شناسایی مزایا و بررسی پارامترهای ترافیکی تبدیل خیابان‌های یک طرفه به دوطرفه: خیابان نظر شهر اصفهان

مقاله علمی – پژوهشی

احمدرضا جعفریان مقدم*، استادیار، دانشکده مهندسی عمران و حمل ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
نریمان نیکو، استادیار، دانشکده مهندسی عمران و حمل ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
علی رستمی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران و حمل ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ar.jafarian@trn.ui.ac.ir

دریافت: ۱٤۰٤/۰۱/۲۰– پذیرش: ۱٤۰٤/۰۵/۰۱
صفحه ۳٤۲-۳۲۳

چکیده

راهکار ترافیکی تبدیل خیابان دوطرفه به یک طرفه، غالباً در خیابان‌های باریک و شلوغ شهرها پیاده‌سازی می گردد. در این مقاله، از طریق مروری بر مطالعات انجام شده به بررسی مزایای تبدیل خیابان های یک طرفه به دوطرفه پرداخته شده است. همچنین در این مقاله، تأثیرات ترافیکی تبدیل خیابان‌های یک‌طرفه به دوطرفه با استفاده از مدل شبیه سازی مورد بررسی قرار گرفته است. شاخص های مرتبط با پارامترهای محیط زیست، ارزش ملک، رونق اقتصادی، پارک حاشیه ای، زمان سفر، مسافت طی شده، سطح سرویس، ایمنی و تصادفات، جرم و امنیت، و هزینه اجرا به عنوان شاخص‌های موثر در ایجاد مزیت برای این تبدیل شناسایی گردیدند. خیابان نظر به عنوان مطالعه موردی انتخاب و سه سناریو برای تبدیل آن به دوطرفه شامل تبدیل بخش شرقی، بخش میانی و هر دو بخش شرقی و میانی بررسی شدند. نتایج شبیه‌سازی نشان داده است که تبدیل بخش شرقی کم‌ترین تأثیر منفی بر پارامترهای ترافیکی مانند سرعت، تأخیر و زمان سفر داشت. تبدیل بخش میانی به دوطرفه نامطلوب‌ترین گزینه بود و باعث کاهش سرعت و افزایش تأخیر شد. در تمامی سناریوها، سطح سرویس شبکه تغییری نکرد. علاوه بر تحلیل ترافیکی از طریق بازدید میدانی، مزایای اجتماعی و اقتصادی این تغییرات، مانند بهبود دسترسی محلی، افزایش ایمنی عابران پیاده و تقویت فعالیت‌های اقتصادی، نیز مورد توجه قرار گرفت. این مطالعه نشان داده است که تبدیل برخی از خیابان‌های یک طرفه به دوطرفه، اگرچه ممکن است برخی پارامترهای ترافیکی را تحت تأثیر قرار دهد، اما داری مزایایی نیز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خیابان یک طرفه، خیابان دوطرفه، شبیه سازی، مطالعه قبل و بعد، پارامترهای ترافیکی

۱-مقدمه

شبکه‌های معابر شهری، عناصر ضروری زندگی روزمره در جوامع مدرن هستند. اختلال شبکه راه می‌تواند به طور جدی به بهره‌وری اقتصادی جامعه خسارت وارد کرده و رفت و آمد روزانه را دشوار نماید (Memarmontazerin, Akbarzadeh, Soleimani, 2023). یکی از روش‌های کاهش ترافیک در مناطق خاص شهری به کمک یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌ها ایجاد می‌شود. یکطرفه کردن خیابان‌ها طرحی است که می‌تواند باعث ممانعت از ورود وسایل نقلیه شخصی به مناطق خاص شهری و هدایت ترافیک به دیگر مناطق گردد (RafieiForoushani, 2015). بسیاری از موارد تبدیل خیابان‌های دوطرفه به یک‌طرفه برای اولین بار در دهه‌های ۱۹۳۰ تا ۱۹۵۰ انجام گرفت (Rigg and Appleyard, 2018). مطالعه قبل و بعد ۱۹۵۰ در بالتیمور[1] نشان داد یک‌طرفه کردن معابر، موجب کاهش ۱۰ تا ۱۵ درصدی حوادث ترافیکی، کاهش ۷۵ تا ۹۰ درصدی تأخیر ترافیک و افزایش ۱۰۰ درصدی گنجایش حجم ترافیک می‌گردد (Murphy, 1950).

این سیاست از گذشته، غالباً در خیابان‌های باریک و شلوغ شهرها پیاده‌سازی می‌شده است (Karimi et.al, 2019). در سالیان گذشته در مفید بودن این راهکار، تردیدهایی بوجود آمده است، علاوه بر این توجه به مسائلی مانند کاهش زمان سفر، تأخیر و کل مسافت طی شده، این تبدیل در جهت افزایش بهره‌وری و رضایت شهروندان و کاهش مصرف سوخت نیز می تواند موثر واقع شود (Rigg and Appleyard, 2018). از طرفی، همزمان با تکامل فناوری‌های حمل‌ونقل، برنامه‌ریزان باید جنبه‌های مختلف کارایی شبکه را در نظر بگیرند تا سیاست‌های محلی و طراحی خیابان را با پایداری و سایر اهداف اجتماعی هماهنگ نمایند (Boeing and Riggs, 2024).

یکی از راهکارهایی که در چند دهه اخیر و بطور ویژه در ایالات متحده در خصوص بهبود شاخص‌های عملکرد راه‌ها اتخاذ شده است، تبدیل خیابان‌های یک طرفه به دوطرفه است (Riggs and Gilderbloom, 2016). اما این تبدیل، خود با چالش‌هایی مواجه است؛ از جمله عدم اطلاع از اثرات آن در معابر ایران، هزینه‌های تبدیل معبر و متفاوت بودن رفتار رانندگان در ایران در مقایسه با دیگر کشورها. رایج‌ترین روش برای انجام این مطالعه، انجام مطالعات موسوم به (مطالعه قبل و بعد) است؛ در این روش، پس از تغییر جهت‌بندی معبر، پارامترهای مورد نظر، پیش از تغییر و پس از تغییر، بررسی و مقایسه می شوند (Roess, Prassas, and McShane,2004). در مطالعات ترافیکی قبل و بعد، پارامترهایی کلیدی شامل سرعت، تأخیر شبکه، چگالی (و به تبع آن سطح سرویس شبکه)، زمان سفر و کل مسافت طی شده در شبکه مورد ارزیابی قرار می گیرند. در ایران هم مطالعاتی در این زمینه انجام شده است، پژوهشی که در شهر قزوین با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام شده‌است، ترجیح دوطرفه یا یک طرفه بودن خیابان‌ها را بررسی نموده است. نتایج بدست آمده، حاکی از لزوم دوطرفه شدن تعدادی از خیابان‌های یک طرفه می‌باشد (Afandizadeh and Taromi, 2006). در این مقاله ضمن بررسی مزایای تبدیل خیابان‌های یک طرفه به دوطرفه از طریق مطالعه پژوهش‌های انجام شده، با استفاده از مدل شبیه سازی، اثرات تبدیل دو خیابان یک طرفه شهر اصفهان به حالت دوطرفه بررسی شده است.

۲-پیشینه تحقیق

در این بخش مهمترین پژوهش‌های مرتبط با موضوع تحقیق مرور، پارامترهای شناسایی شده و نتایج آن‌ها ارائه گردیده است. افندی زاده و طارمی با در نظرگرفتن زمان سفر نشان داده اند که دوطرفه شدن تعدادی از خیابان‌های یک طرفه موثر می‌باشد (Afandizadeh and Taromi, 2006). همچنین، پژوهش اوینگ و دومباغ (Ewing and Dumbaugh, 2009) و ریگز و گیلدربلوم (Riggs and Gilderbloom, 2016) نشان داد که خیابان‌های دو طرفه از همتایان یک طرفه خود امن‌تر هستند. همچنین اوینگ و دومباغ (Ewing and Dumbaugh, 2009) پی برده اند که خیابان‌های یک طرفه می‌توانند سفرهای غیرنقلیه را مختل و گاهی اوقات رفتارهای غیرقانونی غیرقابل اجتنابی را نیز تسهیل نماید. در پژوهش‌های انجام شده توسط پاپایونو (Papaioannou, 2007)و استملی (Stemley, 1998) نشان داده شده است که خیابان‌های یک طرفه سرعت‌های بالاتری را در مناطق مرکز شهر به وجود می‌آورند و باعث ایجاد پیامدهای ایمنی منفی برای جامعه می‌شوند. پژوهش‌های ذویگ، گایا و کسیدی (Doig, Gayah, and Cassidy, 2013)، گایا (Gayah, 2012) و گایا و داگانزو (Gayah and Daganzo, 2012) نشان داده‌اند که خیابان‌های دو طرفه از لحاظ سطح سرویس وسایل نقلیه، برتر هستند. واکر، کولاش و مکهوق (Walker, Kulash, and McHugh, 2012) به مقایسه سیستم‌های خیابانی یک طرفه در مقابل دو طرفه برای مرکز شهرها پرداختند. این تحلیل وزن یکسانی را به کلیه شیوه‌های سفر اختصاص می‌دهد و مسافران غیر همیشگی از مرکز شهر را نیز شامل می‌شود. فاکتورهای مورد بررسی، به دو دسته‌ی فاکتورهای آنالیز رانندگی و فاکتورهای عابر پیاده تقسیم شده‌اند. در نهایت اشاره می‌شود که تبدیل شبکه خیابان از یک طرفه به دو طرفه به خودی خود تضمین تجدید حیات سریع و فعالیت در مرکز شهر نخواهد بود بلکه بیشتر جوامع به عنوان بخشی از یک چشم انداز یا یک طرح برای مرکز شهر خود به این راهکار رسیده‌اند و تبدیل خیابان‌های یک طرفه اغلب با ابتکارات دیگری که برای جذابیت مرکز شهر طراحی شده‌اند همراه است. باکو (Baco, 2009) به مسائل اقتصادی مرتبط با این گونه تبدیل‌ها پرداخته واشاره می‌کند: جهت احیای اقتصادی معابر، یکی از تکنیک‌هایی که به نظر می‌رسد بسیار موفق بوده است تبدیل مجدد خیابان‌های یک طرفه به خیابان‌های دو طرفه می باشد. خیابان‌های یک طرفه گنجایش ترافیک بیشتر و سرعت بیشتر اتومبیل را فراهم می‌کنند، در حالی که خیابان‌های دو طرفه عملکرد یکسانی را ارائه می‌دهند، در عین حال ایمنی عابرین پیاده و قابلیت دیده شدن کسب و کار را نیز افزایش می‌دهند که ازملزومات شهرهای موفق است (Baco, 2009). در سال ۲۰۰۲، برنامه جامع خیابان نشنال تراست[2]، در خصوص حفظ و احیای

خیابان‌های تجاری تاریخی، مفید بودن تبدیل‌های یک طرفه به دوطرفه را تأیید کرد (Edwards, 2002). در چارلستون کارولینای جنوبی[3]، مرکز اصلی خرده فروشی شهر، راه تاریخی کینگ استریت[4] است. این معبر در سال ۱۹۹٤ به صورت دوطرفه بازگردانده شد و به دلیل این تبدیل، این منطقه موقعیت خود را به عنوان یک قطب فرهنگی و خرده فروشی در شهر چارلستون بدست آورد. باکو (Baco, 2009) تاریخچه مفصلی از خیابان کینگ در بازه زمانی ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۰ را شامل اقتصاد کلان، حمل‌ونقل و اقدامات حفاظتی ارائه داده است و نشان می دهد که تبدیل یک طرفه به دو طرفه در سال ۱۹۹٤ در کمک به افزایش ارزش املاک در خیابان کینگ موثر بوده است و این افزایش ارزش املاک و تبدیل خیابان کینگ از یک طرفه به دو طرفه، باعث ایجاد جذابیت‌های جدید تجاری در امتداد خیابان، افزایش فعالیت عابر پیاده منطقه (به دلیل افزایش ایمنی) و جذابیت‌های عمومی شده است (Baco, 2009). در سال ۲۰۱٤ آژانس توسعه میزولا[5] پژوهشی را جهت مقایسه عملکرد خیابان‌های یک طرفه با حالت دوطرفه انجام داد. تجزیه و تحلیل با نرم افزار شبیه ساز ترافیک (سینکرو)[6] انجام گرفت. برای ارزیابی، معیارهای (ایمنی کاربران، جریان ترافیک و سطح سرویس، تاثیرات پارک حاشیه ای و الزامات حق تقدم) مد نظر قرار گرفت و سرانجام، برآورد هزینه در سطح برنامه ریزی و سازوکارهای تأمین اعتبار انجام گرفت. نهایتاً بیان شد برای سال ۲۰٤۰ پیش بینی می‌شود خیابان‌های دوطرفه ٦/٦ درصد تولید ذرات معلق کمتری داشته باشند؛ به علاوه، این تبدیل برعملکرد و سطح سرویس در هیچ یک از تقاطع‌های منطقه مورد مطالعه تأثیر منفی نخواهدگذاشت. همچنین، طرح پیشنهادی از طریق افزایش دید در تقاطع‌ها و کوتاه شدن مسافت‌های عبور، باعث افزایش ایمنی برای عابران پیاده و دوچرخه سواران می‌شود. ضمناً با ایجاد اتصالات منطقی به منطقه و مرکز شهر می‌تواند سیستم دوچرخه سواری را تقویت کند (Agency, 2015). در پژوهش ریگز و گیلدربلوم (Riggs and Gilderbloom, 2016) معیارهای (پویایی یا سکونت پذیری خیابان، ارزش ملک و میزان جرم) پس از تبدیل خیابان از یک طرفه به دو طرفه در لوئیزویل، کنتاکی[7] مورد بررسی قرار گرفتند. در انتها، نشان داده شده است که اولاً، تبدیل دو خیابان مورد بررسی به جریان دو طرفه باعث کاهش ۳٦ و ٦۰ درصدی در کل تصادفات گردیده است. دوماً، باعث کاهش چشمگیر جرم شده است به نحوی که تقریباً سه سال پس از این تبدیل، جرائم ۲۳ درصد کاهش یافته است و سرقت اتومبیل نیز به تنهائی در خیابان‌های تبدیل شده تقریبا یک سوم کاهش یافته‌اند. سوماً باعث افزایش ارزش ملک می‌شود و چهارم اینکه شرایط را برای نظارت بهتر پلیس و حتی توزیع یکنواخت تر اتومبیل‌ها فراهم می‌کند. آنها پی بردند که در خیابان‌های چند بانده یک طرفه، دستگیری مجرم دشوارتر است. همچنین معتقد بودند حرکت اتومبیل‌ها در هر دو جهت ممکن است به معنای چشم‌های ناظر بیشتر در دو جهت متفاوت باشند (Riggs and Gilderbloom, 2016).

تعداد محدودی از مقالات به پیامدهای اقتصادی این تغییرات پرداخته‌اند. مقاله به بررسی تأثیر اقتصادی تبدیل خیابان‌های یک‌طرفه به دوطرفه می‌پردازد و با استفاده از شش مطالعه موردی بین سال‌های ۲۰۰٤ تا ۲۰۱۱، این موضوع را تحلیل می‌کند. محققان این موارد را با نگاهی به رشد نسبی مشاغل در مناطق مورد تبدیل در مقایسه با اقتصاد محلی، هم در سطح کلان و هم در بخش‌های مختلف شغلی، بررسی کردند. سپس این داده‌ها با رشد نسبی درآمد و ارزیابی نتایج کیفی مقایسه شدند. نتایج نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در بهبود چهره خیابان‌ها ممکن است به ویژه برای بخش‌های هنر و سرگرمی مفید باشد، اما همچنین باید به استراتژی‌های بزرگ‌تر توسعه اقتصادی و بهبود کیفیت زندگی متصل شود (Riggs and Appleyard, 2018). جانسون (Johnson, 2020) نشان داده است که تبدیل خیابان‌ها یک طرفه به دوطرفه، زندگی محله های مرکز شهر را بهبود، از توسعه مسکونی و تجاری حمایت و سرمایه گذاری بخش خصوصی را از طریق سرمایه گذاری های زیرساختی عمومی جذب می کند، البته این امر نیازمند محرک‌های مناسب و پشتیبانی شهرداری است. در مطالعه چو و همکاران (Chow et.al, 2021)، شبیه‌سازی‌های میکروسکوپی ترافیک پیاده‌سازی شده بر روی پلت فرم SUMO برای تجزیه و تحلیل اثر تبدیل خیابان در مرکز شهر بریکفیلدز، کوالالامپور انجام شده است. این رویکرد می‌تواند تقاضای سفر را در شبکه‌های خیابانی یک‌طرفه و دوطرفه کنترل و استاندارد کند، و بنابراین ارزیابی منصفانه‌تری را با جلوگیری از همه عوامل اجتماعی–اقتصادی ارائه می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان داده‌اند که خیابان‌های یک طرفه لزوماً کارایی ترافیک شبکه را بهبود نمی‌بخشد، زیرا به تکامل سناریوی ترافیک در طول زمان وابسته است. خیابان‌های یک طرفه به دلیل ظرفیت بالاتر، در زمان شلوغی ترافیک بهتر عمل می‌کنند، اما به طور متوسط، زمان سفر ٤ برابر بیشتر است که باعث می‌شود در مقایسه با خیابان‌های دوطرفه، تردد ترافیک را جهت وسایل

نقلیه به مقصد دشوارتر کند. با گذشت زمان، ازدحام در خیابان های یک طرفه ممکن است در مقایسه با خیابان‌های دو طرفه دو برابر بدتر شود. در مورد چگونگی تأثیر این تبدیل بر مسافت‌های پیموده شده توسط وسایل نقلیه – که با ظهور خودکارسازی ناوگان، برقی‌سازی و درخواست خودرو، اهمیت فزاینده‌ای یافته - اطلاعات کمتری در دست است. بوییِنگ و ریگس (Boeing and Riggs, 2024) تبدیل تبدیل خیابان‌های یک‌طرفه به دوطرفه را در سان فرانسیسکو، کالیفرنیا، شبیه‌سازی کرده‌اند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که سفر درون‌شهری به طور متوسط در شبکه خیابانی فعلی آن، حدود ۱,۷ درصد طولانی‌تر از آنچه در صورت وجود خیابان‌های کاملاً دوطرفه بود، است که معادل ۲۷ میلیون کیلومتر سفر اضافی سالانه است (Boeing and Riggs, 2024). به صورت کلی مزایای مختلفی نظیر کاهش جرائم، کاهش تصادفات وسایل نقلیه با یکدیگر، کاهش تصادفات عابر پیاده، بهبود عملکرد شبکه، رونق اقتصادی خیابان، رضایت بیشتر افراد ناآشنا به شهر، رضایت اهالی، افزایش ارزش زمین را می‌توان در تبدیل خیابان‌های یک طرفه به دوطرفه در نظر گرفت. چکیده‌ای از ویژگی‌های اصلی مورد بررسی در پژوهش‌ها شامل محیط زیست، ارزش ملک، رونق اقتصادی، پارک حاشیه ای، زمان سفر، مسافت طی شده، سطح سرویس، ایمنی و تصادفات، جرم و امنیت، و هزینه اجرا، در قالب جدول ۱ آورده شده است. مطابق جدول، برای هر پژوهش، پارامترهای مورد بررسی، نشان داده شده است. پارامترهایی که در پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند در جدول با علامت ✓ و پارامترهایی که بررسی نشده‌اند با علامت ✗ نشان‌گذاری شده‌اند. مطالعات و مقایسه‌هایی که در زمینه تبدیل خیابان‌های یک طرفه به دوطرفه صورت گرفته است اکثراً به صورت موردی بوده‌اند به این معنا که در یک یا چند خیابان خاص یا محله و یا حداکثر در یک شهر انجام گرفته‌اند و تقریباً در همگی، پارامترهای یکسانی بررسی شده‌اند.

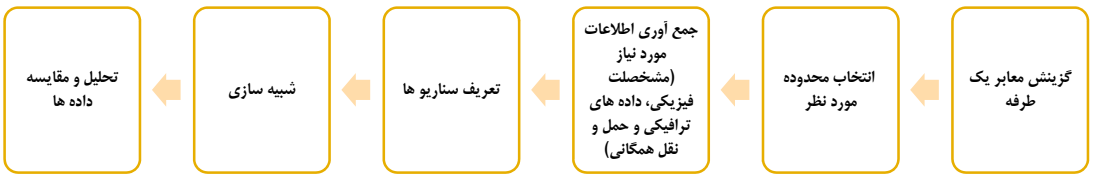
جدول ۱. پژوهش‌های پیشین در زمینه تبدیل خیابان‌های یک طرفه به دوطرفه

مطالعات/ شاخص‌ها	محیط زیست	ارزش ملک	رونق اقتصادی	پارک حاشیه‌ای	زمان سفر	مسافت طی شده	سطح سرویس	ایمنی و تصادفات	جرم و امنیت	هزینه اجرا
(Stemley, 1998)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
(Afandizadeh and Taromi, 2006)	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
(Papaioannou, 2007)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
(Ewing and Dumbaugh, 2009)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗
(Baco, 2009)	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
(Walker, Kulash, and McHugh, 2012)	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
(Gayah and Daganzo, 2012)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
(Gayah, 2012)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Sun, Wang, and Ma, 2012	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Doig, Gayah, and Cassidy, 2013)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
(Agency, 2015)	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓
Riggs and Gilderbloom, 2016)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗
Riggs and Appleyard, 2018)	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
(Johnson, 2020)	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
(Chow et.al, 2021)	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗
Boeing and Riggs, 2024)	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗

۳-مدلسازی

در شکل ۱، روش شناسی مقاله مبتنی بر مدل شبیه سازی آمده است. برای انجام این پژوهش، در مرحله اول معابر یک طرفه گزینش می‌گردند؛ سپس، محدوده‌ای که باید شبیه‌سازی برای آن صورت پذیرد انتخاب و جمع آوری اطلاعات لازم معابر محدوده انجام می‌شود. در نهایت، ضمن تعریف سناریوها و شبیه‌سازی آنها در نرم‌افزار شبیه‌ساز، تحلیل و مقایسه داده‌ها انجام می‌گردد. برای شبیه‌سازی، با توجه به معیارهایی نظیر در دسترس بودن، خردنگر بودن و قابلیت‌های نرم‌افزار، از میان نرم‌افزارهای شبیه‌ساز متنوع، نرم‌افزار شبیه‌ساز Aimsun انتخاب شد. سپس با تعریف سناریوهای مختلف، پارامترهای جریان، سرعت، تأخیر، کل مسافت طی شده، چگالی و سطح سرویس در هر سناریو به دست آمد و با مقایسه هر پارامتر در سناریوهای تعریف شده، به بررسی تبدیل هر کدام از معابر پرداخته شد.

در مرحله اول و با توجه به اینکه از چه مناطقی داده‌های اولیه در دسترس است، معابر یک طرفه گزینش می‌گردند. سپس، ضمن حضور در محل معابر انتخاب شده، امکان تبدیل معبر مذکور به حالت دوطرفه بررسی می‌شود. به صورت مشخص، بزرگترین مانع برای دوطرفه شدن معبر، عرض آن است. در مرحله بعدی، محدوده‌ای که باید شبیه‌سازی برای آن صورت پذیرد انتخاب می‌شود؛ بدیهی است هرچه محدوده مورد نظر بزرگتر باشد، نتایج قابل اتکاتر خواهد بود؛ با این حال بهتر است حداقل دو معبر که به صورت موازی معابر هدف و در دو طرف آنها قرار دارند و همچنین معابری که با معابر هدف تلاقی پیدا می‌کنند، جزو محدوده باشند. البته محدودیت وجود داده‌های اولیه نیز باید مدنظر باشد. مرحله چهارم شامل جمع آوری مشخصات ظاهری و فیزیکی معابر درون محدوده است. این مشخصات شامل طول معابر، عرض معابر، تعداد و عرض خطوط عبوری، مشخصات تقاطع‌های موجود در محدوده و غیره است. سپس مشخصات ترافیکی محدوده نظیر ماتریس مبداء-مقصد محدوده، اطلاعات تردد وسایل حمل‌ونقل عمومی محدوده و اطلاعات چراغ‌های راهنمائی جمع آوری می‌گردد. سپس تعریف سناریوها و انتقال اطلاعات جمع آوری شده به نرم‌افزار شبیه‌ساز، و شبیه‌سازی آنها در نرم‌افزار شبیه‌ساز Aimsun است. در نهایت، ضمن تحلیل و مقایسه داده‌ها، نتیجه‌گیری انجام می‌شود.



شکل ۱. روش شناسی مبتنی بر شبیه‌سازی

۳-۱- گزینش معابر یک طرفه

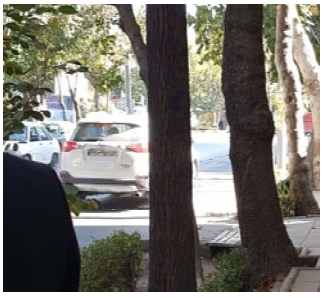
شهر اصفهان به عنوان نمونه موردی برای مطالعه انتخاب شده است. شهر اصفهان، از جمله شهرهایی است که به علت جمعیت بالا، جذب گردشگر سلامت و جذب توریست، افزایش بهره‌وری و کاهش تأخیر در شبکه حمل‌ونقل آن بسیار ضروری به نظر می‌رسد. پس از بررسی‌های لازم، خیابان نظر در شهر اصفهان به عنوان نمونه انتخاب شد (شکل ۲). این خیابان که در جهت شرقی- غربی قرار دارد، شامل سه بخش است؛ بخش اول نظر شرقی است که در جهت شرق به غرب یک طرفه می‌باشد (شکل۲. الف)، بخش دوم نظر میانی است که در جهت غرب به شرق یک طرفه است (شکل۲. ب) و بخش سوم نظر غربی است که در حال حاضر دوطرفه است. قابل ذکر است معابر مذکور در زمان مطالعه برای خودروهای عادی به صورت یک طرفه بوده و یک خط ویژه نیز در جهت عکس دارند.

الف

ب

شکل ۲. الف) خیابان نظر شرقی ب) خیابان نظر میانی

مطابق تصاویر شکل ۳، وجود یک خط ویژه در جهت خلاف جریان اصلی یک طرفه، حرکات خلاف قانونی را بوجود می‌آورد شامل عبور خودروها در جهت اصلی ترافیک در خط ویژه (شکل ۳. الف)، عبور خودروها در خلاف جهت اصلی در خط ویژه (شکل ۳. ب) و عبور قابل توجه موتورسیکلت‌ها در هر دو جهت در خط ویژه. این حرکات از جهت ایمنی، خطراتی را متوجه عابرین و خودروها (علی الخصوص خودروهایی که از فرعی‌های در سمت خط ویژه وارد معبر اصلی می‌شوند) می‌کند. همچنین در تقاطعات نیز می‌تواند حادثه آفرین باشد. عدم وجود اطلاعات دسته بندی شده و دقیق در مورد علت تصادف‌های رخ داده در معابر مورد مطالعه، اظهار نظر قطعی در موارد مذکور را منتفی می‌نماید؛ با این حال مطابق گفتگوهای صورت گرفته با افسران پلیس راهور اصفهان، نکات یاد شده مورد تائید قرار گرفته است. محققان قصد دارند اثرات تبدیل خیابان‌های نظر شرقی و نظر میانی بررسی نمایند.



الف) عبور خودرو در جهت اصلی در خط ویژه

ب) عبور خودرو خلاف جهت اصلی در خط ویژه

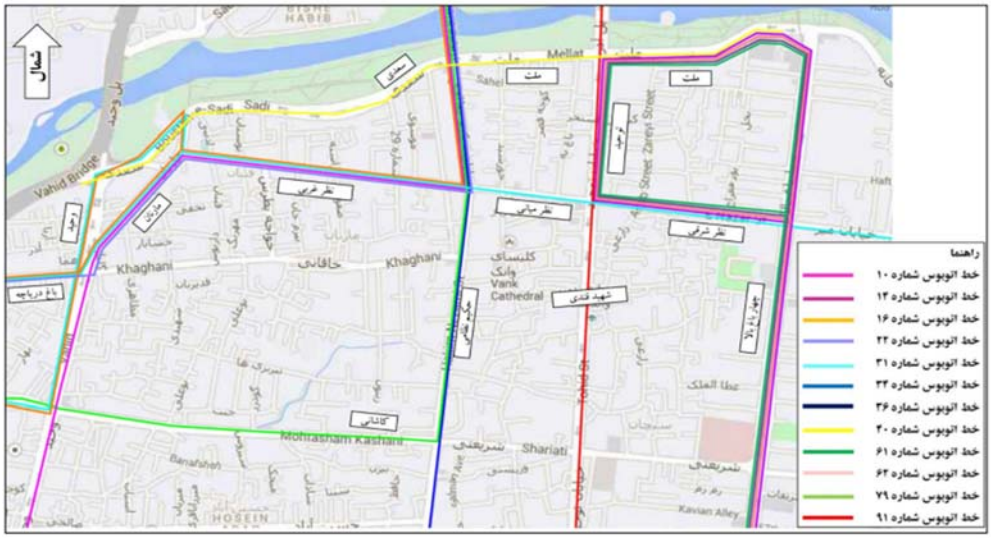
ج) عبور موتور سیکلت در خط ویژه

شکل ۳. عبور خودروها و موتورسیکلت در خلاف جهت

۳-۲- انتخاب محدوده مورد نظر و جمع آوری مشخصات فیزیکی معابر محدوده

مشخصات و ویژگی‌های کلی معابر اصلی موجود در محدوده‌ی مورد مطالعه در پژوهش مطابق شکل ٤ و جدول ۲ می‌باشد. از نظر کاربری‌ها، زمین‌های مجاور معابر یادشده اکثراً کاربری تجاری، اداری و پزشکی دارند که شامل مغازه‌ها، مراکز تجاری، ادارات، مطب‌های پزشکی و رستوران‌ها است. لازم به ذکر است، در مجاورت خیابان‌های نظرشرقی، شهید قندی و باغ دریاچه، تعداد منازل مسکونی بیش از کاربری‌های تجاری-اداری است.

در ستون مربوط به مقطع عرضی جدول ۲، اعدادی که علامت (*) دارند، به این معنا هستند که مقطع عرضی با احتساب رفیوژ میانی محاسبه شده است. مطابق استعلامات صورت گرفته، خطوط اتوبوسی که در ناحیه مورد مطالعه تردد داشته‌اند شامل ۱۲ خط بوده‌اند که اطلاعات تردد آن‌ها در جدول ۳ ارائه شده است و وارد نرم‌افزار شبیه‌ساز شد.



شکل ٤. محدوده موردنظر به همراه مسیرهای اتوبوسرانی

جدول ۲. مشخصات معابر شبیه سازی شده

معبر	محدوده (حدفاصل)	جهت حرکتی فعلی (سناریو پایه)	مقطع عرضی معبر (متر)	محدودیت ترافیکی (پارک حاشیه ای)	رفیوژ میانی
چهارباغ بالا	نظر شرقی-بلوار ملت	شمالی - جنوبی	*۳۵،۰	در حاشیه شرقی آزاد در حاشیه غربی آزاد	✓
بلوار آئینه خانه	شرق تقاطع چهارباغ بالا	شرقی – غربی	*۱۸،۰	در حاشیه شمالی آزاد در حاشیه جنوبی آزاد	✓
بلوار ملت	چهارباغ بالا-توحید	شرقی – غربی	*۲۰،۰	در حاشیه شمالی آزاد در حاشیه جنوبی آزاد	✓
	توحید-حکیم نظامی	شرقی – غربی	*۲۵،۰	در حاشیه شمالی آزاد در حاشیه جنوبی آزاد	✓
پل ابوذر (آذر)	شمال تقاطع ملت	شمالی – جنوبی	*۱۸،۰	در حاشیه شرقی ممنوع در حاشیه غربی ممنوع	✓
توحید	ملت-شهید قندی	شمالی – جنوبی	*۲۵،۰	در حاشیه شرقی آزاد در حاشیه غربی آزاد	✓
حکیم نظامی	ملت-شهید قندی	شمالی – جنوبی	۲۲،۰	در حاشیه شرقی آزاد	✖

				در حاشیه غربی آزاد	
پل فلزی	شمال تقاطع ملت	شمالی – جنوبی	۱۲،۰	در حاشیه شرقی ممنوع در حاشیه غربی ممنوع	✖
بوستان سعدی	غرب تقاطع حکیم نظامی	شرقی – غربی	۲۰،۰*	در حاشیه شمالی آزاد در حاشیه جنوبی آزاد	✔
خیابان وحید	شمال و جنوب تقاطع خاقانی	شمالی – جنوبی	۲۷،۰*	در حاشیه شرقی آزاد در حاشیه غربی آزاد	✔
باغ دریاچه	غرب تقاطع وحید	شرقی – غربی	۱۱،۰	در حاشیه شمالی آزاد در حاشیه جنوبی آزاد	✖
خاقانی	وحید–خواجه پطرس	شرقی – غربی	۸،۰	در حاشیه شمالی آزاد در حاشیه جنوبی ممنوع	✖
	خواجه پطرس–حکیم نظامی	غرب به شرق	۳،۸	در حاشیه شمالی ممنوع در حاشیه جنوبی ممنوع	✖
شهید قندی	توحید – حکیم نظامی	شرق به غرب	۹،۰	در حاشیه شمالی آزاد در حاشیه جنوبی آزاد	✖
نظر غربی	مارنان – حکیم نظامی	شرقی – غربی	۱۲،۰	در حاشیه شمالی آزاد در حاشیه جنوبی آزاد	✖
نظر میانی	حکیم نظامی – توحید	غرب به شرق	۱۲،۰	در حاشیه شمالی ممنوع در حاشیه جنوبی آزاد	✖
نظر شرقی	توحید – چهارباغ بالا	شرق به غرب	۱۲،۰	در حاشیه شمالی آزاد در حاشیه جنوبی ممنوع	✖

جدول ۳. فهرست خطوط اتوبوس عبوری در محدوده مورد مطالعه

ردیف	شماره خط	مبداء	مقصد
۱	۱۰	پایانه باغ قوشخانه	میدان ارتش
۲	۱٤	هتل پل	مرداویج
۳	۱٦	سه راه ملک شهر	پایانه زاینده رود
٤	۲۲	پایانه خرم	جانبازان
٥	۳۱	پایانه زاینده رود	پایانه آبشار
٦	۳٤	میدان جمهوری اسلامی	ترمینال صفه
۷	۳٦	هتل پل	کوی ارم
۸	٤۰	هتل پل	شهرک امیریه
۹	٦۱	هتل پل	کوی امام جعفر صادق (ع)
۱۰	٦۲	هتل پل	کوی سپاهان
۱۱	۷۹	انقلاب	شهید مفتح
۱۲	۹۱	ملک شهر	پایانه صفه

۳-۳- جمع آوری اطلاعات مورد نیاز

اطلاعات مورد نیاز نظیر شبکه حمل‌ونقل اصفهان، ماتریس تقاضای سفر و اطلاعات تردد اتوبوس‌ها، با استفاده از مطالعات جامع حمل‌ونقل شهر اصفهان (Isfahan Comprehensive Transportation Studies, 2015) و داده‌های معاونت ترافیک شهرداری اصفهان جمع آوری شده است.

۳-۳-۱ جمع آوری داده‌های ترافیکی محدوده

برداشت حجم ترافیک در معابر، به عنوان پایه‌ای‌ترین پارامتر ترافیکی جهت بررسی و تحلیل شبکه معابر مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش برداشت و جمع آوری داده مذکور به شرح زیر می‌باشد. پس از مشخص شدن شبکه معابر محدوده مورد مطالعه، نسبت به شناسایی معابر مهم و تاثیرگذار بر شبکه اقدام و سپس پلان آماربرداری بر اساس آن تهیه شده است. با توجه به آنکه نتایج برداشت آمار حجم می‌بایست به گونه‌ای صورت می‌گرفت که از نتایج آن بتوان در تهیه ماتریس مبداء-مقصد و همچنین کالیبراسیون شبکه معابر شبیه‌سازی شده استفاده شود، فرایند آمارگیری در چهار گروه به شرح ذیل انجام پذیرفته است.

-آمارگیری پلاک خودروهای ورودی و خروجی محدوده مورد مطالعه؛ در این روش، پلاک کلیه خودروهای عبوری در مقاطع مشخص شده توسط آمارگیران قرائت و بوسیله دستگاه ضبط صدا، ثبت می‌شود که در ادامه و در یک کار دفتری، ورود داده‌ی پلاک‌های ضبط شده به محیط رایانه انجام می‌گیرد. بر این اساس و در آمارگیری صورت گرفته در این مطالعات، مقاطعی از معابر در محل‌های ورودی/خروجی محدوده مورد مطالعه انتخاب و با توجه به حجم تردد در رویکردهای معابر، تعداد یک و یا دو آمارگیر جهت ثبت پلاک به هر رویکرد اختصاص داده شد. جدول ٤ جزئیات پلان آماربرداری ثبت پلاک محدوده مورد نظر را ارائه می‌کند.

-آمارگیری حجم تردد در معابر محدوده مورد مطالعه؛ در این روش که به صورت مرسوم در بسیاری از مطالعات حمل‌ونقل و ترافیک صورت می‌پذیرد، حجم تردد وسایل نقلیه در بازه‌های زمانی ۱۵ دقیقه‌ای در مقطعی از معبر بصورت دستی شمارش می‌شود. بر این اساس و در این مطالعات، حجم عبوری در برخی مقاطع از معابر اصلی به تفکیک وسایل نقلیه سبک و سنگین در دوره آماربرداری شمارش شده است که هدف اصلی آن، استفاده به عنوان یکی از معیارهای کالیبراسیون شبکه شبیه‌سازی شده بوده است.

-شمارش حجم تردد گردشی در تقاطعات محدوده مورد مطالعه بر اساس فیلم‌های دریافتی از مرکز کنترل ترافیک شهرداری اصفهان؛ بر اساس هماهنگی‌های صورت گرفته با مرکز کنترل ترافیک شهرداری اصفهان، در گام نخست، تقاطعاتی که مجهز به سیستم نظارت تصویری بوده اند مشخص شده و در گام دوم، مناسب‌ترین زاویه ممکن برای دوربین انتخاب گردیده است بگونه‌ای که بتوان از فیلم ضبط شده، بیشترین تعداد حرکت گردشی در تقاطع را در دوره آماربرداری مشاهده و شمارش نمود. احجام شمارش شده در این تقاطعات به عنوان مکمل احجام تردد عبوری معابر در بحث کالیبراسیون مورد استفاده قرار گرفته است.

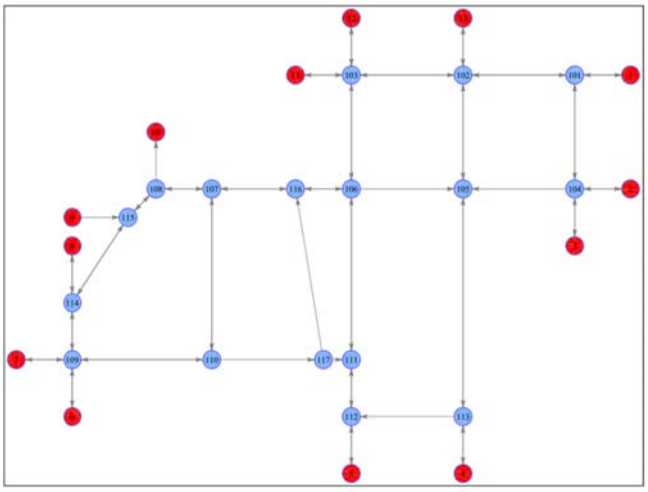
-سایر تقاطعات مهم و تاثیرگذار در محدوده‌های مورد مطالعه که شمارش احجام آن‌ها از طریق دوربین‌های نظارت تصویری امکان پذیر نبوده است؛ با استفاده از آمارگیر و به صورت شمارش دستی صورت گرفته است. بر این اساس شکل ۵ نمایش شماتیکی از شبکه معابر منطقه و جدول ۵ متوسط درصد تطابق پلاک‌ها در ایستگاه‌های ورودی در کل دوره آماربرداری ناحیه را نشان می‌دهند. به طور متوسط ۲٤ درصد تطابق داشته اند.

در نهایت شانزده ماتریس مبداء-مقصد نمونه پانزده دقیقه‌ای ایجاد شده است. لازم به ذکر است به منظور تعیین ماتریس مبداء-مقصد نمونه، پیش پردازها و کنترل‌های زیادی در فرآیند تطابق پلاک‌ها در نظر گرفته شده است. از جمله مهم ترین آنها می‌توان به بررسی وجود مسیر بین هر زوج مبداء-مقصد، بررسی تطابق پلاک‌ها، با و بدون در نظرگیری حرف فارسی موجود در پلاک‌ها و اصلاح پلاک‌های تکراری اشاره نمود

جدول ٤. جزئیات پلان آماربرداری ثبت پلاک خودروهای ورودی و خروجی محدوده مورد مطالعه

نام معبر	رویکرد ثبت پلاک	تعداد نفرات آماربردار
آئینه خانه	شرق به غرب	۲
	غرب به شرق	۲
میرفندرسکی	شرق به غرب	۱
	غرب به شرق	۱
چهارباغ بالا در جنوب محدوده	شمال به جنوب	۲
	جنوب به شمال	۲
توحید	شمال به جنوب	۲
	جنوب به شمال	۲
حکیم نظامی	شمال به جنوب	۲
	جنوب به شمال	۲
وحید در جنوب محدوده	شمال به جنوب	۲
	جنوب به شمال	۲
باغ دریاچه	شرق به غرب	۱
	غرب به شرق	۱

وحید در شمال محدوده	شمال به جنوب	۲
	جنوب به شمال	۲
شهنواز	غرب به شرق	۲
مارنان	جنوب به شمال	۲
سعدی	شرق به غرب	۲
	غرب به شرق	۲
پل فلزی	شمال به جنوب	۲
	جنوب به شمال	۲
پل ابوذر (آذر)	شمال به جنوب	۲
	جنوب به شمال	۲
چهارباغ بالا در داخل محدوده	شمال به جنوب	۲
	جنوب به شمال	۲
مجموع نفرات		٤۸



شکل۵. نمایش شماتیک شبکه معابر محدوده

جدول ۵. درصد تطابق خودروها در هر یک از ایستگاه‌های ثبت پلاک برای کل دوره اوج عصر

ایستگاه	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	میانگین
درصد تطابق	۳۳	۲٥	۲۱	۱٦	۲۹	۱۸	۲۸	۲۰	۲۰	۲٦	۲۱	۲۱	۲۸	۲٤

۳-٤- تعریف سناریوها

با توجه به اینکه این پژوهش بر شبیه‌سازی استوار است، برای مقایسه و نتیجه گیری بهتر باید چند حالت گوناگون برای جهت بندی معابر انتخاب شده در نظر گرفته شود؛ به هر کدام از این حالات، سناریو گویند. در این مطالعه، سناریو که از جهت اجرایی و منطقی قابل پیاده سازی باشند تعریف شده است؛ لازم به تذکر است، حالاتی که شامل عکس شدن جهت معبر یک‌طرفه می‌شود در نظر گرفته نشده است زیرا مطابق مطالعات مدیریت شبکه معابر شهر اصفهان که در سال ۱۳۹۵ انجام شده است، جهت فعلی مناسب‌تر می‌باشد و دوم اینکه عکس شدن جهت معبر یک طرفه، تا مدت‌ها پس از اجرا، مشکلات و درگیری‌های ترافیکی

زیادی برای کاربران شبکه ایجاد می‌نماید و موجب سردرگمی و اشتباه می‌شود. همچنین به جهت اینکه یک معیار قابل درک، مشهود و قابل راستی آزمایی برای مقایسه در پژوهش وجود داشته باشد، وضعیت فعلی نیز تحت عنوان (سناریو پایه) در مقایسه‌ها و بررسی نتایج ارائه داده می‌شود. جدول ٦ جهت بندی معابر هر سناریو را ارائه می‌نماید؛ لازم به ذکر است مابقی معابر محدوده با جهت بندی ابتدائی حفظ شده‌اند. در سناریو اول، فقط خیابان نظر شرقی دوطرفه شد، در سناریو دوم، تنها خیابان نظر میانی دوطرفه شد و در سناریو سوم، هر دو معبر مذکور دوطرفه شدند. یک سناریو هم به نام سناریو پایه انتخاب شد که وضعیت فعلی معابر را شامل می‌شود.

جدول ٦. سناریوهای پژوهش

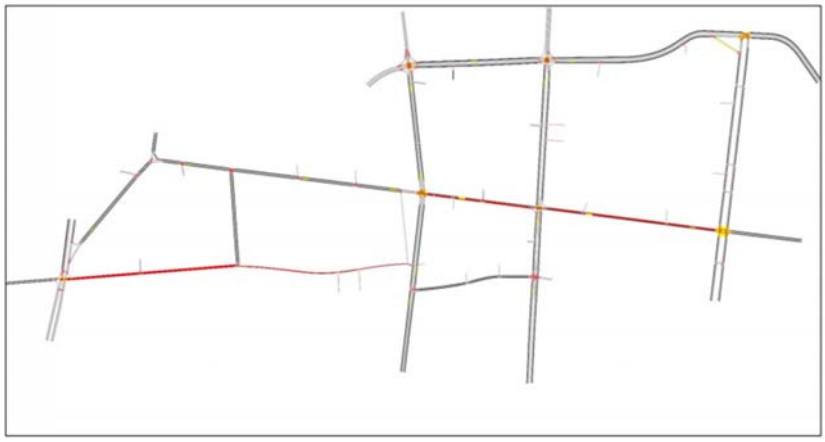
سناریو	جهت‌بندی نظر شرقی	جهت‌بندی نظر میانی
پایه	شرق به غرب	غرب به شرق
سناریو (۱)	دوطرفه	غرب به شرق
سناریو (۲)	شرق به غرب	دوطرفه
سناریو (۳)	دوطرفه	دوطرفه

۳-۵- شبیه‌سازی

برای استفاده از نرم‌افزار خردنگر شبیه ساز Aimsun ابتدا باید شبکه پایه ساخته شود، پس از آن خطاهای احتمالی برطرف شده و شبکه موجود با نتایج بازدید میدانی مطابقت داشته باشد. سپس داده‌های مورد نیاز وارد شده و نتایج استحصال شوند.

۳-۵-۱- ساخت مدل

ابتدا شبکه مورد نظر شامل معابر و ویژگی‌های هندسی آنها وارد نرم‌افزار مشده است (شکل ٦). سپس با بررسی مشاهدات میدانی و نقشه‌های موجود، صحت اطلاعات وارد شده سنجیده می‌شود. مشخصات کل شبکه معابر شبیه‌سازی شده به شرح جدول ۷ می‌باشد.

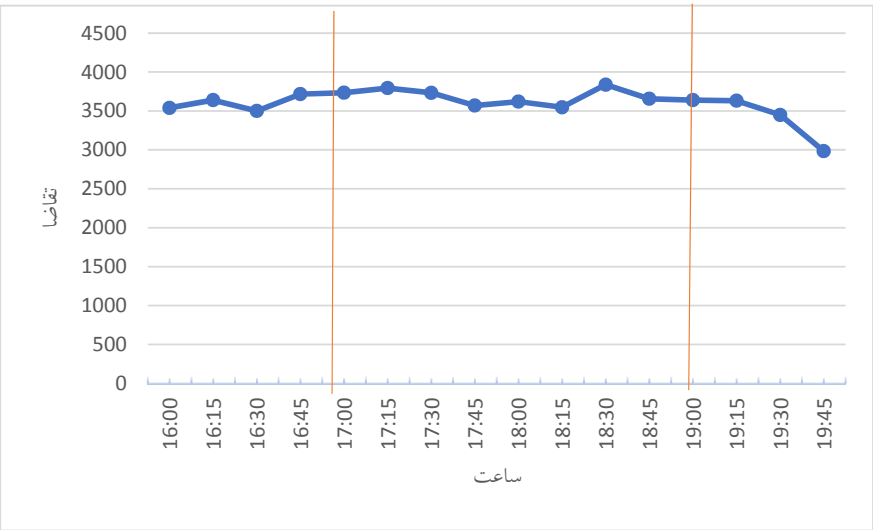


شکل٦. شبکه معابر شبیه‌سازی شده در نرم افزار

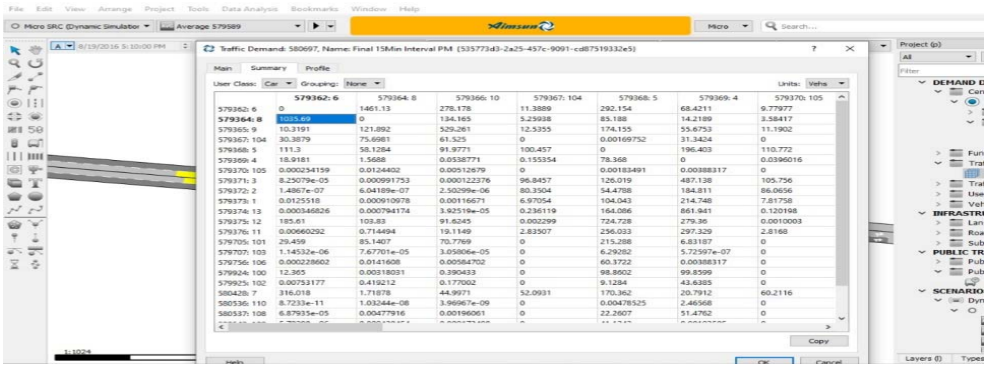
جدول۷. مشخصات عمومی معابر

مجموع طول مقاطع شبکه	مجموع طول خطوط (Lane)	تعداد قطعات راه	مجموع تعداد تقاطعات	تعداد centroid
۲۲ کیلومتر	۵۱ کیلومتر	۲۱۱ قطعه	۹۱ تقاطع	۲۳

همانطوری که در شکل ۷ قابل مشاهده است، آمار تقاضای بدست آمده مربوط به بازه‌ی زمانی ۱٦ الی ۲۰ می‌باشد که ساعت اوج محدوده یاد شده است. برای مدلسازی ، غالبا یک بازه‌ی زمانی یک ساعته در نظر گرفته می‌شود که در واقع تقاضای بازه‌ی اوج به حداکثر می‌رسد. در این مطالعه به جهت افزایش دقت مدلسازی، پژوهشگر بازه‌ی دوساعته را انتخاب نموده است. همان‌گونه که در شکل ۷ نشان داده شده است، تقاضا از ساعت ۱٦ شروع به افزایش کرده و با نزدیک شدن به ساعت ۲۰، کاهش یافته است. برای مدلسازی‌های این چنینی، غالبا یک بازه‌ی زمانی یک ساعته در نظر گرفته می‌شود که در واقع تقاضای بازه‌ی اوج به حداکثر می‌رسد. در این مطالعه به جهت افزایش دقت مدلسازی، پژوهشگر بازه‌ی دوساعته را انتخاب نموده استپس از بررسی نمودار یاد شده بازه‌ی دو ساعته مدنظر (۱۹-۱۷) درنظر گرفته شده است. همانطوری که در جدول ۷ نشان داده شده است، محدوده مورد نظر شامل ۲۳ ناحیه فرعی می‌باشد که آمار تقاضای سفر از مرکز هر ناحیه به مرکز ناحیه دیگر در یک ماتریس ۲۳ در۲۳، در قالب یک فایل اکسل و هر ۱۵ دقیقه یک بار به عنوان داده اولیه موجود بود که اعداد مربوط به بازه‌ی زمانی مورد نظر وارد نرم افزار شبیه ساز شد (شکل ۸). همچنین ویژگی‌های خودروهای موجود در شبکه کالیبره شد. این فرایند به کمک جدول ۸ صورت پذیرفت.



شکل ۷. نمودار تقاضا بر حسب زمان در بازه‌ی زمانی ٤ ساعته اوج

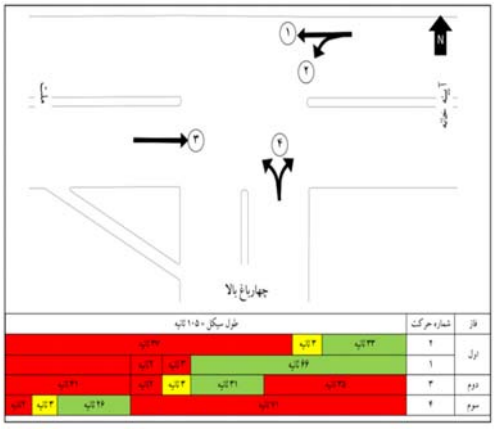


شکل ۱. بخش ورود تقاضاها در نرم‌افزار شبیه ساز Aimsun

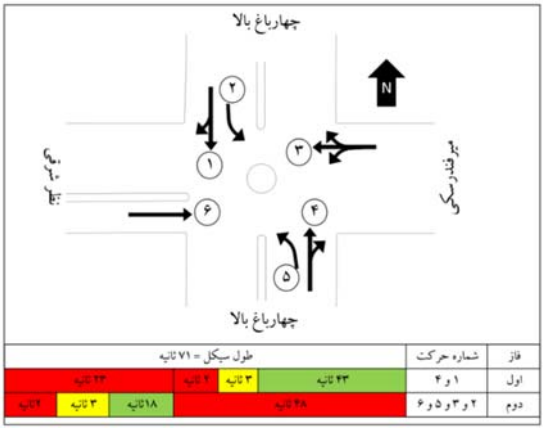
جدول ۸. مشخصات خودروی معادل

پارامتر	وزن (کیلوگرم)	طول (میلیمتر)	عرض (میلیمتر)	بیشینه سرعت (کیلومتر بر ساعت)	بیشینه شتاب (مجذور متر بر ثانیه)
میانگین	۱۰۴۴٫۵۵	۴۱۴۱٫۸۲	۱۶۵۶٫۸۵	۱۶۴٫۵۳	۱٫۹۲۷
کمینه	۹۳۴	۳۸۳۵	۱۶۰۵	۱۴۰	۱٫۴۶
بیشینه	۱۲۶۴	۴۵۲۴	۱۷۵۵	۲۰۰	۲٫۷۲
انحراف معیار	۱۰۴٫۱۲	۲۸۰٫۶۵	۴۷٫۰۱	۲۱٫۵	۰٫۴۱
ضریب تغییرات	۲۹٫۳	۱۴٫۷۶	۳۵٫۲	۷٫۶۵	۴٫۷

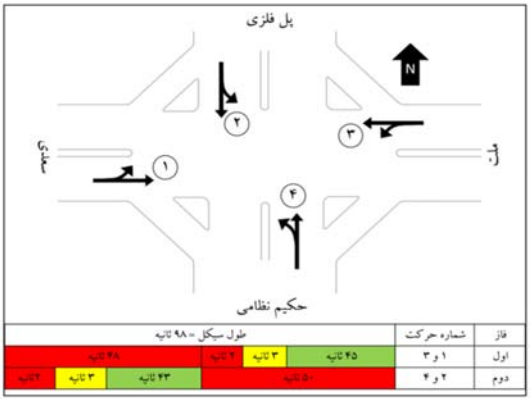
برای تمام تقاطعات لازم است وضعیت حق تقدم‌ها، نوع چراغ‌ها و دسترسی‌های مجاز و ممنوع شرح داده شود. همچنین اطلاعات چراغ‌ها که شامل زمان سبز، زرد، قرمز و مدت زمان فاز تمام قرمز هر تقاطع است، یکی از پارامترهای مهم برای مدلسازی محسوب می‌شود. در شکل‌های ۹ و ۱۰ به ترتیب وضعیت فازبندی و زمان بندی تقاطع‌های زماندار واقع در محدوده مورد مطالعه ارائه شده است؛ لازم به ذکر است حرکات راستگرد جدا شده بوسیله جزیره، در فازبندی لحاظ نگردیده است. مطابق استعلامات صورت گرفته، خطوط اتوبوسی که در ناحیه مورد مطالعه تردد داشته اند شامل ۱۲ خط بوده اند که اطلاعات تردد آنها وارد نرم‌افزار شبیه‌ساز شد.



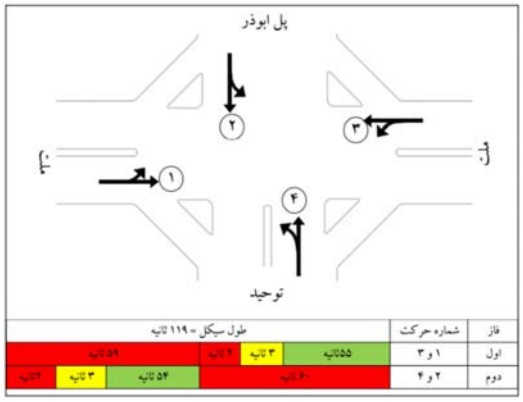
الف) فازبندی و زمان‌بندی تقاطع چهارباغ بالا – بلوار ملت



ب) فازبندی و زمان‌بندی تقاطع چهارباغ بالا – نظرشرقی

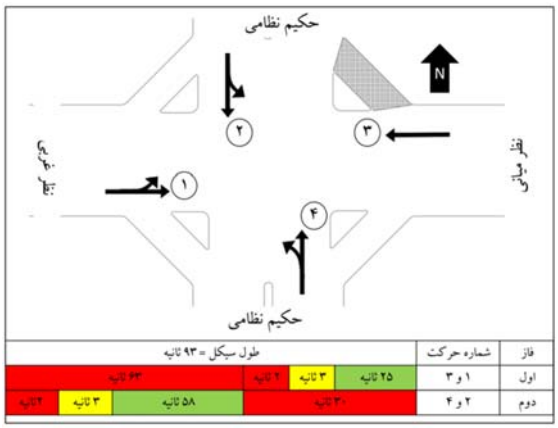


ج) فازبندی و زمان‌بندی تقاطع بلوار ملت - حکیم نظامی

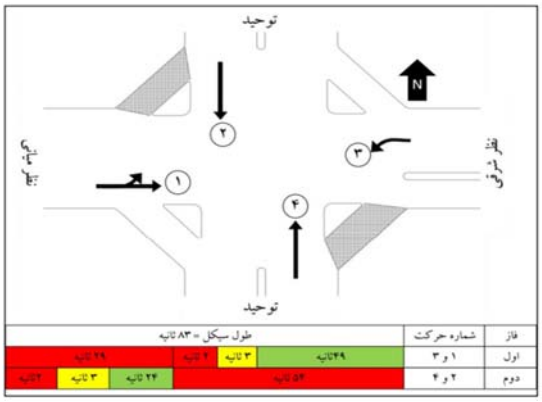


د) فازبندی و زمان‌بندی تقاطع ملت - توحید

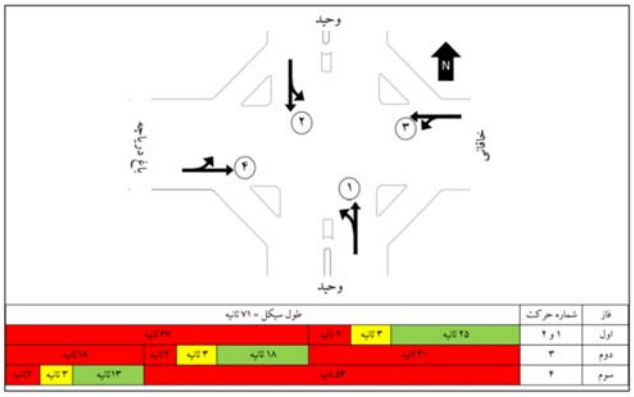
شکل۹. فازبندی و زمان‌بندی



ن) فازبندی و زمان‌بندی تقاطع نظرمیانی - حکیم نظامی



و) فازبندی و زمان‌بندی تقاطع توحید - نظرشرقی



ه) فازبندی و زمان‌بندی تقاطع وحید - خاقانی

شکل۱۰. فازبندی و زمان‌بندی- ادامه

۳-۵-۲- کالیبراسیون و اعتبارسنجی

پس از اطمینان از صحت شبکه ساخته شده در محیط نرم‌افزار شبیه‌ساز، آخرین گام قبل از اجرای مدل جهت بدست آوردن شاخص‌های عملکردی مورد نیاز، تنظیم پارامترهای مدل‌های رفتاری موجود در نرم‌افزار شبیه‌ساز (کالیبراسیون) به منظور انطباق هرچه بیشتر رفتارهای شبیه‌سازی شده در مدل با رفتارهای مشاهده شده در جریان واقعی ترافیک است. به منظور

کالیبراسیون شبکه معابر محدوده مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار شبیه‌سازی، دو پارامتر کلی در نظر گرفته شده است. پارامتر اول شامل برداشت حجم عبوری در مقاطع مختلف برخی معابر و همچنین حرکات گردشی و عبوری در برخی تقاطعات محدوده مورد مطالعه بوده است. پارامتر دوم شامل برداشت زمان سفر در معابر محدوده مورد مطالعه و در دوره زمانی آماربرداری بوده است. این امر با استفاده از روش خودروی شناور و بر اساس شیوه اجازه راننده به سبقت در صورتی که یک خودرو از او سبقت گرفته باشد انجام گرفته است. این مرحله شامل سه گام است:

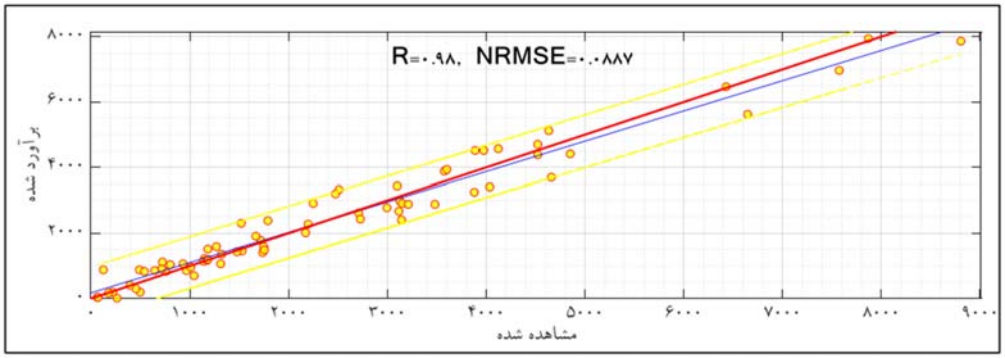
-کالیبراسیون انتخاب مسیر: اگر شبکه شبیه‌سازی شده دارای مسیرهای موازی باشد، انتخاب مسیر (تخصیص) اهمیت پیدا می‌کند. این گام به شناسایی و پرداخت پارامترهای مربوط به تخصیص می‌پردازد. در مطالعه فعلی با توجه به وجود معابر موازی و چندین مسیر بین تعدادی از زوج مبداء-مقصدها، تنظیم این گروه از پارامترها ضروری است. لازم به ذکر است اهداف مطالعه حاضر اهمیت این دسته از پارامترها را نسبت به سایر پارامترها دوچندان می‌کند.

-کالیبراسیون ظرفیت: این گام برای کالیبراسیون بسیار مهم است زیرا ظرفیت، نقش مهمی در عملکرد ترافیک دارد. اهداف این گام از کالیبراسیون، یافتن پارامترهای مدل به نحوی است که مدل با اندازه‌گیری‌های میدانی بهترین تطابق را داشته باشد.

-کالیبراسیون عملکرد: در این گام پارامترهای تاثیرگذار بر روی عملکرد مورد انتظار مدل شبیه‌سازی شده تنظیم می‌شود که این پارامترها با توجه به اهداف مطالعه تعیین می‌گردد.

در نرم‌افزار Aimsun به طور پیش فرض زمان عکس العمل برابر با گام‌های شبیه‌سازی است. به عبارتی هر واقعه و وضعیتی که در گام nام شبیه‌سازی اتفاق می‌افتد در گام بعدی برای آن اقدام صورت می‌گیرد که همان زمان عکس العمل می‌شود. زمان عکس العمل در نرم‌افزار Aimsun در بازه ۰٫۱ تا ۱٫۵ ثانیه قابل تغییر است. لازم به ذکر است چنانچه برای یک نوع وسیله نقلیه، زمان عکس العمل‌های متفاوتی مدنظر باشد، می‌توان مقادیر زمان عکس العمل را متفاوت از گام شبیه‌سازی تعریف نمود.

در نهایت مسئله کالیبراسیون به شکل یک مسئله بهینه‌سازی در نظر گرفته شده که تابع هدف آن کمینه نمودن مجذور مربع خطای نرمال شده[۱۳] (NRMSE) است. بر این اساس پارامترهای مرتبط با انتخاب مسیر رانندگان با توجه به وجود مسیرهای موازی، پارامترهای مربوط به عملکرد وسیله نقلیه و زمان عکس العمل رانندگان به عنوان مهم‌ترین پارامتر بر روی حداکثر حجم عبوری از معابر، بردار متغیرهای تصمیم در مسئله بهینه سازی را تشکیل می‌دهند. مجذور مربع خطای نرمال شده برای معیارهای کارایی در نظر گرفته شده بصورت همفزون برابر با ۰٫۰۸۸۷ گردیده است (شکل ۱۱). قابل ذکر است که پس از کالیبراسیون، با توجه به برداشت‌های صورت گرفته، اعتبارسنجی بر روی مجموعه‌ای مجزا از داده های ناهمفزون بر روی مدل شبیه‌سازی انجام و ضریب تعیین R^2= ۰٫۸۹ بدست آمده که در شبیه‌سازی ترافیکی قابل قبول بوده و اعتبار مدل را اثبات می‌نماید.



شکل ۱۱. نتایج کالیبراسیون برای معیارهای کارایی در نظر گرفته شده بصورت همفزون

۳-۵-۲- اجرای مدل

در اجرای این شبیه سازی در هر سناریو، ۵ بار شبیه سازی صورت پذیرفته است و نتایج به دست آمده میانگین گرفته شده است. سیکل شبیه سازی ۳ دقیقه ای است با ۲ اینتروال[11] به این معنا که هر ۳ دقیقه، یکبار نرم افزار در تخصیص‌ها بازنگری می‌کند و در هر بازنگری، ۲ بازه‌ی ۳ دقیقه ای قبلی را نیز در نظر می‌گیرد. در هر بار اجرای سناریو، ۵ دقیقه مدت زمان مهیا شدن[12] ترافیک درنظر گرفته شده است به این معنی که در ابتدای شبیه‌سازی، به مدت ۵ دقیقه خودروها با نرخ تقاضای ۱۵ دقیقه اول در شبکه حرکت داده شده‌اند. علت انجام چنین کاری این است که در حالت عادی، نرم افزار، معبر را خالی در نظر گرفته و از ساعتی که تقاضا به آن داده شده است شبکه را پر در نظر می‌گیرد در حالیکه طبیعتا پیش از ساعت شروع شبیه‌سازی نیز تعداد قابل توجهی خودرو در شبکه بوده است. علت استفاده از ریتم ۱۵ دقیقه اول، نزدیک بودن تقاضا به واقعیت است.

٤-تحلیل نتایج

نتایج حاصل از شبیه‌سازی نرم‌افزاری به شرح جدول ۹ می‌باشد. به طور کلی از منظر مقایسه پارامتر جریان، هر سناریو که جریان بالاتری داشته باشد، مطلوب‌تر است زیرا نشان‌دهنده عملکرد بهتر شبکه و توانایی آن در فراهم نمودن عبور تعداد بیشتری وسیله‌نقلیه است. در سناریو۱ جریان تغییر کمتری نسبت به سناریو پایه داشته است. دیگر پارامتر مهم سرعت است؛ زیرا سرعت بالاتر برای هر سناریو به معنای جذابیت بیشتر آن برای وسایل نقلیه می باشد. سناریو ۱ کاهش سرعت کمتری نسبت به سناریو پایه داشته است. بدیهی است تأخیر کمتر جذابیت بیشتری برای کاربران شبکه دارد. در این مورد هم سناریو ۱ تاخیر کمتری داشته است. در رابطه با پارامتر چگالی، هر چه چگالی شبکه بالاتر باشد به معنای شلوغ تر بودن شبکه است و طبیعتاً سناریو با چگالی کمتر مطلوب تر خواهد بود. در این مورد سناریو ۱ کمترین بوده است. پارامتر (کل زمان سفر شبکه) با وجود آنکه قرابت زیادی با تأخیر و زمان سفر دارد، اما در برخی موارد می‌تواند ملاک قضاوت خوبی برای مقایسه سناریوها باشد. در این مورد هم همان طور که می‌دانیم، کل زمان سفر کمتر، مطلوب‌تر است. سناریو۱ کمترین تغییر را نسبت به حالت پایه داشته است. همچنین کل مسافت طی شده یکی از پارامترهایی است که در تصمیم گیری درباره سناریوها نقش مهمی دارد و علاوه بر اینکه مجموع مسافت طی شده وسایل نقلیه داخل شبکه را نشان می‌دهد و کمتر بودن آن برای هر سناریو یک امتیاز محسوب می‌شود، می‌تواند به نوعی نشان دهنده مصرف سوخت نیز باشد زیرا در شرایطی که سرعت‌ها تفاوت چشمگیری نداشته باشند، مسافت طی شده بیشتر، مصرف سوخت بیشتری نیز به دنبال خواهد داشت. تنها در این پارامتر، سناریو ۳ و ۱ عملکرد بهتری نسبت به حالت پایه داشته و منجر به کاهش حدود ۲ درصدی کل مسافت طی شده گردیده‌اند.

جدول۹. نتایج شبیه سازی

شاخص /سناریو	سناریو پایه	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳
جریان بر حسب وسیله نقلیه بر ساعت *veh/h*	14513	14459	14329	**14417**
درصد تغییر نسبت به سناریو پایه	0%	-0.37%	-1.27%	**-0.66%**
سرعت بر حسب کیلومتر بر ساعت *Km/h*	24.8	24.3	23.9	**24.1**
درصد تغییر نسبت به سناریو پایه	0%	-2.02%	-3.63%	**-2.82%**
تأخیر بر حسب ثانیه بر کیلومتر *sec/Km*	63.7	68.3	74.8	**71.8**
درصد تغییر نسبت به سناریو پایه	0%	7.22%	17.43%	**12.72%**
چگالی بر حسب وسیله نقلیه بر کیلومتر *veh/Km*	15.3	15.7	16.8	**16.2**
درصد تغییر نسبت به سناریو پایه	0%	2.61%	9.80%	**5.88%**
سطح سرویس	B	B	B	**B**
کل زمان سفر بر حسب ساعت *h*	1856	1899	1998	**1951**
درصد تغییر نسبت به سناریو پایه	0%	2.31%	7.70%	**5.12%**

کل مسافت طی شده بر حسب کیلومتر Km	42042	41232	41599	**41234**
درصد تغییر نسبت به سناریو پایه	0%	-1.93%	-1.05%	**-1.92%**

در جدول ۱۰، نتایج به صورت مجزا و با توجه به مطالب بیان شده، از بهترین سناریو به بدترین سناریو از ۱ تا ٤ شماره گذاری شده‌اند. مطابق جدول ۱۰ واضح است از منظر ترافیکی و بازدهی شبکه، وضعیت فعلی یا سناریو پایه (یک طرفه بودن نظر شرقی در جهت شرق به غرب و یک طرفه بودن نظر میانی از جهت در رابطه با مقایسه تاثیر هر سناریو بر پارامترهای ترافیکی بیان شده، مشاهده می‌شود بیشترین تاثیر تغییر حالت فعلی در درجه اول بر روی تأخیر شبکه خواهد بود و پس از آن بر روی چگالی بیشترین اثر را دارد؛ با این حال ، سطح سرویس هر چهار سناریو یکسان است. همچنین کمترین تاثیر اجرای سناریوهای فوق بر روی دو معیار (جریان) و (کل مسافت طی شده) است.

با توجه به درصدهای ارائه شده، به راحتی می‌توان نتیجه گرفت سناریو دوم از هر نظر غیر قابل قبول است اما با توجه به اختلاف اندک نتایج باقی سناریوها با سناریو پایه می‌توان گفت، اجرای سناریوهای اول و سوم از منظر پارامترهای ترافیکی بیان شده تفاوت قابل توجهی با سناریو پایه نداشته و در صورتیکه برای هر کدام مزیت مهمی یافت شود، اجرای آن سناریو می‌تواند شرایط بهتری رقم بزند.

از منظر مقایسه سرعت و تاثیر آن بر ایمنی، با وجود آنکه مطابق پیش بینی، دوطرفه شدن معبر باعث کاهش سرعت می‌شود اما اختلاف کم سرعت متوسط در سناریوها با یکدیگر و همچنین پائین بودن سرعت متوسط در سناریو پایه، موجب می‌شوند که غرب به شرق) مطلوب ترین حالت است. در وهله بعدی سناریو اول (دو طرفه بودن نظر شرقی و یک طرفه بودن نظر میانی) و پس از آن سناریو سوم (دوطرفه بودن هر دو معبر) مطلوب هستند و کمترین مطلوبیت مربوط به سناریو دوم (یک طرفه ماندن نظر شرقی و دو طرفه شدن نظر میانی) می‌باشد.

نتوان افزایش ایمنی قابل توجهی در اجرای سناریوها را متصور شد. از منظر کاهش کل مسافت طی شده و تاثیر آن بر مصرف سوخت نیز همانگونه که اشاره شد، پیاده سازی هیچ کدام از سناریوها، کل مسافت طی شده را به شکل محسوسی کاهش نداده‌اند و بنابراین از این جهت هیچ کدام بر دیگری برتری ندارند. ضمن آنکه، علاوه بر کل‌مسافت طی شده، پارامترهایی نظیر مدت زمان حرکت نیز بر مصرف سوخت تاثیرگذار است.

با توجه به وجود محله توریستی جلفا در منطقه مذکور، ممکن است دوطرفه بودن معابر باعث کاهش سردرگمی گردشگران شود. علی الخصوص مسافرانی که با خودرو شخصی سفر کرده اند. دوطرفه بودن معابر باعث افزایش تردد در آنها شده و مخصوصا در بازه‌های خلوت تر شبانه روز، می‌تواند بر روی میزان وقوع جرم مخصوصا سرقت خودرو تاثیر مثبت داشته باشد (همانگونه که در کشورهای دیگر چنین تاثیری مشاهده شده است). همچنین ممکن است، دوطرفه بودن معبر باعث کاهش تردد در فرعی‌ها و کوچه‌های منطقه شده و ایمنی و آرامش آنها را افزایش دهد که می تواند مورد بررسی قرار گیرد.

جدول۱۰. مقایسه سناریوها

شاخص /سناریو	سناریو پایه	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳
درصد تغییرجریان نسبت به سناریو برتر	0%	0.37%	1.27%	00.66%
رتبه بندی بر اساس جریان	۱	۲	٤	۳
درصد تغییر سرعت از منظر راننده نسبت به سناریو برتر	0%	2.02%	3.63%	2.82%
رتبه بندی بر اساس سرعت از منظر راننده	۱	۲	۳	٤
درصد تغییر سرعت از منظر ایمنی نسبت به سناریو برتر	3.77%	1.67%	0%	0.84%
رتبه بندی بر اساس سرعت از منظر ایمنی	٤	۳	۱	۲
درصد تغییر تأخیر نسبت به سناریو برتر	0%	7.22%	17.43%	12.72%
رتبه بندی بر اساس تأخیر	۱	۲	٤	۳

درصد تغییر چگالی نسبت به سناریو برتر	0%	2.61%	9.80%	5.88%
رتبه بندی بر اساس چگالی	۱	۲	٤	۳
درصد تغییر کل مسافت طی شده نسبت به سناریو برتر	1.97%	0%	0.89%	0%
رتبه بندی بر اساس کل مسافت طی شده	۳	۱	۲	۱

۵-نتیجه‌گیری

در این مقاله، با استفاده از روش شبیه‌سازی رایانه‌ای به بررسی تأثیرات تبدیل خیابان‌های یک‌طرفه به دوطرفه دو معبر نظر شرقی و نظر میانی در شهر اصفهان استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که تبدیل بخش شرقی کم‌ترین اثر منفی و بخش میانی بیشترین تأخیر و کاهش سرعت را ایجاد کرد، در حالی‌که سطح سرویس شبکه ثابت ماند. همچنین پارامترهای غیرترافیکی از طریق بازدیدهای میدانی صورت گرفته در ساعات مختلف روز و همچنین ایام گوناگون هفته، نکات و مسائلی مورد توجه پژوهشگر قرار گرفت. در مجموع، این تبدیل با وجود برخی اثرات ترافیکی، می‌تواند مزایایی در بهبود زیست‌پذیری شهری داشته باشد. در رابطه با محدوده مطالعه، هرچند محدوده‌ای که اطلاعات حجم و ماتریس‌های آن موجود بود تا حد زیادی نیازهای پژوهشگر را برای شبیه‌سازی مرتفع می‌نمود، با این حال، در اختیار داشتن اطلاعات مربوط به محور شریعتی شرقی – شریعتی غربی، حدفاصل چهارباغ بالا و حکیم نظامی، به عنوان محور موازی معابر هدف، می‌توانست نتایج دقیق‌تر و مطلوب‌تری ارائه نماید. معابر استراتژیک‌تری با طول و عرض بیشتر در شهر اصفهان وجود دارند که در زمان پژوهش، اطلاعات اولیه تقاضای آنها وجود نداشت و احتمالاً تأثیر اجرای سناریوهای مختلف قابل اجرا در آنها برای دوطرفه کردن بخشی از معبر یا تمام آن، نتایج متفاوت تر و قابل توجه‌تری به همراه دارد. از جمله خیابان‌های شهید بهشتی و کاشانی که در امتداد یکدیگر قرار گرفته‌اند و حدفاصل پل فلزی و میدان جمهوری اسلامی قرار دارند.

همچنین بررسی تغییرات ایمنی و امنیت تبدیل خیابان های دوطرفه به یک طرفه در سناریوهای مختلف، بررسی تأثیر جهت بندی معبر اصلی بر روی میزان تردد معابر فرعی و کوچه‌های منتهی به آنها، و بررسی وقوع جرم و مقایسه آنها در معابر یک طرفه و دوطرفه در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد.

٦-پی‌نوشت‌ها

1. Baltimore, Maryland
2. National Trust
3. Charleston, South Carolina
4. King Street
5. Missoula Redevelopment Agency (MRA)
6. Synchro
7. Louisville, Kentucky
8. Iowa
9. Massachusetts
10. Idaho
11. Interval
12. Warm up
13. Normalized Root Mean Square Error (NRMSE)

۷-مراجع

-رفیعی فروشانی، نرگس (۱۳۹٤). یکطرفه کردن خیابان‌ها سیاستی در جهت کاهش ترافیک در منطقه‌ی خاصی در شهر. مطالعه موردی: شهر اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: سید نادر شتاب بوشهری، اصفهان: دانشکده دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان.

-کریمی، هادی، رفیعی فروشانی، نرگس، حسینی نسب، سید محمد رضا، و شتاب بوشهری، سید نادر (۲۰۱۹). یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه حمل و نقل شهری با هدف کاهش ترافیک یک منطقه خاص. *فصلنامه مهندسی حمل و نقل*، ۱۰(۳)، ٦۳٦-٦۱۷.

-معمارمنتظرین، سروش، اکبرزاده، میثم، و سلیمانی، شیدا (۲۰۲۳). ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری و شناسایی نقاط بحرانی، مطالعه موردی شبکه معابر شهری اصفهان. *پژوهشنامه حمل و نقل*، ۲۰(۲)، ۳۷۸-۳٦۹.

-مطالعات جامع حمل و نقل شهر اصفهان، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان، (۱۳۹٤).

-Afandizadeh, Z. S., & Taromi, R. (2006). Selecting an Optimum Configuration of Urban One-Way and Two-Way Streets Using Genetic Algorithms. *International Journal of Civil Engineerng*, 4(3), 244-259.
-Baco, M. E. (2009). (2024) One-way to two-way street conversions as a preservation and downtown revitalization tool: The case study of Upper King Street, Charleston, *South Carolina (Master's thesis, Clemson University)*.
-Boeing, G., & Riggs, W. (2024). Converting one-way streets to two-way streets to improve transportation network efficiency and reduce vehicle distance traveled. *Journal of Planning Education and Research*, 44(3), 1670-1678.
-Chow, Y. H., Tan, Q. Y., Bhuiyan, M. A. S., Kumar, B. V. D., Reaz, M. B. I., Yuen, C. W., & Ooi, K. J. A. (2021, August). Urban Traffic Network Sustainability of One-Way and Two-Way Streets: A Case Study in Downtown Brickfields, Kuala Lumpur.
-Doig, J. C., Gayah, V. V., & Cassidy, M. J. (2013). Inhomogeneous flow patterns in undersaturated road networks: Implications for macroscopic fundamental diagram. Transportation Research Record, 2390(1), 68-75.
-Edwards, J. D. (2002). Converting one-way streets to two-way: managing traffic on main street. *The National Trust's Main Street Center*, Washington, DC.

-Ewing, R., & Dumbaugh, E. (2009). The built environment and traffic safety: a review of empirical evidence. *Journal of Planning Literature*, 23(4), 347-367.
-Johnson, B. (2020). Two-Ways to Revitalize Downtown: One-way to Two-way Street Conversion and its Potential Implications for Downtown Winnipeg's South Portage Neighbourhood.
-Gayah, V. V. (2012). Two-way street networks: More efficient than previously thought?. *Access Magazine*, 1(41), 10-15.
-Gayah, V. V., & Daganzo, C. F. (2012). Analytical capacity comparison of one-way and two-way signalized street networks. *Transportation Research Record*, 2301(1), 76-85.
-Murphy, C. J. (1950). Baltimore's one-way streets. Traffic Quarterly, 4(3).
-Papaioannou, P. (2007). Driver behaviour, dilemma zone and safety effects at urban signalised intersections in Greece. *Accident Analysis & Prevention*, 39(1), 147-158.
-Riggs, W., & Gilderbloom, J. (2016). Two-way street conversion: Evidence of increased livability in Louisville. *Journal of Planning Education and Research*, 36(1), 105-118.
Riggs, W., & Appleyard, B. (2018). The economic impact of one to two-way street conversions: advancing a context-sensitive framework. Journal of Urbanism, *International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 11(2), 129-148.
-Roess, R. P., Prassas, E. S., & McShane, W. R. (2004). Traffic engineering Pearson/Prentice Hall, 1-99.
-Stemley, J. J. (1998). One-way streets provide superior safety and convenience. *ITE Journal*, 68(8), 47-50.
-Sun, F., Wang, D. H., & Ma, D. F. (2012). Evaluating the Reconversion of One-Way Street Pairs to Two-Way Operations in the Central Business District of Hangzhou. In CICTP 2012, *Multimodal Transportation Systems—Convenient, Safe, Cost-Effective, Efficient*, 599-610.
-Walker, G. W., Kulash, W. M., & McHugh, B. T. (2000). Downtown Streets: Are We Strangling Ourselves in One-Way Networks? (No. E-C019,).

Identifying Benefits and Analyzing Traffic Parameters of One-Way to Two-Way Street Conversion: A Case Study of Nazar Street, Isfahan

Ahmad Reza Jafarian-Moghaddam, Assistant Professor, Department of Railway Engineering & and Transportation Planning, Faculty of Civil Engineering & Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
Nariman Nikoo, Assistant Professor, Department of Railway Engineering & and Transportation Planning, Faculty of Civil Engineering & Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
Ali Rostami, M.Sc., Grad., Department of Railway Engineering & and Transportation Planning, Faculty of Civil Engineering & Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

E-mail: ar.jafarian@trn.ui.ac.ir

Received: May 2025- Accepted: August 2025

ABSTRACT
The conversion of two-way streets to one-way systems is a traffic management strategy frequently implemented in narrow and congested urban areas. However, doubts have emerged regarding the overall effectiveness of this approach. This paper aims to investigate the potential benefits of converting one-way streets back to two-way operation through a review of existing literature. Furthermore, the traffic impacts of such conversions are analyzed using a simulation model. Key indicators related to environmental parameters, property value, economic vitality, on-street parking, travel time, distance traveled, level of service, safety and accidents, crime and security, and implementation cost were identified as influential factors in determining the advantages of this conversion. Nazar Street was selected as a case study, and three scenarios for its conversion to a two-way street were examined: converting the eastern section, the central section, and both the eastern and central sections. Simulation results indicated that converting the eastern section had the least negative impact on traffic parameters such as speed, delay, and travel time. Conversely, converting the central section to two-way operation was the least favorable option, leading to reduced speeds and increased delays. Across all scenarios, the network level of service remained unchanged. In addition to the traffic analysis, conducted through field observations, the social and economic benefits of these changes, such as improved local accessibility, enhanced pedestrian safety, and the strengthening of economic activities, were also considered. This study suggests that converting certain one-way streets to two-way operation, while potentially influencing some traffic parameters, can offer notable advantages.

Keywords: One-way Street, Two-way Street, Simulation, Before-and-after Study, Traffic Parameters