

بهینه‌سازی عملکرد میدان‌های ترافیکی توسط شبیه‌سازی سناریوهای مختلف افزودن چراغ راهنمایی (مطالعه موردی: میدان ولیعصر و فردوسی تهران)

مقاله علمی - پژوهشی

شهریار افندی‌زاده*، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
سپیده جعفری، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
حمید بیگدلی‌راد، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه امام خمینی قزوین (ره)، قزوین، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zargari@iust.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۰ - پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰

صفحه ۳۸-۱۹

چکیده

در میدان‌ها با حجم ترافیک زیاد، کنترل عملکرد میدان بوسیله قوانین حق تقدم منجر به ایجاد صف، کاهش ظرفیت و افزایش زمان تأخیر در میدان خواهد شد. نظریه کنترل میدان به وسیله چراغ‌های راهنمایی به ویژه در ساعات اوج ترافیک می‌تواند به عنوان یک اقدام متقابل برای حل این مشکل، مناسب باشد. در این مورد، تعیین نوع کنترل و تنظیمات فازبندی و زمان‌بندی چراغ راهنمایی و همچنین تعریف الگوی در رابطه با قرارگیری چراغ راهنمایی در میدان به منظور انتخاب بهترین گزینه عملکرد چراغ راهنمایی در آن و دستیابی به نتایج بهینه، یکی از مشکلاتی است که مهندسان ترافیک به هنگام تجهیز میدان با چراغ‌های راهنمایی با آن روبه‌رو هستند. در این پایان‌نامه، جهت ارزیابی عملکرد چراغ راهنمایی در میدان‌هایی با نرخ جریان زیاد و به منظور یافتن سناریو مناسب استفاده از چراغ راهنمایی با هدف بهبود شرایط میدان، میدان ولیعصر تهران به عنوان مطالعه موردی و میدان فردوسی به عنوان مدل اعتبارسنجی در نرم افزار AIMSUN، شبیه‌سازی شده‌اند. با توجه به نتایج بدست آمده برای میدان ولیعصر شامل ۳۲ درصد کاهش زمان تأخیر، ۱۷ درصد کاهش چگالی، ۱۳ درصد افزایش جریان، ۴۸ درصد افزایش سرعت و ۱۷ درصد کاهش زمان کل سفر، به هنگام قرار دادن چراغ راهنمایی در سناریوی بهینه آن می‌توان این طور بیان کرد که استفاده از چراغ‌های راهنمایی در میدان‌هایی با حجم ترافیک بالا، گزینه مناسبی به منظور دستیابی به عبور جریان ترافیک بیشتر و تأخیرهای کمتر است.

واژه‌های کلیدی: میدان ترافیکی، چراغ‌های راهنمایی، تأخیر تقاطع، شبیه‌سازی ترافیکی، AIMSUN

۱- مقدمه

به هر حال معایب میدان از جمله عبور عابرین پیاده به صورت کنترل نشده و همچنین کاستی‌های آن تحت وجود جریان ترافیکی با حجم زیاد و نامتعادل در داخل میدان و معابر اطراف آن، گاهی اوقات به قدری چشم‌گیر است که طراحی مجدد یک تقاطع را الزامی می‌کند (Mohebifard and Hajbabaie, 2020). یافتن مناسب‌ترین نوع کنترل چراغ راهنمایی در هر

علی‌رغم مزایای قابل توجه میدان‌ها نسبت به تقاطع‌های کنترل شده با چراغ راهنمایی یا بدون چراغ راهنمایی، میدان نمی‌تواند هر دو مورد ظرفیت و ایمنی تقاطع را در کنار هم داشته باشد. میدان، طرح مناسبی برای تقاطع‌هایی با حجم بالای ترافیک گردشی است و می‌تواند جریان ترافیک و ایمنی را بهبود بخشد (Qadri et al., 2020; Shaaban et al., 2019).

در آن وسایل نقلیه ورودی حق تقدم را به وسایل نقلیه چرخشی می‌دادند. میدان، سه مشخصه اصلی در مقایسه با دایر ترافیکی یا میدان‌های قدیمی دارا می‌باشند که عبارتند از رعایت حق تقدم در ورود، تعریض رویکرد و انحنای. علاوه بر این سه نیاز اولیه، نشانه‌های عمومی دیگری نیز برای میدان‌ها وجود دارد (Cheah and Yeak, 2022). طبق بیان گوک در سال ۲۰۱۵ در اغلب شرایط پاسخ راننده به خط رعایت حق تقدم با فرضیات فاصله قابل قبول مطابقت دارد. به علت رفتار راننده و تغییرات هندسی انتقال تئوری‌های روش رگرسیون از یک کشور به کشور دیگر ممکن نیست. طبق بیان فیسک در سال ۲۰۱۹ مدل‌های رگرسیون نباید از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر مابین میادین با شکل‌های هندسی متفاوت انتقال پیدا کنند، او همچنین بیان داشت که به علت اینکه مدل‌های رگرسیون نیاز به اطلاعات زیادی برای کالیبره شدن دارند ممکن است در یک شرایط خاص خوب جواب بدهند ولی نمی‌توان آنها را به موارد کلی تعمیم داد (Gökçe et al., 2015). گرشنسن در سال ۲۰۰۴ تأخیر را در تقاطعی بررسی کرد که در آن تقاطع جریان اصلی حق تقدم داشت. او فرض کرد که هر دو جریان اصلی و فرعی به طور اتفاقی به تقاطع می‌رسند اما وسیله نقلیه مسیر اصلی نمی‌تواند زودتر از T ثانیه بعد از وسیله نقلیه قبلی وارد تقاطع شود، پس از آن وسایل نقلیه مسیر فرعی زمانی وارد می‌شوند که فاصله قابل دسترسی بزرگتر از T ثانیه موجود باشد. اگر فاصله انتخابی به اندازه کافی بزرگ باشد چندین وسیله از مسیر فرعی یکدیگر را در تقاطع با مدت زمان‌های ثانیه ای دنبال می‌کنند. (Gershenson, 2004). گارسیا در سال ۲۰۱۳ بیان داشت که فرضیات گوک مبنی بر ثابت بودن و اینکه توزیع سر فاصله جریان اصلی اتفاقی است واقع بینانه نبوده است. مطالعات ترافیک همچنین باعث به وجود آمدن مفاهیم جریان‌های غالب و تابع شد. جریان غالب به جریانی اطلاق می‌شود که دارای بیشترین جریان ورودی است، مابقی جریان‌ها، جریان تابع خواهند بود. این معادلات در راهنمای طراحی راه‌های استرالیا به کار می‌رود (Garcia-Nieto et al., 2013).

شلوخی، راهبندها، آلودگی‌های هوای شهری بر اثر سوخت وسایل نقلیه، میزان تصادفات، به هم خوردن نظم و آرامش محل‌های مسکونی، سروصدای وسایل نقلیه، استهلاک وارده بر وسایل نقلیه، هدر رفتن وقت افراد و مصرف بالای سوخت به عنوان یک سرمایه عظیم ملی، از جمله مشکلات به وجود آمده

مورد کار مشکل و پیچیده‌ای بوده و نیازمند به در نظر گرفتن عوامل متعددی است. به عنوان مثال اگر در یک میدان مشکل تشکیل صف‌های طولانی در بازه ساعت اوج میدان، وجود داشته باشد، تعریف سناریویی مربوط به قرارداد چراغ راهنمایی در میدان که بتواند به حل این مشکل در طول ساعت اوج کمک کند درحالی‌که تأثیرات منفی بسزایی بر روی ظرفیت میدان در طول ساعات غیر اوج داشته باشد، راه حل مناسبی نخواهد بود. به طور مشابه تعریف سناریوی دیگری که مشکل تشکیل صف را در یک ورودی میدان بهبود بخشد درحالی‌که مشکلات اساسی دیگری را برای سایر ورودی‌ها ایجاد کند، نمی‌تواند راه حل معقولی باشد. به منظور ارزیابی گزینه‌های مختلف طراحی با فاکتورهای مختلف ترافیکی و نهایتاً پیشنهاد طرح‌های مؤثر و به موقع، ضروری است که تحلیل‌گر و طراح از ابزارهای مفید و موثر استفاده بکند (Afanizadeh and Bigdeli Rad, 2021; Wu and Zhu, 2021). اگرچه کنترل عملکرد ورودی‌ها در میدان‌ها به طور پیش فرض وجود دارد، دایره‌های ترافیکی و میدان‌ها در برخی موارد به وسیله چراغ‌های راهنمایی کنترل می‌شوند. بیشتر میدان‌های دارای چراغ راهنمایی، میدان‌هایی بوده‌اند که به دلایل مختلفی چراغ راهنمایی در آنها نصب شده است (Afanizadeh Zargari et al., 2019). قرارداد چراغ راهنمایی در میدان‌ها می‌تواند به عنوان تفکر معکوسی در نظر گرفته شود. میدان‌ها به منظور دستیابی به ظرفیت بیشتر و تأخیرهای کمتر، طراحی و ساخته می‌شوند. درحالی‌که افزودن چراغ راهنمایی به میدان، به صورت پایه‌ای با این هدف مغایرت دارد. اگرچه نصب چراغ راهنمایی در میدان به طور سطحی بر روی برخی از اهداف طرح میدان اثرات منفی می‌گذارد اما همچنان چندین مزیت اساسی که طرح هندسی میدان فراهم می‌آورد، وجود دارد. هنوز یک بحث اصلی در مورد اینکه آیا سناریو قرارداد چراغ راهنمایی در یک میدان، باید قبل از نصب آن در میدان بررسی شود یا اینکه از ابتدا نباید به عنوان یک گزینه مطرح شود، وجود دارد (Ameri et al., 2021; Jamal et al., 2021). اولین تقاطع دایروی در کشور آمریکا در سال ۱۹۰۵ در شهر نیویورک به نام دایره کلمبوس ساخته شد. در فاصله سال‌های ۱۹۲۵ تا ۱۹۲۶ در لندن میدان‌های ترافیکی ایجاد شدند که از مهم‌ترین آنها میدان ترافالگر، قوس ماربل و میدان‌های هاید پارک، پارلیامنت و آلدویچ بودند (Dimon ety al., 2022). در سال ۱۹۶۶ قانون حق تقدم اجباری در انگلستان اتخاذ شد که

به جای استفاده از یک تقاطع تماماً کنترل شده با چراغ‌های راهنمایی، در یک مطالعه موردی، عملکرد یک میدان را یک بار بدون بکارگیری چراغ راهنمایی مترینگ و یک بار با بکارگیری آنها از نقطه نظر هزینه، مصرف سوخت، انتشار آلاینده‌ها، تأخیر و درجه اشباع با استفاده از نرم افزار مقایسه و ارزیابی کرده است (Hatami, H., & Aghayan, 2017). در سال ۲۰۱۷، پیلکو و همکاران مطالعه‌ای را در رابطه با طراحی و اجرای سیستم چراغ‌های راهنمایی در میدانی در خیابان هیلزبورو نیویورک انجام دادند. به دلیل وجود جریان ترافیک زیاد و نامتعادل در ساعات اوج صبح و عصر در میدان، کنترل میدان به وسیله چراغ‌های راهنمایی لازم در نظر گرفته شد. طبق نتایج بدست آمده از این پژوهش طراحی سیستم جدید چراغ‌های راهنمایی این اجازه را می‌دهد که جریان ترافیک در داخل میدان با کمترین توقف عبور کند. یک میدان کنترل‌شونده با چراغ راهنمایی بهترین راه حل مهندسی ترافیک در متعادل سازی عملکرد تمام رویکردهای میدان و بهبود ایمنی ترافیک برای استفاده‌کنندگان از راه است (Pilko et al., 2017).

در سال ۲۰۲۱، دانش و همکاران با استفاده از مدل شبیه‌ساز میکرو Aimsun به تجزیه و تحلیل ظرفیت و سرعت جریان تخلیه صف در یک تقاطع چراغ‌دار پرداختند. پژوهش نشان داد که Aimsun یک ابزار مناسب برای ارزیابی و تجزیه و تحلیل ظرفیت تقاطع چراغ‌دار است. با این حال تعدادی از محدودیت‌های نرم‌افزار Aimsun نیز در این پژوهش مشاهده شد. این محدودیت‌ها به طور کلی با ویرایش و برنامه‌نویسی مدل همراه است. در میان آنها یکی از مهم‌ترین موارد فقدان پارامتر میزان استفاده از خط عبوری شناخته شده است (Danesh et al., 2021). در سال ۲۰۱۹، قدری همکاران، در مقاله خود با عنوان "رابطه کنترل میدان با چراغ راهنمایی و ظرفیت"، از روش کنترل ترافیک برای وسایل نقلیه موتوری به منظور ایجاد مدل‌هایی برای ظرفیت حرکت‌های مستقیم و چپ‌گرد در میدان‌های کنترل شده با چراغ‌های راهنمایی و همچنین تحلیل اثر چرخه چراغ راهنمایی و شعاع میدان بر روی ظرفیت میدان کنترل شده با چراغ راهنمایی، استفاده کرده‌اند. در این مطالعه مشاهده شد که عوامل تعیین‌کننده اصلی برای رسیدن به ظرفیت حداکثر در میدان‌های کنترل شده با چراغ راهنمایی، تعداد خطوط عبوری ورودی به میدان و تعداد لوپ‌های مرتبط با آن که از شعاع میدان تبعیت می‌کنند، هستند. همچنین در صورتی که زمان چرخه چراغ

بر اثر تداخل وسایل نقلیه در تقاطع‌های شهری و تأخیرهای ناشی از آن می‌باشد. برطبق گزارشات مؤسسه بیمه در زمینه ایمنی بزرگراه‌ها در سال ۲۰۰۰ میلادی، میداین برای کاهش برخوردها در تقاطع‌ها معرفی شده‌اند. تحقیقات گزارش وضعیت در سال ۲۰۰۱ نیز به این نکته اشاره دارد که استفاده از میداین موجب کاهش تعداد توقف مورد نیاز قبل از ورود به تقاطع شده است. از آراء عمومی و نظرات مردم که در گزارش وضعیت سال ۲۰۰۱ ذکر شده است، این نکته استنباط می‌شود که از مخالفت‌هایی که در ابتدا عموم مردم با میداین داشتند کاسته شده و اکثر مردم از نصب میداین در عرض چند ماه ابراز رضایت دارند و از این موضوع پشتیبانی می‌کنند. تقاطع‌های دایره‌ای در سراسر اروپا و آمریکا از اوایل سال ۱۹۰۰ میلادی و قرن بیستم معمول بودند اما میداین در دهه ۱۹۵۰ به علت افزایش تصادفات در تقاطع و تراکم و ازدحام ترافیک از بین رفتند، اغلب میداین بوسیله علائم مخصوص عبور وسایل نقلیه (تابلوهای راهنمایی و رانندگی) و چراغ راهنمایی جایگزین شدند. احساس آمریکایی‌ها برای راه حل‌های فنی می‌تواند تبدیل میداین به تقاطع‌های سیگنالیزه را توضیح بدهد به‌رحال تعدادی از مهندسين راه هم اکنون استفاده از میداین برای کاهش تصادفات و افزایش ظرفیت تقاطع‌ها را آغاز کرده‌اند (Gong and Zhang, 2012). در سال ۲۰۲۰، اویس و همکاران، در مقاله‌ای با عنوان "تحلیل ظرفیت و عملکرد چراغ‌های راهنمایی مترینگ میدان"، روشی را برای تحلیل ظرفیت و عملکرد میدان‌هایی که مجهز به چراغ‌های راهنمایی مترینگ هستند، ارائه داده و از نرم‌افزار میکرو تحلیلی استفاده کرده است (Owais et al., 2020).

در سال ۲۰۱۸، ژاو و همکاران در مقاله‌ای با عنوان "چراغ‌های راهنمایی و مترینگ‌ها در میدان‌ها" به منظور ایجاد یک راهنما برای استفاده از چراغ‌های راهنمایی در میدان‌ها، به مطالعه و بررسی تعدادی از میدان‌های مجهز به چراغ راهنمایی پرداختند. نتیجه بدست آمده پس از تکمیل پژوهش، نیاز قطعی به تحقیقات بیشتری را در رابطه با این موضوع نشان می‌دهد و بدست آوردن اطلاعات جزئی از میدان قبل از اجرای سیستم چراغ راهنمایی، می‌تواند مهندسين ترافیک را در اتخاذ تصمیمی صحیح جهت انتخاب نوع کنترل چراغ راهنمایی در میدان راهنمایی کند (Zhao et al., 2018). در سال ۲۰۱۷، حاتمی و آقایان، در مقاله‌ای به منظور ارزیابی اثر استفاده از چراغ راهنمایی مترینگ در میدان‌ها و اثبات مقرون به صرفه بودن این روش کنترل

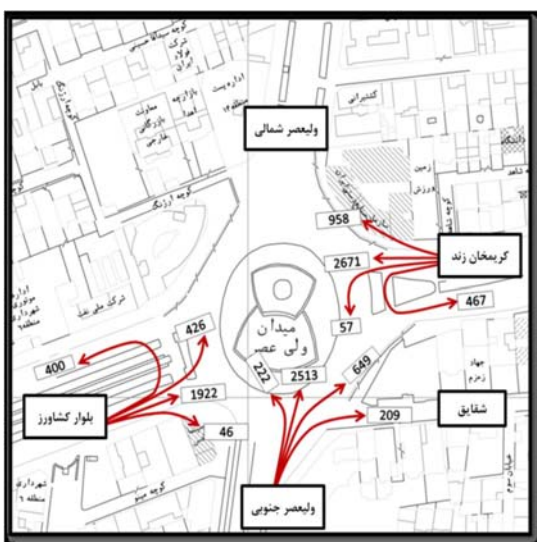
و تحت کنترل با چراغ‌های راهنمایی پرداختند و نتایج این بررسی را ارائه داده‌اند. آنها به منظور افزایش ظرفیت میدان، تنظیمات چراغ راهنمایی را با فازبندی‌های متفاوت که در تقاطع‌ها استفاده می‌شود، آنالیز و تحلیل کرده‌اند و همچنین آمار تصادفات رخ داده در میدان‌های تحت کنترل با چراغ راهنمایی با هدف تحلیل ایمنی میدان، مورد بررسی قرار داده‌اند (Shaker and Bigdeli, 2018).

۲- منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه دو مورد از میدان‌های اصلی و پرتردد شهر تهران ارزیابی و توضیح داده می‌شوند.

۲-۱- میدان ولیعصر

میدان ولیعصر از جمله میدان‌های مهم و پرتراکم شهر تهران محسوب می‌شود که در قسمت مرکزی و محدوده اداری تجاری - مسکونی شهر و در منطقه ۶ از مناطق ۲۲ گانه تهران، واقع شده است. این میدان در نقطه برخورد مهم‌ترین و پرترددترین خیابان‌های اصلی مرکزی شهر، شامل خیابان ولیعصر، خیابان کریمخان زند و بلوار کشاورز قرار گرفته است. احجام ترافیکی در ساعات اوج صبح و بعدازظهر در میدان ولیعصر در شکل‌های (۱) و (۲) آورده شده است.



شکل ۱. حجم‌های ترافیک رویکردهای ورودی به میدان ولیعصر معادل همسنگ سواری در ساعت اوج صبح

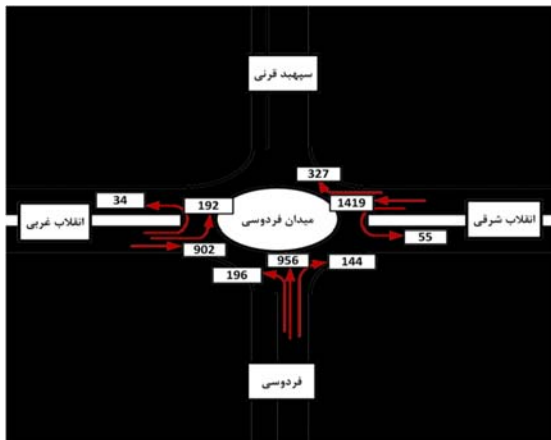
بزرگتر از زمان چرخه بهینه باشد، ظرفیت میدان کاهش خواهد یافت (Qadri et al., 2019).

در سال ۲۰۲۱، حاجی سلیمانی و همکاران در مقاله خود با عنوان "یک مدل زمانبندی بهینه برای تقاطع‌های میدانی دارای چراغ راهنمایی"، با مطالعه ویژگی‌های کنترل با چراغ‌های راهنمایی، حرکت وسایل نقلیه در میدان و تئوری موج همراه با تابع تأخیر HCM، به تجزیه و تحلیل خصوصیات هر بخش از تأخیر وسایل نقلیه پرداختند. در این پژوهش مدل زمان بندی بهینه برای میدان کنترل شده با چراغ راهنمایی بر اساس الگوی دوگانه کنترل حلقه پیشنهاد شده است و مشکل برنامه‌نویسی بهینه‌سازی غیرخطی به منظور توصیف تئوری کنترل و پیدا کردن راه حل بهینه فرموله شده است. علاوه بر این، مطالعه موردی نشان می‌دهد که مدل و روش راه حل ارائه شده عملکرد خوبی در زمان‌بندی بهینه کنترل میدان داشته است (Hajisoleimani et al., 2021).

در سال ۲۰۲۱، خلیفات در مقاله‌ای با عنوان چراغ‌های راهنمایی مترینگ میدان، ظرفیت، عملکرد و زمان‌بندی به بیان خلاصه‌ای از روش کنترل میدان با چراغ‌های راهنمایی مترینگ و مفاهیم پایه‌ای یک مدل تحلیلی مربوط به عملکرد میدان مجهز به چراغ‌های راهنمایی مترینگ، پرداخته است. این مدل تحلیلی ظرفیت‌ها و معیارهای عملکردی از قبیل (تأخیر، طول صف، میزان توقف و غیره) رویکردهای کنترلی و اندازه‌گیری شده و سایر رویکردهای میدان را تخمین می‌زند. جهت تحلیل مدل از نرم‌افزار SIDRA INTERSECTION استفاده شده است. همچنین در این مقاله در مورد نحوه زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی مترینگ بحث شده است و استراتژی‌های زمان بندی برای یک میدان واقع در ملبورن استرالیا ارائه گردیده است (Khelifat et al., 2021). در سال ۲۰۲۱، ژو و همکاران، میدانی را در شهر سیانجور در اندونزی با استفاده از نرم افزار شبیه‌ساز Aimsun به منظور دریافت عملکرد مورد انتظار، ارزیابی کرده است. در این پژوهش این نتیجه بدست آمد که گزینه اول با تغییر حرکت وسیله نقلیه در میدان، موثر نخواهد بود. در حالیکه گزینه دوم با بازسازی میدان می‌تواند نتایج بهتری را ارائه دهد (Zhou et al., 2021).

در سال ۲۰۱۸، شاکر و همکاران در مقاله خود با عنوان عملکرد و ایمنی میدان‌ها با چراغ‌های راهنمایی به بررسی طرح‌های مختلف میدان‌های درون‌شهری با حجم ترافیک سنگین

منظور کالیبره کردن این مدل‌ها براساس رفتار رانندگان ایرانی ارائه شده است. همچنین خودروهای معادل موجود در شهر تهران جهت ورود آنها در محیط نرم افزار Aimsun تعیین شده است.



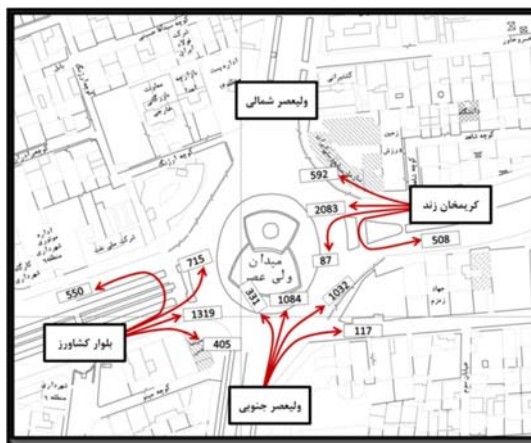
شکل ۴. حجم ترافیک رویکردهای ورودی به میدان فردوسی معادل همسنگ سواری در ساعت اوج عصر

۲-۳- شبیه سازی میدان ولیعصر در نرم افزار Aimsun

در ابتدا از نقشه اتوکد طرح هندسی میدان جهت ایجاد مدل در نرم افزار استفاده شده است و پس از ایجاد میدان و معابر اطراف، آمار حجم ترافیک عبوری از شبکه در ساعت اوج روز در سال ۱۳۹۷ معادل همسنگ سواری به صورت ماتریس مبدأ-مقصد در نرم افزار وارد گردیده است. لازم به ذکر است که به منظور برآورد حجم ترافیک میدان در سال ۱۳۹۷ از ضریب رشد ۱/۵ درصد استفاده شده است (شکل ۶). مدل موردنظر در نرم افزار مطابق شکل (۵) به تصویر کشیده شده است.



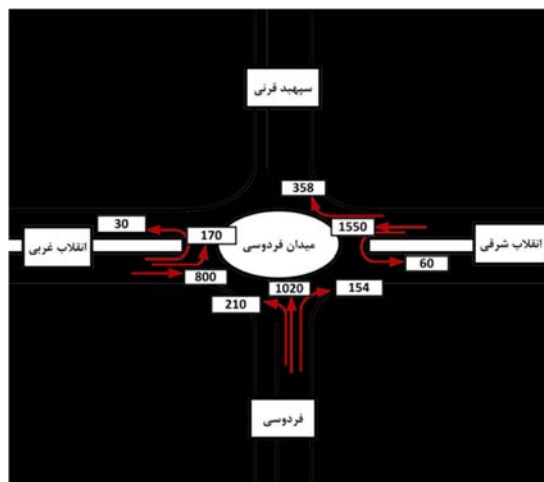
شکل ۵. مدل میدان ولیعصر در نرم افزار Aimsun



شکل ۲. حجم های ترافیک رویکردهای ورودی به میدان ولیعصر معادل همسنگ سواری در ساعت اوج عصر

۲-۲- میدان فردوسی

میدان فردوسی یکی از میدان های مهم شهر تهران است که در قسمت مرکزی و محدوده اداری تجاری - مسکونی شهر و در نقطه برخورد منطقه ۶ (در شمال میدان) و منطقه ۱۲ (در جنوب میدان) از مناطق ۲۲ گانه تهران، واقع شده است. احجام ترافیکی در ساعات اوج صبح و بعدازظهر در میدان فردوسی در شکل های (۳) و (۴) آورده شده است.



شکل ۳. حجم ترافیک رویکردهای ورودی به میدان فردوسی معادل همسنگ سواری در ساعت اوج صبح

۳- روش پژوهش

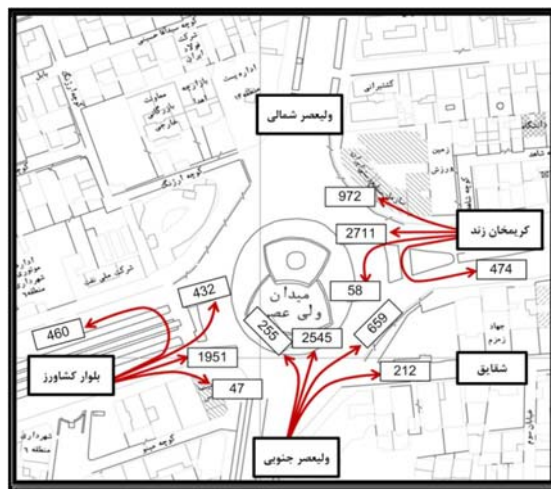
۳-۱- پارامترهای کالیبره شده در نرم افزار Aimsun

سه مدل رفتاری قبول فرصت، تغییر خط و پیروی خودرو در نرم افزار Aimsun مورد بررسی قرار گرفته و پارامترهایی به

چراغ راهنمایی در هر یک از سناریوها ارائه گردیده و در ادامه نحوه محاسبه توزیع زمان سبز شرح داده شده است.

۳-۳-۱- سناریو صفر

این سناریو شرایط ترافیکی موجود میدان ولیعصر را در ساعت اوج صبح بدون هیچگونه تغییراتی در طرح هندسی و سیستم کنترلی میدان، نشان می‌دهد. در این مقاله، میدان فقط در ساعت اوج صبح (ساعت اوج ترافیک در کل روز)، شبیه‌سازی شده است. سناریو صفر در ۱۰ تکرار در نرم‌افزار اجرا شده است. میانگین تکرارها محاسبه شده و نتایج به پایگاه اطلاعات نرم افزار فرستاده شده است. مقایسه بین سناریوها با مقایسه بین نتایج خروجی از متوسط میانگین تکرارها انجام خواهد شد. نتایج خروجی‌ها در جداول (۱) تا (۴) آورده شده است.



شکل ۶. برآورد حجم ترافیک میدان ولیعصر معادل همسنگ سواری در سال ۹۷ در ساعت اوج

۳-۳-۲- تعریف انواع سناریوها برای میدان ولیعصر

چهار سناریو اصلی برای میدان ولیعصر در این پژوهش در نظر گرفته شده است. در ابتدا هر سناریو به طور جداگانه در نرم‌افزار مدل شده و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است و در انتها نتایج با یکدیگر مقایسه شده‌اند. شرایط موجود میدان بدون هیچ‌گونه تغییری به عنوان سناریو صفر شبیه‌سازی شده است. به منظور طراحی سیستم چراغ‌های راهنمایی در میدان، سه روش فازبندی کنترل تک فاز، کنترل دو فاز، کنترل سه فاز با روش زمانبندی ثابت چراغ راهنمایی در ساعت اوج ترافیک میدان، در سه سناریو مختلف مدل شده است. در کنترل تک فاز و کنترل دو فاز، قرارگیری چراغ راهنمایی در هر یک معبرهای ورودی به میدان، به صورت زیر سناریو تعریف و شبیه‌سازی شده است. سناریوها هم به صورت مجزا و هم در مقایسه با یکدیگر به منظور بدست آوردن نتایج بهتر و جامع، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند. برای هر روش کنترل سه نوع طول چرخه و زمانبندی متفاوت چراغ راهنمایی مدل شده و نتایج مربوط به کل شبکه و همچنین سه رویکرد ورودی به میدان با انواع طول چرخه در هر زیر سناریو نیز، ارائه شده است. معیارهای در نظر گرفته شده به منظور سنجش عملکرد ترافیک برای کل شبکه و هر یک از معبرهای ورودی به میدان، عبارتند از: زمان تأخیر (ثانیه)، چگالی (وسیله نقلیه در کیلومتر)، جریان (وسیله نقلیه در ساعت)، سرعت (کیلومتر در ساعت)، کل زمان سفر (ساعت)، متوسط طول صف (وسیله نقلیه). زمانبندی و محاسبه زمان سبز

جدول ۱. نتایج خروجی از نرم‌افزار مربوط به کل شبکه در

سناریوی صفر

نوع سناریو	نتایج مربوط به کل شبکه				
	زمان تأخیر (sec)	چگالی (veh/km)	جریان (veh/hr)	سرعت (km/hr)	کل زمان سفر (hr)
وضع موجود	۴۵۱٫۷	۷۶	۵۷۲۹٫۳	۹	۴۲۰٫۶

جدول ۲. نتایج خروجی از نرم‌افزار مربوط به ورودی بلوار

کشاورز در سناریوی صفر

نوع سناریو	نتایج مربوط به بلوار کشاورز			
	زمان تأخیر (sec)	جریان (veh/hr)	متوسط طول صف (veh)	کل زمان سفر (hr)
وضع موجود (بدون چراغ)	۲۱۳٫۸	۲۶٫۹	۹۴٫۷	۹۴٫۷

تعیین بهترین زیر سناریو در سناریو یک

به منظور تعیین بهترین زیر سناریو در سناریو یک، نتایج خروجی مربوط به کل شبکه برای تمام زیر سناریوهای ۱-الف با طول چرخه ۶۰ ثانیه، ۱-ب با طول چرخه ۹۰ ثانیه و ۱-ج با طول چرخه ۶۰ ثانیه به عنوان مناسب‌ترین طول چرخه ها، در جدول زیر در کنار یکدیگر جهت مقایسه، آورده شده است. زیر سناریو ۱-ب با طول چرخه ۹۰ ثانیه به عنوان بهترین زیر سناریو در سناریو یک، قابل تشخیص است. در زیر سناریو ۱-ب کلیه پارامترها در مقایسه با دیگر زیر سناریوها در وضعیت بهتری قرار دارند (جدول ۵).

جدول ۵. جدول مقایسه ای زیر سناریوهای سناریوی یک

نتایج مربوط به کل شبکه					نوع سناریو
کل زمان سفر (hr)	سرعت (km/hr)	جریان (veh/hr)	چگالی (veh/km)	زمان تأخیر (sec)	
۴۱۳/۶	۸/۵	۵۳۸۷/۸	۷۴/۷	۴۷۶/۸	زیر سناریو ۱-الف
۳۴۸/۴	۱۷/۶	۶۶۲۳/۷	۶۳/۳	۳۰۷/۸	زیر سناریو ۱-ب
۴۰۷/۱	۷/۷	۵۴۹۹/۳	۷۳/۳	۴۵۷/۷	زیر سناریو ۱-ج

۳-۳-۳- سناریو دو (کنترل دو فازه)

در این سناریو از روش کنترل دو فازه چراغ راهنمایی با زمان‌بندی ثابت در طول ساعت اوج، استفاده شده است. در این حالت، چراغ‌های راهنمایی در دو رویکرد ورودی به میدان قرار داده می‌شوند که زمان سبز و قرمز ثابت و مشخصی دارند. در هر یک از زیر سناریوهای این سناریو، چراغ‌های راهنمایی در دو ورودی بلوار کشاورز و ولیعصر جنوبی، بلوار کشاورز و کریم‌خان زند، ولیعصر جنوبی و کریم‌خان زند و در محل خط توقف رویکرد ورودی قرار گرفته‌اند. انواع طول چرخه و زمان‌بندی چراغ راهنمایی در هر یک از زیر سناریوها شرح داده شده و نتایج مربوط به هر یک ارائه خواهد شد.

جدول ۳. نتایج خروجی از نرم افزار مربوط به ورودی ولیعصر جنوبی در سناریوی صفر

نتایج مربوط به ورودی ولیعصر				نوع سناریو
کل زمان سفر (hr)	متوسط طول صف (veh)	جریان (veh/hr)	زمان تأخیر (sec)	
۴۲۰/۶	۹	۵۷۲۹/۳	۴۵۱/۷	وضع موجود (بدون چراغ)

جدول ۴. نتایج خروجی از نرم افزار مربوط به ورودی کریم‌خان زند در سناریوی صفر

نتایج مربوط به ورودی کریم‌خان زند				نوع سناریو
کل زمان سفر (hr)	متوسط طول صف (veh)	جریان (veh/hr)	زمان تأخیر (sec)	
۱۲۱/۸	۲۳/۶	۲۹۰۲/۲	۱۳۷/۲	وضع موجود (بدون چراغ)

۳-۳-۲- سناریو یک (کنترل تک فازه)

در این سناریو از روش کنترل تک فاز چراغ راهنمایی با زمان‌بندی ثابت در طول ساعت اوج، با هدف بهبود شرایط ترافیکی میدان و کاهش زمان تأخیر کل شبکه، استفاده شده است. در این حالت تنها یک چراغ راهنمایی در یکی از رویکردهای ورودی به میدان قرار داده می‌شود که زمان سبز و قرمز ثابت و مشخصی دارد. در هر یک از زیر سناریوهای این سناریو، چراغ راهنمایی فقط در یکی از ورودی‌های بلوار کشاورز، ولیعصر جنوبی و کریم‌خان زند و در محل خط توقف رویکرد ورودی قرار گرفته است. انواع طول چرخه و زمان‌بندی چراغ راهنمایی در هر یک از زیر سناریوها شرح داده شده و نتایج مربوط به هر یک ارائه خواهد شد.

ترافیک دو ورودی دیگر را متوقف می‌کنند. انواع طول چرخه و زمانبندی چراغ راهنمایی در این زیر سناریو شرح داده شده و نتایج مربوط به هریک ارائه خواهد شد.

تعیین بهترین سناریو برای میدان ولیعصر

به منظور تعیین بهترین سناریو قرار دادن چراغ راهنمایی در میدان ولیعصر، سناریو صفر و تمام زیر سناریوهای مربوط به هر سناریو با مناسب‌ترین زمان چرخه چراغ راهنمایی، در جدول ۷ در کنار یکدیگر آورده شده‌اند.

جدول ۷. مقایسه ای جهت تعیین بهترین سناریو برای میدان

ولیعصر

نتایج مربوط به کل شبکه					نوع سناریو
کل زمان سفر (hr)	سرعت (km/hr)	جریان (veh/hr)	چگالی (veh/km)	زمان تأخیر (sec)	
۴۲۰/۶	۹	۵۷۲۹/۳	۷۶	۴۵۱/۷	سناریو صفر
۴۱۳/۶	۸/۵	۵۳۸۷/۸	۷۴/۷	۴۷۶/۸	زیر سناریو ۱- الف
۳۴۸/۴	۱۷/۶	۶۶۲۳/۷	۶۳/۳	۳۰۷/۸	زیر سناریو ۱- ب
۴۰۷/۱	۷/۷	۵۴۹۹/۳	۷۳/۳	۴۵۷/۷	زیر سناریو ۱- ج
۴۰۷/۵	۱۰/۵	۶۲۵۸/۳	۷۳/۵	۳۹۳/۸	زیر سناریو ۲- الف
۴۰۲/۸	۷/۷	۵۵۷۴/۳	۷۲/۷	۴۴۵/۵	زیر سناریو ۲- ب
۳۴۱/۷	۱۷/۲	۶۲۳۳	۶۱/۷	۳۲۴/۸	زیر سناریو ۲- ج
۳۶۳/۹	۷	۴۴۳۶/۲	۶۹/۲	۵۴۹/۷	زیر سناریو ۳- الف

تعیین بهترین زیر سناریو در سناریو دو

به منظور تعیین بهترین زیر سناریو در سناریو یک، نتایج خروجی مربوط به کل شبکه برای تمام زیر سناریوهای ۱-الف با طول چرخه ۶۰ ثانیه، ۱-ب با طول چرخه ۶۰ ثانیه و ۱-ج با طول چرخه ۶۰ ثانیه به عنوان مناسبترین طول چرخه‌ها، در جدول در کنار یکدیگر جهت مقایسه، آورده شده است. زیر سناریو ۲-ج با طول چرخه ۶۰ ثانیه، به عنوان بهترین زیر سناریو در سناریو دو، قابل تشخیص است. در زیر سناریو ۲-ج کلیه پارامترها در مقایسه با دیگر زیر سناریوها در وضعیت بهتری قرار دارند (جدول ۶).

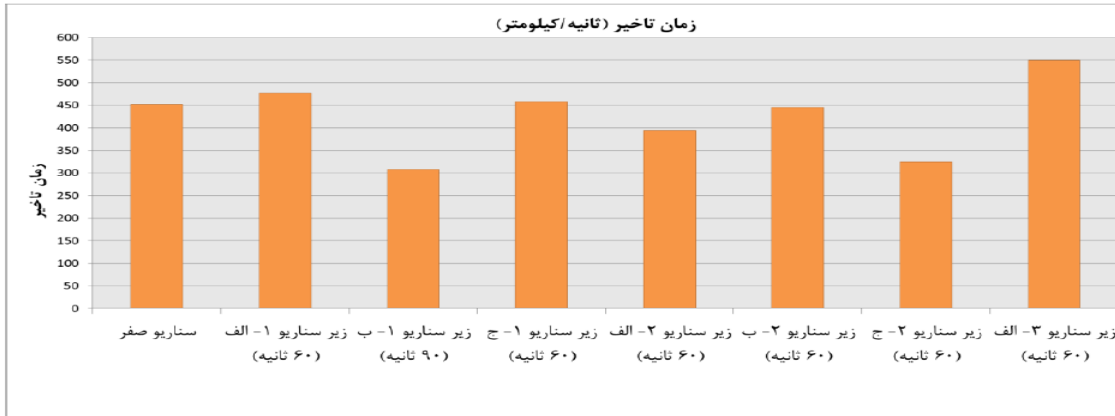
جدول ۶. مقایسه ای زیر سناریوهای سناریوی دو

نتایج مربوط به کل شبکه					نوع سناریو
کل زمان سفر (hr)	سرعت (km/hr)	جریان (veh/hr)	چگالی (veh/km)	زمان تأخیر (sec)	
۴۰۷/۵	۱۰/۵	۶۲۵۸/۳	۷۳/۵	۳۹۳/۸	زیر سناریو ۱- الف
۴۰۲/۸	۷/۷	۵۵۷۴/۳	۷۲/۷	۴۴۵/۵	زیر سناریو ۱- ب
۳۴۱/۷	۱۷/۲	۶۲۳۳	۶۱/۷	۳۲۴/۸	زیر سناریو ۱- ج

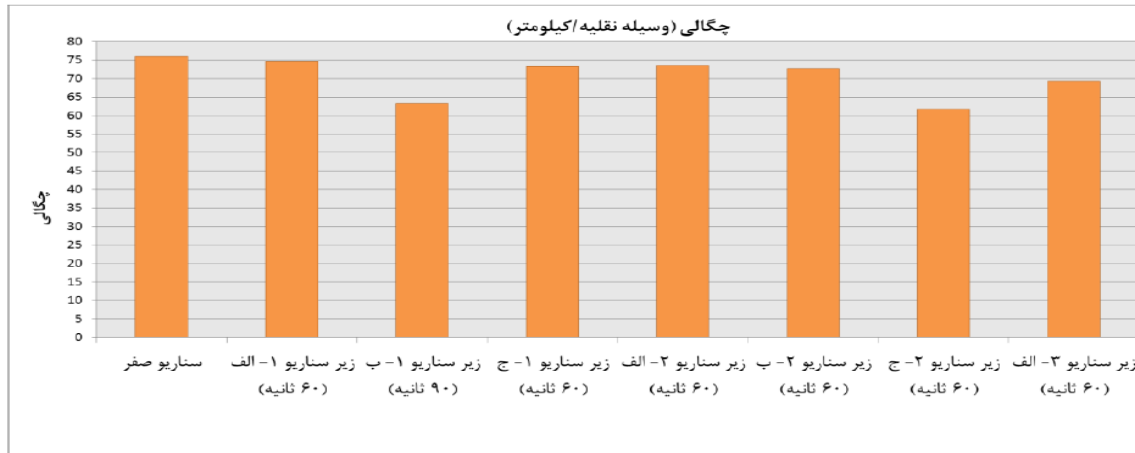
۳-۳-۴- سناریو سه (کنترل سه فازه)

در این سناریو از روش کنترل سه فازه چراغ راهنمایی با زمانبندی ثابت در طول ساعت اوج، استفاده شده است. در این حالت چراغ‌های راهنمایی در سه رویکرد ورودی به میدان قرار داده می‌شوند که زمان سبز و قرمز ثابت و مشخصی دارند. در تنها زیر سناریوی این سناریو، چراغ راهنمایی‌های در ورودی‌های بلوار کشاورز، ولیعصر جنوبی و کریم‌خان زند و در محل خط توقف رویکرد ورودی قرار گرفته‌اند و به هنگام نمایش چراغ سبز برای یک ورودی، چراغ‌های قرمز، جریان‌های

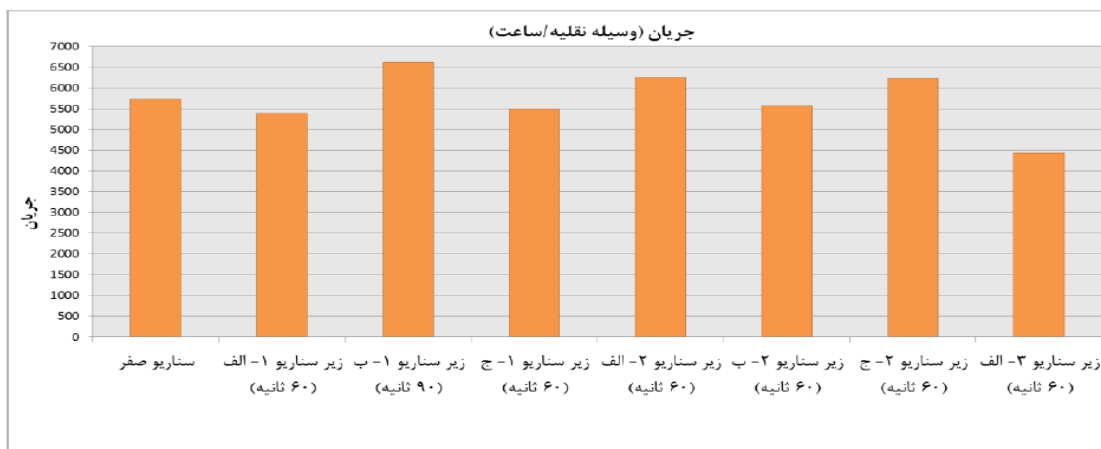
همچنین مقادیر معیارهای در نظر گرفته شده برای سنجش براساس سناریوهای تعریف شده با مناسب‌ترین طول چرخه، عملکرد ترافیک میدان، هر کدام به صورت مجزا در نموداری در شکل‌های ۷ تا ۱۱ نشان داده شده‌اند.



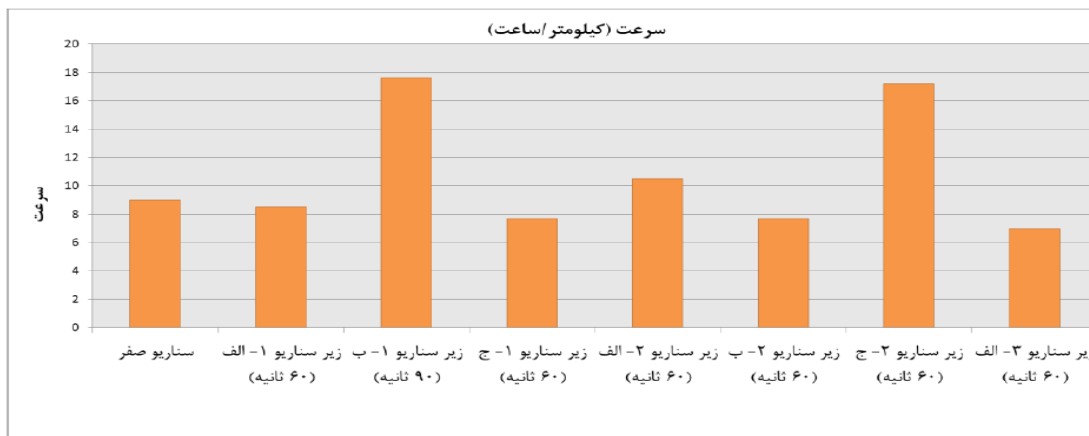
شکل ۷. نمایش کل زمان تأخیر در میدان ولیعصر بر حسب ساعت برای کل سناریوها



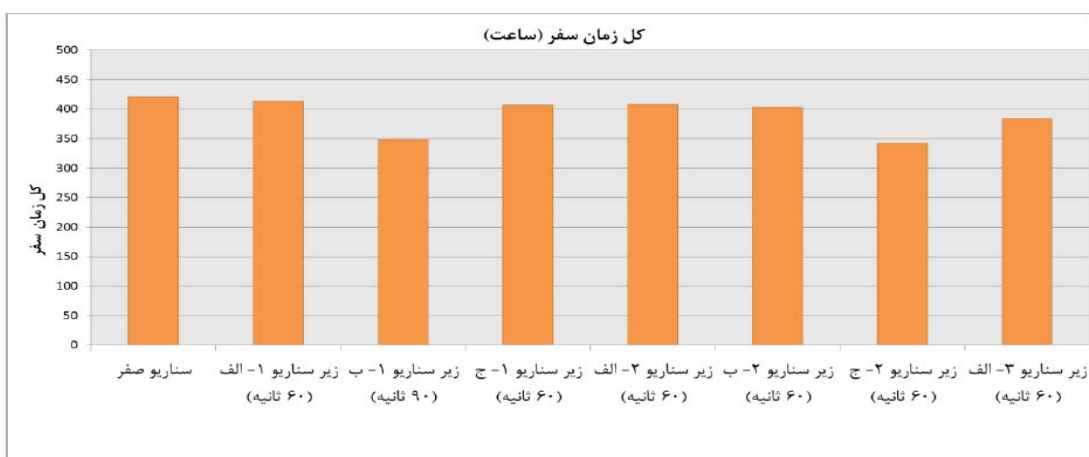
شکل ۸. نمایش چگالی در میدان ولیعصر بر حسب ساعت برای کل سناریوها



شکل ۹. نمایش جریان در میدان ولیعصر بر حسب ساعت برای کل سناریوها



شکل ۱۰. نمایش سرعت در میدان ولیعصر بر حسب ساعت برای کل سناریوها



شکل ۱۱. نمایش کل زمان سفر در میدان ولیعصر بر حسب ساعت برای کل سناریوها

تأخیر در این زیر سناریو ۳۲ درصد نسبت به زمان تأخیر سناریو صفر کاهش یافته است.

-در زیر سناریو ۲-ج با طول چرخه ۶۰ ثانیه که چراغ‌های راهنمایی در ورودی‌های خیابان‌های ولیعصر جنوبی و کریمخان‌زند قرار گرفته‌اند و میدان تحت کنترل دو فازه چراغ راهنمایی است، نیز نتایج بسیار مطلوبی بدست آمده است. این زیر سناریو به عنوان گزینه دوم از نظر بهترین کارایی مشخص شده است. در این زیر سناریو نیز مقدار زمان تأخیر در مقایسه با زمان تأخیر سناریو صفر، ۲۸ درصد کاهش پیدا کرده است.

-زیر سناریو ۲-الف با طول چرخه ۶۰ ثانیه نیز به عنوان سومین سناریو برتر در بین سایر سناریوها، شناخته شده است. در این

با مقایسه تمام سناریوهای مطرح شده در رابطه با قرار دادن چراغ راهنمایی در میدان ولیعصر و وضعیت بدون چراغ میدان و مطابق با هدف که عبارت است از دستیابی به بهترین شرایط ترافیکی میدان ولیعصر و همچنین در نظر گرفتن پارامتر زمان تأخیر به عنوان معیار اصلی مقایسه، نتایج زیر حاصل شده است.

-زیر سناریو ۱-ب با طول چرخه ۹۰ ثانیه، به عنوان بهترین سناریو برای میدان ولیعصر در طول ساعت اوج روز انتخاب شده است. در این حالت که چراغ راهنمایی در ورودی ولیعصر جنوبی قرار گرفته است، اغلب معیارهای در نظر گرفته شده برای سنجش سناریوها که نمایانگر وضعیت ترافیکی میدان هستند، در مقایسه با دیگر سناریوها، بهبود قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند. زمان

جدول ۸. ماتریس مبدا مقصد مدل میدان فردوسی در ساعت اوج

مجموع	سپهبد قرنی	انقلاب غربی	انقلاب شرقی	فردوسی	
۱۳۸۴	۱۰۲۰	۲۱۰	۱۵۴	-	فردوسی
۱۹۶۸	۳۵۸	۱۵۵۰	۶۰	-	انقلاب شرقی
۱۰۰۰	۱۷۰	۳۰	۸۰۰	-	انقلاب غربی
-	-	-	-	-	سپهبد قرنی
۴۳۵۲	۱۵۴۸	۱۷۹۰	۱۰۱۴	-	مجموع

۳-۵- تعریف انواع سناریوها برای میدان فردوسی

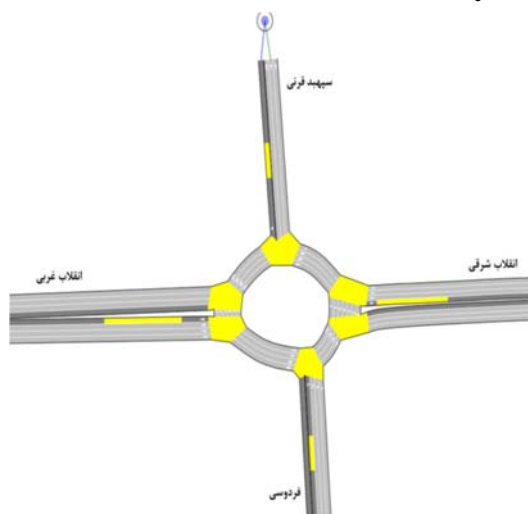
همانند روش اجرا شده در مورد میدان ولیعصر، چهار سناریو اصلی برای میدان فردوسی نیز در این پژوهش در نظر گرفته شده است. در ابتدا هر سناریو به طور جداگانه در نرم‌افزار مدل شده و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است و در انتها نتایج با یکدیگر مقایسه شده‌اند. شرایط موجود میدان بدون هیچ‌گونه تغییری به عنوان سناریو صفر شبیه‌سازی شده است. به منظور طراحی سیستم چراغ‌های راهنمایی در میدان، سه روش فازی کنترل تک فاز، کنترل دو فاز، کنترل سه فاز با روش زمانبندی ثابت چراغ راهنمایی در ساعت اوج ترافیک میدان، در سه سناریو مختلف مدل شده است. در کنترل تک فاز و کنترل دو فاز، قرارگیری چراغ راهنمایی در هر یک ورودی‌های میدان، به صورت زیر سناریو تعریف و شبیه‌سازی شده است. سناریوها هم به به صورت مجزا و هم در مقایسه با یکدیگر به منظور بدست آوردن نتایج بهتر و جامع، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند. برای هر روش کنترل سه نوع طول چرخه و زمانبندی متفاوت چراغ راهنمایی مدل شده و تنها نتایج مربوط به کل شبکه با مناسب‌ترین طول چرخه در هر زیر سناریو، ارائه شده است. معیارهای در نظر گرفته شده به منظور سنجش عملکرد ترافیک برای کل شبکه و هر یک از معبرهای ورودی به میدان، عبارتند از: زمان تأخیر (ثانیه) چگالی (وسیله نقلیه در کیلومتر) جریان (وسیله نقلیه در ساعت)، سرعت (کیلومتر در ساعت)، کل زمان سفر (ساعت)، متوسط طول صف (وسیله نقلیه). زمانبندی

زیر سناریو نیز زمان تأخیر ۱۳ درصد نسبت به سناریو صفر کاهش داشته است.

سناریو ۳ به عنوان بدترین سناریو تعیین شده است. در این سناریو زمان تأخیر شبکه نسبت به زمان تأخیر میدان در شرایط بدون چراغ راهنمایی، ۲۱ درصد افزایش یافته است.

۳-۴- شبیه سازی میدان فردوسی در نرم افزار Aimsun

به منظور بررسی عملکرد میدان فردوسی، میدان و شبکه معابر موجود اطراف آن و همه حرکت‌های ترافیکی آن با استفاده از نرم افزار Aimsun مدل گردیده است. در ابتدا از نقشه اتوکد طرح هندسی میدان جهت ایجاد مدل در نرم افزار استفاده شده است و پس از ایجاد میدان و معابر اطراف، آمار حجم ترافیک عبوری از شبکه در ساعت اوج روز در سال ۱۳۹۲ معادل همسنگ سواری به صورت ماتریس مبدا- مقصد در نرم‌افزار وارد گردیده است.



شکل ۱۲. مدل میدان فردوسی در نرم افزار Aimsun

به منظور در نظر گرفتن تأثیر تردد اتوبوس‌های خط ویژه خیابان انقلاب و خیابان‌های فردوسی و سپهبد قرنی بر روی جریان ترافیکی میدان، خط ویژه اتوبوس این خیابان‌ها به صورت مجزا در شبکه مدل شده است و برنامه زمانبندی حرکت اتوبوس‌های این خط در نرم افزار مشخص گردیده است (جدول ۸).

زیر سناریو ۱-ب

در این زیر سناریو، چراغ راهنمایی در ورودی فردوسی، با سه زمان چرخه کوتاه مدت (۶۰ ثانیه)، میان مدت (۹۰ ثانیه) و بلند مدت (۱۲۰ ثانیه) قرار گرفته است.

زیر سناریو ۱-ج

در این زیر سناریو، چراغ راهنمایی در ورودی انقلاب شرقی، با سه زمان چرخه کوتاه مدت (۶۰ ثانیه)، میان مدت (۹۰ ثانیه) و بلند مدت (۱۲۰ ثانیه) قرار گرفته است.

جدول ۱۰. نتایج خروجی از نرم افزار مربوط به کل شبکه برای زیر

سناریوهای سناریو یک

نتایج مربوط به کل شبکه					نوع سناریو
کل زمان سفر	سرعت	جریان	چگالی	زمان تأخیر	
۱۸۳/۴	۱۷/۹	۴۱۴۶	۴۳/۶	۲۹۸	زیر سناریو ۱-الف
۱۲۹/۷	۲۶/۲	۴۲۶۱/۳	۲۹/۲	۱۹۶/۳	زیر سناریو ۱-ب
۱۳۸	۲۰/۱	۴۲۲۶	۳۰/۸	۱۹۶/۵	زیر سناریو ۱-ج

زیر سناریو ۱-ب با طول چرخه ۶۰ ثانیه به عنوان بهترین زیر سناریو در سناریو یک، قابل تشخیص است. در زیر سناریو ۱-ب کلیه پارامترها در مقایسه با دیگر زیر سناریوها در وضعیت بهتری قرار دارند.

۳-۵-۳- سناریو دو (کنترل دو فازه)

در این سناریو از روش کنترل دو فازه چراغ راهنمایی با زمانبندی ثابت در طول ساعت اوج، با هدف بهبود شرایط ترافیکی میدان و کاهش زمان تأخیر کل شبکه، استفاده شده است. در این حالت چراغ‌های راهنمایی در دو رویکرد ورودی به میدان قرار داده می‌شوند که زمان سبز و قرمز ثابت و مشخصی دارند. در هر یک از حالت های مختلف این سناریو، چراغ‌های راهنمایی در دو ورودی انقلاب غربی و فردوسی، انقلاب شرقی و انقلاب شرقی، فردوسی و انقلاب شرقی و در محل خط توقف رویکرد ورودی قرار گرفته‌اند. نتایج مربوط به کل شبکه با

و محاسبه زمان سبز چراغ راهنمایی در هر یک از سناریوها مشابه با روش انجام شده در مورد میدان ولیعصر، صورت گرفته است.

۳-۵-۱- سناریو صفر

این سناریو شرایط ترافیکی موجود میدان فردوسی را در ساعت اوج صبح بدون هیچگونه تغییراتی در طرح هندسی و سیستم کنترلی میدان، نشان می‌دهد. سناریو صفر در ۱۰ تکرار در نرم افزار اجرا شده است. میانگین تکرارها محاسبه شده و نتایج به پایگاه اطلاعات نرم‌افزار فرستاده شده است. مقایسه بین سناریوها با مقایسه بین نتایج خروجی از متوسط میانگین تکرارها انجام خواهد شد (جدول ۹).

جدول ۹. نتایج خروجی از نرم افزار مربوط به کل شبکه

در سناریو صفر

نتایج مربوط به کل شبکه					نوع سناریو
کل زمان سفر	سرعت	جریان	چگالی	زمان تأخیر	
۱۶۸/۷	۱۹/۴	۴۲۱۶/۷	۳۹/۵	۲۵۶/۸	وضع موجود میدان بدون چراغ

۳-۵-۲- سناریو یک (کنترل تک فازه)

در این سناریو از روش کنترل تک فاز چراغ راهنمایی با زمانبندی ثابت در طول ساعت اوج، با هدف بهبود شرایط ترافیکی میدان و کاهش زمان تأخیر کل شبکه، استفاده شده است. در این حالت تنها یک چراغ راهنمایی در یکی از رویکردهای ورودی به میدان قرار داده می‌شود که زمان سبز و قرمز ثابت و مشخصی دارد. در هر یک از زیر سناریوهای این سناریو، چراغ راهنمایی فقط در یکی از ورودی‌های انقلاب غربی، فردوسی و انقلاب شرقی و در محل خط توقف رویکرد ورودی قرار گرفته است. نتایج مربوط به کل شبکه با مناسب‌ترین طول چرخه در هر زیر سناریو، ارائه شده است (شکل ۱۰).

زیر سناریو ۱-الف

در این زیر سناریو، چراغ راهنمایی در ورودی انقلاب غربی، با سه زمان چرخه کوتاه مدت (۶۰ ثانیه)، میان مدت (۹۰ ثانیه) و بلند مدت (۱۲۰ ثانیه) قرار گرفته است.

۳-۵-۴- سناریو سه (کنترل سه فازه)

در این سناریو از روش کنترل سه فاز چراغ راهنمایی با زمان‌بندی ثابت در طول ساعت اوج، با هدف بهبود شرایط ترافیکی میدان و کاهش زمان تأخیر کل شبکه، استفاده شده است. در این حالت چراغ راهنمایی‌های در هریک از سه رویکرد ورودی به میدان قرار داده می‌شوند که زمان سبز و قرمز ثابت و مشخصی دارند. در تنها زیر سناریو این سناریو، چراغ راهنمایی‌های در ورودی‌های انقلاب غربی، فردوسی و انقلاب شرقی و در محل خط توقف رویکرد ورودی قرار گرفته‌اند و به هنگام نمایش چراغ سبز برای یک ورودی، چراغ‌های قرمز، جریان‌های ترافیک دو ورودی دیگر را متوقف می‌کنند. نتایج مربوط به کل شبکه با مناسب‌ترین طول چرخه در زیر سناریو، ارائه شده است (جدول ۱۲).

زیر سناریو ۳-الف

در این زیر سناریو، چراغ راهنمایی‌های در ورودی‌های انقلاب غربی و فردوسی و انقلاب شرقی، با سه زمان چرخه کوتاه مدت (۶۰ ثانیه)، میان مدت (۹۰ ثانیه) و بلند مدت (۱۲۰ ثانیه) قرار گرفته است.

جدول ۱۲. نتایج خروجی از نرم افزار مربوط به کل شبکه

برای زیر سناریوهای سناریو دو

نتایج مربوط به کل شبکه					نوع سناریو
کل زمان سفر	سرعت	جریان	چگالی	زمان تأخیر	
۱۳۸/۸	۲۰/۷	۴۳۳۰/۳	۳۱/۶	۲۰۵/۸	زیر سناریو ۲-الف
۱۲۹/۴	۱۹/۹	۴۳۹۴/۵	۲۹/۳	۱۷۰/۸	زیر سناریو ۲-ب
۱۹۷/۴	۱۱/۲	۳۸۳۸/۳	۴۴/۲	۳۶۲/۸	زیر سناریو ۳-الف

۳-۵-۵- تعیین بهترین سناریو برای میدان فردوسی

به منظور تعیین بهترین سناریو قرار دادن چراغ راهنمایی در میدان ولیعصر، سناریو صفر و تمام زیر سناریوهای مربوط به هر سناریو با مناسب‌ترین زمان چرخه چراغ راهنمایی، در جدول ۱۳ در کنار یکدیگر آورده شده‌اند. همچنین مقادیر معیارهای در نظر گرفته شده برای سنجش عملکرد ترافیک میدان، هر کدام به صورت مجزا در شکل‌های ۱۳ تا ۱۷ براساس سناریوهای تعریف شده با مناسب‌ترین طول چرخه، نشان داده شده‌اند.

مناسب‌ترین طول چرخه در هر زیر سناریو، ارائه شده است (جدول ۱۱).

سناریو ۲-الف

در این زیر سناریو، چراغ راهنمایی در ورودی‌های انقلاب غربی و فردوسی، با سه زمان چرخه کوتاه مدت (۶۰ ثانیه)، میان مدت (۹۰ ثانیه) و بلند مدت (۱۲۰ ثانیه) قرار گرفته است.

سناریو ۲-ب

در این زیر سناریو، چراغ راهنمایی در ورودی‌های انقلاب غربی و انقلاب شرقی، با سه زمان چرخه کوتاه مدت (۶۰ ثانیه)، میان مدت (۹۰ ثانیه) و بلند مدت (۱۲۰ ثانیه) قرار گرفته است.

سناریو ۲-ج

در این زیر سناریو، چراغ راهنمایی در ورودی‌های فردوسی و انقلاب شرقی، با سه زمان چرخه کوتاه مدت (۶۰ ثانیه)، میان مدت (۹۰ ثانیه) و بلند مدت (۱۲۰ ثانیه) قرار گرفته است.

جدول ۱۱. نتایج خروجی از نرم افزار مربوط به کل شبکه

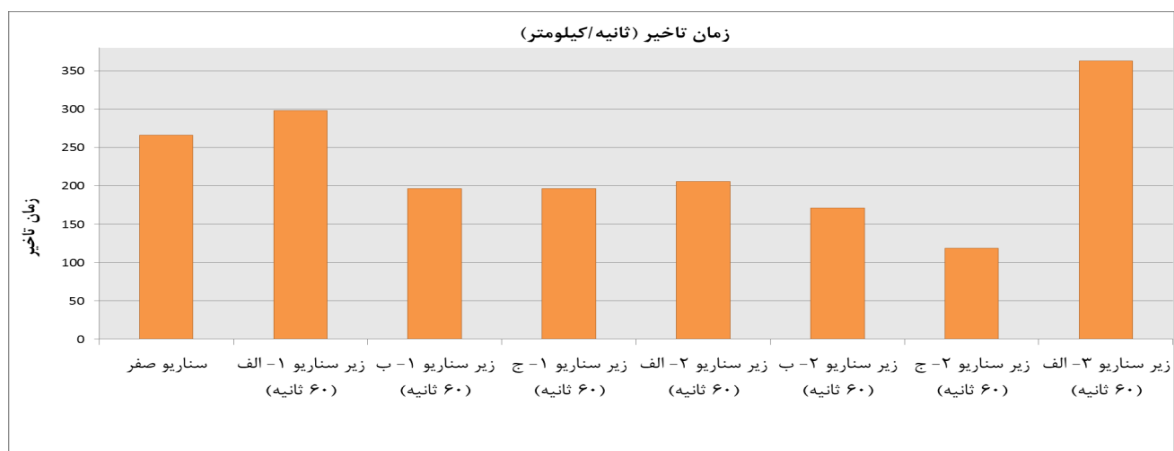
برای زیر سناریوهای سناریو دو

نتایج مربوط به کل شبکه					نوع سناریو
کل زمان سفر	سرعت	جریان	چگالی	زمان تأخیر	
۱۳۸/۸	۲۰/۷	۴۳۳۰/۳	۳۱/۶	۲۰۵/۸	زیر سناریو ۲-الف
۱۲۹/۴	۱۹/۹	۴۳۹۴/۵	۲۹/۳	۱۷۰/۸	زیر سناریو ۲-ب
۱۰۱/۶	۲۴/۳	۴۴۸۱/۷	۲۲/۷	۱۱۸/۵	زیر سناریو ۲-ج

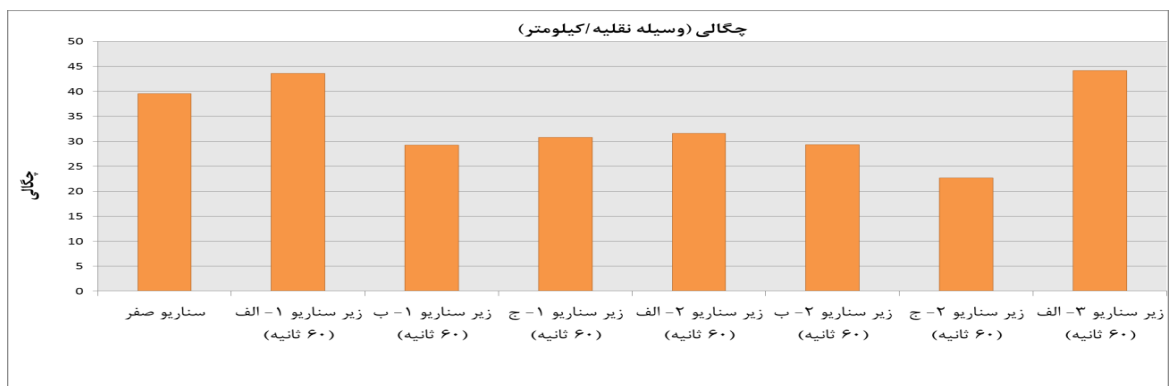
زیر سناریو ۲-ج با طول چرخه ۶۰ ثانیه به عنوان بهترین زیر سناریو در سناریو دو، قابل تشخیص است. در زیر سناریو ۲-ج کلیه پارامترها در مقایسه با دیگر زیر سناریوها در وضعیت بهتری قرار دارند.

جدول ۱۳. نتایج خروجی از نرم افزار مربوط به کل شبکه برای زیر سناریوهای سناریو دو

نتایج مربوط به کل شبکه					نوع سناریو
کل زمان سفر	سرعت	جریان	چگالی	زمان تأخیر	
۱۶۸/۷	۱۹/۴	۴۲۱۶/۷	۳۹/۵	۲۶۵/۸	سناریو صفر
۱۸۳/۴	۱۷/۹	۴۱۴۶	۴۳/۶	۲۹۸	زیر سناریو ۱-الف
۱۲۹/۷	۲۶/۲	۴۲۶۱/۳	۲۹/۲	۱۹۶/۳	زیر سناریو ۱-ب
۱۳۸	۲۰/۱	۴۲۲۶	۳۰/۸	۱۹۶/۵	زیر سناریو ۱-ج
۱۳۸/۸	۲۰/۷	۴۳۳۰/۳	۳۱/۶	۲۰۵/۸	زیر سناریو ۲-الف
۱۲۹/۴	۱۹/۹	۴۳۹۴/۵	۲۹/۳	۱۷۰/۸	زیر سناریو ۲-ب
۱۰۱/۶	۲۴/۳	۴۴۸۱/۷	۲۲/۷	۱۱۸/۵	زیر سناریو ۲-ج
۱۹۷/۴	۱۱/۲	۳۸۳۸/۳	۴۴/۲	۳۶۲/۸	زیر سناریو ۳-الف



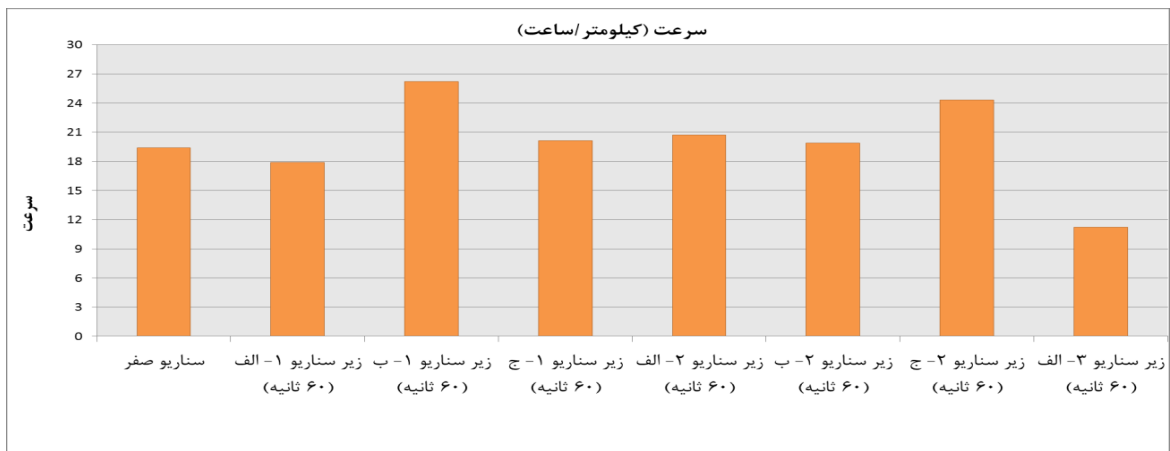
شکل ۱۳. نمایش زمان تأخیر میدان فردوسی بر حسب ثانیه در هر کیلومتر برای کل سناریوها



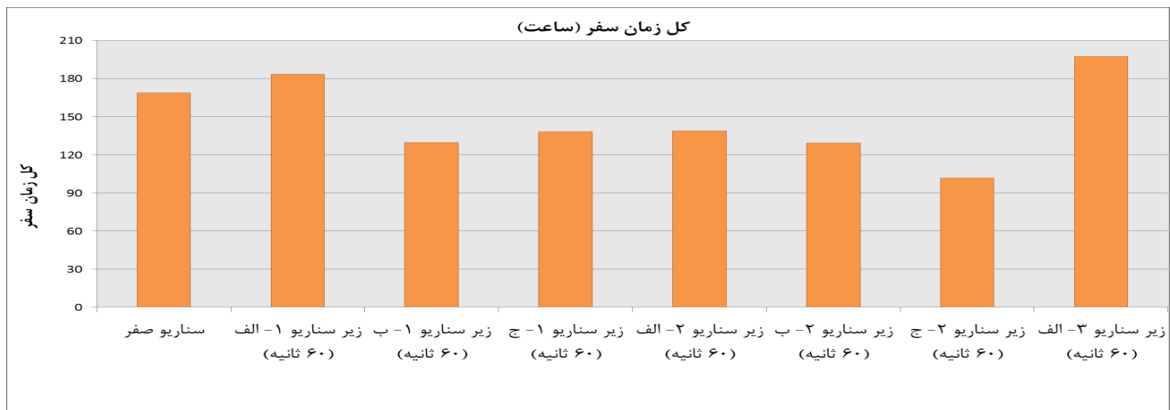
شکل ۱۴. نمایش چگالی میدان فردوسی بر حسب وسیله نقلیه در هر کیلومتر برای کل سناریوها



شکل ۱۵. نمایش کل زمان سفر در میدان فردوسی بر حسب ساعت برای کل سناریوها



شکل ۱۶. نمایش سرعت ترافیک میدان فردوسی بر حسب کیلومتر در ساعت برای کل سناریوها



شکل ۱۷. نمایش کل زمان سفر در میدان فردوسی بر حسب ساعت برای کل سناریوها

-شرایط ترافیک این دو میدان از نظر تعداد رویکردهای ورودی و همچنین یکطرفه بودن رویکرد شمال - جنوب در هر دو میدان و نیز تردد اتوبوس‌های خط ویژه در داخل آنها، مشابه به هم است.

-بهترین سناریو قرار دادن چراغ راهنمایی در مدل اصلی (میدان ولیعصر)، کنترل تک فازه چراغ راهنمایی با طول چرخه ۹۰ ثانیه در رویکرد شمال به جنوب میدان (ولیعصر جنوبی)، انتخاب گردید. لازم به ذکر است که همین سناریو با طول چرخه ۶۰ ثانیه، نتایج تقریباً مشابه با طول چرخه ۹۰ ثانیه ارائه داده است. از این رو زیر سناریو ۱-ب با طول چرخه ۶۰ نیز می‌توان به عنوان سناریو برتر در نظر گرفته شود.

-بهترین سناریو قرار دادن چراغ راهنمایی در مدل اعتبارسنجی (میدان فردوسی)، کنترل دو فازه چراغ راهنمایی با طول چرخه ۶۰ ثانیه در رویکردهای شمال به جنوب (فردوسی) و شرق به غرب (انقلاب شرقی) انتخاب شد.

-دومین سناریو برتر در مدل اصلی (میدان ولیعصر)، کنترل دو فازه چراغ راهنمایی با طول چرخه ۶۰ ثانیه در رویکردهای شمال به جنوب (ولیعصر جنوبی) و شرق به غرب (کریم‌خان زند) مشخص شد.

-دومین سناریو برتر در مدل اعتبارسنجی (میدان فردوسی)، کنترل دو فازه چراغ راهنمایی با طول چرخه ۶۰ ثانیه در رویکردهای غرب به شرق (انقلاب غربی) و شرق به غرب (انقلاب شرقی) تعیین گردید.

-در هر دو مدل مورد مطالعه سناریو سه، با کنترل سه فازه به عنوان بدترین سناریو در مقایسه با دیگر سناریوها، شناخته شد. -طول چرخه کوتاه مدت ۶۰ ثانیه برای هر دو مدل اصلی و مدل اعتبارسنجی، بهینه‌ترین طول چرخه چراغ راهنمایی در نظر گرفته شد.

۳-۷- تحلیل نتایج ارزیابی و تعیین الگوی قرار دادن

چراغ‌های راهنمایی در میدان

با توجه به نتایج حاصل شده از مقایسه و بررسی مدل‌های مورد مطالعه در این پژوهش و تحلیل آنها می‌توان این‌طور بیان کرد که سناریو کنترل دو فازه چراغ راهنمایی با طول چرخه ۶۰ ثانیه در رویکردهای شمال به جنوب و شرق به غرب، می‌تواند به عنوان گزینه مناسبی در راستای بهبود شرایط ترافیکی برای هر دو مدل اصلی و مدل اعتبارسنجی مطرح شود.

با مقایسه تمام سناریوهای مطرح شده در رابطه با قرار دادن چراغ راهنمایی در میدان فردوسی و وضعیت بدون چراغ میدان و مطابق با هدف که عبارت است از دستیابی به بهترین شرایط ترافیکی میدان فردوسی و همچنین در نظر گرفتن پارامتر زمان تأخیر به عنوان معیار اصلی مقایسه، نتایج زیر حاصل شده است: -زیر سناریو ۲-ج با طول چرخه ۶۰ ثانیه، به عنوان بهترین سناریو برای میدان فردوسی در طول ساعت اوج روز انتخاب شده است. در این حالت که چراغ راهنمایی در ورودی‌های ولیعصر جنوبی و انقلاب شرقی قرار گرفته است و میدان تحت کنترل دو فازه چراغ راهنمایی است، اغلب معیارهای در نظر گرفته شده برای سنجش سناریوها در مقایسه با دیگر سناریوها، بهبود قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند. زمان تأخیر در این زیر سناریو ۵۵ درصد نسبت به زمان تأخیر سناریو صفر کاهش یافته است. -در زیر سناریو ۲-ب با طول چرخه ۶۰ ثانیه که چراغ‌های راهنمایی در ورودی‌های انقلاب غربی و انقلاب شرقی قرار گرفته‌اند، نیز نتایج بسیار مطلوبی بدست آمده است. این زیر سناریو به عنوان گزینه دوم از نظر بهترین کارایی مشخص شده است. در این زیر سناریو نیز مقدار زمان تأخیر در مقایسه با زمان تأخیر سناریو صفر، ۳۵ درصد کاهش پیدا کرده است.

-زیر سناریو ۱-ب با طول چرخه ۶۰ ثانیه نیز به عنوان سومین سناریو برتر در بین سایر سناریوها، شناخته شده است. در این زیر سناریو نیز زمان تأخیر ۲۶ درصد نسبت به سناریو صفر کاهش داشته است.

-سناریو سه به عنوان بدترین سناریو تعیین شده است. در این سناریو زمان تأخیر شبکه نسبت به زمان تأخیر میدان در شرایط بدون چراغ راهنمایی، ۳۶ درصد افزایش یافته است.

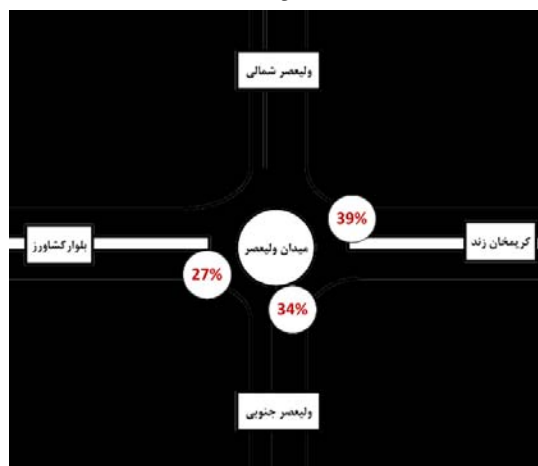
۳-۶- مقایسه و ارزیابی نتایج مدل اصلی و مدل

اعتبارسنجی

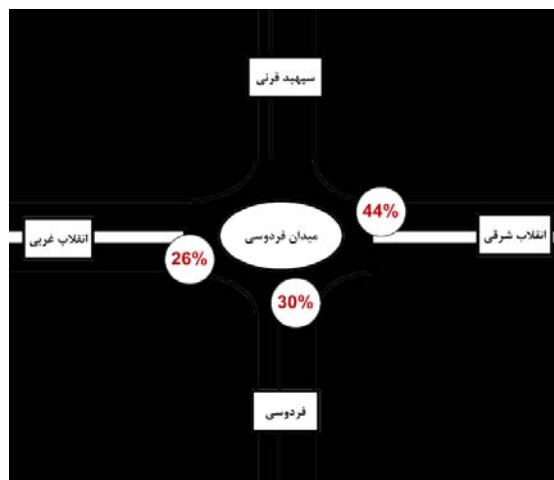
با بررسی‌های صورت گرفته بر روی نتایج بدست آمده از سناریوهای تعریف شده برای مدل اصلی (میدان ولیعصر) و مدل اعتبارسنجی (میدان فردوسی) و همچنین مقایسه شرایط ترافیکی و موقعیت مکانی این دو میدان، می‌توان چنین خلاصه کرد که: -میدان‌های مورد مطالعه هر دو از نظر موقعیت مکانی، در مرکز شهر تهران و در منطقه اداری تجاری-مسکونی و پرتردد شهر واقع شده‌اند.

۴- بحث

به منظور تعیین الگوی قرار دادن چراغ راهنمایی در میدان، نسبت حجم ترافیک هر یک از رویکردهای ورودی به میدان معادل با همسنگ سواری (تبدیل اتوبوس‌های خط ویژه به خوردرو سواری)، به حجم ترافیک کل ورودی به میدان در ساعت اوج روز برای هر دو مدل اصلی و مدل اعتبارسنجی، معیار کار قرار گرفته است (شکل های ۱۸ و ۱۹).



شکل ۱۸. درصد نسبت حجم ترافیک هر یک از رویکردهای ورودی به میدان معادل با همسنگ سواری به حجم ترافیک کل ورودی به میدان در ساعت اوج روز مدل اصلی (میدان ولیعصر)



شکل ۱۹. درصد نسبت حجم ترافیک هر یک از رویکردهای ورودی به میدان معادل با همسنگ سواری به حجم ترافیک کل ورودی به میدان در ساعت اوج روز مدل اعتبارسنجی (میدان فردوسی)

با توجه به این مسئله که در این دو مطالعه موردی نحوه توزیع حجم ترافیک ورودی به میدان در بین رویکردهای ورودی آن، تقریباً مشابه هم است و در هر دو مورد رویکردهای غرب به شرق کمترین و رویکردهای شرق به غرب بیشترین سهم از حجم ترافیک ورودی به میدان را به خود اختصاص داده‌اند، می‌توان این طور نتیجه گرفت که:

برای میدان‌های چهار شاخه‌ای با نرخ جریان زیاد، نظیر میدان ولیعصر و میدان فردوسی که رویکرد شمال- جنوب آن یک طرفه بوده و نحوه توزیع حجم ترافیک ورودی به آن مشابه با مقادیر بدست آمده برای میدان‌های ولیعصر و فردوسی باشد، اجرای طرح کنترل دو فازه چراغ راهنمایی با طول چرخه کوتاه مدت ۶۰ ثانیه در دو رویکرد ورودی با حجم ترافیک بیشتر، در مواقعی که استفاده از چراغ‌های راهنمایی در میدان به منظور بهبود عملکرد ترافیکی آن مد نظر است، می‌تواند گزینه مناسبی باشد.

۵- نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر عملکرد چراغ‌های راهنمایی در میدان‌هایی با حجم ترافیک سنگین و ارزیابی میزان بهبود شرایط ترافیک در داخل میدان و معابر اطرف آن و همچنین ارائه الگویی کارآمد در راستای نحوه بکارگیری چراغ‌های راهنمایی در این نوع میدان‌ها، انجام شد. به منظور دستیابی به این هدف، میدان‌های ولیعصر و فردوسی تهران به عنوان مدل مورد مطالعه در نرم‌افزار شبیه‌ساز Aimsun، مدل شده و انواع سناریوهای استفاده از چراغ راهنمایی با زمان‌بندی ثابت برای آنها تعریف و شبیه‌سازی شدند.

مطابق با هدف اصلی در نظر گرفته شده برای این تحقیق، یعنی یافتن بهترین سناریو استفاده از چراغ راهنمایی در میدان با نرخ جریان زیاد به منظور بهبود عملکرد میدان، از مقایسه نتایج بدست آمده در سناریو برتر و سناریو صفر میدان ولیعصر، بهبود چشم‌گیری در شرایط ترافیکی میدان شامل ۳۲ درصد کاهش زمان تأخیر، ۱۷ درصد کاهش چگالی، ۱۳ درصد افزایش جریان، ۴۸ درصد افزایش سرعت و ۱۷ درصد کاهش زمان کل سفر، مشاهده شد. با توجه به نتایج بسیار خوب بدست آمده برای هر یک از میدان‌های مورد مطالعه به هنگام قرار دادن چراغ راهنمایی در سناریوهای بهینه آنها در مقایسه با شرایط بدون چراغ راهنمایی، می‌توان گفت که استفاده از روش کنترل ترافیک میدان به وسیله چراغ‌های راهنمایی، با الگوی مناسب و صحیح،

- Optimization for Signalized Roundabouts. *Simulation*, 91(5), 456-466.
- Gong, Y. J., & Zhang, J. (2012, June). Real-Time Traffic Signal Control for Roundabouts by Using a PSO-Based Fuzzy Controller. in 2012 IEEE Congress on Evolutionary Computation, *IEEE*. 1-8.
- Hajisoleimani, M. M., Abdi, A., & Bigdeli Rad, H. (2021). Intermodal Non-Motorized Transportation Mode Choice; Case Study: Qazvin City. *Space Ontology International Journal*, 10(3), 31-46.
- Hatami, H., & Aghayan, I. (2017). Traffic Efficiency Evaluation of Elliptical Roundabout Compared with Modern and Turbo Roundabouts Considering Traffic Signal Control. *Promet-Traffic&Transportation*, 29(1), 1-11.
- Jamal, A., Al-Ahmadi, H. M., Butt, F. M., Iqbal, M., Almoshaogeh, M., & Ali, S. (2021). Metaheuristics for Traffic Control and Optimization: Current Challenges and Prospects. *Search Algorithm-Essence of Optimization*.
- Khelifat, I., Naser, M., Alhomaidat, F., & Hanandeh, S. (2021). Improving The Capacity and Level of Service at The Sixth Circle in Jordan by Using Traffic Signals and Roundabout Metering Approach. *The Open Transportation Journal*, 15(1).
- Mohebifard, R., & Hajbabaie, A. (2020, September). Effects of Automated Vehicles on Traffic Operations at Roundabouts. in 2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), *IEEE*. 1-6.
- Owais, M., Abulwafa, O., & Abbas, Y. A. (2020). When to Decide to Convert a Roundabout to a Signalized Intersection: Simulation Approach for Case Studies in Jeddah and Al-Madinah. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45, 7897-7914.
- Pilko, H., Mandžuka, S., & Barić, D. (2017). Urban Single-Lane Roundabouts: A New Analytical Approach Using Multi-Criteria and Simultaneous Multi-Objective Optimization of Geometry Design, Efficiency and Safety. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 80, 257-271.
- Qadri, S. S. S. M., Gökçe, M. A., & Öner, E. (2020). State-of-Art Review of Traffic Signal Control Methods: Challenges and Opportunities. *European Transport Research Review*, 12, 1-23.
- Qadri, S. S. S. M., Gökçe, M. A., Öner, E., & Gökçe, E. G. (2019, October). Analysis of Various Scenarios to Mitigate Congestion at a Signalized Roundabout Using Microsimulation. in 2019 به عنوان یکی از راهکارهای مطرح شده در جهت ارتقاء عملکرد ترافیکی در میدان‌هایی با حجم ترافیک سنگین نظیر میدان‌های ولیعصر و فردوسی، می‌تواند شرایط ترافیکی میدان و معابر اطراف آن را بهبود بخشد. به عنوان یک نتیجه کلی می‌توان بیان کرد که گزینه استفاده از چراغ‌های راهنمایی در میدان‌های با حجم ترافیک بالا، می‌تواند جایگزین مناسبی به جای گزینه اصلاح طرح هندسی میدان به منظور دستیابی به عبور جریان ترافیک بیشتر و تأخیرهای کمتر باشد.
- ۶-مراجع**
- Afandizadeh Zargari, S., Bigdeli Rad, H., & Shaker, H. (2019). Using Optimization and Metaheuristic Method to Reduce the Bus Headway (Case Study: Qazvin Bus Routes). *Quarterly Journal of Transportation Engineering*, 10(4), 833-849.
- Afandizadeh, S., & Bigdeli Rad, H. (2021). Developing A Model to Determine the Number of Vehicles Lane Changing on Freeways by Brownian Motion Method. *Nonlinear Engineering*, 10(1), 450-460.
- Ameri, A., Bigdeli Rad, H., Shaker, H., & Ameri, M. (2021). Cellular Transmission and Optimization Model Development to Determine the Distances between Variable Message Signs. *Journal of Transportation Infrastructure Engineering*, 7(1), 1-16.
- Cheah, Y. H., & Yeak, S. H. (2022, December). Modeling and Simulation on Roundabout with Waiting System. In International Conference on Mathematical Sciences and Statistics 2022 (ICMSS 2022). *Atlantis Press*. 303-318.
- Danesh, A., Ma, W., Yu, C., Hao, R., & Ma, X. (2021). Optimal Roundabout Control under Fully Connected and Automated Vehicle Environment. *IET Intelligent Transport Systems*, 15(11), 1440-1453.
- Dimon, C., Teme, M., & Popescu, D. (2022). Optimization of Road Traffic Using Intelligent Traffic Light Systems. *International Journal of Computers Communications & Control*, 17(4).
- Garcia-Nieto, J., Olivera, A. C., & Alba, E. (2013). Optimal Cycle Program of Traffic Lights with Particle Swarm Optimization. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 17(6), 823-839.
- Gershenson, C. (2004). Self-Organizing Traffic Lights. *Arxiv Preprint Nlin/0411066*.
- Gökçe, M. A., Öner, E., & Işık, G. (2015). Traffic Signal Optimization with Particle Swarm

- Wu, Y., & Zhu, F. (2021). Junction Management for Connected and Automated Vehicles: Intersection or Roundabout? *Sustainability*, 13(16), 9482.
- Zhao, L., Malikopoulos, A., & Rios-Torres, J. (2018). Optimal Control of Connected and Automated Vehicles at Roundabouts: An Investigation in a Mixed-Traffic Environment. *IFAC-Papersonline*, 51(9), 73-78.
- Zhou, L., Zhang, L., & Liu, C. S. (2021). Comparing Roundabouts and Signalized Intersections Through Multiple-Model Simulation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(7), 7931-7940.
- Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU), *IEEE*. 1-6.
- Shaaban, K., Abou-Senna, H., Elnashar, D., & Radwan, E. (2019). Assessing the Impact of Converting Roundabouts to Traffic Signals on Vehicle Emissions along an Urban Arterial Corridor in Qatar. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 69(2), 178-191.
- Shaker, H., & Bigdeli Rad, H. (2018). Evaluation and Simulation of New Roundabouts Traffic Parameters by Aimsun Software. *Journal of Civil Engineering and Materials Application*, 2(3), 146-58.

Optimizing the Performance of Traffic Squares by Simulating Different Scenarios of adding Traffic Signals (Case Study: Valiasr and Ferdowsi Square, Tehran)

Shahriar Afandizadeh, Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Sepideh Jafari, M.Sc., Student, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

Hamid Bigdeli Rad, Assistant Professor, School of Civil Engineering, Imam Khomeini University Qazvin, Qazvin, Iran.

E-mail: zargari@iust.ac.ir

Received: August 2024- Accepted: December 2024

ABSTRACT

Control of traffic performance just via right of way regulations, causes the forming of long queues along the entry approaches of roundabout while results in decreasing the capacity of roundabout and also increasing the delay time of network. The idea of signalization of roundabouts can be useful as a counteraction for this problem, especially during peak hours. In this case, determining the type of control, phasing and timing of the traffic signals and also defining a pattern in signalization of roundabouts in order to select the best alternative of traffic signals operation in roundabout and reach to optimal results, is the one of the problems that seems to be facing traffic engineers when signalizing roundabouts. In this paper, to evaluate the performance of traffic signals at roundabouts with high flow rates and in order to find the suitable scenario for signalization of roundabout to improve the traffic condition, Valiasr-square which is one of the densest roundabouts in Tehran, as main case study model and Ferdosi-square, as validation case study model, are modeled and simulated in traffic simulator software AIMSUN. According to the results obtained for valiasr-Square includes a 32% reduction in delay time, 17% reduction in density, 13% increase in flow, 48% increase in speed and 17% reduction in total travel time while installation of traffic signal in its optimal scenario, it can be said that the use of traffic signals at roundabouts with high traffic volumes is a good choice to get more traffic flow and fewer delays.

Keywords: Roundabout, Traffic Signals, Traffic Simulation, Intersection Delay, AIMSUN