

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی عمران

گروه مهندسی راه و ترابری

پایان نامه کارشناسی ارشد

ارزیابی عملکرد میدان‌های بیضوی چراغ‌دار و بدون چراغ: یک رویکرد مقایسه‌ای

دانشجو: هادی حاتمی راستگو باجگیران

استاد راهنما:

دکتر ایمان آقایان

بهمن ۱۳۹۴

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده: مهندسی عمران

گروه: راه و ترابری

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای هادی حاتمی راستگو باجگیران

تحت عنوان:

ارزیابی عملکرد میدان‌های بیضوی چراغ‌دار و بدون چراغ: یک رویکرد مقایسه‌ای

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	استاد راهنما
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی: ایمان آقایان

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی: سعید گلیان		نام و نام خانوادگی: حسین قاسمزاده
			نام و نام خانوادگی: مهدی عجمی

تقدیم به استاد بزرگوارم:

بسی شایسته است از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر ایمان آقایان که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کارساز و سازنده بارور ساختند؛ تقدیر و تشکر نمایم.

همچنین از جناب آقای مهندس صادقی، مسئول بخش ترافیک شرکت هراز راه، که در تدوین این تحقیق مرا یاری نمودند کمال تشکر را دارم و از خداوند منان سلامت و سعادت ایشان را خواستارم.

تقدیم به پدر و مادرم :

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، پدر و مادری فداکار نسبیم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود، پس از پروردگار، مایه هستی ام بوده‌اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند.

تعهدنامه

اینجانب هادی حاتمی راستگو باجگیران دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته عمران - راه و ترابری دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه ارزیابی عملکرد میدان‌های بیضوی چراغ‌دار و بدون چراغ: یک رویکرد مقایسه‌ای تحت راهنمایی دکتر ایمان آقایان متعهد می‌شوم.

- ❖ تحقیقات در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه 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 می‌باشد 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 پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
 - ❖ در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.


۱۳۹۴/۱۱/۲۵

مالکیت نتایج و حق نشر

- ❖ کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- ❖ استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

امروزه با افزایش حمل و نقل، نیاز به راه کارهای مختلف برای بهبود وضعیت ترافیک بیشتر شده است. میدان‌ها از جمله این راه کارها هستند که با تنظیم کردن ترافیک به بهبود عملکرد تقاطع‌ها کمک می‌کنند. محققین طرح‌های هندسی مختلفی برای میدان‌ها معرفی کردند. از جمله این طرح‌ها میدان مدرن، توربو و بیضوی می‌باشند. تاکنون در ایران با وجود بهره‌برداری بالا از میدان‌های بیضوی مطالعات دقیقی در موضوع بررسی و مقایسه رفتار آن صورت نگرفته است. در پژوهش حاضر عملکرد میدان بیضوی در دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ بررسی می‌شود. در این راستا این میدان با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز AIMSUN، با دو میدان مدرن و توربو مقایسه شده است. در شبیه‌سازی‌های انجام شده برخی از مشخصات هندسی (از قبیل عرض خط در خیابان و در قسمت چرخشی میدان، طول خیابان، شعاع ورودی به میدان و سرعت در خیابان) ثابت و برخی دیگر (از قبیل شعاع جزیره مرکزی، سرعت در قسمت گردشی میدان و تعداد خط) متغیر هستند. میدان‌ها (مدرن، توربو و بیضوی) در سه گروه یک‌خطه، دوخطه و سه‌خطه باهم مقایسه شده‌اند. در هر گروه سه سرعت (۲۵، ۳۵ و ۴۰ کیلومتر بر ساعت) برای قسمت گردشی میدان در نظر گرفته شده است (به جز گروه یک‌خطه که تنها دو سرعت دارد؛ ۲۵ و ۳۵ کیلومتر بر ساعت). همچنین در هر گروه، سه شعاع جزیره مرکزی (مقادیر متفاوت در هر گروه) و دو نوع کنترل (بدون چراغ و دارای چراغ) فرض شده است. پس از طراحی میدان‌ها، اطلاعات خروجی (تأخیر و ظرفیت) تحت شرایط ترافیکی اشباع و غیراشباع تحلیل شده است. بر اساس نتایج پژوهش، در اکثر مواقع میدان بیضوی رفتاری مشابه میدان مدرن نشان داده و همچنین تحت شرایط خاصی عملکرد بهتری نسبت به دیگر میدان‌ها داشته است. میدان بیضوی در شرایط ترافیکی اشباع، گروه دوخطه و سه‌خطه عملکرد مطلوب‌تری نسبت به دیگر میدان‌ها از خود نشان داده است. این عملکرد در شرایط کنترلی دارای چراغ بهتر خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت، تأخیر، میدان بیضوی، میدان مدرن، میدان توربو، کنترل بدون چراغ و دارای چراغ.

لیست مقالات:

Hatami, H., & Aghayan, I. (2015). Performance evaluation of elliptical roundabout compared with modern and turbo roundabouts considering traffic signal control. (Submitted to Promet- Traffic & Transportation).

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- تعریف مسئله و ضرورت انجام تحقیق.....	۲
۳-۱- نوآوری تحقیق.....	۳
۴-۱- اهداف تحقیق.....	۳
۴-۱-۱- بررسی عملکرد میدان بیضوی و دیگر میدانها.....	۳
۴-۱-۲- اعمال کنترل توسط چراغ در میدانهای مرحله‌ی قبل و بررسی عملکرد آنها.....	۳
۴-۱-۳- مقایسه تمامی میدانها در حالت بدون چراغ و دارای چراغ.....	۴
۵-۱- فرضیه‌ها.....	۴
۶-۱- ساختار تحقیق.....	۵
۲- فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه‌ی تحقیق.....	۷
۱-۲- مقدمه.....	۸
۲-۲- تعاریف میدانها.....	۸
۲-۲-۱- میدان معمولی و مدرن.....	۸
۲-۲-۲- میدان توربو.....	۹
۲-۲-۳- میدان بیضوی.....	۱۰
۳-۲- مطالعات مربوط به میدان معمولی و مدرن.....	۱۱
۴-۲- مطالعات مربوط به میدان توربو.....	۲۲
۵-۲- مطالعات مربوط به انواع دیگر میدانها.....	۲۶
۶-۲- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری فصل.....	۲۸
۳- فصل سوم: روش تحقیق.....	۳۵

۳۶	۱-۳-مقدمه.....
۳۶	۲-۳-فرضیات و مشخصات هندسی طراحی.....
۳۹	۳-۳-طراحی میدان‌ها.....
۴۰	۱-۳-۳-طراحی میدان‌ها در نرم‌افزار اتوکد.....
۴۰	۲-۳-۳-طراحی میدان‌ها در نرم‌افزار ایمسان.....
۴۲	۴-۳-بارگذاری میدان‌ها.....
۴۳	۵-۳-استخراج نتایج از نرم‌افزار ایمسان.....
۴۴	۶-۳-خلاصه و جمع‌بندی فصل.....
۴۵	۴- فصل چهارم: نتایج شبیه‌سازی.....
۴۶	۱-۴-مقدمه.....
۴۷	۲-۴-بررسی نتایج مربوط به میدان‌های بدون چراغ.....
۴۷	۱-۲-۴-بررسی نتایج میدان مدرن بدون چراغ.....
۴۸	۱-۱-۲-۴-میدان مدرن یک‌خطه در حالت بدون چراغ.....
۴۹	۲-۱-۲-۴-میدان مدرن دوخطه در حالت بدون چراغ.....
۵۱	۳-۱-۲-۴-میدان مدرن سه‌خطه در حالت بدون چراغ.....
۵۳	۲-۲-۴-بررسی نتایج میدان توربو بدون چراغ.....
۵۳	۱-۲-۲-۴-میدان توربو دوخطه در حالت بدون چراغ.....
۵۵	۲-۲-۲-۴-میدان توربو سه‌خطه در حالت بدون چراغ.....
۵۷	۳-۲-۴-بررسی نتایج میدان بیضوی بدون چراغ.....
۵۷	۱-۳-۲-۴-میدان بیضوی یک‌خطه در حالت بدون چراغ.....
۵۹	۲-۳-۲-۴-میدان بیضوی دوخطه در حالت بدون چراغ.....
۶۱	۳-۳-۲-۴-میدان بیضوی سه‌خطه در حالت بدون چراغ.....
۶۳	۴-۲-۴-بررسی کلی نتایج میدان‌های بدون چراغ.....
۶۸	۳-۴-بررسی نتایج مربوط به میدان‌های دارای چراغ.....
۶۸	۱-۳-۴-بررسی نتایج میدان مدرن دارای چراغ.....
۶۸	۱-۱-۳-۴-میدان مدرن یک‌خطه در حالت دارای چراغ.....

۷۰	.....۲-۱-۳-۴-میدان مدرن دوخطه در حالت دارای چراغ
۷۲	.....۳-۱-۳-۴-میدان مدرن سه خطه در حالت دارای چراغ
۷۴	.....۲-۳-۴-بررسی نتایج میدان توربو دارای چراغ
۷۴	.....۱-۲-۳-۴-میدان توربو دوخطه در حالت دارای چراغ
۷۶	.....۲-۲-۳-۴-میدان توربو سه خطه در حالت دارای چراغ
۷۸	.....۳-۳-۴-بررسی نتایج میدان بیضوی دارای چراغ
۷۸	.....۱-۳-۳-۴-میدان بیضوی یک خطه در حالت دارای چراغ
۸۰	.....۲-۳-۳-۴-میدان بیضوی دوخطه در حالت دارای چراغ
۸۲	.....۳-۳-۳-۴-میدان بیضوی سه خطه در حالت دارای چراغ
۸۳	.....۴-۳-۴-بررسی کلی نتایج میدان های دارای چراغ
۸۷	.....۴-۴-بررسی کلی نتایج (بدون چراغ و دارای چراغ)
۸۷	.....۱-۴-۴-بررسی کلی میدان های یک خطه (بدون چراغ و دارای چراغ)
۸۹	.....۲-۴-۴-بررسی کلی میدان های دوخطه (بدون چراغ و دارای چراغ)
۹۱	.....۳-۴-۴-بررسی کلی میدان های سه خطه (بدون چراغ و دارای چراغ)
۹۳	.....۵-۴-جمع بندی و نتیجه گیری فصل
۹۳	.....۱-۵-۴-جمع بندی نتایج مربوط به میدان های یک خطه
۹۴	.....۲-۵-۴-جمع بندی نتایج مربوط به میدان های دوخطه
۹۴	.....۳-۵-۴-جمع بندی نتایج مربوط به میدان های سه خطه
۹۶	.....۴-۵-۴-جمع بندی کلی
۹۶	.....۶-۴-تفسیر رفتار نمودارها
۹۹	.....۵- فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری
۱۰۰	.....۱-۵-خلاصه تحقیق
۱۰۰	.....۲-۵-نتایج تحقیق
۱۰۲	.....۳-۵-پیشنهاد جهت مطالعات آینده
۱۰۵	..... پیوست

پیوست الف (نتایج کامل شبیه‌سازی) ۱۰۶

پیوست ب (تصاویری از محیط نرم‌افزار ایمسان) ۱۱۴

منابع و مراجع ۱۱۷

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: مطالعات مربوط به میدان مدرن (قسمت اول).....	۲۹
جدول ۲-۲: مطالعات مربوط به میدان مدرن (قسمت دوم).....	۳۰
جدول ۳-۲: مطالعات مربوط به میدان مدرن (قسمت سوم).....	۳۱
جدول ۴-۲: مطالعات مربوط به میدان توربو.....	۳۲
جدول ۵-۲: مطالعات مربوط به دیگر میدان‌ها.....	۳۳
جدول ۱-۳: سرعت‌های توصیه شده در آیین‌نامه برای انواع میدان‌ها (میدان‌ها: یک راهنمای جامع، ۲۰۰۰).....	۳۸
جدول ۲-۳: پارامترهای متغیر در میدان‌ها.....	۴۰
جدول ۳-۳: خلاصه‌ای از تعداد مدل‌ها و مشخصات هر یک از آن‌ها.....	۴۰
جدول ۴-۳: ماتریس OD جریان ترافیکی ۸۰۰ خودرو در هر ساعت.....	۴۲
جدول ۱-۴: خلاصه نتایج تأثیر افزایش شعاع بر تأخیر در میدان‌های بدون چراغ.....	۶۴
جدول ۲-۴: خلاصه نتایج تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر در میدان‌های بدون چراغ.....	۶۵
جدول ۳-۴: خلاصه نتایج تأثیر افزایش شعاع بر ظرفیت در میدان‌های بدون چراغ.....	۶۶
جدول ۴-۴: خلاصه نتایج تأثیر افزایش سرعت بر ظرفیت در میدان‌های بدون چراغ.....	۶۶
جدول ۵-۴: نتایج تأخیر (ثانیه در هر کیلومتر) در میدان‌های بدون چراغ.....	۶۸
جدول ۶-۴: نتایج ظرفیت (خودرو در هر ساعت) در میدان‌های بدون چراغ.....	۶۸
جدول ۷-۴: خلاصه نتایج تأثیر افزایش شعاع بر تأخیر در میدان‌های دارای چراغ.....	۸۴
جدول ۸-۴: خلاصه نتایج تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر در میدان‌های دارای چراغ.....	۸۵
جدول ۹-۴: خلاصه نتایج تأثیر افزایش شعاع بر ظرفیت در میدان‌های دارای چراغ.....	۸۵
جدول ۱۰-۴: خلاصه نتایج تأثیر افزایش سرعت بر ظرفیت در میدان‌های دارای چراغ.....	۸۶
جدول ۱۱-۴: نتایج تأخیر (ثانیه در هر کیلومتر) در میدان‌های دارای چراغ.....	۸۷

- جدول ۴-۱۲: نتایج ظرفیت (خودرو در هر ساعت) در میدان‌های دارای چراغ.....۸۷
- جدول ۱-۱۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان یک‌خطه در سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت...۱۰۶
- جدول ۲-۲۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان یک‌خطه در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت...۱۰۷
- جدول ۳-۳۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان دوخطه در سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت.....۱۰۸
- جدول ۴-۴۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان دوخطه در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت.....۱۰۹
- جدول ۵-۵۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان دوخطه در سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت.....۱۱۰
- جدول ۶-۶۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان سه‌خطه در سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت....۱۱۱
- جدول ۷-۷۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان سه‌خطه در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت....۱۱۲
- جدول ۸-۸۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان سه‌خطه در سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت....۱۱۳

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲: طرح هندسی میدان معمولی یا مدرن	۹
شکل ۲-۲: طرح هندسی میدان توربو از نوع چرخان	۱۰
شکل ۳-۲: طرح هندسی میدان بیضوی	۱۱
شکل ۴-۲: نمونه‌ای از طرح هندسی میدان گل (تولازی و همکاران، ۲۰۱۱)	۲۷
شکل ۵-۲: نمونه‌ای از طرح هندسی میدان هدف (تولازی و همکاران، ۲۰۱۳)	۲۸
شکل ۱-۳: نحوه توزیع حرکت خودروها در تمام میدان‌ها	۳۷
شکل ۲-۳: مشخصات هندسی ثابت و متغیر در میدان‌ها	۳۹
شکل ۳-۳: نمونه طرح هندسی میدان مدرن دوخطه در نرم‌افزار ایمسان	۴۱
شکل ۴-۳: نمونه طرح هندسی میدان توربو دوخطه در نرم‌افزار ایمسان	۴۱
شکل ۵-۳: نمونه طرح هندسی میدان بیضوی دوخطه در نرم‌افزار ایمسان	۴۲
شکل ۶-۳: نمونه شبیه‌سازی میدان دوخطه در نرم‌افزار ایمسان	۴۳
شکل ۱-۴: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان مدرن بدون چراغ (یک‌خطه)	۴۸
شکل ۲-۴: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۰ (m) بر تأخیر میدان مدرن بدون چراغ (یک‌خطه)	۴۹
شکل ۳-۴: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان مدرن بدون چراغ (یک‌خطه)	۴۹
شکل ۴-۴: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان مدرن بدون چراغ (دوخطه)	۵۰
شکل ۵-۴: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ (m) بر تأخیر میدان مدرن بدون چراغ (دوخطه)	۵۰
شکل ۶-۴: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان مدرن بدون چراغ (دوخطه)	۵۱
شکل ۷-۴: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان مدرن بدون چراغ (سه‌خطه)	۵۲
شکل ۸-۴: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ (m) بر تأخیر میدان مدرن بدون چراغ (سه‌خطه)	۵۲
شکل ۹-۴: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان مدرن بدون چراغ (سه‌خطه)	۵۳
شکل ۱۰-۴: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان توربو بدون چراغ (دوخطه)	۵۴
شکل ۱۱-۴: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ (m) بر تأخیر میدان توربو بدون چراغ (دوخطه)	۵۴
شکل ۱۲-۴: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان توربو بدون چراغ (دوخطه)	۵۵

شکل ۴-۱۳: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان توربو بدون چراغ (سه خطه) ... ۵۶

شکل ۴-۱۴: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ (m) بر تأخیر میدان توربو بدون چراغ (سه خطه) ۵۶

شکل ۴-۱۵: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان توربو بدون چراغ (سه خطه)..... ۵۷

شکل ۴-۱۶: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان بیضوی بدون چراغ (یک خطه) ۵۸

شکل ۴-۱۷: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۰ (m) بر تأخیر میدان بیضوی بدون چراغ (یک خطه) ۵۸

شکل ۴-۱۸: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان بیضوی بدون چراغ (یک خطه)..... ۵۹

شکل ۴-۱۹: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان بیضوی بدون چراغ (دو خطه) .. ۶۰

شکل ۴-۲۰: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ (m) بر تأخیر میدان بیضوی بدون چراغ (دو خطه)..... ۶۰

شکل ۴-۲۱: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان بیضوی بدون چراغ (دو خطه)..... ۶۱

شکل ۴-۲۲: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان بیضوی بدون چراغ (سه خطه) ۶۲

شکل ۴-۲۳: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ (m) بر تأخیر میدان بیضوی بدون چراغ (سه خطه) ۶۲

شکل ۴-۲۴: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان بیضوی بدون چراغ (سه خطه)..... ۶۳

شکل ۴-۲۵: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان مدرن دارای چراغ (یک خطه). ۶۹

شکل ۴-۲۶: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۰ (m) بر تأخیر میدان مدرن دارای چراغ (یک خطه) ۷۰

شکل ۴-۲۷: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان مدرن دارای چراغ (یک خطه)..... ۷۰

شکل ۴-۲۸: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان مدرن دارای چراغ (دو خطه) ... ۷۱

شکل ۴-۲۹: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ (m) بر تأخیر میدان مدرن دارای چراغ (دو خطه) ۷۱

شکل ۴-۳۰: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان مدرن دارای چراغ (دو خطه)..... ۷۲

شکل ۴-۳۱: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان مدرن دارای چراغ (سه خطه).. ۷۳

شکل ۴-۳۲: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ (m) بر تأخیر میدان مدرن دارای چراغ (سه خطه)..... ۷۳

شکل ۴-۳۳: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان مدرن دارای چراغ (سه خطه)..... ۷۴

شکل ۴-۳۴: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان توربو دارای چراغ (دو خطه)..... ۷۵

شکل ۴-۳۵: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ (m) بر تأخیر میدان توربو دارای چراغ (دو خطه)..... ۷۵

شکل ۴-۳۶: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان توربو دارای چراغ (دو خطه)..... ۷۶

شکل ۴-۳۷: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان توربو دارای چراغ (سه خطه) ... ۷۷

شکل ۴-۳۸: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ (m) بر تأخیر میدان توربو دارای چراغ (سه خطه) ۷۷

شکل ۴-۳۹: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان توربو دارای چراغ (سه خطه)..... ۷۸

شکل ۴-۴۰: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان بیضوی دارای چراغ (یک خطه)..... ۷۹

شکل ۴-۴۱: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۰ (m) بر تأخیر میدان بیضوی دارای چراغ (یک خطه)..... ۷۹

شکل ۴-۴۲: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان بیضوی دارای چراغ (یک خطه)..... ۸۰

شکل ۴-۴۳: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان بیضوی دارای چراغ (دو خطه)..... ۸۰

شکل ۴-۴۴: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ (m) بر تأخیر میدان بیضوی دارای چراغ (دو خطه)..... ۸۱

شکل ۴-۴۵: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان بیضوی دارای چراغ (دو خطه)..... ۸۱

شکل ۴-۴۶: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان بیضوی دارای چراغ (سه خطه)..... ۸۲

شکل ۴-۴۷: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ (m) بر تأخیر میدان بیضوی دارای چراغ (سه خطه)..... ۸۳

شکل ۴-۴۸: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان بیضوی دارای چراغ (سه خطه)..... ۸۳

شکل ۴-۴۹: تأثیر افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی بر تأخیر در سرعت ثابت ۳۵ کیلومتر بر ساعت در میدان‌های یک خطه (شعاع ۱۵ متر (الف)، شعاع ۲۰ متر (ب)، شعاع ۲۲/۵ متر (ج))..... ۸۸

شکل ۴-۵۰: تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر در شعاع ثابت ۲۰ متر در میدان‌های یک خطه (سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت (الف)، سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت (ب))..... ۸۸

شکل ۴-۵۱: تأثیر افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی (الف) و سرعت (ب) بر ظرفیت در میدان‌های یک خطه..... ۸۹

شکل ۴-۵۲: تأثیر افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی بر تأخیر در سرعت ثابت ۳۵ کیلومتر بر ساعت در میدان‌های دو خطه (شعاع ۱۵ متر (الف)، شعاع ۲۵ متر (ب)، شعاع ۳۵ متر (ج))..... ۹۰

شکل ۴-۵۳: تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر در شعاع ثابت ۲۵ متر در میدان‌های دو خطه (سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت (الف)، سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت (ب)، سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت (ج))..... ۹۰

شکل ۴-۵۴: تأثیر افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی (الف) و سرعت (ب) بر ظرفیت در میدان‌های دو خطه..... ۹۱

شکل ۴-۵۵: تأثیر افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی بر تأخیر در سرعت ثابت ۳۵ کیلومتر بر ساعت در میدان‌های سه خطه (شعاع ۳۵ متر (الف)، شعاع ۴۵ متر (ب)، شعاع ۵۰ متر (ج))..... ۹۱

شکل ۴-۵۶: تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر در شعاع ثابت ۴۵ متر در میدان‌های سه خطه (سرعت ۲۵

کیلومتر بر ساعت (الف)، سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت (ب)، سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت (ج)..... ۹۲

شکل ۴-۵۷: تأثیر افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی (الف) و سرعت (ب) بر ظرفیت در میدان‌های سه‌خطه

۹۲.....

شکل ۱-۰: شکل کلی از محیط نرم‌افزار ایمسان..... ۱۱۴

شکل ۲-۰: نمونه‌ای از شبیه‌سازی در نرم‌افزار ایمسان..... ۱۱۴

شکل ۳-۰: نمونه بارگذاری در نرم‌افزار ایمسان..... ۱۱۵

شکل ۴-۰: تعریف مراکز مبدأ- مقصد در نرم‌افزار ایمسان..... ۱۱۵

شکل ۵-۰: تعریف گره و حرکت خودروها در نرم‌افزار ایمسان..... ۱۱۶

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه

امروزه با توجه به افزایش حمل و نقل، نیاز به راه کار و طرح های مختلف برای بهبود وضعیت ترافیک بیشتر شده است. میدان ها نیز جزئی از این طرح ها بوده که به عنوان راه کاری نوین برای تقاطع هایی مطرح شده است که مشکلات ترافیکی و ایمنی داشتند؛ اما با طراحی آن، نیاز به راه کارهای نوین برطرف نشد و همچنان این نیاز وجود دارد. محققین با بررسی دقیق میدان ها متوجه مشکلات آن شده و با معرفی طرح های مختلفی از میدان سعی در برطرف کردن این مشکلات نموده اند؛ جداسازی گردش به راست، جداسازی خطوط، تغییر اولویت حق تقدم، کنترل توسط چراغ از جمله تغییراتی بود که در میدان اعمال شده است.

بنا بر راهکارهای پیشنهاد شده در رفع مشکلات میدان ها انواع مختلف آن با نام های میدان مدرن^۱، توربو^۲ و بیضوی^۳ شکل گرفته است. در همین راستا پژوهش حاضر در جهت بررسی دقیق میدان ها تدوین شده است. روند پژوهش بر این اساس است که رفتار هر یک از میدان ها تحت شرایط مختلف بررسی شده و در نهایت با یکدیگر مقایسه شده اند.

۱-۲- تعریف مسئله و ضرورت انجام تحقیق

تاکنون میدان های مختلفی توسط محققین مورد بررسی قرار گرفته و تحت شرایط گوناگون، عملکرد آن ها تحلیل شده است؛ اما میدان بیضوی علی رغم کاربرد آن در ایران، مورد توجه دقیق محققین نبوده است. رفتار این میدان تحت شرایط مختلف هندسی و ترافیکی نامشخص است. لذا ضرورت انجام مطالعات و بررسی این نوع میدان در ایران از اهمیت فراوانی برخوردار است. اهمیت شناسایی رفتار میدان بیضوی در این است که شرایطی که در آن بهتر عمل می کند مشخص شده و با شناسایی رفتار آن و مقایسه با دیگر میدان ها (مدرن و توربو) عملکرد آن را بررسی می کنیم.

¹ Modern roundabout

² Turbo roundabout

³ Elliptical roundabout

۱-۳- نوآوری تحقیق

میدان بیضوی نوع خاصی از انواع میدان‌ها بوده که در یک جهت، طول بیشتری داشته و این امر می‌تواند در عملکرد آن تحت شرایط خاصی تأثیر بسزایی داشته باشد. در این راستا به بررسی آن و میدان‌های دیگر (مدرن و توربو)، تحت شرایط مختلف پرداخته شده تا رفتارشان به‌طور کامل مشخص گردد. همچنین شرایطی که در نظر گرفته شده، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این شرایط شامل تغییر شعاع جزیره‌ی مرکزی میدان، تغییر سرعت خودروها در قسمت گردشی میدان و همچنین تغییر تعداد خطوط بوده است. تمامی این شرایط در دو حالت میدان بدون چراغ و دارای چراغ بررسی شده است. این میدان‌ها در شرایط جریان ترافیکی اشباع و غیراشباع مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۱-۴- اهداف تحقیق

در پژوهش حاضر، اهداف به سه دسته تقسیم‌بندی شده‌اند؛

۱-۴-۱- بررسی عملکرد میدان بیضوی و دیگر میدان‌ها

با در نظر گرفتن شرایط هندسی مختلف رفتار هر یک از میدان‌ها به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. افزایش تعداد خطوط، افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی میدان و افزایش سرعت در قسمت گردشی از جمله شرایط هندسی مختلف می‌باشند. بررسی عملکرد میدان‌ها در شرایط جریان ترافیکی اشباع و غیراشباع صورت می‌گیرد.

۱-۴-۲- اعمال کنترل توسط چراغ در میدان‌های مرحله‌ی قبل و بررسی

عملکرد آن‌ها

هر یک از میدان‌هایی که در مرحله‌ی قبل طراحی شده‌اند، با اعمال چراغ در آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته شده است. همچنین تأثیر افزایش تعداد خطوط، شعاع جزیره‌ی مرکزی میدان و افزایش سرعت نیز بررسی شده است.

۱-۴-۳- مقایسه تمامی میدان‌ها در حالت بدون چراغ و دارای چراغ

در این مرحله تمامی میدان‌های مدل‌شده در مرحله‌ی اول و دوم با یکدیگر مقایسه شده و مزایا و معایب هر یک از آن‌ها در شرایط مختلف بررسی شده است.

۱-۵- فرضیه‌ها

میدان‌ها با توجه به موارد ذکر شده در آیین‌نامه‌ها (میدان‌ها: یک راهنمای جامع، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰) طراحی شده‌اند. فرضیاتی نیز برای مقایسه و بررسی عملکرد میدان‌ها در نظر گرفته شده است. با توجه به آیین‌نامه‌های ذکر شده، فرضیات شامل موارد ذیل می‌باشند؛

- میدان‌ها در داخل شهر قرار دارند و خودروهای عبوری از میدان تنها خودروی سواری سبک هستند.

- طول هر یک از خیابان‌های متصل به میدان ۱۰۰ متر، عرض خطوط در خیابان‌ها ۳/۶۵ متر و در میدان‌ها ۱/۲ برابر آن (۴/۳۸ متر) می‌باشد. مقدار شانه راه در خیابان‌ها ۱ متر و در دور میدان ۱/۵ متر در نظر گرفته شده است.

- گردش خودروها در تمامی میدان‌ها ثابت است. ۳۰ درصد خودروها گردش به راست، ۳۰ درصد گردش به چپ، ۳۰ درصد حرکت مستقیم و ۱۰ درصد دور می‌زنند.

- مقدار سرعت در خیابان‌های شهری ۵۰ کیلومتر بر ساعت است که این مقدار، فرض اولیه‌ی نرم‌افزار می‌باشد.

- شعاع ورودی در میدان‌ها با توجه به میزان سرعت در میدان در نظر گرفته شده است. برای سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت مقدار شعاع ورودی ۱۵ متر، برای سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت مقدار شعاع ورودی ۳۰ متر و برای سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت مقدار شعاع ورودی ۴۵ متر در نظر گرفته شده است. در میدان یک‌خطه سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت طبق توصیه‌ی آیین‌نامه طراحی نشده است. بر طبق این آیین‌نامه، مقدار شعاع ورودی برای

میدان‌های یک‌خطه معمولاً بین ۱۵ تا ۳۰ متر می‌باشد.

- در میدان بیضوی مقدار شعاع بزرگ دو برابر مقدار شعاع کوچک در نظر گرفته شده است.

۱-۶- ساختار تحقیق

در فصل اول، به معرفی و ضرورت انجام تحقیق پرداخته شده است. سپس جنبه‌ی نوآوری و اهداف تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. این اهداف به سه دسته تقسیم شده‌اند که در انتهای تحقیق به آن‌ها اشاره شده است. در راستای رسیدن به این اهداف، فرضیاتی در نظر گرفته شده که در همین فصل به آن‌ها اشاره شده است.

در فصل دوم، به تعریف میدان‌ها و مطالعات گذشته مربوط به آن‌ها پرداخته می‌شود. ابتدا انواع میدان‌ها (مدرن، توربو و بیضوی) تعریف شده و نمونه‌ای از طرح هندسی آن‌ها ارائه می‌شود. سپس مطالعات مربوط به هر یک از این میدان‌ها به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند. در انتهای فصل، مطالعات گذشته به‌صورت خلاصه در جداولی ارائه شده است.

در فصل سوم، مراحل انجام تحقیق از نحوه مدل‌سازی تا گرفتن نتایج از نرم‌افزار توضیح داده می‌شود. در این فصل فرضیه‌ها، نحوه‌ی طراحی میدان‌ها، بارگذاری مدل‌ها و اشکال هندسی مختلف آن‌ها به‌طور کامل توضیح داده می‌شود.

در فصل چهارم، نتایج حاصل از نرم‌افزار دسته‌بندی و تحلیل می‌شوند. میدان‌ها در دو گروه بدون چراغ و دارای چراغ با هم مقایسه می‌شوند. در هر یک از این گروه‌ها ابتدا نتایج هر میدان به‌صورت جداگانه تحلیل شده و سپس تمامی میدان‌ها (مدرن، توربو و بیضوی) با هم مقایسه می‌شوند. تأثیر افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی و افزایش سرعت در قسمت گردشی میدان بر تأخیر و ظرفیت این میدان‌ها بررسی می‌شوند. فصل پنجم نیز خلاصه‌ای از تحقیق ارائه می‌دهد که شامل مراحل انجام تحقیق و تحلیل نتایج می‌باشد.

فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه‌ی تحقیق

۲-۱- مقدمه

در این فصل به بررسی پیشینه‌ی تحقیقات انجام شده در ارتباط با موضوع پرداخته شده است. در وهله‌ی اول به تعریف انواع میدان‌ها (مدرن، توربو و بیضوی) پرداخته شده، سپس مطالعات و پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با میدان‌ها مورد بررسی قرار گرفته شده است. به دلیل عدم وجود مطالعه در مورد میدان بیضوی تنها به تعریف آن پرداخته شده است.

۲-۲- تعاریف میدان‌ها

همان‌طور که بیان شد، در پژوهش حاضر عملکرد سه میدان مدرن، توربو و بیضوی بررسی شده است. میدان مدرن و توربو در مطالعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند اما به میدان بیضوی به‌طور جدی پرداخته نشده است.

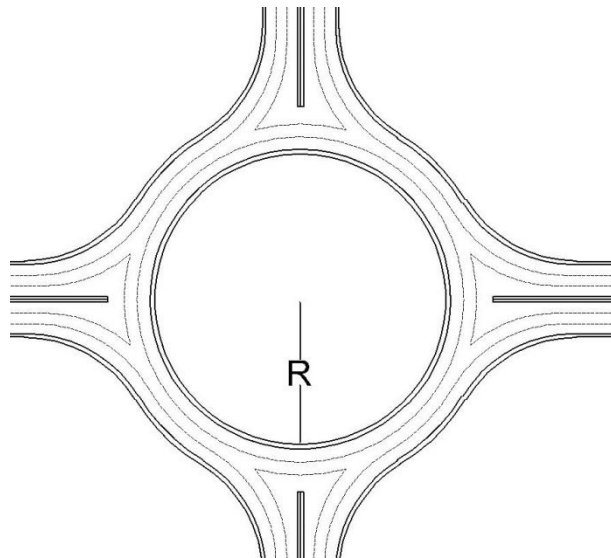
۲-۲-۱- میدان معمولی^۱ و مدرن

میدان معمولی تقاطعی است که یک جزیره‌ی مرکزی در آن وجود دارد و خودروها به‌صورت ساعت‌گرد یا پادساعت‌گرد به دور آن می‌چرخند. با گذشت زمان، میدان‌ها تغییر کردند و میدان مدرن معرفی شد. میدان مدرن توسط سه مشخصه از میدان معمولی متمایز می‌شود. این سه مشخصه شامل حق تقدم در ورودی میدان، انحنا و میزان دید می‌باشند. مهم‌ترین این مشخصه‌ها حق تقدم در ورودی میدان است. در میدان معمولی حق تقدم با خودروهای ورود به میدان است اما در میدان مدرن حق تقدم با خودروهایی می‌باشد که در قسمت گردش میدان می‌چرخند. این امر سبب می‌شود که ظرفیت افزایش یافته و تأخیر به میزان قابل توجهی کاهش یابد. استفاده از انحنا در طراحی میدان کمک می‌کند تا خودروهای وارد شده به میدان، سرعت خود را کاهش دهند و به همین جهت ایمنی در نقاط برخورد افزایش یافته است. عواملی که بر انحنا تأثیر دارند شامل اندازه و مکان جزیره‌ی مرکزی میدان، معرفی خیابان‌های غیر عمود بر هم در ورودی و خروجی میدان می‌باشند. میزان دید

¹ Conventional roundabout

در میدان به تعداد خطوط و عرض خطها مربوط می‌شود (سیسیوپیکو و اوه^۱، ۲۰۰۱).

در شکل ۱-۲ طرح هندسی یک میدان مدرن یا معمولی نشان داده شده است. همان‌طور که بیان شد تفاوت این دو میدان بیشتر در حق تقدم آنها بوده است.



شکل ۱-۲: طرح هندسی میدان معمولی یا مدرن

۲-۲-۲- میدان توربو

فورتون^۲ (فورتون، ۲۰۰۹)، میدان توربو را به عنوان پاسخی برای حل مشکل ایمنی میدان‌های دوخطه معرفی کرد. در میدان توربو، بسیاری از نقاط برخورد توسط جداسازی خطوط حذف شده است. این جداسازی‌ها توسط جداکننده‌های قابل عبور انجام می‌شود. میدان توربو دارای ۶ شکل اصلی است: میدان زانویی^۳، میدان توربو اولیه^۴، میدان مارپیچ^۵، میدان ستاره^۶، میدان تخم‌مرغی^۷ و میدان چرخان^۸. یک میدان در صورتی میدان توربو نامیده می‌شود که مشخصه‌های زیر را داشته باشد:

¹ Sisiopiku and Oh

² Fortuijn

³ The knee roundabout

⁴ The basic turbo roundabout

⁵ The spiral roundabout

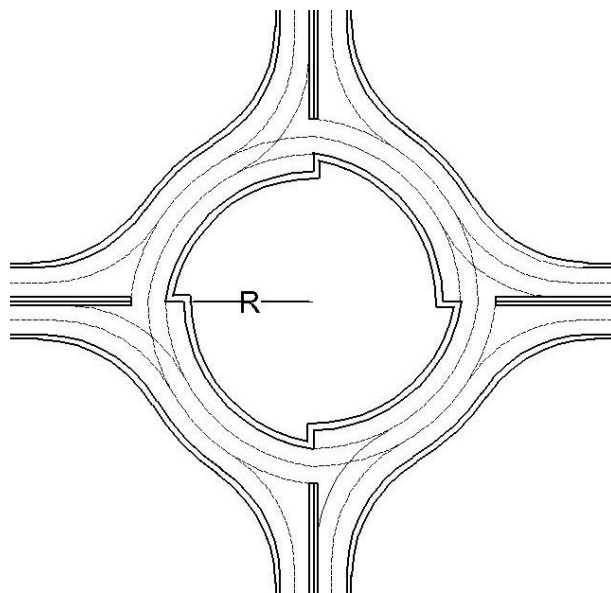
⁶ The star roundabout

⁷ The egg roundabout

⁸ The rotor roundabout

- اضافه کردن خط دوم در یک یا چند ورودی
- حق تقدم به بیشتر از دو خط داده نشود
- دارای علائم چرخشی ملایم
- دارای جداکننده‌های قابل عبور
- یک خط دارای انتخاب جهت وجود داشته باشد
- حداقل دو خیابان خروجی دوخطه باشند
- انحنای مطلوب توسط قطر کم
- خیابان‌های دسترسی زاویه ۹۰ درجه نسبت به هم داشته باشند

در این تحقیق از میدان توربو نوع چرخان استفاده شده است. ظرفیت این میدان نسبت به دیگر انواع میدان‌های توربو بیشتر بوده و به همین دلیل از این نوع میدان توربو استفاده می‌کنیم. نمونه‌ای از طرح هندسی این میدان در شکل ۲-۲ نمایش داده شده است.

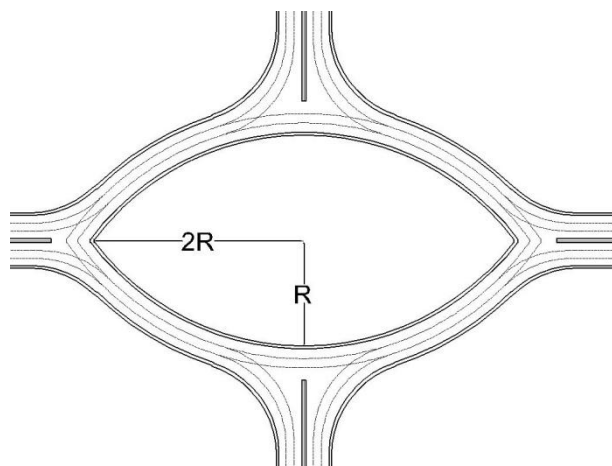


شکل ۲-۲: طرح هندسی میدان توربو از نوع چرخان

۲-۲-۳- میدان بیضوی

میدان بیضوی همانند میدان معمولی عمل می‌کند با این تفاوت که جزیره‌ی مرکزی آن

به صورت بیضوی است. این امر سبب شده تا در یک جهت طول صف بیشتر شود. جزیره‌ی مرکزی این میدان دارای دو شعاع کوچک و بزرگ بوده که در این تحقیق مقدار شعاع بزرگ دو برابر شعاع کوچک در نظر گرفته شده است. دلیل دو برابر گرفتن شعاع بزرگ نسبت به شعاع کوچک این است که تفاوت عملکرد دو میدان مدرن و بیضوی به طور کامل مشخص شود. نمونه‌ای از طرح هندسی این میدان در شکل ۳-۲ نمایش داده شده است.



شکل ۳-۲: طرح هندسی میدان بیضوی

۳-۲- مطالعات مربوط به میدان معمولی و مدرن

مطالعات زیادی در زمینه‌ی بررسی عملکرد میدان‌ها (معمولی و مدرن) وجود دارد. در ادامه به بررسی چند نمونه از این مطالعات پرداخته شده است؛ از جمله این مطالعات، مطالعه‌ی ژانگ^۱ و همکارانش (ژانگ و همکارانش، ۲۰۰۹) می‌باشد. آن‌ها به تحلیل دینامیکی تأخیر در میدان‌ها و تقاطع‌های دارای چراغ پرداختند. هدف اصلی آن‌ها در این مقاله ایجاد رابطه بین تأخیر خودروها و فاصله‌ی خودرو از ابتدای صف می‌باشد. منظور از تأخیر خودروها تأخیری است که خودرو به صف تشکیل شده می‌پیوندد تا از تقاطع خارج شود. برای این منظور یک مدل ریاضی پیشنهاد کردند که رابطه میان این دو را پیش‌بینی می‌کرد. آن‌ها متوجه شدند برای صف‌هایی که طول متوسط دارند میدان عملکرد بهتری نسبت به تقاطع دارای چراغ دارد؛ اما در طول صف‌های بزرگ‌تر تقاطع بسیار

¹ Zhang

بهتر عمل می‌کند. مقدار طول صفی که مقدار تأخیر در میدان و تقاطع با هم برابر می‌شوند را طول l_0 نامیدند. در طول‌های کمتر از l_0 میدان تأخیر کمتری دارد و در طول صف‌های بیشتر از l_0 تقاطع دارای چراغ تأخیر کمتری دارد.

مطالعات مختلفی به بررسی ظرفیت در میدان‌ها پرداختند. کیو^۱ و همکارانش (کیو و همکاران، ۲۰۱۴) به بررسی ظرفیت میدان‌های مدرن یک‌خطه پرداختند. این میدان‌ها در حومه شهر در استرالیا زیاد دیده می‌شود. به همین دلیل یک مدل تحلیلی بر اساس تئوری قبول وقفه^۲ و با اضافه کردن تأثیر خودروهای خروجی پیشنهاد کردند. آیین‌نامه HCM، ظرفیت ورودی میدان را با استفاده از تئوری وقفه به دست می‌آورد؛ اما در این آیین‌نامه از پارامترهای اولیه وقفه بحرانی و زمان تعقیب^۳ استفاده می‌شود. ظرفیت ورودی یک دسترسی میدان مطابق رابطه‌ی (۱-۲) به دست می‌آید:

$$c_a = v_c q, q = \frac{\exp\left(-\frac{v_c \tau}{3600}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{v_c \tau'}{3600}\right)} \quad (1-2)$$

در این رابطه، c_a ظرفیت خیابان دسترسی a برحسب خودرو در ساعت، v_c ترافیک در حال گردش در قسمت برخورد با ورودی برحسب خودرو در ساعت، τ و τ' به ترتیب وقفه بحرانی و زمان تعقیب، q تعداد خودروهای واردشده‌ی مورد انتظار به میدان از این دسترسی در یک وقفه می‌باشند. با توجه به نتایجی که گرفتند متوجه شدند با نادیده گرفتن خودروهای خروجی تحت شرایط ترافیکی مختلف، ممکن است ظرفیت یک خیابان دسترسی میدان دست کم یا دست بالا گرفته شود. به همین دلیل مدل جدیدی پیشنهاد کردند. در این مدل آن‌ها دو نوع وقفه در نظر گرفتند: وقفه‌ای که خودروهای خروجی در آن دخالت دارند (نوع یک) و وقفه‌ای که خودروهای خروجی در آن دخالت ندارند (نوع دو). رابطه (۲-۲) ظرفیت در این حالت را نشان می‌دهد. در این رابطه ρ مقدار خودروهای خروجی از جریان در حال گردش می‌باشد. $v_{c,r}$ ترافیک در حال گردش در قسمت برخورد با ورودی در

¹ Qu

² Gap acceptance theory

³ Follow-up time

مدل جدید می‌باشد.

$$c' = v_{c'} \times \left[\rho + \frac{\exp\left(-\frac{v_{c'}\tau}{3600}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{v_{c'}\tau'}{3600}\right)} \right] \quad (2-2)$$

سیسیوپیکو و اوه (سیسیوپیکو و اوه، ۲۰۰۱) با استفاده از نرم‌افزار SIDRA عملکرد میدان را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها عملکرد میدان را با تقاطع دارای چهار دسترسی مقایسه کردند. با استفاده از نرم‌افزار سه کنترل برای تقاطع در نظر گرفته شد: کنترل توسط حق تقدم، کنترل توسط تابلوهای توقف در دو طرف و چهار طرف خیابان‌ها و کنترل توسط چراغ. هدف آن‌ها از مطالعات این بود که مشخص کنند تحت چه شرایطی میدان‌ها مناسب‌تر از تقاطع‌ها می‌باشند. این مقایسه‌ها توسط پارامترهای میانگین تأخیر و ظرفیت انجام شد. همچنین چند فرض منطقی در مورد تعداد خطوط، عرض خطوط و درصد گردش به چپ در نظر گرفته شد. نتایج بدست‌آمده مرتبط با میدان از این مطالعه به صورت زیر خلاصه می‌شود:

- تقاطع دارای چهار خط توقف، در مقایسه با میدان و تقاطع دارای چراغ در حجم‌های ترافیکی کم و زیاد، دارای تأخیر بیشتر است.
- هنگامی که میزان دید در تقاطع‌های دارای خیابان‌های یک‌خطه به حداکثر خود می‌رسد، میدان و تقاطع دارای چراغ انتخاب‌های مناسبی می‌باشند.
- در تقاطع‌های دارای خیابان‌های دوخطه تحت ترافیک شدید، میدان‌ها عملکرد بهتری نسبت به دیگر انواع تقاطع‌ها دارند.
- در تقاطع‌های دارای خیابان‌های سه‌خطه بهترین عملکرد مخصوصاً تحت ترافیک شدید مربوط به تقاطع دارای چراغ می‌باشد. میدان‌ها انتخاب مناسبی در این شرایط نیستند.
- در تقاطع‌های دارای درصد گردش به چپ زیاد، میدان دارای خیابان دوخطه عملکرد بهتری از لحاظ تأخیر و ظرفیت دارد.

- میدان‌های دوخطه و سه‌خطه ظرفیت بیشتری نسبت به تقاطع دارای چراغ ارائه می‌دهد.

المدانی^۱ (المدانی، ۲۰۱۳) با مطالعه بر روی ظرفیت میدان‌های بزرگ دوخطه و سه‌خطه یک مدل چند متغیره برای پیش‌بینی حداکثر جریان ورودی در حین جریان تحمیل‌شده معرفی کرد. این مدل، جریان در حال گردش به دور میدان، جریان خروجی و مشخصات هندسی میدان را در نظر می‌گیرد. ۸ روش بین‌المللی برای به‌دست آوردن ظرفیت در این مقاله استفاده شده است تا مدل به دست آمده با آن‌ها مقایسه شود. این ۸ روش توسط افراد مختلف معرفی شده‌اند که پارامترهای هندسی به کار گرفته شده در این روش‌ها با هم متفاوت است. این مدل با اطلاعات میدانی به خوبی مطابقت داشته و پاسخی بین روش‌های بین‌المللی ارائه می‌دهد.

برگمن^۲ و همکارانش (برگمن و همکاران، ۲۰۱۱) با استفاده از مدل‌های تحلیلی و شبیه‌سازی به بررسی سطح سرویس میدان‌ها پرداختند. آن‌ها در این مطالعه تأثیر عبور عابرین پیاده از میدان را بر مدل رودگز و بلک ولدر^۳ ارزیابی کرده و آن را با مدل شبیه‌سازی شده در برنامه‌ی VISSIM مقایسه کردند. داده‌های استفاده شده در این مطالعه از دو میدان در منطقه استکهلم^۴ استخراج شد. در یکی از میدان‌ها که جریان ترافیکی متوسط تا زیاد بود، متوجه شدند که عابرین پیاده و دوچرخه‌سواران در عملکرد میدان تأثیر دارند. با استفاده از مدل تحلیلی ظرفیت در این میدان محاسبه شد. با در نظر گرفتن عبور عابرین پیاده و دوچرخه‌سواران از میدان، ۱۸ درصد کاهش در ظرفیت مشاهده شد. نتایج حاصل شده از شبیه‌سازی نیز تأثیر عابران و دوچرخه‌سواران بر عملکرد میدان را تأیید می‌کند. در میدان دیگر که جریان‌های ترافیک کم بود با مشاهده فیلم‌های گرفته شده از میدان، تأثیری بر ظرفیت آن یافت نشد. مدل تحلیلی کاهش ظرفیت تا ۰/۱۲ درصد را نشان داد. در شبیه‌سازی نیز تأثیر عابرین پیاده بسیار ناچیز بود.

¹ Al-Madani

² Bergman

³ Rodegerdts and Blackwelder

⁴ Stockholm

چانگ^۱ و همکارانش (چانگ و همکاران، ۲۰۱۳)، با جایگزینی میدان مدرن با تقاطع‌ها تأثیر کاهش تأخیر را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با این مطالعه قصد داشتند تا تأثیر مثبت میدان مدرن در کشور کره را مشخص کنند و آن را در کل کشور توسعه دهند. تعدادی تقاطع مشابه با میدان مدرن در نظر گرفته شد. تقاطع دارای چراغ نیز مورد بررسی قرار گرفت زیرا که زمان انتظار در پشت چراغ قرمز، تأثیر زیادی در تغییرات تأخیر دارد. این تقاطع‌ها در نرم‌افزار VISSIM به میدان تبدیل شدند و در این راستا حجم ترافیک، ساختار هندسی میدان برای هر منطقه، نسبت خودروی سنگین و محدودیت سرعت در نظر گرفته شدند. مقادیر خروجی تحلیلی حاصل از نرم‌افزار شامل تأخیر کلی، میانگین تأخیر و میانگین سرعت می‌باشد. مقدار زمان تحلیل در برنامه VISSIM برابر با ۶۰۰ ثانیه در نظر گرفته شده است. برای هر منطقه دو شبیه‌سازی انجام شده است. یک شبیه‌سازی قبل از ساخت میدان و دیگری بعد از ساخت میدان مدرن صورت گرفته است.

چانگ و همکارانش نتایج به‌دست آمده را در سه مرحله تحلیل کردند. در مرحله اول با حجم ترافیک واقعی تغییر تقاطع به میدان را در سه منطقه مورد مطالعه (تقاطع) بررسی کردند. در منطقه‌ای که حجم ترافیک ناکافی (جریان غیراشباع) بود، مقدار میانگین تأخیر و تأخیر کلی (تا دو برابر) افزایش پیدا کرد. مقدار میانگین سرعت به مقدار ناچیزی کاهش پیدا کرد. در منطقه‌ای که حجم ترافیک مناسب (جریان اشباع) بود مقدار میانگین تأخیر و تأخیر کلی کاهش پیدا کرد. مقدار میانگین سرعت در این منطقه افزایش یافت. در منطقه‌ی سوم که حجم ترافیک از مقدار توصیه شده بیشتر بود (جریان بیشتر از اشباع) میانگین تأخیر و تأخیر کلی دو برابر شدند و میانگین سرعت به‌طور ناچیزی کاهش پیدا کرد. در مرحله‌ی دوم این سه تقاطع را در جریان‌های مختلف ترافیکی بررسی کردند که تغییرات تأخیر در آن‌ها به‌صورت نمودار نشان داده شد. در حجم ترافیکی کمتر از ۱۵۰ (vphpl) تأخیر کلی افزایش یافت. در این بازه از حجم ترافیکی تقاطع بدون چراغ توصیه شده است. در حجم ترافیکی بین ۱۵۰ تا ۴۰۰ (vphpl) تأخیر کلی کاهش پیدا کرد. بهترین تقاطع در این بازه از

¹ Chang

حجم ترافیکی را میدان معرفی کردند. در احجام ترافیکی بیشتر از ۴۰۰ (vphpl) تقاطع دارای چراغ توصیه شده است. در این حجم ترافیکی نیز مقدار تأخیر کلی افزایش یافته است.

دیکسون^۱ و همکارانش (دیکسون و همکاران، ۲۰۰۷)، به ارزیابی میدانی فرآیندهای تخمین برای حجم حرکت‌های گردش در میدان پرداختند. احجام گردش‌ها بخش مهمی از تحلیل در هر تقاطع محسوب می‌شوند. برای محاسبه این احجام، خودروها از لحظه ورود تا خروج از میدان باید دنبال شوند. برای جمع‌آوری احجام ترافیکی گردش در میدان‌ها به صورت میدانی دو چالش وجود دارد. اولاً فاصله بین شاخه‌های ورودی و خروجی میدان‌ها معمولاً به اندازه‌ای است که توسط یک فرد نمی‌توان مشاهده حرکت‌ها را در یک زمان انجام داد. دوماً اگر هم فاصله زیاد نباشد تا زمانی که فرد یک خودرو را دنبال می‌کند ممکن است چند خودروی دیگر وارد تقاطع شوند. تخمین احجام حرکت‌های خودروها در میدان، جایگزینی برای مشاهدات میدانی می‌باشد. با بررسی چند روش در این تحقیق متوجه شدند که تفاوت تخمین احجام بین این آن‌ها بسیار زیاد است.

از دیدگاه ایمنی، کیم و چوی^۲ (کیم و چوی، ۲۰۱۳) به تحلیل اطلاعات تصادفات پرداختند تا عوامل اصلی تأثیرگذار در تصادف را شناسایی کنند. در این مطالعه سه مرحله از تحقیقات انجام شد. ابتدا تصادفاتی که در میدان‌های کره جنوبی وجود دارد، دسته‌بندی شده و سپس با تصادفات کشورهای دیگر مقایسه شدند. سپس با استفاده از بازدیدهای میدانی، تأثیر سرعت خودروها بر وقوع تصادف مورد بررسی قرار گرفت. در انتها با انجام یک تحلیل آماری ارتباط بین هندسه میدان و وقوع تصادف مشخص شده و عناصر مهم هندسی در ایمنی میدان‌ها تعیین شد.

کیم و چوی متوجه شدند که اکثر خودروها در دور میدان سرعت خود را کم کرده و سپس بعد از میدان به سرعت خود باز می‌گردند. در مقایسه با موردهایی که در ایالات متحده آمریکا وجود دارد،

¹ Dixon

² Kim and Choi

متغیرهای مستقل که برای ارائه مدل استفاده شده‌اند عبارت‌اند از: تعداد دسترسی‌ها، تعداد خط‌های ورودی، عرض ورودی، عرض خطوط برای میزان دید، تعداد خط‌های دور میدان و عرض خط در دور میدان. در نهایت مدلی ارائه شده است که ارتباط بین هندسه میدان و وقوع تصادف در میدان را بیان می‌کند.

دنیلز^۱ و همکارانش (دنیلز و همکاران، ۲۰۱۱)، مطالعه‌ای بر اساس نتایج مدل‌های قبلی پیش‌بینی تصادف برای میدان‌ها انجام دادند. در این مطالعه تعداد میدان‌ها از ۹۰ به ۱۴۸ میدان رسید. مدل‌های مختلف برای شش نوع از کاربران استفاده شد: دوچرخه‌سواران، موتورسواران، مسافران، خودروهای چهار چرخه‌ی سنگین، رانندگان وسایل نقلیه در معرض خطر بیشتر^۲ و عابران پیاده. یک تمایز دیگر بین تصادفات تک خودرویی و تصادفات چند خودرویی نیز صورت گرفت. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که کاربران در معرض خطر بیشتر در تصادفات جرحی دخالت دارند. تصادفات در میدان‌هایی که مسیر دوچرخه در آن‌ها طراحی شده است کمتر از میدان‌ها با دیگر امکانات دوچرخه‌سواری (مانند خطوط جدا برای دوچرخه‌سواری نزدیک به جاده، ترکیب ترافیک دوچرخه و خودرو و میدان دارای خطوط غیرهمسطح) می‌باشد. هرچه تعداد کاربران بیشتر باشند به نسبت تصادفات نیز بیشتر می‌شوند. تعداد کلی تصادفات تا حدی با تعداد وسایل نقلیه موتوری نسبت دارد. میانگین تعداد تصادفات تک خودرویی در هر خودروی عبوری، در میدان‌های شلوغ کمتر است. میدان‌های دارای سه خیابان دسترسی، از میدان‌های دارای چهار خیابان دسترسی و یا بیشتر عملکرد ضعیف‌تری دارند. هرچه شعاع جزیره مرکزی بیشتر باشد، تعداد تصادفات تک خودرویی نیز بیشتر می‌شود. اگرچه تعداد کل تصادفات، توسط شعاع جزیره مرکزی تحت تأثیر زیادی قرار نمی‌گیرد.

مارو و کتانی^۳ (مارو و کتانی، ۲۰۰۴)، مدلی برای پیش‌بینی نرخ تصادف در میدان‌های بزرگ و

¹ Daniels

² Moped riders

³ Mauro and Cattani

متوسط ارائه دادند. احتمال وقوع یک تصادف با پتانسیل تعداد نقاط برخورد^۱ در ارتباط است. مدلی که مارو و کتانی ارائه کردند بر اساس پتانسیل نقاط برخورد می‌باشد و با توجه به این موضوع تعداد تصادفات پیش‌بینی می‌شود. تعداد نقاط برخورد در میدان ۷۵ درصد کمتر از نقاط برخورد در تقاطع می‌باشد؛ اما این حرکات و نقاط بحرانی هستند که سبب وقوع تصادف می‌شوند. آن‌ها با بررسی مطالعات گذشته متوجه شدند که سه حرکت، بحرانی‌ترین حرکات محسوب می‌شوند: برخورد به دلیل عدم رعایت حق تقدم، برخورد به دلیل از دست دادن کنترل خودرو و برخورد از پشت در ورودی میدان‌ها. با توجه به این سه حرکت بحرانی، مدلی برای پیش‌بینی نرخ تصادف ارائه کردند.

گروس^۲ و همکارانش (گروس و همکاران، ۲۰۱۳)، تأثیرات ایمنی تبدیل تقاطع‌های دارای چراغ به میدان را مورد بررسی قرار دادند. اطلاعات تحلیل‌شده برای این مطالعه، یک مزیت کلی از لحاظ ایمنی در تبدیل تقاطع‌های دارای چراغ به میدان را نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن تمام منطقه‌های مطالعه‌شده، متوجه شدند که تصادفات جرحی و کلی کاهش یافته است. مقدار کاهش در تصادفات جرحی نسبت به دیگر نوع تصادفات بیشتر بوده است. مزایای ایمنی در منطقه‌های حومه‌ی شهر بیشتر از مناطق شهری می‌باشد. همچنین میزان مزایای ایمنی در تقاطع‌های دارای ۴ دسترسی بیشتر از تقاطع‌های دارای ۳ دسترسی می‌باشد. این مزایا برای تصادفات جرحی و کلی ثابت می‌باشد. حجم ترافیک نیز تأثیر زیادی در ایمنی تقاطع‌ها دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش حجم ترافیکی، از مزایای ایمنی میدان‌ها کاسته می‌شود.

براباندر و وریک^۳ (براباندر و وریک، ۲۰۰۷)، تأثیرات ایمنی میدان‌ها را مورد بررسی قرار دادند. تأثیر ایمنی میدان‌ها در سرعت‌های بالا مشخص‌تر می‌شود و از آنجا که کاربران آسیب‌پذیر راه^۴ معمولاً در مسیرهای با سرعت بالا اجازه تردد ندارند، تأثیر مثبت ایمنی برای این کاربران کم می‌باشد. برای

¹ Conflict points

² Gross

³ De Brabander and Vereeck

⁴ Vulnerable road users

دوچرخه‌سواران در میدان‌ها ۳۰ درصد کاهش تصادف وجود دارد که در مقایسه با مقدار کلی ۴۷ درصد کاهش تصادف در میدان، میزان کمتری می‌باشد. از طرف دیگر در تصادفاتی که حداقل یک عابرپیاده در آن وجود دارد به میزان ۸۹٪ کاهش وجود دارد. به‌طور کلی میدان‌ها تعداد تصادفات جرحی در فلاندرز^۱ (محل مورد مطالعه) را ۳۹ درصد کاهش می‌دهند. بیشترین کاهش در تصادفات جاده‌ای مشاهده شده در تقاطع‌های با محدودیت سرعت بالا می‌باشد. میدان‌هایی که در تقاطع‌های بدون چراغ ساخته می‌شوند تعداد تصادفات جرحی را تا ۴۴ درصد کاهش می‌دهند. میدان‌هایی که در تقاطع‌های دارای چراغ ساخته می‌شوند تعداد تصادفات جرحی را ۳۲ درصد کاهش می‌دهند.

ترکز و چودور^۲ (ترکز و چودور، ۲۰۱۲)، به بررسی عملکرد و ایمنی میدان‌های دارای چراغ پرداختند. آن‌ها در این مطالعه، طراحی، مزایا و برخی از زیان‌های اشکال مختلف میدان دارای چراغ را نشان می‌دهند. میدان‌هایی که بررسی می‌شود در منطقه‌ی خیابان‌های شریانی شهری با احجام ترافیکی زیاد واقع شده‌اند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که میدان‌ها در احجام ترافیکی زیاد در حرکت گردش به چپ خوب عمل می‌کنند. تحت شرایط ترافیکی شدید در یک تقاطع، میدان‌ها با چراغ دارای عملکرد بهتری هستند. همچنین برای رفع مشکلات میدان‌های دارای چراغ در لهستان، تغییراتی در مشخصات هندسی میدان‌ها انجام دادند و آن‌ها را به طرحی مشابه به میدان‌های توربو تبدیل کردند تا عملکرد و ایمنی بهتر شود.

بای^۳ و همکارانش (بای و همکاران، ۲۰۰۹)، تأثیر چراغ در میدان و ظرفیت را مورد بررسی قرار دادند. میدان‌های بدون چراغ، نرخ جریان کمتری را از خود عبور می‌دهند و با افزایش نرخ جریان مشکلاتی در میدان به‌وجود می‌آید مانند افزایش نرخ تصادف، رشد تأخیر در ترافیک، افزایش درجه اشباع و غیره. به همین دلیل استفاده از چراغ به بهبود ظرفیت و ایمنی در میدان کمک می‌کند. آن‌ها در مطالعه‌ی خود به دو نوع میدان بدون چراغ و میدان دارای چراغ می‌پردازند. برای میدان بدون چراغ

¹ Flanders

² Tracz and Chodur

³ Bai

بیشتر شرایط هندسی، ظرفیت، تأخیر و ایمنی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این راستا ظرفیت و تأخیر ورودی میدان‌ها توسط مدل قبول وقفه محاسبه می‌شود. برای ارزیابی ایمنی نیز از مطالعاتی استفاده شده است که سعی دارند ایمنی را با مشخصات هندسی میدان مرتبط سازند. در این مطالعه برای میدان‌های دارای چراغ، از چهار روش کنترل ترافیک استفاده شده است. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که عوامل اصلی در حداکثر ظرفیت در میدان‌های دارای چراغ شامل تعداد خطوط ورودی و تعداد حلقه‌های آن به همراه شعاع جزیره‌ی مرکزی میدان می‌باشند. چانگ و همکارانش (چانگ و همکاران، ۲۰۱۰) نیز یک مدل بهینه‌سازی زمان برای میدان‌های دارای چراغ ارائه کردند.

منور و هاریانتو^۱ (منور و هاریانتو، ۲۰۱۰) با استفاده از شبیه‌سازی، زمان چراغ راهنمایی در یک میدان سه‌شاخه را بهینه کردند. هدف از شبیه‌سازی تغییر این تقاطع به میدان دارای چراغ بود. با استفاده از برنامه KREISG که یک برنامه‌ی آلمانی می‌باشد، شبیه‌سازی این تقاطع را انجام دادند. این برنامه تأخیر و طول صف در میدان دارای چراغ را محاسبه می‌کند.

آزار و سوانته^۲ (آزار و سوانته، ۲۰۱۱) در پروژه‌ای به بررسی انواع اشکال چراغ در میدان پرداختند. در این پروژه ۵ سناریو تعریف شد که به تحلیل آن‌ها پرداختند. در این سناریوها چراغ راهنمایی در محل عبور عابرین پیاده نیز مورد بررسی قرار گرفت.

وان‌ژینگ^۳ و همکارانش (وان‌ژینگ و همکاران، ۲۰۱۳) مدلی برای بهینه‌سازی زمان چراغ ارائه کردند. این مدل به صورت دو حلقه‌ای و دو خط توقف برای کنترل گردش به چپ می‌باشد. این مدل برای حذف نقاط برخورد و قسمت‌های موج در یک میدان استفاده می‌شود. مطابق با تحلیل حساسیت، تأثیرات غالب بر عملکرد میدان دارای چراغ شامل تقاضای جریان ترافیک، تعداد خطوط در قسمت گردشی میدان و درصد حرکت گردش به چپ می‌باشند.

¹ Munawar and Haryanto

² Azhar and Svante

³ Wan-Jing

از دیدگاه آلودگی محیط‌زیست، مانداویلی^۱ و همکارانش (مانداویلی و همکاران، ۲۰۰۸) به بررسی میدان مدرن پرداختند. آلودگی محیط‌زیست به عوامل مختلفی بستگی دارد. از جمله این عوامل حجم کلی ترافیک، نحوه کنترل تقاطع و مشخصات خودروها می‌باشند. آلاینده‌های مختلفی وجود دارند که شامل مونوکسید کربن (CO)، دی‌اکسید کربن (CO₂)، اکسیدهای نیتروژن (NO_x)، مواد ذره‌ای (PM₁₀) و هیدروکربن‌ها (HC) یا ترکیبات آلی سبک (VOC) می‌شوند. مقدار این آلودگی‌ها با طراحی موتور، نسبت هوا به سوخت و مشخصات خودروی عامل تغییر می‌کند. با افزایش سرعت خودرو، مقدار آلاینده NO_x افزایش و آلاینده‌های CO، PM₁₀ و HC یا VOC کاهش می‌یابند. مقادیر CO₂ و اکسیدهای گوگرد (SO_x) مستقیماً با مقدار مصرف سوخت تغییر می‌کنند. برای هر خودرو با هر ترکیب سوختی، سطح کلی آلودگی‌ها با توجه به طرح‌های رانندگی و مقدار مسافت طی شده تغییر می‌کنند. تقاطع‌ها، خودروها را مجبور می‌کنند تا سرعت خود را کاهش داده یا متوقف شوند. هر چه وقفه بیشتر شود مصرف سوخت نیز بالاتر رفته و آلودگی‌های تولیدشده توسط خودروها نیز بیشتر می‌شوند. میدان‌های مدرن یکی از ایمن‌ترین و مؤثرترین نوع کنترل تقاطع‌ها محسوب می‌شوند. این میدان‌ها با افزایش جریان ترافیک در تقاطع و کاهش زمان تأخیر این مزیت را دارند که آلودگی‌ها را کاهش داده و تأثیر مثبتی بر محیط داشته باشد. مانداویلی و همکارانش در مطالعه‌ی خود به بررسی ۶ منطقه با احجام ترافیکی مختلف که در آن‌ها میدان مدرن جایگزین تقاطع‌های دارای چراغ شده بودند، پرداختند. سپس آلودگی‌های این مناطق در قبل و بعد از تبدیل با یکدیگر مقایسه شدند تا تخمین مناسبی از تأثیر میدان‌های مدرن بر آلودگی ارائه دهند. طبق نتایجی که از این بررسی‌ها گرفتند متوجه شدند که میدان مدرن به‌طور قابل توجهی آلودگی‌های مربوط به خودروها را با منظم کردن جریان ترافیک کاهش می‌دهد.

در مطالعه‌ی دیگری پاندیان^۲ و همکارانش (پاندیان و همکاران، ۲۰۰۹) به بررسی تأثیرات

¹ Mandavilli

² Pandian

ترافیک و مشخصات خودروها بر آلودگی‌های خودروها در نزدیکی تقاطع‌ها پرداختند. به‌طور کلی در نزدیکی تقاطع‌ها، کیفیت هوا به دلیل تغییر سرعت خودروها نامناسب می‌باشد. آن‌ها متوجه شدند که عوامل مختلفی بر آلودگی‌های خودروها تأثیر می‌گذارند. این عوامل که بر اساس مشخصات ترافیک، خودروها و شکل‌های هندسی خیابان و تقاطع هستند شامل سرعت رانندگی، مشخصات ترافیک، شیب جاده و مشخصات آن، طرح رانندگی، مشخصات خودروها و ترکیب انواع خودروها می‌باشند.

۲-۴- مطالعات مربوط به میدان توربو

فورتون در سال ۱۹۹۶ (فورتون، ۲۰۰۹) میدان توربو را معرفی کرد. این میدان در سال‌های اخیر مورد توجه افراد زیادی قرار گرفته است. این افراد رفتار این میدان را با میدان معمولی مقایسه می‌کنند. از جمله این افراد سیلوا^۱ و همکارانش (سیلوا و همکاران، ۲۰۱۴) می‌باشند که به مقایسه عملکرد میدان معمولی با میدان توربو پرداختند. میدان توربو برای اولین بار در هلند در سال ۲۰۰۰ ساخته شد. پس از آن، آلمان و لهستان نیز شروع به ساخت میدان توربو کردند. مزایای ایمنی میدان توربو امری غیر قابل انکار می‌باشد؛ اما عملکرد آن در احجام ترافیک مختلف نامشخص است. طراحی میدان توربو بستگی زیادی به تقاضای ترافیک دارد. جریان غالب، مهم‌ترین عامل در انتخاب طرح برتر می‌باشد. میدان توربو دو مزیت اصلی از لحاظ ایمنی نسبت به میدان‌های معمولی دارد. یک مزیت، خطوط جداشده است که سبب کاهش تعداد نقاط برخورد می‌شود و دیگری کاهش سرعت در ورودی، قسمت چرخشی و خروجی میدان می‌باشد. از لحاظ ظرفیت، نتایج رضایت‌بخش نیستند. برخی از محققین نتیجه گرفتند که میدان توربو در مقایسه با یک میدان معمولی هم اندازه، ظرفیت بیشتری ارائه می‌دهد؛ اما در این مطالعه متوجه شدند که میدان توربو تنها در شرایط ترافیکی خاصی بهتر عمل می‌کنند که کمتر اتفاق می‌افتند.

¹ Silva

مارو و برانکو^۱ (مارو و برانکو، ۲۰۱۰) به تحلیل مقایسه‌ای بین میدان‌های چندخطه و میدان‌های توربو پرداختند. آن‌ها در این مطالعه به مقایسه ظرفیت و تأخیر در این میدان‌ها می‌پردازند. برای میدان‌های معمولی از روابط موجود استفاده کرده ولی برای میدان توربو این روابط تصحیح شده‌اند. آن‌ها متوجه شدند که ظرفیت میدان توربو در ورودی‌های فرعی در صورتی بیشتر از میدان معمولی می‌باشد که جریان ترافیک در خط داخلی^۲ میدان زیاد و در خط خارجی^۳ کم تا متوسط باشد. در مقابل، ظرفیت ورودی‌های اصلی میدان همواره بیشتر از ورودی‌های اصلی میدان توربو می‌باشد. در مجموع چهار ورودی، ظرفیت کلی میدان توربو، در هر دو حالت اشباع و غیراشباع، در بیشتر موارد بیشتر از ظرفیت کلی میدان معمولی است. در بیشتر شرایط تحلیل شده، تأخیر در میدان‌های توربو کمتر از میدان معمولی می‌باشد، مخصوصاً وقتی که جریان‌های ترافیکی در خطوط دور میدان بیشتر باشد.

کوریر و گوریری^۴ (کوریر و گوریری، ۲۰۱۲)، به بررسی عملکرد میدان‌های توربو اولیه در بافت شهری پرداختند. آن‌ها در مطالعه‌ی خود، ظرفیت، تأخیر و سطح سرویس میدان‌های توربو را در شرایط غیراشباع با در نظر گرفتن جریان خودرو و عابرین پیاده به دست می‌آورند. در میدان توربو بر خلاف میدان‌های معمولی، رانندگان باید قبل از رسیدن به میدان خط خود را انتخاب کنند. از مزیت‌های این میدان می‌توان به تعداد نقاط برخورد کمتر، سرعت محدود در دور میدان و خطر کمتر تصادفات پهلو به پهلو اشاره کرد. میدان توربو معایبی نیز دارد: وجود نقاط برخورد مستقیم در حرکت گردش به چپ، وقفه بحرانی بیشتر در حرکت گردش به چپ و مستقیم و ظرفیت کمتر از میدان‌های دوخطه معمولی. کوریر و گوریری متوجه شدند که ظرفیت هر ورودی و تأخیر مرتبط با آن از ظرفیت هر خط، جریان در جهت مخالف خیابان^۵، ترکیب جریان‌های در حال گردش به دور میدان، رفتار

¹ Mauro and Branco

² Inner lane

³ Outer lane

⁴ Corriere and Guerrieri

⁵ Opposite flow

رانندگان، نحوه‌ی توزیع تقاضای ترافیک در هر شاخه از میدان و شدت ترافیک عابران پیاده تأثیر می‌گیرد.

انگلسمن و یوکن^۱ (انگلسمن و یوکن، ۲۰۰۷) نیز میدان توربو را مورد بررسی قرار دادند و آن را به عنوان جایگزینی برای میدان‌های دوخطه در نظر گرفتند. میدان توربو در آفریقای جنوبی می‌تواند تأثیر زیادی بر شرایط ایمنی جاده در کشور داشته باشد. از آنجا که میدان‌های دوخطه استاندارد معایبی دارند، میدان توربو با برطرف کردن این معایب می‌تواند پاسخی برای تصادفات نقاط حادثه‌خیز باشد. تحقیقات در هلند نشان می‌دهد که با جایگزینی میدان با تقاطع‌های دارای چراغ و کنترل توسط حق تقدم، تعداد تصادفات جرحی شدید تا ۷۰ درصد کاهش پیدا می‌کند. تا زمانی که حجم کلی ترافیک از ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ خودرو در ساعت نگذرد، میدان توربو می‌تواند بهترین گزینه در مقایسه با میدان‌های یک‌خطه، دوخطه و تقاطع‌های دارای چراغ و حق تقدم باشد.

گیوفره^۲ و همکارانش (گیوفره و همکاران، ۲۰۱۰) به مطالعه میدان توربو پرداختند. آن‌ها با استفاده از مطالعه بر روی میدان‌های واقعی مزایای این میدان را بررسی کردند. نتایج آن‌ها به سطح سرویس خیلی خوب در این میدان‌ها اشاره می‌کرد. به‌طور کلی با تبدیل میدان به میدان توربو، علی‌رغم مزایای ایمنی، مزایای عملکردی نیز مشاهده شد.

گیوفره دو سال بعد (گیوفره و همکاران، ۲۰۱۲) به مطالعه سطح عملکرد میدان توربو در مقایسه با میدان معمولی پرداخت. نتایج حاکی از این است که عملکرد میدان توربو شدیداً بستگی به وضعیت ترافیک دارد. زمانی که جاده اصلی، حجم ترافیک بیشتری را عبور می‌دهد میدان توربو عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد. در وضعیتی که ماتریس OD متوازن بوده، میدان دوخطه بهتر از میدان توربو عمل می‌کند. مخصوصاً وقتی که جریان‌های ترافیک زیاد (نسبت به ظرفیت میدان) در قسمت چرخشی میدان از مسیر اصلی و جریان ترافیکی کم از مسیر فرعی وارد شود. در وضعیتی که

¹ Engelsman and Uken

² Giuffre

حرکت‌های هدایت‌شده به سمت جاده‌ی اصلی بر حرکت‌های دیگر غالب باشد، میدان توربو می‌تواند شرایط عملکردی بهتری را فراهم کند. در این شرایط وقتی جریان ترافیک زیاد از جاده اصلی و جریان ترافیک کم از جاده فرعی وارد میدان شوند، میدان توربو تأخیر بسیار کمتری نسبت به میدان دوخطه‌ی معمولی دارد. با افزایش ترافیک مسیر فرعی، اگر جریان ترافیک که از سمت جاده اصلی وارد میدان می‌شود در حد متوسط یا نسبتاً زیاد باشد، میدان توربو همچنان وضعیت بهتری نسبت به میدان معمولی دارد. برای جریان‌های ترافیکی که بین کم تا متوسط تغییر می‌کنند، هر دو میدان عملکرد یکسانی دارند.

روجیر هوک^۱ (روجیر هوک، ۲۰۱۳)، موضوع پایان‌نامه‌ی خود را به میدان‌های توربو چراغ‌دار اختصاص داد. او در مطالعه‌ی خود به دنبال ظرفیت بیشتر در میدان‌ها بود. به همین دلیل میدان‌های توربو دارای چراغ را با میدان‌های توربو در حالت بدون چراغ مقایسه کرد. برای این هدف دو نوع از بزرگ‌ترین میدان‌های توربو را انتخاب کرد: میدان چرخان (۴ شاخه) و میدان ستاره (۳ شاخه). همچنین سه مدل برای ارزیابی ظرفیت در این میدان‌ها انتخاب کرد: مدل MSRV، یک روش تحلیلی و VISSIM. هوک در این مطالعه متوجه شد که میدان توربو تنها توسط کنترل شاخه به شاخه^۲، چراغ‌دار می‌شود. اگرچه، وضعیت خط در میدان چرخان و ستاره می‌تواند به گونه‌ای تغییر کند که برای کنترل دوزمانه^۳ نیز مناسب باشد. هوک با بهبود خط در این میدان‌ها (تغییر جزئی طرح هندسی که سبب بهبود وضعیت کنترل دو زمانه می‌شود)، ظرفیت آن‌ها را محاسبه کرد. میدان چرخان تغییر یافته ظرفیت قابل قبولی ارائه نمی‌دهد زیرا جریان‌های ترافیکی مربوط به گردش به چپ بسیار محدود بود؛ اما میدان ستاره تغییر یافته پتانسیل خوبی داشته و ظرفیت بیشتری نسبت به میدان ستاره معمولی ارائه می‌دهد. طرح هندسی میدان توربو این اجازه را می‌دهد تا در کنترل شاخه به شاخه، زمان بندی چراغ‌ها هم‌پوشانی داشته باشند. این امر سبب می‌شود تا ظرفیت در میدان‌های

¹ Rogier Hoek

² Leg-by-leg control

³ Two-phase control

توربو بیشتر شود. با استفاده از روش تحلیلی، ظرفیت در میدان‌های توربو چراغ‌دار محاسبه شد. با توجه به طرح‌های مختلف تقاضا، میدان چرخان دارای چراغ، ظرفیتی بین ۲۸۰۰ تا ۳۷۰۰ (pcu/h) و میدان ستاره دارای چراغ، ظرفیتی بین ۴۴۰۰ تا ۵۲۰۰ (pcu/h) را ارائه می‌دهد. با هم‌پوشانی زمان‌بندی در این میدان‌ها ظرفیت میدان چرخان دارای چراغ ۵ تا ۶ درصد و ظرفیت میدان ستاره دارای چراغ ۷ تا ۹ درصد افزایش یافت. میدان چرخان بدون چراغ، ظرفیتی بین ۲۹۰۰ تا ۴۵۰۰ (pcu/h) می‌باشد. حالت بدون چراغ میدان چرخان، ظرفیت بیشتری را ارائه می‌دهد. ظرفیت میدان چرخان تغییر یافته نیز محاسبه شد که بین ۴۷۰۰ تا ۹۳۰۰ (pcu/h) بود. این میدان دارای ظرفیت بیشتری می‌باشد اما به فضای بیشتری نیاز دارد.

در میدان‌های سه‌شاخه، ظرفیت میدان ستاره دارای چراغ بین ۴۴۰۰ تا ۵۲۰۰ (pcu/h) می‌باشد. در صورتی که حالت بدون چراغ آن، ظرفیتی کمتر دارد (بین ۳۷۰۰ تا ۵۱۰۰ pcu/h). اگرچه حالت دارای چراغ، میدان ستاره ظرفیت بیشتری دارد اما تأخیر آن نیز بیشتر از حالت بدون چراغ است. میدان ستاره تغییر یافته ظرفیتی حتی بیشتر از حالت دارای چراغ این میدان دارد (بین ۵۴۰۰ تا ۷۱۰۰ pcu/h).

۲-۵- مطالعات مربوط به انواع دیگر میدان‌ها

طرح‌های مختلف دیگری نیز برای میدان‌ها مطرح شد. هدف از معرفی این طرح‌ها بهبود میدان‌های موجود می‌باشد. به عنوان مثال تولازی^۱ و همکارانش (تولازی و همکاران، ۲۰۱۱)، میدانی با خطوط جدا برای حرکت گردش به راست معرفی کردند. این میدان ترکیبی از میدان معمولی و توربو بود که مزیت‌های هر دو این میدان‌ها را داشت. این میدان به میدان گل^۲ معروف شد. میدان توربو خود مشکلاتی نیز به همراه داشت. این مشکلات شامل هزینه‌ی بالای ساخت و نقاط برخورد مستقیم می‌باشد که به تصادفات شدیدتر منجر می‌شد. در شکل ۲-۴ نمونه‌ای از طرح میدان گل را

^۱ Tollazzi

^۲ The flower roundabout

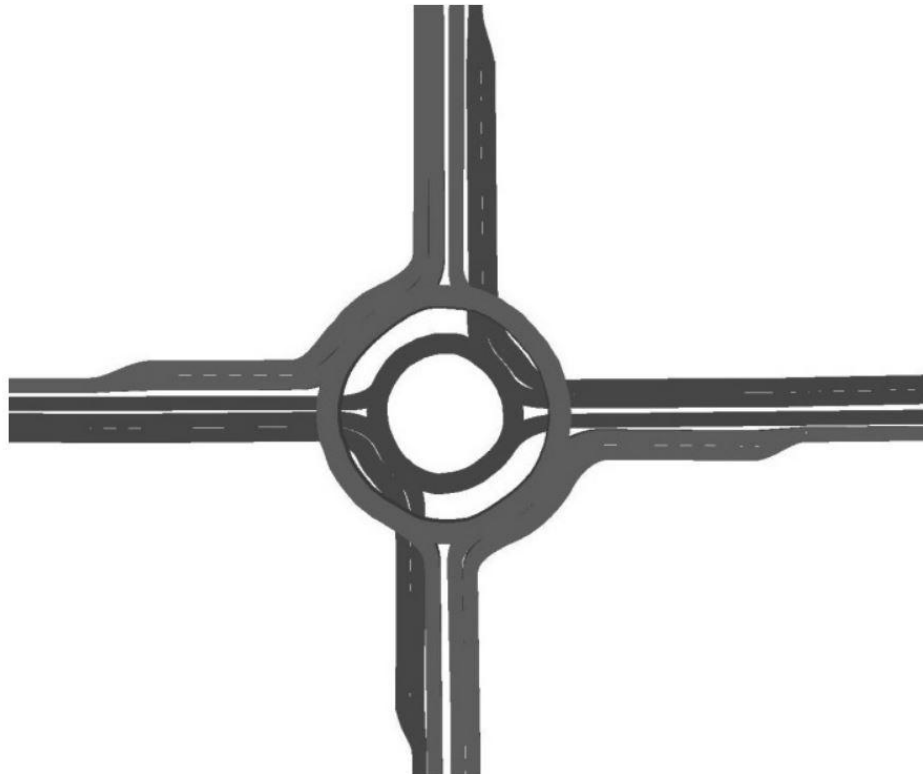
مشاهده می کنید.



شکل ۲-۴: نمونه‌ای از طرح هندسی میدان گل (تولازی و همکاران، ۲۰۱۱)

او همچنین (تولازی و همکاران، ۲۰۱۳) میدان دیگری به نام میدان هدف^۱ معرفی کرد. مشکل سطح ایمنی کم در میدان‌های چندخطه در کشورهای مختلف، راه‌حل‌های مختلفی دارد. معمولاً با استفاده از انواع مختلف میدان‌ها، تعداد نقاط برخورد را کاهش می‌دهند. میدان هدف در راستای حل این مشکل، به صورت دو میدان یک‌خطه طراحی شده است که در دو سطح ارتفاعی مختلف قرار دارند. با توجه به ارزیابی که توسط شبیه‌سازی انجام دادند متوجه شدند که تأخیر و طول صف در این میدان نسبت به یک میدان دوخطه معمولی بسیار کمتر است. طرح هندسی این میدان در شکل ۲-۵ آورده شده است.

¹ Target roundabout



شکل ۲-۵: نمونه‌ای از طرح هندسی میدان هدف (تولازی و همکاران، ۲۰۱۳)

۲-۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری فصل

در این فصل ابتدا به تعریف میدان‌های استفاده‌شده پرداخته شده است. سپس مطالعاتی که در گذشته در مورد آن‌ها انجام شده مورد بررسی قرار گرفته است. این مطالعات به صورت جدول در ادامه آورده شده‌اند.

جدول ۱-۲: مطالعات مربوط به میدان مدرن (قسمت اول)

نویسندگان	سال	زمینه‌ی مطالعه	موضوع	خلاصه نتایج
ژانگ و همکارانش	۲۰۰۹	عملکرد	تحلیل دینامیکی تأخیر در میدان‌ها و تقاطع‌های دارای چراغ	برای صف‌هایی که طول متوسط دارند میدان عملکرد بهتری نسبت به تقاطع دارای چراغ دارد؛ اما در طول صف‌های بزرگ‌تر تقاطع بهتر است.
کیو و همکارانش	۲۰۱۴	عملکرد	ظرفیت میدان‌های مدرن یک خطه	ارائه یک مدل تحلیلی برای محاسبه ظرفیت با اضافه کردن تأثیر خودروهای خروجی به آن
سیسیوپیکو و اوه	۲۰۰۱	عملکرد	مقایسه عملکرد میدان با تقاطع	در تقاطع‌های دارای خیابان‌های دوخطه تحت ترافیک شدید، میدان‌ها عملکرد بهتری دارند. در تقاطع‌های دارای خیابان‌های سه‌خطه مخصوصاً تحت ترافیک شدید، بهترین عملکرد مخصوص تقاطع دارای چراغ می‌باشد. در تقاطع‌های دارای حرکت گردش به چپ زیاد، میدان دارای خیابان دوخطه عملکرد بهتری دارد. میدان‌های دوخطه و سه‌خطه ظرفیت بیشتری نسبت به تقاطع‌های دارای چراغ دارند.
المدانی	۲۰۱۳	عملکرد	ظرفیت میدان‌های بزرگ دوخطه و سه‌خطه	ارائه مدل چند متغیره برای پیش‌بینی حداکثر جریان ورودی در حین جریان تحمیل شده
برگمن و همکارانش	۲۰۱۱	عملکرد	مدل تحلیلی ترافیک برای میدان‌های دارای محل عبور برای عابران پیاده	در جریان ترافیکی متوسط تا زیاد با در نظر گرفتن ترافیک عابران پیاده، ۱۸ درصد کاهش در ظرفیت مشاهده شد. در جریان ترافیکی کم تأثیر قابل توجهی بر ظرفیت مشاهده نشده است.
چانگ و همکارانش	۲۰۱۳	عملکرد	تحلیل کاهش تأخیر در میدان‌های مدرن	با جایگزینی میدان مدرن با تقاطع در سه منطقه به این نتایج رسیدند: در منطقه با حجم ترافیکی ناکافی مقدار تأخیر تا دو برابر افزایش و میانگین سرعت کاهش یافت. در منطقه با حجم ترافیکی مناسب تأخیر کاهش و میانگین سرعت افزایش یافت. در منطقه با حجم ترافیکی زیاد، تأخیر تا دو برابر افزایش و میانگین سرعت کمی کاهش پیدا کرد.
دیکسون و همکارانش	۲۰۰۷	عملکرد	ارزیابی میدانی فرآیندهای محاسبه حجم گردش‌ها در میدان	با بررسی چند فرآیند و مقایسه آن‌ها با نتایج میدانی متوجه شدند که تفاوت میان این فرآیندها و نتایج میدانی زیاد است.

جدول ۲-۲: مطالعات مربوط به میدان مدرن (قسمت دوم)

نویسندگان	سال	زمینه‌ی مطالعه	موضوع	خلاصه نتایج
کیم و چوی	۲۰۱۳	ایمنی	تحلیل ایمنی طرح‌های میدان	ارائه یک مدل برای ایجاد ارتباط بین هندسه میدان و وقوع تصادف متغیرهای مستقل که برای ارائه مدل استفاده شده‌اند عبارت‌اند از: تعداد دسترسی‌ها، تعداد خط‌های ورودی، عرض ورودی، عرض خط برای میزان دید، تعداد خطوط دور میدان و عرض خط در دور میدان
دنیلز و همکارانش	۲۰۱۱	ایمنی	مدل‌های پیش‌بینی برای تصادف در میدان‌ها	با بررسی مطالعات گذشته متوجه شدند که تعداد کلی تصادفات تا حدی با تعداد وسایل نقلیه موتورسیکلت نسبت دارد. میانگین تعداد تصادفات تک خودرویی در هر خودروی عبوری، در میدان‌های شلوغ کمتر است. میدان‌های سه‌شاخه، از میدان‌های چهارشاخه و یا بیشتر بدتر عمل می‌کنند. هرچه شعاع جزیره‌ی مرکزی بیشتر باشد، تعداد تصادفات تک خودرویی نیز بیشتر می‌شود. اگرچه تعداد کل تصادفات، توسط شعاع جزیره مرکزی تحت تأثیر زیادی قرار نمی‌گیرد.
مارو و کنانی	۲۰۰۴	ایمنی	مدل‌هایی برای پیش‌بینی نرخ تصادفات در میدان‌ها	سه حرکت بحرانی در میدان‌ها وجود دارد که مدل ارائه شده توسط آن‌ها بر اساس این سه حرکت می‌باشد: برخورد به دلیل عدم رعایت حق تقدم، برخورد به دلیل از دست‌دادن کنترل خودرو و برخورد از پشت در ورودی میدان‌ها
گروس و همکارانش	۲۰۱۳	ایمنی	تأثیرات ایمنی تبدیل تقاطع‌های دارای چراغ به میدان	مزایای ایمنی در منطقه‌های حومه‌ی شهر بیشتر از مناطق شهری می‌باشد. همچنین میزان مزایای ایمنی در تقاطع‌های دارای ۴ دسترسی بیشتر از تقاطع‌های دارای ۳ دسترسی می‌باشد. این مزایا برای تصادفات جرحی و کلی ثابت می‌باشد. حجم ترافیک نیز تأثیر زیادی در ایمنی تقاطع‌ها دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش حجم ترافیکی، از مزایای ایمنی میدان‌ها کاسته می‌شود.
برابندر و وریک	۲۰۰۷	ایمنی	تأثیرات ایمنی میدان‌ها در فلاندرز	میدان‌هایی که در تقاطع‌های بدون چراغ ساخته می‌شوند تعداد تصادفات جرحی را تا ۴۴ درصد کاهش می‌دهند. میدان‌هایی که در تقاطع‌های دارای چراغ ساخته می‌شوند تعداد تصادفات جرحی را ۳۲ درصد کاهش می‌دهند.

جدول ۲-۳: مطالعات مربوط به میدان مدرن (قسمت سوم)

نویسندگان	سال	زمینه‌ی مطالعه	موضوع	خلاصه نتایج
ترکز و چودور	۲۰۱۲	عملکرد و ایمنی	ایمنی و عملکرد میدان‌های دارای چراغ	به این نتیجه رسیدند که میدان‌ها در احجام ترافیکی زیاد در حرکت گردش به چپ خوب عمل می‌کنند. تحت شرایط ترافیکی شدید در یک تقاطع، میدان‌ها با چراغ دارای عملکرد بهتری هستند. همچنین برای رفع مشکلات میدان‌های دارای چراغ در لهستان، تغییراتی در مشخصات هندسی میدان‌ها انجام دادند و آن‌ها را به طرحی مشابه به میدان‌های توربو تبدیل کردند تا عملکرد و ایمنی بهتر شود.
بای و همکارانش	۲۰۰۹	عملکرد	تأثیر چراغ در میدان و ظرفیت آن	عوامل اصلی در حداکثر ظرفیت در میدان‌های دارای چراغ شامل تعداد خطوط ورودی و تعداد حلقه‌های آن به همراه شعاع جزیره‌ی مرکزی میدان می‌باشند.
چانگ و همکارانش	۲۰۱۰	عملکرد	یک مدل بهینه‌سازی چراغ برای میدان دارای چراغ	ارائه یک مدل بهینه‌سازی
منور و هاریانتو	۲۰۱۰	عملکرد	بهینه‌سازی میدان دارای چراغ توسط شبیه‌سازی	بهینه‌سازی یک میدان سه‌شاخه توسط برنامه شبیه‌ساز KREISG
آزار و سوانته	۲۰۱۱	عملکرد	کنترل چراغ در میدان‌ها	بررسی ۵ سناریو و شکل مختلف برای میدان‌های دارای چراغ
وان‌ژینگ و همکارانش	۲۰۱۳	عملکرد	بهینه‌سازی چراغ بر اساس طرح زمان‌بندی دو حلقه‌ای در میدان	مطابق با تحلیل حساسیت، تأثیرات غالب بر عملکرد میدان دارای چراغ شامل طرح اختصاص خط، تعداد خطوط در قسمت گردش میدان و نسبت گردش به چپ می‌باشند.
مانداویلی و همکارانش	۲۰۰۸	آلودگی	تأثیرات زیست‌محیطی میدان مدرن	میدان مدرن به‌طور قابل توجهی آلودگی‌های مربوط به خودروها را با منظم کردن جریان ترافیک کاهش می‌دهد
پاندیان و همکارانش	۲۰۰۹	آلودگی	ارزیابی تأثیرات ترافیک و مشخصات خودروها بر آلودگی	عوامل مختلفی بر آلودگی‌های خودروها تأثیر می‌گذارند: سرعت رانندگی، مشخصات ترافیک، شیب جاده و مشخصات آن، طرح رانندگی، مشخصات خودروها و ترکیب انواع خودروها

جدول ۲-۴: مطالعات مربوط به میدان توربو

نویسندگان	سال	زمینه مطالعه	موضوع	خلاصه نتایج
سیلوا و همکارانش	۲۰۱۴	عملکرد	تبدیل میدان‌های معمولی به میدان توربو	میدان توربو تنها در شرایط ترافیکی خاصی بهتر عمل می‌کنند که در واقعیت غیرعادی می‌باشند.
مارو و برانکو	۲۰۱۰	عملکرد	تحلیل مقایسه میدان‌های چندخطه فشرده با میدان توربو	ظرفیت میدان توربو در ورودی‌های اصلی میدان همواره بیشتر از ورودی‌های اصلی میدان توربو می‌باشد. در مجموع چهار ورودی، ظرفیت کلی میدان توربو، در هر دو حالت اشباع و غیراشباع، در بیشتر موارد بیشتر از ظرفیت کلی میدان معمولی است. در بیشتر شرایط تحلیل شده، تأخیر در میدان‌های توربو کمتر از میدان معمولی می‌باشد، مخصوصاً وقتی که جریان‌های ترافیکی در خطوط دور میدان بیشتر باشد.
کوریر و گوریری	۲۰۱۲	عملکرد	تحلیل عملکرد میدان اولیه توربو	ظرفیت هر ورودی و تأخیر مرتبط با آن در میدان توربو از ظرفیت هر خط، جریان جهت مخالف، ترکیب جریان‌های در حال گردش به دور میدان، رفتار رانندگان، نحوه توزیع تقاضای ترافیک در هر شاخه از میدان و شدت ترافیک عابران پیاده تأثیر می‌گیرد.
انگلسمن و یوکن	۲۰۰۷	عملکرد	میدان توربو به عنوان جایگزینی برای میدان‌های دوخطه	تا زمانی که حجم کلی ترافیک از ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ خودرو در ساعت نگذرد، میدان توربو می‌تواند بهترین گزینه در مقایسه با میدان‌های یک‌خطه، دوخطه و تقاطع‌های دارای چراغ و حق تقدم باشد.
گیوفره و همکارانش	۲۰۱۰	عملکرد	طراحی‌ها و معیارهای کلی میدان توربو	با تبدیل میدان به میدان توربو، علی‌رغم مزایای ایمنی، مزایای عملکردی نیز مشاهده شد.
گیوفره و همکارانش	۲۰۱۲	عملکرد	سطح عملکرد میدان توربو در مقایسه با میدان	زمانی که جاده اصلی، حجم ترافیک بیشتری را عبور می‌دهد میدان توربو عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد. در وضعیتی که ماتریس OD متوازن بوده، میدان دوخطه بهتر از میدان توربو عمل می‌کند. مخصوصاً وقتی که جریان‌های ترافیک زیاد در قسمت چرخشی میدان از مسیر اصلی و جریان ترافیکی کم از مسیر فرعی وارد شود.
روجیر هوک	۲۰۱۳	عملکرد	میدان توربو دارای چراغ	در میدان‌های سه‌شاخه، ظرفیت میدان ستاره دارای چراغ بین ۴۴۰۰ تا ۵۲۰۰ (pcu/h) می‌باشد. در صورتی که حالت بدون چراغ آن ظرفیتی کمتر دارد (بین ۳۷۰۰ تا ۵۱۰۰ pcu/h). میدان چرخان دارای چراغ ۲۸۰۰ تا ۳۷۰۰ (pcu/h) و میدان چرخان بدون چراغ ۲۹۰۰ تا ۴۵۰۰ (pcu/h) ظرفیت دارند.

جدول ۲-۵: مطالعات مربوط به دیگر میدان‌ها

نویسندگان	سال	زمینه‌ی مطالعه	موضوع	خلاصه نتایج
تولازی و همکارانش	۲۰۱۱	عملکرد	طرح جدیدی از میدان: میدان گل	مزایای میدان معمولی و میدان توربو، با هم در این میدان مشاهده می‌شوند.
تولازی و همکارانش	۲۰۱۳	عملکرد	طرح جدیدی از میدان: میدان هدف	با توجه به ارزیابی که توسط شبیه‌سازی انجام دادند متوجه شدند که تأخیر و طول صف در این میدان نسبت به یک میدان دوخطه معمولی بسیار کمتر است.
تابرنرو و سید	۲۰۰۶	عملکرد	طرح یک تقاطع غیرعادی	تقاطع جدید علاوه بر ظرفیت بیشتر، میزان کلی تأخیرها را نیز کاهش می‌دهد. در تأخیرهای مربوط به حرکت گردش به چپ، تقاطع معمولی عملکردی بهتری در حجم‌های ترافیکی کم دارد. اگرچه تقاطع جدید می‌توانست حجم بیشتری از گردش به چپ را در حالی که سطح تأخیر را در یک مقدار قابل قبول نگه دارد، تحمل کند. در تأخیرهای مربوط به حرکت مستقیم، تقاطع جدید به‌طور قابل توجهی بهتر از تقاطع معمولی عمل می‌کند.

فصل سوم: روش تحقیق

۳-۱- مقدمه

در این فصل از پژوهش مراحل انجام مطالعه توضیح داده شده است. با مطالعه‌ی آیین‌نامه‌ها و توصیه‌هایی که برای طراحی میدان‌ها وجود دارد، می‌توان پارامترهای طراحی برای این مطالعه را مشخص نمود. در وهله‌ی نخست، به بررسی فرضیات و مشخصات به کار گرفته شده در طراحی هندسی میدان‌ها پرداخته شده است. سپس می‌بایست به پیاده‌سازی این مشخصات و پارامترها در نرم‌افزار (ایمسان^۱) پرداخته شود. برای طراحی دقیق میدان‌ها در نرم‌افزار ایمسان از نرم‌افزار کمکی (اتوکد^۲) بهره گرفته شده است. مدل‌های مطرح شده، در این نرم‌افزار به صورت دقیق طراحی شده و سپس به نرم‌افزار ایمسان انتقال داده شده‌اند تا میزان دقت در مدل‌ها بیشتر شود. پس از طی این مراحل، نحوه‌ی بارگذاری ترافیکی میدان‌ها و استخراج نتایج از آن‌ها تحلیل شده است.

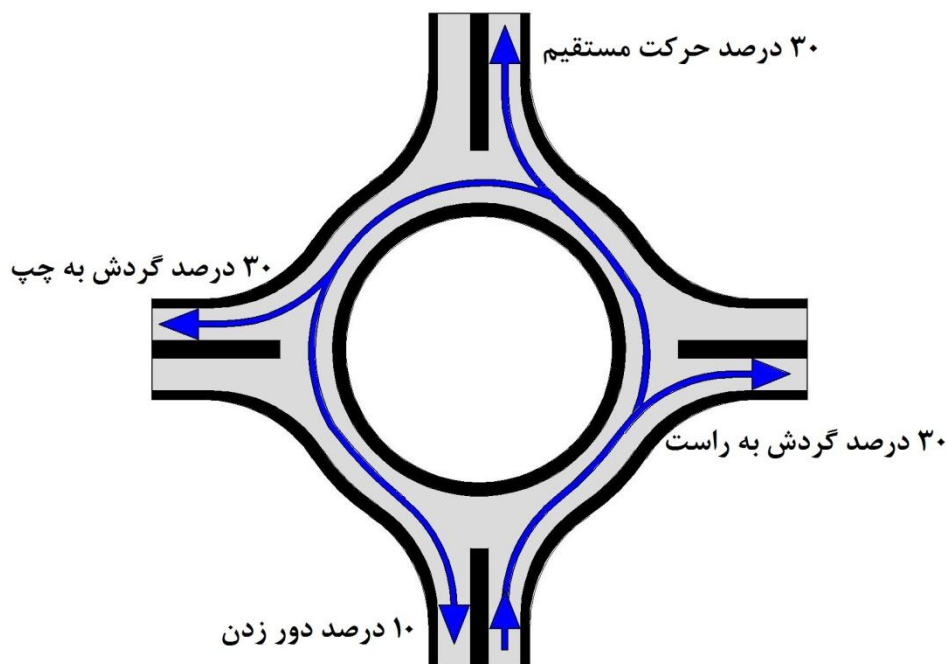
۳-۲- فرضیات و مشخصات هندسی طراحی

با مطالعه آیین‌نامه‌ها (میدان‌ها: یک راهنمای جامع^۳، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰) برای ساده‌سازی مدل‌های نرم‌افزاری، تعدادی فرض صورت گرفته است؛ میدان‌ها در منطقه‌ی شهری و خودروها، خودروی سواری سبک می‌باشند. عرض خطوط نیز مقدار ۳/۶۵ متر فرض شده است؛ اما این عرض در قسمت چرخشی میدان باید بیشتر باشد. طبق توصیه آیین‌نامه‌های ذکر شده، بهتر است عرض خیابان در قسمت چرخشی میدان ۱/۲ برابر عرض خیابان دسترسی باشد. از آنجا که در این مطالعه تعداد خطوط در خیابان دسترسی و قسمت چرخشی میدان یکسان و برابر است، عرض هر خط در قسمت چرخشی میدان برابر با ۴/۳۸ متر است. طول هر خیابان دسترسی ۱۰۰ متر در نظر گرفته شده است. درصد گردش خودروها در تمامی احجام ترافیکی مشابه بوده و حرکت خودروها در احجام ترافیک به صورت شکل ۳-۱ می‌باشد:

¹ Aimsun v.6

² AutoCad v.2013

³ Roundabouts: An informational guide



شکل ۳-۱: نحوه توزیع حرکت خودروها در تمام میدان‌ها

با توجه به این فرضیات، پارامترها و مشخصات هندسی میدان‌ها تعیین شده‌اند. در پژوهش حاضر چند مشخصه (تعداد خطوط، شعاع جزیره‌ی مرکزی و سرعت در قسمت گردش‌ی میدان) در میدان‌ها تغییر داده شده تا رفتار میدان نسبتاً مشخص گردد. تعداد خطوط در هر مدل، در میدان و خیابان برابر در نظر گرفته شده است. سه نوع میدان با طرح‌های هندسی مختلف مورد بررسی قرار گرفته است؛ میدان مدرن، توربو و بیضوی.

برای هر کدام از این میدان‌ها تعداد خطوط مختلفی فرض شده است: یک‌خطه، دوخطه و سه‌خطه. میدان یک‌خطه برای میدان توربو بنا به تعریف آن، طراحی نشده، زیرا هدف از طراحی این میدان جداسازی خطوط و کانالیزه کرده آن‌ها است. در صورتی که در میدان یک‌خطه این کار ممکن نیست.

از مشخصه‌های دیگری که در این پژوهش تغییر داده شده، سرعت در قسمت چرخشی میدان است. از آنجا که سرعت در خیابان‌ها مقدار اولیه نرم‌افزار برای خیابان‌های شهری (۵۰ کیلومتر بر ساعت) بوده، سرعت در میدان کمتر از این مقدار فرض شده است. سرعت‌های ۲۵ و ۳۵ کیلومتر بر

ساعت برای میدان‌های یک‌خطه و سرعت‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۰ کیلومتر بر ساعت برای میدان‌های دوخطه و سه‌خطه در نظر گرفته شده است. سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت برای میدان‌های یک‌خطه، طبق آیین‌نامه (میدان‌ها: یک راهنمای جامع، ۲۰۱۰) توصیه نشده است. در طراحی میدان‌ها، برای هر سرعت، شعاع ورودی مشخصی فرض شده است. شعاع ورودی ۱۵ متر برای سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت، ۳۰ متر برای سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت و ۴۵ متر برای سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شده است.

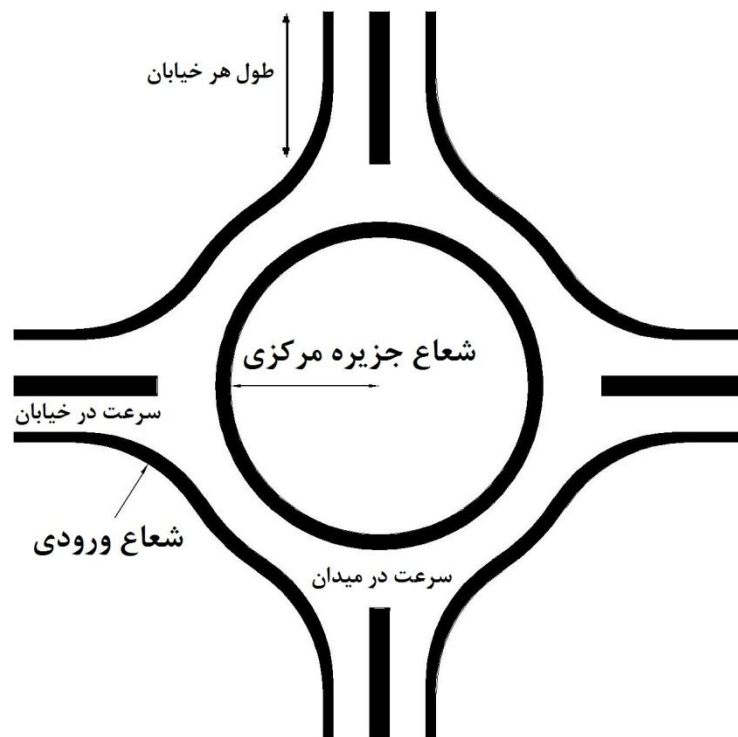
جدول ۳-۱: سرعت‌های توصیه شده در آیین‌نامه برای انواع میدان‌ها (میدان‌ها: یک راهنمای جامع، ۲۰۰۰)

منطقه	حداکثر سرعت ورودی
میدان کوچک	۲۵ km/hr
میدان شهری فشرده	۲۵ km/hr
میدان شهری یک‌خطه	۳۵ km/hr
میدان شهری دوخطه	۴۰ km/hr
میدان برون‌شهری یک‌خطه	۴۰ km/hr
میدان برون‌شهری دوخطه	۵۰ km/hr

شعاع جزیره‌ی مرکزی نیز از دیگر مشخصه‌هایی است که در این تحقیق تغییر داده شده است. با توجه به تعداد خطوط مقدار شعاع نیز تغییر کرده و افزایش یافته است. این مقادیر نیز با توجه به توصیه‌های آیین‌نامه فرض شده‌اند. برای مشخص شدن تأثیر میدان بیضوی مقدار شعاع بزرگ‌تر آن دو برابر شعاع کوچکش فرض شده است.

مقادیر انتخاب شده برای شعاع جزیره‌ی مرکزی طبق توصیه‌های آیین‌نامه (میدان‌ها: یک راهنمای جامع، ۲۰۰۰) می‌باشد. در این آیین‌نامه مقدار قطر جزیره‌ی مرکزی برای میدان‌های یک‌خطه تا ۴۵ متر و برای میدان‌های دوخطه تا ۷۰ متر توصیه شده است اما توصیه‌ای برای میدان‌های سه‌خطه وجود ندارد. به همین دلیل مقادیر شعاع جزیره‌ی مرکزی برای میدان‌های سه‌خطه

با توجه به شکل هندسی آن‌ها در نظر گرفته شده‌اند. در میدان‌های یک‌خطه مقادیر شعاع جزیره مرکزی ۱۵، ۲۰ و ۲۲/۵ متر بوده، در میدان دوخطه شعاع‌های ۱۵، ۲۵ و ۳۵ متر و در میدان سه‌خطه شعاع‌های ۳۵، ۴۵ و ۵۰ متر در نظر گرفته شده است. تمامی این میدان‌ها ابتدا در حالت بدون چراغ طراحی شده، در این حالت کنترل توسط حق تقدم صورت گرفته و سپس چراغ‌دار شده‌اند. در میدان‌های دارای چراغ از سیستم کنترل ترافیک چراغ‌دار تحریک‌پذیر یا سازگار^۱ استفاده شده است.



شکل ۳-۲: مشخصات هندسی ثابت و متغیر در میدان‌ها

پارامترها و مشخصاتی که در میدان‌ها متغیر هستند به‌طور خلاصه در جدول ۳-۲ ارائه شده‌اند؛

۳-۳- طراحی میدان‌ها

با استفاده از فرضیات و پارامترهای متغیر که به آن‌ها اشاره شد، میدان‌ها مدل شده‌اند. برای این کار ابتدا با بهره‌برداری از نرم‌افزار اتوکد مدل‌ها به‌طور دقیق طراحی شده و سپس به نرم‌افزار ایمنسان انتقال داده شده‌اند.

^۱ Actuated

جدول ۳-۲: پارامترهای متغیر در میدان‌ها

تعداد خطوط	نوع میدان‌ها	سرعت در میدان (کیلومتر بر ساعت)	شعاع جزیره‌ی مرکزی (متر)	نحوه کنترل میدان
یک خطه	مدرن، بیضوی	۳۵، ۲۵	۱۵، ۲۰، ۲۲/۵	بدون چراغ و دارای چراغ
دو خطه	مدرن، توربو، بیضوی	۴۰، ۳۵، ۲۵	۱۵، ۲۵، ۳۵	بدون چراغ و دارای چراغ
سه خطه	مدرن، توربو، بیضوی	۴۰، ۳۵، ۲۵	۳۵، ۴۵، ۵۰	بدون چراغ و دارای چراغ

۳-۳-۱- طراحی میدان‌ها در نرم‌افزار اتوکید

در این نرم‌افزار مدل‌ها به‌طور دقیق طراحی شده و با توجه به پارامترهای متغیر بیان شده، تعداد

مدل‌ها به‌صورت زیر است؛

جدول ۳-۳: خلاصه‌ای از تعداد مدل‌ها و مشخصات هر یک از آن‌ها

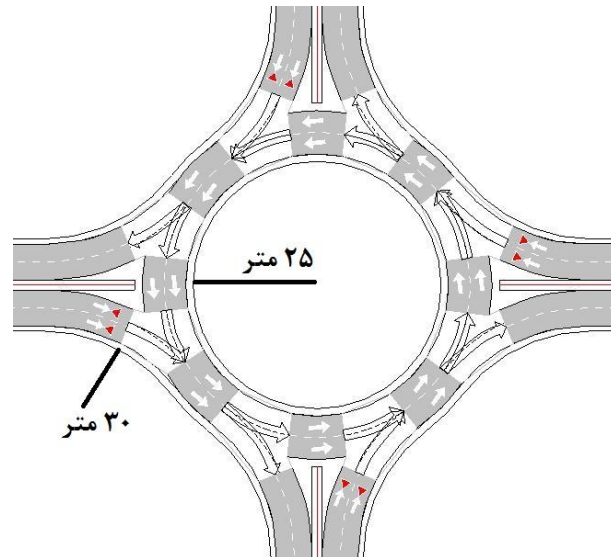
مدل‌های یک خطه	مدل‌های دو خطه	مدل‌های سه خطه
مدل ۱: سرعت ۲۵ شعاع ۱۵	مدل ۷: سرعت ۲۵ شعاع ۱۵	مدل ۱۶: سرعت ۲۵ شعاع ۳۵
مدل ۲: سرعت ۲۵ شعاع ۲۰	مدل ۸: سرعت ۲۵ شعاع ۲۵	مدل ۱۷: سرعت ۲۵ شعاع ۴۵
مدل ۳: سرعت ۲۵ شعاع ۲۲/۵	مدل ۹: سرعت ۲۵ شعاع ۳۵	مدل ۱۸: سرعت ۲۵ شعاع ۵۰
مدل ۴: سرعت ۳۵ شعاع ۱۵	مدل ۱۰: سرعت ۳۵ شعاع ۱۵	مدل ۱۹: سرعت ۳۵ شعاع ۳۵
مدل ۵: سرعت ۳۵ شعاع ۲۰	مدل ۱۱: سرعت ۳۵ شعاع ۲۵	مدل ۲۰: سرعت ۳۵ شعاع ۴۵
مدل ۶: سرعت ۳۵ شعاع ۲۲/۵	مدل ۱۲: سرعت ۳۵ شعاع ۳۵	مدل ۲۱: سرعت ۳۵ شعاع ۵۰
	مدل ۱۳: سرعت ۴۰ شعاع ۱۵	مدل ۲۲: سرعت ۴۰ شعاع ۳۵
	مدل ۱۴: سرعت ۴۰ شعاع ۲۵	مدل ۲۳: سرعت ۴۰ شعاع ۴۵
	مدل ۱۵: سرعت ۴۰ شعاع ۳۵	مدل ۲۴: سرعت ۴۰ شعاع ۵۰

۳-۳-۲- طراحی میدان‌ها در نرم‌افزار ایمسان

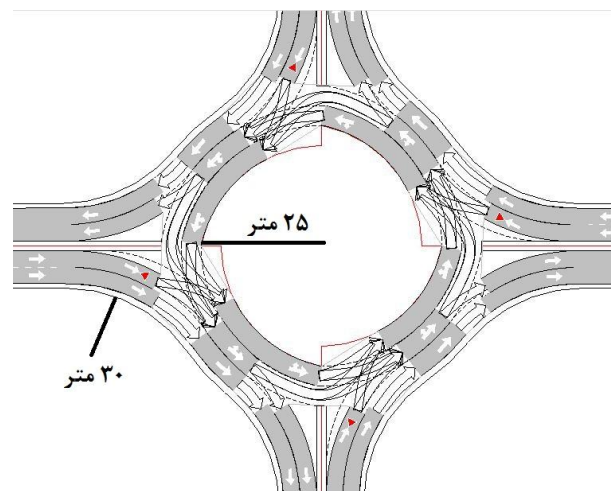
پس از انتقال مدل‌ها از اتوکید به ایمسان، خیابان‌ها و سرعت‌های مربوطه تعریف شده‌اند. پس از

تعریف نوع خیابان و سرعت‌های هریک از آن‌ها جهت‌های حرکتی خودروها ترسیم شده، سپس نوع

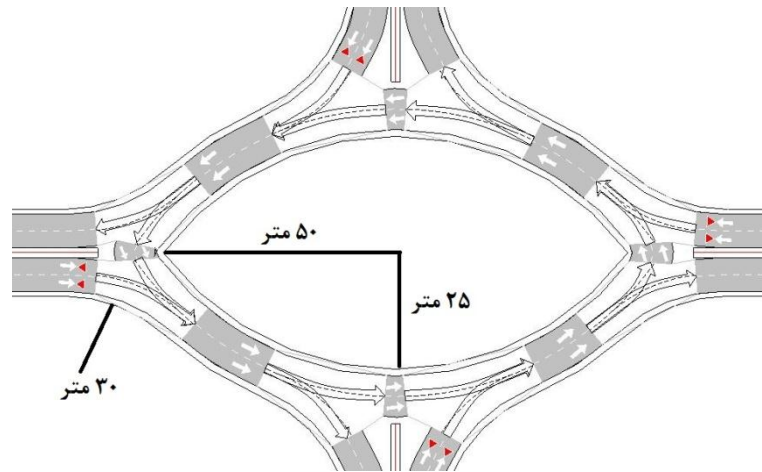
کنترل مشخص شده و تنظیمات مربوط به آنها انجام شده است. نمونه‌هایی از طرح هندسی میدان دوخطه در نرم‌افزار ایمسان در ادامه آورده شده است.



شکل ۳-۳: نمونه طرح هندسی میدان مدرن دوخطه در نرم‌افزار ایمسان



شکل ۴-۳: نمونه طرح هندسی میدان توربو دوخطه در نرم‌افزار ایمسان



شکل ۳-۵: نمونه طرح هندسی میدان بیضوی دوخطه در نرم افزار ایسمان

۳-۴- بارگذاری میدان‌ها

پس از طراحی میدان‌ها جریان‌های ورودی به میدان اعمال شده که در این پژوهش ۷ جریان ترافیکی مختلف (۸ جریان در میدان‌های سه‌خطه) به هر میدان اعمال شده است. این جریان‌های ترافیکی به صورت ماتریس OD به نرم‌افزار داده شده است.

جدول ۳-۴: ماتریس OD جریان ترافیکی ۸۰۰ خودرو در هر ساعت

مجموع	دسترسی شمالی	دسترسی شرقی	دسترسی جنوبی	دسترسی غربی	ماتریس OD (veh/hr)
۲۰۰	۶۰	۶۰	۶۰	۲۰	دسترسی غربی
۲۰۰	۶۰	۶۰	۲۰	۶۰	دسترسی جنوبی
۲۰۰	۶۰	۲۰	۶۰	۶۰	دسترسی شرقی
۲۰۰	۲۰	۶۰	۶۰	۶۰	دسترسی شمالی
۸۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	مجموع

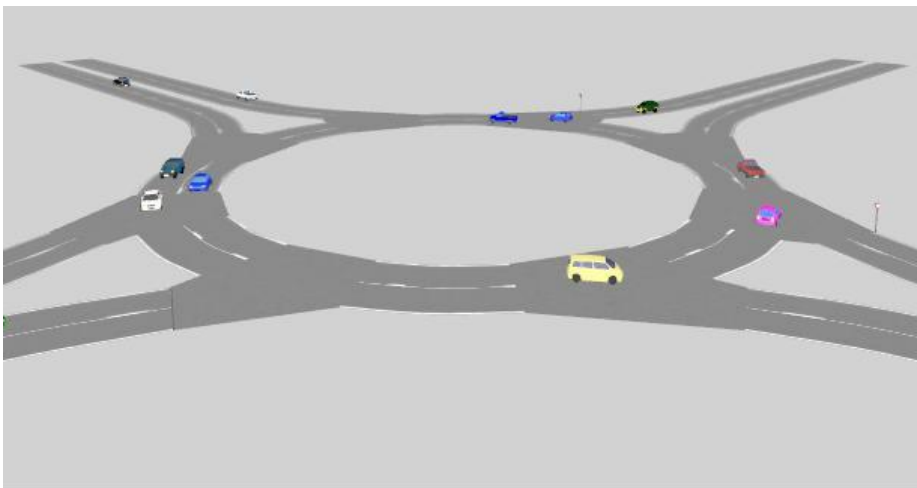
مقدار جریان‌های ترافیکی، ۸۰۰، ۱۲۰۰، ۱۶۰۰، ۲۰۰۰، ۲۴۰۰، ۳۶۰۰ و ۴۸۰۰ خودرو در ساعت بوده که هر یک از این مقادیر مجموع جریان‌های ورودی در دسترسی‌های میدان است. در میدان‌های سه‌خطه جریان ترافیکی ۶۰۰۰ خودرو در ساعت نیز اضافه شده است تا میدان‌ها به حالت

اشباع برسند. به طور مثال ماتریس جریان ترافیکی ۸۰۰ خودرو در ساعت در جدول ۳-۴ نمایش داده شده است.

۳-۵- استخراج نتایج از نرم افزار ایمنان

برای گرفتن نتایج از نرم افزار، در هر حجم ترافیکی ۱۰ شبیه سازی صورت گرفته که نتیجه نهایی، میانگین این ۱۰ مقدار است. مدت زمان شبیه سازی یک ساعت فرض شده که اطلاعات خروجی در بازه های ۱۰ دقیقه ای توسط نرم افزار گرفته شده اند. نرم افزار ایمنان ۱۱ خروجی ارائه داده که از این تعداد تنها تأخیر و ظرفیت آن استفاده شده است. واحد تأخیر در این نرم افزار بر حسب ثانیه در هر کیلومتر (sec/km) و واحد ظرفیت خودرو در هر ساعت (veh/hr) بوده است. در فصل بعد، این نتایج دسته بندی شده و با هم مقایسه شده اند.

یک نمونه شبیه سازی در میدان دوخطه و در حجم ترافیکی ۲۴۰۰ خودرو در ساعت در شکل ۳-۶ نمایش داده شده است.



شکل ۳-۶: نمونه شبیه سازی میدان دوخطه در نرم افزار ایمنان

۳-۶- خلاصه و جمع‌بندی فصل

در این فصل مراحل انجام پژوهش و روند آن توضیح داده شده است. کلیات فصل بر این اساس است که فرضیات و مشخصاتی برای میدان‌ها در نظر گرفته شده و فرضیات در تمامی مدل‌ها مقداری ثابت بوده و به ساده‌تر شدن آن‌ها کمک نموده است. این فرضیات شامل عرض خطوط، طول خیابان‌های دسترسی، نوع خودروی شبیه‌سازی شده، محل قرارگیری میدان (داخل یا خارج شهر) و سرعت خیابان‌های دسترسی بوده است. سپس مشخصاتی که در مدل‌ها تغییر کرده، توضیح داده شده است. این مشخصات تعداد خطوط، سرعت در قسمت چرخشی میدان و شعاع جزیره‌ی مرکزی بوده است.

پس از آن، مبحث طراحی میدان‌ها مطرح شده است. از آنجا که طراحی میدان در نرم‌افزار اصلی (ایمسان) دشوار بوده ابتدا در نرم‌افزار اتوکد طراحی شده و سپس به ایمسان انتقال داده شده است. بعد از انتقال به ایمسان، تنظیمات مربوط به گردش و سرعت خودروها انجام شده است. سپس احجام ترافیکی در هر مدل به صورت ماتریس OD به نرم‌افزار اعمال شده‌اند. جهت استخراج نتایج، هر حجم ترافیکی ۱۰ مرتبه شبیه‌سازی شده، سپس میانگین آن‌ها محاسبه شده و نتایج بهتر حاصل شده است. در فصل بعد این نتایج دسته‌بندی شده و با هم مقایسه شده‌اند.

فصل چهارم: نتایج شبیه‌سازی

در این فصل به دسته‌بندی و بررسی نتایج حاصل از نرم‌افزار پرداخته شده است. نتایج ابتدا به صورت جداگانه در هر میدان تحلیل می‌شوند. نتایج میدان‌های بدون چراغ و دارای چراغ نیز جداگانه بررسی می‌شوند. سپس تأثیر افزایش سرعت و شعاع جزیره‌ی مرکزی میدان بر آن‌ها بیان می‌شود. مقدار تأخیر و ظرفیت در شعاع و سرعت‌های مختلف نیز بررسی می‌شود. در مرحله‌ی بعد میدان‌های بدون چراغ با هم و میدان‌های دارای چراغ با هم مقایسه می‌شوند. در این مرحله تأثیر نوع میدان بر مقدار تأخیر و ظرفیت تحلیل می‌شود. در انتها میدان‌ها در دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ مقایسه می‌شوند و نتایج حاصل از این تحلیل‌ها بیان می‌گردد؛ اما در این مقایسه‌ها، مقایسه میدان‌ها در تعداد خطوط مختلف صورت نمی‌گیرد.

مقایسه عملکرد میدان‌ها با هم، در تعداد خطوط متفاوت به دو دلیل انجام نمی‌شود. اولاً با توجه به توصیه‌هایی که در آیین‌نامه (میدان‌ها: یک راهنمای جامع، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰) وجود دارد، شعاع‌ها و سرعت‌ها در تعداد خطوط مختلف، با هم متفاوت است. دوم این‌که تأثیر افزایش تعداد خطوط بر عملکرد میدان تقریباً امری بدیهی و سبب بهبود عملکرد آن شده است. مقایسه ایمنی در تعداد خطوط متفاوت، می‌تواند توجیه داشته باشد اما در این مطالعه تنها به مقایسه تأخیر و ظرفیت می‌پردازیم. با توجه به این دو دلیل مقایسه میدان‌ها با هم، در تعداد خطوط متفاوت صورت نمی‌گیرد؛ اما رفتار هر یک در شرایط یک‌خطه، دوخطه و سه‌خطه بررسی شده است.

برای تحلیل رفتار میدان‌ها در شرایط مختلف از نمودار استفاده شده است. در این نمودارها برای بررسی تأخیر با ثابت گرفتن یک پارامتر، پارامتر دیگر تغییر کرده است. در هر میدان ابتدا سرعت ثابت و برابر با ۳۵ کیلومتر بر ساعت فرض شده است و افزایش شعاع مورد بررسی قرار گرفته است. سپس شعاع ثابت فرض شده و سرعت تغییر می‌کند. مقدار شعاع در تعداد خطوط مختلف، متفاوت است. در میدان‌های یک‌خطه شعاع ۲۰ متر، دوخطه ۲۵ متر و سه‌خطه ۴۵ متر می‌باشد. در نمودار ظرفیت، هر

دو پارامتر سرعت و شعاع با هم تغییر می‌کنند. نتایج به‌صورت کامل در پیوست به‌صورت جدول آورده شده است.

کلیه نتایج مربوط به تأخیر در دو حالت جریان‌های غیراشباع و جریان‌های اشباع بررسی می‌شوند. معمولاً شرایط عملکردی میدان در این دو حالت با هم متفاوت است به همین دلیل این دو جریان به‌صورت جداگانه بررسی می‌شوند. جریان‌های غیراشباع، به جریان‌هایی گفته می‌شوند که از مقدار ظرفیت میدان کمتر می‌باشند. برای شناسایی این جریان‌ها در نمودارهای نشان داده شده در این فصل، باید به شیب نمودارهای تأخیر توجه کرد. در جریان‌های غیراشباع شیب نمودار تأخیر معمولاً کم بوده و پس از این جریان‌ها شیب به‌طور قابل توجهی زیاد می‌شود. جریان‌های اشباع، مقادیر بیشتر از جریان‌های غیراشباع می‌باشند. در این وضعیت، جریان‌ها نزدیک به ظرفیت میدان یا بیشتر از آن می‌باشند. در جریان‌های اشباع با افزایش جریان شیب نمودار به صفر می‌رسد. شیب صفر به معنای ثابت ماندن تأخیر با تغییر جریان است. تأخیر زمانی ثابت باقی می‌ماند که میدان نتواند جریان تقاضا را به‌طور کامل عبور دهد و تنها جریانی برابر با ظرفیت خود (و نه بیشتر) عبور می‌دهد. در نمودارهای مربوط به تأخیر، محور افقی جریان تقاضا تعریف شده است.

۴-۲- بررسی نتایج مربوط به میدان‌های بدون چراغ

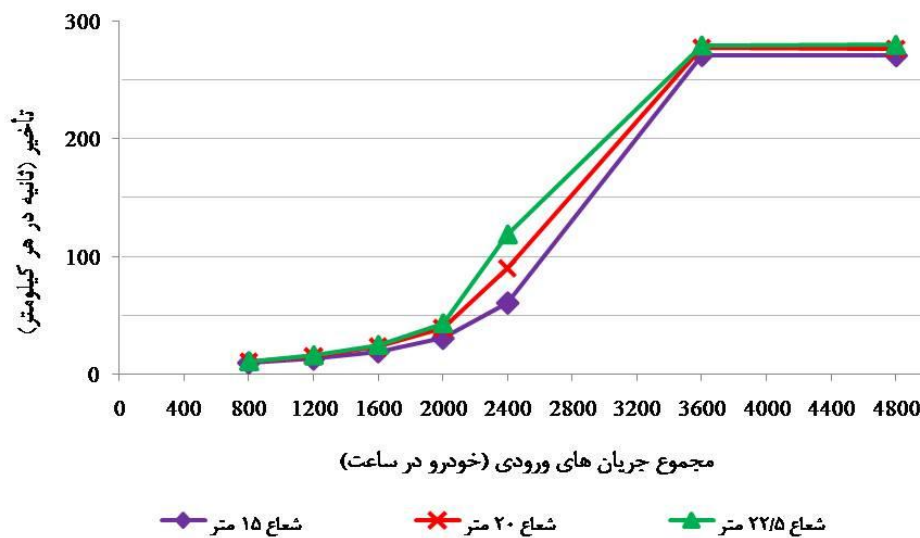
در این قسمت نتایج میدان‌های بدون چراغ به‌صورت مجزا بررسی شده است. این نتایج شامل تأخیر و ظرفیت هستند که تأثیر سرعت در قسمت چرخشی میدان و شعاع جزیره‌ی مرکزی بر آن‌ها بررسی می‌شود. هر میدان در سه حالت یک‌خطه، دوخطه و سه‌خطه به‌طور جدا تحلیل می‌شود.

۴-۲-۱- بررسی نتایج میدان مدرن بدون چراغ

همان‌طور که در مقدمه توضیح داده شد، هر میدان در سه گروه یک‌خطه، دوخطه و سه‌خطه به‌طور جداگانه بررسی می‌شوند.

۴-۲-۱-۱- میدان مدرن یک خطه در حالت بدون چراغ

در شکل ۴-۱ نتایج مربوط به تغییر شعاع در این میدان نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید با افزایش شعاع، تأخیر در دو شرایط اشباع و غیراشباع افزایش یافته است. شدت این افزایش در جریان تقاضای ۲۰۰۰ تا ۳۶۰۰ خودرو در ساعت بیشتر می‌باشد. در حجم ترافیکی ۲۴۰۰ خودرو در ساعت، تأخیر تا دو برابر (۲۰۰ درصد) افزایش یافته است.

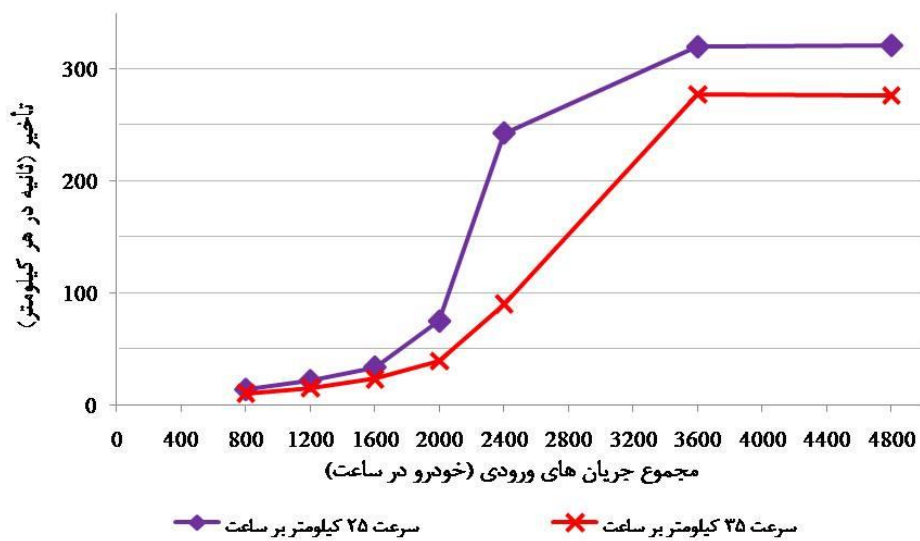


شکل ۴-۱: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان مدرن بدون چراغ (یک خطه)

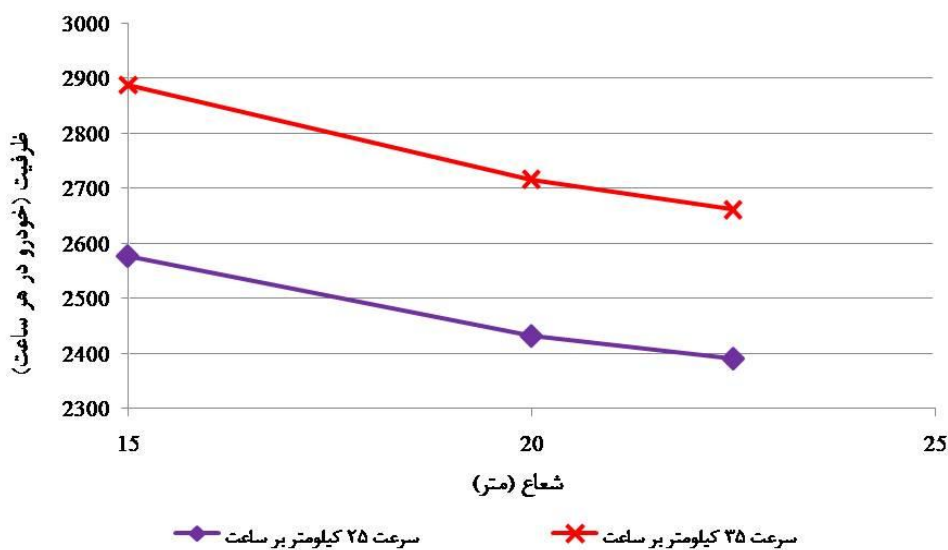
در شکل ۴-۲ تأثیر افزایش سرعت قسمت گردش میدان بر تأخیر نمایش داده شده است. با افزایش سرعت در هر دو حالت اشباع و غیراشباع کاهش تأخیر صورت می‌گیرد. تأثیر افزایش سرعت در این میدان در جریان تقاضای اشباع بیشتر از جریان غیراشباع می‌باشد. در حجم ترافیکی ۲۴۰۰ خودرو در ساعت، تأخیر تا میزان ۶۱ درصد کاهش یافته است.

تأثیر افزایش سرعت و شعاع جزیره‌ی مرکزی بر میدان در شکل ۴-۳ آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید با افزایش سرعت ظرفیت به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. با افزایش سرعت از ۲۵ به ۳۵ کیلومتر بر ساعت، ظرفیت تا ۱۲ درصد افزایش پیدا می‌کند. همچنین در این نمودار با افزایش شعاع (محور افقی)، ظرفیت تا ۷ درصد (در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت) کاهش

یافته است.



شکل ۴-۲: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۰ (m) بر تأخیر میدان مدرن بدون چراغ (یک خطه)

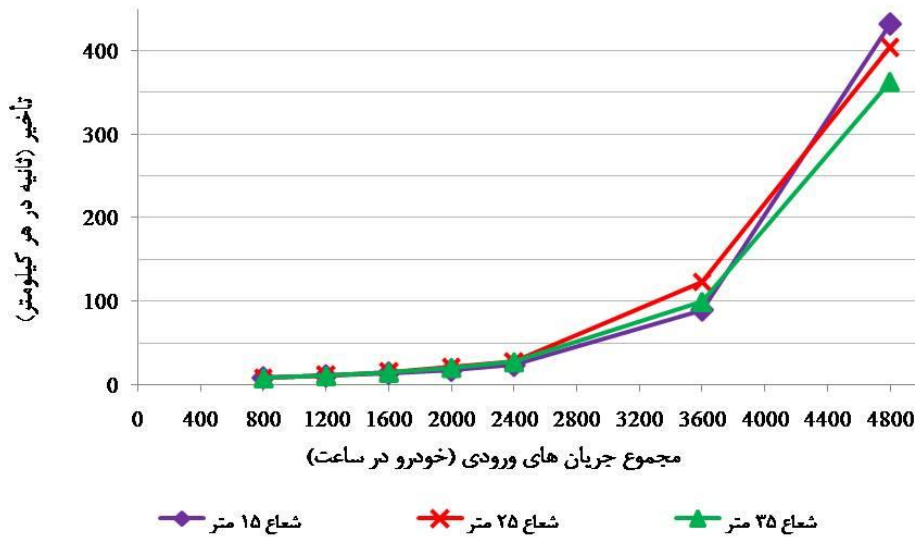


شکل ۴-۳: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان مدرن بدون چراغ (یک خطه)

۴-۱-۲-۴ - میدان مدرن دوخطه در حالت بدون چراغ

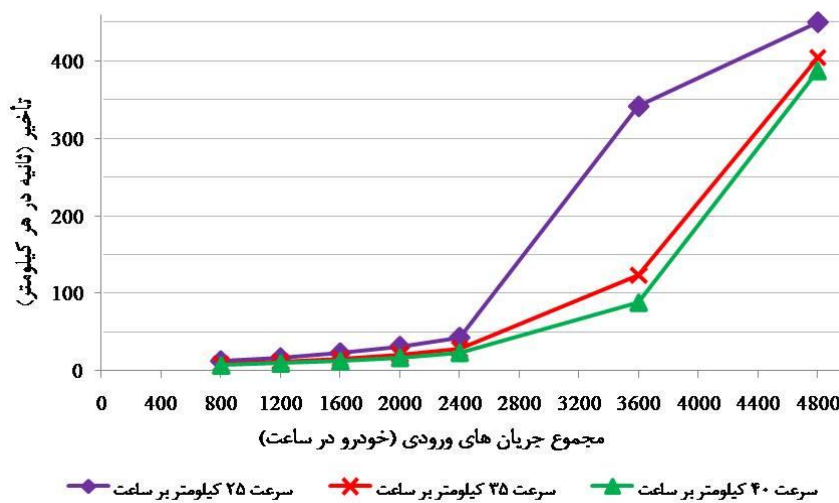
شکل ۴-۴ میدان مدرن دوخطه در شعاع های مختلف را نمایش می دهد. در جریان های غیراشباع افزایش شعاع سبب افزایش تأخیر شده است. بیشترین مقدار افزایش تأخیر در جریان های غیراشباع (۳۶۰۰ خودرو در ساعت) تا ۳۷ درصد نیز رسیده است. در جریان های اشباع شده رفتار

میدان تغییر می‌کند و افزایش شعاع سبب کاهش تأخیر تا ۱۸ درصد (در حجم ترافیکی ۴۸۰۰ خودرو در ساعت) شده است.



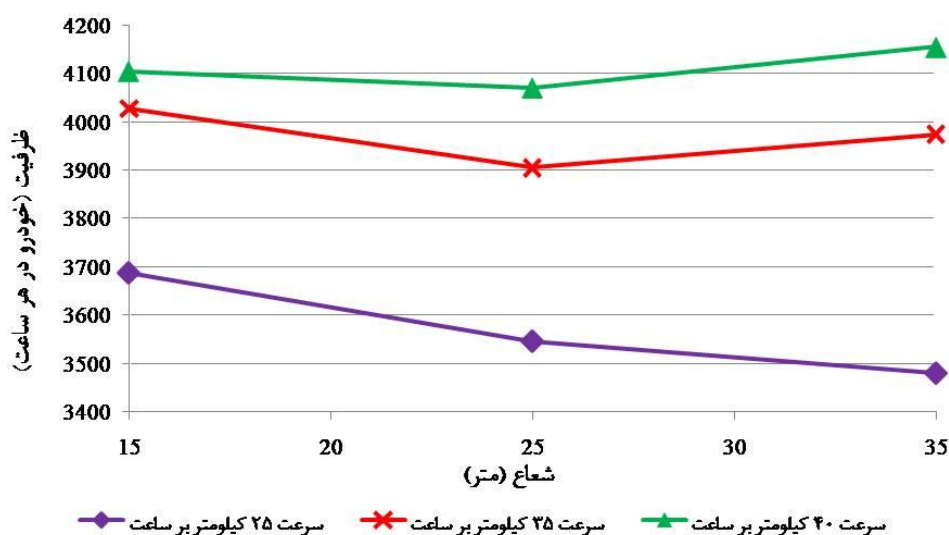
شکل ۴-۴: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان مدرن بدون چراغ (دوخطه)

تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ متر در شکل ۴-۵ نمایش داده شده است. در تمامی جریان‌های غیراشباع و اشباع، با افزایش سرعت تأخیر کاهش پیدا کرده است. بیشترین میزان کاهش تأخیر در حجم ترافیکی ۳۶۰۰ خودرو در ساعت اتفاق افتاده که تأخیر تا ۷۴ درصد کاهش پیدا کرده است.



شکل ۴-۵: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ (m) بر تأخیر میدان مدرن بدون چراغ (دوخطه)

با افزایش سرعت در شکل ۴-۶ مشاهده می‌شود که ظرفیت به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. شدت این افزایش در شعاع ۳۵ متر بیشتر است. با افزایش سرعت، ظرفیت تا ۱۹ درصد افزایش یافته است؛ اما افزایش شعاع از ۱۵ به ۲۵ متر، سبب کاهش ظرفیت شده است؛ اما با افزایش بیشتر شعاع از ۲۵ به ۳۵ متر در سرعت‌های ۲۵ و ۳۵ کیلومتر بر ساعت، ظرفیت افزایش یافته است. بیشترین مقدار کاهش ظرفیت در سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت رخ داده است. مقدار کاهش در این سرعت به ۵ درصد رسیده است؛ اما بیشترین افزایش ظرفیت در سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت رخ داده که به ۱ درصد رسیده است.

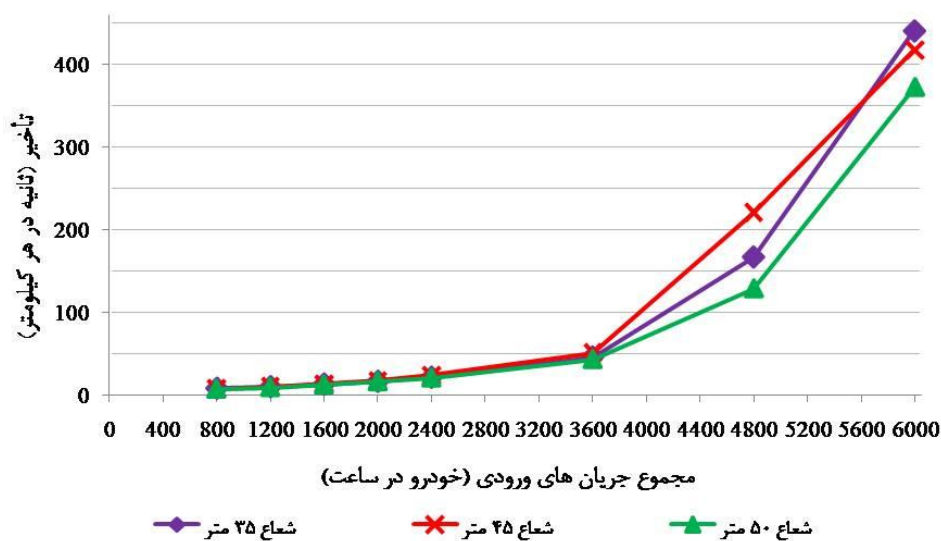


شکل ۴-۶: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان مدرن بدون چراغ (دوخطه)

۴-۲-۱-۳- میدان مدرن سه‌خطه در حالت بدون چراغ

در شکل ۴-۷ تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ کیلومتر بر ساعت نمایش داده شده است. با افزایش شعاع از ۳۵ تا ۴۵ متر در جریان‌های ترافیکی غیراشباع افزایش در تأخیر مشاهده می‌شود. در این حالت در حجم ترافیکی ۴۸۰۰ خودرو در ساعت، تأخیر تا ۴۰ درصد افزایش یافته است. در جریان‌های اشباع با افزایش شعاع از ۳۵ تا ۴۵ متر، کاهش کمی در تأخیر ایجاد شده است؛ اما افزایش شعاع تا ۵۰ متر سبب کاهش قابل توجه تأخیر شده است. مقدار کاهش تأخیر در این حالت تا ۴۲

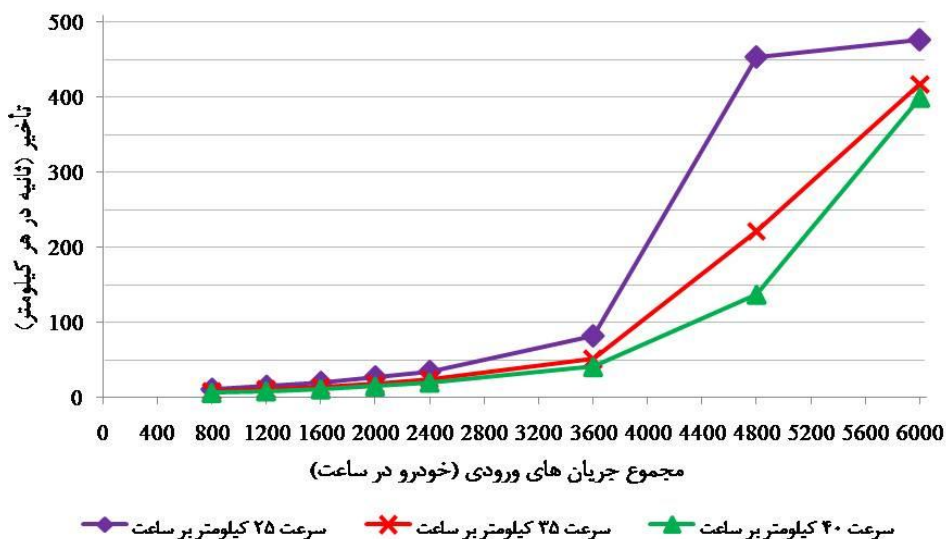
درصد رسیده است.



شکل ۴-۷: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان مدرن بدون چراغ (سه خطه)

افزایش سرعت در تمامی جریان ها (اشباع و غیراشباع) سبب کاهش قابل توجه تأخیر شده

است. این کاهش در حجم ترافیکی ۴۸۰۰ خودرو در ساعت به ۷۱ درصد رسیده است.

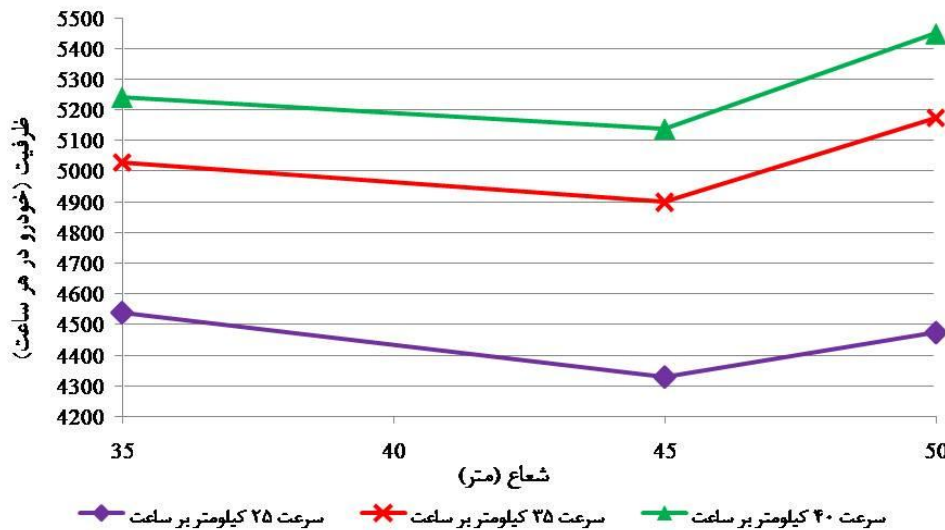


شکل ۴-۸: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ (m) بر تأخیر میدان مدرن بدون چراغ (سه خطه)

شکل ۴-۹ نمودار مربوط به ظرفیت است. با افزایش سرعت، ظرفیت به طور قابل توجهی تا ۲۱

درصد (در شعاع ۵۰ متر) افزایش یافته است؛ اما با افزایش شعاع از ۳۵ تا ۴۵ متر ظرفیت به مقدار

ناچیزی کاهش یافته و پس از آن با افزایش شعاع تا ۵۰ متر ظرفیت افزایش یافته است. در این حالت مقدار کاهش تا ۴ درصد (در سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت) و مقدار افزایش تا ۶ درصد (در سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت) بوده است.



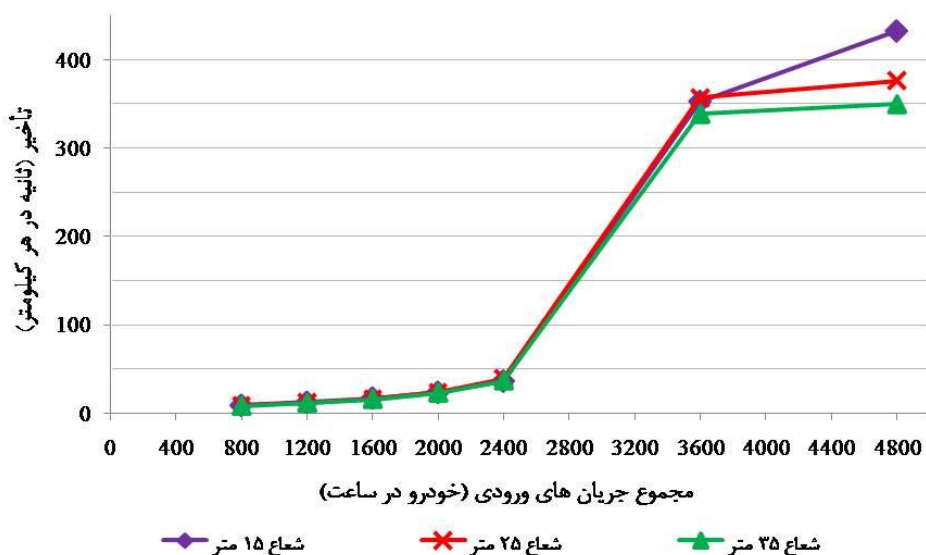
شکل ۴-۹: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان مدرن بدون چراغ (سه خطه)

۲-۲-۴- بررسی نتایج میدان توربو بدون چراغ

طبق تعریف میدان توربو در حالت یک خطه طراحی نشده است. به همین دلیل این میدان تنها در دو حالت دو خطه و سه خطه بررسی شده است.

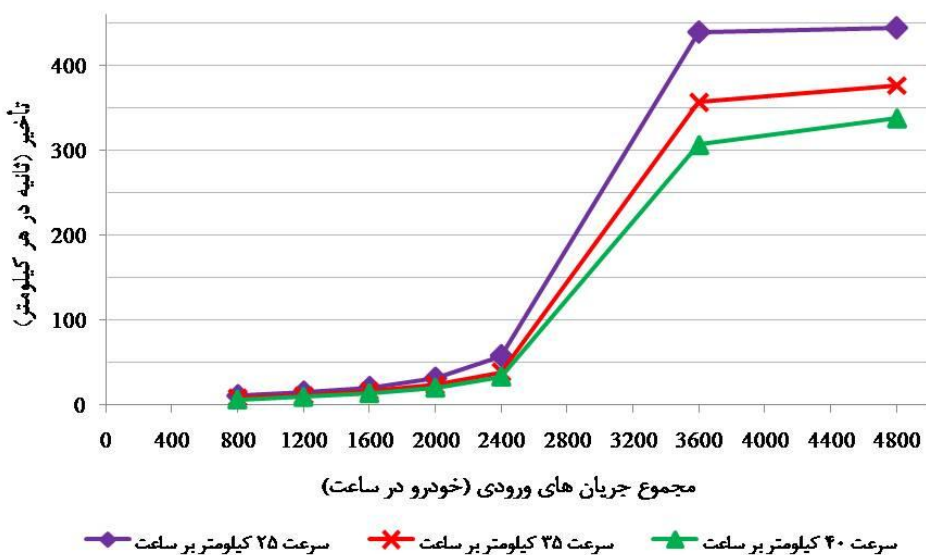
۲-۲-۴-۱- میدان توربو دو خطه در حالت بدون چراغ

در شکل ۴-۱۰ تأثیر شعاع در میدان توربو دو خطه نمایش داده شده است. همان طور که مشاهده می‌کنید افزایش شعاع در حجم‌های غیراشباع تأثیر قابل توجهی بر تأخیر ندارد؛ اما در جریان‌های اشباع (۴۸۰۰ خودرو در ساعت)، مشاهده می‌شود که تأخیر تا ۲۰ درصد کاهش یافته است.



شکل ۴-۱۰: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان توربو بدون چراغ (دوخطه)

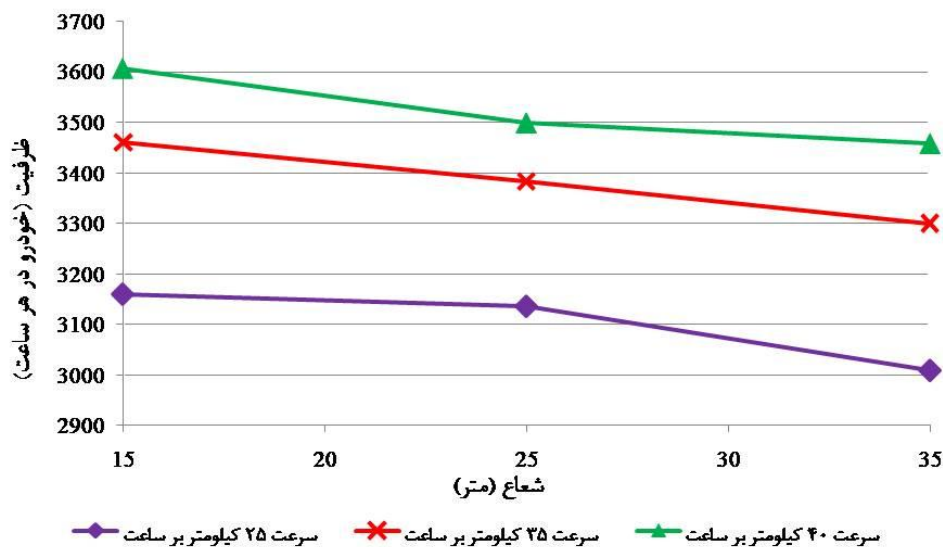
همان طور که در شکل ۴-۱۱ نمایش داده شده است، با افزایش سرعت در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) کاهش تأخیر وجود داشته است. بیشترین مقدار کاهش تأخیر در حجم ترافیکی ۳۶۰۰ خودرو در ساعت صورت گرفته که مقدار این کاهش به ۳۲ درصد رسیده است.



شکل ۴-۱۱: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ (m) بر تأخیر میدان توربو بدون چراغ (دوخطه)

تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت در شکل ۴-۱۲ ارائه شده است. در این حالت نیز به طور قابل

توجهی افزایش سرعت سبب افزایش ظرفیت شده است. در شعاع ۳۵ متر تا ۱۵ درصد افزایش ظرفیت وجود دارد. با افزایش شعاع، کاهش در ظرفیت ایجاد شده است. این مقدار کاهش در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت تا ۵ درصد رسیده است.

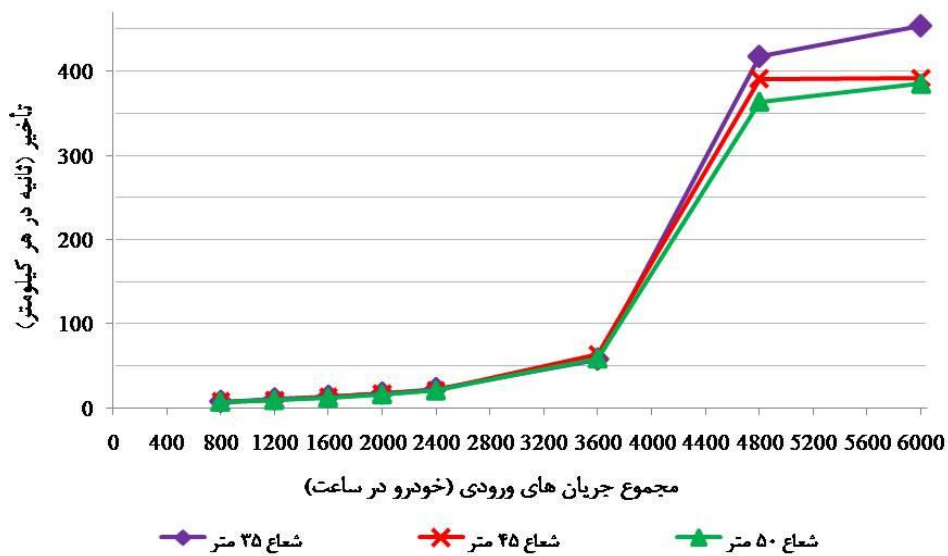


شکل ۴-۱۲: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان توربو بدون چراغ (دوخطه)

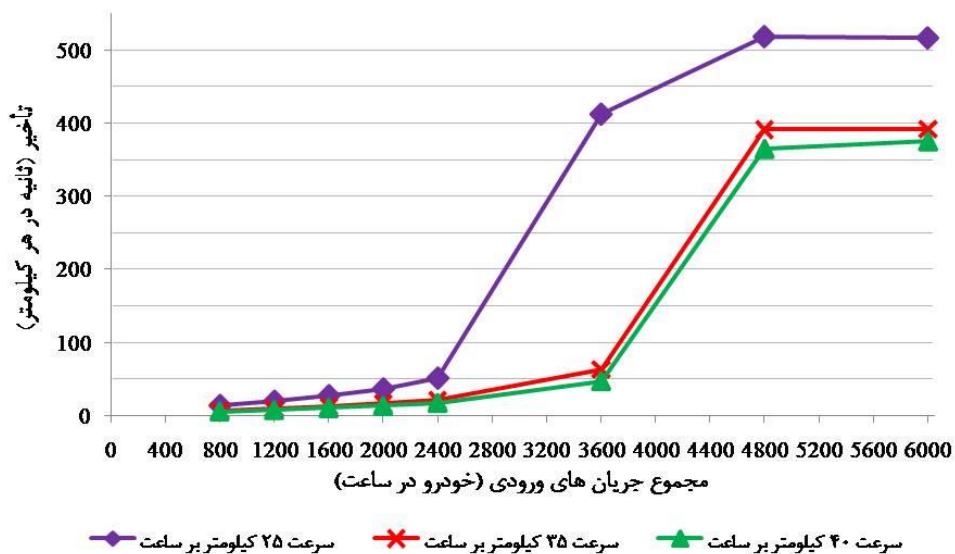
۴-۲-۲-۲- میدان توربو سه خطه در حالت بدون چراغ

تأثیر شعاع در این میدان در شکل ۴-۱۳ بررسی شده است. همان طور که مشاهده می شود با افزایش شعاع در حالت غیراشباع، تغییری در تأخیر به وجود نمی آید؛ اما در حالت اشباع افزایش شعاع سبب کاهش تأخیر شده است. این کاهش تأخیر در حجم ترافیکی ۶۰۰۰ خودرو در ساعت تا ۱۷ درصد رسیده است.

در شکل ۴-۱۴ تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ متر ارائه شده که سرعت در تمام جریان های ترافیکی (اشباع و غیراشباع) سبب کاهش تأخیر می شود. کاهش تأخیر در حجم ترافیکی ۳۶۰۰ خودرو در ساعت تا ۸۸ درصد هم رسیده است.



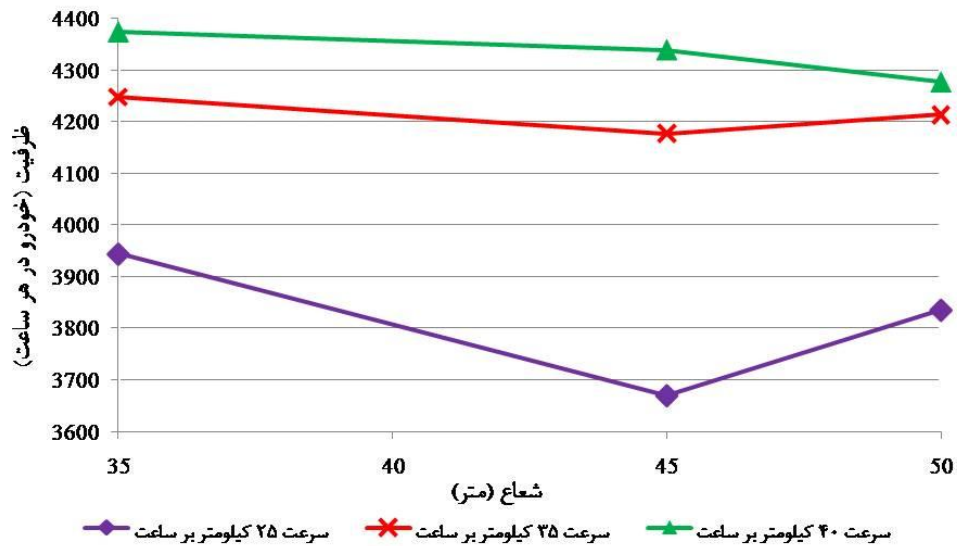
شکل ۴-۱۳: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان توربو بدون چراغ (سه خطه)



شکل ۴-۱۴: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ (m) بر تأخیر میدان توربو بدون چراغ (سه خطه)

تأثیر شعاع و سرعت بر ظرفیت در شکل ۴-۱۵ نمایش داده شده است. افزایش سرعت سبب افزایش قابل توجه ظرفیت می شود. در شعاع ۴۵ متر افزایش ظرفیت تا میزان ۱۸ درصد مشاهده شده است؛ اما با افزایش شعاع، به طور کلی در تمامی سرعتها کاهش در ظرفیت ایجاد شده است. در

سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت این کاهش تا ۷ درصد هم می‌رسد. در سرعت ۲۵ و ۳۵ کیلومتر بر ساعت با افزایش شعاع تا ۵۰ متر، ظرفیت مقداری افزایش یافته است. در سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت افزایش تا ۴ درصد مشاهده شده است.



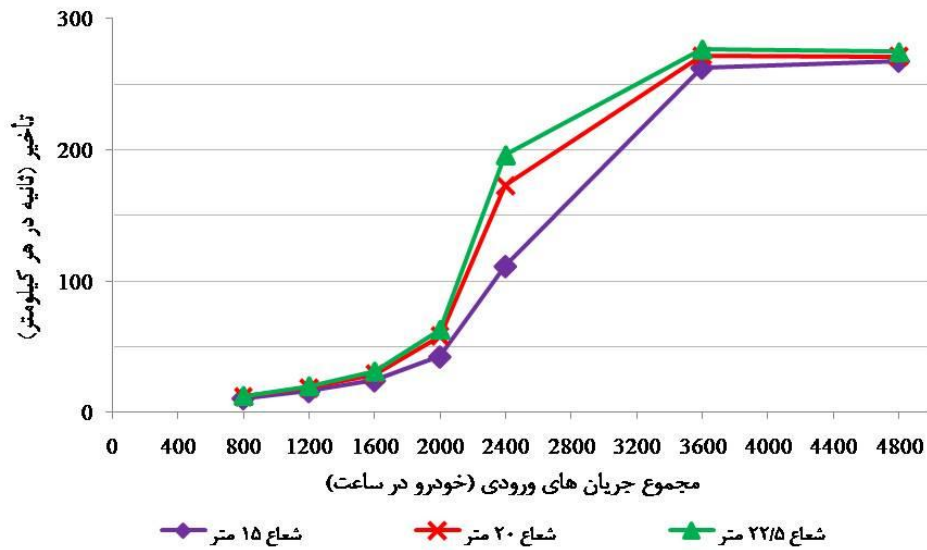
شکل ۴-۱۵: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان توربو بدون چراغ (سه خطه)

۳-۲-۴- بررسی نتایج میدان بیضوی بدون چراغ

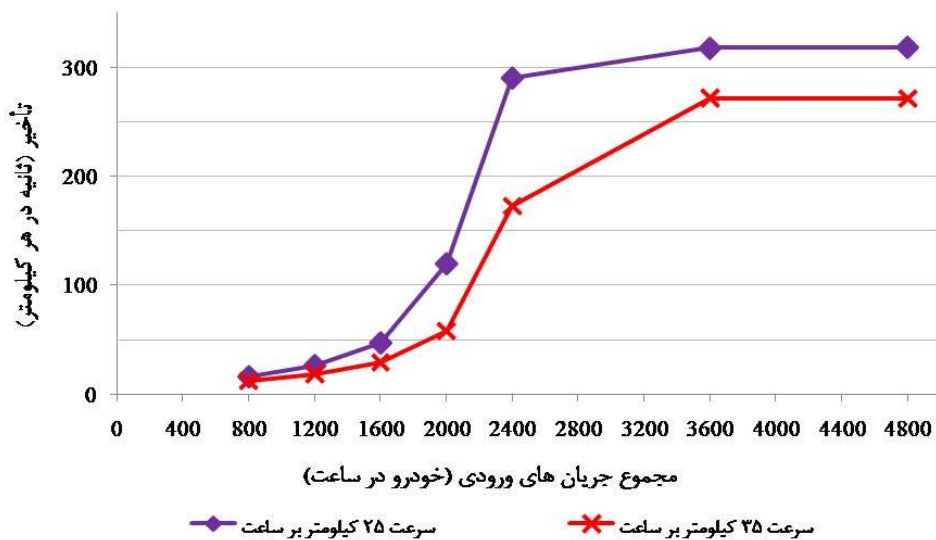
میدان بیضوی نیز در سه گروه یک خطه، دو خطه و سه خطه بررسی می‌شود.

۳-۲-۴-۱- میدان بیضوی یک خطه در حالت بدون چراغ

در شکل ۴-۱۶ تأثیر شعاع بر تأخیر نشان داده شده است. افزایش شعاع در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) سبب افزایش تأخیر می‌شود. در حجم ترافیکی ۲۴۰۰ خودرو در ساعت این افزایش تا ۷۷ درصد رسیده است.



شکل ۴-۱۶: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان بیضوی بدون چراغ (یک خطه) در شکل ۴-۱۷ تأثیر سرعت بر تأخیر را مشاهده می کنید. در این شکل با افزایش سرعت در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) تأخیر کاهش یافته است. حجم ترافیکی ۲۴۰۰ خودرو در ساعت کاهش تا ۴۴ درصد را نشان می دهد.



شکل ۴-۱۷: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۰ (m) بر تأخیر میدان بیضوی بدون چراغ (یک خطه) تأثیر افزایش سرعت و شعاع جزیره مرکزی بر ظرفیت در شکل ۴-۱۸ نشان داده شده است. با افزایش سرعت، ظرفیت افزایش یافته است. در شعاع ۱۵ متر، افزایش به میزان ۱۳ درصد مشاهده

می‌شود؛ اما با افزایش شعاع، ظرفیت کاهش یافته است. بیشترین کاهش در ظرفیت در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت مشاهده شده است که به میزان ۱۰ درصد می‌باشد.

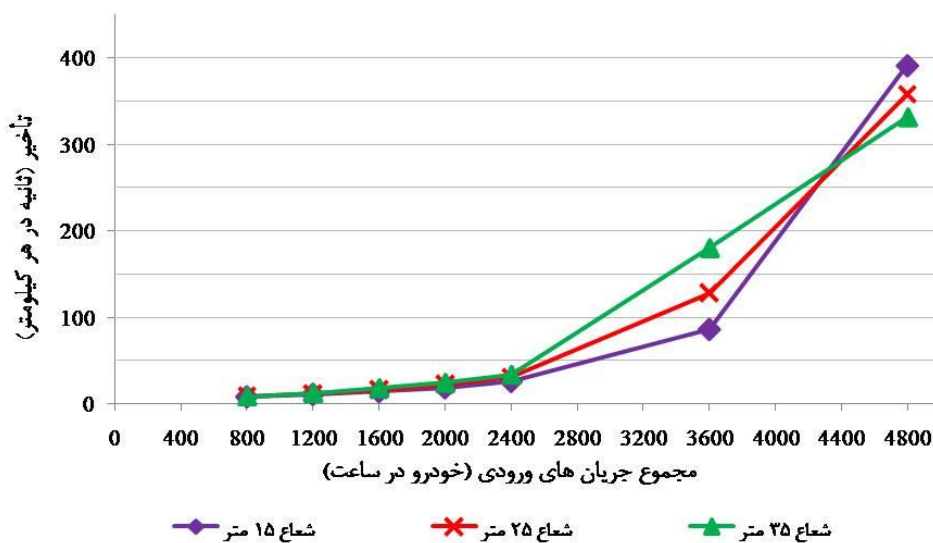


شکل ۴-۱۸: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان بیضوی بدون چراغ (یک خطه)

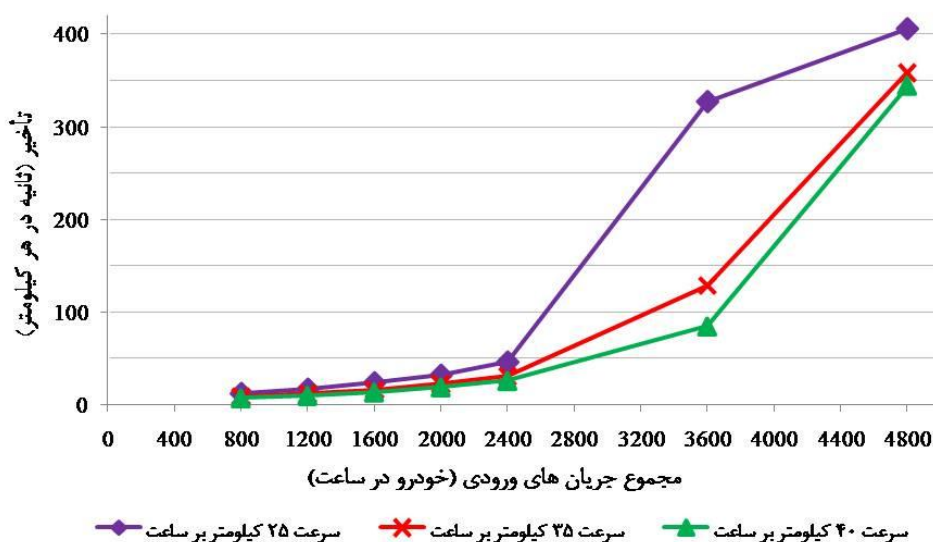
۴-۲-۳-۲ - میدان بیضوی دوخطه در حالت بدون چراغ

در شکل ۴-۱۹ تأثیر شعاع بر تأخیر نمایش داده شده است. در جریان‌های غیراشباع، با افزایش شعاع، تأخیر افزایش یافته است. بیشترین میزان افزایش در حجم ترافیکی ۳۶۰۰ خودرو در ساعت اتفاق می‌افتد که تا دو برابر افزایش یافته است؛ اما در جریان‌های اشباع مشاهده می‌شود که تأخیر کاهش یافته است. این کاهش در حجم ترافیکی ۴۸۰۰ خودرو در ساعت به میزان ۱۶ درصد می‌باشد.

در شکل ۴-۲۰ تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ متر بر تأخیر نمایش داده شده است. با افزایش سرعت در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) کاهش در تأخیر مشاهده می‌شود. کاهش در حجم ترافیکی ۳۶۰۰ خودرو در ساعت به میزان ۷۶ درصد می‌باشد.

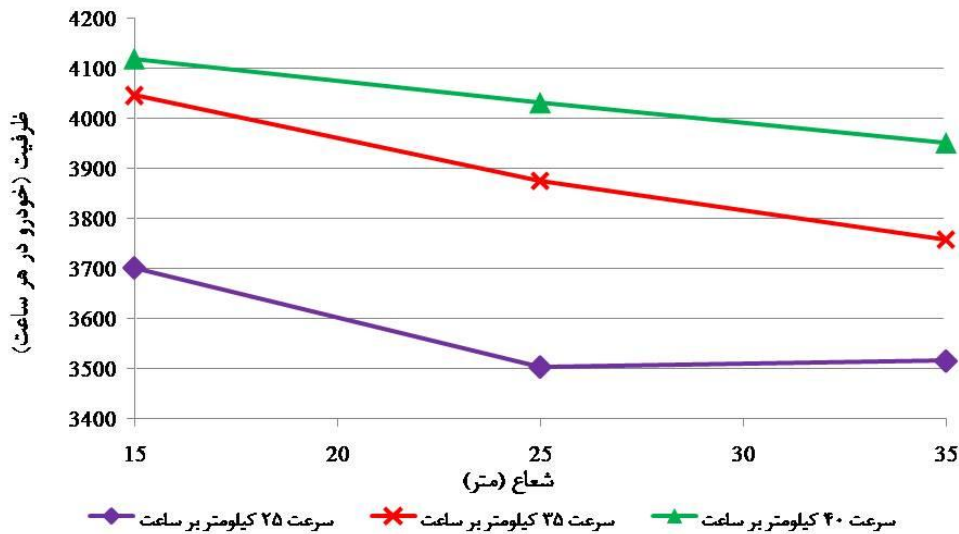


شکل ۴-۱۹: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان بیضوی بدون چراغ (دوخطه)



شکل ۴-۲۰: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ (m) بر تأخیر میدان بیضوی بدون چراغ (دوخطه)

همان طور که در شکل ۴-۲۱ مشاهده می‌کنید، با افزایش سرعت، ظرفیت افزایش یافته است. این افزایش در شعاع ۲۵ متر به میزان ۱۵ درصد می‌باشد. با افزایش در شعاع کاهش در ظرفیت مشاهده می‌شود. بیشترین میزان کاهش در ظرفیت در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت به میزان ۷ درصد می‌باشد.



شکل ۴-۲۱: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان بیضوی بدون چراغ (دوخطه)

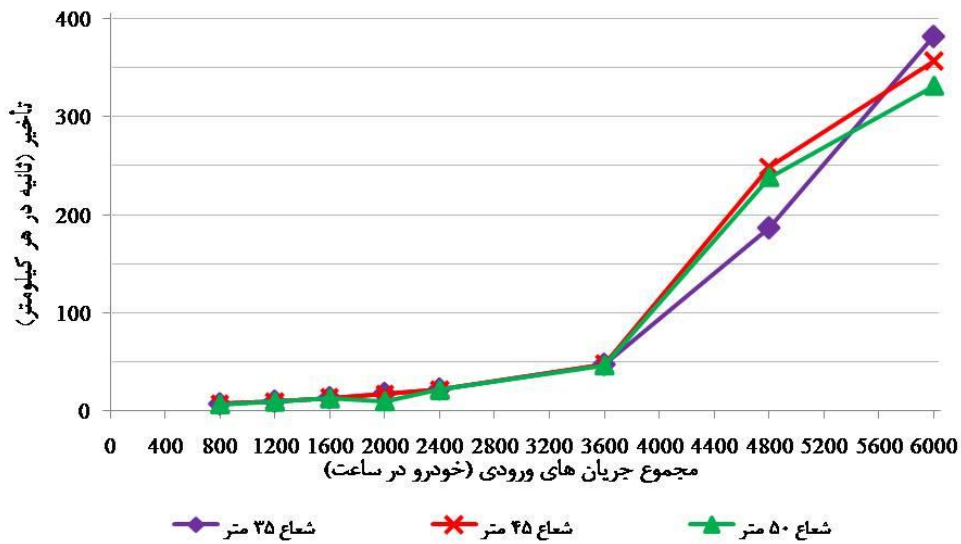
۴-۲-۳- میدان بیضوی سه خطه در حالت بدون چراغ

در میدان‌های بیضوی سه خطه، تأثیر شعاع بر تأخیر در شکل ۴-۲۲ نمایش داده شده است. با افزایش شعاع در جریان‌های غیراشباع، افزایش در تأخیر مشاهده می‌شود. میزان این افزایش در حجم ترافیکی ۴۸۰۰ خودرو در ساعت به میزان ۲۹ درصد می‌باشد؛ اما در جریان‌های اشباع با افزایش شعاع، تأخیر کاهش یافته است. بیشترین میزان کاهش، در حجم ترافیکی ۶۰۰۰ خودرو در ساعت به میزان ۱۳ درصد می‌باشد.

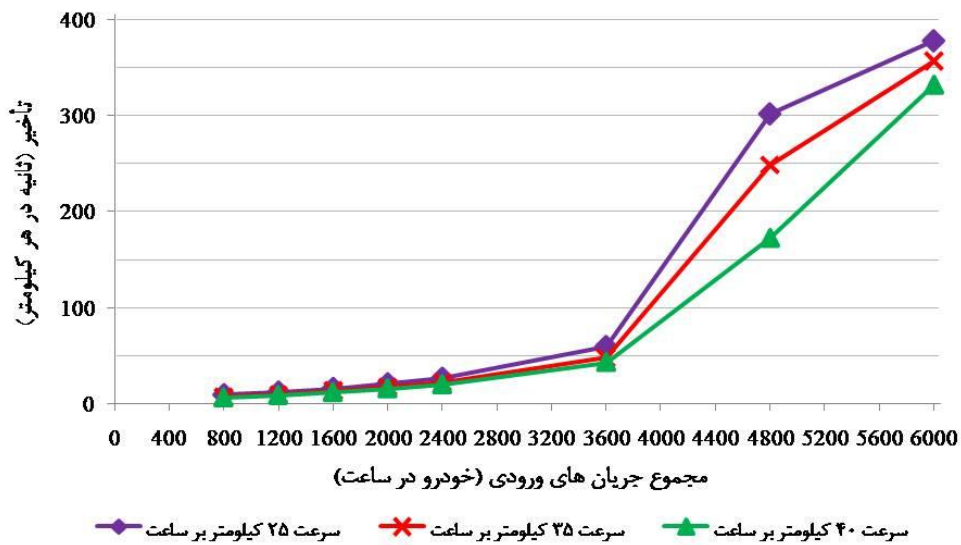
تأثیر سرعت بر تأخیر در این میدان‌ها در شکل ۴-۲۳ نمایش داده شده است. با افزایش سرعت در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) کاهش در تأخیر مشاهده می‌شود. بیشترین میزان کاهش در حجم ترافیکی ۴۸۰۰ خودرو در ساعت به میزان ۴۵ درصد می‌باشد.

تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت در شکل ۴-۲۴ نمایش داده شده است. در این شکل با افزایش سرعت، ظرفیت نیز افزایش یافته است. بیشترین افزایش در شعاع ۳۵ متر به میزان ۱۸ درصد می‌باشد؛ اما با افزایش شعاع، ظرفیت در سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت افزایش و در سرعت ۳۵ و ۴۵ کیلومتر بر ساعت کاهش یافته است. در سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت، ظرفیت تا میزان ۴ درصد

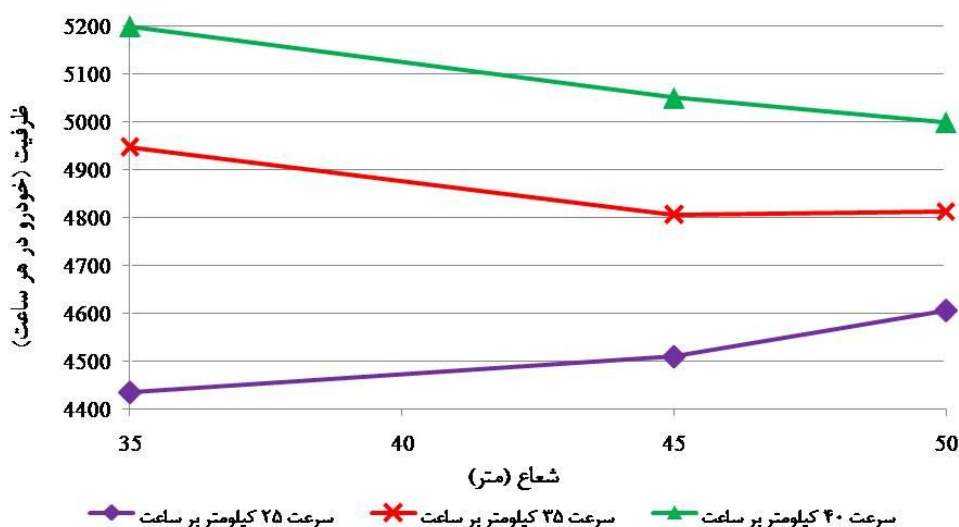
افزایش یافته است. بیشترین کاهش ظرفیت در سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت به میزان ۴ درصد می‌باشد.



شکل ۴-۲۲: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان بیضوی بدون چراغ (سه خطه)



شکل ۴-۲۳: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ (m) بر تأخیر میدان بیضوی بدون چراغ (سه خطه)



شکل ۴-۲۴: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان بیضوی بدون چراغ (سه خطه)

۴-۲-۴- بررسی کلی نتایج میدان‌های بدون چراغ

در این قسمت به بررسی کلی نتایج میدان‌ها می‌پردازیم. با توجه به نتایج و بررسی‌هایی که برای هر میدان انجام شده است، در این قسمت به مقایسه میدان‌ها از دو دیدگاه می‌پردازیم. ابتدا رفتار میدان‌ها با هم مقایسه شده و سپس تأخیر و ظرفیت آن‌ها از لحاظ مقدار بررسی می‌شود.

با توجه به شکل‌ها در این بخش، نتایج به صورت خلاصه در جداولی ارائه شده است. جدول ۴-۱ تأثیر افزایش شعاع بر تأخیر در میدان‌های یک‌خطه، دوخطه و سه‌خطه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌کنید افزایش شعاع تأثیر خوبی بر عملکرد میدان‌ها ندارد و در بیشتر موارد سبب افزایش تأخیر در آن‌ها می‌شود. افزایش شعاع بیشتر در میدان‌های دوخطه و سه‌خطه و در مواقعی که میدان در حالت اشباع می‌باشد، کاربرد دارد. در این موارد کاهش تأخیر به حداکثر ۲۰ درصد (در میدان‌های توربو) رسیده است. افزایش شعاع اگر بدون توجه به این موارد انجام شود، ممکن است تأثیر منفی در عملکرد میدان داشته باشد.

طبق نتایج حاصل شده از جدول ۴-۱، افزایش شعاع در میدان‌های بدون چراغ یک‌خطه، در هیچ شرایطی توجیه ندارد. رفتار میدان بیضوی و مدرن تقریباً مشابه یکدیگر می‌باشد، اما میدان توربو رفتار

متفاوتی دارد. تأثیر افزایش شعاع بر میدان مدرن و بیضوی بیشتر می‌باشد. بهترین شرایط برای افزایش شعاع در این میدان‌ها، میدان توربو دوخطه در حالت اشباع می‌باشد که تا ۲۰ درصد کاهش در تأخیر آن مشاهده می‌شود.

جدول ۱-۴: خلاصه نتایج تأثیر افزایش شعاع بر تأخیر در میدان‌های بدون چراغ

تعداد خط	میدان مدرن	میدان توربو	میدان بیضوی
یک خطه	جریان غیراشباع	افزایش	افزایش
	جریان اشباع	افزایش	افزایش
	حجم ترافیک با بیشترین شدت*	۲۴۰۰ (افزایش ۲۰٪)	-	۲۴۰۰ (افزایش ۷۷٪)
دوخطه	جریان غیراشباع	افزایش	افزایش
	جریان اشباع	کاهش	کاهش
	حجم ترافیک با بیشترین شدت	۳۶۰۰ (افزایش ۳۷٪)	۴۸۰۰ (کاهش ۲۰٪)	۳۶۰۰ (افزایش ۲۰٪) ۴۸۰۰ (کاهش ۱۶٪)
سه خطه	جریان غیراشباع	افزایش و کاهش	افزایش
	جریان اشباع	افزایش و کاهش	کاهش
	حجم ترافیک با بیشترین شدت	۴۸۰۰ (افزایش ۴۰٪) ۴۸۰۰ (کاهش ۴۲٪)	۶۰۰۰ (کاهش ۱۷٪)	۴۸۰۰ (افزایش ۲۹٪) ۶۰۰۰ (کاهش ۱۳٪)

*حجم ترافیکی که بیشترین میزان تغییر در آن اتفاق می‌افتد.

خلاصه نتایج مربوط به تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر در میدان‌های بدون چراغ در جدول ۲-۴ آورده شده است. در این جدول مشخص است که افزایش سرعت همواره تأثیر مثبتی بر عملکرد میدان‌ها داشته و سبب کاهش تأخیر آن‌ها می‌شود. به‌طورکلی، بیشترین تأثیر حاصل از افزایش سرعت بر تأخیر در میدان مدرن مشاهده می‌شود. در این حالت نیز میدان بیضوی رفتاری مشابه با میدان مدرن دارد. بهترین شرایط برای افزایش سرعت در این میدان‌ها، میدان توربو سه خطه در حالت اشباع می‌باشد که تا ۸۸ درصد کاهش در تأخیر آن مشاهده می‌شود.

جدول ۴-۲: خلاصه نتایج تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر در میدان‌های بدون چراغ

تعداد خط	میدان مدرن	میدان توربو	میدان بیضوی
یک خطه	جریان غیراشباع	کاهش	کاهش
	جریان اشباع	کاهش	کاهش
	حجم ترافیک با بیشترین شدت*	۲۴۰۰ (۶۱٪ کاهش)	-	۲۴۰۰ (۴۴٪ کاهش)
دو خطه	جریان غیراشباع	کاهش	کاهش
	جریان اشباع	کاهش	کاهش
	حجم ترافیک با بیشترین شدت	۳۶۰۰ (۷۴٪ کاهش)	۳۶۰۰ (۳۲٪ کاهش)	۳۶۰۰ (۷۶٪ کاهش)
سه خطه	جریان غیراشباع	کاهش	کاهش
	جریان اشباع	کاهش	کاهش
	حجم ترافیک با بیشترین شدت	۴۸۰۰ (۷۱٪ کاهش)	۳۶۰۰ (۸۸٪ کاهش)	۴۸۰۰ (۴۵٪ کاهش)

*حجم ترافیکی که بیشترین میزان تغییر در آن اتفاق می‌افتد.

در

جدول ۴-۳ خلاصه نتایج تأثیر افزایش شعاع بر ظرفیت میدان‌های بدون چراغ نمایش داده شده است. افزایش شعاع سبب کاهش ظرفیت در بیشتر موارد می‌شود. افزایش شعاع در میدان‌های یک خطه و دو خطه هیچ توجیهی نداشته و سبب کاهش ظرفیت تمامی میدان‌ها می‌شود. افزایش شعاع در میدان سه خطه و در شعاع‌های بالا (۴۵ و ۵۰ متر) کمی ظرفیت را افزایش می‌دهد. البته کاهش ظرفیت در این میدان‌ها قابل توجه نبوده و اگر افزایش شعاع بنا به دلایل دیگری انجام شود مشکلی ایجاد نخواهد کرد.

خلاصه نتایج تأثیر افزایش سرعت بر ظرفیت در جدول ۴-۴ نمایش داده شده است. افزایش سرعت بر ظرفیت نیز تأثیر مثبتی داشته و سبب افزایش آن می‌شود. به‌طور کلی در تعداد خطوط مختلف، میدان بیضوی افزایش ظرفیت بیشتری نسبت به دیگر میدان‌ها دارد.

جدول ۳-۴: خلاصه نتایج تأثیر افزایش شعاع بر ظرفیت در میدان‌های بدون چراغ

تعداد خط	افزایش شعاع (متر)	میدان مدرن	میدان توربو	میدان بیضوی
یک خطه	از ۱۵ به ۲۰	کاهش	-	کاهش
	از ۲۰ به ۲۲/۵	کاهش	-	کاهش
	بیشترین شدت بین سرعت‌ها*	۳۵ (۰.۷٪ کاهش)	-	۳۵ (۱.۰٪ کاهش)
دو خطه	از ۱۵ به ۲۵	کاهش	کاهش	کاهش
	از ۲۵ به ۳۵	کاهش و افزایش	کاهش	کاهش
	بیشترین شدت بین سرعت‌ها	۲۵ (۰.۵٪ کاهش) ۴۰ (۱٪ افزایش)	۳۵ (۰.۵٪ کاهش)	۳۵ (۰.۷٪ کاهش)
سه خطه	از ۳۵ به ۴۵	کاهش	کاهش	افزایش و کاهش
	از ۴۵ به ۵۰	افزایش	افزایش و کاهش	افزایش و کاهش
	بیشترین شدت بین سرعت‌ها	۲۵ (۰.۴٪ کاهش) ۴۰ (۰.۶٪ افزایش)	۲۵ (۰.۷٪ کاهش) ۲۵ (۰.۴٪ افزایش)	۴۰ (۰.۴٪ کاهش) ۲۵ (۰.۴٪ افزایش)

*سرعتی که بیشترین میزان تغییر در آن اتفاق می‌افتد.

جدول ۴-۴: خلاصه نتایج تأثیر افزایش سرعت بر ظرفیت در میدان‌های بدون چراغ

تعداد خط	افزایش سرعت (km/h)	میدان مدرن	میدان توربو	میدان بیضوی
یک خطه	از ۲۵ به ۳۵	افزایش	-	افزایش
	از ۳۵ به ۴۵	افزایش	-	افزایش
	بیشترین شدت بین شعاع‌ها*	۱۵ (۱.۲٪ افزایش)	-	۱۵ (۱.۳٪ افزایش)
دو خطه	از ۲۵ به ۳۵	افزایش	افزایش	افزایش
	از ۳۵ به ۴۵	افزایش	افزایش	افزایش
	بیشترین شدت بین شعاع‌ها	۳۵ (۱.۹٪ افزایش)	۳۵ (۱.۵٪ افزایش)	۲۵ (۱.۵٪ افزایش)
سه خطه	از ۲۵ به ۳۵	افزایش	افزایش	افزایش
	از ۳۵ به ۴۵	افزایش	افزایش	افزایش
	بیشترین شدت بین شعاع‌ها	۵۰ (۰.۲٪ افزایش)	۴۵ (۱.۸٪ افزایش)	۳۵ (۱.۸٪ افزایش)

*شعاعی که بیشترین میزان تغییر در آن اتفاق می‌افتد.

دیدگاه دیگر، مقایسه بین میدان‌ها از لحاظ مقدار تأخیر و ظرفیت در شرایط یکسان می‌باشد. به دلیل وجود نتایج زیاد میدان‌ها در شرایط خاص با هم مقایسه می‌شوند. برای این منظور میدان‌ها در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت بررسی می‌شوند. در میدان‌های یک‌خطه شعاع ۲۰ متر، میدان‌های دوخطه شعاع ۲۵ متر و میدان‌های سه‌خطه شعاع ۴۵ متر انتخاب شده‌اند. این نتایج به صورت جدول (جدول ۴-۵ و جدول ۴-۶) نمایش داده شده‌اند.

جدول ۴-۵ نتایج مربوط به تأخیر در میدان‌های بدون چراغ را نشان می‌دهد. در میدان‌های یک‌خطه در جریان‌های غیراشباع، میدان مدرن تأخیر کمتری دارد؛ اما با افزایش حجم ترافیکی و در جریان‌های اشباع مشاهده می‌شود که میدان بیضوی عملکرد نسبتاً بهتری دارد. در میدان‌های دوخطه و در جریان‌های غیراشباع، میدان مدرن تأخیر کمتری نسبت به دیگر میدان‌ها دارد. البته در این حالت مقدار تأخیرها بسیار به هم نزدیک می‌باشند؛ اما با افزایش حجم ترافیکی عملکرد میدان‌ها بسیار با هم متفاوت است. میدان بیضوی در جریان‌های اشباع عملکردی بسیار خوبی نسبت به دیگر میدان‌ها دارد. میدان مدرن در این شرایط، بدترین عملکرد را دارد.

در میدان‌های سه‌خطه و در جریان‌های غیراشباع مقادیر تأخیر بسیار نزدیک به هم می‌باشند. میدان توربو در این شرایط کمی بهتر از دیگر میدان‌ها عمل می‌کند؛ اما با افزایش حجم ترافیکی و در جریان‌های اشباع مشاهده می‌شود که میدان بیضوی عملکرد بهتری دارد. میدان توربو تأخیر بیشتری نسبت به دیگر میدان‌ها دارد. به‌طور کلی در جریان‌های اشباع میدان بیضوی عملکرد بهتری نسبت به دیگر میدان‌ها دارد.

نتایج ظرفیت در جدول ۴-۶ نشان می‌دهد که در میدان‌های یک‌خطه، دوخطه و سه‌خطه، میدان مدرن عملکرد بهتری دارد. البته با افزایش تعداد خطوط میدان بیضوی ظرفیتی بسیار نزدیک به این میدان دارد. میدان توربو در تمامی حالت‌ها، ظرفیتی بسیار کمتر از دیگر میدان‌ها دارد.

جدول ۴-۵: نتایج تأخیر (ثانیه در هر کیلومتر) در میدان‌های بدون چراغ

جریان ترافیک	میدان یک‌خطه		میدان دوخطه			میدان سه‌خطه	
	مدرن	بیضوی	مدرن	توربو	بیضوی	مدرن	توربو
۸۰۰	۱۰	۱۲	۹	۹	۹	۸	۷
۱۲۰۰	۱۵	۱۹	۱۲	۱۲	۱۲	۱۱	۹
۱۶۰۰	۲۳	۲۹	۱۵	۱۶	۱۶	۱۴	۱۳
۲۰۰۰	۳۹	۵۸	۲۱	۲۴	۲۳	۱۸	۱۶
۲۴۰۰	۹۰	۱۷۳	۲۸	۳۹	۳۱	۲۴	۲۱
۳۶۰۰	۲۷۷	۲۷۲	۱۲۳	۳۵۷	۱۲۸	۵۱	۶۴
۴۸۰۰	۲۷۶	۲۷۱	۴۰۴	۳۷۶	۳۵۸	۲۲۱	۳۹۱
۶۰۰۰	-	-	-	-	-	۴۱۷	۳۹۲

جدول ۴-۶: نتایج ظرفیت (خودرو در هر ساعت) در میدان‌های بدون چراغ

نوع میدان	میدان یک‌خطه	میدان دوخطه	میدان سه‌خطه
میدان مدرن	۲۷۱۶	۳۹۰۵	۴۸۹۹
میدان توربو	-	۳۳۸۳	۴۱۷۷
میدان بیضوی	۲۵۴۶	۳۸۷۶	۴۸۰۶

۴-۳- بررسی نتایج مربوط به میدان‌های دارای چراغ

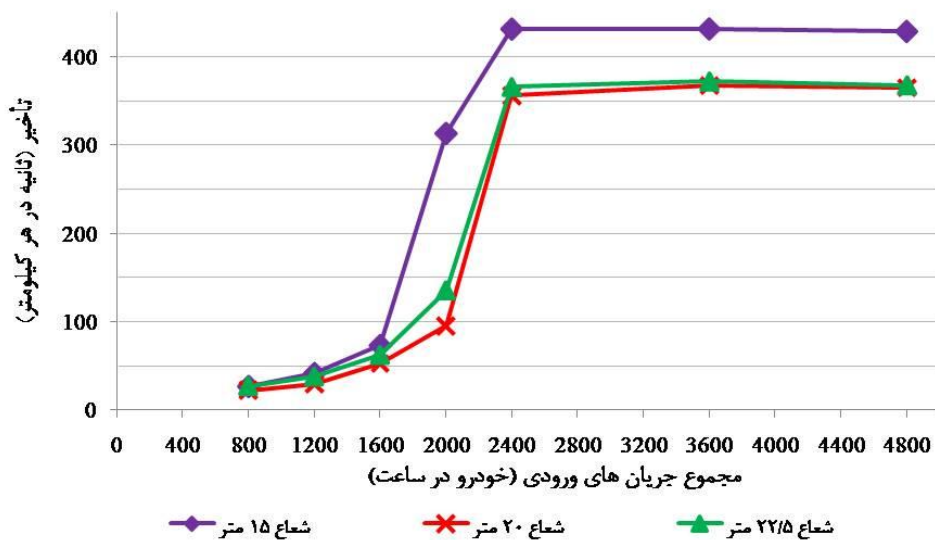
در این قسمت به‌طور جداگانه نتایج میدان‌های دارای چراغ بررسی می‌شود. نتایج این قسمت نیز شامل تأخیر و ظرفیت هستند که تأثیر سرعت در قسمت چرخشی میدان و شعاع جزیره‌ی مرکزی در آن‌ها بررسی می‌شود.

۴-۳-۱- بررسی نتایج میدان مدرن دارای چراغ

نتایج این میدان در سه گروه یک‌خطه، دوخطه و سه‌خطه بررسی می‌شود.

۴-۳-۱-۱- میدان مدرن یک خطه در حالت دارای چراغ

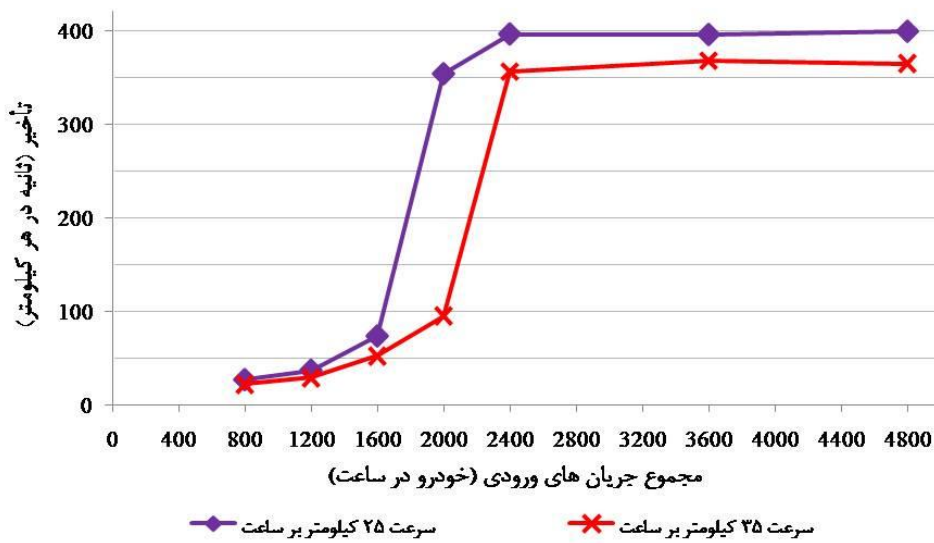
شکل ۴-۲۵ تأثیر شعاع بر تأخیر در سرعت ثابت ۳۵ کیلومتر بر ساعت را نشان می‌دهد. با افزایش شعاع از ۱۵ به ۲۰ متر در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) تأخیر کاهش یافته است. در حجم ترافیکی ۲۰۰۰ خودرو در ساعت، تأخیر تا میزان ۶۹ درصد کاهش یافته است. افزایش شعاع از ۲۰ به ۲۲/۵ متر در تمام احجام ترافیکی سبب افزایش تأخیر می‌شود. میزان این افزایش در حجم ترافیکی ۲۰۰۰ خودرو در ساعت ۴۲ درصد می‌باشد.



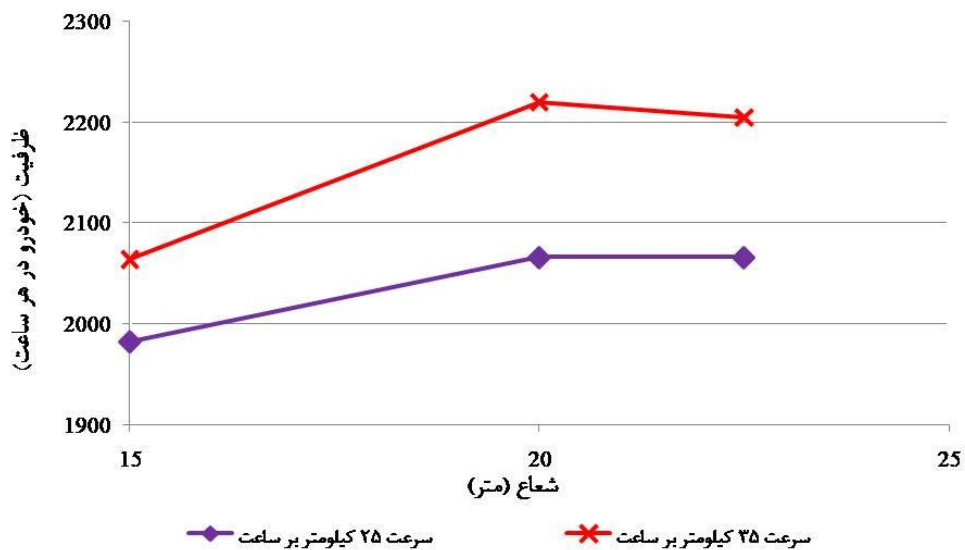
شکل ۴-۲۵: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان مدرن دارای چراغ (یک خطه)

تأثیر افزایش سرعت در شعاع ثابت ۲۰ متر بر تأخیر در شکل ۴-۲۶ نشان داده شده است. در تمامی احجام ترافیکی با افزایش سرعت، تأخیر کاهش یافته است. در حجم ترافیکی ۲۰۰۰ خودرو در ساعت تا ۷۴ درصد تأخیر کاهش یافته است.

شکل ۴-۲۷ تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت را نشان می‌دهد. با افزایش سرعت، ظرفیت افزایش یافته است. در شعاع ۲۰ متر میزان افزایش در ظرفیت به مقدار ۷ درصد می‌باشد. با افزایش شعاع نیز ظرفیت افزایش یافته است. بیشترین میزان افزایش در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت به مقدار ۷ درصد اتفاق می‌افتد.



شکل ۴-۲۶: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۰ (m) بر تأخیر میدان مدرن دارای چراغ (یک خطه)

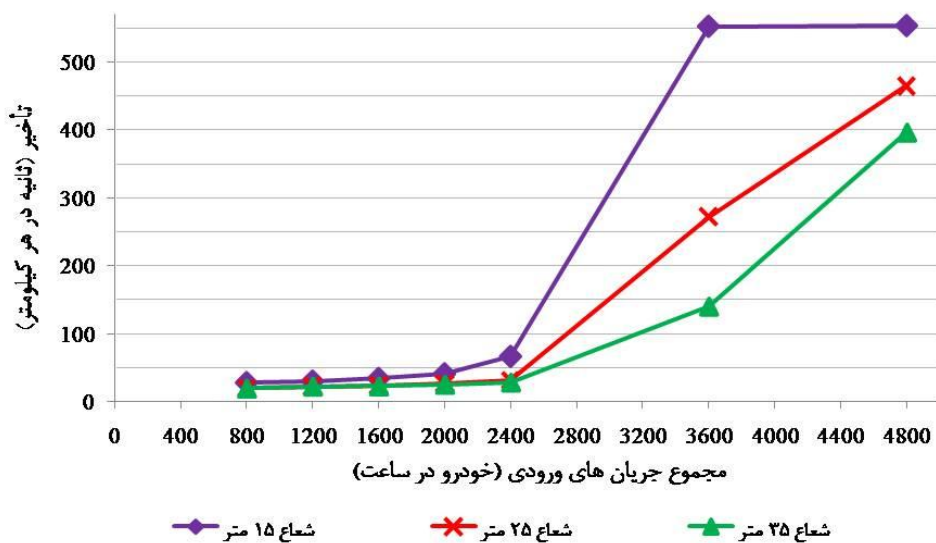


شکل ۴-۲۷: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان مدرن دارای چراغ (یک خطه)

۴-۳-۱-۲ - میدان مدرن دوخطه در حالت دارای چراغ

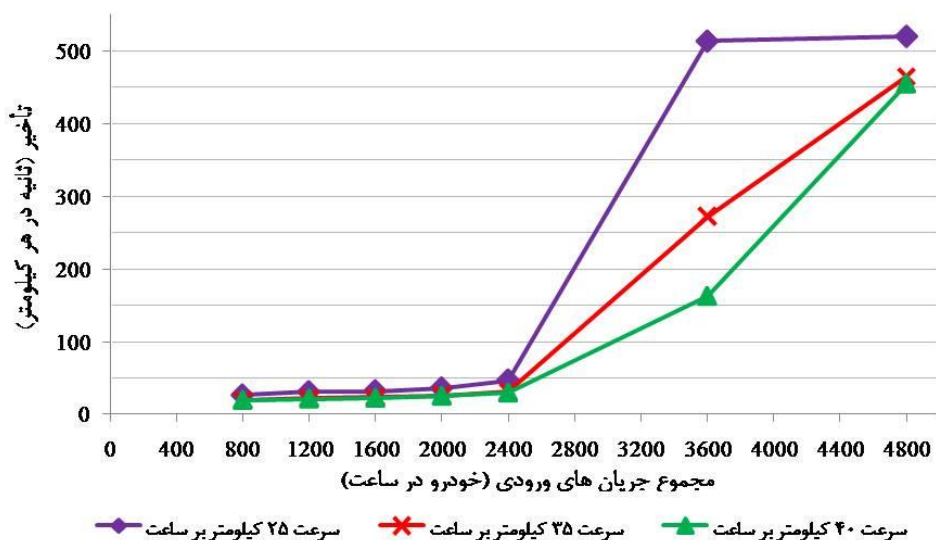
با افزایش شعاع در شکل ۴-۲۸ در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) تأخیر کاهش

یافته است. در حجم ترافیکی ۳۶۰۰ خودرو در ساعت تا ۷۵ درصد کاهش صورت می گیرد.



شکل ۴-۲۸: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان مدرن دارای چراغ (دوخطه)

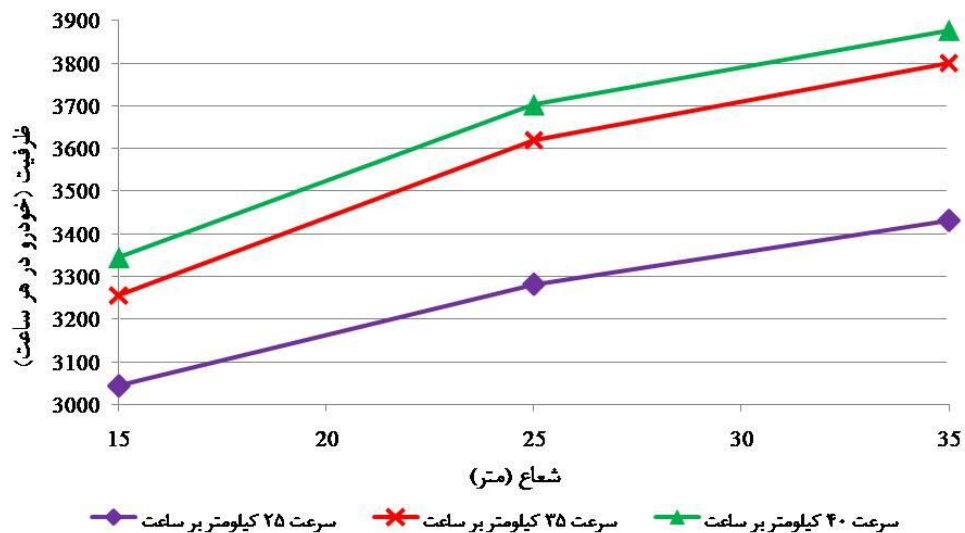
شکل ۴-۲۹: تأثیر سرعت بر تأخیر را نشان می‌دهد. با افزایش سرعت در این شکل، در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) کاهش در تأخیر مشاهده می‌شود. بیشترین میزان کاهش در حجم ترافیکی ۳۶۰۰ خودرو در ساعت به میزان ۷۱ درصد می‌باشد.



شکل ۴-۲۹: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ (m) بر تأخیر میدان مدرن دارای چراغ (دوخطه)

در شکل ۴-۳۰: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت نشان داده شده است. با افزایش سرعت در این شکل افزایش در ظرفیت مشاهده می‌شود. در شعاع ۳۵ متر، افزایش ظرفیت تا ۱۳ درصد اتفاق

می‌افتد. با افزایش شعاع، ظرفیت تا میزان ۱۷ درصد (در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت) افزایش یافته است.

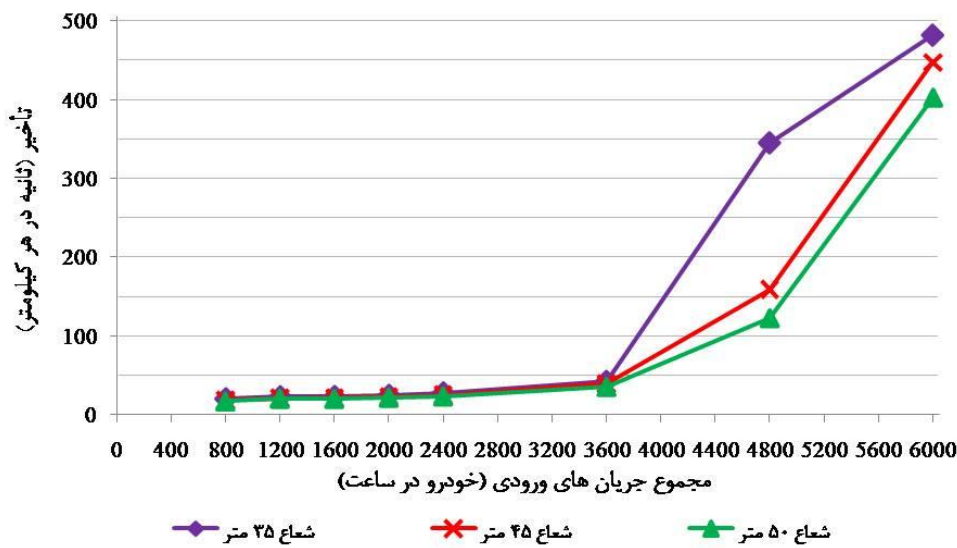


شکل ۴-۳: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان مدرن دارای چراغ (دوخطه)

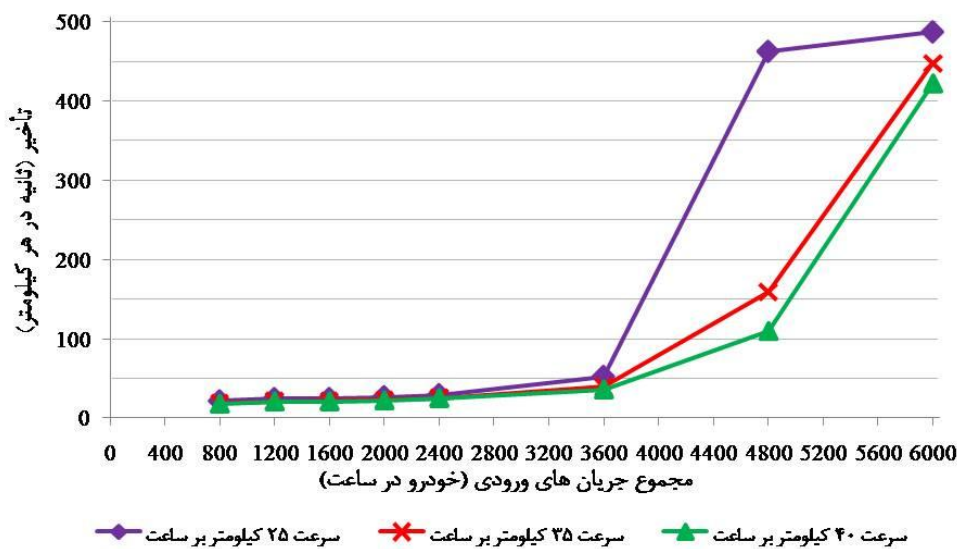
۴-۳-۱-۳ - میدان مدرن سه خطه در حالت دارای چراغ

در شکل ۴-۳ تأثیر شعاع بر تأخیر نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌کنید با افزایش شعاع در جریان‌های غیراشباع تغییری در تأخیر به وجود نمی‌آید اما در جریان‌های اشباع سبب کاهش قابل توجه تأخیر می‌شود. در حجم ترافیکی ۴۸۰۰ خودرو در ساعت، مقدار تأخیر تا ۶۵ درصد کاهش یافته است.

تأثیر سرعت بر تأخیر در شکل ۴-۳۲ نمایش داده شده است. در این شکل با افزایش سرعت در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) تأخیر کاهش یافته است. میزان کاهش در حجم ترافیکی ۴۸۰۰ خودرو در ساعت به ۷۸ درصد رسیده است.

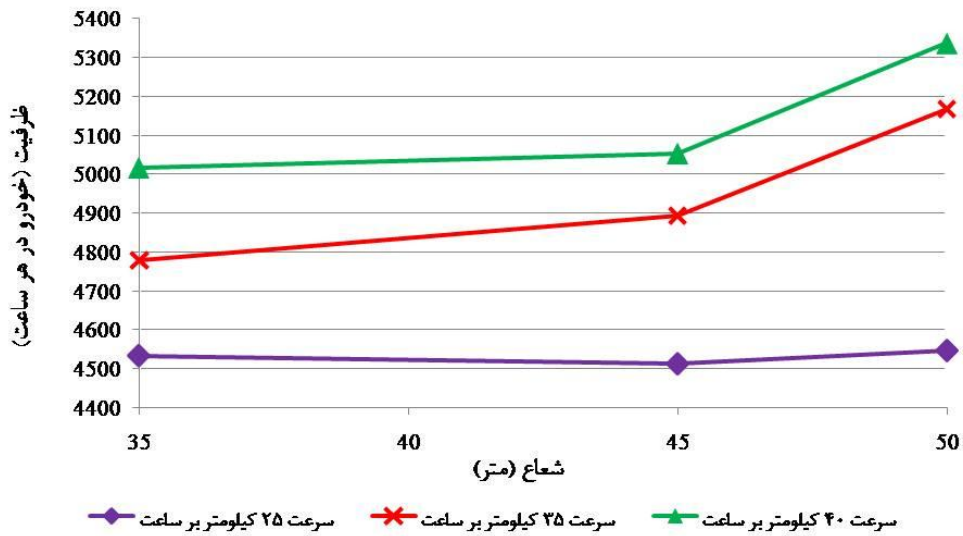


شکل ۴-۳۱: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان مدرن دارای چراغ (سه خطه)



شکل ۴-۳۲: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ (m) بر تأخیر میدان مدرن دارای چراغ (سه خطه)

تأثیر افزایش سرعت و شعاع بر ظرفیت در شکل ۴-۳۳ نشان داده شده است. در این شکل با افزایش سرعت، ظرفیت افزایش یافته است. در شعاع ۵۰ متر این افزایش به میزان ۱۷ درصد می باشد. با افزایش شعاع نیز ظرفیت افزایش یافته است. در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت بیشترین مقدار افزایش ظرفیت به دلیل افزایش شعاع مشاهده می شود. مقدار افزایش ظرفیت در این حالت ۸ درصد می باشد.



شکل ۴-۳۳: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان مدرن دارای چراغ (سه خطه)

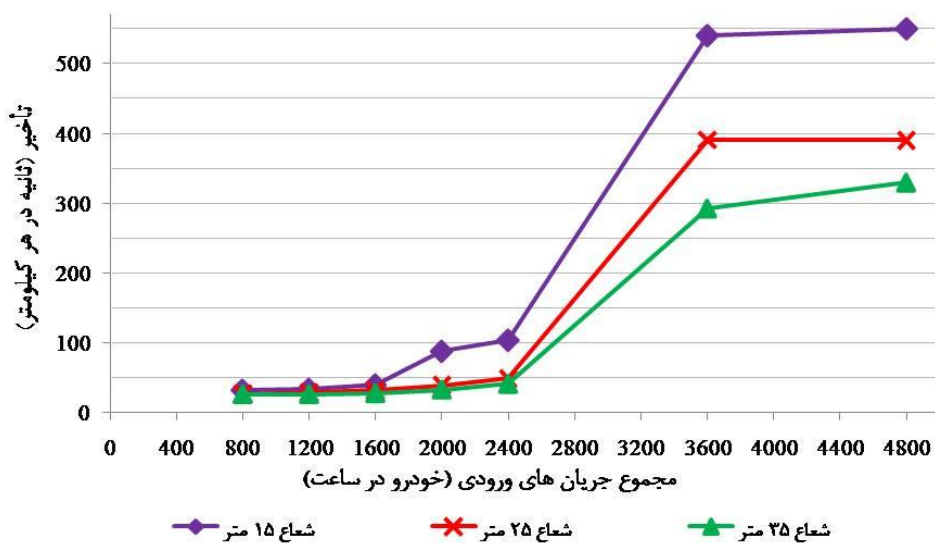
۴-۳-۲- بررسی نتایج میدان توربو دارای چراغ

نتایج میدان توربو تنها در حالت دوخطه و سه خطه بررسی می شود.

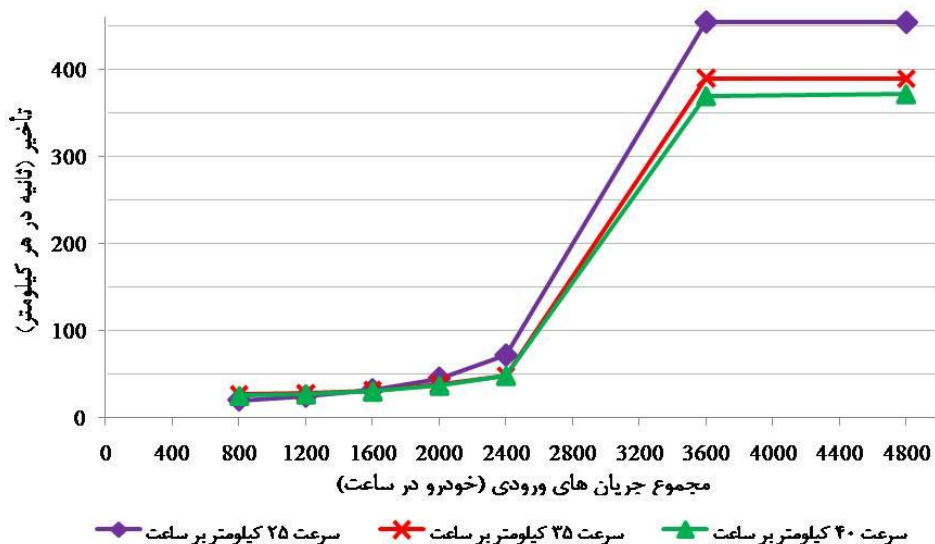
۴-۳-۱- میدان توربو دوخطه در حالت دارای چراغ

در شکل ۴-۳۴ مشاهده می کنید که با افزایش شعاع در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) تأخیر کاهش یافته است. بیشترین میزان کاهش در حجم ترافیکی ۳۶۰۰ خودرو در ساعت رخ می دهد. در این حجم کاهش تأخیر به میزان ۴۶ درصد می باشد.

در شکل ۴-۳۵ با افزایش سرعت، تأخیر کاهش یافته است. در این نمودار نیز در حجم ترافیکی ۳۶۰۰ خودرو بر ساعت بیشترین کاهش در تأخیر اتفاق می افتد. در این حالت، کاهش تأخیر به میزان ۲۱ درصد می باشد.

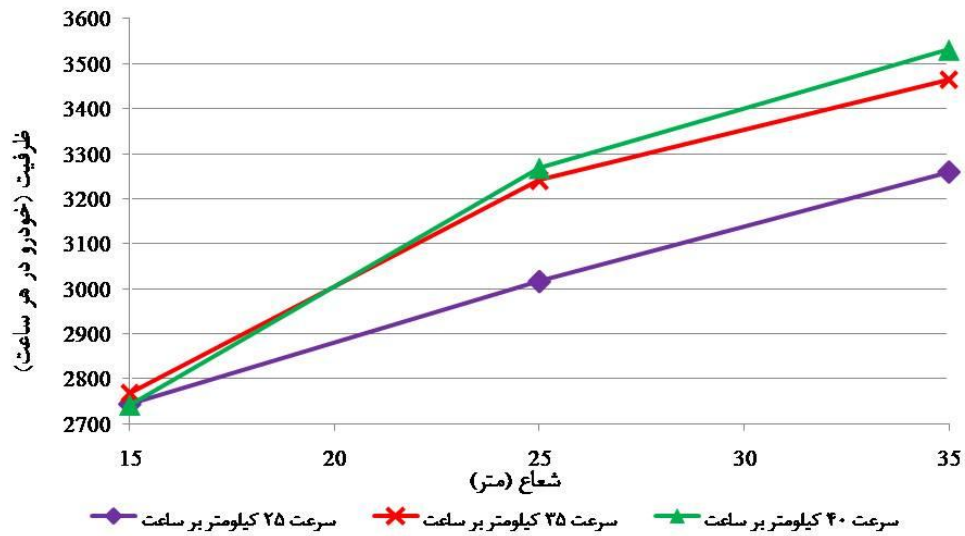


شکل ۴-۳۴: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان توربو دارای چراغ (دوخطه)



شکل ۴-۳۵: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ (m) بر تأخیر میدان توربو دارای چراغ (دوخطه)

تأثیر افزایش سرعت و شعاع بر ظرفیت در شکل ۴-۳۶ نمایش داده شده است. در این شکل با افزایش سرعت، ظرفیت نیز افزایش یافته است. در این حالت بیشترین میزان افزایش ظرفیت در شعاع ۳۵ متر اتفاق می‌افتد. در این شعاع، افزایش ظرفیت به میزان ۷ درصد می‌باشد. با افزایش شعاع در این شکل، ظرفیت افزایش یافته است. بیشترین میزان افزایش در این حالت، در سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت رخ می‌دهد. در این سرعت افزایش ظرفیت به میزان ۲۸ درصد می‌باشد.



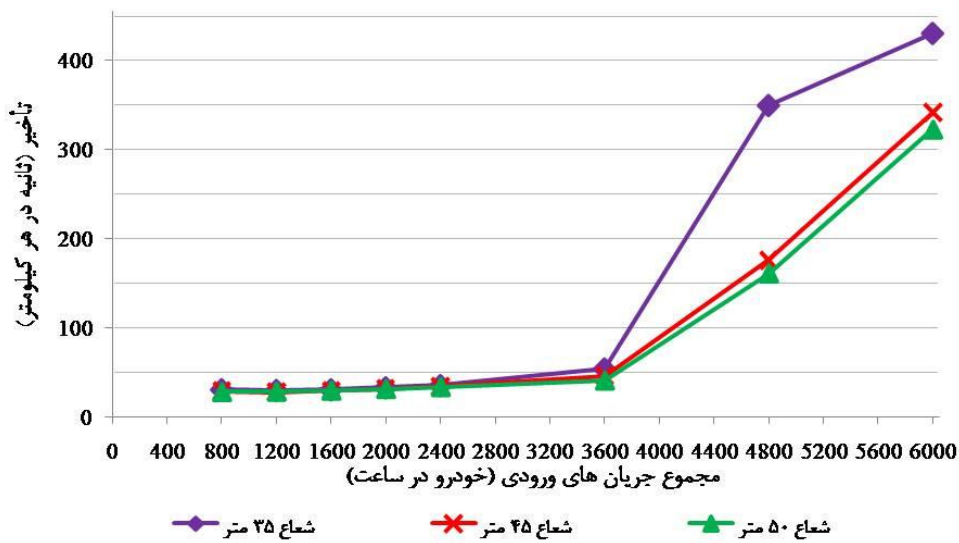
شکل ۴-۳۶: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان توربو دارای چراغ (دوخطه)

۴-۳-۲- میدان توربو سه خطه در حالت دارای چراغ

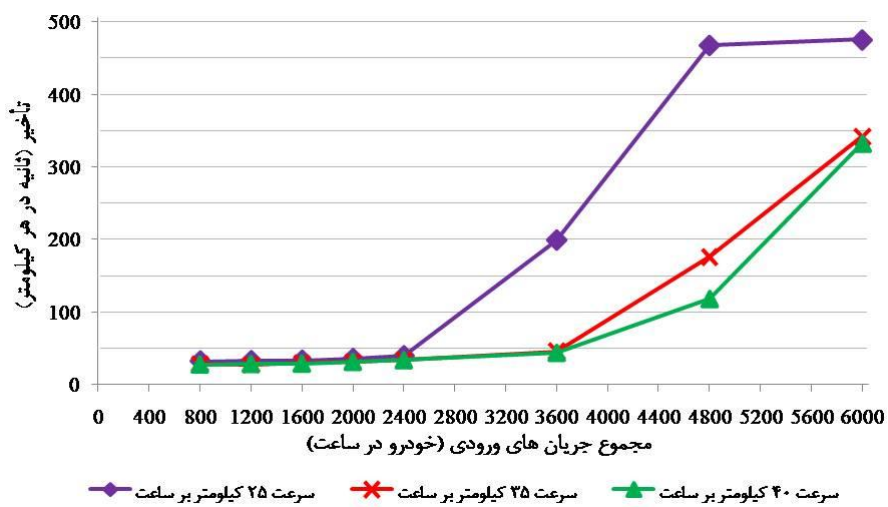
با افزایش شعاع در شکل ۴-۳۷، در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) کاهش در تأخیر مشاهده می‌شود. در حجم ترافیکی ۴۸۰۰ خودرو در ساعت، کاهش در تأخیر به میزان ۵۴ درصد رسیده است.

تأثیر افزایش سرعت در شعاع ثابت ۴۵ متر در این میدان در شکل ۴-۳۸ نمایش داده شده است. با افزایش سرعت در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) تأخیر کاهش یافته است. بیشترین میزان کاهش تأخیر در حجم ترافیکی ۴۸۰۰ خودرو در ساعت به میزان ۷۸ درصد می‌باشد.

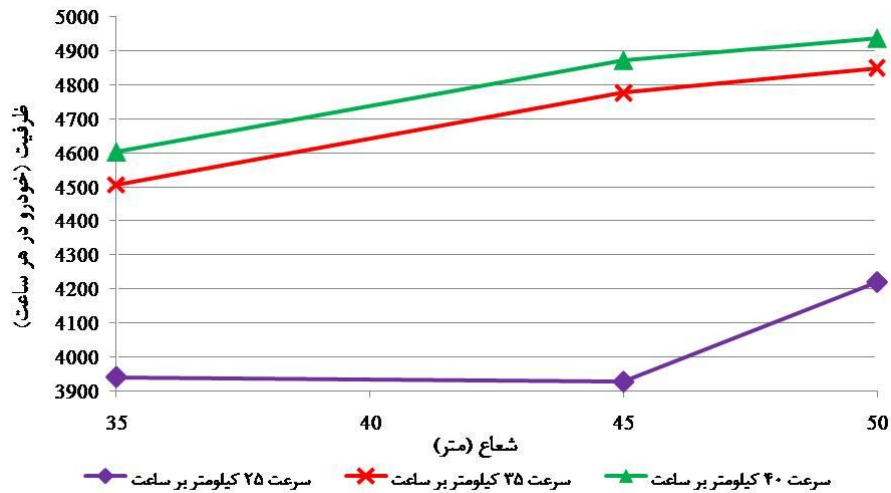
شکل ۴-۳۹، تأثیر افزایش شعاع و سرعت را بر ظرفیت نمایش می‌دهد. با افزایش سرعت، ظرفیت افزایش یافته است. در شعاع ۴۵ متر این افزایش به میزان ۲۴ درصد می‌باشد. افزایش شعاع نیز سبب می‌شود ظرفیت تا میزان ۷ درصد (در سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت) افزایش یابد.



شکل ۴-۳۷: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان توربو دارای چراغ (سه خطه)



شکل ۴-۳۸: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ (m) بر تأخیر میدان توربو دارای چراغ (سه خطه)



شکل ۴-۳۹: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان توربو دارای چراغ (سه خطه)

۴-۳-۳- بررسی نتایج میدان بیضوی دارای چراغ

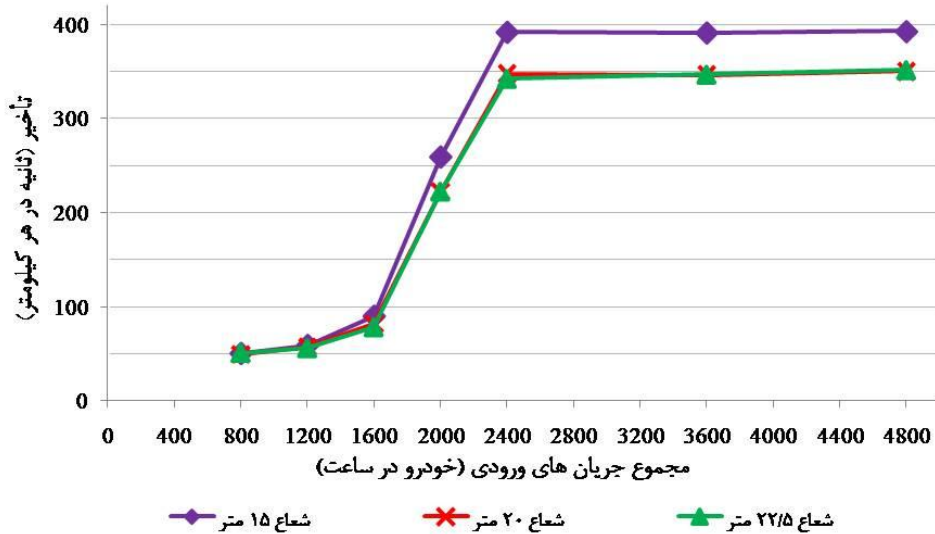
در این قسمت به بررسی نتایج میدان بیضوی دارای چراغ در سه گروه یک خطه، دو خطه و سه خطه می پردازیم.

۴-۳-۳-۱- میدان بیضوی یک خطه در حالت دارای چراغ

در شکل ۴-۴۰ تأثیر افزایش شعاع بر تأخیر نمایش داده شده است. با افزایش شعاع در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) تأخیر کاهش یافته است. در حجم ترافیکی ۲۴۰۰ خودرو در ساعت، کاهش به میزان ۱۳ درصد رسیده است.

با افزایش سرعت در شکل ۴-۴۱، تأخیر کاهش یافته است. در حجم ترافیکی ۲۰۰۰ خودرو در ساعت، میزان کاهش تأخیر ۲۱ درصد می باشد.

شکل ۴-۴۲، تأثیر افزایش سرعت و شعاع بر ظرفیت را نشان می دهد. با افزایش سرعت، ظرفیت افزایش یافته که در شعاع ۲۲/۵ متر این میزان افزایش ۱۱ درصد می باشد. با افزایش شعاع در این شکل، ظرفیت افزایش یافته است. در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت این افزایش ۳ درصد می باشد.



شکل ۴-۴: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان بیضوی دارای چراغ (یک خطه)



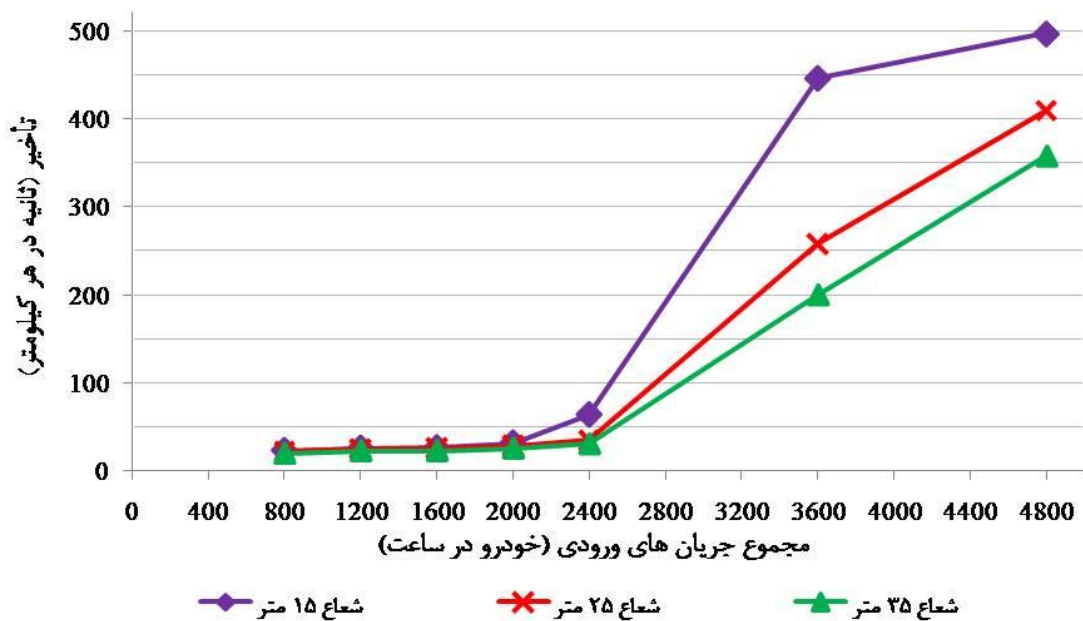
شکل ۴-۴: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۰ (m) بر تأخیر میدان بیضوی دارای چراغ (یک خطه)



شکل ۴-۴۲: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان بیضوی دارای چراغ (یک خطه)

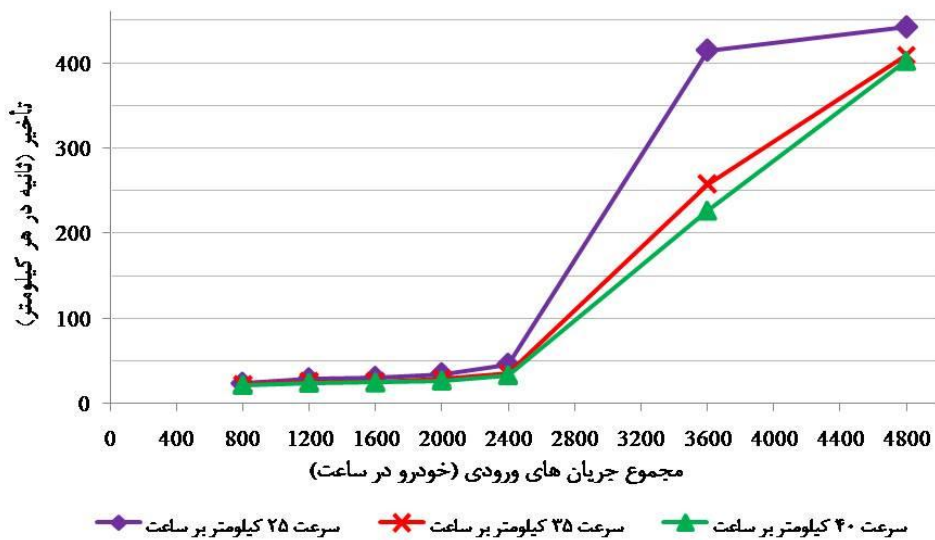
۴-۳-۳-۲ - میدان بیضوی دوخطه در حالت دارای چراغ

در شکل ۴-۴۳، با افزایش شعاع تأخیر در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) کاهش یافته است. بیشترین میزان کاهش در حجم ترافیکی ۳۶۰۰ خودرو در ساعت رخ می‌دهد که مقدار آن ۵۶ درصد می‌باشد.

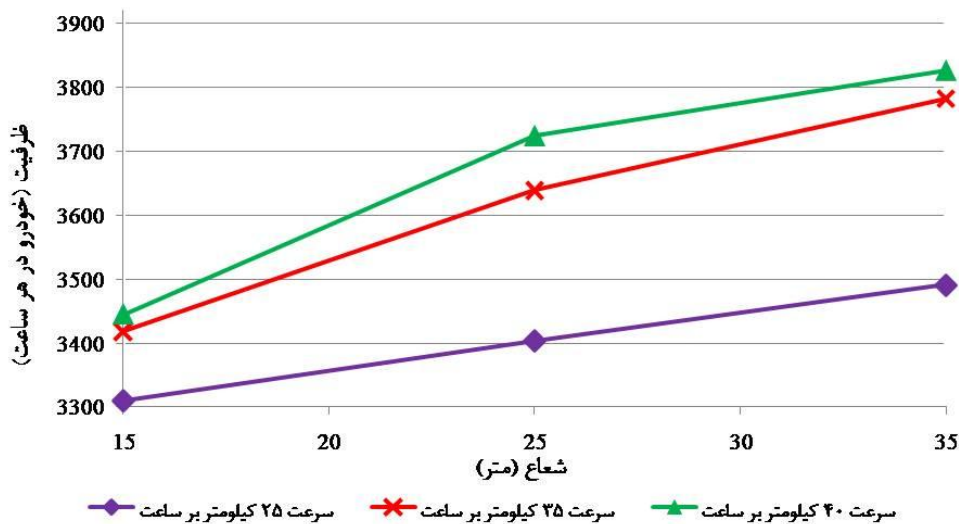


شکل ۴-۴۳: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان بیضوی دارای چراغ (دوخطه)

در شکل ۴-۴ تأثیر سرعت بر تأخیر نمایش داده شده است. با افزایش سرعت، کاهش در تأخیر مشاهده می‌شود. بیشترین کاهش در حجم ترافیکی ۳۶۰۰ خودرو در ساعت به میزان ۴۶ درصد می‌باشد.



شکل ۴-۴: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۲۵ (m) بر تأخیر میدان بیضوی دارای چراغ (دوخطه)



شکل ۴-۵: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان بیضوی دارای چراغ (دوخطه)

با افزایش سرعت در شکل ۴-۵، ظرفیت افزایش یافته است. در شعاع ۳۵ متر این افزایش به میزان ۹ درصد می‌باشد. افزایش شعاع در این شکل سبب می‌شود ظرفیت نیز افزایش یابد. در سرعت

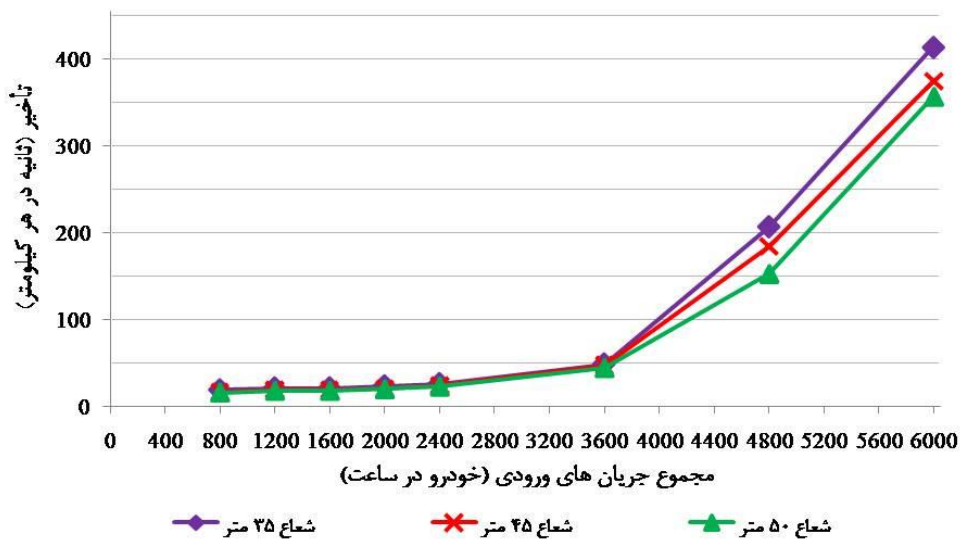
۴۰ کیلومتر بر ساعت مقدار این افزایش ظرفیت ۱۱ درصد می‌باشد.

۴-۳-۳- میدان بیضوی سه‌خطه در حالت دارای چراغ

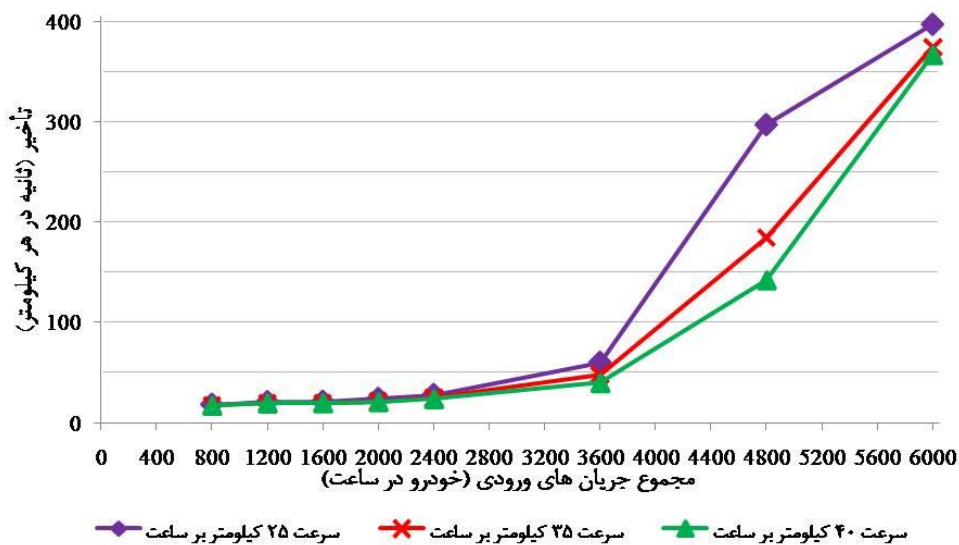
تأثیر افزایش شعاع بر تأخیر در شکل ۴-۴۶ نمایش داده شده است. در حجم ترافیکی غیراشباع، افزایش شعاع تأثیری بر تأخیر ندارد؛ اما در جریان‌های اشباع، افزایش شعاع سبب کاهش در تأخیر می‌شود. در حجم ترافیکی ۴۸۰۰ خودرو در ساعت، ۲۷ درصد کاهش در تأخیر وجود دارد.

شکل ۴-۴۷ تأثیر سرعت بر تأخیر نمایش داده شده است. با افزایش سرعت در تمامی احجام ترافیکی (اشباع و غیراشباع) کاهش در تأخیر مشاهده می‌شود. در حجم ترافیکی ۴۸۰۰ خودرو در ساعت کاهش در تأخیر به میزان ۵۳ درصد رسیده است.

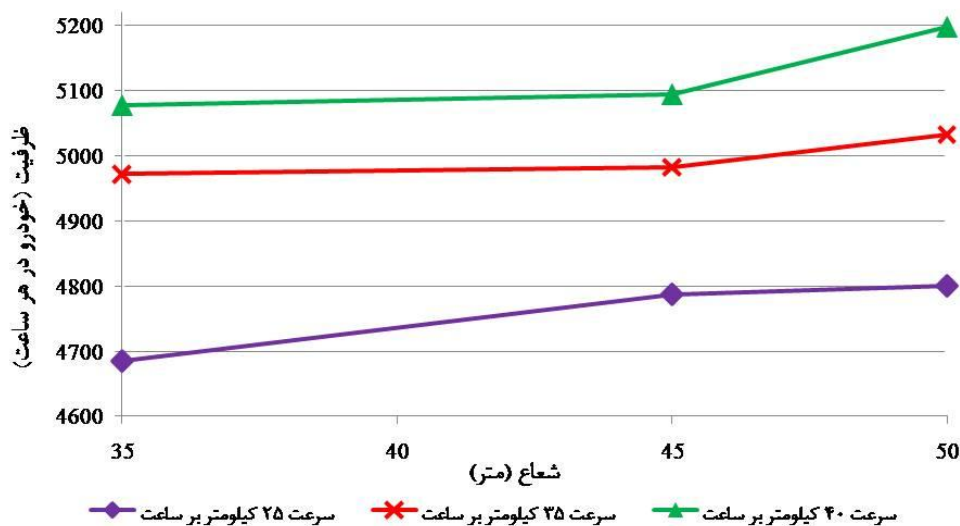
در شکل ۴-۴۸ تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت نشان داده شده است. با افزایش سرعت ظرفیت افزایش یافته است. بیشترین میزان افزایش، در شعاع ۵۰ متر به میزان ۸ درصد می‌باشد. با افزایش شعاع نیز افزایش در ظرفیت مشاهده می‌شود. بیشترین میزان افزایش در این حالت در سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت به میزان ۲ درصد می‌باشد.



شکل ۴-۴۶: تأثیر شعاع در سرعت ثابت ۳۵ (km/h) بر تأخیر میدان بیضوی دارای چراغ (سه‌خطه)



شکل ۴-۴۷: تأثیر سرعت در شعاع ثابت ۴۵ (م) بر تأخیر میدان بیضوی دارای چراغ (سه خطه)



شکل ۴-۴۸: تأثیر سرعت و شعاع بر ظرفیت میدان بیضوی دارای چراغ (سه خطه)

۴-۳-۴ - بررسی کلی نتایج میدان های دارای چراغ

افزایش شعاع در میدان های دارای چراغ سبب کاهش تأخیر در اکثر موارد می شود. همان طور که در جدول ۴-۷ مشاهده می کنید بیشترین شدت تأثیر، در میدان مدرن وجود دارد. رفتار میدان بیضوی مشابه با میدان مدرن می باشد. با افزایش تعداد خط، تأثیر افزایش شعاع بر ظرفیت، در جریان های غیراشباع کم می شود.

در جدول ۴-۸ خلاصه نتایج تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر در میدان‌های دارای چراغ نمایش داده شده است. افزایش سرعت در میدان‌های دارای چراغ سبب کاهش تأخیر می‌شود. با افزایش تعداد خطوط شدت این تأثیر نیز بیشتر می‌شود. به‌طور کلی میدان مدرن بیشترین کاهش در تأخیر را دارد. در اکثر میدان‌ها با افزایش شعاع، ظرفیت افزایش یافته است (جدول ۴-۹). در میدان‌های دوخطه شدت افزایش ظرفیت نسبت به میدان‌های یک‌خطه و سه‌خطه بیشتر می‌باشد. با افزایش شعاع میدان مدرن بیشترین افزایش در ظرفیت را دارد. بیشترین تأثیر افزایش شعاع، در میدان توربو دوخطه مشاهده شده است.

جدول ۴-۷: خلاصه نتایج تأثیر افزایش شعاع بر تأخیر در میدان‌های دارای چراغ

تعداد خط	میدان مدرن	میدان توربو	میدان بیضوی
یک‌خطه	جریان غیراشباع	-	کاهش
	جریان اشباع	کاهش و افزایش	کاهش
	حجم ترافیک با بیشترین شدت*	۲۰۰۰ (۶۹٪ کاهش)	-	۲۴۰۰ (۱۳٪ کاهش)
دوخطه	جریان غیراشباع	کاهش	کاهش
	جریان اشباع	کاهش	کاهش
	حجم ترافیک با بیشترین شدت	۳۶۰۰ (۷۵٪ کاهش)	۳۶۰۰ (۴۶٪ کاهش)	۳۶۰۰ (۵۶٪ کاهش)
سه‌خطه	جریان غیراشباع	بدون تغییر	کاهش
	جریان اشباع	کاهش	کاهش
	حجم ترافیک با بیشترین شدت	۴۸۰۰ (۶۵٪ کاهش)	۴۸۰۰ (۵۴٪ کاهش)	۴۸۰۰ (۲۷٪ کاهش)

*حجم ترافیکی که بیشترین میزان تغییر در آن اتفاق می‌افتد.

جدول ۴-۱۰ خلاصه‌ای از نتایج تأثیر افزایش سرعت بر ظرفیت در میدان‌های دارای چراغ را نمایش می‌دهد. افزایش شعاع در تمام موارد سبب افزایش ظرفیت شده است.

در میدان‌های دارای چراغ نیز در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت نتایج تأخیر و ظرفیت تحلیل می‌شوند. این نتایج در میدان‌های یک‌خطه در شعاع ۲۰ متر، دوخطه در شعاع ۳۵ متر و سه‌خطه در

شعاع ۴۵ متر بررسی می‌شوند. جدول ۴-۱۱ و جدول ۴-۱۲ به ترتیب، نتایج تأخیر و ظرفیت تحت این شرایط می‌باشند.

جدول ۴-۸: خلاصه نتایج تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر در میدان‌های دارای چراغ

تعداد خط	میدان مدرن	میدان توربو	میدان بیضوی
یک خطه	جریان غیراشباع	-	کاهش
	جریان اشباع	-	کاهش
	حجم ترافیک با بیشترین شدت*	۲۰۰۰ (۷۴٪ کاهش)	-	۲۰۰۰ (۲۱٪ کاهش)
دو خطه	جریان غیراشباع	کاهش	کاهش
	جریان اشباع	کاهش	کاهش
	حجم ترافیک با بیشترین شدت	۳۶۰۰ (۷۱٪ کاهش)	۳۶۰۰ (۲۱٪ کاهش)	۳۶۰۰ (۴۶٪ کاهش)
سه خطه	جریان غیراشباع	کاهش	کاهش
	جریان اشباع	کاهش	کاهش
	حجم ترافیک با بیشترین شدت	۴۸۰۰ (۷۸٪ کاهش)	۴۸۰۰ (۷۸٪ کاهش)

*حجم ترافیکی که بیشترین میزان تغییر در آن اتفاق می‌افتد.

جدول ۴-۹: خلاصه نتایج تأثیر افزایش شعاع بر ظرفیت در میدان‌های دارای چراغ

تعداد خط	افزایش شعاع (متر)	میدان مدرن	میدان توربو	میدان بیضوی
یک خطه	از ۱۵ به ۲۰	افزایش	-	افزایش
	از ۲۰ به ۲۲/۵	بدون تغییر	-	افزایش
	بیشترین شدت بین سرعت‌ها*	۳۵ (۷٪ افزایش)	-	۳۵ (۳٪ افزایش)
دو خطه	از ۱۵ به ۲۵	افزایش	افزایش	افزایش
	از ۲۵ به ۳۵	افزایش	افزایش	افزایش
	بیشترین شدت بین سرعت‌ها	۳۵ (۱۷٪ افزایش)	۴۰ (۲۸٪ افزایش)	۴۰ (۱۱٪ افزایش)
سه خطه	از ۳۵ به ۴۵	افزایش	افزایش	افزایش
	از ۴۵ به ۵۰	افزایش	افزایش	افزایش
	بیشترین شدت بین سرعت‌ها	۳۵ (۸٪ افزایش)	۴۰ (۷٪ افزایش)	۴۰ (۲٪ افزایش)

*سرعتی که بیشترین میزان تغییر در آن اتفاق می‌افتد.

جدول ۴-۱۰: خلاصه نتایج تأثیر افزایش سرعت بر ظرفیت در میدان‌های دارای چراغ

تعداد خط	افزایش سرعت (km/h)	میدان مدرن	میدان توربو	میدان بیضوی
یک خطه	از ۲۵ به ۳۵	افزایش	-	افزایش
	از ۳۵ به ۴۵	افزایش	-	افزایش
	بیشترین شدت بین شعاع‌ها*	۲۰ (٪۰.۷ افزایش)	-	۲۲/۵ (٪۰.۱۱ افزایش)
دو خطه	از ۲۵ به ۳۵	افزایش	افزایش	افزایش
	از ۳۵ به ۴۵	افزایش	افزایش	افزایش
	بیشترین شدت بین شعاع‌ها	۳۵ (٪۰.۱۳ افزایش)	۳۵ (٪۰.۷ افزایش)	۳۵ (٪۰.۹ افزایش)
سه خطه	از ۲۵ به ۳۵	افزایش	افزایش	افزایش
	از ۳۵ به ۴۵	افزایش	افزایش	افزایش
	بیشترین شدت بین شعاع‌ها	۵۰ (٪۰.۱۷ افزایش)	۴۵ (٪۰.۲۴ افزایش)	۵۰ (٪۰.۸ افزایش)

*شعاعی که بیشترین میزان تغییر در آن اتفاق می‌افتد.

در جدول ۴-۱۱ مشاهده می‌شود که در میدان‌های یک خطه در حالت غیراشباع (کمتر از ۲۰۰۰ خودرو در ساعت)، میدان مدرن تأخیر کمتری دارد؛ اما با افزایش حجم ترافیک و در حالت اشباع (بیشتر از ۲۰۰۰ خودرو در ساعت) میدان بیضوی عملکرد مناسب‌تری دارد. در میدان‌های دو خطه در حالت غیراشباع (کمتر از ۲۴۰۰ خودرو در ساعت)، میدان مدرن عملکرد بهتری نسبت به دیگر میدان‌ها دارد؛ اما در جریان‌های اشباع مشاهده می‌شود که میدان بیضوی عملکرد بهتری نسبت به دیگر میدان‌ها دارد.

در میدان‌های سه خطه و در حالت غیراشباع (کمتر از ۳۶۰۰ خودرو در ساعت) نتایج تأخیر میدان مدرن و بیضوی بسیار نزدیک به هم می‌باشند. در جریان‌های اشباع، میدان توربو عملکرد بسیار مناسب‌تری نسبت به دیگر میدان‌ها دارد. با مقایسه بین میدان‌های مدرن و بیضوی مشاهده می‌شود که در جریان‌های اشباع میدان بیضوی بسیار بهتر عمل می‌کند.

در جدول ۴-۱۲ نتایج مربوط به ظرفیت میدان‌های دارای چراغ نمایش داده شده است. در

میدان‌های یک‌خطه، میدان مدرن ظرفیت بیشتری دارد؛ اما با افزایش تعداد خطوط، میدان بیضوی عملکرد بهتری دارد و در میدان‌های دوخطه و سه‌خطه ظرفیت آن بیشتر از دیگر میدان‌ها می‌شود.

جدول ۴-۱۱: نتایج تأخیر (ثانیه در هر کیلومتر) در میدان‌های دارای چراغ

جریان ترافیک	میدان یک‌خطه		میدان دوخطه			میدان سه‌خطه		
	مدرن	بیضوی	مدرن	توربو	بیضوی	مدرن	توربو	بیضوی
۸۰۰	۲۲	۴۹	۲۰	۲۷	۲۳	۱۹	۲۹	۱۷
۱۲۰۰	۲۹	۵۷	۲۲	۲۹	۲۶	۲۱	۲۸	۲۰
۱۶۰۰	۵۳	۸۲	۲۴	۳۲	۲۶	۲۱	۲۹	۲۰
۲۰۰۰	۹۵	۲۲۳	۲۶	۳۹	۲۹	۲۳	۳۱	۲۱
۲۴۰۰	۳۵۶	۳۴۸	۳۱	۴۹	۳۵	۲۵	۳۴	۲۴
۳۶۰۰	۳۶۸	۳۴۶	۲۷۲	۳۹۰	۲۵۸	۳۹	۴۶	۴۸
۴۸۰۰	۳۶۵	۳۵۰	۴۶۵	۳۹۰	۴۰۹	۱۵۹	۱۷۶	۱۸۵
۶۰۰۰	-	-	-	-	-	۴۴۷	۳۴۲	۳۷۵

جدول ۴-۱۲: نتایج ظرفیت (خودرو در هر ساعت) در میدان‌های دارای چراغ

نوع میدان	میدان یک‌خطه	میدان دوخطه	میدان سه‌خطه
میدان مدرن	۲۲۲۰	۳۶۲۰	۴۸۹۴
میدان توربو	-	۳۲۴۱	۴۷۷۷
میدان بیضوی	۲۱۳۷	۳۶۳۹	۴۹۸۳

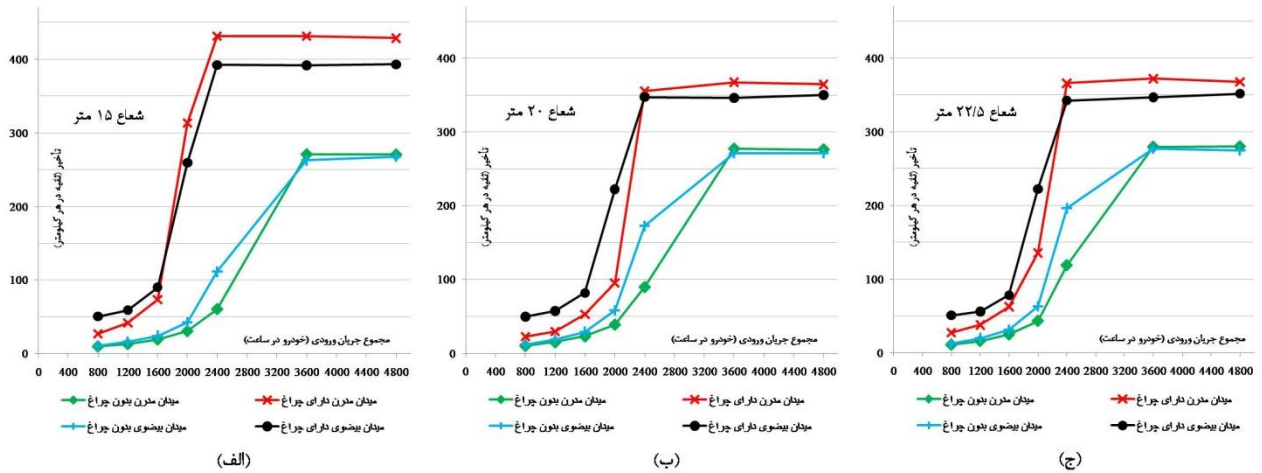
۴-۴- بررسی کلی نتایج (بدون چراغ و دارای چراغ)

در این قسمت به مقایسه میدان‌های بدون چراغ و دارای چراغ می‌پردازیم. برای سهولت، مقایسه این دو حالت (بدون چراغ و دارای چراغ) بر روی نمودار انجام می‌شود. در این بخش فقط میدان‌های بدون چراغ و دارای چراغ با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

۴-۴-۱- بررسی کلی میدان‌های یک‌خطه (بدون چراغ و دارای چراغ)

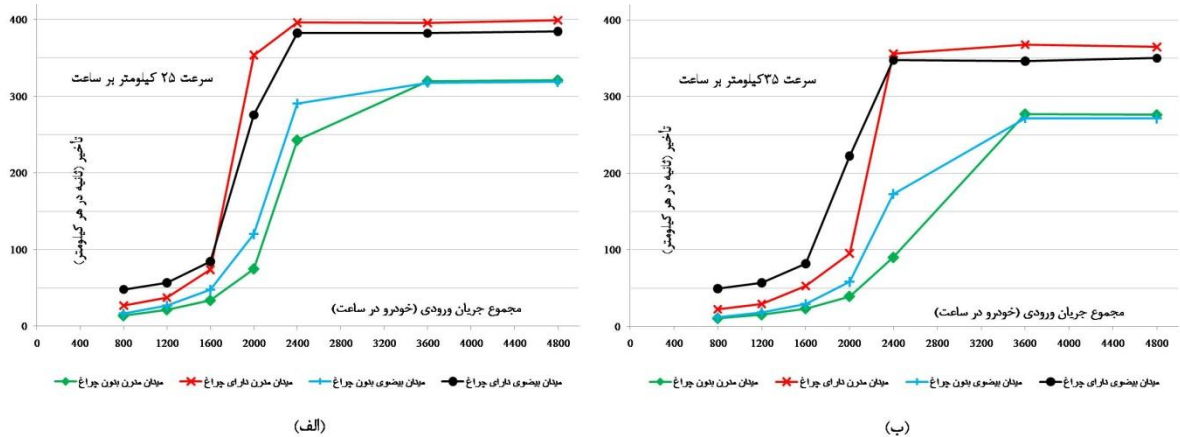
همان‌طور که در شکل ۴-۴۹ مشاهده می‌شود، با افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی در میدان‌های

دارای چراغ، تأخیر کاهش یافته اما در میدان‌های بدون چراغ تأخیر تا حدی افزایش یافته است. از دیدگاه مقایسه مقدار تأخیر مشاهده می‌شود که میدان‌های بدون چراغ، تأخیر کمتری نسبت به میدان‌های دارای چراغ دارند.



شکل ۴-۴۹: تأثیر افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی بر تأخیر در سرعت ثابت ۳۵ کیلومتر بر ساعت در میدان‌های یک‌خطه (شعاع ۱۵ متر (الف)، شعاع ۲۰ متر (ب)، شعاع ۲۲/۵ متر (ج))

در شکل ۴-۵۰ تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر نمایش داده شده است. در هر دو میدان بدون چراغ و دارای چراغ، با افزایش سرعت، تأخیر کاهش یافته است. در این نمودار نیز مشاهده می‌شود که میدان‌های بدون چراغ تأخیر کمتری نسبت به میدان‌های دارای چراغ دارند.



شکل ۴-۵۰: تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر در شعاع ثابت ۲۰ متر در میدان‌های یک‌خطه (سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت (الف)، سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت (ب))

تأثیر افزایش شعاع و سرعت بر ظرفیت در شکل ۴-۵۱ نشان داده شده است. با افزایش شعاع، ظرفیت در میدان‌های بدون چراغ کاهش یافته اما در میدان‌های دارای چراغ افزایش یافته است. با افزایش سرعت، در هر دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ میدان‌ها، افزایش ظرفیت مشاهده می‌شود. در تمامی شرایط، ظرفیت در حالت بدون چراغ بیشتر از حالت دارای چراغ می‌باشد.



شکل ۴-۵۱: تأثیر افزایش شعاع جزیره مرکزی (الف) و سرعت (ب) بر ظرفیت در میدان‌های یک خطه

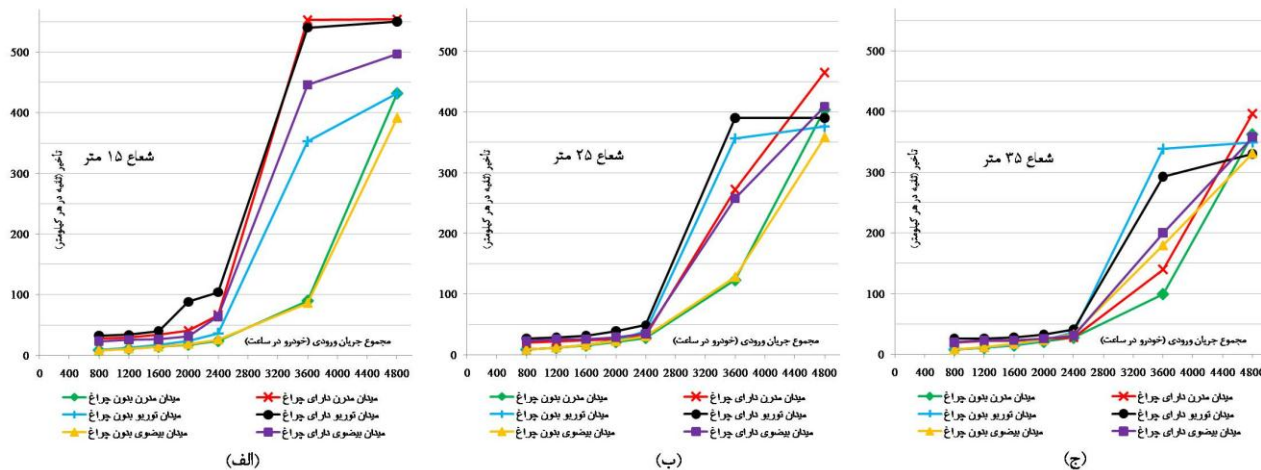
۴-۴-۲- بررسی کلی میدان‌های دوخطه (بدون چراغ و دارای چراغ)

شکل ۴-۵۲ نشان می‌دهد که با افزایش شعاع مقادیر تأخیر در حالت دارای چراغ کاهش یافته است؛ اما در میدان‌های بدون چراغ رفتار ثابتی مشاهده نشده است. میدان‌های بدون چراغ تأخیر کمتری نسبت به میدان‌های دارای چراغ دارند.

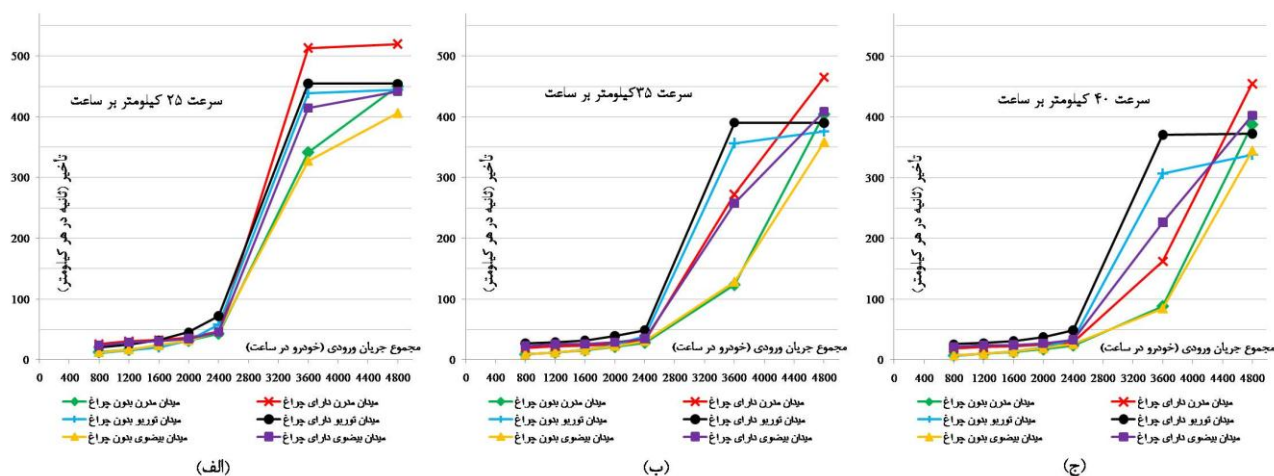
همان‌طور که در شکل ۴-۵۳ مشاهده می‌شود با افزایش سرعت، تأخیر در تمام میدان‌ها (بدون چراغ و دارای چراغ) کاهش یافته است. در تمامی جریان‌های ترافیکی، حالت بدون چراغ تأخیر کمتری نسبت به حالت دارای چراغ دارد.

تأثیر افزایش شعاع و سرعت بر ظرفیت در شکل ۴-۵۴ نشان داده شده است. با افزایش شعاع، ظرفیت در میدان‌های بدون چراغ کاهش و در میدان‌های دارای چراغ افزایش یافته است. با افزایش

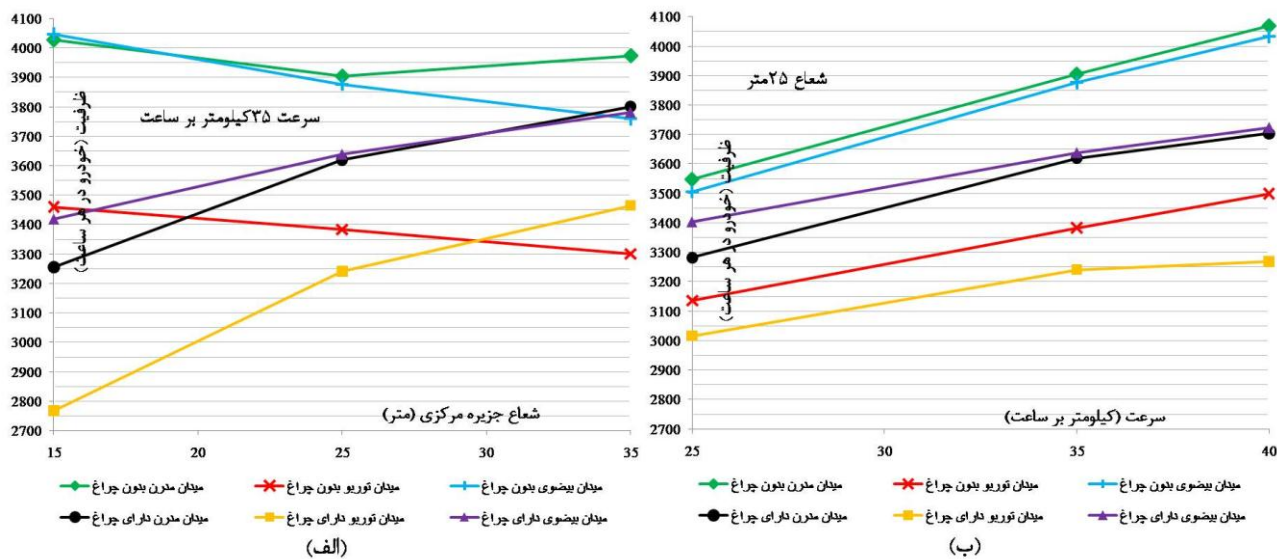
سرعت، در تمامی میدان‌ها ظرفیت افزایش یافته است. در تمامی حالت‌ها، میدان بدون چراغ ظرفیت بیشتری نسبت به میدان دارای چراغ دارد.



شکل ۴-۵۲: تأثیر افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی بر تأخیر در سرعت ثابت ۳۵ کیلومتر بر ساعت در میدان‌های دوخطه (شعاع ۱۵ متر (الف)، شعاع ۲۵ متر (ب)، شعاع ۳۵ متر (ج))



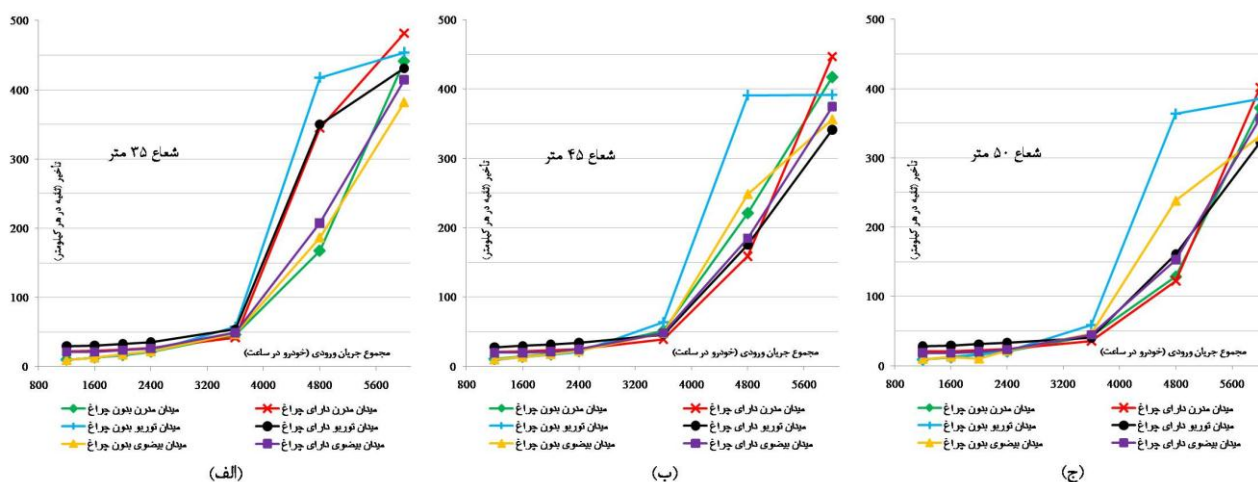
شکل ۴-۵۳: تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر در شعاع ثابت ۲۵ متر در میدان‌های دوخطه (سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت (الف)، سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت (ب)، سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت (ج))



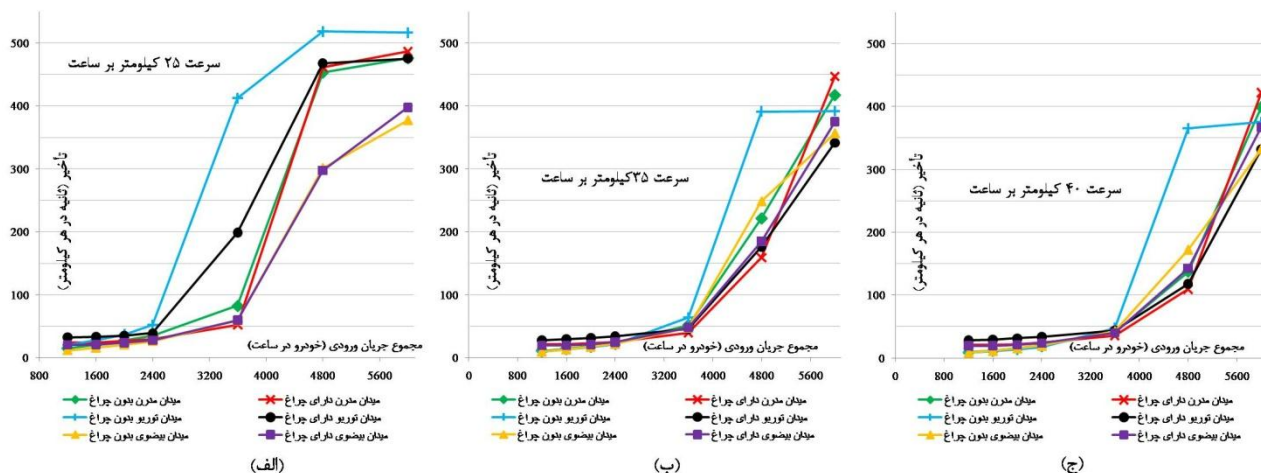
شکل ۴-۵۴: تأثیر افزایش شعاع جزیره مرکزی (الف) و سرعت (ب) بر ظرفیت در میدان‌های دوخطه

۳-۴-۴- بررسی کلی میدان‌های سه خطه (بدون چراغ و دارای چراغ)

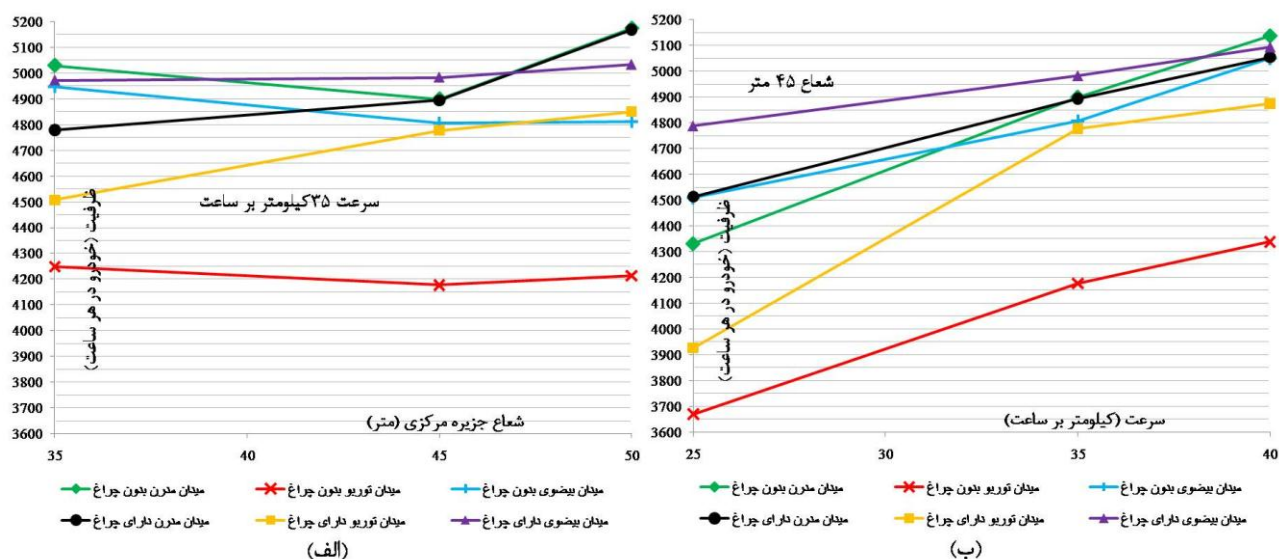
شکل ۴-۵۴ تأثیر افزایش شعاع بر تأخیر در سرعت ثابت ۳۵ کیلومتر بر ساعت را نشان می‌دهد. با افزایش شعاع در میدان‌های دارای چراغ، تأخیر کاهش یافته است؛ اما در میدان‌های بدون چراغ رفتار ثابتی مشاهده نشده است. در برخی از جریان‌های ورودی (مخصوصاً در شعاع ۴۵ و ۵۰ متر) میدان‌های دارای چراغ، تأخیر کمتری نسبت به میدان‌های بدون چراغ دارند.



شکل ۴-۵۵: تأثیر افزایش شعاع جزیره مرکزی بر تأخیر در سرعت ثابت ۳۵ کیلومتر بر ساعت در میدان‌های سه خطه (شعاع ۳۵ متر (الف)، شعاع ۴۵ متر (ب)، شعاع ۵۰ متر (ج))



شکل ۴-۵۶: تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر در شعاع ثابت ۴۵ متر در میدان‌های سه‌خطه (سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت)



شکل ۴-۵۷: تأثیر افزایش شعاع جزیره مرکزی (الف) و سرعت (ب) بر ظرفیت در میدان‌های سه‌خطه

در شکل ۴-۵۶ مشاهده می‌شود که با افزایش سرعت، تأخیر در تمامی میدان‌ها در دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ، کاهش یافته است. در برخی از جریان‌های ورودی، میدان‌های دارای چراغ، تأخیر کمتری نسبت به میدان‌های بدون چراغ دارند.

با توجه به شکل ۴-۵۷، با افزایش شعاع، ظرفیت در میدان‌های دارای چراغ افزایش یافته است؛ اما در میدان‌های بدون چراغ رفتار ثابتی مشاهده نشده است. همچنین با افزایش سرعت در تمامی

میدان‌ها، ظرفیت افزایش یافته است. میدان‌های دارای چراغ ظرفیت بیشتری نسبت به میدان‌های بدون چراغ دارند.

۴-۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری فصل

در این فصل به بررسی نتایج گرفته شده از نرم‌افزار ایمسان پرداختیم. این نتایج در سه گروه یک‌خطه، دوخطه و سه‌خطه به صورت جداگانه بررسی شده‌اند. میدان مدرن، توربو و بیضوی در هر یک از این گروه‌ها در دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ ارزیابی شده‌اند. در این قسمت از فصل به جمع‌بندی بررسی‌های انجام‌شده می‌پردازیم.

۴-۵-۱- جمع‌بندی نتایج مربوط به میدان‌های یک‌خطه

با توجه به نتایج گرفته شده در این فصل نتایج کلی و مقایسه‌ی میدان‌های یک‌خطه به شرح زیر می‌باشد:

- تأخیر در هر دو میدان (میدان مدرن و بیضوی)، در حالت بدون چراغ نسبت به حالت دارای چراغ کمتر است.
- در جریان‌های غیراشباع میدان مدرن و در جریان‌های اشباع میدان بیضوی تأخیر کمتری دارند.
- ظرفیت در هر دو میدان، در حالت بدون چراغ نسبت به حالت دارای چراغ بیشتر است.
- میدان مدرن در هر دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ ظرفیت بیشتری نسبت به میدان بیضوی دارد.
- افزایش شعاع در میدان‌های بدون چراغ (مدرن و بیضوی) سبب افزایش تأخیر و کاهش ظرفیت می‌شود.
- افزایش شعاع در میدان‌های دارای چراغ (مدرن و بیضوی) سبب کاهش تأخیر و افزایش ظرفیت می‌شود.

- افزایش سرعت در تمام میدان‌ها در دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ، سبب کاهش تأخیر و افزایش ظرفیت می‌شود.

۴-۵-۲- جمع‌بندی نتایج مربوط به میدان‌های دوخطه

به‌طورکلی نتایج میدان‌های دوخطه به‌صورت زیر می‌باشند:

- تأخیر در هر سه میدان، در حالت بدون چراغ نسبت به حالت دارای چراغ کمتر است.
- در جریان‌های غیراشباع میدان مدرن و در جریان‌های اشباع میدان بیضوی تأخیر کمتری دارند.
- ظرفیت در هر سه میدان، در حالت بدون چراغ نسبت به حالت دارای چراغ بیشتر است.
- میدان مدرن در حالت بدون چراغ و میدان بیضوی در حالت دارای چراغ ظرفیت بیشتری دارند.
- افزایش شعاع در میدان‌های بدون چراغ (مدرن، توربو و بیضوی) در جریان‌های غیراشباع سبب افزایش تأخیر و در جریان‌های اشباع سبب کاهش تأخیر می‌شود.
- افزایش شعاع در میدان‌های دارای چراغ (مدرن، توربو و بیضوی) در تمامی جریان‌های ترافیکی (اشباع و غیراشباع) سبب کاهش تأخیر می‌شود.
- افزایش شعاع در میدان‌های بدون چراغ (مدرن، توربو و بیضوی) سبب کاهش ظرفیت و در میدان‌های دارای چراغ سبب افزایش ظرفیت می‌شود.
- افزایش سرعت در تمام میدان‌ها در دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ، سبب کاهش تأخیر و افزایش ظرفیت می‌شود.

۴-۵-۳- جمع‌بندی نتایج مربوط به میدان‌های سه‌خطه

نتایج تمامی میدان‌های سه‌خطه در زیر خلاصه می‌شود:

- در جریان‌های غیراشباع، میدان‌های بدون چراغ و در جریان‌های اشباع، میدان‌های دارای چراغ تأخیر کمتری دارند.
- در جریان‌های غیراشباع و اشباع میدان بیضوی نسبت به دیگر میدان‌ها تأخیر کمتری دارد.
- ظرفیت در میدان‌های توربو و بیضوی در حالت دارای چراغ بیشتر از حالت بدون چراغ می‌باشد. در میدان مدرن ظرفیت در دو حالت تقریباً یکسان است.
- میدان مدرن در حالت بدون چراغ و میدان بیضوی در حالت دارای چراغ ظرفیت بیشتری دارند.
- تأثیر افزایش شعاع بر تأخیر در میدان‌های بدون چراغ، در هر میدان متفاوت است. در میدان مدرن در تمامی جریان‌های ترافیکی ابتدا با افزایش شعاع تا ۴۵ متر افزایش و سپس در شعاع ۵۰ متر کاهش یافته است. در میدان توربو، در جریان‌های غیراشباع تغییری ایجاد نمی‌کند و در جریان‌های اشباع سبب کاهش تأخیر می‌شود. در میدان بیضوی، در جریان‌های غیراشباع، افزایش شعاع سبب افزایش تأخیر و در جریان‌های اشباع سبب کاهش تأخیر می‌شود.
- افزایش شعاع در میدان‌های دارای چراغ (مدرن، توربو و بیضوی) در جریان‌های غیراشباع تقریباً بدون تأثیر و در جریان‌های اشباع سبب کاهش تأخیر می‌شود.
- افزایش شعاع در حالت بدون چراغ در میدان مدرن ابتدا با افزایش شعاع تا ۴۵ متر سبب کاهش ظرفیت و در شعاع ۵۰ متر سبب افزایش آن می‌شود. در میدان توربو و بیضوی در حالت بدون چراغ و در سرعت‌های کم، افزایش ظرفیت و در سرعت‌های زیاد، کاهش ظرفیت مشاهده می‌شود.
- افزایش شعاع در میدان‌های دارای چراغ (مدرن، توربو و بیضوی) سبب افزایش ظرفیت می‌شود.
- افزایش سرعت در تمام میدان‌ها در دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ، سبب کاهش تأخیر

و افزایش ظرفیت می‌شود.

۴-۵-۴ - جمع‌بندی کلی

همان‌طور که در بخش‌های قبل به آن اشاره شد، تأثیر افزایش سرعت بر تأخیر و ظرفیت، همواره مثبت است؛ اما با توجه به ثابت بودن تعداد نقاط برخورد، افزایش سرعت ممکن است ایمنی در میدان‌ها را کاهش دهد. افزایش شعاع در میدان‌های بدون چراغ تأثیر تقریباً منفی بر عملکرد می‌گذارد. در میدان‌های دارای چراغ، افزایش شعاع سبب بهبود عملکرد میدان‌ها می‌شود. دنیلز و همکارانش افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی بر تعداد تصادفات را بررسی کردند. با توجه به نتایج آن‌ها تعداد کل تصادفات، توسط شعاع جزیره تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق و نتایج دنیلز و همکارانش می‌توان شعاع جزیره‌ی مرکزی میدان را در شرایط خاصی (که در بخش ۴-۵- به آن اشاره شده است) برای بهبود عملکرد میدان، افزایش داد.

ترکز و چودور میدان‌های دارای چراغ را مورد بررسی قرار دادند که متوجه شدند در شرایط ترافیکی شدید (اشباع و بیشتر از آن) میدان‌های دارای چراغ عملکرد بهتری دارند. در این تحقیق نیز با توجه به نتایج به دست آمده، میدان دارای چراغ در شرایط ترافیکی اشباع عملکرد بهتری دارد؛ اما این عملکرد بهتر، تنها در میدان‌های دوخطه و سه‌خطه دیده شده است. در میدان‌های یک‌خطه در تمام شرایط ترافیکی (اشباع و غیراشباع)، میدان بدون چراغ عملکرد بهتری دارد.

۴-۶ - تفسیر رفتار نمودارها

نمودارهای موجود در این فصل رفتارهای مختلفی را نشان می‌دهند که در این قسمت به تفسیر آن‌ها می‌پردازیم. در نمودارهای مربوط به تأخیر مشاهده می‌شود که با افزایش جریان ترافیکی، تأخیر ابتدا به میزان کم و سپس به‌طور قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند. بعد از این افزایش قابل توجه، تأخیر بدون تغییر باقی می‌ماند. در جریان‌های غیراشباع با افزایش جریان ترافیکی، تعداد خودرو در هر کیلومتر افزایش پیدا می‌کند. اما این افزایش تعداد خودرو به میزانی است که تأثیر زیادی بر عملکرد

هر خودرو نمی‌گذارد. علاوه بر این تأخیری که نرم‌افزار ایمنسان ارائه می‌دهد، میانگین زمان‌های تلف‌شده در هر کیلومتر از مسیر می‌باشد. به همین دلیل افزایش کم میزان تأخیر در جریان‌های غیراشباع، تنها به معنای افزایش تعداد خودرو در هر کیلومتر از مسیر می‌باشد. اما با افزایش دوباره جریان ترافیکی، میدان‌ها کم‌کم به حالت اشباع می‌رسند. در این حالت افزایش تعداد خودرو در هر کیلومتر از مسیر بر عملکرد هر خودرو تأثیر منفی گذاشته و سبب افزایش قابل توجه تأخیر می‌شود.

در تمام میدان‌ها، با افزایش سرعت تأثیر مثبتی در عملکرد مشاهده شده است. با افزایش سرعت در میدان‌ها، خودروها می‌توانند با سرعت بیشتری از مبدأ به مقصد خود برسند. به همین دلیل عملکرد کلی میدان (تأخیر و ظرفیت) بهتر می‌شود. اما تأثیر افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی، در انواع میدان‌ها متفاوت می‌باشد. در نمودارهای مربوط به تأثیر افزایش شعاع، سرعت و شعاع ورودی به میدان ثابت فرض شده است. زمانی که شعاع جزیره‌ی مرکزی افزایش پیدا می‌کند، شعاع گردش خودروها نیز کاهش پیدا می‌کند. کاهش شعاع گردش خودروها تأثیر منفی بر عملکرد میدان گذاشته و سبب کاهش ظرفیت ورودی می‌شود. از طرف دیگر، افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی سبب افزایش ظرفیت در قسمت گردشی میدان می‌شود. این امر تأثیر مثبتی بر عملکرد میدان می‌گذارد. به همین دلیل با افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی میدان، به‌طور هم‌زمان دو تأثیر مثبت و منفی در میدان‌ها اتفاق می‌افتد. به همین جهت در انواع میدان‌ها، تأثیر افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی متفاوت می‌باشد.

فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

۵-۱- خلاصه تحقیق

در این تحقیق به بررسی و شناسایی رفتار میدان بیضوی و مقایسه عملکرد آن با دیگر میدان‌ها می‌پردازیم. شرایط مختلف ترافیکی و هندسی در نظر گرفته شده است. از جمله شرایط هندسی متغیر در این تحقیق تعداد خطوط، شعاع جزیره‌ی مرکزی میدان و سرعت خودروها در قسمت گردش میدان می‌باشند. میدان‌ها در دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ بررسی می‌شوند. میدان بیضوی و این شرایط هندسی، در مطالعات کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

اهداف تحقیق به سه دسته تقسیم شده‌اند. در ابتدا میدان بیضوی و دیگر میدان‌ها مورد بررسی قرار گرفته و با هم مقایسه شده‌اند. تأخیر و ظرفیت در این میدان‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس این میدان‌ها چراغ‌دار شده و عملکرد آن‌ها بررسی می‌شود. سپس مقایسه این میدان‌ها در دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ انجام می‌شود.

۵-۲- نتایج تحقیق

در این تحقیق گروه‌های مختلف (یک‌خطه، دوخطه و سه‌خطه) با هم مقایسه نشده‌اند؛ زیرا مقادیر شعاع جزیره‌ی مرکزی در آن‌ها متفاوت می‌باشد. همچنین این میدان‌ها در تعداد خطوط مختلف، نتایج بدیهی ارائه می‌دهند. نتایج کلی تحقیق به شرح ذیل ارائه شده است:

- در تمامی میدان‌ها، حالت بدون چراغ نسبت به حالت دارای چراغ، تأخیر کمتری داشته است؛ اما در میدان سه‌خطه و در جریان‌های نزدیک به اشباع، حالت دارای چراغ تأخیر کمتری داشته است.

- در میدان‌های یک‌خطه و دوخطه، در جریان‌های غیراشباع میدان مدرن و در جریان‌های اشباع میدان بیضوی تأخیر کمتری داشته‌اند؛ اما در میدان سه‌خطه در جریان‌های غیراشباع میدان بیضوی تأخیر کمتری دارد. در جریان‌های اشباع میدان‌های سه‌خطه،

کمترین تأخیر در حالت بدون چراغ مربوط به میدان بیضوی و در حالت دارای چراغ مربوط به میدان توربو داشته است.

- در میدان‌های یک‌خطه و دوخطه، ظرفیت در حالت بدون چراغ نسبت به حالت دارای چراغ بیشتر می‌باشد؛ اما در میدان‌های سه‌خطه، میدان توربو و بیضوی در حالت دارای چراغ ظرفیت بیشتری نسبت به حالت بدون چراغ داشته است؛ اما میدان مدرن در هر دو حالت ظرفیت یکسانی دارد.

- در حالت بدون چراغ و در میدان یک‌خطه‌ی دارای چراغ، میدان مدرن ظرفیت بیشتری نسبت به دیگر میدان‌ها دارد. در میدان‌های دوخطه و سه‌خطه‌ی دارای چراغ، میدان بیضوی ظرفیت بیشتری نسبت به دیگر میدان‌ها دارد.

- به‌طور کلی افزایش شعاع در میدان‌های بدون چراغ تأثیر منفی و در میدان‌های دارای چراغ تأثیر مثبتی دارد. افزایش شعاع در میدان‌های بدون چراغ به‌جز میدان توربو (دوخطه و سه‌خطه) سبب افزایش تأخیر می‌شود. در میدان‌های دارای چراغ، افزایش شعاع سبب کاهش تأخیر می‌شود.

- افزایش شعاع تقریباً در تمامی میدان‌های بدون چراغ سبب کاهش ظرفیت می‌شود. افزایش شعاع در میدان‌های سه‌خطه بدون چراغ، کمی ظرفیت را افزایش می‌دهد؛ اما افزایش شعاع در میدان‌های دارای چراغ سبب افزایش ظرفیت می‌شود.

- افزایش سرعت در تمام میدان‌ها در دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ، سبب کاهش تأخیر و افزایش ظرفیت می‌شود.

به‌طور کلی تأثیرات افزایش سرعت در میدان مثبت بوده و سبب کاهش تأخیر و افزایش ظرفیت در میدان‌ها شده است. می‌تواند این پارامتر را تا حد ممکن در میدان‌ها افزایش داد تا عملکرد میدان‌ها بهتر شوند.

افزایش شعاع جزیره‌ی مرکزی در حالت بدون چراغ، تأثیر منفی بر عملکرد اکثر میدان‌ها می‌گذارد. با افزایش شعاع در میدان مدرن و بیضوی که رفتاری بسیار مشابه به یکدیگر دارند، تأخیر افزایش و ظرفیت کاهش یافته است. با افزایش شعاع، تنها میدان توربو دوخطه و سه‌خطه در حالت بدون چراغ عملکرد مناسبی دارد. افزایش شعاع در میدان‌های دارای چراغ بسیار تأثیر مثبتی داشته و سبب کاهش تأخیر و افزایش ظرفیت می‌شود.

با مقایسه هر نوع از میدان‌ها در دو حالت بدون چراغ و دارای چراغ متوجه می‌شویم که با افزایش تعداد خطوط عملکرد این دو حالت به هم نزدیک‌تر می‌شود. تأخیرها (مخصوصاً در حالت جریان‌های اشباع) به هم نزدیک شده و ظرفیت در میدان سه‌خطه در حالت دارای چراغ بهتر از حالت بدون چراغ می‌شود.

۵-۳- پیشنهاد جهت مطالعات آینده

در این پژوهش رفتار میدان‌ها تحت شرایط مختلف هندسی و ترافیکی بررسی شده‌اند. مشخصات متغیر در این تحقیق شامل تعداد خطوط، شعاع جزیره‌ی مرکزی و سرعت در قسمت گردشی میدان می‌باشد. مشخصات دیگری همچون شرایط ترافیکی نامتقارن، حالت‌های مختلف حرکتی و تعداد خطوط غیر یکسان در میدان و خیابان می‌توانند جز مشخصات متغیر باشند. از مشخصات هندسی ثابت در میدان بیضوی در این تحقیق، نسبت شعاع بزرگ به شعاع کوچک می‌باشد. می‌توان نسبت‌های دیگر شعاع بزرگ به شعاع کوچک را در پژوهش‌های آینده مورد بررسی قرار داد.

علاوه بر مشخصات هندسی و ترافیکی در این میدان‌ها، می‌توان پارامترهای خروجی دیگری را مورد بررسی قرار داد. ایمنی و میزان آلاینده‌گی در کنار ظرفیت و تأخیر می‌توانند عامل مهمی در تصمیم‌گیری برای مشخصات هندسی میدان باشند. ایمنی تا حدی در مطالعات گذشته اشاره شده است؛ اما می‌توان با توجه به شرایط هندسی مختلف به‌طور دقیق‌تر این پارامتر را مورد ارزیابی قرار

داد. پارامترهای مربوط به میزان آلاینده‌گی از نرم‌افزار ایمسان استخراج شده‌اند؛ اما این پارامترها در این تحقیق مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. همچنین می‌توان پارامترهای تأثیرگذار بر تأخیر را شناسایی کرده و یک مدل ریاضی برای هر یک از میدان‌های مدرن، توربو و بیضوی پیشنهاد کرد.

پیوست

پیوست الف (نتایج کامل شبیه‌سازی)

جدول ۱-۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان یک‌خطه در سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت

میدان بیضوی		میدان توربو		میدان مدرن		جریان‌های ترافیک
دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	
شعاع ۱۵ متر						
۴۸	۱۵	-	-	۲۸	۱۳	۸۰۰
۵۸	۲۳	-	-	۴۳	۱۹	۱۲۰۰
۹۱	۳۹	-	-	۸۲	۲۹	۱۶۰۰
۳۴۹	۸۵	-	-	۳۶۱	۵۳	۲۰۰۰
۴۲۱	۲۴۰	-	-	۴۴۵	۱۵۲	۲۴۰۰
۴۲۲	۳۱۴	-	-	۴۵۲	۳۱۴	۳۶۰۰
۴۱۹	۳۱۷	-	-	۴۴۹	۳۱۲	۴۸۰۰
شعاع ۲۰ متر						
۴۸	۱۶	-	-	۲۷	۱۴	۸۰۰
۵۷	۲۷	-	-	۳۷	۲۱	۱۲۰۰
۸۴	۴۷	-	-	۷۴	۳۴	۱۶۰۰
۲۷۶	۱۲۰	-	-	۳۵۳	۷۵	۲۰۰۰
۳۸۲	۲۹۰	-	-	۳۹۶	۲۴۳	۲۴۰۰
۳۸۲	۳۱۸	-	-	۳۹۵	۳۱۹	۳۶۰۰
۳۸۴	۳۱۸	-	-	۳۹۹	۳۲۱	۴۸۰۰
شعاع ۲۲/۵ متر						
۵۵	۱۶	-	-	۲۷	۱۴	۸۰۰
۶۴	۲۷	-	-	۴۰	۲۲	۱۲۰۰
۱۰۳	۴۷	-	-	۷۰	۳۷	۱۶۰۰
۳۱۲	۱۳۸	-	-	۳۱۵	۸۱	۲۰۰۰
۳۸۲	۲۹۴	-	-	۳۸۷	۲۵۹	۲۴۰۰
۳۸۵	۳۱۴	-	-	۳۸۸	۳۱۸	۳۶۰۰
۳۸۵	۳۱۴	-	-	۳۸۴	۳۱۷	۴۸۰۰

جدول ۲-۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان یک خطه در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت

میدان بیضوی		میدان توربو		میدان مدرن		جریان‌های
دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	ترافیک
شعاع ۱۵ متر						
۵۱	۱۱	-	-	۲۷	۱۰	۸۰۰
۵۹	۱۶	-	-	۴۲	۱۳	۱۲۰۰
۹۰	۲۴	-	-	۷۴	۱۹	۱۶۰۰
۲۶۰	۴۲	-	-	۳۱۳	۳۱	۲۰۰۰
۳۹۲	۱۱۱	-	-	۴۳۱	۶۱	۲۴۰۰
۳۹۱	۲۶۳	-	-	۴۳۱	۲۷۱	۳۶۰۰
۳۹۳	۲۶۸	-	-	۴۲۸	۲۷۰	۴۸۰۰
شعاع ۲۰ متر						
۴۹	۱۲	-	-	۲۲	۱۰	۸۰۰
۵۷	۱۹	-	-	۲۹	۱۵	۱۲۰۰
۸۲	۲۹	-	-	۵۳	۲۳	۱۶۰۰
۲۲۳	۵۸	-	-	۹۵	۳۹	۲۰۰۰
۳۴۸	۱۷۳	-	-	۳۵۶	۹۰	۲۴۰۰
۳۴۶	۲۷۲	-	-	۳۶۸	۲۷۷	۳۶۰۰
۳۵۰	۲۷۱	-	-	۳۶۵	۲۷۶	۴۸۰۰
شعاع ۲۲/۵ متر						
۵۱	۱۲	-	-	۲۷	۱۱	۸۰۰
۵۶	۲۰	-	-	۳۸	۱۶	۱۲۰۰
۷۸	۳۱	-	-	۶۲	۲۵	۱۶۰۰
۲۲۲	۶۳	-	-	۱۳۶	۴۳	۲۰۰۰
۳۴۲	۱۹۶	-	-	۳۶۶	۱۱۹	۲۴۰۰
۳۴۷	۲۷۷	-	-	۳۷۲	۲۷۹	۳۶۰۰
۳۵۲	۲۷۵	-	-	۳۶۸	۲۸۰	۴۸۰۰

جدول ۳-۰۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان دوخطه در سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت

میدان بیضوی		میدان توربو		میدان مدرن		جریان‌های
دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	ترافیک
شعاع ۱۵ متر						
۲۶	۱۱	۲۵	۱۲	۲۸	۱۱	۸۰۰
۳۱	۱۵	۲۶	۱۷	۳۱	۱۵	۱۲۰۰
۴۱	۲۰	۳۶	۲۳	۴۴	۲۰	۱۶۰۰
۵۳	۲۷	۵۵	۳۴	۵۸	۲۶	۲۰۰۰
۷۰	۳۷	۹۰	۵۴	۸۲	۳۵	۲۴۰۰
۵۰۲	۲۵۰	۶۱۵	۴۹۰	۶۰۲	۲۸۷	۳۶۰۰
۵۱۲	۴۳۱	۵۸۵	۴۹۴	۶۰۵	۴۷۴	۴۸۰۰
شعاع ۲۵ متر						
۲۳	۱۲	۲۱	۱۱	۲۶	۱۳	۸۰۰
۲۹	۱۷	۲۵	۱۵	۳۱	۱۷	۱۲۰۰
۳۰	۲۴	۳۲	۲۱	۳۲	۲۳	۱۶۰۰
۳۵	۳۲	۴۵	۳۱	۳۶	۳۱	۲۰۰۰
۴۶	۴۶	۷۲	۵۸	۴۷	۴۳	۲۴۰۰
۴۱۵	۳۲۷	۴۵۵	۴۳۹	۵۱۳	۳۴۲	۳۶۰۰
۴۴۲	۴۰۶	۴۵۴	۴۴۴	۵۲۰	۴۵۰	۴۸۰۰
شعاع ۳۵ متر						
۲۱	۱۱	۲۳	۱۱	۲۳	۱۳	۸۰۰
۲۵	۱۵	۲۶	۱۶	۲۸	۱۸	۱۲۰۰
۲۷	۲۱	۳۰	۲۱	۲۹	۲۴	۱۶۰۰
۳۲	۳۰	۳۵	۳۲	۳۲	۳۴	۲۰۰۰
۴۱	۴۲	۴۹	۵۸	۴۱	۴۳	۲۴۰۰
۳۴۶	۲۸۶	۳۸۴	۴۱۹	۴۳۵	۳۶۵	۳۶۰۰
۳۹۲	۳۵۵	۳۸۷	۴۲۳	۴۴۵	۴۱۹	۴۸۰۰

جدول ۴-۰۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان دوخطه در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت

میدان بیضوی		میدان توربو		میدان مدرن		جریان‌های
دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	ترافیک
شعاع ۱۵ متر						
۲۳	۸	۳۳	۹	۲۸	۸	۸۰۰
۲۶	۱۱	۳۴	۱۲	۳۰	۱۱	۱۲۰۰
۲۶	۱۴	۴۰	۱۷	۳۴	۱۴	۱۶۰۰
۳۲	۱۹	۸۸	۲۴	۴۱	۱۸	۲۰۰۰
۶۴	۲۶	۱۰۴	۳۶	۶۶	۲۴	۲۴۰۰
۴۴۶	۸۶	۵۴۰	۳۵۳	۵۵۳	۹۰	۳۶۰۰
۴۹۷	۳۹۲	۵۵۰	۴۳۲	۵۵۴	۴۳۲	۴۸۰۰
شعاع ۲۵ متر						
۲۳	۹	۲۷	۹	۲۰	۹	۸۰۰
۲۶	۱۲	۲۹	۱۲	۲۲	۱۲	۱۲۰۰
۲۶	۱۶	۳۲	۱۶	۲۴	۱۵	۱۶۰۰
۲۹	۲۳	۳۹	۲۴	۲۶	۲۱	۲۰۰۰
۳۵	۳۱	۴۹	۳۹	۳۱	۲۸	۲۴۰۰
۲۵۸	۱۲۸	۳۹۰	۳۵۷	۲۷۲	۱۲۳	۳۶۰۰
۴۰۹	۳۵۸	۳۹۰	۳۷۶	۴۶۵	۴۰۴	۴۸۰۰
شعاع ۳۵ متر						
۲۰	۸	۲۶	۸	۱۹	۸	۸۰۰
۲۳	۱۲	۲۶	۱۱	۲۲	۱۱	۱۲۰۰
۲۳	۱۸	۲۸	۱۶	۲۲	۱۵	۱۶۰۰
۲۶	۲۴	۳۳	۲۳	۲۵	۲۱	۲۰۰۰
۳۱	۳۳	۴۱	۳۷	۲۸	۲۸	۲۴۰۰
۲۰۰	۱۸۰	۲۹۳	۳۳۸	۱۴۰	۱۰۰	۳۶۰۰
۳۵۸	۳۳۲	۳۳۰	۳۵۰	۳۹۷	۳۶۳	۴۸۰۰

جدول ۵-۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان دوخطه در سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت

میدان بیضوی		میدان توربو		میدان مدرن		جریان‌های
دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	ترافیک
شعاع ۱۵ متر						
۲۳	۷	۳۸	۷	۲۱	۸	۸۰۰
۲۵	۹	۴۱	۹	۲۶	۱۰	۱۲۰۰
۲۶	۱۲	۴۸	۱۴	۲۸	۱۲	۱۶۰۰
۳۲	۱۷	۶۴	۱۹	۳۳	۱۶	۲۰۰۰
۴۱	۲۳	۱۹۸	۲۹	۶۱	۲۱	۲۴۰۰
۴۴۷	۷۵	۵۳۳	۳۰۲	۵۳۲	۷۰	۳۶۰۰
۴۹۳	۳۸۸	۵۳۱	۳۷۵	۵۴۴	۴۲۴	۴۸۰۰
شعاع ۲۵ متر						
۲۲	۷	۲۶	۷	۱۹	۷	۸۰۰
۲۴	۱۰	۲۸	۱۰	۲۱	۱۰	۱۲۰۰
۲۵	۱۴	۳۱	۱۴	۲۲	۱۳	۱۶۰۰
۲۷	۱۹	۳۸	۲۱	۲۵	۱۷	۲۰۰۰
۳۳	۲۶	۴۹	۳۴	۲۹	۲۴	۲۴۰۰
۲۲۶	۸۵	۳۷۰	۳۰۶	۱۶۲	۸۸	۳۶۰۰
۴۰۲	۳۴۴	۳۷۳	۳۳۸	۴۵۵	۳۸۷	۴۸۰۰
شعاع ۳۵ متر						
۲۰	۷	۲۴	۶	۲۰	۹	۸۰۰
۲۳	۱۱	۲۴	۹	۲۲	۱۱	۱۲۰۰
۲۳	۱۴	۲۶	۱۲	۲۳	۱۴	۱۶۰۰
۲۵	۲۰	۳۰	۱۹	۲۴	۱۹	۲۰۰۰
۳۰	۲۸	۳۹	۳۰	۲۸	۲۵	۲۴۰۰
۱۷۲	۱۰۷	۲۴۸	۲۹۲	۱۱۱	۸۴	۳۶۰۰
۳۴۸	۳۱۵	۲۸۲	۲۹۷	۳۹۱	۳۴۸	۴۸۰۰

جدول ۶-۰۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان سه خطه در سرعت ۲۵ کیلومتر بر ساعت

میدان بیضوی		میدان توربو		میدان مدرن		جریان‌های
دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	ترافیک
شعاع ۳۵ متر						
۲۰	۱۰	۳۱	۱۰	۲۴	۱۲	۸۰۰
۲۳	۱۳	۳۲	۱۳	۲۶	۱۶	۱۲۰۰
۲۴	۱۸	۳۲	۱۷	۲۶	۲۰	۱۶۰۰
۲۶	۲۳	۳۳	۲۳	۲۸	۲۶	۲۰۰۰
۳۱	۲۹	۳۵	۲۸	۳۱	۳۳	۲۴۰۰
۷۲	۶۷	۷۷	۹۶	۸۹	۷۱	۳۶۰۰
۳۵۸	۳۶۴	۵۰۸	۴۹۵	۴۹۵	۴۰۲	۴۸۰۰
۴۴۱	۴۳۰	۴۸۶	۵۰۱	۵۱۰	۴۹۱	۶۰۰۰
شعاع ۴۵ متر						
۱۸	۹	۳۲	۱۴	۲۱	۱۱	۸۰۰
۲۰	۱۲	۳۳	۲۰	۲۴	۱۵	۱۲۰۰
۲۱	۱۶	۳۳	۲۸	۲۴	۲۱	۱۶۰۰
۲۴	۲۰	۳۵	۳۷	۲۷	۲۸	۲۰۰۰
۲۸	۲۶	۳۹	۵۲	۲۹	۳۵	۲۴۰۰
۶۰	۵۹	۱۹۹	۴۱۲	۵۲	۸۳	۳۶۰۰
۲۹۸	۳۰۲	۴۶۸	۵۱۸	۴۶۲	۴۵۳	۴۸۰۰
۳۹۸	۳۷۸	۴۷۵	۵۱۶	۴۸۷	۴۷۶	۶۰۰۰
شعاع ۵۰ متر						
۱۷	۸	۲۵	۱۰	۲۱	۱۱	۸۰۰
۱۹	۱۱	۲۶	۱۴	۲۴	۱۴	۱۲۰۰
۱۹	۱۵	۳۰	۱۸	۲۴	۱۹	۱۶۰۰
۲۲	۱۹	۳۱	۲۴	۲۷	۲۵	۲۰۰۰
۲۶	۲۴	۳۲	۳۰	۳۱	۳۱	۲۴۰۰
۶۲	۵۲	۶۸	۱۲۶	۹۶	۶۹	۳۶۰۰
۳۰۸	۲۴۹	۴۱۳	۴۵۹	۴۳۸	۴۰۵	۴۸۰۰
۳۹۷	۳۵۵	۴۳۲	۱۶۲	۴۶۵	۴۴۴	۶۰۰۰

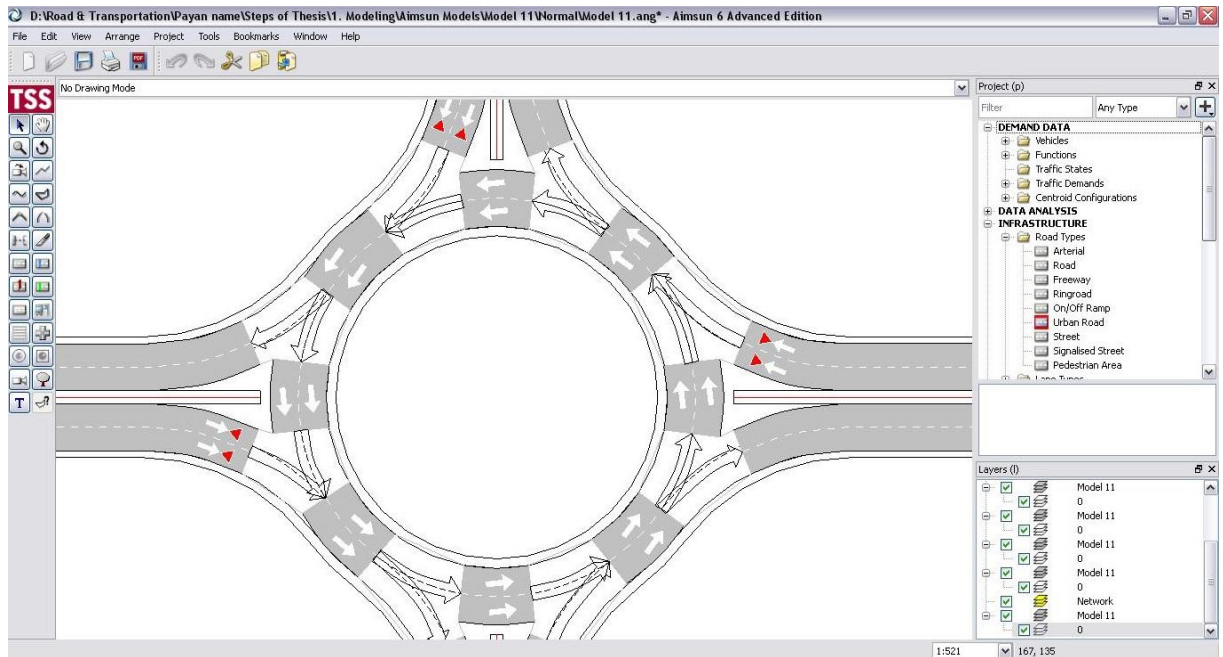
جدول ۷-۰۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان سه‌خطه در سرعت ۳۵ کیلومتر بر ساعت

میدان بیضوی		میدان توربو		میدان مدرن		جریان‌های ترافیک
بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	
شعاع ۳۵ متر						
۱۹	۷	۳۱	۷	۲۰	۸	۸۰۰
۲۱	۱۰	۳۰	۱۰	۲۳	۱۰	۱۲۰۰
۲۲	۱۳	۳۱	۱۳	۲۳	۱۳	۱۶۰۰
۲۴	۱۸	۳۳	۱۷	۲۴	۱۷	۲۰۰۰
۲۶	۲۲	۳۵	۲۲	۲۸	۲۲	۲۴۰۰
۴۹	۴۷	۵۴	۵۸	۴۲	۴۶	۳۶۰۰
۲۰۷	۱۸۷	۳۵۰	۴۱۸	۳۴۵	۱۶۷	۴۸۰۰
۴۱۴	۳۸۲	۴۳۱	۴۵۴	۴۸۲	۴۴۱	۶۰۰۰
شعاع ۴۵ متر						
۱۷	۷	۲۹	۷	۱۹	۸	۸۰۰
۲۰	۱۰	۲۸	۹	۲۱	۱۱	۱۲۰۰
۲۰	۱۳	۲۹	۱۳	۲۱	۱۴	۱۶۰۰
۲۱	۱۸	۳۱	۱۶	۲۳	۱۸	۲۰۰۰
۲۴	۲۲	۳۴	۲۱	۲۵	۲۴	۲۴۰۰
۴۸	۴۸	۴۶	۶۴	۳۹	۵۱	۳۶۰۰
۱۸۵	۲۴۹	۱۷۶	۳۹۱	۱۵۹	۲۲۱	۴۸۰۰
۳۷۵	۳۵۷	۳۴۲	۳۹۲	۴۴۷	۴۱۷	۶۰۰۰
شعاع ۵۰ متر						
۱۷	۷	۲۸	۷	۱۷	۷	۸۰۰
۱۹	۱۰	۲۸	۹	۲۱	۹	۱۲۰۰
۱۸	۱۳	۲۹	۱۲	۲۱	۱۳	۱۶۰۰
۲۰	۱۰	۳۱	۱۶	۲۲	۱۶	۲۰۰۰
۲۳	۲۱	۳۳	۲۰	۲۴	۲۱	۲۴۰۰
۴۵	۴۶	۴۱	۵۸	۳۶	۴۳	۳۶۰۰
۱۵۳	۲۳۸	۱۶۱	۳۶۴	۱۲۳	۱۲۹	۴۸۰۰
۳۵۷	۳۳۱	۳۲۲	۳۸۵	۴۰۲	۳۷۲	۶۰۰۰

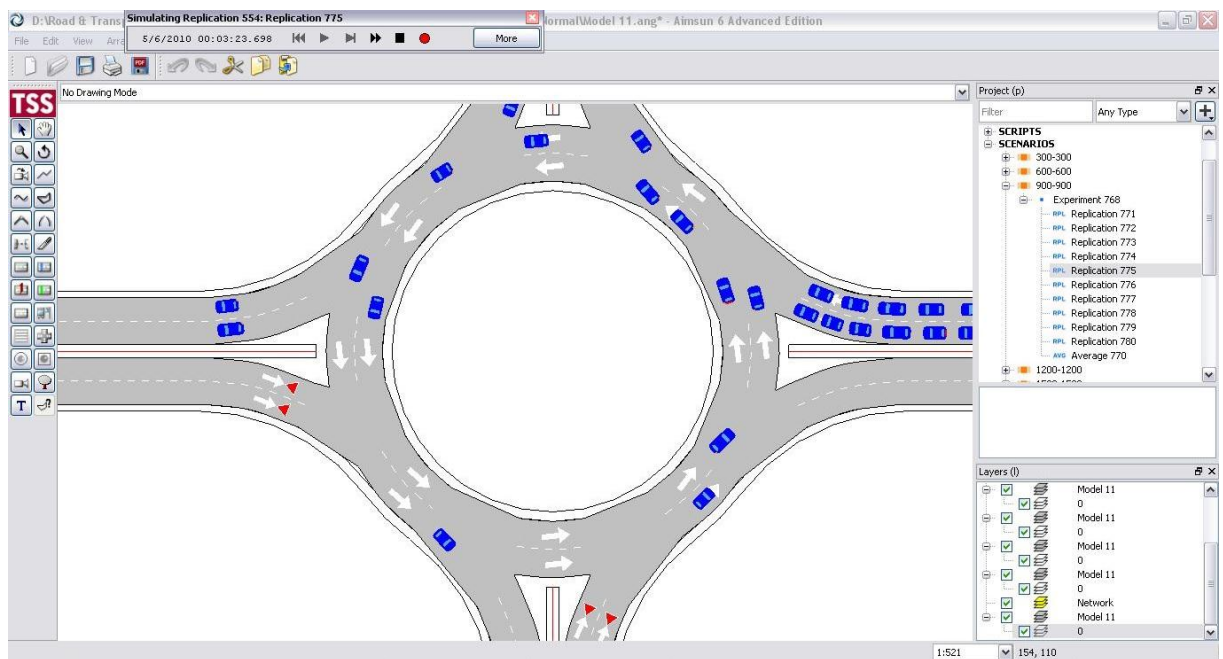
جدول ۸-۰: نتایج تأخیر (sec/km) در میدان سه‌خطه در سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت

میدان بیضوی		میدان توربو		میدان مدرن		جریان‌های
دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	دارای چراغ	بدون چراغ	ترافیک
شعاع ۳۵ متر						
۱۹	۶	۳۰	۶	۱۹	۷	۸۰۰
۲۱	۸	۳۰	۹	۲۲	۹	۱۲۰۰
۲۱	۱۱	۳۰	۱۲	۲۱	۱۱	۱۶۰۰
۲۳	۱۵	۳۳	۱۶	۲۳	۱۵	۲۰۰۰
۲۵	۱۹	۳۶	۲۰	۲۵	۱۸	۲۴۰۰
۴۵	۳۹	۵۶	۴۹	۳۸	۳۹	۳۶۰۰
۱۵۷	۱۱۱	۳۴۱	۳۸۵	۱۳۳	۱۱۴	۴۸۰۰
۴۱۰	۳۶۲	۳۸۱	۴۰۰	۴۶۸	۴۱۶	۶۰۰۰
شعاع ۴۵ متر						
۱۷	۶	۲۸	۶	۱۸	۷	۸۰۰
۱۹	۸	۲۹	۸	۲۱	۹	۱۲۰۰
۱۹	۱۲	۲۹	۱۱	۲۱	۱۲	۱۶۰۰
۲۱	۱۶	۳۱	۱۳	۲۲	۱۵	۲۰۰۰
۲۴	۲۰	۳۴	۱۸	۲۵	۲۰	۲۴۰۰
۴۰	۴۳	۴۴	۴۸	۳۶	۴۱	۳۶۰۰
۱۴۲	۱۷۲	۱۱۸	۳۶۵	۱۰۹	۱۳۷	۴۸۰۰
۳۶۷	۳۳۲	۳۳۲	۳۷۵	۴۲۲	۳۹۹	۶۰۰۰
شعاع ۵۰ متر						
۱۶	۶	۲۷	۶	۱۷	۶	۸۰۰
۱۸	۸	۲۸	۸	۲۰	۸	۱۲۰۰
۱۹	۱۱	۲۹	۱۰	۱۹	۱۱	۱۶۰۰
۲۰	۱۵	۳۰	۱۴	۲۱	۱۳	۲۰۰۰
۲۳	۲۰	۳۴	۱۹	۲۳	۱۸	۲۴۰۰
۳۸	۴۳	۴۲	۴۷	۳۳	۳۷	۳۶۰۰
۱۳۴	۱۸۰	۱۰۴	۳۵۹	۱۰۰	۹۱	۴۸۰۰
۳۵۴	۳۲۶	۳۲۳	۳۷۷	۳۸۷	۳۵۳	۶۰۰۰

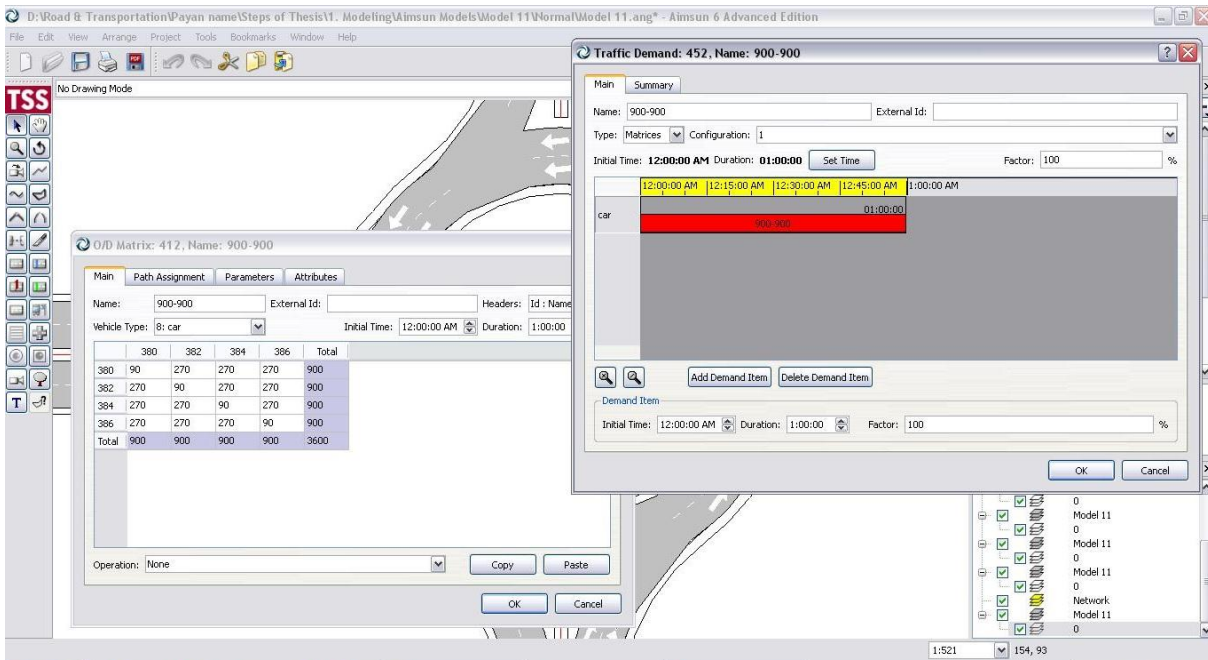
پیوست ب (تصاویری از محیط نرم افزار ایمنسان)



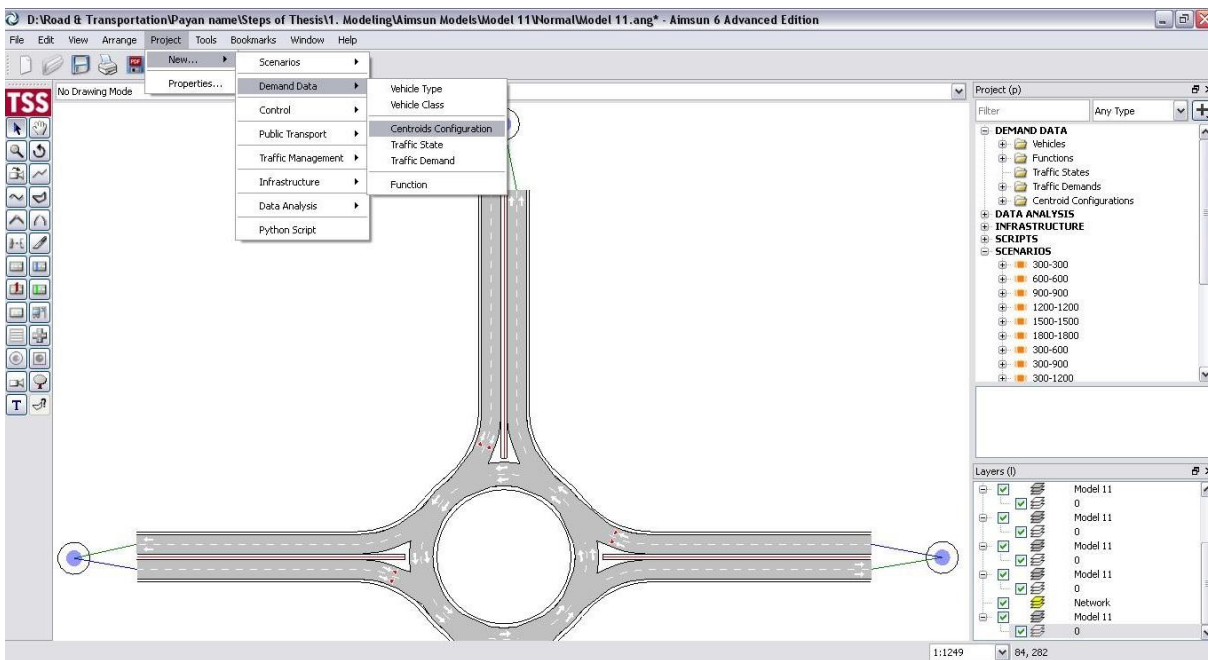
شکل ۱-۰: شکل کلی از محیط نرم افزار ایمنسان



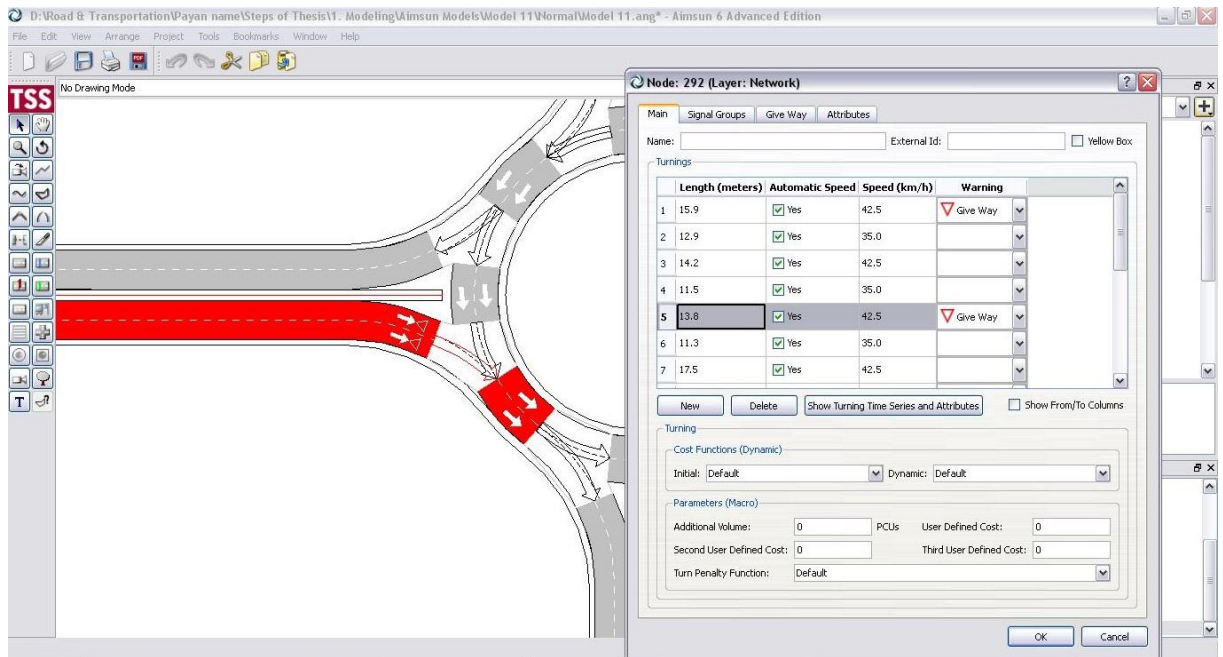
شکل ۲-۰: نمونه‌ای از شبیه‌سازی در نرم افزار ایمنسان



شکل ۳-۳: نمونه بارگذاری در نرم افزار ایمسان



شکل ۴-۳: تعریف مراکز مبدأ - مقصد در نرم افزار ایمسان



شکل ۵-۰: تعریف گره و حرکت خودروها در نرم افزار ایمنسان

منابع و مراجع

Al-Madani, H. M. (2013). Capacity of Large Dual and Triple-Lanes Roundabouts During Heavy Demand Conditions. *Arabian Journal for Science and Engineering* , 38 (3), 491-505.

Azhar, A.-M., & Svante, B. (2011, June 28). Signal Control of Roundabouts. *Procedia Social and Behavioral Sciences* , 16, pp. 729–738.

Bai, Y., Xue, K., & Tao, W. (2009). Association of Signal-Controlled Method at Roundabout and Capacity. *Ninth International Conference of Chinese Transportation Professionals (ICCTP)* (pp. 1-12). Harbin, China: American Society of Civil Engineers.

Bergman, A., Olstam, J., & Allström, A. (2011, May 23). Analytical Traffic Models for Roundabouts with Pedestrian Crossings. *Procedia Social and Behavioral Sciences* , 16, pp. 697–708.

Chang, I., Ahn, S. Y., & 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), 1782-1787.

CHANG, Y., BAI, Y., & (Jian) SUN, D. (2010). An Optimal Timing Model for Signalized Roundabout Intersections. *Tenth International Conference of Chinese Transportation Professionals (ICCTP)* (pp. 1307-1317). Beijing, China: American Society of Civil Engineers.

Corriere, F., & Guerrieri, M. (2012, October 3). Performance Analysis of Basic Turbo-Roundabouts in Urban Context. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* , 53, pp. 622–632.

Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E., & Wets, G. (2011). Extended prediction models for crashes at roundabouts. *Safety Science* , 49 (2), 198–207.

De Brabander, B., & Vereeck, L. (2007). Safety effects of roundabouts in Flanders: Signal type, speed limits and vulnerable road users. *Accident Analysis & Prevention* , 39 (3), 591–599.

Dixon, M., Abdel, A., Assistant, R., Kyte, M., Rust, P., & Cooley, H. (2007). Field Evaluation of Roundabout Turning Movement Estimation Procedures. *Journal of Transportation Engineering* .

Engelsman, J., & Uken, M. (2007). Turbo roundabouts as an alternative to two lane roundabouts. *26th Annual Southern African Transport Conference 2007*, (pp. 581-589). Pretoria, South Africa.

Fortuijn, L. (2009). Turbo Roundabouts. Design Principles and Safety Performance. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* (2096), 16-24.

Giuffrè, O., Guerrieri, M., & Granà, A. (2010). Turbo-Roundabout General Design Criteria and Functional Principles: Case Studies from Real World. *4th International Symposium on Highway Geometric Design*. Valencia , Spain.

Gross, F., Lyon, C., Persaud, B., & Srinivasan, R. (2013). Safety effectiveness of converting signalized intersections to roundabouts. *Accident Analysis and Prevention* , 50, 234– 241.

Hoek, R. (2013). *Signalized Turbo Roundabouts: A Study into the Applicability of Traffic Signals on Turbo Roundabouts*. Master thesis, Civil Engineering and Geosciences, Transport & Planning.

Kim, S., & Choi, J. (2013). Safety analysis of roundabout designs based on geometric and speed characteristics. *KSCE Journal of Civil Engineering* , 17 (6), 1446-1454.

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

Mauro, R., & Branco, F. (2010). Comparative Analysis of Compact Multilane Roundabouts and Turbo-Roundabouts. *Journal of Transportation Engineering* , 136 (4), 316-322.

Mauro, R., & Cattani, M. (2004). Model to Evaluate Potential Accident Rate at Roundabouts. *Journal of Transportation Engineering* , 130 (5), 602–609.

Munawar, A., & Haryanto, S. (2010). Optimizing Signalized Roundabout by Computer Simulation (Case Study: Pelem Gurih Roundabout, Yogyakarta). *Seventh International Conference on Traffic and Transportation Studies (ICTTS)* (pp. 357-364). Kunming, China: American Society of Civil Engineers.

O. Giuffrè, A. G. (2012, October 3). Turbo-roundabouts vs Roundabouts Performance Level. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* , 53, pp. 590–600.

Pandian, S., Gokhale, S., & Ghoshal, A. K. (2009). Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* , 14 (3), 180–196.

Qu, X., Ren, L., Wang, S., & Oh, E. (2014). Estimation of Entry Capacity for Single-Lane Modern Roundabouts: Case Study in Queensland, Australia. *Journal of Transportation Engineering* , 140 (7).

(2000). *Roundabouts: An Informational Guide*. U.S. Department.

(2010). *Roundabouts: An Informational Guide*. WASHINGTON, D.C.: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD.

Silva, A. B., Vasconcelos, L., & Santos, S. (2014, February 5). Moving from Conventional Roundabouts to Turbo-Roundabouts. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* , 111, pp. 137–146.

Sisiopiku, V. P., & Oh, H.-U. (2001). Evaluation of Roundabout Performance Using SIDRA. *Journal of Transportation Engineering* , 127 (2), 143-150.

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

Tollazzi, T., Renčelj, M., & Turnšek, S. (2011). Roundabout with "depressed" lanes for right turning - "flower roundabout". *Promet – Traffic&Transportation*, 23, pp. 353-358.

Tracz, M., & Chodur, J. (2012, October 3). Performance and Safety Roundabouts with Traffic Signals. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* , pp. 789 – 800.

Wan-jing, M., Han-zhou, X., Yu, B., Jing, Z., & Xiao-guang, Y. (2013). Signal timing optimization model based on dual-ring phase scheme for roundabout. *Journal of Central South University* , 20, 563–571.

Zhang, L., Du, W., Liu, S., & Zhang, S. (2009). Dynamic Vehicular Delay

Analysis between A Roundabout And A Pre-Timed Traffic Signal. *Eighth International Conference of Chinese Logistics and Transportation Professionals (ICCLTP)* (pp. 3982-3988). Chengdu, China: American Society of Civil Engineers.

Abstract

Nowadays by increasing transportation, solutions for improving the traffic are more needed. Roundabout is one of these solutions that will help to improve the traffic in intersections by regulating the traffic. Different geometric designs for roundabouts were introduced by researchers. Some of these designs are modern, turbo and elliptical roundabout. Despite high utilization of elliptical roundabouts in Iran, there is lack of detailed studies on the behavior of these roundabouts. The main objective of this study is to investigate the performance of elliptical roundabout in unsignalized and signalized controls. In this regard, this roundabout was compared with modern and turbo roundabouts in AIMSUN simulation software. Some of the geometric characteristics of these simulations are constant (such as width of lanes in circular roadway and streets, length of streets, entry radius and speed limit in streets) and some of them are variable (such as radius of central island, speed limit in circular roadway and number of lanes). Roundabouts (modern, turbo and elliptical) were compared in three categories; single lane, two lane and three lane. In each category three speed limits for circular roadway (25, 35 and 40 km/hr) were assumed (except for single lane category with two speed limits, 25 and 35 km/hr). Also three different central island radii (different in each category) with two different controls (unsignalized and signalized) were considered in each category. After designing the roundabouts, results (delay time and capacity) were analyzed under saturated and unsaturated flow conditions. Based on the obtained results, the performance of elliptical roundabout was similar to modern roundabout. In specific situations, elliptical roundabout had the best performance in all types of roundabouts. In saturated flow conditions and in two-lane and three-lane categories, elliptical roundabout performed better than other roundabouts. This performance was more effective in signalized control.

Keywords: Capacity; Delay; Elliptical roundabout; Modern roundabout; Turbo roundabout; Unsignalized and signalized controls.



Shahrood University of Technology

Faculty: Civil Engineering

**Performance evaluation of signalized and unsignalized elliptical
roundabouts: A comparison approach**

Hadi Hatami

Supervisor: Dr. Iman Aghayan

Date: February 2016