سمت مرکز شهر و میدان شهید بندر به میدان بسیج و بالعکس. این خطوط با وسایل نقلیه شخصی به صورت اشتراکی استفاده می‌شود به منظور بهبود کیفیت تردد دو پیشنهاد ارائه می‌شود:

- اجرای خط ویژه در وسط بلوار شهید چمران: این گزینه با جمع‌آوری آبلند میانی و ایجاد یک فضای ۸ متری در وسط (۴ متر در مسیر رفت و ۴ متر در مسیر برگشت) فراهم می‌شود که می‌توان از آن برای دیگر وسایل عمومی از جمله ون، مینی‌بوس و غیره بهره برد.
- اجرای خط ویژه در ضلع غربی بلوار چمران و یک‌طرفه سازی بلوار چمران از جنوب به شمال: نمونه این طرح را می‌توان در خیابان ولیعصر تهران دید. که از مزایای آن عبور کمتر عابران پیاده از عرض خیابان است. در این طرح ضلع شرقی یک‌طرفه می‌شود و به دلیل عدم تردد اتوبوس در آن تردد وسایل نقلیه شخصی نیز ساده‌تر انجام می‌شود (شکل ۹).



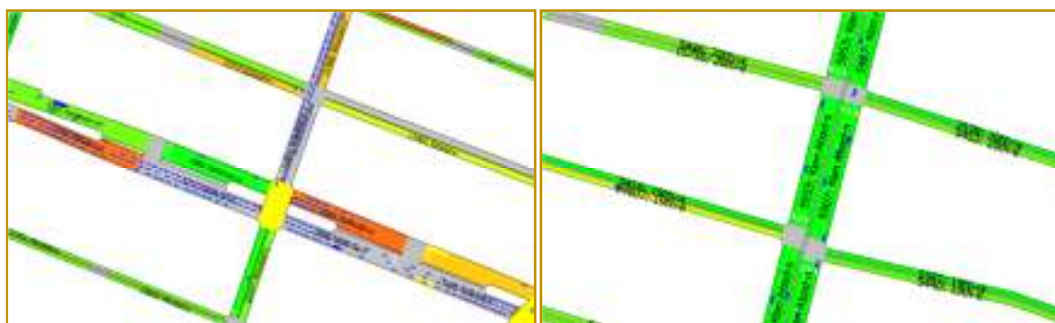
شکل ۹. اجرای خط ویژه در ضلع غربی بلوار شهید چمران



شکل ۱۱. شبیه‌سازی ترافیک سناریوی یک بلوار چمران در محدوده تقاطع چراغ‌دار جدید خیابان ۵ (راست) و محدوده فلکه سوم (چپ)

موجب پس زدگی جریان ترافیک در این محل نشده و صرفاً کار نظم‌بخشی را بر عهده خواهد داشت. و به دلیل بار کم فرعی می‌تواند در برخی ساعات شبانه‌روز به صورت چشمک زن فعال باشد و در مواقع ترافیک به صورت چراغ فرمان باشد.

علاوه بر موارد فوق اجرای تقاطع چراغ‌دار در محدوده کیان‌آباد نیز به صورت جداگانه ارزیابی گردید که نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که اجرای این تقاطع‌ها تأثیر خاصی بر کل شبکه نداشته زیرا فاصله زیادی تا محل‌های پرازدحام دارند. همان‌طور که در شکل (۱۲) نشان داده شده است اجرای تقاطع چراغ‌دار



شکل ۱۲. شبیه‌سازی ترافیک سناریوی یک تقاطع چراغ‌دار محدوده بلوار اروند (راست) و بلوار توحید و خیابان خرداد (چپ)

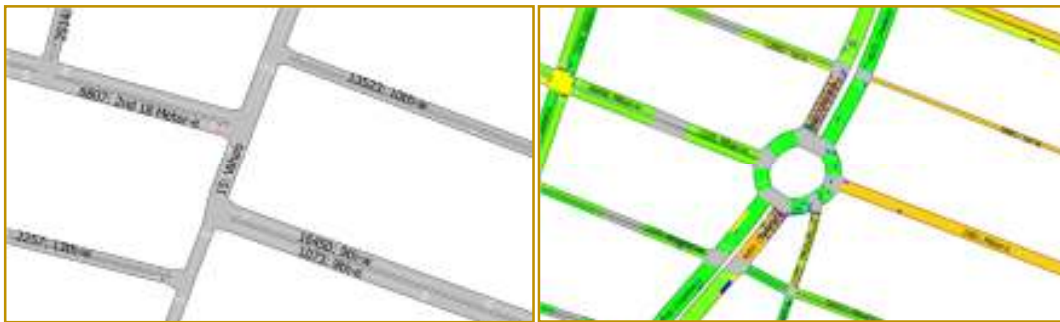
فازه در این تقاطع لحاظ شده است. دو فازه بودن این تقاطع کمک می‌کند تخلیه جریان بلوار توحید غربی رخ دهد و مشکل پس زدگی ترافیک به خصوص انسداد تقاطع فلکه دوم رخ ندهد. نتیجه شبیه‌سازی در شکل (۱۲)، آورده شده است.

به دلیل مشکلات ترافیکی در خیابان توحید غربی، بازگشایی تقاطع خرداد و توحید نیز بررسی شده است. با توجه به حجم سنگین در محور اصلی و به خصوص ورود جریان ترافیک در دو فاز از سه فاز فلکه دوم به بلوار توحید غربی، لذا چراغ دو

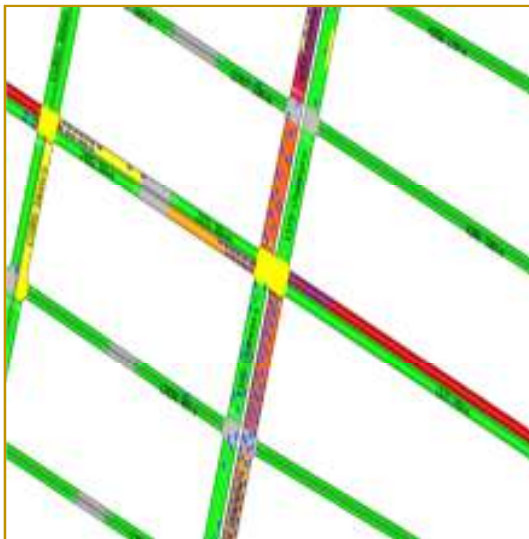
### ۲-۳-۵- سناریوی یک‌طرفه سازی خیابان‌های فرعی

یک‌طرفه سازی شبکه معابر فرعی در منطقه کیانپارس، یکی از مهم‌ترین درخواست‌های شهروندان و کارشناسان است. دلیل این مساله عرض کم بسیاری از کوچه‌هاست. با توجه به اینکه در حال حاضر مشکل اصلی عمدتاً حد فاصل خیابان‌های ۱ تا ۹ می‌باشد، لذا در این قسمت صرفاً این بخش از شبکه مد نظر می‌باشد. نتایج شبیه‌سازی ترافیک از افزایش سرعت تردد در معابر فرعی و روان‌سازی تقریبی ترافیک در این بخش از شبکه حکایت دارد. نتایج نشان می‌دهد که افزایش سرعت تردد در معابر فرعی بیش از ۲۰ درصد می‌باشد که سبب افزایش سطح

رضایت‌مندی شهروندان خواهد شد. همچنین از دیگر آثار این طرح عدم چرخش بیش از حد وسایل نقلیه سرگردان جهت یافتن فضای توقف است. در راستای یک‌طرفه سازی در خیابان‌های فرعی، خیابان میهن از شرق به غرب حد فاصل فلکه سوم تا بلوار ایدون یک‌طرفه شد. نتایج نشان می‌دهد که حذف تردد از این خیابان و انتقال آن به خیابان ۵، ازدحام در این تقاطع تا حد زیادی کاهش‌یافته و جریان ترافیک تا حدودی بهتر از قبل می‌گردد. همچنین دسترسی‌های اصلی چه با حفظ میدان و چه در صورت حذف آن صرفاً اجرای یک تقاطع چراغ‌دار، به طور کامل برقرار خواهد بود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳. شبیه‌سازی یک‌طرفه سازی میهن و چراغ‌دار نمودن فلکه سوم (راست) و خیابان وهابی (چپ)



شکل ۱۴. شبیه‌سازی ترافیک سناریوی دو محدوده خیابان ۹ در گزینه یک طرفه سازی ایدون و خرداد

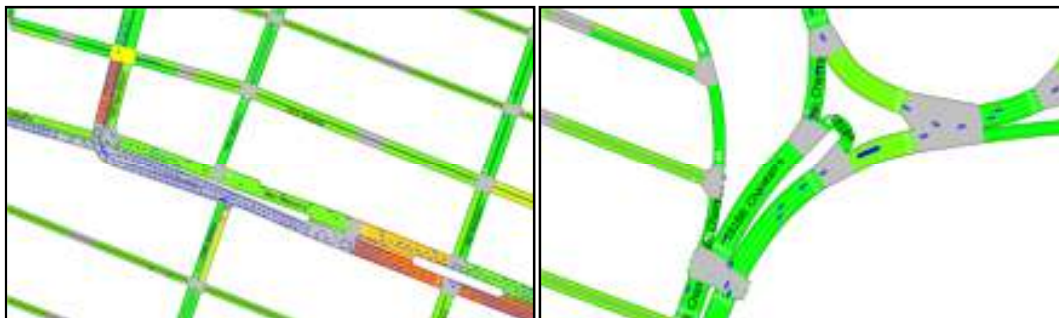
بخش دیگر پیشنهاد یک‌طرفه سازی مربوط به خیابان وهابی می‌باشد. یک‌طرفه سازی این خیابان از جنوب به شمال با بهبود کیفیت تردد و استفاده بیشتر از ظرفیت خیابان‌های خرداد و اروند (کیان‌آباد) همراه خواهد بود. لذا شبیه‌سازی ترافیک در این محدوده نیز نشان از بهبودی تردد در خیابان وهابی دارد (شکل ۱۵). علاوه بر گزینه‌های بالا، یک‌طرفه سازی معکوس خیابان خرداد و ایدون نیز پیشنهاد شده است که به منظور بهره‌برداری بیشتر از ظرفیت تردد خیابان خرداد و کاهش بار ترافیک خیابان ایدون ارائه شده است. همان‌گونه که در شکل مشخص شده است یک‌طرفه سازی این مسیر وضعیت ترافیک بدتر از وضع موجود شده و انسداد ترافیک در بسیاری از تقاطع‌ها رخ می‌دهد (شکل ۱۴).



### ۳-۳-۵- سناریوی حمل و نقل همگانی

بلوار داشته است. نتایج شبیه سازی نیز در شکل های (۱۵) و (۱۶) آورده شده است.

در این سناریو گزینه های مختلفی برای توسعه حمل و نقل همگانی بررسی شد. که از میان این گزینه هایی که مورد ارزیابی قرار گرفته اند. در نهایت بهترین عملکرد را گزینه یک طرفه سازی محور چمران و اجرای خط ویژه در ضلع غربی این



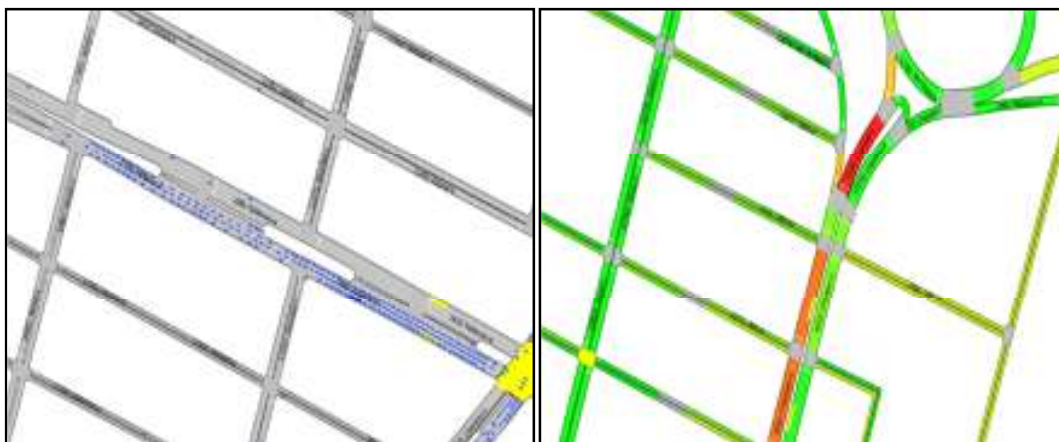
شکل ۱۵. شبیه سازی ترافیک سناریوی سه گزینه دوم محدوده بازار مرو (راست) و پل صیاد تا فلکه دوم (چپ)



شکل ۱۶. شبیه سازی ترافیک سناریوی سه گزینه دوم تقاطع فلکه دوم (راست) و پل هفتم (چپ)

تأخیر قابل ملاحظه در حرکت وسایل نقلیه شخصی است. نتیجه شبیه سازی این سناریو که جزئی از پیشنهادهای بهبود حمل و نقل عمومی بوده، در شکل (۱۷)، ارائه شده است.

یکی دیگر از پیشنهادها مطرح شده در حوزه حمل و نقل عمومی ایجاد خط ویژه آیلند میانی بلوار چمران است. نتیجه اجرای این سناریو بهبود در عملکرد سیستم اتوبوس رانی و در مقابل

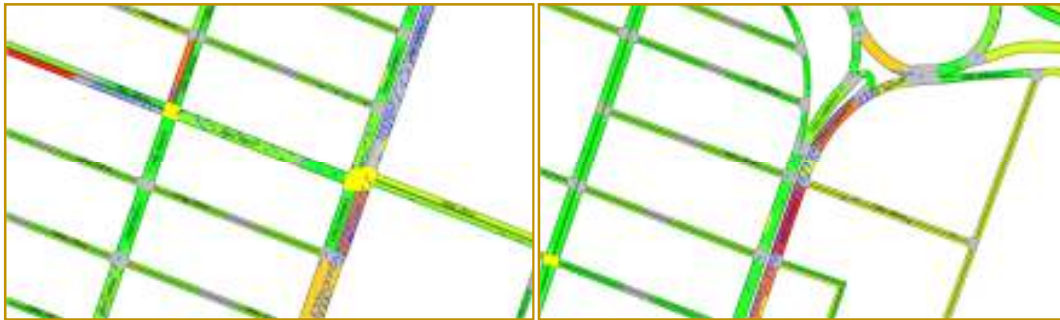


شکل ۱۷. شبیه سازی ترافیک سناریوی سه گزینه دوم محدوده بازار مرو (راست) و پل صیاد تا فلکه دوم (چپ)

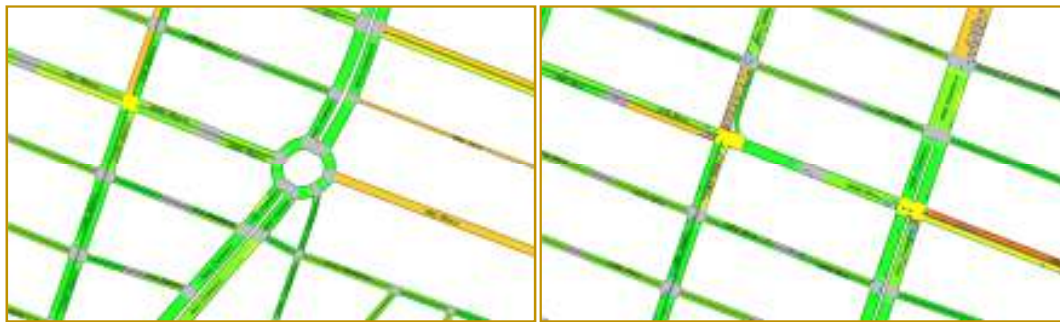
۵-۳-۴- سناریوی مدیریت شبکه

چند اجرای این پیشنهاد منجر به کاهش تأخیر در برخی تقاطع‌های محدوده می‌شود، اما ظرفیت پایین خیابان‌های ۹ و ۱۳، متأسفانه منجر به عدم عملکرد مناسب این سناریو می‌گردد. روان‌سازی ترافیک در ضلع شرقی بلوار چمران از نکات مثبت این سناریو بوده و در مقابل افزایش طول مسیر طی شده در باند مقابل (به دلیل تغییر مسیر از محور اصلی به خیابان ۱۳، ایدون، ۹ و سپس بازگشت به خیابان چمران) سبب عملکرد نامناسب این سناریو می‌شود. در شکل‌های (۱۸) و (۱۹) نتایج شبیه‌سازی این سناریو ارائه شده است.

یکی از جذاب‌ترین روش‌های بهبود تردد در شبکه معابر، مدیریت شبکه و استفاده از ظرفیت معابر روان جهت عبور جریان ترافیک خیابان‌های شلوغ است. در بخش مورد مطالعه در تقاطع خیابان‌های ۹ و ۱۳ با بلوارهای چمران و ایدون، شلوغی بیشتری نسبت به بسیاری از نقاط شبکه مشاهده می‌شود. بر همین اساس چنانچه بتوان با مدیریت جهت حرکت مسیر عبور را برنامه‌ریزی نمود ممکن است منجر به بهبود عملکرد در شبکه معابر شود. این سناریو با تغییر در شیوه حرکت و سایل نقلیه و زمان‌بندی تقاطع‌ها، محقق می‌شود. هر



شکل ۱۸. شبیه‌سازی ترافیک سناریوی چهار محدوده بازار مرو (راست) و تقاطع خیابان ۱۳ با چمران (چپ)



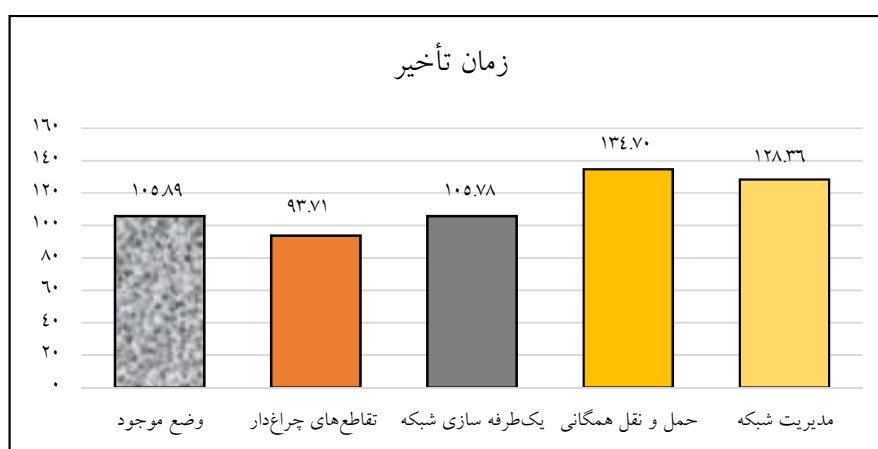
شکل ۱۹. شبیه‌سازی ترافیک سناریوی چهار تقاطع خیابان ۹ با چمران (راست) و فلکه سوم (چپ)

دوم بهتر از سناریوی اول است اما اجرایی کردن سناریوی اول راحت‌تر است. شکل‌های (۲۰) تا (۲۳)، نتایج شاخص‌ها در هر کدام از سناریوها به صورت مقایسه‌ای نشان داده شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده و بررسی خروجی‌های نرم‌افزار ایسمان (جدول ۱) از ۴ سناریو، مشخص می‌شود که سناریوی اول و دوم، سناریوهای برگزیده مطالعات در این محدوده می‌باشند. البته برخی شاخص‌ها و معیارهای کارایی در سناریو

جدول ۱. نتایج مهم ترین شاخص های خروجی نرم افزار شبیه ساز ایمنان

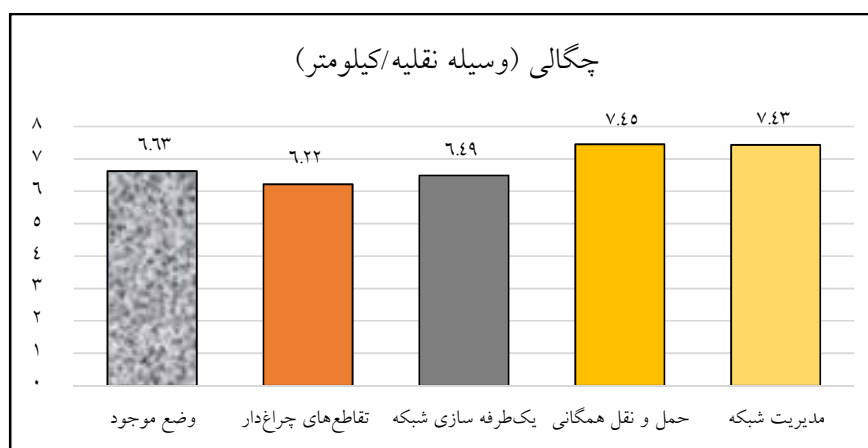
سناریو	عنوان سناریو	زمان تأخیر (SEC/KM)	چگالی (VEH/KM)	سرعت متوسط (KM/HR)	زمان سفر (SEC/KM)
-	وضع موجود	۱۰۵/۸۹	۶/۶۳	۲۵/۱۷	۲۱۴/۹
سناریو اول	اجرای تقاطع های چراغدار	۹۳/۷۱	۶/۲۲	۲۵/۷۲	۲۰۲
سناریو دوم	یک طرفه سازی شبکه	۱۰۵/۷۸	۶/۴۹	۲۶/۴۸	۲۱۵/۶
سناریو سوم	حمل و نقل همگانی	۱۳۴/۷	۷/۴۵	۲۵/۸	۲۴۲/۵
سناریو چهارم	مدیریت شبکه	۱۲۸/۳۶	۷/۴۳	۲۳/۸۲	۲۳۸/۱۴



شکل ۲۰. مقایسه زمان تأخیر برای سناریوهای مختلف

تردد آسان تر است. با توجه به پارامترهای خروجی نرم افزار ایمنان مشاهده می شود که سناریوی اول (اجرای تقاطع های چراغدار) کمترین زمان تأخیر را در بین سناریوها دارد.

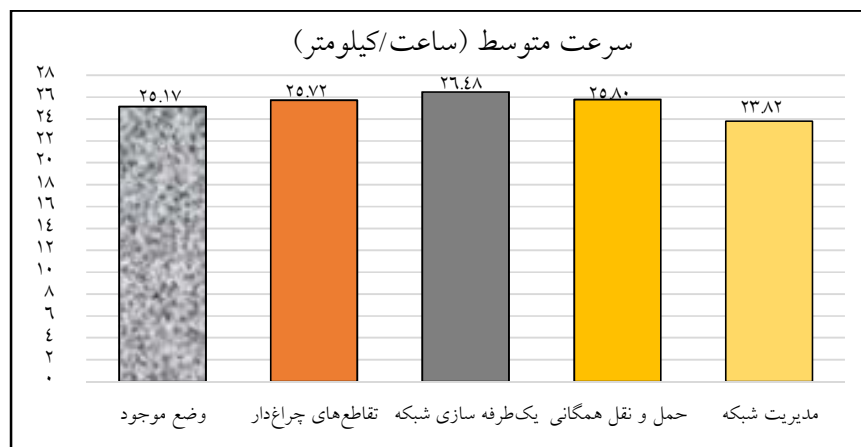
زمان تأخیر: زمانی که یک وسیله نقلیه طی مسافتی در جریان ترافیک بر اثر بالا بودن چگالی و حجم ترافیک از دست می دهد و این زمان هرچه کمتر باشد جریان ترافیکی روان و



شکل ۲۱. مقایسه چگالی برای سناریوهای مختلف

مشخص شده سناریوی اول بهترین عملکرد را در زمینه چگالی داشته و بدین معنی است که در این سناریو سطح اشغال وسیله نقلیه کمتر بوده و رانندگی سریع تر و با آرامش بیشتری انجام خواهد شد.

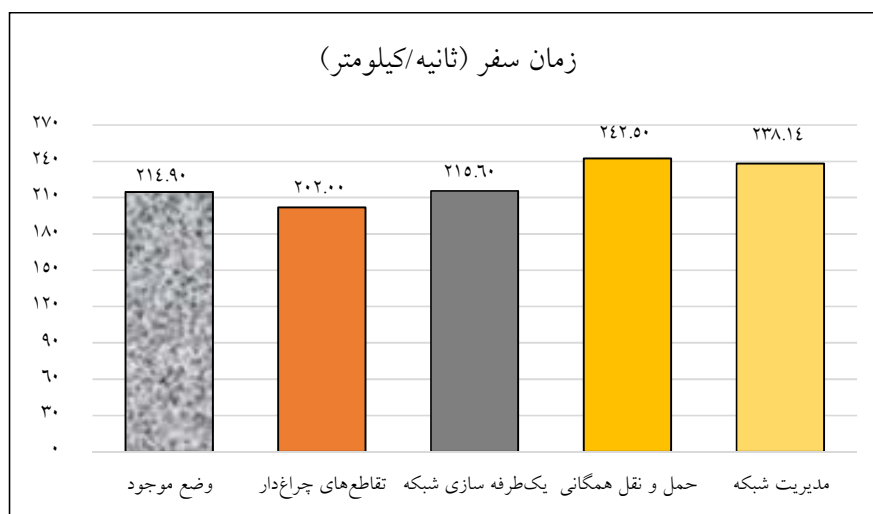
**چگالی:** عبارت است از تعداد وسیله نقلیه‌ای که یک طول مشخص یا خط مشخص را اشغال کرده‌اند و واحد آن تعداد وسیله نقلیه در واحد طول است (وسیله نقلیه در کیلومتر یا وسیله نقلیه در هر کیلومتر خط). طبق آنچه که در شکل (۲۱)،



شکل ۲۲. مقایسه سرعت متوسط برای سناریوهای مختلف

سرعت متوسط در سناریوی دوم (یکطرفه‌سازی شبکه) بیشتر از سایر سناریوها است.

**سرعت متوسط:** عبارت است از سرعتی که ۸۵ درصد وسایل نقلیه مساوی یا کمتر از آن حرکت می‌کنند در جدول (۱) پارامترهای خروجی نرم‌افزار ایمنسان مشاهده می‌شود که



شکل ۲۳. مقایسه زمان سفر برای سناریوهای مختلف



فاصل وهابی تا خرداد به صورت یک‌طرفه از غرب به شرق و خیابان ۱۸ کیان‌آباد نیز به صورت یک‌طرفه از شرق به غرب می‌شود.

دومین اقدام در راستای بهبود کیفیت تردد در منطقه مطالعاتی، اجرای تعدادی تقاطع چراغ‌دار به منظور توزیع جریان ترافیک و استفاده از ظرفیت‌های آزاد شبکه معابر در محدوده مطالعات است. ایجاد بازشوهای جدید سبب می‌گردد جریان ترافیک مدت زمان کمتری شبکه را اشغال کند. بر همین اساس اجرای تقاطع‌های چراغ‌دار علاوه بر نظم‌بخشی به حرکات چرخشی در تقاطع‌ها و ارتقای ایمنی، سبب خلوت شدن برخی معابر نیز خواهد شد. با توجه به نتایج تحلیل ترافیک، اجرای تقاطع در محل تقاطع خیابان‌های ۱۷ و ۵ با بلوار شهید چمران و نیز چراغ‌دار نمودن تقاطع خیابان‌های ۱۳ و ۵ با بلوار ایدون موجب بهبود وضعیت ترافیک به خصوص در ساعات اوج در سطح محدوده خواهد شد. با این وجود بررسی‌های میدانی حاکی از وجود برخی مشکلات در محل دو تقاطع جدید دارد. در محل تقاطع خیابان ۱۷ با بلوار شهید چمران یکی از مهم‌ترین مشکلات، هم‌آکس نبودن خیابان‌های ۱۷ شرقی و غربی است. در حال حاضر خیابان ۱۷ شرقی یک محور عریض با آیلند میانی دارد حال آنکه خیابان ۱۷ غربی یک خیابان دو طرفه با عرضی نسبتاً کمتر است. همین مسئله سبب می‌گردد تخلیه این تقاطع در پشت چراغ قرمز کمی دشوارتر شود. از طرف دیگر احتمال پس زدن جریان ترافیک در بلوار شهید چمران پشت این تقاطع تا میدان شهید چمران (نمایشگاه) نیز وجود دارد. لذا در این تقاطع پیشنهاد می‌گردد اجرای چراغ حتماً با رعایت کامل جزئیات هندسی جهت روان‌سازی عبور صورت پذیرد. همچنین اجرای آن در اولویت آخر قرار گرفته و چنانچه بتوان اتصال خیابان ایدون و یا خرداد به بزرگراه مدرس را برقرار نمود، بازگشایی این تقاطع، ضرورت چندانی نخواهد داشت و دو سناریو دیگر را می‌توان در اولویت‌های بعدی جهت روان‌سازی ترافیک در محدوده مورد مطالعه مورد استفاده قرار داد.

در مجموع می‌توان گفت در میان زیر سیستم‌های مختلف شهری، حمل‌ونقل و کاربری زمین دو زیرسیستم اساسی بوده که اغلب زیر سیستم‌های شهری نظیر جمعیت، اشتغال و مسکن را در بر می‌گیرد. مدل‌سازی یکپارچه این دو زیرسیستم، برای پر کردن خلأ موجود در اجرای سیاست‌های کنترل و روان‌سازی ترافیک امری اجتناب‌ناپذیر است. از این رو در نظر نگرفتن

زمان سفر: زمانی است بر حسب کیلومتر بر ثانیه، و وقتی یک وسیله نقلیه طی می‌کند محاسبه می‌شود؛ بنابراین هر چه این زمان کمتر باشد جریان روان‌تر و مسافت طی شده بیشتر است (مویدفرو و فیضی، ۱۳۹۶). طبق محاسبات خروجی نرم‌افزار همان طور که در شکل (۲۳)، نیز نشان داده شده است سناریوی اول (اجرای تقاطع‌های چراغ‌دار) و سناریوی دوم (یک‌طرفه‌سازی شبکه) بهترین عملکرد را در شاخص زمان سفر به خود اختصاص داده‌اند.

## ۶- نتیجه‌گیری

بر اساس شبیه‌سازی ترافیک در قالب چهار سناریو، این نتایج حاصل گردید که طبق چهار شاخص؛ زمان تأخیر، چگالی، سرعت متوسط و زمان سفر، سناریوهای اول و دوم بیش‌ترین کارایی را جهت روان‌سازی ترافیک داشته‌اند. در میان سناریوها ساده‌ترین اقدام اثرگذار که نتایج شبیه‌سازی ترافیک نیز بهبود عملکرد آن را نشان می‌داد، یک‌طرفه‌سازی شبکه معابر است. پیشنهاد یک طرفه‌سازی در دو بخش مطرح شده است. اول یک طرفه‌سازی خیابان‌های فرعی حد فاصل فلکه سوم تا خیابان ۹ و دیگری یک طرفه‌سازی خیابان وهابی حد فاصل بلوار توحید تا خیابان ۱۳ کیان‌پارس می‌باشد، اما به جهت اجرایی نمودن پیشنهاد یک طرفه‌سازی، می‌بایست موانع اجرایی نیز بررسی شود. بر همین اساس با توجه به بازدیدهای میدانی انجام شده، در نهایت برای عملیاتی نمودن پیشنهاد یک‌طرفه‌سازی موارد زیر به پیشنهادهای مطرح شده اضافه گردید. افزایش خیابان‌های یک‌طرفه محدوده از خیابان ۹ به خیابان ۱۳ در ضلع غربی. بدین ترتیب خیابان ۱۰، یک‌طرفه از شرق به سمت غرب حد فاصل خیابان شهید چمران و ایدون و خیابان ۱۲ یک‌طرفه از غرب به شرق حد فاصل ایدون تا چمران. همچنین خیابان ۱۱ دو طرفه باقی بماند. با توجه به شلوغی خیابان وهابی حد فاصل خیابان ۱۳ کیان‌پارس تا خیابان یک، یک‌طرفه‌سازی آن در این مقطع اثرگذار بوده اما به جهت پرهیز از شلوغی بیش‌ازحد در محدود تقاطع خیابان وهابی و خیابان ۱۳، یک طرفه‌سازی خیابان تا نبش خیابان ۱۵ امتداد یابد. همچنین به جهت جلوگیری از ازدحام در این تقاطع، خیابان ۱۵ نیز از دو سمت یک‌طرفه شده تا تخلیه وهابی راحت‌تر رخ دهد. بر همین اساس خیابان ۱۵ غربی حد

مطهر امام رضا(ع) با تأکید بر حوزه کالبدی- عملکردی"، چهارمین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، مشهد مقدس.

-اسماعیل‌زاده، ح. و کانونی، ر. و سیفی، ل. و بندگان، س. (۱۳۹۴)، "برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت ترافیک درون‌شهری با تأکید بر گسترش پیاده‌راه‌ها (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهر اردبیل)"، فصلنامه علمی - ترویجی راهور، سال دوازدهم، شماره ۳۲، ص. ۱۴۰-۱۰۷.

-افشار کهن، ج. و بلالی، ا. و قدسی، ع.م. (۱۳۹۱)، "بررسی ابعاد اجتماعی مساله کنترل ترافیک شهری (مورد مطالعه: مشهد)"، فصلنامه مطالعات شهری، سال دوم، شماره چهارم، ص. ۹۰-۵۹.

-امینی‌نژاد، ر. و افتخاری، ق. (۱۳۸۹)، "مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی حمل‌ونقل"، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.

-آروند، ح. (۱۳۸۶)، "ارزیابی طرح جامع خوی با تأکید بر ابعاد کالبدی-فضایی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما دکتر علی شمعی، دکتر اسماعیل چاوشی، استاد مشاور، دکتر اصغر نظریان، تهران: دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت معلم.

-پورحیدر، م. (۱۳۸۸)، "مروری بر به‌کارگیری سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل در مدیریت ترافیک شهری"، دومین کنفرانس بین‌المللی شهرداری الکترونیک، تهران، سازمان شهرداری‌ها و دهرداری‌های کشور.

-حاجی کریمی، ع. و رنگریز، ح. (۱۳۸۷)، "مدیریت منابع انسانی"، تهران.

-رهنما، م.ر. و معروفی، ا. (۱۳۹۳)، "تحلیلی بر سناریوهای توسعه فضایی- کالبدی شهر بوکان"، فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره هجدهم، شماره ۳، ص. ۱۲۶-۱۲۵.

-طباطبایی، س.ع. و داودی منجزی، ا.ا. (۱۳۸۷)، "آنالیز امکان‌سنجی استفاده از سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل در کلان‌شهرها با هدف کاهش بحران‌های ترافیکی: مطالعه موردی

جنبه‌های کالبدی- اقتصادی شهرها در امر مدیریت ترافیک نتیجه‌ای به جزء شکست به دنبال نخواهد داشت. مساله‌ای که مورد توجه این مقاله نیز قرار گرفته و شبیه‌سازی سناریو با در نظر گرفتن میزان توسعه کاربری اراضی انجام گرفته است.

## ۷-پیشنهادات

پرداختن تنها به موضوع روان‌سازی ترافیک بدون توجه به مدیریت کاربری‌های شهری و رعایت استانداردهای تعریف شده در طرح‌های جامع و تفصیلی شهرها نمی‌تواند در حل مشکلات اساسی روان‌سازی ترافیک موثر واقع شده و پایدار باشد. اما پیشنهادها در این مطالعات ضمن توجه به موضوع مدیریت بر کاربری‌ها استفاده از ظرفیت‌های موجود در محدوده مورد مطالعه پیشنهادهایی را به شرح زیر ارائه می‌نماید.

۱. به دلیل تراکم شدید و معابر محلی برای برون‌رفت از مشکلات و کاهش ازدحام در محدوده مورد مطالعه، افزایش ظرفیت عبوری در مرزهای آن است.
۲. توجه بیشتر به حمل‌ونقل عمومی در طرح‌های جامع و تفصیلی خصوصاً افزایش ظرفیت از طریق ایجاد خطوط BRT در کلان‌شهرها.
۳. توجه به توسعه سیستم هوشمند در حمل‌ونقل عمومی (ITS) و نیز هوشمند شهری (IT).
۴. توجه به گسترش پارکینگ‌های طبقاتی و حذف پارکینگ حاشیه‌ای.

## ۸-پی‌نوشت‌ها

- 1- Traffic
- 2- Scenarios
- 3- Simulating and Forecasting
- 4- Michael Porter
- 5- Peter Schwartz
- 6- Gill Ringland
- 7- Godet and Roublat

## ۹-مراجع

-اسحاقیان، ف. و حسینی، ع. و سید الحسنی، م. (۱۳۹۱)، "ارزیابی طرح بهسازی و نوسازی قطاع دو بافت پیرامون حرم

- شهر اهواز"، هشتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.
- علیزاده، ع. و وحیدی مطلق، و. و ناظمی، (۱۳۸۷)، "سناریونگاری یا برنامه‌ریزی بر پایه سناریو"، چاپ اول، تهران، انتشارات ذره.
- فرخ نیا همدانی، ن. (۱۳۹۰)، "تحلیل راهبردهای روان‌سازی ترافیک بزرگراهی به کمک شبیه‌سازی خردنگر ترافیک - مطالعه موردی بزرگراه نیایش"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- قلی‌زاده بستان آباد، م. (۱۳۹۳)، "بررسی سیستم‌های هوشمند حمل و نقل فناوری اطلاعات IT و سیستم‌های هوشمند حمل و نقل ITS"، شانزدهمین همایش بین‌المللی حمل و نقل ریلی، تهران، انجمن مهندسی حمل و نقل ریلی ایران.
- کرمی، م. و نساری، م. و ابوالفتحی، ح. (۱۳۹۳)، "راهکارهای روان‌سازی ترافیک معابر درون نمونه موردی خیابان قیصریه شهر نهاوند"، اولین کنفرانس ملی شهرسازی، مدیریت شهری و توسعه پایدار، تهران.
- متشکر آرانی، د. و عظیمی، ف. (۱۳۹۵)، "بررسی چالش‌های فصلی اجرای طرح ترافیک در منطقه ۱۲ شهر تهران با کمک مدل دلفی"، فصلنامه علمی - ترویجی راهور، سال سیزدهم، شماره ۳۶، ص. ۱۳۰-۱۰۹.
- مدیفر، ر. و فیضی، ط. (۱۳۹۶)، "طراحی و توسعه مدل بهبود شبکه‌های دسترسی در شهرهای متوسط با استفاده از روش شبیه‌سازی" (مطالعه موردی شهر سنندج)، دوره ۱۴، شماره ۳، ص. ۴۱۴-۴۰۰.
- مسعود، م. و صاحبقرانی، ع. (۱۳۹۳)، "بررسی روش‌های مدل‌سازی و اولویت‌بندی فنون یکپارچه حمل و نقل و کاربری زمین"، فصلنامه علمی - ترویجی راهور، سال یازدهم، شماره ۲۷، ص. ۷۴-۵۳.
- مهماندار، م. حسن‌پور، م. ز و طیبی، م. (۱۳۹۵)، "تعیین سرعت مجاز متغیر با رویکرد ترافیکی"، فصلنامه علمی - ترویجی راهور، سال سیزدهم، شماره ۳۴، ص. ۲۶-۱۱.
- نصیر، م. ص. و هندیانی، ع. (۱۳۹۶)، "تأثیر استفاده از سیستم‌های حمل و نقل هوشمند در مدیریت ترافیک تهران"، فصلنامه علمی - ترویجی راهور، سال چهارم، شماره ۳۸، ص. ۳۷-۹.
- Glasson, J., (2007), "Regional Planning", London: Rutledge.
- Huang, Y. S., Chung, T. H., & Lin, T. H. (2006), "Design and analysis urban traffic lights using timed colour Petri nets". In Proceedings of the International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC'06. 248-253. IEEE.
- Khakee, A., (1991), "Scenario Construction for Urban Planning", Omega.
- Kim, S. & Yeo, H. (2016). "A Flow-based Vulnerability Measure for the Resilience of Urban Road Network. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 218, pp.13-23.
- Li, J. & Li, Q. (2008), "Modeling of Urban Traffic System Based On Dynamic Stochastic Fluid Petri Net. Workshop on Power Electronics and Intelligent Transportation System, Guangzhou, China, 8, pp.485-491.
- Lindgren, M. & H. Bandhold (2003), "Scenario planning the link between future and Strategy", Mats Lindgren and Hans Bandhold.
- López-Neri, E., Ramírez-Treviño, A. & López-Mellado, E. (2009), "A Modeling Framework for Urban Traffic Systems Microscopic Simulation". Simulation Modelling Practice and Theory, 18(8), pp.1145-1161.

- Technologies and Factory Automation, Proceedings. ETFA'03. IEEE Conference (Vol. 2), pp.157-160. IEEE.
- Vichiensan, V., & Miyamoto, K., (2001), "Integrated Approach to Analyze Land-Use Transport and Environment in Bangkok: Case Studies of Railway Impact and TRANUS Application".
- Tian, Z., Jia, L., Dong, H., Su, F. & Zhang, Z. (2016), "Analysis of Urban Road Traffic Network Based on Complex Network. Procedia Engineering, 137, pp.537-546.
- Tolba, C., Thomas, P., ElMoudni, A., & Lefebvre, D. (2003), "Performances evaluation of the traffic control in a single crossroad by Petri nets". In Emerging