

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی راه و ترابری

ارزیابی عملکرد میدان های میان گذر

نگارنده: سجاد ذاکری بیزخی

استاد راهنما:

دکتر عبدالاحد چوپانی

شهریور ۱۴۰۰



مدیریت تحصیلات تکمیلی

پایه تالی

فرمهای ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد
مربوط به ورودی های ۹۳ به بعد

شماره:

تاریخ:

ویرایش:

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای سجادزاکری بیرجعی با شماره دانشجویی ۹۷۰۷۴۷۴ رشته عمران گرایش راه و ترابری تحت عنوان ارزیابی عملکرد میدان های میان گذر که در تاریخ ۱۴۰۱/۰۶/۲۴ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار شد به شرح ذیل اعلام می گردد:

الف) درجه عالی: نمره ۱۹-۲۰	ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸/۹۹ - ۱۸
ج) درجه خوب: نمره ۱۷/۹۹ - ۱۶	د) درجه متوسط: نمره ۱۵/۹۹ - ۱۴
ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد	
نوع تحقیق: ☒ تئوری ☐ عملی	

اعضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	استادیار	دکتر عبدالاحد جویانی	۱- استاد راهنمای اول
			۲- استاد راهنمای دوم
			۳- استاد مشاور
	دانشیار	دکتر ایمان افشار	۴- استاد داور اول
	استادیار	دکتر حسین کاظم زاده طهرانی	۵- استاد داور دوم
	استادیار	دکتر مهدی جمعی	۶- نماینده تحصیلات تکمیلی

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تقدیم اثر

با سپاس از سه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

موهایشان سپید شد تا ما رو سفید شویم...

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند...

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

ممنون و قدردانی

با تشکر از

استاد محترم جناب آقای دکتر عبدالاحد چوپانی، که در انجام این پروژه مرا یاری کردند.

هم چنین اساتید محترم جناب آقای دکتر آقایان و جناب آقای دکتر قاسم زاده

به خاطر تشریف فرمایی در جلسه دفاعیه اینجانب سپاسگزارم.

تهدنامه

اینجانب سجاد ذاکری بیزخی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته عمران – راه و ترابری دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ارزیابی عملکرد میدان های میان گذر تحت راهنمایی دکتر عبدالاحد چوپانی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

۱۴۰۰/۰۶/۲۴



مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده:

امروزه مشخص شده است که برای بهبود حمل و نقل و ترافیک شهری، نباید تنها به راهکارهای حمل و نقل شخصی پرداخت. بلکه حمل و نقل همگانی به عنوان یک سیستم انبوه بر، نقش شایانی در کاهش راهبندان های ترافیکی در شهرها دارد. از اینرو سامانه اتوبوس تندرو (BRT) به عنوان یک سامانه کم هزینه نسبت به سامانه های انبوه بر ریلی که قابلیت اجرای سریع را دارد در کلان شهرها و حتی شهرهای متوسط مورد توجه قرار دارد. اما تعدد تقاطع ها و میادین در هسته مرکزی شهر، سبب کاهش سرعت سفر این سامانه ها می شود. عبور سریع اتوبوس های تندرو از میدان های استاندارد، یکی از چالش های خطوط BRT در هسته مرکزی شهری است. از اینرو نیاز به راهکارهای کم هزینه برای اصلاح هندسی میدان ها به خصوص در جهت اولویت دهی به حمل و نقل همگانی به وضوح احساس می شود. ولی با این وجود، راهکارهای هندسی که متناسب با شرایط میدان استاندارد باشد و به اتوبوس های تندرو اولویت عبور بدهد، تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته است. یکی از این راهکارها میدان های میان گذر است که قادر است با کم ترین هزینه و زمان چالش روبه رو برای عبور سریع وسایل نقلیه همگانی در یک میدان استاندارد را برطرف کند. براساس تحقیقات صورت گرفته تا به حال این میدان ها مورد ارزیابی قرار نگرفته اند و اکنون هدف از این تحقیق ارزیابی میدان میان گذر (همبرگری) به عنوان یک راهکار هندسی در جهت اولویت دهی به حمل و نقل همگانی از منظر های ترافیکی و ایمنی است. در این راستا این میدان با استفاده از نرم افزار شبیه ساز AIMSUN، با دو فرم هندسی دیگر، تقاطع و میدان استاندارد مقایسه شده است. در طی مراحل شبیه سازی تمام داده های مورد نیاز (مشخصات هندسی، حجم تردد و ...) بر اساس شرایط وضع موجود نمونه اجرا شده در مشهد مقدس تامین شد و برای یکسان شدن شرایط در قیاس سه فرم هندسی تمام مشخصات یکسان و در دو نوع کنترل (چراغدار و بدون چراغ) فرض شده است. پس از پایان شبیه سازی و استخراج نتایج، نتیجه تحلیل ها بیانگر عملکرد بهتر میدان میان گذر نسبت به دو فرم هندسی دیگر است. ظرفیت عبوری میدان میان گذر در حالت بدون چراغ ۹۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت و در میدان مدرن و تقاطع به ترتیب ۵۰۰۰ و ۴۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت بوده است. اما در حالت چراغدار عملکرد ظرفیتی میدان مدرن به میدان میان گذر نزدیک شده است و آمار وسایل نقلیه عبوری از میدان میان گذر، مدرن و تقاطع به ترتیب ۴۶۰۰، ۴۵۰۰ و ۳۰۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت بوده. البته در این پژوهش ما از آمار تصادفات ثبت شده توسط پلیس و اورژانس هم جهت مقایسه ایمنی بهره بردیم که نتایج آن نشان داد مجموع تصادفات در میدان مدرن از ۳۵۰ مورد به ۱۹۶ مورد در میدان میان گذر رسیده است.

کلمات کلیدی: اتوبوس تندرو (BRT)، میدان غیرمتعارف، میان گذر، شبیه سازی ترافیک، ایمنی

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

1- Zakeri, S., & Choupani , A. A. (2021). Operational Evaluation of a Through about to Give Priority to Public Transport at Standard Roundabouts. Journal of Advanced Transportation , 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/1840040>

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل ۱: مقدمه

- ۱-۱- مقدمه ۲
- ۲-۱- تعریف مسئله و ضرورت انجام تحقیق ۳
- ۳-۱- نوآوری تحقیق ۴
- ۴-۱- فرضیات ۴
- ۵-۱- روش تحقیق ۵
- ۶-۱- اهداف تحقیق ۵
- ۷-۱- ساختار تحقیق ۶

فصل ۲: مبانی نظری و پیشینه تحقیق

- ۱-۲- تاریخچه و تعاریف میدان ۱۰
- ۲-۲- دلیل اهمیت میدان ها ۱۲
- ۳-۲- انواع میدان ها ۱۲
- ۱-۳-۲- میدان گل ۱۳
- ۲-۳-۲- میدان فشرده ۱۴

- ۱۵.....۳-۳-۲- میدان هدف
- ۱۶.....۴-۳-۲- میدان دمبل
- ۱۶.....۵-۳-۲- میدان استخوان سگ
- ۱۷.....۶-۳-۲- میدان چهارگذرگاه پروازی
- ۱۸.....۷-۳-۲- میدان توربو
- ۱۹.....۸-۳-۲- میدان میان گذر
- ۲۰.....۴-۲- ارزیابی ترافیکی، زیست محیطی و ایمنی
- ۲۷.....۵-۲- حمل و نقل همگانی

فصل ۳: روش تحقیق

- ۳۲.....۱-۳- مقدمه
- ۳۵.....۲-۳- انواع داده های گردآوری شده
- ۳۵.....۱-۲-۳- داده های هندسی و میدانی
- ۳۶.....۲-۲-۳- داده های ترافیکی
- ۳۶.....۳-۲-۳- کالیبراسیون
- ۳۷.....۴-۲-۳- فازبندی و زمان بندی چراغ راهنمایی
- ۳۹.....۳-۳- فرضیات و مشخصات هندسی طراحی
- ۴۱.....۴-۳- طراحی ها در نرم افزار
- ۴۳.....۵-۳- بارگزاری طرح های هندسی
- ۴۵.....۶-۳- کالیبراسیون داده ها در نرم افزار
- ۴۸.....۷-۳- استخراج نتایج از نرم افزار

۴۹..... ۸-۳- اعتبارسنجی نتایج

۵۰..... ۹-۳- جمع بندی

فصل ۴ : نتایج شبیه سازی

۵۴..... ۱-۴- مقدمه

۵۴..... ۲-۴- میدان میان گذر

۵۴..... ۱-۲-۴- تاخیر

۵۵..... ۲-۲-۴- زمان سفر

۵۶..... ۳-۲-۴- تعداد توقف

۵۶..... ۴-۲-۴- سرعت

۵۷..... ۵-۲-۴- ظرفیت

۵۸..... ۳-۴- میدان مدرن

۵۸..... ۱-۳-۴- تاخیر

۵۸..... ۲-۳-۴- زمان سفر

۵۹..... ۳-۳-۴- تعداد توقف

۶۰..... ۴-۳-۴- سرعت

۶۰..... ۵-۳-۴- ظرفیت

۶۱..... ۴-۴- تقاطع

۶۱..... ۱-۴-۴- تاخیر

۶۲..... ۲-۴-۴- زمان سفر

۶۳..... ۳-۴-۴- تعداد توقف

- ۶۳..... ۴-۴-۴- سرعت
- ۶۴..... ۵-۴-۴- ظرفیت
- ۶۵..... ۵-۴- مقایسه طرح های هندسی
- ۶۵..... ۴-۵-۱- تاخیر بدون چراغ
- ۶۶..... ۴-۵-۲- تاخیر چراغدار
- ۶۷..... ۴-۵-۳- زمان سفر بدون چراغ
- ۶۷..... ۴-۵-۴- زمان سفر چراغدار
- ۶۸..... ۴-۵-۵- تعداد توقف بدون چراغ
- ۶۹..... ۴-۵-۶- تعداد توقف چراغدار
- ۷۰..... ۴-۵-۷- سرعت بدون چراغ
- ۷۱..... ۴-۵-۸- سرعت چراغدار
- ۷۲..... ۴-۵-۹- ظرفیت بدون چراغ
- ۷۳..... ۴-۵-۱۰- ظرفیت چراغدار
- ۷۴..... ۴-۶- بررسی حرکات وسایل نقلیه به تفکیک گردش ها
- ۷۴..... ۴-۶-۱- میدان میان گذر
- ۷۴..... ۴-۶-۱-۱- چراغدار
- ۷۵..... ۴-۶-۱-۲- بدون چراغ
- ۷۶..... ۴-۶-۲- میدان مدرن
- ۷۶..... ۴-۶-۲-۱- چراغدار
- ۷۷..... ۴-۶-۲-۲- بدون چراغ

- ۷۷..... ۴-۶-۳- تقاطع
- ۷۷..... ۴-۶-۳-۱- چراغدار
- ۷۸..... ۴-۶-۳-۲- بدون چراغ
- ۷۹..... ۴-۷-۱- زمان سفر حرکات در معابر اصلی و فرعی
- ۷۹..... ۴-۷-۱- زمان سفر حرکات در معبر اصلی چراغدار
- ۸۰..... ۴-۷-۲- زمان سفر حرکات در معبر فرعی چراغدار
- ۸۱..... ۴-۷-۳- زمان سفر حرکات در معبر اصلی بدون چراغ
- ۸۳..... ۴-۷-۴- زمان سفر حرکات در معبر فرعی بدون چراغ
- ۸۴..... ۴-۸-۱- روانی و کارایی سیستم
- ۸۴..... ۴-۸-۱- چراغدار
- ۸۵..... ۴-۸-۲- بدون چراغ
- ۸۷..... ۴-۹-۱- بررسی عملکرد اتوبوس ها
- ۸۷..... ۴-۹-۱- زمان سفر چراغدار
- ۸۹..... ۴-۹-۲- زمان سفر بدون چراغ
- ۹۰..... ۴-۹-۳- سرعت چراغدار
- ۹۱..... ۴-۹-۴- سرعت بدون چراغ
- ۹۲..... ۴-۱۰-۱- جدول طرح بهینه
- ۹۳..... ۴-۱۱-۱- ایمنی

فصل ۵: نتایج شبیه سازی

- ۱۰۲..... ۵-۱- خلاصه تحقیق

۵-۲- نتایج تحقیق ۱۰۲

۵-۳- پیشنهاد مطالعات آتی ۱۰۶

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳ انواع نرم افزارهای شبیه ساز	۳۴
جدول ۲-۳ مشخصات هندسی میدان مورد مطالعه	۴۰
جدول ۳-۳ مشخصات برداشت شده از نرم افزار گوگل ارث	۴۰
جدول ۴-۳ حجم تردد گردشی در هر چهار معبر	۴۴
جدول ۵-۳ سناریوهای حجم تردد	۴۵
جدول ۶-۳ داده های کالیبره شده در نرم افزار ایمنسان	۴۸
جدول ۱-۴ زمان سفر و شاخص های روانی حرکت در تقاطع چراغدار	۸۵
جدول ۲-۴ زمان سفر و شاخص های روانی حرکت در تقاطع بدون چراغ	۸۷
جدول ۳-۴ بررسی طرح هندسی بهینه بر اساس حجم تردد در حالت چراغدار	۹۳
جدول ۴-۴ بررسی طرح هندسی بهینه بر اساس حجم تردد در حالت بدون چراغ	۹۳
جدول ۵-۴ بررسی تصادفات میدان میان گذر و مدرن	۹۸

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲ میدان معمولی یا مدرن	۱۱
شکل ۲-۲ میدان گل	۱۳
شکل ۳-۲ میدان فشرده	۱۴
شکل ۴-۲ میدان هدف	۱۵
شکل ۵-۲ میدان دمبل	۱۶
شکل ۶-۲ میدان استخوان سگ	۱۷
شکل ۷-۲ میدان چهارگذرگاه پروازی	۱۷
شکل ۸-۲ میدان توربو	۱۸
شکل ۹-۲ میدان میان گذر (همبرگری)	۱۹
شکل ۱-۳ تصویر ماهواره ای میدان بسیج مشهد	۳۴
شکل ۲-۳ فازبندی چراغ راهنمایی	۳۷
شکل ۳-۳ تصویر تقاطع بسیج در نرم افزار scats	۳۹
شکل ۴-۳ میدان میان گذر در ایمنسان	۴۲
شکل ۵-۳ میدان مدرن در ایمنسان	۴۲
شکل ۶-۳ تقاطع در ایمنسان	۴۲
شکل ۱-۴ تاثیر شرایط کنترلی بر تاخیر در میدان میان گذر	۵۵
شکل ۲-۴ تاثیر شرایط کنترلی بر زمان سفر در میدان میان گذر	۵۵
شکل ۳-۴ تاثیر شرایط کنترلی بر تعداد توقف در میدان میان گذر	۵۶
شکل ۴-۴ تاثیر شرایط کنترلی بر سرعت در میدان میان گذر	۵۷
شکل ۵-۴ تاثیر شرایط کنترلی بر ظرفیت در میدان میان گذر	۵۷
شکل ۶-۴ تاثیر شرایط کنترلی بر تاخیر در میدان مدرن	۵۸
شکل ۷-۴ تاثیر شرایط کنترلی بر زمان سفر در میدان مدرن	۵۹
شکل ۸-۴ تاثیر شرایط کنترلی بر تعداد توقف در میدان مدرن	۵۹
شکل ۹-۴ تاثیر شرایط کنترلی بر سرعت در میدان مدرن	۶۰

- شکل ۴-۱۰ تاثیر شرایط کنترلی بر ظرفیت در میدان مدرن ۶۱
- شکل ۴-۱۱ تاثیر شرایط کنترلی بر تاخیر در تقاطع ۶۲
- شکل ۴-۱۲ تاثیر شرایط کنترلی بر زمان سفر در تقاطع ۶۲
- شکل ۴-۱۳ تاثیر شرایط کنترلی بر تعداد توقف در تقاطع ۶۳
- شکل ۴-۱۴ تاثیر شرایط کنترلی بر سرعت در تقاطع ۶۴
- شکل ۴-۱۵ تاثیر شرایط کنترلی بر ظرفیت در تقاطع ۶۴
- شکل ۴-۱۶ تاثیر طرح هندسی بر تاخیر در حالت بدون چراغ ۶۵
- شکل ۴-۱۷ تاثیر طرح هندسی بر تاخیر در حالت چراغدار ۶۶
- شکل ۴-۱۸ تاثیر طرح هندسی بر زمان سفر در حالت بدون چراغ ۶۷
- شکل ۴-۱۹ تاثیر طرح هندسی بر زمان سفر در حالت چراغدار ۶۸
- شکل ۴-۲۰ تاثیر طرح هندسی بر تعداد توقف در حالت بدون چراغ ۶۹
- شکل ۴-۲۱ تاثیر طرح هندسی بر تعداد توقف در حالت چراغدار ۷۰
- شکل ۴-۲۲ تاثیر طرح هندسی بر سرعت در حالت بدون چراغ ۷۱
- شکل ۴-۲۳ تاثیر طرح هندسی بر سرعت در حالت چراغدار ۷۲
- شکل ۴-۲۴ تاثیر طرح هندسی بر ظرفیت در حالت بدون چراغ ۷۳
- شکل ۴-۲۵ تاثیر طرح هندسی بر ظرفیت در حالت چراغدار ۷۳
- شکل ۴-۲۶ بررسی زمان سفر در حرکات گردش میدان میان گذر در حالت چراغدار ۷۴
- شکل ۴-۲۷ بررسی زمان سفر در حرکات گردش میدان میان گذر در حالت بدون چراغ ۷۵
- شکل ۴-۲۸ بررسی زمان سفر در حرکات گردش میدان مدرن در حالت چراغدار ۷۶
- شکل ۴-۲۹ بررسی زمان سفر در حرکات گردش میدان مدرن در حالت بدون چراغ ۷۷
- شکل ۴-۳۰ بررسی زمان سفر در حرکات گردش وسایل نقلیه در تقاطع در حالت چراغدار ۷۸
- شکل ۴-۳۱ بررسی زمان سفر در حرکات گردش وسایل نقلیه در تقاطع در حالت بدون چراغ ۷۹
- شکل ۴-۳۲ اثر طرح هندسی بر زمان سفر حرکات گردش معبر اصلی در حالت چراغدار ۸۰
- شکل ۴-۳۳ اثر طرح هندسی بر زمان سفر حرکات گردش معبر فرعی در حالت چراغدار ۸۱
- شکل ۴-۳۴ اثر طرح هندسی بر زمان سفر حرکات گردش معبر اصلی در حالت بدون چراغ ۸۲
- شکل ۴-۳۵ اثر طرح هندسی بر زمان سفر حرکات گردش معبر اصلی در حالت بدون چراغ ۸۳
- شکل ۴-۳۶ تاثیر طرح هندسی بر زمان سفر اتوبوس ها در حالت چراغدار ۸۸
- شکل ۴-۳۷ تاثیر طرح هندسی بر زمان سفر اتوبوس ها در حالت بدون چراغ ۹۰
- شکل ۴-۳۸ تاثیر طرح هندسی بر سرعت اتوبوس ها در حالت چراغدار ۹۱
- شکل ۴-۳۹ تاثیر طرح هندسی بر سرعت اتوبوس ها در حالت بدون چراغ ۹۲

شكل ٤-٤٠ انواع تصادفات ٩٩

فصل اول : مقدمه

۱-۱- مقدمه

امروزه مشخص شده است که برای بهبود حمل و نقل و ترافیک شهری، نباید تنها به راهکارهای حمل و نقل شخصی پرداخت. بلکه حمل و نقل همگانی به عنوان یک سیستم انبوه بر نقش شایانی در کاهش راهبندان های ترافیکی در شهرها دارد.

از اینرو سامانه اتوبوس تندرو (BRT) به عنوان یک سامانه کم هزینه نسبت به سامانه های انبوه بر ریلی که قابلیت اجرای سریع را دارد در کلان شهرها و حتی شهرهای متوسط مورد توجه قرار دارد. سامانه اتوبوس تندرو، برای اینکه یک سامانه سریع با زمان سفر حداقل و قابلیت اطمینان بالا باشد، دارای مسیرهای ویژه و مجزا است و حتی الامکان در مسیر آن باید از عواملی که سبب کاهش سرعت می شود، خودداری کرد. در بسیاری از موارد کریدورهای مهم سفر منتهی به مرکز شهر می شود و در این کریدورها و معابر شریانی به دلیل تعدد تقاطع ها، وجود میادین و سایر عوامل، سبب کاهش سرعت سفر این سامانه ها می شود. لذا اولویت دهی به حرکت اتوبوس در تقاطعات و گره های شبکه یکی از راهکارهای افزایش بازدهی و بهبود کارکرد این سیستم ها است. یانگ و همکاران (۲۰۱۳) و ژو و همکاران (۲۰۱۷)، اگرچه برای اولویت دهی به اتوبوس راهکارهای مدیریت سیستم کنترل چراغ راهنمایی در ادبیات موضوع بسیار رایج است که نمونه هایی از آن به شرح زیر می باشد.

۱- سیستم های کنترل تطبیقی یا هوشمند^۳ چراغ های راهنمایی تقاطع ها که بایستی به گونه ای عمل کنند که حداقل تاخیرها و توقف ها و حداکثر گذردهی و ایمنی را در تقاطع ها حاصل نماید.

۲- سیستم های هماهنگ یا مرکزی کنترل ترافیک^۴: با ایجاد ارتباط و هماهنگی بین عملکرد چراغ های راهنمایی تقاطع های مجاور و تولید موج سبز کمترین تاخیر در شبکه ترافیک شهری حاصل می شود.

^۱mass Transit

^۲node

^۳intelligent control system

^۴centralized traffic control systems

۳- سیستم های کنترل و هدایت ناوگان های عمومی^۱: به منظور افزایش بهره‌وری و نیز نظارت بهتر بر عملکرد رانندگان ناوگان هایی چون اتوبوسرانی، تاکسیرانی، اورژانس، آتش نشانی و گشت پلیس از سیستم‌های مدیریت ناوگان استفاده می‌شود.

اما تاکنون راهکارهای هندسی اولویت دهی به اتوبوس‌های تندرو کمتر مورد توجه قرار گرفته است. میدان میان گذر یکی از این راهکار های هندسی است که به دلیل وجود نمونه میدانی طرح، ما از میدان بسیج مشهد استفاده کردیم که در سنوات گذشته یک سیر تحولی را از تقاطع چهارراهی تا میدان مدرن و سپس میدان میان گذر طی کرده است. بنابراین در این پژوهش میدان میان گذر با میدان مدرن و تقاطع چهارراهی تحت شرایط مختلف بررسی و با یکدیگر مورد قیاس قرار گرفته است.

۱-۲- تعریف مسئله و ضرورت انجام تحقیق

میدان‌ها یکی از المان‌های شهری رایج هستند که به دلیل محاسنی که دارند در بسیاری از تقاطع‌های ایران مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله محاسن میدان‌ها میتوان بهبود ایمنی با کاهش نقاط برخورد نسبت به تقاطع‌ها، آرام سازی جریان ترافیک^۲، کاهش تاخیر^۳ و... را نام برد.

میدان‌ها نوعی از اتصال ، تقاطع‌ها می باشند . با توجه به افزایش روز افزون جمعیت ، وسایل نقلیه ، ترافیک و آلودگی محیط زیست نیاز به مدیریت میدان‌ها و استفاده از وسایل نقلیه همگانی بیش از پیش حس می شود. میدان‌ها یکی از چالش‌های عبور سریع اتوبوس‌های تندرو در کریدور های شهری هستند و نیاز به راهکارهای کم هزینه برای اصلاح هندسی میدان‌ها به خصوص در جهت اولویت دهی به حمل و نقل همگانی به وضوح قابل مشاهده است. اما تاکنون راهکارهای هندسی اولویت دهی به اتوبوس‌های تندرو کمتر مورد توجه قرار گرفته است. یکی از این نوع میدان های اصلاح شده، میدان های میان گذر هستند که از طریق ایجاد اولویت دهی به نوعی

^۱Public fleet control and guidance systems

^۲traffic calming

^۳delay

خاص از حمل و نقل (خطوط اتوبوس و بی آر تی) و جدا کردن مسیر آنها از خودرو های سواری به نوعی در میزان تاخیر و زمان سفر وسایل نقلیه تاثیر می گذارند. نمونه های محدودی از این نوع میدان در کشور های مختلف اروپایی اجرا شده است اما هر راهکار می تواند بسته به نوع ترافیک، فرهنگ و آداب رسوم آن کشور پاسخی متفاوت داشته باشد. حال باید دید در کشور ما با توجه به موجودیت و رفتار و آداب رانندگان، این میدان ها چقدر می توانند موثر باشند و ترافیک، زمان سفر و ایمنی را بهبود بخشند.

۱-۳- نوآوری تحقیق

یکی از راهکارهای مدیریت ترافیک و اولویت دهی به حمل و نقل همگانی از طریق ایجاد تغییرات هندسی، میدان های میان گذر است و قادر است با کم ترین هزینه و زمان چالش روبه رو برای عبور سریع وسایل نقلیه همگانی در یک میدان استاندارد را برطرف کند. این میدان نوع خاصی از میدان ها بوده که وسایل نقلیه در یک جهت از وسط میدان می گذرند و عملکرد میدان را تحت تاثیر هندسه خود قرار می دهد. براساس تحقیقات صورت گرفته تا به حال این میدان ها مورد ارزیابی قرار نگرفته اند و اکنون هدف از این تحقیق ارزیابی میدان میان گذر (همبرگری) به عنوان یک راهکار هندسی در جهت اولویت دهی به حمل و نقل همگانی از منظرهای ترافیکی و ایمنی تحت شرایط مختلف برای مشخص شدن رفتار آن ها به طور کامل و قیاس آن با دو طرح متعارف^۱ میدان مدرن و تقاطع است.

۱-۴- فرضیات

به دلیل شهری بودن منطقه مورد مطالعه وسایل نقلیه عبوری به سه دسته وسایل نقلیه سبک (سواری)، موتور سیکلت و وسایل نقلیه سنگین (اتوبوس درون شهری) تقسیم شد. برای سهولت در انجام مراحل طراحی هر ۲ موتور سیکلت عبوری برابر با یک سواری فرض گردید. با توجه به وجود نمونه موردی اجرا شده در شهر مشهد باقی

^۱conventional design

اطلاعات مورد نیاز هندسی، ترافیکی و فازبندی^۱ و زمان بندی^۲ چراغ به صورت میدانی برداشت گردید.

۱-۵- روش تحقیق

در این پروژه سعی خواهد شد که ابتدا جهت آشنایی و شناخت بیشتر میدان های مدرن و اصلاح شده و به ویژه میدان های میان گذری که در دنیا ساخته شده و مورد بهره برداری قرار گرفته است را مورد تحقیق قرار دهیم . پس از بررسی های تخصصی میزان تاثیر این میدان ها را در ترافیک و ایمنی مورد ارزیابی قرار می دهیم. سپس با توجه به نمونه داخلی این میدان که در شهر مشهد مقدس طراحی ، اجرا و به بهره برداری رسیده است عملکرد این میدان ها را در ایران بررسی می کنیم .

برای انجام این کار باید ابتدا ویژگی ها و پارامتر های موثر در کاهش زمان سفر^۳، تاخیر و ایمنی را شناخته و سپس اقدام به برداشت های میدانی از این میدان کرد . پس از برداشت های میدانی می توان داده های موجود را از طریق نرم افزار شبیه ساز ترافیکی ایسمان رفتار این میدان ها را مدل کرد و در نهایت در قالب خروجی از آنها میزان تاثیر این نوع میدان ها در بهبود ایمنی ، کاهش زمان سفر، تاخیر ، تعداد توقف، سرعت و ظرفیت را گرفت و مشاهده کرد .

۱-۶- اهداف تحقیق

بررسی عملکرد میدان میان گذر، مدرن و تقاطع

با در نظر گرفتن شرایط هندسی عملکرد هر سه طرح به طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفته است نتایج آن ها در غالب شاخص های ترافیکی نظیر تاخیر، زمان سفر، تعداد توقف، سرعت و ظرفیت مورد بحث قرار گرفته

^۱phasing

^۲timing

^۳travel time

است.

تأثیر طرح های هندسی

هر سه طرح هندسی با دو حالت کنترلی چراغدار و بدون چراغ براساس هر پنج شاخص ترافیکی گفته شده (تاخیر، زمان سفر، تعداد توقف، سرعت و ظرفیت) به صورت جداگانه مورد تحلیل قرار گرفته اند.

بررسی حرکات وسایل نقلیه به تفکیک گردش ها

در این بخش هر سه گردش (راستگرد، مستقیم رو و چپگرد) در هر طرح هندسی به صورت جداگانه و براساس حالت کنترلی چراغدار و بدون چراغ با استفاده از شاخص ترافیکی زمان سفر ارزیابی شد.

اثر طرح هندسی بر زمان سفر حرکات در معابر

زمان سفر حرکات در معابر اصلی و فرعی به تفکیک برای هر سه طرح هندسی و بر اساس دو حالت کنترلی چراغدار و بدون چراغ جداگانه بررسی شد.

بررسی عملکرد میدان میان گذر، مدرن و تقاطع در اتوبوس ها تندرو

بررسی و ارزیابی دو پارامتر ترافیکی مهم زمان سفر و سرعت در دو حالت کنترلی چراغدار و بدون چراغ به صورت تفکیک شده.

بررسی عملکرد ایمنی

بررسی عملکرد ایمنی دو طرح میدان میان گذر و مدرن براساس انواع تصادفات، زمان وقوع و تعداد عابرین مصدوم که در مراجع رسمی ثبت شده اند.

۷-۱- ساختار تحقیق

در پایان نامه حاضر جهت ارزیابی عملکرد میدان های میان گذر و مقایسه نتایج آن با دو طرح متعارف میدان مدرن و تقاطع چهارراهی از منظر ترافیکی و ایمنی ابتدا نیاز به بررسی ساختار میادین و نرم افزار شبیه ساز ترافیکی مورد استفاده بود و سپس بر اساس آن داده های میدانی مورد نیاز برداشت شد. پس از برداشت داده ها اقدام به طراحی، گرفتن خروجی و مقایسه نتایج کردیم که هر یک عملکرد مشخصی را از خود به نمایش گذاشتند.. برای رسیدن به این اهداف این پایان نامه در قالب پنج فصل به شرح زیر آمده است.

در فصل اول به معرفی ، بیان مسئله، ضرورت انجام، نوآوری، روش تحقیق و اهداف پژوهش پرداخته شده است. اهداف مختلفی در این پژوهش موجود است که در ادامه به آن پرداخته شده. در فصل دوم مطالبی درباره تاریخچه و تعاریف میدان ها، انواع میدان ها، طبقه بندی میدان های غیر متعارف و بررسی های صورت گرفته توسط محققان مختلف که در زمینه بررسی عملکرد میدان ها و تقاطعات هستند پرداخته ایم. در فصل سوم روش تحقیق را به طور کامل و دقیق تری توضیح دادیم که شامل توضیحات درباره شبیه سازهای ترافیکی و سپس دلیل انتخاب ایمنسان به عنوان شبیه ساز نهایی که در مطالعه مورد استفاده قرار گرفت در ادامه به انواع داده های گردآوری شده نظیر داده های هندسی و میدانی، ترافیکی، فازبندی و نوع زمان بندی چراغ های راهنمایی، کالیبراسیون و اعتبار سنجی پرداختیم. در مرحله کالیبراسیون انواع حالات و سه فاکتور اصلی شبیه ساز های خردنگر توضیح داده شده و سپس با استفاده از مطالعات میدانی صورت گرفته توسط سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری و بهره گیری از حالت استفاده از داده های کالیبره شده برای یک نمونه موردی در نمونه موردی دیگر در موقعیت محلی یکسان پرداخت نرم افزار انجام پذیرفته و سپس نتایج به صورت میدانی اعتبار سنجی شده و آورده شده است. در فصل چهارم نتایج شبیه سازی به تفکیک حالات و اهدافی که در بخش اهداف پژوهش عنوان شد استخراج شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است. در فصل پنجم خلاصه ای از نتایج تحقیق ارائه شده است که شامل مراحل تحقیق و تحلیل نتایج می باشد. در انتهای این بخش پیشنهاداتی برای مطالعات آتی محققان آورده شده است که به شناخت کامل تر میدان های غیر متعارف در جهت اولویت دهی کمک خواهد کرد.

فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه‌ی تحقیق

۲-۱- تاریخچه و تعریف میدان

تولازی (۲۰۱۴)، اولین تقاطع دایروی در کشور آمریکا در سال ۱۹۰۵ در شهر نیویورک به نام دایره‌ی کلمبوس ساخته شد. در اوایل سال ۱۹۰۵ با افزایش تعداد وسایل نقلیه موتوری جهشی در صنعت راه به وجود آمد و پس از آن در سال ۱۹۲۴ پیشنهاداتی برای قانون حق تقدم، نصب علائم و تابلوهای توقف و هشدار برای رانندگان در کنفرانس بین المللی ایالات متحده آمریکا داده شد. پس از آمریکا این انگلستان بود که در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۲۵ تا ۱۹۲۶ شروع به ساخت دایره‌های ترافیکی^۱ نمود که از مهمترین آنها می‌توان به میدان فالکر، قوس مارسل، میدان هایدپارک، پارلیا منت و آلدویچ اشاره کرد.

لوینسون و همکاران (۲۰۰۲)، به تقاطعی که یک جزیره در مرکز آن باشد و وسایل نقلیه در جهت ساعتگرد و یا پادساعتگرد به دور آن می‌چرخند میدان معمولی^۲ گویند. در ابتدای ساخت این میدان‌ها به دلیل قطرهای بزرگ که سبب رانندگی با سرعت بالا، افزایش نرخ تصادفات و ازدحام بیش از حد، متوقف شد سپس با گذشت زمان و تغییرات ایجاد شده در میادین، میدان‌های مدرن^۳ (شکل ۱.الف) معرفی شدند میدان‌های مدرن از سه جنبه با میدان‌های معمولی تفاوت دارند که شامل: ۱- حق تقدم ۲- میزان دید ۳- انحنا می‌باشد.

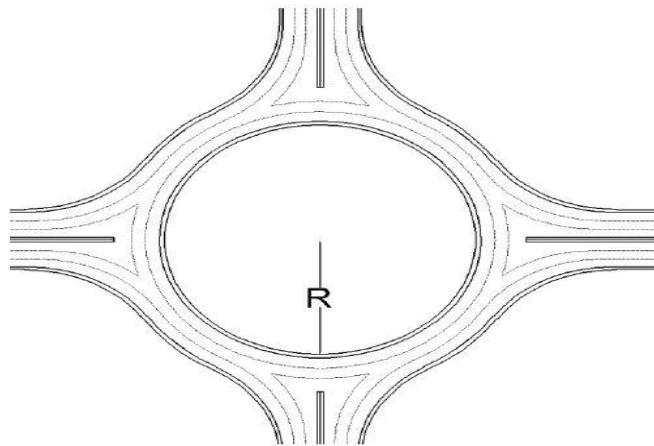
در میدان‌های معمولی حق تقدم با وسایل نقلیه ورود به میدان بوده است اما در میدان‌های مدرن حق تقدم با وسیله نقلیه‌ای است که در دور میدان در حال چرخش می‌باشد. میدان‌های مدرن اغلب در ورودی میدان‌ها تعریض شده‌اند تا وسایل نقلیه بیشتر و زاویه بازتری وارد میدان شوند و میزان انحنا به گونه‌ای رعایت شده است که وسایل نقلیه ورودی سرعت خود را تا حد وسایل نقلیه‌ای که در دور میدان در حال گردش هستند پایین بیاورند که این‌ها خود منجر به افزایش ایمنی می‌شود.

^۱traffic circles

^۲Conventional roundabout

^۳Modern roundabout

هوسر (۲۰۱۷)، برای اولین بار میدان‌های مدرن در اوایل دهه ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ در انگلستان به کار رفتند. این تسهیلات به منظور حل مشکل دواير ترافیکي موجود معرفی شدند. با به کار بردن این اصل که حق تقدم با ترافیک دورمیدان است و نه ترافیک ورودی، میدان‌ها ثابت کرده‌اند که تقاطع‌های موثرتری از دواير ترافیکي و در بعضی مواقع می‌توانند بهتر از تقاطع‌های زمان بندی شده باشند. در اوایل دهه ی سال های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ میدان‌ها برای اولین بار در ملل اروپایی و استرالیا مورد استفاده قرار گرفتند و در سال ۱۹۹۰ اولین میدان مدرن در کشور آمریکا ایجاد شد.



شکل ۱-۲ میدان معمولی یا مدرن

برای ایمنی بیشتر، برخورد بین دو حرکت ترافیکي باید به صورت منظم کنترل شود و به یک حرکت نسبت به حرکت‌های دیگر حق تقدم داده شود. تقدم باید به صورت متناوب باشد یا به صورت روش‌هایی در حرکات تقسیم شود. برای راه‌های با حجم زیاد چراغ‌های ترافیکي متداول ترین روش کنترل ترافیک در ایالت متحده ی آمریکا هستند و این به خاطر روش معینی است که این تسهیل به صورت متناوب برای حق تقدم می‌دهد. راه‌های با حجم کم به طور عمده به وسیله‌ی علائم توقف کنترل می‌شوند.

دوایر ترافیکی نیز برای تقسیم تقدم به کار می‌روند و دارای شکل‌های زیادی می‌باشند اما حالت معمول آنها این است که به صورت حرکت به دور جزیره‌ی مرکزی طراحی شده‌اند و مانع از حرکت مستقیم وسایل نقلیه می‌شوند.

۲-۲- دلیل اهمیت میدان ها

برخلاف تقاطع‌های کنترل شده با چراغ یا تابلو رعایت حق تقدم، ورود به میدان با توقف الزامی صورت نگرفته و تنها وجود فاصله عبور مناسب برای ورود کافی خواهد بود. این موضوع حجم ترافیکی زیادی را ایجاد می‌کند. نقطه قوت میدان ها نسبت به دیگر تقاطع های همسطح ایمنی بیشتر آن ها به دلیل کاهش الزامی سرعت وسایل نقلیه در میدان ها در دامنه ی ۲۵ تا ۵۰ کیلومتر بر ساعت و نیز کاهش نقاط برخورد می باشد.

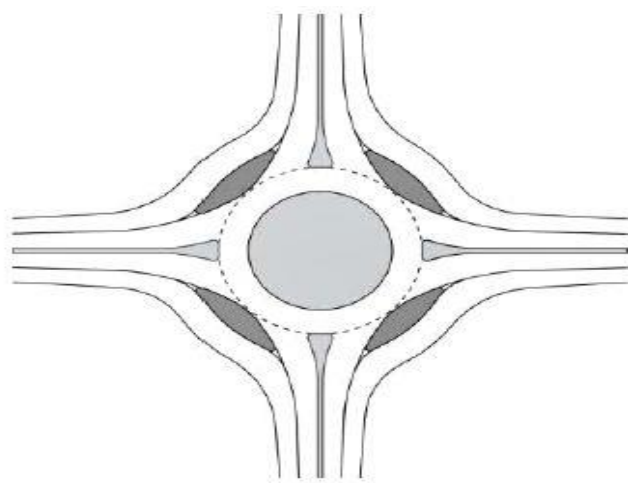
اکاتین(نامشخص)، پارامتر دیگری که می تواند ایمنی میدان‌ها را به چالش بکشد میزان آشنایی رانندگی به میدان است. این عامل در میدان های جدید آشکارتر خواهد بود و به وضوح با گذشت زمان و تجربه‌ی رانندگان کاهش می‌یابد.

۲-۳- انواع میدان ها

امروزه در سراسر جهان چندین نوع مختلف از میدان وجود دارد که به آنها انواع جایگزین میدان‌ها گفته می‌شود. برخی از آنها قبلاً در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته‌اند، برخی اخیراً و فقط در کشورهای خاص اجرا شده اند یا هنوز در حال توسعه هستند. در ادامه به ترتیب در مورد میدان‌های گل، فشرده، هدف، دمبل، استخوان سگ، چهار گذرگاه پروازی، توربو و میان گذر توضیحاتی داده شده است.

۲-۳-۱- میدان گل

تولازی و همکاران (۲۰۱۳) و تیزیانا و همکاران (۲۰۱۵)، میدان گل^۱ (شکل ۲-۲) میدانی است که برای دستیابی به سطح بالاتر ایمنی در میدان‌های دو خط استاندارد موجود کم ایمن اختراع شده است. در میدان گل چهار مسیر دسترسی وجود دارد که در هر مسیر دارای دو خط و یک خط حلقه (ماهیچه) می‌باشد که باعث می‌شود وسایل نقلیه گردش به راست بر روی یک خط جدا شده قرار بگیرند و با دیگر گردش‌ها ترکیب نشوند. در این میدان هر ۴ مسیر دسترسی دارای حجم ترافیک قابل توجهی است و از این منظر نمی‌توان گفت کدام جهت اصلی و کدام یک فرعی است. احتمالاً بهترین مشخصه یک میدان گل این است که در یک مسیر استاندارد دو خطه اجرا می‌شود و در هنگام بازسازی تمامی عناصر شامل حاشیه میدان، جزایر شکاف دار و جاده‌های دسترسی در همان موقعیت‌ها باقی می‌مانند و نیاز به تغییرات زیادی در میدان قبلی (شکل ۲-۱) نمی‌باشد.

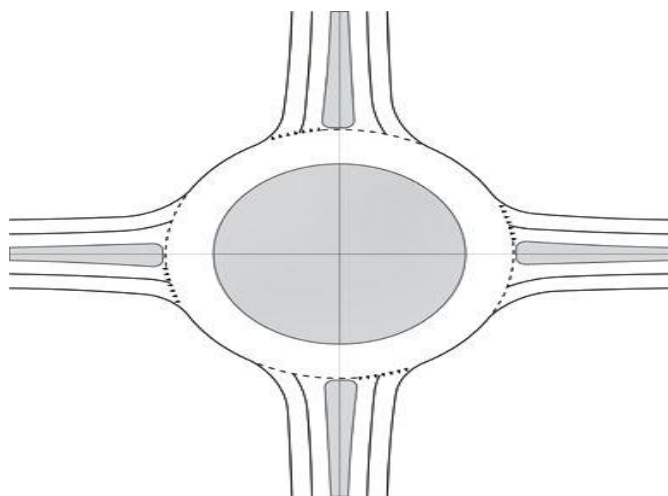


شکل ۲-۲ میدان گل

^۱flower roundabout

۲-۲-۲- میدان های فشرده

تولازی (۲۰۱۴)، میدان های فشرده^۱ (شکل ۲-۳) اولین بار توسط بریلون شناخته شده است طراحی میدان های فشرده، شبیه به مفهوم میدان یک خط است که تفاوت اصلی آنها در عرض خط گردشی و برآمده نبودن جزیره میدان می باشد. قطر بیرونی آنها از ۴۰ تا ۶۰ متر، عرض کاری گردش میدان از ۸ تا ۱۰ متر و می تواند با توجه به حجم ترافیک، ورودی های یک یا دو خط داشته باشد. با این حال، به دلیل جلوگیری از سبقت دور میدان هیچگونه خطوط ترافیکی ندارد و رانندگان باید در حین چرخش از هشپاری بالایی برخوردار باشند. این میدان ها با توجه به عرض گردشی و برآمده نبودن جزیره مرکزی که دارند می توانند در صورت لزوم وسایل نقلیه مسافری و سنگین را به راحتی از خود عبور دهند. تحقیقات نشان داده است در حال حاضر یکی از بهترین راه حل های ممکن در آلمان اینگونه میدان ها می باشد .

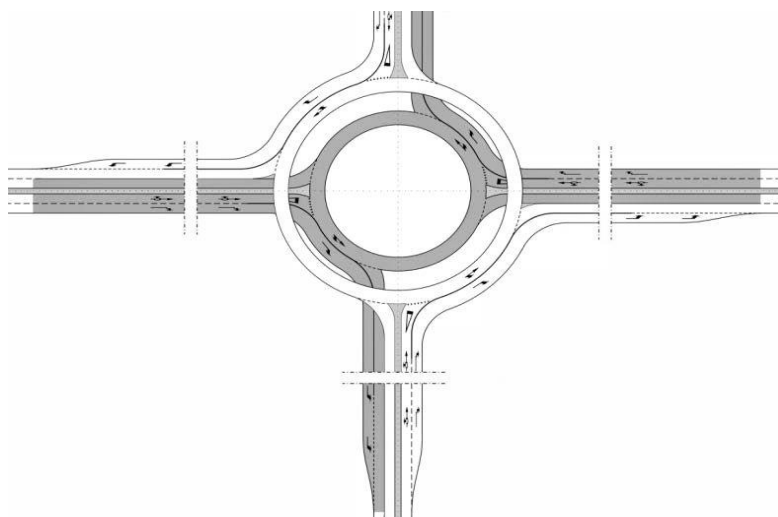


شکل ۲-۳ میدان فشرده

^۱compact semi-two-lane roundabout

۲-۳-۳- میدان هدف

تولازی و همکاران (۲۰۱۳)، تولازی (۲۰۱۴)، تیزیانا و همکاران (۲۰۱۵) و تولازی (۲۰۱۵) یک میدان هدف^۱ (شکل ۲-۴) به عنوان یک میدان دو خط با قطرهای بیرونی منحنی و با گردش به راست‌های جدا شده در دو سطح با قطرهای متفاوت طراحی شده است. میدان هدف خطاها را می‌بخشد و اگر راننده به اشتباه روی خط سمت چپ در ورودی بماند، هنوز هم می‌تواند به سمت راست در خروجی بعدی گردش کند. دلیل ساخت این میدان‌ها حجم زیاد تردد وسایل نقلیه در هر چهار مسیر که کلیه گردش‌های دو مسیر شمال به جنوب در یک سطح و شرق به غرب در سطحی دیگر به صورت مجزا اجرا شده است. میدان‌های هدف هرچند در حال حاضر در حال توسعه هستند اما در مناطق حومه شهر و در مکان‌هایی که فضای اجرای کافی برای اینگونه میدان‌ها موجود است می‌توان از آنها بهره برد.

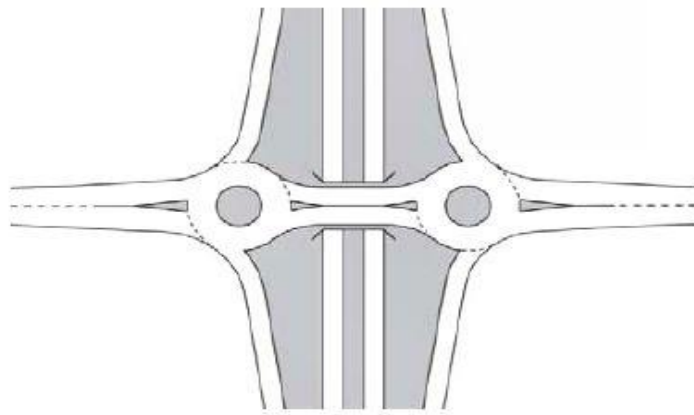


شکل ۲-۴ میدان هدف

^۱target roundabout

۲-۳-۴- میدان دمبل

تولازی (۲۰۱۴) میدان دمبل^۱ (شکل ۲-۵) ترکیبی بین تبادل الماس^۲ و میدان است که نام گذاری این میدان برگرفته از شباهت تصاویر هوایی آن به یک دمبل می‌باشد. در این میدان می‌توان از مزایای ظرفیت یک میدان یک خط و پل در محل اتصال بهره‌مند شد. این نوع از میدان‌ها در کشورهای اروپایی مختلف (اسلوونی و جزایر قناری در اسپانیا)، که در آن معمولاً تقاطع رمپ‌ها با این حالت ساخته شده بسیار رایج است.



شکل ۲-۵ میدان دمبل

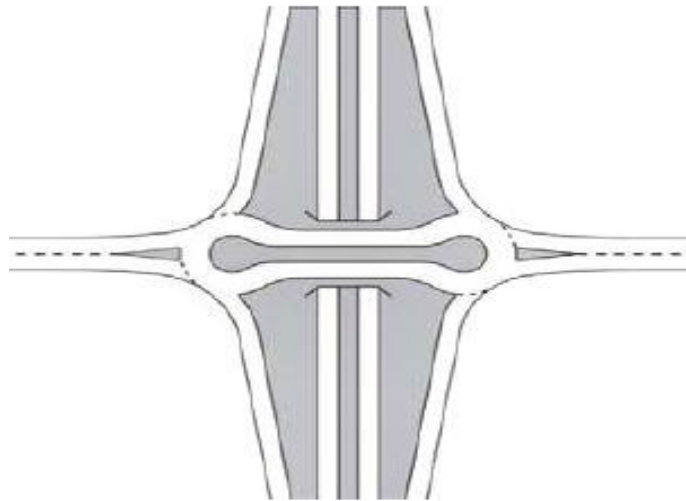
۲-۳-۵- میدان استخوان سگ

تولازی (۲۰۱۴)، میدان استخوان سگ^۳ (شکل ۲-۶) این میدان در هلند اختراع و یک نوع از میدان‌های دمبل می‌باشد و به دلیل شباهت تصاویر هوایی آن به یک استخوان سگ نام گذاری شده است. استخوان سگ وقتی اتفاق می‌افتد که قسمت‌های دور میدان، یک دایره کامل را تشکیل نمی‌دهند بلکه در عوض شکل قطره باران یا اشک دارند و از وسط به طور کامل متصل (اصطلاحاً به هم جوش) شده‌اند.

^۱dumb-bell roundabout

^۲diamond interchange

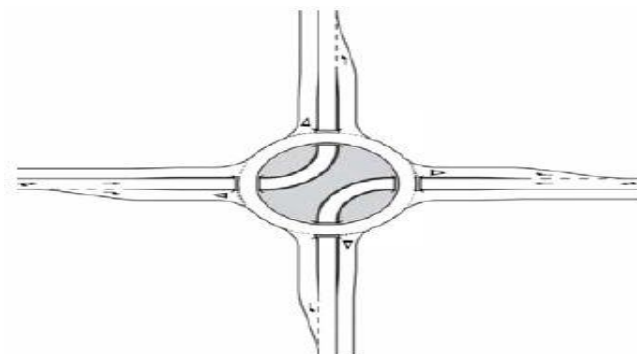
^۳dog-bone roundabout



شکل ۲-۶ میدان استخوان سگ

۲-۳-۶- میدان چهار گذرگاه پروازی

تولازی (۲۰۱۴)، تیزیانا و همکاران (۲۰۱۵) و تولازی و همکاران (۲۰۱۶) میدان چهار گذرگاه پروازی^۱ یا میدان با گردش به چپ‌های جداشده (شکل ۲-۷) نوعی از میدان‌های جایگزین است که در آن گردش به چپ در مسیر اصلی به صورت مجزا و در سطح پایین‌تری نسبت به باقی گردش‌ها اجرا می‌شوند. یک میدان با قطر بزرگ و به صورت هوایی اجرا شده و گردش به چپ دو خط اصلی به صورت مجزا صورت می‌گیرد. در مناطق شهری که فضای زیادی نداریم و تعویض استاندارد دو سطح راه حل ممکن نیست می‌توان از این میدان استفاده کرد.



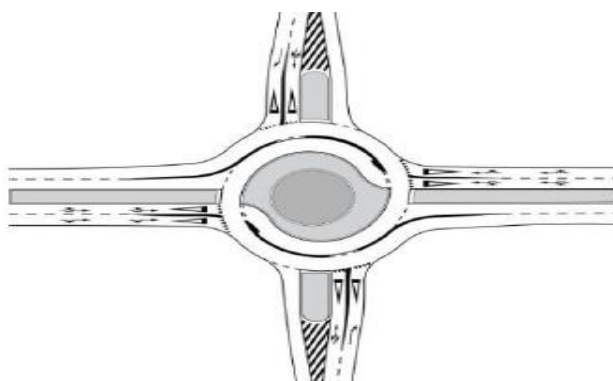
شکل ۲-۷ میدان چهار گذرگاه پروازی

^۱four flyover roundabout

۲-۳-۷- میدان توربو

فورتون (۲۰۰۹)، میدان توربو^۱ (شکل ۲-۸) را به عنوان پاسخی برای حل مشکل ایمنی میدان‌های دو خطه معرفی کرد. در میدان توربو، بسیاری از نقاط برخورد توسط جداکننده‌های قابل عبور حذف شده است. نیاز به توسعه میدان‌های دو خطه و تبدیل آنها بدون نیاز به تغییر خط و داشتن سرعت زیاد برای وسایل نقلیه هدفی بود که در میدان‌های توربو به آن رسیده اند.

انواع میدان‌های توربو بر اساس حجم ترافیک برنامه ریزی و براساس نوع توزیع گردش‌ها ساخته می‌شوند. فرم‌های اصلی میدان که در دستورالعمل‌های هلندی، مشخصات فنی اسلوونیایی و دفترچه طراحی صربستان آورده شده است عبارتند از : ۱- حالتی که میدان با چهار ورودی باشد که البته در این نوع می‌توان میدان‌ها را برای سه ورودی هم برنامه ریزی کرد : میدان‌های تخم مرغی^۲، توربو پایه^۳، زانو^۴، مارپیچی^۵ و چرخان^۶ - حالتی که میدان با سه ورودی باشد : میدان‌های زانوی کشیده^۷، ستاره^۸.



شکل ۲-۸ میدان توربو

^۱Turbo roundabout

^۲Egg roundabout

^۳Basic turbo roundabout

^۴knee roundabout

^۵Spiral roundabout

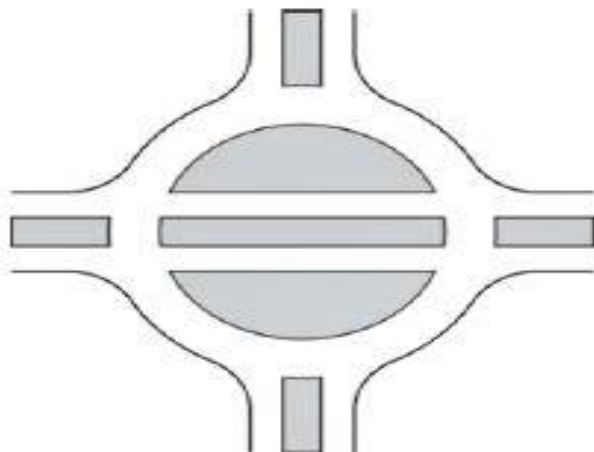
^۶Rotor roundabout

^۷Stretched knee roundabout

^۸Star roundabout

۲-۳-۸- میدان میان گذر (همبرگری)

تولازی (۲۰۱۴) میدان‌های میان گذر (همبرگری)^۱ (شکل ۲-۹) به یک میدان معمولی شباهت دارند اما مسیر اصلی از وسط جزیره مرکزی آمیدان می‌گذرد و میدان را به دو نیم تقسیم می‌کند. نام همبرگر از این واقعیت ناشی می‌شود که نمای هوایی آن شبیه به یک ساندویچ همبرگراست. در جزایر قناری، اسپانیا، پرتغال و انگلیس بسیار محبوب است. این میدان بسته به حجم تردد^۲ و اهمیت راه‌ها می‌تواند به صورت چراغدار یا غیر چراغدار، همسطح یا غیرهمسطح ساخته شود. در نوع همسطح میدان همبرگری به دلیل بالا بودن تعداد نقاط درگیری باید از چراغ راهنمایی استفاده شود و همیشه روشنایی کنترل شده باشد. در غیرهمسطح این نوع از میدان‌های همبرگری مسیر اصلی به صورت هم تراز با سطح (تراز ۰) و مسیر فرعی (جریان ترافیک سبک) به صورت زیر گذر (تراز ۱-) اجرا می‌شود.



شکل ۲-۹ میدان میان گذر (همبرگری)

^۱Hamburger roundabout

^۲central island

^۳traffic volume

بررسی بیشتر نشان می‌دهد علیرغم کمبود تاریخچه در زمینه طراحی، تعدادی از این میدان‌ها در دنیا عملی شده‌اند. برخی از تاریخچه‌ها از این میدان‌ها به عنوان راه حل‌های رایج در بریتانیا و اسپانیا استفاده می‌کنند. به طور کلی مسئله عبور عابرپیاده و دوچرخه سوار در این نوع از تقاطع‌ها می‌تواند یک نگرانی خاص را ایجاد کند. نحوه عبور و مرور عابران پیاده و دوچرخه سواران در این میدان‌ها با یکدیگر متفاوت است. در برخی متخصصین میدان را به گونه‌ای طراحی و زمان بندی کرده‌اند که عابران پیاده و دوچرخه سواران به راحتی و بدون هیچ دردسری می‌توانند از تقاطع عبور کنند که این خود موجب افزایش بهره وری این تقاطع (میدان) می‌شود.

۲-۴- ارزیابی ترافیکی، زیست محیطی و ایمنی

هوسر (۲۰۱۰) بیان می‌کند اگر چه اجزاء میدان میان گذر به صورت جداگانه شناخته شده هست و می‌توان آنها را از میدان استاندارد الگوبرداری کرد، اما طرح هندسی برای میدان میان گذر که در آن تمامی اجزا با هم ترکیب شده باشند وجود ندارد. لذا طرح هندسی آزمایشی میدان میان گذر را با استفاده از میدان استاندارد پیشنهاد کرد. برای این کار، اندرکنش کاربران راه اعم از اتوبوس‌ها، دوچرخه سواران، پیاده‌ها، را در SSAM شبیه‌سازی می‌کنند و طراحی را که منجر به کمترین برخورد بین کاربران راه می‌شود، پیشنهاد کرد. وی بیان کرد که این طرح برای حجم تردد سبک که در آن ورودی‌های میدان و ورودی‌های آن تک خطه هستند و کمتر از ۱۸۰۰ خودرو در کل تقاطع جریان دارد، کاربرد دارد. لذا وی پیشنهاد کرد که میدان‌های میان گذر چندخطه برای حجم تردد سنگین تر ارزیابی شوند.

سنگستر و همکاران (۲۰۱۴) عملکرد چند میدان میان گذر که برای عبور خودروهای شخصی طراحی شده‌اند را بررسی و با میدان استاندارد و تقاطع چراغدار مقایسه کردند. هدف آنها بررسی عملکرد میدان میان گذر به عنوان یک راهکار جایگزین برای تقاطعات بود. آنها ابتدا شرایط ترافیکی را با نرم افزار Synchro و Integration بررسی

کرده و سپس ارزیابی ایمنی کردند. هر معبر را به عنوان یک گره در نظر گرفته که طول هر کمان آن ۴۰۰ متر و سرعت در طراحی ۴۰ کیلومتر بر ساعت است و سه سناریو حجمی تعریف کردند. نتایج آنها نشان داد که این میدان شاید نتواند در تمام محل‌های مورد استفاده عملکرد بهتری نسبت به دیگر رقبا داشته باشد، اما در برخی محل‌ها با توجه به اینکه اولویت ویژه به جریان با حجم بالا می‌دهد، می‌تواند به عنوان یک راه حل خاص در نظر گرفته شود. آنها با تحلیل برخوردهای احتمالی استدلال کردند ایمنی میدان میان‌گذر نسبت به میدان استاندارد باید بهتر باشد.

درباره ظرفیت، تاخیر، ایمنی، و ... میدان‌های استاندارد مطالعات گسترده‌ای انجام شده است، اما میدان‌های میان‌گذر یا سایر میدان‌های جایگزین، رایج و شناخته شده نیستند. اگر چه نمونه‌هایی از میدان میان‌گذر در کشورهای متعددی نظیر آمریکا، انگلیس، ایرلند، جزایر قناری، اسپانیا، پرتغال و نروژ اجرا شده است، اما موارد اجرای شده کمی نیز که وجود دارد، برای اولویت دهی به خودروهای شخصی اجرا شده است. تسهیل حرکت BRT که در آن، تواتور عبور اتوبوس‌ها بالا است، کمتر مورد توجه بوده است. علاوه بر آن، این طرح برای حجم تردد سبک بررسی شده و عملکرد آن در احجام سنگین ارزیابی نشده است. همچنین تاثیر میدان میان‌گذر بر ایمنی با استفاده از داده‌های تصادفات تا کنون بررسی نشده است.

تقاطعات سنتی به دلیل فرم هندسی و الگوهای رفتاری که دارند منجر به کندشدن ترافیک و سپس توقف آنها می‌شوند که این‌ها خود سبب بسیاری از مشکلات ترافیکی و زیست محیطی است. میدان‌های مدرن عملکرد و ایمنی تقاطعات را افزایش داد که در این زمینه مطالعات مختلف و گسترده‌ای صورت گرفته است. در زیر به برخی از این مطالعات اشاره شده است.

حاتمی و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی عملکرد میدان‌های نامتعارف در مقایسه با میدان متعارف مدرن از طریق شبیه‌سازی در نرم افزار ایمنسان پرداختند. تقسیم جریان ترافیک در گردش‌ها به صورت یکسان در سه گردش

^۱Conflict analysis

اصلی راستگرد، مستقیم رو و چپگرد به میزان ۳۰ درصد از کل جریان و ۱۰ درصد برای گردش دوربرگردان در نظر گرفته شد. آنها معتقدند اندازه جزیره مرکزی نقش کلیدی در گردش خودروها دارد و شعاع ورودی یک عامل مهم در ظرفیت و ایمنی است بنابراین در طراحی از حجم ها، سرعت ها (۲۵،۳۵،۴۰)، تعداد خطوط (۱،۲،۳)، میزان شعاع میدان ها (۱۵،۲۰،۲۵،۳۵،۴۵) و نوع کنترل آنها بر اساس میزان اثرگذاری بر تاخیر و ظرفیت استفاده کردند. آنها از میدان توربو چرخان به دلیل ظرفیت بیشتر نسبت به دیگر طرح های هندسی این نوع میدان بهره بردند. در مجموع پس از تجزیه و تحلیل داده ها به نتایج زیر رسیدند به طور کلی ۱- میدان ها در حالت بدون چراغ و در شرایط غیراشباع دارای تاخیر کمتری هستند ۲- در شرایط اشباع و ۳ خط میداین دارای چراغ عملکرد بهتری دارند. ۳- در میدان های مدرن یک خط و دو خط، در شرایط غیر اشباع و در میدان بیضوی در شرایط اشباع تاخیر کمتری داشتند. ۴- در میدان های ۳ خط و در شرایط اشباع کمترین تاخیر در حالت چراغدار مربوط به توربو و در حالت بدون چراغ مربوط به بیضوی است. ۵- ظرفیت در میدان های ۳ خط نامتعارف در حالت بدون چراغ بیشتر از چراغدار است. ۶- افزایش سرعت در میدان سبب کاهش تاخیر و افزایش ظرفیت در میداین شده است.

ترکز و چودور (۲۰۱۲) با بررسی عملکرد میدان های چراغدار به این نتیجه رسیدند که در میدان های ۲ خط و ۳ خط و در شرایط ترافیکی اشباع و بیشتر میدان ها در حالت چراغدار عملکرد بهتری داشته اند و در مقابل میدان های یک خط در حالت بدون چراغ و تحت هر شرایط ترافیکی عملکرد بهتری دارند.

هونگ بوکیان و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی عملکرد میدان های چراغدار و حالت های مختلف کنترل ترافیک در کشور های مختلف پرداختند. از نظر عملیاتی میدان های چراغدار نوعی ایده آل برای ترافیک های بالا هستند که در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می گیرند اما هونگ و همکارانش پی بردن که میدان های مدرن چراغدار در ترافیک هایی که به اندازه کافی زیاد نیست بهره وری بالاتر و سطح اشغال کمتری را نسبت به میدان های بزرگ داشته باشند. آن ها رویکرد اختصاص دادن دو خط به گردش چپگرد با ۲ نقطه توقف را نیز مورد ارزیابی قرار دادن که نتایج آن نشان دهنده عملکرد بهتر میدان های بزرگ با ترافیک بالا بود.

الحصیری و همکاران (۲۰۲۰) عملکرد تبدیل میدان مدرن به توربو (چرخان) را با شبیه سازی در نرم افزار شبیه ساز Vissim مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند عملکرد در رویکرد فرعی یک سطح بهبود یافته است اما در رویکرد اصلی دچار افزایش تاخیر و طول صف شده‌اند. تجزیه و تحلیل دقیق تر نشان داد میدان مدرن ۳ خطه می‌تواند عملکرد بهتری در حجم تردد ۴۵۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت و بیشتر که شرایط اشباع می‌شود را داشته باشد. به طور کلی نتایج نشان داد ظرفیت میدان های مدرن سه خطه بهتر از ظرفیت میدان چرخان است. ضمناً قابل ذکر است که میدان های توربو چرخان بیشترین ظرفیت را در بین میدان های توربو با ۴ مسیر دسترسی دارد و اگر در محدوده عملکردی خود به کار گرفته شود عملکرد فوق العاده ای دارد.

چانگ و همکاران (۲۰۱۳) کاهش تاخیر در اثر تغییر حجم تردد در میدان های مدرن را بررسی کردند. آنها علت اصلی جایگزین نشدن گسترده میادین مدرن به جای تقاطعات را نبود بررسی های دقیق می‌دانند لذا پس از بررسی تغییرات حجم تردد در میزان کاهش تاخیر به این نتیجه رسیدند که در حجم تردد ۱۶۰ تا ۱۸۰ وسیله نقلیه بر ساعت بیشترین تاثیر در کاهش تاخیر دارد و در حجم های کمتر از ۱۱۰ و بیشتر از ۴۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت شاهد کاهش تاخیر چشمگیری نبوده‌اند.

در این بخش به مطالعات ظرفیت، سیستم علامت گذاری و اثرات زیست محیطی در میادین پرداخته شده است. ال مدنی (۲۰۱۳) به بررسی مدل های تخمین ظرفیت میادین بزرگ در شرایط اجباری پرداخت که پس از بررسی های صورت گرفته از ۱۳ میدان بزرگ و ۹ روش مختلف بین المللی (انگلیسی RODEL، استرالیایی aaSIDRA و NAASRA، فرانسوی GIRABASE، آلمانی، آمریکایی FHWA و HCM، هندی و بحرینی) متوجه شد که هیچ کدام از مدل های موجود برای شرایط اجباری و خاص توسعه نیافته اند سپس وی خود یک مدل تخمین ظرفیت ارائه کرده است که با داده های میدانی مطابقت کافی را دارد. از مهم ترین شاخص هایی که در تخمین ظرفیت میدان تاثیرگذار است می توان به تعداد مسیرهای ورودی و گردشی، عرض مسیر ورودی و گردشی، عرض جزیره و شعاع جزیره مرکزی اشاره کرد. شاخص هایی مانند جریان خروجی و در حال گردش، تعداد خطوط

و موقعیت جانبی وسایل نقلیه، هنگام نزدیک شدن و عبور از میدان در ظرفیت ورودی میادین تاثیرگذار است.

کیو ژائووی و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی روش مختلف ظرفیت میدان ها پرداختند و مشکلات و ایده هایی بر رفع آنان را طرح کردند. آنها معتقدند روش های نظری متنوعی وجود دارد که هر نظریه بر اساس شرایط و نوع هندسه میدان می تواند عملکرد مناسب خود را داشته باشد. آنها در این پژوهش بر روی روش های تحقیق مسئله مانند رگرسیون تجربی، مدل پذیرش شکاف و مدل مبتنی بر نرم افزار شبیه ساز و تحلیل بر روی آنها تمرکز داشتند. کیو ژائووی و همکاران ۴ ایده برای چشم انداز ظرفیت میدان ها داشتند که ۱- جریان های ورودی و جریان در حال گردش باید ارتباط نزدیکی با هم داشته باشند. ۲- تلفیق نظریه های میکروسکوپی و خصوصیات میکروسکوپی وسایل نقلیه ۳- بررسی ترافیک کند، با توجه به تلفیق ترافیک و مسائلی نظیر نفوذ عابر پیاده و وسایل نقلیه غیرموتوری ۴- با بررسی معیارهای تنظیم چراغ و مطالعات ظرفیت میدان های چراغدار می توانیم حجم بحرانی را برای تنظیم چراغ بدست آوریم.

اسی وانگ و همکاران (۲۰۱۳) تاثیر سیستم علامت گذاری میدان ها را مورد ارزیابی قرار دادند. روش تحقیق در این پژوهش بررسی پرسشنامه های پر شده توسط کاربران راه بوده است که زمان سفر وسایل نقلیه، تعداد درگیری ها، میزان تصادف، ایمنی درک شده و تغییر مسیرها بررسی شد و در نهایت برای آنها میزان تاثیر بر رفتار راننده، سطح خدمات و ایمنی ۳ شاخص اصلی ارزیابی را در ۴ میدان در هنگ کنگ مورد مقایسه قرار دادند. پس از پایان بررسی ها به این نتایج رسیدند که رانندگان این سیستم را بر میدان های معمولی ترجیح می دهند به ویژه رانندگان بی تجربه که در ورودی و یا خروجی میدان ها با سهولت ناوبری و کاهش ازدحام همراه هستند و رانندگان احساس افزایش ایمنی را دارند. به طور کلی تعداد تصادفات قبل و بعد از اجرای سیستم مارک مارپیچ اختلاف بسیار ناچیزی با یکدیگر دارند.

مانداویلی و همکاران (۲۰۰۷) تاثیرات محیطی جایگزین شدن میدان مدرن به جای تقاطع را بررسی کردند. آنها ۶ محل را مورد بررسی قرار دادند که داده های ترافیکی در دو مرحله جمع آوری شده، مرحله اول فیلمبرداری از

حرکات ترافیکی با دوربین و مرحله دوم به دست آوردن تعداد وسایل نقلیه به صورت بصری از نوار های ویدئویی بوده است. برای انجام شبیه سازی های مورد نیاز از نرم افزار SIDRA استفاده شده است. در نهایت از بین خروجی های نرم افزار ۴ پارامتر مونواکسیدکربن، دی اکسیدکربن، هیدروکربن و اکسیدهای ازت برداشت شد. پس از تجزیه و تحلیل های صورت گرفته در ۶ محل مورد مطالعه یکسان به نتایجی رسیدند که تقاطعات سنتی به دلیل فرم هندسی و الگوی رفتاری منجر به کندشدن و توقف جریان ترافیک می شوند و میدان ها توانستند عملکرد و ایمنی تقاطعات را افزایش دهند. از منظر تاثیرات محیطی نشان از بهینه تر شدن شرایط انتشار گازهای گلخانه ای نظیر مونواکسیدکربن، دی اکسیدکربن، هیدروکربن و اکسیدهای ازت دارد که این ها ناشی از کاهش تاخیرها، طول صف ها و نسبت وسایل نقلیه متوقف شده در میدان مدرن نسبت به تقاطع چراغدار بوده است.

شبان و همکاران (۲۰۱۹) میزان انتشار گازهای گلخانه ای در مقایسه میدان با تقاطع چراغدار را مورد ارزیابی قرار دادند. ارزیابی صورت گرفته برای زمان سفر وسایل نقلیه در یک امتداد شلوغ در قطر به طول ۴۳۵۰ متر می باشد برای ارزیابی این طرح از نرم افزار Vissim استفاده شده است. سرعت معابر ۸۰ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شده ترافیک در ساعت اوج ۴۵۰۰ تا ۵۵۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت بوده است. برای انتخاب بهترین نوع کنترل جریان ترافیک روش های مختلفی وجود دارد که شاخص هایی مانند ظرفیت، تاخیر و سطح خدمات جز اصلی آنها هستند. پس از بررسی های صورت گرفته آنها معتقدند در میدان ها به دلیل نوع رفتار رانندگان و شتابگیری های مجدد که در حین عبور از میدان دارند سبب افزایش میزان انتشار شده است اما در تقاطعات به ویژه هنگامی که جریان ترافیک برابر با ظرفیت مسیر و یا فراتر از آن است به دلیل ازدحام حاصله، شتابگیری مجدد کمتر رخ می دهد و میزان انتشار کاهش می یابد.

فرناندز و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی چند میدان با تعداد خطوط متفاوت یک خط، دو خط فشرده و چند خط از نظر عملکرد، سرو صدا و انتشار گازهای گلخانه ای پرداختند. آنها برای بررسی عملکرد ها از داده های تجربی حاصل از ۳ میدان اجرا شده در پرتغال استفاده کردند. داده های ترافیکی با استفاده از دوربین برداشت شد و میزان

صدا ناشی از وسایل نقلیه هم با کمک نصب یک صداسنج در نزدیکی میدان جمع آوری شده است. نتایج به آنها نشان داد میدان های یک خط زمان سفر کمتری داشته و توانسته اند کمترین دی اکسید کربن را تولید کنند. البته علارقم این عملکرد مناسب آنها معتقدند به دلیل سرعت بیشتر وسایل نقلیه در هنگام عبور از این میادین صدای بیشتری نیز نسبت به حجم تردد کمتر تولید می شود. بدترین حالت در انتشار گازهای گلخانه ای مربوط به میدان دو خط فشرده است که بیشترین دی اکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن را تولید کرده است. به طور کلی می توان گفت شناخت کامل ویژگی های میادین می تواند به انتخاب بهتر کارشناسان کمک کند.

پس از بررسی میادین نیاز به بررسی روش های فرآیند کالیبراسیون در شبیه سازی بود که در ادامه مطالعاتی در این رابطه بیان شده است.

گالیلی و همکاران (۲۰۱۴) اثرات فرآیند کالیبراسیون در شبیه سازی بر تصادفات (برخورد از عقب) میدان ها را مورد ارزیابی قرار دادند. آنها برای این کار از فیلم های گرفته شده توسط پهباد و یک الگوریتم پردازش ویدئویی برای استخراج داده های ترافیکی استفاده کردند. داده های مورد نیاز را از یک تقاطع در مسیر صنعتی که دارای ترافیک بالایی می باشد بدست آمده است. سرعت اندازه گیری شده در این تقاطع ۲۶,۶۲ کیلومتر بر ساعت بوده است. نتایج کار آنها نشان از همبستگی بالای مقادیر شبیه سازی و مشاهده شده در سناریو داده های کالیبره شده دارد. اما علارقم نتایج قابل قبول آنها به یک نتیجه دیگر نیز رسیدند که نرم افزار شبیه ساز قادر به تولید رفتارهای غیرمعمول ترافیکی که به صورت اجباری و در شرایط خاص توسط رانندگان صورت می گیرد و ممکن است سبب ایجاد برخورد گردد نیستند.

ساید و عیسا (۲۰۱۵) یک سال پس از گالیلی و همکاران به بررسی قابلیت انتقال داده های کالیبره شده شبیه ساز ترافیکی برای انجام تجزیه و تحلیل ایمنی در سایت های مختلف پرداختند. آنها دو تقاطع در یک مسیر با شرایط مشابه را انتخاب کرده و با استفاده از فیلم های ضبط شده توسط دوربین فیلمبرداری فرآیند شمارش وسایل نقلیه انجام شده است. شبیه سازی در این پژوهش توسط نرم افزار Vissim و پردازش تصادفات توسط نرم افزار

SSAM صورت گرفته سپس تجزیه تحلیل را در تقاطع اول با استفاده از داده‌های کالیبره شده مورد ارزیابی قرار دادند که نتایج نشان از همبستگی بالا، بین تعارضات مشاهده شده و شبیه سازی شده دارد. آن‌ها داده‌های کالیبره شده را به تقاطع دوم منتقل کردند که در این تقاطع هم نتایج قابلیت انتقال داده‌های کالیبره شده را تایید کردند. آنها معتقدند برای انجام کالیبراسیون دقیق باید از دو مرحله کالیبراسیون بهره برد ۱- کالیبراسیون داده‌های مربوط به رفتار راننده ۲- کالیبراسیون ویژگی‌ها و رفتار وسایل نقلیه.

گالیلی و همکاران (۲۰۱۷) نیز روش انتقال داده‌های کالیبراسیون از یک مطالعه موردی به مطالعه‌ای دیگر را ارزیابی کردند. آنها دو میدان را با استفاده از شبیه سازهای ترافیکی بر اساس هر دو روش مبتنی بر کاربر و تخمین مورد ارزیابی قرار دادند شاخص مورد سنجش آنها میزان طول صف بود که پس از شبیه سازی ۴ سناریو مختلف نظیر ۱- شبیه سازی با سرعت پیش فرض Vissim و پارامترهای پیش فرض ۲- شبیه سازی با سرعت مشاهده شده و پارامترهای پیش فرض ۳- شبیه سازی با سرعت مشاهده شده و پارامترهای کالیبره شده برای یک میدان دیگر ۴- شبیه سازی با سرعت و پارامترهای کالیبره شده یک میدان دیگر، نتایج نشان از تایید روش انتقال داده‌های کالیبراسیون بر اساس میزان طول صف واقعی و شبیه سازی شده داشته است.

۲-۵- حمل و نقل همگانی:

۲-۵-۱- مقدمه:

رشد سریع جمعیت شهرها و به تبع آن گسترش شهرها به مناطق حومه، موجب افزایش طول سفرهای شهری همراه با افزایش میزان سفرهای روزانه شده است. از این رو گسترش تسهیلات موجود و یا ایجاد شبکه‌ها و سیستم‌های جدید در زمینه حمل و نقل و جا به جایی، امری مهم و ضروری قلمداد می‌شود. ارائه تسهیلات جدید و یا گسترش شبکه‌های حمل و نقل به صورت بهینه، نیازمند بررسی دقیق و جامع سیستم‌های مختلف حمل و نقل و خصوصیات تکنولوژیکی و عملکردی این سیستم‌ها می‌باشد. در میان سیستم‌های مختلف حمل و نقل، حمل

و نقل همگانی جایگاه بسیار مهمی در حمل و نقل درون شهری و برون شهری داشته و وظیفه جابه جایی مسافری را به دو شکل کلی انبوه بر و غیر انبوه بر به عهده دارد.

۲-۵-۲- اتوبوس های تندرو BRT

نوعی حمل و نقل سریع السیر همگانی مبتنی بر اتوبوس است که می تواند برای ایجاد یک سیستم حمل و نقل عمومی کارآمد و یکپارچه بکار رود و در آن برای حمل و نقل تند وسایل نقلیه عمومی از روش ها مختلفی همچون ایجاد روگذر و زیرگذر و خطوط ویژه استفاده می گردد. مدت زیادی است که در دنیا برای افزایش سرعت اتوبوس های درون شهری از روش های مختلفی مانند ایجاد مسیرهای ویژه اتوبوس رانی یا دادن اولویت به اتوبوس ها در گذر از تقاطع ها استفاده می شود.

این سیستم علاوه بر اجزای تشکیل دهنده معمول در سیستم های اتوبوس رانی، نیازمند استفاده از زیرساخت های مناسب و سیستم های هوشمند حمل و نقل می باشد. در این سیستم حرکت اتوبوس ها با سرعت و اطمینان بالا و در عین حال کمترین تداخل ترافیکی صورت می پذیرد. مزایای استفاده از این سیستم، کاهش زمان سفر، افزایش مطلوبیت سیستم حمل و نقل عمومی برای مردم، استفاده کمتر از وسایل نقلیه شخصی و کاهش سوخت و آلودگی هوا می باشد.

این سامانه هم انعطاف پذیری سیستم حمل و نقل اتوبوسی و هم سرعت و اطمینان مترو را داراست. به این ترتیب با وجود ایجاد راه های مختلف برای تسریع حرکت اتوبوس های این سامانه مانند تونل، زیرگذر، روگذر و مسیر ویژه یا چراغ های راهنمایی هوشمند هم می توان سرعت اتوبوس ها افزایش داد و هم خطر تصادف با وجود آنکه سرعت افزایش یافته است، کاهش بیابد.

استفاده از ناوگان مناسب و پر ظرفیت و ایجاد هماهنگی بین خصوصیات ایستگاه‌ها و ناوگان مورد استفاده و همچنین بهره‌گیری از سامانه‌های بلیت الکترونیکی^۱ و ایجاد اولویت عبور برای اتوبوس‌ها در تقاطع‌های شهری از جمله اقداماتی است که در سیستم های BRT الزام آور هستند.

۲-۵-۳- ویژگی های اصلی :

یک سامانه اتوبوس تندرو ایده آل شامل ویژگی‌های زیر می‌شود :

- **مسیر ویژه:** یکی از اصلی‌ترین ویژگی‌های یک سامانه اتوبوس تندرو اختصاص یک خط ویژه به آن است؛ که فارغ از ترافیک شهری بتواند فعالیت کند. این کار باعث می‌شود هم سرعت اتوبوس‌ها افزایش یابد و هم خطر تصادف با وجود آنکه سرعت افزایش یافته‌است، کاهش بیابد؛ و مزیت دیگر این کار این است که حتی رانندگان غیرحرفه‌ای نیز می‌توانند در این مسیر حرکت کنند و لازم نیست حتماً راننده خیلی مهارت داشته باشد.
- **کارایی بالا :** در صورتی که این سامانه سطح زیادی از شهر را پوشش بدهد می‌تواند حجم زیادی از مسافری را در کمترین زمان ممکن و حتی در زمان ترافیک سنگین و با هزینه کم جابجا کند. در صورتی که یکی از موارد بالا در این سامانه رعایت نشود، سامانه اتوبوس تندرو نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد.
- **سامانه اولویت دادن به اتوبوس :** سامانه اولویت دادن به اتوبوس‌ها در تقاطع‌ها به این شکل می‌باشد که اگر حرکتی که موجب شود اتوبوس حتی با سبز شدن چراغ راهنمایی با تأخیر حرکت کند، حرکت وسیله نقلیه‌ای که می‌خواهد به شمال یا جنوب حرکت کند با تأخیر انجام می‌شود تا اتوبوس به راحتی حرکت

^۱Electronic ticket systems

^۲exclusive lane

کند و وسایل نقلیه دیگر مانع حرکتش نشوند. برای این منظور حسگرهایی در اتوبوس و چراغ راهنمایی
گذاشته می‌شود تا چراغ راهنمایی از نزدیک شدن یک اتوبوس مطلع شود.

فصل سه: روش تحقیق

۳-۱- مقدمه

شبیه سازی در علوم مهندسی کاربرد فراوانی دارد و پژوهشگران می توانند بسته به نیاز خود از نرم افزار های مختلف استفاده کنند.

نرم افزار های شبیه ساز ترافیکی انواع مختلفی دارند که در زیر بسته به نوع کارکرد می توان آنها به چند گروه تقسیم کرد :

۱- میکروسکوپی^۱ (با جزئیات زیاد)

۲- مزوسکوپی^۲ (با جزئیات متوسط)

۳- ماکروسکوپی^۳ (با جزئیات کم)

مدل های شبیه سازی میکروسکوپی علاوه بر ورودی های سیستم، روابط بین اجزای سامانه را نیز با جزئیات بالا مدل می کنند. برای مثال مانور تغییر خط به عنوان یک واقعه با جزئیات و با توجه به اطلاعاتی راجع به شرایط وسیله نقلیه جلویی و شرایط خط عبوری مجاور مدل می شود.

مدل های مزوسکوپی ورودی های سیستم را به صورت جزئی مطالعه می کند ولی روابط بین آنها با جزئیات کمتری مورد بررسی قرار می گیرد. برای مثال مانور تغییر خط^۴ به صورت دفعی و با توجه به چگالی خط های عبوری و بدون در نظر گرفتن اطلاعات محل تغییر خط انجام می پذیرد.

مدل های ماکروسکوپی ورودی ها و روابط بین آنان را با جزئیات کم مورد بررسی قرار می دهند. به عنوان مثال برای جریان ترافیک از شاخص های هم فزونی مثل نرخ تردد، چگالی و سرعت استفاده می شود. همچنین مانورهای تغییر خط عبوری در نظر گرفته نمی شوند، بلکه به صورت هم افزون این مانورها و سایر روابط های بین وسایل در قالب مدل هایی مورد بررسی قرار می گیرند.

^۱microscopic

^۲mesoscopic

^۳macroscopic

^۴lane changing

شبیه‌ساز AIMSUN شناخته‌شده‌ترین شبیه‌ساز ترافیکی در ایران هست و قادر است به طور همزمان شبیه سازی ماکروسکوپی، مزوسکوپی و میکروسکوپی را انجام دهد. این در حالی است که دیگر نرم افزارهای شبیه سازی تنها قادر به شبیه سازی یکی از این مدل‌ها می‌باشند و این ویژگی منحصر به فرد نرم افزار AIMSUN است.

سازمان‌های حمل‌ونقل و ترافیک در ایران برای بهره برداری از AIMSUN، اقدام به پرداخت این نرم افزار متناسب با شرایط خودروها، رفتار رانندگان، و محیط رانندگی در ایران نموده‌اند. لذا به دلیل اینکه AIMSUN در ایران شناخته شده هست و همچنین این نرم افزار برای شرایط محلی ایران، پرداخت^۱ شده است. برای پرداخت شبیه‌ساز در مطالعه جاری از دو منبع اصلی کمک گرفته شد. یکی از این مطالعات توسط سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران و دیگری توسط سازمان حمل و نقل و ترافیک مشهد تعریف و پشتیبانی مالی (sponsored by) شده است. مطالعه اول برای تقاطعات چراغدار تهران و دومی برای میدانهای شهر مشهد، پرداخت شده است. از آنجاییکه موضوع مطالعه جاری نیز میدان‌ها هستند و این میادین نیز در شهر مورد مطالعه مقاله جاری یعنی مشهد واقع شده‌اند، لذا از پارامترهای پرداخت شده در این دو مطالعه و مخصوصا مطالعه دوم، مستقیما استفاده شد.

^۱calibration

جدول ۳-۱ انواع نرم افزارهای شبیه ساز

نرم افزار	سطح شبیه سازی			تحلیلی	مورد استفاده در کشور
	میکروسکوپی	مزوسکوپی	ماکروسکوپی		
Aimsun	✓	✓	✓		✓
Contram		✓			
Corsim	✓				
Cube	✓				
EMME/2 & EMME/3			✓		✓
HCS2000			✓	✓	✓
OMNITRANS			✓		
Synchro	✓				✓
TransCAD			✓		
VISSIM	✓				✓
VISUM			✓		✓

در این پژوهش از تنها نمونه اجرا شده، میدان بسیج (شکل ۳-۱) در کلان شهر مشهد استفاده شده است. این میدان از شمال به خیابان امام رضا(ع) و حرم مطهر، از جنوب به پایانه مسافربری شهر مشهد، از شرق به خیابان فدائیان اسلام و از غرب به خیابان ملک الشعراء بهار (به سمت مرکز شهر) منتهی می شود. این معبر به دلیل موقعیتی که دارد روزانه پذیرای تعداد زیادی از زائران حرم مطهر امام رضا(ع) است و بار ترافیکی قابل توجهی دارد.



شکل ۳-۱ تصویر ماهواره ای میدان بسیج

برای طراحی فرم هندسی میدان ها از تصاویر گرفته شده توسط نرم افزار گوگل ارث^۱ و سپس معرفی کردن آن به شبیه ساز استفاده شده است. در نرم افزار شبیه ساز ترافیکی ایمنسان داده های جریان ترافیک را به دو صورت می توان وارد کرد که ما پس از تشکیل ماتریس های مبدا و مقصد توانستیم به تفکیک، تمام گردش ها را وارد کنیم. ترافیک ورودی در فرم های هندسی مورد مطالعه (میدان میان گذر، میدان مدرن و تقاطع) بر اساس ۸ گردش که شامل ۴ گردش ورودی از معابر به میدان و ۴ گردش خروجی از میدان به معابر می باشد به شبیه ساز معرفی شد.

در این شبیه سازی به جهت اینکه هدف بررسی طرح هندسی برای اولویت دادن به حمل و نقل همگانی به ویژه سامانه اتوبوس های تندرو (BRT) می باشد معبر شمال به جنوب که دارای خط ویژه BRT هستند را به عنوان مسیر اصلی و معبر شرق به غرب را معبر فرعی نامیده شد.

۳-۲- انواع داده های گرد آوری شده

۳-۲-۱- داده های هندسی و میدانی

برای انجام کار ابتدا نیاز به جمع آوری داده های هندسی و میدانی برای انجام شبیه سازی بود. پس از برداشت های صورت گرفته مشخصات مختلفی در بخش هندسی نظیر تعداد خطوط، عرض خطوط، عرض خطوط ویژه اتوبوس، عرض خطوط گردشی دور میدان، طول و عرض خیابان های منتهی به میدان، شعاع جزیره مرکزی و انحنای کناری میدان، طول و عرض قسمت میان گذر برای میدان در حالت همبرگری، سپس در بخش میدانی داده های سرعت وسایل نقلیه در خیابان ها و در دور میدان، نوع فازبندی و زمان بندی فازها و در بخش حمل و نقل همگانی به تعداد ایستگاه های اتوبوس، نوع ایستگاه ها، فاصله هر ایستگاه تا تقاطع، مدت زمان ورود یک

^۱google Earth

اتوبوس به شبکه و مدت زمان توقف در ایستگاه نیاز بود که بدست آمد پس از پایان برداشت ها داده برای انجام فرآیند شبیه سازی کامل و مناسب ارزیابی شد.

۳-۲-۲- داده های ترافیکی

پس از داده های هندسی نیاز به حجم کل وسایل نقلیه به تفکیک هر سه گردش (مستقیم، راست گرد ، چپگرد) است که با استفاده از فیلم برداری هوایی در ساعت اوج ترافیک که باتوجه به موقعیت محلی این میدان ساعت ۱۱ تا ۱۲ ظهر بود تامین شد. پس از فیلمبرداری هوایی و ساعت ها شمارش وسایل نقلیه آمار تفکیک شده ای از وسایل نقلیه در ورودی و خروجی میدان بدست آمد سپس با انتخاب هر معبر به عنوان یک ناحیه ماتریس OD (جذب و تولید سفر) تهیه شد و با انجام اصلاحات سطری و ستونی جدول نهایی ماتریس ها به دست آمده است.

براساس این برداشت های میدانی شروع به شبیه سازی در سه سطح میدان میان گذر(همبرگری)، استاندارد(مدرن) و تقاطع انجام شد. تمام شرایط برای هر سه سطح شبیه سازی یکسان در نظر گرفته شده است.

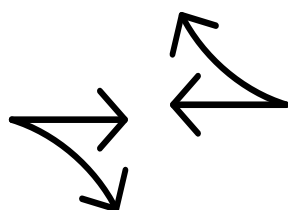
۳-۲-۳- کالیبراسیون

از آنجایی که نرم افزار ایمسان بر اساس شرایط و فرهنگ رانندگان اروپایی طراحی شده است و هر کشور دارای فرهنگ ترافیکی خاص خود می باشد، برای نزدیک تر شدن خروجی های شبیه سازی به واقعیت برخی از پارمترهای نرم افزار باید پرداخت (کالیبره) شود. کالیبراسیون تهران جلد سوم (۲۰۱۳) برای این کار از پیشنهادات ارائه شده در گزارش کالیبره نمودن نرم افزار های مهندسی ترافیک که در پنج جلد گردآوری شده بهره گرفته شده است.

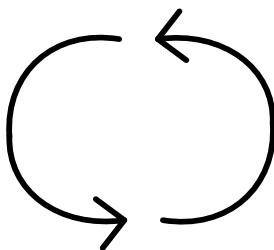
برخی از اصلاحات در جهت کالیبره کردن کار شامل میزان سبقت از سمت راست^۱، زمان راه دادن^۲، عدم بازگشت به خط عبوری پیشین پس از انجام سبقت^۳، بی احتیاطی در تعویض خط عبوری^۴، میزان حساسیت بی احتیاطی در تعویض خط عبوری^۵، میزان فاصله قابل قبول با خودرو جلویی^۶، حداکثر و حداقل سرعت در معابر، ابعاد خودرو ها، مشخصات سرعت و مصرف سوخت آنها می باشد.

۲-۴-۳- فازبندی و نوع زمان بندی چراغ راهنمایی

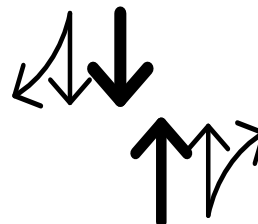
نوع فازبندی چراغ راهنمایی (شکل ۲-۳) در این میدان به صورت سه فاز که در فاز اول جهت شمال به جنوب و بالعکس گردش های مستقیم رو و راستگرد، در فاز دوم گردش چپگرد که به صورت دورینگ عمل تخلیه میدان را انجام می دهند و در فاز سوم جهت شرق به غرب و بالعکس گردش های مستقیم رو و راستگرد و گردش به چپ های این فاز همراه با فاز اول میدان را ترک می کنند.



فاز سوم



فاز دوم



فاز اول

شکل ۲-۳ فازبندی چراغ راهنمایی

^۱Undertaking cases

^۲ One way time

^۳Stay on fast lane after overtaking

^۴Imprudent lane changing cases

^۵ Sensitivity for imprudent lane changing

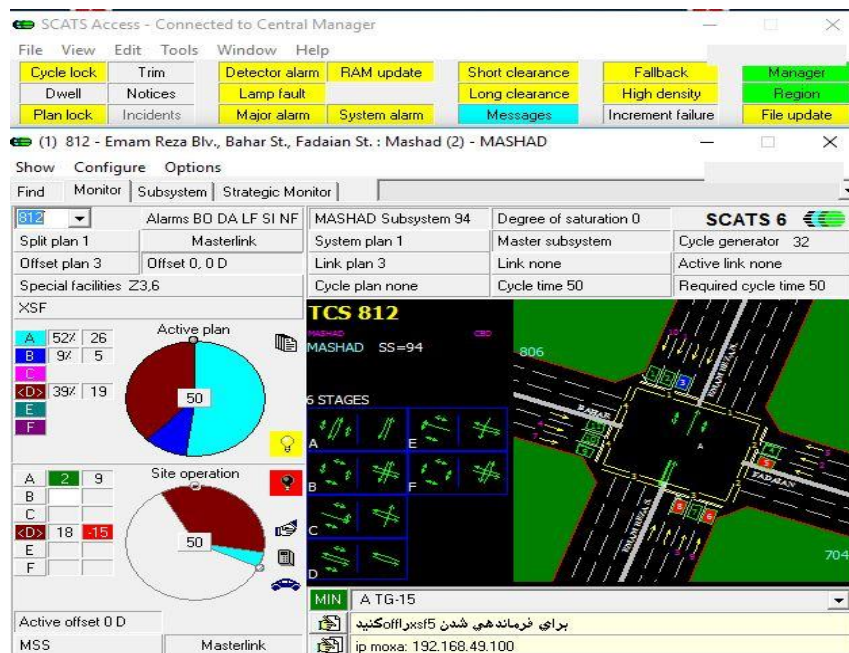
^۶Minimum gap

شایان ذکر است که برای تایید اطلاعات میدانی، ترافیکی و چراغ راهنمایی جمع آوری شده از نرم افزار SCATS (شکل ۳-۳) که توسط سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری مشهد در این تقاطع به کار گرفته شده بود استفاده شده است. نرم افزار SCATS یک نرم افزار کنترل هوشمند تقاطعات شهری به صورت لحظه‌ای است که براساس سخت افزار و نرم افزار کار می‌کند و چراغ‌های کل سیستم را در پاسخ به تغییرات در میزان تقاضای ترافیک و ظرفیت سیستم، تنظیم می‌کند.

نحوه عملکرد این سامانه به این صورت است که ابتدا شناسگرهایی که در کف خیابان پشت خط توقف هر خط حرکتی کار گذاشته شده‌اند عمل شناسایی و شمارش وسایل نقلیه عبوری را انجام می‌دهند سپس توسط کنترل های محلی جمع آوری شده و از طریق خطوط مخابراتی و یا فیبرهای نوری به مرکز کنترل در محلی که نرم افزار SCATS نصب است ارسال می‌کنند.

نرم افزار براساس پردازش اطلاعات ارسال شده توسط شناسگرها، زمان بندی هوشمندی برای تقاطع تعریف می‌کند و زمان سبز هر گردش را به صورت هوشمند و براساس ترافیک آن گردش تعیین می‌گردد [12].

در این پژوهش پس از بررسی نتایج مطالعات سازمان کنترل و ترافیک شهرداری مشهد و بررسی های میدانی صورت گرفته یک زمان بندی ثابت و بهینه برای این تقاطع تعریف شد و در فرآیند شبیه سازی از آن بهره بردیم.



شکل ۳-۳ تصویر تقاطع بسیج در نرم افزار SCATS

۳-۳ فرضیات و مشخصات هندسی طراحی

با توجه به اینکه یکی از اهداف ما بررسی وضع موجود نمونه اجرا شده میدان میان گذر در مشهد مقدس بود بسیاری از اطلاعات و مشخصات هندسی برای طراحی و مدل سازی آن در نرم افزار شبیه ساز ترافیکی ایمنسان به صورت میدانی جمع آوری شده و مورد استفاده قرار گرفته است.

به دلیل وجود فضای شهری وسایل نقلیه مورد تردد در این منطقه به ۳ دسته وسایل نقلیه سبک (سواری)، موتورسیکلت و وسایل نقلیه سنگین (اتوبوس های درون شهری) تقسیم می شوند به دلیل آسان سازی مراحل طراحی هر ۲ موتورسیکلت عبوری به عنوان یک سواری فرض شده است. عرض خطوط در معابر با توجه به برداشت های میدانی برابر با ۳/۲۵ متر و BRT ۴ متر و قسمت چرخشی میدان با توجه به لزوم فضای بیشتر ۳/۸ متر در نظر گرفته شده است. شعاع جزیره مرکزی ۱۵ متر برداشت شده است. به طور کلی می توان مجموعه ای از داده های هندسی برداشت شده را در جدول ۲-۳ ببینیم.

جدول ۳-۲ مشخصات هندسی میدان مورد مطالعه

میدان میان گذر	میدان استاندارد	
۱۵	۱۸	شعاع جزیره مرکزی
۳۶	۳۶	شعاع انحنای کناری میدان
۵	۵	تعداد خطوط گردش
۳,۸	۳,۸	عرض خطوط گردش (متر)
۳,۲۵	۳,۲۵	عرض خطوط (متر)
۴	۴	عرض خط BRT (متر)
تعداد خط ورودی/ خروجی		
۴/۲	۴/۲	شاخه شمال
۲/۲	۲/۲	شاخه جنوب
۲/۲	۲/۲	شاخه شرق
۳/۲	۳/۲	شاخه غرب

طول هر خیابان منتهی به میدان و تعداد خطوط ورودی و خروجی آنها بر اساس برداشت های میدانی و نرم افزار گوگل ارث به شرح زیر می باشد.

جدول ۳-۳ مشخصات برداشت شده از نرم افزار گوگل ارث

نام معبر	موقعیت جغرافیایی	طول معبر (متر)	خطوط ورودی	خطوط خروجی
خیابان امام رضا(ع) - حرم مطهر رضوی	شمال	۷۴۰	۲	۴
خیابان امام رضا(ع) - پایانه مسافربری	جنوب	۹۷۰	۲	۲
ملک الشعرا بهار	غرب	۱۱۰۰	۲	۳
فدائیان اسلام	شرق	۹۰۰	۲	۲

سرعت حرکت وسایل نقلیه (سرعت جریان آزاد) بر اساس آمار گرفته شده از راهنمایی و رانندگی برای موقعیت

محلی مورد نظر برای حرکت گردش در دور میدان و معابر ۵۰ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شده است.

موارد بالا برای میدان میان گذر به صورت میدانی برداشت شده است و به دلیل یکسان و برابر بودن شرایط مقایسه، میدان مدرن بر همین اساس و مشخصات طراحی شده است. در طراحی تقاطع چهارراهی ما تمام ویژگی‌ها را مانند میدان مدرن حفظ کرده و فقط دایره فیزیکی میدان را از وسط طرح حذف کردیم.

۴-۳- طراحی ها در نرم افزار ایمنسان

برای شروع کار و انجام دقیق طراحی‌ها در نرم افزار ایمنسان و به دلیل وجود نمونه میدانی کار، ابتدا از نرم افزار گوگل ارث داده‌های اولیه و ورودی نرم افزار را برداشت کرده و سپس در نرم افزار ایمنسان خیابان‌ها و سرعت‌های مربوطه تعریف شدند پس از آن نوبت به تعریف جهت حرکتی وسایل نقلیه در معابر و سپس تعریف گردش‌ها و ایجاد نودهای گردشی رسید که پس از تکمیل آن‌ها، نوع کنترل‌ها مشخص شده و فازبندی مورد نظر را در میدان‌ها مدل شده پیاده کردیم.

سپس مدل‌های دیگر را بر اساس همین میدان طراحی کرده و مدل کرده‌ایم.

پارامترهای یکسان در هر سه طرح هندسی به شرح زیر می‌باشد:

عرض خطوط در معابر، brt و قسمت چرخشی، طول هر خیابان دسترسی، شعاع جزیره مرکزی برای ۲ میدان طراحی شده، سرعت در معابر و دیگر قسمت‌ها و شرایط کنترلی طرح‌ها که به صورت باچراغ و بدون چراغ طراحی و مورد قیاس قرار گرفته‌اند.

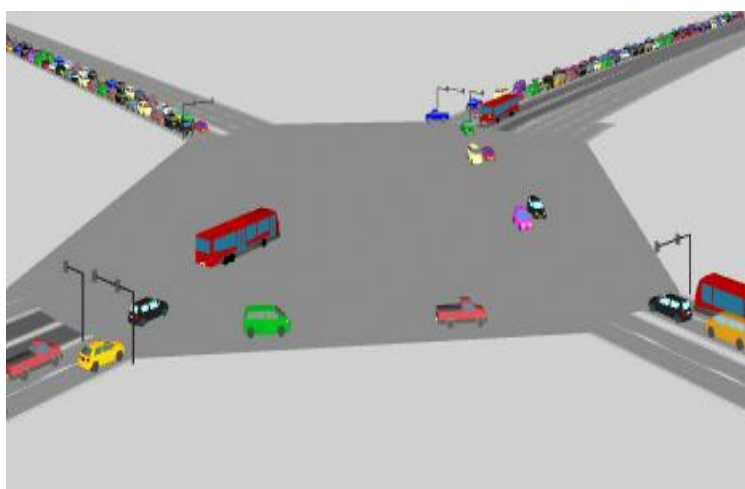
در شکل‌های ۳-۴، ۳-۵ و ۳-۶ می‌توان نمونه‌ای از هر سه طرح هندسی طراحی شده را دید.



شکل ۳-۴ میدان میان‌گذر در نرم افزار AIMSUN



شکل ۳-۵ میدان استاندارد در نرم افزار AIMSUN



شکل ۳-۶ تقاطع در نرم افزار AIMSUN

۳-۵- بارگزاری طرح های هندسی

برای محاسبه حجم تردد وسایل نقلیه و تفکیک گردش های آنان همان طور که در بخش قبل اشاره شد به دلیل وجود نمونه اجرا شده به صورت میدانی و با گرفتن تاییدیه از آمار ثبت شده توسط سامانه ثبت تردد وسایل نقلیه هوشمند SCATS استفاده کردیم. تغییرات ساعتی حجم تردد برای کل تقاطع در یک شبانه روز بررسی شد و در یک روز کاری در فصل تابستان، یعنی چهارشنبه (۱۶ مرداد ۱۳۹۸)، سه دوره اوج ظهر، عصر، و صبح که در آن حجم تردد به ترتیب سنگین (8200 vph)، متوسط (7200 vph) و سبک (3200 vph) بود، انتخاب گردید. برای اینکه اطمینان حاصل شود شناسگرهایی که در کف جاده و در هر خط نصب شده اند خراب نیستند و آمار حجم تردد به درستی برداشت می شود و از طرفی حجم خودروهای گردشی به دست آید، ترددشماری دستی با استفاده از نیروهای آمارگیر انجام شد و آمار روش دستی و مکانیزه مقایسه گردید. در ساعت اوج ترافیک که حجم کل تقاطع برابر 8300 خودرو است، آمار تردد شماری اتوماتیک 100 خودرو با شمارش دستی تفاوت داشت. لذا دقت تردد شماری مکانیزه، بسیار خوب و قابل قبول بود و حجم تردد سایر دوره ها از سیستم SCATS استخراج شد و به مقدار 100 خودرو به حجم کل تقاطع در کل دوره ها اضافه شد. درصد حجم گردشی برای دوره اوج تابستان برداشت شد و برای سایر دوره ها نیز همانند آن فرض شد. چرا که SCATS حجم حرکات گردشی را ارائه نمی کند.

علاوه بر آن، در پاییز و در یک روز کاری، چهارشنبه (۱۰ مهر ۱۳۹۸)، نیز دوره اوج ظهر (6300 vph) و اوج عصر (5300 vph) شناسایی شد تا تغییرات فصلی حجم تردد در نظر گرفته شود. در تابستان و پاییز، حجم تردد دوره های متوسط و سبک همانند هم بود.

برای اینکه رشد حجم تردد در دوره کوتاه مدت ۳ تا ۵ ساله و حجم های نزدیک به ظرفیت در نظر گرفته شود، درصد حجم به اندازه ۱۲٪ به صورت پلکانی افزایش داده شد و احجام 9300 و 10300 خودرو در ساعت نیز شبیه سازی شد. پنج دوره حجم مشاهده شده به علاوه دو سناریو ساخته شده برای حجم، مجموعاً هفت سناریو حجم

تردد شبیه‌سازی شد. به دلیل اینکه هدف ما بررسی شرایط ترافیکی موجود بود سناریوهای ساخته شده بر اساس برداشت‌های میدانی و مقداری رشد حجم تردد برای سالیان بعد در نظر گرفته شد. این سناریوها در جدول ۳-۴ نشان داده شده است.

میزان افزایش و کاهش حجم تردها نسبت به دوره اوج نیز در جدول آمده است. برای به دست آوردن حجم کل وسایل نقلیه به تفکیک هر سه گردش (مستقیم‌رو، راست گرد، چپگرد) ابتدا آمار ثبت شده توسط آمارگیران به صورت حجم تردد وسایل نقلیه ورودی و خروجی هر معبر از میدان و به تفکیک نوع آن مشخص شدند سپس با در نظر گرفتن هر معبر به عنوان یک ناحیه اقدام به تهیه ماتریس مبدا و مقصد (جذب و تولید سفر) کرده و با استفاده از اصلاح سطری و ستونی ماتریس کامل سفر تشکیل شد و با استفاده از این ماتریس‌ها جدول حجم‌های تردد وسایل نقلیه به صورت زیر به دست آمد.

جدول ۳-۴ حجم تردد گردش در هر چهار معبر

جنوب			شمال			غرب			شرق			حجم کل تقاطع
چپگرد	مستقیم رو	راستگرد	چپگرد	مستقیم رو	راستگرد	چپگرد	مستقیم رو	راستگرد	چپگرد	مستقیم رو	راستگرد	
۴۹۲	۳۳۷	۳۵۰	۳۸۷	۳۷۵	۳۳۵	۹۲	۲۲۱	۱۶۱	۱۹۷	۱۵۳	۲۰۰	۳۳۰۰
۴۴۲	۳۰۹	۳۲۲	۵۴۴	۵۲۷	۴۷۵	۳۲۱	۷۲۷	۵۳۳	۳۹۳	۳۱۰	۳۹۷	۵۳۰۰
۵۲۳	۸۱۱	۵۳۹	۵۴۲	۵۱۶	۴۸۶	۳۳۶	۶۹۸	۵۰۰	۴۵۸	۴۸۳	۴۰۸	۶۳۰۰
۶۰۸	۹۳۷	۶۲۵	۶۲۸	۵۹۸	۵۶۳	۳۹۰	۸۰۸	۵۸۰	۵۳۱	۵۵۹	۴۷۳	۷۳۰۰
۶۹۰	۱۰۶۳	۷۱۰	۷۱۳	۶۸۰	۶۴۱	۴۴۶	۹۱۶	۶۵۹	۶۰۴	۶۳۷	۵۳۹	۸۳۰۰
۷۷۵	۱۱۹۰	۷۹۶	۸۰۰	۷۶۲	۷۱۷	۵۰۰	۱۰۲۷	۷۳۹	۶۷۷	۷۱۳	۶۰۴	۹۳۰۰
۸۵۸	۱۳۱۶	۸۸۲	۸۸۵	۸۴۴	۷۹۵	۵۵۵	۱۱۳۵	۸۱۹	۷۵۱	۷۹۰	۶۷۰	۱۰۳۰۰

جدول ۳-۵ سناریوهای حجم تردد

سناریو	حجم تردد (خودرو)	حجم سناریو نسبت به حجم دوره اوج (/.)	ساعت شمارش
	۳۳۰۰	۴۰	۶:۳۰ تا ۵:۳۰ (تردد سبک در پاییز و تابستان)
حجم مشاهده شده	۵۳۰۰	۶۴	۱۹ تا ۱۸ (تردد متوسط در پاییز)
	۶۳۰۰	۷۶	۱۲ تا ۱۱ (اوج تردد در پاییز)
	۷۳۰۰	۸۸	۱۹ تا ۱۸ (تردد متوسط در تابستان)
	۸۳۰۰	۱۰۰	۱۲ تا ۱۱ (اوج تردد در تابستان)
حجم تردد تعریف شده	۹۳۰۰	۱۱۲	۱۲٪ رشد ترافیک در آینده نزدیک
	۱۰۳۰۰	۱۲۴	۲۴٪ رشد ترافیک در آینده نزدیک

۳-۶- کالیبراسیون داده ها در نرم افزار ایمنسان

شبیه‌سازهای ترافیکی ابزاری کارا، انعطاف پذیر و ارزان برای ارزیابی تسهیلات ترافیکی هستند. نتایج این نرم افزارها باید پرداخت و اعتبارسنجی گردند تا خروجی‌های آن، معتبر و قابل اتکا باشد.

شاهی و چوپانی (۱۳۸۷)، معمولاً کالیبراسیون سیستم های شبیه ساز به دو حالت کلی تقسیم می شود. حالت اول کالیبراسیون مدل است که در این حالت باید آنقدر مدل ها و روابط پیچیده ای که در طراحی اولیه شبیه ساز مورد استفاده قرار گرفته است را تغییر داد تا خروجی های میدانی و شبیه سازی یکسان باشد. حالت دوم کالیبراسیون داده های ورودی نرم افزار است، در این حالت ابتدا بایستی مانند مسائل بهینه سازی عمل کرد و داده هایی که قابلیت تغییر نتایج را دارند و به نوعی سبب یکسان شدن خروجی شبیه ساز با تابع هدف ما هستند شناسایی شده و سپس یکسری از این داده ها را دستخوش تغییر می کنیم و نتایج حاصل از هردو را با معیارهای شاخص کارایی نظیر سرعت، تاخیر، طول صف و زمان سفر نسبت به یکدیگر مقایسه می کنیم این عمل باید تا

زمانی که نتایج یکسان و یا به حد قابل قبول برسد باید تکرار شود. این حالت را می توان شایعترین نوع کالیبراسیون دانست. در حالت اول کالیبراسیون مدل برای همه امکان پذیر نیست چرا که این کار نیاز شناخت کامل از روابط مورد استفاده شده در طراحی و برنامه نویسی نرم افزار مورد نظر دارد این حالت برای طراحان نرم افزار مناسب است.

مقدس نژاد و خیرخواه (۱۳۹۳)، بورانی و چانگ (۲۰۱۲)، نرم افزار های خردنگر شبیه ساز ترافیکی، بر اساس سه فاکتور اصلی در شبکه تعریف شده اند و بر همین اساس شبیه سازی های خود را انجام می دهند این فاکتور ها شامل:

۱- مدل دنباله روی خودرو ها! مدل دنباله روی خودرو ها در واقع تعامل بین خودروهای مجاور در یک خط است که این مدل به طور بالقوه نقش مهمی در مطالعات ایمنی ترافیک دارد.

۲- مدل تغییر خط خودرو ها! پارامتر هایی که مختص رفتار رانندگان در هنگام تغییر و سبقت گیری هستند را می توان به درصد ماندن در خط سبقت، درصد سبقت از سمت راست و درصد تغییر خط بی احتیاط تقسیم کرد. معیار های که سبب قرار گیری وسایل نقلیه در دسته تغییر خط بی احتیاط است شامل استفاده نکردن از راهنما، تغییر خط بدون در نظر گرفتن وسایل نقلیه در نزدیکی خط مقصد و تغییر خط ناگهانی که می تواند به دلیل جلوگیری از برخورد با مانع، چاله، انسان و یا خودرویی که در خط عبور فعلی است باشد.

۳- مدل قبول فرصت یا پذیرش شکاف! پذیرش شکاف فرایندی است که طی آن یک راننده از یک جریان اقلیت به شکاف قابل قبولی در جریان اصلی دسترسی پیدا می کند تا از جریان اصلی ترافیک عبور کند یا به آن ادغام شود.

^۱Car following models

^۲Lane Changing models

^۳Gap-Acceptance models

این مدل ها، پارامتر های قابل تنظیمی در اختیار کاربران قرار می دهند و رفتار درست شبیه ساز ها در ساخت و اجرای یک پروژه بر تنظیم درست این پارامتر ها وابسته است.

جدول ۳-۶ متغیرهایی که در مطالعه جاری برای پرداخت به کار رفتند و مقادیر آنها را نشان می دهد. این متغیرها و مقادیر آن، عمدتاً برگرفته از مطالعاتی هستند که برای شبیه سازی عملکرد میدان های مشهد، شهر مورد مطالعه، اجرا شده اند. لذا شرایط رانندگان این میدانها بسیار شبیه به رانندگان میدان میان گذر است.

هنگامی که یک خودرو در وضعیت راه دادن به دیگران است، به عنوان مثال هنگامی که پشت تابلو ایست یا تابلو رعایت حق تقدم ایستاده است، زمانی را منتظر می ماند تا به دیگران راه بدهد و اگر این زمان از یک حدی بیشتر شود، راننده بی صبر و تهاجمی شده و با حاشیه ایمنی کمتری ممکن است وارد مسیر اصلی شود. این متغیر در ایمسان به عنوان متغیر زمان راه دادن، تعریف شده است. پذیرش فرصت عبور فرآیندی است که طی آن یک راننده از یک جریان فرعی به فرصت قابل قبولی در جریان اصلی دسترسی پیدا می کند تا از جریان اصلی ترافیک عبور کند یا به آن ادغام شود.

علاوه بر پرداخت ویژگی های رانندگان و خودروهای شخصی، برخی ویژگی های حمل و نقل همگانی نیز پرداخت شد. در مسیر رفت و برگشت برای رسیدن هر اتوبوس به ایستگاه انحراف معیار آن ۵ ثانیه، زمان توقف در ایستگاه ۱۰ ثانیه و انحراف معیار آن ۳ ثانیه طبق تحقیقات و بررسی ها در نظر گرفته شده است. جانمایی ایستگاه ها هم براساس موقعیت مکانی دقیق آنها در نرم افزار شبیه سازی شده است.

جدول ۳-۶ داده های کالیبره در نرم افزار

عامل	پارامترهای مورد بررسی	میانگین	انحراف میانگین	حداقل	حداکثر	مرجع
خودرو	طول	۴/۱۴	۰/۲۸	۳/۸۳	۴/۵۲	جلد ۳ کالیبراسیون
	عرض	۱/۶۵	۰/۰۴	۱/۶	۱/۷۵	
راننده	زمان راه دادن (ثانیه)	۹/۵	۳/۳	۳	۱۵	بومی سازی نرم
	فرصت عبور قابل قبول (ثانیه)	۱/۱	۰/۶۲	۰/۲۴	۳/۵	افزار ایمسان در
	زمان عکس العمل در توقف ^۱ (ثانیه)		۱			مشهد
	زمان عکس العمل در پشت چراغ ^۲ (ثانیه)		۱			
	حساسیت بی احتیاطی در تعویض خط عبوری (ثانیه)		۱			
	عبور از چراغ قرمز ^۳ (درصد)		۱۲			
	سبقت از سمت راست (درصد)		۷۰			
	تغییر خط خطرناک (درصد)		۵۰			
	ماندن در خط سبقت بعد از سبقتگیری (درصد)		۸۰			

۳-۷- استخراج نتایج از نرم افزار ایمسان

برای گرفتن نتایج از نرم افزار، مدت زمان شبیه سازی در تمامی سناریوها، برابر یک ساعت بود و ده دقیقه نیز به عنوان دوره وارم آپ^۱ استفاده شد. نرم افزار بر اساس بازه های زمان بندی ۱۰ دقیقه ای، خروجی ها را حساب کرده و متوسط یک ساعته آنرا ارائه می کند. برای برآورد دقیق تر پارامترهای خروجی نرم افزار، برای هر سناریو ۱۰ مرحله تکرار تعریف شد و داده های حاصله مورد بررسی قرار گرفته و آنهایی که اختلاف زیادی با دیگر داده ها داشتن حذف شده و داده های مورد تایید میانگین گیری شد. از میان داده هایی که نرم افزار ایمسان خروجی داده است پارامترهای تاخیر، زمان سفر، سرعت، تعداد توقف و ظرفیت رو مورد استفاده قرار گرفت واحد های هر کدام

^۱Reaction time when stopping

^۲Reaction time behind lights

^۳Red percentage

^۴warm up

از پارامترهای گفته شده به ترتیب ثانیه بر کیلومتر (sec/km)، ثانیه بر کیلومتر (sec/km)، کیلومتر بر ساعت (km/hr)، وسیله نقلیه بر کیلومتر (veh/km) و وسیله نقلیه بر ساعت (veh/hr) می باشد.

۳-۸- اعتبارسنجی نتایج حاصل از شبیه سازی

پس از پرداخت مدل، طول صف و زمان سفر برای میدان میان گذر و استاندارد اعتبارسنجی شد. در سه دوره حجم تردد سبک، سنگین، و متوسط، صفی در میدان میان گذر تشکیل نمی شد. در خروجی های نرم افزار نیز به همین ترتیب بود و جریان روانی در میدان میان گذر برقرار بود.

برای اعتبارسنجی زمان سفر در میدان میان گذر، از خودرو شناور^۱ استفاده شد. خودرو شناور در ساعت اوج، مسیر هر حرکت گردشی را ۵ بار طی کرد یعنی (۱۲*۵) و متوسط زمان سفر تمامی حرکات به دست آمد. سپس زمان سفر حرکات بر اساس حجم تردد وزن دهی شد و میانگین زمان سفر کل تقاطع به دست آمد و با خروجی نرم افزار مقایسه شد. نتایج نشان می داد که زمان سفر حاصل از شبیه سازی و واقعی به ترتیب برابر ۱۸۷ و ۲۰۶ ثانیه می باشد که حاکی از اختلاف ۹ درصدی است. لذا، سرعت حرکت معابر ۵۰ km/h معتبر تلقی شد.

اعتبارسنجی در میدان همبرگری، در حجم تردد ۸۳۰۰ vph انجام شد.

برای اعتبارسنجی میدان استاندارد، از میدان ۱۵ خرداد که نزدیکترین میدان به میدان مورد مطالعه است استفاده شد. فاصله این دو میدان از یکدیگر برابر ۱/۵ کیلومتر است و در امتداد همان معبر اصلی و خط BRT قرار دارد. بین این دو میدان، تقاطع دیگری وجود ندارد. این دو میدان، شرایط یکسانی از نظر تعداد خطوط ورودی و خروجی هر معبر، خطوط گردشی دور میدان، و نوع ناحیه، دارند. در سه دوره حجم تردد سبک، سنگین، و متوسط، صفی در میدان استاندارد نیز صفی تشکیل نمی شد. به همان روشی که برداشت زمان برای میدان میان گذر انجام شد، برداشت زمان سفر برای میدان استاندارد در دوره ای که حجم تردد ۵۳۰۰ بود، انجام شد. در این دوره، زمان

^۱floating car

سفر کل تقاطع برابر ۱۸۶ بود و زمان سفر شبیه سازی نیز برابر ۱۷۳ بود که حاکی از اختلاف ۶ درصدی این دو عدد است لذا در میدان استاندارد، زمان سفر معبر کماکان ۵۰ km/h باقی ماند و تغییری نیافت.

علاوه بر آن، در میدان میان گذر و استاندارد، اختلاف زمان سفر حرکات کمتر از ۱۰ درصد بود. لذا زمان سفر حرکات نیز معتبر و قابل قبول بود. در مجموع می توان گفت با توجه به کالیبراسیون پارامترهای متعدد و اعتبارسنجی با شاخص های طول صف و زمان سفر، شبیه سازی های صورت گرفته توسط نرم افزار ایمسان به خوبی کالیبره شده و جهت استناد اعتبار کافی را دارد.

۳-۹- جمع بندی:

در این فصل از ابتدا به داده های جمع آوری شده نظیر ۱- داده های هندسی و میدانی مانند تعداد خطوط، عرض خطوط، عرض خطوط ویژه اتوبوس، عرض خطوط گردش دور میدان، طول و عرض خیابان های منتهی به میدان، شعاع جزیره مرکزی و انحنای کناری میدان، طول و عرض قسمت میان گذر برای میدان در حالت همبرگری، سرعت وسایل نقلیه در خیابان ها و در دور میدان، نوع فازبندی و زمان بندی فازها، تعداد ایستگاه های اتوبوس، نوع ایستگاه ها، فاصله هر ایستگاه تا تقاطع، مدت زمان ورود یک اتوبوس به شبکه و مدت زمان توقف در ایستگاه ۲- داده های ترافیکی که شامل حجم های تردد به تفکیک گردش ها و نوع وسایل نقلیه است ۳- چراغ راهنمایی (فازبندی و نوع زمان بندی) که در میدان ما به صورت ۳ فاز اجرا می شد. ۴- کالیبراسیون که شامل میزان سبقت از سمت راست، حداکثر زمان راه دادن، عدم بازگشت به خط عبوری پیشین پس از انجام سبقت، بی احتیاطی در تعویض خط عبوری، میزان حساسیت بی احتیاطی در تعویض خط عبوری، میزان فاصله قابل قبول با خودرو جلویی، حداکثر و حداقل سرعت در معابر، ابعاد خودرو ها، مشخصات سرعت و مصرف سوخت آنها می باشد.

پس از آن، مبحث طراحی میدان ها در نرم افزار ایمسان و در نتیجه گرفتن خروجی از آن با ۱۰ مرتبه تکرار از هر حجم ورودی و طرح هندسی طراحی شده که نتایج حاصل در فصل بعد برگرفته از میانگین گیری همین ۱۰ بار تکرار می باشد. در فصل بعد نتایج دسته بندی شده و به تفکیک با یکدیگر مورد قیاس قرار گرفته است.

فصل چهارم: نتایج شبیه سازی

۴-۱- مقدمه

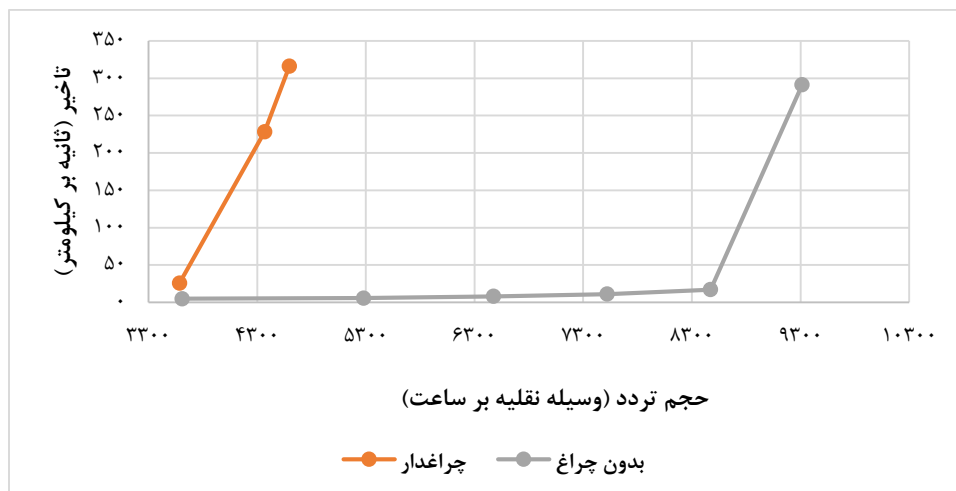
در این فصل به تحلیل و ارزیابی نتایج از نرم افزار پرداخته شده است. با توجه به سناریوهای ایجاد شده از نظر حجم تردد و کنترلی، ابتدا هر طرح هندسی را جداگانه بررسی کرده و سپس تاثیرات تغییرات حاصله ناشی از تغییر حجم تردد و داشتن یا نداشتن چراغ راهنمایی در طرح مورد ارزیابی قرار گرفته است. پس از تحلیل و بررسی طرح های هندسی (میدان میان گذر، میدان مدرن و تقاطع چهارراهی) سپس تاثیر نتایج حاصل بر روی پارامترهای ترافیکی نظیر تاخیر، زمان سفر، تعداد توقف، سرعت و ظرفیت دو در حالت چراغدار و بدون چراغ با یکدیگر مقایسه می شوند.

در این پژوهش تعداد خطوط برای یکسان تر شدن شرایط مقایسه ای در هر ۳ طرح هندسی برابر فرض شده است.

۴-۲- میدان میان گذر

۴-۲-۱- تاخیر

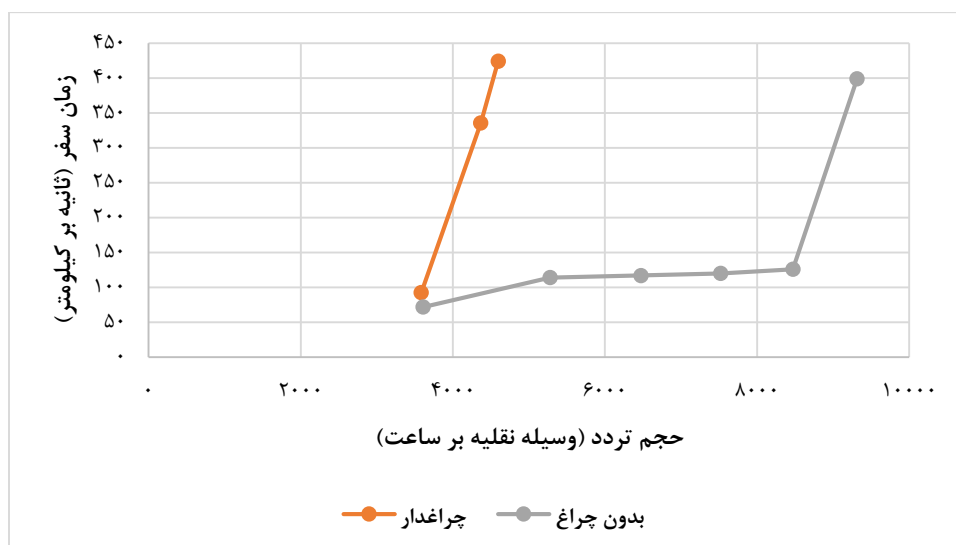
در این قسمت تاخیر در دو حالت چراغدار و بدون چراغ در حجم های مختلف ترافیکی مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی ها بر روی شکل ۴-۱ نشان می دهد در حالت بدون چراغ تاخیر تا حجم تردد ۸۴۷۱ وسیله نقلیه بر ساعت تقریباً یک روند ثابتی را طی می کند ولی با ورود به حجم تردد بعدی تاخیر آن به یکباره افزایش چشمگیری می یابد و از ۱۷ ثانیه بر کیلومتر در ۸۴۷۱ به ۲۹۱ ثانیه بر کیلومتر در ۹۳۱۴ وسیله نقلیه بر ساعت می رسد. در حالت چراغدار تاخیر از همان ابتدا روند تندی را با افزایش حجم تردد طی می کند و در حجم ۴۵۹۶ وسیله نقلیه بر ساعت که آخرین حجم تردد است ۳۱۶ ثانیه بر کیلومتر تاخیر را نشان می دهد. عملکرد در حجم تردد ۳۵۸۴ وسیله نقلیه بر ساعت، نزدیک ترین تاخیر را در تمام حجم ها دارد که اختلاف آنها ۲۰ ثانیه بر کیلومتر است.



شکل ۴-۱: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر تأخیر در میدان میان گذر

۴-۲-۲- زمان سفر

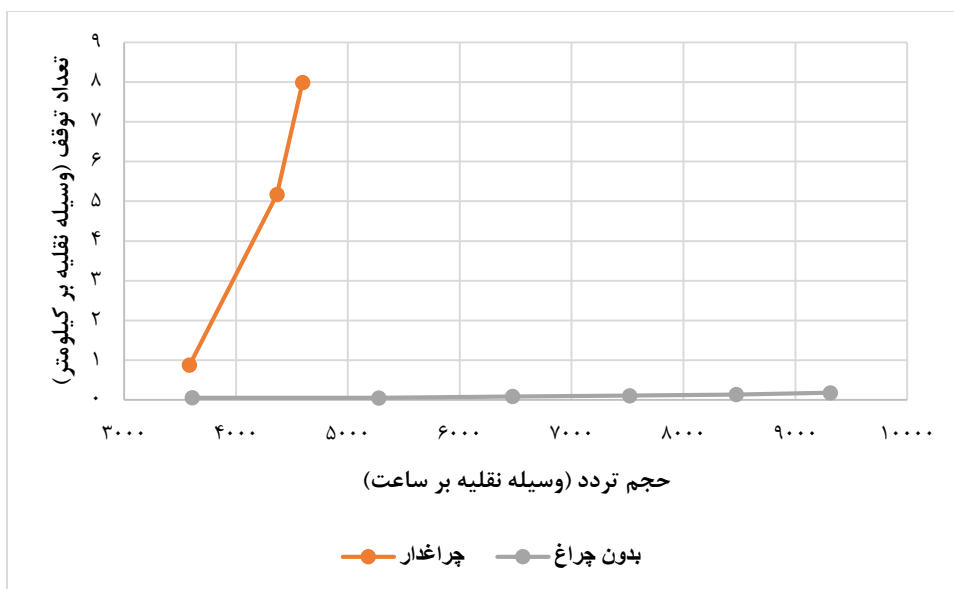
همان طور که در شکل ۴-۲ می‌بینید زمان سفر در حالت چراغدار از ۹۲ ثانیه بر کیلومتر شروع و در حجم ۴۵۹۶ به ۴۲۴ ثانیه بر کیلومتر می‌رسد و در حالت بدون چراغ ابتدا ۷۲ ثانیه بر کیلومتر زمان سفر را نشان داد ولی پس از رسیدن به حجم ۵۲۷۸ وسیله نقلیه بر ساعت، زمان سفر به ۱۱۴ ثانیه بر کیلومتر رسیده است. در حجم‌های بعدی روند تقریباً ثابت است و اختلاف زیادی ندارد اما این حجم ۹۳۱۴ است که نسبت به ۸۴۷۱ وسیله نقلیه بر ساعت ۲۷۳ ثانیه بر کیلومتر زمان سفر را افزایش داده است.



شکل ۴-۲: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر زمان سفر در میدان میان گذر

۴-۲-۳- تعداد توقف

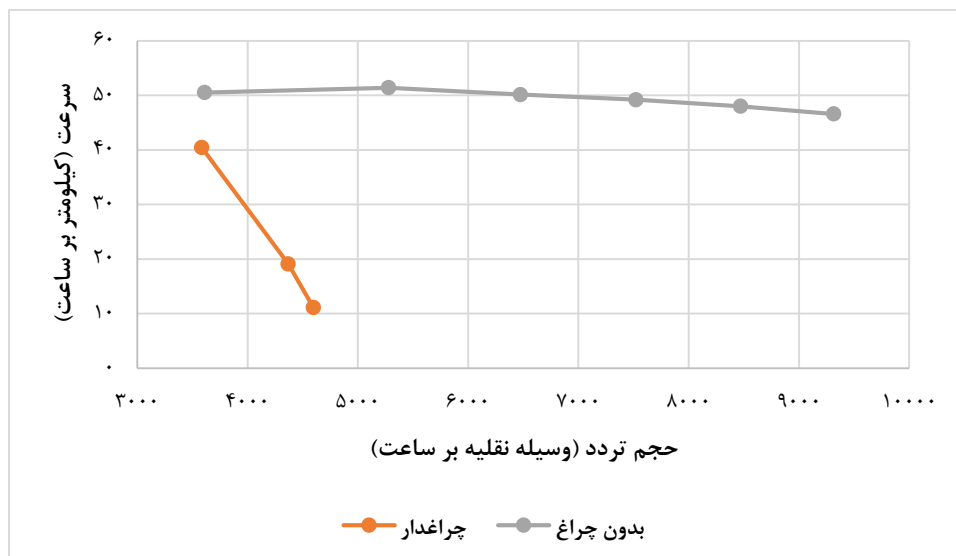
همان طور که در شکل ۳-۴ می‌بینید تعداد توقف در حالت بدون چراغ در تمام حجم‌ها به زیر ۰/۱۵ بر می‌گردد اما در حالت چراغدار از ۰/۸ شروع و در بالاترین حجم ۷/۹۹ را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر تعداد توقف در میدان میان گذر

۴-۲-۴- سرعت

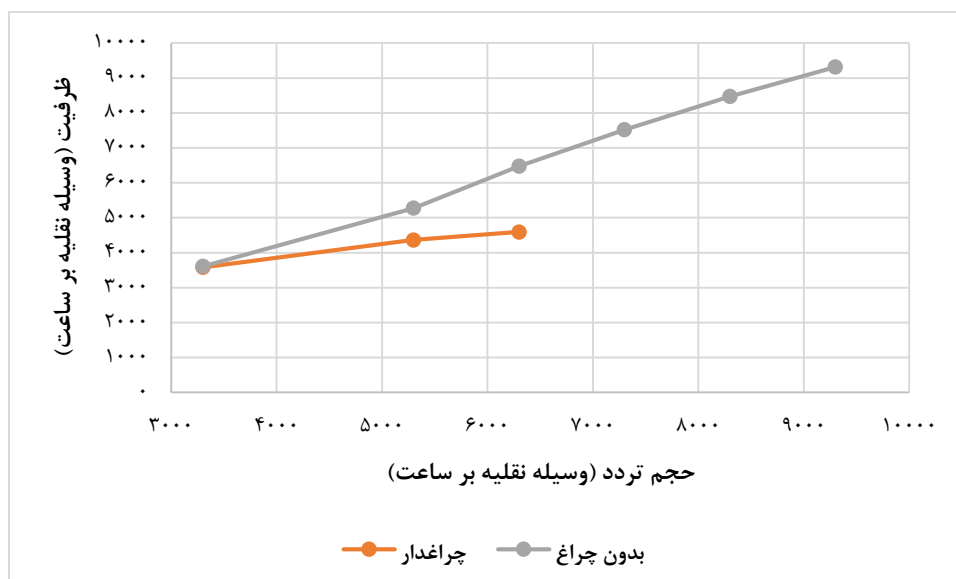
همان طور که در شکل ۴-۴ می‌بینید سرعت در حالت بودن چراغ تقریباً از ۵۱ کیلومتر بر ساعت شروع و به ۴۶/۶ کیلومتر بر ساعت کاهش می‌یابد اما در حالت چراغدار این میزان کاهش بسیار چشمگیر است به نحوی که در ابتدا ۴۰ کیلومتر بر ساعت شروع و در حجم بعدی به ۱۹ و سپس در نهایت به ۱۱ کیلومتر بر ساعت می‌رسد.



شکل ۴-۴: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر سرعت در میدان میان گذر

۴-۲-۵- ظرفیت

همان طور که در شکل ۴-۵ می بینید ظرفیت در هر دو حالت کنترلی در حجم ۳۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت تقریباً یکسان است اما با ورود به حجم های بالاتر این حالت بدون چراغ است که از حالت دیگر پیشی گرفته و حجم تردد را به ۹۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت می رساند. این میدان در حالت چراغدار در نهایت ۴۵۹۶ وسیله نقلیه بر ساعت را می تواند از خود عبور دهد.

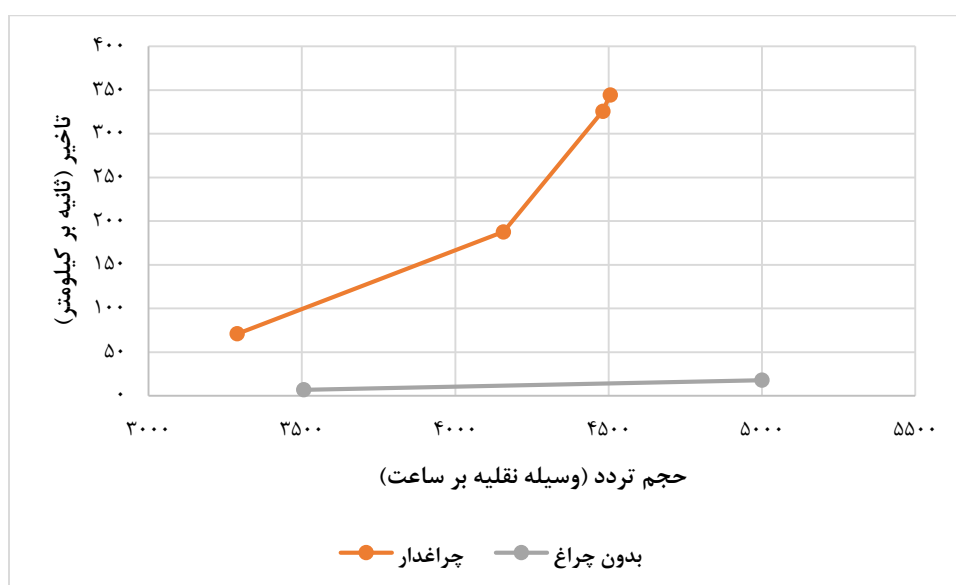


شکل ۴-۵: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر ظرفیت در میدان میان گذر

۴-۳- میدان مدرن

۴-۳-۱- تاخیر

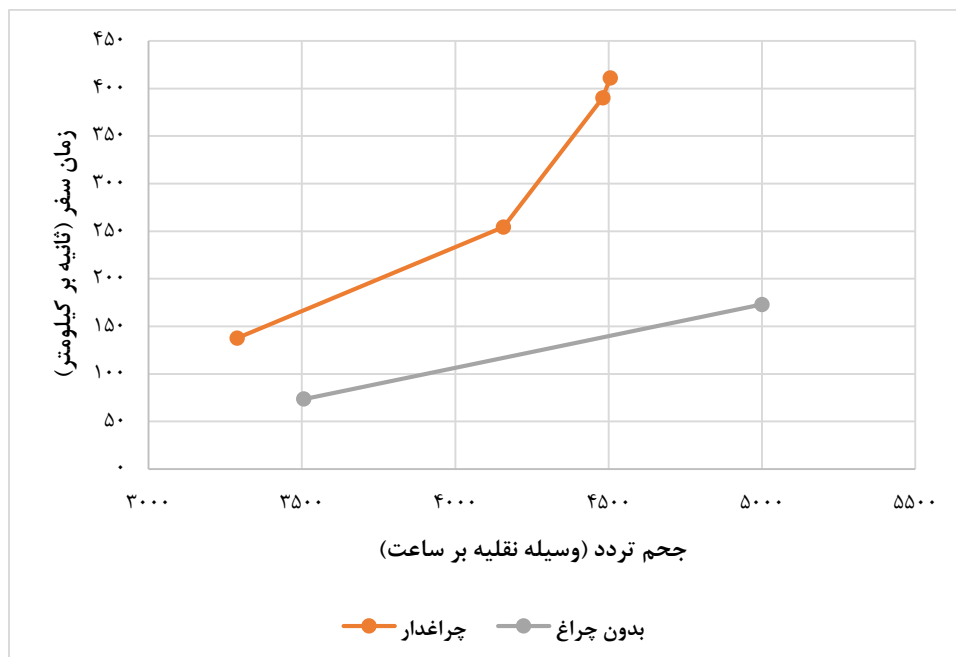
در این قسمت تاخیر در دو حالت چراغدار و بدون چراغ در حجم‌های مختلف ترافیکی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به شکل ۴-۶ تاخیر در این میدان در حالت بدون چراغ تنها ۱۸ ثانیه بر کیلومتر می‌باشد و آن هم مربوط به حجم تردد ۵۰۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت است پس از آن دیگر میدان قفل می‌شود و قادر به دادن تاخیر نیست اما در حالت چراغدار تا حجم ۴۴۸۱ وسیله نقلیه بر ساعت با یک شیب نسبتاً تند از ۷۱ ثانیه بر کیلومتر به ۳۲۶ ثانیه بر کیلومتر می‌رسد و سپس با یک شیب ملایم خود را به ۳۴۴ ثانیه بر کیلومتر می‌رساند.



شکل ۴-۶: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر تاخیر در میدان مدرن

۴-۳-۲- زمان سفر

بر اساس شکل ۴-۷ زمان سفر در حالت بدون چراغ از ۷۳ به ۱۷۳ ثانیه بر کیلومتر رسیده است که نشان از افزایش ۱۰۰ ثانیه‌ای در حجم تردد ۵۰۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت دارد. اما در حالت چراغدار از ۱۳۷ ثانیه بر کیلومتر شروع و در آخرین حجم عبوری به ۴۱۱ ثانیه بر کیلومتر می‌رسد.

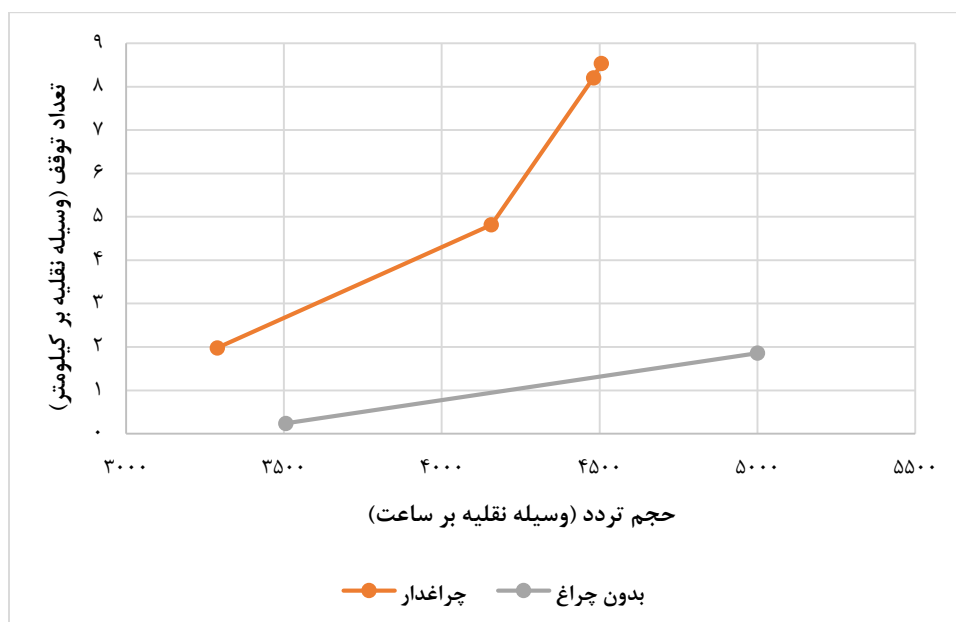


شکل ۴-۷: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر زمان سفر در میدان مدرن

۴-۳-۳- تعداد توقف

با توجه به شکل ۴-۸ تعداد توقف در حالت بدون چراغ زیر ۲ توقف است اما در حالت چراغدار از تقریباً ۲ توقف

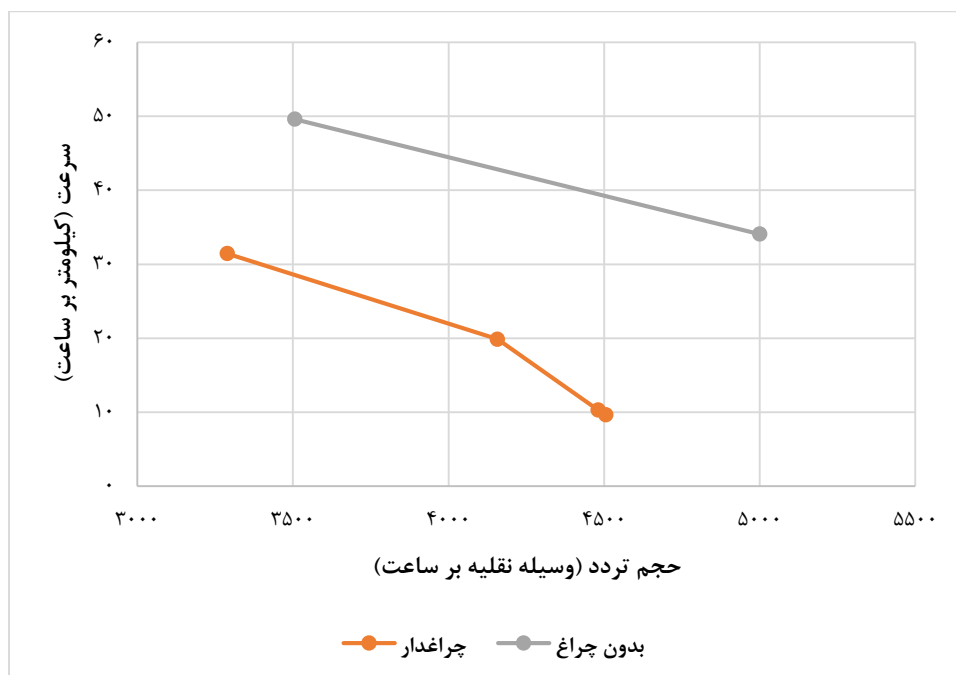
آغاز و در حجم های بالاتر به ۸/۲ می رسد.



شکل ۴-۸: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر تعداد توقف در میدان مدرن

۴-۳-۴- سرعت

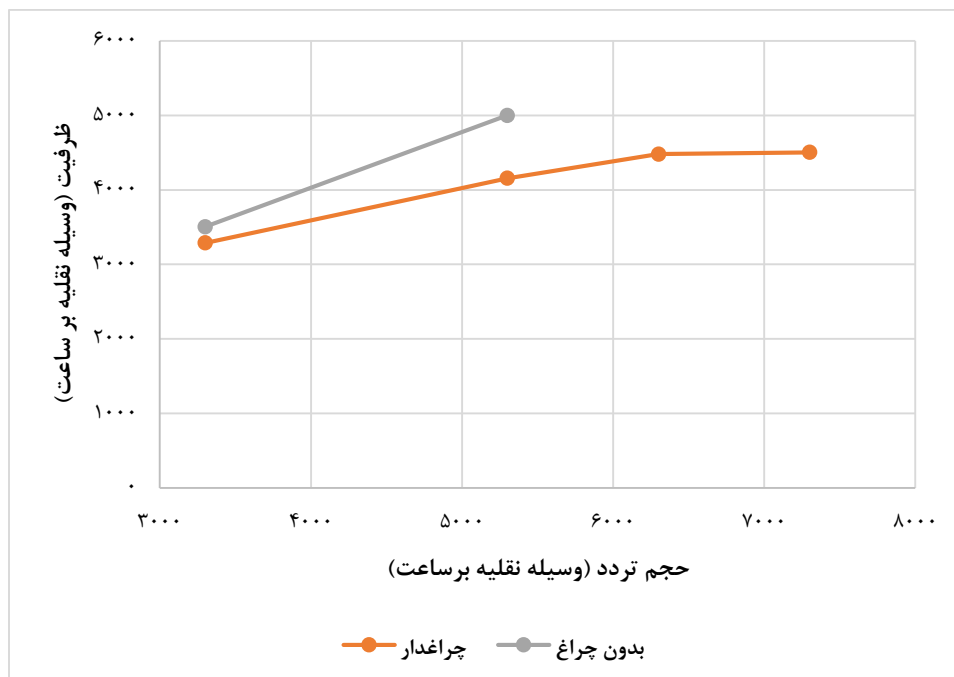
با توجه به شکل ۴-۹ در حالت بدون چراغ شاهد ۱۵ کیلومتر بر ساعت کاهش در سرعت وسایل نقلیه هستیم و در حالت چراغدار این کاهش سرعت شدت بیشتری تا حجم ۴۴۸۱ وسیله نقلیه بر ساعت دارد که ۲۱ کیلومتر بر ساعت است و سپس با افزایش حجم تردد کاهش سرعت بسیار نامحسوس تری صورت گرفته است.



شکل ۴-۹: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر سرعت در میدان مدرن

۴-۳-۵- ظرفیت

با توجه به شکل ۴-۱۰ ظرفیت این طرح در حالت بدون چراغ ۵۰۰۰ vph است و در حالت چراغدار عملکرد آن ۴۵۰۵ vph می باشد که این حجم را با داده های ۷۳۰۰ vph محقق کرده است.

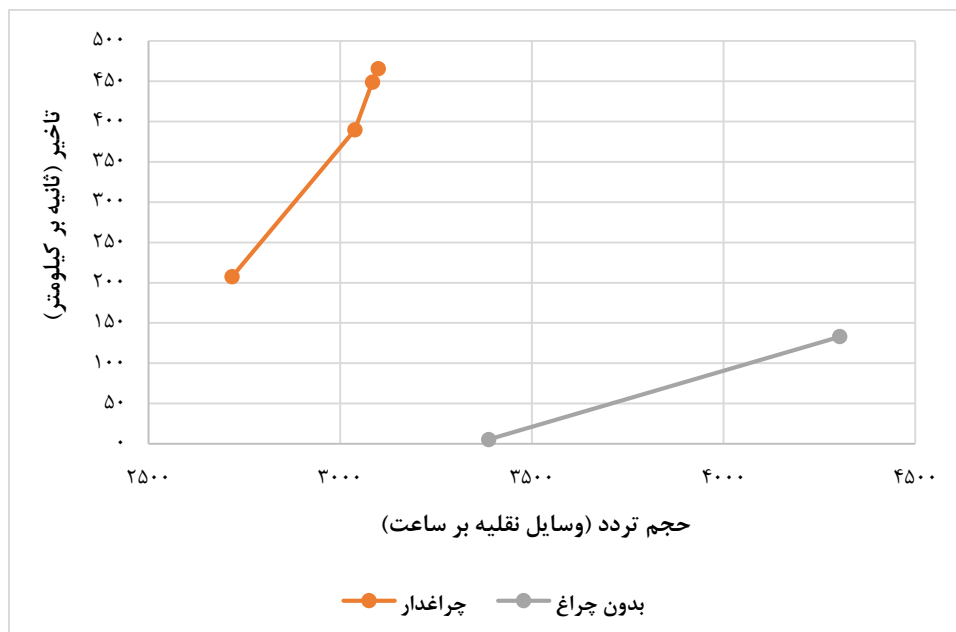


شکل ۴-۱۰: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر ظرفیت در میدان مدرن

۴-۴- تقاطع

۴-۴-۱- تاخیر

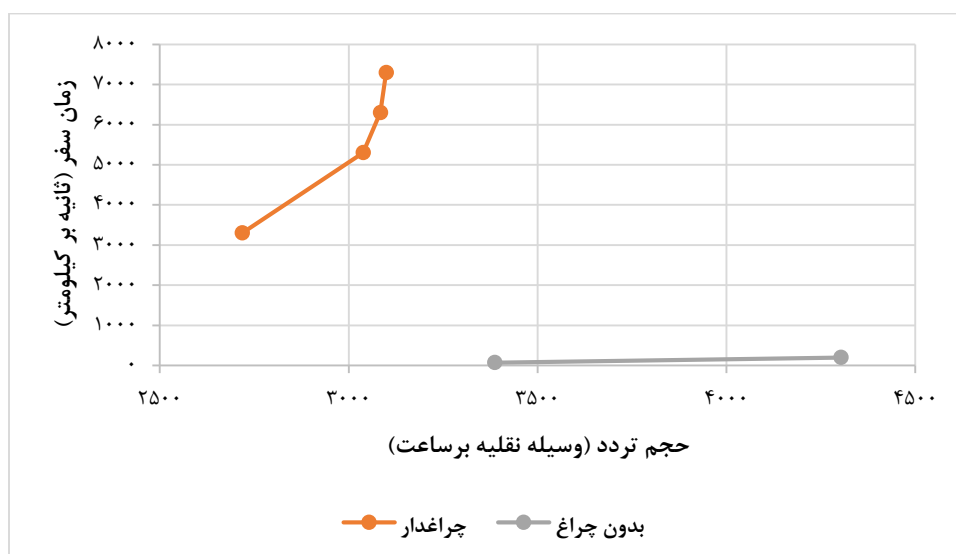
در این قسمت تاخیر در دو حالت چراغدار و بدون چراغ در حجم‌های مختلف ترافیکی مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی‌ها بر روی شکل ۴-۱۱ نشان داد طرح تقاطع چهارراهی در شرایط کنترلی چراغدار تاخیر از ۲۰۷ به ۴۶۵ ثانیه بر کیلومتر رسیده و در حالت بدون چراغ از ۵ ثانیه آغاز و در ۱۳۳ ثانیه بر کیلومتر تمام می‌شود که نشان از افزایش دارد.



شکل ۴-۱۱: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر تاخیر در تقاطع

۴-۴-۲- زمان سفر

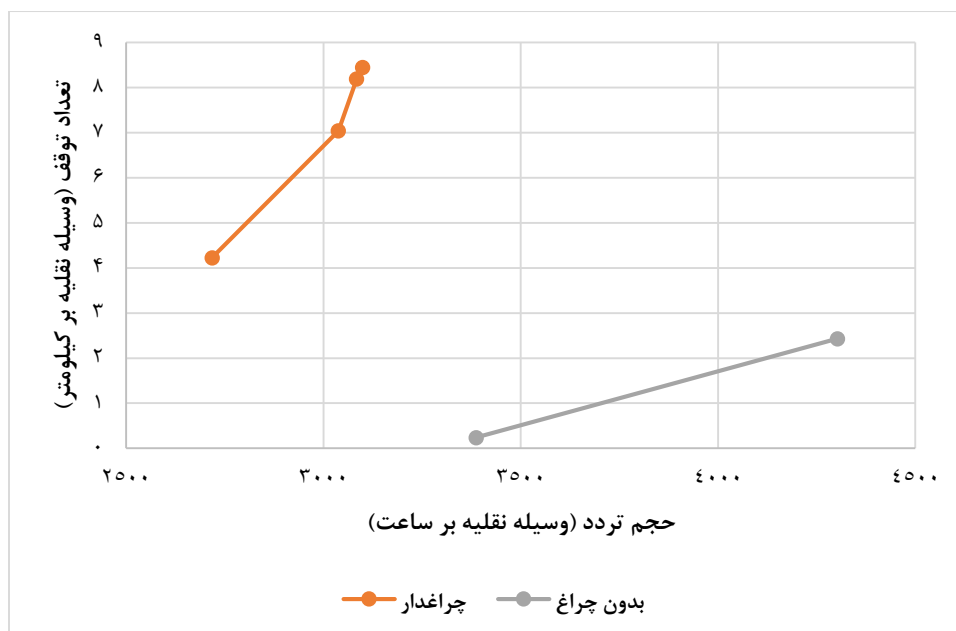
با توجه به شکل ۴-۱۲ زمان سفر در حالت چراغدار تا ۳۰۳۸ وسیله نقلیه بر ساعت افزایش زیادی را دارد و از ۲۷۵ به ۴۵۷ ثانیه بر کیلومتر رسیده و سپس در باقی حجمها افزایش زمان سفر ملایمتر است اما در حالت بدون چراغ شامل افزایش ۱۲۷ ثانیه بر کیلومتر از کمترین تا بیشترین حجم تردد است.



شکل ۴-۱۲: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر زمان سفر در تقاطع

۴-۴-۳- تعداد توقف

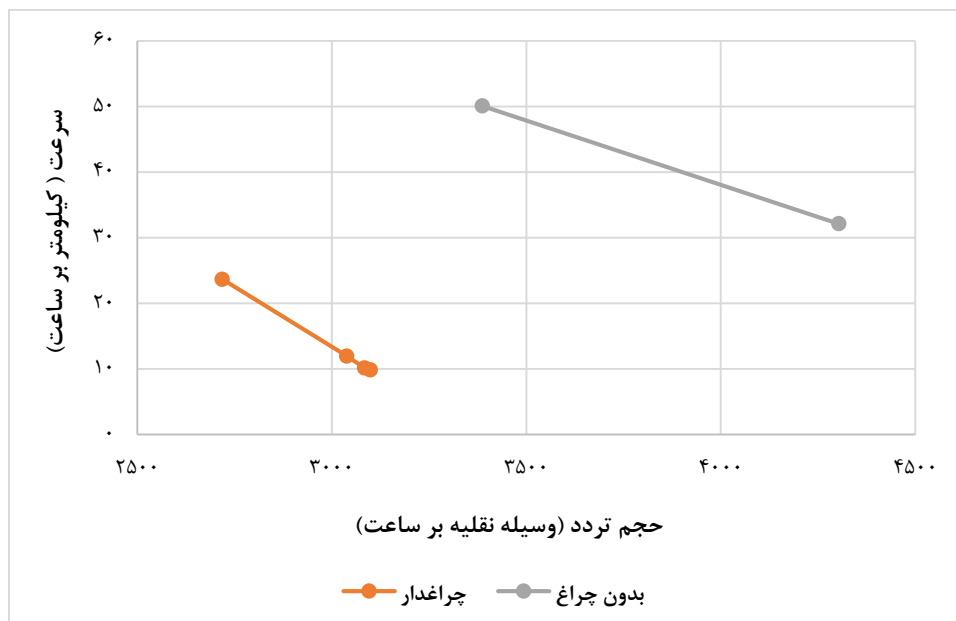
با توجه به شکل ۴-۱۳ تعداد توقف در حالت بدون چراغ در بیشترین حجم تردد به ۲/۴ توقف در هر کیلومتر رسیده است و در حالت چراغدار ۴/۲ شروع و در بیشترین حجم تردد به ۸/۴ رسیده است.



شکل ۴-۱۳: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر تعداد توقف در تقاطع

۴-۴-۴- سرعت

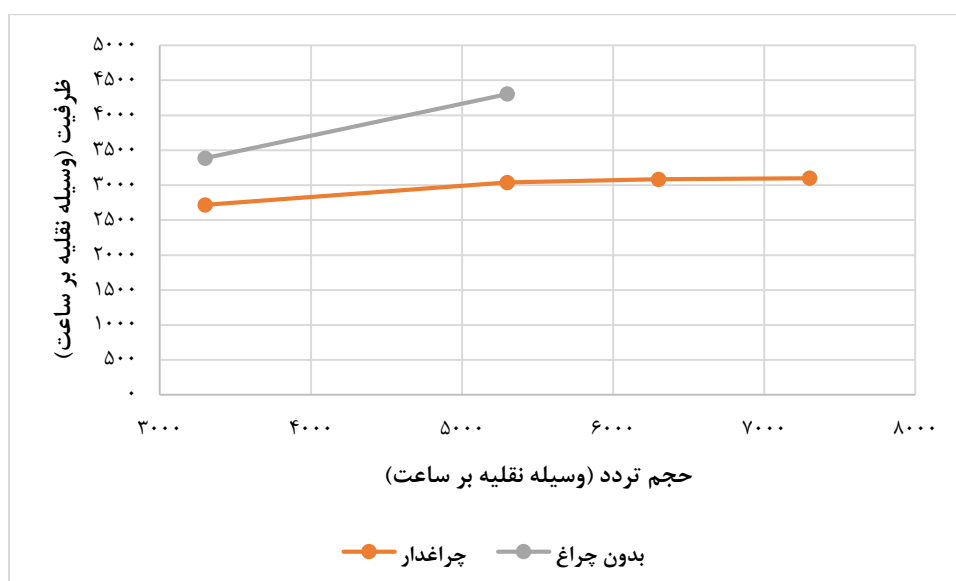
همان طور که در شکل ۴-۱۴ می بینید سرعت در حالت چراغدار از ۲۳ کیلومتر بر ساعت به ۹/۸ کیلومتر بر ساعت رسیده است که ۵۷/۴ درصد کاهش یافته است. اما در حالت بدون چراغ این میزان کاهش بیشتر بوده است و از ۵۰ به ۳۲ کیلومتر بر ساعت رسیده که بیانگر کاهش ۳۶ درصدی می باشد.



شکل ۴-۱۴: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر سرعت در تقاطع

۴-۴-۵- ظرفیت

با توجه به شکل ۴-۱۵ ظرفیت در حالت چراغدار با بیشترین حجم تردد درخواستی توسط سیستم ۷۳۰۰ به ۳۰۹۹ وسیله نقلیه می رسد اما در حالت بدون چراغ در حجم ۵۳۰۰ به ۴۳۰۳ رسیده که پس از آن با افزایش حجم درخواستی توسط سیستم هیچ افزایشی را شاهد نبوده بلکه این روند کاهش یافته است.



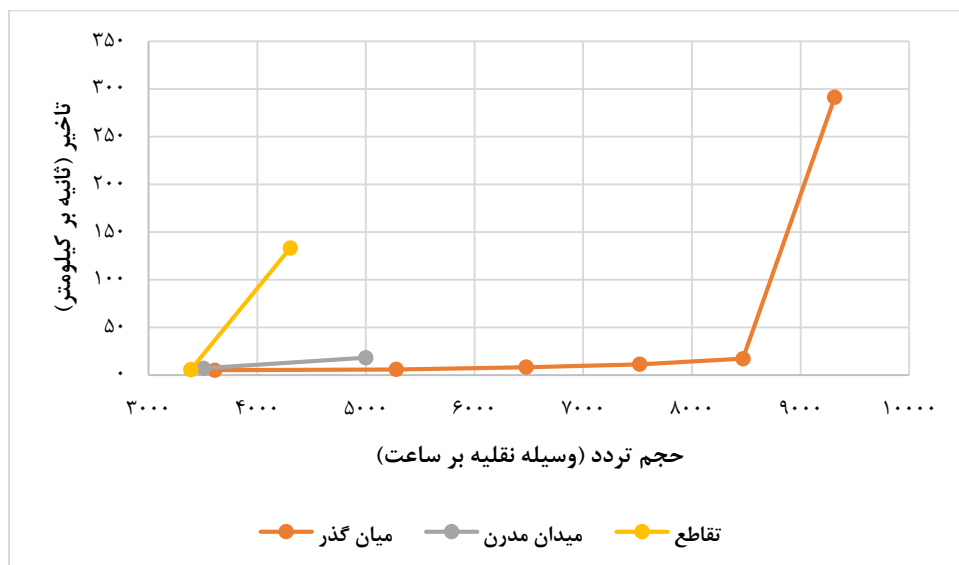
شکل ۴-۱۵: تاثیر شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) بر ظرفیت در تقاطع

۴-۵- مقایسه طرح های هندسی

در این قسمت هر ۳ طرح هندسی از منظر پارامترهای ترافیکی شرایط تفکیک شده کنترلی با یکدیگر قیاس شده اند.

۴-۵-۱- تاخیر بدون چراغ

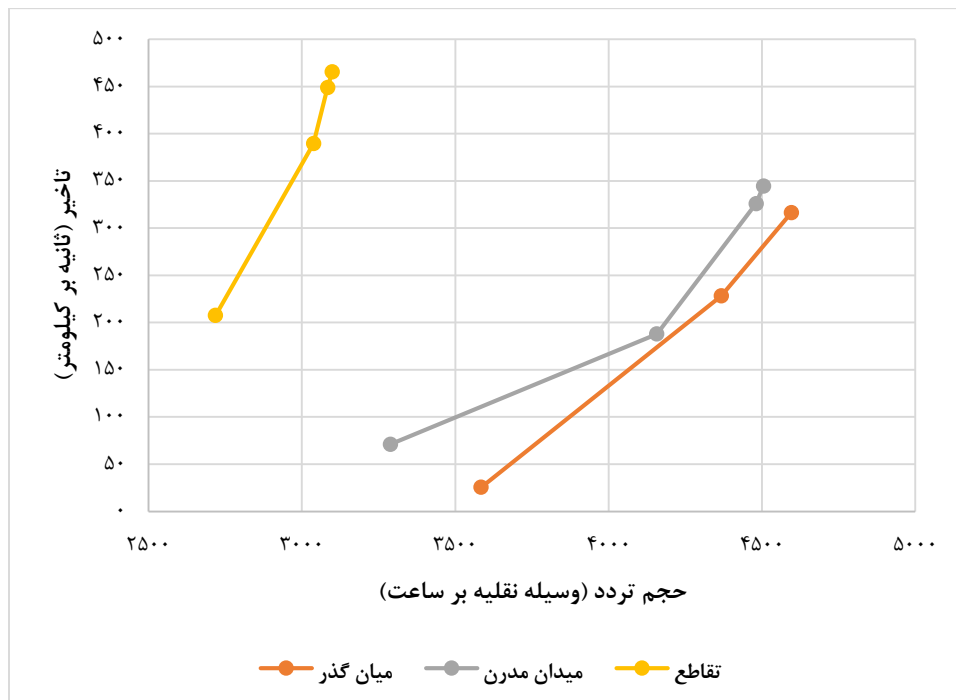
با توجه به شکل ۴-۱۶ در حالت بدون چراغ در حجم درخواستی توسط سیستم ۳۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت هر ۳ طرح هندسی تقریباً می توان گفت از یک تاخیر یکسانی برخوردار هستند البته در همین حجم هم میدان میان گذر از ۲ طرح دیگر تقاطع و میدان مدرن عملکرد بهتری دارد اما در حجم های دیگر شاهد شدت گرفتن تاخیر در طرح تقاطع هستیم که از ۵ به ۱۳۳ ثانیه رسیده است اما طرح میدان میان گذر همان طور که در بخش قبل توضیح داده شد عملکرد بسیار مطلوب تر و با ثبات تری از دیگر طرح ها از خود نشان داده اند و در حجم ۸۴۷۱ وسیله نقلیه بر ساعت نسبت به آخرین حجم های عبوری تقاطع و میدان میان گذر که ۴۳۰۳ و ۵۰۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت است و به ترتیب ۴۱۶۸ و ۳۴۷۱ وسیله نقلیه بیشتری از خود عبور داده است تاخیر کمتری نیز دارد که می توان به ۱۱۶ و ۱ ثانیه بر کیلومتر به ترتیب برای تقاطع و میدان مدرن اشاره کرد.



شکل ۴-۱۶: تاثیر طرح هندسی بر تاخیر در حالت بدون چراغ

۴-۵-۲- تاخیر چراغدار

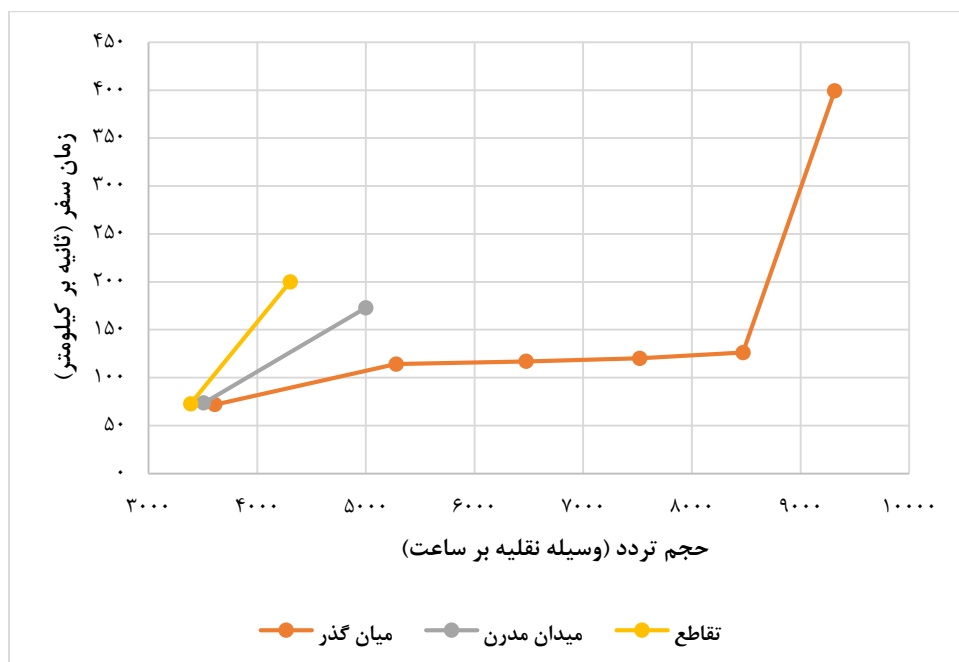
در حالت چراغدار در اولین حجم ورودی شاهد تاخیر بسیار زیادی در تقاطع چهارراهی هستیم این میزان تاخیر به ترتیب ۸/۱ و ۲/۹۲ برابر میدان میان‌گذر و میدان مدرن است. در شکل ۴-۱۷ می‌توان دید با افزایش حجم تردد در حجم درخواستی ۵۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت توسط سیستم شاهد عملکرد بهتر میدان مدرن هستیم هرچند که این میدان نسبت به تقاطع ۱۱۱۹ وسیله نقلیه بیشتری از خود عبور داده است اما ۲۰۱ ثانیه تاخیر کمتری دارد. پس از آن دوباره این میدان میان‌گذر است که عملکرد بهتری را نسبت به ۲ طرح دیگر از خود نشان می‌دهد. در حجم درخواستی ۶۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت که تقاطع، میدان مدرن و میدان میان‌گذر به ترتیب ۳۰۸۴، ۴۴۸۱ و ۴۵۹۶ وسیله نقلیه بر ساعت از خود عبور می‌دهند نزدیک ترین عملکرد میدان میان‌گذر با میدان مدرن است که به ترتیب ۱۰ ثانیه تاخیر میدان میان‌گذر کمتر از میدان مدرن می‌باشد. تاخیر در تقاطع از ۲ طرح دیگر بیشتر می‌باشد که این در تمام حجم‌ها قابل مشاهده است.



شکل ۴-۱۷: تاثیر طرح هندسی بر تاخیر در حالت چراغدار

۴-۵-۳- زمان سفر بدون چراغ

زمان سفر در هر ۳ طرح هندسی با شرایط تقریباً یکسان تری شروع می‌شود. اما با افزایش حجم تردد این عملکرد با ثبات‌تر میدان میان‌گذر در تمام حجم‌ها است که با اختلاف از دیگر طرح‌ها زمان سفر کمتری را دارد. با توجه به شکل ۴-۱۸ بیشترین اختلاف زمان سفر در حجم درخواستی ۵۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت صورت گرفته است که طرح میدان میان‌گذر علازرقم حضور ۹۷۵ وسیله نقلیه بیشتر ۸۶ ثانیه زمان سفر کمتری نسبت به تقاطع دارد. در حجم می‌توان عملکرد دو میدان را به خوبی با یکدیگر قیاس کرد که ۵۹ ثانیه کاهش زمان سفر با توجه به ۲۷۸ وسیله نقلیه عبوری بیشتر در طرح میدان میان‌گذر قابل مشاهده است.

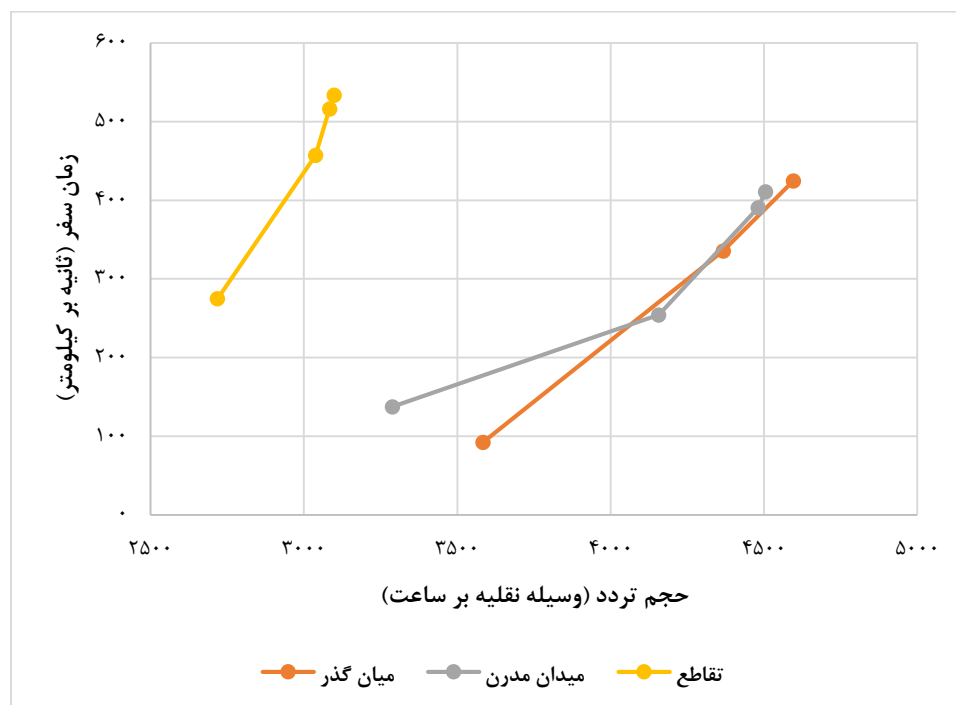


شکل ۴-۱۸: تاثیر طرح هندسی بر زمان سفر در حالت بدون چراغ

۴-۵-۴- زمان سفر چراغدار

مطابق شکل ۴-۱۹ زمان سفر در این حالت در اولین حجم وارد شده به سیستم متعلق به میدان میان‌گذر است که ۹۲/۵ ثانیه بر کیلومتر است پس از آن میدان میان‌گذر در حجم تردد ۴۳۶۷ وسیله نقلیه بر ساعت یک شیب تند را طی می‌کند و از ۹۲/۵ ثانیه بر کیلومتر در حجم ۳۵۸۴ به ۳۳۵/۷ ثانیه بر کیلومتر در حجم ۴۳۶۷

وسیله نقلیه بر ساعت می‌رسد. هرچند از روند تند زمان سفر میدان میان‌گذر در حجم بعدی کاسته می‌شود اما این طرح دیگر نمی‌تواند عملکرد بهینه خود را از طرح میدان مدرن بازگیرد و در رده دوم از بین ۳ طرح هندسی مقایسه شده می‌ایستد. زمان سفر میدان مدرن در ابتدا ۱۳۷/۶۱ ثانیه بر کیلومتر آغاز می‌شود و در بیشترین حجم خود به ۴۱۰/۸ ثانیه بر کیلومتر می‌رسد. طرح تقاطع هیچگاه نتوانست عملکرد بهینه‌ای از منظر زمان سفر از خود ارائه دهد و در تمام حجم‌ها بیشترین زمان سفر با اختلاف نسبت به دیگر رقبا به خود اختصاص داده است.

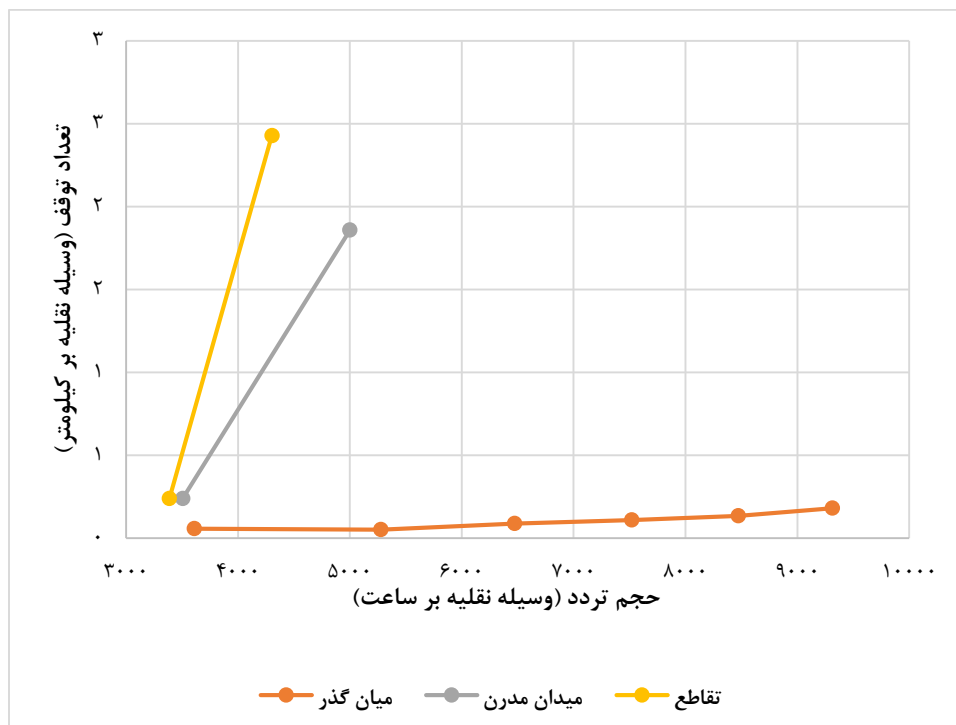


شکل ۴-۱۹: تاثیر طرح هندسی بر تاخیر در حالت چراغدار

۴-۵-۵- تعداد توقف بدون چراغ

با توجه به شکل ۴-۲۰ تعداد توقف در کمترین حجم تردد در میدان میان‌گذر کمتر از ۰/۱ و در دو طرح دیگر کمتر از ۰/۲۵ در هر کیلومتر بوده است اما با افزایش حجم تردد وسایل نقلیه تنها عملکرد میدان میان‌گذر است که با بیشترین حجم تردد ۹۳۱۴ وسیله نقلیه بر ساعت توانسته است عملکرد خود را در این بخش به زیر ۰/۲ برساند که از تعداد توقف وسایل نقلیه در دو طرح دیگر، در حجم ۳۵۰۶ وسیله نقلیه بر ساعت در میدان مدرن و ۳۳۸۷ وسیله نقلیه برای تقاطع که کمترین حجم تردد هستند هم کمتر بوده است. در حجم درخواستی ۵۳۰۰

وسیله نقلیه بر ساعت بیشترین حجمی است که می توان هر ۳ طرح را با یکدیگر مقایسه کرد که البته در این حجم هم تقاطع ۴۳۰۳ وسیله نقلیه و میدان مدرن ۵۰۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت از خود عبور داده اند پس از میدان میان گذر عملکرد بهتر میدان مدرن نسبت به تقاطع چهارراهی است.

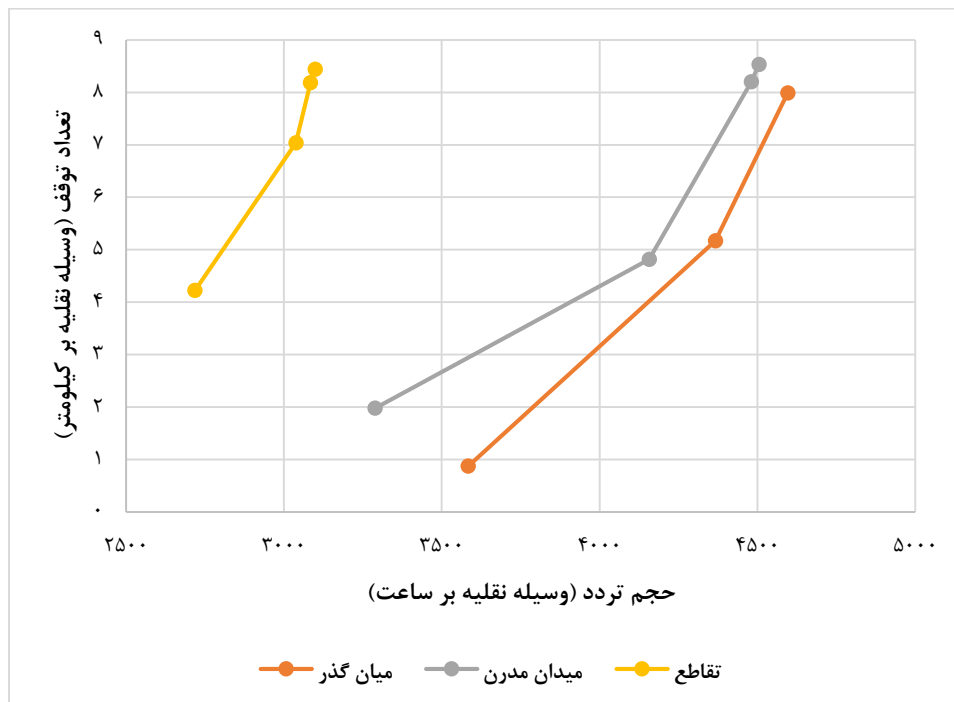


شکل ۴-۲۰: تاثیر طرح هندسی بر تعداد توقف در حالت بدون چراغ

۴-۵-۶- تعداد توقف چراغدار

تعداد توقف در کمترین حجم تردد در میدان میان گذر به زیر ۱ توقف در هر کیلومتر می رسد اما در میدان مدرن ۱/۹۸ و تقاطع ۴/۲ توقف در هر کیلومتر می باشد. بر اساس شکل ۴-۲۱ با افزایش حجم تردد در محدوده ۵۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت این میدان مدرن است که توانسته است عملکرد بهتری نسبت به ۲ طرح دیگر داشته باشد پس از آن در حجم درخواستی ۶۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت (در این حجم میدان میان گذر ۴۵۹۶، میدان مدرن ۴۴۸۱ و تقاطع ۳۰۸۴ وسیله نقلیه در جریان دارند) شاهد اختلاف بسیار کم در هر ۳ طرح هندسی با یکدیگر هستیم که البته با همین تفصیر هم عملکرد میدان میان گذر و سپس تقاطع و میدان مدرن به ترتیب

گفته شده بهترین شرایط را داشته‌اند. در حجم بعدی تنها میدان مدرن و تقاطع هستند که قادر به ارائه خدمات می‌باشند و با حجم ۴۵۰۵ و ۳۰۹۹ به ترتیب ۸/۵ و ۸/۴ توقف را ثبت می‌کنند.



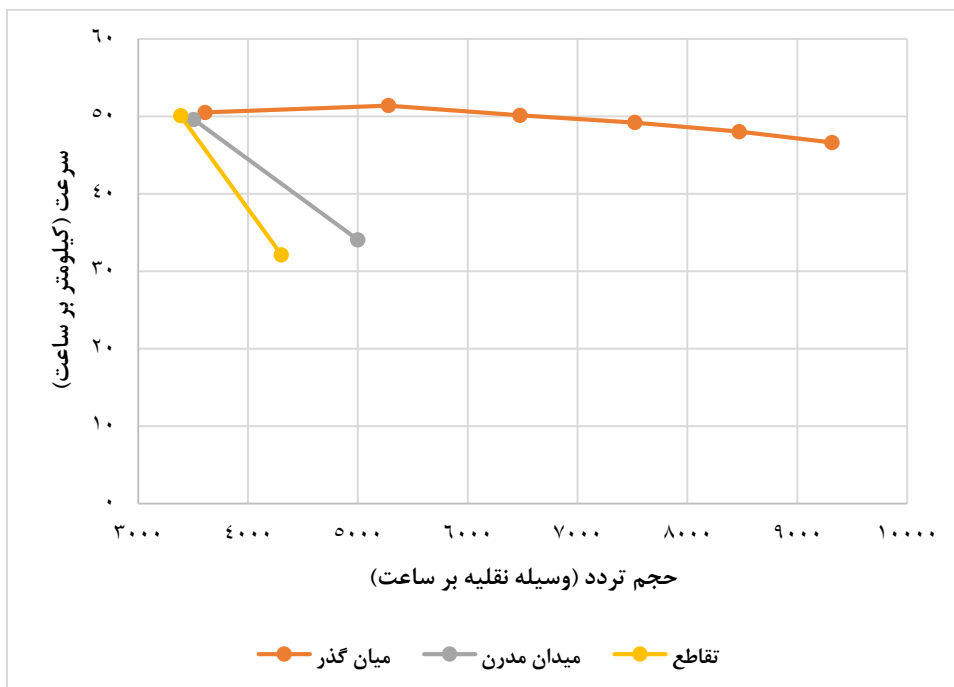
شکل ۴-۲۱: تاثیر طرح هندسی بر تعداد توقف در حالت چراغدار

۴-۵-۷- سرعت بدون چراغ

مطابق شکل ۴-۲۲ سرعت در هر ۳ طرح با تقریباً عملکرد یکسانی آغاز می‌شود و با افزایش حجم تردد شیب کاهش سرعت طرح‌های میدان مدرن و تقاطع چهارراهی به صورت تقریباً یکسانی و با اختلاف ۱/۹ کیلومتر بر ساعت از هم به سمت پایین در حرکت است و این طرح میدان میان گذر است که با شیب بسیار ملایمی حتی در حجم‌های بالاتر در حرکت می‌باشد. سرعت در میدان میان گذر از ۵۱ شروع و تا ۴۶/۶ کاهش می‌یابد.

سرعت در حجم ۷۵۲۰ وسیله نقلیه بر ساعت در میدان میان گذر را می‌توان با، حجم ۳۵۰۶ وسیله نقلیه بر ساعت میدان مدرن و ۳۳۸۷ تقاطع تقریباً یکسان دانست. در حجم درخواستی ۵۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت می‌توان اختلاف عملکرد میان گذر با تقاطع چهارراهی را به وضوح دید که بالاترین حجم قابل قیاس برای دو طرح میدان

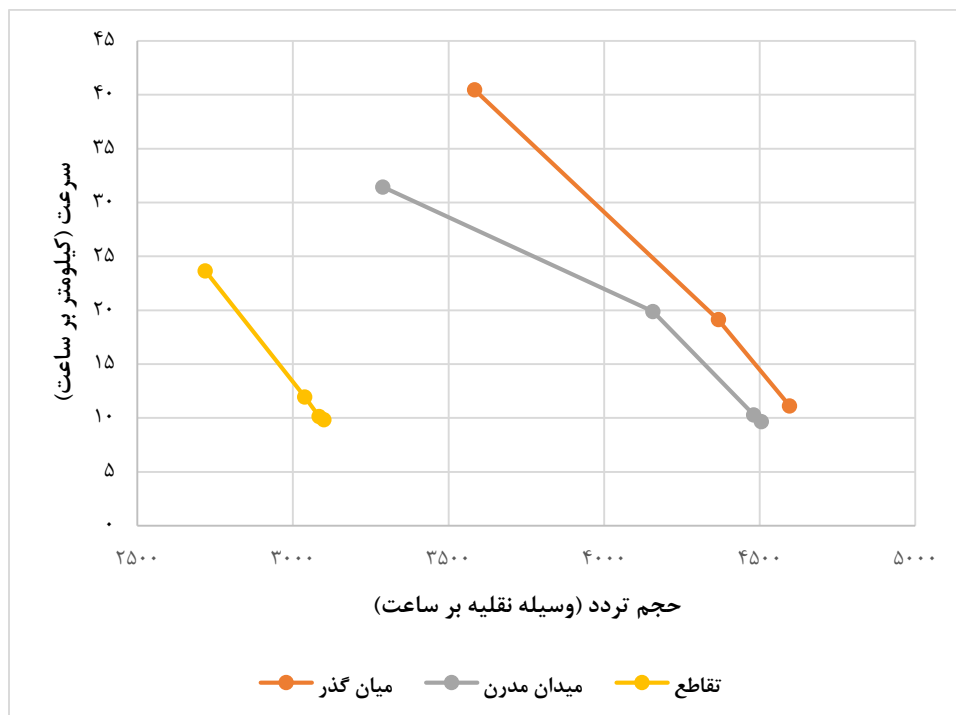
میان‌گذر و تقاطع است که در این حجم علاوه بر حضور ۹۷۵ وسیله نقلیه بیشتر در میدان میان‌گذر رانندگان ۱۹/۳ کیلومتر بر ساعت سرعت بیشتری را تجربه می‌کنند و در همین حجم میدان مدرن با ۶۹۷ وسیله نقلیه بر ساعت بیشتر از تقاطع، توانست ۱/۹ کیلومتر بر ساعت سرعت بهتری از تقاطع ارائه دهد.



شکل ۴-۲۲: تاثیر طرح هندسی بر سرعت در حالت بدون چراغ

۴-۵-۸- سرعت چراغدار

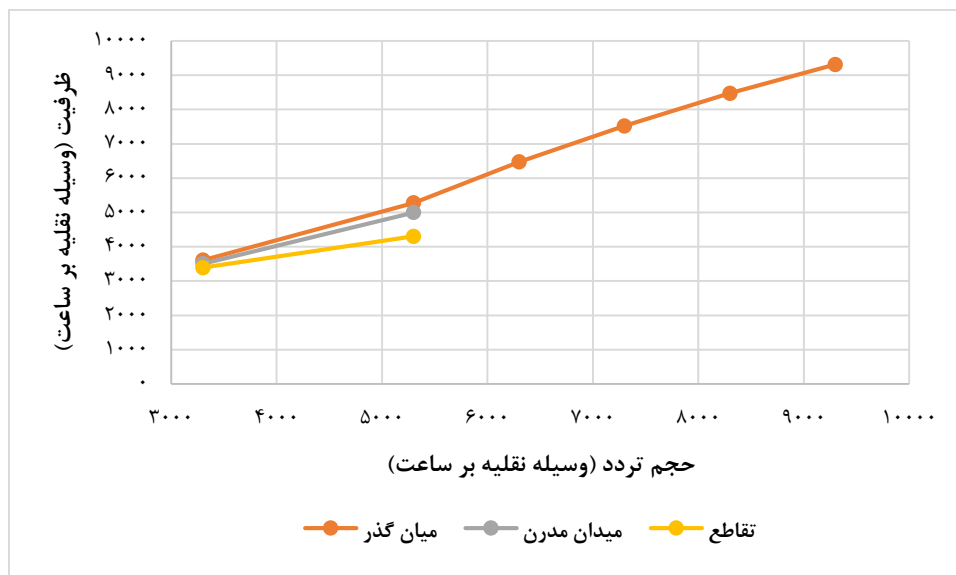
با توجه به شکل ۴-۲۳ بیشترین سرعت حرکت در حالت چراغدار ۴۰/۴ کیلومتر بر ساعت است که متعلق به میدان میان‌گذر در حجم اولیه ۳۵۸۴ وسیله نقلیه بر ساعت می‌باشد. با افزایش حجم تردد وسایل نقلیه هر ۳ طرح دچار افت سرعتی بالایی می‌شوند اما این میدان میان‌گذر است که در تمام حجم‌ها به جز ۴۳۶۷ وسیله نقلیه بر ساعت که اختلاف ۰/۷ کیلومتر بر ساعتی با هم دارند بیشترین سرعت را به رانندگان وسایل نقلیه می‌دهد. در حجم درخواستی ۶۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت که هر ۳ طرح می‌توانند با یکدیگر مورد قیاس، در بیشترین حجم تردد وارد شده قرار گیرند میدان میان‌گذر با توجه به حجم تردد بیشتر نسبت به میدان مدرن و تقاطع چهارراهی به ترتیب ۰/۹ و ۱ کیلومتر بر ساعت سرعت بیشتری دارد.



شکل ۴-۲۳: تاثیر طرح هندسی بر سرعت در حالت چراغدار

۴-۵-۹- ظرفیت بدون چراغ

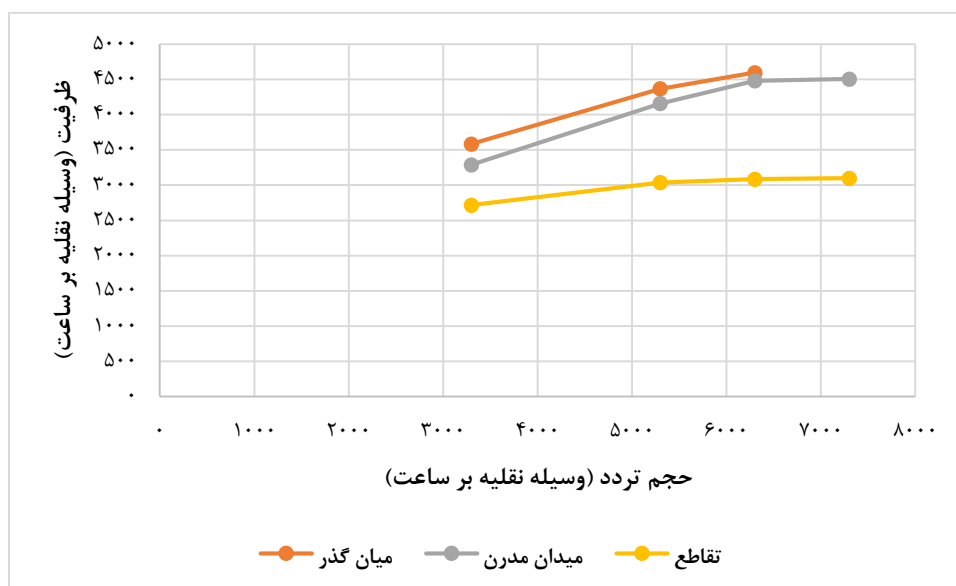
همان طور که در شکل ۴-۲۴ می توان دید. با افزایش حجم تردد درخواستی توسط سیستم حجم تردد عبوری وسایل نقلیه بیشتر می شود که در تمام حجم های درخواستی می توان عملکرد بهتر میدان میان گذر و سپس میدان مدرن و در نهایت تقاطع را دید. بیشترین ظرفیت در طرح ها بر اساس شبیه سازی های صورت گرفته در تقاطع ۴۳۰۳ وسیله نقلیه بر ساعت و در میدان مدرن ۵۰۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت و در میدان میان گذر ۹۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت است.



شکل ۴-۲۴: تاثیر طرح هندسی بر ظرفیت در حالت بدون چراغ

۴-۵-۱۰- ظرفیت چراغدار

همان طور که در شکل ۴-۲۵ می‌توان دید. ظرفیت در حالت چراغدار در تقاطع ۳۰۹۹ وسیله نقلیه بر ساعت و میدان مدرن ۴۵۰۵ وسیله نقلیه بر ساعت و میدان میان‌گذر ۴۵۹۹ وسیله نقلیه بر ساعت است. ظرفیت ارائه شده در تمام حجم‌های عبوری را در میدان میان‌گذر و سپس میدان مدرن و در نهایت تقاطع چهارراهی نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲۵: تاثیر طرح هندسی بر ظرفیت در حالت چراغدار

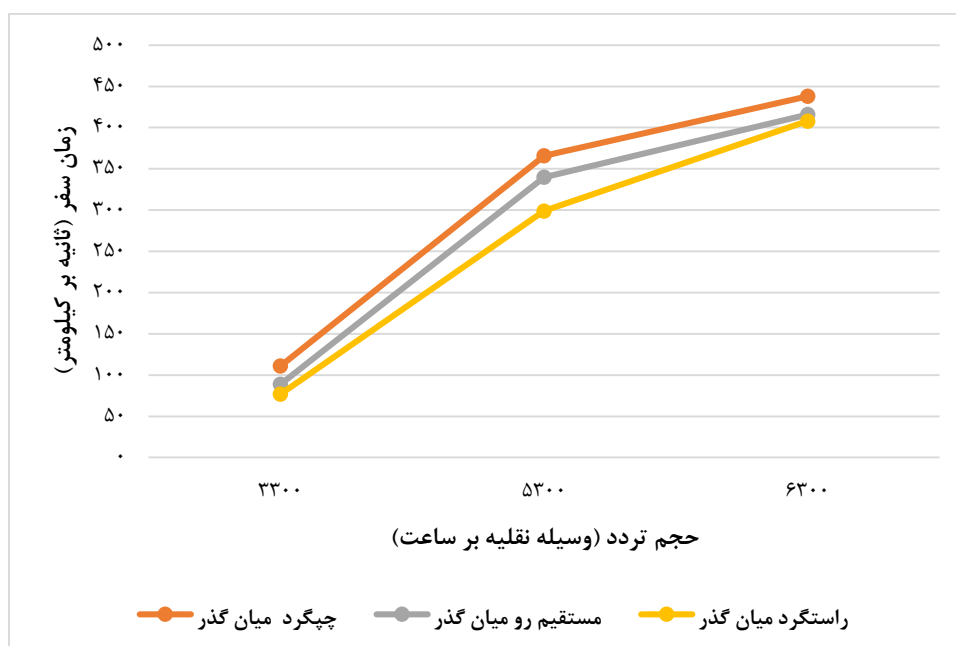
۴-۶- بررسی حرکت وسایل نقلیه به تفکیک گردش ها

در این بخش زمان سفر به تفکیک گردش ها برای طرح های هندسی و معابر اصلی و فرعی در دو حالت چراغدار و بدون چراغ آمده است.

۴-۶-۱- میدان میان گذر

۴-۶-۱-۱- چراغدار

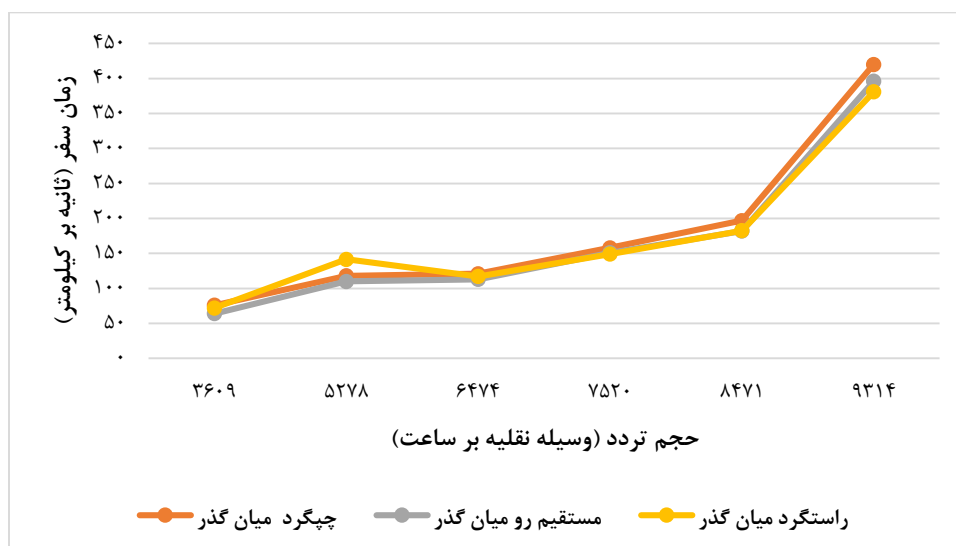
با بررسی شکل ۴-۲۶ می توان دید که زمان سفر چراغدار در دو رویکرد چپگرد و مستقیم رو با یک روند تقریباً ثابتی نسبت به یکدیگر حرکت کرده اند و به ترتیب ۲۲، ۲۶ و ۲۲ ثانیه بر کیلومتر با یکدیگر اختلاف دارند و دو رویکرد مستقیم رو و راستگرد هستند که در دو مرحله به یکدیگر نزدیک می شوند اولی در کمترین حجم تردد است که ۱۲ ثانیه بر کیلومتر و دومی در آخرین حجم تردد که ۴۵۹۶ وسیله نقلیه بر ساعت و ۱۵ ثانیه بر کیلومتر با یکدیگر اختلاف را ثبت کرده اند و بیشترین اختلاف این دو رویکرد در حجم ۴۳۶۷ وسیله نقلیه بر ساعت با ۴۱ ثانیه بر کیلومتر می باشد.



شکل ۴-۲۶: بررسی زمان سفر در حرکات گردشی وسایل نقلیه در میدان میان گذر در حالت چراغدار

۴-۶-۱-۲- بدون چراغ

در شکل ۴-۲۷ زمان سفر در حالت بدون چراغ قابل رویت است. در این حالت در حجم ۳۶۰۹ وسیله نقلیه بر ساعت بیشترین زمان سفر مرتبط با رویکرد چپگرد می باشد که نسبت به مستقیمرو و راستگرد ۱۲ و ۴ ثانیه بر کیلومتر زمان سفر بیشتری داشته است سپس در حجم ۵۲۰۸ وسیله نقلیه بر ساعت این رویکرد راستگرد است که زمان سفر بیشتری را داشته و سپس به مرور با افزایش حجم تردد به جایگاه خود که کمترین سفر است در آخرین حجم بازگشته است. در اکثر قالب حجم ها (۳۶۰۹، ۵۲۷۸، ۶۴۷۴، ۷۵۲۰ و ۸۴۷۱) این رویکرد مستقیمرو است که عملکرد بهتری از راستگرد و چپگرد دارد. کمترین اختلاف ۰/۵ ثانیه بر کیلومتر می باشد که در حجم ۸۴۷۱ وسیله نقلیه بر ساعت صورت گرفته است و بیشترین اختلاف مربوط به این دو رویکرد حجم ۵۲۷۸ وسیله نقلیه بر ساعت بوده است و رویکرد چپگرد تنها در همین حجم است که توانسته خود را در بین سه رویکرد به عنوان دومین زمان سفر برساند و سپس با افزایش وسایل نقلیه بیشترین زمان سفر را داشته است. در حجم های ۶۴۷۴ و ۷۵۲۰ وسیله نقلیه بر ساعت هر سه رویکرد به یکدیگر نزدیک تر از همیشه دیده می شوند به نحوی که در حجم ۷۵۲۰ وسیله نقلیه بر ساعت از کمترین زمان سفر تا بیشترین به ترتیب ۲ و ۶ ثانیه بر کیلومتر اختلاف دیده می شود و این مربوط به راستگرد با مستقیمرو و مستقیمرو با چپگرد می باشد.



شکل ۴-۲۷: بررسی زمان سفر در حرکات گردشی وسایل نقلیه در میدان میان گذر در حالت بدون چراغ

۴-۶-۲- میدان مدرن

۴-۶-۲-۱- چراغدار

با توجه به شکل ۴-۲۸ بیشترین زمان سفر در حالت چراغدار در اولین و آخرین حجم تردد ۳۲۸۹ و ۴۵۰۵ وسیله نقلیه بر ساعت متعلق به رویکرد چپگرد می‌باشد سپس رویکرد مستقیم رو به بعد از آن رویکرد راستگرد است. اختلاف زمان سفر در گردش‌ها در دو رویکرد هستند به نحوی که در حجم ۴۴۸۱ این اختلاف به کمترین حد خود ۵ ثانیه بر کیلومتر می‌رسد. بیشترین اختلاف زمان سفر بین این دو رویکرد در حجم ۴۱۵۷ وسیله نقلیه بر ساعت می‌باشد که ۱۷ ثانیه بر کیلومتر اختلاف زمان دارند. نزدیک‌ترین حجم تردد بین دو رویکرد راستگرد و مستقیم‌رو حجم‌های تردد ۳۲۸۹ و ۴۵۰۵ وسیله نقلیه بر ساعت است که به ترتیب ۴۰ و ۴۱ ثانیه بر کیلومتر می‌باشد.



شکل ۴-۲۸: بررسی زمان سفر در حرکات گردشی وسایل نقلیه در میدان مدرن در حالت چراغدار

۴-۶-۲-۲- بدون چراغ

در حالت بدون چراغ اختلاف رویکردها با یکدیگر بر اساس کمترین زمان سفر را راستگرد دارد که نسبت به مستقیمرو ۶ ثانیه بر کیلومتر و چپگرد ۱۲ ثانیه بر کیلومتر عملکرد بهتری داشته است. سپس در حجم تردد ۵۰۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت ۳۲/۸ ثانیه بر کیلومتر عملکرد گردش راستگرد نسبت به مستقیمرو و ۴۲/۲ ثانیه بر کیلومتر نسبت به چپگرد بهتر دیده می‌شود. در نگاه کلی همان طور که در شکل ۴-۲۹ دیده می‌شود رویکرد راستگرد کمترین زمان سفر، مستقیمرو و سپس چپگرد در جایگاه‌های بعدی قرار می‌گیرد.



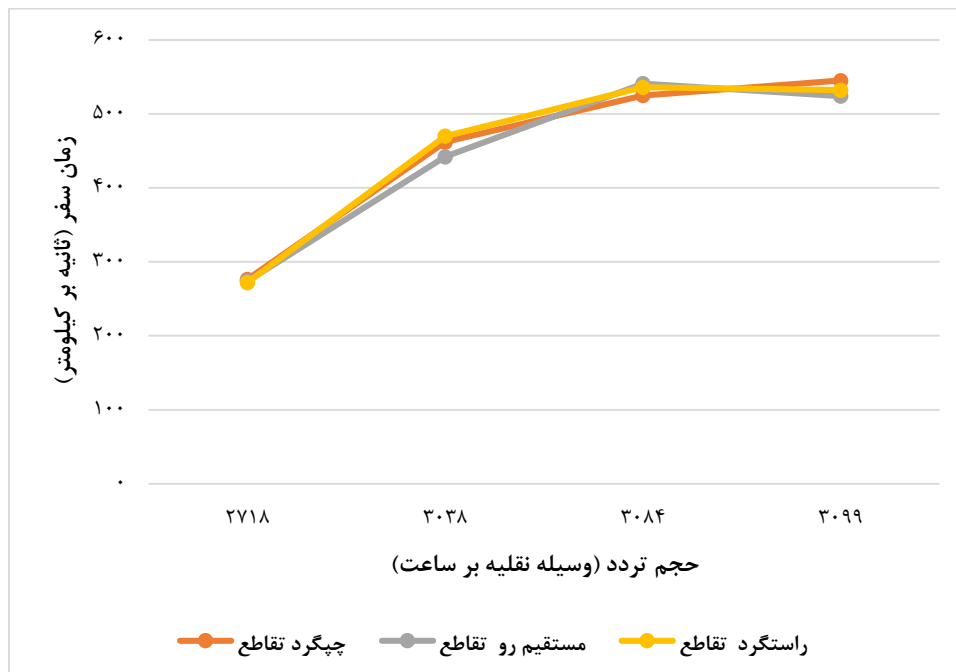
شکل ۴-۲۹: بررسی زمان سفر در حرکات گردش و سایل نقلیه در میدان مدرن در حالت بدون چراغ

۴-۶-۳- تقاطع

۴-۶-۳-۱- چراغدار

همان طور که می‌توان در شکل ۴-۳۰ دید در تقاطع چراغدار هر سه گردش (راستگرد، مستقیمرو و چپگرد) از زمان سفرهای تقریباً یکسانی برخوردار هستند که اختلاف ۲ ثانیه‌ای در هر گردش نسبت به یکدیگر به ترتیب

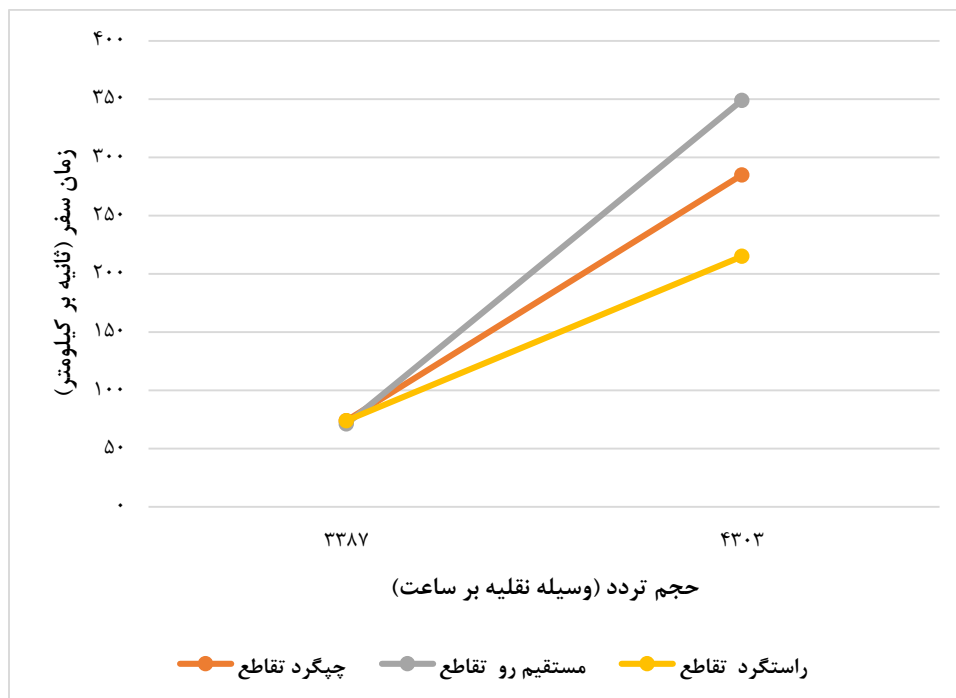
گردش‌های گفته شده دارد. با افزایش حجم تردد این گردش مستقیم‌رو است که بهترین عملکرد را از خود نشان داده است و سپس رویکرد گردش به راست و گردش به چپ است که زمان سفر بهتری دارند.



شکل ۴-۳۰: بررسی زمان سفر در حرکات گردشی وسایل نقلیه در تقاطع در حالت چراغدار

۴-۶-۳-۲- بدون چراغ

زمان سفر در حالت بدون چراغ در شکل ۴-۳۱ قابل رویت است. در این حالت کنترلی تقاطع عملکرد یکسانی را در رویکردهای چپگرد و راستگرد در اولین حجم تردد ۳۳۸۷ وسیله نقلیه بر ساعت نشان داده است که ۳ ثانیه بر کیلومتر زمان سفر بیشتری نسبت به گردش مستقیم‌رو دارد. در حجم تردد بعدی که آخرین حجم تردد در طرح هندسی تقاطع چهارراهی می‌باشد رویکردهای گردشی عملکرد خود را بدست می‌آورند و به ترتیب کم‌ترین زمان سفر از رویکرد راستگرد شروع و پس از رویکرد چپگرد در رویکرد مستقیم‌رو پایان می‌یابد.



شکل ۴-۳۱: بررسی زمان سفر در حرکات گردشی وسایل نقلیه در تقاطع در حالت بدون چراغ

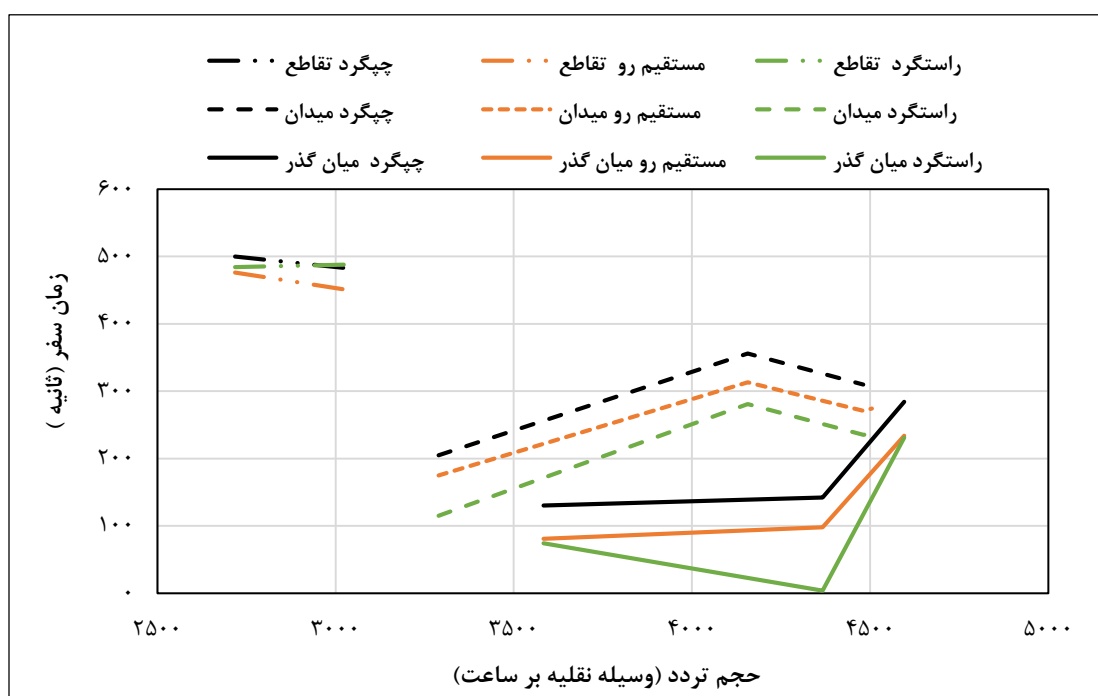
۴-۷- زمان سفر حرکات در معابر

در این پژوهش معابر به دو دسته معبر اصلی (شمال-جنوب) و معبر فرعی (شرقی-غربی) تقسیم شدند و سپس زمان سفر به تفکیک گردش‌ها و شرایط کنترلی در ۳ طرح هندسی (میدان میان‌گذر، میدان مدرن و تقاطع) مورد بررسی و قیاس قرار گرفتند.

۴-۷-۱- زمان سفر حرکات معبر اصلی چراغدار

در معبر اصلی زمان سفر (شکل ۴-۳۲) در تمام حجم‌های تردد شبیه سازی شده و بهترین عملکرد را میدان میان‌گذر دارد. زمان سفر رویکرد راستگرد در حالت چراغدار میدان میان‌گذر با افزایش حجم ترافیک روبه کاهش است. این روند تا حجم ۴۳۶۷ وسیله نقلیه بر ساعت ادامه می‌یابد و سپس ۲۲۷ ثانیه بر کیلومتر می‌رسد در دو رویکرد گردشی دیگر شاهد افزایش زمان سفر با افزایش حجم تردد تا همین حجم هستیم و سپس به یکباره در آخرین حجم عبوری ۴۵۹۶ وسیله نقلیه بر ساعت دچار افزایش قابل مشاهده و محسوس در زمان سفر می‌شویم

که این افزایش زمان سفر در چپگرد ۱۴۲ ثانیه بر کیلومتر و در مستقیم‌رو ۱۳۶ ثانیه بر کیلومتر می‌باشد. در تقاطع با افزایش ۳۲۰ وسیله نقلیه بر ساعت در حجم بعدی می‌توان دید که زمان سفر در این معبر در حال کاهش ۸ ثانیه‌ای در چپگرد، افزایش ۴ ثانیه‌ای در مستقیم‌رو و ۴ ثانیه‌ای راستگرد است. در میدان مدرن هم شاهد افزایش زمان سفر با افزایش وسایل نقلیه تا حجم ۴۱۵۷ وسیله نقلیه بر ساعت هستیم و پس از آن زمان سفر در این طرح دچار مقداری کاهش زمان در گردش‌ها می‌شود.

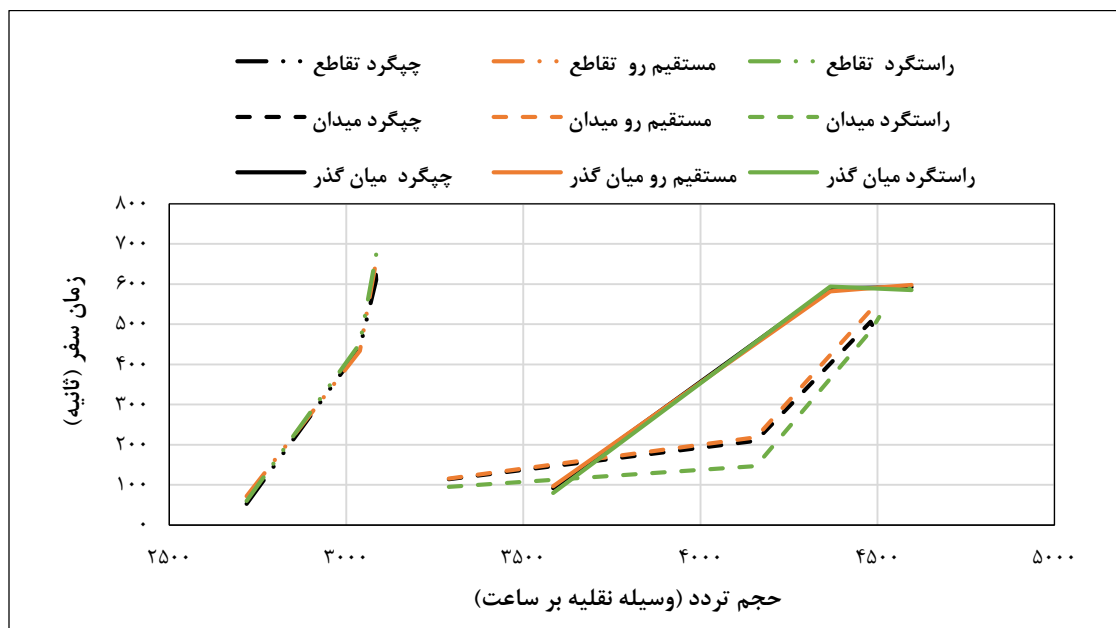


شکل ۴-۳۲: اثر طرح هندسی بر زمان سفر حرکات گردش‌ی معبر اصلی در حالت چراغدار

۴-۷-۲- زمان سفر حرکات معبر فرعی چراغدار

در معبر فرعی و با شرایط کنترلی چراغدار (شکل ۴-۳۳) عملکرد هر سه گردش در میدان میان‌گذر با اختلاف بسیار کمی با یکدیگر در زمان سفر، تا حجم تردد ۴۵۹۶ وسیله نقلیه بر ساعت را شاهد هستیم اما پس از آن با یک روند ثابت و کمی کاهش زمان سفر همراه هستیم. زمان سفر در حجم اولیه ۳۵۸۴ وسیله نقلیه بر ساعت در راستگرد ۸۰ ثانیه، مستقیم‌رو ۹۷ ثانیه و چپگرد ۹۲ ثانیه بر کیلومتر گزارش شده است که پس از آن در حجم

تردد ۴۳۶۷ وسیله نقلیه بر ساعت در هر سه گردش با چیزی حدود ۵۰۰ ثانیه افزایش زمان سفر همراه هستند. در تقاطع چهارراهی هم به همین صورت شاهد حرکت افزایشی تا حجم ۳۰۳۸ وسیله نقلیه بر ساعت و پس از آن در حجم ۳۰۸۴ وسیله نقلیه بر ساعت شاهد رشد حدود ۲۰۰ ثانیه بر کیلومتر در زمان سفر گردش‌ها هستیم. در میدان مدرن برعکس دو طرح دیگر که شاهد رشد بسیار زیاد و سریع زمان سفر در حجم اولیه بودیم اما در این طرح روند افزایش زمان سفر بسیار کندتر از دیگر طرح‌هاست اما این حرکت تا حجم ۴۱۵۷ وسیله نقلیه بر ساعت ادامه دارد و پس از آن در حجم ۴۵۰۵ وسیله نقلیه بر ساعت شاهد حرکت شارپ در این طرح می‌باشیم. در مقادیر افزایش یافته زمان سفر در این حرکت ۳۳۶ ثانیه بر کیلومتر راستگرد، ۳۱۶ ثانیه بر کیلومتر مستقیم‌رو و ۲۹۶ ثانیه بر کیلومتر چپگرد می‌باشد.



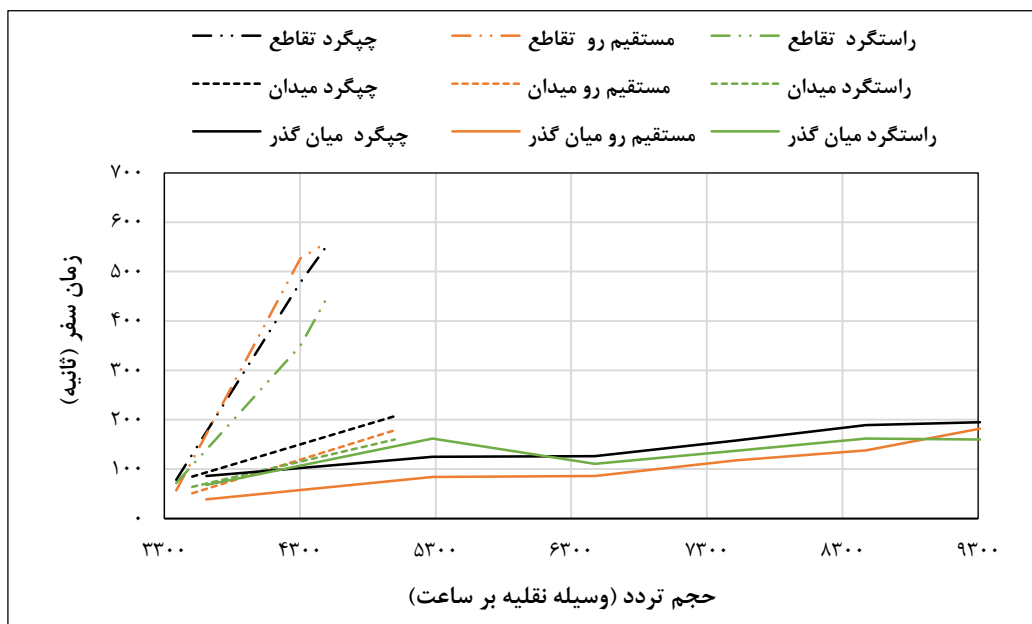
شکل ۴-۳۳: اثر طرح هندسی بر زمان سفر حرکات گردش‌ی معبر فرعی در حالت چراغدار

۴-۷-۳- زمان سفر حرکات معبر اصلی بدون چراغ

زمان سفر در معبر اصلی در شرایط بدون چراغ (شکل ۴-۳۴) در طرح میدان میان‌گذر رویکردها با افزایش حجم تردد وسایل نقلیه دائماً در حال حرکت و افزایش و کاهش زمان سفر هستند. رویکرد مستقیم‌رو کمترین

زمان سفر را در تمام حجم‌های تردد از خود به جای گذاشته است و فقط در حجم ۹۳۱۴ وسیله نقلیه بر ساعت است که شاهد افزایش ۲۲ ثانیه‌ای جایگاه خود را به رویکرد راستگرد می‌دهد در این حجم، رویکرد مستقیم‌رو ۲۲ ثانیه بر کیلومتر زمان سفر بیشتری نسبت به رویکرد راستگرد دارد.

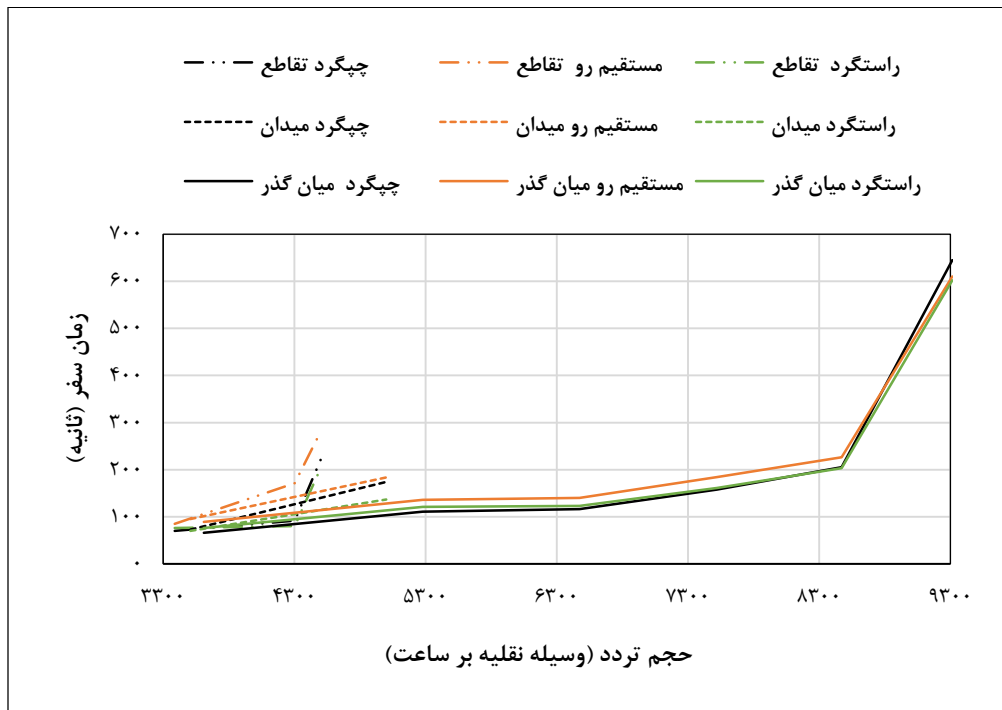
به طور کلی در میدان میان‌گذر زمان سفر رویکرد راستگرد از ۶۲ ثانیه بر کیلومتر آغاز و در ۱۶۰ ثانیه بر کیلومتر خاتمه می‌یابد، رویکرد مستقیم‌رو نیز از ۳۹ ثانیه بر کیلومتر آغاز و تا ۱۸۲ ثانیه بر کیلومتر ادامه می‌یابد و در رویکرد چپگرد هم شاهد شروع زمان سفر از ۸۶ ثانیه بر کیلومتر و ۱۹۵ ثانیه بر کیلومتر در انتهای حجم تردد هستیم. در میدان مدرن زمان سفر مستقیم‌رو ۱۳ و ۴۳ ثانیه بر کیلومتر به ترتیب نسبت به راستگرد و چپگرد عملکرد بهتری داشته است و با افزایش حجم وسایل نقلیه این رویکرد راستگرد است که توانست عملکرد خود را نسبت به مستقیم‌رو و چپگرد، به ترتیب ۱۸ و ۴۷ ثانیه بر کیلومتر بهینه بوده کرده است. در طرح تقاطع نیز بهترین عملکرد مربوط به مستقیم‌رو و راستگرد و سپس چپگرد در حجم ۳۳۸۷ وسیله نقلیه بر ساعت می‌باشد که با رسیدن حجم به ۴۳۰۳ وسیله نقلیه بر ساعت عملکرد راستگرد از مستقیم‌رو بهتر می‌شود و این اختلاف زمان سفر ۷۷ ثانیه بر کیلومتر می‌باشد.



شکل ۴-۳۴: اثر طرح هندسی بر زمان سفر حرکات گردش‌ی معبر اصلی در حالت بدون چراغ

۴-۷-۴- زمان سفر حرکات معبر فرعی بدون چراغ

زمان سفر در معبر فرعی بدون چراغ (شکل ۴-۳۵) کمترین زمان سفر در میدان میان گذر ۶۶ ثانیه بر کیلومتر و بیشترین زمان سفر نیز ۶۴۵ ثانیه بر کیلومتر می‌باشد. که هر دو زمان گفته شده متعلق به رویکرد چپگرد در اولین و آخرین حجم تردد می‌باشد. در میدان مدرن رویکرد مستقیم‌رو از دیگر رویکردها زمان سفر بیشتری دارد و به ترتیب نسبت به رویکرد چپگرد و راستگرد، ۲۲ و ۲۵ ثانیه بر کیلومتر عملکرد نامناسب‌تری داشته است. با افزایش حجم تردد مانند حجم اولیه نیز می‌باشد و بهترین رویکرد راستگرد و سپس چپگرد می‌باشد. طرح تقاطع چهارراهی نیز در ابتدا با حجم ۳۳۸۷ وسیله نقلیه بر ساعت بهترین رویکرد را به ترتیب چپگرد، راستگرد و سپس مستقیم‌رو معرفی کرد اما پس از آن در حجم ۴۳۰۳ وسیله نقلیه بر ساعت این رویکرد راستگرد است که با اختلاف ۱۲ ثانیه‌ای نسبت به چپگرد و ۹۱ ثانیه بر کیلومتر به مستقیم‌رو توانست بهترین عملکرد را داشته باشد.



شکل ۴-۳۵: اثر طرح هندسی بر زمان سفر حرکات گردش معبر فرعی در حالت بدون چراغ

۴-۸- کارایی سیستم

در این بخش از پژوهش تعداد دیگری از پارامترهای خروجی نرم افزار ایمنسان مورد بحث قرار می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین عوامل در اثربخشی و کارایی طرح‌ها زمان سفر کل سیستم و درصد توقف آن می‌باشد. که در اینجا برای تمام دوره‌های زمانی، حجمی و طرح‌های شبیه سازی شده در دو حالت چراغدار و بدون چراغ آورده شده است و با تجزیه و تحلیل آن هر طرح را توانستیم با یکدیگر مقایسه کنیم.

۴-۸-۱- حالت چراغدار

جدول ۴-۱ نشان دهنده پارامترهای گفته شده در میدان میان‌گذر، میدان مدرن و تقاطع در حالت چراغدار است. اولین پارامتری که مورد بررسی قرار گرفته است تعداد توقف وسایل نقلیه در دوره‌های زمانی سبک و متوسط با عملکرد بهتر و مطلوب تر میدان میان‌گذر نسبت به دو طرح دیگر است سپس میدان مدرن نسبت به تقاطع را دارند اما با سنگین‌تر شدن حجم تردد عملکرد هر سه طرح به یکدیگر بسیار نزدیک می‌شود و شاید دیگر نتوان گفت که کدام یک عملکرد مطلوب‌تری را دارد. در ردیف دوم جدول ۴-۱ مجموع زمان سفر قابل مشاهده است که در این قسمت تا حجم ۵۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت میدان مدرن زمان سفر کل کمتری را دارد اما با سنگین شدن حجم تردد و ورود به بازه ۶۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت این عملکرد تقاطع است که نشان از کاهش زمان سفر کل نسبت به دو طرح دیگر دارد و این عملکرد را تا حجم ۷۳۰۰ وسیله نقلیه که می‌تواند خدمات ترددی ارائه دهد حفظ می‌کند. ردیف‌های بعدی زمان سفر و زمان حرکت بر زمان سفر نشان داده شده است زمان سفر که بر اساس ثانیه بر کیلومتر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد هم مانند دیگر شاخص‌ها بیانگر عملکرد بهتر طرح میدان مدرن در تمام حجم‌های حرکتی به استثنای حجم سبک است. در حجم سبک عملکرد میدان میان‌گذر با اختلاف کمی نسبت به طرح میدان مدرن بهتر است. زمان حرکت ناشی از زمان توقف و زمان سفر است هم عملکرد میدان مدرن را در حالت چراغدار نسبت به دیگر طرح‌ها تایید می‌کند. نسبت زمان حرکت بر زمان سفر به ترتیب کمترین مقدار تقاطع، میدان مدرن و میدان میان‌گذر را نشان می‌دهد. اگر بخواهیم به طور متوسط این فاکتور ها را مورد بررسی

قرار دهیم می‌بایست تا حجم ۷۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت که دو دوره ۱۵+ درصد حجم سنگین است را ملاک عمل قرار دهیم. پس از بررسی میانگین‌ها هم می‌توان دید در تعداد توقف به ترتیب کمترین مقدار میدان میان‌گذر، میدان مدرن و تقاطع چهارراهی است در مجموع زمان سفر که بر اساس ساعت سنجش می‌شود میدان مدرن، تقاطع چهارراهی و میدان میان‌گذر ترتیب کمترین مقدارها است.

جدول ۴-۱: زمان سفر و شاخص‌های روانی حرکت در تقاطع چراغدار

طرح هندسی			دوره زمانی	معیار اندازه گیری
میدان میان‌گذر	میدان استاندارد	تقاطع		
۱/۰۱	۱/۹۸	۴/۲۲	سبک	تعداد توقف
۴	۴/۸۱	۷/۰۳	متوسط	
۸/۲۸	۸/۲	۸/۱۸	سنگین	
۵/۵	۵/۸	۶/۹۷	میانگین	
۱۳۵/۸۲	۱۳۷/۶	۲۷۴/۹	سبک	زمان سفر (ثانیه بر کیلومتر)
۳۳۵/۷	۲۵۴/۲۹	۴۵۶/۹	متوسط	
۴۲۴/۴۶	۳۹۰/۲۸	۵۱۶/۱۹	سنگین	
۳۳۵/۶۴	۲۹۸/۲۶	۴۴۵/۴۵	میانگین	
۰/۸۵	۰/۴۳	۰/۳۳	سبک	زمان حرکت/زمان سفر
۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۲۷	متوسط	
۰/۳۱۹	۰/۲۸۲	۰/۲۱	سنگین	
۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۲۵	میانگین	

۴-۸-۲- حالت بدون چراغ

جدول ۴-۲ نشان دهنده پارامترهای گفته شده در میدان میان‌گذر، میدان مدرن و تقاطع در حالت بدون چراغ است. در این حالت که هیچ کنترلی بر روی تقاطع نیست، خود سبب کاهش تعداد توقف‌ها می‌شود و مقدار آن را تا حد بسیار زیادی کاهش داده است. اعداد استخراج شده از نرم افزار ایمنسان نشان دهنده تعداد توقف بسیار پایین در میدان میان‌گذر است. این طرح تعداد توقف خود را تا حجم ۳۰+ درصد سنگین در زیر ۰/۵ حفظ می‌کند و پس از آن تعداد توقف را در حجم‌های ۴۰+ و ۶۰+ درصد به ۴/۳ و ۵/۲ می‌رساند که این طرح را نسبت به دیگر

طرح‌ها و برخلاف عملکرد در حالت چراغدار نشان می‌دهد. پس از میدان میان‌گذر تعداد توقف در میدان مدرن کمتر از تقاطع چهارراهی است. مجموع زمان سفر در حجم سبک به دلیل کوتاه‌تر شدن مسیر گردش تقاطع نسبت به میدان میان‌گذر و مدرن مقدار کمتری را دارد اما در حجم متوسط و سنگین این میدان میان‌گذر است که شرایط بهتری را نسبت به میدان مدرن و تقاطع دارد. میدان مدرن هم از لحاظ زمان سفر کل شرایط نسبتاً بهتری را از تقاطع چهارراهی دارد. بنابراین از لحاظ زمان سفر کل با افزایش حجم تردد وسایل نقلیه مسئله طولانی‌تر بودن مسیر گردش میدان‌ها نسبت به تقاطعات حل شده و حتی زمان سفر کمتری را برای وسایل نقلیه فراهم می‌کند. این را می‌توان یکی از مزایای میدان‌ها نسبت به تقاطعات از لحاظ روانی بیشتر در حرکات گردش دانست. در زمان سفر (بر حسب ثانیه بر کیلومتر) عملکرد مشابهی با زمان سفر کل (ساعت) را می‌توان دید که در حجم سبک عملکرد بهتر تقاطع و در حجم‌های بعدی عملکرد میدان میان‌گذر و میدان مدرن و سپس تقاطع چهارراهی به ترتیب زمان کمتری را به خود اختصاص داده‌اند. نحوه افزایش میزان زمان سفر در طرح‌ها بر اساس افزایش حجم تردد نشانگر اختلاف قابل توجه مقادیر استخراج شده در طرح‌های تقاطع و میدان مدرن می‌باشد و در میدان میان‌گذر این اختلاف‌ها تا حجم ۳۰+ درصد سنگین بسیار کمتر است و عملکرد یکنواخت‌تری دارد. اما پس از آن در دو حجم دیگر مقادیر به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است که این هم به دلیل نزدیک شدن به ظرفیت طرح و قفل شدن مسیر می‌باشد. معیار زمان حرکت بر زمان سفر در میدان میان‌گذر بسیار روان و آزادانه می‌باشد که به جز حجم سبک این را در دو طرح دیگر نمی‌توان دید. مقدار زمان سفر در حجم سنگین تفاوت بسیار معنی داری در میدان میان‌گذر نسبت به دو طرح دیگر دارد. اگر بخواهیم به صورت متوسط عملکرد ۳ طرح را مورد قیاس قرار دهیم بایستی حجم سنگین (۶۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت) را ملاک قرار دهیم. در تعداد توقف و زمان سفر کل سیستم (بر حسب ساعت) میدان میان‌گذر، میدان مدرن و سپس تقاطع عملکرد مناسبی دارند. در زمان سفر (بر حسب ثانیه بر کیلومتر) عملکرد تقاطع از میدان مدرن بهتر است. زمان حرکت بر زمان سفر هم عملکرد قبلی خود را تایید می‌کند.

جدول ۴-۲: زمان سفر و شاخص‌های روانی حرکت در تقاطع بدون چراغ

طرح هندسی			دوره زمانی	معیار اندازه گیری
میدان میان گذر	میدان استاندارد	تقاطع		
۰/۰۷۵	۰/۲۳۹	۰/۲۴	۳۳۰۰	تعداد توقف
۰/۰۹	۱/۸۵۹	۲/۴۲۹	۵۳۰۰	
۰/۱۳	۴/۰۷۴	۵/۳۶۸	۶۳۰۰	
۰/۱۹			۷۳۰۰	
۰/۳۳			۸۳۰۰	
۰/۵			۹۳۰۰	
۰/۲۲۵	۲	۲/۶۸	میانگین	
۱۱۳/۷۸	۷۳/۵۸	۷۲/۷۹	۳۳۰۰	زمان سفر (ثانیه بر کیلومتر)
۱۱۴/۱۸	۱۷۲/۹۸	۲۰۵/۷۰	۵۳۰۰	
۱۱۶/۹۹	۶۴۴/۱۳	۳۷۷/۲۱	۶۳۰۰	
۱۲۰/۱۵			۷۳۰۰	
۱۲۶/۱			۸۳۰۰	
۱۳۲			۹۳۰۰	
۱۲۰/۶۱	۲۹۶/۹	۲۱۸/۵	میانگین	
۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۷	۳۳۰۰	زمان حرکت / زمان سفر (ثانیه بر کیلومتر)
۰/۹۹	۰/۷۲	۰/۳۹	۵۳۰۰	
۰/۹۸	۰/۱۳	۰/۱۹	۶۳۰۰	
۰/۹۷			۷۳۰۰	
۰/۹۴			۸۳۰۰	
۰/۹۰			۹۳۰۰	
۰/۹۶	۰/۶۱	۰/۵۱	میانگین	

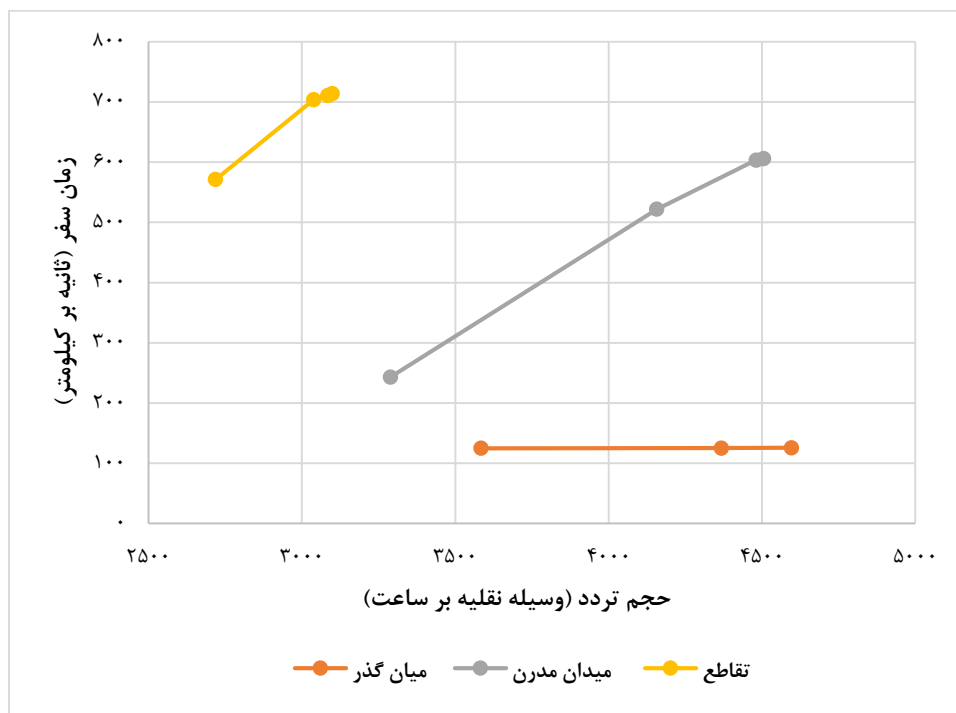
۴-۹- بررسی عملکرد اتوبوس‌ها:

۴-۹-۱- زمان سفر اتوبوس در حالت چراغدار:

شکل ۴-۳۶ نشان دهنده زمان سفر اتوبوس‌ها در کل میدان میان‌گذر، استاندارد و تقاطع با شرایط کنترلی (چراغدار) است. زمان سفر اتوبوس‌ها در طرح تقاطع چهارراهی ۵۷۱ ثانیه در کمترین حجم آغاز شده است و با

افزایش حجم تردد وسایل نقلیه به ۷۱۴ ثانیه می‌رسد که بعد از آن دیگر طرح تقاطع طراحی شده به ظرفیت خود رسیده، قفل می‌شود و دیگر توانایی عبور وسایل نقلیه از خود را ندارد. طرح میدان استاندارد زمان سفر خود را در کم‌ترین حجم تردد از ۲۴۳ ثانیه آغاز کرده و در حجم تردد ۴۵۰۵ وسیله نقلیه بر ساعت که دیگر قفل می‌شود به ۶۰۶ ثانیه می‌رساند. اما طرح میدان میان‌گذر یک روند ثابتی را در تمامی حجم‌های تردد از خود نشان می‌دهد و این بیانگر حرکت سریع و یکنواخت تر اتوبوس‌ها حتی در حجم‌های بالاتر است. همان طور که از شکل پیداست میدان میان‌گذر در تمامی حجم‌های تردد عملکرد بهینه‌تر و با ثبات‌تری از خود نشان می‌دهد.

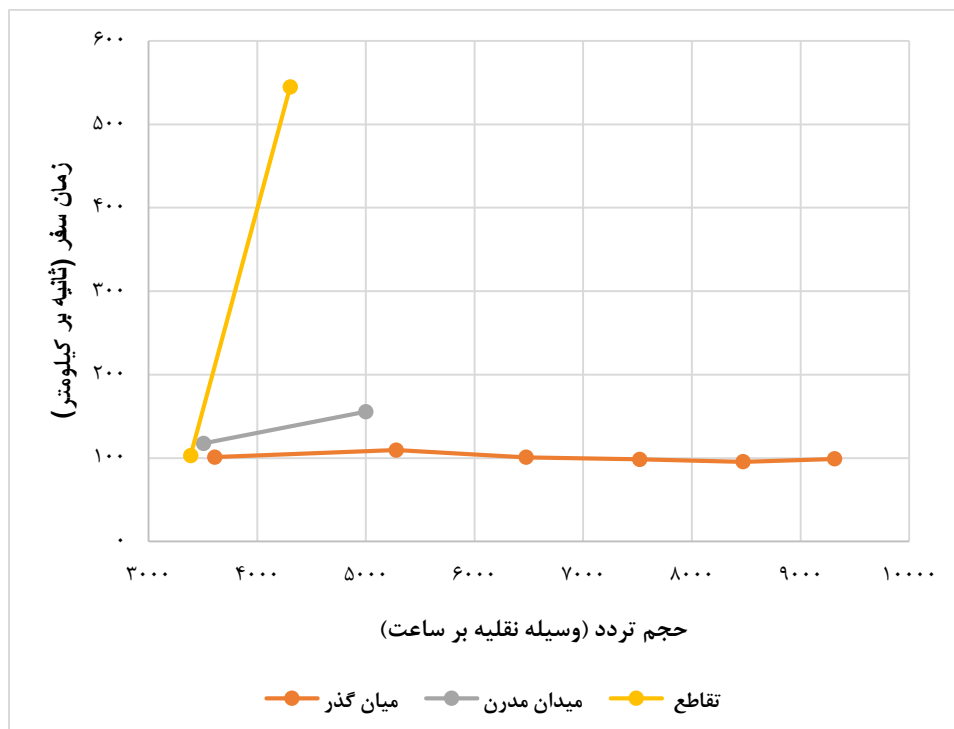
کاهش زمان سفر در این طرح از کمترین حجم تردد تا بیشترین حجم تردد نسبت به دیگر طرح‌ها را می‌توان مشاهده کرد. این کاهش زمان در کمترین حجم تردد نسبت به طرح‌های تقاطع چهارراهی و میدان استاندارد به ترتیب ۴۴۷ و ۱۱۹ ثانیه می‌باشد.



شکل ۴-۳۶: تاثیر طرح هندسی بر زمان سفر اتوبوس‌ها در حالت چراغدار

۴-۹-۲- زمان سفر اتوبوس در حالت بدون چراغ

شکل ۴-۳۷ نشان دهنده زمان سفر اتوبوس‌ها در کل میدان میان‌گذر، استاندارد و تقاطع با شرایط بدون کنترل (بدون چراغ) است. زمان سفر اتوبوس‌ها در طرح تقاطع چهارراهی با حجم تردد ۳۴۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت از ۱۰۳ ثانیه آغاز و با یک روند تند در حجم ۴۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت به ۵۴۴ ثانیه می‌رسد. تقاطع بیشترین حجمی که در حالت بدون کنترل می‌تواند از خود عبور دهد ۴۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت است و پس از آن قفل می‌شود. شیب تند ایجاد شده در زمان سفر این طرح نشان دهنده عملکرد ضعیف آن در حالت بدون چراغ است که می‌توان گفت به طور متوسط با اضافه شدن هر ۱۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت مقدار زمان سفر ۴۹ ثانیه افزایش می‌یابد. طرح میدان استاندارد برخلاف حالت چراغدار خود، زمان سفر را از ۱۱۷ ثانیه آغاز می‌کند و به دلیل اینکه در حجم ۵۰۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت قفل می‌شود و دیگر نمی‌تواند خدماتی برای عبور بیشتر وسایل نقلیه ارائه دهد، زمان سفر آن به ۱۵۵ ثانیه می‌رسد و یک شیب نسبتاً ملایمی را طی می‌کند. طرح میدان میان‌گذر مانند هر دو طرح دیگر زمان سفر اتوبوس‌ها را از محدوده ۱۰۰ ثانیه شروع می‌کند و تا حجم تردد ۹۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت که این طرح در شرایط کنترل بدون چراغ به ظرفیت خود می‌رسد، زمان سفر خود را تقریباً بدون شیب و با یک روند ثابت در همان محدوده ۱۰۰ ثانیه نگه می‌دارد و بهترین عملکرد نسبت به دیگر طرح‌ها را از خود نشان می‌دهد.

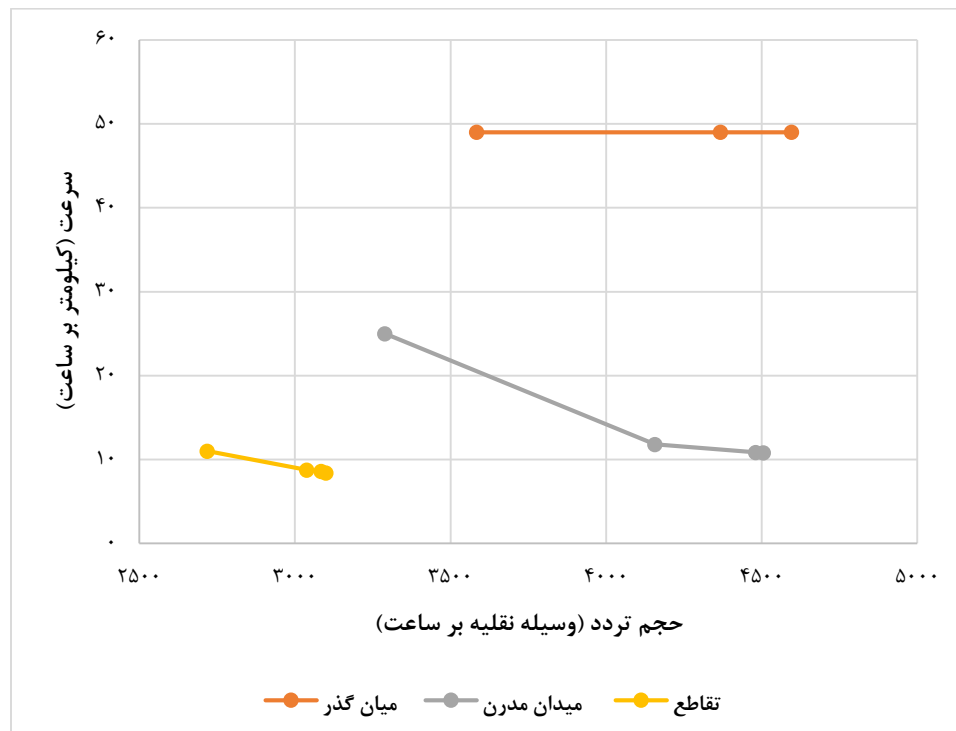


شکل ۴-۳۷: تاثیر طرح هندسی بر زمان سفر اتوبوس ها در حالت بدون چراغ

۴-۹-۳- سرعت اتوبوس در حالت چراغدار

همان طور که در شکل ۴-۳۸ می توان دید. در حالت چراغدار سرعت اتوبوس ها در میدان میان گذر بیشترین سرعت در تمام حالات و یک روند ثابتی را طی می کند. آمار نشان می دهد افزایش حجم تردد وسایل نقلیه سبک در کاهش سرعت حمل و نقل همگانی (اتوبوس) با توجه به جدا بودن مسیر حرکتی آنها از وسط میدان هیچ تاثیر قابل لمسی را نداشته است و از ابتدا تا آخرین حجم تردد در این طرح سرعت ۴۹ کیلومتر بر ساعت ثبت شده است که این سرعت ۴ برابر سرعت ارائه شده توسط تقاطع و $1/96$ برابر میدان مدرن است. پس از میدان میان گذر این میدان مدرن بود که توانست عملکرد بهتری ارائه دهد و در حجم اولیه ۳۲۸۹ وسیله نقلیه بر ساعت اختلاف بیشتری با دیگر طرح به کار رفته تقاطع دارد. اختلاف سرعت این دو طرح در این حجم ۱۴ کیلومتر بر ساعت می باشد. طرح میدان مدرن با رسیدن به حجم تردد ۴۱۵۷ وسیله نقلیه بر ساعت به یکباره دچار افت شدیدی می شود که این کاهش سرعت ۱۳ کیلومتر بر ساعت بوده است. طرح تقاطع چهارراهی به دلیل فرم هندسی،

درگیری در گردش‌ها و توقف‌های بالایی که دارد نتوانست در هیچ کدام از حجم‌های تردد عملکرد بهتری از رقبا داشته باشد.

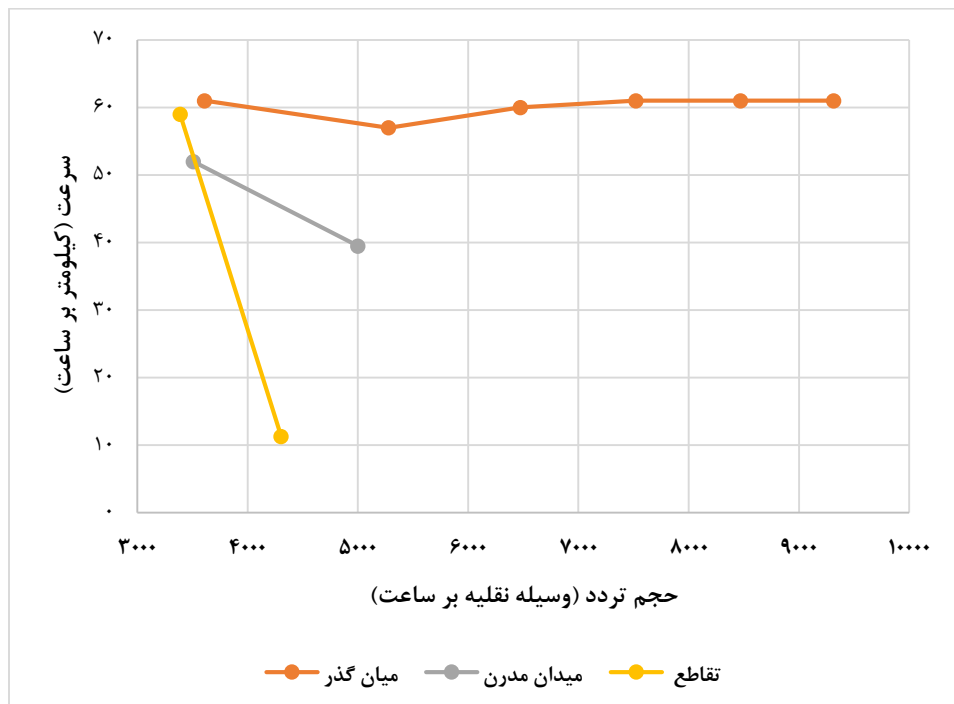


شکل ۴-۳۸: تاثیر طرح هندسی بر سرعت اتوبوس‌ها در حالت چراغدار

۴-۹-۴- سرعت اتوبوس در حالت بدون چراغ

بررسی شکل ۴-۳۹ نشان داد که کاهش سرعت در این حالت شدید تر از حالت چراغدار است به نحوی که با افزایش حجم تردد وسایل نقلیه تقاطع ۴۸ کیلومتر بر ساعت، میدان مدرن ۱۲/۵ کیلومتر بر ساعت و میدان میان گذر ۴ کیلومتر بر ساعت کاهش داشته‌اند. تقاطع چهارراهی برای اولین بار توانست عملکرد سرعتی بهتری از میدان مدرن در حجم اولیه داشته باشد. اما با ورود به حجم تردد بعدی این میدان مدرن است که توانسته است عملکرد بهتری از تقاطع داشته باشد. اولین حجم تردد وسایل نقلیه به ترتیب ۵۹ کیلومتر بر ساعت در تقاطع، ۵۲ کیلومتر بر ساعت در میدان مدرن و ۶۱ کیلومتر بر ساعت در میدان میان گذر را نشان می‌دهد. ثبات و کاهش

سرعت بسیار پایین اتوبوس‌ها در طرح میدان میان‌گذر نشان از بهینه‌تر بودن این طرح در جهت اولویت‌دهی و نگاه به توسعه معابر با رویکرد حمل و نقل همگانی دارد.



شکل ۴-۳۹: تاثیر طرح هندسی بر سرعت اتوبوس‌ها در حالت بدون چراغ

۴-۱۰ جدول طرح بهینه

در جداول زیر همان‌طور که مشاهده می‌کنید طرح بهینه هر طرح هندسی بر اساس حجم‌های ترافیکی و به تفکیک شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۴-۳ نشان‌دهنده شرایط چراغدار می‌باشد که میدان میان‌گذر به جز حجم متوسط در تمام حجم‌های قابل تردد (سنگین) این طرح بهینه‌ترین عملکرد را دارد و در حجم متوسط میدان مدرن است که عملکرد بهتری دارد. میدان مدرن در شرایطی که میدان میان‌گذر قفل است هنوز می‌تواند به وسایل نقلیه خدمات بدهد. هر چند که تعداد حجم وسایل نقلیه‌ای که در این طرح عبور می‌کند از میدان میان‌گذر کمتر می‌باشد اما بایستی برای رسیدن به همین حجم‌های تردد هم توسط سیستم درخواست حجم بالاتری کرد تا بتوان به آخرین حد ظرفیتی طرح رسید.

جدول ۴-۳: بررسی طرح هندسی بهینه بر اساس حجم تردد در حالت چراغدار

حجم طرح هندسی	۳۳۰۰	۵۳۰۰	۶۳۰۰	۷۳۰۰	۸۳۰۰	۹۳۰۰
میدان میان گذر	۱	۲	۱	قفل	قفل	قفل
میدان استاندارد	۲	۱	۲	۱	قفل	قفل
تقاطع	۳	۳	۳	۲	قفل	قفل

ترتیب بهینه‌ترین عملکرد ۱،۲،۳

جدول ۴-۴ حالت بدون چراغ را نشان می‌دهد که میدان میان گذر در تمام حجم‌های (سبک تا ۴۵+ درصد حجم سنگین) عملکرد بهینه‌ای را دارد و پس از آن میدان مدرن است که توانسته است در جایگاه دوم و تقاطع در جایگاه سوم قرار بگیرد. در حالت بدون چراغ میدان میان گذر نسبت به اینکه توانسته است ۹۳۱۴ وسیله نقلیه بر ساعت را در آخرین حجم تردد از خود عبور دهد از نظر ظرفیتی خود به عنوان یک طرح بهینه می‌باشد.

جدول ۴-۴: بررسی طرح هندسی بهینه بر اساس حجم تردد در حالت بدون چراغ

حجم طرح هندسی	۳۳۰۰	۵۳۰۰	۶۳۰۰	۷۳۰۰	۸۳۰۰	۹۳۰۰
میدان میان گذر	۱	۱	۱	۱	۱	۱
میدان استاندارد	۲	۲	قفل	قفل	قفل	قفل
تقاطع	۳	۳	قفل	قفل	قفل	قفل

ترتیب بهینه‌ترین عملکرد ۱،۲،۳

۴-۱۱- ایمنی

اگرچه تأخیر یکی از معیارهای اصلی کارایی (اثر بخشی) در مسائل ترافیکی است اما هیچگاه افزایش در تحرک قابل توجیه نیست اگر ایمنی استفاده کنندگان از مسیر به خطر بیفتد و باید طرح‌ها مانند سایر گزینه‌های مورد نظر ایمن باشند. یکی از ملاحظات اساسی که هنگام پیشنهاد پیشرفت تأسیسات باید رعایت شود این است که ایمنی محل با هیچ‌گونه پیشرفت ساخته شده نباید به خطر بیفتد.

گرچه طراحی‌های جدید در میدان، بهبود ایمنی قابل توجهی را نسبت به طرح تقاطع با چراغ راهنمایی را فراهم می‌کند، که این پیشرفت‌ها به دلیل کاهش تعداد کل نقاط درگیری که توسط وسایل نقلیه در حال گذر، پرهیز از تصادفات گردش به چپ که بیشتر تصادفات جدی در تقاطعات را ناشی می‌شود، تصمیم‌گیری راحت در ورودی‌ها، سرعت نسبتاً کم در مناطق شلوغ و حفاظت از عابران با استفاده از جزایر جدا کننده که شرایط عبور برای یک جهت از خیابان در یک لحظه را فراهم می‌کند بدست آمده است.

براساس مطالعات صورت گرفته توسط کشور سوئد تصادفات در میدان‌ها ۱۲ نوع (شکل ۶) را شامل می‌شود که شامل ۱- برخورد به عقب ۲- انحراف به سمت بیرون ۳- انحراف به سمت جزیره مرکزی ۴- برخورد پشت به پشت ۵- برخورد در هنگام دورزدن ۶- برخورد در خروجی ۷- برخورد با جزیره جداکننده ۸- برخورد در نزدیک شدن ۹- برخورد در خروجی در قسمت سواره ۱۰- برخورد با موتورسیکلت یا دوچرخه ۱۱- تصادف با عابر ۱۲- سایر موارد و از لحاظ نوع گردش نقاط برخورد ۱- برخورد در محل عبور که در این نوع برخورد معمولاً تصادف با زاویه تقریباً ۹۰ درجه صورت می‌گیرد و شدیدترین نوع برخورد است. ۲- برخورد واگرایی ۳- برخورد همگرایی معمولاً میدان‌ها با توجه به فرم هندسی که دارند تعداد نقاط برخورد را کاهش داده و منجر به افزایش ایمنی می‌شوند. در این میان به ترتیب میدان‌های گل و استخوان سگ، فشرده، چهار گذرگاه پروازی و دمبل، توربو، هدف دارای ایمنی بالاتری از نظر تعداد نقاط برخورد می‌باشند. تقاطعات یکی از حالت‌هایی هستند که فرم هندسی آنها سبب بروز هر سه نوع برخورد می‌شود و به دلیل دارا بودن نقطه برخورد محل عبور دارای تصادفات با میزان خسارت و تلفات بالایی است [3,5,6,8].

برای ارزیابی ایمنی میدان میان‌گذر، تصادفات این میدان و یک میدان استاندارد که در امتداد همان معبر و خط BRT و در نزدیکی آن قرار دارد و شرایط هندسی و ترافیکی آن مشابه میدان میان‌گذر مورد مطالعه است، مقایسه شد و تاثیر این دو طرح بر ایمنی خودروهای شخصی و عابرین پیاده تجزیه و تحلیل شد.

براساس آمار گرفته شده در یک بازه پنج ساله ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۷ از تصادفات نمونه اجرا شده میدان‌های میان گذر(همبرگری) و میدان استاندارد که توسط سازمان های مربوطه جمع آوری شده بود، می توان دید که مهم ترین چالش این میدان‌ها بعد از ماشین ها، همان طور که در ابتدا به موضوع اشاره شد حرکت عابران پیاده است که سهم قابل توجهی از تصادفات را شامل می‌شود پس از بررسی‌های بیشتر می‌توان دید، بیشتر این تصادفات در ساعاتی اتفاق افتاده است که وضعیت جریان ترافیک در سطح بسیار پایینی بوده است و رانندگان با سرعت بالا و یا بدون توجه به مسیر در حال رانندگی بوده و عابران هم در برخی موارد از مسیر تعیین شده از راه جهت عبور از تقاطع استفاده نکرده‌اند.

در ایران چنانچه تصادف فوتی و جرحی رخ دهد، پلیس به صحنه تصادف مراجعه می‌کند و اطلاعات این تصادف را در سیستم اطلاعات تصادف خود ثبت می‌کند. اما در تصادف‌های خسارتی، هزینه تصادف باید از عدد مشخصی باید بیشتر باشد تا پلیس آنرا در سیستم خود ثبت می‌کند. در تصادفات خسارتی^۱ با هزینه کم، پلیس صرفاً مقصر حادثه را مشخص می‌کند. زیان‌دیده می‌تواند بدون مراجعه به بیمه، خسارت تصادف را مستقیماً از مقصر دریافت کند یا در صورت عدم سازش، به بیمه مراجعه کنند. در طی ۵ سال، تنها یک تصادف خسارتی به پلیس گزارش شده است. لذا قریب به اتفاق تصادفات گزارش شده، تصادفات جرحی^۲ هستند.

یکی از مسائل امیدوار کننده در آمار تصادفات^۳، عدم وقوع تصادف فوتی در طی ۵ سال در این میدان‌ها است که از منظر ایمنی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. تعداد تصادفات جرحی رخ داده در میدان‌های میان‌گذر و استاندارد به ترتیب برابر ۹۹ و ۱۵۷ است. و تعداد مصدومان تصادفات نیز برابر ۱۱۲ و ۱۸۰ است. این آمار امیدوارکننده، نشان از وضعیت بهتر ایمنی میدان میان گذر در مقابل میدان استاندارد است.

^۱ PDO accidents

^۲ injury accidents

^۳ crash data

البته پیش بینی می‌شود که می‌توان با طراحی‌های درست، ایجاد معبرهای امن برای عبور عابران (مانند پل‌های هوایی و یازیرگذرها) و آموزش‌ها جهت بالا بردن سطح فرهنگ ترافیکی این چالش را حل کرد.

جدول ۵. الف تعداد برخورد مقصر به غیرمقصر و تعداد کاربران درگیر در تصادف را نشان می‌دهد. منظور از کاربر در این قسمت مجموعه وسایل موتوری (سواری، اتوبوس، و موتورسیکت)، و عابرین درگیر در تصادف است. تعداد کل کاربر درگیر در تصادفات جرحی در میدان استاندارد برابر ۳۵۰ است. در حالیکه تعداد کل کاربر درگیر در تصادفات جرحی در میدان میان گذر برابر ۱۹۶ تصادف است. جدول ۵.ب، زمان وقوع تصادفاتی را که سواری و خودرو درگیر آن بوده‌اند، نشان می‌دهد. از مقایسه آمار تصادفات میدان میان گذر و استاندارد نتایج ذیل حاصل شد:

۱- در پنج سال، در میدان میان گذر ۴۸ عابر مصدوم شده است. اما در میدان استاندارد ۹۱ عابر مصدوم شده است. تعداد مصدومین در میان گذر در حدود نصف مصدومین میدان استاندارد است (جدول ۵.ج). متأسفانه در ایران، برخی عابرین پیاده عادت ندارند از محل‌های خط کشی شده عبور کنند. بنابراین، حدود نیمی از این مصدومین، هنگام عبور از گذرگاه عرضی عابر پیاده و نیمی از آنها خارج از گذرگاه عرضی مصدوم شده‌اند. تعداد این مصدومان نشانگر ۲۱ مورد در میدان میان گذر و ۵۰ مورد در میدان مدرن، در خارج از گذرگاه عرضی است که در میدان میان گذر ۶ مورد کاهش و در میدان مدرن ۹ مورد افزایش یافته است.

۲- تعداد اتوبوس‌های درگیر در تصادف در هر دو طرح میدان استاندارد و میان گذر مشابه هم است و ۱۰ مورد در هر دو طرح هندسی گزارش شده است. درگیری آنها در تصادف نسبت به سایر خودروها، بسیار اندک است (جدول ۵.الف) و نشان می‌دهد که ایمنی حمل‌ونقل همگانی، در مقایسه با ایمنی وسایل نقلیه شخصی، نگران کننده نیست، حتی در میدان میان گذر که طرح غیرمتعارف‌تری نسبت به طرح میدان استاندارد دارد.

۳- همانگونه که ایمنی عابرین پیاده در میدان میان گذر بهتر است، ایمنی خودروها نیز در میدان میان گذر در مقایسه با میدان استاندارد بهتر است. در تصادفاتی که سواری مقصر با سایر خودروها (سواری، اتوبوس، و

موتورسیکت) برخورد کرده، در میدان استاندارد و میان‌گذر به ترتیب ۱۹۱ و ۱۲۲ عامل درگیر تصادف بوده‌اند که حاکی از ایمنی بهتر خودروها در میدان میان‌گذر است. علاوه بر آن، در تصادفاتی که موتورسیکت مقصر با سایر خودروها (سواری، اتوبوس، و موتورسیکت) برخورد کرده، در میدان میان‌گذر و استاندارد، به ترتیب ۲۹ و ۷۱ کاربر درگیر بوده‌اند (جدول ۵.الف).

۴- از لحاظ برخورد با جناحین وسایل نقلیه در میدان میان‌گذر بیشترین تصادف از پهلوی راست، جلو، عقب و پهلوی چپ بوده که به ترتیب ۵۸، ۳۵، ۱۶ و ۱۴ مورد گزارش شده است. در همین آمار بیشترین تصادف با سواری متعلق به پهلوی راست ۳۳ مورد که تقریباً ۲ برابر دیگر جناح‌ها می‌باشد، با اتوبوس از جلو و در موتورسیکت هم پهلوی راست است که با ۲۴ مورد بیشترین تصادف را داشته است. در هر طرح هندسی میدان مدرن بیشترین تصادفات متعلق به برخورد به جلو، عقب، پهلوی چپ و سپس پهلوی راست می‌باشد که آمار در این طرح به ترتیب گفته شده ۷۳، ۵۷، ۳۹ و ۳۳ مورد بوده است. پس از بررسی دقیق‌تر این تصادفات در برخورد با سواری بیشترین تصادف مربوط به برخورد به جلو و کمترین تعداد تصادفات مربوط به پهلوی چپ است. در برخورد با موتورسیکت بیشترین، مربوط به پهلوی چپ و کمترین مربوط به برخورد به عقب است.

۵- تعداد تصادفات در برخورد با موتورسیکت نشان‌دهنده آمار ۳ برابر برخوردها در میدان مدرن نسبت به میدان میان‌گذر با وسیله نقلیه سواری است. در میدان مدرن تعداد تصادفات موتورسیکت با اتوبوس ۰ و در میدان میان‌گذر ۳ مورد گزارش شده است که این می‌تواند ناشی از طرح هندسی نامتعارف میدان میان‌گذر و کم‌دقتی موتورسیکت سواران باشد. اما تعداد تصادفات موتورسیکت با موتورسیکت در هر دو طرح به صورت تقریباً یکسان (۱ مورد کمتر در میدان میان‌گذر) گزارش شده است. در مجموع از لحاظ موتورسیکت تعداد تصادفات میدان میان‌گذر ۴۲ مورد کمتر از میدان مدرن بوده است و این با توجه به کم‌دقتی موتورسیکت سواران در رانندگی و طرح‌های هندسی میادین می‌تواند جالب باشد، که شاید در این موقعیت هندسی توجه بیشتری برای تردد کرده باشند.

۶- در حجم سبک که کمتر از ۳۳۰۰ وسیله نقلیه در حرکت هستند آمار تعداد تصادفات بیانگر تعداد کمتر طرح میدان میان گذر نسبت به میدان مدرن است که این تعداد ۱۷ مورد می باشد. اما با افزایش حجم وسایل نقلیه و ورود به بازه ترافیکی متوسط تعداد تصادفات در میدان میان گذر افزایش بیشتری نسبت به میدان مدرن داشته است. تعداد تصادفات افزایش یافته در میدان میان گذر ۱۹ مورد و میدان مدرن ۹ مورد بوده است. با ورود به حجم ترافیکی سنگین که بیش از ۷۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت است شاهد کاهش ۳ موردی در میدان میان گذر ولی در میدان مدرن ۳۰ مورد افزایش تعداد تصادفات را داشته ایم که حاکی از افزایش تصادفات در میدان مدرن است. تصادفات میدان میان گذر در دوره سنگین همانند دوره متوسط است و تصادفات در دوره اوج افزایش نمی یابد. اما در میدان استاندارد، با افزایش حجم در دوره اوج، تعداد تصادفات افزایش می یابد.

جدول ۴-۵ تصادفات میدان میان گذر و استاندارد

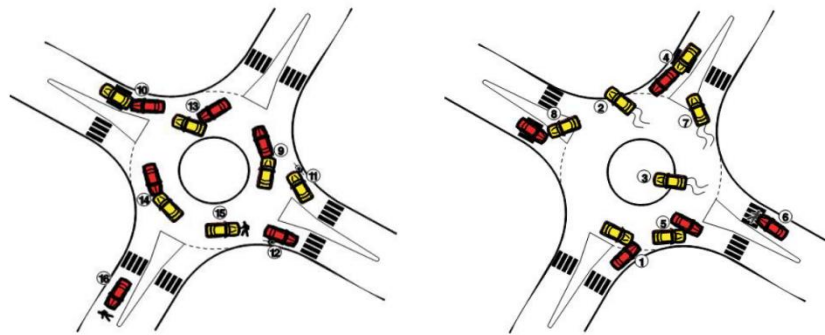
الف) انواع تصادف مقصر به غیر مقصر

نوع برخورد مقصر به غیر مقصر	نوع خودرو درگیر						مجموع
	سواری		اتوبوس		موتور سیکلت		
	میان گذر استاندارد	میان گذر استاندارد	میان گذر استاندارد	میان گذر استاندارد	میان گذر استاندارد	میان گذر استاندارد	
برخورد سواری به عقب	۱۳	۴۳	۱	۱	۲	۱۳	۵۷
برخورد سواری به جلو	۱۶	۵۱	۲	۱	۱۷	۲۱	۷۳
برخورد سواری به پهلوی راست	۳۳	۱۷	۱	۲	۲۴	۱۴	۳۳
برخورد سواری به پهلوی چپ	۱۰	۱۶	۱	۱	۳	۲۲	۳۹
برخورد موتور با	۲۲	۶۶	۳	۰	۴	۵	۷۱
برخورد عابر با	۳۱	۶۱	۲	۵	۱۱	۱۱	۷۷
مجموع	۱۲۵	۲۵۴	۱۰	۱۰	۶۱	۸۶	۳۵۰

ب) زمان وقوع تصادف سواری با خودرو

حجم تردد		سواری		اتوبوس		موتور سیکلت		مجموع	
میان گذر استاندارد		میان گذر استاندارد		میان گذر استاندارد		میان گذر استاندارد		میان گذر استاندارد	
سبک ($<3300\text{vph}$)		۱۹	۲۹	۱	۰	۱۰	۲۱	۲۹	۴۶
متوسط		۲۶	۴۲	۳	۲	۱۹	۱۵	۴۸	۵۵
سنگین ($\geq 7300\text{vph}$)		۲۷	۵۶	۱	۳	۱۷	۳۴	۴۵	۹۰
جمع		۷۲	۱۲۷	۵	۵	۴۶	۷۰	۱۲۲	۱۹۱

نوع میدان	میدان میان گذر	میدان استاندارد
محل وقوع تصادف	در گذرگاه عرضی	خارج از گذرگاه جمع
تعداد تصادف	۲۷	۴۸
	۲۱	۴۱
		۵۰
		۹۱



شکل ۴-۴۰ انواع تصادفات

فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۵-۱- خلاصه تحقیق

هدف از این تحقیق ارزیابی عملکرد میدان میان گذر به عنوان یک میدان غیر متعارف و مقایسه آن با طرح های متعارف مانند میدان مدرن و تقاطع چهارراهی بوده است که شرایط مختلف ترافیکی و هندسی در طراحی و شبیه سازی در نظر گرفته شده است. برای یکسان بودن شرایط طرح های مورد قیاس، برخی از متغیر ها مانند خطوط ورودی و خروجی از تقاطع، خطوط چرخشی دورمیدان، عرض خطوط معابر و گردشی دور میدان، شعاع جزیره مرکزی، قطر محیط چرخشی تقاطع، تعداد وسایل نقلیه ورودی، نوع فاز بندی و زمان بندی چراغ ها، نوع و تعداد ایستگاه های اتوبوس، زمان بندی حرکتی اتوبوس ها در شبکه، سرعت خودرو ها در معابر و خطوط گردشی دور میدان ثابت فرض شدند. طرح ها در دو حالت کنترلی چراغدار و بدون چراغ مورد بررسی قرار گرفت. میدان های میان گذر نوعی میدان غیر متعارف هستند که تاکنون کمتر در جهت اولویت دهی به حمل و نقل همگانی به آنها نگاه شده است.

برخی از اهداف دنبال شده در این پژوهش را می توان به دسته های زیر تقسیم کرد که شامل بررسی و شناخت میدان های و طرح های متعارف و غیر متعارف سپس انتخاب ۳ طرح از دو منظر حمل و نقل شخصی و حمل و نقل همگانی در جهت عملکرد های ترافیکی و ایمنی، سپس رفتار آن ها بر اساس دو حالت کنترلی چراغدار و بدون چراغ بررسی شد.

۵-۲- نتایج تحقیق

در این مطالعه ، عملکرد ۳ طرح هندسی تحت تأثیر ویژگی ها و سناریوهای ترافیکی با استفاده از نرم افزار AIMSUN مورد بررسی قرار گرفت. سناریو های حجمی، ترافیک را از دوره سبک شروع کرده و تا ۴۵+ درصد حجم سنگین، به دلیل پیش بینی رشد سالیانه وسایل نقلیه شهر ها و کنترل کارایی در افق طرح ها به صورت رشد های ۱۲ درصدی در حالت های کنترلی چراغدار و بدون چراغ مورد بررسی قرار داده است.

نتایج حاصل از شبیه سازی ها نشان داد که طرح پیشنهادی غیر متعارف میدان میان گذر پتانسیل بهبود زمان سفر سیستم را نسبت به طرح های معمولی در دوره های مختلف زمانی و حجمی دارد. همچنین تجزیه و تحلیل ها نشان داد طرح غیرمتعارف میدان میان گذر در ساعت اوج و حتی فراتر از اوج که با شرایط رشد ترافیکی سال های آینده مورد بررسی قرار گرفته است روند ترافیک را نسبت به ۲ طرح متعارف دچار مشکل نمی کند. روند طراحی ها نشان دهنده موارد زیر می باشد.

تعداد توقف و نسبت زمان حرکت به زمان سفر از مهم ترین عوامل در روانی حرکت می باشد. هر چقدر نسبت زمان حرکت به زمان سفر بالاتر باشد و تعداد توقف کمتر باشد، نشان دهنده روانی جریان ترافیک است و باعث راحتی و آسایش راننده می شود. در حالت چراغدار طرح تقاطع چهارراهی هیچگاه نتوانست کمترین میانگین زمان سفر را تولید کند و اما زمان حرکت بر زمان سفر کمتری را در تمام حجم ها از خود نشان داد که این خود بیانگر روان نبودن حرکت وسایل نقلیه می باشد. میدان مدرن در حالت چراغدار هرگز نتوانست کمترین تعداد توقف را در هر کیلومتر داشته باشد و این میدان میان گذر بود که میانگین کمترین تعداد توقف را داراست. میدان میان گذر تا ۹۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت را در حالت بودن چراغ می تواند از خود عبور دهد که این نسبت به حجم های دیگر رقبا قابل اعتناست.

در حالت بدون چراغ کمترین تعداد توقف منحصر به میدان میان گذر می رسد و این مقدار توقف نسبت به دو طرح دیگر در مقادیر بسیار کمتری در حجم های مختلف بوده است. از میان دو طرح متعارف هیچ کدام نتوانستند میانگین کمترین زمان سفر را تولید کنند و در این پارامتر هم شاهد عملکرد بهینه تر میدان میان گذر هستیم. طرح میدان غیر متعارف میان گذر در اکثر موارد عملکرد بهتری داشته است. با توجه به اینکه در حالت بدون چراغ در تمام فاکتور ها میدان میان گذر عملکرد بهتری دارد بنابراین می توان روان بودن حرکت وسایل نقلیه را در این شرایط به وضوح دید. اما کمترین میانگین زمان حرکت بر زمان سفر در حالت بدون چراغ مربوط به طرح تقاطع چهارراهی می باشد.

عملکرد طرح های معمولی و متعارف در شرایط چراغدار و بدون چراغ نشانگر افزایش زمان سفر با افزایش حجم تردد و در طرح غیر متعارف^۱ پیشنهادی زمان سفر یک روند تقریباً یکنواختی را طی می کند. زمان سفر اتوبوس ها در طرح میدان میان گذر، بیانگر حرکت سریع تر، یکنواخت تر، و با ثبات تری نسبت به دیگر طرح ها می باشد.

نتایج به ما نشان داد میدان میان گذر در حالت بدون چراغ، تا ۹۳۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت (که شامل دوره اوج ترافیک و رشد ترافیک در چند سالی آتی است) را بر اساس شرایط محلی از خود عبور داد و ظرفیت بسیار بیشتری نسبت به میدان استاندارد و تقاطع چراغدار داشت. همچنین در این طرح، زمان سفر تمامی حرکات معابر اصلی و فرعی کاهش می یابد. همچنین این طرح حرکت را روان تر می کند. یعنی تعداد توقف ها را در هر کیلومتر راه کاهش می دهد و نسبت زمان سفر به حرکت بالاتری ارائه می دهد.

در حالت چراغ دار نیز، این طرح تا ۴۶۰۰ خودرو در ساعت را از خود عبور داد و دوباره ظرفیت بالاتری نسبت به میدان استاندارد و مخصوصاً تقاطع چراغ دار دارد. در حالت چراغدار نیز، طرح میان گذر، حرکت ترافیک را روان تر می کند. یعنی خودروها تعداد توقف کمتری در هر کیلومتر راه انجام می دهند و زمان بیشتری را در حرکت سپری می کنند.

همانگونه که در فصل سوم بیان شد، میدان بسیج، ابتدا یک تقاطع چراغدار متعارف بوده که بعداً تبدیل به میدان مدرن و میدان میان گذر شده است. ارزیابی این سه طرح نشان می دهد این تصمیمات، یعنی تبدیل تقاطع به میدان مدرن و تبدیل میدان مدرن به میدان میان گذر به درستی گرفته شده و عملکرد ترافیکی و حتی ایمنی تقاطع را بهبود یافته است.

در مجموع میدان میان گذر و حالت بدون چراغ، بهترین عملکرد را نسبت به سایر طرح ها در حالت چراغ دار و بدون چراغ دارد. همچنین میدان میان گذر، در حالت بدون چراغ عملکرد بهتری نسبت به حالتی داشت که تقاطع

^۱unconventional design

با چراغ کنترل می شود. چنانچه شرایط هندسی میدان مشابه جدول ۲ باشد، تا حجم ۹۳۰۰، پیشنهاد می شود میان گذر بدون چراغ اجرا شود. اگر بنا به دلایلی، میدان با چراغ باید کنترل شود، دوباره میان گذر عملکرد بهتری نسبت به میدان مدرن و تقاطع متعارف تا حجم ۴۶۰ خودرو بر ساعت خواهد داشت.

باید دقت کرد که عملکرد بهتر و ظرفیت بالاتر در حالت بدون چراغ میدان میان گذر نسبت به حالت چراغ دار و سایر طرح ها ناشی از عوامل ذیل است: ۱- شکافتن جزیره وسط که سبب اولویت دهی به اتوبوس، تفکیک مسیر حمل و نقل شخصی و همگانی، و فراهم کردن سرعت سفر بالا و پایدار مخصوصا برای اتوبوس ها شده است. ۲- تعداد خطوط گردش میدان بالاتر از تعداد خطوط ورودی به میدان است (جدول؟؟؟). در ایران بسیار رایج است که شعاع میدان ها بزرگ و تعداد خطوط گردش آنها زیاد باشند. اختصاص خطوط جزیره میانی به اتوبوس و بالا بودن تعداد خطوط گردش میدان سبب می شود مانور تغییر خط در خطوط دور میدان بسیار آسانتر شود.

استفاده از این طرح در امتداد مسیرهایی که تقاضای جابجایی با اتوبوس بالا است و ضرورت دارد به حمل و نقل همگانی اولویت داده شود تا مسافران سریع تر به مقصد برسند می تواند بسیار کارگشا می باشد. البته سایر کشورها علاوه بر اولویت دهی به حمل و نقل همگانی در جهت اولویت دهی به سایر ناوگان حمل و نقلی هم از این میادین بهره برده اند.

از منظر ایمنی عملکرد دو طرح میدان میان گذر و میدان مدرن بر اساس یک آمار جمع آوری شده در بازه ۵ ساله مورد ارزیابی قرار گرفت که این میدان میان گذر بود که توانست عملکرد بهتری را داشته باشد بخشی از این آمار شامل:

۱- تعداد مصدومان عابر پیاده در میدان میان گذر تقریبا نصف تعداد مصدومان در میدان مدرن است که نیمی از آن ها از گذرگاه عرضی عابر پیاده عبور نکرده اند بنابراین شاید بتوان با فرهنگ سازی صحیح بتوانیم این آمار را کاهش دهیم.

۲- تعداد پایین درگیری اتوبوس ها در آمار ثبت شده نشانگر ایمنی حمل و نقل همگانی نسبت به حمل و نقل های شخصی حتی در طرح نامتعارف میدان میان گذر است که می تواند از حساسیت های ایمنی این طرح نامتعارف بکاهد.

۳- علاوه بر تعداد مصدومان کمتر در میدان میان گذر، تعداد تصادفات وسایل نقلیه شخصی هم آمار پایین تری را از خود نشان داده اند به نحوی که در خودرو ۶۹ مورد و در موتور سیکلت ۴۲ مورد (تقریباً بیش از نصف تصادفات در این مد حمل و نقلی) بکاهد.

۴- با افزایش تردد وسایل نقلیه و ورود آنها به بازه سنگین تعداد تصادفات در میدان میان گذر تفاوت چندانی را نداشته است اما با ورود به بازه اوج در میدان مدرن شاهد افزایش تعداد تصادفات هستیم.

۵-۳- پیشنهاد مطالعات آتی:

برای مطالعات آتی، پژوهش جاری پیشنهاد می کند عملکرد ترکیبی از میدان گل و میان گذر بررسی شود. در میدان گل، خطوط گردشی ویژه گردش به راست برای خودروهای شخصی طراحی می شود. و در میدان میان گذر، در جزیره مرکزی حرکات مستقیم رو اصلی یا حمل و نقل همگانی کانالیزه می شوند. این طرح مزایای هر دو طرح میدان گل و میان گذر را دارد. نویسندگان انتظار دارند چون در این طرح حرکات بیشتری کانالیزه می شوند، ایمنی و عملکرد تقاطع بهبود یابد.

علاوه بر این می توان با ایجاد تغییرات در متغیر ها همچون پارامتر های هندسی (تعداد خطوط غیر یکسان در معابر، عرض خطوط، کاهش و یا افزایش شعاع جزیره مرکزی، سرعت در معابر و قسمت چرخشی)، پارامترهای ترافیکی (حجم های ترافیکی، شرایط های ترافیکی نامتقارن) و شرایط کنترلی (چراغدار و بدون چراغ) را مورد بررسی قرار داد. منظر های ایمنی و میزان آلاینده گی هم می توانند در کنار شاخص های ترافیکی درک بهتری از موثر بودن طرح های نامتعارف بدهند.

پیوست

پیوست الف (نتایج کامل ایمسان)

نتایج تقاطع

پ ۱-۱: تاخیر تقاطع

حجم تردد چراغدار	حجم تردد بدون چراغ	تأخیر چراغدار	تأخیر بدون چراغ
۲۷۱۸	۳۳۸۷	۲۰۷/۴۴	۵/۴۲
۳۰۳۸	۴۳۰۳	۳۸۹/۵	۱۳۳
۳۰۸۴	-	۴۴۸/۹۶	-
۳۰۹۹	-	۴۶۵/۵۶	-

پ ۱-۲: زمان سفر تقاطع

حجم تردد چراغدار	حجم تردد بدون چراغ	زمان سفر چراغدار	زمان سفر بدون چراغ
۲۷۱۸	۳۳۸۷	۲۷۴/۹۴	۷۲/۷۹
۳۰۳۸	۴۳۰۳	۴۵۷	۲۰۰
۳۰۸۴	-	۵۱۶/۲	-
۳۰۹۹	-	۵۳۳/۷۸	-

پ ۱-۳: تعداد توقف تقاطع

حجم تردد چراغدار	حجم تردد بدون چراغ	تعداد توقف چراغدار	تعداد توقف بدون چراغ
۲۷۱۸	۳۳۸۷	۴/۲۲	۰/۲۴
۳۰۳۸	۴۳۰۳	۷	۲/۴۳
۳۰۸۴	-	۸/۱۸	-
۳۰۹۹	-	۸/۴۴	-

پ ۱-۴: سرعت تقاطع

حجم تردد چراغدار	حجم تردد بدون چراغ	سرعت چراغدار	سرعت بدون چراغ
۲۷۱۸	۳۳۸۷	۲۳/۶۵	۵۰
۳۰۳۸	۴۳۰۳	۱۱/۹۵	۳۲/۱۲
۳۰۸۴	-	۱۰/۱۲	-
۳۰۹۹	-	۹/۸۳	-

پ ۱-۵: ظرفیت تقاطع

بدون چراغ	چراغدار	حجم تردد (خودرو در ساعت)
۳۳۸۷	۲۷۱۸	۳۳۰۰
۴۳۰۳	۳۰۳۸	۵۳۰۰
-	۳۰۸۴	۶۳۰۰
-	۳۰۹۹	۷۳۰۰

پ ۱-۶: گردش های چراغدار تقاطع

راستگرد	مستقیم رو	چپگرد	حجم تردد چراغدار
۲۷۲	۲۷۴	۲۷۶/۵	۲۷۱۸
۴۷۰	۴۴۲	۴۶۲	۳۰۳۸
۵۳۶	۵۴۱	۵۲۵	۳۰۸۴
۵۳۲	۵۲۴	۵۴۵	۳۰۹۹

پ ۱-۷: گردش های بدون چراغ تقاطع

راستگرد	مستقیم رو	چپگرد	حجم تردد بدون چراغ
۷۴	۷۱	۷۴	۳۳۸۷
۲۱۵	۳۴۹	۲۸۵	۴۳۰۳

نتایج میدان مدرن

پ ۱-۸: تاخیر میدان مدرن

تاخیر بدون چراغ	تاخیر چراغدار	حجم تردد بدون چراغ	حجم تردد چراغدار
۷	۷۱	۳۵۰۶	۳۲۸۹
۱۸/۱	۱۸۷/۸	۵۰۰۰	۴۱۵۷
-	۳۲۵/۹	-	۴۴۸۱
-	۳۴۴/۵	-	۴۵۰۵

پ ۱-۹: زمان سفر میدان مدرن

حجم تردد چراغدار	حجم تردد بدون چراغ	زمان سفر چراغدار	زمان سفر بدون چراغ
۳۲۸۹	۳۵۰۶	۱۳۷/۶	۷۳/۵۸
۴۱۵۷	۵۰۰۰	۲۵۴/۳	۱۷۳
۴۴۸۱	-	۳۹۰/۲۸	-
۴۵۰۵	-	۴۱۰/۸۸	-

پ ۱-۱۰: تعداد توقف میدان مدرن

حجم تردد چراغدار	حجم تردد بدون چراغ	تعداد توقف چراغدار	تعداد توقف بدون چراغ
۳۲۸۹	۳۵۰۶	۱/۹۸	۰/۲۳۹
۴۱۵۷	۵۰۰۰	۴/۸۱	۱/۸۵
۴۴۸۱	-	۸/۲	-
۴۵۰۵	-	۸/۵	-

پ ۱-۱۱: سرعت میدان مدرن

حجم تردد چراغدار	حجم تردد بدون چراغ	سرعت چراغدار	سرعت بدون چراغ
۳۲۸۹	۳۵۰۶	۳۱/۴۳	۴۹/۶
۴۱۵۷	۵۰۰۰	۱۹/۸۷	۳۴
۴۴۸۱	-	۱۰/۲۸	-
۴۵۰۵	-	۹/۶۶	-

پ ۱-۱۲: ظرفیت میدان مدرن

حجم تردد (خودرو در ساعت)	چراغدار	بدون چراغ
۳۳۰۰	۳۲۸۹	۳۵۰۶
۵۳۰۰	۴۱۵۷	۵۰۰۰
۶۳۰۰	۴۴۸۱	-
۷۳۰۰	۴۵۰۵	-

پ ۱-۱۳: گردش های چراغدار میدان مدرن

حجم تردد چراغدار	چپگرد	مستقیم رو	راستگرد
۳۲۸۹	۱۵۹/۵	۱۴۵/۵	۱۰۵
۴۱۵۷	۲۸۳	۲۶۶	۲۱۴
۴۴۸۱	۴۰۸	۴۰۳	۳۵۹
۴۵۰۵	۴۳۲	۴۱۸	۳۷۷

پ ۱-۱۴: گردش های بدون چراغ میدان مدرن

حجم تردد بدون چراغ	چپگرد	مستقیم رو	راستگرد
۳۵۰۶	۷۹	۷۳	۶۷
۵۰۰۰	۱۹۰/۵	۱۸۱/۱	۱۴۸/۳

نتایج میدان میان گذر

پ ۱-۱۵: تاخیر میدان میان گذر

حجم تردد چراغدار	حجم تردد بدون چراغ	تاخیر چراغدار	تاخیر بدون چراغ
۳۵۸۴	۳۶۰۹	۲۵/۵۸	۴/۹
۴۳۶۷	۵۲۷۸	۲۲۸/۱۹	۵/۷۹
۴۵۹۶	۶۴۷۴	۳۱۶/۳	۸/۱۸
-	۷۵۲۰	-	۱۱/۱۸
-	۸۴۷۱	-	۱۷
-	۹۳۱۴	-	۲۹۱/۱۸

پ ۱-۱۶: زمان سفر میدان میان گذر

حجم تردد چراغدار	حجم تردد بدون چراغ	زمان سفر چراغدار	زمان سفر بدون چراغ
۳۵۸۴	۳۶۰۹	۹۲/۵۷	۷۱/۹۷
۴۳۶۷	۵۲۷۸	۳۳۵/۷	۱۱۴
۴۵۹۶	۶۴۷۴	۴۲۴/۴۶	۱۱۷
-	۷۵۲۰	-	۱۲۰
-	۸۴۷۱	-	۱۲۶
-	۹۳۱۴	-	۳۹۹

پ ۱-۱۷: تعداد توقف میدان میان گذر

حجم تردد چراغدار	حجم تردد بدون چراغ	تعداد توقف چراغدار	تعداد توقف بدون چراغ
۳۵۸۴	۳۶۰۹	۰/۸۷	۰/۰۵
۴۳۶۷	۵۲۷۸	۵/۱۷	۰/۰۵
۴۵۹۶	۶۴۷۴	۷/۹۹	۰/۰۸
-	۷۵۲۰	-	۰/۱۱
-	۸۴۷۱	-	۰/۱۳
-	۹۳۱۴	-	۰/۱۸

پ ۱-۱۸: سرعت میدان میان گذر

حجم تردد چراغدار	حجم تردد بدون چراغ	سرعت چراغدار	سرعت بدون چراغ
۳۵۸۴	۳۶۰۹	۴۰/۴۵	۵۰/۵
۴۳۶۷	۵۲۷۸	۱۹/۱۲	۵۰/۴
۴۵۹۶	۶۴۷۴	۱۱/۱۲	۵۰/۱
-	۷۵۲۰	-	۴۹/۲
-	۸۴۷۱	-	۴۸
-	۹۳۱۴	-	۴۶/۶

پ ۱-۱۹: ظرفیت میدان میان گذر

حجم تردد (خودرو در ساعت)	چراغدار	بدون چراغ
۳۳۰۰	۳۵۸۴	۳۶۰۹
۵۳۰۰	۴۳۶۷	۵۲۷۸
۶۳۰۰	۴۵۹۶	۶۴۷۴
۷۳۰۰	-	۷۵۲۰
۸۳۰۰	-	۸۴۷۱
۹۳۰۰	-	۹۳۱۴

پ ۱-۲۰: گردش های چراغدار میدان میان گذر

حجم تردد چراغدار	چپگرد	مستقیم رو	راستگرد
۳۵۸۴	۱۱۱	۸۹	۷۷
۴۳۶۷	۳۶۶	۳۴۰	۲۹۹
۴۵۹۶	۴۳۸	۴۱۶	۴۰۸

پ ۱-۲۱: گردش های بدون چراغ میدان میان گذر

حجم تردد بدون چراغ	چپگرد	مستقیم رو	راستگرد
۳۶۰۹	۷۶	۶۴	۷۲
۵۲۷۸	۱۱۸	۱۱۰	۱۴۱/۵
۶۴۷۴	۱۲۱	۱۱۳	۱۱۷
۷۵۲۰	۱۵۸	۱۵۱	۱۴۹
۸۴۷۱	۱۹۷	۱۸۲	۱۸۲/۵
۹۳۱۴	۴۲۰	۳۹۶	۳۸۱

قیاس ۳ طرح چراغدار

پ ۱-۲۲: تاخیر

حجم تردد تقطع	حجم تردد میدان مدرن	حجم تردد میدان میان گذر	تاخیر تقاطع	تاخیر میدان مدرن	تاخیر میدان میان گذر
۲۷۱۸	۳۲۸۹	۳۵۸۴	۲۰۷/۴۴	۷۱	۲۵/۵۸
۳۰۳۸	۴۱۵۷	۴۳۶۷	۳۸۹/۵	۱۸۷/۸	۲۲۸/۱۹
۳۰۸۴	۴۴۸۱	۴۵۹۶	۴۴۸/۹۶	۳۲۵/۹	۳۱۶/۳
۳۰۹۹	۴۵۰۵	-	۴۶۵/۵۶	۳۴۴/۵	۲۵/۵۸

پ ۱-۲۳: زمان سفر

حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد	زمان سفر	زمان سفر	زمان سفر
تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر	تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر
۲۷۱۸	۳۲۸۹	۳۵۸۴	۲۷۴/۹۴	۱۳۷/۶	۹۲/۵۷
۳۰۳۸	۴۱۵۷	۴۳۶۷	۴۵۷	۲۵۴/۳	۳۳۵/۷
۳۰۸۴	۴۴۸۱	۴۵۹۶	۵۱۶/۲	۳۹۰/۲۸	۴۲۴/۴۶
۳۰۹۹	۴۵۰۵	-	۵۳۳/۷۸	۴۱۰/۸۸	-

پ ۱-۲۴: تعداد توقف

حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد	تعداد توقف	تعداد توقف	تعداد توقف
تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر	تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر
۲۷۱۸	۳۲۸۹	۳۵۸۴	۴/۲۲	۱/۹۸	۰/۸۷
۳۰۳۸	۴۱۵۷	۴۳۶۷	۷	۴/۸۱	۵/۱۷
۳۰۸۴	۴۴۸۱	۴۵۹۶	۸/۱۸	۸/۲	۷/۹۹
۳۰۹۹	۴۵۰۵	-	۸/۴۴	۸/۵	-

پ ۱-۲۵: سرعت

حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد	سرعت	سرعت	سرعت
تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر	تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر
۲۷۱۸	۳۲۸۹	۳۵۸۴	۲۳/۶۵	۳۱/۴۳	۴۰/۴۵
۳۰۳۸	۴۱۵۷	۴۳۶۷	۱۱/۹۵	۱۹/۸۷	۱۹/۱۲
۳۰۸۴	۴۴۸۱	۴۵۹۶	۱۰/۱۲	۱۰/۲۸	۱۱/۱۲
۳۰۹۹	۴۵۰۵	-	۹/۸۳	۹/۶۶	-

پ ۱-۲۶: ظرفیت

حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد
درخواستی	تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر
۳۳۰۰	۲۷۱۸	۳۲۸۹	۳۵۸۴
۵۳۰۰	۳۰۳۸	۴۱۵۷	۴۳۶۷
۶۳۰۰	۳۰۸۴	۴۴۸۱	۴۵۹۶
۷۳۰۰	۳۰۹۹	۴۵۰۵	-

قیاس ۳ طرح بدون چراغ

پ ۱-۲۷: تاخیر

حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد	تاخیر	تاخیر	تاخیر
تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر	تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر
۳۳۸۷	۳۵۰۶	۳۶۰۹	۵/۴۲	۷	۴/۹
۴۳۰۳	۵۰۰۰	۵۲۷۸	۱۳۳	۱۸/۱	۵/۷۹
-	-	۶۴۷۴	-	-	۸/۱۸
-	-	۷۵۲۰	-	-	۱۱/۱۸
-	-	۸۴۷۱	-	-	۱۷
-	-	۹۳۱۴	-	-	۲۹۱/۱۸

پ ۱-۲۸: زمان سفر

حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد	زمان سفر	زمان سفر	زمان سفر
تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر	تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر
۳۳۸۷	۳۵۰۶	۳۶۰۹	۷۲/۷۹	۷۳/۵۸	۷۱/۹۷
۴۳۰۳	۵۰۰۰	۵۲۷۸	۲۰۰	۱۷۳	۱۱۴
-	-	۶۴۷۴	-	-	۱۱۷
-	-	۷۵۲۰	-	-	۱۲۰
-	-	۸۴۷۱	-	-	۱۲۶
-	-	۹۳۱۴	-	-	۳۹۹

پ ۱-۲۹: تعداد توقف

حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد	تعداد توقف	تعداد توقف	تعداد توقف
تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر	تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر
۳۳۸۷	۳۵۰۶	۳۶۰۹	۰/۲۴	۰/۲۳۹	۰/۰۵
۴۳۰۳	۵۰۰۰	۵۲۷۸	۲/۴۳	۱/۸۵	۰/۰۵
-	-	۶۴۷۴	-	-	۰/۰۸
-	-	۷۵۲۰	-	-	۰/۱۱
-	-	۸۴۷۱	-	-	۰/۱۳
-	-	۹۳۱۴	-	-	۰/۱۸

پ ۱-۳۰: سرعت

حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد	سرعت	سرعت	سرعت
تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر	تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر
۳۳۸۷	۳۵۰۶	۳۶۰۹	۵۰	۴۹/۶	۵۰/۵
۴۳۰۳	۵۰۰۰	۵۲۷۸	۳۲/۱۲	۳۴	۵۰/۴
-	-	۶۴۷۴	-	-	۵۰/۱
-	-	۷۵۲۰	-	-	۴۹/۲
-	-	۸۴۷۱	-	-	۴۸
-	-	۹۳۱۴	-	-	۴۶/۶

پ ۱-۳۱: ظرفیت

حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد
درخواستی	تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر
۳۳۰۰	۳۳۸۷	۳۵۰۶	۳۶۰۹
۵۳۰۰	۴۳۰۳	۵۰۰۰	۵۲۷۸
۶۳۰۰	-	-	۶۴۷۴
۷۳۰۰	-	-	۷۵۲۰
۸۳۰۰	-	-	۸۴۷۱
۹۳۰۰	-	-	۹۳۱۴

پ ۱-۳۲: زمان سفر معبر اصلی چراغدار

راستگرد میدان میان گذر	مستقیم رو میدان میان گذر	چپگرد میدان میان گذر	راستگرد میدان مدرن	مستقیم رو میدان مدرن	چپگرد میدان مدرن	راستگرد تقاطع	مستقیم رو تقاطع	چپگرد تقاطع	حجم تردد میدان میان گذر	حجم تردد میدان مدرن	حجم تردد تقاطع
۷۴	۸۱	۱۳۰	۱۱۵	۱۷۵	۲۰۵	۴۸۴	۴۷۶	۵۰۰	۳۵۸۴	۳۲۸۹	۲۷۱۸
۴	۹۸	۱۴۲	۲۸۱	۳۱۳	۳۵۶	۴۸۸	۴۵۰	۴۸۲	۴۳۶۷	۴۱۵۷	۳۰۳۸
۲۳۱	۲۲۴	۲۸۴	۲۷۱	۲۷۱	۳۱۰	۳۹۸	۴۲۴	۴۳۹	۴۵۹۶	۴۴۸۱	۳۰۸۴
-	-	-	۲۷۴	۲۷۴	۴۰۲	-	-	-	-	۴۵۰۵	-

پ ۱-۳۳: زمان سفر معبر فرعی چراغدار

راستگرد میدان میان گذر	مستقیم رو میدان میان گذر	چپگرد میدان میان گذر	راستگرد میدان مدرن	مستقیم رو میدان مدرن	چپگرد میدان مدرن	راستگرد تقاطع	مستقیم رو تقاطع	چپگرد تقاطع	حجم تردد میدان میان گذر	حجم تردد میدان مدرن	حجم تردد تقاطع
۸۰	۹۷	۹۲	۹۵	۱۱۶	۱۱۴	۶۰	۷۲	۵۳	۳۵۸۴	۳۲۸۹	۲۷۱۸
۵۹۴	۵۸۲	۵۹۰	۱۴۷	۲۱۹	۲۱۰	۴۵۲	۴۳۴	۴۴۲	۴۳۶۷	۴۱۵۷	۳۰۳۸
۵۸۵	۵۹۸	۵۹۲	۴۸۳	۵۳۵	۵۰۶	۶۷۴	۶۷۴	۶۱۱	۴۵۹۶	۴۴۸۱	۳۰۸۴
-	-	-	۵۱۸	۵۶۲	۴۶۲	-	-	-	-	۴۵۰۵	-

پ ۱-۳۴: زمان سفر معبر اصلی بدون چراغ

راستگرد میدان میان گذر	مستقیم رو میدان میان گذر	چپگرد میدان میان گذر	راستگرد میدان مدرن	مستقیم رو میدان مدرن	چپگرد میدان مدرن	راستگرد تقاطع	مستقیم رو تقاطع	چپگرد تقاطع	حجم تردد میدان میان گذر	حجم تردد میدان مدرن	حجم تردد تقاطع
۶۸	۳۹	۸۶	۶۴	۵۱	۸۵	۷۲	۵۷	۷۸	۳۶۰.۹	۳۵۰.۶	۳۳۸۷
۱۶۲	۸۴	۱۲۵	۱۶۰	۱۷۸/۶	۲۰.۷	۳۵۰	۵۲۷	۴۷۸	۵۲۷۸	۵۰۰۰	۴۳۰.۳
۱۱۱	۸۶	۱۲۶	-	-	-	-	-	-	۶۴۷۴	-	-
۱۳۷	۱۱۸	۱۵۸	-	-	-	-	-	-	۷۵۲۰	-	-
۱۶۲	۱۳۸	۱۸۹	-	-	-	-	-	-	۸۴۷۱	-	-
۱۶۰	۱۸۲	۱۹۵	-	-	-	-	-	-	۹۳۱۴	-	-

پ ۱-۳۵: زمان سفر معبر فرعی بدون چراغ

راستگرد میدان میان گذر	مستقیم رو میدان میان گذر	چپگرد میدان میان گذر	راستگرد میدان مدرن	مستقیم رو میدان مدرن	چپگرد میدان مدرن	راستگرد تقاطع	مستقیم رو تقاطع	چپگرد تقاطع	حجم تردد میدان میان گذر	حجم تردد میدان مدرن	حجم تردد تقاطع
۷۶	۸۹	۶۶	۷۰	۹۵	۷۳	۷۶	۸۵	۷۰	۳۶۰.۹	۳۵۰.۶	۳۳۸۷
۱۲۱	۱۳۶	۱۱۱	۱۳۶/۴	۱۸۳/۶	۱۷۴	۸۰	۱۷۱	۹۲	۵۲۷۸	۵۰۰۰	۴۳۰.۳
۱۲۳	۱۴۰	۱۱۶	-	-	-	-	-	-	۶۴۷۴	-	-
۱۶۱	۱۸۴	۱۵۸	-	-	-	-	-	-	۷۵۲۰	-	-
۲۰۳	۲۲۶	۲۰۵	-	-	-	-	-	-	۸۴۷۱	-	-
۶۰.۲	۶۱.۰	۶۴.۵	-	-	-	-	-	-	۹۳۱۴	-	-

پ ۱-۳۶: زمان سفر اتوبوس در حالت چراغدار

حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد	زمان سفر	زمان سفر	زمان سفر
تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر	تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر
۲۷۱۸	۳۲۸۹	۳۵۸۴	۵۷۱/۴	۲۴۳/۲	۱۲۴/۷
۳۰۳۸	۴۱۵۷	۴۳۶۷	۷۰۳/۷	۵۲۱/۹	۱۲۵
۳۰۸۴	۴۴۸۱	۴۵۹۶	۷۱۰/۸	۶۰۳/۳	۱۲۵/۵
۳۰۹۹	۴۵۰۵	-	۷۱۴	۶۰۶	-

پ ۱-۳۷: سرعت اتوبوس در حالت چراغدار

حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد	سرعت	سرعت	سرعت
تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر	تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر
۲۷۱۸	۳۲۸۹	۳۵۸۴	۱۱	۲۵	۴۹
۳۰۳۸	۴۱۵۷	۴۳۶۷	۸/۷	۱۱/۸	۴۹
۳۰۸۴	۴۴۸۱	۴۵۹۶	۸/۶	۱۰/۸۶	۴۹
۳۰۹۹	۴۵۰۵	-	۸/۴	۱۰/۸۱	۴۹

پ ۱-۳۸: زمان سفر اتوبوس در حالت بدون چراغ

حجم تردد	حجم تردد	حجم تردد	زمان سفر	زمان سفر	زمان سفر
تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر	تقاطع	میدان مدرن	میدان میان گذر
۳۳۸۷	۳۵۰۶	۳۶۰۹	۱۰۳	۱۱۷/۵	۱۰۱
۴۳۰۳	۵۰۰۰	۵۲۷۸	۵۴۴/۶	۱۵۵/۵	۱۰۹/۴
-	-	۶۴۷۴	-	-	۱۰۰/۸
-	-	۷۵۲۰	-	-	۹۸/۴
-	-	۸۴۷۱	-	-	۹۵/۴
-	-	۹۳۱۴	-	-	۹۸/۹

پ ۱-۳۹: سرعت اتوبوس در حالت بدون چراغ

سرعت میدان میان گذر	سرعت میدان مدرن	سرعت تقاطع	حجم تردد میدان میان گذر	حجم تردد میدان مدرن	حجم تردد تقاطع
۶۱	۵۲	۵۹	۳۶۰۹	۳۵۰۶	۳۳۸۷
۵۷	۳۹/۵	۱۱/۳	۵۲۷۸	۵۰۰۰	۴۳۰۳
۶۰	-	-	۶۴۷۴	-	-
۶۱	-	-	۷۵۲۰	-	-
۶۱	-	-	۸۴۷۱	-	-
۶۱	-	-	۹۳۱۴	-	-

منابع و مراجع

1. Al-Madani, H. M. N. (2013). Capacity of large dual and triple-lanes roundabouts during heavy demand conditions. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 38(3), 491-505.
2. Aimsun 8 Users' Manual. July (2014) TSS-Transport Simulation Systems.
3. Bevrani, K., & Chung, E. (2012). An examination of the microscopic simulation models to identify traffic safety indicators. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 10(2), 66-81.
4. Chang, I., Ahn, S.Y. and Hahn, J.S., (2013). Analysis of delay reduction effects on modern roundabouts according to the entry traffic volume. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 17(7), pp.1782-1787.
5. Elhassy, Z., Abou-Senna, H., Shaaban, K., & Radwan, E. (2020). The implications of converting a high-volume multilane roundabout into a turbo roundabout. *Journal of Advanced Transportation*, 2020.
6. Essa, M., Sayed, T. (2015). Transferability of calibrated microsimulation model parameters for safety assessment using simulated conflicts. *Accident Analysis & Prevention*, 84, 41-53.
7. Fernandes, P., Tomás, R., Acuto, F., Pascale, A., Bahmankhah, B., Guarnaccia, C., ... & Coelho, M. C. (2020). Impacts of roundabouts in suburban areas on congestion-specific vehicle speed profiles, pollutant and noise emissions: An empirical analysis. *Sustainable Cities and Society*, 62, 102386.
8. Fortuijn, L. G. (2009). Turbo roundabouts: Design principles and safety performance. *Transportation research record*, 2096(1), 16-24.
9. Gallelli, V., Iuele, T., Vaiana, R., Vitale, A. (2017). Investigating the transferability of calibrated microsimulation parameters for operational performance analysis in roundabouts. *Journal of Advanced Transportation*, 2017.
10. Gallelli, V., Guido, G., Vitale, A., Vaiana, R. (2019). Effects of calibration process on the simulation of rear-end conflicts at roundabouts. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English edition)*, 6(2), 175-184.
11. Høsser, Ø. (2017). Prioritizing bicycles and public transport at intersections (Master's thesis, NTNU).
12. Hazeghi M, Gajarzadeh S, Yazdi M, Shokri F.(2016). A model for localization of AIMSUN software according to the traffic indicators of SCATS intelligent control system Case study of

Toos-Khayyam intersection in Mashhad, march 1-2. Tehran: 15th International Conference on Transportation and Traffic Engineering.

13. Hatami, H. and Aghayan, I., (2017). Traffic efficiency evaluation of elliptical roundabout compared with modern and turbo roundabouts considering traffic signal control. *Promet-Traffic&Transportation*, 29(1), pp.1-11.

14. Kazemi Fard, A., Moghadas Nejad, F., & Kazemifard, S. (2016). Traffic condition improvement using Aimsun simulation software. *Road*, 24(87), 129-142.

15. Levinson, H., Zimmerman, S, Clinger J, Rutherford, GS.(2002). Bus rapid transit: An overview. *Journal of Public Transportation*, Vol. 5, No. 2, pp.1-30.

16. Mandavilli, S., Rys, M. J., Russell, E. R. (2008). Environmental impact of modern roundabouts. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(2), 135-142.

17. Najmi, A., Choupani, A. A., & Aghayan, I. (2019). Characterizing driver behavior in dilemma zones at signalized roundabouts. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 63, 204-215.

18. Ó Catháin, E., “ Roundabouts, ” Chartered Engineer, Associate.

19. Qian, H. B., Li, K. P., & Sun, J. (2008, October). The development and enlightenment of signalized roundabout. In 2008 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA) (Vol. 2, pp. 538-542). IEEE.

20. Sangster, J., Rakha, H., & Al-Kaisy, A. (2015). Comparative Analysis of the Through-about, Roundabout, and Conventional Signalized Intersection Designs (No. 15-1866).

21. 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.

22. Tiziana, C., Tollazzi, T. and Giovanni, T. (2015), Possible Development of Autonomic Properties on Modern Roundabouts, Arts ECR, La Valletta, Malta.

23. Tollazzi, T., Jovanović, G., & Renčelj, M. (2013). New Type of Roundabout: Dual One-Lane Roundabouts on Two Levels with Right-Hand Turning Bypasses—’Target Roundabout’. *Promet-Traffic&Transportation*, 25(5), 475-481.

24. Tollazzi, T. (2014, October). Modern Types of Roundabouts–Trends and Future Expectations. In III International Conference on Road Safety in Local Communities.

25. Tollazzi, T., (2015), "Alternative Types of Roundabouts," An Informational Guide, Springer Tracts on Transportation and Traffic STTT , Springer International Publishing Switzerland.

26. Tollazzi, T., Mauro, R., Guerrieri, M., & Rençelj, M. (2016). Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts: " Turbo", " Flower", " Target" and " Four-Flyover" Roundabout. Periodica Polytechnica Civil Engineering, 60(1), 51-60.

27. Tehran Municipality Transportation and Traffic Organization, Deputy of Studies and Planning, Bibliography (2013) Calibration of Traffic Engineering Software - Volume 3: p.51.

28. Tracz, M., & Chodur, J. (2012). Performance and safety roundabouts with traffic signals. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 53, 788-799.

29. Wong, S. C., Sze, N. N., Loo, B. P., Chow, A. S., Lo, H. K., & Hung, W. T. (2012). Performance evaluations of the spiral-marking roundabouts in Hong Kong. Journal of transportation engineering, 138(11), 1377-1387.

30. Yang, M., Wang, W, Wang Bo, Han J.(2013). Performance of the Priority Control Strategies for Bus Rapid Transit: Comparative Study from Scenario Microsimulation Using VISSIM. Hindawi Publishing Corporation Discrete Dynamics in Nature and Society Volume 2013, 9 pages.

31. Zhou Li, Wang Y, Liu Y.(2017). Active signal priority control method for bus rapid transit based on Vehicle Infrastructure Integration. International Journal of Transportation Science and Technology 6 , 99–109.

32. Zhaowei, Q. U., Yuzhou, D. U. A. N., Xianmin, S. O. N. G., & Yan, X. I. N. G. (2014). Review and outlook of roundabout capacity. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 14(5), 15-22.

۳۳. رضویان ، ا.، (۱۳۹۵)، " مدل سازی تأخیر در میدان های توربو و مدرن ، " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود ، شاهرود.

۳۴. شاهی، جلیل، عبدالاحد چوپانی، ۱۳۸۷، پرداخت و اعتبار سنجی شبیه ساز Sim Traffic برای تقاطع های چراغ دار، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، دانشگاه تهران

۳۵. شفیعی ، ر.، (۱۳۹۵)، " بررسی مدل های تأخیر در میدان های شهری ، " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان ، رشت.

۳۶. امیر کاظمی نژاد، ف. م، ش. ک.، (۱۳۹۴)، "ارایه راهکار بهبود شرایط ترافیکی با استفاده از نرم افزار شبیه سازی AIMSUN"، فصلنامه جاده ۴۳، دوره ۲۴، شماره ۸۷، ص ۱۴۷-۱۲۹.

۳۷. مقدس نژاد، فریدون، خیرخواه، مهدی، ۱۳۹۳، توسعه مدل بهینه سازی هندسی منطقه کارگاهی، جهت کاهش تأثیرات عملیات اجرایی بر زمان تأخیر شبکه حمل و نقل. پژوهشنامه حمل و نقل، سال یازدهم، شماره چهارم.

Abstract

The presence of roundabouts in the central business districts (CBD) of cities can reduce the travel speed of bus rapid transit (BRT) along the radial routes. A through-about is an unconventional and low-cost design, in which the central island is split to provide exclusive lanes for major traffic streams. Although the operation of through-about has been limitedly investigated for private transportation, it has been less considered by designers for public transportation and for increasing the speed of the BRT system. The current study aims to evaluate the effects of through-about on private and public transportation, traffic safety, and to compare the design with standard roundabouts and conventional intersections. The calibrated and validated results of the micro-simulation tool (AIMSUN) indicated that the through-about improved the travel time of both public and private transportation through better use of the space and kept the traffic flowing at all volume levels. The travel speed of the BRT in the through-about was remarkably stable in both signal-controlled and unsignalized intersections. The numbers of injury accidents and injured pedestrians in a 5-year period in the through-about were equal to 99 and 48, respectively, almost half of the corresponding numbers in a standard roundabout.

Keywords: Through-about, Standard Roundabout, Traffic Operations, Safety, Public Transport.



Shahrood University of Technology

Faculty Civil Engineering

Operational Evaluation of Through-about Roundabouts

By: Sajjad Zakeri beizakhi

Supervisor:
Dr. Abdoul-Ahad Choupani

September 2021