



ارزیابی عملکرد ترافیک در میدانی چراغ دار بر اساس شاخص تاخیر کنترلی با استفاده از مدل شبیه سازی AIMSUN

کامران رحیم اف^۱، محسن ارجمندی^۲، آتنا فردوسی شاهاندشتی^۳

- ۱- استادیار گروه راه و ترابری، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران
- ۲- دانشجوی دکتری راه و ترابری، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران
- ۳- دانشجوی دکتری راه و ترابری، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران

چکیده

استفاده از میدان های حق تقدمی تنها در شرایط جریان های ترافیک پایین امکان پذیر بوده و با افزایش جریان ترافیک مشکلات متعددی از قبیل انسداد ترافیک و تشکیل صف وسایل نقلیه و افزایش تصاعدی زمان تاخیر تقاطع و تصادفات و ... در میدان ظاهر می شود. استفاده از سیستم کنترل چراغ راهنمایی با ایجاد نظم ترافیکی بخصوص در ساعت اوج کمک می کند، شاخص های تاخیر و ایمنی در شرایط ترافیکی اوج بهبود یافته و در مدیریت شهری شرایط حفظ میدان به عنوان مظهری از هویت شهری فراهم گردد. بدیهی است که استفاده از میدان چراغ دار تنها برای ساعاتی از روز مناسب بوده و این روش تنها برای میدانی قابل توصیه است که در چند ساعت محدود از روز نیاز به کنترل پررودیک دارند. در مقاله حاضر با استفاده از نرم افزار AIMSUN تاثیر کاربرد چراغ راهنمایی بر خصوصیات میکروسکوپی جریان ترافیک میدان، با مطالعه موردی میدان امام خمینی شهر کرمانشاه مورد ارزیابی قرار گرفته و مشاهده شد، تغییر عرض شعاع جزیره میانی میدان (۶۵ متر) به شعاع مناسب (۴۵ متر) باعث کاهش ۶۲ درصدی تاخیر میدان چراغ دار گردید و سایر پارامترها نیز به شکل مطلوبی بهبود یافتند [۱].

کلید واژه: میدان، میدان چراغ دار، کنترل با چراغ راهنمایی، تاخیر

^۱ - k_rahimov@yahoo.com

^۲ - ayne2536@yahoo.com

^۳ - ferdosi_atena@yahoo.com



۱- مقدمه

میدان‌ها و سایر تسهیلات با جریان گردش در راه‌ها به عنوان ابزارهایی برای کاهش نقاط تداخل و گره‌های ترافیکی و کاهش توقف و یک راه مدیریتی ساده برای جریان ترافیک شناخته می‌شوند. مزیت اصلی میدان افزایش ایمنی و کاهش تاخیر است بنابراین در تقاطع‌هایی که نرخ تصادفات بالایی دارند و یا تاخیر آنها بالاست بررسی گزینه میدان نیز پیشنهاد می‌شود. استفاده از میدان‌های حق تقدمی تنها در شرایط جریان‌های ترافیک پایین امکان‌پذیر بوده و با افزایش تقاضای ترافیک میدان چهار سری مشکل عمده شامل ایجاد و افزایش صف ترافیکی، افزایش نرخ تصادفات افزایش تاخیر و افزایش درجه اشباع ترافیکی را به همراه دارد [4].

بررسی و ارزیابی گزینه‌های مختلف طراحی تقاطع با مقایسه پارامترهای مختلف ترافیکی و انتخاب گزینه مناسب، نیازمند استفاده از ابزارهای مفید و موثر است. بخصوص زمانی که اثر متقابل بین پارامترهای طراحی پیچیده باشد استفاده از ابزارهایی از قبیل نرم افزارهای شبیه‌سازی به عنوان یکی از موثرترین شیوه‌های ارزیابی و مقایسه ضروری می‌نماید. چراغ‌دار کردن میدان به عنوان یکی از گزینه‌های مدیریت ترافیک شهری، قابلیت‌ها و توانایی‌ها و معیارهای اعتمادپذیری میدان از قبیل تاخیر کنترل شده را تحت شرایط و روش‌های مختلف کنترل چراغ‌دار ارتقاء بخشده و بنابراین تاثیرگذاری بر متوسط تاخیر نیز قابل انتظار است. استفاده از سیستم کنترل چراغ راهنمایی در میادین شهری با ایجاد نظم ترافیکی بخصوص در ساعت اوج کمک می‌کند، شاخص‌های تاخیر و ایمنی در شرایط ترافیکی اوج بهبود یافته و در مدیریت شهری شرایط حفظ میدان به عنوان مظهری از هویت شهری فراهم گردد. بدیهی است که استفاده از میدان چراغ‌دار تنها برای ساعاتی از روز مناسب بوده و این روش تنها برای میادینی قابل توصیه است که در چند ساعت محدود از روز نیاز به کنترل پرودیک دارند.

در این تحقیق با استفاده از نرم افزار شبیه‌سازی AIMSUN تاثیر کاربرد چراغ راهنمایی بر خصوصیات میکروسکوپی جریان ترافیک میدان از قبیل تاخیر، سرعت عبور وسیله نقلیه، چگالی، تعداد خودروهای منتظر در صف و زمان سفر با مطالعه موردی میدان امام خمینی شهر کرمانشاه مورد ارزیابی قرار گرفته است. چنین مطالعاتی می‌توانند ضرورت مطالعه و تحقیق گسترده و همه‌جانبه بر روی میادین با لحاظ کردن کلیه پارامترهای هندسی و ترافیکی تاثیرگذار بر تاخیر میدان در روش‌های مختلف چراغ‌دار کردن میدان برای دستیابی به حداقل متوسط تاخیر موثر را به خوبی نشان داده و با تعریف صورت مساله‌های مبتلا به، سهم بسزایی در حل مشکلات ترافیک شهری با حفظ هویت شهری داشته باشند.

۲- مروری بر پیشینه تحقیق

شبیه‌سازی ترافیکی یکی از جدیدترین علوم مهندسی در شاخه حمل و نقل و ترافیک است و در کشورهای که در زمینه ترافیکی پیشرفته هستند یکی از ملزومات تصویب طرح‌های ترافیکی به شمار می‌رود. در واقع شبیه‌سازی



یکی از قوی ترین و مورد اعتمادترین ابزارهای تحقیق در عملیات و تحلیل سیستم هاست. شبیه سازی را می توان به عنوان فرآیند طراحی یک مدل از یک سیستم واقعی و کاربرد آن به منظور فهم دقیق سیستم یا ارزیابی روش های مختلف برای عملکرد سیستم بیان کرد. استفاده از شبیه سازی در علم مهندسی ترافیک مزایا و کاربردهای گسترده ای دارد. به کمک شبیه سازی می توان قبل از آنکه در دنیای واقعی مشکلی به خاطر اعمال سیاست ها ، روش ها ، طراحی ها و ... بوجود آید ، در دنیای مجازی آنها را مورد ارزیابی قرار داد. در واقع به کمک علم شبیه سازی طرح های پیشنهادی سیستم های مختلف حمل و نقل را می توان بدون هزینه اجرا در مقیاس واقعی مورد آزمایش و ارزیابی قرار داده و اثرات مثبت و منفی اجرای طرح را مشاهده کرد [5].

نرم افزار AIMSUN قادر است بطور همزمان شبیه سازی ماکروسکوپی، مزوسکوپی و میکروسکوپی را انجام دهد. در حالیکه دیگر نرم افزارها تنها قادر به شبیه سازی یک نوع از مدل ها هستند. کاربردهای این نرم افزار عبارتند از : تجزیه و تحلیل تاثیر طرح های زیرساختی از قبیل احداث تقاطع های غیر همسطح ، تونل ها ، میادین و ... ، مطالعات محیطی ، مطالعات هزینه جاده ای و عوارضی و نواحی و محدوده های دارای ممنوعیت یا محدودیت ترافیکی، طراحی شبکه معابر و سیستم پشتیبانی برای مدیریت حمل و نقل عمومی و تعریف راهبردهای پیچیده مدیریت ترافیک در شبکه مانند تصادفات، سد معبر ، تغییر مسیر خودروها بر اساس حجم ترافیک و ... از خروجی های نرم افزار ایمسان می توان به مصرف سوخت ، میزان تردد، میزان آلودگی هوا، سرعت در شبکه ، تعداد توقف ها در واحد زمان ، چگالی ، زمان سفر ، میزان تاخیر در قبل و بعد و ... اشاره کرد [6].

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه کنترل میادین با چراغ راهنمایی صورت نگرفته و به نوعی می توان گفت این موضوع زمینه زیادی برای تحقیق و مطالعه دارد. در دانشگاه تانگجی چین در دانشکده مهندسی راه و ترافیک تحقیقی با عنوان "کاربرد روش کنترل با چراغ راهنمایی در میدان" صورت گرفته است. در این تحقیق که با استفاده از نرم افزار AIMSUN و مدل کردن میادین چراغ دار با محوریت کنترل تاخیر انجام شده است نتایج زیر بدست آمده است:

الف- پارامتر تعیین کننده اصلی برای تاخیر متوسط وسایل نقلیه در میدان چراغ دار زمان چرخه است

ب- با افزایش زمان چرخه چراغ راهنمایی، زمان تاخیر میدان افزایش می یابد

ج- با افزایش شعاع جزیره میانی زمان تاخیر برای جریان های مستقیم افزایش می یابد

د- با افزایش شعاع جزیره میانی زمان تاخیر برای جریان های گردش به چپ تا شعاع معینی کاهش و سپس افزایش می یابد. (در واقع یعنی هر میدان با وضعیت ترافیک خاص خود شعاع جزیره میانی بهینه مخصوص به خود دارد) [2]

در تحقیق دیگری که بر روی میادین مدرن صورت گرفته است نشان داد که استفاده از کنترل با چراغ راهنمایی باید با احتیاط و دقت بالایی انجام شود تا بتواند با کنترل جریان ورودی نتایج مناسبی بدست آورده و کنترل میدان با چراغ راهنمایی مفید واقع شود. [3]



البته همانطور که اشاره شد تاکنون تحقیقات چندانی در رابطه با میدانی چراغ دار انجام نشده و با توجه به پیشرفت های صورت گرفته در نسخه های جدید نرم افزارهای شبیه سازی از قبیل AIMSUN زمینه انجام تحقیقات گسترده و جامع در این مورد فراهم شده است.

۳- ساخت و اجرای مدل

این تحقیق از نوع کاربردی و از نظر اساس توصیفی است که با استفاده از نرم افزار ایمنسان به انجام رسیده است. نمونه مورد مطالعه میدان امام خمینی شهر کرمانشاه بر اساس آمار سال ۱۳۹۳ می باشد. شیوه جمع آوری داده ها از روش های مختلف از جمله برداشت میدانی، مطالعه کتابخانه ای، استفاده از عکس ماهواره ای و بهره گیری از اسناد مطالعات بلند مدت میدان مذکور در شهرداری کرمانشاه توسط مشاوران مختلف است که در نهایت با مدل سازی مورد استفاده قرار گرفته و نتایج بدست آمده است.



شکل (۱) موقعیت میدان امام خمینی

میدان امام خمینی در ورودی شهر کرمانشاه واقع شده است. شکل (۱) عکس هوایی این تقاطع را نشان می دهد. این تقاطع محل برخورد چهار شریانی درجه یک شامل بزرگراه امام، بلوار شهید کشوری، بزرگراه کرمانشاه بیستون (بزرگراه کربلا) و بلوار نماز است. فرودگاه کرمانشاه در ضلع جنوب شرقی تقاطع واقع شده است. از جمله عوارض دیگر اطراف میدان مسجد و دو جایگاه CNG است که جاذب سفرهای عمده ای می باشند. (لازم به ذکر است



فرودگاه شهید اشرفی دارای یک مسیر ورودی به میدان است که فعال نمی باشد و لذا در مدل کردن تقاطع در نظر گرفته نشده است)



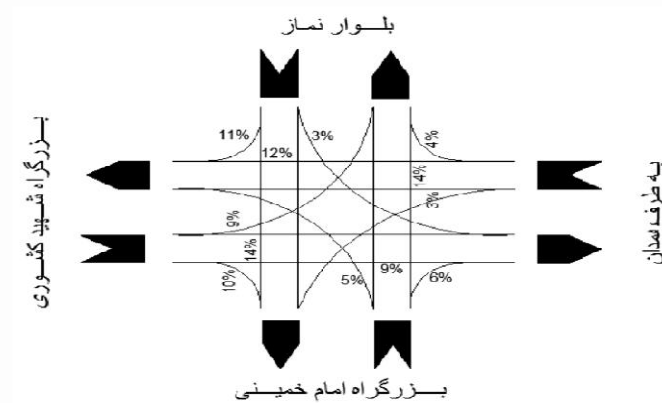
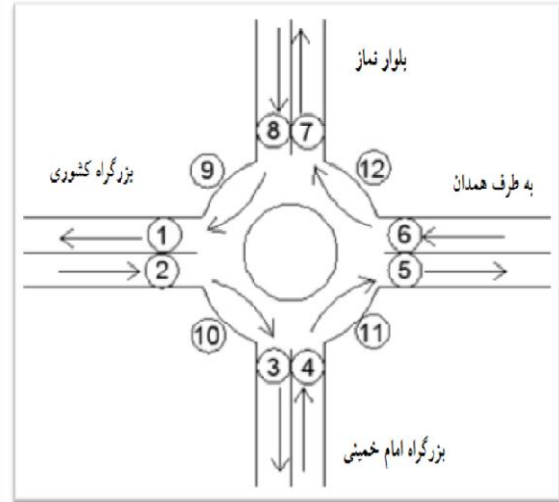
شکل (۲) وضعیت تردد وسایل نقلیه در میدان امام خمینی در ساعت غیر اوج

این تقاطع از حجم ترافیک عبوری و سرعت ورودی بالایی برخوردار بوده و در بعضی ساعات روز مانند اوج صبح و عصر نیازمند به حضور فیزیکی پلیس برای هدایت ترافیکی و برقراری نظم تردد می باشد. مطابق مطالعات مشاور و طرح مصوب مطابق افق ۱۴۱۳ تقاطع باید به صورت غیرهمسطح سه سطحی طراحی شده که در صورت وجود بودجه کافی دارای اولویت اجرایی است. مطابق آمار جمع آوری شده مشاور حجم ترافیک ورودی از رویکردهای مختلف مطابق جدول و شکل های زیر است:



جدول (۱) حجم ترافیک عبوری ساعت اوج در سال ۱۳۹۳

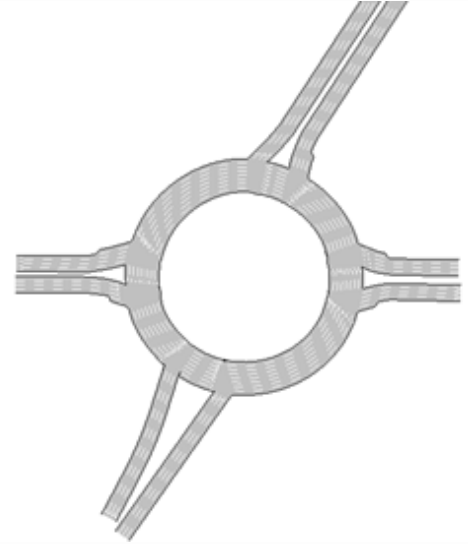
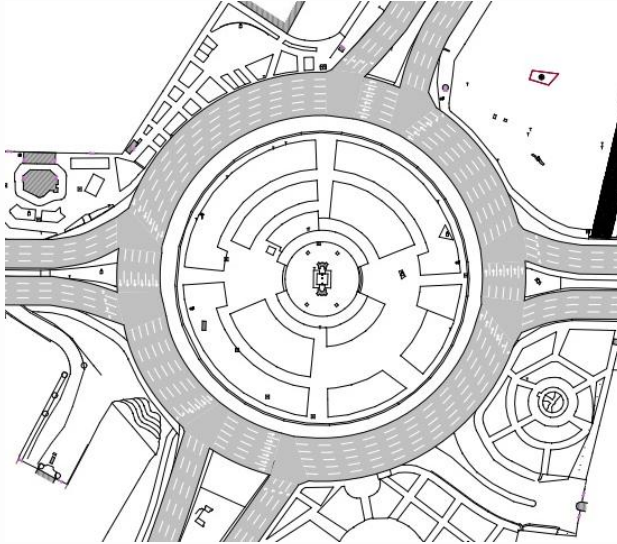
ترافیک ساعت اوج	شماره گره مقصد	شماره گره مبدا
۹۸۵	۱	۸
۲۹۸	۵	۸
۱۰۰۸	۳	۸
۳۶۷	۷	۶
۲۷۵	۳	۶
۱۱۹۲	۱	۶
۵۳۴	۵	۴
۴۴۵	۱	۴
۸۰۱	۷	۴
۸۴۱	۳	۲
۷۹۲	۷	۲
۱۱۷۸	۵	۲



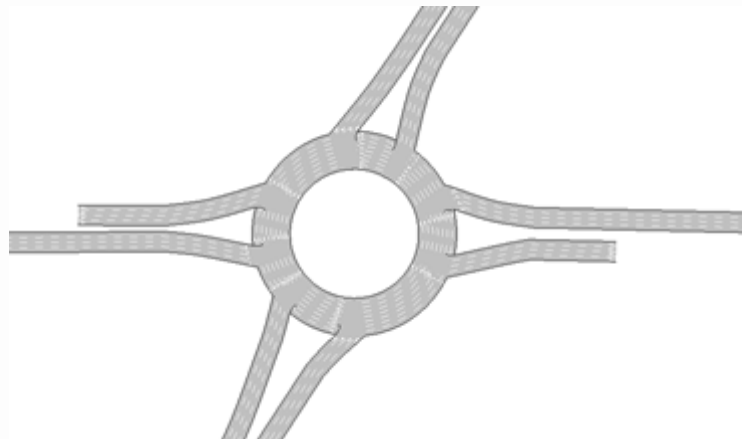
شکل (۳) درصد توزیع ترافیک در هر حرکت از رویکردهای مختلف

به هرحال تا زمان اجرای طرح مصوب می توان از گزینه های موقت برای بهبود وضع موجود بهره برد که از جمله پیشنهادات مطرح شده چراغ دار کردن تقاطع و انجام اصلاحات هندسی مبتنی بر نتایج مدل سازی تغییرات هندسی پارامترهای اصلی تاثیرگذار از جمله شعاع جزیره میانی است که در این تحقیق در حالات مختلف با نرم افزار AIMSUN 8.1 مدل سازی شده و نتایج آن مورد بررسی قرار گرفته است.

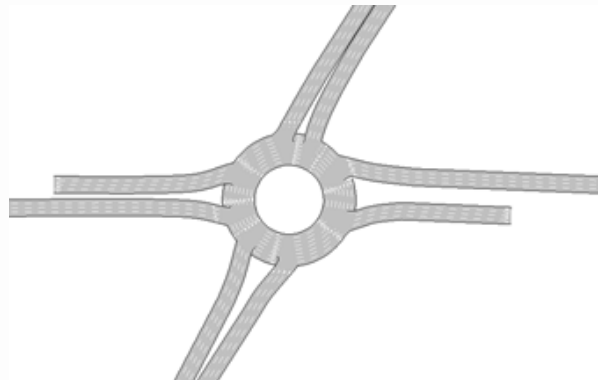
لازم به ذکر است با توجه به نوسان آمار ترافیکی میدان در طول روز و از طرفی ابعاد بزرگ و ظرفیت بسیار بالای میدان گزینه چراغ دار کردن تنها برای ساعاتی از روز پیشنهاد و مورد بررسی قرار گرفته و در مابقی ساعات غیر اوج نیازی به فعالسازی چراغ های ترافیکی راهنما نمی باشد و عملکرد میدان مطابق مشاهدات میدانی قابل قبول است (شکل (۲)).



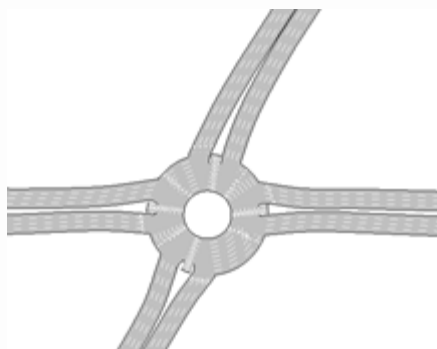
شکل (۴) وضع موجود مدل شده میدان با شعاع دایره میانی ۶۵ متر و ۲۴ متر عرض عبور



شکل (۵) میدان مدل شده با شعاع دایره میانی ۴۵ متر و ۲۴ متر عرض عبور



شکل (۶) میدان مدل شده با شعاع دایره میانی ۳۰ متر و ۲۴ متر عرض عبور



شکل (۷) میدان مدل شده با شعاع دایره میانی ۲۰ متر و ۲۴ متر عرض عبور

تقاطع با دو جریان ترافیک ساعت اوج (برای حالت چراغ دار) و غیر ساعت اوج (برای حالت بدون چراغ) در حالات مختلف شعاع جزیره میانی با شعاع های ۶۵ متر و ۴۵ متر و ۳۰ متر و ۲۰ متر مدل شده که خلاصه نتایج بعضی از پارامترهای مورد بررسی مطابق جداول زیر است.

جدول (۲) نتایج مدل سازی با AIMSUN برای میدان بدون چراغ با شعاع جزیره میانی مختلف

شعاع جزیره میانی (متر)	۲۰	۳۰	۴۵	۶۵
زمان تاخیر (ثانیه)	۷۴,۴۶	۹,۴۱	۸,۲۴	۵,۶۵
سرعت وسیله نقلیه (km/h)	۳۲,۹۳	۴۰,۰۸	۴۱,۳۴	۴۱,۸۴
تعداد متوسط خودرو در صف	۴۰,۱۳	۰	۰	۰
چگالی (veh/km)	۲۰,۳۳	۱۰,۴۱	۱۰,۰۸	۱۰,۰۱
زمان سفر	۱۵۷,۲۶	۹۱,۱۸	۸۸,۱۸	۸۶,۴۵

جدول (۳) نتایج مدل سازی با AIMSUN برای میدان چراغ دار با شعاع جزیره میانی مختلف

شعاع جزیره میانی (متر)	۲۰	۳۰	۴۵	۶۵
زمان تاخیر (ثانیه)	۵۸۶	۳۹۹	۳۱۰	۸۲۴
سرعت وسیله نقلیه (km/h)	۱۹,۵۵	۲۱,۸۴	۲۳,۷۹	۱۰,۱۴
تعداد متوسط خودرو در صف	۴۳۴	۳۰۴	۱۵۶	۶۰۱
چگالی (veh/km)	۳۷,۳۵	۴۱,۱۵	۳۶,۴۵	۵۷,۱۱
زمان سفر (ثانیه)	۶۶۹	۴۸۱	۳۹۰	۹۰۳

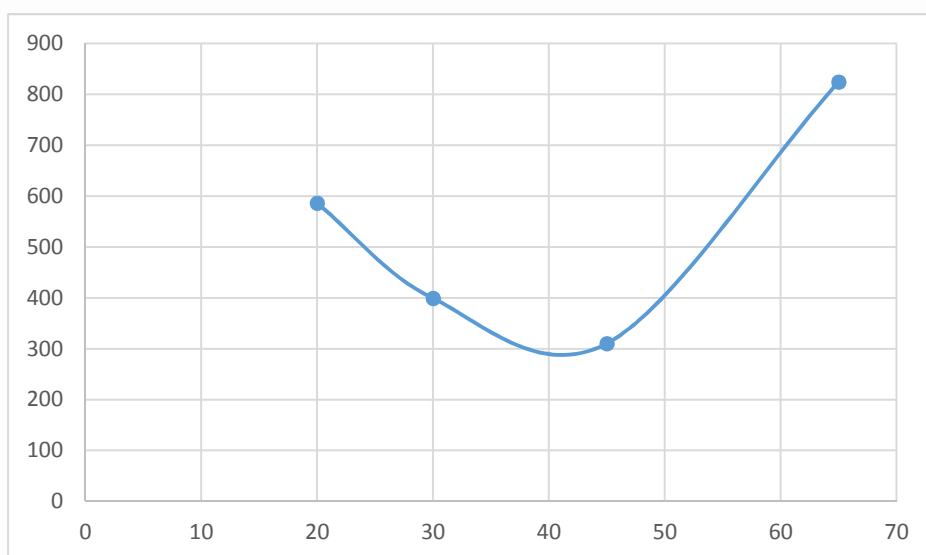


با عنایت به نتایج بدست آمده مطابق جداول فوق شعاع جزیره میانی ۴۵ متر برای میدان مناسب تر بوده و در هر حالت تقاطع نتایج مناسبتری در کلیه پارامترها ارائه می دهد. ضمناً شعاع جزیره میانی ۴۵ متر در حالت بدون چراغ نیز نتایج مناسبی دارد.

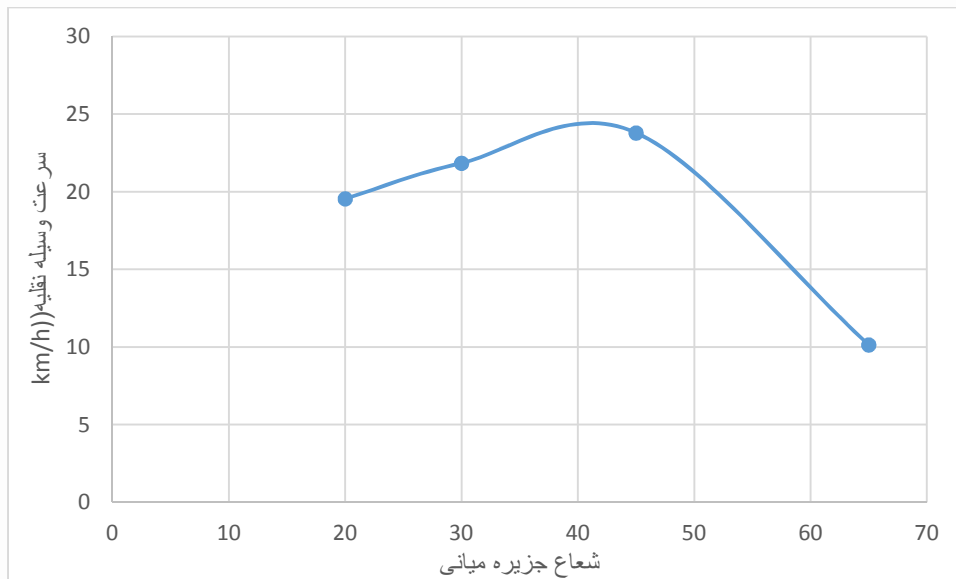
مطابق نتایج مشاهدات مدلسازی (فیلم مدلسازی) زاویه نامناسب ورودی های شمالی و جنوبی میدان موجب کوتاه شدن ناحیه تداخلی مجاور آنها شده که با کاهش شعاع جزیره میانی زمینه لازم جهت اصلاح هندسی و اصلاح زاویه اتصال بزرگراه امام و بلوار نماز نیز فراهم می گردد که قطعاً تاثیر مثبتی روی نتایج خواهد داشت. لازم به ذکر است میدان چراغ دار با زمان چرخه ۱۳۰ ثانیه و به صورت دو فازه مدل شده است. گزینه ۴ فازه نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نامناسبی ارائه داد و گزینه چهار فازه از روند ادامه مدلسازی حذف گردید.

جدول (۴) نتایج مدل سازی با AIMSUN برای میدان چراغ دار با شعاع جزیره میانی ۶۵ در حالات دو فازه و چهار فازه

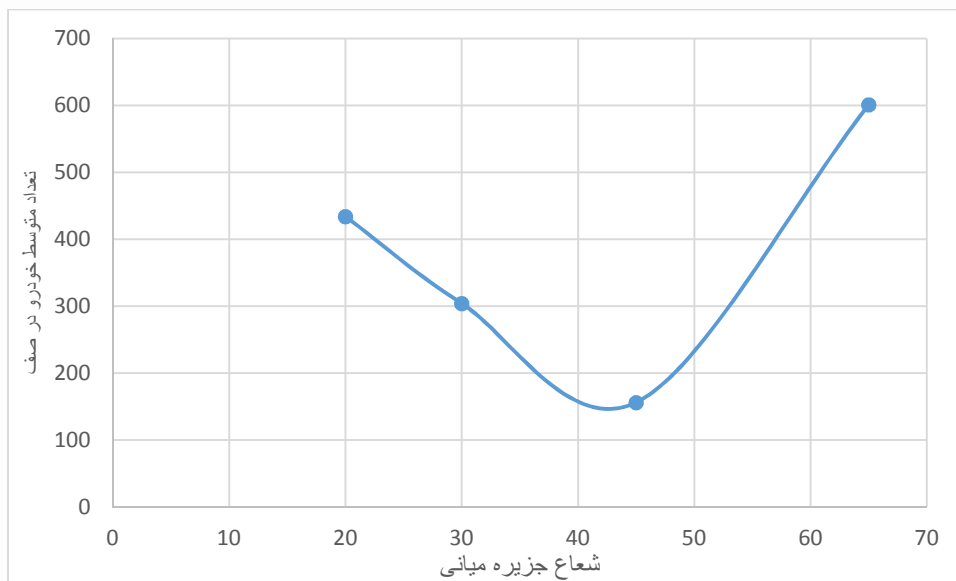
شعاع جزیره میانی (متر)	۶۵ (دو فازه)	۶۵ (چهار فازه)
زمان تاخیر (ثانیه)	۸۲۴	۱۷۵۳
سرعت وسیله نقلیه (km/h)	۱۰,۱۴	۳,۸۲
تعداد متوسط خودرو در صف	۶۰۱	۹۹۰
چگالی (veh/km)	۵۷,۱۱	۸۵,۹۶
زمان سفر (ثانیه)	۹۰۳	۱۸۳۴



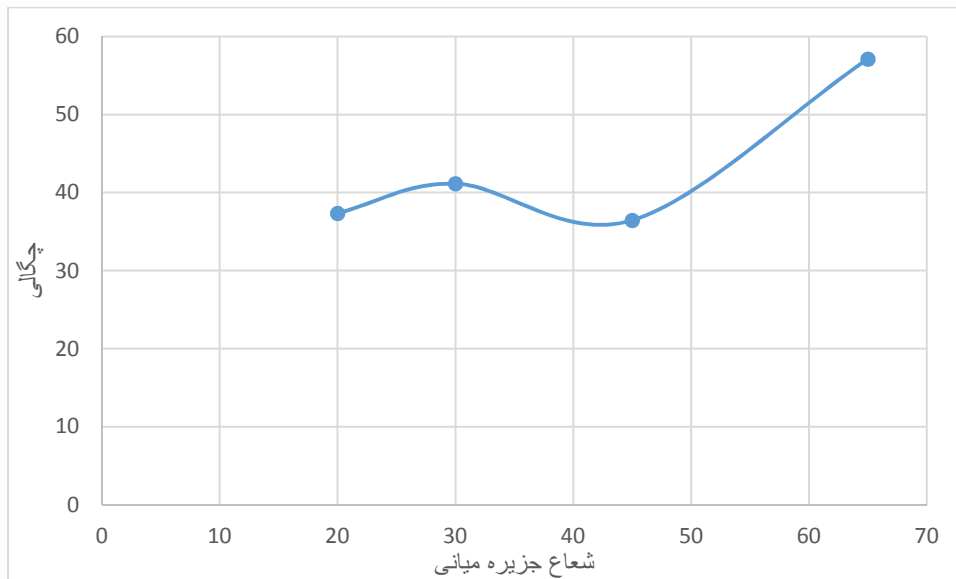
شکل (۱) منحنی تغییرات زمان تاخیر بر حسب شعاع جزیره میانی



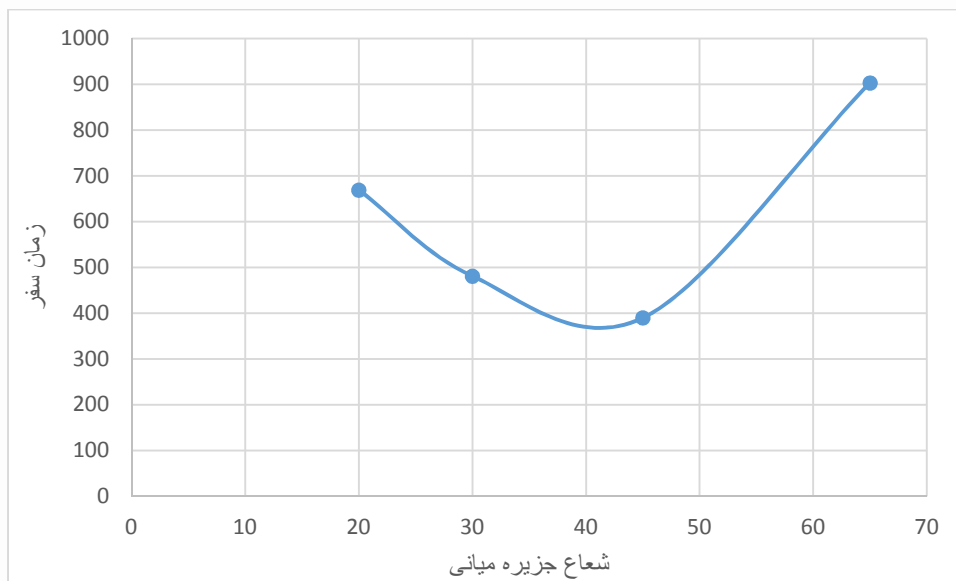
شکل (۹) منحنی تغییرات سرعت عملی وسایل نقلیه عبوری بر حسب شعاع جزیره میانی



شکل (۱۰) منحنی تغییرات تعداد متوسط خودرو در صف بر حسب شعاع جزیره میانی



شکل (۱۱) منحنی تغییرات چگالی بر حسب شعاع جزیره میانی



شکل (۱۲) منحنی تغییرات زمان سفر بر حسب شعاع جزیره میانی

جمع بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق که از نوع کاربردی و از نظر اساس توصیفی است با استفاده از نرم افزار AIMSUN به انجام رسیده نمونه مورد مطالعه میدان امام خمینی شهر کرمانشاه بر اساس آمار سال ۱۳۹۳ می باشد که دارای طرح مصوب تقاطع غیر همسطح برای افق ۱۴۱۳ می باشد. تا زمان اجرای طرح مصوب می توان از گزینه های موقت برای



- بهبود وضع موجود بهره برد که از جمله پیشنهادات مطرح شده چراغ دار کردن تقاطع و انجام اصلاحات هندسی مبتنی بر نتایج مدل سازی تغییرات هندسی پارامترهای اصلی تاثیرگذار از جمله شعاع جزیره میانی است که در این تحقیق در حالات مختلف با نرم افزار AIMSUN 8.1 مدل سازی شده و نتایج حاصله به شرح زیر می باشد:
- با توجه به نوسان آمار ترافیکی میدان در طول روز و از طرفی ابعاد بزرگ و ظرفیت بسیار بالای میدان گزینه چراغ دار کردن تنها برای ساعاتی از روز پیشنهاد و مورد بررسی قرار گرفته و در مابقی ساعات غیر اوج نیازی به فعالسازی چراغ های ترافیکی راهنما نمی باشد و عملکرد میدان مطابق مشاهدات میدانی و مدلسازی با نرم افزار AIMSUN قابل قبول است
 - با عنایت به نتایج بدست آمده مطابق جداول فوق شعاع جزیره میانی ۴۵ متر برای میدان مناسب تر بوده و در هر حالت تقاطع نتایج مناسبتری در کلیه پارامترها ارائه می دهد. ضمناً شعاع جزیره میانی ۴۵ متر در حالت بدون چراغ نیز نتایج مناسبی دارد.
 - مطابق نتایج مشاهدات مدلسازی (فیلم مدلسازی) زاویه نامناسب ورودی های شمالی و جنوبی میدان موجب کوتاه شدن ناحیه تداخلی مجاور آنها شده که با کاهش شعاع جزیره میانی زمینه لازم جهت اصلاح هندسی و اصلاح زاویه اتصال بزرگراه امام و بلوار نماز نیز فراهم می گردد که قطعاً تاثیر مثبتی روی نتایج خواهد داشت.
 - لازم به ذکر است میدان چراغ دار با زمان چرخه ۱۳۰ ثانیه و به صورت دو فازه مدل شده است. گزینه ۴ فازه نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نا مناسبی ارائه داد و گزینه چهار فازه از روند ادامه مدلسازی حذف گردید.



مراجع

- 1- **Journal of Software, February 2012, Association of Signal-Controlled Method at Roundabout and Delay, Vol.7, No.2**
- 2- **IEEE Transactions on Intelligent Transportation system, 2004, A new traffic- signal control for Modern Roundabout: Method and Application, Vol.5, no.4, pp282-287**
- 3- **Journal of Tianjin Institute of Urban Construction, 2003, Theory and application of signalized roundabout crossing, Vol.9, No.3**

۴- فصلنامه علمی - ترویجی راهور، زمستان ۹۲، تجزیه و تحلیل عملکرد، ظرفیت و ایمنی در میدان، شماره ۲۴، صفحات ۴۵-۷۵

۵- فصلنامه علمی - ترویجی راهور، تابستان ۹۲، اصلاح طرح هندسی تقاطع نمازی شیراز با استفاده از نرم افزار شبیه ساز ایمنسان، شماره ۲۲، صفحات ۹۵-۱۱۱

۶- شرکت سیمارون قابل دسترسی در آدرس وب: www.simaron.com