

# تقاطعهای همسطح شهری

مبانی فنی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جمهوری اسلامی ایران  
سازمان برنامه و بودجه

# تقاطعهای همسطح شهری مبانی فنی

نشریه شماره ۱-۱۴۵

معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

## فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه. دفتر امور فنی و تدوین معیارها.  
تقاطعهای همسطح شهری / سازمان برنامه و بودجه. معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین  
معیارها، [با همکاری مهندسين مشاور گذر راه]. - تهران: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک  
اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۶.  
ج۳: مصور. - (سازمان برنامه و بودجه، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ نشریه شماره  
۱۴۵).

ISBN 964-425-012-5 (3 Vol set)

فهرستنویسی براساس اطلاعات فیبا (فهرستنویسی پیش از انتشار)

واژه نامه.

کتابنامه.

مندرجات: ج. ۱ - مبانی فنی. - ج. ۲. توصیه ها و معیارهای فنی. - ج. ۳. سوابق مطالعات.

۱. راهها - تقاطع - استانداردها. ۲. ترافیک - مهندسی. ۳. راهسازی - استانداردها. ۴. علایم  
راهنمایی و رانندگی - ایران. ۵. راهها - طرح و برنامه ریزی - استانداردها. الف. مهندسين مشاور  
گذر راه. ب. سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات. ج. عنوان.

۶۲۵/۷۰۲۱۸

ت ۷/س ۱۷۶/ TE

۳۶۰۲ - ۷۶ م

کتابخانه ملی ایران

تقاطعهای همسطح شهری - مبانی فنی

تهیه کننده: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ناشر: سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

چاپ اول: ۱۰۰۰ نسخه، ۱۳۷۶

قیمت: ۲۱۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: مؤسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



## مقدمه

در راستای اهداف و سیاست های برنامه دوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران که به امر بهبود خدمات و تسهیلات حمل و نقل و ترافیک شهری و افزایش ایمنی شهروندان تأکید ورزیده است و همچنین در اجرای اصول نظام فنی و اجرائی طرحهای عمرانی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها براساس شرح وظائف خود انجام مطالعات و تحقیقات در زمینه حمل و نقل و ترافیک و ارائه دانش فنی و معیارهای مربوطه را در برنامه مطالعات خود قرار داد و در اولویت اول مطالعه چهار پروژه "عابر پیاده"، "دوچرخه"، "حمل و نقل عمومی" و "تنظیم تقاطع های همسطح شهری" مورد توجه قرار گرفت و در مرحله نخست مطالعات دو پروژه "عابر پیاده" و "تنظیم تقاطع های همسطح شهری" در اسفندماه ۱۳۷۲ به مهندسین مشاور گذرراه ارجاع گردید.

نتایج مطالعات پروژه عابر پیاده در سه مجلد با عنوان مبانی فنی، توصیه ها و معیارهای فنی و سوابق مطالعات "تسهیلات پیاده روی" در سال ۱۳۷۵ منتشر گردید.

این نشریه یکی از سه نشریه ای است که در ارتباط با پروژه تقاطع های همسطح شهری با عنوان های زیر تهیه شده است:

- ۱ - مبانی فنی برنامه ریزی، طراحی و مدیریت تقاطع های همسطح شهری
- ۲ - توصیه ها و معیارهای فنی برنامه ریزی، طراحی و مدیریت تقاطع های همسطح شهری
- ۳ - سوابق مطالعات پروژه "تقاطع های همسطح شهری"

امید است انجام این مطالعات و ارائه دانش و معیارهای فنی مربوط به تقاطع های همسطح شهری موجب ارتقاء کیفیت مطالعات و طراحی تقاطع ها و افزایش ایمنی و ظرفیت شبکه ارتباطی شهرهای کشور گردد و مبنایی برای هماهنگی بیشتر همه دست اندرکاران حرفه مهندسی ترافیک باشد.

از مدیر عامل مهندسین مشاور گذرراه آقای مهندس محمد توسلی و سایر همکاران پروژه، به ویژه آقای دکتر بهنام امینی سرپرست بخش حمل و نقل ترافیک و آقای مهندس بهزاد بیهقی مدیر پروژه و خانم مهندس پورسید کارشناس دفتر امور فنی و تدوین معیارها که مسئولیت هماهنگی پروژه را به عهده داشته اند و همچنین از اظهارنظرهای کارشناسی دستگاههای اجرائی ذیربط و کارشناسان این حرفه به ویژه آقای دکتر علی اصغر اردکانیان، آقای دکتر مهدی ریاضی کرمانی دبیر جامعه مهندسین حمل و نقل ایران، آقای دکتر جلیل شاهی، آقای دکتر هاشم مهرآدین و آقای دکتر منوچهر وزیری تشکر و قدردانی می نماید.

معاونت/امور فنی

خرداد ۱۳۷۶

# فهرست مطالب

صفحه

شرح

پیشگفتار.....	۱۳
فصل ۱ - مقدمه.....	۱۷
۱-۱- کلیات.....	۱۷
۲-۱- هدف و چارچوب.....	۱۸
۳-۱- روش تحقیق.....	۱۹
۴-۱- شناسایی مسائل تقاطع های همسطح شهری.....	۲۰
۱-۴-۱- طراحی و اجرای نامناسب تقاطع.....	۲۱
۲-۴-۱- فرهنگ و رفتار نادرست رانندگان و عابرین پیاده.....	۲۳
۳-۴-۱- سرپیچی از مقررات راهنمایی و رانندگی.....	۲۴
فصل ۲- مبانی طراحی تقاطع های همسطح شهری.....	۲۵
۱-۲- کلیات.....	۲۵
۲-۲- اهداف و مراحل طراحی تقاطع.....	۲۵
۱-۲-۲- اهداف.....	۲۵
۲-۲-۲- مراحل.....	۲۵
۳-۲- حریم تقاطع.....	۳۷
۱-۳-۲- مقدمه.....	۳۷
۲-۳-۲- ضوابط موجود برای تعیین حریم.....	۳۷
۳-۳-۲- ضوابط پیشنهادی برای تعیین حریم.....	۳۹
۴-۲- انواع حرکت های برخوردی.....	۴۰
۵-۲- مسیریابی.....	۴۱
۶-۲- سطح برخورد.....	۴۵
۷-۲- مسیر اصلی در تقاطع.....	۴۶
۸-۲- سرعت طرح تقاطع.....	۴۶
۹-۲- دینامیک و هندسه حرکت.....	۴۷
۱۰-۲- فاصله تقاطع ها.....	۴۷
۱۱-۲- کاربرد رایانه در طراحی تقاطع.....	۴۷

## فهرست مطالب

شرح

صفحه

فصل ۳ - طراحی هندسی تقاطع های همسطح شهری	۴۹
۱-۳- کلیات	۴۹
۲-۳- انواع تقاطع	۴۹
۱-۲-۳- مقدمه	۴۹
۲-۲-۳- تقاطع سه راهی	۵۰
۳-۲-۳- تقاطع چهار راهی	۵۴
۴-۲-۳- تقاطع چندراهی	۵۶
۵-۲-۳- تقاطع میدانی	۵۸
۳-۳- وسیله نقلیه طرح تقاطع	۶۳
۱-۳-۳- مقدمه	۶۳
۲-۳-۳- ابعاد وسایل نقلیه طرح	۶۳
۳-۳-۳- حداقل مسیر گردش وسیله نقلیه طرح	۶۴
۴-۳-۳- وسیله نقلیه طرح پیشنهادی برای تقاطع های همسطح ایران	۶۸
۴-۳- تنظیم موقعیت و شیب تقاطع	۷۱
۱-۴-۳- موقعیت تقاطع	۷۱
۲-۴-۳- شیب بندی تقاطع	۷۴
۵-۳- میدان دید در تقاطع	۷۹
۱-۵-۳- فاصله دید توقف	۷۹
۲-۵-۳- میدان دید ورود	۸۲
۶-۳- خطوط عبور در تقاطع	۹۵
۱-۶-۳- مقدمه	۹۵
۲-۶-۳- خطوط عبور مستقیم	۹۵
۳-۶-۳- خطوط کمکی گردش	۹۷
۷-۳- قوس گوشه و مسیر گردش تقاطع	۱۱۶
۱-۷-۳- مقدمه	۱۱۶
۲-۷-۳- قوس گوشه	۱۱۶
۳-۷-۳- مسیر گردش	۱۲۵

## فهرست مطالب

صفحه	شرح
۱۲۹.....	۳-۷-۴- مسیر واگرد
۱۳۰.....	۳-۸-۸- جزایر
۱۳۰.....	۳-۸-۱- مقدمه
۱۳۰.....	۳-۸-۲- موارد کاربرد جزیره
۱۳۲.....	۳-۸-۳- انواع جزیره
۱۳۴.....	۳-۸-۴- اجرای جزیره
۱۳۶.....	۳-۸-۵- طراحی هندسی جزیره
۱۴۴.....	۳-۹-۹- تسهیلات پیاده روی و دوچرخه سواری در تقاطع
۱۴۴.....	۳-۹-۱- تسهیلات پیاده روی
۱۵۲.....	۳-۹-۲- تسهیلات دوچرخه سواری
۱۵۶.....	۳-۱۰-۱- ایستگاه اتوبوس و پارکینگ در تقاطع
۱۵۶.....	۳-۱۰-۱- مکانیابی ایستگاه اتوبوس
۱۶۰.....	۳-۱۰-۲- طراحی ایستگاه اتوبوس
۱۶۱.....	۳-۱۰-۳- تسهیلات توقف حاشیه ای
۱۶۵.....	۳-۱۱-۱- طرح هندسی میدان
۱۶۵.....	۳-۱۱-۱- مقدمه
۱۶۷.....	۳-۱۱-۲- میدان های تداخلی
۱۷۰.....	۳-۱۱-۳- میدان های تقدمی
۱۸۳.....	فصل ۴ - کنترل تقاطع
۱۸۳.....	۴-۱- کلیات
۱۸۳.....	۴-۲- انواع روش های کنترل
۱۸۵.....	۴-۲-۱- کنترل با چراغ راهنمایی
۲۰۰.....	۴-۲-۲- کنترل بدون چراغ راهنمایی
۲۰۲.....	۴-۳- ضوابط انتخاب روش کنترل تقاطع
۲۰۲.....	۴-۳-۱- تقاطع چراغدار
۲۱۵.....	۴-۳-۲- تقاطع بدون چراغ
۲۱۸.....	۴-۴- چراغ راهنمایی



## فهرست مطالب

صفحه

شرح

۲۱۸	۱-۴-۴- تعاریف	
۲۱۹	۲-۴-۴- اجزاء و عوامل نگهدارنده چراغ	
۲۳۰	۳-۴-۴- جزئیات نصب چراغ	
۲۳۹	۴-۴-۴- چراغ راهنمایی پیاده	
۲۴۱	۵-۴-۴- فازبندی چراغ	
۲۴۹	۶-۴-۴- زمان بندی چراغ	
۲۶۱	۵-۴-۵- تابلو و نشانه راهنمایی	
۲۶۱	۱-۵-۴- تابلوی راهنمایی	
۲۷۵	۲-۵-۴- نشانه راهنمایی	
۲۹۱	فصل ۵ - تحلیل عملکرد تقاطع	
۲۹۱	۱-۵- کلیات	
۲۹۱	۲-۵- اطلاعات ورودی	
۲۹۳	۳-۵- تحلیل تقاطع چراغ دار	
۲۹۳	۱-۳-۵- مقدمه	
۲۹۸	۲-۳-۵- دستورالعمل اندونزی	
۳۰۲	۳-۳-۵- روش وبستر	
۳۰۹	۴-۳-۵- روش HCM 85	
۳۲۵	۵-۳-۵- روش پیشنهادی برای شرایط ایران	
۳۳۶	۶-۳-۵- حل چند مثال نمونه	
۳۴۲	۴-۵- تحلیل تقاطع بدون چراغ	
۳۴۲	۱-۴-۵- مقدمه	
۳۴۲	۲-۴-۵- روش HCM 85	
۳۵۱	۳-۴-۵- دستورالعمل استرالیا	
۳۵۵	۴-۴-۵- دستورالعمل اندونزی	
۳۵۸	۵-۴-۵- ظرفیت تقاطع های بدون چراغ در شرایط ایران	
۳۶۰	۶-۴-۵- حل چند مثال نمونه	
۳۶۷	۵-۵- تحلیل ظرفیت میدان	

## فهرست مطالب

صفحه	شرح
۳۶۷	۱-۵-۵- مقدمه
۳۶۷	۲-۵-۵- روش واردروپ
۳۶۹	۳-۵-۵- دستورالعمل اندونزی
۳۷۰	۴-۵-۵- حل مثال نمونه
۳۷۳	فصل ۶- سایر ملاحظات
۳۷۳	۱-۶- ایمنی تقاطع
۳۷۳	۱-۱-۶- کلیات
۳۷۳	۲-۱-۶- بررسی آمار تصادفات تقاطع
۳۷۵	۳-۱-۶- عوامل مؤثر در ایمنی تقاطع
۳۷۶	۴-۱-۶- ایمنی میدان
۳۸۳	۲-۶- روشنایی تقاطع
۳۸۳	۱-۲-۶- مقدمه
۳۸۳	۲-۲-۶- تعاریف
۳۸۴	۳-۲-۶- طراحی روشنایی تقاطع
۳۸۹	۳-۶- روسازی و زهکشی تقاطع
۳۸۹	۱-۳-۶- روسازی
۳۹۳	۲-۳-۶- تسهیلات زهکشی
۳۹۴	۴-۶- قوانین و مقررات و آموزش
۳۹۴	۱-۴-۶- کلیات
۳۹۴	۲-۴-۶- قوانین و مقررات تقاطع ها
۳۹۵	۳-۴-۶- آموزش مقررات راهنمایی و رانندگی
۳۹۷	۵-۶- ملاحظات اقتصادی تقاطع
۳۹۷	۱-۵-۶- کلیات
۳۹۷	۲-۵-۶- ارزیابی اقتصادی تقاطع
۴۰۱	واژه نامه
۴۰۹	منابع و مراجع

## پیشگفتار

حمل و نقل و ترافیک یکی از زیرساخت های اساسی اقتصاد کشور است. اجرای برنامه های توسعه در بخش های اقتصادی - اجتماعی و فرهنگی بدون تأمین نیازهای این بخش امکان پذیر نیست. امروزه مسائل و مشکلات حمل و نقل و ترافیک شهرهای بزرگ کشور ابعاد گسترده ای پیدا کرده است و در صورت ادامه روند کنونی، در آینده شهرهای متوسط و کوچک کشور نیز با چنین معضلاتی روبرو خواهند شد. پاسخگویی به این مسائل حمل و نقل و ترافیک شهرها از یک سو نیاز به برنامه ریزی و اتخاذ روش های واقع بینانه دارد و از سوی دیگر اجرای طرح های مورد نظر مستلزم صرف اعتبارات بسیار سنگین است. علیهذا انجام مطالعات و تحقیقات مورد نیاز برای دستیابی به سیاستها و راهبردهای موثر و عملی در این راستا اجتناب ناپذیر می باشد.

ریشه مسائل و مشکلات ترافیک شهرهای کشور به گذشته آنها برمی گردد که هنگام مطالعات طرح های جامع و تهیه طرحهای تفصیلی و اجرایی شهرها به نیازهای حمل و نقل و ترافیک روزافزون آنها توجه کافی مبذول نشده و اهمیت آن از حد ۵ درصد کل مطالعات مذکور تجاوز نمی کرده است [۱۳] و حال آنکه در کشورهای پیشرفته پس از دوران توسعه شهرنشینی و افزایش مالکیت وسائل نقلیه موتوری و بروز پیچیدگی ترافیک شهری از چند دهه گذشته (۱۹۴۰) سرمایه گذاری عظیمی به مطالعه و تحقیق و ارائه راه حل های موثر اختصاص یافته و مهندسين ترافیک و شهرساز درکنار هم به چاره جویی مشکلات شهری پرداخته و دستاوردهای قابل ملاحظه ای برای سامان بخشی به شهرها ارائه داده اند و به این ترتیب برنامه ریزی شهری و برنامه ریزی حمل و نقل و ترافیک بصورت دانش جدید شکل گرفته است [۱۴].

## دو دیدگاه

در سال های بعد از پیروزی انقلاب به ویژه در چند سال اخیر توجه بیشتری به مشکل ترافیک شهرهای کشور مبذول گردیده و برای پاسخگویی به مشکلات ترافیک شهرهای بزرگ مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعات عمدتاً متکی به روش کلاسیک مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک است که در آن با پذیرش شرایط موجود، تقاضای سفر در سال طرح پیش بینی می شود. استفاده از تقسیم سفرهای موجود و تخصیص سفرهای حاصله روی شبکه که تعریض آنها در بافت پر شهرها معمولاً غیرعملی است، راه حلی جز استفاده از تکنولوژی های پیشرفته حمل و نقل از جمله راه آهن زیرزمینی (مترو) برای طراح باقی نمی گذارد.

برای احتراز از چنین بن بست، دیدگاه دیگری مورد عمل قرار گرفته است [۱۲] که در آن توجه اصلی به مدیریت تقاضای سفرهای سواره، کاهش حجم عبور شبکه و افزایش ظرفیت شبکه ارتباطی موجود مبذول

می‌گردد [۱۲]. این روش در دو دهه اخیر در کشورهای صنعتی پیشرفته نیز به ویژه بعد از بحران انرژی دهه ۱۹۷۰ و مسائل زیست محیطی ناشی از رشد بی رویه وسایل نقلیه موتوری مورد توجه قرار گرفته و با جدیت تعقیب می شود.

با اعمال مدیریت تقاضای سفرهای پیاده و سواره و با تنظیم کاربری های شهری و مدیریت خدمات شهری و همچنین استفاده بهینه از امکانات ارتباطی نظیر تلفن و پست و فاکس، می توان تعداد و طول سفرهای سواره را بطور قابل ملاحظه ای کاهش داد.

با افزایش ظرفیت سیستم حمل و نقل عمومی و جابجایی درصد بیشتری از سفرها با این سیستم از حجم عبور شبکه نیز کاسته می شود و در نتیجه نیاز به توسعه شبکه ارتباطی و تخصیص اعتبارات مربوطه کمتر خواهد شد.

همچنین برای افزایش ظرفیت شبکه ارتباطی می توان شبکه ارتباطی و تقاطع های موجود را تنظیم و کنترل نمود و تأسیسات و تجهیزات ترافیکی لازم از قبیل ایستگاهها و ترمینالهای مربوط به سیستم حمل و نقل عمومی، علائم، خط کشی و غیره را پیش بینی کرد.

برای تحقق دیدگاه دوم به ویژه در مواردی که شرایط فرهنگی - اجتماعی و رفتار انسانی مؤثر می باشد، انجام مطالعات و تحقیقات در زمینه حمل و نقل و ترافیک شهری برای تطبیق مطالعات انجام شده با شرایط خاص ایران ضروری است.

در این راستا مطالعه و تحقیق در زمینه دو پروژه "عابرپیاده" و "تنظیم تقاطع های همسطح" از سوی دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه به این مهندسیین مشاور محول گردیده است. این پروژه از فروردین ۱۳۷۳ آغاز و تا اسفند ۱۳۷۵ تداوم یافته است و نتایج آن که حاصل کار جمعی است در سه مجلد مبانی فنی، توصیه ها و معیارهای فنی و سوابق مطالعات ارائه شده است.

گزارش حاضر حاوی مطالبی است که با عنوان مبانی فنی برنامه ریزی، طراحی و مدیریت تقاطع های همسطح شهری تهیه و تدوین شده است. کتاب توصیه ها و معیارهای فنی که حاوی چکیده نتایج نهایی مطالعات است در جلد دوم این مجموعه تنظیم شده است به نحوی که اطلاعات و معیارهای فنی لازم برای طراحی و مدیریت تقاطع های همسطح شهری بطور فشرده و ساده در اختیار استفاده کنندگان قرار گیرد. سوابق عملیات میدانی این گزارش نیز به صورت مجلد مستقلی تنظیم گردیده تا مورد استفاده مطالعات و تحقیقات بعدی قرار گیرد.

انجام این مطالعات و تهیه سه جلد گزارش های ارائه شده در طول سه سال با همکاری و تلاش پیگیر و صمیمانه کارشناسان این حرفه، آقای دکتر بهنام امینی سرپرست بخش حمل و نقل و ترافیک این مهندسیین مشاور، آقای مهندس بهزاد بیهقی مدیر پروژه و تیم پژوهشی مرکب از آقایان مهندسین اکبر اسداله خان والی، مسعود طیبی، علیرضا خورسندی، کامران رحیم اف، شهروز دارایی، خانم فاطمه جوانمردی، رضا مفیدی ذاتی، احمد توسلی حجتی و همچنین آقای مصطفی زکریا پور مسئول ترسیم و تنظیم شکل ها و خانم مریم صابری مسئول



تایپ و صفحه آرایی و گروه فیلمبرداران و آمارگیران و دستگاههای اجرایی ذیربط و سایر همکاران پروژه میسر شده است.

تذکر این مطلب ضروری است که انجام این مطالعات و تحقیقات آغاز راهی است که با پشتیبانی مسئولان امر و اعتقاد و دل بستگی کارشناسان این حرفه باید پیموده شود. لذا شایسته است کارشناسان این حرفه با مطالعه و اظهارنظر خود برای رفع نواقص و غنی تر شدن محتوای آن مشارکت جدی مبنول نمایند.

در اینجا لازم می داند از کلیه همکاران پروژه و همکاری مسئولان دستگاههای اجرایی ذیربط که در انجام عملیات میدانی با گروههای مطالعاتی برای تهیه فیلم و عکس همکاری نموده اند و کارشناسان این حرفه که اظهارنظرهای اصلاحی و تکمیلی داشته اند و خواهند داشت صمیمانه تشکر نماید.

مهندسین مشاور گذرراه

## فصل ۱ - مقدمه

### ۱-۱- کلیات

تقاطع به محل تلاقی دو یا چند معبر اطلاق می شود که در آن تسهیلات لازم برای انجام حرکات مختلف ترافیکی همراه با ایمنی و کارایی فراهم می شود. گرچه فقط بخش کوچکی از شبکه معابر شهری به تقاطع ها اختصاص دارد ولی این بخش از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا کارایی، ایمنی، سرعت و ظرفیت معابر وابسته به عملکرد تقاطع ها است. عملکرد تقاطع ها نیز خود بستگی به طراحی و مدیریت صحیح آن دارد.

بررسی وضعیت تقاطع های همسطح شهری موجود [ ۸ ]، حاکی از مشکلات و مسائل عدیده در زمینه طراحی و بهره برداری آنها است و این شرایط را نمی توان جز از طریق یک حرکت هماهنگ اصلاحی از سوی مسئولین، برنامه ریزان، طراحان، مدیران و استفاده کنندگان بهبود بخشید. یکی از مهمترین اقدامات زیربنایی در این راستا تدوین اصول و معیارهای فنی مربوطه است.

معمولاً تدوین اصول، ضوابط و معیارهای فنی در هر زمینه، بر بستری از تجربیات حرفه ای و بر شالوده ای از مطالعات و پژوهش های قبلی استوار می گردد و وظیفه اصلی تهیه کنندگان اینگونه دستورالعمل ها یا توصیه نامه ها عمدتاً شامل شناسایی و گردآوری منابع و نتایج پژوهش های موجود، ارزیابی و نهایتاً تدوین آنها در یک مجموعه منسجم است. در شرایطی که از نظر اطلاعات و آمار، سوابق مطالعاتی و پژوهشی و کتب و منابع داخلی کمبود وجود داشته باشد دشواری این وظایف دهها برابر افزون می گردد. در رابطه با موضوع تقاطع های همسطح شهری نیز کمابیش چنین وضعی حاکم است. مطالعات و پژوهش های انجام شده در این زمینه در داخل کشور بسیار محدود است. آمار و اطلاعات موجود نیز آنقدر ناقص و ناپیوسته است که استنباط از آنها به دشواری امکان پذیر می شود.

باتوجه به این مسائل، پروژه مطالعاتی - تحقیقاتی ' تقاطع های همسطح ' در دستور کار دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه قرار گرفت و مسئولیت مطالعه آن به مهندسین مشاور گذرراه محول شد.

مجموعه حاضر، گزارش مبانی این پروژه پژوهشی - مطالعاتی است که در آن اصول و ضوابط برنامه ریزی، طراحی و مدیریت تقاطع های همسطح شهری مطرح شده است. در تدوین این مجموعه سعی بر آن بوده

است که دانش فنی طراحی تقاطع های همسطح شهری از منابع معتبر کشورهای مختلف جمع آوری و در صورت نیاز پژوهش های لازم در جهت انطباق با شرایط بومی ایران انجام شود.

همانگونه که اشاره شد این پروژه یکی از نخستین گامهایی است که در زمینه تدوین اصول و معیارهای طراحی تقاطع های همسطح شهری برداشته شده و یقیناً تحقیقات و مطالعات گسترده تری در این زمینه مورد نیاز است. امید است این مجموعه بتواند علاوه بر ایفای نقش خود به عنوان راهنمای برنامه ریزان، طراحان و مدیران، رهنمودهای لازم را نیز برای پژوهش های آتی فراهم نماید.

## ۱-۲- هدف و چارچوب

هدف از این مجموعه ارائه مبانی فنی برنامه ریزی، طراحی و مدیریت تقاطع های همسطح شهری است به گونه ای که بتواند به عنوان یک راهنما مورد استفاده متخصصین مربوطه قرار گیرد و محوری برای هماهنگی بیشتر میان سازمانها و مؤسسات ذیربط باشد.

از آنجا که عوامل متعددی در عملکرد تقاطع های همسطح موثر هستند، سعی بر این بوده که حتی المقدور و با توجه به امکانات موجود، کلیه این عوامل بصورت سیستماتیک و جامع مورد توجه قرار گیرند تا محتوای این مجموعه هرچه غنی تر و دامنه کاربردی آن گسترده تر شود. مهمترین عناوینی که در این راستا مورد توجه قرار خواهند گرفت شامل طرح هندسی، طرح سیستم کنترل، تحلیل عملکرد، ایمنی، روسازی و زهکشی، روشنایی، قوانین و مقررات و آموزش و ملاحظات اقتصادی می باشند.

در فصل ۲ این گزارش مبانی طراحی تقاطع های همسطح شهری مطرح می شود. در این فصل پس از بیان اهداف طراحی تقاطع ها مراحل مختلف طراحی از مرحله جمع آوری اطلاعات و تهیه نقشه های مقدماتی تا مرحله تهیه نقشه های اجرایی ارائه می گردد.

فصل ۳ اختصاص به طراحی هندسی تقاطع ها دارد. در این فصل پس از بیان انواع تقاطع های همسطح و کاربرد آنها، وسیله نقلیه طرح مورد بررسی قرار می گیرد و به دنبال آن ضوابط طراحی عناصر هندسی تقاطع از قبیل پلان و شیب بندی، میدان دید، خطوط عبور، قوس گردش، جزیره، بریدگی میانه، تسهیلات عابر پیاده، ایستگاه اتوبوس و سواری و همچنین میدانها مطرح می شود.

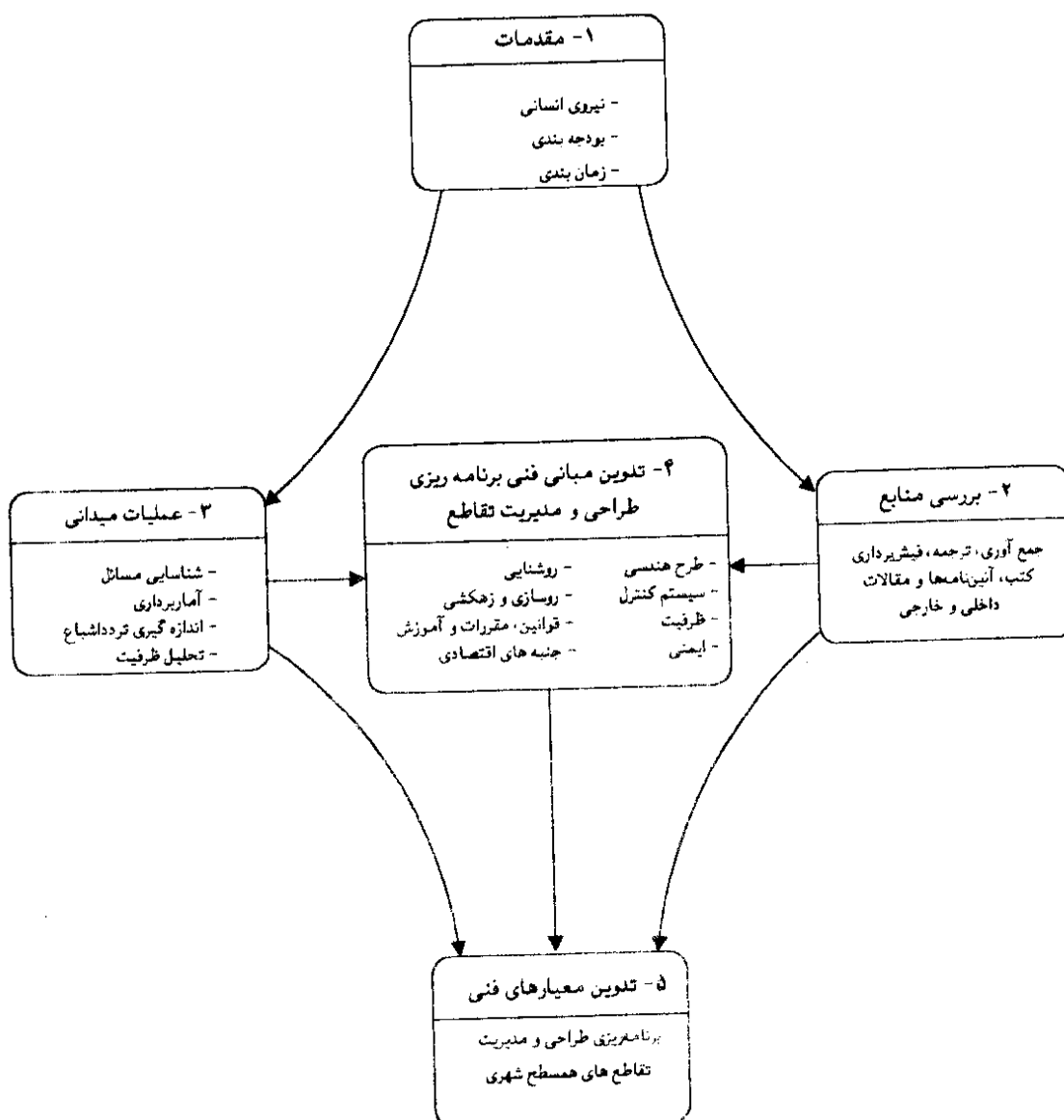
در فصل ۴ روش های کنترل تقاطع معرفی و معیارهای انتخاب و نصب وسایل کنترل ترافیک مورد بررسی قرار می گیرند.

تحلیل ظرفیت تقاطع های چراغدار، بدون چراغ و میدان ها در فصل ۵ مطرح می شود. در این فصل ظرفیت تقاطع های چراغدار براساس نتایج عملیات میدانی برای شرایط ایران مشخص می گردد.

سایر ملاحظات تقاطع های همسطح شهری از قبیل ایمنی، روشنایی، روسازی و زهکشی، قوانین و مقررات، آموزش و جنبه های اقتصادی در فصل ۶ ارائه خواهند شد.

### ۱-۳- روش تحقیق

باتوجه به گستردگی دامنه پروژه و کثرت عوامل مؤثر در آن، اتخاذ یک روش سیستماتیک دربرخورد با موضوع و پیشبرد اهداف مطالعات و تحقیقات ضروری بوده است. لذا در این پروژه، مطالعات براساس سلسله مراتب ارائه شده در شکل ۱-۱ انجام گردیده است.



شکل ۱-۱- فرآیند جریان مطالعات پروژه تقاطع



ویژگی اصلی روش تحقیق انتخابی، تکیه بر شناسایی مسائل و ویژگی های تقاطع های همسطح در شرایط موجود، بررسی منابع و تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور در زمینه تقاطع های همسطح و استفاده از آنها و انجام تحقیق و پژوهش در زمینه های مورد نیاز می باشد. براین اساس مراحل مطالعاتی زیر مشخص گردید :

۱- مقدمات (سازماندهی، زمان بندی، بودجه بندی)

۲- مطالعه منابع و مراجع موجود داخلی و خارجی (کتب و نشریات، مقالات، تحقیقات و مطالعات، دستورالعمل ها و معیارهای فنی)

۳- عملیات میدانی (شناسایی مسائل تقاطع های همسطح شهری، تحلیل ظرفیت تقاطع های چراغدار)

۴- تدوین مبانی فنی (طرح هندسی، سیستم کنترل، ظرفیت، ایمنی، روسازی، زهکشی)

۵- تدوین معیارهای فنی

در مرحله مقدماتی، گروههای تخصصی جهت مطالعه و پژوهش سازماندهی شده و زمان بندی و بودجه بندی فعالیت های مختلف پروژه براساس امکانات موجود صورت گرفته است.

در مرحله دوم حدود یکصد منبع و مرجع موجود داخلی و خارجی شامل کتب و نشریات، مقالات، مطالعات و تحقیقات، دستورالعمل ها و معیارهای فنی گردآوری، ترجمه (در صورت نیاز) و فیش برداری شده است. برای عملیات میدانی در مرحله سوم دو هدف در نظر گرفته شده است. اول بررسی مشکلات موجود در تقاطع ها، اعم از مشکلات ناشی از رفتار رانندگان، طرح هندسی و روش کنترل و دوم تجزیه و تحلیل ظرفیت تقاطع های چراغدار، که در این رابطه تعدادی تقاطع چراغدار نمونه جهت مطالعه انتخاب و تردد وسایل نقلیه آن از طریق فیلمبرداری ویدیویی آمارگیری گردیده است. پس از استخراج آمار و اطلاعات موجود در فیلم های ویدیویی، تجزیه و تحلیل ظرفیت نیز صورت گرفته که نتایج مربوطه در گزارش مقدماتی منعکس است.

در مرحله چهارم براساس نتایج مراحل دوم و سوم، تدوین مبانی فنی برنامه ریزی، طراحی و مدیریت تقاطع های همسطح شهری صورت گرفته و نهایتاً در مرحله پنجم چکیده مطالعات در قالب معیارهای فنی ارائه گردیده است.

#### ۱-۴ - شناسایی مسائل تقاطع های همسطح شهری

بطورکلی برای شناسایی مسائل و نحوه عملکرد یک سیستم، ابتدا باید اطلاعات کافی در زمینه عوامل مؤثر بر آن و میزان تاثیر هر یک جمع آوری گردد. با یک نظر اجمالی به وضعیت تقاطع های شهرهای کشور، می توان به سرعت به این نکته پی برد که تقاطع ها از لحاظ نظم و انضباط، ایمنی و ظرفیت با

مشکلات عمده ای رویرو هستند. اما در صورتی که با دید عمیق تری به مسئله نگریسته شود، ملاحظه می شود که مسئله از نظر اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی ابعادی وسیع تر داشته و تأثیر عمده ای نیز بر عملکرد کل سیستم حمل و نقل شهری می گذارد.

بطور کلی مسائل و مشکلات تقاطع ها را می توان تحت سه عنوان به شرح زیر طبقه بندی نمود :

- مشکلات ناشی از برنامه ریزی، طراحی و اجرای نامناسب تقاطع ها
- مشکلات ناشی از فرهنگ و رفتار نادرست رانندگان و عابرین پیاده
- سرپیچی از مقررات راهنمایی و رانندگی

تأثیر متقابل سه معضل فوق موجب تشدید آنها می شود. در این بخش به بررسی و شناخت مشکلات موجود در تقاطع ها و ذکر علل آنها می پردازیم.

#### ۱-۴-۱- طراحی و اجرای نامناسب تقاطع

اینگونه مشکلات که بطور کلی ناشی از کمبود ضوابط و استانداردهای طراحی و اجرایی متناسب با شرایط کشور است، منجر به کاهش ظرفیت و ایمنی تقاطع می گردد. از سوی دیگر اشکالات طراحی و اجرایی، خود منجر به تشدید مسائل رفتاری رانندگان و عابرین پیاده و عدم رعایت ضوابط و مقررات راهنمایی و رانندگی می شود که بطور مضاعف عملکرد تقاطع را دچار اختلال می سازد. اهم مشکلات طراحی هندسی و سیستم کنترل تقاطع ها و عواقب ناشی از آنها را می توان بشرح زیر برشمرد :

- طراحی نادرست جزیره ها و مسیربندی نامناسب

این عامل سبب سردرگمی رانندگان در محدوده تقاطع، بروز برخوردهای ناخواسته، وقوع تصادفات و کاهش ایمنی و ظرفیت تقاطع می گردد.

- طراحی نادرست قوس ها و خطوط گردش

نامتناسب بودن شعاع قوس و عرض خطوط گردش با طبقه بندی خیابانها و وسیله نقلیه طرح سبب کاهش راحتی، ظرفیت و ایمنی تقاطع می گردد.

- قرارگیری نامناسب تقاطع در نیمرخ طولی و پلان

این موضوع سبب کاهش میزان دید، افزایش فاصله توقف و در نتیجه کاهش ایمنی تقاطع می شود.

- طراحی نادرست شیب بندی

بریلندی (دور) و شیب های عرضی نامناسب سبب بروز خطرات ناشی از جمع شدن آبهای سطحی و کاهش میزان ایمنی می گردد.

- کمبود میدان دید

کمبود فاصله دید در تقاطع به واسطه وجود موانع (ساختمان ها، درختان، خودروهای پارک شده و...)، ظرفیت تقاطع را کاهش داده و ایمنی آن را شدیداً به خطر می اندازد.

- عدم وجود خطوط کمکی یا طراحی نامناسب آنها

در صورت عدم استفاده از خطوط کمکی لازم و یا طراحی نادرست آنها، علاوه بر کاهش ظرفیت، ممکن است رانندگان عمل افزایش یا کاهش سرعت را در داخل خطوط عبوری انجام دهند که این موضوع موجب کاهش ایمنی تقاطع می گردد.

- عدم کفایت تسهیلات پیاده روی

فقدان گذرگاههای عرضی مناسب عابرییاده یا رابط های پیاده رو، سبب کاهش ایمنی عابرییاده و سردرگمی وی در تقاطع می گردد.

- انتخاب نادرست روش کنترل

انتخاب روش کنترل برای تقاطع باید براساس معیارهای اقتصادی، ایمنی و ظرفیتی صورت گیرد.

- نصب نادرست علائم و چراغ های راهنمایی

عدم وجود ضوابط صحیح و یکنواخت برای نصب علائم و چراغ های راهنمایی در تقاطع ها سبب سردرگمی رانندگان و عابرین پیاده شده و ظرفیت و ایمنی را کاهش می دهد.

- مناسب نبودن زمان بندی و فازبندی چراغ های راهنمایی

عدم تناسب زمان بندی چراغ با حجم حرکات مربوطه سبب بروز تأخیرهای بسیار و تشویق رانندگان و عابرین پیاده به عدم رعایت قوانین و مقررات راهنمایی می شود. فازبندی نامناسب نیز باعث افزایش تأخیر می گردد.

- نامناسب بودن وضعیت روسازی

ناهمواری و لغزندگی روسازی سبب کاهش ایمنی و افزایش تأخیر در تقاطع می شود.

- مناسب نبودن وضعیت روشنایی

فقدان نور کافی در محدوده تقاطع ها به ویژه در هنگام شب موجب کاهش دید رانندگان و افزایش احتمال بروز تصادفات می گردد.

## ۱-۴-۲- فرهنگ و رفتار نادرست رانندگان و عابرین پیاده

مسائل رفتاری از عمده ترین عوامل ایجاد اختلال در عملکرد تقاطع ها و کاهش ظرفیت و ایمنی آنها هستند. این مشکلات علاوه بر تأثیر نامطلوبی که بر عملکرد تقاطع دارند، پیش بینی عملکرد آن و در نتیجه تدوین ضوابط و استانداردهای مورد نیاز را نیز با مشکل مواجه می سازند. در زیر اهم مشکلات فرهنگی حاکم بر تقاطع ها و اثرات آنها مورد بررسی قرار گرفته است :

## - عدم رعایت حق تقدم در حرکت های گردش

عدم رعایت حق تقدم در انجام حرکت های گردش، علاوه بر کاهش ایمنی و ظرفیت تقاطع، پیش بینی نحوه عملکرد خودروها را به هنگام بروز برخورد با مشکل مواجه می سازد. در اکثر مدل هایی که برای ارزیابی عملکرد تقاطع ها در سایر کشورها ارائه شده، فرض بر این است که در حرکت گردش به چپ حق تقدم با وسایل نقلیه ورودی روبرو و در حرکت گردش به راست حق تقدم با عابریاده است. این مدل ها هیچگونه تأخیری برای وسایل نقلیه روبرو یا عابرین پیاده در نظر نمی گیرند. در حالی که در تقاطع های کشور ما به هنگام بروز تداخل غالباً هیچگونه حق تقدمی رعایت نمی شود.

## - استفاده نادرست از خطوط عبور

بررسی های انجام شده در تقاطع ها نشان داده است که برخی از خودروها برای انجام حرکت گردش از خطوط عبور مستقیم استفاده می نمایند که موجب افزایش تأخیر و کاهش ظرفیت تقاطع می شود.

## - عبور نامنظم عابرین پیاده، دوچرخه سواران و موتورسواران

عبور عابرین پیاده، دوچرخه سواران و موتورسواران در زمان قرمز از عرض تقاطع علاوه بر کاهش ایمنی آنها موجب کاهش ظرفیت تقاطع نیز می گردد.

## - طراحی نامناسب ایستگاههای اتوبوس و توقف نامنظم تاکسی ها و اتومبیل های مسافربر شخصی

طراحی نادرست ایستگاههای اتوبوس و توقف اتوبوس ها در محدوده خطوط عبوری و همچنین عملکرد نامنظم تاکسی ها و اتومبیل های مسافربر در محدوده تقاطع باعث کاهش ظرفیت و ایمنی تقاطع می گردد.

## - عدم رعایت خط عبور

بررسی های انجام شده در تقاطع های کشور نشان داده است که معمولاً وسایل نقلیه، خطوط عبور مشخص شده در محدوده تقاطع را رعایت نمی کنند و عرض خط عبور وسایل نقلیه کمتر از عرض مشخص شده

توسط خط کشی است. برای این اساس بخشی از مطالعات این پروژه به تعیین عرض مفید انتخابی وسایل نقلیه به هنگام توقف در محدوده تقاطع اختصاص یافته است.

#### ۱-۴-۳- سرپیچی از مقررات راهنمایی و رانندگی

ناهماهنگی های موجود میان برخی از قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی و ضوابط طراحی، منجر به بی اعتنایی مردم به این قوانین و عدم اجرای آنها می گردد و تلاش مأمورین در جهت اعمال قانون نیز تأثیر لازم را نخواهد داشت.

## فصل ۲- مبانی طراحی تقاطع های همسطح شهری

### ۱-۲- کلیات

طراحی تقاطع های همسطح شهری وابسته به عوامل متعددی است که باید بطور جامع و سیستماتیک مورد توجه و بررسی قرار گیرند. در این رابطه عواملی از قبیل عوامل انسانی، ملاحظات ترافیکی، شرایط محیطی و مسائل اقتصادی مطرح می شوند. میزان تأثیر هر یک از این عوامل بر اساس اهداف و دامنه طراحی تقاطع مشخص می گردد.

در این فصل پس از بررسی اهداف و مراحل عمومی طراحی تقاطع ها، حریم تقاطع، انواع حرکت ها و سطح برخورد، مسیر اصلی و سرعت طرح تقاطع، دینامیک و هندسه حرکت، فاصله تقاطع ها و نهایتاً کاربرد رایانه در طراحی تقاطع ها مطرح می گردد.

### ۲-۲- اهداف و مراحل طراحی تقاطع

#### ۱-۲-۲- اهداف

هدف اصلی از طراحی تقاطع، تأمین ظرفیت و گذردهی کافی، کاهش احتمال برخورد میان وسایل نقلیه موتوری و غیرموتوری، اعم از سواری، اتوبوس، کامیون، دوچرخه، عابر پیاده و تسهیلات تقاطع و تأمین راحتی و آرامش برای استفاده کنندگان از تقاطع و در نتیجه افزایش کارایی، ظرفیت و ایمنی شبکه ارتباطی است.

#### ۲-۲-۲- مراحل

رعایت و کاربرد معیارها و ضوابط طراحی عناصر تقاطع که در بخش های بعدی این فصل آمده است، متضمن طراحی تقاطع، متناسب با نیازها و رفتارهای جریان ترافیک خواهد بود.

معمولاً طرح مطلوب تقاطع در نخستین گام حاصل نمی شود. کلیه ضوابط و عوامل مؤثر باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و بصورت توأم با یکدیگر ارزیابی شوند. طرح باید متناسب با حجم، سرعت و خصوصیات

جریان ترافیک، توپوگرافی محدوده، توسعه منطقه، حریم تقاطع، منابع مالی موجود و درجه بندی حیابانه‌های تقاطع باشد.

مراحل زیر دربرگیرنده کلیه جنبه های طراحی تقاطع است. طراحی هر تقاطع مستلزم تبعیت از تمامی یا بخشی از این مراحل است :

مرحله ۱ - گردآوری و تحلیل اطلاعات ترافیک برای بدست آوردن حجم ساعت طرح در کلیه حرکت های مستقیم و گردش با توجه به رشد آتی آن.

مرحله ۲ - جمع آوری اطلاعات فیزیکی محدوده تقاطع، شامل نقشه های توپوگرافی، اراضی کشاورزی و بایر و ساختمانها و ابنیه موجود و یا در دست احداث.

مرحله ۳ - تعیین محل، نوع و خصوصیات کلی راهها و سایر تسهیلات موجود و پیشبینی شده در محدوده تأثیر.

مرحله ۴ - تهیه نقشه های مقدماتی برای چند طرح محتمل تقاطع که متناسب با نیازهای ترافیکی بوده و از نظر طراحی و اجرا امکان پذیر باشد.

مرحله ۵ - تجزیه و تحلیل طرح های مختلف و انتخاب دو یا چند طرح برای مطالعه بیشتر.

مرحله ۶ - تهیه پلانها و نیمرخ های مقدماتی برای گزینه های انتخاب شده در مرحله ۵.

مرحله ۷ - ارزیابی طرح های مقدماتی با توجه به جنبه های مختلف طراحی، نسبت حجم به ظرفیت، خصوصیات عملکردی، سازگاری با مسائل ترافیک در دوره اجرا و هماهنگی با طرح احداث مرحله ای.

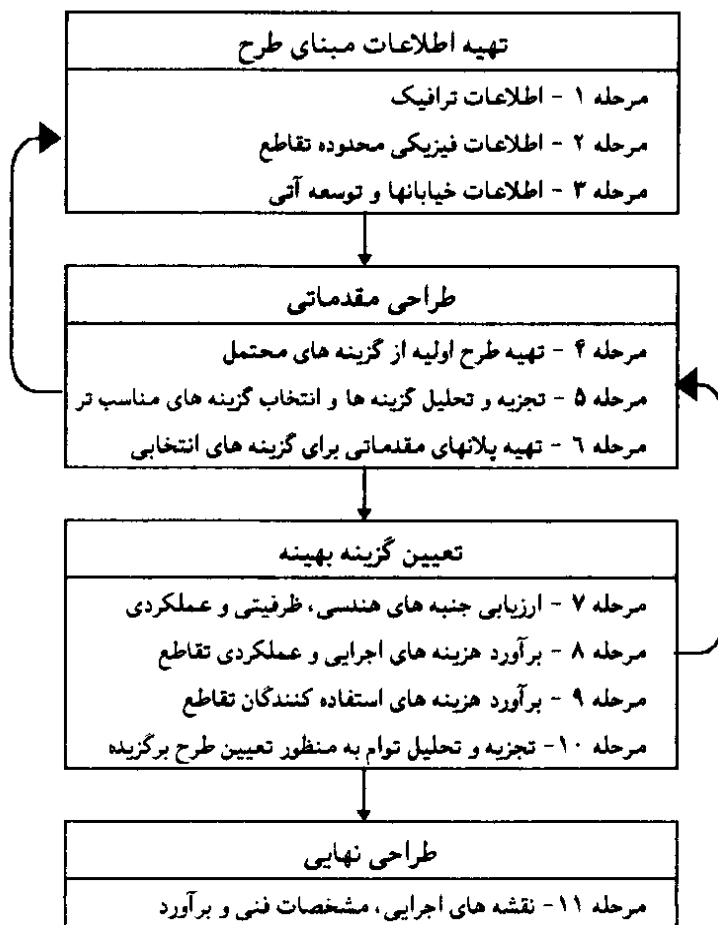
مرحله ۸ - برآورد اولیه هزینه طرح های مقدماتی، شامل تملک حریم، پاکسازی محوطه، ساخت و ساز، نگهداری، تغییر در تأسیسات شهری، مدیریت ترافیک در دوران اجرا و غیره.

مرحله ۹ - محاسبه نسبت هزینه به منافع استفاده کنندگان تقاطع برای هر طرح مقدماتی.

مرحله ۱۰ - تجزیه و تحلیل توام نتایج حاصله از مراحل ۷، ۸ و ۹ تا رسیدن به گزینه نهایی.

مرحله ۱۱ - طراحی نهایی شامل تهیه نقشه های اجرایی، مشخصات فنی و برآورد.

در حالت کلی برای طراحی تقاطع های همسطح باید از روند فوق پیروی شود. در مورد تقاطع های پیچیده مطالعه کامل چندین گزینه مطابق این دستورالعمل ضروری است، ولی در مورد تقاطع های ساده می توان برخی از مراحل آن را ساده و یا حذف نمود. در شکل ۲-۱ نمودار فرآیند کلی طراحی تقاطع ارائه شده است. در ادامه این بخش هریک از مراحل این فرآیند به تفکیک تشریح می شود.



شکل ۲-۱- مراحل طراحی تقاطع

## ۲-۲-۱- تهیه اطلاعات مبنای طرح

### مرحله ۱- اطلاعات ترافیک

اطلاعات ترافیکی بیشترین تأثیر را در انتخاب نوع تقاطع و طرح هندسی آن دارند. پس از جمع آوری این اطلاعات باید خلاصه آنها به شکل قابل استفاده ای نمایش داده شود.

در تقاطع های شهری تمرکز شدید ترافیک در فضای محدود وجود دارد. لذا هزینه سنگین احداث تقاطع ها، انجام تحلیل دقیق مهندسی براساس اطلاعات ترافیکی را ایجاب می نماید. اطلاعات ترافیکی مورد نیاز طراحی تقاطع ها عمدتاً شامل حجم و ترکیب ترافیک و همچنین سایر اطلاعات طرح از قبیل سرعت طرح، مشخصات وسیله نقلیه طرح، اطلاعات وسایل حمل و نقل عمومی، آمارتصادفات و پارکینگ حاشیه ای است.



میانگین سالانه ترافیک روزانه (AADT) در تعیین میزان کاربرد سالانه و توجیه اقتصادی طرح و همچنین برآورد ترافیک آتی و استخراج حجم ساعتی طرح مفید است. با این وجود AADT کاربرد مستقیمی در طراحی هندسی عناصر تقاطع های همسطح شهری ندارد.

مهمترین معیار حجمی در طراحی هندسی تقاطع های همسطح، حجم ترافیک ساعت طرح (DHV) است. گرچه الگوی ترافیک درون شهری و برون شهری تفاوت های اساسی دارد، ولی می توان با تقریب کافی، سی امین بزرگترین حجم ساعتی سالانه را به عنوان مبنای طراحی کلیه تقاطع ها پذیرفت [۹۰].

حجم ساعتی طرح را می توان به عنوان درصدی از AADT نیز در نظر گرفت. این نسبت براساس تجزیه و تحلیل اطلاعات ترافیکی در تسهیلات مختلف معین می شود و معمولاً ۸ الی ۱۲ درصد است. برای بدست آوردن حجم ترافیک در سال طرح نیز می توان ضرایب رشد مربوطه را برمقادیر بدست آمده اعمال نمود. از اطلاعات مربوط به نتایج تخصیص ترافیک در پیش بینی های برنامه ریزی های حمل و نقل شهری نیز می توان حجم ترافیک جهت های مختلف را برای سال طرح بدست آورد.

باتوجه به این که در مناطق درون شهری حجم ترافیک اوج معمولاً در ساعات صبحگاهی و عصرگاهی اتفاق می افتد، در صورت عدم وجود آمارهای مستمر جهت تهیه AADT می توان از شمارش حجم ترافیک در ساعات شلوغ صبح و عصر چندروز هفته جهت استخراج DHV بهره گیری نمود. در این حالت نیز باید با اعمال ضرایب رشد، حجم ترافیک برای سال طرح را بدست آورد [۹۰].

در صورتی که در مناطقی حجم ترافیک در برخی از ایام سال بطور غیرعادی زیاد باشد (مانند مراکز تفریحی، نمایشگاهی و...)، باید تعیین حجم ساعتی طرح براساس مطالعات دقیق تری صورت گیرد.

ترکیب ترافیک معمولاً به صورت درصد وسایل نقلیه سنگین در ترافیک ساعت طرح بیان می شود. درصد وسایل نقلیه سنگین باید براساس مشاهدات میدانی در ساعت اوج ترافیک بدست آید. معمولاً فرض بر این است که ترکیب ترافیک فعلی قابل تعمیم به حجم های ترافیک آتی می باشد.

اطلاعات ترافیک وضع موجود را می توان بوسیله نمودار احجام و جهت بندی کلیه حرکت ها نشان داد. این نمودار ترجیحاً باید حجم ساعتی طرح کلیه حرکت های مستقیم و گردش و همچنین درصد وسایل نقلیه سنگین را که در یک زمان اتفاق می افتد، نشان دهد. در مورد تقاطع های فرعی کم حجم، ممکن است نیاز به اطلاعات کامل یا نمودار وجود نداشته باشد.

نمودار حداکثر حجم ساعتی حرکت ها، تصویر دقیقی از وضعیت ترافیک طرح بدست نمی دهد، زیرا این نمودار ترکیبی است از بالاترین حجم های انتخاب شده در زمانهای مختلف، مثلاً یک جهت در ساعت اوج صبح و جهت دیگر در ساعت اوج عصر. در شرایط حجمی پائین تا متوسط، تفاوت میان این حجم های ترکیبی و حجم های حرکت های همزمان در یک ساعت اوج، اندک و در جهت اطمینان است. در صورتی که حجم های تردد یک یا چند حرکت گردش، سنگین و نامتعادل باشد استفاده از اطلاعات ترکیبی ترافیک ممکن است منجر به طرح

غیراقتصادی برای تقاطع شده و یا نشانه نادرستی از مسائل عملکردی آن باشد. لذا این وظیفه طراح است که براساس قضاوت مهندسی و شرایط حاکم، نسبت به انتخاب حجم های مبنای طراحی تصمیم گیری نماید.

اطلاعات ترافیک را می توان بوسیله نمودار حجم های همزمان در ساعات اوج صبحگاهی و یا عصرگاهی بیان نمود. این اطلاعات برای طرح کلیه تقاطع های اصلی مورد نیاز است. حجم وسایل نقلیه سنگین نیز باید مورد توجه قرار گیرد که معمولاً بصورت درصدی از حجم ساعتی هر حرکت بیان می شود. به علاوه نوع وسایل نقلیه عبوری نیز باید ثبت گردد.

در شکل ۲-۲ نمونه ای از روش نمایش اطلاعات همزمان ترافیک در ساعات اوج صبح و عصر آورده شده است.

### مرحله ۲- اطلاعات محدوده تقاطع

اطلاعات محدوده تقاطع شامل یک نقشه بهنگام از توپوگرافی، اراضی کشاورزی و بایر اطراف، املاک و مستحدثات، شرایط عمومی خاک و پی، تراز آبهای سطحی و زیرسطحی و تأسیسات شهری موجود است.

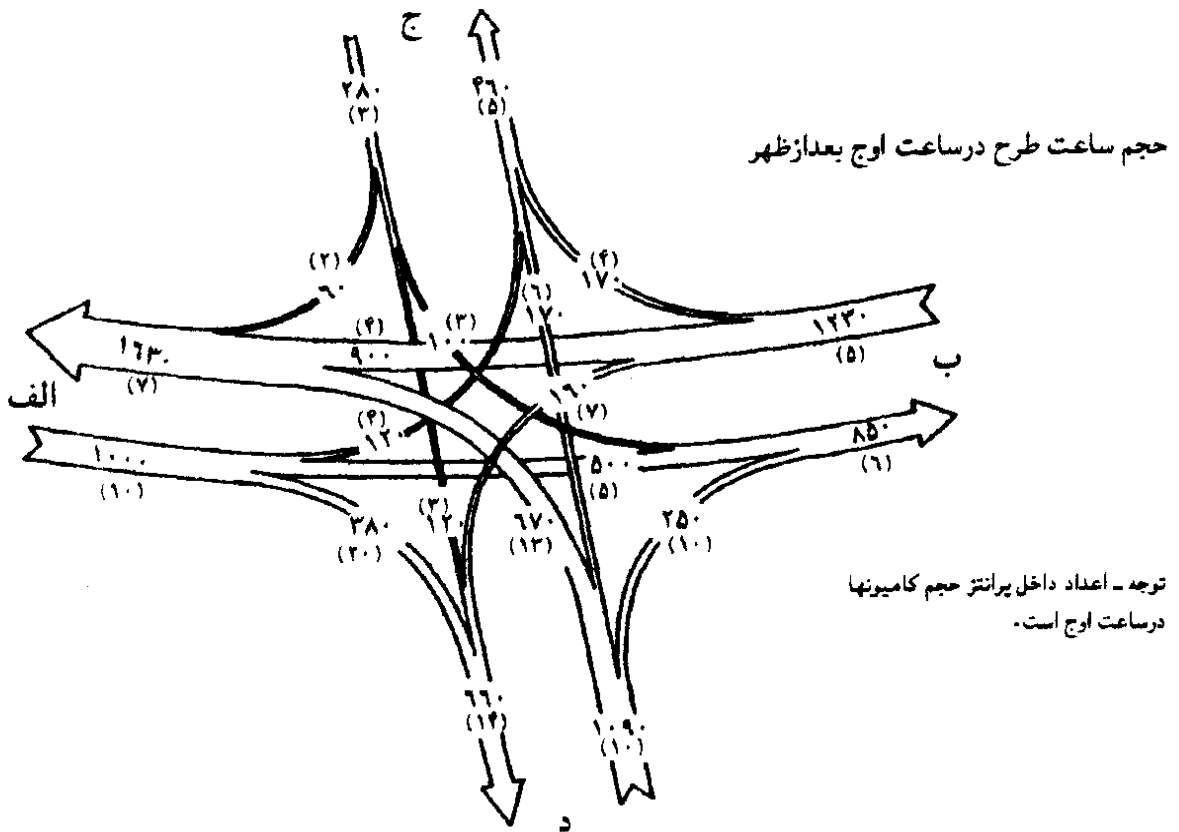
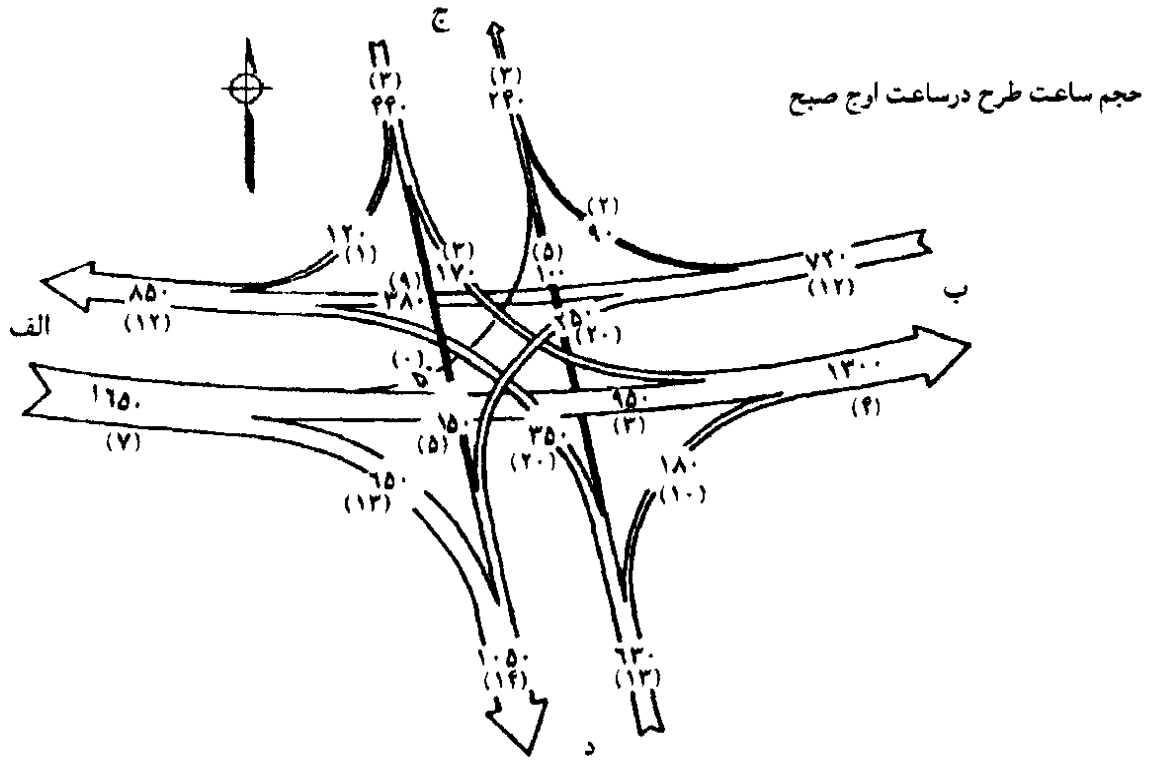
### مرحله ۳- اطلاعات خیابانها و توسعه آتی

اطلاعات مربوط به کلیه خیابان های موجود یا طراحی شده منطقه که به نحوی تحت تأثیر تقاطع یا مؤثر بر طرح آن هستند باید جمع آوری گردد. توسعه آتی کاربری اراضی مجاور و سایر تغییرات باید ملحوظ گردد. این اطلاعات ممکن است در انتخاب نوع و طرح هندسی تقاطع و دسترسی های آن مؤثر باشد. کلیه اطلاعات باید پس از پردازش به نحو مقتضی روی نقشه محدوده وارد شده و به عنوان مبنای طرح های اولیه و نقشه های مقدماتی مورد استفاده قرار گیرد.

### ۲-۲-۲-۲- طراحی مقدماتی

### مرحله ۴- تهیه طرح اولیه برای گزینه های محتمل

طرح های اولیه عبارتند از نقشه های مقیاس داری که از چند گزینه محتمل بطور سریع تهیه می شوند و برخی قسمت های آن ممکن است با دست کشیده شود. این طرحها را می توان به سهولت تهیه نمود. در تهیه و تکمیل این طرحها باید جنبه های خاص طراحی مانند شعاع قوس ها، نیمرخها، موقعیت جزایر و غیره بطور تقریبی و چشمی تعیین شود. در این مرحله فقط جنبه های کلی مسئله مورد توجه قرار می گیرد.



شکل ۲-۲- نحوه ارائه اطلاعات همزمان حجم ترافیک در تقاطع

هرگونه درگیر شدن در جزئیات، قبل از بررسی و تسائید جنبه های کلی، موجب سردرگمی و اتلاف وقت طراح می شود. محاسبات و طراحی دقیق، معمولاً در مراحل نهایی طرح صورت می گیرد.

طرح اولیه تقاطع های همسطح را می توان با دست و یا ابزار نقشه کشی در یک مقیاس کوچک (۱:۱۰۰۰ تا ۱:۲۰۰۰) ولی مناسب ترسیم نمود. در این طرح لبه های روسازی، موقعیت جزایر، لچکی ها و غیره نشان داده می شود.

کلیه طرح های عملی و ممکن که پاسخگوی نیازهای ترافیکی بوده و متناسب با مشخصات فیزیکی باشد باید ترسیم شود. معمولاً نیازی به تهیه نیمرخ ها وجود ندارد، ولی به منظور اطمینان از قابل قبول بودن شیب ورودی های تقاطع، می توان آنها را کنترل نمود. در شکل ۲-۳ نمونه ای از طرح های اولیه یک تقاطع همسطح ارائه شده است.

#### مرحله ۵- تجزیه و تحلیل گزینه های مختلف

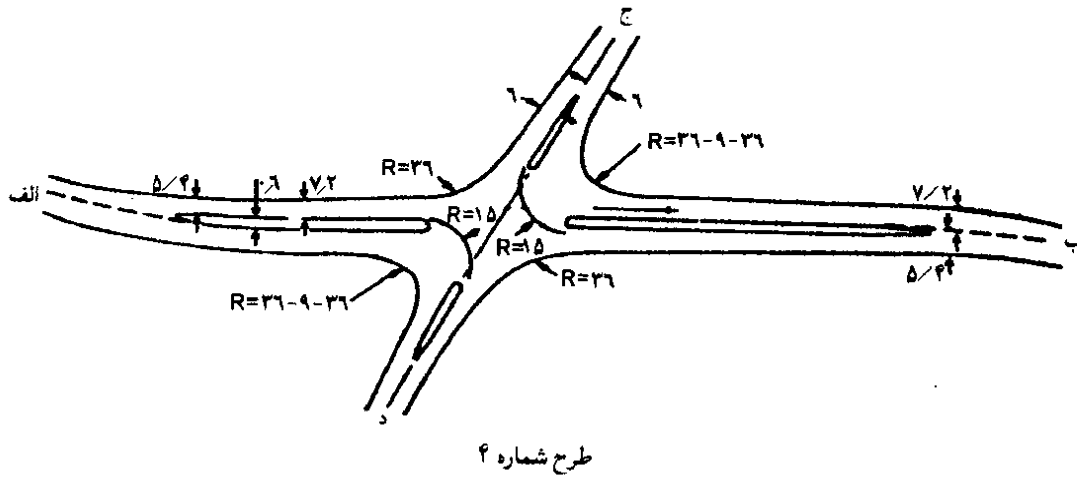
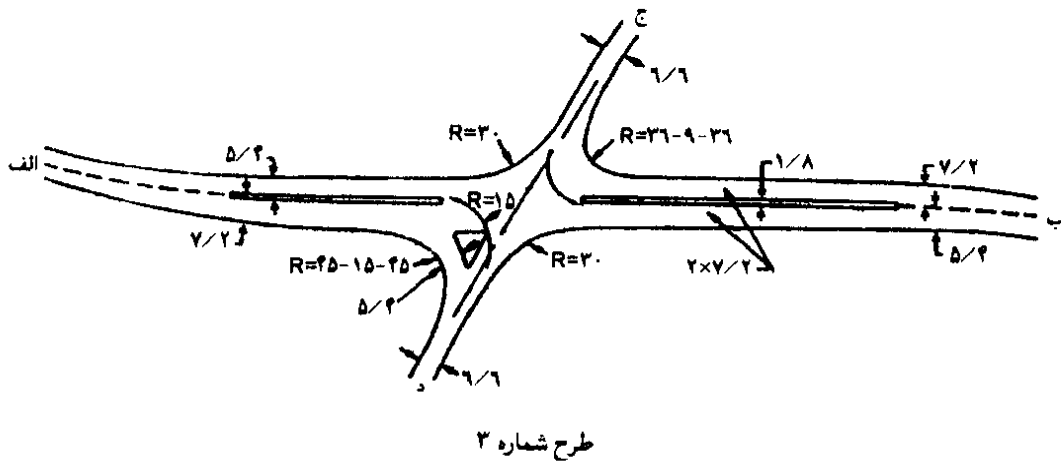
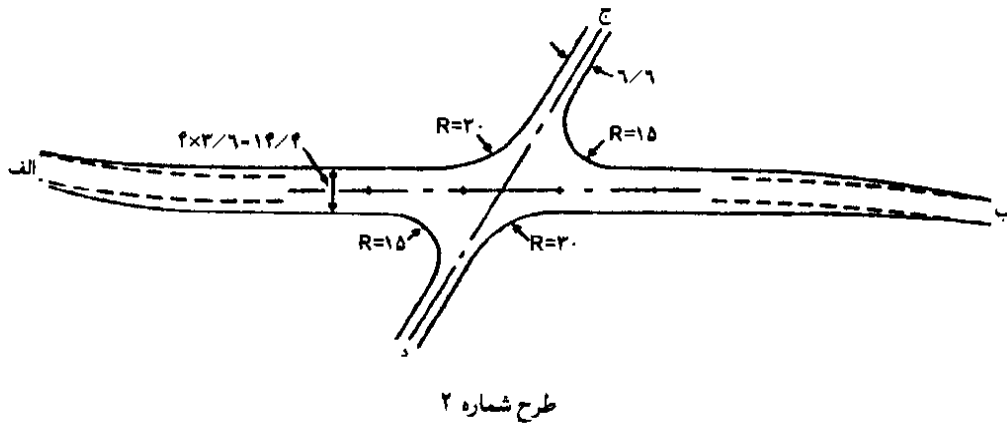
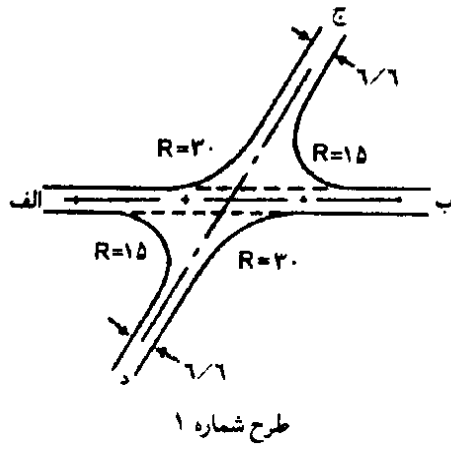
پس از تهیه طرح های اولیه از تمامی گزینه های قابل قبول، کلیات هریک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مزایا و معایب آنها مقایسه می شود. این مقایسه از دیدگاههای مختلف طراحی، خصوصیات عملکردی، پاسخگویی به تردد، هزینه های احتمالی، هماهنگی عمومی با منطقه، نوع خیابان های منتهی به تقاطع و غیره صورت می گیرد. در این مرحله، گزینه های نامناسب حذف شده و بقیه برای مطالعه بیشتر در نظر گرفته می شوند. در اکثر تقاطع ها ارائه دو یا چند طرح اولیه برای تکمیل در مطالعات مراحل بعدی کافی خواهد بود.

#### مرحله ۶- تهیه طرح های مقدماتی

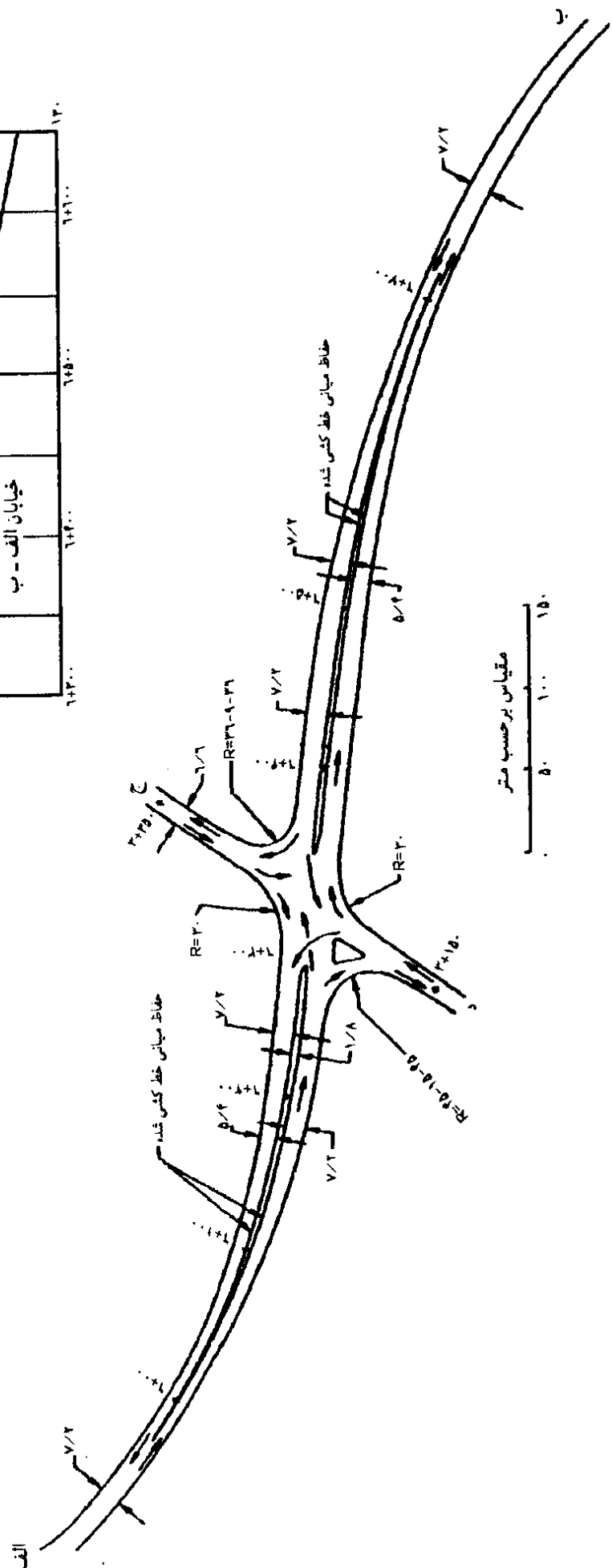
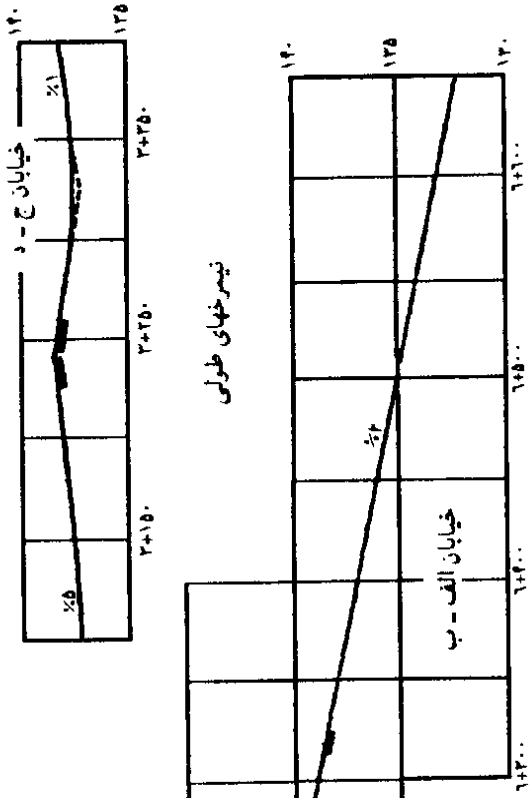
طرح های مقدماتی با جزئیات بیشتری نسبت به طرح های اولیه تهیه می شوند. با این وجود نیاز به محاسبات و طراحی دقیق ندارند. در این مرحله مقیاس مناسب نقشه تقاطع ۱:۵۰۰ یا ۱:۱۰۰۰ است.

ترسیم طرح مقدماتی با انتقال طرح اولیه به نقشه جدید بطور دستی یا با ابزار نقشه کشی آغاز می شود. سپس قوس لبه روسازی و خطوط محوری با استفاده از شابلون دایره یا پیستوله ترسیم می گردد. در مرحله بعد لبه خطوط عبوری، جزایر و دماغه ها مشخص می شود. در این مرحله نیمرخ طولی خطوط عبور مستقیم نیز ترسیم می گردد. مقیاس افقی این نیمرخ ها مشابه مقیاس پلان و مقیاس عمودی آنها عموماً ده برابر مقیاس افقی است.

نیمرخ ها عمدتاً متأثر از عوامل توپوگرافی، حداکثر شیب، حداکثر مسافت دید و دهانه های آزاد سازه ها هستند، ولی بریلندی مورد نیاز نیز تا حدی در آنها مؤثر است و باید در طرح مقدماتی مورد توجه قرار گیرد. در شکل ۲-۴ نمونه ای از طرح مقدماتی مربوط به طرح شماره ۳ شکل ۲-۳ ارائه شده است.



شکل ۲-۳- نمونه ای از طرحهای اولیه یک تقاطع همسطح (متر)



شکل ۲-۴- نمونه ای از طرحهای مقدماتی تقاطع

۲-۲-۳- تعیین گزینه بهینه

مرحله ۷- ارزیابی جنبه های هندسی و عملکردی

طرح های مقدماتی تهیه شده ازگزینه های انتخابی باید از نظر جنبه های هندسی و عملکردی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند. جنبه هایی که باید مورد توجه قرار گیرد عبارت است از :

- سازگاری

هرگزینه باید از نظر تطابق با منطقه، نوع مسیرهای منتهی به تقاطع و الگوی ترافیک حرکت های مستقیم و گردشی مورد قضاوت قرار گیرد. برخی از طرح ها هماهنگی بیشتری با توپوگرافی و محیط تقاطع دارند. طرح هایی که مستلزم خاکریزی یا خاکبرداری حجیم و یا دارای مسائل زهکشی هستند مطلوب نیستند. جنبه های زیبایی تقاطع و تأثیر آن در بهبود منظر محیط اطراف نیز حائز اهمیت است.

نوع خیابان های متقاطع و نحوه سرویس دهی آنها باید در انتخاب طرح در نظر گرفته شود. به عنوان مثال در تقاطع دو خیابان نسبتاً فرعی نیاز چندانی به مسیریندی خطوط عبور وجود ندارد، درحالیکه در تقاطع دو خیابان اصلی، احداث خطوط گردشی و مسیریندی جریان ترافیک می تواند بسیار مفید باشد.

- قابلیت اجرا

کلیه گزینه ها باید از نظر قابلیت اجرا و عملی بودن طرح در محل بررسی شوند. اثرات اقتصادی موضعی و واکنش اهالی و مالکین املاک مجاور ممکن است در انتخاب طرح مؤثر باشد. این اثرات عمدتاً در تملک حریم تقاطع بروز می کند.

- جنبه های طراحی

جنبه های هندسی گزینه های مختلف از قبیل پلان، نیمرخ ها، مسافت دید، عرض روسازی، خطوط کمکی، بریلندی، جزیره، عقب نشینی دماغه و غیره باید مورد مقایسه قرار گیرد.

- ظرفیت

برای هرگزینه باید تحلیل ظرفیت انجام شود تا مشخص گردد که تسهیلات طراحی شده چگونه پاسخگوی ترافیک محتمل خواهد بود.

- ویژگی های عملکردی

ویژگی های عملکردی هرگزینیه باید براساس تجربه و اطلاعات موجود در ارتباط با رفتار رانندگان و عملکرد ترافیک ارزیابی شود. اثرات همگرایی، واگرایی و تلاقی حرکت ها باید در نظر گرفته شود و براساس نسبت حجم ترافیک به ظرفیت، نوع عملکرد، سرعت و تأخیر محتمل پیش بینی شود. جنبه های ایمنی نیز باید ارزیابی شود و در انتخاب گزینیه مورد توجه قرار گیرد.

- مدیریت و هدایت ترافیک در دوران اجرا

نحوه مدیریت و هدایت ترافیک در دوران اجرا باید بررسی شده و هزینه تسهیلات جنبی لازم و ایجاد اختلال در ترافیک برآورد و ارزیابی شود.

- توسعه مرحله ای

در برخی موارد، فقط احداث بخشی از تسهیلات نهایی تقاطع در ابتدا لازم است و احداث بقیه آن با افزایش ترافیک توجیه می یابد. در بعضی موارد دیگر ممکن است کمبود منابع مالی احداث بخشی از طرح را در ابتدا ایجاب کند و تکمیل طرح موکسول به تخصیص منابع در آینده شود. در اینگونه موارد باید سازگاری طرح با توسعه مرحله ای بررسی شود.

مرحله ۸- محاسبه هزینه های احداث و بهره برداری

برای هرگزینیه باید یک برآورد مقدماتی یا تقریبی از هزینه ها صورت گیرد. اقلام اصلی هزینه عبارتند از، تملک مستحدثات واقع در حریم، پاکسازی محوطه، تسطیح و شیب بندی، روسازی، زهکشی، احداث سازه ها و احیاناً هزینه تغییر محل تأسیسات شهری و هدایت جریان ترافیک در دوران اجرا. در صورتی که تفاوت های قابل توجهی میان گزینیه ها وجود داشته باشد باید هزینه های سالانه نگهداری و بهره برداری تقاطع و تأسیسات و تجهیزات جنبی آن نیز برآورد گردد.

همانند سایر مراحل تحلیل و توسعه طرح های مقدماتی، برآورد هزینه نیز باید صرفاً تا دقت مسورد نیاز انجام شود. روش های دقیق معمولاً در طرح های نهایی و برای برخی از اقلام بکار گرفته می شود و در بیشتر موارد روش های تقریبی کفایت می کند.



## مرحله ۹- محاسبه هزینه استفاده کنندگان تقاطع

برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی اقتصادی گزینه های مختلف تقاطع، باید کل هزینه استفاده کنندگان تقاطع برآورد شود. هزینه های استفاده کنندگان تقاطع شامل هزینه کارکرد وسایل نقلیه و ارزش زمان صرف شده است. این هزینه ها از حاصلضرب حجم تردد در هزینه واحد مربوطه بدست می آید. هزینه واحد شامل هزینه سوخت، روغن، لاستیک، توقف و تأخیر، تصادفات و همچنین عوامل کیفی مانند راحتی و آسایش است. در بسیاری از طرح های تقاطع ممکن است هزینه توقف قابل توجه بوده و بطور جداگانه محاسبه شود.

میزان منافع استفاده کنندگان تقاطع معادل کاهش ایجاد شده در هزینه های آنها است و با محاسبه نسبت منافع استفاده کنندگان به سرمایه گذاری انجام شده، می توان گزینه های مختلف را مستقیماً مقایسه نمود.

## مرحله ۱۰- تجزیه و تحلیل توام گزینه ها و انتخاب گزینه برتر

آخرین مرحله در انتخاب طرح برتر از میان دو یا چند گزینه عبارت است از تجزیه و تحلیل و ارزیابی توام جنبه ها یا اقلام مقایسه ای. در این مرحله می توان طرح های مختلف را براساس جنبه های مقایسه ای در یک جدول طبقه بندی نمود. با توجه به اینکه معمولاً جنبه های مختلف دارای ارزش و وزن یکسانی نیستند باید ارزیابی صحیح گزینه ها براساس قضاوت مهندسی صورت گیرد.

## ۲-۲-۴- طراحی نهایی

## مرحله ۱۱- نقشه های اجرایی، مشخصات فنی و برآورد

با مشخص شدن کلیات طرح گزینه انتخاب شده، می توان جزئیات و دقت بیشتری را به منظور تهیه نقشه های اجرایی اعمال نمود. طرح مقدماتی و نیمرخ های مربوطه عمدتاً مبتنی بر روش های ترسیمی است ولی طرح نهایی براساس محاسبات، تهیه پلانها و نیمرخ ها با جزئیات و مقیاس مناسب برای اجرا صورت می گیرد. جزئیات شیب بندی، زهکشی، سازه و روسازی باید دقیقاً مشخص شود. برخی از جزئیات مانند جدول ها، درزهای روسازی، دماغه جزایر و غیره معمولاً در مقیاس بزرگ تهیه می شوند. فهرست مقادیر و مشخصات فنی - اجرایی نیز باید تهیه گردد.

## ۲-۳-۲- حریم تقاطع

### ۲-۳-۱- مقدمه

حریم یا پوسته، محدوده ای از اطراف تقاطع است که اراضی و املاک داخل آن به منظور احداث تقاطع ذخیره و یا تملک می شود. حریم تقاطع باید گنجایش کلیه عناصر هندسی و کنترلی تقاطع را داشته و ملاحظات عملکردی، ایمنی و توسعه آتی آن را نیز برآورده بسازد.

تعیین حریم تقاطع ها از جمله وظایف برنامه ریزی شبکه معابر شهری است و براساس خصوصیات کلی معابر متقاطع صورت می گیرد. مهمترین عواملی که در این رابطه باید در نظر گرفته شوند عبارتند از :

- طبقه بندی عملکردی خیابان های متقاطع
  - نیمرخ عرضی خیابان های متقاطع
  - شکل عمومی تقاطع (سه راهی ، چهارراهی و . . .)
  - سرعت طرح خیابان های متقاطع
- معابر شهری براساس عملکرد بصورت زیر طبقه بندی می شوند :
- آزاد راه و بزرگراه
  - خیابان شریانی
  - خیابان جمع و پخش کننده
  - خیابان های محلی و دسترسی

در یک شبکه مطلوب راه های شهری، هر راه فقط با راه هایی متقاطع خواهد بود که در سلسله مراتب فوق یک درجه پایین تر یا بالاتر از آن قرار دارند و به استثناء آزاد راهها (تماماً) و بزرگراه ها (عموماً) که تقاطع های آنها به صورت غیرهمسطح طراحی می شود، تقاطع های سایر معابر معمولاً بصورت همسطح است. شکل عمومی یک تقاطع بسته به موقعیت و نحوه قرارگیری راههای آن ممکن است بصورت سه راهی، چهار راهی، چند راهی و غیره باشد. نیمرخ عرضی معابر شهری نیز بستگی به طبقه بندی آنها و همچنین احجام ترافیک دارد.

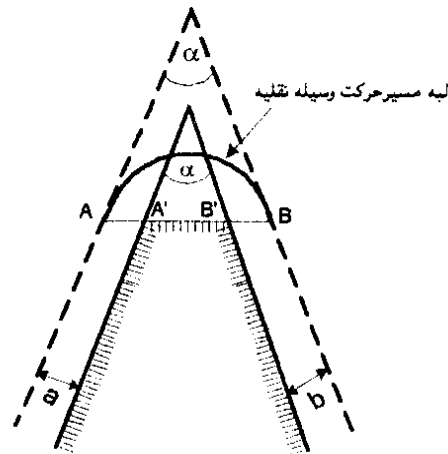
### ۲-۳-۲- ضوابط موجود برای تعیین حریم

مطابق ضوابط و طرح های موجود، پوسته تقاطع های همسطح شهری صرفاً شامل خطوط حریم خیابان های متقاطع همراه با پخی گوشه ها است. طول پخی گوشه تقاطع خیابان های ۲۱

تا ۴۵ متری،  $\rho$  مطابق شکل ۵-۲ براساس حداقل شعاع گردش وسایل نقلیه  $R$  و از روابط زیر محاسبه می شود [۲۱]:

$$R = \frac{V^2}{127 \cdot \gamma (f + e)} \quad (۱-۲)$$

$$\rho = 2R \cos \frac{\alpha}{2} \cdot (a + b) / \cos \frac{\alpha}{2} \quad (۲-۲)$$



شکل ۵-۲- جزئیات پیخ املاک مجاور تقاطع [۲۱]

که در آنها:

$V$  سرعت متوسط گردش (کیلومتر بر ساعت)،

$\alpha$  زاویه خیابان های متقاطع،

$R$  شعاع قوس گردش (متر)،

$a$  و  $b$  عرض پیاده روهای خیابان های متقاطع،

$\rho$  میزان پیخی برحسب متر (طول  $A'B'$  در شکل ۵-۲) و

$e$  و  $f$  ضریب اصطکاک و شیب عرضی قوس است.

چنانچه حریم تقاطع های همسطح معابر بزرگراهی و شریانی براساس روابط و ضوابط فوق تعیین شود،

منجر به بروز مسائل و مشکلات زیر خواهد شد:

- عدم تأمین مسافت دید ایمن

- عدم وجود فضای کافی برای اصلاح هندسی تقاطع و تأمین خطوط گردشی و جزایر میانی

- کمبود ظرفیت تقاطع

بدین لحاظ تجدید نظر در ضوابط تعیین حریم تقاطع های همسطح شهری ضروری به نظر می رسد.

۲-۳-۳- ضوابط پیشنهادی برای تعیین حریم

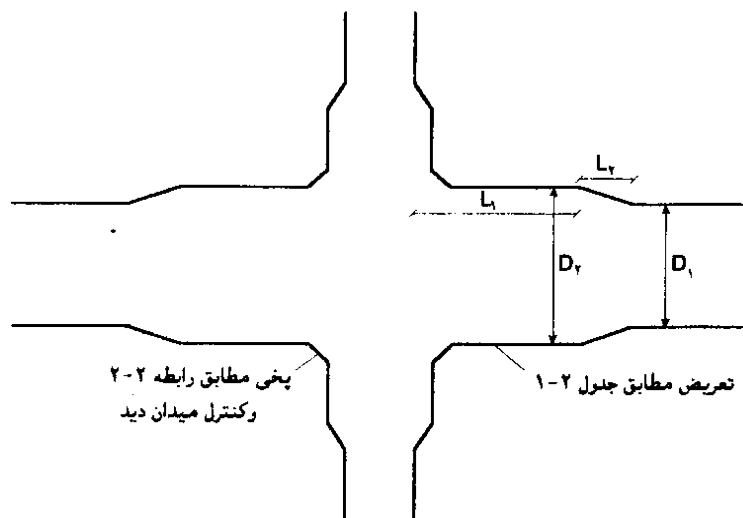
تقاطع همسطح محل عبور مشترک جریان های ترافیکی مختلف جهت است و طرح هندسی تقاطع با هدف تأمین ایمنی و راحتی عبور با حداکثر ظرفیت و حداقل تأخیر صورت می گیرد. اصلاح هندسی تقاطع های مسئله دار از طریق طراحی عناصری مانند خطوط کمکی گردش به چپ و راست، افزایش خطوط عبور مستقیم، جزایر ترافیکی و امثالهم صورت می گیرد. طراحی این عناصر مستلزم پیش بینی فضای کافی در حریم تقاطع است و چنانچه حریم، گنجایش این عناصر را نداشته باشد، به ناچار باید با صرف هزینه های گزاف، سطح مورد نیاز از املاک مجاور تأمین شود. این وضعیت معمولاً در تقاطع های بزرگراهی و خیابان های شریانی بوجود می آید. باتوجه به این واقعیت که در محل تقاطع ظرفیت هر مسیر ورودی به حدود نصف کاهش می یابد، باید تعریض سواره رو به میزان دو برابر کل عرض مفید سواره رو، صورت گیرد. این اضافه عرض سواره رو، فضای کافی برای احداث خطوط کمکی گردش به چپ و راست و یا احیاناً افزایش خطوط مستقیم را فراهم می کند. به عنوان مثال، چنانچه مسیر ورودی تقاطع دارای دو خط عبوری و یک خط پارکینگ حاشیه ای باشد، تعریض این مسیر ورودی باید به اندازه دو خط عبوری کامل باشد.

تعریض حریم معابر در محدوده تقاطع مطابق شکل ۲-۶ صورت می گیرد. طول تعریض باید در حدی باشد که یک خط کمکی گردشی را در خود جای دهد. خطوط کمکی گردشی شامل یک قطعه لچکی، یک قطعه کاهش سرعت و یک قطعه انباره است و طول آن تابعی از سرعت طرح مسیر و طول صف وسایل نقلیه می باشد. چنانچه اطلاعات کافی برای محاسبه این طول موجود نباشد، می توان حداقل طول تعریض را معادل ۱۵ برابر میزان تعریض حریم در هر طرف مسیر در نظر گرفت. علی الاصول این تعریض باید بطور متقارن و مساوی در هر دو طرف معبر اعمال شود.

در جدول ۲-۱ ابعاد تعریض و در شکل ۲-۶ چگونگی انجام تعریض لازم برای تقاطع های همسطح بزرگراهی و شریانی شهری ارائه شده است.

جدول ۲-۱- حداقل ابعاد تعریض حریم معابر در تقاطع های بزرگراهی و شریانی

عرض حریم معبر $D_1$ (متر)	حریم تعریض شده در تقاطع $D_2$ (متر)	طول تعریض $L_1$ (متر)	طول لچکی $L_2$ (متر)
۲۰	۳۵	۱۰۰	۲۵
۲۵	۴۰	۱۰۰	۲۵
۳۰	۴۵	۱۰۰	۲۵
۳۵	۵۵	۱۵۰	۵۰
۴۵	۶۵	۱۵۰	۵۰



شکل ۲-۶- چگونگی انجام تعریض حریم در محدوده تقاطع ها

در کلیه تقاطع های همسطح باید میزان پخی محاسبه شده از رابطه ۲-۲، برای برآورده ساختن ملاحظات میدان دید وسایل نقلیه نیز کنترل گردد. زیرا براساس مطالعات انجام شده [۲۱] ضوابط پخی موجود (براساس حداقل شعاع گردش) ممکن است مسافت دید ایمن را تأمین ننماید. تعریض پوسته ها مطابق ضوابط فوق الذکر، به دو طریق در جهت بهبود میدان دید و رفع این نقیصه عمل می نماید. اول آنکه، محاسبه پخی برای حریم تعریض شده، میزان پخی را افزایش می دهد و دوم آن که تعریض حریم اصولاً باعث افزایش میدان دید و عقب نشینی پخی می گردد.

#### ۲-۴- انواع حرکت های برخوردی

بطور کلی حرکت جریان ترافیک در تقاطع شامل چهار نوع به شرح زیر است :

- واگرایی
- همگرایی
- تلاقی
- تداخل

واگرایی و همگرایی حرکت ها می تواند از سمت چپ، راست، دو شاخه یا چند شاخه باشد. به حرکت های متلاقی، در صورتی که زاویه تقاطع آنها بین ۷۰ تا ۱۱۰ درجه باشد، تلاقی قائم و در غیر این صورت تلاقی مایل اطلاق می شود [۲۷].

حرکت متداخل عبارت است از تلاقی جریانهای ترافیکی همجهت که شامل یک حرکت همگرا و یک حرکت واگرا است. حرکت های تداخلی ممکن است یک جانبه، دوجانبه و یا ترکیبی باشند. در شکل ۲-۷ انواع حرکت های برخوردی نشان داده شده است.

شکل ۲-۸ انواع برخوردهای موجود در تقاطع های همسطح را نشان می دهد. همانطور که در این شکل ملاحظه می شود، برخورد وسائل نقلیه در تقاطع می تواند به صورت های زیر باشد :

- واگرایی
- همگرایی
- تلاقی با حرکت مستقیم
- تلاقی با حرکت گردش

یکی از معیارهای ایمنی تقاطع، تعداد نقاط برخورد بالقوه آن است که بستگی به عوامل زیر دارد :

- تعداد مسیرهای یک طرفه یا دوطرفه ای که به تقاطع منتهی می شوند
  - تعداد خطوط عبور در هر مسیر
  - نوع روش کنترل موجود در تقاطع و نحوه عملکرد آن
  - نوع مسیریابی تقاطع
- در شکل ۲-۹ تعداد برخوردها برحسب نوع تقاطع و روش کنترل آن نشان داده شده است.

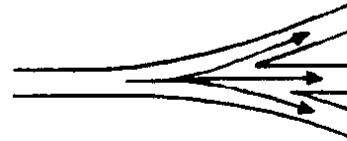
## ۲-۵- مسیریابی

به منظور جداسازی جریان های مختلف، سطح تقاطع با استفاده از خط کشی، علامتگذاری، جزایر ترافیکی و غیره مسیریابی می شود. نحوه مسیریابی در هر تقاطع بستگی به الگوی جریان ترافیک، حجم ترافیک، فضای موجود برای گسترش تقاطع، توپوگرافی، حجم عبورپیاده، نحوه پارکینگ و غیره دارد. موارد کاربرد مسیریابی به شرح زیر است :

- کاهش سطح تداخل با اصلاح زاویه تقاطع و تبدیل آن به زاویه قائمه یا نزدیک به آن
- همگرا ساختن جریان وسایل نقلیه تحت زاویه کوچک و کاهش سرعت نسبی آنها
- کنترل سرعت وسایل نقلیه هنگام عبور یا ورود به تقاطع با طراحی مناسب محور مسیرهای منتهی به تقاطع
- کنترل سرعت از طریق کاهش عرض
- ایجاد پناهگاه برای وسایل نقلیه ای که قصد عبورمستقیم یا گردش در تقاطع را دارند

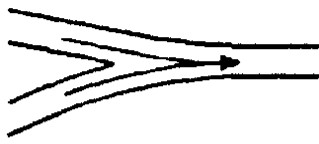


دو شاخه



چند شاخه

الف - واگرایی

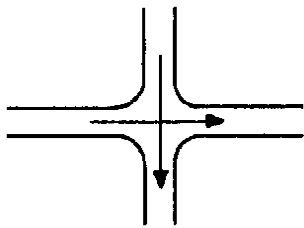


دو شاخه

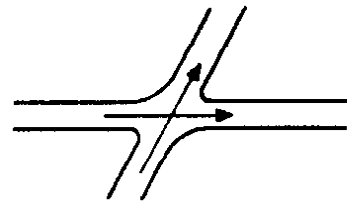


چند شاخه

ب - همگرایی

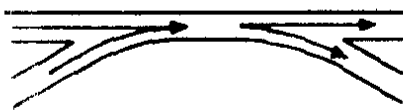


قائم

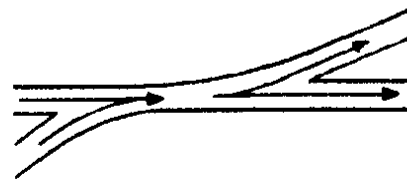


مایل

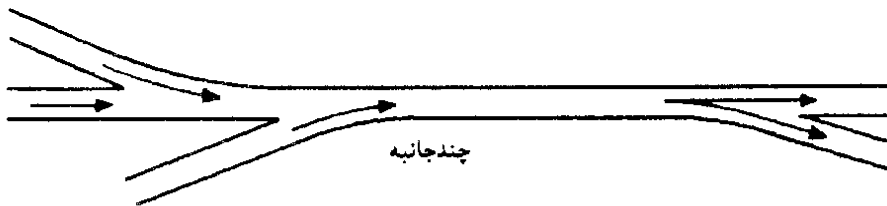
ج - تلاقی



یک جانبه



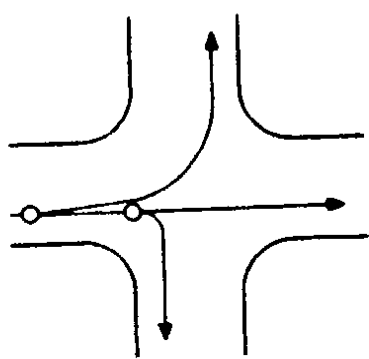
دو جانبه



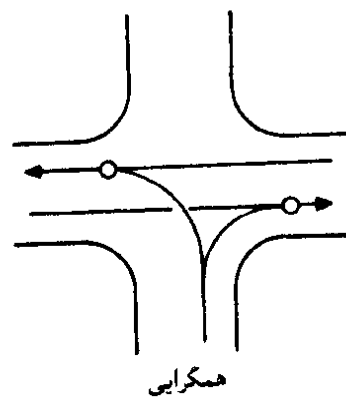
چند جانبه

د- تداخل

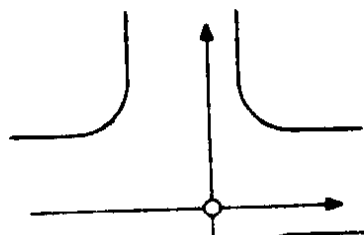
شکل ۲-۷- انواع حرکت های برخوردی



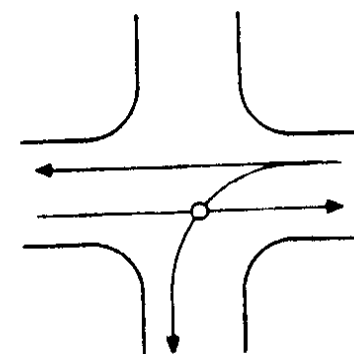
واگرایی



همگرایی

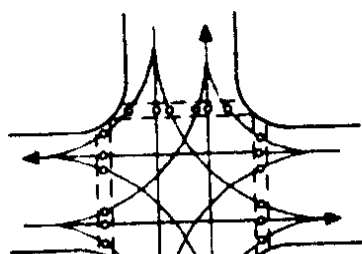


تلاقی باحرکت مستقیم



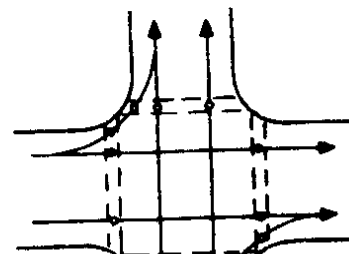
تلاقی باحرکت گردش

الف - برخورد وسایل نقلیه

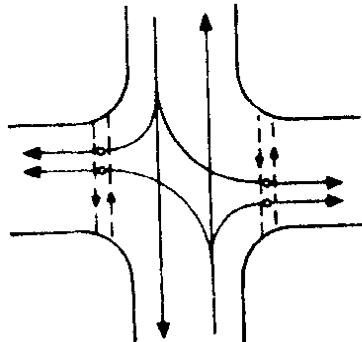


خیابان دو طرفه

درتقاطع های بدون چراغ

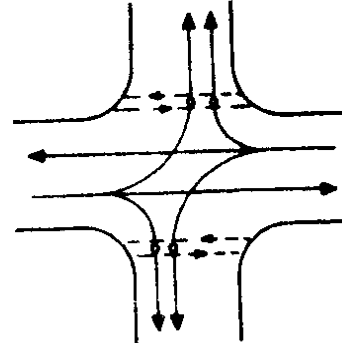


خیابان یکطرفه



فاز ۱

درتقاطع های چراغدار



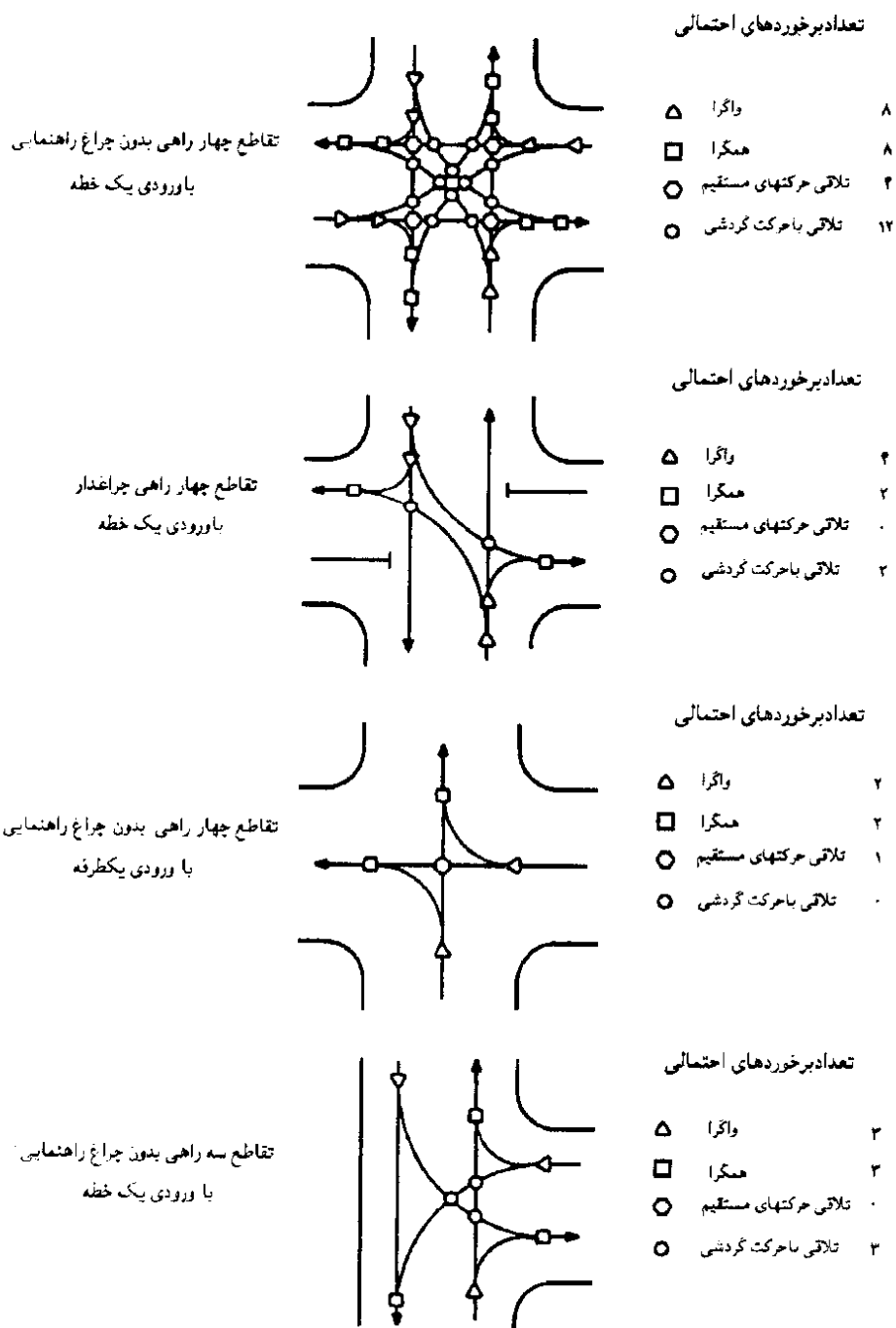
فاز ۲

ب - برخورد عابر - وسیله نقلیه

شکل ۲-۸- انواع برخورد جریان های ترافیک درتقاطع



- جلوگیری از حرکت های گردش
- افزایش کارایی تقاطع های چراغدار
- ایجاد پناهگاه برای عابرین پیاده
- ایجاد محل مناسبی برای نصب چراغ و تابلو راهنمایی و رانندگی



شکل ۲-۹- تعداد برخوردهای ممکن در تقاطع بر حسب نوع تقاطع و سیستم کنترل آن

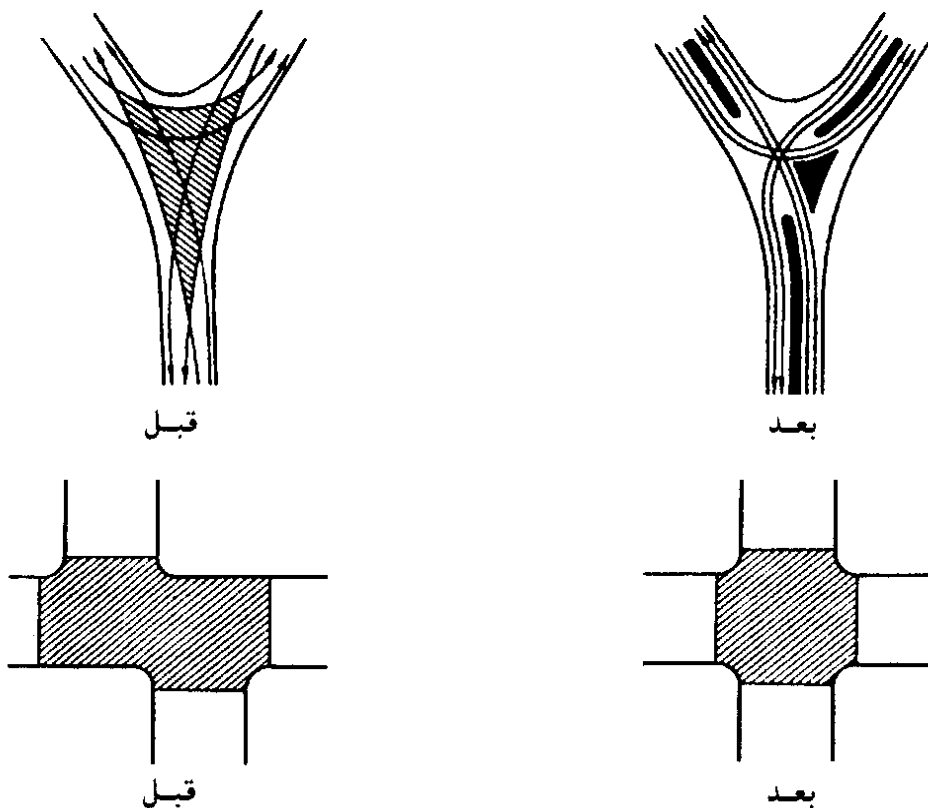
از سوی دیگر به دلایل زیر باید تعداد جزیره های تقاطع به حداقل ممکن تقلیل یابد :

- ایجاد مانع در سطح روسازی تقاطع
- جلوگیری غیرضروری از دسترسی به پارکینگ ها و منازل محدوده تقاطع
- بروز مشکلات مربوط به تخلیه آبهای سطحی و نگهداری تقاطع
- ایجاد سردرگمی

## ۲-۶- سطح برخورد

بطور کلی وجود سطوح بزرگ و بدون استفاده در تقاطع، باعث سردرگمی رانندگان شده و خطرساز است. این مسئله بیشتر در تقاطع های مایل و تقاطع هایی که مسیرهای متقابل در آنها هم محور نیستند پیش می آید.

مطابق شکل ۲-۱۰ می توان سطح برخورد را توسط مسیریابی و اصلاح مسیرهای منتهی به تقاطع کاهش داد.



شکل ۲-۱۰- کاهش سطح برخورد توسط مسیریابی یا تغییر مسیر

## ۲-۷- مسیравصلی در تقاطع

در طرح تقاطع ها باید برای جریان های اصلی ترافیک امکان حرکت پیوسته و یکنواخت فراهم شود. هرچه طول یک مسیر و سرعت حرکت و حجم ترافیک آن بیشتر باشد به همان نسبت امکان انتخاب آن بعنوان مسیравصلی بیشتر می شود. مسیравصلی طبق مقررات راهنمایی و رانندگی دارای حق تقدم است. جریان های فرعی باید بوسیله طراحی هندسی و کنترلی مقتضی نسبت به اولویت وسایل نقلیه مسیравصلی آگاهی یابند. عوامل عمده تعیین کننده اصلی یا فرعی بودن یک خیابان در تقاطع بشرح زیر هستند :

- درجه بندی خیابان و کنترل دسترسی ها

- سرعت طرح

- بار ترافیک

- ملاحظات وسایل نقلیه عمومی

## ۲-۸- سرعت طرح تقاطع

به منظور تأمین یکنواختی در طرح تقاطع های واقع در امتداد یک خیابان باید اجزاء طرح بازوهای اصلی تقاطع ها حتی المقدور براساس یک سرعت طرح مشخص مطابق جدول ۲-۲ طراحی شوند.

جدول ۲-۲- سرعت طرح مطلوب در بازوهای اصلی تقاطع (کیلومتر بر ساعت) [۷۶]

مبنای طراحی اجزا تقاطع	سرعت طرح تقاطع	درجه بندی خیابان
دینامیک حرکت	۷۰	بزرگراه
دینامیک و هندسه حرکت	۵۰-۷۰	شریانی
هندسه حرکت	۳۰-۵۰	جمع و پخش کننده ومحلی

در حالت کلی باید سرعت طرح تقاطع (V) با سرعت عملکردی (V<sub>۸۵</sub>) اندازه گیری شده در آن یکسان باشد. در صورتی که  $V > ۲۰ - V_{۸۵}$  کیلومتر در ساعت باشد، باید با تمهیداتی نظیر تغییر نیمرخ عرضی، V<sub>۸۵</sub> را کاهش داده و یا با افزایش استاندارد طراحی اجزاء تقاطع، سرعت V را افزایش داد.

## ۲-۹- دینامیک و هندسه حرکت

طراحی اجزاء تقاطع ممکن است برحسب درجه بندی خیابان های متقاطع، سرعت طرح تقاطع و شرایط محیطی براساس دینامیک حرکت و یا هندسه حرکت صورت گیرد. در اغلب موارد تأمین نیازهای هندسی حرکت خودروهای بزرگ باعث بوجود آمدن شرایط دینامیکی مناسب برای حرکت خودروهای کوچکتر می شود.

در تقاطع های معابر بزرگراهی، عناصر هندسی بازوهای اصلی تقاطع براساس معیارهای دینامیکی حرکت طراحی می شوند درحالیکه در معابر شریانی ممکن است برحسب سرعت طرح، دینامیک یا هندسه حرکت حاکم باشد. در تقاطع های خیابان های جمع و پخش کننده و همچنین در بازوهای فرعی تقاطع ها، طراحی طبق معیارهای هندسی حرکت صورت می گیرد.

بطورکلی در طراحی تقاطع های درون شهری رعایت معیارهای دفع آبهای سطحی (مخصوصاً در مناطق سردسیر یا دارای بارش زیاد) بر معیارهای دینامیک حرکت اولویت دارد.

## ۲-۱۰- فاصله تقاطع ها

عملکرد مناسب یک مسیر اصلی درون شهری ارتباط مستقیم با تعداد، نوع و فاصله تقاطع های همسطح و بریدگی های حفاظ میانی آنها دارد. به عنوان یک اصل، تعداد تقاطع ها باید در حداقل ممکن نگه داشته شود و درعین حال دسترسی های لازم به مناطق مجاور نیز تأمین گردد. فواصل بین تقاطع ها در عملکرد سیستم های هماهنگ چراغ راهنمایی نیز مؤثر است.

## ۲-۱۱- کاربرد رایانه در طراحی تقاطع

امروزه کاربرد نرم افزار و رایانه در طراحی تقاطع ها توسعه قابل ملاحظه ای یافته است و برای کلیه مراحل طراحی نرم افزارهای عام و خاصی تهیه شده اند که طراحی و تحلیل تقاطع ها را هرچه ساده تر و دقیق تر نموده اند. از جمله این نرم افزارها می توان به GIS، AUTOCAD، COGO، UNSIG10، CAPSSI، HCS، INTERCALC اشاره نمود. علیرغم مزایای غیرقابل انکار اینگونه نرم افزارها کاربرد آنها فقط در صورتی توصیه می شود که فرضیات و مبانی آنها منطبق با شرایط کشور ما بوده و یا به نوعی برای این شرایط انطباق داده شده باشد.

### فصل ۳ - طراحی هندسی تقاطع های همسطح شهری

#### ۳-۱- کلیات

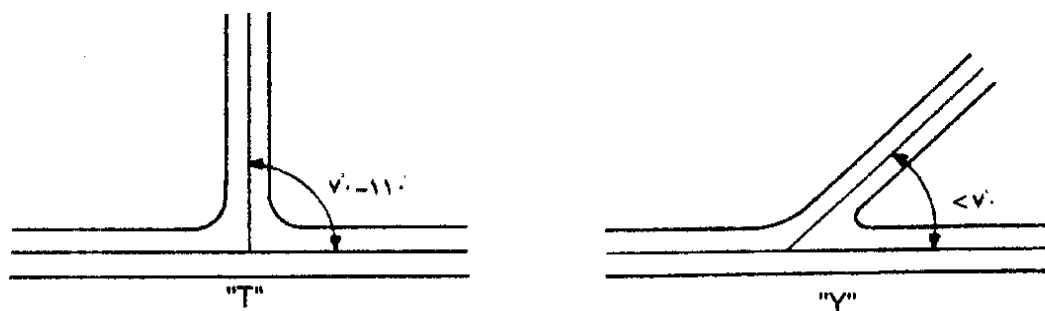
در این فصل مبانی طراحی هندسی عناصر تقاطع های همسطح مورد بررسی قرار می گیرد. در این رابطه انواع تقاطع های همسطح، وسیله نقلیه طرح، تنظیم موقعیت و شیب تقاطع، میدان دید، خطوط کمکی، قوس و مسیر گردش، جزایر ترافیکی، بریدگی حفاظ میانی، تسهیلات پیاده روی و تسهیلات پارکینگ و ایستگاه اتوبوس مطرح می گردند.

#### ۳-۲- انواع تقاطع

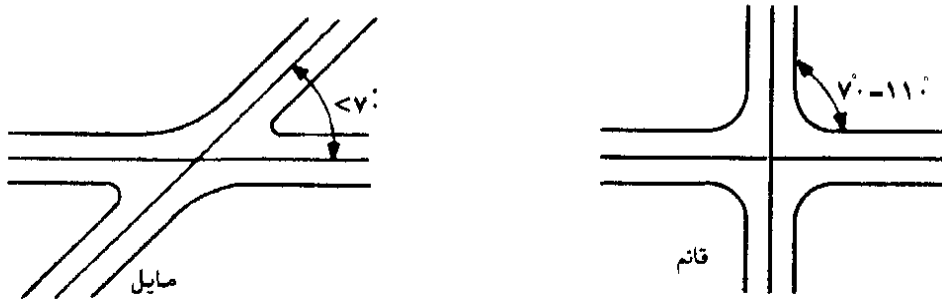
##### ۳-۲-۱- مقدمه

طراحی یک تقاطع همسطح به شکل های گوناگونی امکان پذیر است و طراح باید با انواع تقاطع ها و محاسن و معایب و محدودیت های هر یک بخوبی آشنا باشد تا بتواند مناسب ترین نوع تقاطع را برای شرایط معین انتخاب نماید.

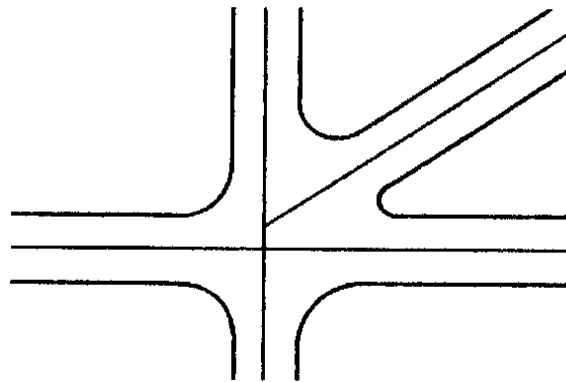
عوامل مؤثر در انتخاب نوع تقاطع عبارتند از وضعیت مسیرهای منتهی به تقاطع، حجم و نوع ترافیک، سرعت طرح و سطح سرویس مورد نظر. انواع تقاطع های همسطح مطابق شکل های ۳-۱ الی ۳-۴ عبارتند از سه راهی، چهارراهی، چندراهی و میدان که در ادامه مورد بررسی قرار می گیرند.



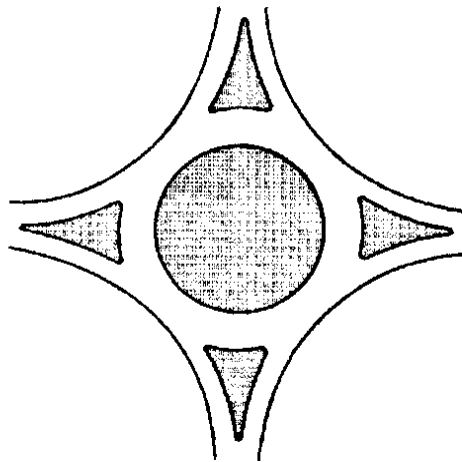
شکل ۳-۱- نمونه تقاطع های سه راهی



شکل ۲-۳- نمونه تقاطع های چهارراهی



شکل ۳-۳- نمونه تقاطع چندراهی



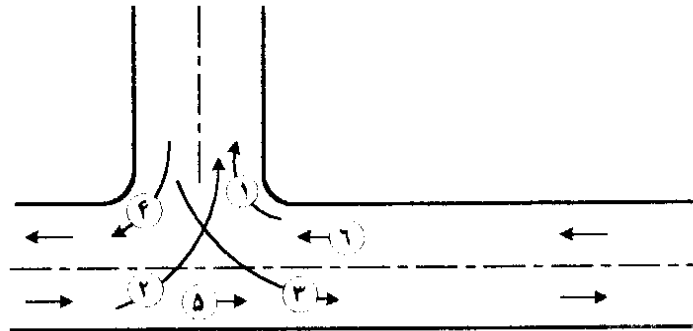
شکل ۴-۳- نمونه تقاطع میدانی

۳-۲-۲- تقاطع های سه راهی

این نوع تقاطع دارای سه شاخه ارتباطی است و باتوجه به راستای خیابان های متقاطع می تواند به شکل های 'T' یا 'Y' باشد.

- سه راهی ساده

ساده ترین و معمولترین این نوع تقاطع در شکل ۳-۵ نشان داده شده است. این نوع تقاطع برای خیابان های فرعی یا محلی مناسب است.



شکل ۳-۵- تقاطع سه راهی ساده

- سه راهی تعریض شده

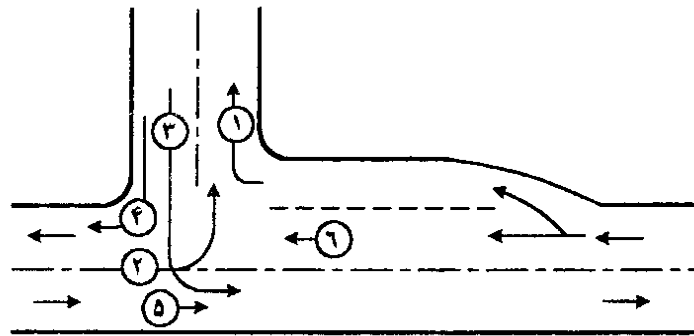
در مواردی که سرعت ها بالا بوده و وسایل نقلیه چپگرد ایمن نباشند، می توان با ازدیاد عرض روسازی، تعداد خطوط عبور را افزایش داد. این وضعیت در شکل ۳-۶ نشان داده شده است.

استفاده از خطوط عبور کمکی موجب افزایش ظرفیت و کاهش خطر برای وسایل نقلیه گردشی می گردد. علی الخصوص، این نوع طراحی برای وسایل نقلیه چپگردی که برای انجام حرکت خود باید سرعت خود را کاهش داده یا متوقف گردند مناسب است. وجود خطوط عبور کمکی سبب می گردد که وسایل نقلیه ای که مستقیم حرکت می کنند به راحتی از کنار وسایل نقلیه ای که سرعت خود را کاهش داده اند بگذرند.

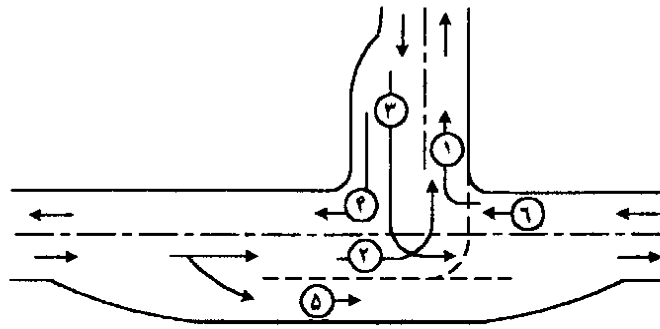
در شکل ۳-۶ الف برای استفاده وسایل نقلیه راستگرد، یک خط کاهش سرعت در امتداد مسیر اصلی و در مجاورت مسیر فرعی، اضافه شده است. این وضعیت در مواردی که حجم گردش به راست از مسیر اصلی (حرکت ۱) قابل توجه بوده و حجم گردش به چپ از مسیر اصلی (حرکت ۲) کم باشد مورد استفاده قرار می گیرد.

در بعضی موارد یک خط عبور اضافی در روبروی خیابان فرعی اضافه می گردد. این حالت در شکل ۳-۶ ب نشان داده شده است. از این وضعیت وقتی استفاده می شود که حرکت گردش به چپ در مسیر مستقیم (حرکت ۲) و حرکت مستقیم (حرکت ۵) تعیین کننده باشند و حجم گردش به راست (حرکت ۱) کم باشد. این خط عبور اضافی سبب می شود که وسایل نقلیه حرکت مستقیم از کنار وسایل نقلیه چپگرد به راحتی بگذرند. خط عبور اضافی را می توان در مسیر فرعی تقاطع نیز اضافه کرد. این عمل به منظور افزایش قابلیت مانور خودروها و زیاد کردن ظرفیت مسیر فرعی انجام می شود.

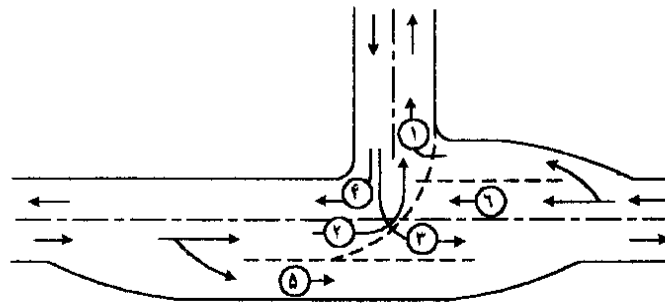
شکل ۳-۶-ج نوع دیگری از تعریض را نشان می دهد که در آن خط عبور اضافی در هر دو طرف مسیر مستقیم در مجاورت تقاطع ایجاد شده است.



(الف)



(ب)



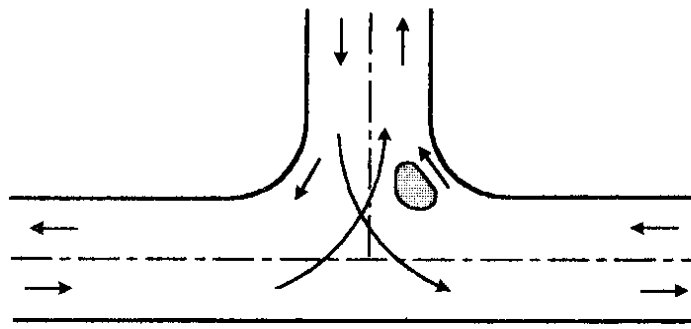
(ج)

شکل ۳-۶- تقاطع های سه راهی تعریض شده

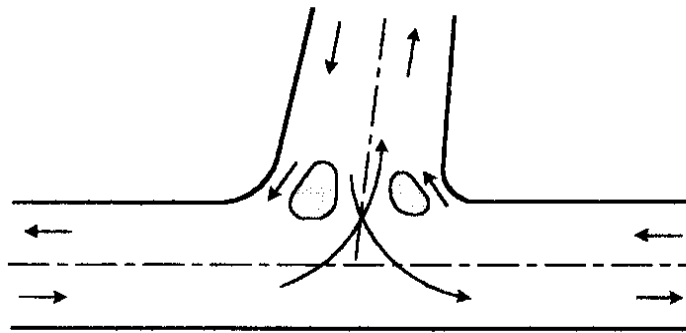
- سه راهی مسیریابی شده

نمونه هایی از تقاطع های سه راهی مسیریابی شده توسط جزیره های هدایت کننده در شکل ۳-۷ نشان داده شده است.

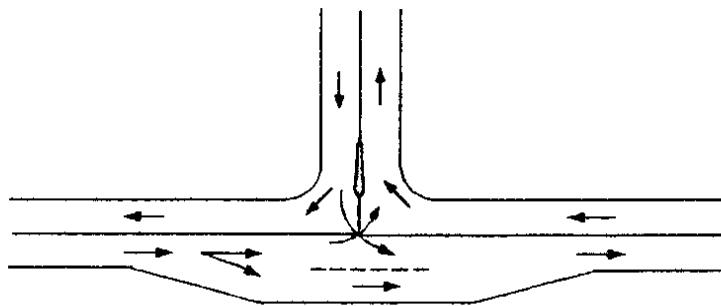




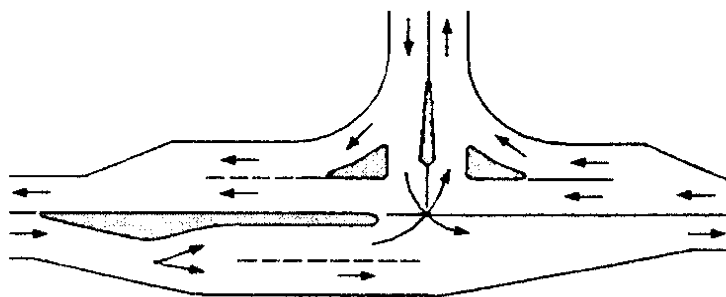
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۷-۳- تقاطع های سه راهی مسیریابی شده

شکل ۳-۷-الف یک تقاطع سه راهی با مسیر گردش به راست منشعب از مسیر مستقیم را نشان می دهد. برای ایجاد مسیر گردش به راست، شعاع گوشه تقاطع افزایش داده شده تا فضای کافی برای ایجاد یک جزیره فراهم آید. در این حالت می توان به م<sup>۱</sup> نور تسهیل حرکت گردش بر است از خط کمکی کاهش سرعت نیز استفاده نمود. ایجاد این خط کمکی بستگی به تعداد وسایل نقلیه راستگرد، سرعت وسایل نقلیه در تقاطع و تعداد وسایل نقلیه در حرکت مستقیم دارد.

در شکل ۳-۷-ب یک تقاطع با دو مسیر گردش به راست نشان داده شده است. این طرح در مواردی مناسب است که ضرورت ایجاد می کند سرعت ها و شعاع هایی بیش از مقادیر حداقل بکار برده شود.

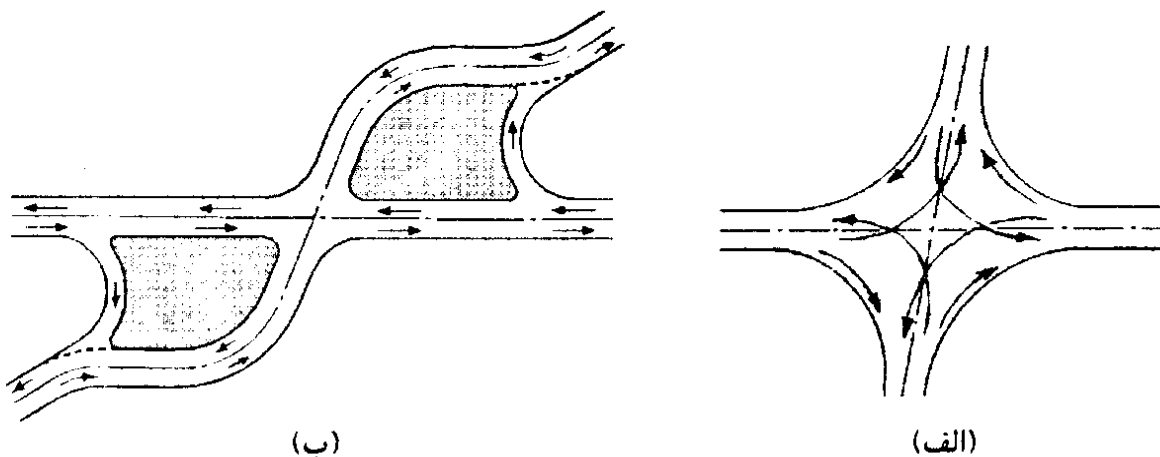
شکل ۳-۷-ج یک تقاطع مسیریندی شده بوسیله جزیره جدا کننده در مسیر فرعی را نشان می دهد. فضای لازم برای این جزیره با تعریض مسیر فرعی در محدوده تقاطع و افزایش شعاع حرکت های گردش به راست (بیش از حداقل شعاع مورد نیاز) ایجاد شده است.

شکل ۳-۷-د یک تقاطع همراه با جزیره جداکننده و خط کمکی گردش به راست را نشان می دهد. این طرح برای خیابانهای دو طرفه با حجم ترافیک متوسط تا سنگین مناسب است. در این حالت کلیه حرکت های گردش توسط مسیرهای گردش مجزا انجام می شود.

### ۳-۲-۳- تقاطع چهار راهی

این نوع تقاطع دارای چهارشاخه ارتباطی است و برحسب نحوه طراحی آن می تواند به شکل قائم، مایل یا غیرهم محور باشد.

بطور کلی اصول مربوط به طراحی تقاطع های سه راهی در مورد تقاطع های چهار راهی نیز صادق است. انواع تقاطع های چهار راهی در شکل های ۳-۸ و ۳-۹ نشان داده شده است.



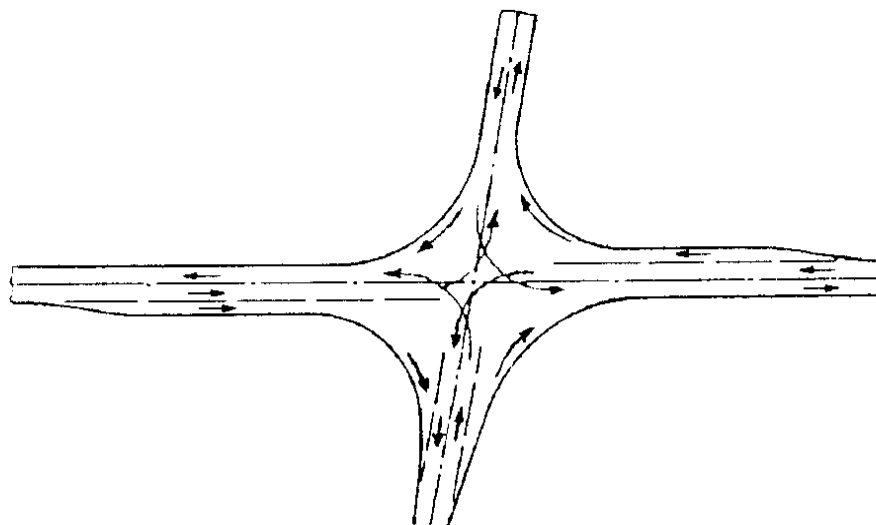
شکل ۳-۸- تقاطع چهارراهی ساده

- چهارراهی ساده

شکل ۳-۸-الف ساده ترین تقاطع چهارراهی را نشان می‌دهد. در این حالت، زاویه بین دو مسیر متقاطع ترجیحاً باید بین ۶۰ تا ۱۲۰ درجه باشد [۲۲] و در برنامه ریزی و طراحی شهرها و شهرک های جدید ضروری است به این مطلب توجه شود. در تقاطع های مایل موجود می توان وضعیت تقاطع را با تمهیداتی اصلاح نمود. در شکل ۳-۸-ب یک تقاطع مایل با زاویه انحراف بیش از ۴۵ درجه نشان داده شده است. در این تقاطع به منظور تسهیل حرکات گردشی و جلوگیری از حرکات دشوار و تجاوز به خطوط عبوری مقابل، در قسمت هایی از تقاطع که زاویه گردش حاده است، مسیرهای گردشی یک طرفه مجزا تأمین شده است.

- چهارراهی تعریض شده

شکل ۳-۹ وضعیت را نشان می دهد که در آن گنجایش حرکت های مستقیم و گردشی با تعریض سطح سواره رو در محدوده تقاطع افزایش یافته است. با توجه به میزان حجم ترافیک و نوع سیستم کنترل تقاطع، می توان تعریض را توسط خطوط کمکی موازی و یا بوسیله لچکی بصورت تدریجی انجام داد.

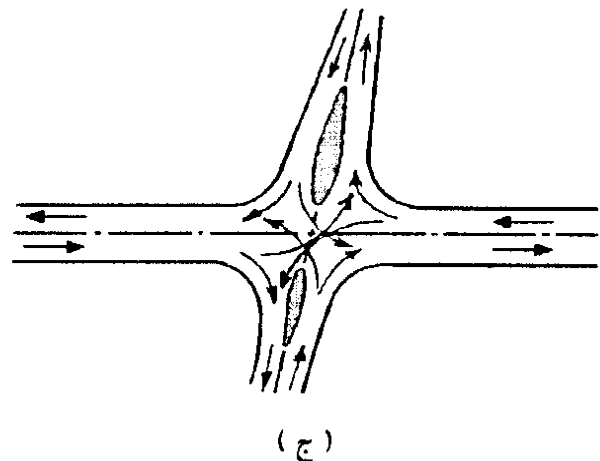
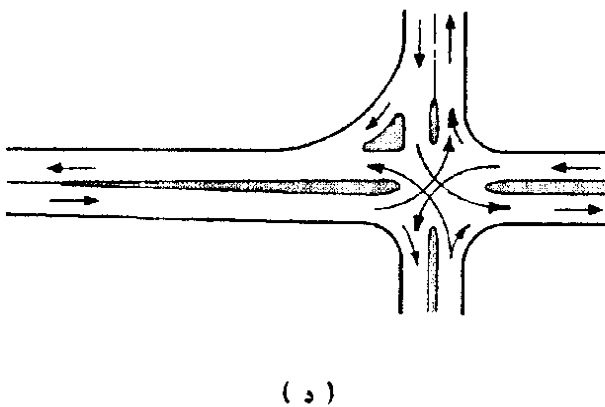
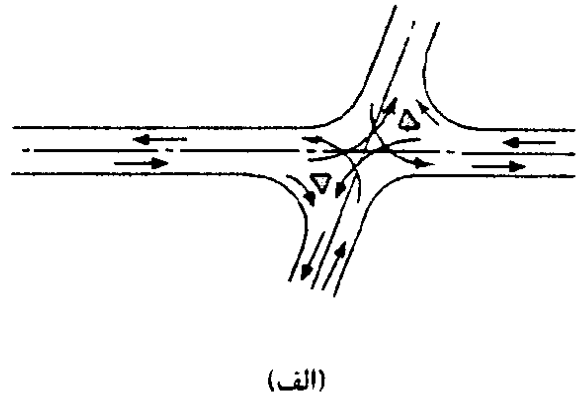
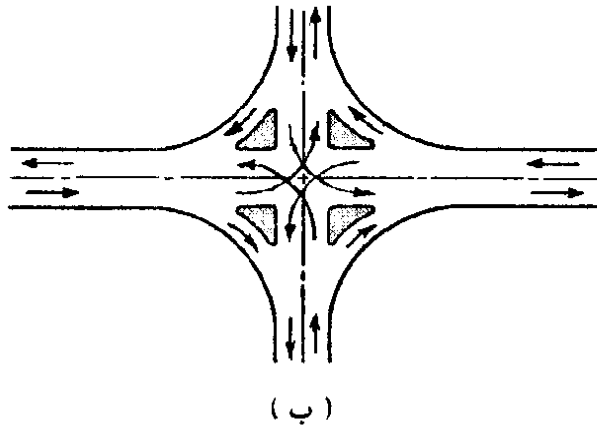


شکل ۳-۹- تقاطع چهارراهی تعریض شده

- چهارراهی مسیریابی شده

در شکل های ۳-۱۰ و ۳-۱۱ نمونه هایی از تقاطع های چهارراهی مسیریابی شده نشان داده شده است. معمولاً در تقاطع های اصلی مطابق شکل ۳-۱۰-الف، مسیر گردش به راست تأمین می شود. در شکل ۳-۱۰-ب یک تقاطع با مسیر گردش به راست مجزا در هر چهار گوشه آن نشان داده شده است. اینگونه تقاطع ها برای مواردی که پوسته کافی موجود باشد، مناسب است. شکل ۳-۱۰-ج یک تقاطع مجهز به جزایر جداکننده در محل

ورودی های فرعی تقاطع را نشان می دهد. اینگونه جزایر بیشتر به منظور آگاهسازی رانندگان از وجود تقاطع بکار می روند. طرح شکل ۳-۱۰-د برای تقاطع های اصلی با سرعت بالا و حجم ترافیک در حد متوسط و یا نزدیک به ظرفیت مناسب است.



شکل ۳-۱۰-نمونه هایی از طراحی تقاطع های چهارراهی مسیربندی شده

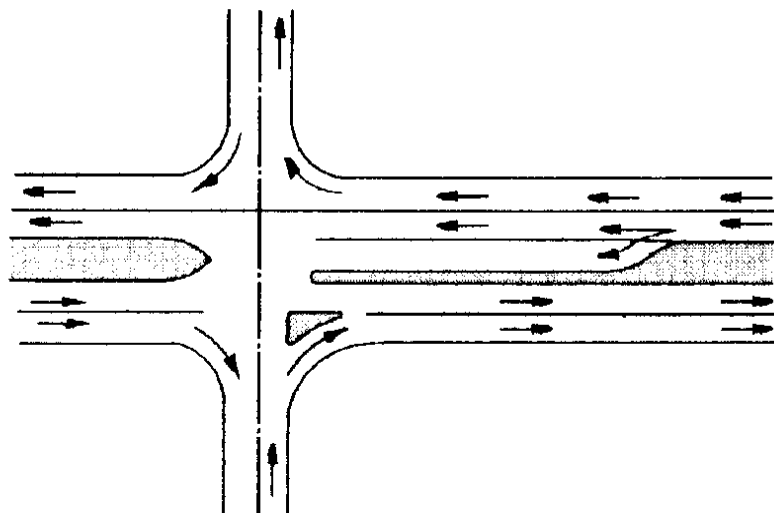
در شکل ۳-۱۱ نیز نمونه های دیگری از طراحی تقاطع های مسیربندی شده ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می شود در این تقاطع ها به منظور سرویس دهی به حجم بالای گردش به چپ در مسیر اصلی، یک خط مخصوص گردش به چپ در حفاظ میانی تعبیه شده است.

### ۳-۲-۴- تقاطع چندراهی

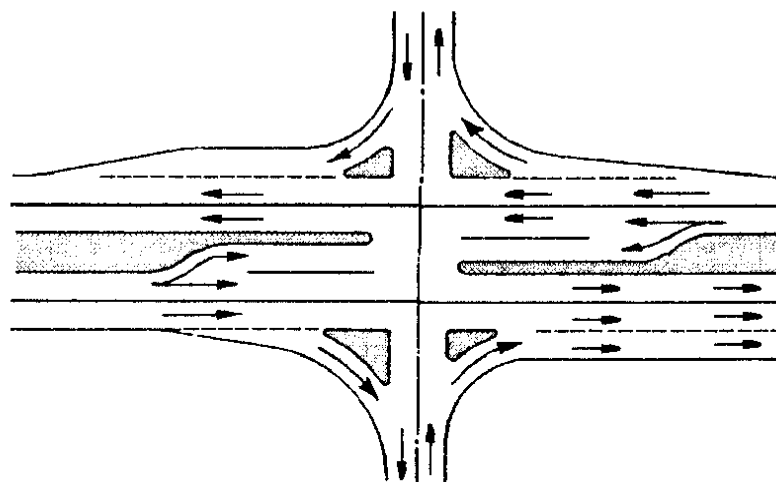
چندراهی تقاطعی است که بیش از چهار مسیر به آن منتهی می شود. بطورکلی کاربرد تقاطع های با بیش از چهار شاخه ارتباطی توصیه نمی شود. البته در صورتی که حجم ها کم باشد استفاده از چنین تقاطع هایی امکان پذیر است. ولی با اضافه شدن حجم باید با ایجاد تغییراتی در طرح تقاطع، بعضی از حرکت های متداخل را

به محل دیگری انتقال داد. بعضی از روشهای انجام این تغییرات در شکل شماره ۳-۱۲ نشان داده شده است. در شکل ۳-۱۲-الف، شاخه قطری منتهی به تقاطع تغییر مسیر داده شده و با فاصله کافی نسبت به تقاطع اولیه به مسیر بالایی پیوسته است و بدین ترتیب دو تقاطع مجزا بوجود آمده است که هر کدام بخوبی عمل می‌کنند.

شکل ۳-۱۲-ب یک تقاطع شش شاخه را نشان می‌دهد که در آن دو شاخه قطری تغییر مسیر داده شده و یک تقاطع جدید چهارراه در مسیر فرعی و در مجاورت تقاطع اولیه ایجاد کرده اند.



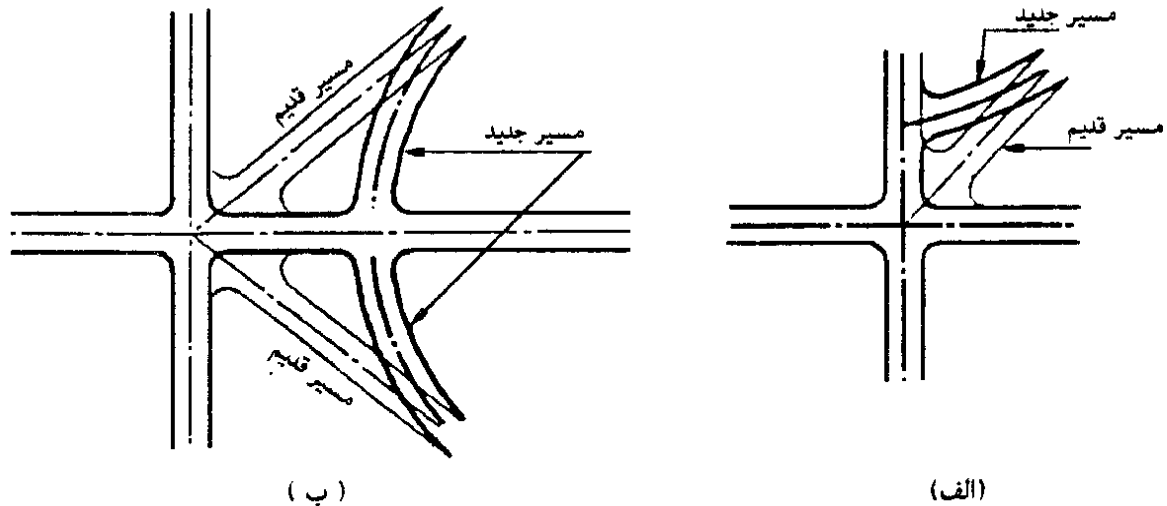
(الف)



(ب)

شکل ۳-۱۱- نمونه هایی از تقاطع مسپیریندی شده

با خط ویژه گردش به چپ



شکل ۳-۱۲- نمونه اصلاح تقاطع های چندراهی

### ۳-۲-۵- تقاطع میدانی

#### ۳-۲-۵-۱- مقدمه

تقاطع میدانی عبارت از یک سیستم ترافیکی یک طرفه است که جریان ترافیک در آن حول یک جزیره مرکزی حرکت می نماید.

هدف اصلی از طرح میدان، تأمین حرکت ایمن برای انواع وسایل نقلیه موجود در آن، چه آنهایی که قصد تغییر خط دارند (حرکت تداخلی انجام می دهند) و چه آنهایی که نیازی به تغییر خط ندارند، است بنحوی که این حرکت با حداقل تأخیر صورت گیرد.

مزیت عمده میدان این است که با تبدیل حرکت های تقاطعی به حرکت های تداخلی تأخیر تقاطع را حداقل می کند. این مزیت زمانی که حجم ترافیک به حد ظرفیت برسد کاملاً از بین می رود.

بطورکلی ظرفیت میدان از یک تقاطع مسیربندی شده بیشتر نیست. سطح مورد نیاز برای میدان نیز از یک تقاطع بیشتر بوده و هزینه احداث آن زیادتر است.

#### ۳-۲-۵-۲- مکانیابی میدان

تصمیم گیری در مورد انتخاب میدان بجای سایر انواع تقاطع ها باید براساس ملاحظات عملکردی، اقتصادی و زیست محیطی انجام شود. بطورکلی موارد کاربرد و عدم کاربرد میدان

بشرح زیر است :

- موارد کاربرد

- در خیابان های محلی و جمع و پخش کننده که حجم ترافیک کم است.
- تأکید بر انتقال از یک محیط برون شهری به یک محیط درون شهری.
- ایجاد یک تغییر اساسی در استاندارد معابر، مثلاً از دو طرفه به یک طرفه، یا از شریانی به محلی.
- تغییر عمده در راستای مسیر که حتی به کمک قوس های زیر استاندارد نیز عملی نمی باشد.
- در شرایطی که ترافیک چپگرد در تقاطع سهم عمده ای از کل ترافیک تقاطع را تشکیل دهد. (بیش از ۳۰ درصد کل ترافیک)
- در شرایطی که پهنای ورودی های تقاطع بقدری کم باشد که امکان ایجاد خطوط ویژه برای حرکت های گردش وجود نداشته باشد.
- در شرایطی که دو تقاطع مجاور بقدری بهم نزدیک باشند که امکان اشغال فضای یکی از آنها در اثر صف اتومبیل هایی که در تقاطع بعدی پشت چراغ قرمز منتظر مانده اند وجود داشته باشد.
- در طراحی تقاطع های Y شکل.

- معایب کاربرد

- در تقاطع خیابان های شریانی با حجم ترافیک بالا، استفاده از تقاطع میدانی منجر به کاهش ظرفیت و افزایش تأخیر وسایل نقلیه می گردد.
- ایجاد میدان در محل هایی که تعداد عابرین یا دوچرخه سواران زیاد است غالباً مستلزم تهیسات خاصی خواهد بود که طرح میدان را غیراقتصادی و یا غیرایمن می سازد.
- در شرایطی که ورودی های منتهی به تقاطع دارای سرعت طرح بالایی باشند، میدان باید بسیار بزرگ طرح شود تا حرکت های تداخلی میان شاخه های مختلف به راحتی انجام شود. میدانهای بزرگ باعث افزایش طول مسیر وسایل نقلیه بویژه چپگردها می شوند و زمان صرف شده برای طی این فاصله اضافی ممکن است از مقدار تأخیر در تقاطع های چندراهی مشابه، بیشتر باشد.
- احداث مرحله ای میدان در سالهای مختلف عملی نیست و طرح نهایی باید در ابتدای کار ساخته شود.

از مجموع موارد فوق چنین استنباط می گردد که استفاده یا عدم استفاده از میدان عمدتاً تابعی از حجم ترافیک، میزان فضای موجود در محل تقاطع، سهم ترافیک چپگرد در تقاطع، وضعیت ترافیک در خیابان های

منتهی به تقاطع و حجم عابرین پیاده و دوچرخه سواران گذرنده از محل تقاطع است. به هر حال پیش بینی میدان در برنامه ریزی شبکه حمل و نقل شهری، بجز در مناطق مسکونی کم ترافیک و در ورودی شهرها برای کاهش سرعت وسایل نقلیه توصیه نمی شود.

مکانیابی میدان باید ترجیحاً در نواحی مسطح و پست صورت گیرد، زیرا تشخیص میدان هایی که در بالای بلندی قرار دارند برای رانندگان دشوار است. با این وجود چنانچه اصول طراحی میدان به خوبی رعایت شود، هیچگونه دلیلی برای مخاطره آمیز بودن میدان های واقع در بالای بلندی وجود نخواهد داشت.

میدان ها عموماً با سیستم های هماهنگ سازی چراغ های راهنمایی سازگاری ندارند. این سیستم ها وسایل نقلیه را دسته بندی و در فواصل زمانی مناسب برای پیشروی هدایت می کنند. میدانها با ایجاد تغییر در جریان ورودی چراغ های تقاطع های پائین دست خود، در حرکت پیشرونده وسایل نقلیه اختلال ایجاد می کنند.

بسیاری از تصادفاتی که در محل تقاطع خیابان های اصلی و فرعی روی می دهد به واسطه حرکت های چپگرد است. برای جلوگیری از این تصادفات می توان گردش به چپ در تقاطع را ممنوع و حرکات چپگرد را با احداث میدان در تقاطع های مجاور تأمین نمود.

### ۳-۲-۵-۳- انواع میدان

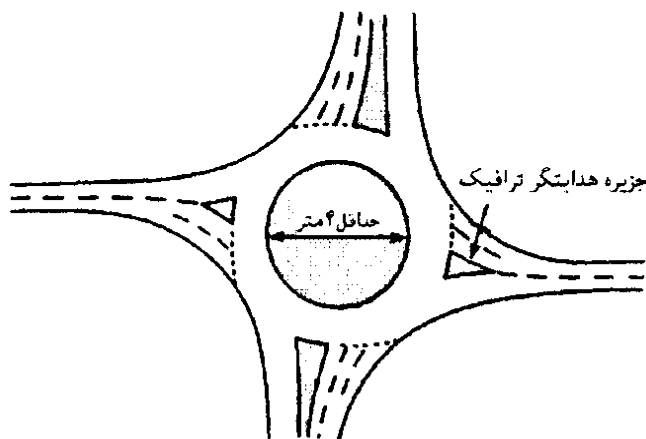
بطور کلی میدان ها به دوسوخت داخلی و تقدمی تقسیم بندی می شوند. میدان های تداخلی از میدان های تقدمی بزرگتر بوده و وسایل نقلیه در این میدان ها با انجام حرکت تداخلی در طول مسیر خود، حرکت مورد نیاز را انجام می دهند. در میدان های تقدمی وسایل نقلیه ورودی ملزم به رعایت حق تقدم وسایل نقلیه گردشی هستند و بدین لحاظ سطح آنها کوچکتر بوده و ظرفیت آنها از میدان های تقدمی بیشتر است. اما عملکرد مناسب اینگونه میدانها مستلزم رعایت حق تقدم است و لذا استفاده از آنها در صورتی که حق تقدم رعایت نشود نتایج مطلوبی را بدنبال نخواهد داشت و در عمل ظرفیت در نظر گرفته شده برای آن را تأمین نخواهد کرد. مطابق دستورالعمل انگلستان میدان های تقدمی به دو نوع معمولی و کوچک (میدانچه) تقسیم بندی می شوند [۲۸].

#### - میدان معمولی

عبارت از مسیر مدور یک طرفه ای است که دور یک جزیره مرکزی قرار دارد. بسته به نحوه ورود وسایل نقلیه به میدان، این مسیر مدور می تواند شامل بخش های با ترافیک تداخلی بوده و یسا نباشد. ورودی ها نیز ممکن است در محل میدان تعریف شده و یا بدون تعریف باشند. جزیره مرکزی اینگونه میدانها معمولاً به قطر ۴ متر یا بیشتر انتخاب می گردد (شکل ۳-۱۳). تعداد ورودی های توصیه شده



برابر ۳ یا ۴ است. اگر تعداد ورودی ها بیش از ۴ باشد طرح میدان بزرگتر شده و در نتیجه سرعت گردش وسایل نقلیه افزایش می یابد [۲۸].



شکل ۳-۱۳- میدان معمولی

#### - میدان کوچک (میدانچه)

میدان های کوچک یا میدانچه ها شامل یک مسیر مدور یک طرفه به دور یک جزیره یا خط کشی دایره ای به قطر کمتر از ۴ متر هستند. ورودی های اینگونه میدانها ممکن است تعریض شده و یا بدون تعریض باشند (شکل ۳-۱۴).

از میدانچه ها می توان در بهبود مسائل ترافیکی و ایمنی تقاطع های محلی بدون چراغ بهره جست. طراحی اینگونه میدانها باید به گونه ای صورت گیرد که رانندگان به موقع از وجود میدان در مسیر خود آگاه شوند. میدانچه ها فقط در صورتی قابل استفاده هستند که کلیه ورودی ها دارای محدودیت سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت باشند.

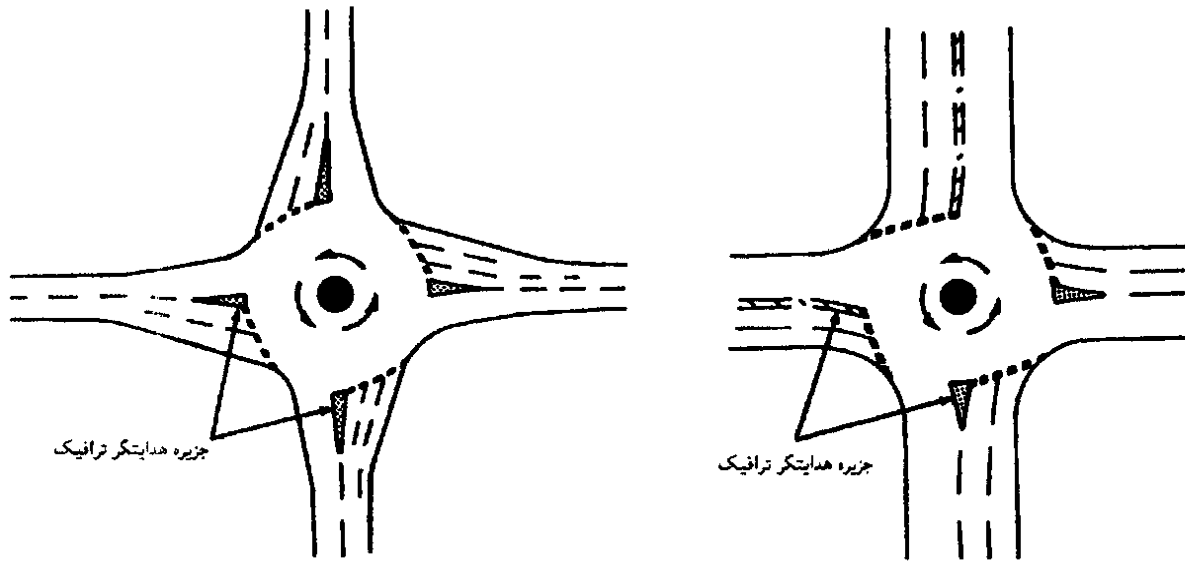
جزیره مرکزی خط کشی شده میدانچه (به قطر ۱ تا ۴ متر) باید تا حد امکان بزرگ باشد و مرکز آن حداکثر به ارتفاع ۵/۱۲ سانتیمتر گنبدی شود. این گنبد همراه با شیب عرضی معکوس سواره رو به خوبی میدان را برای رانندگان مشخص می سازد. نصب هیچگونه تابلو، پایه چراغ یا سایر تجهیزات خیابانی در داخل گنبد مجاز نیست.

معمولاً گنبد میانی میدانچه از مصالح آسفالتی، بتنی یا بلوک های سیمانی در داخل حلقه ای از قطعات سنگی با اختلاف سطح ۶/۰ سانتیمتر از سطح سواره رو و یا حلقه ای فلزی با لبه ۵/۱ سانتیمتر ساخته می شود. گنبد های پیش ساخته نیز مورد استفاده قرار گرفته اند.

گنبد میدانچه باید تماماً به رنگ سفید و بازتابنده باشد تا رانندگان آن را به خوبی از محیط اطراف تشخیص دهند. در دور گنبد می توان از گل میخ های بازتابنده استفاده نمود.

در تقاطع های کوچک احتمال عبور وسایل نقلیه طویل از روی میدانچه وجود دارد. در اینگونه موارد میدانچه فقط بصورت یک خط کشی همسطح سواره رو همراه با گل میخ های بازتابنده در اطراف آن خواهد بود.

به واسطه فاصله کوتاه میان ورودی های میدانچه، رانندگان می توانند سایر وسایل نقلیه را در فاصله نزدیک رویت کرده و سریعاً از فواصل موجود استفاده کنند. در این شرایط ممکن است عابرین پیاده و دوچرخه سواران در معرض خطر قرارگیرند. بنابراین اگر حجم عابر یا دوچرخه سوار در تقاطع قابل توجه باشد، استفاده از چراغ های راهنمایی راه حل ایمن تری بدست خواهد داد [۲۸].



ب - تقاطع چهارراهی تعریض شده

الف - تقاطع چهارراهی تعریض نشده

شکل ۳-۱۴ - میدان کوچک [۲۸]

### ۳-۳- وسیله نقلیه طرح تقاطع

۳-۳-۱- مقدمه

خصوصیات فیزیکی انواع وسایل نقلیه و تعداد آنها، از جمله عوامل مهم در طرح هندسی تقاطع ها است. لذا برای طراحی تقاطع ها باید کلیه وسایل نقلیه را طبقه بندی کرده و از هر طبقه، یک وسیله نقلیه با ابعاد و اندازه های مشخص را به عنوان " وسیله نقلیه طرح " انتخاب نمود.

وسایل نقلیه طرح خودروهای انتخابی هستند که ابعاد و خصوصیات عملکردی آنها کنترل کننده طرح هندسی تقاطع ها بوده و هر یک، نماینده گروه مربوطه است. هر وسیله نقلیه طرح باید دارای اندازه های فیزیکی بزرگتر و حداقل شعاع گردش بیشتری نسبت به سایر وسایل نقلیه آن گروه باشد. بزرگترین وسیله نقلیه طرحی که به دفعات نسبتاً زیاد از یک تقاطع عبور می کند و یا وسیله نقلیه ای که دارای ویژگی های خاص و منحصر به فردی است، باید در طراحی هندسی تقاطع ها و اجزاء آن از قبیل شعاع قوس های گوشه و مسیرهای گردشی در نظر گرفته شود.

در دستورالعمل آشتو وسایل نقلیه به سه گروه اصلی دسته بندی شده اند که عبارتند از : اتومبیل های سواری، کامیونها و اتوبوسها. گروه اتومبیل های سواری شامل انواع وسایل نقلیه سواری، استیشن ها و کامیونت های سبک از قبیل وانت بارها است. گروه کامیونها شامل انواع کامیونهای منفرد، تریلی ها، کمرشکن ها و هرگونه ترکیب کشنده (اسب) و تریلر می گردد. گروه اتوبوس ها نیز شامل انواع اتوبوس های یک کابین، دوکابین (مفصلدار) و اتومبیل های شخصی یدک کش از قبیل کاروانها می شود [۲۲].

دستورالعمل آلمان نیز تعدادی وسایل نقلیه را به عنوان وسیله نقلیه طرح پیشنهاد می نماید، که از جمله عبارتند از اتومبیل سواری، کامیونت، کامیون با دو محور، کامیون با سه محور، اتوبوس با دو محور و اتوبوس مفصلی [۷۶].

### ۳-۳-۲- ابعاد وسایل نقلیه طرح

در جدول ۳-۱ ابعاد ۷ وسیله نقلیه طرح براساس دستورالعمل آشتو ارائه شده است [۲۲]. در جدول ۳-۲ نیز مشخصات وسایل نقلیه طرح برطبق ضوابط مندرج در دستورالعمل آلمان ارائه گردیده است [۷۶].

جدول ۳-۱- ابعاد وسایل نقلیه طرح براساس دستورالعمل آشتو (متر) [۲۲]

فاصله بین دو محور اول	طول پیش آمدگی عقب	طول پیش آمدگی جلو	طول کل	عرض کل	ارتفاع کل	نماد	نوع وسیله نقلیه
۳٫۳	۱٫۵	۰٫۹	۵٫۷	۲٫۱	۱٫۳	P	اتومبیل سواری
۶٫۱	۱٫۸	۱٫۲	۹٫۱	۲٫۶	۴٫۱	SU	کامیون
۷٫۶	۲٫۴	۲٫۱	۱۲٫۱	۲٫۶	۴٫۱	BUS	اتوبوس
۵٫۴	۲٫۹	۲٫۶	۱۸٫۲	۲٫۶	۳٫۲	A-BUS	اتوبوس مفصلی
۳٫۹	۱٫۸	۱٫۲	۱۵٫۱	۲٫۶	۴٫۱	WB-40	تریلی متوسط
۶٫۱	۰٫۶	۰٫۹	۱۶٫۶	۲٫۶	۴٫۱	WB-50	تریلی بزرگ
۲٫۹	۰٫۹	۰٫۶	۱۹٫۶	۲٫۶	۴٫۱	WB-60	تریلی کمرشکن

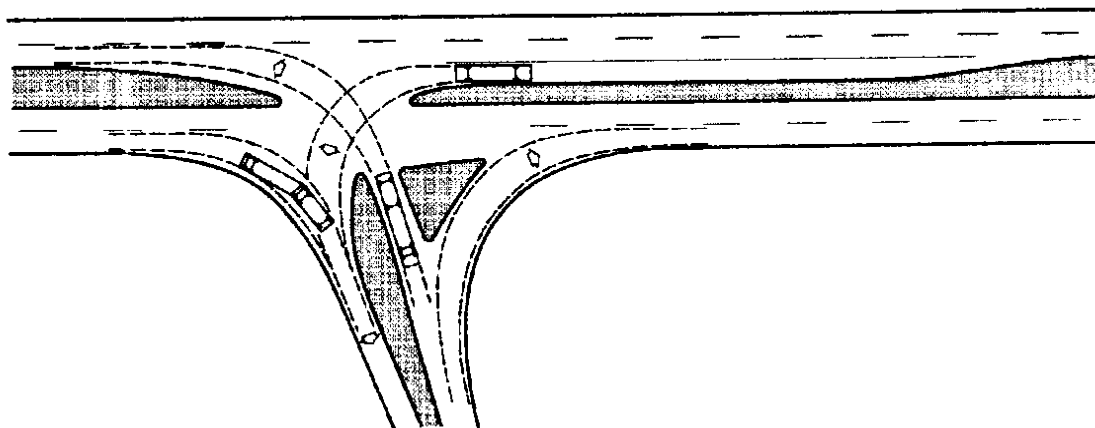
جدول ۳-۲- ابعاد وسایل نقلیه طرح براساس دستورالعمل آلمان (متر) [۹۵]

فاصله بین دو محور اول	طول پیش آمدگی عقب	طول پیش آمدگی جلو	طول کل	عرض کل	ارتفاع کل	نماد	نوع وسیله نقلیه
۲٫۷	۱٫۱	۰٫۹	۴٫۷	۱٫۸	۱٫۵	PKW	اتومبیل سواری
۳٫۵	۱٫۸	۰٫۷	۶٫۰	۲٫۱	۲٫۲	LFN	کامیونت
۳٫۹	۲٫۴	۱٫۴	۷٫۷	۲٫۵	۳٫۳	2 MU	کامیون دو محور
۴٫۹	۳٫۰	۱٫۵	۹٫۴۵	۲٫۵	۳٫۳	3 MU	کامیون سه محور
۵٫۹	۳٫۰	۲٫۶	۱۱٫۵	۲٫۵	۳٫۰	L.bus	اتوبوس
۶٫۲-۵٫۶	۳٫۱	۲٫۶	۱۷٫۴	۲٫۵	۳٫۰	G.bus	اتوبوس مفصلی

### ۳-۳-۳- حداقل مسیر گردش وسیله نقلیه طرح

به منظور مکانیابی صحیح اجزاء مختلف تقاطع، نظیر جزایر و حفاظ های میانی و جلوگیری از برخورد وسایل نقلیه طرح با آنها، باید وضعیت قرارگیری این عناصر توسط شابلن هایی که براساس مسیرگردش حداقل وسیله نقلیه طرح تهیه شده است کنترل گردد. این شابلن ها که نمودار " گردش نما " نام دارند، برای انواع وسایل نقلیه طرح تهیه و بر روی برگه های شفاف با مقیاس معین ترسیم گشته و یا در فایل های کامپیوتری ذخیره می شوند. طراح بعد از انجام طراحی اولیه این شابلن ها را بر روی طرح قرار داده و صحت موقعیت اجزاء طرح را کنترل می کند. دراکثر دستورالعمل ها، جداولی نیز تهیه شده است که براساس شعاع های گردش مختلف، میزان

تجاوز وسیله نقلیه طرح را به خطوط مجاور ارائه می کند. شکل ۳-۱۵ نمونه ای از نحوه بکارگیری گردش نما در طراحی تقاطع را نشان می دهد.



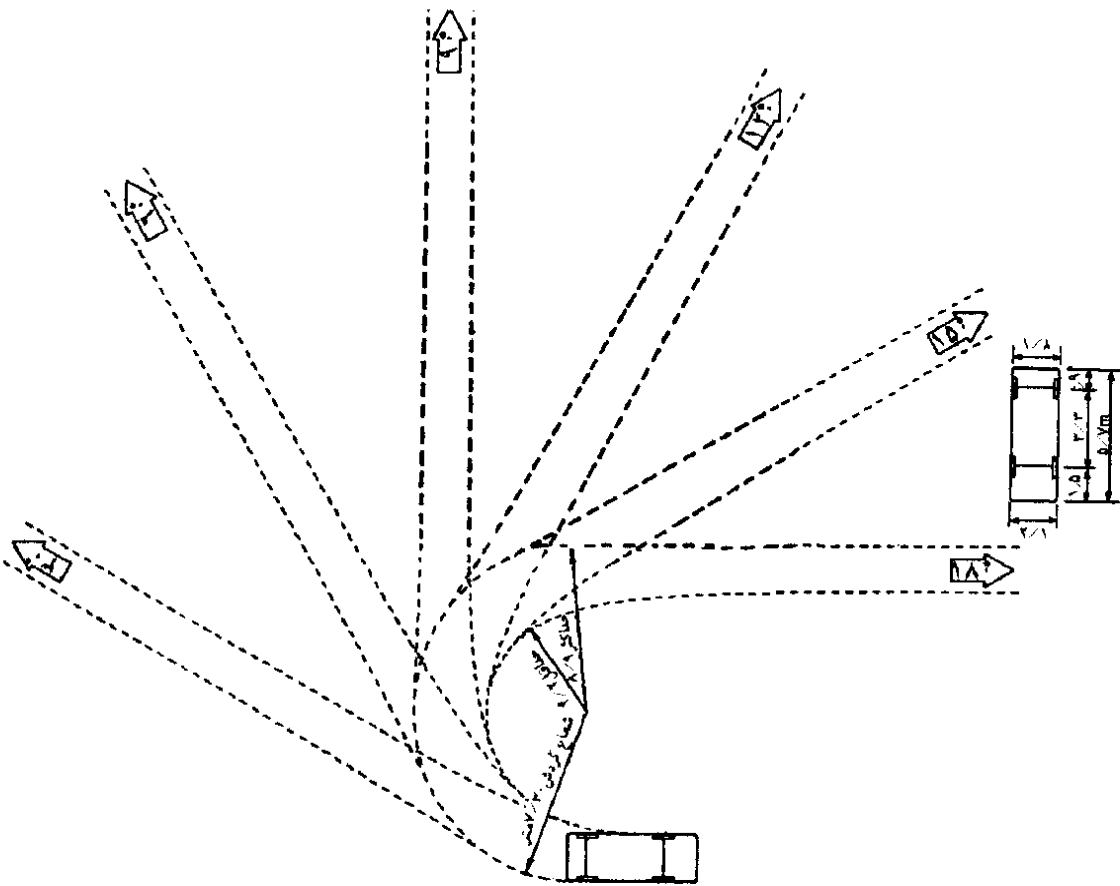
شکل ۳-۱۵- کاربرد نمودار گردش نما در طراحی اجزاء تقاطع

در شکل های ۳-۱۶ الی ۳-۱۹ حداقل مسیر گردش برای بعضی از انواع وسایل نقلیه طرح براساس دستورالعمل آشتو ارائه شده است. ابعاد و اندازه های مؤثر در طرح عبارتند از : حداقل شعاع گردش، فاصله عرضی بین دو چرخ، فاصله طولی بین دو محور و مسیر چرخهای عقب داخلی. در این دستورالعمل تأکید شده است در صورتی که حداکثر سرعت در هنگام گردش به ۱۶ کیلومتر در ساعت محدود شود، تأثیرات ناشی از ویژگی های رفتاری راننده و زاویه انحراف چرخها به حداقل خواهد رسید و حداقل مسیر گردش نیز براساس این سرعت بدست آمده است [۲۲]. در جدول ۳-۳ مقادیر حداقل و حداکثر شعاع های گردش براساس دستورالعمل آشتو ارائه شده است.

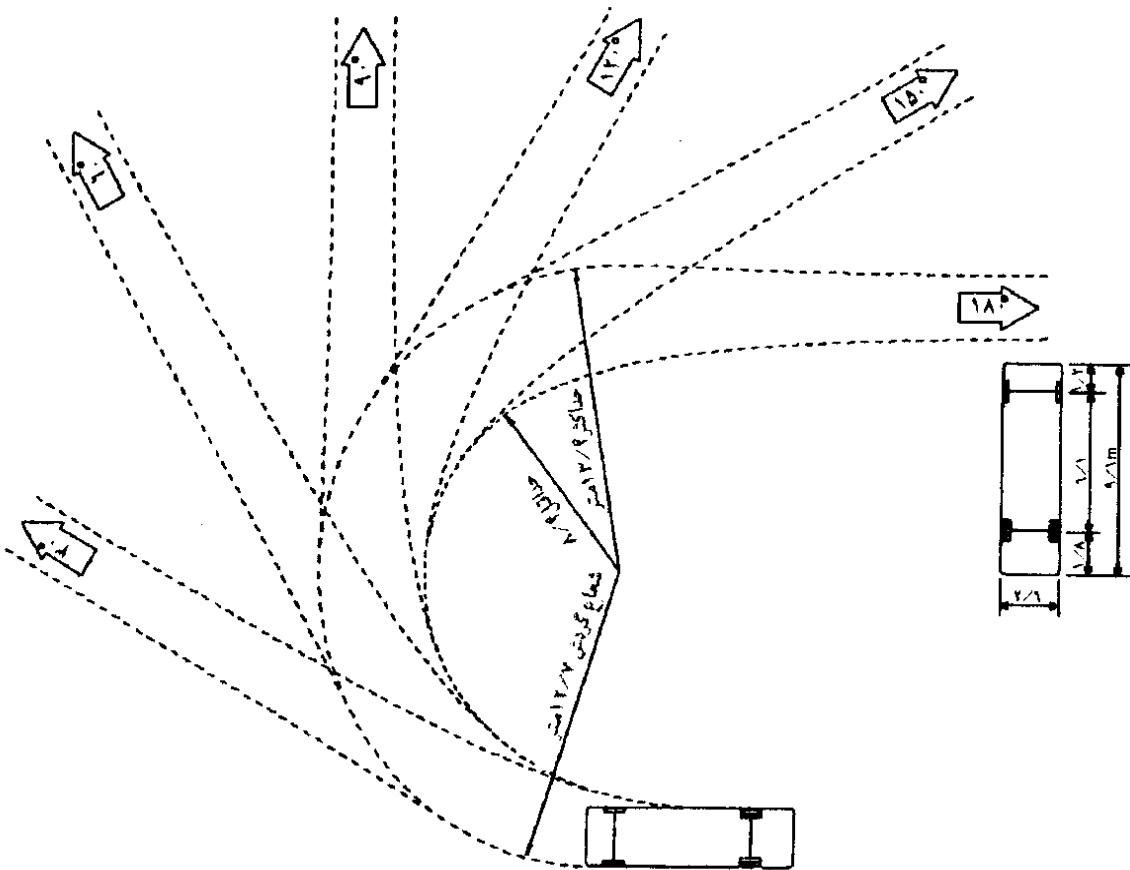
جدول ۳-۳- شعاع های گردش وسایل نقلیه طرح براساس دستورالعمل آشتو (متر) [۲۲]

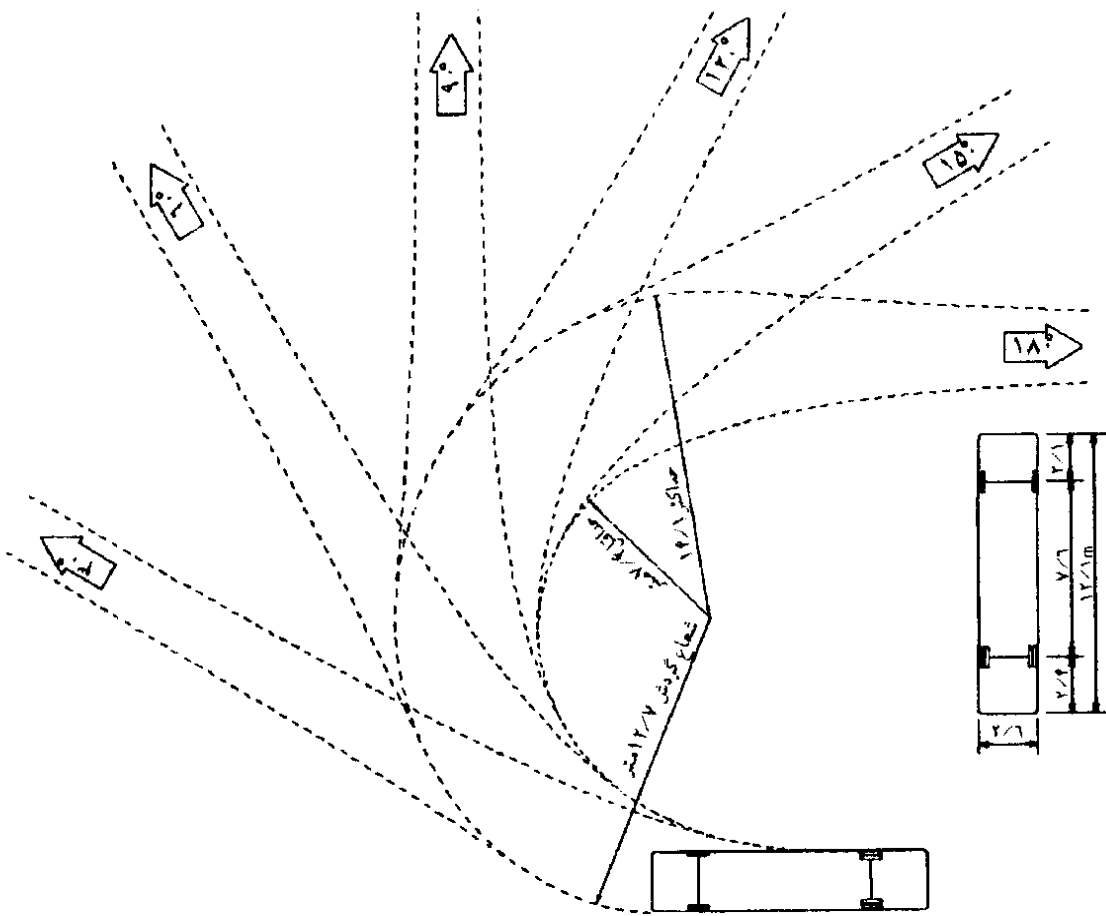
نوع وسیله نقلیه طرح	اتومبیل سواری	کامیون منفرد	اتوبوس	اتوبوس مفصلی	تریلی متوسط	تریلی بزرگ	تریلی کمرشکن
	P	SU	BUS	A-BUS	WB-40	WB-50	WB-60
حداقل شعاع خارجی	۷٫۳	۱۲٫۷	۱۲٫۷	۱۱٫۵	۱۲٫۱	۱۳٫۶	۱۳٫۶
حداقل شعاع داخلی	۴٫۲	۸٫۴	۷٫۴	۴٫۲	۵٫۷	۵٫۸	۶٫۷
حداکثر شعاع خارجی	۸٫۹	۱۳٫۴	۱۴٫۱	۱۲٫۹	۱۲٫۶	۱۴٫۰	۱۳٫۸

شکل ۳-۱۶ - نمودار گردش نمای سواری (متر) [۲۲]

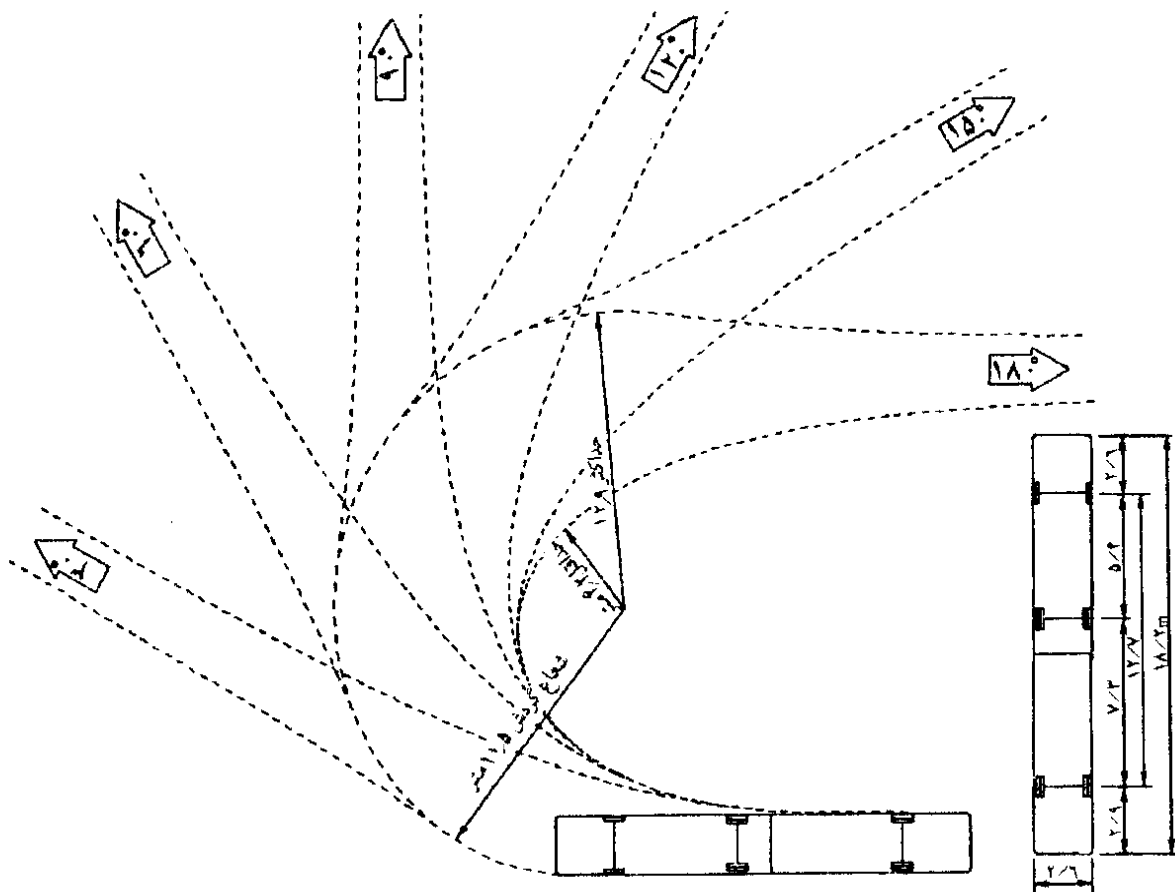


شکل ۳-۱۷ - نمودار گردش نمای کامیون (متر) [۲۲]





شکل ۱۸-۳- نمودار گردش نمای اتوبوس (متر) [۲۲]



شکل ۱۹-۳- نمودار گردش نمای اتوبوس مفصلي (متر) [۲۲]

برای طراحی تقاطع‌هایی که دارای ترافیک کامیون یا اتوبوس های بزرگ هستند، وسیله نقلیه طرح را باید هم از نوع تریلی و هم از نوع اتوبوس های بزرگ در نظر گرفت. همچنین توصیه شده است برای طراحی تقاطع های مراکز شهرهای بزرگ که در آنها تردد و سرویس دهی اتوبوس های مفصلی وجود دارد، از شکل ۳-۱۹ استفاده گردد [۲۲].

در شکل های ۳-۲۰ الی ۳-۲۳ نمونه هایی از نمودار گردش نمای چهار نوع از وسایل نقلیه طرح دستورالعمل آلمان شامل اتومبیل سواری، کامیون دومحور، اتوبوس و اتوبوس مفصلی درحالتی که راننده وسیله نقلیه طرح با سرعت مناسب و با گرداندن تدریجی و پیوسته فرمان به قوس وارد شود و پس از گردش نیز با همین حالت یعنی با گرداندن تدریجی و پیوسته فرمان در خط مستقیم قرار گیرد، نشان داده شده است [۷۶].

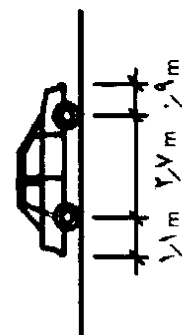
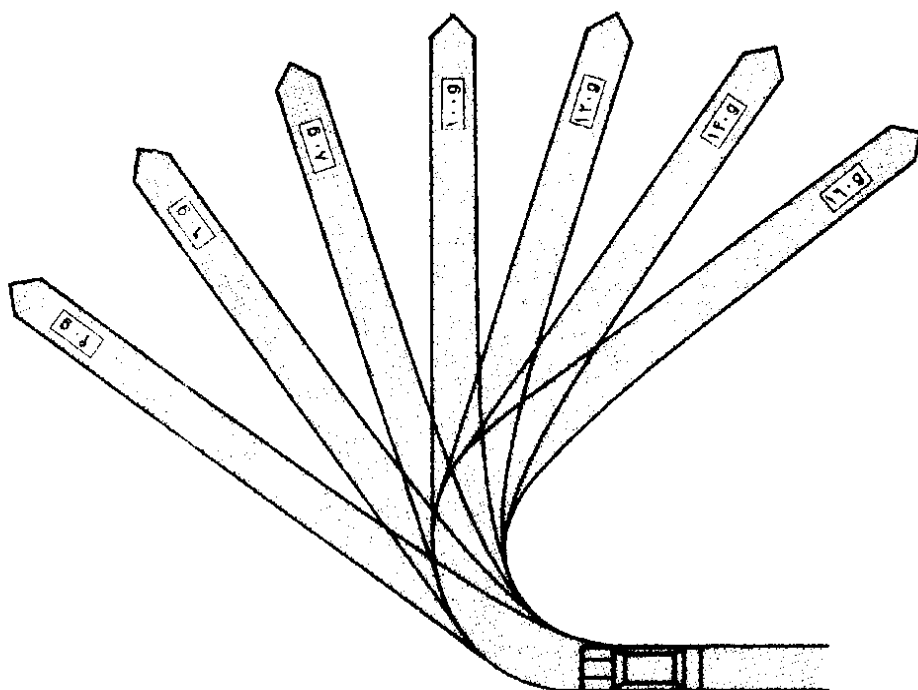
جدول ۳-۴- شعاع گردش خارجی براساس دستورالعمل آلمان [۹۵]

نوع وسیله نقلیه طرح	اتومبیل سواری	کامیون	اتوبوس	اتوبوس مفصلی
شعاع گردش خارجی (متر)	۵/۸۰	۷/۸۰	۱۱/۰۰	۱۲/۰

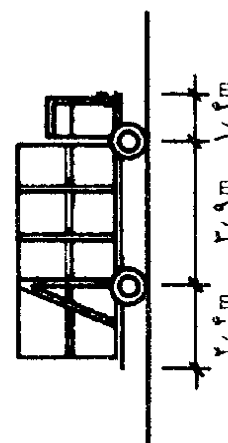
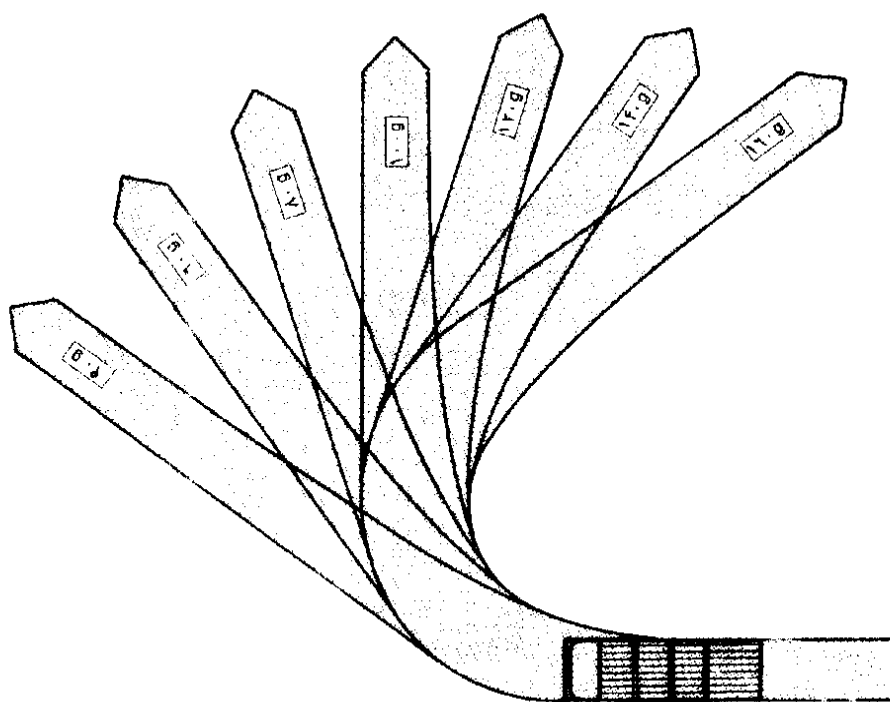
### ۳-۳-۴- وسیله نقلیه طرح پیشنهادی برای تقاطع های همسطح ایران

باتوجه به جداول ۳-۳ و ۳-۴ و همچنین از مقایسه نمودارهای گردش نمای وسایل نقلیه آشتو (امریکایی) و آلمان (کشورهای اروپایی) ملاحظه می شود که وسایل نقلیه اروپایی از استاندارد پایین تری برخوردار بوده و دارای شعاع گردش های کوچکتری هستند. باتوجه به اینکه اکثر وسایل نقلیه موجود در ایران از نوع اروپایی هستند، بهتر است از وسایل نقلیه طرح ارائه شده در دستورالعمل های اروپایی، نظیر آلمان برای ایران استفاده شود.

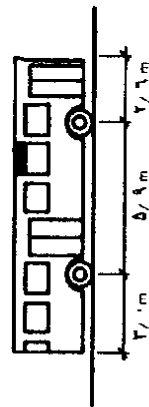
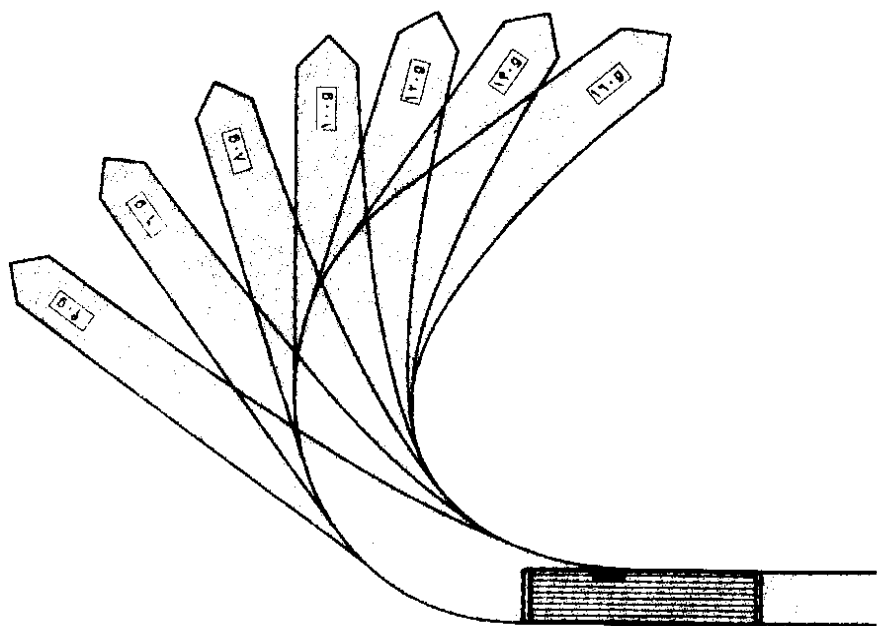




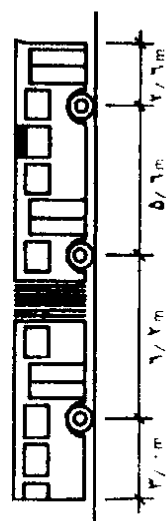
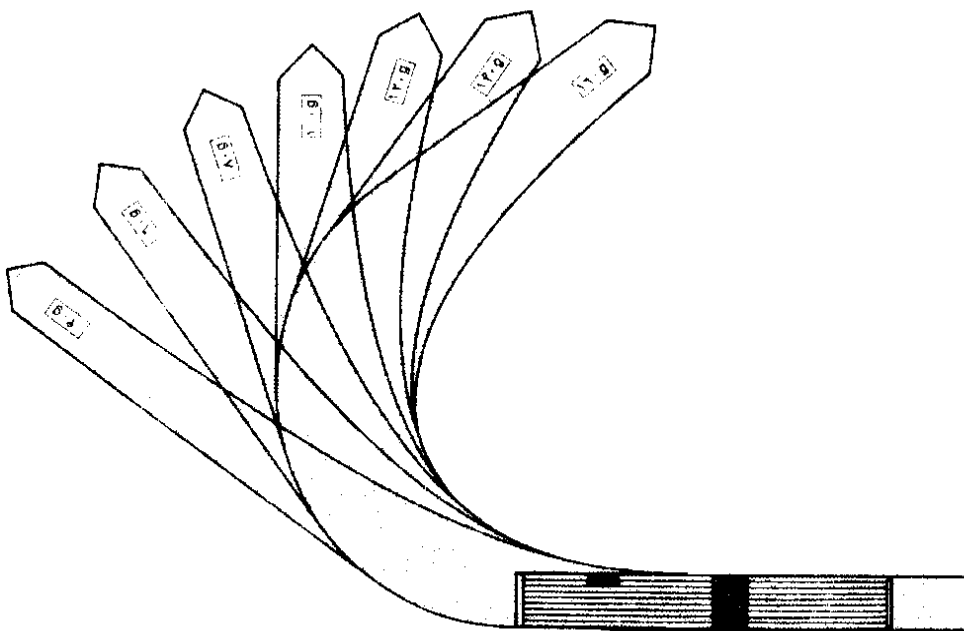
شکل ۳-۲۰- نمودار گردش نمای سواری [۷۶]



شکل ۳-۲۱- نمودار گردش نمای کامیون [۷۶]



شکل ۳-۲۲ - نمودار گردش نمای اتوبوس [۷۶]



شکل ۳-۲۳ - نمودار گردش نمای اتوبوس مفصلی [۷۶]

### ۳-۴- تنظیم موقعیت و شیب تقاطع

تقاطع ها نقاط برخورد وسایل نقلیه، عابرین پیاده و دیگر تسهیلات موجود بوده و ذاتاً نقاط خطر سازی را تشکیل می دهند. بنابراین امتداد و شیب ورودی های تقاطع باید این امکان را به راننده بدهد که به راحتی و با دید کامل، حرکت های لازم را برای عبور از تقاطع با ایمنی کافی و حداقل برخورد با سایر وسایل نقلیه انجام دهد. به همین سبب امتداد خیابانها در محل تقاطع باید حتی المقدور مستقیم و کم شیب باشد. تنظیم شیب سطح سواره رو در محدوده تقاطع نیز بخاطر ایجاد هماهنگی با نیمرخ های طولی و عرضی و امتداد محورهای متقاطع و همچنین تخلیه مناسب آبهای سطحی از اهمیت خاصی برخوردار است.

#### ۳-۴-۱- موقعیت تقاطع

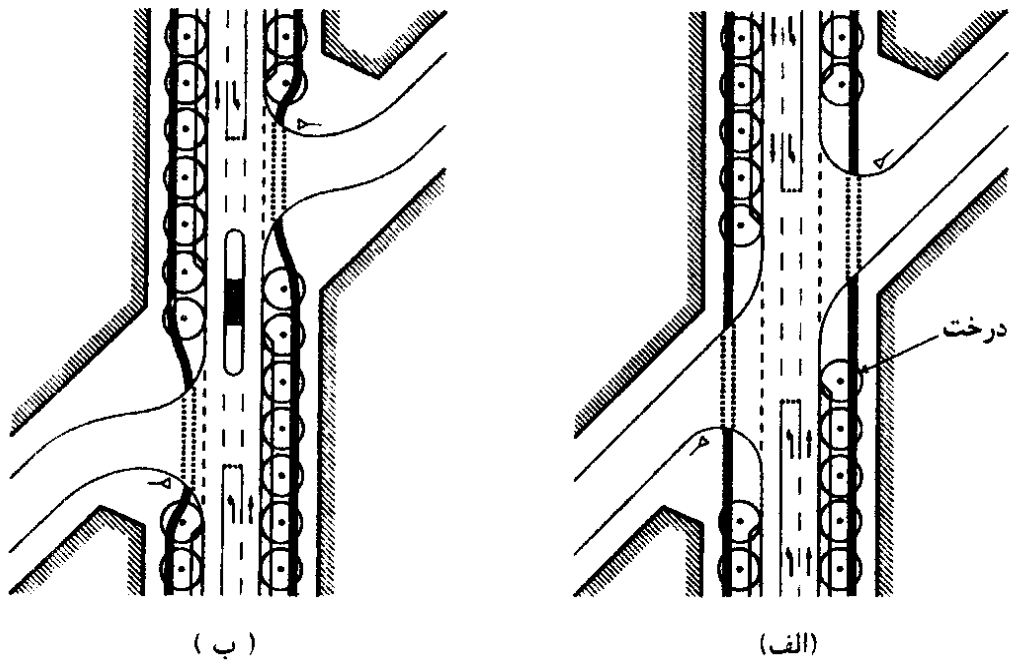
##### ۳-۴-۱-۱- پلان

اصولاً مناسب ترین محل برای تقاطع ها، قسمت های مستقیم و دارای شیب یکنواخت خیابانها است. چنانچه امکان ایجاد تقاطع در مسیرهای مستقیم وجود نداشته باشد، تقاطع باید به گونه ای واقع گردد که وسایل نقلیه پیش از رسیدن به تقاطع وارد قوس شده باشند. به هر حال در تقاطع ها باید از ایجاد قوس های تند یا تغییرات شدید در پلان اجتناب گردد. حتی الامکان جهت قوس هر محور باید به نحوی باشد که بر بلندی (دور) قوس با شیب طولی محور متقاطع با آن هم جهت باشد.

باتوجه به مسائل ایمنی و اقتصادی تقاطع ها، مناسب ترین زاویه تقاطع ۹۰ درجه و یا نزدیک به آن است. تقاطع های با زاویه مایل مستلزم سطح تداخل بزرگتری بوده و میدان دید را بویژه برای رانندگان کامیون کاهش می دهند. همچنین وسایل نقلیه طویل برای گردش به راست یا چپ نیاز به فضای زیادی خواهند داشت و در صورت عدم وجود چنین فضایی، خط های دیگر خیابان را اشغال خواهند نمود. به این ترتیب در جریان ترافیک تقاطع آشفته گی پدید آمده و از ایمنی آن کاسته خواهد شد. در دستورالعمل های مختلف، حداکثر دامنه تغییرات مجاز زاویه تقاطع نسبت به زاویه قائمه بین ۲۰ تا ۳۰ درجه معرفی شده است [۷۶، ۶۵، ۶۴، ۲۲، ۴].

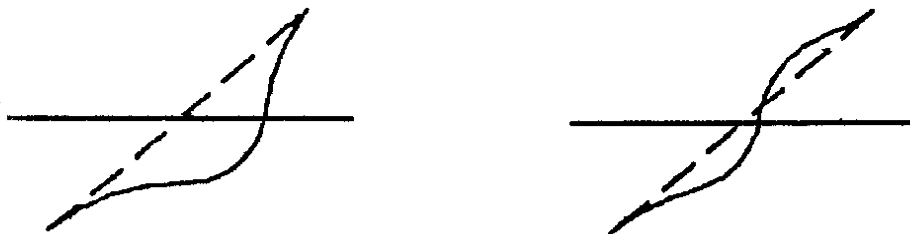
در بازسازی شبکه های موجود باید سعی گردد حتی الامکان تقاطع های با زاویه کوچکتر از ۶۰ درجه اصلاح شوند. معمولاً چنین اصلاحاتی در صورتی عملی است که در اطراف تقاطع حریم کافی وجود داشته و یا اصلاح تقاطع، جزئی از بازسازی شهری باشد. همچنین در ساماندهی خیابانهای شهری و مشخص ساختن خیابان های شریانی و محلی باید سعی شود تقاطع هایی که زاویه کوچک دارند بسته شده و ترافیک آنها به تقاطع هایی که زاویه آنها به قائمه نزدیک است منتقل گردد.

هنگام اصلاح طرح هندسی تقاطع ها باید بین ارزش های معماری و شهرسازی و نیازهای ترافیکی و طرح هندسی نوعی توازن ایجاد نمود [۷۶]. شکل ۳-۲۴ نمونه ای از اینگونه موارد را نشان می دهد. در حالت (الف) با حفظ محوریت خیابان فرعی از دیدگاه شهرسازی، تقاطعی با سطوح سواره روی نسبتاً بزرگ و زوایای نامناسب برای گردش به چپ های ورودی بدست آمده است. در حالی که در حالت (ب) با اهمیت دادن به نیازهای ترافیکی، دو تقاطع فشرده و مجزا بدست آمده است.



شکل ۳-۲۴- نمونه هایی از اولویت دادن به ارزش های شهرسازی یا ترافیکی در طرح هندسی تقاطع [۷۶]

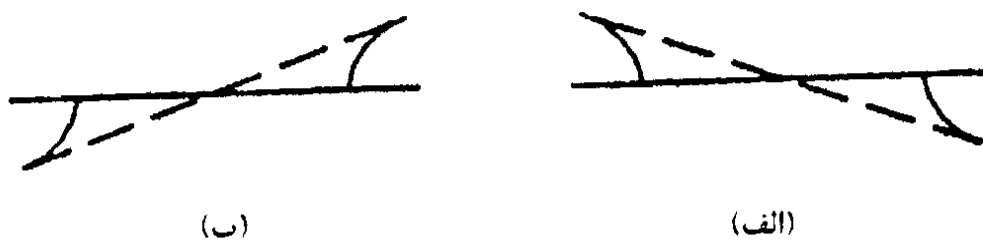
روش های مختلفی برای اصلاح تقاطع های دارای زاویه حاده وجود دارد. در شکل ۳-۲۵ دو روش اصلاح مسیر در تقاطع های مایل نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۵- دو روش اصلاح مسیر در تقاطع های با زاویه حاده (کمتر از ۶۰ درجه) [۲۲]

چنانچه زاویه برخورد خیابان های منتهی به تقاطع کوچکتر باشد، در آن صورت روش های دیگری برای اصلاح اینگونه مسیرها وجود دارد که در شکل ۳-۲۶ دو نمونه آن ارائه شده است. در اینگونه موارد خیابان فرعی منتهی به تقاطع با یک قوس ساده به خیابان اصلی متصل می شود.

چنانچه خیابان اصلی در قوس واقع بوده و ورودی فرعی مماس بر آن باشد، اصلاح مسیر فرعی مطابق شکل ۳-۲۷ مفید خواهد بود. این طرح نیز ممکن است معایبی از قبیل وجود بریلندی معکوس در تقاطع به همراه داشته باشد.



شکل ۳-۲۶- نحوه اصلاح مسیر در تقاطع های با زاویه تند [۲۲]



شکل ۳-۲۷- نمونه روش اصلاح مسیر در تقاطع های واقع در قوس افقی [۲۲]

۳-۴-۱-۲- نیمرخ

در تقاطع ها باید حتی المقدور از تغییر و ترکیب شیب هایی که کنترل وسیله نقلیه را مشکل می سازد اجتناب شود. وجود فاصله دید کافی در هریک از دو خیابان اصلی و فرعی تقاطع یکی از موارد ضروری طراحی تقاطع است.

قابلیت تشخیص و شرایط دید یک تقاطع، وقتی در بهترین وضعیت است که خیابانهای منتهی به تقاطع در گودی واقع شوند. از این دیدگاه تقاطع های مقعر (گود) بهترین نوع تقاطع ها هستند. برعکس، تقاطع ها نباید چنان طراحی شوند که در محدوده تقاطع یک برآمدگی تشکیل شود. اگر یکی از دو خیابان منتهی به تقاطع به ناچار بر روی برآمدگی قرار گیرد، باید قابلیت تشخیص تقاطع را با اقدامات جانبی در تقاطع (مثلاً ایجاد حفاظ وسط) و یا در محیط اطراف آن (مثلاً با ایجاد درخت یا بنا) بهبود بخشید. در طرح تقاطع ها باید توجه داشت که

ایجاد یک قوس افقی تند در ادامه یک قوس قائم محدب شرایط نامطلوبی را بوجود می آورد، لذا از ایجاد آن باید احتراز نمود.

شیب طولی مسیرهای منتهی به تقاطع باید حتی الامکان ملایم باشد و برای این منظور بهتر است شیب طولی خیابانها در محل تقاطع به یک درصد محدود گردد، مع الوصف این شیب را می توان تا ۳ درصد افزایش داد و حتی در شرایط خاص که محدود کردن شیب تقاطع به ۳ درصد مستلزم مخارج سنگینی باشد این شیب را می توان تا ۶ درصد نیز افزایش داد [۴، ۲۲]. در دستورالعمل آلمان شیب طولی مسیر اصلی در محدوده تقاطع به ۴ درصد محدود گردیده است [۷۶]. به هر حال در ورودی های تقاطع باید خطوط شیب طولی تا فاصله مناسبی از تقاطع امتداد پیدا کند، تا زهکشی تقاطع بنحو مناسبی صورت گیرد. معمولاً خط شیب خیابان اصلی در محل تقاطع ثابت نگه داشته شده و شیب عرضی خیابان فرعی، متناسب با آن اصلاح می گردد. چنین حالتی مستلزم تغییر حالت تاج خیابان فرعی به یک مقطع عرضی با شیب یکطرفه در محل تقاطع با خیابان اصلی است.

شیب طولی ورودی های فرعی تقاطع باید به خاطر قابلیت تشخیص تقاطع و مسائل حرکتی وسایل نقلیه در فاصله تقریباً ۲۵ متری لبه خیابان اصلی حداکثر ۵/۲ درصد باشد. البته در داخل مناطق ساخته شده و پرتراکم شهری رعایت این مقادیر در هنگام بهسازی تقاطع همیشه عملی نیست، ولی در هر حال باید شیب طولی بازوی فرعی در محدوده تقاطع از حداکثر شیب مجاز آن در طول مسیر کمتر باشد [۷۶].

### ۳-۴-۲- شیب بندی تقاطع

شیب بندی محدوده تقاطع و مسیرهای ورودی آن به دلایل زیر باید مورد توجه قرار گیرد :

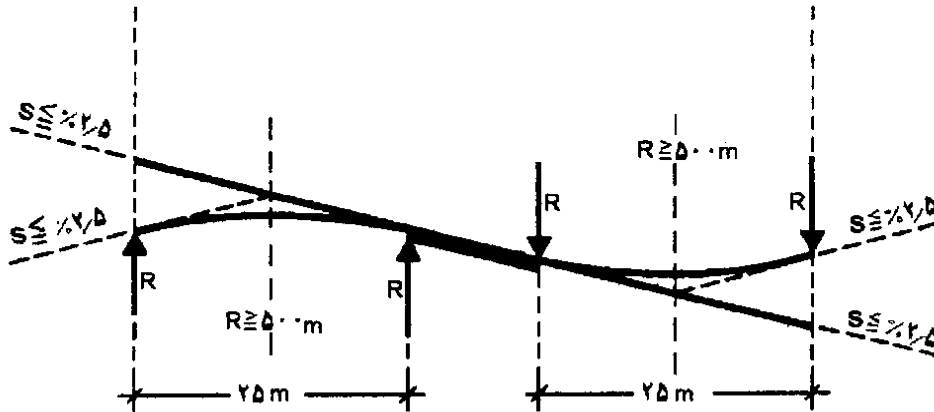
- تنظیم شیب خیابان های اصلی و فرعی
- تخلیه آبهای سطحی

### ۳-۴-۲-۱- تنظیم شیب خیابان های اصلی و فرعی

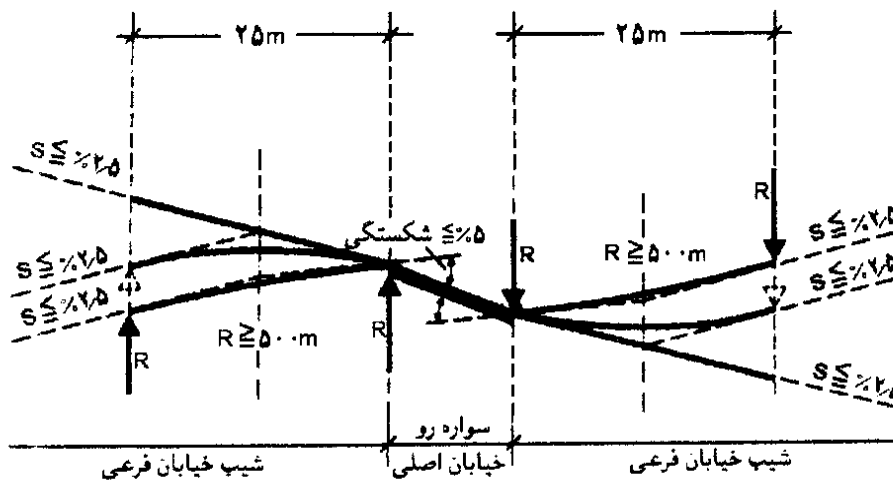
انطباق شیب طولی ورودی های فرعی تقاطع با شیب عرضی ورودی های اصلی (در محل تقاطع) از جمله نکات مهمی است که ضمن طرح تقاطع باید بدان توجه داشت. اگر چه شیب های مذکور می توانند متفاوت باشند، اما در مناطق کم تراکم این تفاوت باید در حدی باشد که بتوان اتصال لبه های سواره رو را به صورت گرد شده و بدون شکستگی طراحی نمود. چنین حالتی در شکل ۳-۲۸ نشان داده شده است.

در داخل مناطق ساخته شده، ورودی های فرعی تقاطع معمولاً با یک شکستگی که در صورت نیاز می توان لبه آن را گرد کرد، به خیابان اصلی متصل می گردند. این وضعیت نیز در شکل ۳-۲۹ نشان داده شده است. شکستگی های محسوس (بیش از ۵ درصد) باید همیشه گرد شود. شعاع قوس قائم مقعر و محدب در نواحی

کم تراکم شهری مساوی یا بزرگتر از ۵۰۰ متر در نظر گرفته می شود. در نواحی پرتراکم شهری، طول قوس قائم حتی در خیابان های کم تردد نیز نباید کوچکتر از ۱۰ متر باشد تا شروع به حرکت خودروهای متوقف شده آسان گردد [۷۶].



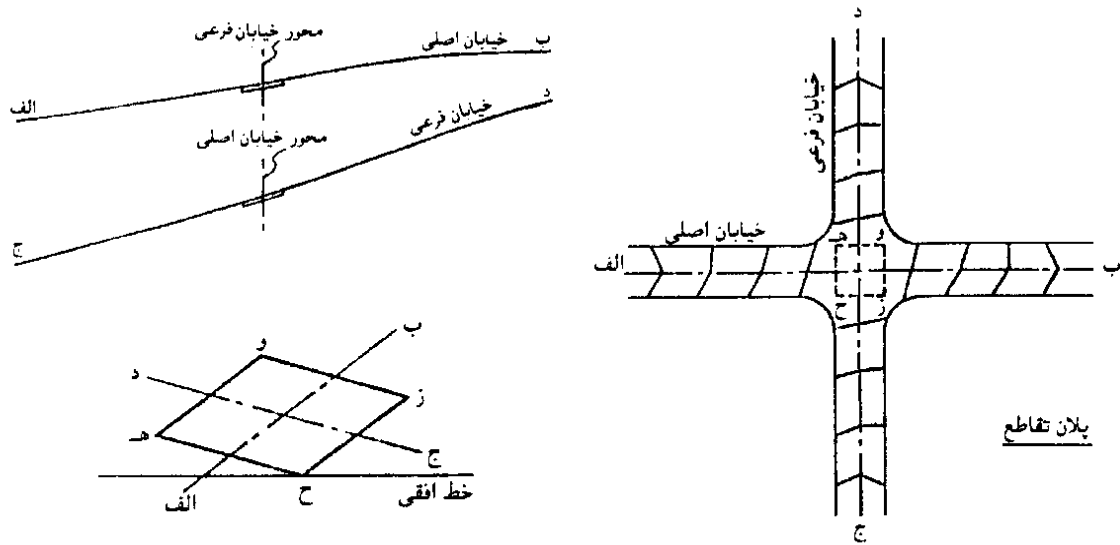
شکل ۳-۲۸- اتصال بدون شکستگی خیابان فرعی به خیابان اصلی  
در مناطق کم تراکم یا ساخته نشده [۷۶]



شکل ۳-۲۹- اتصال با شکستگی خیابان فرعی به خیابان اصلی  
در داخل مناطق ساخته شده [۷۶]

بعضی مواقع، به علت شرایط خاص تقاطع، ممکن است بهتر باشد که نیمرخ عرضی خیابان های اصلی و فرعی، هر دو تغییر یافته و با وضعیت تقاطع تطبیق داده شوند. شکل ۳-۳۰ حالتی را نشان می دهد، که در آن نیمرخ های عرضی خیابان های اصلی و فرعی بطور توأم برای تطبیق با تقاطع تغییر داده شده است.

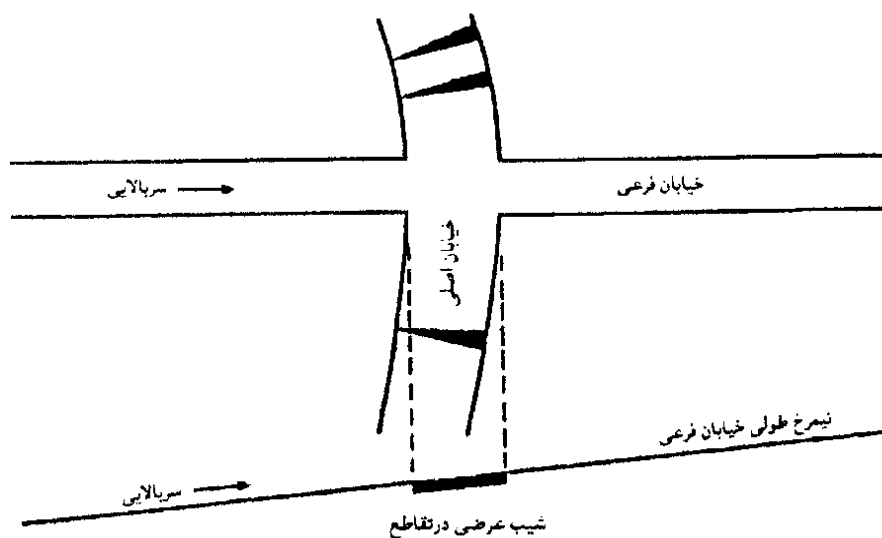
معمولاً تأمین بریلندی در قوس های واقع در محدوده تقاطع با پیچیدگی روبرو می شود. لذا در موقع طراحی شبکه، باید دقت لازم در مورد نحوه قرارگیری قوس نسبت به محور فرعی معمول گردد.



شکل ۳-۳۰- تغییر توأم نیمرخ های عرضی خیابان اصلی و فرعی در محل تقاطع [۴]

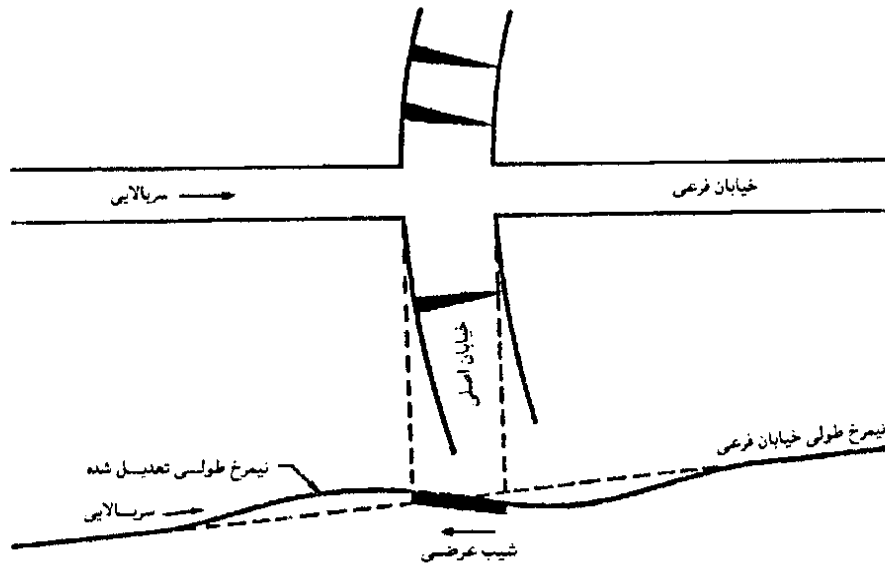
درحالتی که خیابان اصلی در قوس قرار دارد، اگر جهت شیب عرضی قوس، هم جهت با شیب طولی خیابان فرعی باشد تطبیق مقطع عرضی خیابان اصلی با شیب طولی خیابان فرعی بطور طبیعی انجام می‌شود [۲، ۶۵]. این وضعیت در شکل ۳-۳۱ نشان داده شده است.

اگر این دو شیب هم جهت نباشند، نیمرخ طولی خیابان فرعی را مطابق شکل ۳-۳۲ باید چنان تغییر داد که جهت شیب آن با جهت شیب قوس اصلی در تقاطع یکی شود. در چنین حالتی به علت محدودیت دید، استفاده از جزایر جداکننده جهت کاهش احتمال برخورد در تقاطع، بصورتی که در شکل ۳-۳۳ نشان داده شده توصیه می‌گردد [۶۵].

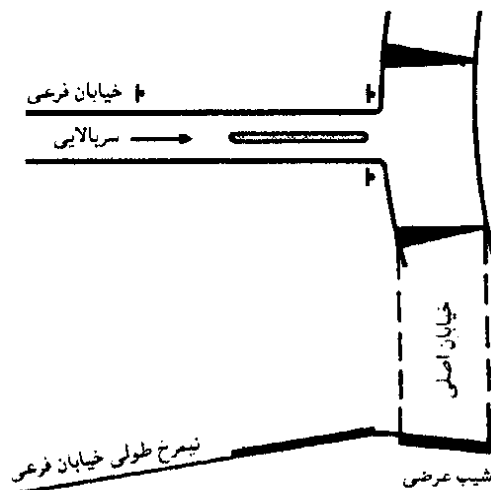


شکل ۳-۳۱- هماهنگی بریلندی خیابان اصلی با شیب طولی خیابان فرعی [۴]





شکل ۳-۳۲- تغییر نیمرخ طولی خیابان فرعی به منظور تطبیق با بریلندی خیابان اصلی [۴]



شکل ۳-۳۳- استفاده از جزایر جداکننده برای کاهش احتمال برخورد در تقاطع [۶۵]

### ۳-۴-۲-۲- تنظیم شیب برای تخلیه آبهای سطحی

برای تخلیه آبهای سطحی تقاطع، تأمین شیب طولی حداقل یک درصد (و حداقل ۵/۰ درصد برای ترکیب شیب های طولی و عرضی) در خیابان های اصلی و فرعی محدوده تقاطع الزامی است. تنظیم توأم شیب های طولی و عرضی دومیتر متقاطع یکی از مشکل ترین گامهای طراحی تقاطع است، زیرا تنظیم شیب طولی یک مسیر به معنای تغییر شیب عرضی مسیر دیگر است. بعلاوه باید ضمن ایجاد هماهنگی بین

مشخصات هندسی دوماحور متقاطع، تخلیه آبهای سطحی تقاطع را نیز بنحو مناسب و مطلوبی انجام داد. برای این منظور باید نیمرخ طولی گوشه های تقاطع را رسم کرده و با توجه به وضعیت تخلیه آبها در محل تقاطع و حدود قابل قبول شیب عرضی، وضعیت رقوم سطح تمام شده تقاطع را برحسب ارتفاع نقاطی که به فاصله ۵ متر از یکدیگر قرار دارند به صورت شبکه ارائه داد [۶].

رقوم نقاط شبکه مذکور باید به نحوی تعیین شوند که نیمرخ طولی گوشه های تقاطع بدون شکستگی وملایم بوده و علاوه برآن، محل تخلیه آبهای سطحی در نقاط خط القعر این نیمرخها قرار گیرد. بنابراین برای تعیین رقوم نقاط مختلف تقاطع، باید پس از تهیه نیمرخهای طولی گوشه ها و تغییر و تعدیل آنها، ارتفاع نقاط واقع درلبه گوشه های جزایر و سایر نقاط را بدست آورد. اصول کلی که باید برای تخلیه آبهای سطحی مورد توجه قرار گیرند، عبارتند از :

- شیب خیابان اصلی در محل تقاطع ثابت مانده و شیب خیابان فرعی با آن تطبیق داده شود.
  - آبهای سطحی مربوط به یک ورودی تقاطع نباید به ورودی های دیگر منتقل گردد.
  - بدلیل سرعت پایین حرکت های گردش ورودی و خروجی در تقاطع های همسطح باید به نیازهای فنی تخلیه آبهای سطحی، در برابر نیازهای دینامیکی حرکت گردش اولویت داده شود.
  - جزایر محدوده تقاطع می توانند کار تخلیه آبهای سطحی را آسانتر کنند، زیرا آنها سطوح تقاطع را مطابق اصول فنی تخلیه آبهای سطحی به نواحی کوچکتری تقسیم می کنند که تأمین شیب عرضی مناسب از لحاظ دینامیک حرکت را امکان پذیر نموده و تنظیم نقاط گود با محل آبروها را درحاشیه جزایر میسر می سازند.
- بطورکلی، طول تغییر شیب ( $\Delta S$ )، مبنای تنظیم پلان رقومی تقاطع و درصورت نیاز، تهیه پلان خطوط تراز است. از پلان خطوط تراز علاوه برکنترل پلان رقومی برای یافتن نقاط گود و تعیین محل آبروها نیز استفاده بعمل می آید.

### ۳-۵- میدان دید در تقاطع

یکی از عوامل مؤثر در حرکت ایمن وسایل نقلیه در تقاطع ها، وجود میدان دید کافی است. فراهم بودن دید کافی برای رانندگان وسایل نقلیه در تقاطع های همسطح از دو جنبه باید کنترل شود :

- فاصله دید توقف

- میدان دید ورود

### ۳-۵-۱- فاصله دید توقف

تقاطع همسطح محل تداخل و برخورد احتمالی وسایل نقلیه است. علاوه بر این، حضور عابرین پیاده و دوچرخه سواران، میزان درگیری های احتمالی تقاطع را بیشتر می کند. بدین منظور، رانندگان باید بتوانند تقاطع را از فاصله کافی بخوبی تشخیص دهند، تا در صورتی که در این نقطه پرخطر با مانعی مواجه شدند قادر به انجام عکس العمل سریع باشند. علاوه بر این، ممکن است رانندگان وسایل نقلیه در تقاطع قصد تغییر مسیر حرکت خود را داشته باشند، که این نیز مستلزم تشخیص تقاطع از فاصله مناسب است. فاصله دید لازم برای توقف از رابطه زیر بدست می آید [۶۵] :

$$SSD = \frac{R_T V}{3.6} + \frac{V^2}{254d} \quad (۱-۳)$$

که در آن :

SSD فاصله دید توقف (متر)،

$R_T$  زمان عکس العمل راننده (ثانیه)،

$V$  سرعت عملکردی ۸۵ درصد وسایل نقلیه هنگام نزدیک شدن به تقاطع (چنانچه این سرعت معلوم

نباشد از سرعت طراحی راه استفاده می شود) برحسب کیلومتر در ساعت و

$d$  نسبت شتاب کاهنده وسیله نقلیه به شتاب جاذبه (هنگام نزدیک شدن به تقاطع) است.

فاصله دید بحرانی در تقاطع ها به مراتب بزرگتر از فاصله دید لازم در سایر عناصر خیابان همچون قوس ها و غیره است. بدین منظور در رابطه ۳-۱ مقادیر  $d$  کوچکتری مورد استفاده قرار می گیرد تا برای فاصله دید توقف تقاطع های شهری مقادیر بزرگتری بدست آید.

شیب مسیر ورودی تقاطع در مسافت دید توقف مؤثر است. در سربالایی مسافت دید توقف کوتاهتری موردنیاز است و در سرازیری مسافت دید توقف بزرگتر.

جدول ۳-۵ که از دستورالعمل استرالیا [۶۵] استخراج شده، براساس رابطه ۳-۱ و با در نظر گرفتن زمان عکس العمل ۱/۵ ثانیه برای راننده بدست آمده است و فاصله دید توقف لازم برای وسایل نقلیه، هنگام نزدیک شدن به تقاطع را مشخص می سازد.

جدول ۳-۵- فاصله دید توقف تقاطع براساس دستورالعمل استرالیا (متر) [۶۵]

(زمان عکس العمل راننده برابر  $R_T = 1/5 \text{ Sec}$ )

شیب طولی خیابان (درصد)					سرعت
-۸	-۴	۰	+۴	+۸	(کیلومتر در ساعت)
۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۴۰
۴۵	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۵۰
۶۰	۵۵	۵۵	۵۵	۵۰	۶۰
۸۰	۷۵	۷۰	۷۰	۶۰	۷۰
۱۰۵	۱۰۰	۹۵	۹۰	۸۵	۸۰

در دستورالعمل آلمان [۷۶] براساس شیب و نوع مسیر منتهی به تقاطع و سرعت ۸۵ درصد وسایل نقلیه، حداقل فاصله دید توقف لازم در محل تقاطع، مطابق جدول ۳-۶ پیشنهاد گردیده است. در این دستورالعمل قید گردیده که چنانچه تأمین فواصل مندرج در این جدول مقدور نباشد، باید اقداماتی همچون محدودسازی سرعت و یا سایر اقدامات مورد توجه قرار گیرد.

جدول ۳-۶- حداقل فاصله دید توقف در تقاطع ها مطابق دستورالعمل آلمان (متر) [۷۶]

شیب طولی خیابان					سرعت ۸۵ درصد (کیلومتر در ساعت)	درجه بندی خیابان
-۸	-۴	۰	+۴	+۸		
۱۴۵	۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۵	۸۰	A خیابانهای با کنترل دسترسی در مناطق کم تراکم یا ساخته نشده
۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۵	۸۰	۷۰	
۸۰	۷۰	۷۰	۶۵	۶۰	۶۰	
۶۰	۵۵	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	
۹۵	۸۵	۸۰	۷۵	۷۰	۷۰	B خیابانهای با کنترل دسترسی در مناطق پرتراکم یا ساخته شده
۷۰	۶۵	۶۰	۵۵	۵۵	۶۰	
۵۰	۴۵	۴۰	۴۰	۴۰	۵۰	
۴۰					۵۰	خیابانهای بدون کنترل دسترسی اصلی و جمع و پخش کننده در مناطق پرتراکم یا ساخته شده
۲۵					۴۰	
۱۵					۳۰	خیابان های محلی و دسترسی

در جدول ۷-۳ نیز فاصله دید توقف در ورودی تقاطع ها مطابق دستورالعمل آشتو [۲۲] آمده است. این فواصل براساس زمان عکس العمل ۵/۲ ثانیه محاسبه شده اند. در جدول ۸-۳ نیز تصحیح لازم برای شیب مسیر ارائه شده است.

جدول ۷-۳- فاصله دید توقف مطابق دستورالعمل آشتو (متر) [۲۲]

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۳۰	۴۰	۵۰	۵۵	۶۵	۷۰	۸۰
فاصله دید توقف (متر)	۳۸ (۳۸)*	۴۶ (۴۶)	۶۱ (۶۱)	۶۹ (۷۶)	۸۴ (۹۹)	۹۹ (۱۲۲)	۱۲۲ (۱۴۵)

\* اعداد داخل پرانتز مربوط به روسازی خیس هستند. بطور کلی می توان فاصله دید را عددی بین دو مقدار فوق در نظر گرفت.

جدول ۸-۳- اثر شیب در فاصله دید توقف مطابق دستورالعمل آشتو (متر) [۲۲]

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	شیب سربا لایی (درصد)			شیب سربا تین (درصد)		
	۳	۶	۹	۳	۶	۹
۵۰	۳	۶	۹	۳	۶	۹
۶۵	۶	۱۲	۲۱	۳	۶	۹
۸۰	۹	۲۱	-	۶	۹	-

توضیح: اعداد جدول فوق در سربا تینی ها به مسافت دید اضافه شده و در سربا لایی ها از آن کم می شوند.

از مقایسه جداول شماره ۵-۳، ۶-۳ و ۷-۳ مشخص می شود که دستورالعمل آشتو ارقام به مراتب بالاتری برای مسافت دید توقف تقاطع نسبت به سایر دستورالعمل ها ارائه می نماید. از آنجائیکه در مناطق شهری معمولاً محدودیت فضا وجود دارد، کاربرد این ارقام منتهی به طرح های غیر اقتصادی می شود. بنابراین توصیه می شود که ارقام مسافت دید مطابق دستورالعمل آلمان (جدول ۶-۳) بعنوان حد بالا و ارقام پیشنهادی دستورالعمل استرالیا (جدول ۵-۳) به عنوان حد پائین مورد استفاده قرار گیرد. در جدول ۹-۳ حداقل مسافت دید توقف پیشنهادی برای تقاطع های همسطح شهری ایران ارائه شده است.

جدول ۳-۹- حد اقل مسافت دید توقف پیشنهادی  
برای تقاطع های همسطح شهری ایران (متر)

شیب طولی خیابان (درصد)					سرعت عملکردی (کیلومتر در ساعت)
+۸	+۴	۰	-۴	-۸	
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۳۰
۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۴۰
۴۰	۴۰	۴۰	۴۵ (۴۰)	۵۰ (۴۵)	۵۰
۵۵ (۵۰)	۵۵	۶۰ (۵۵)	۶۵ (۵۵)	۷۰ (۶۵)	۶۰
۷۰ (۶۰)	۷۵ (۷۰)	۸۰ (۷۰)	۸۵ (۷۵)	۹۵ (۸۰)	۷۰

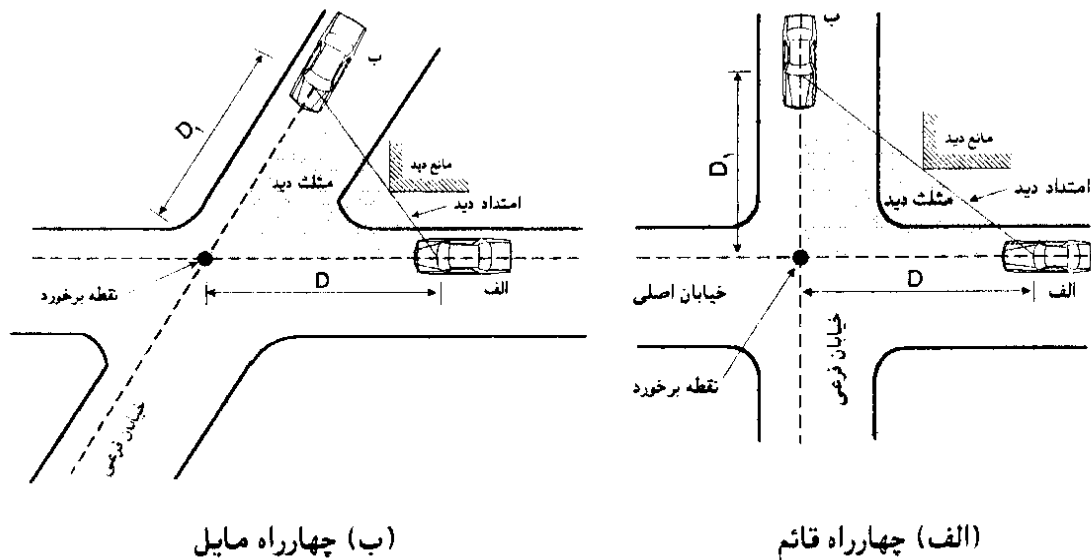
توضیح : اعداد داخل پرانتز مربوط به شرایطی است که محدودیت فضا وجود دارد.

۳-۵-۲- میدان دید ورود

در تقاطع ها، رانندگان وسایل نقلیه ای که می خواهند از مسیر فرعی به خیابان اصلی وارد شوند یا از عرض آن بگذرند باید بتوانند از فاصله مناسب، وسایل نقلیه ای را که در خیابان اصلی در حال حرکت هستند ببینند و با ارزیابی موقعیت این وسایل، فرصت عبور ایمن را تشخیص داده و از بروز تصادف در تقاطع جلوگیری نمایند. تأمین میدان دید در تقاطع با دور کردن و یا از بین بردن موانع دید راننده انجام می شود. به محدوده ای از تقاطع که باید عاری از موانع دید باشد 'مثلث دید' گفته می شود.

بدین ترتیب از نظر هندسی مثلث دید مثلثی است که یک ضلع آن چشم راننده را به وسیله نقلیه ای که احتمال برخورد با آن می رود وصل می کند و دو ضلع دیگر آن در امتداد ورودی های اصلی و فرعی تقاطع قرار دارند. شکل ۳-۲۴ مثلث های دید را برای حالات مختلف تقاطع نشان می دهد.

برای رسم مثلث دید باید طول دو ضلعی را که در امتداد ورودی های اصلی و فرعی تقاطع قرار دارند تعیین نمود. ضلعی از مثلث دید که در امتداد مسیر اصلی قرار دارد 'فاصله دید اصلی' نامیده شده و با نماد  $D$  نمایش داده می شود. همچنین ضلعی از مثلث دید را که در امتداد مسیر فرعی قرار دارد 'فاصله دید فرعی' گویند و با نماد  $D_1$  نمایش می دهند. فواصل دید اصلی و فرعی براساس نوع تقاطع و سیستم کنترل حاکم بر آن فرق می کند. در زیر ضوابط کشورهای مختلف برای ترسیم مثلث دید ارائه شده است.



شکل ۳-۳۴- مثلث دید در تقاطع ها

- دستورالعمل آشتو [۲۲]

در دستورالعمل آشتو میدان دید ورود ایمن در تقاطع، برای چهار حالت کنترل ترافیک تقاطع به شرح زیر بدست آمده است :

- تقاطع هایی که با هیچیک از علائم راهنمایی و رانندگی کنترل نمی شوند.
- تقاطع هایی که با تابلوی " رعایت حق تقدم " کنترل می شوند.
- تقاطع هایی که با تابلوی " ایست " کنترل می شوند.
- تقاطع هایی که با چراغ راهنمایی کنترل می شوند.

#### حالت ۱- تقاطع های بدون کنترل

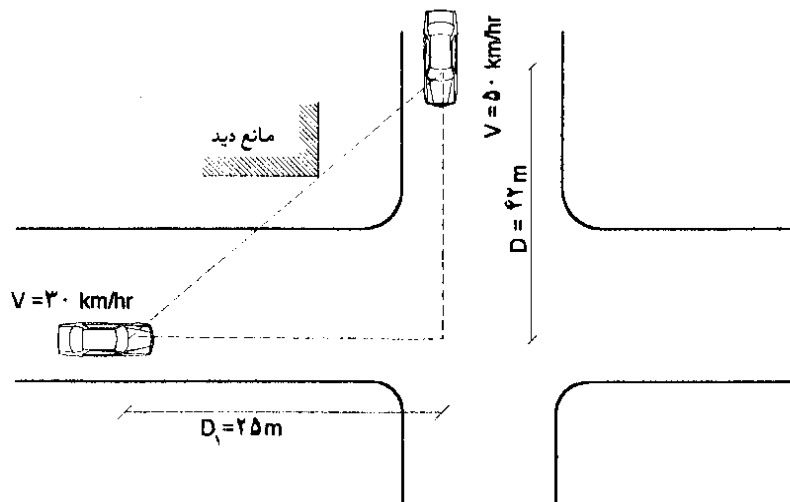
در این نوع تقاطع ها معمولاً قانون حق تقدم سمت راست حاکم است و بدلیل آنکه رانندگان وسایل نقلیه در هر یک از دو مسیر منتهی به تقاطع باید قادر به کاهش سرعت خود تا هنگام رسیدن به تقاطع باشند، لذا مثلث دید لازم برای این منظور وسیع بوده و تأمین چنین میدان دیدی در محدوده شهرها معمولاً غیرعملی است.

براساس توصیه این دستورالعمل، فواصل دید اصلی و فرعی ( $D_1$  و  $D$ ) در این حالت با در نظر گرفتن زمان ۲ ثانیه برای درک و عکس العمل راننده و زمان ۱ ثانیه برای ترمزگیری و تغییر سرعت و عبور بدون توقف از تقاطع از جدول ۳-۱۰ بدست می آید.

جدول ۳-۱۰- حداقل فاصله دید ایمن در تقاطع های بدون کنترل مطابق دستورالعمل آشتو [۲۲]

۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۵	۲۰	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)
۶۷	۵۹	۵۱	۴۲	۳۴	۲۵	۲۱	۱۷	حداقل فاصله دید ایمن (متر)

مثلاً در تقاطع دو خیابان، یکی با سرعت طرح ۳۰ کیلومتر در ساعت و دیگری با سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت که بصورت " بدون کنترل " عمل می کند، حداقل فواصل دید ایمن مطابق جدول ۳-۱۰ بصورت زیر خواهد بود :



در شرایطی که نتوان مثلث دید ایمن مطابق با جدول ۳-۱۰ را تأمین نمود، تقاطع مزبور از نظر دید ناامن خواهد بود. لذا چنانچه ایجاد طولهای حداقل لازم برای تأمین مثلث دید امکان پذیر نباشد، لازم است از علائم کنترل در تقاطع استفاده گردد.

از آنجایی که تأمین میدان دید با روش فوق الذکر در اکثر موارد خطرساز است، لذا ترجیح داده می شود که مثلث دید براساس فاصله لازم برای توقف وسایل نقلیه دومسیر منتهی به تقاطع طراحی گردد. در این صورت راننده وسیله نقلیه ای که در یک مسیر حرکت می کند، مختار خواهد بود که سرعت خود را برای عبور از تقاطع تنظیم کند، یا اینکه بطور کامل توقف نماید. مقادیر فاصله دید توقف در جدول ۳-۷ آمده است.



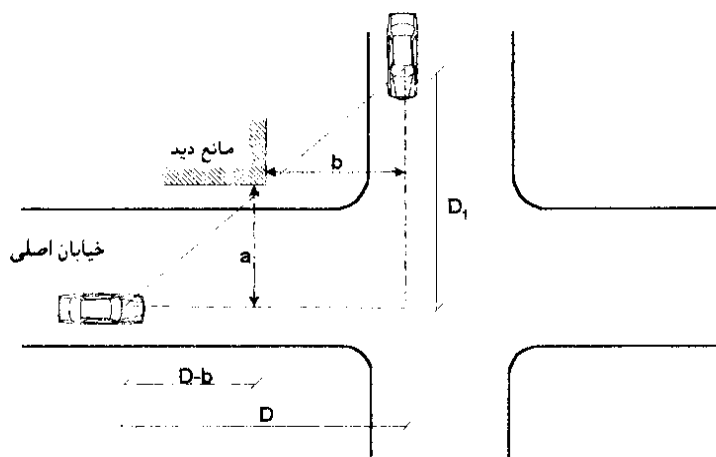
حالت ۲- تقاطع هایی که با تابلوی " رعایت حق تقدم " کنترل می شوند

در این حالت، فاصله دید در دومسیر از جداول ۷-۳ و ۸-۳ بدست می آید. چنانچه مطابق شکل ۳-۳۵ در محدوده این تقاطع ها مانع دید وجود داشته و محل آن قابل تغییر نباشد، باید سرعت وسایل نقلیه در مسیر فرعی به گونه ای محاسبه شود که میدان دید کافی برای مشاهده وسیله نقلیه مسیر اصلی و توقف (در صورت نیاز) تأمین گردد. در این حالت، فاصله دید اصلی (D) براساس سرعت طرح خیابان اصلی و با استفاده از جدول ۷-۳ محاسبه گردیده و سپس با استفاده از آن و براساس فاصله جانبی مانع از ورودی های اصلی و فرعی تقاطع (a و b)، فاصله دید فرعی (D<sub>f</sub>) از رابطه زیر تعیین می گردد.

$$D_f = \frac{a \cdot D}{D - b} \quad (۲-۳)$$

سرعت بحرانی توقف در مسیر فرعی براساس فاصله دید توقف (D<sub>f</sub>) و با استفاده از جدول ۷-۳ بدست می آید. لذا باید علائم کاهش سرعت در مسیر فرعی به گونه ای نصب گردند که سرعت وسایل نقلیه قبل از رسیدن به نقطه ای که فاصله آن از تقاطع D<sub>f</sub> است، به سرعت محاسبه شده فوق برسد.

در صورتیکه محل مانع قابل تغییر باشد، می توان از محاسبات مشابهی جهت تعیین محل مانع برای تأمین فاصله دید کافی در سرعت های در نظر گرفته شده استفاده کرد.



شکل ۳-۳۵- میدان دید لازم در تقاطع های دارای تابلوی رعایت تقدم [۲۲]

حالت ۳- تقاطع هایی که با تابلوی " ایست " کنترل می شوند

در این تقاطع ها، رانندگان وسایل نقلیه ورودی فرعی باید ابتدا وسیله نقلیه خود را کاملاً متوقف سازند و بعد از مطمئن شدن از عدم برخورد با وسایل نقلیه خیابان اصلی، به جریان ترافیک مسیر اصلی پیوسته و با

از آن عبور نمایند. در این حالت، فاصله محل توقف اتومبیل (چشم راننده) در ورودی فرعی از لبه روسازی یا خط جدول مسیر اصلی برابر ۶ متر فرض می گردد.

بطور کلی سه حالت مختلف برای حرکت وسیله نقلیه فرعی به هنگام عبور از تقاطع وجود دارد :

حالت ۱-۳- عبور از خیابان اصلی بدون برخورد با وسایل نقلیه ای که در این مسیر از چپ به راست و یا بالعکس در حرکت می باشند.

حالت ۲-۳- گردش به چپ از ورودی فرعی به خیابان اصلی و پیوستن به جریان ترافیک خیابان اصلی در آن جهت.

حالت ۳-۳- گردش به راست از ورودی فرعی به خیابان اصلی و پیوستن به جریان ترافیک خیابان اصلی در آن جهت.

فاصله دید لازم برای هریک از حالت های فوق به شرح زیر است :

حالت ۱-۳- عبور از خیابان اصلی

فاصله دید لازم در این حالت از رابطه ۳-۳ محاسبه می شود :

$$D = 0.728 V(J+t) \quad (3-3)$$

که در آن :

$D$  فاصله دید لازم برای عبور از خیابان اصلی در تقاطع (متر)،

$V$  سرعت طراحی خیابان اصلی (کیلومتر در ساعت)،

$J$  مجموع زمانهای لازم برای درک راننده و فشردن ترمز بر حسب ثانیه (معمولاً برابر ۲ ثانیه) و

$t$  زمان لازم برای شتاب گیری و طی فاصله  $S$  برای عبور از سطح روسازی خیابان اصلی (ثانیه) است.

زمان  $t$  وابسته به نوع وسیله نقلیه طرح تقاطع بوده و از شکل ۳-۳۶ بدست می آید.

برای محاسبه  $t$  باید مقدار  $S$  معلوم باشد. مقدار  $S$  را می توان از رابطه زیر بدست آورد :

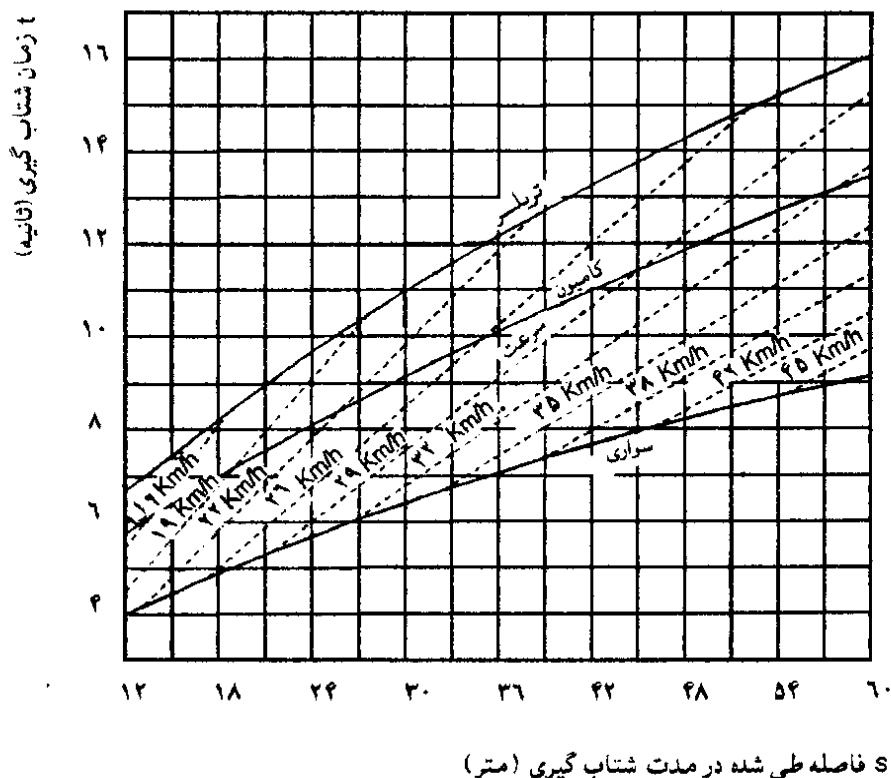
$$S = B+W+L \quad (4-3)$$

که در آن :

$B$  فاصله لبه سواره رو خیابان اصلی تا جلوی وسیله نقلیه متوقف در خیابان فرعی (متر)،

$W$  عرض سواره رو خیابان اصلی در امتداد مسیر عبور وسیله نقلیه (متر) و

$L$  طول وسیله نقلیه (متر) است.



شکل ۳-۳۶- محاسبه t در حالت عبور از خیابان اصلی [۲۲]

مقدار B برابر ۶ متر فرض می گردد. مقدار W نیز از حاصل ضرب تعداد خطوط عبور خیابان اصلی در عرض هر خط که معمولاً ۳/۶۵ متر است، بدست می آید. چنانچه خیابان اصلی حفاظ میانی داشته باشد، عرض حفاظ به مقدار فوق اضافه می گردد. مقادیر L نیز برای وسایل نقلیه طرح سواری، کامیون، تریلر و تریلر یدک کش بترتیب برابر ۵/۷، ۹/۰، ۱۵/۰ و ۱۶/۵ متر است.

### حالت ۲-۳ - گردش به چپ از فرعی به اصلی

در این حالت، روش تعیین فاصله دید لازم برای وسایل نقلیه ای که از سمت چپ نزدیک می شوند، دقیقاً مشابه با حالت ۱-۳ است، با این تفاوت که برای محاسبه S در این حالت، پارامتر W عبارت از ۱/۵ برابر پهنای یک طرف خیابان است.

روش تعیین فاصله دید مورد نیاز برای وسایل نقلیه ای که از سمت راست نزدیک می شوند پیچیده تر است. جزئیات این روش در مرجع ۲۲ آورده شده است.

### حالت ۳-۳ - گردش به راست از فرعی به اصلی

در این حالت، وسیله نقلیه گردشی باید نسبت به وسایل نقلیه ای که از سمت چپ نزدیک می شوند دید کافی داشته باشد به طوری که بتواند به راحتی گردش به راست کرده و قبل از اینکه وسیله نقلیه مسیر اصلی بتواند

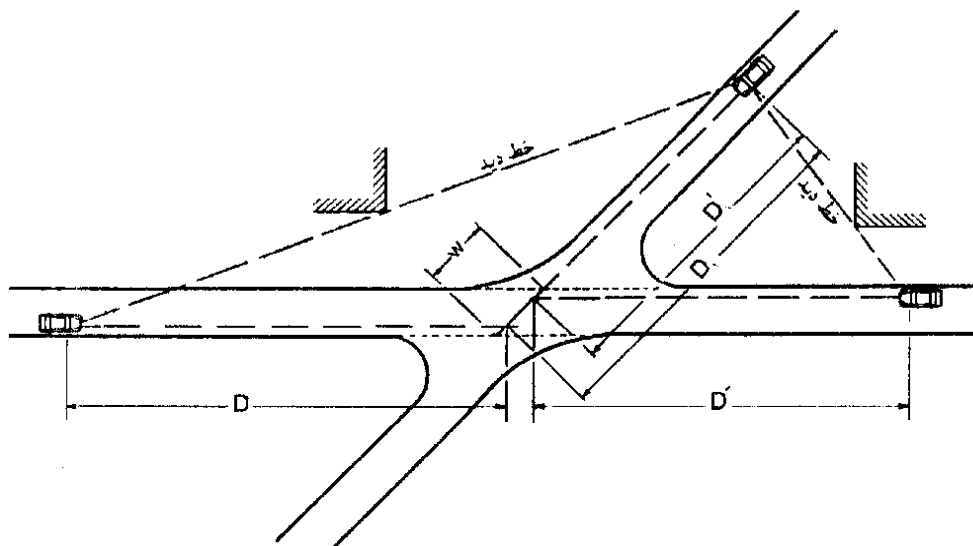
از آن سبقت بگیرد سرعت خود را به سرعت درمسیر اصلی برساند. فاصله دید در این حالت  $0.3$  تا  $0.9$  متر کمتر از حالت  $2-3$  است.

حالت ۴ - تقاطع هایی که با چراغ راهنمایی کنترل می شوند

با توجه به اینکه در تقاطع های چراغدار، جریان ترافیک در هر یک از ورودی های اصلی و فرعی تقاطع در طول فازهای جداگانه ای حرکت می کند، فاصله دید چندانی در این تقاطع ها لازم نیست. اما به هر حال بواسطه امکان بروز نقص فنی در چراغ راهنمایی، مجاز بودن گردش برآست در فاز قرمز یا استفاده از چراغهای چشمک زن، بهتر است فاصله دید کافی، حداقل به اندازه حالت ۳ پیش بینی گردد.

اثر مایل بودن و شیب تقاطع [۲۲]

در شرایطی که مسیرهای منتهی به تقاطع، عمود برهم نبوده، بلکه زاویه تندی با هم دارند (کمتر از  $60$  درجه) و اصلاح تقاطع به منظور افزایش زاویه آن نیز امکان پذیر نیست، لازم است اصلاحاتی در بعضی پارامترهای مؤثر در میدان دید صورت گیرد. شکل ۳-۳۷ پارامترهای مورد استفاده در روابط تعیین میدان دید را که در بندهای قبل به آنها اشاره شد برای تقاطع های مایل مشخص می سازد.



شکل ۳-۳۷ - پارامترهای تعیین فاصله دید در تقاطع های مایل

همانطور که در این شکل نشان داده شده است، در قسمتی از تقاطع مایل که زاویه حاده وجود دارد، بواسطه آن که راننده جهت رویت کامل مثلث دید مجبور است سر خود را به میزان زیادی بچرخاند، طراحی میدان

دید تقاطع براساس یکی از حالت های ۲ و ۳ انجام می گیرد و حداکثر مقدار بدست آمده از این دو حالت به عنوان فاصله دید تقاطع معرفی می گردد.

در حالت ۳، فاصله S مربوط به تقاطع های با زاویه حاده از مقدار متناظر در تقاطع های عمودی بیشتر است. در این حالت پارامتر W که همان پهنای مسیر عبور وسیله نقلیه از تقاطع است از تقسیم عرض روسازی مسیر اصلی بر سینوس زاویه تقاطع بدست می آید. مقدار D را می توان با تعیین t از شکل ۳-۳۶ و سپس استفاده از رابطه ۳-۳ محاسبه نمود.

در بندهای قبل، محاسبه فاصله دید با فرض مسطح بودن تقاطع صورت گرفته است. بدیهی است چنانچه تقاطع دارای شیب سربالایی باشد، توقف در تقاطع نیاز به طول کمتری دارد و بنابراین در حالت ۲ مسافت دید تقاطع کاهش خواهد یافت و بالعکس چنانچه تقاطع دارای شیب سرازیری باشد فاصله دید ایمن تقاطع در حالت ۲ افزایش می یابد.

تجربه نشان داده است که چنانچه شیب تقاطع کمتر از ۳ درصد باشد، حداقل فاصله دید تفاوت چندانی با حالت مسطح تقاطع نخواهد داشت .

در حالت ۳ زمان لازم برای عبور از مسیر اصلی بستگی زیادی به شیب ورودی فرعی دارد. معمولاً شیب در تقاطع بقدری کم است که لازم نیست مورد توجه قرارگیرد، اما در مواردی که انحنای خیابان اصلی مستلزم استفاده از بریلندی باشد، شیب مزبور قابل توجه می شود. در چنین حالتی فاصله دید در طول خیابان اصلی باید افزایش پیدا کند.

اثر شیب در شتاب گیری وسیله نقلیه (و لذا در فاصله دید) را می توان با اعمال ضریب در پارامتر 1 منظور نمود. این ضرایب در جدول ۳-۱۱ آمده اند. پس از تعیین مقدار t از نمودار شکل ۳-۳۶ و ضرب آن در ضرایب مندرج در جدول ۳-۱۱، مسافت دید با استفاده از رابطه ۳-۳ محاسبه می گردد.

جدول ۳-۱۱- تأثیر شیب در زمان شتاب گیری وسایل نقلیه مختلف در تقاطع ها [۲۲]

نسبت زمان شتاب گیری وسیله نقلیه (t) در تقاطع های شیبدار نسبت به مقدار نظیر در تقاطع های مسطح					وسيله نقلیه طراحی
شیب تقاطع (درصد)					
۴	۲	۰	-۲	-۴	
۱/۳	۱/۱	۱/۰	۰/۹	۰/۷	سواری (P)
۱/۳	۱/۱	۱/۰	۰/۹	۰/۸	کامیون (SU)
۱/۷	۱/۲	۱/۰	۰/۹	۰/۸	تریلریدک کش (WB-50)

- دستورالعمل استرالیا [۶۵]

در این دستورالعمل میدان دید ورود به تقاطع، تحت دو عنوان فاصله دید ورود و فاصله دید ایمن طبقه بندی شده است.

۱- فاصله دید ورود (ESD)

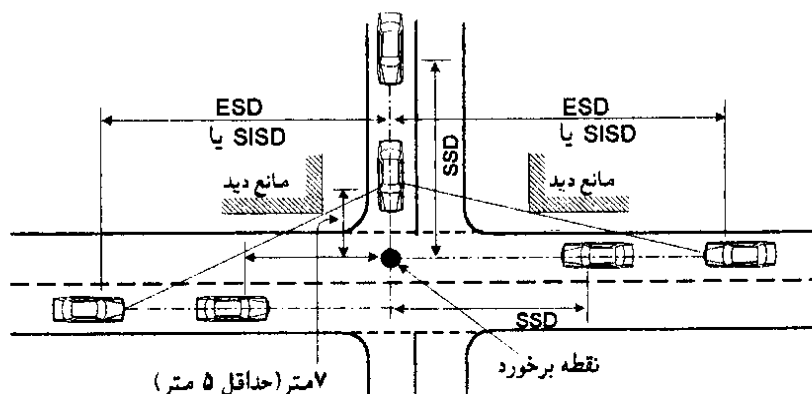
این فاصله دید در شرایطی که ورود از فرعی به اصلی با تابلوی ایست و یا با تابلوی رعایت حق تقدم کنترل می گردد مطرح می شود. فاصله دید مزبور در جدول ۳-۱۲ و شکل ۳-۳۸ مشخص گردیده است.

فاصله های دید ورود مندرج در جدول ۳-۱۲ براساس نیازهای وسیله نقلیه سواری (P) و فرض عدم کاهش سرعت وسایل نقلیه در خیابان اصلی تهیه گردیده است. تریلرها و دیگر وسایل نقلیه تجاری بواسطه آنکه به هنگام شروع حرکت شتاب کمتری دارند فاصله ESD بیشتری نیاز دارند، که معمولاً تأمین آن غیرعملی و غیراقتصادی خواهد بود. اما در تقاطع هایی که سهم اینگونه وسایل از کل ترافیک زیاد است، لازم است فاصله دید آنها تأمین گردد.

جدول ۳-۱۲- میدان دید تقاطع مطابق دستورالعمل استرالیا [۶۵]

فاصله دید ایمن (متر) SISD	فاصله دید ورود (متر) ESD	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)
۶۰	۱۰۰	۴۰
۸۰	۱۲۵	۵۰
۱۰۵	۱۶۰	۶۰
۱۳۰	۲۲۰	۷۰
۱۶۵	۳۰۵	۸۰

در شرایطی که طول کامل ESD (چه برای وسایل نقلیه سواری و چه کامیونها) را نتوان تأمین نمود، باید حداقل، فاصله دید ایمن تقاطع در نظر گرفته شود.



فاصله دید توقف = SSD

فاصله دید ورود = ESD

فاصله دید ایمن = SISD

شکل ۳-۳۸- میدان دید تقاطع در دستورالعمل استرالیا [۶۵]

۲- فاصله دید ایمن تقاطع (SISD)

فاصله دید ایمن عبارت از حداقل فاصله ای است که باید در خیابان اصلی تقاطع فراهم گردد تا در این فاصله راننده وسیله نقلیه مسیر اصلی بتواند وسیله نقلیه ای را که در خیابان فرعی در حال حرکت است بخوبی مشاهده نماید (حتی در بدترین حالت که وسیله نقلیه خیابان فرعی در خطوط عبور خیابان اصلی متوقف است) و به موقع جهت جلوگیری از برخورد در تقاطع توقف نماید. SISD براساس فاصله زمانی ۳ ثانیه برای مشاهده وسیله نقلیه و فاصله دید توقف در خیابان اصلی بدست می آید.

۱- دستورالعمل آلمان [۷۶]

در دستورالعمل آلمان میدان دید تقاطع در حالت های زیر مطرح شده است :

- میدان دید ورود

- میدان دید عابرین پیاده و دوچرخه سواران

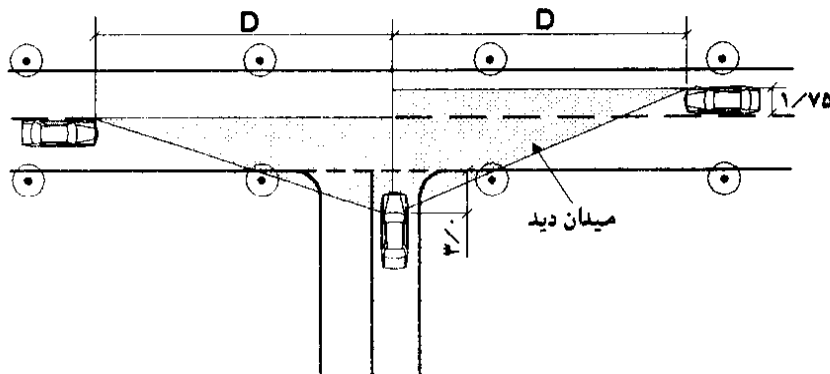
۱- میدان دید ورود

میدان دید ورود عبارت است از مسافت دید لازم برای یک راننده منتظر فرصت عبور یا ورود به خیابان اصلی در فاصله ۳ متری (فاصله چشم راننده از لبه خیابان اصلی) از لبه سواره رو خیابان اصلی بطوری که این حرکت به صورت ایمن صورت گیرد. این شرایط وقتی تضمین می شود که فاصله دید لازم در امتداد خیابان اصلی مطابق جدول ۳-۱۲ تأمین شده باشد (شکل ۳-۳۹).

جدول ۳-۱۳- فاصله دیداصلی در میدان دید ورود مطابق دستورالعمل آلمان (متر) [۷۶]

سرعت ۸۵ درصد (کیلومتر در ساعت)						طبقه بندی خیابان
۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	
۱۳۵	۱۱۰	۸۵	۷۰	-	-	خیابانهای با کنترل دسترسی در مناطق کم تراکم A
-	۱۱۰	۸۵	۷۰	-	-	خیابان های با کنترل دسترسی در مناطق پرتراکم B
-	-	-	۷۰	۵۰	۳۰	خیابان های بدون کنترل دسترسی اصلی و جمع و پخش کننده C
-	-	-	-	۴۰	۳۰	خیابان های محلی و دسترسی D

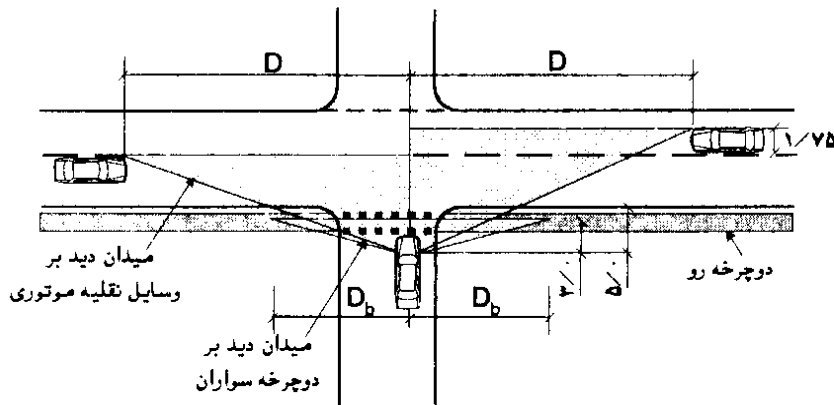
چنانچه تأمین مسافت دید ورود لازم، خصوصاً در داخل مناطق پرتراکم یا ساخته شده امکان پذیر نباشد، اقدامات بازدارنده همچون ممنوعیت پارکینگ، محدودیت سرعت، نصب چراغ راهنمایی و حتی محدود کردن حرکت های موجود در تقاطع ضروری خواهد بود.



شکل ۳-۳۹- میدان دید ورود مطابق دستورالعمل آلمان [۷۶]

مسافت دیداصلی برای رؤیت دوچرخه سواران دارای حق تقدم  $D_0=30$  متر و در شرایط تنگ و محدود  $D_0=20$  متر است (شکل ۳-۴۰).



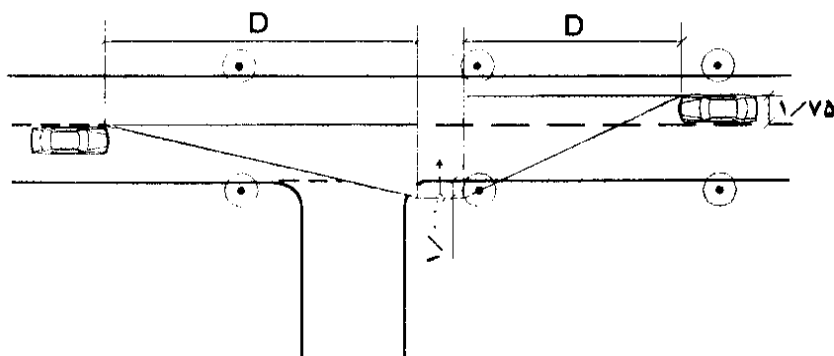


شکل ۳-۴۰- میدان رؤیت دوچرخه سوار دارای حق تقدم [۷۶]

۲- میدان دید عابرین پیاده و دوچرخه سواران

در محل های گذر از عرض خیابان و سطوح انتظار عابرین پیاده و دوچرخه سواران، میدان دید عبارت از مثلی است که رأس آن در فاصله یک متری از لبه خیابان اصلی عمود بر جهت حرکت وسایل نقلیه قرار دارد و طول قاعده آن همان فاصله دید توقف در جهت حرکت وسایل نقلیه است که از جدول ۳-۷ بدست می آید. این میدان دید در شکل ۳-۴۱ نشان داده شده است.

میدان دید عابرین پیاده و دوچرخه سواران در محل گذرگاههای عرضی تقاطع ها، علی القاعده کوچکتر از میدان دید ورود وسایل نقلیه است.



شکل ۳-۴۱- میدان دید عابرین پیاده و دوچرخه سواران [۷۶]

باتوجه به مطالب فوق الذکر بنظر می رسد میدان دید تقاطع در دستورالعمل آلمان بنحو مطلوبتری مطرح شده و از نظر طبقه بندی معابر و استفاده کنندگان تطابق بهتری با نیازهای تقاطع های همسطح شهری کشور ما داشته باشد. بنابراین طول میدان دید اصلی در شرایط ایران مطابق جدول ۳-۱۴ پیشنهاد می گردد.

جدول ۳-۱۴ - فاصله دید اصلی میدان دید ورودی

پیشنهادی در شرایط ایران (متر)

سرعت عملکردی (کیلومتر بر ساعت)						طبقه بندی خیابان اصلی
۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	
۱۳۵	۱۱۰	۸۵	۷۰	-	-	بزرگراه
-	۱۱۰	۸۵	۷۰	-	-	شریانی
-	-	-	۷۰	۵۰	۳۰	جمع و پخش کننده
-	-	-	-	۴۰	۳۰	محلی
-	-	-	-	-	۳۰	دسترسی

### ۳-۶- خطوط عبور در تقاطع

#### ۳-۶-۱- مقدمه

سطح سواره روی تقاطع متشکل از تعدادی خطوط عبور مستقیم و احياناً تعدادی خطوط کمکی برای حرکت های گردش است. تعداد و نوع خطوط حرکت تقاطع بستگی به وضعیت مسیرهای متقاطع، احجام تردد و سطح خدمت موردنظر و همچنین ملاحظات مربوط به عبور پیاده، دوچرخه سواران، حمل و نقل عمومی و غیره دارد.

در تقاطع های با حجم و سرعت تردد کم، می توان حرکات گردش را با استفاده از خطوط حرکت مستقیم انجام داد، ولی در تقاطع های با حجم تردد زیاد معمولاً نیاز به احداث خطوط کمکی وجود دارد.

در مناطق شهری کم تراکم، تأمین خطوط کمکی گردش براساس ملاحظات ایمنی صورت می گیرد و در تعیین ابعاد آنها اصول دینامیک حرکت وسایل نقلیه تعیین کننده هستند. در داخل مناطق پرتراکم شهری، اغلب ملاحظات ظرفیتی در نظر گرفته می شود و تأمین نیازهای هندسی حرکت کفایت می کند.

#### ۳-۶-۲- خطوط عبور مستقیم [۷۶]

در محدوده تقاطع ها و بویژه در تقاطع های بدون چراغ راهنما، ترجیحاً باید تعداد خطوط عبور مستقیم، معادل با تعداد خطوط عبور مسیرهای منتهی به آن باشد. یک خط عبور مستقیم نباید بطور ناگهانی مبدل به یک خط گردش خروجی شود. در صورت لزوم باید این تبدیل به کمک خط کشی و نصب علائم مقتضی، بطور تدریجی انجام شود.

در تقاطع های چراغدار می توان با تعریض سواره رو، تعداد خطوط مستقیم در ورودی های تقاطع را افزایش داد و ظرفیت تقاطع را به ظرفیت مسیرهای منتهی به آن نزدیک نمود. بعداز تقاطع نیز می توان مجدداً تعداد خطوط عبور مستقیم را کم کرده و به حالت اولیه بازگرداند. طول خطوط عبور مستقیم اضافی قبل از تقاطع متشکل از یک قطعه لچکی L و یک قطعه انباره S مطابق شکل ۳-۲۲ است. طول انباره باید در حدی باشد که بتواند وسایل نقلیه وارد شده در طول یک چرخه چراغ را در خود جای دهد.

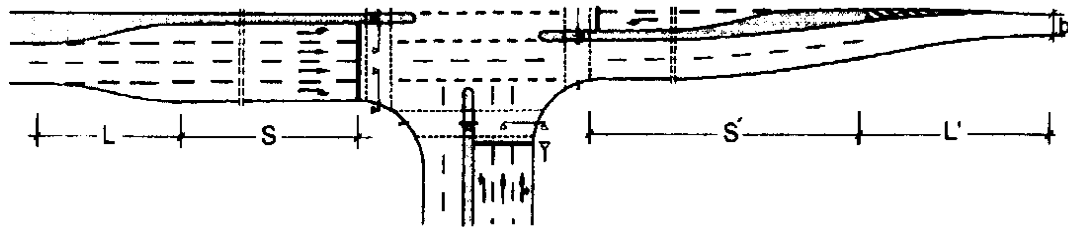
مطابق دستورالعمل آلمان، طول لچکی تعریض از رابطه زیر بدست می آید :

$$L = V \sqrt{\frac{i}{3}} \quad (5-3)$$

که در آن :

L طول تعریض (متر)،

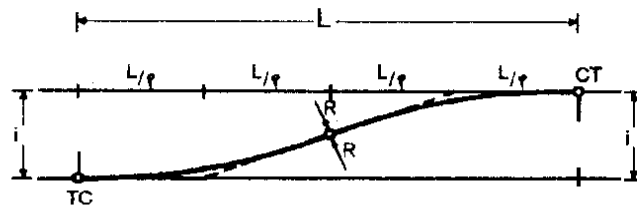
$V$  سرعت طرح تقاطع (کیلومتر در ساعت) و  
 $i$  مقدار تعریض بر حسب متر که در حالت تعریض یک طرفه معادل کل تعریض سواره رو و در حالت  
 دوطرفه نصف آن است.



شکل ۳-۴۲- تعریض و ایجاد خطوط کمکی در تقاطع ها [۷۶]

لچکی تعریض را می توان بصورت یک خط مستقیم و یا دوقوس دایره ای معکوس طراحی نمود. برای طراحی قوس معکوس، نخست چهارخط مماس هم طول مطابق شکل ۳-۴۳ ترسیم شده و سپس دو دایره با شعاع مساوی در جهات مختلف بر آنها مماس می گردد. شعاع این قوس ها را می توان بر حسب طول لچکی  $L$  و تعریض  $i$  از رابطه زیر بدست آورد :

$$R = \frac{L^2 + i^2}{4i} \quad (۳-۶)$$



شکل ۳-۴۳- جزئیات طراحی قوس معکوس لچکی تعریض

خطوط عبور مستقیم اضافی باید بعد از تقاطع نیز به طول کافی ادامه داشته باشند. این طول ( $S'$ ) بستگی به زمان سبز چراغ دارد و به عنوان یک تقریب می توان آن را سه برابر زمان سبز چراغ بر حسب ثانیه و حداقل معادل ۵۰ متر در نظر گرفت. کاهش مجدد تعداد خطوط عبوری بعد از تقاطع باید در طول نسبتاً زیاد ( $L' = ۴۰-۶۰$  m) صورت گیرد تا همگرایی ترافیک به راحتی انجام شود.

عرض خطوط مستقیم تقاطع باید ترجیحاً معادل خطوط عبوری مسیرهای منتهی به آن باشد. با این وجود می توان به منظور کاهش سطح مورد نیاز در شرایط تنگنا یا تنظیم رفتار ترافیکی، عرض خطوط بیش از  $۳/۲۵$  متر را به میزان  $۰/۲۵$  متر کاهش داد. در مورد ورودی های چند خطه با سرعت طرح کمتر از ۵۰ کیلومتر در

ساعت می توان به منظور تأمین خطوط گردش، عرض خطوط مستقیم را تا ۳/۰ متر و در موارد استثنایی تا ۲/۷۵ متر نیز کاهش داد.

### ۳-۶-۳- خطوط کمکی گردش

بطورکلی هدف از ایجاد خطوط کمکی گردش در تقاطع های همسطح شهری، تسهیل حرکات گردش و وسایل نقلیه، تأمین فضا برای ایستگاه های اتوبوس و تاکسی، بهبود ایمنی و افزایش ظرفیت تقاطع است. خطوط کمکی گردش بسته به نوع تقاطع ممکن است برای جریان آزاد و یا منقطع وسایل نقلیه طراحی شوند.

در اکثر تقاطع های خیابان های شهری بنا بر ملاحظات ایمنی و عملکردی، تأمین جریان گردش آزاد مطلوب نبوده و حرکت وسایل نقلیه گردش توسط وسایل کنترل ترافیک نظیر تابلوهای ایست و رعایت حق تقدم یا چراغ راهنمایی کنترل می شود. لذا در این حالت، بخاطر منقطع بودن جریان باید فقط خط کاهش سرعت همراه با فضای کافی جهت توقف وسایل نقلیه یا برای کاهش سرعت آنها تا حد ایمن برای انجام حرکت گردش با رعایت حق تقدم تأمین گردد.

در تقاطع های همسطح بزرگراه های شهری امکان تأمین شرایط جریان آزاد برای گردش به راست وجود دارد. در این صورت وسایل نقلیه گردش باید قبل از رسیدن به تقاطع سرعت خود را کاهش داده و بعد از انجام گردش نیز مجدداً سرعت خود را افزایش دهند، تا سرعتشان با سرعت سایر وسایل نقلیه هماهنگ شود. در صورتیکه این تغییر سرعت در مسیر سایر وسائل نقلیه انجام شود، باعث ایجاد اختلال در حرکت آنها و افزایش احتمال بروز تصادف می گردد. معمولاً به منظور کاهش اثرات نامطلوب این وضعیت در عملکرد تقاطع ها، از خطوط تغییر سرعت استفاده می شود.

در بخش های بعد، ضوابط طراحی خطوط کمکی گردش برای دو حالت جریان منقطع و آزاد مطابق دستورالعمل های کشورهای مختلف ارائه خواهد شد.

### ۳-۶-۳-۱- جریان منقطع

در تقاطع های همسطح خیابان های شهری، جریان ترافیک در خطوط کمکی گردش اساساً منقطع است و این خطوط به منظور تسهیل حرکات گردش به راست و چپ و تأمین سطح لازم برای ذخیره وسایل نقلیه گردش مورد استفاده قرار می گیرند. در این حالت، خطوط کاهش سرعت شامل یک قطعه لچکی ورودی، یک قطعه کاهش سرعت و یک قطعه انباره هستند. این خطوط ممکن است برای حرکات راستگرد، چپگرد و یا واگرد مورد استفاده قرار گیرند.

- دستورالعمل آشتو [۲۲]

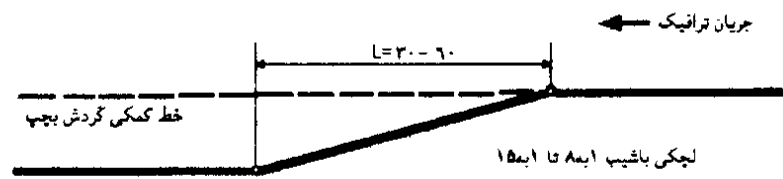
این دستورالعمل حداقل طول لازم برای کاهش سرعت و توقف ایمن و راحت وسایل نقلیه در شیب های ۲ درصد و کمتر را، برای سرعت های طرح ۵۰، ۶۵ و ۸۰ کیلومتر بر ساعت، به ترتیب برابر ۷۰، ۹۵ و ۱۳۰ متر توصیه می کند. این طول شامل بخش لچکی نمی شود. در بسیاری از مناطق شهری که امکان تأمین این طول فراهم نیست، باید فرض شود، که بخشی از عمل کاهش سرعت، قبل از ورود به خط انبازه یا داخل لچکی صورت می گیرد. بدین ترتیب طول کاهش سرعت کمتر خواهد شد.

علاوه بر طول فوق باید طولی نیز برای ذخیره وسایل نقلیه متوقفی که قصد گردش دارند در نظر گرفته شود. در تقاطع های بدون چراغ، این طول (بدون بخش لچکی) براساس تعداد وسایل نقلیه ای که در مدت دو دقیقه در ساعت اوج در آن ذخیره می شوند، تعیین می گردد. در تقاطع های چراغ دار این طول براساس ۵/۱ تا ۲ برابر تعداد وسایل نقلیه پیش بینی شده برای توقف در طول یک چرخه از ساعت طرح در این خط، بدست می آید. در صورتی که انبازه بصورت دو خطه طراحی شود، ظرفیت آن تقریباً دو برابر می شود.

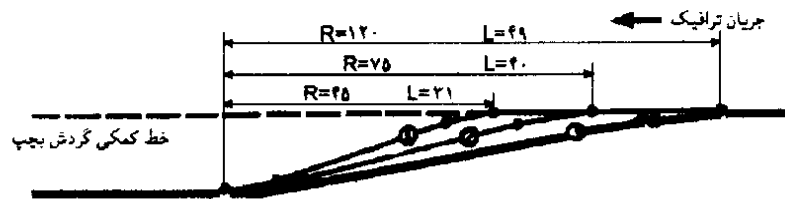
مطابق ضوابط این دستورالعمل، حداقل عرض خطوط کمکی گردش ۳/۰ متر است و در مواقعی که قرار است از یک خط انبازه در مجاورت حفاظ میانی استفاده گردد، عرض مطلوب برای حفاظ میانی ۶ متر و حداقل آن ۴/۸ تا ۵/۴ متر است. در صورتیکه از دو خط انبازه استفاده شود، عرض مناسب برای حفاظ میانی ۴/۸ متر خواهد بود، که شامل دو خط ۳/۶۵ متری و یک حفاظ جداکننده ۱/۲ متری خواهد بود. در شکل ۳-۴۴، طراحی انواع لچکی، مطابق ضوابط این دستورالعمل نشان داده شده است. این لچکی ها برای خطوط گردش به راست و چپ قابل استفاده هستند.

- دستورالعمل استرالیا

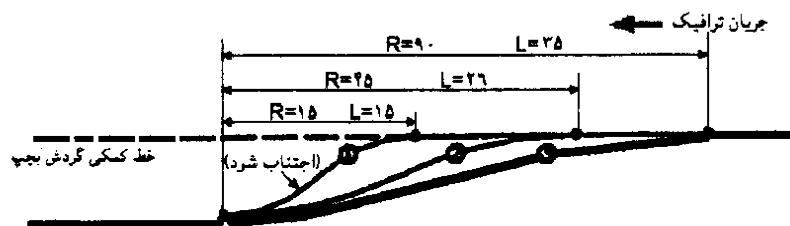
براساس این دستورالعمل، در مناطق شهری که سرعت ترافیک کم بوده و حریم تقاطع ها کوچک است، ضابطه اصلی در تعیین طول خط کمکی گردش، طول لازم برای ذخیره وسایل نقلیه است. این طول باید به حدی باشد که در ۹۵ درصد موارد، جوابگوی طول صف ذخیره شده در ساعت اوج باشد، اما طول آن نباید از ۳۰ متر کمتر باشد. طول مورد نیاز برای هر وسیله نقلیه ۶ متر و درحالتی که حجم وسایل نقلیه سنگین قابل ملاحظه باشد ۸ متر در نظر گرفته می شود.



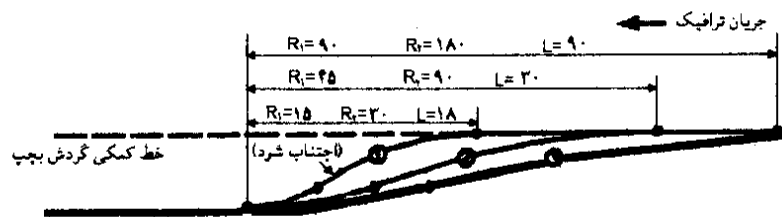
الف - لچکی با خط مستقیم



ب - لچکی با دو قوس در ابتدا و انتها



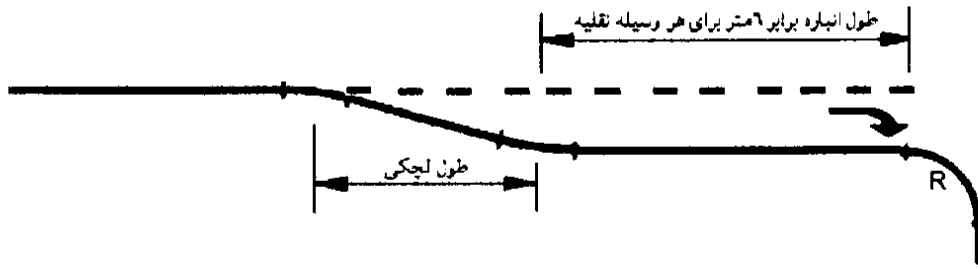
ج - لچکی با قوس معکوس متقارن



د - لچکی با قوس معکوس غیرمتقارن

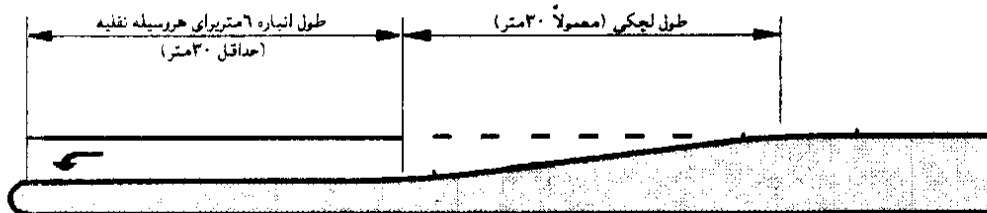
شکل ۳-۴۴- انواع لچکی خطوط کمکی گردش به چپ (متر) [۲۲]

در شکل ۳-۴۵ جزئیات خطوط کمکی گردش برآست درحالت جریان منقطع نشان داده شده است. این دستورات عمل، استفاده از این نوع طراحی را در مواقعی که حجم گردش برآست بالاست یا تقاطع چراغدار است و یا سرعت وسایل نقلیه عبوری در تقاطع زیاد است، توصیه می نماید.



شکل ۳-۴۵- خطوط کمکی گردش به راست در جریان منقطع [۶۵]

در شکل ۳-۴۶ جزئیات طراحی خط گردش به چپ مطابق این دستورالعمل نشان داده شده است.



شکل ۳-۴۶- خطوط کمکی گردش به چپ در تقاطع های شهری [۶۵]

- دستورالعمل آلمان (RAS-K-1)

در این دستورالعمل، مبحث خطوط کمکی گردش به راست و چپ در تقاطع ها، تحت عنوان تعریض تقاطع مطرح شده است. شکل ۳-۴۲ نحوه انجام تعریض و ایجاد خطوط گردش خروجی<sup>۱</sup> را نشان می دهد.

در رابطه با خطوط کمکی گردش به راست، حداقل طول تغییر عرض برابر  $I = 30 \text{ m}$  پیشنهاد شده است. ولی این دستورالعمل در رابطه با مناطق پرتراکم شهری انعطاف پذیری بیشتری از خود نشان داده و طول تغییر عرض کمتری را مجاز می داند. به عنوان مثال، در موارد استثنایی برای خطوط گردش به چپ خروجی طول تغییر عرض کوتاهتر از  $L = 20 \text{ m}$  را در  $i = 3 \text{ m}$  بکار می برد. حتی در شرایط محدودیت فضا پیشنهاد می کند که خطوط کمکی گردش به راست با زاویه ۴۵ درجه هدایت شوند.

طول انباره S نیز باید به گونه ای محاسبه گردد که فضای کافی برای جای دادن خودروهای صف موجود باشد.

- در دستورالعمل آلمان به خطوط کمکی که وسایل نقلیه را از مسیر اصلی به مسیر فرعی هدایت می کنند، خطوط گردش خروجی و در صورتی که عکس این عمل را انجام دهند، خطوط گردش ورودی اطلاق می شود.



در زیر ضوابط طراحی انواع خطوط کمکی گردش مطابق این دستورالعمل ارائه شده است :

#### ۱ - گردش به چپ خروجی

در صورتیکه در یک تقاطع، به علت محدودیت فضا فقط امکان تعریض به اندازه یک خط عبور موجود باشد، ایجاد خط کمکی گردش به چپ نسبت به خط گردش به راست اولویت دارد.

عرض خط گردش به چپ می تواند ۲۵ / ۰ متر از خطوط عبور اصلی کمتر بوده، اما نباید کمتر از ۳ متر باشد. در شرایط محدودیت فضا و در مواردی که تعداد وسایل نقلیه سنگین کم است، عرض ۲ / ۷۵ متر نیز مجاز دانسته شده است.

استفاده از خطوط گردش به چپ خروجی دو خطه فقط در تقاطع های چراغ دار و در مواقعی که فاز مخصوص گردش به چپ موجود است توصیه می شود.

در شکل ۳-۲۷ سه روش هدایت وسایل نقلیه چپگرد در خیابان های دوخطه نشان داده شده است :

روش ۱- خطوط گردش به چپ خروجی متشکل از طول تغییر عرض  $L$ ، طول کاهش سرعت  $P$  و طول انبار  $S$ . معمولاً این حالت همانگونه که در شکل ملاحظه می شود از طریق ایجاد یک جزیره خطکشی شده و یک خط کمکی گردش به چپ بدست می آید.

روش ۲- خطوط گردش به چپ خروجی متشکل از طول تغییر عرض و طول انبار.

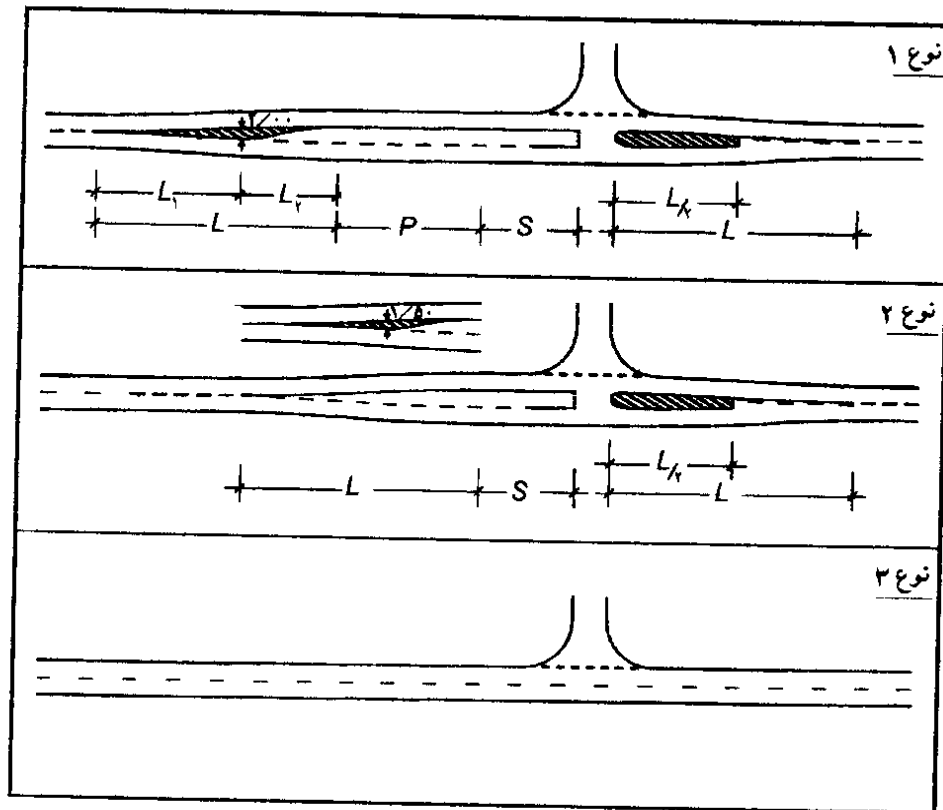
روش ۳- در این حالت هیچگونه اقدامی برای تغییر طرح هندسی صورت نمی گیرد و خودروهای چپگرد خروجی باید در صورت لزوم بر روی خطوط اصلی منتظر بمانند.

#### - محاسبات

طول خط گردش به چپ خروجی شامل سه قسمت طول تغییر عرض  $L$ ، طول تغییر سرعت  $P$  (در صورت نیاز) و طول ناحیه ذخیره  $S$  است.

طول تغییر عرض  $L$  از رابطه ۳-۵ و با استفاده از مقدار تعریض لازم  $i$  و سرعت  $V$  بدست می آید. در شرایط محدودیت فضا و در خیابان های دسترسی و جمع و پخش کننده و همچنین در مواردی که کاهش سرعت مطلوب است، می توان تعریض را در طول کوتاهتر (حداقل ۲۰ متر) نیز انجام داد.

طول قطعه کاهش سرعت  $P$  با استفاده از سرعت تقاطع  $V$  و شیب طولی موجود و با توجه به جدول ۳-۱۵ بدست می آید.



شکل ۳-۴۷- نمونه هایی از روش های هدایت گردش به چپ خروجی در تقاطع های خیابان های دوخطه (۷۶)

جدول ۳-۱۵- طول قطعه کاهش سرعت، P (متر) (۷۶)

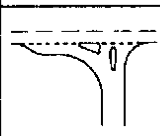
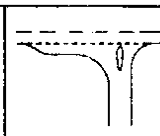
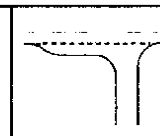

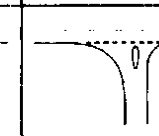
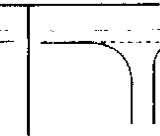
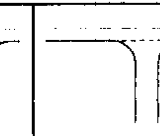
























شیب طولی S (درصد) و سرعت طرح V (کیلومتر بر ساعت)				حجم وسائل نقلیه راستگرد (وسیله نقلیه بر ساعت)							
$S \geq +4$		$-4 < S < 4$				$S \leq -4$					
۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰
۱۵	۱۰	۵	۰	۲۰	۱۵	۱۰	۰	۳۵	۲۰	۱۰	۰
۳۰	۲۰	۱۵	۰	۴۰	۳۰	۲۰	۰	۶۰	۴۰	۲۵	۰

طول قطعه انبساط S که از خط توقف آغاز می شود، باید با طول صف مطابقت نماید. در تقاطع های دارای چراغ راهنمایی، طول قطعه انبساط از محاسبات فازبندی و زمان بندی چراغ بدست می آید. در رابطه با تقاطع های بدون چراغ راهنمایی، این دستورالعمل طول ۲۰ متر و کمتر از آن را توصیه می کند. در مناطقی که سرعت بالاست، نظیر خیابان های شریانی، مجموع طول خط کاهش سرعت و ذخیره نباید کمتر از ۲۰ متر باشد.

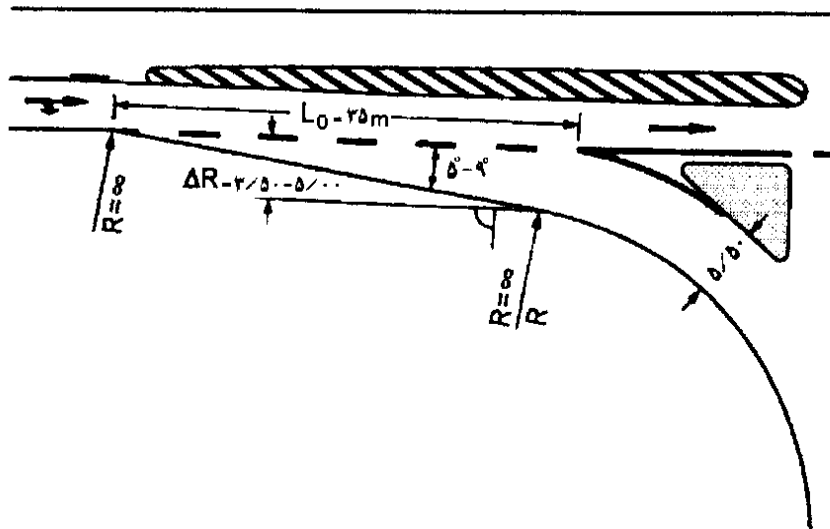
۲- گردش به راست خروجی

دستورالعمل آلمان برای انواع روش های هدایت گردش به راست، محدوده های کاربرد متفاوتی را ارائه می کند. بکارگیری آنها بستگی به نیازهای دینامیکی (سرعت)، نیازهای عابرین پیاده و دوچرخه سواران، نیازهای هندسی (طول صف و غیره)، نیازهای بهره برداری (محسل تابلوها و چراغهای راهنمایی) و ملاحظات محیطی دارد. بعنوان مثال، چنانچه قرار باشد که خودروهای راستگرد حق تقدم عابرین پیاده و دوچرخه سواران را رعایت کنند، هدایت ایشان باید با سرعت و نرمی کمتر صورت پذیرد. ولی چنانچه گردش کنندگان، همانگونه که عموماً در خارج از مناطق ساخته شده معمول است، ملزم به توقف یا انتظار نباشند هدایت می تواند بی وقفه و سریعتر باشد. در جدول ۳-۱۶ محدوده کاربرد طرق مختلف گردش به راست خروجی ارائه شده است.

جدول ۳-۱۶- محدوده کاربرد طرق مختلف هدایت گردش به راست خروجی

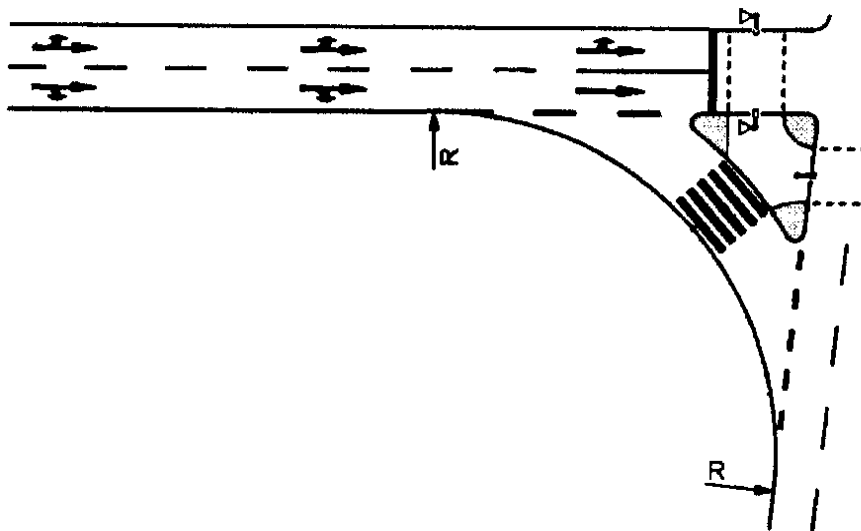
روش هدایت							طبقه بندی مسیر
خط گردش به راست خروجی			لچکی خروجی	قوس دایره ای ساده یا مرکب			
							
برای مثال : $R = 25 \text{ m}$	برای مثال : $R = 20 \text{ m}$	برای مثال : $R = 8 \text{ و } 12 \text{ m}$ یا $R_r = 8 \text{ m}$	برای مثال : $R = 25 \text{ m}$	برای مثال : $R_r = 15 \text{ m}$	برای مثال : $R_r = 12 \text{ و } 15 \text{ m}$	برای مثال : $R = 8 \text{ و } 12 \text{ m}$ یا $R_r = 8 \text{ m}$	
							بزرگراه
							شریانی
							جمع و پخش کننده
 روش نامطلوب			 روش نیمه مطلوب		 روش مطلوب		توضیح :
<p>R شعاع قوس ساده و <math>R_r</math> شعاع دایره اصلی در قوس سه مرکزی است.</p>							

لچکی ها هماهنگی خوبی با دینامیک حرکت وسایل نقلیه داشته و بیشتر در مناطق ساخته نشده بکار می روند. همانطور که در شکل ۳-۴۸ نشان داده شده است، دهانه خروجی آنها باید برابر ۳۵ متر باشد. به منظور مشخص تر شدن نقطه شروع لچکی، باید زاویه آن با خط مستقیم بین ۵ تا ۹ درجه بوده و جابجایی آن در محل شروع قوس بین ۳/۵ تا ۵ متر باشد.



شکل ۳-۴۸- هدایت گردش به راست توسط لچکی [۷۶]

این دستورالعمل، استفاده از خطوط گردش به راست با لچکی کوتاه را برای تقاطع های چراغدار واقع در مناطق پرتراکم شهری و برای هدایت جریان گردش به راست، خارج از کنترل چراغ راهنمایی توصیه می کند. در صورت استفاده از این روش هدایت، باید به نیازهای ایمنی عابرین پیاده و دوچرخه سواران توجه کافی مینماید (شکل ۳-۴۹).



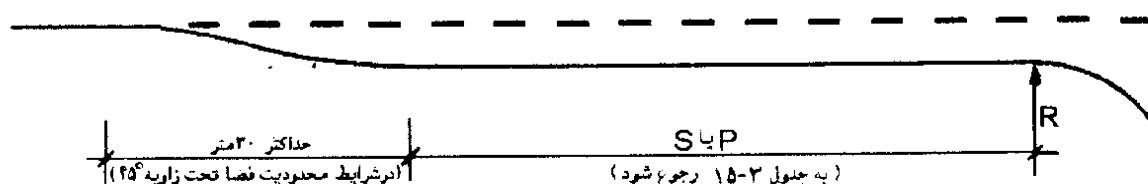
شکل ۳-۴۹- هدایت گردش به راست با لچکی کوتاه خروجی در تقاطع های داخل مناطق ساخته شده [۷۶]

در شکل ۳-۵۰ نوع دیگری از هدایت گردش به راست خروجی نشان داده شده است. در این روش، از خط کاهش سرعت موازی استفاده می شود. این روش طراحی، ظرفیت تقاطع را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد. در این حالت، طول لچکی تعریض ۳۰ متر است. در شرایط محدودیت فضا، می توان طول ناحیه تعریض را

کاهش داده و حتی تعریض را تحت زاویه ۴۵ درجه انجام داد. طول مسیر کاهش سرعت P مانند خطوط گردش به چپ خروجی از جدول ۳-۱۵ بدست می آید. در مناطق پرتراکم، خطوط گردش به راست خروجی فقط عملکرد انباره را دارند و طول آنها در تقاطع های با چراغ راهنمایی از محاسبات زمان بندی و فازبندی چراغ بدست می آید.

خطوط گردش به راست خروجی می توانند ۲۵ / ۰ متر از خطوط اصلی باریکتر باشند و حداقل عرض آنها ۳ متر است. در شرایط تنگنا و یا کم بودن حجم وسایل نقلیه سنگین می توان از عرض ۲ / ۷۵ متر نیز استفاده کرد.

بر اساس توصیه این دستورالعمل، در صورت استفاده توأم از خطوط گردش به راست و چپ خروجی، تغییر عرض این دو باید از یک نقطه آغاز گردد. بدیهی است که در این صورت خط طولانی تر تعیین کننده خواهد بود.



شکل ۳-۵۰- هدایت گردش به راست خروجی توسط خط کاهش سرعت [۷۶]

### ۳ - گردش به راست ورودی

مطابق ضوابط این دستورالعمل، وسایل نقلیه راستگرد ورودی قاعدتاً ملزم به ایست کامل هستند. برای روشن ساختن و تأکید ضرورت انتظار و همچنین بهبود دید سمت چپ، باید شعاع گوشه تقاطع حتی الامکان کوچک در نظر گرفته شود. در صورت وجود خط عبور ۳ / ۵ متری در ورودی و خروجی تقاطع، یک قوس سه مرکزی با شعاع قوس وسط  $R_p = ۱۰$  متر، حتی در صورت وجود ترافیک مداوم خودروهای سنگین، کفایت می کند.

### ۳-۶-۳- جریان آزاد

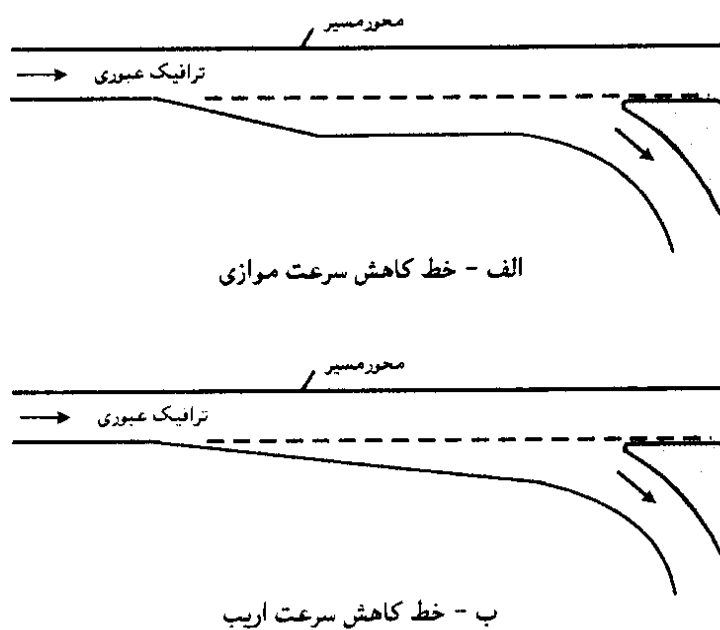
در تقاطع های همسطح بزرگراه های شهری، امکان تأمین خطوط کمکی گردش با جریان آزاد وجود دارد. این خطوط، طول کافی برای کاهش یا افزایش سرعت وسایل نقلیه را فراهم می کنند.

عرض خط کمکی جریان آزاد باید در حدی باشد که ورود و خروج وسایل نقلیه از آن به راحتی امکان پذیر بوده و طول آن نیز در حدی باشد که پس از ورود وسایل نقلیه، تغییر سرعت تا حد لازم برای ورود به مسیر گردش

یا خطوط عبور مستقیم میسر باشد. این خطوط به دو نوع " خط کاهش سرعت " و " خط افزایش سرعت " تقسیم می شوند.

### ۱- خط کاهش سرعت

بطور کلی خطوط کاهش سرعت به دو صورت موازی و اریب (لجکی) طراحی می شوند. خط کاهش سرعت موازی مطابق شکل ۳-۵۱-الف، متشکل از یک بخش لجکی و یک خط عبور با عرض کامل است. همانطور که در شکل ۳-۵۱-ب ملاحظه می شود، خط کمکی اریب انطباق بهتری با رفتار رانندگان دارد و نیازی به تغییر جهت ناگهانی در امتداد یک قوس معکوس، که برای راننده و سرنشینان وسایل نقلیه نامطلوب است ندارد.



شکل ۳-۵۱- انواع روش های طراحی خطوط کاهش سرعت

نقطه شروع یک خط کمکی باید به گونه ای طراحی شود که از ورود ناآگاهانه رانندگان به این خط جلوگیری بعمل آید. بلند بودن طول لجکی خط کمکی باعث می شود که بعضی از رانندگان اشتبانه‌اً وارد این خط شوند. لذا طول این بخش از خط کاهش سرعت نباید از حد معینی بیشتر باشد.

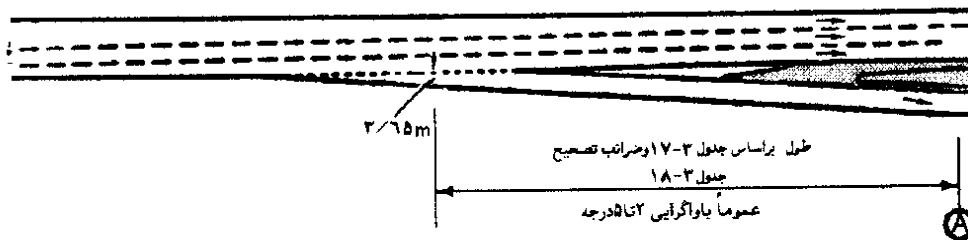
بطور کلی طول خط کاهش سرعت تابع سه عامل زیر است :

- سرعت خودرو هنگام ورود به خط کمکی
- سرعت خودرو در انتهای خط کمکی و هنگام خروج از آن
- روش کاهش سرعت و عوامل مربوط به آن

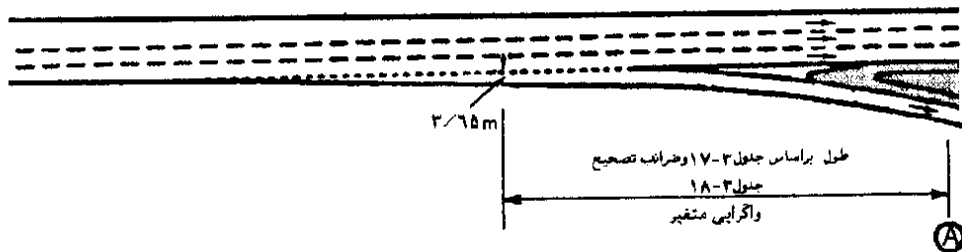
در زیر، ضوابط دستورالعمل های کشورهای مختلف در رابطه با طراحی خطوط کمکی گردش با جریان آزاد ارائه می گردد :

- دستورالعمل آشتو [۲۲]

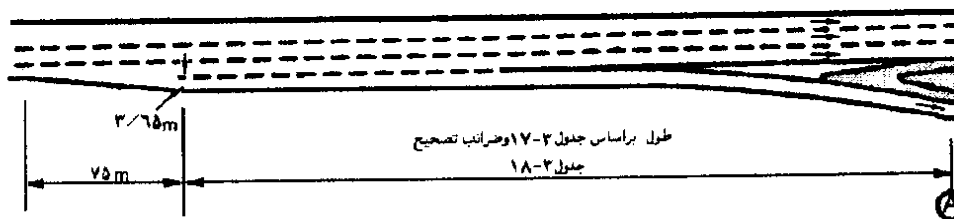
شکل ۳-۵۲ انواع خطوط کمکی گردش با جریان آزاد را نشان می دهد. در این دستورالعمل ضوابط مربوط به دو نوع خط اریب و موازی ارائه شده است. مقادیر حداقل طول خط کاهش سرعت در جدول ۳-۱۷ آمده است. در جدول ۳-۱۸ نیز مقادیر ضرایب تصحیح برای شیب های بیش از ۲ درصد مطابق دستورالعمل آشتو ارائه شده است. همانطور که در شکل ۳-۵۲ ملاحظه می شود، طول خط کاهش سرعت از نقطه ای که عرض آن به  $3/65$  می رسد، اندازه گیری می شود.



الف - طرح اریب - خطی



ب - طرح اریب - قوس دار



ج - طرح موازی

A - نقطه آغاز سرعت ایمن در قوس

شکل ۳-۵۲ - خطوط کاهش سرعت یک خطه با جریان آزاد گردش [۲۲]

جدول ۳-۱۷- حداقل طول خط کاهش سرعت L برای جریان آزاد گردشی با شیب کمتر از ۲ درصد (متر) [۲۲]

سرعت طرح قوس خروجی V' (کیلومتر در ساعت)							سرعت متوسط حرکت مسیر، V <sub>s</sub>	سرعت طرح مسیر، V
حالت توقف	۲۴	۳۲	۴۰	۴۸	۵۶	۶۵		
سرعت متوسط حرکت داخل قوس V <sub>g</sub> ' (کیلومتر در ساعت)							(کیلومتر در ساعت)	(کیلومتر در ساعت)
.	۲۲	۲۹	۳۵	۴۲	۴۸	۵۸	۴۸	
		۵۶	۴۹	۴۳	-		۴۵	
	۹۶	۹۰	۸۱	۷۲	۵۶	۴۷	۵۸	
۱۳۳	۱۲۳	۱۱۷	۱۰۸	۹۶	۸۷	۶۹	۷۱	

جدول ۳-۱۸- ضرایب اصلاح طول خط کاهش سرعت در شیب [۲۲]

نسبت طول در شیب به طول در سطح افقی برای :			
سریالایی		سریاتینی	
۵ تا ۶ درصد	۳ تا ۴ درصد	۵ تا ۶ درصد	۳ تا ۴ درصد
۰/۸	۰/۹	۱/۳۵	۱/۲

میزان افزایش عرض در قطعه لچکی خط کاهش سرعت موازی باید به نسبت ۱ به ۸ تا ۱ به ۱۵ باشد. نسبت ۱ به ۸ برای سرعت های تا ۵۰ کیلومتر بر ساعت و نسبت ۱ به ۱۵ برای سرعت های تا ۸۰ کیلومتر بر ساعت توصیه می شود. علاوه بر این، آشتو طول لچکی را براساس پیشنهاد MUTCD به صورت زیر نیز ارائه می کند :

$$L = 0.62 SW \quad \text{برای سرعت های بالاتر از ۷۰ کیلومتر بر ساعت} \quad (۷-۳)$$

$$L = \frac{WS^2}{155} \quad \text{برای سرعت های کمتر از ۶۵ کیلومتر بر ساعت} \quad (۸-۳)$$



که در آن :

S سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)،  
 W عرض خط کاهش سرعت (متر) و  
 L طول لچکی (متر) است.

بنابر توصیه آشتو، استفاده از قوس در ابتدا و انتهای قطعه لچکی مطلوب است، ولی بخاطر سهولت اجرا می توان این قوس ها را نیز حذف کرد. در صورت استفاده از این دو قوس، طول بخش مستقیم لچکی بایستی حداقل یک سوم تا یک دوم طول کلی لچکی باشد. عرض خط کاهش سرعت جریان آزاد برابر  $2/65$  متر عنوان شده است.

- دستورالعمل استرالیا

در جدول ۳-۱۹ طول کل خط کاهش سرعت جریان آزاد که شامل قطعه لچکی نیز می شود، براساس دستورالعمل استرالیا آمده است. طول کل خط کاهش سرعت در سطوح شیبدار نیز از ضرب کردن طول حاصل از جدول ۳-۱۹ در ضرایب مندرج در جدول ۳-۲۰ بدست می آید.

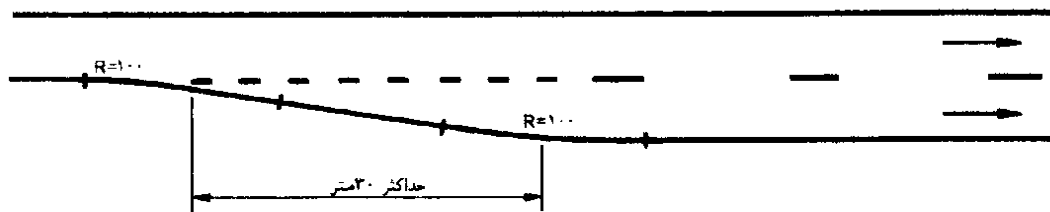
جدول ۳-۱۹- طول خط کاهش سرعت جریان آزاد، شامل بخش لچکی  
 برای شیب های کمتر از ۲ درصد (متر) [۶۵]

سرعت در قوس خروجی (کیلومتر بر ساعت)						سرعت طرح مسیر (کیلومتر بر ساعت)
۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۰	
-	-	۳۲	۴۶	۵۴	۶۰	۵۰
-	۲۸	۵۰	۶۴	۷۴	۸۰	۶۰
۳۴	۵۴	۷۰	۸۲	۹۴	۱۰۰	۷۰
۶۴	۸۲	۹۴	۱۰۴	۱۱۲	۱۲۰	۸۰

جدول ۳-۲۰- ضرایب اصلاح طول خط کاهش سرعت در شیب [۶۵]

نسبت طول در شیب به طول در افق		شیب (درصد)
سریائینی	سریالایی	
۱/۰	۱/۰	۰-۲
۱/۲	۰/۹	۳-۴
۱/۳۵	۰/۸	۵-۶

این دستورالعمل، حداکثر طول لچکی خطوط کاهش سرعت در مناسقات شهری را برابر ۳۰ متر در نظر می گیرد. در شکل ۳-۵۳ جزئیات طراحی لچکی نشان داده شده است.

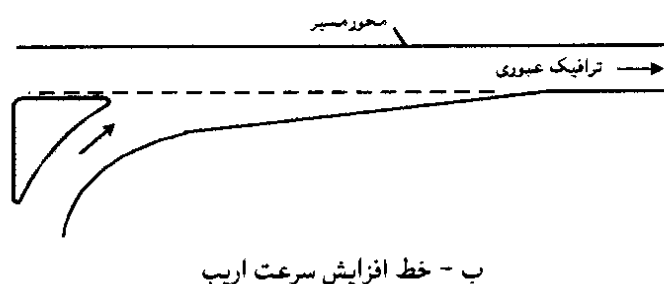
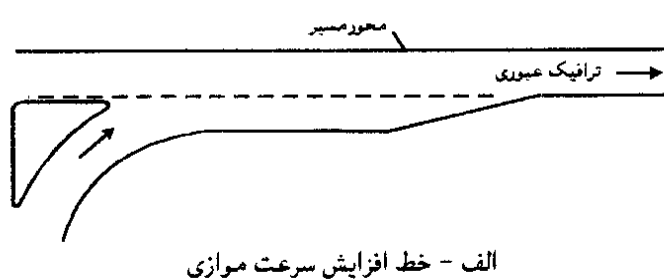


شکل ۳-۵۳- طراحی لچکی خطوط کاهش سرعت موازی مطابق دستورالعمل استرالیا [۶۵]

عرض خط کاهش سرعت در این دستورالعمل برابر عرض خطوط عبوری در نظر گرفته شده است و لی در صورت محدودیت فضا حداقل عرض ۲٫۵ متر را نیز مجاز می داند.

### ۲- خط افزایش سرعت

اصول و معیارهای طرح خطوط افزایش سرعت، مشابه خطوط کاهش سرعت در جریان آزاد است. در شکل های ۳-۵۴ الف و ب دو حالت کلی خطوط افزایش سرعت نشان داده شده است. هنگامی که مقدار آمد و شد نسبتاً کم است، معمولاً خودروهای ورودی، مسیر مستقیمی را طی خواهند کرد و بخشی از آنها، بدون آنکه قسمت قابل توجهی از خط افزایش سرعت را مورد استفاده قرار دهند، وارد خیابان اصلی می شوند. هرچه آمد و شد بیشتر باشد، به نسبت بیشتری خط افزایش سرعت به طور کامل مورد استفاده قرار خواهد گرفت.



شکل ۳-۵۴- انواع مختلف خطوط افزایش سرعت

خطوط افزایش سرعت به دو منظور بکار می روند :

- افزایش سرعت وسائل نقلیه گردشی، بطوری که سرعت آنها به سرعت وسائل نقلیه عبوری نزدیک شود.

- تأمین مسافتی که طی آن، راننده خودرو، فرصت کافی برای یافتن فاصله مناسب در میان وسایل نقلیه مسیر اصلی را بدست آورد و در آن فاصله وارد جریان ترافیک عبوری شود.

بطورکلی چهار عامل زیر در تعیین طول خط افزایش سرعت مؤثر هستند :

- سرعت خودرو هنگام خروج از قوس مسیر گردشی

- سرعت مطلوب خودرو هنگام خروج از خط افزایش سرعت

- روش افزایش سرعت و پارامترهای مربوط به آن

- فاصله قابل قبول رانندگان برای پیوستن به جریان عبوری

طول خط افزایش سرعت تابع مقدار نسبی آمد و شد در مسیر اصلی و خط گردش نیز می باشد. مطلوب آن است که سرعت خودروی ورودی از خط افزایش سرعت، برابر متوسط سرعت جریان آمد و شد عبوری باشد و طرح براین مبنا اجرا گردد.

در زیر، ضوابط مربوط به دستورالعمل های کشورهای مختلف، جهت طراحی خطوط افزایش سرعت ارائه می گردد :

- دستورالعمل آشتو [۲۲]

براساس ضوابط این دستورالعمل، طراحی خطوط اریب باید به گونه ای باشد که سرعت وسائل نقلیه قبل از رسیدن به نقطه ای که لبه سمت چپ مسیر گردش به راست به لبه سمت راست خط عبور مستقیم می پیوندد، برابر با سرعت متوسط وسایل نقلیه عبوری و یا حداکثر ۸ کیلومتر بر ساعت کمتر از آن باشد. در این نقطه، فاصله لبه سمت راست مسیر گردش برآست از لبه سمت راست خط عبوری مستقیم برابر ۳٫۶۵ متر است. جدول ۳-۲۱ حداقل طول های مورد نیاز برای افزایش سرعت در خطوط افزایش سرعت را نشان می دهد. در شکل ۳-۵۵ نیز طول مورد نیاز جهت یافتن مجال پیوستن به وسائل نقلیه عبوری نشان داده شده است. طول خط افزایش سرعت از حداکثر دو مقدار فوق بدست می آید. در صورتیکه خط افزایش سرعت در شیب قرار گرفته باشد، طول آن باتوجه به ضرایب حاصله از جدول ۳-۲۲ اصلاح می گردد.

درمورد خطوط افزایش سرعت موازی، طول بخش موازی، همانند حالت اریب،

از جدول ۳-۲۱ بدست می آید. تصحیح مورد نیاز برای اعمال شیب نیز در جدول ۳-۲۲ آمده است.

در این دستورالعمل، عرض خط افزایش سرعت موازی برابر ۳/۶۵ متر و طول لچکی آن برای سرعت های تا ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت برابر ۹۰ متر در نظر گرفته شده است.

جدول ۳-۲۱- حداقل طول خط افزایش سرعت L جریان آزاد

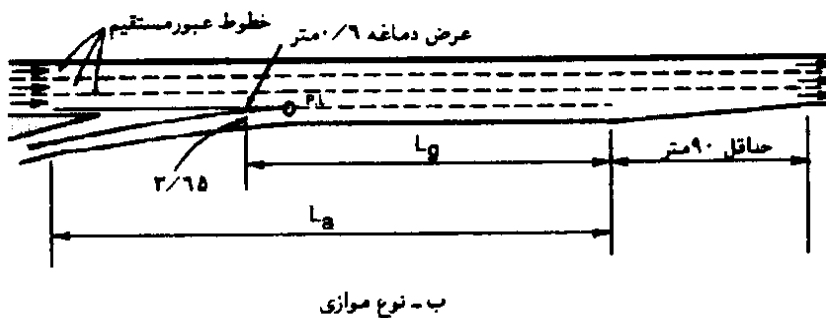
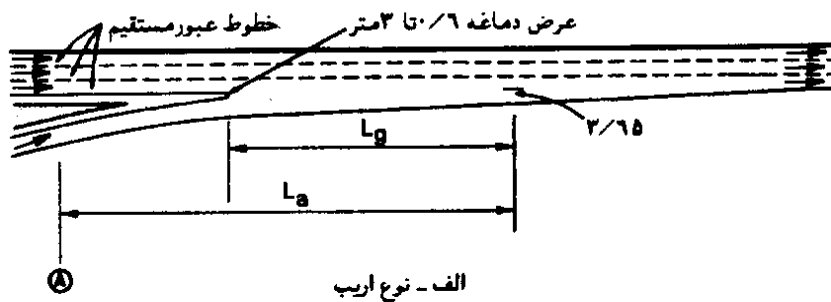
در شیب های کمتر از ۲ درصد (متر) [۲۲]

سرعت طرح قوس (کیلومتر در ساعت)							سرعت هنگام ورود به خطوط عبوری (Va) (کیلومتر در ساعت)	سرعت طرح مسیر (کیلومتر در ساعت)
توقف	۲۴	۳۲	۴۰	۴۸	۵۶	۶۴		
سرعت حرکت قوس (کیلومتر در ساعت) $V_s'$								
	۲۲	۲۹	۳۵	۴۲	۴۸	۵۸		
-	-	-	-	-	-	۵۵	۳۷	۴۸
-	-	۴۰	۶۵	۷۵	۹۵	۱۱۵	۵۰	۶۴
۵۰	۱۱۵	۱۵۰	۱۷۵	۱۹۰	۲۱۰	۲۳۰	۶۲	۸۰

جدول ۳-۲۲- ضرایب اصلاح طول خط افزایش سرعت در شیب

نسبت طول در شیب به طول در سطح افقی برای :				سرعت طرح خیابان (کیلومتر در ساعت)
سرعت طرح قوس خطوط گردش (کیلومتر در ساعت)				
تمامی سرعت ها	۶۵	۵۰	۳۰	
۳ تا ۴ درصد نشیب	فراز	۳ تا ۴ درصد		
۰/۷	-	۱/۳	۱/۳	۶۵
۰/۶۵	۱/۴	۱/۴	۱/۳	۸۰
۵ تا ۶ درصد نشیب	فراز	۵ تا ۶ درصد		
۰/۶	-	۱/۵	۱/۵	۶۵
۰/۵۵	۱/۹	۱/۷	۱/۵	۸۰



توضیحات :

- ۱- L<sub>a</sub> طول افزایش سرعت مورد نیاز براساس جداول ۲۱-۳ و ۲۲-۳.
- ۲- نقطه کنترل کننده سرعت ایمن در خط گردش به راست.
- ۳- L<sub>g</sub> طول مورد نیاز جهت یافتن مجال پیوستن به وسایل نقلیه عبوری.  
حد اقل این طول ۹۰ تا ۱۵۰ متر است.
- ۴- طول خط افزایش سرعت از مقادیر L<sub>a</sub> و L<sub>g</sub> هر کدام که بیشتر است، بدست می آید.

شکل ۳-۵۵- خطوط افزایش سرعت جریان آزاد گردش [۲۲]

- دستورالعمل استرالیا

در این دستورالعمل، طول خط افزایش سرعت که شامل بخش لچکی نیز می شود از جدول ۲۳-۳ بدست می آید. در صورتیکه خط افزایش سرعت دارای شیب بیش از ۲ درصد باشد، ضرایب اصلاح طول از جدول ۲۴-۳ اعمال می شود.

این دستورالعمل سرعت حرکت جانبی وسایل نقلیه هنگام پیوستن به وسایل نقلیه عبوری را برابر ۱ متر در ثانیه در نظر گرفته و بر این اساس رابطه زیر را جهت بدست آوردن طول لچکی (D<sub>m</sub>) پیشنهاد می کند :

$$D_m = \frac{SY_m}{3/6 V_m} \quad (9-3)$$

که در آن :

V<sub>m</sub> سرعت حرکت جانبی (متربرثانیه)،

S سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت) و  
 $Y_m$  تغییر مکان جانبی وسیله نقلیه یا کاهش عرض مسیر (متر) است.

جدول ۳-۲۳- طول خط افزایش سرعت (شامل بخش لچکی) در شیب های کمتر از ۲ درصد (متر) [۶۵]

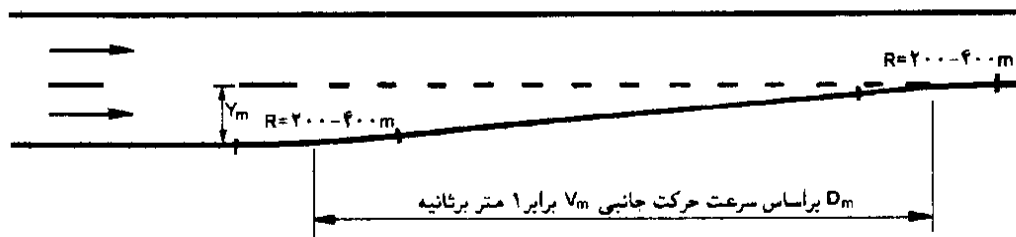
سرعت در قوس خروجی (کیلومتر بر ساعت)						سرعت طرح مسیر (کیلومتر بر ساعت)
توقف	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	
۱۰۵	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۵	-	۵۰
۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	-	۶۰
۱۸۰	۱۶۵	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۷۰
۲۶۰	۲۴۵	۲۳۰	۲۱۰	۱۸۰	۱۷۰	۸۰

جدول ۳-۲۴- ضرایب اصلاح طول خط افزایش سرعت در شیب [۶۵]

سرعت طرح در قوس گردش (کیلومتر بر ساعت)					سرعت طرح مسیر (کیلومتر بر ساعت)
کلید سرعت ها	توقف	۳۰	۵۰	۶۰	
۳ تا ۴ درصد نشیب	۳ تا ۴ درصد فراز				
۰/۷	۱/۳	۱/۳	-	-	۵۰
۰/۷	۱/۳	۱/۳	۱/۳	-	۶۰
۰/۶۵	۱/۳	۱/۳	۱/۴	۱/۴	۸۰
۵ تا ۶ درصد نشیب	۵ تا ۶ درصد فراز				
۰/۶	۱/۴	۱/۵	-	-	۵۰
۰/۶	۱/۵	۱/۵	۱/۵	-	۶۰
۰/۵۵	۱/۵	۱/۵	۱/۷	۱/۹	۸۰

در شکل ۳-۵۶ نمونه ای از طراحی لچکی خط افزایش سرعت موازی، مطابق این دستورالعمل نشان داده

شده است.



شکل ۳-۵۶- جزئیات لچکی خط افزایش سرعت [۶۵]

عرض خط افزایش سرعت نیز در این دستورالعمل برابر عرض خطوط عبوری در نظر گرفته می شود. در صورت محدودیت فضا، حداقل عرض ۲/۵ متر نیز مجاز دانسته شده است.

#### - دستورالعمل آلمان

بطور کلی در دستورالعمل RAS-K-1 کاربرد خطوط افزایش سرعت در تقاطع های همسطح شهری مجاز شمرده نشده است. با این وجود، در دستورالعمل RAS-K-2-B که مربوط به تقاطع های غیرهمسطح شهری است طول کل خط افزایش سرعت موازی شامل لچکی ۱۵۰ متر توصیه شده است.

#### ۳-۶-۳- جمع بندی و نتیجه گیری

بررسی و مقایسه دستورالعمل های کشورهای مختلف در رابطه با طراحی خطوط عبور در تقاطع های همسطح شهری نشان می دهد که در مجموع دستورالعمل کشور آلمان طبقه بندی و ابعاد واقع بینانه تری ارائه می کند و کاربرد آن برای شرایط موجود کشور توصیه می شود. علیرغم اینکه در این دستورالعمل گردش ورودی با جریان آزاد مجاز شمرده نشده ولی کاربرد آن در تقاطع های همسطح بزرگراهی می تواند مزایایی در برداشته باشد. بدین منظور، می توان با فرض اینکه سرعت طرح مسیر گردش و مسیر مستقیم نزدیک به یکدیگر بوده و وسایل نقلیه نیاز به طول زیادی جهت شتابگیری ندارند، از رابطه ۳-۵ طول لچکی لازم برای همگرایی جریان ورودی را بدست آورد. بدین ترتیب برای سرعت طرح های ۵۰ و ۶۰ کیلومتر در ساعت و عرض خط ۳/۰ متر مقادیر شیب لچکی به ترتیب ۱:۱۵ و ۱:۲۰ بدست می آید. برای منظور نمودن تأثیر شیب در طول لچکی ورودی نیز می توان با استفاده از جدول ۳-۱۵ در سریالایی ها و سرازیری های با شیب بزرگتر از ۴ درصد، طول لچکی بدست آمده را به ترتیب در مقادیر ۱/۵ و ۰/۷۵ ضرب نمود.

## ۳-۷- قوس گوشه و مسیر گردش تقاطع

## ۳-۷-۱- مقدمه

به منظور تسهیل حرکات گردش در تقاطع ها، از قوس ها و مسیرهای گردش استفاده می شود. بطور کلی ضوابط کاربرد طراحی قوس ها و مسیرهای گردش، متناسب با نیازهای هندسی و دینامیکی وسایل نقلیه بوده و در ارتباط نزدیک با شرایط محیطی تقاطع است. بدین ترتیب که، طراحی معمولاً براساس یک وسیله نقلیه طرح و برای سرعت طرح متناسب با وضعیت تقاطع انجام می پذیرد. انتخاب وسیله نقلیه طرح با توجه به نوع تقاطع و خیابانهای منتهی به آن و موقعیت منطقه صورت می گیرد و قوس گوشه تقاطع به گونه ای طراحی و محاسبه می شود که این وسیله بتواند به راحتی و نرمی در سرعت مفروض آن را طی نماید. با این وجود، سایر وسایل نقلیه بزرگتر نیز که مطابق قوانین و مقررات قادر به عبور می باشند، باید بتوانند تقاطع را با سرعت کمتر و در صورت نیاز با بکارگیری سایر خطوط عبور طی کنند. طراحی قوس ها و مسیرهای گردش در مناطق شهری تفاوت های قابل ملاحظه ای نسبت به تقاطع های خارج شهری دارد. این تفاوتها ناشی از عوامل متعددی از جمله محدودیت فضا و کاربری های موجود در اطراف تقاطع، بالا بودن قیمت زمین، سرعت حرکت پائین تر وسایل نقلیه، حضور عابرین پیاده و دوچرخه سواران، ترکیب ترافیک، تجهیزات کنترل ترافیک نظیر چراغ های راهنمایی و غیره است.

## ۳-۷-۲- قوس گوشه

برای گرد کردن گوشه تقاطع ها معمولاً از انواع قوس های دایره ای ساده، دایره ای مرکب و انتقالی استفاده می شود. علی الاصول قوس های دایره ای ساده برای وسایل نقلیه طرح کوچکتر و سرعت های طرح کمتر مناسب هستند، درحالیکه در سرعت های بیشتر و برای وسایل نقلیه بزرگتر، استفاده از قوس های مرکب و انتقالی دارای مزایای بیشتری خواهد بود. انتخاب قوس مناسب برای حرکات گردش تقاطع، به تعداد و انواع وسایل نقلیه گردش کننده بستگی داشته و در مواردی که لازم است گردش وسایل نقلیه در کمترین فضای ممکن انجام شود، باید مسیر گردش حداقل وسیله نقلیه طرح در نظر گرفته شود. اطلاعات مربوط به حداقل مسیر گردش انواع وسایل نقلیه طرح، در بخش ۳-۳ ارائه شده است.

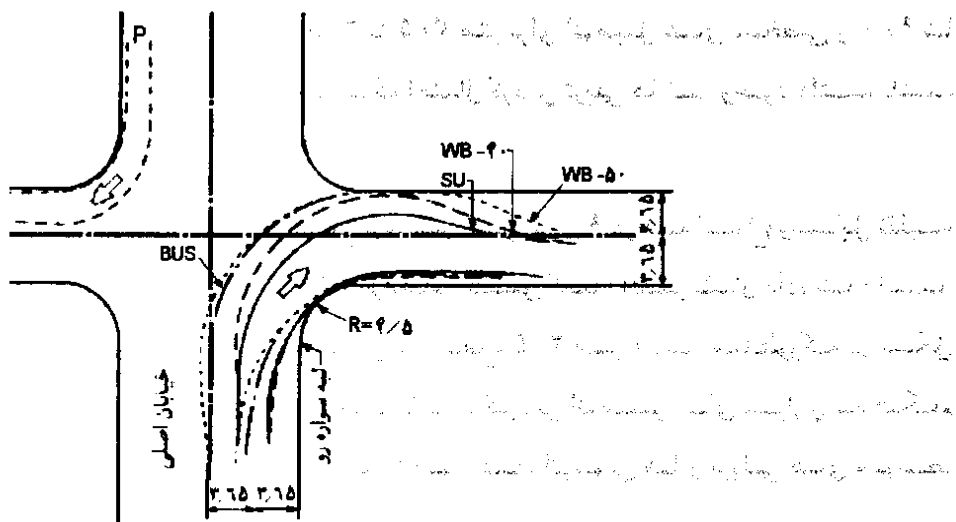
نحوه گردش وسایل نقلیه در تقاطع، بستگی به نوع وسیله نقلیه و شعاع قوس گردش دارد. براساس دستورالعمل آشتو، اغلب اتومبیل های سواری می توانند در خطوط عبوری به عرض حداقل ۳ متر، با سرعت کم، در قوس هایی با شعاع حدود ۴/۵ متر، با اندکی انحراف به سایر خطوط مجاور گردش به راست نمایند. با این وجود، گردش اینگونه وسایل نقلیه در سرعت های بیشتر و یا وسایل نقلیه بزرگتر حتی در سرعت های کم، عموماً با انحراف به خطوط عبوری مجاور در ابتدا و انتهای گردش، همراه خواهد بود. در خیابان های شریانی با حجم تردد



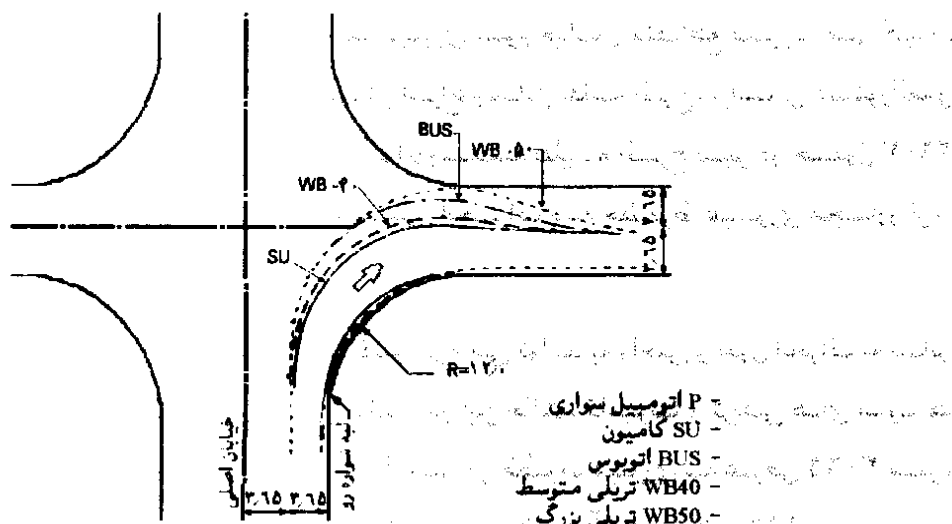
سنگین، لازم است شعاع قوس گوشه تقاطع را به میزان  $4/5$  تا  $7/5$  متر برای اتومبیل های شخصی و  $9/0$  تا  $15/0$  متر برای کامیونها و اتوبوس ها اجرا نمود و در صورتیکه احتمال گردش تریلی ها نیز وجود داشته باشد، بهتر است شعاع های بزرگتری بدین منظور اجرا گردد [۲۲].

در شکل ۳-۵۷ تأثیر شعاع قوس گوشه تقاطع بر مسیر گردش  $90^\circ$  درجه انواع وسایل نقلیه طرح برای تقاطع های فاقد خط پارکینگ حاشیه ای، براساس دستورالعمل آشتو نشان داده شده است. شکل ۳-۵۷-الف نشان دهنده مسیر گردش در یک قوس با شعاع  $4/5$  متر است. همانطور که در شکل ملاحظه می شود چنانچه عرض خطوط عبوری  $3/65$  متر باشد، گردش اتومبیل های سواری به هنگام خروج بدون هیچگونه انحرافی به سایر خطوط خواهد بود، لیکن کامیون ها، اتوبوس ها و تریلی های متوسط که با عرض بیشتری گردش می کنند، موجب اشغال دو خط عبوری از هر دو خیابان می شوند و در صورت گردش تریلی بزرگ، علاوه بر اشغال دو خط عبوری، قسمتی از خط عبوری سوم نیز اشغال می گردد. شکل ۳-۵۷-ب نیز نشان دهنده گردش کامیون ها و تریلی ها با شعاع قوس  $12/0$  متر است. در این حالت، عمل گردش بدون انحراف به خط عبوری سوم خیابان متقاطع صورت می گیرد. در جدول ۳-۲۵ تأثیر زوایای مختلف تقاطع، بر مسیر گردش انواع وسایل نقلیه طرح، براساس دستورالعمل آشتو نشان داده شده است. شعاع قوس مناسب برای انواع وسیله نقلیه طرح نیز در جدول ۳-۲۶ به تفکیک زوایای مختلف تقاطع، برای گردش بدون انحراف به خطوط عبوری مجاور ارائه شده است [۲۲].

اگر پارک حاشیه ای وسایل نقلیه آزاد باشد، وسایل نقلیه طرح می توانند به راحتی و بدون انحراف به سایر خطوط مجاور، حتی در شعاع های کوچکتر اقدام به گردش نمایند. در این حالت، کامیونها و تریلی های متوسط (وسایل نقلیه طرح آشتو) می توانند با شعاع قوس گوشه  $4/5$  متر در خطوط عبوری به عرض  $3/65$  متر، با انحراف بسیار کم به خطوط عبوری مجاور گردش نمایند. لذا در دستورالعمل آشتو سال ۱۹۹۰ توصیه شده است که در طولی به اندازه حداقل  $4/5$  متر قبل از شروع قوس گردش تا حداقل  $9/0$  متر بعد از نقطه پایان قوس، ممنوعیت پارک حاشیه ای برای وسایل نقلیه اعمال شود. با این وجود، گردش اتوبوس و تریلی های بزرگ کماکان با انحراف به خطوط مجاور همراه خواهد بود، مگر اینکه از شعاع قوس گردش حداقل  $7/5$  متر استفاده شود و ممنوعیت پارک حاشیه ای به طول حداقل  $12$  متر بعد از نقطه خاتمه قوس اعمال گردد. چنانچه پارکینگ حاشیه ای در نزدیکی تقاطع آزاد باشد، توصیه شده است که از قوس های با شعاع  $4/5$  و  $7/5$  متر با احتیاط استفاده بعمل آید، زیرا ممکن است حجم ترافیک در طی ساعات اوج و یا در طول روز به حدی برسد که لازم شود پارکینگ حاشیه ای ممنوع گردد و شرایط گردش نشان داده شده در شکل ۳-۵۷ و جدول ۳-۲۵ اعمال شود [۲۲].



الف - شعاع قوس گوشه ۴/۵ متر



ب - شعاع قوس گوشه ۱۲ متر

شکل ۴-۵۷ - تأثیر شعاع قوس بر مسیر گردش انواع وسایل نقلیه طرح [۲۲]

در دشتورالعمل استرالیا، استفاده از قوس دایره ساده برای محل هایی که حجم ترافیک گردش کم است، مانند تقاطع خیابان های محلی و همچنین تقاطع خیابان های جمع و پخش کننده با شریانی ها توصیه شده است. شعاع قوس در تقاطع خیابان های محلی باید به اندازه ای باشد که اتومبیل های سواری بتوانند بدون انحراف از خط خود، گردش نمایند و در این حالت، کامیون ها می توانند با استفاده از کل عرض خیابان گردش خود را انجام دهند. در سایر تقاطع ها، طراحی قوس گوشه برای گردش یک تریلی بزرگ بدون انحراف از خط محوری مسیر صورت گرفته و کاربرد قوس دایره ساده به شعاع ۶ تا ۱۰ متر و یا قوس مرکب معادل آن توصیه شده است [۶۵].

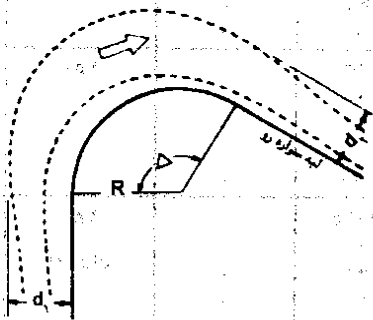
جدول ۳-۲۵- عرض اشغال شده  $d_2$  بوسیله انواع وسیله نقلیه گردشی در خیابان متقاطع برحسب زوایای مختلف تقاطع و شعاع قوس گردش (متر) [۲۲]

شعاع قوس و حالت های گردش ۱ و ۲										وسیله نقلیه طرح	زاویه تقاطع ( $\Delta$ )
$R=12/0$		$R=9/0$		$R=7/5$		$R=6/0$		$R=4/5$			
۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱		
۳/۹	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۴/۲	۳/۹	۴/۲	SU	۳۰°
۵/۲	۵/۵	۵/۲	۵/۸	۵/۴	۵/۸	۵/۲	۵/۸	۵/۲	۶/۷	BUS	
۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	WB-40	
۴/۸	۵/۵	۴/۸	۵/۸	۵/۲	۶/۰	۵/۲	۶/۰	۵/۲	۶/۰	WB-50	
۴/۲	۴/۲	۴/۵	۴/۸	۴/۵	۵/۲	۴/۸	۵/۸	۴/۸	۵/۸	SU	۶۰°
۵/۵	۶/۷	۵/۸	۷/۰	۶/۰	۷/۳	۶/۰	۷/۹	۶/۴	۸/۵	BUS	
۴/۸	۵/۲	۵/۵	۵/۸	۵/۸	۶/۴	۵/۸	۶/۷	۵/۸	۷/۳	WB-40	
۵/۵	۶/۷	۵/۸	۷/۵	۸/۸	۸/۵	۶/۴	۸/۲	۶/۷	۹/۴	WB-50	
۳/۹	۳/۹	۴/۵	۵/۲	۴/۸	۵/۸	۵/۵	۷/۰	۶/۰	۷/۹	SU	۹۰°
۵/۵	۶/۴	۶/۴	۷/۵	۶/۷	۹/۰	۶/۷	۱۰/۰	۷/۰	۱۱/۵	BUS	
۴/۸	۵/۲	۵/۵	۵/۸	۶/۴	۷/۰	۶/۴	۸/۲	۶/۷	۹/۴	WB-40	
۵/۵	۶/۷	۶/۴	۸/۸	۶/۷	۱۰/۳	۷/۳	۱۱/۲	۶/۷	۱۲/۷	WB-50	
۳/۹	۳/۹	۴/۸	۵/۲	۴/۸	۶/۴	۵/۸	۸/۲	۶/۷	۱۰/۳	SU	۱۲۰°
۵/۵	۵/۸	۵/۸	۷/۹	۷/۰	۹/۷	۷/۵	۱۲/۰	۸/۵	۱۳/۹	BUS	
۴/۸	۵/۲	۵/۵	۵/۸	۶/۷	۷/۳	۶/۷	۸/۸	۷/۰	۱۱/۲	WB-40	
۵/۵	۶/۷	۷/۹	۹/۰	۸/۲	۱۰/۹	۸/۵	۱۳/۰	۸/۸	۱۵/۲	WB-50	
۳/۶	۳/۶	۴/۸	۵/۲	۵/۸	۶/۷	۶/۴	۹/۷	۷/۵	۱۲/۰	SU	۱۵۰°
۴/۸	۵/۲	۵/۵	۶/۷	۷/۰	۹/۷	۷/۵	۱۲/۰	۸/۵	۱۴/۵	BUS	
۴/۸	۵/۲	۵/۵	۵/۸	۶/۷	۷/۰	۶/۷	۸/۸	۷/۳	۱۱/۸	WB-40	
۵/۵	۶/۷	۷/۹	۸/۵	۸/۲	۱۰/۹	۸/۵	۱۳/۹	۹/۴	۱۶/۰	WB-50	

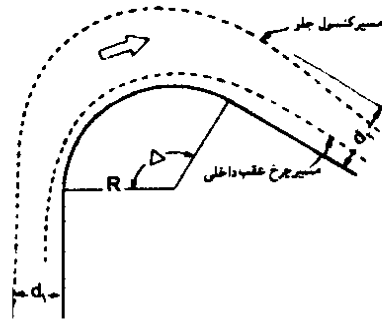
ملاحظات : - وسیله نقلیه طرح سواری " P " در عرض ۳/۶۵ متر با شعاع  $R=4/5m$  یا بیشتر گردش می کند.

- در هیچ یک از خیابانها پارکینگ حاشیه ای وجود ندارد.

- SU کامیون، BUS اتوبوس، WB-40 تریلی متوسط و WB-50 تریلی بزرگ است.



حالت ۲



حالت ۱

وسیله نقلیه طرح از خط عبور خود گردش کرده و دارای انحراف زیادی در خیابان متقاطع می باشد.  $d_1 = 3/65m$  و  $d_2$  متغیر است.

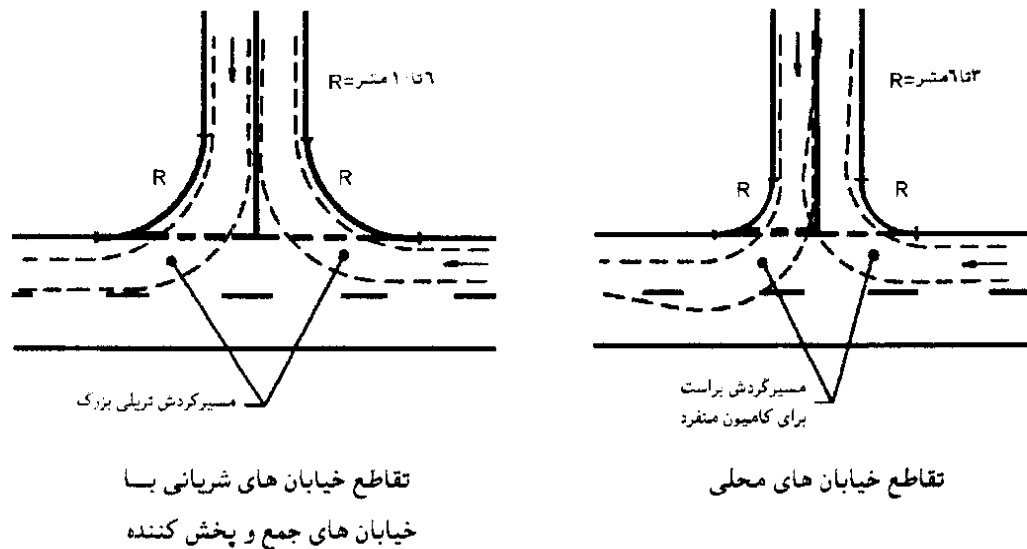
وسیله نقلیه طرح دار هر دو خیابان دارای انحراف نسبتاً زیادی می باشد و  $d_1$  و  $d_2$  برابر هستند.

جدول ۳-۲۶- شعاع قوس گوشه تقاطع برای گردش های بدون انحراف به خطوط عبوری مجاور [۲۲]

وسيله نقلیه طرح		زاویه گردش (درجه)	شعاع قوس دایره ساده (متر)	قوس مرکب سه مرکزی، متقارن		قوس مرکب سه مرکزی، نامتقارن	
				شعاع (متر)	عقب نشینی (متر)	شعاع (متر)	عقب نشینی (متر)
P SU BUS WB-40 WB-50	۳۰	۱۸	-	-	-	-	
			۳۰	-	-	-	
			۴۲	-	-	-	
			۴۵	-	-	-	
P SU BUS WB-40 WB-50	۴۵	۱۵	-	-	-	-	
			۲۳	-	-	-	
			۲۴	-	-	-	
			۳۶	-	-	-	
P SU BUS WB-40 WB-50	۶۰	۱۲	-	-	-	-	
			۱۸	-	-	-	
			۲۱	-	-	-	
			۲۷	-	-	-	
P SU BUS WB-40 WB-50	۷۵	۱۱	-	-	-	-	
			۱۷	-	-	-	
			۲۴	-	-	-	
			۲۶	-	-	-	
P SU BUS WB-40 WB-50	۹۰	۹	-	-	-	-	
			۱۵	-	-	-	
			۲۶	-	-	-	
			-	-	-	-	
P SU BUS WB-40 WB-50	۱۰۵	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
P SU BUS WB-40 WB-50	۱۲۰	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
P SU BUS WB-40 WB-50	۱۳۵	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
P SU BUS WB-40 WB-50	۱۵۰	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
P SU BUS WB-40 WB-50	۱۸۰	دور زدن	-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	

- لچکی های مستقیم مثلثی شکل با شیب ۱ به ۱۵ را می توان جایگزین قوس های مرکب سه مرکزی با شعاع های بزرگ نمود. همچنین می توان از ترتیب کلوتوئید - قوس - کلوتوئید نیز استفاده کرد.  
 - P اتومبیل سواری، SU کامیون، BUS اتوبوس، WB-40 تریلی متوسط و WB-50 تریلی بزرگ است.

در شکل ۳-۵۸ ضوابط طراحی قوس های گوشه در تقاطع های همسطح درون شهری براساس دستورالعمل استرالیا نشان داده شده است [۶۵].



شکل ۳-۵۸- کاربرد قوس گوشه دایره ساده برای گردش به راست در تقاطع های شهری [۶۵]

براساس دستورالعمل آلمان، چنانچه دریک گوشه از تقاطع حرکات گردش و وجود نداشته باشد، (نظیر تقاطع با خیابانهای یک طرفه) قوس دایره ای ساده با شعاع یک متر کفایت می کند. لیکن، درتمامی موارد دیگر باید قوس گوشه تقاطع به گونه ای طراحی شود که نیازهای هندسی و احیاناً دینامیکی گردش وسایل نقلیه را به راحتی برآورده سازد. محدوده شعاع قوس گوشه براساس درجه بندی خیابان های متقاطع متفاوت خواهد بود. شعاع قوس گوشه برای خیابان های دسترسی و محلی بین ۲ تا ۶ متر توصیه شده است. حداکثر شعاع قوس گوشه برای تقاطع های واقع در خیابان های شریانی نیز ۱۲ متر عنوان شده است. در تقاطع های بزرگراهی و شریانی، شعاع قوس گوشه بدون استفاده از جزیره مثلثی از جدول ۳-۲۷ و همراه با جزیره مثلثی از جدول ۳-۲۸ بدست می آید.

جدول ۳-۲۷- شعاع قوس گوشه تقاطع های بزرگراهی و شریانی

شعاع دایره اصلی* (متر)		زاویه تقاطع (درجه)
گردش به راست خروجی	گردش به راست ورودی	
۱۲	۸	۷۰
۱۲ (۱۵)**	۸	۹۰
۸	۸	۱۱۰

\* در صورت استفاده از قوس سه مرکزی، ارقام جدول شعاع قوس اصلی را ارائه می کنند.

\*\* شعاع ۱۵ متر فقط با جزیره جداکننده بکار می رود.

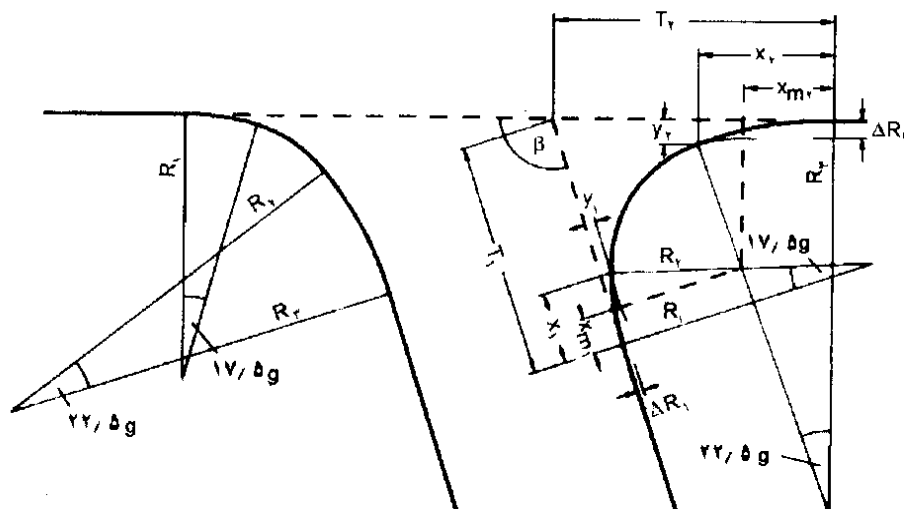
جدول ۳-۲۸- شعاع قوس گردش همراه با جزیره مثلثی

شعاع دایره اصلی (متر)	زاویه تقاطع (درجه)
۲۰	۷۰
۲۵	۹۰
۲۵	۱۱۰

بر اساس توصیه های این دستورالعمل، در تقاطع های کم اهمیت که شعاع قوس گوشه نیز کوچک است می توان از قوس ساده (یک مرکزی) برای قوس گوشه استفاده نمود. با افزایش شعاع قوس گوشه، استفاده از قوس سه مرکزی ارجحیت پیدا می کند. قوس های سه مرکزی با مسیرگردش وسایل نقلیه انطباق بهتری داشته و سطح کمتری را اشغال می کنند. در شکل ۳-۵۹ جزئیات طراحی قوس سه مرکزی بر اساس دستورالعمل آلمان نشان داده شده است. مطابق این دستورالعمل، نسبت بین شعاع دایره های ورودی  $R_1$ ، اصلی  $R_2$  و خروجی  $R_3$  برابر است با:

$$R_1 : R_2 : R_3 = 2 : 1 : 3$$

در این حالت، زاویه مرکزی دایره های ورودی  $R_1$  و خروجی  $R_3$  بدون توجه به زاویه تقاطع همواره به ترتیب برابر  $17/5^\circ$  و  $22/5^\circ$  گراد است. مقدار شعاع قوس اصلی  $R_2$  از جدول ۳-۲۷ بدست می آید.



$$\Delta R_1 = 0.0375 R_2 \quad y_1 = 0.0750 R_2 \quad x_{m1} = 0.2714 R_2 \quad x_1 = 0.5228 R_2$$

$$\Delta R_2 = 0.1236 R_2 \quad y_2 = 0.1854 R_2 \quad x_{m2} = 0.6922 R_2 \quad x_2 = 1.0283 R_2$$

$$T_1 = (0.2714 + 1.0375 \tan \frac{\beta}{2} + \frac{0.0861}{\sin \beta}) \cdot R_2$$

$$T_2 = (0.6922 + 1.1236 \tan \frac{\beta}{2} - \frac{0.0861}{\sin \beta}) \cdot R_2$$

شکل ۳-۵۹- جزئیات روش طراحی قوس سه مرکزی [۷۶]

در جدول ۳-۲۹ توصیه هایی برای انتخاب نوع وسیله نقلیه طراحی تقاطع براساس درجه بندی خیابان های متقاطع و نحوه تداخل موردنظر ارائه شده است [۷۶]. با استفاده از جدول ۳-۳۰ عرض ورودی موردنیاز براساس شعاع قوس گوشه تقاطع بدست می آید.

باتوجه به اینکه وسایل نقلیه طرح آلمان برای شرایط ایران توصیه شده است (بخش ۳-۳) کاربرد ضوابط طراحی قوس های گردش این دستورالعمل نیز ضروری بنظر می رسد.

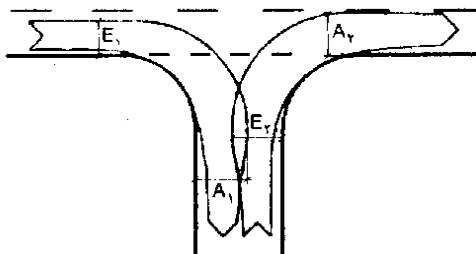
جدول ۳-۲۹- ضوابط انتخاب وسیله نقلیه طرح و نحوه گردش در تقاطع [۷۶]

طبقه بندی مسیره های متقاطع	بزرگراه	شریانی	جمع و پخش کننده	محل	دسترسی
بزرگراه	اتوبوس مفصلی (۱)	اتوبوس مفصلی (۱)	—	—	—
شریانی	اتوبوس مفصلی (۱)	اتوبوس مفصلی (۱)	اتوبوس (۱) اتوبوس مفصلی (۲)	—	—
جمع و پخش کننده	—	اتوبوس (۱) اتوبوس مفصلی (۲)	اتوبوس (۱) اتوبوس مفصلی (۲)	کامیون (۱) اتوبوس (۲)	سواری (۱) کامیون (۲)
محل	—	—	کامیون (۱) اتوبوس (۲)	سواری (۱) کامیون (۲)	سواری (۱) کامیون (۲)
دسترسی	—	—	سواری (۱) کامیون (۲)	سواری (۱) کامیون (۲)	سواری (۱) کامیون (۲)

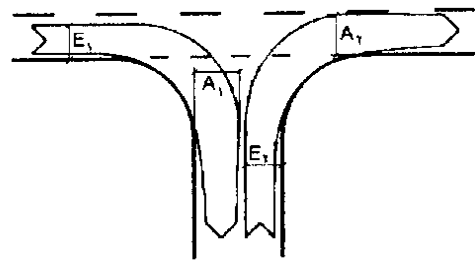
نوع تداخل مسیرگردش

(۲) استفاده مشترک از خط عبور مقابل در

خیابان فرعی



(۱) بدون استفاده از خط مقابل



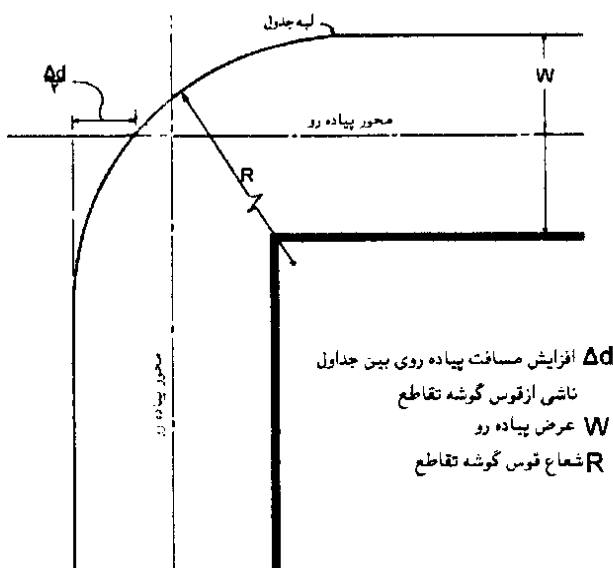
توضیحات :

- ارقام داخل پرانتز بیانگر طرح تداخل گردش قابل قبول مطابق شکل های فوق است.
- $E_1$  و  $E_2$ ، بترتیب عرض خروجی از مسیرهای اصلی و فرعی هستند.
- $A_1$  و  $A_2$ ، بترتیب عرض ورودی به مسیرهای فرعی و اصلی هستند.





طول گذرگاه عرضی پیاده و پخی گوشه یا حریم تقاطع، متناسب با شعاع قوس گوشه افزایش می یابد. در شکل ۳-۶۰ طول اضافه شده به گذرگاه عرضی عابرین پیاده به واسطه ایجاد قوس گوشه تقاطع نشان داده شده است. لازم به توضیح است که مقادیر عددی ارائه شده در این شکل، برای زاویه تقاطع کمتر یا بیشتر از ۹۰ درجه، تغییر می کند [۱۲۲]. در بخش ۲-۳ روابط مربوط به محاسبه مقدار پخی لازم در گوشه تقاطع برحسب شعاع های مختلف قوس گوشه برای عرض های مختلف پیاده رو ارائه شده است. دستورالعمل استرالیا نیز تأکید نموده است که به منظور تأمین عرض کافی برای پیاده رو در گوشه تقاطع ها و همچنین بهبود میدان دید، لازم است در محل برخورد امتداد لبه کاربری های مجاور، عقب نشینی بصورت پخی انجام گیرد که مقدار آن برای تقاطع ۹۰ درجه با پیاده رو به عرض ۳/۷ متر و شعاع قوس گردشی ۶/۰ متر، در حدود ۲/۵ تا ۳/۰ متر خواهد بود [۶۵].



شعاع قوس گوشه (متر)	مسافت پیاده روی اضافه شده ( $\Delta d$ )	
	$W = 6 \text{ m}$	$W = 3 \text{ m}$
۳	-	۰/۹
۶	۱/۵	۴/۲
۹	۴/۵	۸/۲
۱۲	۸/۲	۱۲/۷
۱۵	۱۲/۰	۱۷/۳

شکل ۳-۶۰- تغییرات طول گذرگاه عرضی عابرین پیاده برحسب شعاع قوس گوشه تقاطع و عرض پیاده رو [۱۲۲]

### ۳-۷-۳- مسیر گردشی

همانگونه که در فصل ۳-۶ توضیح داده شد، حرکت گردش به راست در تقاطع های همسطح بزرگراهی ممکن است با جریان آزاد انجام شود. در این حالت، وسایل نقلیه حرکت بدون توقف خود را از طریق مسیرهای گردشی انجام می دهند. مسیرهای گردشی جریان آزاد شامل یک خط گردشی و یک جزیره مثلثی با استاندارد طراحی بالا است.

معمولاً شعاع قوس مسیر گردشی براساس سرعت وسایل نقلیه بدست می آید. سرعت طراحی به عوامل مختلفی از جمله درجه بندی مسیرهای منتهی به تقاطع و سرعت وسیله نقلیه در آنها، نوع تقاطع و حجم ترافیک

عبوری و گردش کننده بستگی دارد. سرعت گردش مطلوب طرح در دستورالعمل آشتو برابر، متوسط سرعت حرکت وسایل نقلیه پیش از ورود به مسیر گردش عنوان شده است. دستورالعمل استرالیا نیز سرعت در مسیر گردش را برابر ۸۰ درصد (حداقل ۵۰ درصد) سرعت طرح مسیر عنوان کرده است.

به دلیل وجود انواع علائم هشداردهنده و همچنین پیش بینی شرایط بحرانی در تقاطع ها، دستورالعمل آشتو توصیه کرده است که شعاع قوس مسیره های گردش در تقاطع ها کمتر از شعاع قوس های واقع در طول مسیر با همان سرعت طرح در نظر گرفته شود. به علاوه، عوامل متعددی از جمله مسایل ایمنی و محیط اطراف، اجازه جریان آزاد در تقاطع ها را نمی دهند و لذا استفاده از قوس های کوچکتر را ایجاب می کنند که در نتیجه آن، نیروی گریز از مرکز بیشتری به رانندگان وسایل نقلیه اعمال می گردد.

در دستورالعمل آشتو، حداقل شعاع ایمن قوس مسیره های تقاطع به ازاء سرعت های مختلف طرح در جدول ۳-۳۱ ارائه شده است. در جدول ۳-۳۲ نیز عرض روسازی مناسب برای مسیره های گردش مطابق این دستورالعمل آورده شده است [۲۲].

جدول ۳-۳۱- حداقل شعاع ایمن برای قوس مسیره های گردش تقاطع [۲۲]

سرعت گردش طرح (کیلومتر بر ساعت)	۱۶	۲۴	۳۲	۴۰	۴۸	۵۶	۶۴
ضریب اصطکاک جانبی (f)	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۶
حداقل بریلندی مورد نیاز (e)	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۹
حداقل شعاع پیشنهادی (متر)	۸	۱۶	۳۰	۵۰	۷۶	۱۰۲	۱۴۲

در دستورالعمل استرالیا نیز رابطه سرعت طرح و شعاع مسیر گردش به صورت جدول ۳-۳۳ ارائه شده است. براساس این دستورالعمل، عرض مناسب برای طراحی مسیره های گردش مطابق جدول ۳-۳۴ است [۶۵].

مقایسه مقادیر شعاع قوس و عرض مسیر گردش در دو دستورالعمل فوق نشان می دهد که دستورالعمل آشتو در شرایط یکسان مقادیر بالاتری را می پذیرد. باتوجه به ابعاد وسیله نقلیه طرح، کاربرد دستورالعمل استرالیا در شرایط ایران نتایج مناسب تری بدست می دهد.

جدول ۳-۳۲ - عرض روسازی مناسب برای مسیرهای گردش جریانی آزاد  
بر اساس دستورالعمل آشتو (متر) [۲۲].

حالت عملکردی									شعاع قوس داخلی مسیرگردشی
۱- گردش یک خطه			۲- گردش یک خطه			۳- گردش دو خطه			
یک طرفه بدون سبقت			یک طرفه با سبقت			یک طرفه یا دو طرفه			
شرایط آمد و شد طرح *									
الف	ب	ج	الف	ب	ج	الف	ب	ج	
۵/۵۰	۵/۵۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۶۰	۸/۸۰	۹/۴۵	۱۰/۶۵	۱۲/۸۰	۱۵
۴/۹۰	۵/۲۰	۵/۸۰	۶/۴۰	۷/۰۰	۸/۲۰	۸/۸۵	۱۰/۰۵	۱۱/۳۰	۲۲/۵
۴/۵۰	۴/۹۰	۵/۵۰	۶/۱۰	۶/۷۰	۷/۶۰	۸/۵۵	۹/۴۵	۱۰/۶۵	۳۰
۴/۲۵	۴/۹۰	۵/۲۰	۵/۸۰	۶/۴۰	۷/۳۰	۸/۲۰	۹/۱۵	۱۰/۰۵	۴۵
۳/۹۵	۴/۹۰	۴/۹۰	۵/۸۰	۶/۴۰	۷/۰۰	۸/۲۰	۸/۸۵	۹/۴۵	۶۰
۳/۹۵	۴/۵۵	۴/۹۰	۵/۵۰	۶/۱۰	۶/۷۰	۷/۸۰	۸/۵۵	۹/۱۵	۹۰
۳/۹۵	۴/۵۵	۴/۹۰	۵/۵۰	۶/۱۰	۶/۷۰	۷/۸۰	۸/۵۵	۸/۸۵	۱۲۰
۳/۶۵	۴/۵۵	۴/۵۵	۵/۵۰	۶/۱۰	۶/۷۰	۷/۸۰	۸/۵۵	۸/۸۵	۱۵۰
۳/۶۵	۴/۵۵	۴/۵۵	۵/۲۰	۵/۸۰	۶/۴۰	۷/۶۰	۸/۲۵	۸/۲۵	امتداد مستقیم
اصلاح عرض با توجه به نوع لیه های روسازی									
هیچ			هیچ			هیچ			شانه بدون روکش
هیچ			هیچ			هیچ			جدول قابل عبور
۰/۳ متر اضافه شود ۰/۶ متر اضافه شود			هیچ ۰/۳ متر اضافه شود			۰/۳ متر اضافه شود ۰/۶ متر اضافه شود			جدول غیرقابل عبور: یک طرف دو طرف
در صورتی که عرض شانه ۱/۲ متر یا بیشتر باشد، ۰/۶ متر از عرض روسازی کم شود.			به اندازه عرض شانه از عرض کم شود. حداقل عرض روسازی نظیر حالت یکم است.			هیچ			شانه های تثبیت شده در یک طرف و یا دو طرف

\* انواع شرایط آمد و شد به شرح زیر است :

الف- وسیله نقلیه سواری حاکم است ولی کامیون نیز مشاهده می شود.

ب - تعداد کامیون در حدی است که طرح را کنترل می کند ولی تریلر نیز در نظر گرفته می شود.

ج - تعداد اتوبوس و سایر وسایل نقلیه مرکب در حدی است که طرح را کنترل می کنند.

جدول ۳-۳۳- رابطه سرعت طرح با شعاع قوس مسیر گردش به راست [۶۵]

شیب عرضی (درصد)				ضریب اصطکاک	سرعت (کیلومتر در ساعت)
۸	۶	۴	۲		
شعاع قوس (متر)					
۲۹	۳۰	۳۲	۳۴	۰٫۳۶	۴۰
۴۶	۴۹	۵۱	۵۴	۰٫۳۵	۵۰
۷۰	۷۳	۷۷	۸۰	۰٫۳۳	۶۰
۱۰۰	۱۰۵	۱۱۰	۱۱۵	۰٫۳۱	۷۰
۱۵۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۸۰	۰٫۲۶	۸۰

جدول ۳-۳۴- عرض مناسب برای مسیرهای گردشی جریان آزاد

براساس دستورالعمل استرالیا (متر) [۶۵]

	$W_2$	$W_1$	$W_0$	R
	۱۰٫۳	۷٫۵	۶٫۵	۱۲
	۱۰٫۱	۷٫۲	۶٫۲	۱۴
	۹٫۹	۷٫۱	۶٫۰	۱۶
	۹٫۷	۶٫۹	۵٫۹	۱۸
	۹٫۶	۶٫۸	۵٫۷	۲۰
	۹٫۵	۶٫۷	۵٫۶	۲۲
	۹٫۴	۶٫۶	۵٫۵	۲۴
	۹٫۳	۶٫۵	۵٫۴	۲۶
	۹٫۲	۶٫۵	۵٫۴	۲۸
	۹٫۱	۶٫۴	۵٫۳	۳۰
	۸٫۸	۶٫۱	۵٫۰	۴۵
	۸٫۶	۵٫۹	۴٫۸	۶۰
	۸٫۴	۵٫۸	۴٫۶	۹۰
	۸٫۳	۵٫۷	۴٫۵	۱۲۰
	۸٫۲	۵٫۶	۴٫۵	۱۵۰

$W_0$  : عرض مسیر گردش یک خطه همراه با شانه کناری بطوری که یک وسیله نقلیه خراب شده مانع جریان ترافیک نمی شود.

$W_1$  : عرض مسیر گردش یک خطه با دولبه جدول گذاری شده بطوری که امکان سبقت گیری از یک وسیله نقلیه خراب شده وجود دارد.

$W_2$  : عرض مسیر گردش دو خطه با و یا بدون جدول کناری.

۳-۷-۴- مسیر واگرد

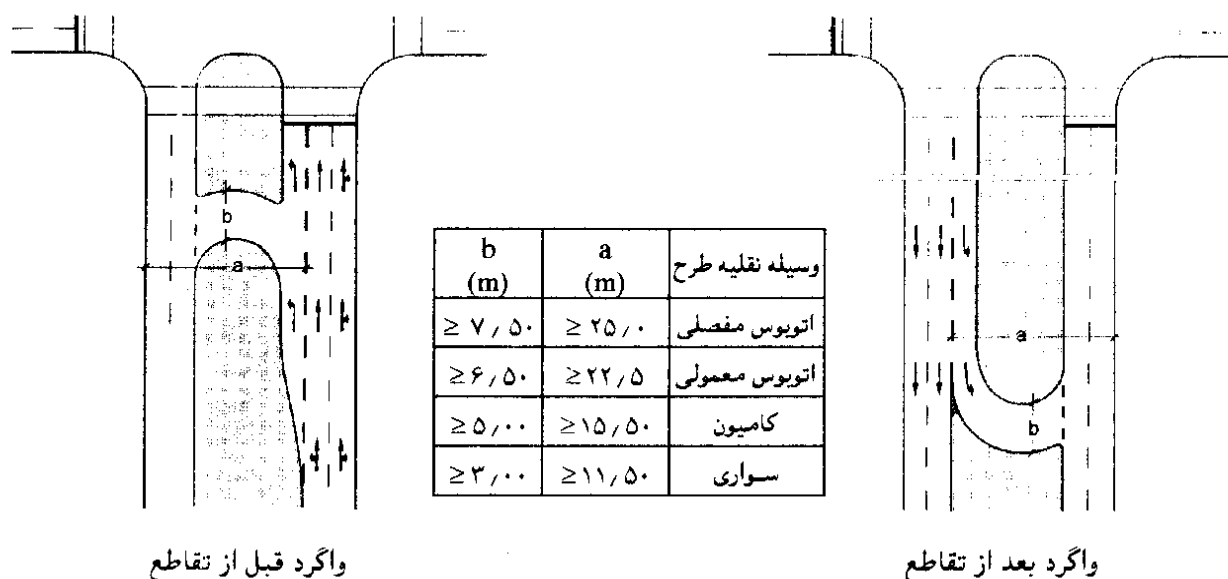
در خیابان هایی که دارای حفاظ میانی غیرقابل عبور و یا خط ویژه حمل و نقل عمومی در وسط هستند، باید امکان دور زدن وسایل نقلیه بوسیله مسیر واگرد تأمین شود.

در صورتی تأمین حرکت واگرد بدون کاهش ایمنی و ظرفیت امکان پذیر است که خط گردش به چپ خروجی موجود بوده و این خط بتواند ترافیک واگرد را نیز عبور دهد، امکان حرکت واگرد برای انواع خودروها بدون نیاز به عقب و جلو کردن وجود داشته باشد و حرکت واگرد وسایل نقلیه مستلزم عبور از میان جریان عابرین پیاده نباشد. در صورت عدم تأمین شرایط فوق باید خط واگرد در حفاصل تقاطع ها ایجاد شود. توصیه می شود حتی الامکان خط واگرد در موقعیت قبل از تقاطع استقرار یابد.

در صورت وجود ممنوعیت گردش به چپ در یک تقاطع، می توان برای گردش به چپ غیرمستقیم، بعد از تقاطع یک خط واگرد پیش بینی نمود. به این ترتیب وسایل نقلیه چپگرد می توانند پس از حرکت واگرد در پشت تقاطع، از ورودی مقابل گردش به راست نمایند.

در شکل ۳-۶۱ جزئیات طراحی خطوط واگرد قبل و بعد از تقاطع مطابق دستورالعمل آلمان ارائه شده است. خط واگرد براساس نمودار گردش نمای بزرگترین خودروی واگردی که همواره عبور می کند طراحی می گردد. چنانچه خط واگرد برای یک وسیله نقلیه طرح خاص طراحی شده باشد باید حرکت واگرد برای وسایل نقلیه بزرگتر بوسیله تابلوهای مقتضی ممنوع گردد.

در تقاطع های چراغدار باید برای خط واگرد طول انباره کافی پیش بینی گردد به گونه ای که بتواند تمام خودروهای واگرد را در خود جای دهد. این خط باید حتی الامکان در حفاظ میانی احداث شود.



شکل ۳-۶۱- جزئیات مسیر واگرد [۹۳]

### ۳-۸-۱- جزایر

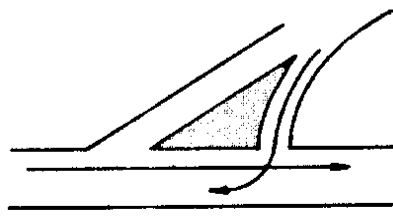
#### ۳-۸-۱-۱- مقدمه

جزیره سطح معینی از سواره رو است که در تقاطع ها به منظور هدایت وسایل نقلیه، حفاظت و ایمنی عابرین پیاده و نصب وسایل کنترل ترافیک ایجاد می شود. جزیره ها می توانند به اشکال مختلف طراحی و توسط خط کشی، موانع برجسته، گل میخها، جداول و یا سایر وسایل مشخص شوند و در صورتیکه به درستی استقرار یابند، علاوه بر هدایت صحیح وسایل نقلیه به مسیرهای از پیش تعیین شده، موجب می شوند که برخورد میان حرکات گردشی و همچنین تصادفات و تأخیر تقاطع نیز حداقل گردد.

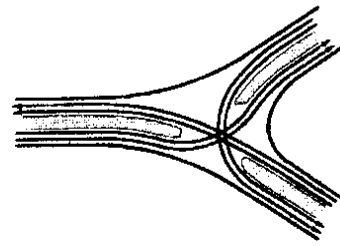
#### ۳-۸-۲- موارد کاربرد جزیره

جزیره ها اغلب به منظور تأمین یک یا چند هدف از اهداف زیر طراحی می گردند :

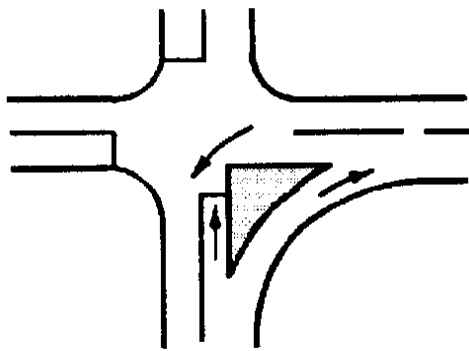
- تفکیک آمد و شد وسایل نقلیه، به منظور جلوگیری از سردرگمی رانندگان و تأمین فرصت کافی برای تصمیم گیری صحیح (شکل ۳-۶۲-الف).
- کنترل زاویه تلاقی حرکات و کاهش احتمال برخورد میان آنها (شکل ۳-۶۲-ب).
- کاهش سطح روسازی در تقاطع های وسیع به منظور کاهش سردرگمی رانندگان و جلوگیری از انحراف از مسیر صحیح (شکل ۳-۶۲-ج).
- کنترل سرعت و جداسازی حرکات گردشی در تقاطع های بدون چراغ (شکل ۳-۶۲-د).
- محافظت از عابرین پیاده از طریق ایجاد فضای ایمن بین جریانهای ترافیکی (شکل ۳-۶۲-ه).
- ایجاد خط گردش محافظت شده برای وسایل نقلیه چپگرد، بطوری که صف این وسایل مانع عبور جریان مستقیم ترافیک نشود. (شکل ۳-۶۲-و)
- جلوگیری از حرکات ممنوع شده در تقاطع که با محدود کردن رانندگان جهت انجام حرکات نادرست و یا نایمن صورت می پذیرد (شکل ۳-۶۲-ز).
- تأمین فضای مؤثر و ایمن برای وسایل کنترل ترافیک مانند تابلوها و چراغهای راهنمایی (شکل ۳-۶۲-ح).



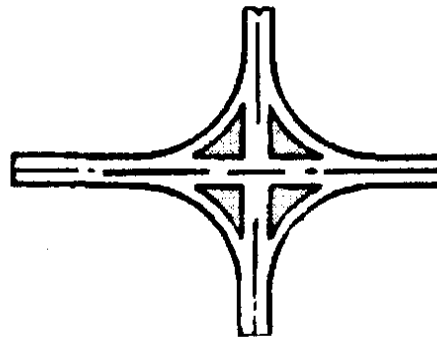
(ب)



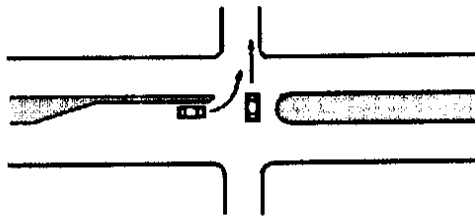
(الف)



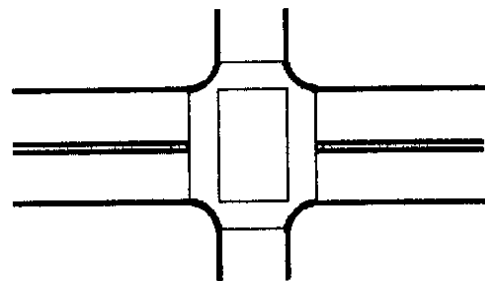
(د)



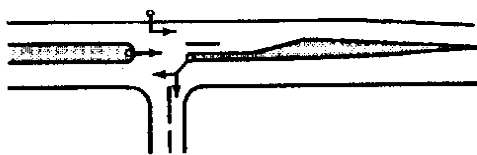
(ج)



(و)



(هـ)



(ح)



(ز)

شکل ۳-۶۲- موارد کاربرد جزیره ها

## ۳-۸-۳- انواع جزیره

جزیره های ترافیکی از نظر عملکرد به سه دسته هدایت کننده، جداکننده و پناه دهند تقسیم می شوند [۲۲] :

## ۳-۸-۳-۱- جزایر هدایت کننده

این نوع جزیره ها به منظور هدایت و کنترل ترافیک وسایل نقلیه و راهنمایی رانندگان در انجام حرکات گردشی در تقاطع بکار می روند. با تبدیل سطوح بدون استفاده تقاطع به جزایر هدایت کننده و ایجاد مسیرهای گردشی، از سردرگمی رانندگان و تداخل نامطلوب حرکات گردشی مختلف جلوگیری می شود. به تناسب شرایط و ابعاد تقاطع، جزایر هدایت کننده دارای اشکال و ابعاد مختلفی هستند که برخی از آنها در شکل ۳-۶۳ نشان داده شده است.

مثلاً، یکی از شکل های متداول اینگونه جزایر است که حرکت گردش به راست را از جریان عبور مستقیم جدا می کند (جزیره الف در شکل ۳-۶۳). همچنین جزایر میانی ("ب" و "ج" در شکل ۳-۶۳) برای هدایت وسایل نقلیه ایی بکار می روند که قصد دور زدن یا گردش دارند.

جزایر هدایت کننده باید به گونه ای مکانیابی شوند که مسیر مناسب خودروها به خوبی و در اولین نگاه مشخص شده و به راحتی قابل تعقیب باشد. رانندگان در مسیر حرکت خود نباید بطور ناگهانی با سطح بزرگی از روسازی غیرقابل استفاده مواجه شوند. خطوط عبور باید قبل از اینکه خودروها در مسیر حرکتشان به اولین جزایر هدایت کننده برسند، به وسیله خطکشی به تدریج مشخص شده باشد تا آنها با سرعت مطلوب به مسیر مورد نظرشان هدایت گردند.

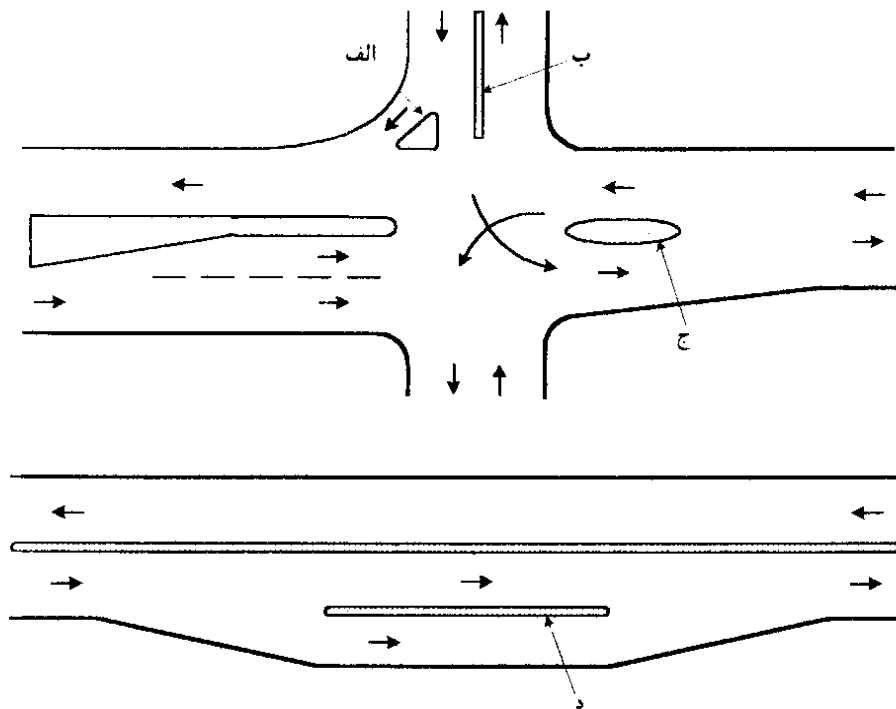
در تقاطع هایی که دارای چندین مسیر گردشی مختلف هستند، ممکن است کاربرد جزایر متعدد مورد نیاز باشد. با این وجود، تعداد جزایر هدایت کننده ای که در یک تقاطع بکار برده می شود باید محدود گردد. زیرا بکارگیری تعداد زیادی جزیره کوچک نیز منجر به سردرگمی رانندگان می شود.

## ۳-۸-۳-۲- جزایر جداکننده

جزایر جداکننده برای تفکیک مسیرهای عبوری رفت و برگشت در مسیرهای بدون حفاظ میانی منتهی به تقاطع بکار می روند. این نوع جزایر، نزدیک شدن به تقاطع را به رانندگان خبر داده و موجب تنظیم آمد و شد در محدوده تقاطع می شوند. استفاده از آنها به ویژه در کنترل حرکت گردش به چپ در تقاطع های مایل و همچنین در



محل‌هایی که مسیرگردش به راست وجود دارد، توصیه می‌شود. برخی از انواع جزایر جدا کننده در شکل ۳-۶۳ (جزایر ب و ج) نشان داده شده است.



شکل ۳-۶۳- انواع جزیره ها از نظر تقسیم بندی عملکردی

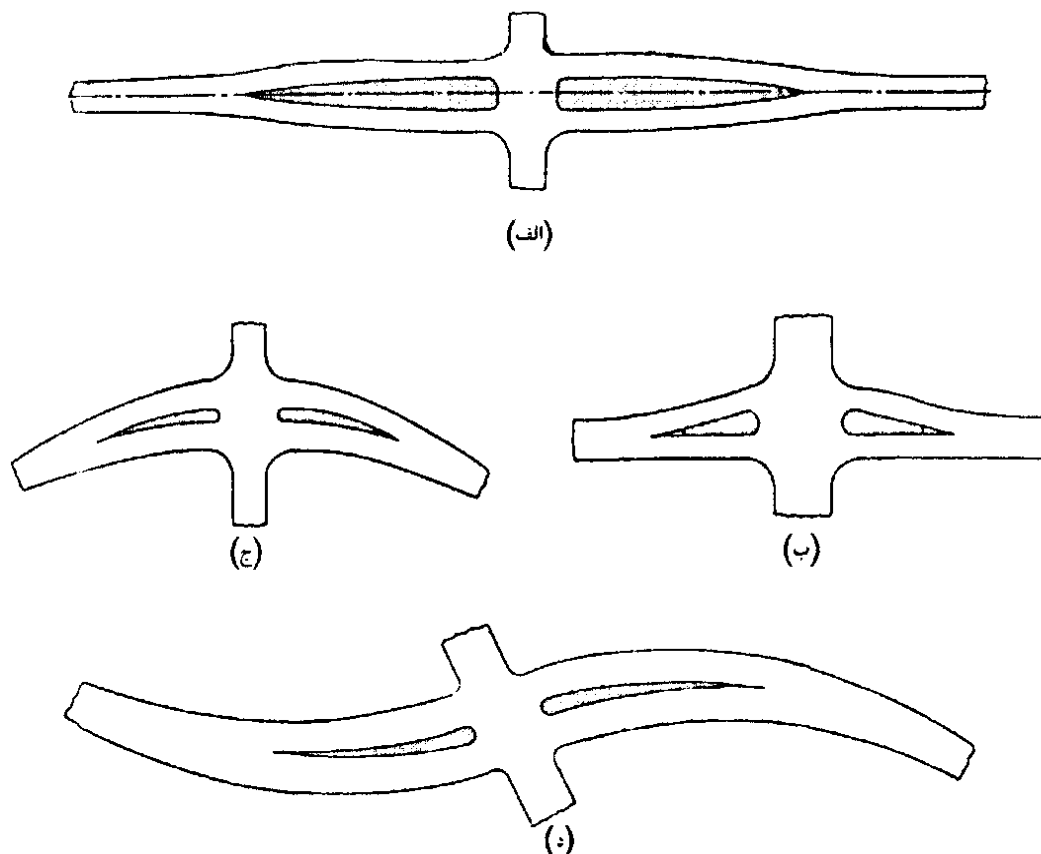
برای استفاده از جزایر جداکننده، باید تقاطع به گونه ای تعریض شود که مسیر صحیح حرکت به راحتی برای راننده آشکار باشد (شکل ۳-۶۴). برای ایجاد جزایر جداکننده باید از قوس معکوس استفاده شود. تعریض باید حتی الامکان در هر دو جهت حرکت و مطابق شکل ۳-۶۴-الف کم و بیش به صورت قرینه نسبت به محور مسیر انجام شود. لیکن ممکن است تعریض در یک جهت حرکت نیز انجام گیرد (شکل ۳-۶۴-ب). چنانچه تقاطع در قوس واقع شده باشد، می‌توان تعریض را در داخل قوس انجام داده و از ایجاد قوس معکوس پرهیز نمود. این وضعیت در شکل های ۳-۶۴-ج و د نشان داده شده است.

حفاظ های میانی واقع در مسیرهای منتهی به تقاطع را می‌توان از جمله جزیره های جداکننده به حساب آورد، که در بخش ۲-۵-۸-۳ مطرح خواهند شد.

### ۳-۳-۸-۳- جزایر پناه دهنده

استفاده از این نوع جزیره ها به منظور تأمین فضای ایمن برای عبور عابرین پیاده از عرض مسیرهای منتهی به تقاطع توصیه شده است. جزیره پناه دهنده در محل و یا نزدیکی خط عابری پیاده نصب می‌گردد و علاوه بر تأمین محلی ایمن برای عبور عابران پیاده از عرض خیابان، برای سوار و پیاده کردن مسافران وسایل

حمل و نقل همگانی در خیابان های شهری نیز به کار برده می شود. استفاده از این جزیره ها در مناطق پرتراکم شهری به لحاظ تفکیک عابرین از وسایل نقلیه موجب تسریع و روانی جریان ترافیک می شود.



شکل ۳-۶۴- چند نمونه از جزیره های جدا کننده [۲۲]

در شکل ۳-۶۳ مثالهایی از جزایر پناه دهنده ارائه شده است (جزیره های ج و د). اصول کلی طراحی جزایر، درمورد جزایر پناه دهنده هم صادق است. ولی باید در این زمینه عرض روسازی خیابان، چراغهای راهنمایی، حرکات گردش به چپ و راست، مسافت دید و سایر عوامل مؤثر نیز مورد توجه قرارگیرد. ضوابط طراحی جزایر پناه دهنده عابرین پیاده در بخش ۳-۹-۱-۳ ارائه شده است.

### ۳-۸-۴- اجرای جزیره [۲۲]

نحوه اجرای جزیره ها به عوامل مختلفی بستگی دارد که به تناسب ابعاد، موقعیت محل و عملکرد تعیین می شود. روش های کلی اجرای جزیره ها به شرح زیر است :

- احداث جزیره بوسیله جدول گذاری برجسته تر از سطح روسازی مسیر،

- احداث جزیره بوسیله خط کشی روسازی یا با استفاده از مخروط های ترافیکی یا گل میخ ها ،

- احداث جزیره بدون روسازی ، مشخص شده بوسیله سطوح روسازی شده اطراف .

دستورالعمل آشتو ، استفاده از روش اول احداث جزایر یعنی جدول گذاری را رایج ترین و مؤثرترین شیوه ایجاد جزایر در تقاطع های درون شهری عنوان نموده و کاربرد روش دوم ، یعنی خط کشی را در مناطق مرکزی شهر که سرعت کم بوده و محدودیت سطح وجود دارد ، ذکر کرده است . همچنین کاربرد روش سوم را برای تقاطع های خارج شهری توصیه نموده است .

استفاده از جزایر خط کشی شده در شرایط زیر نسبت به استفاده از جزایر جدول گذاری شده ارجح است :

- تقاطع هایی که در مسیرهای منتهی به آنها سرعت وسایل نقلیه زیاد است ،

- تقاطع هایی که حجم تردد عابرین پیاده در آنها کم است ،

- تقاطع هایی که نصب چراغ های راهنمایی ، تابلوها و چراغ های روشنایی بر روی جزیره ها یا حفاظ های میانی ضرورتی ندارد ،

- تقاطع هایی که از لحاظ روشنایی در مضیقه هستند .

به منظور ایمن سازی تقاطع و جلوگیری از بروز تصادفات ، همواره باید جزایر را بنحو مطلوبی مشخص نمود . از جمله روش های توصیه شده برای این منظور ، برجسته سازی و محدود کردن جزیره توسط جداول و مشخص نمودن اطراف جزیره توسط خط کشی ، گل میخ یا موانع برجسته و همچنین استفاده از رنگ های ترموپلاستیک با خاصیت انعکاس نور و چشم گریه ای ها یا سایر تجهیزات مشابه هستند . این روش ها در مورد جزیره های بزرگ توسط جدول ، رنگ آمیزی ، پوشش گیاهی و درختچه ها ، خاکریز ، میله ، تابلو یا ترکیبی از اینها انجام می شود .

نوع و ابعاد جداول استفاده شده در جزیره ها باید برحسب سرعت وسیله نقلیه ، تراکم عابریاده ، شکل جزیره و عرض آن مشخص شود . جزیره هایی که در خیابانهای بزرگ شهری بکار می روند معمولاً توسط لبه هایی با ارتفاع ۱۲ تا ۲۰ سانتیمتر جهت محافظت از عابرین ، چراغها و علائم و وسایل کنترل ترافیک محصور می شوند . چنانچه از موانع برجسته یا گل میخ ها جهت مشخص کردن جزایر یا بخشی از آنها استفاده می شود ، این وسایل نباید در محل های غیرمترقبه بکار روند و همچنین نباید ارتفاعی بیش از ۵/۷ سانتیمتر از سطح سواره رو داشته باشند ، زیرا ممکن است باعث خارج شدن وسیله نقلیه از کنترل رانندگان گردند . یکی از معایب کاربرد این وسایل ، دشواری پاکسازی فضای بین آنها است .

۳-۸-۵- طراحی هندسی جزیره

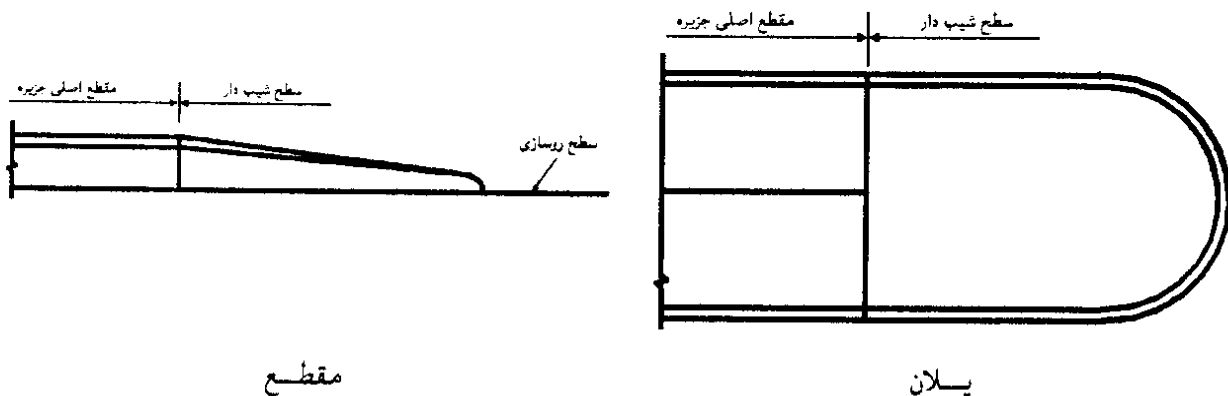
اندازه جزیره بستگی به موقعیت و محل قرارگیری آن دارد. براساس دستورالعمل آشتو، مساحت جزیره در تقاطع های درون شهری، نباید از ۹ مترمربع و حداقل ۴/۵ مترمربع کمتر باشد. طول ضلع جزایر مثلثی پس از گردکردن گوشه های آن نباید کمتر از ۴ متر و یا ترجیحاً ۵ متر باشد. جزایر جدا کننده باید حداقل دارای پهنای ۱/۲ متر و درازای ۶ تا ۸ متر باشند [۲۲].

شکل لبه خارجی جزیره ها تابع لبه خطوط عبوری مستقیم و گردشی و فاصله جانبی مورد نیاز از کناره جزیره است. در محل هایی که خطر برخورد وجود دارد و یا سرعت نزدیک شدن وسایل نقلیه بالاست، تعبیه جداول با قابلیت رویت بالا و تأمین فاصله جانبی، دارای اهمیت بیشتری است. برای افزایش دید و سادگی اجرا، گوشه جزیره ها باید گرد یا شیبدار ساخته شود.

مقدار عقب نشینی لبه جزیره جدول دار از لبه سواره رو، تابع وضعیت لبه جزیره (نوع جدول) و عوامل دیگری همچون چگونگی مشخص سازی جزیره از سطح پیرامون آن و سرعت ترافیک است. جدول جزیره باید همواره از لبه خطوط عبور مستقیم فاصله داشته باشد. در مورد لبه مجاور مسیرگردشی، در صورتیکه از جدول غیرقابل عبور استفاده شود باید فاصله جانبی تأمین گردد ولی در صورت استفاده از جداول قابل عبور تأمین فاصله جانبی ضرورتی ندارد [۲۲].

براساس دستورالعمل آشتو، فاصله دماغه جزیره جدولدار از لبه خطوط عبوری باید به اندازه ۰/۶ متر بیشتر از فاصله لبه جزیره تا خطوط عبوری باشد. در مورد حفاظ های میانی این فاصله بین ۰/۶ تا ۱/۲ متر است. برای جزایر مثلثی نیز فاصله دماغه از لبه خطوط عبوری بین ۱/۲ تا ۱/۸ متر و از لبه مسیرگردش بین ۰/۶ تا ۰/۹ متر است.

دماغه جزایر جدول دار باید مطابق شکل ۳-۶۵ بصورت شیب دار اجرا گردد و به منظور آگاه ساختن رانندگان از وجود جزیره و افزایش ایمنی باید تا حد ممکن دماغه جزیره را توسط علائم یا خط کشی مشخص نمود.



شکل ۳-۶۵- نحوه اجرای دماغه جزیره های جدول دار [۲۲]

براساس دستورالعمل استرالیا، عقب نشینی دماغه جزایر باید نسبت به لبه خطوط عبور برابر  $0.2$  متر به ازاء هر  $10$  کیلومتر برساعت سرعت باشد. شعاع های حداقل برای گردکردن انتهای جزایر نیز براساس این دستورالعمل در شکل ۳-۶۶ آورده شده است.



شکل ۳-۶۶- شعاع های حداقل برای گردکردن گوشه جزایر [۶۵]

### ۳-۱-۵-۱- جزایر مثلثی

در شکل ۳-۶۷ جزئیات طراحی جزیره های مثلثی جدولدار در سه اندازه کوچک، متوسط و بزرگ براساس دستورالعمل آشتو نشان داده شده است.

در شکل ۳-۶۸ نحوه طراحی دونوع جزیره مثلثی کوچک و بزرگ برای حرکت گردش به راست منقطع و آزاد براساس دستورالعمل استرالیا نشان داده شده است. در حالت منقطع (شکل ۳-۶۸-الف)، زاویه  $A$  یعنی زاویه بین امتداد لبه روسازی، قبل و بعد از گردش برابر  $70$  درجه پیشنهاد شده و حداقل طول جزیره در مجاورت خط ایست  $10$  متر است و عقب نشستگی  $0.2$  متر به ازای هر  $10$  کیلومتر برساعت سرعت باید رعایت گردد. در حالت جریان آزاد (شکل ۳-۶۸-ب) دنباله جزیره به گونه ای است که وسایل نقلیه راستگرد در امتداد تقریباً موازی با جریان مستقیم ترافیک به داخل خط افزایش سرعت هدایت می شوند.

### ۳-۲-۵-۱- حفاظ های میانی و جزایر جداکننده

از حفاظ های میانی و جزایر جداکننده به منظور جداسازی ترافیک در دو جهت رفت و برگشت، ایجاد پناهگاه برای عابرین پیاده، کاهش تعداد نقاط برخورد در عبور از عرض معابر و ایجاد پوشش برای ایمن سازی حرکات گردش به چپ استفاده می شود.

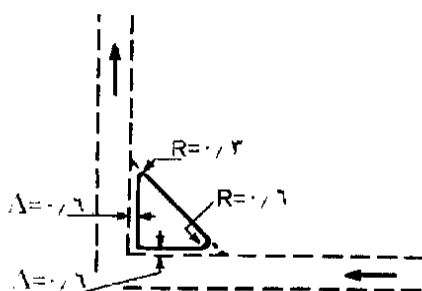
در دستورالعمل استرالیا، رعایت ملاحظات زیر در هنگام طراحی حفاظ های میانی و جزایر جداکننده توصیه شده است :

- ۱- جزایر میانی جدول دار با هر طولی که باشند، باید نسبت به لبه خط عبوری مجاور به میزان  $0.6$  متر (و حداقل  $0.3$  متر) عقب نشینی داشته باشند.

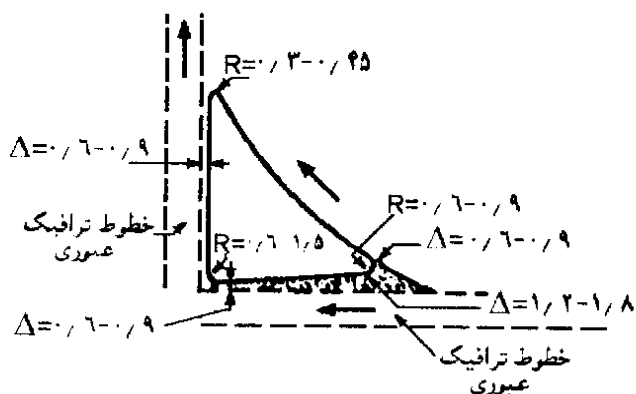
۲- عرض حفاظ های میانی (یا جزایر جداکننده) باید حداقل :

- ۷/۰ متر (و در صورت لزوم ۶/۰ متر) به منظور محافظت از وسایل نقلیه ای که مسیر را قطع می کنند،
- ۶/۰ متر برای یک خط کمکی گردش به چپ به عرض ۳/۵ متر،
- ۲/۵ متر به منظور حفاظت از عابرین پیاده،
- ۲/۰ متر به منظور نصب چراغهای راهنمایی و یا تیرکهای روشنایی و
- ۱/۲ متر به منظور نصب تابلوهای راهنمایی و رانندگی کوچک باشد.

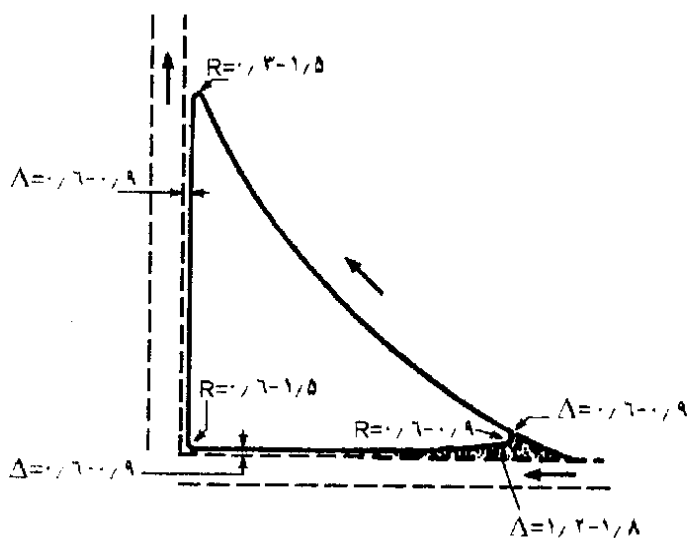
جزیره کوچک



جزیره متوسط



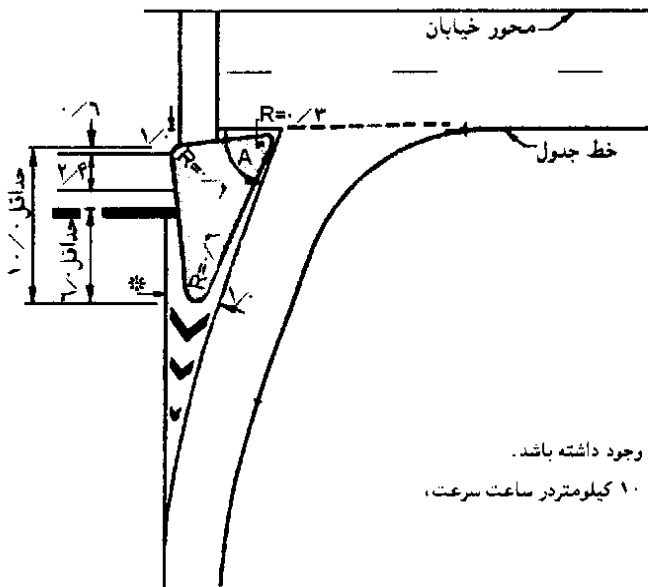
جزیره بزرگ



توضیح :

$\Delta$  عقب نشستگی لبه جزیره است.

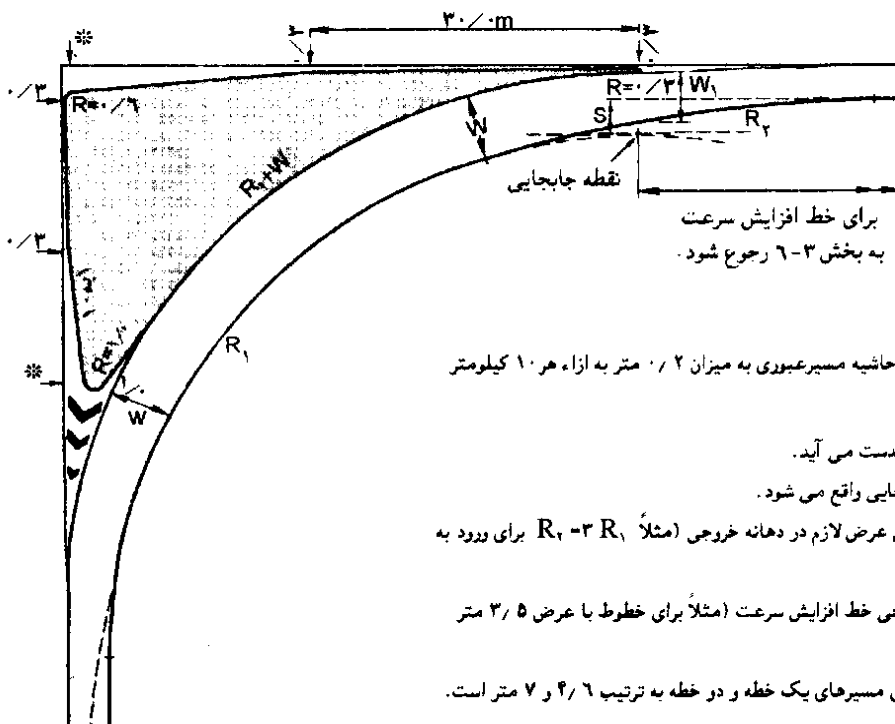
کلیه ابعاد بر حسب متر است.



ملاحظات

- ۱- زاویه A ب میزان ۷۰ درجه پیشنهاد می شود تا امکان حرکت آزاد در مسیر اصلی وجود داشته باشد.
- ۲- میزان عقب نشینی جزیره نسبت به امتداد حاشیه مسیر عبوری (\* ) به ازاء هر ۱۰ کیلومتر در ساعت سرعت، ۰/۲ متر پیشنهاد می شود.

الف- گردش به راست منقطع



ملاحظات

- ۱- \* میزان عقب نشینی جزیره نسبت به امتداد حاشیه مسیر عبوری به میزان ۰/۲ متر به ازاء هر ۱۰ کیلومتر در ساعت سرعت طرح مسیر.
- ۲-  $R_1$  از جدول ۳-۳۲ و  $W$  از جدول ۳-۳۴ بدست می آید.
- ۳- دماغه خروجی همواره در مجاورت نقطه جابجایی واقع می شود.
- ۴- شعاع قوس انتقالی مناسب برای تأمین عرض لازم در دهانه خروجی (مثلاً  $R_1 = 3R_2$ ) برای ورود به یک امتداد مستقیم)
- ۵-  $S$  فاصله میان قوس  $R_1$  و امتداد لبه خارجی خط افزایش سرعت (مثلاً برای خطوط با عرض ۳/۵ متر  $S=3/0$  m)
- ۶-  $W_1$  عرض دهانه خروجی مسیر گردش برای مسیرهای یک خطه و دو خطه به ترتیب ۶/۶ و ۷ متر است.

ب - گردش به راست در جریان آزاد

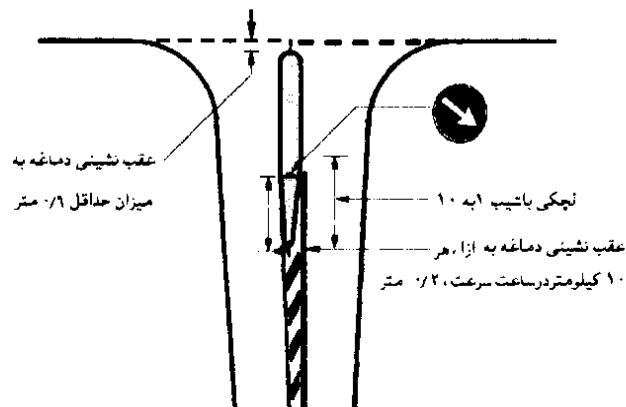
۳- حداقل طول جزایر جداکننده به منظور وضوح و آشکاری آنها باید :

- برای سرعت های کمتر از ۶۰ کیلومتر در ساعت، ۸ متر
- برای سرعت های بیشتر از ۶۰ کیلومتر در ساعت و کمتر از ۸۰ کیلومتر در ساعت، ۱۲ الی ۲۰ متر و
- برای سرعت های بیشتر از ۸۰ تا ۱۰۰ کیلومتر در ساعت، ۲۰ الی ۴۰ متر باشد.

۴- حفاظ میانی یا جزیره جداکننده در خیابان های فرعی باید حداقل ۶/۰ متر نسبت به امتداد لبه جدول مسیر عبوری عقب نشینی داشته باشد.

در شکل ۳-۶۹ یک نمونه از جزیره های جداکننده شهری براساس دستورالعمل استرالیا نشان داده

شده است. [۶۵]



شکل ۳-۶۹- یک نمونه از جزیره های جداکننده شهری [۶۵]

در دستورالعمل آلمان برای جزیره های جداکننده در تقاطع ها، طرح هندسی دقیقی تحت عنوان جزیره های قطره ای مطرح شده است. برطبق توصیه های فنی این کشور، در مناطق کم تراکم، حداکثر عرض جزیره جداکننده قطره ای مطابق شکل ۳-۷۰-الف باید ۵ متر بوده و انتهای جزیره از لبه خط عبوری عمود، ۲ تا ۴ متر فاصله داشته باشد. همچنین طول جزیره بدون در نظرگیری قسمت رنگ شده یا هدایت کننده، بین ۱۵ تا ۲۵ متر توصیه شده است. لیکن برای جزیره های قطره ای کوچکتر که محل استفاده از آنها در مسیرهای ارتباطی کم اهمیت تر در مناطق کم تراکم می باشد، مقادیر یاد شده فوق در شکل ۳-۷۰-ب مشخص شده است.

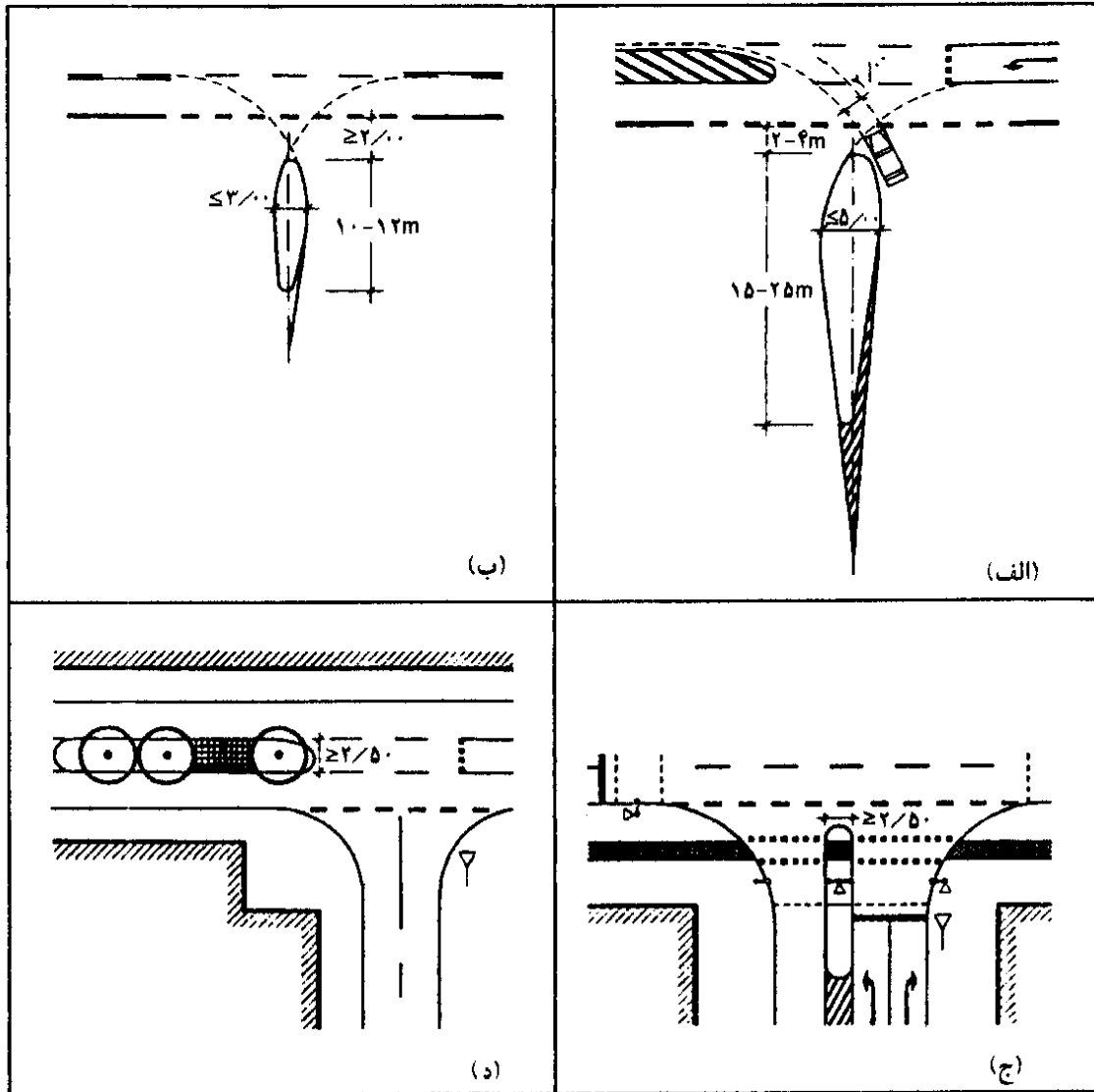
دستورالعمل آلمان نحوه استفاده از حفاظ های میانی برای عبور عابرین پیاده و دوچرخه سواران را در شکل های ۳-۷۰-ج و 'د' نشان می دهد که حداقل عرض توصیه شده برای اینگونه جزیره ها در مناطق شهری و تقاطع های اصلی، ۵/۲ متر می باشد. براین اساس، لزوم احداث اینگونه جزایر برای عبور عابرین پیاده در موارد زیر توصیه شده است :

- برای دوچرخه سواران و عابرین پیاده هنگام عبور از عرض خیابان ایمنی بیشتری پدید آید.
- برنامه زمانبندی چراغ راهنما ایجاد جزیره را ایجاب نماید.



- بعضی از عابرین پیاده به علت سرعت کم نتوانند عرض خیابان را در یک فاز عابریاده طی نمایند.

مقایسه دستورالعمل های مختلف طراحی جزایر مثلثی و جداکننده نشان می دهد که روش استرالیایی از سهولت اجرایی بیشتر و ابعاد متناسب تری برخوردار بوده و بنابراین کاربرد آن قابل توصیه است.



شکل ۳-۷۰- طرح جزیره های جداکننده [۷۶]

- طرح بریدگی حفاظ میانی و شکل انتهایی آن

حفاظ میانی در محل تقاطع ها باید دارای بریدگی باشد، تا حرکات مستقیم و گردش مجاز به راحتی صورت گیرد. طرح بریدگی حفاظ میانی و شکل انتهایی آن باید براساس حجم ترافیک و نوع وسایل نقلیه

گردشی صورت گیرد و امکان گردش وسایل نقلیه بزرگتر از وسیله نقلیه طرح، بدون اشغال بیش از حد خطوط مجاور نیز فراهم شود.

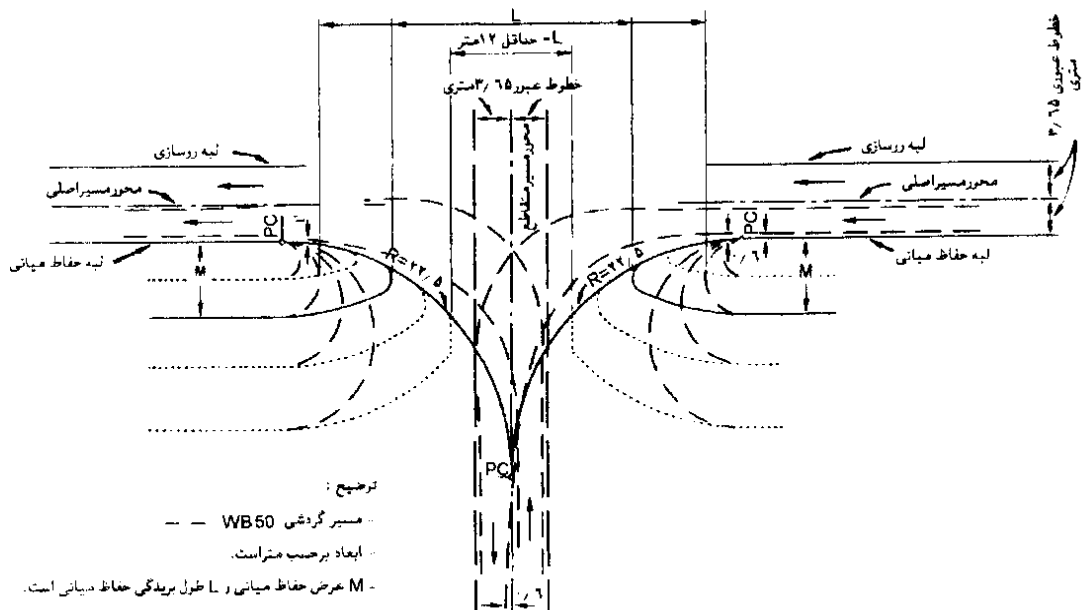
براساس دستورالعمل آشتو، ساده ترین طرح برای شکل انتهای حفاظ میانی، طرح نیمدایره ای است که برای حفاظ های میانی باریک می تواند به خوبی مورد استفاده قرار گیرد. این طرح عمدتاً در حفاظ های میانی تا عرض ۳ متر قابل استفاده است و درحفاظ های میانی عریض تر، استفاده از آن مسائل و مشکلاتی را بیار خواهد آورد. طرح دیگر انتهای حفاظ میانی، شکل دماغه ای است که عبارت از یک قوس مرکب شامل دو قوس دایره ای در طرفین و یک قوس میانی با شعاع کم (مثلاً ۶۰ سانتیمتر) است. این طرح برازندگی بهتری بر مسیر چرخ عقب داخلی وسیله نقلیه داشته و منجر به اشغال کمتر سطح روسازی و طول بریدگی کوتاهتر حفاظ میانی نسبت به طرح نیم دایره می شود [۲۲].

طول بریدگی حفاظ میانی، براساس شعاع گردش حداقل مورد نیاز برای وسایل نقلیه طرح مختلف بدست می آید. در دستورالعمل آشتو حداقل شعاع گردش لازم براساس سرعت طرح ۲۴-۱۶ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته می شود. همچنین فرض بر این است که چرخ داخلی وسیله نقلیه طرح در ابتدا و انتهای مسیر گردش به فاصله ۶۰ سانتیمتر از لبه حفاظ میانی و محور مرکزی خیابان متقاطع قرار دارد. براین اساس حداقل شعاع ۱۲ متر برای گردش راحت سواری (P) و گردش کامیون (SU) با کمی انحراف، شعاع ۱۵ متر برای گردش راحت کامیون (SU) و گردش تریلمتوسط (WB-50) با کمی انحراف و شعاع ۲۵ متر برای تریلرهای متوسط و بزرگ (WB-50, WB-40) با کمی انحراف در نظر گرفته شده اند [۲۲].

در شکل ۳-۷۱ نمونه ای از طرح بریدگی حفاظ میانی مربوط به وسیله نقلیه WB-40 با شعاع گردش ۲۲/۵ متر آمده است. در جدول ۳-۲۵ نیز حداقل طول بریدگی حفاظ میانی براساس عرض های مختلف حفاظ میانی، برای این وسیله نقلیه ارائه شده است.

باتوجه به وسیله نقلیه طرح پیشنهادی برای کشور ما، حداقل شعاع گردش لازم برای طراحی بریدگی حفاظ میانی براساس نمودارهای گردش نمای مربوطه برای وسیله نقلیه سواری ۱۰ متر، کامیون ۱۲ متر، اتوبوس ۱۵ متر و اتوبوس مفصلی ۱۸ متر بدست می آید.

در تقاطع های سه راهی یا چهار راهی خیابان های با حفاظ میانی، طول بریدگی حفاظ میانی باید حداقل به اندازه عرض روسازی مسیر متقاطع بوده و در هیچ شرایطی کمتر از ۱۲ متر و یا کمتر از پهنای روسازی خیابان متقاطع به اضافه ۴/۲ متر نباشد. اگر خیابان متقاطع نیز دارای حفاظ میانی باشد، طول بریدگی باید حداقل به اندازه پهنای مسیر متقاطع به اضافه پهنای حفاظ میانی به اضافه ۴/۲ متر باشد.



شکل ۳-۷۱- طرح بریدگی حفاظ میانی برای وسیله نقلیه طرح WB-40 با شعاع گردش ۲۲٫۵ متر براساس دستورالعمل آشتو [۲۲]

جدول ۳-۳۵- حداقل طول بریدگی حفاظ میانی برای وسیله نقلیه طرح WB-40 (شعاع ۲۲٫۵ متر) [۲۲]

L حداقل طول بریدگی حفاظ میانی (متر)		M عرض حفاظ میانی (متر)
دماغه ای	نیم دایره ای	
۳۶٫۶	۴۳٫۸	۱٫۲
۳۴٫۵	۴۳٫۲	۱٫۸
۳۳٫۰	۴۲٫۶	۲٫۴
۳۱٫۵	۴۲٫۰	۳
۳۰٫۰	۴۱٫۴	۳٫۶
۲۸٫۸	۴۰٫۸	۴٫۲
۲۷٫۶	۴۰٫۲	۴٫۸
۲۵٫۵	۳۹٫۰	۶
۲۴٫۰	۳۷٫۸	۷٫۲
۲۱٫۹	۳۶٫۶	۸٫۴
۲۵٫۱	۳۵٫۴	۹٫۶
۱۸٫۶	۳۴٫۲	۱۰٫۸
۱۷٫۱	۳۰٫۰	۱۲
حداقل ۱۲	۲۷٫۰	۱۸

۳-۹-۱- تسهیلات پیاده روی و دوچرخه سواری در تقاطع<sup>۱</sup>

## ۳-۹-۱-۱- تسهیلات پیاده روی

پیاده روی امر مهمی در برنامه ریزی و طراحی معابر شهری بوده و بویژه در تقاطع ها باید مورد توجه خاص قرار گیرد. در این بخش، تسهیلاتی مانند گذرگاه عرضی همسطح پیاده، رابط پیاده رو و جزایر ایمنی پیاده که عابرین پیاده به واسطه آنها می توانند عبوری ایمن، پیوسته و راحت از تقاطع داشته باشند مطرح می شوند.

## ۳-۹-۱-۱-۱- گذرگاه عرضی همسطح پیاده

گذرگاه عرضی بخشی از سطح سواره رو است که برای تردد عرضی عابرین پیاده در نظر گرفته شده و هدف از ایجاد آن تمرکز عبور عرضی عابرین در محل های انتخاب شده و در نتیجه کاهش تعداد برخورد بین وسایل نقلیه و عابرین پیاده است. در ارتباط با طراحی گذرگاههای عرضی همسطح ضوابط زیر باید مدنظر قرار گیرند [۱۸]:

## - زاویه گذرگاه عرضی پیاده با امتداد خیابان

حتی الامکان باید گذرگاه پیاده تحت زاویه قائمه به جدول خیابان متصل گردد، زیرا عابرین پیاده تمایل به پیمودن کوتاهترین فاصله بین دو نقطه را دارند و اگر چنانچه گذرگاهی با زاویه بزرگتر یا کوچکتر از ۹۰ درجه به جدول خیابان متصل باشد ممکن است عابرین، خارج از محدوده گذرگاه از عرض خیابان عبور نمایند، که این امر باعث افزایش خطر و احتمال وقوع حادثه برای عابرین می گردد.

در صورتیکه احداث گذرگاه عرضی مورب ناگزیر باشد، باید خط کشی آن با مواد بازتابنده که بینایی را تحریک می کنند صورت گیرد.

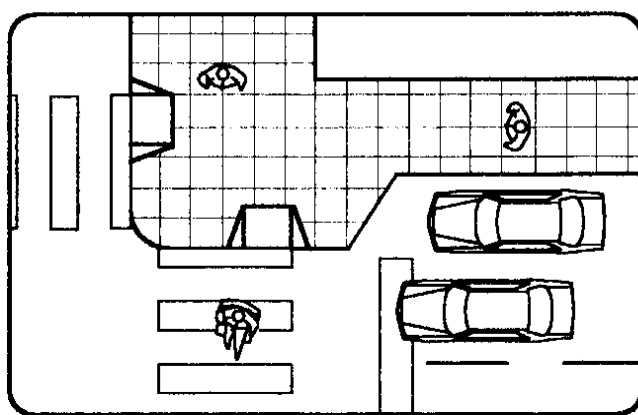
## - فاصله دید

گذرگاه عرضی پیاده باید از نظر موقعیت در محلی قرار گیرد که رانندگان وسایل نقلیه ای که به آن نزدیک می شوند قادر باشند بطور واضح و آشکار آنرا رؤیت کنند. همچنین گذرگاه نباید بعد از تاج قوس قائم یا بعد از قوس افقی قرار گیرد، زیرا در این حالات، راننده فاصله دید کافی برای رؤیت گذرگاه نخواهد داشت. اگر گذرگاه عرضی عابر پیاده در محلی قرار گرفته باشد که چراغ راهنمایی وجود نداشته و فاصله دید به اندازه کافی رعایت

۱ - معیارها و ضوابط برنامه ریزی، طراحی و نگهداری تسهیلات پیاده روی در منبع [۱۸] به تفصیل آمده است.

نشده باشد باید آنرا جابجا نمود و اگر چنانچه شرایط فیزیکی محل، موقعیت جدید مناسب و ایمنی را فراهم نکند و یا فاصله جابجایی موقعیت قدیم و جدید بیش از حد باشد، باید از سایر تسهیلات نظیر چراغ راهنمایی یا تابلوهای هشداردهنده یا جداسازی عابرین و وسایل نقلیه (زیرگذر یا روگذر) استفاده نمود.

وسایل نقلیه پارک شده، ممکن است مانع دید رانندگان شوند. برای رفع این مشکل می توان درفاصله ۶ متری گذرگاه، پارک وسایل نقلیه را ممنوع نمود (در تقاطع های چراغدار، این فاصله به ۹ متر می رسد) درمکانهایی که فعالیت های تجاری باعث شود پارک وسایل نقلیه در سطح سواره رو مجاز شناخته شود، می توان پیاده رو را به سمت سطح سواره رو پیش برد (شکل ۳-۷۲).



شکل ۳-۷۲- پیش آمدگی پیاده رو به داخل سواره رو

جهت بهبود دید در تقاطع ها [۱۸]

#### - خط ایست

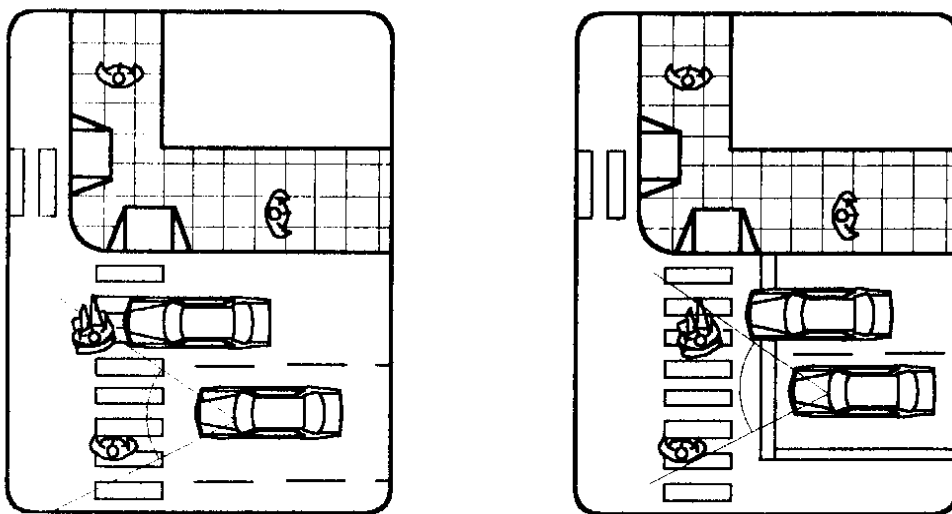
ترسیم خط ایست در گذرگاههای دارای چراغهای راهنمایی (یا تابلوهای ایست) در کاهش تجاوز وسایل نقلیه به گذرگاه عرضی پیاده مؤثر است. تجاوز وسایل نقلیه به گذرگاه عرضی پیاده نه تنها باعث ایجاد مانع برای عبور عابرین از گذرگاه می شود بلکه باعث محدود شدن دید سایر وسایل نقلیه نسبت به عابرینی که در سطح گذرگاه حضور دارند (بخصوص نسبت به معلولین و افراد کوتاه قد) می شود. خطوط ایست باید حداقل در فاصله ۱ متری و به موازات گذرگاه قرار گیرند (شکل ۳-۷۳).

#### - عرض گذرگاه پیاده

درگذرگاه های خیلی باریک، تردد دوطرفه عابرین پیاده باعث ایجاد تراکم و تداخل می شود. عرض گذرگاههای عابریپاده نباید از ۱/۸ متر کمتر باشد. رعایت حداقل عرض ۳ متر برای گذرگاهها ترجیح دارد.

- طول گذرگاه عابرپیاده

طول مناسب گذرگاه پیاده به عرض سواره رو و میزان زمان عبوری که توسط چراغ راهنمایی به آن اختصاص داده می شود، بستگی دارد. معمولاً زمان سبز خیابان فرعی براساس زمان مورد نیاز جهت عبور عابرین از عرض خیابان اصلی تعیین می گردد. در محل هایی که عرض سواره رو بیش از ۲۲ متر بوده یا حجم قابل ملاحظه ای عابرپیاده معلول یا سالمند موجود باشد، باید یک حفاظ میانی جهت عبور عابرین از گذرگاه عرضی در میانه سطح سواره رو ایجاد نمود.



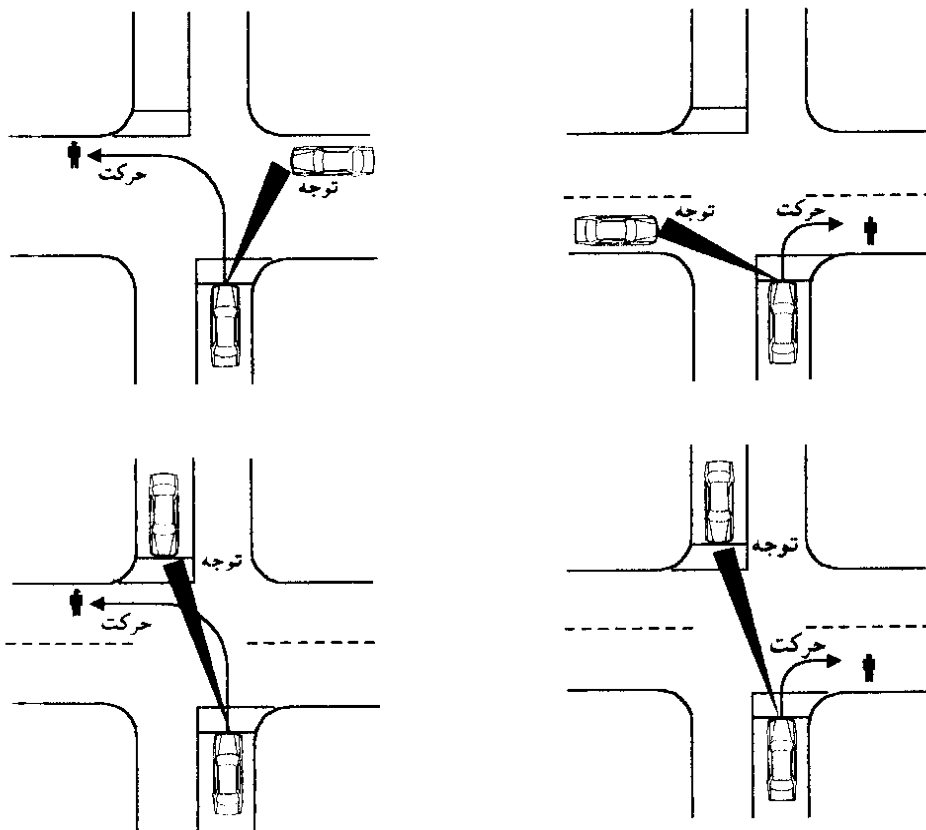
شکل ۳-۷۳- مزایای ترسیم خط ایست و محدودیت دید ناشی از تجاوز وسایل نقلیه  
به گذرگاه عرضی پیاده بدون خط ایست [۱۸]

- گردش وسایل نقلیه

گردش به راست وسایل نقلیه در زمان قرمز، اغلب مانعی برای عبور از گذرگاه بوده و باعث می شود عابرین برای رسیدن به سمت دیگر خیابان از سطح سواره رو (خارج از گذرگاه) استفاده کنند. ضمناً باعث محدود شدن دید رانندگان در خطوط عبوری سمت چپ نیز می شود. در هر دو حالت فوق، مشکلاتی برای ایمنی عابرپیاده در گذر از عرض خیابان ایجاد می شود.

یکی از مواردی که گردش وسایل نقلیه باعث ایجاد مسائلی برای ایمنی عابرپیاده در گذرگاهها می شود انحراف توجه رانندگان (در حال گردش) از عابرین پیاده به ترافیک عبوری است (شکل ۳-۷۴). در این حالت، راننده در انتظار یافتن فاصله عبور مناسب بین وسایل نقلیه در حال نزدیک شدن بوده و در نتیجه تمام توجه او بجای

عابرین پیاده به وسایل نقلیه عبوری معطوف می شود. ممنوع کردن گردش به راست در زمان قرمز و فراهم نمودن فاز مخصوص گردش به چپ می تواند در کاهش تعداد تصادفات عابر و وسایل نقلیه در حال گردش کمک کند.



شکل ۳-۷۴- مثالهایی از انحراف توجه رانندگان (در حال گردش)

از عابر پیاده به ترافیک عبوری [۱۸]

۳-۹-۱-۲- رابط پیاده رو

برای تأمین پیوستگی سطح پیاده رو و سواره رو باید بخشی از جدول سراسری خیابان برداشته شده و رابط پیاده رو بصورت شیب‌راهه، پل و یا جدول شیب‌دار اجرا گردد. رابط پیاده رو باید به گونه ای طراحی گردد که حداکثر دسترسی را با حداقل مخاطرات برای عابرین پیاده تأمین کند. ضمناً تأمین ایمنی و راحتی برای یک گروه از عابرین نباید برای سایر گروهها تولید مخاطره نماید. رابط پیاده رو نباید بصورت پله ای باشد و حتی الامکان نباید در محل اتصال آن به پیاده رو یا سواره رو از یک قوس ملایم استفاده شود. حداکثر شیب رابط های پیاده رو در جدول ۳-۳۶ مشخص شده است.

جدول ۳-۳۶- حداکثر شیب و طول رابط پیاده رو [۷۷]

حداکثر طول (متر)	حداکثر شیب	حداکثر اختلاف ارتفاع (سانتیمتر)
۰٫۶	۱۲٫۵٪	۷٫۵
۱٫۵	۱۰٪	۱۵٫۰
۲٫۸	۸٪	۲۲٫۵

در صورتی که لبه دو طرف رابط پیاده رو بصورت پرتگاه باشد، باید در لبه آن یک مانع فیزیکی برای جلوگیری از سقوط عابرین پیاده وجود داشته باشد. کناره های شیبراهه واقع در مسیر عابرین پیاده باید بوسیله سطوح شیبدار به پیاده رو متصل گردد. حداکثر شیب این سطح در جهت عمود بر محور شیبراهه، برای تردد عابرین پیاده ۱۰ درصد و برای تردد ویلچرسواران ۸ درصد است. در هر دو انتهای رابط پیاده رو، حداقل ۱٫۲ متر فضای مانور لازم است تا ویلچرسواران بتوانند در آن فاصله سرعت خود را کاهش داده، توقف و یا گردش نمایند. عرض رابط پیاده رو باید متناسب با حجم عبور عابرین پیاده بوده و در هر حال کمتر از ۰٫۹ متر نباشد. حداقل عرض رابط پیاده رو برای هماهنگی با نیازهای ماشین آلات نگهداری ۱٫۲ متر است [۱۸].

رابط پیاده رو باید همیشه در داخل گذرگاه عرضی خط کشی شده قرار گیرد و حتی المقدور در خارج از محدوده تردد احتمالی اشخاص نابینا احداث شود. رابط پیاده رو نباید به گونه ای قرار گیرد که عابرین پیاده استفاده کننده از آن در پشت گیاهان، وسایل نقلیه پارک شده و امثالهم، از دید رانندگان مخفی بمانند. ارتفاع گیاهان مجاور رابط باید کمتر از ۷۵ سانتیمتر باشد.

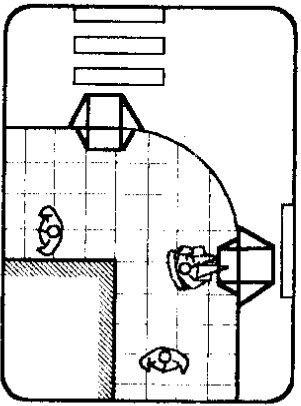
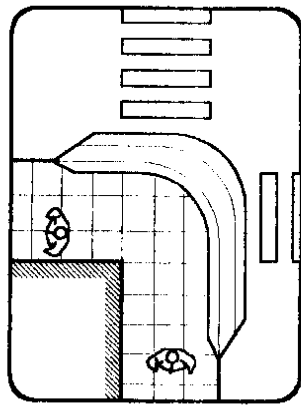
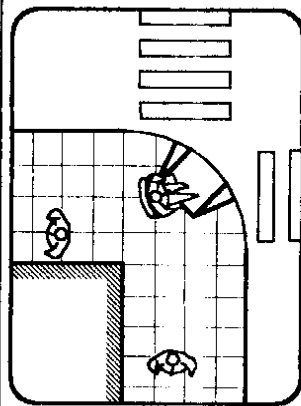
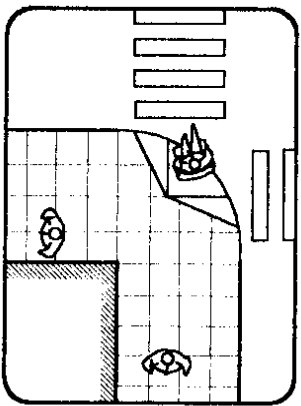
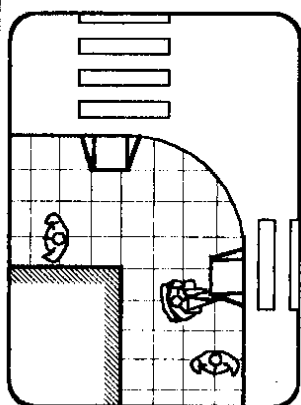
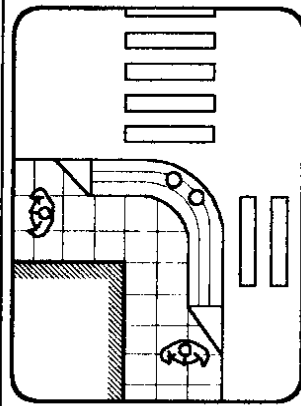
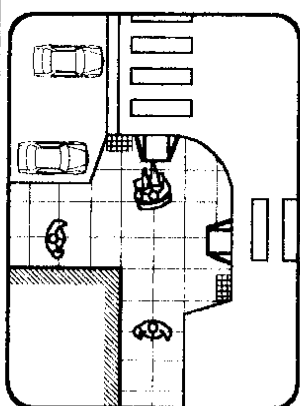
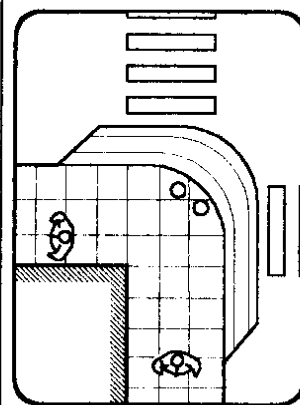
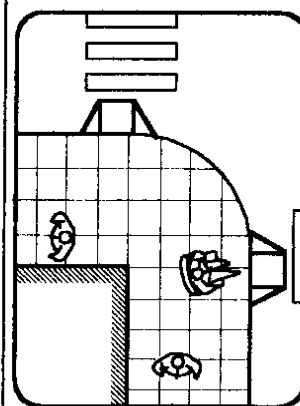
پوشش کف رابط باید از جنس مصالح غیر لغزنده و متفاوت با روسازی سواره رو و پیاده رو باشد تا اشخاص دارای ضعف بینایی بتوانند آنرا تشخیص دهند. این تمایز با استفاده از جنس، بافت و رنگ متفاوت میسر می شود.

رابط ها نباید در محل هایی قرار گیرند که عابرین پیاده را به خارج از محدوده خط کشی گذرگاه عرضی هدایت کنند، بطوری که مجبور به تردد در سطح سواره رو شوند. رابط های گذرگاههای عرضی مجاور، نباید نزدیک به یکدیگر واقع شوند. در شکل ۳-۷۵، انواع رابط پیاده رو در گوشه تقاطع ارائه شده است.

### ۳-۹-۱-۳- جزایر پناه دهنده پیاده

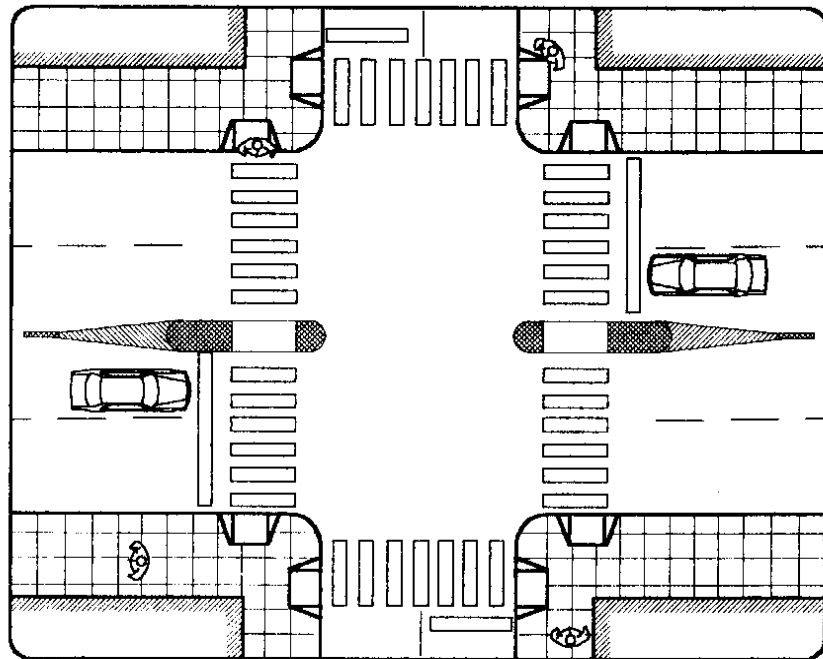
جزیره پناه دهنده پیاده بخش معینی از سطح سواره رو است که بین خطوط تردد وسایل نقلیه به منظور حفاظت و ایمنی عابرین پیاده ای که قادر نیستند در یک زمان معین به یکباره از عرض سواره رو عبور نمایند ایجاد می شود. از این جزایر معمولاً در گذرگاههای عرضی همسطح عابر پیاده ای که طول آنها بیش از



 <p>۳- زوج شیراوه مشترک در پیاده رو وسواره رو</p>	 <p>۲- شیراوه سراسری مشترک پیاده رو وسواره رو</p>	 <p>۱- شیراوه در گوشه پیاده رو</p>
 <p>۶- گوشه شیبدار</p>	 <p>۵- زوج شیراوه در پیاده رو</p>	 <p>۴- شیراوه سراسری در پیاده رو</p>
 <p>۹- پیاده رو پیش آمده</p>	 <p>۸- شیراوه سراسری در سواره رو</p>	 <p>۷- زوج شیراوه در سواره رو</p>

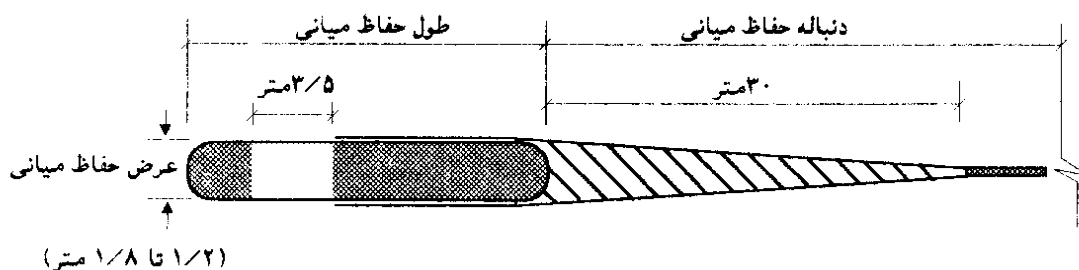
شکل ۳-۷۵- انواع رابط پیاده در گوشه تقاطع [۸۳]

۲۲ متر بوده، یا تعداد زیادی عابرپیاده معلول یا کم توان حضور دارند و یا شکل تقاطع پیچیده و بی‌قاعدہ باشد، استفاده می‌شود (شکل ۳-۷۶) [۸۳].



شکل ۳-۷۶- استفاده از جزایر پناه دهنده پیاده در تقاطع ها [۲۸]

جزایر پناه دهنده پیاده در هیچ حالتی نباید کمتر از  $1/2$  متر (ترجیحاً  $1/8$  متر) عرض و  $3/5$  متر (یا عرض گذرگاه موجود) طول داشته باشند (شکل ۳-۷۷) [۸۳]. نباید عرض گذرگاه موجود در آن از اندازه مورد نیاز برای عبور یک صندلی چرخدار کمتر باشد.



شکل ۳-۷۷- نمونه ابعاد جزیره های حفاظتی عابر پیاده [۸۳]

به هنگام اجرای جزیره باید جداول و حواشی آن، که محل عبور عابرین و ویلچر سواران می باشد توسط رابط به سطح خیابان مرتبط شود. در صورتیکه محل عبور عابرین از حفاظ میانی، همسطح گذرگاه عرضی عابریاده باشد، باید تمهیداتی برای نابینایان فراهم شود تا بتوانند آنرا شناسایی کنند (مانند استفاده از روسازی با بافت ویژه). ضمناً می توان سطحی جهت توقف و استراحت عابرین پیاده (برای یک ویلچر یا یک نیمکت) به دور از مسیر عبور متعارف افراد در سطح جزیره فراهم نمود تا در صورتی که افراد معلول یا کم توان قادر به ادامه پیاده روی نبوندند، بتوانند در آن محدوده، بدون آنکه روی حرکت دیگران تأثیر بگذرانند، توقف و استراحت نمایند. در انتهای جزیره و ابتدای دماغه و لچکی باید خط کشی و اگرایی روی سطح سواره رو پیش بینی نمود تا وسایل نقلیه به مسیر مورد نظر هدایت شوند.

### ۳-۹-۱-۴- گوشه تقاطع

#### - شعاع قوس گوشه تقاطع

استفاده از شعاع های کوچک برای قوس گوشه تقاطع باعث کاهش سرعت وسایل نقلیه به هنگام گردش شده و به راحتی و ایمنی عبور عابرین پیاده از عرض سواره رو کمک می نماید. اما در مقابل ممکن است باعث افزایش احتمال عبور وسایل نقلیه سنگین از روی جدول گوشه تقاطع گردد که برای جلوگیری از وقوع این حالت باید موانع فیزیکی در گوشه تقاطع نصب نمود. در صورت امکان، بهتر این است که شعاع گوشه تقاطع به حداکثر ۷ متر محدود شود [۸۳].

#### - فضای تجمع

حتی الامکان باید در گوشه های تقاطع فضای مناسب جهت تجمع عابرین پیاده منتظر چراغ سبز برای عبور از گذرگاه های خط کشی شده تأمین شود. سطح لازم براساس مساحت سرانه و تعداد عابرین بدست می آید.

### ۳-۹-۱-۵- موانع فیزیکی پیاده رو

موانع فیزیکی پیاده رو را می توان به دو دسته کلی زیر تقسیم نمود :

- موانع سواره رو

- موانع میانی

موانع سواره رو عمدتاً در طول حاشیه خیابان برای جلوگیری از عبور عابرین از عرض خیابان نصب می شوند، در حالیکه موانع میانی، هم برای جداسازی جریانهای ترافیکی مخالف و هم جلوگیری از عبور عابرین از

عرض خیابان بکار می‌روند. ضمناً گاهی منحصرأً برای عابرین پیاده و گاهی در ترکیب با گاردریل (مخصوص وسایل نقلیه) استفاده می‌گردد.

بطور کلی نرده ها باید برای هدایت عابرین به سمت تسهیلات عبور عرضی و مکانهای دور از خطر مورد توجه قرار گیرند. در گذرگاههای خط کشی شده عابرین پیاده، نرده ها باید بطور کامل، طولی از لبه سواره رو که پارک وسایل نقلیه توسط تابلو یا علائم دیگر ممنوع شده را پوشش دهند. چنانچه استفاده از نرده برای هدایت عابرین به نقاط مناسب جهت عبور از عرض خیابان ضرورت داشته باشد، باید دقت نمود که این نرده ها مانع دید رانندگان نشود. در تقاطع های پرتراکم و شلوغ، نرده ها می‌توانند از عابرین محافظت نمایند، اما استفاده از آنها در خیابانهای محلی سبب بروز ناراحتی در تردد عابرین می‌شود.

استفاده از نرده معایبی نیز دربردارد. بطور مثال استفاده بیش از حد از نرده در تقاطع ها می‌تواند باعث تشویق عابرین به عبور قطری از تقاطع گردد و یا از عبور عابرین در نقاط دلخواهشان جلوگیری نماید.

### ۳-۹-۱-۶- تسهیلات پیاده روی در میدان ها

در میدانها باید ترجیحاً گذرگاههای عرضی پیاده قبل از شروع ناحیه تعریض ورودی ها مکانیابی شوند. زیرا در این نقطه عرض سواره رو کمتر و حرکت وسایل نقلیه مستقیم تر است. تسهیلات پیاده روی در میدانها شامل موارد زیر است :

- گذرگاه خط کشی شده پیاده با و یا بدون جزیره میانی
- گذرگاه چراغدار پیاده
- زیرگذر و روگذر پیاده

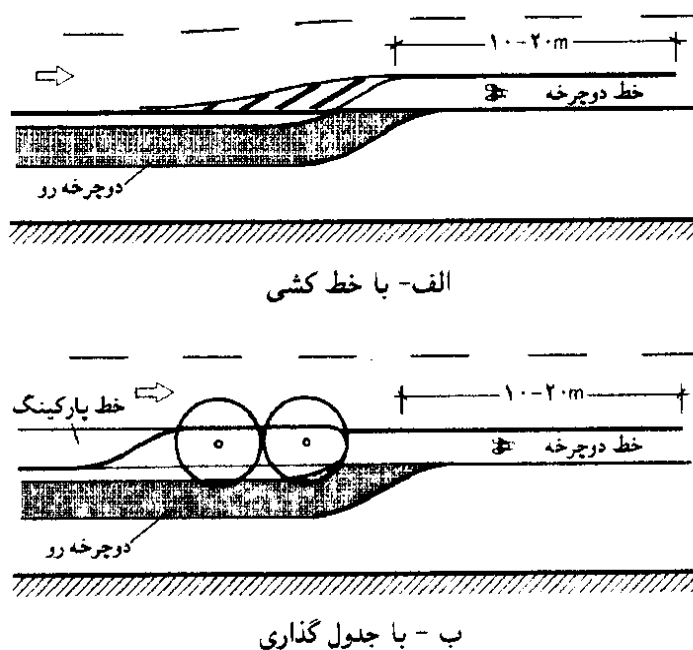
انتخاب نوع تسهیلات، بستگی به احجام و حرکات وسایل نقلیه و عابرین پیاده دارد و طرح آن باید منطبق بر معیارها و ضوابط مربوطه باشد [۱۸].

در میدان هایی که حجم عبور زیاد پیاده وجود دارد، باید به منظور جلوگیری از ورود غیرمجاز و نامنظم عابرین پیاده به سواره رو از نرده حفاظتی استفاده شود. طرح این نرده ها باید به گونه ای باشد که مانع دید رانندگان نشوند.

### ۳-۹-۲- تسهیلات دوچرخه سواری

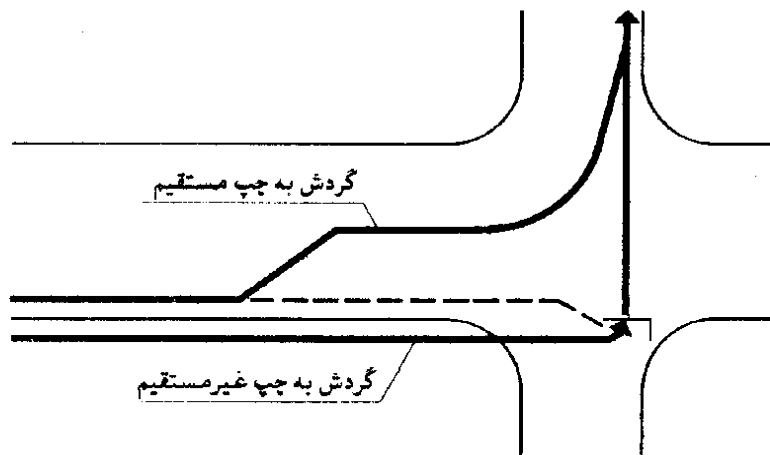
پیش بینی تسهیلات دوچرخه سواری در تقاطع هایی که در آنها تردد قابل توجه دوچرخه وجود دارد ضروری است. برنامه ریزی، طراحی و مدیریت تسهیلات دوچرخه سواری باید مطابق مقررات، توصیه ها و معیارهای فنی مربوطه صورت گیرد. در این بخش تسهیلات دوچرخه سواری صرفاً به منظور ارائه رهنمودهای کلی در طراحی تقاطع ها مطرح می شوند و برای جزئیات بیشتر باید به دستورالعمل های ویژه دوچرخه مراجعه شود.

کیفیت تسهیلات دوچرخه سواری در محدوده تقاطع باید مطابق با مسیرهای منتهی به آن باشد. چنانچه تبدیل دوچرخه رو به خط دوچرخه قبل از تقاطع ضروری باشد، این تبدیل باید در خارج از محدوده خطوط گردش و انبار تقاطع و در فاصله حداقل ۲۰ متری آنها صورت گیرد و حداقل به طول ۱۰ تا ۲۰ متر بوسیله خط کشی یا جدول گذاری حمایت شود (شکل ۳-۷۸) [۷۶].



شکل ۳-۷۸- نحوه تبدیل دوچرخه رو به خط دوچرخه در محدوده تقاطع [۷۶]

هدایت گردش به چپ دوچرخه سواران در محدوده تقاطع، مطابق شکل به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم امکان پذیر است (شکل ۳-۷۹). در روش مستقیم، دوچرخه سواران همراه با ترافیک وسایل نقلیه چپگرد و یا از طریق خطوط گردش به چپ ویژه آنها هدایت می شوند. در روش غیرمستقیم، دوچرخه سواران ابتدا از عرض بازوی فرعی تقاطع و سپس از عرض خیابان اصلی عبور می کنند.



شکل ۳-۷۹- انواع هدایت گردش به چپ دوچرخه در تقاطع [۷۶]

روش هدایت مستقیم در شرایط زیر بکار می رود :

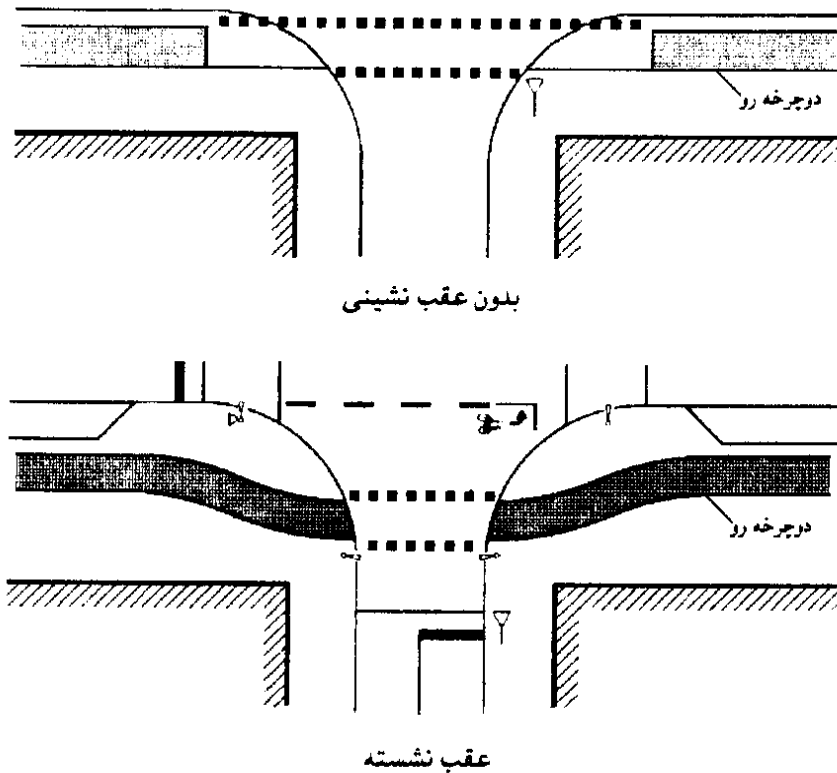
- در مسیر خروجی تقاطع خط دوچرخه وجود نداشته باشد.
- مسیر دوچرخه رو پیش از تقاطع خاتمه یابد یا به خط دوچرخه تبدیل شود.
- دوچرخه سواران بتوانند به آسانی و با ایمنی کافی در جریان ترافیک حرکت کنند.

کاربرد هدایت غیرمستقیم در شرایط زیر توصیه می شود :

- ورودی های تقاطع دارای خط ویژه و گذرگاه عرضی دوچرخه باشند.
- هدایت مستقیم دوچرخه سواران خطرناک باشد.
- در ورودی فرعی تقاطع فضای کافی برای توقف و انتظار دوچرخه سواران چپگرد در کنار گذرگاه عرضی دوچرخه وجود داشته باشد.

هدایت دوچرخه سواران از عرض بازوهای فرعی تقاطع به دو صورت عقب نشسته و بدون عقب نشینی امکان پذیر است (شکل ۳-۸۰). گذرگاه عرضی عقب نشسته در شرایطی بکار می آید که حریم لازم برای هدایت دوچرخه سواران به گذرگاه وجود داشته باشد. در تقاطع های چراغدار بدون خط گردش به راست خروجی، اینگونه گذرگاه ها سطح کافی برای توقف اتومبیل های راستگرد در کنار گذرگاه فراهم می کنند و در نتیجه ظرفیت تقاطع افزایش می یابد.

گذرگاه های بدون عقب نشینی عمدتاً در تقاطع های بدون چراغ بکار می آیند و نشاندهنده حق تقدم عبور دوچرخه سواران مسیر اصلی هستند. برای دوچرخه سوارانی که در مسیر فرعی ملزم به انتظار هستند گذرگاهی ترسیم نمی شود. با این وجود، باید ادامه مسیر دوچرخه در طرف دیگر تقاطع بخوبی قابل شناسایی باشد.



شکل ۳-۸۰- انواع هدایت دوچرخه از عرض بازوی فرعی تقاطع [۷۶]

در تقاطع های دارای چراغ راهنمایی، گذرگاه عرضی دوچرخه در طرف داخل و گذرگاه عابرپیاده در طرف خارج تقاطع ایجاد می شود. دوچرخه سواران حتی المقدور باید از بازوهای تقاطع بدون نیاز به توقف روی جزایر میانی عبور کنند. چراغ ویژه عابرین پیاده و دوچرخه سواران باید کمی زودتر از چراغ وسایل نقلیه سبز گردد تا قبل از رسیدن وسایل نقلیه گردش به راست به گذرگاه عرضی، عابرین یا دوچرخه سواران وارد گذرگاه شده باشند و رانندگان از وجود آنها مطلع شده و حق تقدم را به ایشان بدهند.

## ۳-۱۰- ایستگاه اتوبوس و پارکینگ در تقاطع

از جمله عوامل مؤثر در کنارآیی یک تقاطع، چگونگی استقرار ایستگاههای اتوبوس و نحوه پارکینگ حاشیه ای وسایل نقلیه در حریم تقاطع است. در این بخش، ابتدا نحوه طراحی و جزئیات استقرار ایستگاههای اتوبوس در تقاطع ها مطرح و سپس شرایط توقف وسایل نقلیه در حریم تقاطع ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

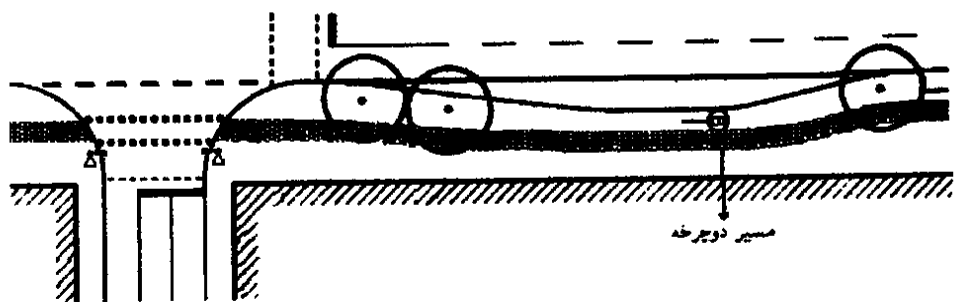
## ۳-۱۰-۱- مکانیابی ایستگاه اتوبوس

در طراحی تقاطع ها، باید محل مناسب برای توقف وسایل حمل و نقل عمومی و سوار و پیاده کردن مسافری در نظر گرفته شود. مناسب ترین مکان برای ایستگاههای اتوبوس، خارج از خط عبوری وسایل نقلیه است که موجب افزایش ایمنی و کاهش تداخل با جریان ترافیک می گردد. همچنین ممکن است این ایستگاهها در سمت ورودی یا خروجی تقاطع قرارگیرند که هر یک مزایا و معایبی دربر خواهد داشت.

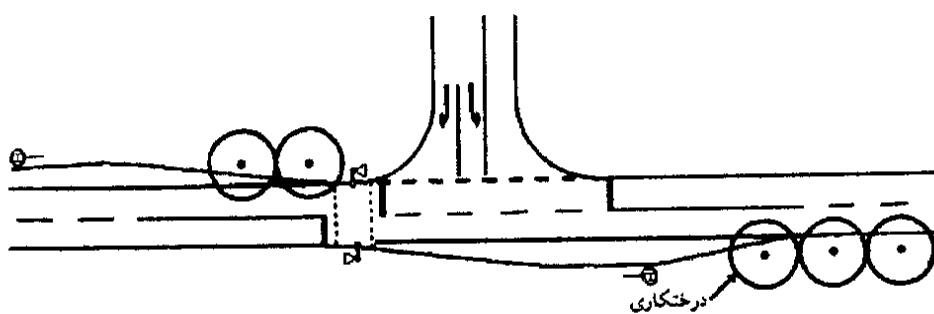
در دستورالعمل آلمان توصیه شده است که ایستگاههای اتوبوس ترجیحاً در خروجی های تقاطع قرارگیرند، بطوریکه با گذرگاه خط کشی شده عابری پیاده تداخل نداشته باشند. بدین ترتیب، برای تقاطع های بدون چراغ راهنمایی یا دارای چراغ راهنمایی که بعضی مواقع خاموش است، طرح ایستگاه اتوبوس مطابق شکل ۳-۸۱-الف پیشنهاد شده است، که در آن، عابری پیاده می توانند در کنار سواره رو منتظرمانده و با دید کافی از عرض خیابان عبور نمایند. چنانچه ایستگاه اتوبوس مقابل یک سه راه واقع شده باشد، طرح ایستگاه مطابق شکل ۳-۸۱-ب پیشنهاد می شود که در آن، اتوبوس ها باید بعد از محل گذرگاه عرضی عابری پیاده توقف نمایند. برای تقاطع های مجهز به چراغ راهنمایی نیز در شرایط تنگ و محدود یا شرایطی که ایستگاه در محل اتصال یا ارتباط چندین خط اتوبوسرانی مختلف باشد، طرح ایستگاه اتوبوس مطابق شکل ۳-۸۱-ج پیشنهاد گردیده است. اگر امکان عقب رفتگی ایستگاه اتوبوس از سطح سواره رو وجود نداشته باشد، توصیه شده که ایستگاه در فاصله ورود ۳۰ متر بعد از تقاطع استقرار یابد تا سطح انتظار کافی برای وسایل نقلیه گردش به راست ورودی به آن خیابان و میدان دید مناسب برای وسایل نقلیه عبوری از تقاطع بدست آید (شکل ۳-۸۱-د).

معمولاً ایستگاههایی که در خطوط عبوری احداث می شوند، در خطوط پارکینگ وسایل نقلیه قرار می گیرند و مطابق شکل ۳-۸۲-الف، موجب ممنوعیت پارک وسایل نقلیه در آن قسمت می گردند و با تابلوگذاری یا خط کشی مشخص می شوند. محل ایستگاه را می توان با جدول گذاری نیز مشخص نمود که در این حالت، احتمال بروز اشتباه در پارک وسایل نقلیه نیز از بین می رود (شکل ۳-۸۲-ب).

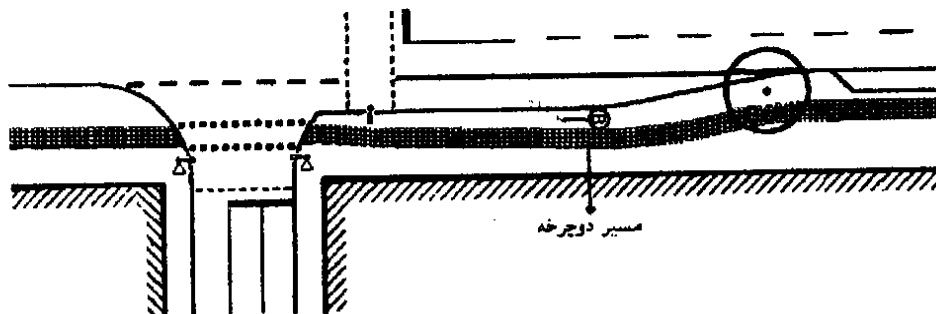




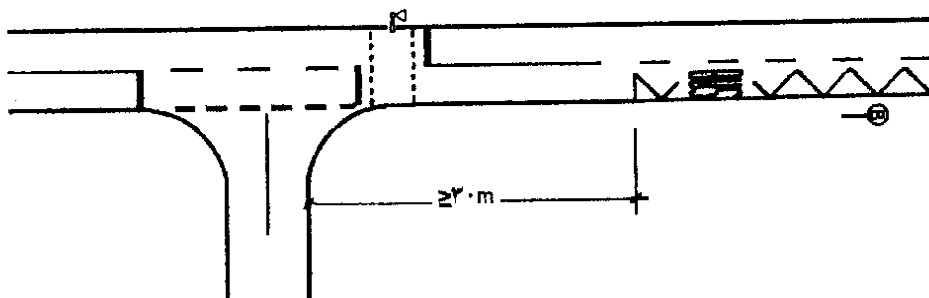
الف - تقاطع های بدون چراغ



ب - تقاطع های سه راهی

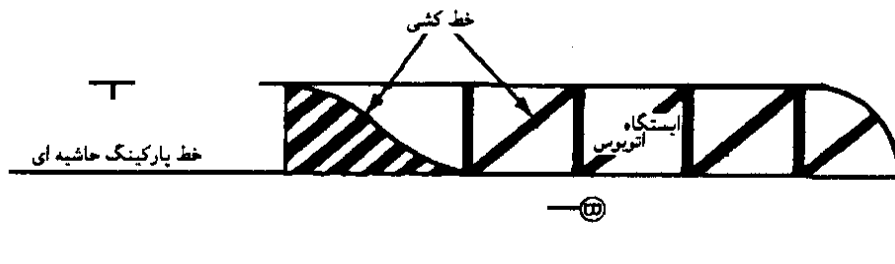


ج - تقاطع های دارای چراغ راهنمایی

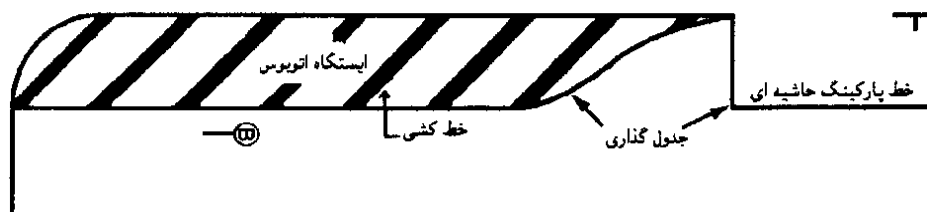


د - مسیر سواره رو

شکل ۳-۸۱- نمونه های مختلف طراحی ایستگاههای اتوبوس [۷۶]



الف - ایستگاه مشخص شده توسط خط کشی در خط پارکینگ حاشیه ای



ب - ایستگاه جدا شده توسط جدول در خط پارکینگ حاشیه ای

شکل ۳-۸۲- استفاده از خط کشی و جدول گذاری برای مشخص کردن

ایستگاههای اتوبوس [۸۸]

نتایج مثبت یا منفی حاصل از توقف اتوبوسها در سمت ورودی تقاطع بستگی به شرایط عمومی ترافیک دارد. در صورتی که حجم حرکات گردش به راست وسایل نقلیه زیاد و حرکت اتوبوسها نیز بطور متوالی و پیوسته باشد، موجبات تأخیر در انجام گردش به راست وسایل نقلیه و کاهش ظرفیت را پدید آورده و احتمال بروز تصادف میان وسایل نقلیه راستگرد و اتوبوس ها نیز تشدید می گردد. از سوی دیگر، اگر حرکت اتوبوسها بطور متوالی و پیوسته نبوده و پارک حاشیه ای وسایل نقلیه مجاز باشد، اعمال ممنوعیت پارکینگ به لحاظ ایجاد ایستگاه اتوبوس موجب می گردد که عملاً در اغلب اوقات یک خط ویژه گردش به راست ایجاد شده و ظرفیت معبر افزایش یابد [۸۷].

بطور کلی مزایای استقرار ایستگاههای اتوبوس در سمت ورودی تقاطع، بشرح زیر است :

- در صورتیکه جریان ترافیک در خروجی تقاطع سنگین تر از ورودی آن باشد، تداخل و اغتشاش کمتری در جریان ترافیک ایجاد خواهد شد.
- چون در این حالت، اتوبوس ها قبل از تقاطع بطور کامل توقف کرده و سپس به آهستگی از تقاطع عبور می کنند، قابلیت کنترل بیشتر و تداخل کمتری با عابرین پیاده خواهند داشت.
- باتوجه به لزوم توقف بخشی از وسایل نقلیه در ورودی تقاطع، دیگر نیاز به توقف مجدد آنها بعد از عبور از تقاطع نبوده و در نتیجه، زمان تأخیر و زمان سفر کاهش می یابد.

معایب آن نیز به شرح زیر است :

- موجب بروز تداخل با جریان های گردش به راست وسایل نقلیه می شود.
  - اتوبوس های متوقف در ایستگاه، مانع از دیده شدن تابلوها و چراغ های راهنمایی و همچنین عابرین پیاده واقع در جلوی اتوبوس می شوند.
  - اتوبوس های متوقف در ایستگاه، مانع دید کامل رانندگان وسایل نقلیه چپگرد نسبت به داخل خیابانی که در آن اتوبوس توقف کرده است، می شوند.
- چنانچه ایستگاه اتوبوس در سمت خروجی تقاطع واقع شود، مزایای زیر را به همراه خواهد داشت :

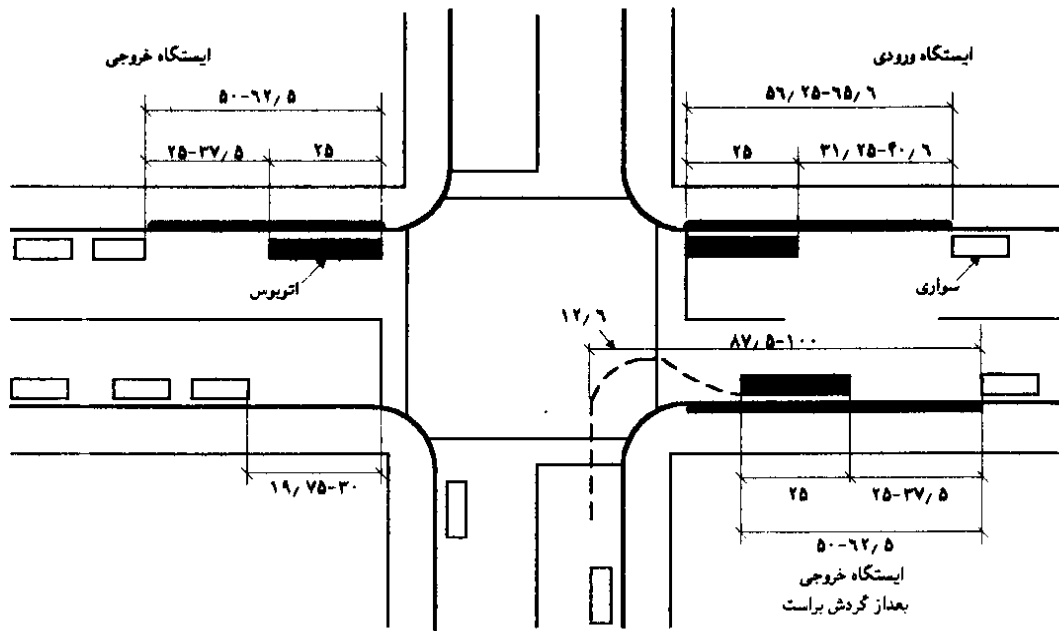
- موجب بهبود میدان دید عابرین پیاده گذرنده از عرض خیابان خواهد شد.
- در صورتیکه تردد در سمت خروجی تقاطع سبک تر از سمت ورودی آن باشد، استقرار ایستگاه بعد از تقاطع جریان ترافیک مناسب تری ایجاد خواهد کرد.
- میدان دید رانندگان وسایل نقلیه نزدیک شونده به تقاطع بهبود می یابد.
- تجمع مسافران منتظر اتوبوس در ایستگاه، خارج از تقاطع خواهد بود.
- چنانچه اتوبوس در زمان سبز چراغ راهنمایی به تقاطع برسد، به راحتی از آن عبور نموده و بعد از تقاطع در ایستگاه توقف خواهد نمود که در نتیجه زمان تأخیر و زمان سفر آن کاهش می یابد.

و معایب آن به شرح زیر است :

- در صورت توقف غیرمجاز وسایل نقلیه در ایستگاه اتوبوس و یا رسیدن همزمان چند اتوبوس و توقف پشت سرهم آنها، صف بوجود می آید که موجب ایجاد اختلال در تقاطع خواهد شد.
- موجب کاهش میدان دید رانندگان وسایل نقلیه راستگرد به داخل خیابانی که ایستگاه اتوبوس در آن واقع است، می شود.

در تقاطع هایی که اتوبوس ها بعد از توقف، گردش به چپ می نمایند، محل ایستگاه اتوبوس باید حداقل ۵۰ متر قبل از تقاطع واقع شده باشد و چنانچه شرایط ترافیک ایجاب نماید، این فاصله به ۷۵ تا ۱۰۰ متر نیز افزایش یابد. همچنین، برای گردش به راست، باید این فاصله حداقل ۳۵ متر در نظر گرفته شود [۸۷].

در شکل ۳-۸۳ یک طرح اجرایی از نحوه استقرار ایستگاههای اتوبوس در ورودی و خروجی تقاطع براساس دستورالعمل کانادا ارائه شده است.



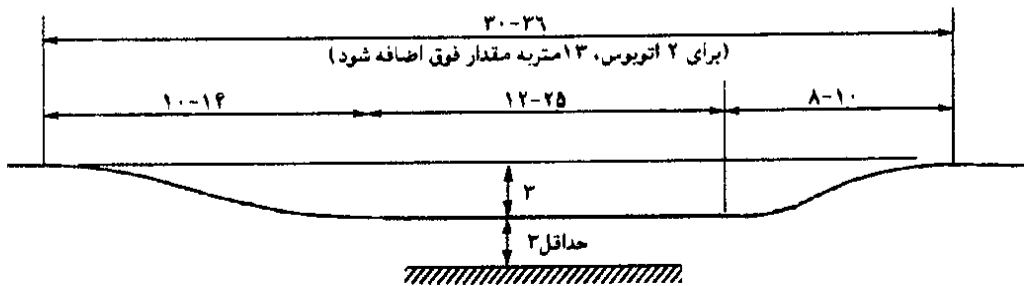
شکل ۳-۸۳- ابعاد ایستگاه اتوبوس در تقاطع ها [۸۷]

۳-۱۰-۲- طراحی ایستگاه اتوبوس

طول مطلوب ایستگاههای اتوبوس، مطابق دستورالعمل امریکا به تفکیک محل استقرار آن در سمت ورودی یا خروجی تقاطع، در جدول ۳-۳۷ ارائه شده است. شیب لچکی ورودی با نسبت ۱ به ۶ و لچکی خروجی با نسبت ۱ به ۴ پیشنهاد شده است. در این جدول فرض شده است که عرض خط توقف اتوبوس ۳/۰ متر و طول اتوبوس ۱۲/۰ متر باشد و به فاصله ۳۰ سانتیمتری از لبه جدول حاشیه ای توقف نماید (شکل ۳-۸۴) [۸۸].

جدول ۳-۳۷- طول مطلوب ایستگاههای اتوبوس (متر) [۸۸]

ایستگاه دو اتوبوس		ایستگاه یک اتوبوس		طول تقریبی اتوبوس
خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	
۲۸,۰	۳۶,۰	۱۹,۵	۲۷,۵	۷,۵۰
۳۱,۰	۳۹,۰	۲۱,۰	۲۹,۰	۹,۰۰
۳۴,۰	۴۲,۰	۲۲,۵	۳۰,۵	۱۰,۵۰
۳۷,۰	۴۵,۰	۲۴,۰	۳۲,۰	۱۲,۰۰



شکل ۳-۸۴- ابعاد طراحی حداقل ایستگاه اتوبوس عقب نشسته (متر) [۸۸]

در جدول ۳-۲۸ ابعاد نمونه و در شکل ۳-۸۵ انواع روش های طراحی ایستگاههای اتوبوس در تقاطع مطابق دستورالعمل آلمان ارائه شده است [۸۹].

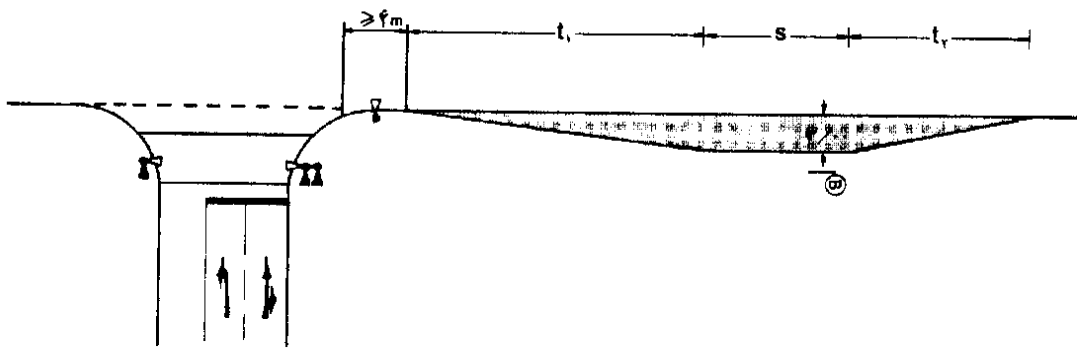
جدول ۳-۲۸- ابعاد نمونه ایستگاه اتوبوس براساس دستورالعمل آلمان (متر) [۸۹]

L'	L	l	R <sub>۴</sub>	R <sub>۳</sub>	R <sub>۲</sub>	R <sub>۱</sub>	b'	a'	b	a	t	
۶۰/۸	۵۲/۰	۱۲/۰										یک اتوبوس معمولی
۷۳/۸	۶۵/۰	۲۵/۰	۴۰/۰	۲۰/۰	۶۰/۰	۸۰/۰	۴/۰	۴/۸	۱۵/۰	۲۵/۰	۳/۰	دو اتوبوس معمولی
۶۶/۸	۵۸/۰	۱۸/۰	(۲۰)	(۱۲)	(۲۰)	(۳۰)	(۳)	(۳)	(۱۰)	(۱۵)	(۲/۵)	یک اتوبوس مفصلی
۷۹/۸	۷۱/۰	۳۱/۰										یک اتوبوس معمولی و یک اتوبوس مفصلی

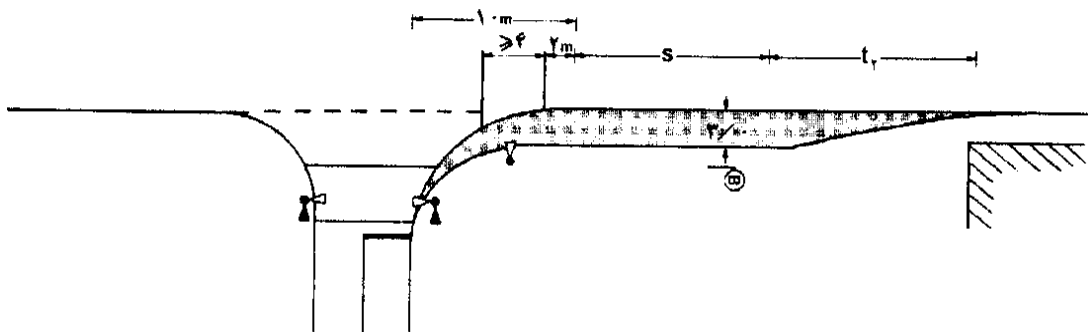
توضیح : اعداد داخل پرانتز مربوط به شرایط محدودیت فضا است.

### ۳-۱۰-۳- تسهیلات توقف حاشیه ای

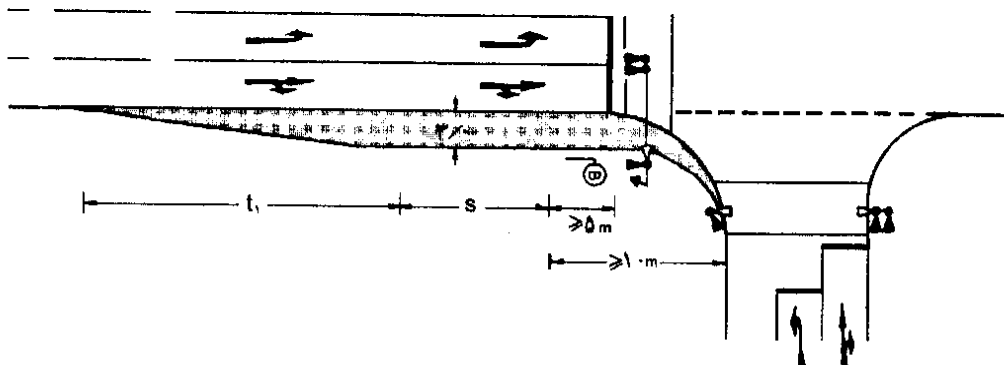
توقف حاشیه ای وسایل نقلیه در محدوده تقاطع ممکن است مشکلاتی در عملکرد ترافیک وسایل نقلیه و بخصوص حرکات گردش به راست بوجود آورد. در اینگونه موارد، منطقی ترین راه حل، ممنوع نمودن توقف وسایل نقلیه در حریم تقاطع است که در این رابطه در دستورالعمل های مختلف توصیه های کم و بیش مشابهی ارائه شده است.



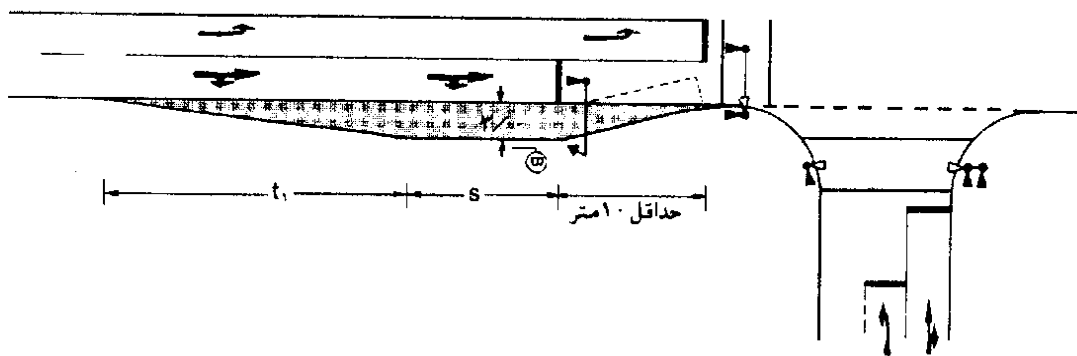
الف - سمت خروجی تقاطع بالچکی ورودی



ب - سمت خروجی تقاطع بدون لچکی ورودی



ج - سمت ورودی تقاطع با خروجی مستقیم

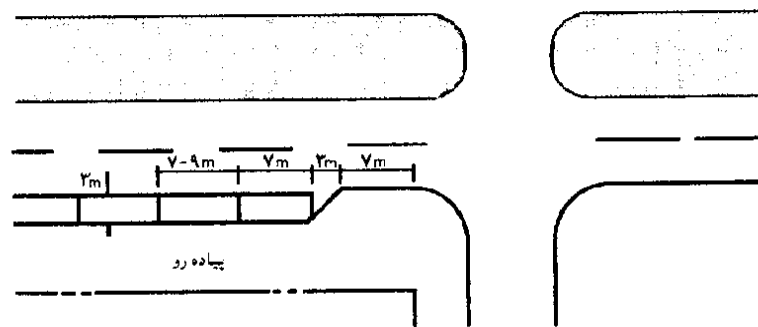


د - سمت ورودی تقاطع بدون خروجی مستقیم

توضیح : مقادیر a, b, l مطابق جدول ۳-۳۸

شکل ۳-۸۵ - جزئیات طراحی ایستگاههای اتوبوس عقب نشسته در محدوده تقاطع [۸۹]

بر اساس دستورالعمل آشتو، به دو طریق می توان از توقف حاشیه ای وسایل نقلیه در محدوده تقاطع ها جلوگیری نمود. روش اول پیش آمدگی جدول حاشیه خیابان به صورت یک لچکی همراه با یک قوس مناسب تا لبه مسیر سواره رو است که این پیش آمدگی باید حداقل ۷ متر تا ابتدای تقاطع فاصله داشته باشد. بدین ترتیب، امکان توقف حاشیه ای وسایل نقلیه عملاً از بین خواهد رفت (شکل ۳-۸۶). روش دوم، اعمال ممنوعیت توقف در خط عبور سمت راست بوسیله تابلوگذاری در فاصله مذکور و ایجاد یک خط انحصاری گردش به راست با طول کوچک برای وسایل نقلیه است [۲۲].



شکل ۳-۸۶- روش حذف پارکینگ حاشیه ای وسایل نقلیه در محدوده تقاطع [۲۲]

در دستورالعمل استرالیا نیز به منظور ممانعت از توقف حاشیه ای وسایل نقلیه در محدوده تقاطع ها، ممنوعیت توقف در فواصل زیر از ابتدای تقاطع پیشنهاد شده است :

- اگر پارکینگ بصورت موازی باشد، حداقل فاصله ممنوعیت توقف ۶ متر از تقاطع است.
- اگر پارکینگ بصورت مورب باشد، حداقل فاصله ممنوعیت توقف در مسیرهای ورودی تقاطع ۱۲ متر و در مسیرهای خروجی تقاطع ۹ متر است.

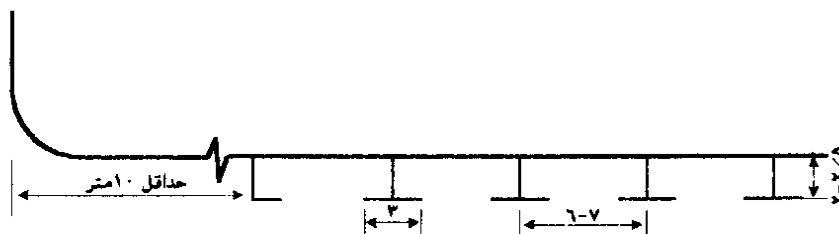
از سوی دیگر، برای تقاطع های مجهز به چراغ راهنمایی، فاصله ممنوعیت توقف باید حداقل به اندازه طول صف وسایل نقلیه متوقف شده در پشت چراغ در طی یک چرخه باشد. برای تقاطع های مجهز به سیستم کنترل سازگار نیز این ممنوعیت باید در فاصله بین شناسگر مربوطه تا ابتدای تقاطع اعمال گردد [۶۵].

دستورالعمل آلمان فاصله ممنوعیت توقف حاشیه ای وسایل نقلیه در محدوده تقاطع را بر اساس نحوه پارک آنها مطابق شکل ۳-۸۷ بیان نموده است. بدین ترتیب که برای پارکینگ موازی باید از فاصله حداقل ۱۰ متری و برای پارکینگ مورب و عمودی از فاصله حداقل ۲۰ متری ابتدای تقاطع، در مسیر ورودی آن توقف ممنوع گردد.

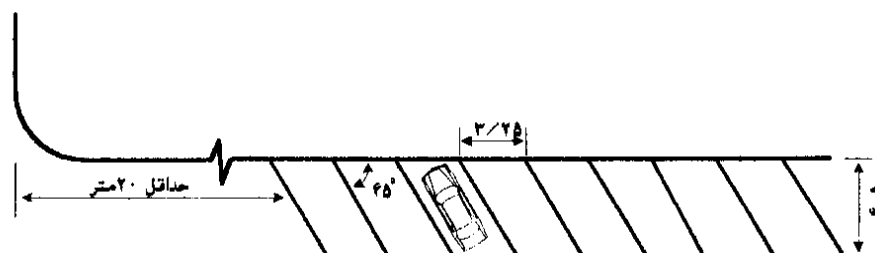
مطابق آئین نامه راهنمایی و رانندگی ایران، توقف در فاصله ۱۵ متری تقاطع ها و میدان ها ممنوع است.

چنانچه تعداد توقف های کوتاه مدت وسایل نقلیه در مسیرهای ورودی و خروجی تقاطع زیاد باشد باید در خارج سواره رو ایستگاه ویژه سوار و پیاده نمودن مسافر بصورت عقب نشسته پیش بینی شود. طول لازم برای این

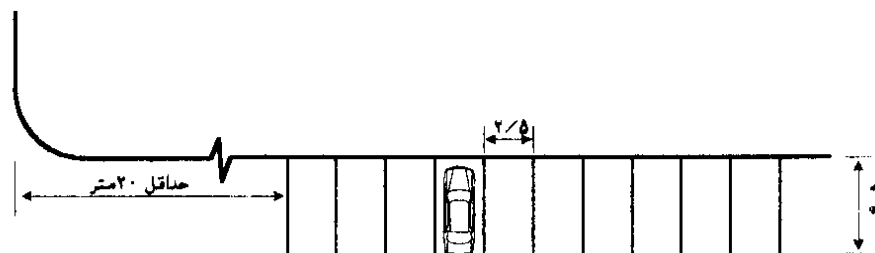
ایستگاه براساس حداکثر تعداد وسایل نقلیه ای که بطور همزمان توقف می کنند بدست می آید و عرض آن برابر ۰/۳ متر است. برای لچکی ورودی یا خروجی ایستگاه شیب ۱:۱ توصیه می شود.



الف - پارکینگ موازی



ب - پارکینگ مورب



ج - پارکینگ عمودی

شکل ۳-۸۷- اعمال ممنوعیت پارکینگ وسایل نقلیه در حریم تقاطع [۸۵]

اگر به هر علت نتوان یک ایستگاه سواری عقب نشسته پیش بینی نمود باید ایستگاه در داخل خیابان اصلی و در فاصله حداقل ۳۰ متری تقاطع استقرار یابد. این ایستگاهها اغلب در خطوط پارکینگ حاشیه ای قرار می گیرند و پارکینگ طولانی مدت وسایل نقلیه در آنها ممنوع است. محدوده این ایستگاهها باید مطابق ضوابط بخش ۴-۵ تابلوگذاری و خط کشی شود.

در صورتیکه در یک مسیر منتهی به تقاطع، نیاز به احداث ایستگاه اتوبوس و سواری وجود داشته باشد می توان برای آنها ایستگاه مشترک طراحی نمود. در این حالت، باید طرح ایستگاه به گونه ای صورت گیرد که بخوبی پاسخگوی نیاز اتوبوس ها و سواری ها باشد.



### ۳-۱۱- طرح هندسی میدان

#### ۳-۱۱-۱- مقدمه

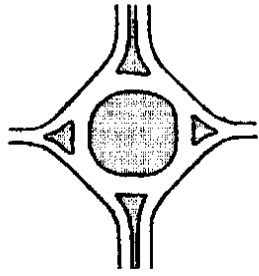
در این بخش، ابتدا ضوابط کلی طراحی میدان ارائه می شود، سپس اصول طراحی میدان های تداخلی و تقدمی براساس دستورالعمل های مختلف بطور جداگانه مورد بررسی قرار می گیرد. ضوابط ارائه شده فقط در مورد میدان های با ابعاد معمولی صادق است و میدان های خیلی بزرگ باید بصورت شبکه ای از سه راهی ها و قطعه راهها در نظر گرفته و طراحی شوند.

شکل جزیره مرکزی میدان متناسب با نحوه استقرار مسیرهای منتهی به آن و الگوی جریان ترافیک تعیین می شود. جزیره مرکزی میدانها اغلب از شکل های هندسی ساده انتخاب می گردد. اما شکل های ساده ای همچون دایره یا بیضی در مواردی که زاویه بین مسیرهای ورودی میدان نامنظم یا محدوده میدان تنگ و محدود باشد، بهترین شکل انتخابی برای جزیره مرکزی نخواهند بود. در این موارد می توان از شکل های نامتقارن، به صورت تماماً منحنی و یا ترکیبی از خطوط مستقیم و منحنی بعنوان جزیره مرکزی استفاده نمود.

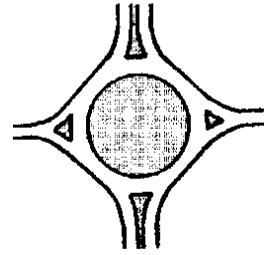
در شرایطی که دو خیابان با درجه بندی و حجم ترافیکی تقریباً معادل، یکدیگر را تحت زوایای تقریباً مساوی قطع کنند، جزیره مرکزی دایره ای مطابق شکل ۳-۸۸-الف مورد استفاده قرار می گیرد و چنانچه تردد غالب در جهت مستقیم باشد، از جزیره مربعی گرد گوشه استفاده می شود (شکل ۳-۸۸-ب).

جزایر مرکزی بیضوی و یا مستطیلی مطابق شکل های ۳-۸۸-ج و "د" در تقاطع های مایل مورد استفاده قرار می گیرند و طول زیادی برای حرکات تداخلی اصلی فراهم می کنند. در بعضی تقاطع ها، به ویژه در شرایطی که بیش از ۴ ورودی به تقاطع می رسند، شکل های نامتقارن برای جزیره مرکزی مورد استفاده قرار می گیرند (شکل ۳-۸۸-ه).

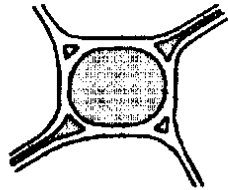
امتداد جدول گذاری حاشیه خارجی ناحیه تداخلی میدان ترجیحاً باید مطابق شکل ۳-۸۹ به صورت خط مستقیم و یا قوس با شعاع بسیار زیاد باشد و از طراحی آن به صورت موازی با دایره جزیره مرکزی میدان خودداری گردد تا استفاده بهینه از فضای موجود به عمل آید. استفاده از این روش طراحی در مواقعی مناسب است که توقف در حاشیه میدان کاملاً ممنوع شده باشد.



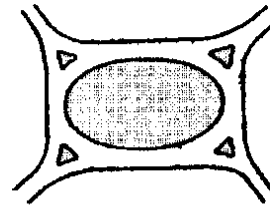
ب - مربعی با گوشه های گرد شده



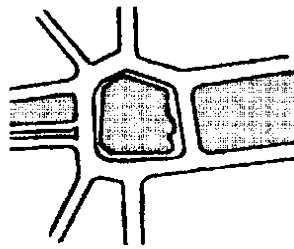
الف - دایره ای



د - مستطیلی

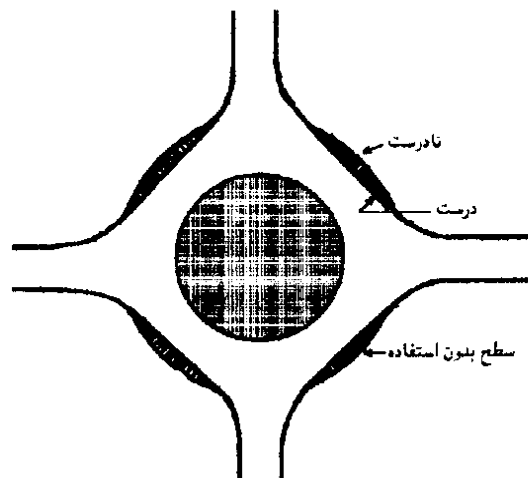


ج - بیضوی



ه - نامتقارن

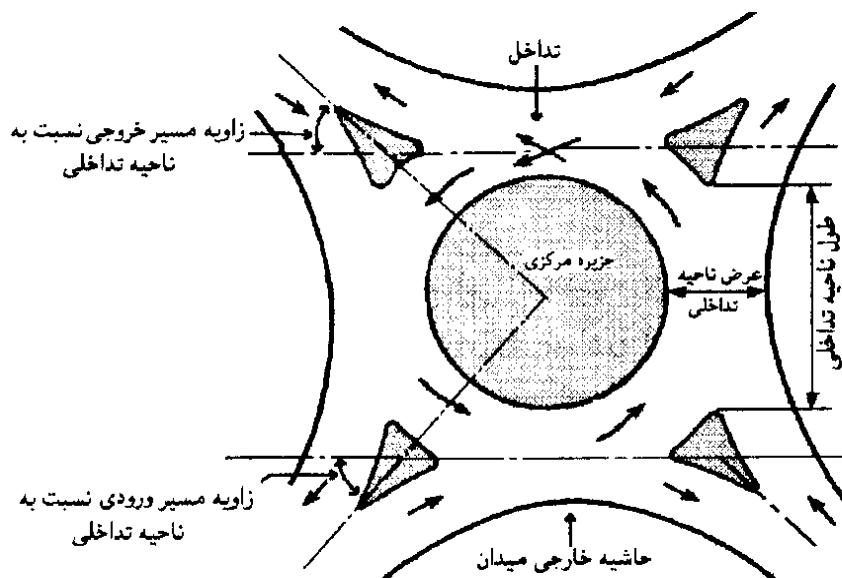
شکل ۳-۸۸ - شکل های مختلف جزیره مرکزی میدان



شکل ۳-۸۹ - امتداد جدول خارجی مسیرگردشی میدان

۳-۱۱-۲- میدان های تداخلی (دستورالعمل هندوستان) [۸۴]

در شکل ۳-۹۰ طرح ساده ای از یک میدان تداخلی با معرفی اجزاء متشکله آن ارائه شده است. جزیره مرکزی، ورودی ها و خروجی ها و مسیرگردشی عناصر اصلی طرح هندسی میدان هستند.



شکل ۳-۹۰- طرح ساده یک میدان تداخلی و اجزاء متشکله آن

۳-۱۱-۲-۱- سرعت طرح

برخی عناصر هندسی میدان تداخلی از جمله شعاع و طول ناحیه تداخلی آن بستگی به سرعت طرح دارد. بطورکلی، به منظور کنترل ابعاد طراحی میدان، باید سرعت طرح آن در مقایسه با سرعت طرح خیابان های متقاطع کمتر باشد و توصیه شده است که طراحی عناصر هندسی تابع دینامیک حرکت، براساس سرعت طرح ۳۰ کیلومتر در ساعت و برآورد مسافت دید براساس سرعت طرح ۴۰ کیلومتر در ساعت صورت گیرد.

۳-۱۱-۲-۲- شعاع قوس ورودی

مطابق دستورالعمل هندوستان، شعاع مسیر ورودی میدان تداخلی براساس عواملی از جمله سرعت طرح، بریلندی و ضریب اصطکاک میان رویه مسیر و چرخ وسایل نقلیه تعیین می شود. این شعاع باید منجر به کاهش سرعت وسایل نقلیه تا حد سرعت طرح میدان و تأمین ایمنی کافی شود. این شعاع برای مناطق داخل شهری برابر ۱۵ تا ۲۰ متر توصیه شده است.

۳-۱۱-۲-۳- شعاع قوس خروجی

دستورالعمل هندوستان توصیه نموده است که شعاع مسیر خروجی میدان تداخلی بیشتر از شعاع جزیره مرکزی آن باشد تا با افزایش سرعت وسایل نقلیه خروجی، امکان تخلیه هرچه سریعتر میدان فراهم گردد. براساس تجربیات عملی، شعاع مطلوب مسیر خروجی به میزان ۱٫۵ تا ۲ برابر شعاع قوس مسیره‌های ورودی توصیه شده است.

۳-۱۱-۲-۴- شعاع جزیره مرکزی

شعاع جزیره مرکزی میدان تداخلی براساس سرعت طرح آن تعیین می‌شود و ترجیحاً باید برابر با شعاع مسیر ورودی میدان باشد. لیکن عملاً، می‌توان شعاع جزیره مرکزی میدان را کمی بیشتر از شعاع مسیره‌های ورودی در نظر گرفت تا بتوان اولویت حرکت را به ترافیک در حال گردش داده و تا حدی از سرعت تردد وسایل نقلیه ورودی میدان کاست. بدین منظور، شعاع جزیره مرکزی میدان ۱٫۳۳ برابر شعاع مسیره‌های ورودی توصیه شده است.

۳-۱۱-۲-۵- طول ناحیه تداخلی

تأمین طول کافی برای ناحیه تداخلی میدان، تضمین کننده روانی حرکت گردش‌ی و همچنین حرکات همگرایی و واگرایی، حول میدان است. این طول براساس عوامل متعددی از قبیل عرض ناحیه تداخلی، متوسط عرض مسیره‌های ورودی میدان، حجم کل ترافیک و نسبت ترافیک متداخل در آن تعیین می‌شود. نسبت طول به عرض ناحیه تداخلی میدان باید حداقل به میزان ۴ به ۱ باشد. در جدول ۳-۳۹ نیز حداقل طول مسیر دارای ترافیک متداخل بر حسب سرعت طرح ارائه شده است.

جدول ۳-۳۹- حداقل طول ناحیه تداخلی میدان [۸۴]

حداقل طول ناحیه تداخلی (متر)	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)
۳۰	۳۰
۴۵	۴۰

به منظور جلوگیری از افت سرعت در میدان، توصیه شده است که حداکثر طول ناحیه تداخلی ۲ برابر طولهای مندرج در جدول فوق در نظر گرفته شود.

۳-۱۱-۲-۶- عرض ورودی و خروجی

عرض مسیر منتهی به میدان تداخلی در محل دهانه های ورودی و خروجی توسط لچکی افزایش پیدا می کند. در جدول ۳-۴۰ عرض دهانه های ورودی و خروجی میدان ارائه شده است.

جدول ۳-۴۰ - عرض ورودی و خروجی میدان (متر) [۸۴]

شعاع قوس ورودی		عرض کل مسیر منتهی به میدان
۲۵-۳۵	۱۵-۲۵	
۶٫۵	۷٫۰	۷
۷٫۰	۷٫۵	۱۰٫۵
۸٫۰	۱۰٫۰	۱۴
۱۳٫۰	۱۵٫۰	۲۱

۳-۱۱-۲-۷- عرض مسیر گردش

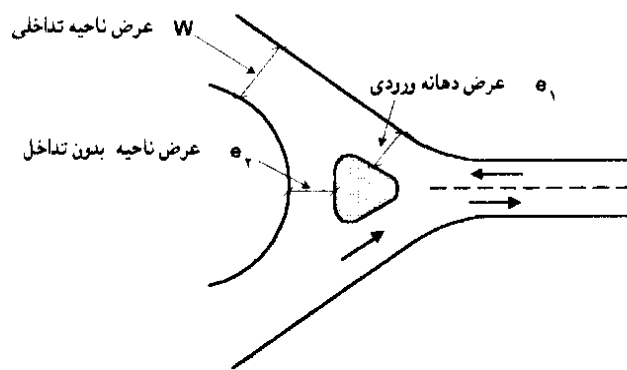
دستورالعمل هندوستان مطابق شکل ۳-۹۱ توصیه نموده است که عرض قسمت هایی از مسیرگردشی میدان تداخلی که فاقد جریانهای متداخل وسایل نقلیه هستند باید برابر با عریض ترین مسیر ورودی میدان باشد و بطورکلی دارای عرض کمتری نسبت به قسمت های دارای جریانهای متداخل وسایل نقلیه باشد. همچنین توصیه شده است که عرض آن قسمت از مسیر گردش که دارای جریانهای متداخل وسایل نقلیه است، (W)، به میزان یک خط عبوری (۳٫۵ متر) عریض تر از متوسط عرض ورودی های آن باشد و عبارت دیگر :

$$W = \frac{e_1 + e_2}{2} + 3,5 \quad (3-10)$$

در رابطه فوق  $e_1, e_2$  عرض ورودی های ناحیه تداخلی برحسب متر مطابق شکل ۳-۹۱ است.

۳-۱۱-۲-۸- زوایای ورودی و خروجی

دستورالعمل هندوستان توصیه می کند که زاویه ورودی از زاویه خروجی بیشتر باشد. این دستورالعمل مقدار زاویه ورودی را حدود ۶۰ درجه و زاویه خروجی را حدود صفر درجه پیشنهاد می کند.



شکل ۳-۹۱- عرض مسیر گردش می میدان [۸۴]

### ۳-۱۱-۳- میدان های تقدمی

در میدان های تقدمی به علت وجود قانون رعایت حق تقدم توسط وسایل نقلیه ورودی، وسایل نقلیه مجبور به انجام حرکت های تداخلی نیستند. بنابراین با حذف ناحیه تداخلی ابعاد میدان به حداقل ممکن کاهش پیدا می کند. ذیلاً ضوابط طراحی اینگونه میدان ها براساس دستورالعمل انگلستان ارائه می شود. شکل ۳-۹۲ نمونه ای از این نوع میدان را نشان می دهد.

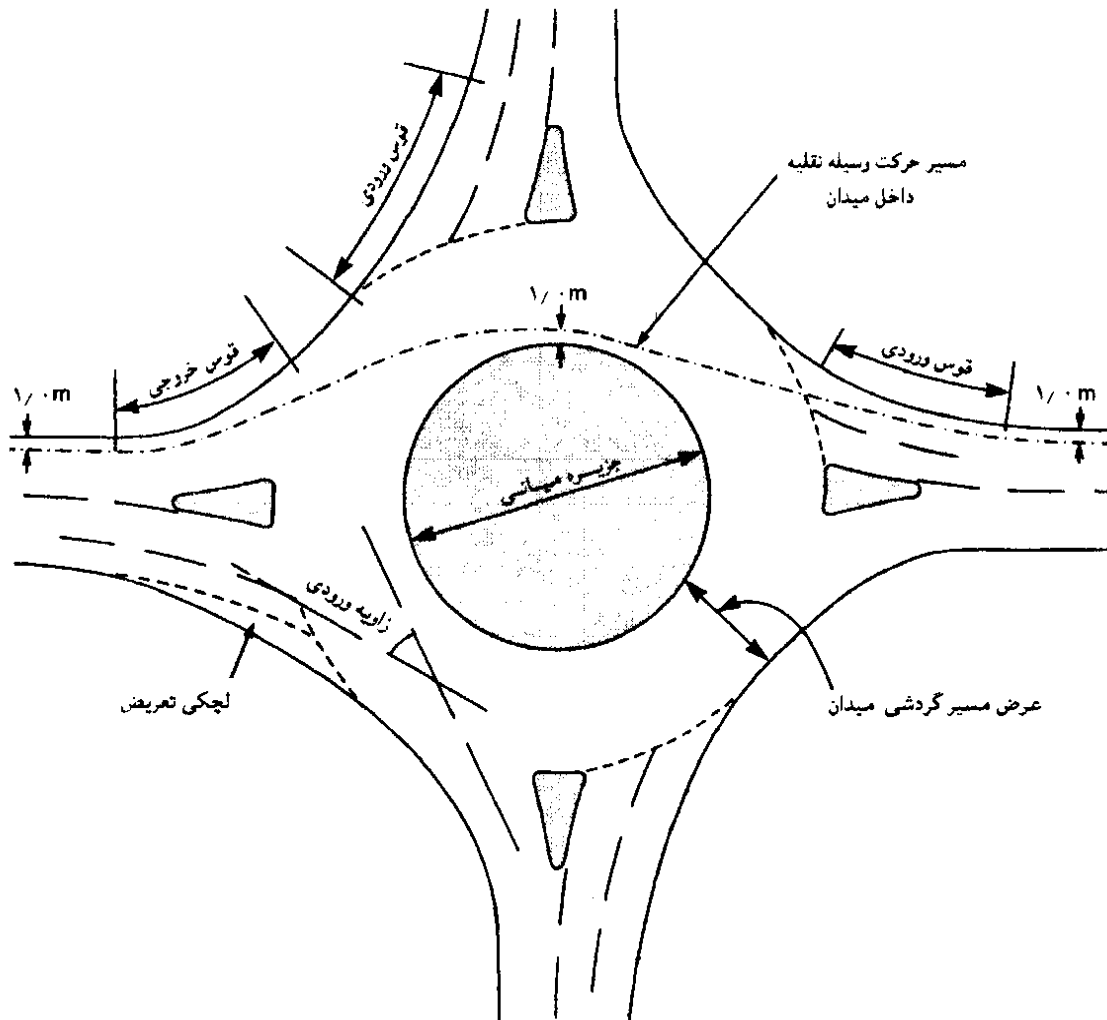
### ۳-۱۱-۳-۱- دستورالعمل انگلستان [۲۸]

#### ۱- دهانه ورودی

در دستورالعمل انگلستان توصیه شده است که به دهانه ورودی میدان حداقل یک و حداکثر ۲ خط عبور افزوده شود، لیکن نباید عرض دهانه ورودی میدان دارای بیش از ۴ خط عبوری باشد. عرض هرخط از مسیر ورودی میدان، قبل از خط کشی "رعایت حق تقدم" باید حداقل ۲٫۵ متر باشد ولی بهتر است حتی الامکان از خطوط عبوری با عرض بیشتر استفاده گردد تا حرکات گردش وسایل نقلیه بزرگ آسانتر شود. ظرفیت ورودی میدان را نیز می توان با افزودن برطول لچکی تعریض مسیر ورودی میدان بهبود بخشید که در این رابطه، حداقل طول ۵ متر برای مناطق شهری و ۲۵ متر برای مناطق خارج شهری توصیه شده است.

زاویه ورودی میدان باید ترجیحاً ۲۰ تا ۶۰ درجه باشد و بهترین زاویه ورود ۳۰ درجه است. زوایای کوچک، رانندگان را به عدم رعایت حق تقدم و سرعت زیاد تشویق می کند و زوایای بزرگ، همگرایی و حرکات تداخلی را مشکل نموده و خطر تصادفات را افزایش می دهد. شعاع مطلق برای دهانه ورودی میدان، در حدود ۲۰ متر است و چنانچه میدان دارای ترافیک وسایل نقلیه سنگین باشد، شعاع مسیر ورودی نباید کمتر از ۱۰ متر انتخاب گردد.

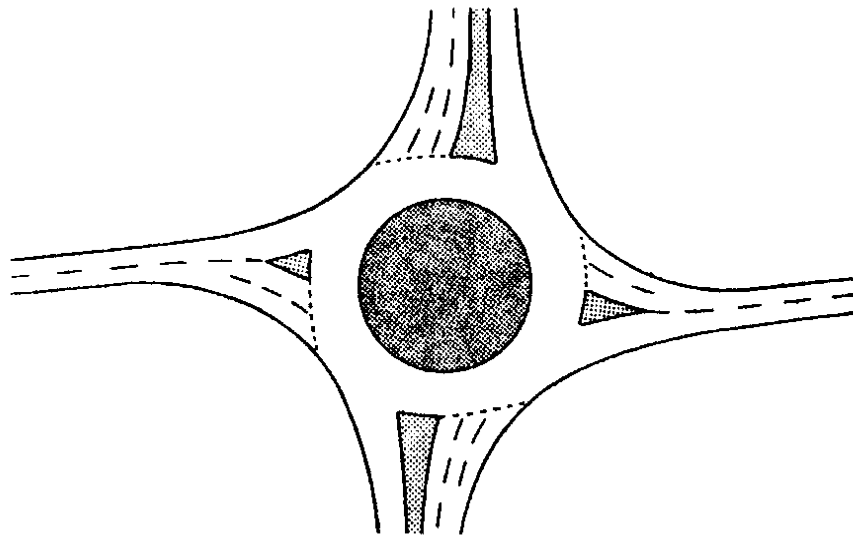
در خیابان های محلی به منظور کاهش سرعت وسایل نقلیه باید شعاع قوس ورودی را برابر ۶ متر در نظر گرفت. شعاع قوس ورودی بر روی کمانی به طول ۲۰ الی ۲۵ متر در محدوده فاصله کمتر از ۵۰ متر از ورودی میدان اندازه گیری می شود [۲۸].



شکل ۳-۹۲- نمونه ای از طراحی میدان تقدمی [۳۵]

## ۲- انحراف مسیر ورودی

انحناء مسیر ورودی، یکی از مهمترین عوامل تأمین ایمنی در میادین است و حتی الامکان باید سعی شود تا به وسیله این قوس، دهانه مسیر ورودی را به سمت راست مایل نمود تا وسایل نقلیه در امتداد جهت حرکت وارد میدان شوند. چنانچه محدودیت فیزیکی در فضاهای اطراف وجود نداشته باشد، می توان مطابق شکل ۳-۹۳ با مایل کردن بازوهای ورودی، سطح اشغالی میدان را نیز کاهش داد.



شکل ۳-۹۳- انحراف مسیر ورودی [۲۸]

در مناطق شهری ممکن است در اثر کمبود فضای موجود و همچنین نیازهای گردش و وسایل نقلیه سنگین، نتوان انحراف مسیرهای ورودی به سمت راست را تنها به وسیله جزیره مرکزی وسط میدان تأمین نمود. در چنین مواردی باید با استفاده از جزایر بزرگ انحراف دهنده ترافیک و یا جزایر کوچک کمکی در دهانه ورودی ها، انحراف لازم در مسیر را بوجود آورد (شکل های ۳-۹۴ و ۳-۹۵).

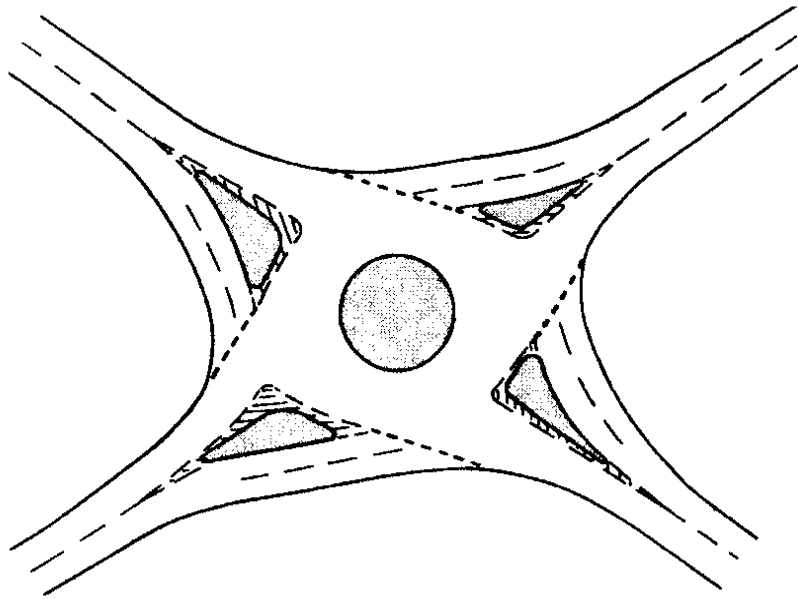
### ۳- مسافت دید [۲۸]

#### - مسافت دید توقف در مسیر ورودی

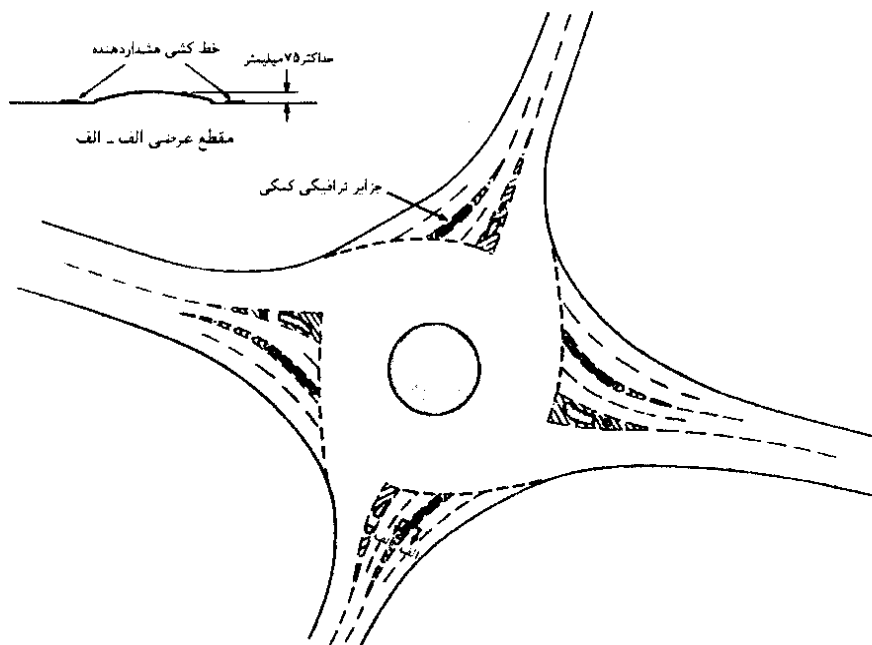
مسافت دید در ورودی ها باید از تراز دید راننده به ارتفاع ۱٫۰۵ متر، به تراز قرارگیری شیء، به ارتفاع ۱٫۰۵ متر فراهم بوده و مخروط دید باید ارتفاع ۲ متری از بالای سطح جاده را پوشش دهد.

مسافت دید در مسیر ورودی میدان نباید از حداقل مسافت دید توقف مطلوب برای سرعت طرح آن مسیر کمتر باشد. مطابق شکل ۳-۹۶ این مسافت از پشت خط " رعایت حق تقدم " اندازه گیری می شود. در موارد خاص، می توان برحسب ضرورت از حداقل مسافت دید توقف عدول نمود.

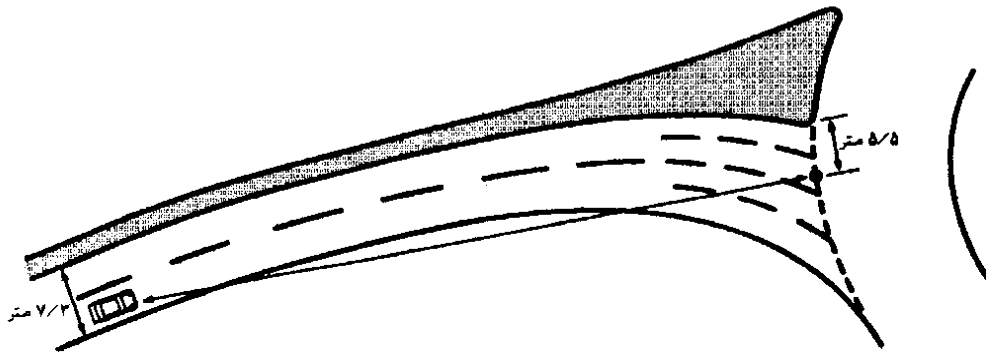




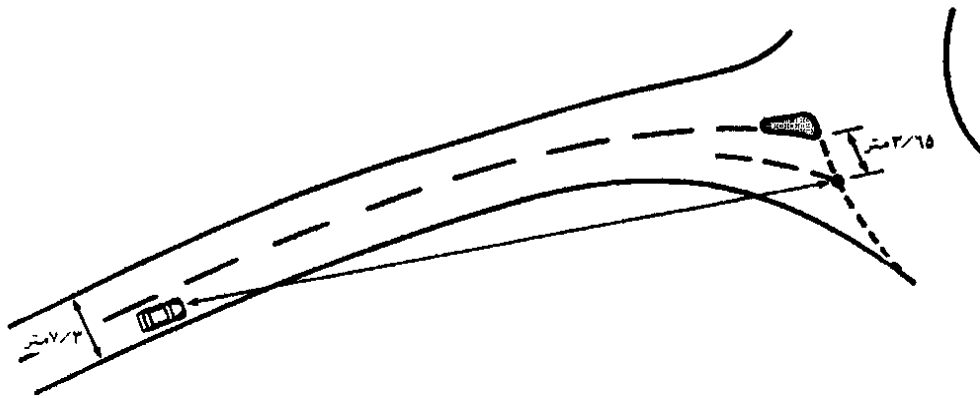
شکل ۳-۹۴- کاربرد جزایر ترافیکی بزرگ به منظور انحراف دهانه ورودی میدان [۲۸]



شکل ۳-۹۵- کاربرد جزایر ترافیکی کسکی به منظور انحراف دهانه ورودی میدان [۲۸]



الف - مسیر ورودی دارای دوخط عبوری درهرجهت با حفاظ میانی



ب - مسیر ورودی با یک خط عبوری درهرجهت بدون حفاظ میانی

شکل ۳-۹۶ - حداقل مسافت دید توقف درمسیرهای ورودی میدان [۲۸]

- مسافت دید به چپ در ورودی

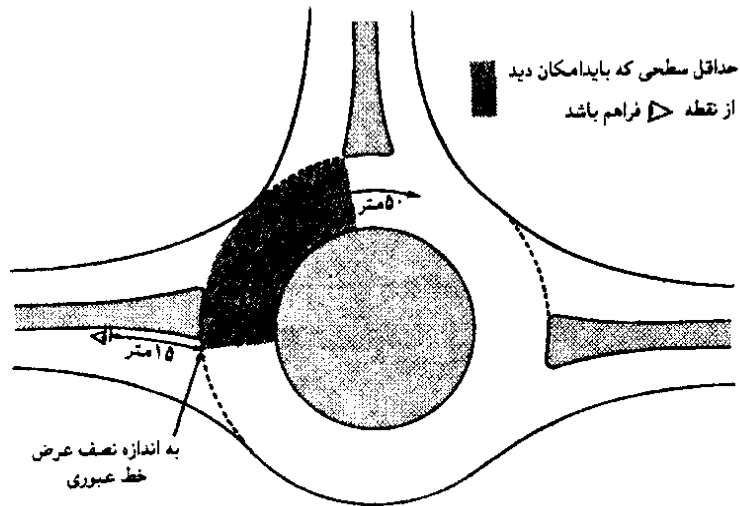
رانندگان وسایل نقلیه در ورودی میدان باید توانایی دید عرض کامل مسیر گردش سمت چپ خود را تا دهانه ورودی ماقبل و یا حداقل تا فاصله ۵۰ متری داشته باشند. مطابق شکل ۳-۹۷، این قابلیت دید باید از فاصله ۱۵ متری خطکشی "رعایت حق تقدم" فراهم باشد.

- مسافت دید جلو در ورودی

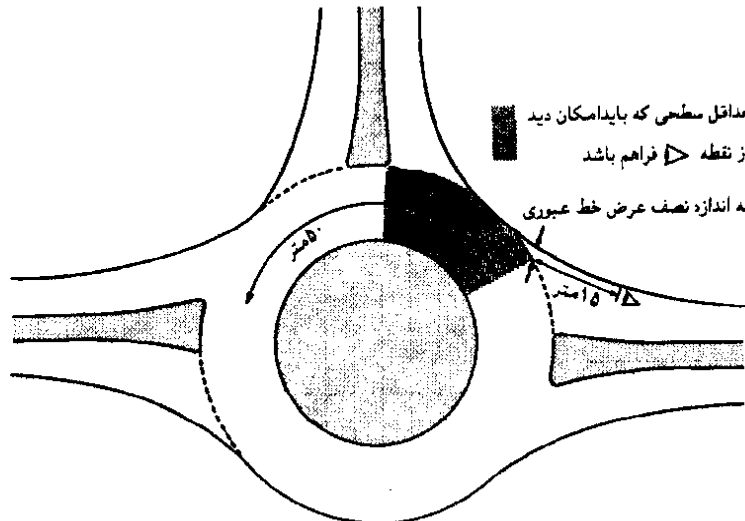
مطابق شکل ۳-۹۸ باید قابلیت دید جلو در ورودی ها مشابه شرایط دید به چپ برقرار باشد.

- مسافت دید در مسیرگردشی

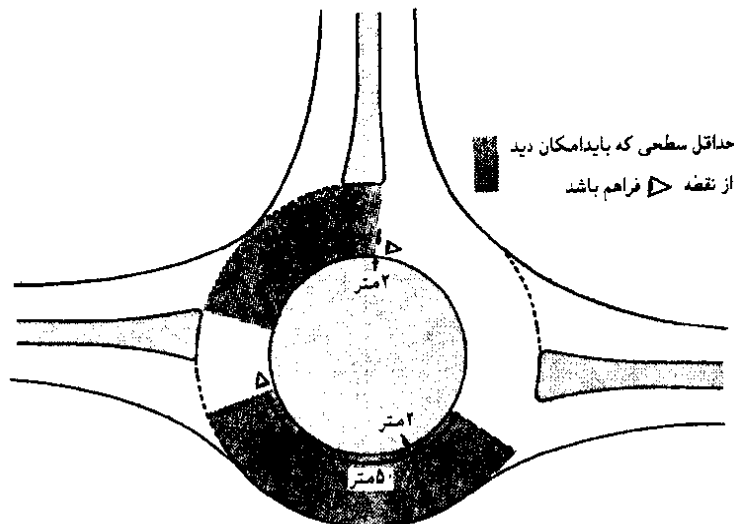
کلیه رانندگان وسایل نقلیه داخل میدان باید توانایی دید تمامی عرض مسیر گردش میدان را تا خروجی بعدی و یا حداقل تا فاصله ۵۰ متری داشته باشند و مطابق شکل ۳-۹۹ این قابلیت دید باید از نقطه ای



شکل ۳-۹۷- مسافت دید لازم در سمت چپ دهانه ورودی میدان [۲۸]



شکل ۳-۹۸- مسافت دید لازم در امتداد مستقیم دهانه ورودی میدان [۲۸]



شکل ۳-۹۹- مسافت دید لازم در مسیر گردشی میدان

به فاصله ۲ متری نسبت به جزیره مرکزی میدان فراهم باشد.

- قابلیت دید گذرگاه عرضی پیاده

رانندگان کلیه وسایل نقلیه مسیر ورودی میدان باید بتوانند گذرگاه عرضی پیاده واقع در دهانه ورودی را حداقل از فاصله دید توقف مطلوب مسیر ببینند. همچنین رانندگان کلیه وسایل نقلیه باید بتوانند در محل خط رعایت حق تقدم کل عرض گذرگاه خط کشی شده پیاده خروجی بعدی را در صورتیکه در فاصله ۵۰ متری قرار گرفته باشد، ببینند.

- موانع دید

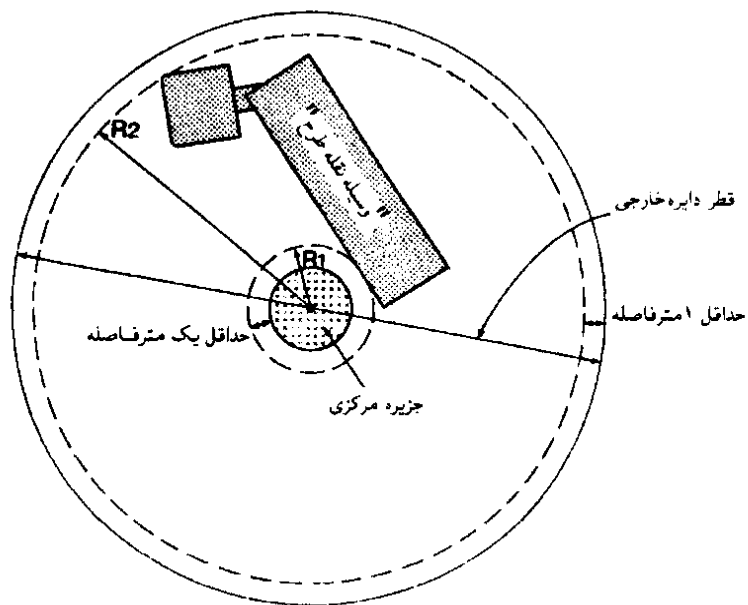
تابلواها، تجهیزات خیابانی و درختان نباید مانع دید رانندگان شود. با این وجود می‌توان از موانع منفرد باریک مانند پایه تابلوها، ستون چراغ‌ها و امثالهم در صورتیکه باریکتر از ۵۵ سانتیمتر باشند، چشم پوشی نمود.

۴- مسیرگردشی

مطابق دستورالعمل انگلستان عرض مسیر گردشی میدان باید ثابت بوده و مساوی یا ۱٫۲ برابر عرض بزرگترین دهانه ورودی و حداکثر ۱۵ متر باشد [۳۵].

۵- قطر دایره خارجی و شعاع جزیره مرکزی

مطابق دستورالعمل انگلستان، حداقل قطر دایره خارجی میدان معمولی با در نظر گرفتن تریلی به طول ۱۵٫۵ متر به عنوان " وسیله نقلیه طرح " برابر ۲۸ متر بوده و در صورتی که نتوان این مقدار را فراهم نمود، باید از میدان کوچک استفاده کرد. تأمین انحراف لازم در دهانه ورودی میدان معمولی با قطر دایره خارجی کمتر از ۴۰ متر، دشوار است. در شکل ۳-۱۰۰، فضای گردشی لازم برای " وسیله نقلیه طرح " در میدان معمولی با قطر دایره خارجی بین ۲۸ الی ۳۶ متر نشان شده است. در مورد میدان های با قطر دایره خارجی بیشتر از ۳۶ متر، باید با استفاده از اصول کلی تعیین عرض سواره رو، عرض کافی را تأمین نمود.

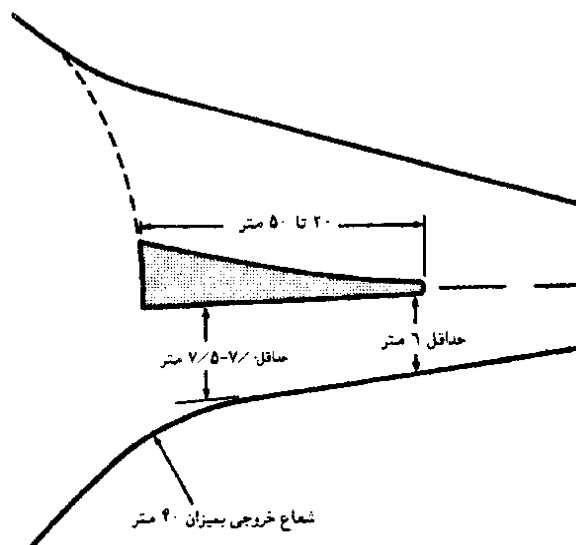


حداقل قطر دایره خارجی (متر)	$R_2$ (متر)	$R_1$ (متر)	قطر جزیره مرکزی (متر)
۲۸٫۰	۱۳٫۰	۳٫۰	۴٫۰
۲۸٫۸	۱۳٫۴	۴٫۰	۶٫۰
۲۹٫۸	۱۳٫۹	۵٫۰	۸٫۰
۳۰٫۸	۱۴٫۴	۶٫۰	۱۰٫۰
۳۲٫۰	۱۵٫۰	۷٫۰	۱۲٫۰
۳۳٫۲	۱۵٫۶	۸٫۰	۱۴٫۰
۳۴٫۶	۱۶٫۳	۹٫۰	۱۶٫۰
۳۶٫۰	۱۷٫۰	۱۰٫۰	۱۸٫۰

شکل ۳-۱۰۰- حداقل شعاع لازم برای گردش اتوبوس مفصلی حول یک میدان معمولی [۲۸]

### ۶- دهانه خروجی

مطابق دستورالعمل انگلستان، به منظور تسهیل خروج از میدان باید شعاع دهانه خروجی میدان در حدود ۴۰ متر باشد و در هیچ حالتی، این شعاع کمتر از ۲۰ متر نگردد. در صورت امکان باید عرض دهانه خروجی به اندازه یک خط عبوری نسبت به پائین دست مسیر تعریض گردد تا امکان تخلیه سریع وسایل نقلیه از میدان فراهم شود. شکل ۳-۱۰۱ نمونه ای از یک مسیر خروجی یک خطه میدان را نشان می‌دهد. در خروجی های یک خطه باید در مجاورت جزایر هدایت کننده، حداقل عرض ۶٫۰ تا ۷٫۵ متر تأمین شود تا امکان تخلیه سریعتر با حداقل اصطکاک بین وسایل نقلیه وجود داشته باشد.



شکل ۳-۱۰۱- یک نمونه از مسیر خروجی یک خطه میدان [۲۸]

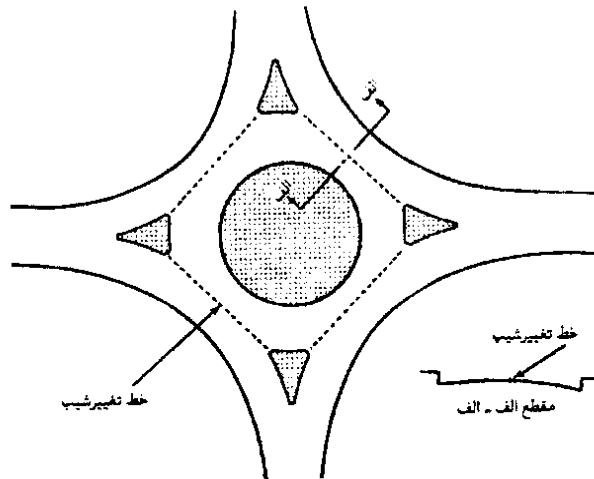
#### ۷- شیب طولی و عرضی

در میدان، شیب لازم برای زهکشی آبهای سطحی سواره رو از ترکیب شیب های طولی و عرضی تأمین می شود. بنابراین در ملاحظات زهکشی میدان، نه فقط شیب عرضی بلکه خط بزرگترین شیب نیز باید مدنظر قرار گیرد.

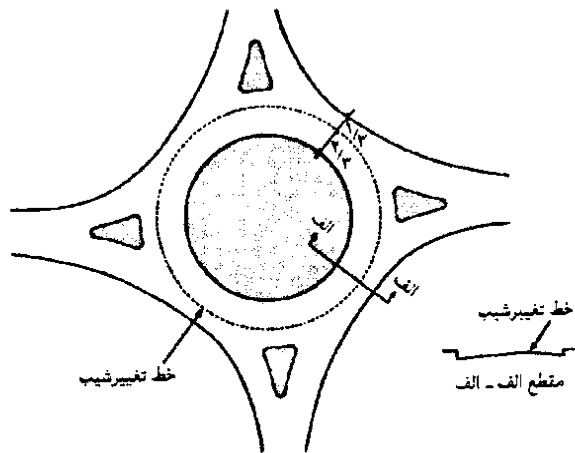
گرچه ایجاد بریلندی در قوس ها از نظر حرکت وسایل نقلیه حائز اهمیت است، ولی در میدان ها تأمین شیب عرضی لازم برای زهکشی تعیین کننده است. با این وجود در مسیره های ورودی و خروجی میدان ایجاد بریلندی می تواند در تأمین نیازهای حرکتی وسایل نقلیه مفید باشد.

حداقل شیب عرضی عمودی لازم برای زهکشی میدان ۲ درصد است و این شیب نباید از ۲٫۵ درصد تجاوز کند. برای جلوگیری از ایجاد حوضچه باید شیب نیمرخ های طولی در لبه سواره رو از ۰٫۵ درصد و ترجیحاً از ۰٫۶۵ درصد کمتر نباشد. رعایت شیب های طولی و عرضی مجاز به تنهایی متضمن زهکشی مناسب نیست و مکانیابی مناسب دریاچه های زهکشی نیز در کنار آن بسیار مؤثر است.

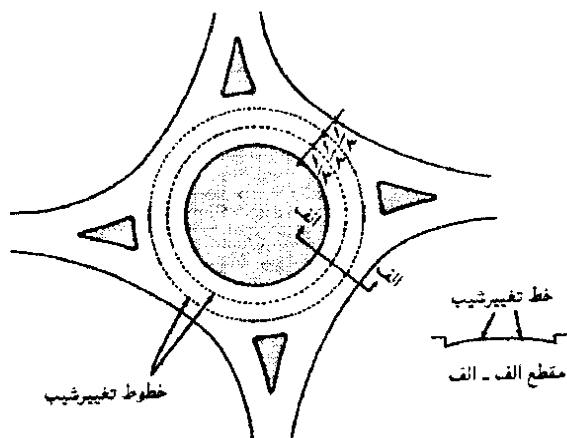
در قوس های ورودی میدان، میزان بریلندی باید متناسب با سرعت نزدیک شدن وسایل نقلیه باشد ولی از ۵ درصد تجاوز نکند. مقدار بریلندی در محل خط رعایت حق تقدم باید در حد شیب عرضی لازم برای زهکشی باشد و سرعت وسایل نقلیه با تابلوهای پیش آگهی و سایر علائم در حد لازم کاهش یابد.



الف - خط تغییر شیب در امتداد گوشه جزایر هدایت کننده



ب - یک خط تغییر شیب، به موازات جزیره مرکزی



ج - دو خط تغییر شیب به موازات جزیره مرکزی

شکل ۳-۱۰۲-۱ نحوه تأمین شیب عرضی در میدان [۲۸]

در مسیر گردش میدان، شیب عرضی نباید بزرگتر از مقدار مورد نیاز برای زهکشی باشد. بدین منظور در میدان های معمولی می توان در محل برخورد سطوح مسیر ورودی و خروجی با مسیر گردش، یک خط الرأس تشکیل داد. این خط می تواند یا در امتداد خط رابط گوشه های جزایر هدایت کننده ورودی و خروجی باشد (شکل ۳-۱۰۲-الف) و یا سطح مسیر گردش را به دو حلقه داخلی و خارجی به نسبت ۲ به ۱ تقسیم کند (شکل ۳-۱۰۲-ب). در بعضی موارد می توان با استفاده از یک خط الرأس کمکی مقادیر شیب عرضی مطلوب را بدون تغییر در خط الرأس اصلی بدست آورد (شکل ۳-۱۰۲-ج). تغییر شیب عرضی در خط الرأس، تأثیر مستقیم در کاهش ایمنی و راحتی رانندگی دارد. در طراحی جزئیات و همچنین در مرحله اجرا باید دقت کافی مبذول شود تا نیمرخ سواره رو بدون تغییرات ناگهانی در شیب عرضی باشد.

در خروجی ها باید بسته به پلان مسیر، بریلندی لازم برای افزایش سرعت ایمن وسایل نقلیه تأمین شود. ولی همانند ورودی ها باید شیب عرضی در مجاورت میدان برابر مقدار لازم برای زهکشی باشد.

#### ۸- خطوط ویژه گردش به راست در میدان

استفاده از خطوط ویژه گردش به راست یک روش مؤثر در بهبود تردد وسایل نقلیه در میدان است. چنانچه حجم وسایل نقلیه راستگرد در یک خروجی بیش از ۵۰٪ حجم ورودی ماقبل یا بیش از ۳۰۰ وسیله نقلیه در ساعت باشد، تأمین خطوط ویژه گردش به راست مورد نیاز خواهد بود.

جداسازی خطوط ویژه راستگرد از مسیر گردش میدان، بوسیله خط کشی و یا موانع فیزیکی امکان پذیر است. در هر صورت، وسایل نقلیه باید بوسیله پیکان های راهنما و تابلوهای جهت نما و اطلاعاتی به خروجی میدان هدایت شوند. جداسازی بوسیله خط کشی رایج تر است ولی احتمال تخلف از آن وجود دارد.

خطوط ویژه گردش به راست نباید رانندگان را به سرعت های بالا تشویق کنند. عرض این خطوط باید در حدود ۳٫۵ متر و حداقل ۳٫۰ متر باشد.

عرض خط گردش به راست باید تکافوی نیازهای وسیله نقلیه طرح، به ویژه در صورت جداسازی بوسیله مانع را بنماید. در این رابطه، رعایت ضوابط خطوط کمکی گردش به راست تقاطع ها ضروری است. این خطوط می توانند به راحتی ۱۳۰۰ وسیله نقلیه را در هر ساعت عبور دهند ولی در طراحی می توان حداکثر ظرفیت عبور ۱۸۰۰ وسیله نقلیه سبک در هر ساعت را منظور داشت. در محاسبات ظرفیت سایر حرکات میدان، نیازی به احتساب خطوط جدا شده وجود ندارد.

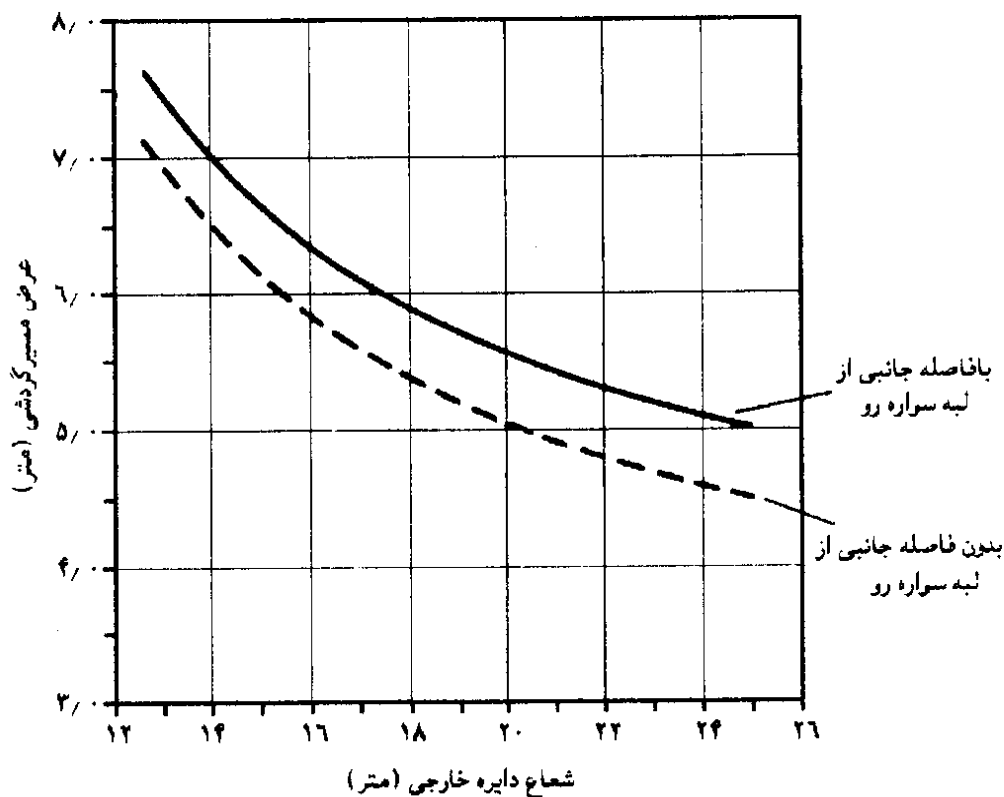


۳-۱۱-۲-۳ - دستورالعمل آلمان [۹۳]

مطابق دستورالعمل آلمان، تقاطع های میدانی براساس قطر خارجی به دو گروه کوچک و بزرگ طبقه بندی می شوند. میدان های کوچک دارای قطر خارجی ۲۵ تا ۴۰ متر و میدان های بزرگتر با قطر دایره خارجی بزرگتر از ۴۰ متر در نظر گرفته می شوند.

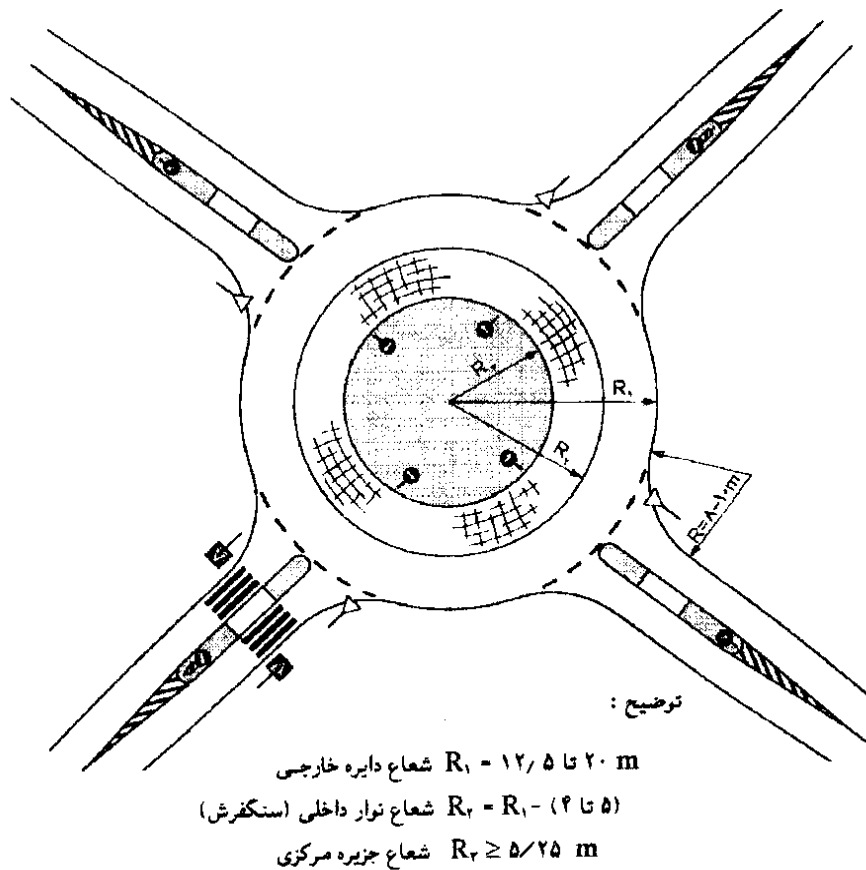
### ۱- میدان های کوچک

معمولاً سطح مورد نیاز میدان های کوچک تفاوت چندانی با تقاطع های چهارراهی دارای خطوط گردش ورودی و خروجی ندارد. ورودی های این میدان ها معمولاً یک خطه و به عرض ۳ تا ۳٫۵ متر ایجاد می شوند. مسیر گردش این نوع میدان بصورت یک خطه و به عرض ۴٫۵ تا ۷٫۵ متر (شکل ۳-۱۰۳) طراحی می شود. به منظور تأمین نیازهای هندسی حرکت وسایل نقلیه، حداقل قطر جزیره مرکزی این نوع میدان ۱۰٫۵ متر است. شیب عرضی باید به طرف خارج میدان و حداکثر ۲٫۵ درصد باشد. ولی در مناطق شیبدار می توان این شیب را تا ۵ درصد نیز در نظر گرفت.



شکل ۳-۱۰۳- نمودار عرض مسیر گردش میدان کوچک [۹۳]

در میدان های کوچک به علت نیازهای هندسی حرکت وسایل نقلیه، سنگین ممکن است مسیرگردش عریضی مورد نیاز باشد، بطوری که خاصیت میدان در ایجاد انحراف خودروهای عبوری از مسیر مستقیم را از بین ببرد. در این شرایط می توان نوار داخلی مسیر گردش را سنگفرش و نوار خارجی آن را به عرض ۴ الی ۵ متر روسازی مطلوب نمود تا وسایل نقلیه سواری ناچار به منحرف نمودن وسیله نقلیه خود و کاهش سرعت به منظور استفاده از روسازی مناسب تر گردند. شیب عرضی نوار داخلی را می توان بزرگتر از نوار خارجی در نظر گرفت (شکل ۳-۱۰۴).



شکل ۳-۱۰۴- نمونه میدان کوچک با تقسیم مسیر گردش [۹۳]

## ۲- میدان های بزرگ

معمولاً مسیر گردش این نوع میدان بصورت دوخطه ایجاد می شود. ورودی های آن را می توان تا حجم های متوسط (حدود ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت در مسیر گردش و ۵۰۰ وسیله نقلیه در ساعت در هر ورودی) به صورت یک خطه طراحی نمود. در حجم های بالا، ایجاد ورودی های دوخطه ضروری می گردد. خروجی های میدان به صورت یک خطه طراحی می شوند، چون در غیر این صورت احتمال تغییر ناگهانی مسیر وسایل نقلیه وجود خواهد داشت.

## فصل ۴ - کنترل تقاطع

### ۴-۱- کلیات

در تقاطع های همسطح، سطح سواره رو توسط دو یا چند جریان ترافیکی مورد استفاده قرار می گیرد و بین حرکات ترافیکی تداخل و یا اصطکاک وجود دارد بنابراین لازم است برای تأمین ایمنی و افزایش ظرفیت، حق تقدم و ترتیب حرکت وسایل نقلیه مسیرهای مختلف کاملاً روشن باشد و برای حصول این هدف از وسایل کنترل ترافیک کمک گرفته می شود.

ظرفیت شبکه معابر، مستقیماً به چگونگی عملکرد وسایل کنترل ترافیک در تقاطع ها وابسته است. در صورت کنترل نامناسب تقاطع های یک شبکه ممکن است علیرغم طرح هندسی مناسب و قابلیت کثردهی کافی معابر آن، ظرفیت به حدی افت کند که این شبکه نتواند پاسخگوی حجم ترافیک موجود باشد. برای دستیابی به حداکثر بازدهی شبکه معابر، لازم است:

- اولاً مناسب ترین انواع وسایل کنترل ترافیک بکار گرفته شود،
- ثانیاً این وسایل به خوبی برنامه ریزی و تنظیم گردند.

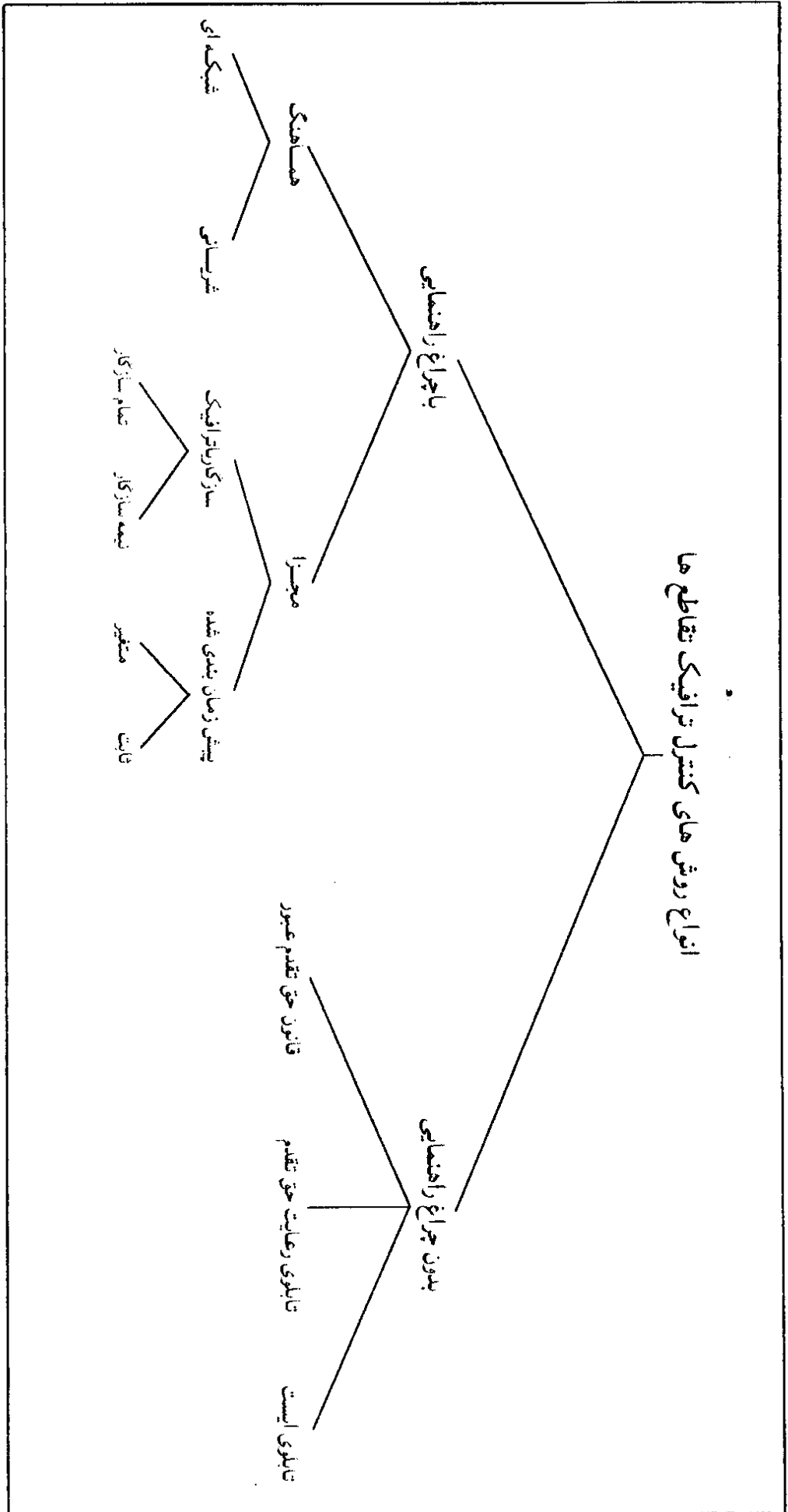
در این فصل ابتدا انواع روش های کنترل تقاطع مورد بررسی قرار می گیرد و به دنبال آن معیارهای انتخاب روش کنترل تقاطع ها ذکر شده و موارد استفاده هریک تشریح خواهد شد. در پایان نیز ضوابط نصب چراغهای راهنمایی و علائم کنترل در تقاطع ها ارائه خواهد شد.

### ۴-۲ - انواع روش های کنترل

انواع روش های کنترل تقاطع ها به دو دسته تقسیم می شوند:

- با چراغ راهنمایی
- بدون چراغ راهنمایی

هریک از این روش ها نیز برحسب عملکرد به انواع مختلفی طبقه بندی می گردد. در شکل ۴-۱ انواع روش های کنترل ترافیک تقاطع ها نشان داده شده است.



شکل ۴-۱- انواع روش های کنترل ترافیک تقاطع ها

## ۴-۲-۱- کنترل با چراغ راهنمایی

۴-۲-۱-۱- مقدمه

پیشرفت روش های کنترل ترافیک به موازات استفاده بیشتر از اتومبیل صورت گرفته است. بعد از جنگ جهانی اول، با افزایش تعداد وسایل نقلیه موتوری و استفاده روز افزون از آنها، پلیس که تا آن موقع مسئولیت کنترل ترافیک را بعهدہ داشت، دیگر به تنهایی قادر به این کار نبود و بدین ترتیب استفاده سریع و گسترده از وسایل کنترل ترافیک و مخصوصاً چراغهای راهنمایی آغاز گردید.

اولین چراغ راهنمایی در انگلستان در سال ۱۸۶۸ میلادی در شهر " وست مینستر" <sup>۱</sup> نصب شد. این چراغ بوسیله گاز شهری روشن می شد و بعداً به علت انفجار از بین رفت. اولین چراغ راهنمایی الکتریکی در امریکا در سال ۱۹۱۴ میلادی در " کلیولند اهایو" <sup>۲</sup> نصب گردید. در همین سالها بود که نخستین چراغ راهنمای زمان ثابت یعنی چراغ راهنمایی که براساس یک زمانبندی ثابت عمل می نمود در امریکا بکار گرفته شد. بدنبال آن در سال ۱۹۱۷ در شهر " سالت لیک" <sup>۳</sup> چراغهای شش تقاطع بصورت یک سیستم، بهم متصل و هماهنگ شد. در سال ۱۹۲۲ در شهر "هوستون" <sup>۴</sup> تعداد چراغهای مرتبط به هم به دوازده عدد رسید که از یک برج مرکزی کنترل ترافیک بطور همزمان کنترل می شدند. این سیستم از جهت این که توسط زمان سنج خودکار کنترل می شد، تا آن زمان منحصر به فرد بود [۶۳].

در اولین چراغهای راهنمایی، دوره های سبز و قرمز بصورت ثابت زمانبندی می شد و استفاده از این چراغها بعلت عدم توانایی در نظر گرفتن تغییرات حجم ترافیک، سبب ازدحام و تراکم می گردید. پس از ابداع دستگاههای کنترل کننده ای که قادر به تغییر زمانهای قرمز و سبز بودند، استفاده از زمان های متفاوت سبز و قرمز، برای اوقات مختلف شبانه روز شامل صبح، ظهر، عصر و شب امکان پذیر شد.

در سالهای ۳۰-۱۹۲۸ میلادی استفاده از چراغهای سازگار با ترافیک که زمانبندی آنها براساس حجم جریان ترافیک تغییر می یافت معمول گردید، ولی این کنترل کننده ها بصورت هماهنگ با تقاطع های دیگر عمل نمی کردند. روند این پیشرفت ها همچنان ادامه یافت تا اینکه در سال ۱۹۵۲ در شهر " دنور" <sup>۵</sup> از یک کامپیوتر تحلیل گر برای کنترل ترافیک استفاده گردید. در این سیستم سعی بر این بود که کنترل متغیر تقاطع های منفرد به سطح یک شبکه بسته تعمیم یابد [۶۳].

در سال ۱۹۶۰ کنترل ترافیک به عهده کامپیوترهای دیجیتالی گذاشته شد و با پیشرفت تکنولوژی کامپیوتر، امکان کنترل تقاطع های بیشتری توسط کامپیوتر فراهم گردید. در سال ۱۹۶۳

۱- Westminster

۲- Cleveland

۳- Salt lake city

۴- Houston

۵- Denver

در شهر " تورنتو "، بیست تقاطع توسط این سیستم کنترل گردید، که این تعداد در سال ۱۹۷۳ به ۸۸۵ عدد رسید.

در دهه ۷۰ میلادی، بیش از ۳۰۰ سیستم کامپیوتری کنترل چراغهای راهنمایی در سراسر دنیا نصب گردید. همگام با کوچک شدن سخت افزار کامپیوتر و افزایش سرعت و کاهش هزینه آن، این امکان ایجاد شد که شبکه خیابانهای شهر با توجه به وضعیت لحظه ای ترافیک کنترل گردد.

امروزه با توجه به پیشرفت های قابل توجهی که در تکنولوژی ریزپردازنده ها رخ داده بسیاری از محدودیت های سخت افزاری گذشته از میان برداشته شده است. سیستم های کنترل ترافیک از بومه تجربه و آزمایش خارج شده اند و می توان آنها را ابزارهای مؤثری جهت بهبود وضعیت ترافیک به حساب آورد.

اولین چراغ راهنمایی که در ایران مورد استفاده قرار گرفت دارای دو رنگ سبز و قرمز بود که روی کوله پشتی نصب می شد و دوکلید برای خاموش و روشن کردن چراغها داشت. مأمور راهنمایی، کوله پشتی را بر پشت می گرفت و روی سکوی مخصوص در وسط چهارراه می ایستاد و با پشت کردن به رانندگان و زدن کلیدهای کمری، به وسایل نقلیه دستور توقف و یا حرکت می داد. این چراغها با باطری کار می کردند. اولین چراغ راهنمایی پایه دار ایران، بوسیله دستگاه کنترل مستقر در داخل کیوسک های راهنمایی کار می کرد. مأموری در داخل کیوسک می نشست و چراغها را بصورت دستی خاموش و روشن می نمود. در سال ۱۳۳۹ هجری شمسی (۱۹۶۰ میلادی) اولین چراغهای خودکار در تهران نصب شد [۱۵].

هم اکنون در کشور ما چراغهای راهنمایی عموماً با زمان بندی ثابت عمل می کنند. فزیندی و زمان بندی نامناسب این چراغها در اکثر تقاطع ها منجر به بروز تأخیرها و صف های طولانی شده و ضررهای اقتصادی بسیاری را بر سیستم حمل و نقل درون شهری کشور تحمیل می نماید. از اوایل سال ۱۳۷۰، تلاش هایی در جهت کاربرد روش های مدرن کنترل ترافیک در تهران آغاز گشته است. هم اکنون در شهر تهران از چراغ های سازگار با ترافیک برای زمانبندی چندین تقاطع اصلی در محدوده مرکزی شهر استفاده می شود. این سیستم ها در حال حاضر بصورت مجزا عمل می کنند.

#### ۴-۲-۱-۲- کنترل مجزا

کنترل مجزا به حالتی اطلاق می شود که هر تقاطع فقط بر مبنای پارامترهای اندازه گیری شده در همان تقاطع و بدون توجه به نحوه عملکرد تقاطع های مجاور کنترل می گردد. استفاده از این شیوه کنترل، زمانی منطقی خواهد بود که عملکرد یک تقاطع تا حدود زیادی مستقل از تقاطع های مجاور آن باشد و این در صورتی تحقق می پذیرد که یا فاصله تقاطع از تقاطع های مجاور آن به حد کافی زیاد باشد و یا عوامل ایجاد پراکندگی در جریان ترافیک آنقدر قوی باشند که عملکرد چراغ راهنمایی تقاطع های مجاور تأثیر محسوسی بر عملکرد تقاطع مورد نظر

بجای نگذارند. هرچند در عمل تأثیر تقاطع‌ها بر یکدیگر قابل ملاحظه است، اما به دلیل سادگی کنترل مجزا نسبت به کنترل هماهنگ و عدم دسترسی به امکانات کافی، در بسیاری موارد از این شیوه برای کنترل تقاطع‌ها استفاده می‌شود.

انواع چراغ‌های کنترل ترافیک تقاطع‌های مجزا دارای تکنولوژی‌ها و کارایی‌های بسیار متفاوتی هستند. اما می‌توان این چراغ‌ها را از نظر نحوه زمانبندی به دو دسته تقسیم کرد، یکی چراغ‌های "پیش‌زمانبندی شده" و دیگری چراغ‌های "سازگار با ترافیک". انتخاب هر یک از این روش‌ها بستگی به عوامل متعددی از قبیل امکانات فنی و اجرایی موجود، هزینه‌های نصب و بهره‌برداری، تأخیر و تراکم، مصرف سوخت، ملاحظات زیست محیطی و ایمنی در تقاطع دارد. ضمناً، هر یک از این روش‌ها دارای مزایای ویژه‌ای است که از کاربرد سایرین حاصل نمی‌شود و می‌توان به طرق مختلف کارایی و انعطاف پذیری آنها را بهبود بخشید. بنابراین هیچگونه ضابطه قطعی برای کاربرد این روش‌ها وجود نداشته و انتخاب آنها باید براساس مطالعه مزایای نسبی و میزان پاسخگویی به نیازهای موضعی صورت گیرد. در ادامه، نحوه عملکرد و گونه‌های مختلف این چراغ‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۱- چراغ‌های پیش‌زمانبندی شده

چراغ‌های پیش‌زمانبندی شده، چراغ‌هایی هستند که زمانبندی از پیش تعیین شده و معلومی را در زمان معین و بدون توجه به تغییرات شرایط واقعی ترافیک تقاطع به مورد اجرا می‌گذارند. استفاده از روش‌های کنترل مجزای پیش‌زمان بندی شده در شرایطی مناسب است که نوسانات حجم ترافیک در دوره‌های مختلف طرح زیاد نباشد و بتوان با حداقل تعداد طرح‌های زمانبندی، حداکثر کارایی را برای جریان ترافیک تأمین و از بروز تأخیر نامناسب در تقاطع جلوگیری نمود. زمان بندی این چراغ‌ها ممکن است بصورت ثابت و یا متغیر باشد.

چراغ‌های پیش‌زمان بندی شده ثابت، اولین نسل از چراغ‌های کنترل خودکار ترافیک هستند که زمانبندی یکسانی را برای کلیه ساعات شبانه روز اعمال می‌نمایند. این چراغ‌ها بهیچوجه نمی‌توانند با توجه به تغییرات اساسی حجم ترافیک در ساعات مختلف شبانه روز و روزهای مختلف، جوابگوی نیازهای ترافیک بوده و کنترل مناسبی بر روی تقاطع اعمال نمایند. تنها عاملی که می‌تواند محدودیت این چراغ‌ها را کاهش دهد، حضور دائمی پلیس راهنمایی در تقاطع و تغییر زمانبندی ذخیره شده در حافظه کنترل کننده برای ساعات مختلف و شرایط متفاوت است.

با پیشرفت دانش الکترونیک، روش‌های کنترل پیش‌زمان بندی شده متغیر جایگزین روش‌های کنترل با زمانبندی ثابت شده است. در روش‌های متغیر، امکان تعریف زمانبندی‌های متفاوت برای ساعات مختلف روز، روزهای مختلف هفته و هفته‌های مختلف سال وجود دارد و سیستم دارای حافظه‌ای است که

این زمانبندی ها را در خود ذخیره می نماید. همچنین می توان طرحهای فازبندی مختلفی برای این کنترل کننده تعریف نمود.

## ۲- چراغ های سازگار با ترافیک<sup>۱</sup>

در شرایطی که نوسانات ترافیک، نامنظم و غیرقابل پیش بینی بوده و یا حجم تقاضای تقاطع پائین تر از شرایط اشباع قرار داشته باشد، چراغ های پیش زمان بندی شده ثابت و یا متغیر نمی توانند سطح خدمت مناسبی را در تمام اوقات شبانه روز در تقاطع تأمین نمایند و تنها راه حل ممکن استفاده از چراغ های سازگار با ترافیک است.

این چراغ ها به لحاظ تطابقی که با تغییرات جریان ترافیک دارند، نسبت به چراغ های پیش زمان بندی شده دارای مزایایی بشرح زیر هستند [۷۲]:

- در تقاطع هایی که تغییرات جریان ترافیک در آنها زیاد و پیش بینی نشده است نسبت به چراغهای پیش زمان بندی شده ارجح هستند.

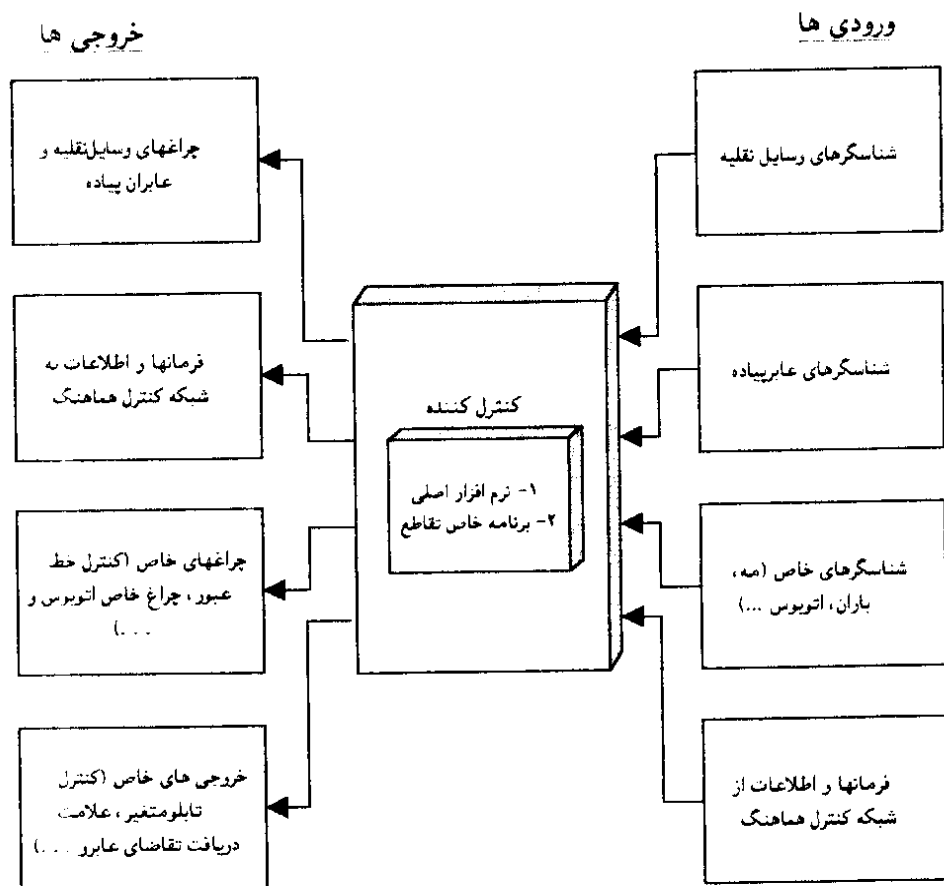
- در تقاطع های پیچیده که حجم ترافیک در بعضی از حرکت ها نامنظم است استفاده از این روش مفید است.

- استفاده از روش نیمه سازگار در تقاطع یک مسیر فرعی دارای حجم کم با مسیر اصلی مناسب است.

روش های کنترل سازگار با ترافیک دارای شناسگرهایی هستند که به وسیله آنها برخی پارامترهای شاخص شرایط ترافیک در محل اندازه گیری می شوند. کنترل کننده دارای پردازنده ای است که بر مبنای مقادیر این شاخص ها و با توجه به روش عملکردی تعیین شده، در مورد مدت زمان هر فاز چراغ راهنمایی و یا شکل فازبندی تصمیم گیری می نماید. در بیشتر کنترل کننده ها، تصمیم گیری در مورد تداوم یا خاتمه بخشیدن به فاز موجود بطور لحظه ای صورت می گیرد و هیچگونه محاسباتی در مورد زمانبندی انجام نمی شود. علت این امر آن است که در صورت استفاده از روش محاسباتی، باید زمانبندی هر چرخه بر اساس چرخه قبلی و با استفاده از شاخص های اندازه گیری شده در خلال آن انجام شود و این روش قدرت پاسخگویی به تغییرات لحظه ای ترافیک را از کنترل کننده سلب می کند. در شکل ۴-۲ نمودار عملکرد یک روش کنترل سازگار با ترافیک ارائه شده است.

۱ - این روش ها تحت عناوینی از قبیل واکنشی، القایی، تطبیقی، پاسخگوی ترافیک، هوشمند و غیره نیز نامگذاری شده اند که اکثراً دلالت بر بخشی از قابلیت های این روش دارند. بنظر می رسد واژه " سازگار " انطباق بیشتری با مفهوم و قابلیت های این چراغ ها داشته باشد.



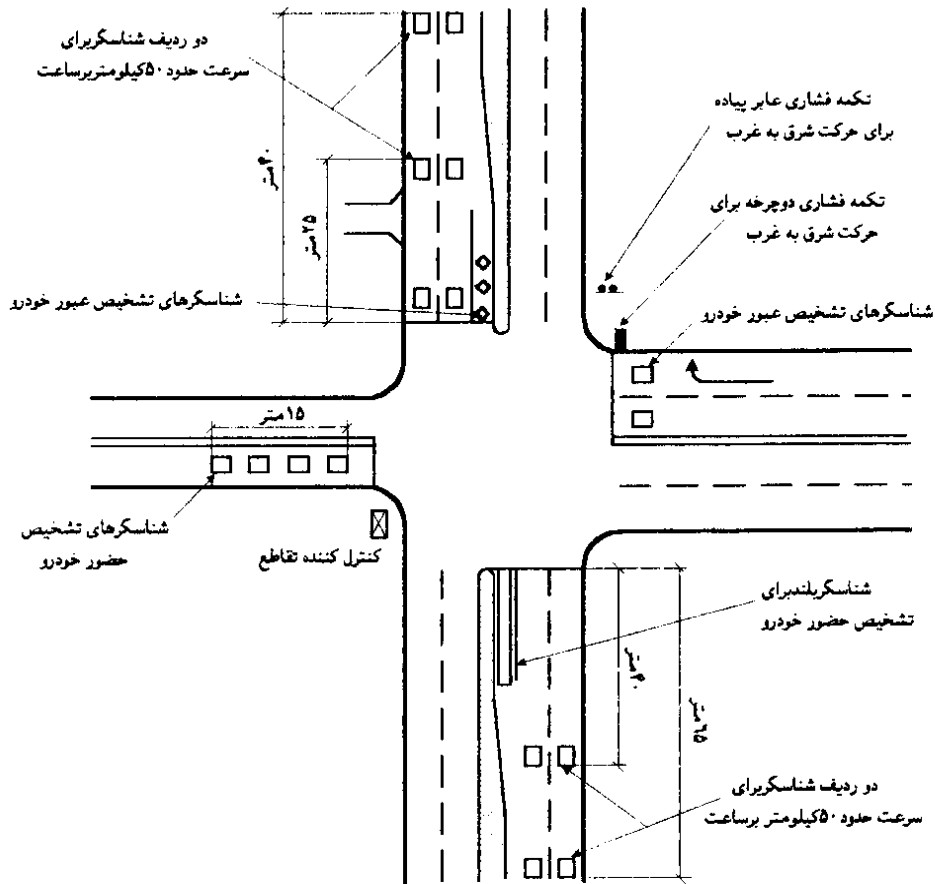


شکل ۴-۲- ساختار روش کنترل سازگار با ترافیک

### - شناسگر

شناسگرها در حکم چشم های سیستم کنترل سازگار با ترافیک عمل می کنند و عملکرد مناسب چراغ عمدتاً بستگی به کیفیت طراحی و عملکرد آنها دارد. از شناسگرها، هم برای تشخیص وسایل نقلیه و هم برای تشخیص عابران پیاده استفاده می شود.

برخی از انواع شناسگرهای وسایل نقلیه که کاربرد بیشتری دارند، عبارتند از، حلقه القایی، شناسگر مغناطیسی، مگنتومتر، سنسور فشاری، سنسور بادی، سنسور پیزو الکتریک، سنسور اولترا سونیک، سلول نوری، تصاویر ویدئویی و سنسور راداری. از بین انواع شناسگرهای وسایل نقلیه، در حال حاضر حلقه های القایی پرکاربردترین نوع شناسگر هستند و سایر انواع آن تقریباً فقط برای کاربردهای خاص مورد استفاده قرار می گیرند. به دلیل مشکلات نگهداری حلقه های القایی، در سالهای اخیر استفاده از شناسگرهای راداری و پردازش تصاویر ویدئویی مورد توجه قرار گرفته است، اما هنوز از نظر اقتصادی استفاده از حلقه های القایی ترجیح داده می شود.



شکل ۳-۴ - نمونه ای از نحوه قرارگیری شناسگرها در تقاطع

برای تشخیص عابران پیاده معمولاً از تکمه‌های فشاری که توسط عابر فشار داده می‌شود استفاده می‌گردد. علاوه بر شناسگرهای وسایل نقلیه و عابران پیاده، برخی سیستم‌ها مجهز به شناسگرهای خاصی برای تشخیص شرایط مختلف جوی مانند برف، باران، مه و غیره نیز هستند. در شکل ۳-۴ نمونه ای از نحوه قرارگیری شناسگرها در محدوده تقاطع نشان داده شده است.

#### - شاخص‌های ترافیک [۶۳]

شاخص‌های ترافیک، مقادیر اندازه‌گیری یا برآورد شده‌ای هستند که بعنوان مبنای سنجش و تصمیم‌گیری در روش‌های کنترل سازگار با ترافیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. پارامترهایی که معمولاً بعنوان شاخص ترافیک مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از :

#### الف- حضور خودرو

تشخیص حضور یا عدم حضور خودرو در یک نقطه یا در یک منطقه، با نصب شناسگرهای مقتضی در آن نقطه یا منطقه عملی می‌شود. حضور خودرو یکی از پر استفاده‌ترین شاخص‌ها در

تصمیم‌گیری‌های روش سازگار با ترافیک است. از این شاخص می‌توان برای حذف فازهای زائد از چرخه چراغ‌های راهنمایی نیز استفاده نمود.

#### ب - حجم عبور یا تردد وسایل نقلیه

معمولاً در کنترل‌کننده‌های سازگار با ترافیک، حجم وسایل نقلیه، به ندرت بعنوان یک شاخص مورد استفاده قرار می‌گیرد. زیرا در صورت استفاده از کمیت حجم، نیاز به روش‌های محاسباتی وجود خواهد داشت و انجام محاسبات عددی از سرعت واکنش سیستم می‌کاهد. با این وجود در بعضی از کنترل‌کننده‌ها از پارامتر حجم برای تصمیم‌گیری‌های غیرمقطعی و نسبتاً بلندمدت استفاده می‌شود که از جمله این تصمیم‌گیری‌ها می‌توان انتخاب نوع فازبندی تقاطع را ذکر نمود. حجم وسایل نقلیه توسط شناسگرهایی که معمولاً در فاصله ۵۰ تا ۲۰۰ متری تقاطع و در پشت صف وسایل نقلیه قرار می‌گیرند، اندازه‌گیری می‌شود.

#### ج - نرخ اشغال و چگالی

نرخ اشغال عبارت است از درصدی از زمان که یک نقطه از مسیر در اشغال وسایل نقلیه قرار دارد. از پارامتر نرخ اشغال می‌توان برای تخمین میزان چگالی که عبارت است از تعداد وسایل نقلیه در واحد طول، استفاده نمود. بدین منظور یک طول متوسط برای وسایل نقلیه در نظر گرفته می‌شود. معمولاً نرخ اشغال در نزدیکی تقاطع اندازه‌گیری نمی‌شود، زیرا تشکیل صف در پشت چراغ قرمز، نرخ اشغال را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به این ترتیب کمیت اندازه‌گیری شده، شاخص تقاضای ترافیک نخواهد بود.

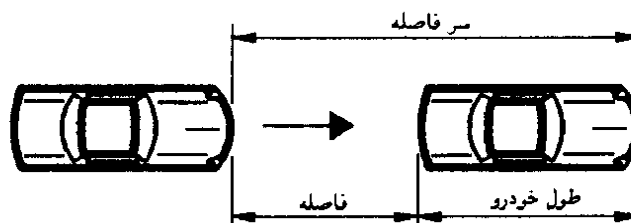
#### د - سرعت

سرعت نیز از جمله شاخص‌های ترافیکی است که به دلیل مشکلات اندازه‌گیری و کاربردی آن، به ندرت در روش‌های کنترل ترافیک تقاطع‌های مجزا مورد استفاده قرار می‌گیرد. مع الوصف این پارامتر در روش‌های کنترل ترافیک هماهنگ که بعداً مورد بررسی قرار می‌گیرند، کاربرد زیادی دارد. برای اندازه‌گیری سرعت، از دو شناسگر وسایل نقلیه با فاصله معین استفاده می‌شود و با اندازه‌گیری فاصله زمانی بین عبور خودرو از روی این دو شناسگر، سرعت وسیله نقلیه محاسبه می‌گردد.

#### ه - سرفاصله زمانی

فاصله زمانی بین وسایل نقلیه متوالی، کاراترین شاخص در سنجش وضعیت ترافیک توسط سیستم‌های کنترل سازگار با ترافیک است. اندازه‌گیری فاصله زمانی بوسیله شناسگر، به دو صورت امکان‌پذیر است. اول تعیین فاصله بین سپر جلوی دو وسیله نقلیه متوالی و دوم فاصله بین سپر عقب

وسیله نقلیه اول با سپرجلوی وسیله نقلیه پشت سر آن . در حالت اول، پارامتر اندازه گیری شده با تعریف سرفاصله زمانی تطابق کامل دارد. در حالت دوم، پارامتر اندازه گیری شده فاصله نسامیده می شود (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۴ - فاصله بین خودروها

#### و - طول صف

اندازه گیری مستقیم طول صف با استفاده از یک شناسگر امکان پذیر نیست ولی می توان براساس اطلاعات شناسگر آن را برآورد نمود. این روش مستلزم آگاهی از پارامترهای حجم و سرعت وسایل نقلیه و همچنین تحلیل وضعیت هر وسیله نقلیه در محدوده تقاطع است. بدین منظور باید معلوم شود که آیا وسیله نقلیه مورد نظر با چراغ سبز مواجه می گردد یا قرمز. در صورتیکه این وسیله نقلیه با چراغ قرمز مواجه گردد باید یک واحد به تعداد وسایل نقلیه متوقف شده پشت صف افزوده شود. علاوه بر این در زمان سبز نیز باید وضعیت تخلیه صف تحلیل شود، که این موضوع فرآیند محاسباتی فوق را پیچیده ترمی سازد.

معمولاً بجای استفاده از روش فوق، برای تخمین طول صف، به این ترتیب عمل می شود که در فواصل مشخصی از ورودی تقاطع، مثلاً در نقاط ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متری از خط ایست، شناسگر نصب شده و حضور ممتد وسایل نقلیه روی هریک از این شناسگرها به معنای تشکیل صف در آن نقطه تلقی می گردد. با استفاده از این شناسگرها معین می شود که طول صف وسایل نقلیه در چه حدودی قرار دارد.

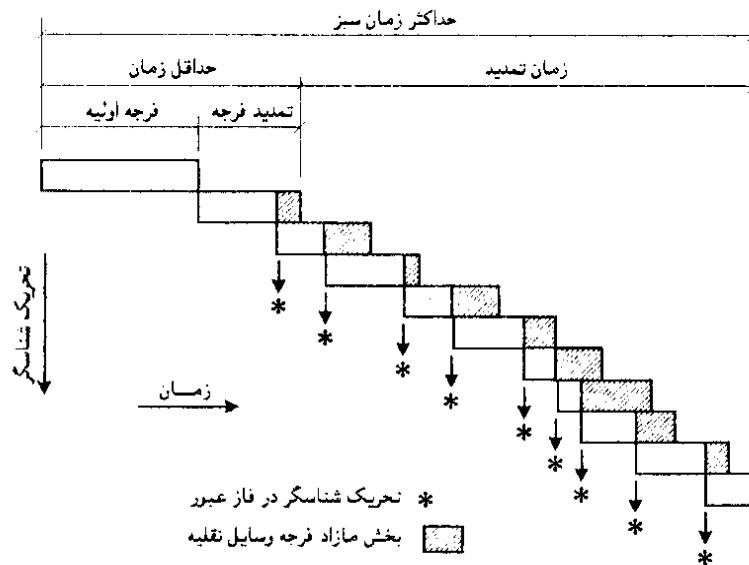
علاوه بر پارامترهای فوق، در برخی سیستم ها امکاناتی برای سنجش عوامل محیطی موثر در وضعیت ترافیک مانند برف، باران و مه هم وجود دارد و سیستم از این پارامترها نیز در تصمیم گیری های خود استفاده می کند.

#### - انواع چراغ های سازگار با ترافیک

بطور کلی چراغ های سازگار با ترافیک ممکن است به صورت نیمه سازگار و یا تمام سازگار باشند.

چراغ‌های نیمه سازگار، در تقاطع مسیرهای فرعی با مسیرهای اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این چراغ‌ها می‌توانند با استفاده از یک و یا چند شناسگر که در مسیر فرعی نصب می‌شوند، عمل نمایند. عملکرد آنها به این ترتیب است که در حالت عادی، چراغ مسیر اصلی سبز و چراغ مسیر فرعی قرمز می‌باشد. با حضور یک یا چند خودرو در ورودی فرعی و در حوزه تشخیص شناسگر، به مسیر فرعی چراغ سبز داده می‌شود. از این نوع کنترل می‌توان در تقاطع مسیر راه آهن با جاده نیز استفاده نمود. در این حالت لازم است شناسگرهای تشخیص دهنده قطار در فاصله مناسبی از تقاطع در مسیر خط آهن نصب شوند.

چراغ‌های تمام سازگار، در تقاطع‌های دو فازه یا چند فازه مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این نوع کنترل در کلیه ورودی‌هایی که نقش تعیین کننده‌ای در زمانبندی تقاطع دارند، شناسگرهای وسایل نقلیه نصب می‌شوند. روش عملکرد به این ترتیب است که برای هر فاز، یک حداقل زمان سبز، یک حداکثر زمان سبز، یک حداکثر فاصله مجاز بین وسایل نقلیه یا فرجه تمدید تعریف می‌شود. شکل ۴-۵ نحوه عملکرد کنترل کننده‌های سازگار را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۵- نحوه عملکرد کنترل کننده سازگار

هدف از تعریف مقادیر حداقل و حداکثر زمان سبز، حفظ ایمنی در تقاطع است و اینکه در صورت بروز اشکال در عملکرد شناسگرهای وسایل نقلیه، عملکرد تقاطع مختل نگردد. نحوه تنظیم زمان هر فاز به این ترتیب است که با سبز شدن چراغ و سپری شدن حداقل زمان سبز مربوطه، ادامه و یا خاتمه زمان سبز، وابسته به فاصله بین وسایل نقلیه در حال عبور از روی شناسگر است. در تقاطع‌هایی که میزان تردد و در نتیجه نسبت حجم به ظرفیت تقاطع کم است، برای هر خودرویی که پیش از سپری شدن حداکثر فاصله مجاز بین وسایل نقلیه به حوزه شناسگر برسد، چراغ به اندازه فرجه تمدید، سبز نگاه

داشته می شود تا این خودرو بتواند از چراغ عبور کند. برای جلوگیری از تحمیل تأخیر بیش از حد بر وسایل نقلیه سایر ورودی ها، فاصله مجاز وسایل نقلیه حداکثر ۳ تا ۴ ثانیه در نظر گرفته می شود. معمولاً شناسگر را طوری نصب می کنند که زمان لازم برای حرکت خودرو از محل شناسگر تا تقاطع با سرعت طرح، تقریباً معادل فاصله زمانی بین وسایل نقلیه (۳ تا ۴ ثانیه) باشد، بطوری که وسایل نقلیه بتوانند قبل از قرمز شدن چراغ، تقاطع را تخلیه نمایند.

با گسترش کاربرد ریز پردازنده ها، کنترل کننده های سازگار با ترافیک از قالب های انعطاف ناپذیر خارج شده و به سخت افزارهایی قابل برنامه ریزی تبدیل شده اند. در این کنترل کننده ها چگونگی عملکرد سیستم توسط یک نرم افزار خاص تعیین می شود. با توجه به اطلاعات دریافت شده از شناسگرهای وسایل نقلیه و عابران پیاده و سایر ورودی هایی که طراح مناسب تشخیص می دهد (مانند شناسگرهای مربوط به شرایط جوی) امکان هرگونه تصمیم گیری در مورد زمان بندی و فاز بندی وجود دارد.

#### ۴-۲-۱-۳- کنترل هماهنگ

حداکثر کارایی جریان ترافیک شبکه صرفاً با ایجاد بهترین نوع فاز بندی، زمان بندی و طول چرخه بهینه برای هر یک از تقاطع ها بدست نمی آید بلکه تأثیر متقابل تقاطع ها بر روی یکدیگر نیز تأثیر قابل توجهی بر عملکرد شبکه دارد.

در یک تقاطعی که با تقاطع های مجاور خود فاصله قابل ملاحظه ای (مثلاً هزار متر) دارد، به علت پراکندگی وسایل نقلیه در طول مسیرهای منتهی به تقاطع، جریان ورودی تقریباً یکنواخت است و در دوره های کوتاه مدت، حجم وسایل نقلیه ای که از هر جهت به تقاطع می رسند تغییر چندانی نمی یابد. هماهنگی چنین تقاطعی با تقاطع بالادست نقشی در بهبود عملکرد آن ایفا نمی کند. اما در شبکه حمل و نقل شهری بندرت تقاطع ها دارای چنین موقعیتی هستند و معمولاً فاصله تقاطع های مجاور به اندازه ای است که عملکرد آنها بر یکدیگر تأثیر می گذارد. در این حالت، جریان ورودی تقاطع ها حالت نوسانی پیدا می کند. با سبز شدن چراغ در تقاطع بالادست، یک دسته وسایل نقلیه با یکدیگر به حرکت درآمده و تقریباً بصورت گروهی به تقاطع بعدی می رسند. اگر همزمان با رسیدن این گروه وسایل نقلیه، چراغ مسیر مربوطه در این تقاطع سبز باشد، مجموع تأخیرها و توقف های وسایل نقلیه کاهش چشمگیری یافته و کارایی تقاطع شدیداً افزایش می یابد. برای دستیابی به این هدف، به جای کنترل مجزای تقاطع ها، از کنترل هماهنگ استفاده می شود.

هدف از هماهنگی چراغهای راهنمایی، فراهم آوردن شرایطی برای عبور هرچه بیشتر وسایل نقلیه از یک مسیر با حداقل توقف و تأخیر است. در شرایط کاملاً ایده آل انتظار می رود هر وسیله نقلیه ای که وارد یک سیستم می شود، بدون هیچ توقفی بتواند از آن خارج شود.

مزایای هماهنگ نمودن چراغهای راهنمایی بشرح زیر است [۴۹] :

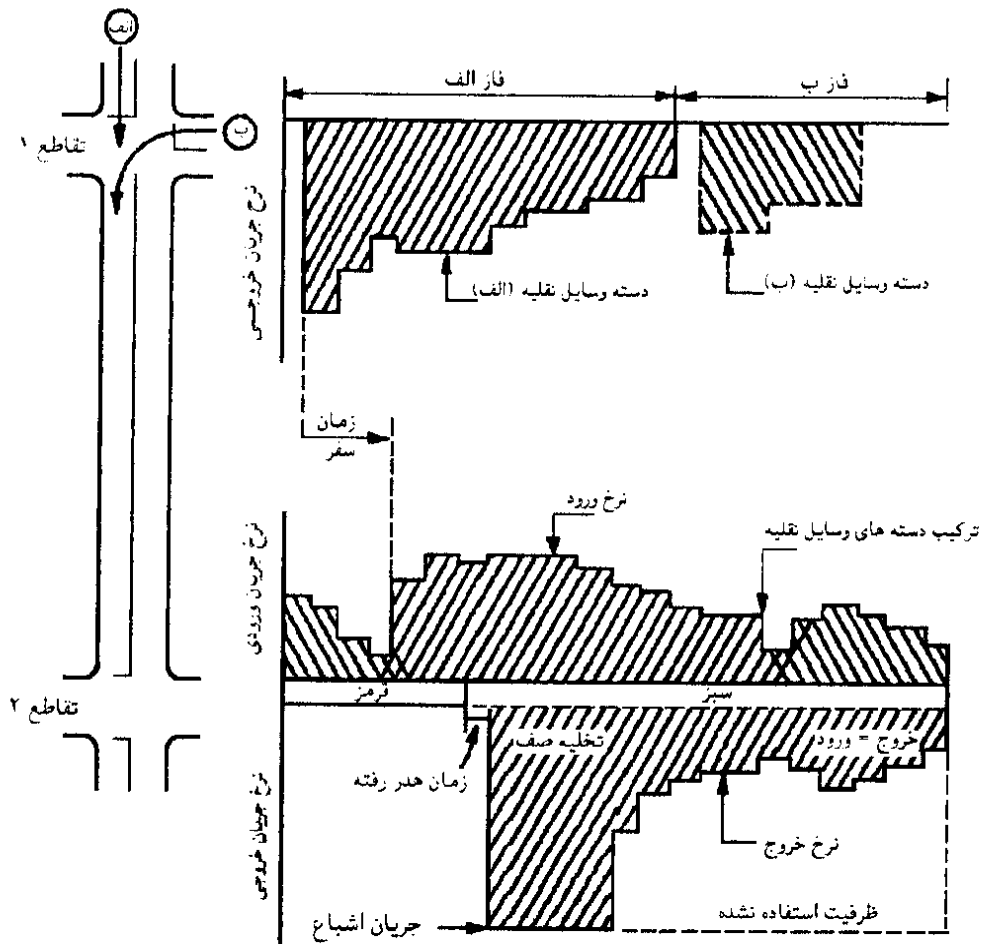
- بهبود ظرفیت در تقاطع های چراغدار نزدیک به یکدیگر
- کاهش زمان سفر و تأخیر
- کاهش تعداد توقف ها
- کاهش میزان تصادفات تقاطع ها
- کاهش آلودگی های هوا و شنیداری و نیز صرفه جویی در مصرف سوخت
- دستیابی به دیگر اهداف مدیریت ترافیک

معمولاً در تقاطع هایی که بصورت هماهنگ با یکدیگر اداره می شوند، لازم است طول چرخه یکسان یا مضرب صحیحی از یکدیگر بوده و فاصله زمانی میان آغاز چراغ سبز در تقاطع های مجاور (افست) نیز مقدار مشخصی باشد.

عوامل اصلی مؤثر در روش کنترل هماهنگ تقاطع ها عبارتند از، نحوه رفتار رانندگان و میزان رعایت نظم، فاصله تقاطع ها، میزان پراکندگی یا تفرق وسایل نقلیه و در برخی موارد حجم تردد بین تقاطع های مجاور. هنگامی که فاصله بین چراغهای راهنمایی طولانی است، در جریان وسایل نقلیه ایجاد پراکندگی می شود. لیکن چنانچه فاصله بین تقاطع خیابان های اصلی در شبکه ترافیکی دارای چراغهای راهنمایی کمتر از میزان معینی مثلاً ۸ / ۰ کیلومتر باشد جریان به صورت دسته ای بوده و در این حالت، بهتر است که از سیستم هماهنگ چراغهای راهنمایی استفاده شود [۳۹]. شکل ۴-۶ نحوه پراکندگی چند دسته وسایل نقلیه بین دو تقاطع را نشان می دهد.

ایجاد هماهنگی در صورتی امکان پذیر است که جریان ترافیک در فاصله بین تقاطع ها منظم بوده و عواملی نظیر توقف ها یا دور زدن های غیرمجاز و عبور نامنظم عابرین پیاده از عرض معبر موجب بروز تداخل در جریان و تغییر ناخواسته و پیش بینی نشده سرعت وسایل نقلیه نگردد، زیرا در اینصورت کارایی سیستم هماهنگ چراغهای راهنمایی تا حدی پائین می آید که استفاده از آن را غیرمفید و حتی نامطلوب می سازد.

علیرغم وجود این معیارها، تصمیم گیری در مورد انتخاب کنترل هماهنگ یا مجزای یک تقاطع عمدتاً در گسرو قضاوت مهندسی براساس مطالعه دقیق شرایط محلی و میزان توانایی های اقتصادی می باشد. در سیستم های کنترل هماهنگ تقاطع ها می توان از کنترل کننده های پیش زمان بندی شده و یا سازگار با ترافیک و یا هردوی آنها بهره گرفت. هماهنگی بین کنترل کننده های تقاطع ها از طریق یک کامپیوتر مرکزی انجام می شود.



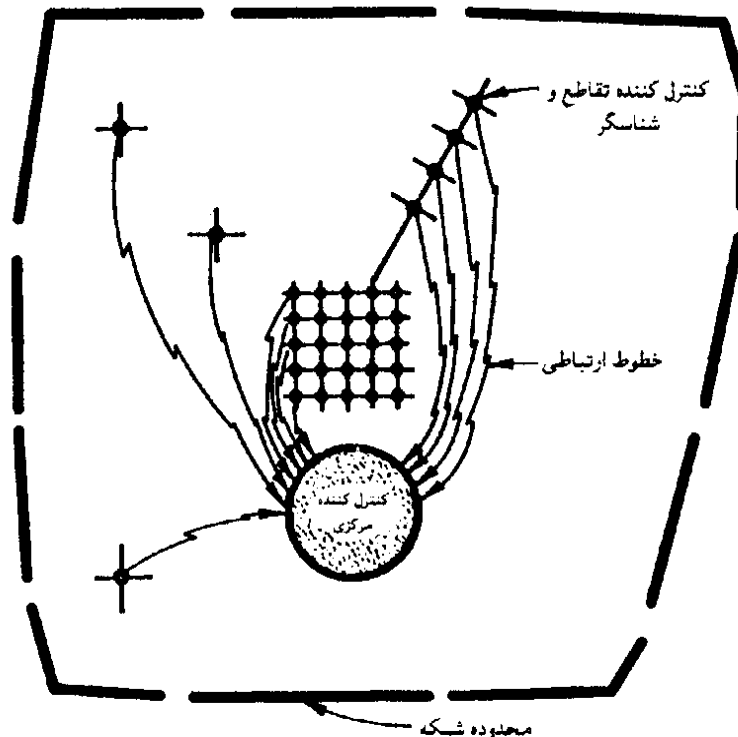
شکل ۴-۶- نمودار پراکندگی چند دسته وسیله نقلیه [۵۷]

انطباق زمان بندی چراغ هر تقاطع با تغییرات جریان ترافیک ممکن است، توسط کنترل کننده آن تقاطع و یا کامپیوتر مرکزی انجام شود. ولی تصمیم گیری های مهم تر در رابطه با تنظیم روند کلی جریان ترافیک در شبکه، فقط توسط کامپیوتر مرکزی صورت می گیرد. به عنوان مثال، تعیین چرخه کل سیستم یا افسست بین تقاطع های مجاور به عهده کامپیوتر مرکزی است. تعیین این پارامترها از طریق اعمال طرح های زمان بندی در شبکه میسر می شود. این طرح ها توسط نرم افزارهای شبیه سازی جریان ترافیک شبکه ایجاد شده و در فواصل زمانی مختلف روی شبکه اعمال می شوند. امروزه با پیشرفت تکنولوژی ارتباطات و ریزپردازنده ها ایجاد طرح های زمان بندی در فواصل کوتاه (چند ثانیه) و اجرای آنها امکان پذیر شده است. اطلاعات ورودی این مرحله از طریق شناسگرهایی که در نقاط حساس شبکه نصب می شوند، جمع آوری می گردد.

سخت افزار مورد نیاز برای کنترل هماهنگ، براساس وسعت شبکه، حجم اطلاعات و تحلیل های مورد نیاز متفاوت خواهد بود. در شبکه های کوچک متشکل از چند تقاطع، می توان کنترل مرکزی را به عهده یکی از کنترل کننده های تقاطع ها واگذار کرد. درحالیکه در شبکه های بزرگتر، کنترل مرکزی به عهده یک یا چند



کامپیوتر خواهد بود. در شکل ۴-۷ نمونه ای از کنترل مرکزی سیستم هماهنگ چراغ های راهنمایی نشان داده شده است.



شکل ۴-۷- نمونه ای از کنترل مرکزی سیستم هماهنگ چراغ های راهنمایی

مدلهای مختلفی برای شبیه سازی کامپیوتری ترافیک شبکه، طراحی و تدوین شده اند، که متأسفانه هیچ یک از این مدلها منطبق با رفتار ترافیک رایج در کشور ما نیستند و لازم است که مدل مناسب از طریق انجام پژوهش های میدانی گسترده استخراج گردد. از جمله رایج ترین مدلهایی که در سطح دنیا برای تحلیل شرایط ترافیکی استفاده می شوند می توان به SIGOP, TRANSYT, SCOOT, SCATS, PASSER و NEFSIM اشاره نمود. این مدلها با دریافت اطلاعات حجم، نرخ جریان اشباع و همچنین مشخصات فیزیکی مسیرها، کارایی شبکه را برای ترکیب های مختلف چرخه، افسد، فازبندی و زمانبندی تقاطع ها محاسبه نموده و با یکدیگر مقایسه می کنند. بازده یا کارایی شبکه تابعی از نسبت حجم به ظرفیت تقاطع ها و مجموع تأخیرها و توقف های وسایل نقلیه در کل شبکه در نظر گرفته می شود. برنامه های کامپیوتری بهینه ساز، با توجه به این مدلها بهترین برنامه زمانبندی را برای کل شبکه تعیین می نمایند.

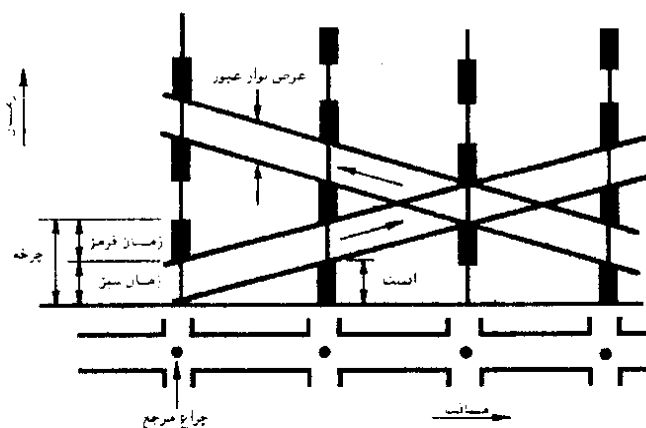
#### ۱- کنترل هماهنگ شریانی

ساده ترین حالت کنترل هماهنگ تقاطع ها، کنترل هماهنگ در یک شبکه باز و یا کنترل شریانی است. در این نوع هماهنگی، تنها به پیشروی ترافیک در یک مسیر اصلی (شریانی) توجه می شود و در حالت

ایده آل، هدف سیستم، ایجاد موج سبز در این مسیر است. موج سبز به حالتی اطلاق می شود که وسایل نقلیه به شکل دسته ای حرکت کنند و با رسیدن این دسته به هر تقاطع، چراغ مسیر مربوطه سبز گردد.

از آنجایی که طول چرخه همه تقاطع های مسیر باید یکسان باشد، محاسبه طول چرخه با در نظر گرفتن نیازهای تمامی تقاطع ها انجام می شود و طول چرخه کلی، معادل طول چرخه مورد نیاز برای بحرانی ترین تقاطع مسیر انتخاب می گردد. باتوجه به این طول چرخه حداقل، محاسبات زمان بندی فازها برای هر تقاطع بر مبنای نسبت حجم های ترافیک جهات مختلف انجام می پذیرد. چون در این نوع هماهنگی، اولویت بیشتری به مسیر شریانی داده می شود، این امکان نیز وجود دارد که به جهات متقاطع با مسیر شریانی، حداقل زمان ممکن تخصیص داده شده و بقیه زمان چرخه به مسیر اصلی تعلق گیرد.

طراحی سیستم کنترل هماهنگ شریانی هم بصورت دستی و هم با استفاده از برنامه های کامپیوتری امکان پذیر است. در روش دستی، برای تعیین بهترین افست ها از نمودار مسافت - زمان (شکل ۴-۸) استفاده می شود. بر روی محور افقی این نمودار، فاصله تقاطع ها و بر روی محور عمودی، زمان فازها نمایش داده می شود و خط پیشروی وسایل نقلیه بین هر دو تقاطع ترسیم می گردد. مطابق شکل ۴-۸، افست بین تقاطع ها طوری تغییر داده می شود که حداکثر فاصله زمانی ممکن برای عبور مستقیم از تقاطع های متوالی بصورت موج سبز (حداکثر عرض نوار عبور) فراهم شود. متوسط سرعت پیشروی بین تقاطع ها ممکن است برای شرایط متفاوت ترافیک و طرحهای زمانبندی مختلف، متفاوت باشد.



شکل ۴-۸ - نمودار مسافت - زمان [۶۳]

در شریانی های یک طرفه، تأمین عرض نوار عبور مناسب و کافی، بسیار عملی تر و امکان پذیرتر است. اما در شریانی های دو طرفه این احتمال وجود دارد که نتوان عرض نوار مناسبی برای هر دو جهت تأمین نمود. در اینصورت فقط به ایجاد موج سبز در یک جهت اکتفا می شود و این جهت معمولاً بر مبنای حجم تردد بیشتر تعیین می گردد. از آنجا که معمولاً حجم تردد ساعات اوج صبح در یک جهت

و در ساعات اوج عصر در جهت دیگر تعیین کننده است، لذا افسست ها نیز در ساعات مذکور متفاوت است.

انجام محاسبات فوق به صورت دستی مشکل و وقت گیر است و برای سهولت از نرم افزارهای کامپیوتری استفاده می شود. اجرای کنترل هماهنگ شریانی، هم بصورت پیش زمانبندی شده و هم بصورت سازگار با ترافیک امکان پذیر است.

## ۲- کنترل شبکه ای

هدف از ایجاد هماهنگی بین تقاطع ها در بهترین حالت، تأمین موج سبز برای کلیه مسیرها است، اما دستیابی به این هدف در بسیاری از حالات امکان پذیر نیست.

دستیابی به موج سبز در هر دو جهت یک شریانی دو طرفه فقط در شرایط خاصی میسر می شود. تأمین این هدف در مورد دو شریانی متقاطع دشواری بیشتری داشته و درمورد یک شبکه بسته که مجموعه ای از چند مسیر یا شریانی متقاطع است، تقریباً غیرممکن می شود. بنابراین هدف از اجرای کنترل هماهنگ در شبکه های بسته، بیشینه نمودن کارایی کل شبکه با در نظر گرفتن نوسانات جریان ورودی تقاطع ها است. برای دستیابی به این هدف و به منظور برنامه ریزی مناسب سیستم های کنترل هماهنگ، پارامترهای طول چرخه، افسست و درصد زمان فازها باید طوری محاسبه شوند که علاوه بر تأمین ظرفیت مناسب در کلیه تقاطع ها، مجموع تأخیرها و توقف های وسایل نقلیه در تقاطع های شبکه به کمترین مقدار ممکن برسد.

در سالهای اخیر با پیشرفت گسترده کامپیوترهای دیجیتال و امکانات مخابراتی و ارتباطی، تمایل به ایجاد مراکز کنترل و نظارت ترافیک شهری بطور فزاینده ای جنبه عملی و اقتصادی بخود گرفته است و تعداد شهرهای مجهز به سیستم کنترل ترافیک مرکزی نیز مرتباً افزایش می یابد. تاکنون صدها شهر بزرگ دنیا به چنین مراکزی مجهز شده اند. مرکز کنترل ترافیک، محلی است که اطلاعات مربوط به کلیه شبکه ها، شریانی ها و یا تقاطع های منفرد موجود در سطح شهر در آن جمع آوری شده و مورد بررسی و پردازش قرار می گیرند و تصمیم گیری هایی در مورد عملکرد سیستم های کنترل ترافیک موجود در سطح شهر بعمل می آید. هدف از ایجاد سیستم های کنترل ترافیک مرکزی دستیابی به سه هدف عمده زیر است :

- نظارت کلی بر ترافیک سطح شهر و اتخاذ سیاست های یکنواخت و همگون،
- کسب اطلاع از خرابی در سیستم های کنترل ترافیک در سطح شهر بصورت لحظه ای،
- یکنواخت و استاندارد شدن تجهیزات کنترل ترافیک در سطح شهر و در نتیجه کاهش مشکلات تعمیر و نگهداری سیستم ها

#### ۴-۲-۲-کنترل بدون چراغ راهنمایی

تقاطع های بدون چراغ بخش عمده ای از تقاطع های همسطح شهری را تشکیل می دهند. عبور و مرور در این تقاطع ها توسط تابلوی ایست و تابلوی رعایت حق تقدم و یا قانون حق تقدم کنترل می شود که ذیلاً ضوابط مربوط به این روش های کنترل ارائه می گردد.

#### ۴-۲-۲-۱- قانون حق تقدم عبور

مطابق آئین نامه راهنمایی و رانندگی ایران [۱۹] قوانین حق تقدم عبور وسایل نقلیه و عابرین پیاده در تقاطع های بدون چراغ یا تابلو بشرح زیر است :

- وسیله نقلیه ای که در حال نزدیک شدن به تقاطع است، باید حق تقدم وسیله ای را که از مسیر دیگر وارد تقاطع شده رعایت نماید.
- در صورتیکه دو وسیله نقلیه بطور همزمان از دو مسیر مختلف هم عرض وارد تقاطع گردند، وسیله نقلیه ای که در سمت چپ قرار دارد، باید حق تقدم را به وسیله نقلیه سمت راست خود بدهد.
- راننده ای که تصمیم به گردش به چپ دارد باید حق تقدم عبور را به وسایل نقلیه حرکت مستقیم و گردش به راست روبرو بدهد.
- در تقاطع های بدون چراغ، عابرین پیاده بعد از ورود به گذرگاه عابر (خط کشی شده و یا بدون خطکشی) حق تقدم دارند.
- در تقاطع های سه راهی، حق تقدم عبور با وسیله نقلیه ای است که مستقیم حرکت می کند، ولو آنکه عرض خیابانی که مسیر آن است از عرض خیابان تلاقی کننده کمتر باشد.

این روش کنترل فقط برای تقاطع های فرعی که مسافت دید کافی دارند مناسب است.

#### ۴-۲-۲-۲- تابلوی رعایت حق تقدم

هر وسیله نقلیه ای که به تابلوی رعایت حق تقدم نزدیک می گردد، ملزم به کاهش سرعت و رعایت حق تقدم سایر وسایل نقلیه ای است که وارد تقاطع شده و یا طوری به تقاطع نزدیک می شوند که در صورت ورود این وسیله نقلیه خطری بوقوع می پیوندد. وسایل نقلیه ای که با تابلوی رعایت حق تقدم کنترل می شوند، فقط در صورتی که حرکت آنها منجر به تداخل با سایر وسایل نقلیه دارای حق تقدم

می شود، ملزم به توقف هستند. میزان محدودیت ناشی از این تابلو از قانون حق تقدم بیشتر و از تابلوی ایست کمتر است.

بطورکلی از تابلوی رعایت حق تقدم نباید برای کنترل جریان های اصلی ترافیک استفاده شود. همچنین از این تابلو فقط باید در یکی از مسیرهای منتهی به تقاطع استفاده شده و بکارگیری آن در تقاطع های دارای تابلوی ایست مجاز نیست.

#### ۴-۲-۳- تابلوی ایست

هر وسیله نقلیه ای که به تابلوی ایست نزدیک می شود، ابتدا لازم است کاملاً توقف کرده و پس از حصول اطمینان از ایمن بودن ورود به تقاطع، اقدام به حرکت نماید. بدین لحاظ، تابلوی ایست برای وسایل نقلیه مزاحمت زیادی ایجاد می نماید و استفاده از آن باید حتماً براساس ضوابط باشد. تابلوی ایست عموماً در مسیر فرعی متقاطع با یک مسیر اصلی بکار برده می شود.

### ۴-۳- ضوابط انتخاب روش کنترل تقاطع

امروزه سازمان ها و مسئولین دست اندرکار انتخاب وسایل کنترل ترافیک با طیف وسیعی از گزینه های سخت افزاری یا نرم افزاری با ویژگی های عملکردی متنوع مواجه هستند. در این بخش ضوابطی به منظور ارزیابی و انتخاب روش های منطبق با نیازهای موجود ارائه شده است.

بطور کلی ضرورت نصب یک وسیله کنترل ترافیک جدید یا ارتقاء سطح عملکرد وسیله کنترل موجود در دو حالت مطرح می شود :

- تغییر در تقاضای ترافیک

- افزایش هزینه های بهره برداری و نگهداری تجهیزات موجود و عملکرد نامناسب و غیرکارای آنها.

بررسی و ارزیابی ضرورت بکارگیری یک روش کنترل ترافیک مشخص را نمی توان صرفاً با استفاده از دستورالعمل های از پیش تعریف شده انجام داد، بلکه در هر مورد خاص نیازمند یک فرآیند مطالعاتی است که خود مستلزم فعالیت های میدانی و تجربی متعددی است. با این وجود دستورالعمل های مختلف ضوابط متفاوتی را برای انتخاب یا ارتقاء سطح روش کنترل ارائه کرده اند که در ادامه مورد بررسی قرار می گیرد.

### ۴-۳-۱- تقاطع چراغدار

چراغهای راهنما از وسایل مهم کنترل ترافیک هستند که در برقراری نظم و ایمنی ترافیک نقش مؤثری دارند. در صورت استفاده صحیح از چراغهای راهنما و مناسب بودن محل نصب و وضعیت ظاهری آنها، مزایای زیر حاصل خواهد شد :

- برقراری نظم در جریان ترافیک،

- افزایش ظرفیت تقاطع ها،

- جلوگیری از ایجاد تصادف، بویژه تصادفات تحت زاویه قائمه،

- کاهش تعداد توقف در تقاطع ها با هماهنگ نمودن چراغ های یک مسیر،

- ایجاد فرصت برای عبور ایمن عابرین پیاده از عرض مسیر.

در صورتیکه از چراغ راهنمایی بطور صحیح استفاده نشود و یا محل نصب آن اشتباه بوده و یا اصولاً نیازی به نصب چراغ راهنما در محل مورد نظر نباشد، مشکلات زیر بوجود خواهد آمد :

- ایجاد تأخیرهای طولانی،

- عدم رعایت فرامین چراغ راهنمایی توسط رانندگان،

- افزایش احتمال تصادف خودروها،

- طولانی شدن زمان سفر، به سبب تغییر مسیر وسایل نقلیه به خیابان هایی که فاقد چراغ راهنمایی می باشند.

از آنجایی که چراغهای راهنما بیشترین میزان محدودیت را بر جریان ترافیک اعمال می کنند، باید از آنها فقط در مواقعی استفاده نمود که سایر وسایل کنترل (تابلوها و خط کشی ها) نتوانند تراز کنترل مورد نیاز را پدید آورند. به منظور اجتناب از عواقب سوء ناشی از استفاده نامناسب از چراغ راهنما، باید مطالعات کامل مهندسی در منطقه مورد نظر انجام شده و تصمیم گیری برای اعلام نیاز یا عدم نیاز به چراغ راهنما، براساس قضاوت های صحیح فنی استوار باشد. همچنین، باید توجه داشت که عملکرد یک چراغ راهنما، تنها متأثر از عوامل داخلی سیستم از قبیل شناسگرها، کنترل کننده ها، فانوسها و غیره نیست، بلکه تحت تأثیر عوامل جانبی و تأثیرگذار خارجی از قبیل نیازهای استفاده کنندگان، زمان سفر، سیاست های حمل و نقل عمومی، حرکات عابرین پیاده، نرخ تصادفات و . . . نیز قرار دارد.

پس از وصول درخواست نصب چراغ راهنمایی برای یک مکان معین، بررسی های مقدماتی آغاز می گردد تا مشخص شود که این درخواست تا چه حد توجیه پذیر است. این گام اولیه را می توان با بررسی سریع اطلاعات موجود حجم ترافیک و آمار تصادفات و با استفاده از نقشه های موجود از محل مورد نظر به انجام رسانید. همچنین، بازدید از محل مزبور برای مشاهده کلی شرایط موجود و طرح هندسی تقاطع و نیز بهنگام نمودن نقشه های موجود لازم است. این امر با برداشت تقریبی از طرح هندسی محل، وسایل موجود کنترل ترافیک و کاربری های حاشیه ای انجام خواهد شد. در اغلب موارد، با انجام گام اول مشخص می شود که آیا مکان پیشنهادی به لحاظ نصب سیستم چراغهای راهنمایی مناسب است و یا مشکل آن با روش های ساده تر کنترل ترافیک حل می گردد. چنانچه مکان مورد نظر جهت نصب سیستم چراغهای راهنمایی، مناسب تشخیص داده شود، انجام مطالعات تکمیلی مشتمل بر طرح فیزیکی، داده های ترافیکی و اطلاعات برنامه ریزی و پیش بینی توسعه آینده انجام می گیرد.

نصب چراغ راهنما در هر محل، به تناسب شرایط محلی و فرهنگ ترافیک حاکم بر آن دارای ضوابط و معیارهای خاص خود است. اما بطور کلی، معیارهای مشترک تعیین کننده در دستورالعمل های مختلف عبارتند از اطلاعات حجمی ترافیک و سوابق تصادفات. در ادامه، برخی معیارها و ضوابط توصیه شده در دستورالعمل های مختلف ارائه می شود.

- مطالعات فریمن - فاکس<sup>۱</sup> [۳۱]

شرکت فریمن فاکس در سال ۱۳۵۶ مطالعاتی در زمینه ضوابط نصب چراغ های راهنما در شرایط ایران انجام داده است. براساس مطالعات این شرکت، معیار قطعی و مشخصی برای تعیین لزوم نصب چراغ راهنما

وجود ندارد، ممکن است یک تقاطع با حجم کل ۱۰۰۰ الی ۱۲۰۰ وسیله نقلیه در ساعت، در مجموع بخوبی و بدون نیاز به چراغ راهنمایی عمل نماید، لیکن در تقاطع هایی با حجم بسیار کمتر از مقدار فوق، به لحاظ وجود برخی تأخیرهای ناخواسته یا محدودیت دید، نصب چراغ راهنمایی ضروری باشد. براساس نتایج حاصل از مطالعات این شرکت، کاهش تأخیر، مهمترین شاخصی است که می توان در این رابطه بعنوان یک معیار مطرح نمود. این شرکت از معیارهای دو کشور انگلیس و آمریکا در رابطه با حداقل های جریان ترافیک مورد نیاز برای نصب چراغ راهنمایی استفاده کرده است که در جدول ۴-۱ نقل شده اند [۳۱].

جدول ۴-۱- معیارهای حداقل جریان ترافیک بمنظور نصب چراغ راهنما در خیابان های شهری انگلستان و آمریکا [۳۱]

نوع چراغ راهنمایی	کشور	دوره زمانی	حداقل جریان ترافیک در مسیر اصلی	حداقل جریان ترافیک در مسیر فرعی
مخصوص وسایل نقلیه	انگلستان	بیش از ۱۶ ساعت در روز	۲۰۰ veh/hr (موجب صف های طولانی در مسیر فرعی گردد)	۱۰۰ veh/hr ۸۰ veh/hr
		۸ ساعت از روز	۵۰۰ veh/hr (در یک خط عبوری)	۱۵۰ veh/hr (در یک خط عبوری)
			۶۰۰ veh/hr (در ۲ خط عبوری یا بیشتر)	۲۰۰ veh/hr (در ۲ خط عبوری یا بیشتر)
مخصوص عابرپیاده	آمریکا*	۸ ساعت از روز	۷۵۰ veh/hr (در یک خط عبوری) ۹۰۰ veh/hr (در ۲ خط عبوری یا بیشتر)	۷۵ veh/hr (در یک خط عبوری) ۱۰۰ veh/hr (در دو خط عبوری یا بیشتر)
		۸ ساعت از روز	۶۰۰ veh/hr (بدون حفاظ میانی) ۱۰۰۰ veh/hr (با حفاظ میانی)	حداقل حجم عابرین پیاده ۱۵۰ نفر در هر ساعت ۱۵۰ نفر در هر ساعت

\* چنانچه منطقه مورد مطالعه خارج شهری و یا شهرک اقماری باشد، مقادیر فوق تا ۳۰ درصد قابل کاهش است.

- ضوابط MUTCD<sup>۱</sup> [۳۹]

براساس ضوابط MUTCD عوامل مؤثر در انتخاب سیستم چراغ راهنمایی عبارتند از :

- حداقل حجم ترافیک



- وقفه در جریان پیوسته ترافیک
- حداقل حجم تردد عابرین پیاده
- محل گذر دانش آموزان
- حرکت پیش رونده ترافیک
- سابقه تصادفات
- سیستم
- ترکیبی از معیارها
- حجم های ترافیک ۴ ساعتی
- تأخیر ساعت اوج
- حجم ترافیک ساعت اوج

اطلاعات جمع آوری شده از محل مورد نظر را باید با ضوابط حداقل توصیه شده توسط MUTCD مقایسه نمود، تا مشخص شود که آیا نصب چراغ راهنمایی برای کنترل ترافیک لازم است یا خیر.

در صورتیکه یک یا چند ضابطه فوق برآورده شوند، می توان اقدام به نصب چراغ راهنمایی نمود. البته لازم به تذکر است که حصول یک ضابطه به تنهایی شرط کافی برای نصب چراغ راهنما نبوده و باید از قضاوت مهندسی نیز بهره جست. اغلب ضوابط مربوط به حجم ترافیک، تاحدودی مبتنی بر تعداد خطوط عبوری موجود در مسیرهای منتهی به تقاطع هستند. در چنین شرایطی اضافه کردن یک خط عبوری، مثلاً با اعمال ممنوعیت پارکینگ حاشیه ای یا تعریض معبر، از جمله روش هایی است که می تواند جایگزین چراغ راهنمایی شود [۷۲].

#### ضابطه ۱ : حداقل حجم ترافیک

از این ضابطه هنگامی استفاده می شود که برای هر هشت ساعت از یک روز معمول، مقدار حجم های ترافیک که در جدول ۴-۲ نشان داده شده اند، برای خیابان اصلی و ورودی با حجم بیشتر فرعی وجود داشته باشد. بدین منظور حجم های ترافیک در خیابان های اصلی و فرعی باید در یک دوره زمانی ۸ ساعته مشابه اندازه گیری شوند. در طی این مدت ممکن است جهت با حجم بیشتر در یک ورودی از خیابان فرعی باشد، درحالیکه در ساعات دیگر، در ورودی جهت مخالف بیشتر شود.

#### ضابطه ۲ : وقفه در جریان پیوسته ترافیک

کاربرد این ضابطه در مواردی است که حجم ترافیک در خیابان اصلی به اندازه ای سنگین باشد که یا موجب اعمال تأخیر بسیار زیاد بر جریان ترافیک مسیر فرعی تقاطع شده و یا ورود به تقاطع و گذر از خیابان اصلی را خطرناک سازد. این ضابطه هنگامی صدق می کند که برای هر ۸ ساعت از یک روز

عادی، مقادیر حجم ترافیک ارائه شده در جدول ۴-۳ در خیابان اصلی و ورودی با حجم بیشتر فرعی، وجود داشته و چراغ راهنما نیز اختلال جدی در جریان ترافیک پیشرونده ایجاد ننماید.

جدول ۴-۲ - حداقل حجم وسایل نقلیه مربوط به ضابطه اول نصب چراغ راهنمایی [۳۹]

حجم ترافیک (وسیله نقلیه در ساعت)		تعداد خطوط عبوری در	
		هر مسیر	
خیابان فرعی (ورودی که دارای حجم بیشتر است)	خیابان اصلی (مجموع دو جهت)	خیابان فرعی	خیابان اصلی
۱۵۰	۵۰۰	۱	۱
۱۵۰	۶۰۰	۱	۲ یا بیشتر
۲۰۰	۶۰۰	۲ یا بیشتر	۲ یا بیشتر
۲۰۰	۵۰۰	۲ یا بیشتر	۱

اندازه گیری حجم ترافیک در خیابان های اصلی و فرعی باید در یک دوره زمانی ۸ ساعته صورت گیرد. در طی این ۸ ساعت ممکن است جهت با حجم بیشتر خیابان فرعی، در طی ساعاتی در یک ورودی و در ساعات دیگر در ورودی مخالف آن باشد.

جدول ۴-۳ - حداقل حجم وسایل نقلیه مربوط به ضابطه دوم نصب چراغ راهنمایی [۳۹]

حجم ترافیک (وسیله نقلیه در ساعت)		تعداد خطوط عبوری در	
		هر مسیر	
خیابان فرعی (ورودی که دارای حجم بیشتر است)	خیابان اصلی (مجموع دو جهت)	خیابان فرعی	خیابان اصلی
۷۵	۷۵۰	۱	۱
۷۵	۹۰۰	۱	۲ یا بیشتر
۱۰۰	۹۰۰	۲ یا بیشتر	۲ یا بیشتر
۱۰۰	۷۵۰	۲ یا بیشتر	۱

ضابطه ۳: حداقل حجم تردد عابرین پیاده

در صورتیکه حجم عبور پیاده از خیابان اصلی در یک تقاطع یا در حفاصل دو تقاطع در یک روز عادی بشرح زیر باشد، باید استفاده از چراغ راهنما مورد توجه قرار گیرد.

- ۱۰۰ نفر یا بیشتر در ساعت برای هر دوره ۴ ساعته، یا

- ۱۹۰ نفر یا بیشتر برای هر یک ساعت.

ضابطه ۴ : محل گذر دانش آموزان

در صورتی نصب چراغ راهنمایی در محل گذرگاههای عرضی دانش آموزان توصیه می شود که مطالعات مهندسی ترافیک نشان دهد که تعداد فواصل عبور مناسب در میان وسایل نقلیه جریان ترافیک در طول مدتی که دانش آموزان از گذرگاه عبور می کنند، بطور متوسط کمتر از یک فاصله در دقیقه است.

هنگامی که چراغ های راهنما صرفاً براساس این ضابطه نصب می شوند، باید :

- چراغ ویژه پیاده برای کلیه گذرگاههای عرضی تأمین شده باشد.
- چراغ راهنما بصورت تمام سازگار و یا حداقل، نیمه سازگار با ترافیک باشد. البته استفاده از سیستم تمام سازگار به همراه شناسگرهایی در تمام مسیرهای منتهی به تقاطع مطلوب تر است.
- در گذرگاههای واقع در خارج تقاطع ها باید چراغ راهنما مجهز به تکه فشاری عابر پیاده بوده و توقف حاشیه ای وسایل نقلیه، حداقل در فاصله ۳۵ متری قبل و ۷ متری بعد از گذرگاه ممنوع گردد.

ضابطه ۵ : حرکت پیشرونده ترافیک

در برخی موارد، ایجاد حرکت پیشرونده ترافیک، مستلزم نصب چراغ راهنمایی در تقاطع هایی است که سایر ضوابط در آنها صدق نمی کند. این ضابطه در شرایط زیر قابل استفاده است :

- در خیابان های یکطرفه یا خیابانی که جریان ترافیک در یک جهت غالب بوده و چراغهای راهنمایی موجود به نحو مطلوب عمل نکنند و قادر به ایجاد دسته بندی مناسب خودروها و کنترل سرعت آنها نباشند،

- در خیابان های دو طرفه ای که چراغهای راهنمایی موجود توانایی دسته بندی وسایل نقلیه و کنترل سرعت آنها را تا حد لازم نداشته و چراغهای موجود به همراه چراغهای پیشنهادی، مجموعاً بتوانند سیستم پیشرونده ترافیک را بوجود آورند.

نصب چراغ راهنما مطابق این ضابطه باید براساس سرعت ۸۵ درصد وسایل نقلیه بوده و همچنین، فواصل میان چراغهای راهنما نباید کمتر از ۳۰۰ متر باشد.

ضابطه ۶ : سابقه تصادفات

این ضابطه هنگامی صدق می کند که :

- مشخص شود می توان با اعمال محدودیت های فیزیکی و نظارتهای اجرایی، از وقوع تصادف ها و فراوانی آنها کاست.

- طی یک دوره ۱۲ ماهه تعداد ۵ مورد یا بیشتر، تصادف منجر به جراحات بدنی یا خسارات مالی گزارش گردد و تشخیص داده شود که می توان با نصب چراغ راهنمایی از وقوع این قبیل تصادفات جلوگیری بعمل آورد.
- در صورتیکه حجم وسایل نقلیه و عابرین پیاده، بیش از ۸۰ درصد مقدار قید شده در ضوابط حداقل حجم وسایل نقلیه، وقفه در جریان ترافیک پیوسته و حداقل حجم عابریاده باشد.
- نصب چراغ راهنما باعث ممانعت جدی در جریان ترافیک پیشرونده نکردد.

#### ضابطه ۷: سیستم ترافیک

- در برخی موارد چراغ راهنمایی بمنظور تمرکز یا تنظیم جریان ترافیک شبکه نصب می شود. نصب چراغ راهنما در مواقعی که تقاطع دو یا چند مسیر اصلی دارای ویژگی های زیر باشد، براساس این ضابطه مجاز است:
- در صورتیکه کل حجم ورودی فعلی آن در ساعت اوج یک روز معمولی هفته، حداقل بمیزان ۱۰۰۰ وسیله نقلیه بوده و حجم ترافیک ۵ سال آینده آن که براساس مطابعات ترافیک بدست آمده است یک یا چند مورد از ضوابط ۱، ۲، ۸، ۹ و ۱۱ را در طی یک روز عادی برآورده نماید.
  - هرگاه تقاطع دارای کل حجم ورودی حداقل به میزان ۱۰۰۰ وسیله نقلیه به ازاء یک دوره ۵ ساعتی از روزهای تعطیل آخر هفته باشد.
- در این ضابطه مسیر اصلی مسیری است که حداقل دارای یکی از ویژگی های زیر باشد:
- بخشی از سیستم معابر یا بزرگراهها باشد، که بعنوان سرویس دهنده جریان ترافیک عبوری در شبکه عمل می نماید.
  - شامل بزرگراههای ورودی، خروجی یا کمربندی های داخل و خارج شهر باشد.

#### ضابطه ۸: ترکیبی از ضوابط

- در موارد استثنایی می توان علیرغم اینکه هیچیک از ضوابط برآورده نشده اند استفاده از چراغ های راهنمایی مجاز شمرد به شرط آنکه تا میزان ۸۰ درصد یا بیشتر از مقادیر عددی ارائه شده در ضوابط ۱ و ۲ برآورده شوند.

### ضابطه ۹ : حجم ترافیک ۴ ساعتی

اگر حجم وسایل نقلیه برای هر ۴ ساعت از یک روز عادی، برای خیابان اصلی (مجموع دو جهت در هر ساعت) و برای خیابان فرعی در جهت با ترافیک بیشتر (فقط در یک جهت در هر ساعت)، بصورت نقاطی ترسیم شده و این نقاط، در بالای منحنی های شکل ۴-۹ واقع شوند، این ضابطه بکار برده می شود.

### ضابطه ۱۰ : تأخیر ساعت اوج

وقتی که شرایط ترافیکی برای مدت یکساعت از روز به گونه ای باشد که ترافیک خیابان فرعی، تأخیر ناخواسته و نامناسبی را در ورود یا عبور از تقاطع با خیابان اصلی متحمل شود، آنگاه از این ضابطه می توان استفاده نمود. براین اساس، باید شرایط مذکور که ذیلاً تشریح می شوند، برای یک ساعت (در هر چهار دوره ۱۵ دقیقه ای متوالی) از یک روز عادی وجود داشته باشد :

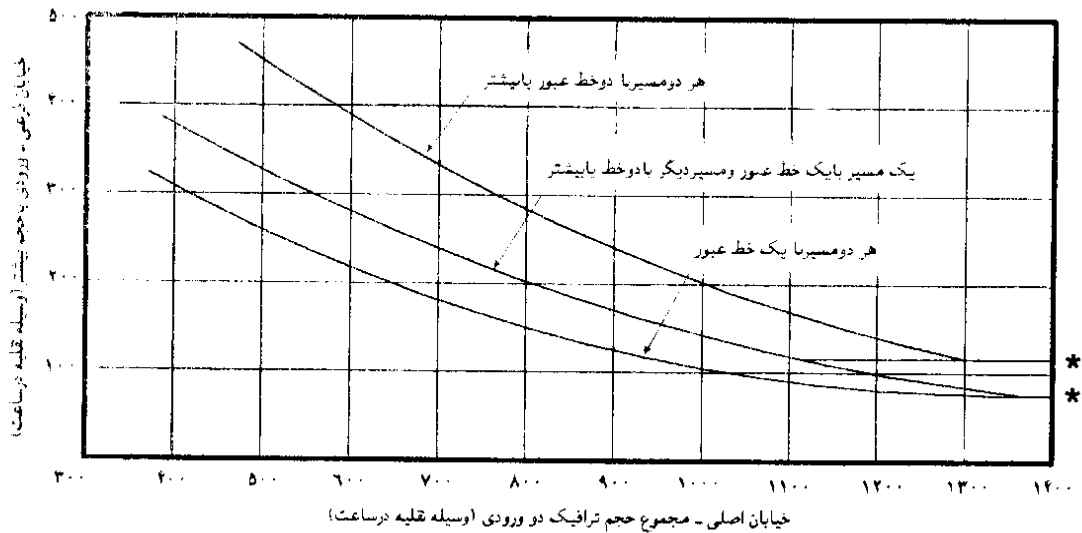
- کل تأخیر جریان ترافیک برای یکی از خیابان های فرعی منتهی به تقاطع که با علامت " ایست " کنترل می گردد، مساوی یا بیشتر از چهار وسیله نقلیه - ساعت برای ورودی یک خطه و یا پنج وسیله نقلیه - ساعت برای ورودی دو خطه باشد، و

- حجم ترافیک در همان خیابان فرعی (تنها در یک جهت)، مساوی یا بیشتر از ۱۰۰ وسیله نقلیه در ساعت برای یک خط عبوری یا ۱۵۰ وسیله نقلیه در ساعت برای دو خط عبوری باشد، و

- کل حجم ورودی که در طی یک ساعت از تقاطع عبور می کند، برای تقاطع های چهار راهی یا بیشتر، مساوی یا بیشتر از ۸۰۰ وسیله نقلیه در ساعت و برای تقاطع های سه راهی ۶۵۰ وسیله نقلیه در ساعت باشد.

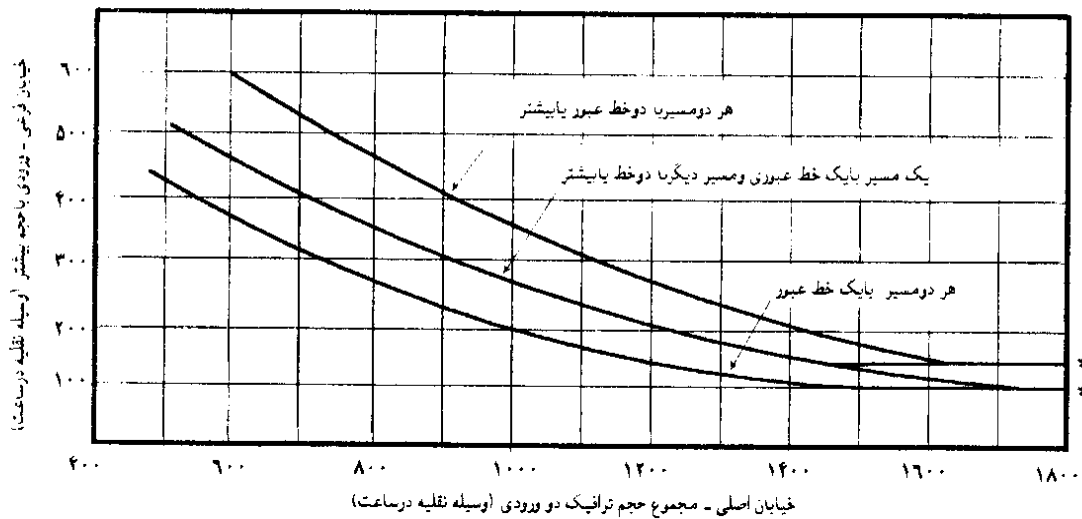
### ضابطه ۱۱ : حجم ترافیک ساعت اوج

چنانچه شرایط ترافیک تقاطع برای مدت یک ساعت در طول روز به گونه ای باشد که ترافیک خیابان فرعی تأخیر ناخواسته و نامناسبی را متحمل شود، از این ضابطه استفاده می شود. ضابطه حجم ساعت اوج هنگامی برآورده می شود که مختصات نقاط ترسیمی مربوط به تعداد وسایل نقلیه در ساعت در خیابان اصلی (مجموع دو مسیر) و تعداد وسایل نقلیه در همان ساعت در مسیر خیابان فرعی (در جهت با حجم بیشتر) برای دوره زمانی یک ساعته متشکل از ۴ دوره ۱۵ دقیقه ای متوالی از یک روز عادی، در بالای منحنی شکل ۴-۱۰ قرار گیرد.



\* ۱۱۵ وسیله نقلیه در ساعت به عنوان حدپائین حجم ترافیک یک ورودی فرعی با دوخط عبور یا بیشتر و ۷۵ وسیله نقلیه در ساعت به عنوان حدپائین برای ورودی فرعی با یک خط عبور در نظر گرفته می شود.

شکل ۴-۹- ضابطه حجم ترافیکی چهارساعته [۳۹]



\* ۱۵۰ وسیله نقلیه در ساعت به عنوان حدپائین حجم ترافیک یک ورودی فرعی با دوخط عبور یا بیشتر و ۱۰۰ وسیله نقلیه در ساعت به عنوان حدپائین برای ورودی فرعی با یک خط عبور در نظر گرفته می شود.

شکل ۴-۱۰- ضابطه حجم ساعت اوج [۳۹]

- ضوابط دستورالعمل آلمان (RILSA) (۱۷۴)

در این دستورالعمل هیچگونه ضابطه کمی برای توجیه لزوم نصب چراغ راهنمایی ارائه نشده است. علت این امر وجود تعارض احتمالی بین اهداف عناصر مختلف ترافیک تقاطع و عدم هماهنگی بین خواسته های آنها عنوان شده است. اما با این وجود معیارهای زیر به ترتیب اهمیت، برای نصب چراغ ارائه شده اند :

- تعداد تصادفات و شدت برخورد
- شرایط دید در ورودی های تقاطع
- ایمنی عابرین پیاده و دوچرخه سواران
- حجم تردد وسایل نقلیه در مسیرهای اصلی و فرعی
- برنامه ریزی و تنظیم تردد وسایل حمل و نقل عمومی
- روند تردد عابرین پیاده و دوچرخه سواران
- هدایت وسایل نقلیه موتوری در شبکه حمل و نقل شهری
- رفع تراکم بیش از حد در قسمت هایی از شبکه معابر
- تأثیر بر روی محیط زیست

در این دستورالعمل توصیه شده است که پیش از نصب چراغ راهنمایی، امکان ایمن سازی و بهبود تردد ترافیک تقاطع بوسیله سایر اقدامات مدیریتی از قبیل یکطرفه کردن خیابانها، بستن موقتی برخی معابر منتهی به تقاطع ها، ممنوعیت دائم یا موقت برخی حرکات گردش به چپ یا راست، تنظیم طرح هندسی تقاطع، احداث جزیره های ترافیکی و غیره مورد بررسی قرارگیرد. مطابق دستورالعمل آلمان اهداف زیر برای نصب چراغ راهنمایی تعیین شده است :

ضابطه ۱ - ایمنی ترافیک

چنانچه در یک تقاطع مکرراً تصادفاتی رخ دهد، که بتوان با نصب چراغ راهنما از بروز این تصادفات جلوگیری نمود و انجام سایر اقدامات محدودسازی از جمله محدودیت سرعت و غیره به میزان کافی موفق نباشد، می توان امکان نصب چراغ راهنما را مورد توجه قرار داد. در این رابطه، مسایل ومشکلات دیگری نیز دخیل هستند که موجب بروز تصادفات مکرر می شوند. از آن جمله اند :

- حجم ترافیک و یا سرعت های بیش از حد در خیابانهای اصلی
- وجود موانع دید در تقاطع و یا مشخص نبودن حق تقدم
- حجم ترافیک بیش از حد در یکی از بازوهای فرعی تقاطع بسا توجه به حجم ترافیک در بازوی اصلی

## ضابطه ۲ - تسهیل عبور و مرور

در تقاطع هایی که عبور و مرور با مشکلاتی همراه است، نصب چراغ راهنمایی همراه با اصلاحات هندسی می تواند در تسهیل عبور و مرور مؤثر واقع شود. همچنین در مواردی ممکن است ضرورت بهبود تردد در یک شبکه، نصب چراغ راهنمایی در یک تقاطعی که به تنهایی نیاز به چراغ ندارد را ایجاب نماید.

چراغ راهنمایی می تواند در شرایط زیر در بهبود عبور و مرور مؤثر واقع گردد :

- حداقل در یکی از بازوهای فرعی تقاطع، در دوره های زمانی معین و مکرر، زمان انتظار طولانی مثلاً بعلت وجود جریان گردش به چپ خروجی از خیابان اصلی، وجود داشته باشد و منجر به وجود آمدن راه بندان گردد.

- وسایل نقلیه مسیر فرعی برای رعایت حق تقدم، مجبور به تحمل زمان انتظار طولانی باشند (مثلاً ۲ تا ۳ دقیقه)

- عابرین پیاده و دوچرخه سواران ملزم به تحمل زمان انتظار طولانی باشند (مثلاً بیشتر از یک دقیقه)

- هنگامی که تسهیل تردد وسایل حمل و نقل عمومی در هنگام خروج از مسیر اصلی یا ورود به آن و یا قطع خیابان های دارای حق تقدم، مورد نظر باشد.

- برای نظم بخشیدن به تردد وسایل نقلیه و ایجاد محدودیت برای ورود ترافیک به قسمت های پرتراکم شبکه و نیز به منظور ایجاد دسته بندی منظم با فواصل زمانی مناسب برای وسایل نقلیه، می توان از چراغهای راهنمایی کنترل ترافیک استفاده نمود. به عنوان مثال، می توان برای جلوگیری از استفاده بیش از حد ظرفیت از بزرگراهها و معابر شریانی اصلی از نصب چراغ راهنمایی در ورودی این مسیرها استفاده نمود.

## ضابطه ۳ - مصرف سوخت

اگرچه هدف از نصب چراغ راهنمایی در درجه اول، صرفه جویی در مصرف سوخت نیست، ولی چون روش های کنترل ترافیک بدلیل اعمال محدودیت هایی در سرعت مجاز و کنترل تردد، مصرف سوخت را تقلیل می دهند، می توان با نصب چراغهای راهنمایی اهداف تقلیل در مصرف سوخت را نیز برآورده نمود.

## ضابطه ۴ - آلودگی هوا

نصب چراغ راهنمایی از جمله اقدامات مدیریتی ترافیک برای مکانهایی است که دارای آلودگی بیش از حد هوا ناشی از گازهای خروجی وسایل نقلیه هستند. این اقدام موجب صرفه جویی در مصرف سوخت و در نتیجه، تقلیل اغلب گازهای آلاینده می گردد. این معیار خصوصاً در تقاطع هایی که



عابرین پیاده و دوچرخه سواران زیادی تردد می‌کنند و استفاده های جنبی دیگری نیز از پیاده روها صورت می‌گیرد (نظیر فروش مطبوعات و . . .)، قابل توجه است. بعلاوه می‌توان با اعمال قانون خاموش نمودن وسایل نقلیه در پشت چراغ قرمز، اثرات این معیار را افزایش داد.

ضابطه ۵ - ایجاد سازش میان اهداف متناقض

نصب چراغ راهنمایی در درجه اول براساس ضرورت ها و خواسته های عناصر تشکیل دهنده ترافیک و ساکنین محل توجه می‌شود. باوجود اینکه تمامی عابرین پیاده، دوچرخه سواران، مؤسسات حمل و نقل عمومی، مسافران و سایر استفاده کنندگان وسایل نقلیه انتظار دارند که نصب چراغ راهنمایی موجب بهبود ترافیک، ایجاد راحتی و افزایش سرعت جریان ترافیک شود، بازهم معمولاً تضادی در اهداف بوجود می‌آید. بنابراین برای طراحی چراغهای راهنمایی باید نیازمندی های تمام اجزاء ترافیک و ساکنین محلی را در نظر گرفت و با توجه به تقدم آنها، تعادلی بین اهداف بوجود آورد.

- ضوابط دستورالعمل هندوستان [۸۴]

انجمن راههای هندوستان ضوابط زیر را برای نصب چراغ راهنمایی در تقاطع ها ارائه نموده است :

ضابطه ۱ - حداقل حجم ترافیک

اگر برای هر ۸ ساعت از یک روز عادی، در خیابان های اصلی و فرعی، مقدار متوسط حجم های ترافیک مطابق جدول ۴-۴ وجود داشته باشد، استفاده از چراغ راهنمایی برای کنترل تقاطع توصیه می‌شود.

جدول ۴-۴ - حداقل حجم وسایل نقلیه برای نصب چراغ راهنمایی در تقاطع [۸۴]

حجم ترافیک (وسیله نقلیه در ساعت)		تعداد خطوط عبوری در هر ورودی	
خیابان اصلی (مجموع دو جهت)	خیابان فرعی (جهتی که دارای حجم بیشتر است)	خیابان اصلی	خیابان فرعی
۶۵۰	۲۰۰	۱	۱
۸۰۰	۲۰۰	۱	۲ یا بیشتر
۸۰۰	۲۵۰	۲ یا بیشتر	۲ یا بیشتر
۶۵۰	۲۵۰	۲ یا بیشتر	۱

ضابطه ۲ - وقفه در جریان پیوسته ترافیک

اگر حجم ترافیک خیابان اصلی مطابق جدول ۴-۵ در حدی سنگین باشد که تأخیر زیادی بر وسایل نقلیه خیابان فرعی تحمیل گردد و ایمنی آنان نیز به خطر افتد، نصب چراغ راهنمایی توصیه می گردد.

جدول ۴-۵ - ضابطه حجمی وقفه در جریان ترافیک پیوسته [۸۴]

تعداد خطوط عبوری در هر ورودی		حجم ترافیک (وسیله نقلیه در ساعت)	
خیابان اصلی	خیابان فرعی	خیابان اصلی (مجموع دو جهت)	خیابان فرعی (جهتی که دارای حجم بیشتر است)
۱	۱	۱۰۰۰	۱۰۰
۲ یا بیشتر	۱	۱۲۰۰	۱۰۰
۲ یا بیشتر	۲ یا بیشتر	۱۲۰۰	۱۵۰
۱	۲ یا بیشتر	۱۰۰۰	۱۵۰

ضابطه ۳ - حداقل حجم تردد پیاده

اگر برای هر ۸ ساعت از یک روز عادی شرایط زیر موجود باشد، استفاده از چراغ راهنمایی توصیه می شود :

- حجم ترافیک در خیابان اصلی (مجموع دو جهت) ۶۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت یا بیشتر بوده و یا در صورت وجود حفاظ میانی به عرض ۱/۲ متر یا بیشتر ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت یا بیشتر باشد و

- تعداد عابرین پیاده در شلوغ ترین گذرگاه عرضی عابر پیاده مسیر اصلی در همان ۸ ساعت فوق ۱۵۰ نفر در ساعت یا بیشتر باشد.

ضابطه ۴ - سابقه تصادفات

در صورتی که وضعیت تصادفات بصورت زیر باشد، نصب چراغ راهنمایی توصیه می شود :

- ۵ تصادف یا بیشتر در طول یک سال اتفاق افتاده باشد.

- سایر تمهیدات به کار گرفته شده منجر به کاهش تعداد تصادفات نشده باشد.

جمع بندی و نتیجه گیری

مقایسه ضوابط مندرج در دستورالعمل های RILSA, MUTCD و هندوستان نشان می دهد که ضوابط کشور هندوستان ارقام واقع گرایانه تری ارائه می کند و هماهنگی بیشتری با شرایط موجود در تقاطع های کشور دارد.

۴-۳-۲- تقاطع بدون چراغ

کنترل بدون چراغ تقاطع با نصب علائمی همچون " ایست " و " رعایت حق تقدم " و حتی در مواردی بدون این علائم (بدون کنترل) صورت می گیرد.

در دستورالعمل های مختلف ضوابط متفاوتی برای نصب علائم کنترل تقاطع ارائه شده است. دربرخی از این معیارها علاوه بر حجم تردد تقاطع، سابقه تصادفات و یا نوع کاربری موجود در حریم تقاطع نیز در نظر گرفته می شود [۳۹].

کتاب راهنمای یکنواخت وسایل کنترل ترافیک (MUTCD) بدلیل محدودیتی که تابلوی ایست برای رانندگان وسایل نقلیه ایجاد می کند، نصب این تابلو را تنها در موارد زیر توصیه می کند :

- در تقاطع یک مسیر کم اهمیت با یک خیابان اصلی، در صورتی که کاربرد قانون حق تقدم بسیار خطر آفرین است.

- خیابانی که وارد یک خیابان اصلی یا بزرگراه می گردد.

- تقاطع بدون چراغ که در یک ناحیه دارای تقاطع های چراغدار قرار دارد.

- در سایر تقاطع هایی که ترکیبی از سرعت زیاد، محدودیت دید و نرخ تصادف بالا، نیاز به کنترل توسط علامت " ایست " را توجیه می نماید.

قبل از بررسی ضوابط فوق، باید بررسی هایی در مورد نصب سایر علائم، نظیر تابلوی " رعایت حق تقدم " که محدودیت کمتری ایجاد می کنند و نیاز به ایست کامل ندارند، نیز انجام شود.

طبق ضوابط MUTCD استفاده از تابلوی " ایست " در تقاطع های چراغ دار مجاز نیست، زیرا عملکرد متداخل این دو سیستم کنترل ممکن است منجر به سردرگمی رانندگان گردد. استفاده توأم از چراغ و تابلوی ایست، تنها در شرایطی مجاز است که چراغ دائماً بصورت قرمز چشمک زن عمل کند.

هنگامی که دو مسیر اصلی با یکدیگر تلاقی می کنند، تابلوی ایست باید در مسیر فرعی تر که دارای حجم ترافیک کمتری است نصب گردد. اما ممکن است مطالعات ترافیکی ایجاب کند که تابلوی ایست در مسیر اصلی که حجم ترافیک آن بیشتر است نصب شود.

با استفاده از تابلوی " رعایت حق تقدم " حق تقدم عبور در تقاطع به جریان های خاصی اختصاص می یابد. وسایل نقلیه ای که با این علامت کنترل می شوند، فقط در مواردی باید توقف کنند که لازم است برای اجتناب از برخورد با سایر وسایل نقلیه دارای حق تقدم متوقف گردند.

راهنمای MUTCD ضوابط زیر را برای نصب تابلوی رعایت حق تقدم ارائه نموده است :

- در ورودی هایی که لازم است حق تقدم ورود رعایت شود و سرعت ترافیک نزدیک شونده به تقاطع بیش از ۱۵ کیلومتر در ساعت باشد.

- در شیبراهه ورودی بزرگراه ها، در شرایطی که خط افزایش سرعت فراهم نشده باشد.

- در تقاطع های واقع در خیابان های دوطرفه مجزا، در شرایطی که عرض حفاظ میانی بیش از ۱۰ متر باشد. در چنین تقاطع هایی، ممکن است در محل ورود به اولین مسیر از خیابان مجزا تابلوی ایست بکار رود و از تابلوی حق تقدم در محل ورود به مسیر دوم استفاده گردد.

- در صورتی که مسیر گردش به راست مجزا، بدون خط افزایش سرعت مناسب، وجود داشته باشد.

- در تقاطع هایی که مشکلات خاصی وجود داشته و براساس مطالعات مهندسی مشخص شده باشد که با استفاده از تابلوی حق تقدم اصلاح می شود.

مطابق دستورالعمل FHWA<sup>۱</sup> معیارهای زیر برای استفاده از تابلوهای کنترل ترافیک در تقاطع های کم حجم ارائه شده است : [۵۴]

۱- تابلوی ایست باید در صورتی در مسیرهای فرعی تقاطع نصب شود، که حداقل یکی از شرایط زیر برقرار باشد :

- فاصله دید در هر گوشه تقاطع به حدی باشد که سرعت ایمن برای ورود به تقاطع را به کمتر از ۱۵ کیلومتر در ساعت تقلیل دهد.

- تعداد تصادفات وسایل نقلیه در مسیر فرعی بصورت زیر باشد :

- چهار تصادف یا بیشتر در طی سه سال اخیر، یا

- سه تصادف یا بیشتر در طی سه سال اخیر، به شرطی که حجم وسایل نقلیه در مسیر فرعی کمتر از ۳۰۰ وسیله نقلیه در روز باشد.

۲- تابلوی " رعایت حق تقدم " باید در صورتی در مسیر فرعی نصب شود که مسافت دید موجود در هر چهار گوشه تقاطع اجازه عبور با سرعت حداقل ۱۵ کیلومتر در ساعت را داده و حداقل یکی از شرایط زیر فراهم باشد :

- در طی سه سال اخیر بیش از ۲ تصادف وسایل نقلیه در مسیر فرعی رخ نداده باشد، یا

۱- FHWA (Federal Highway Administration)

- در تقاطع هایی که حجم مسیر فرعی بیش از ۳۰۰ وسیله نقلیه در روز بوده و در طی سه سال اخیر، بیش از ۳ تصادف روی نداده باشد.

۳- در صورتی که مسافت دید لازم برای رعایت حق تقدم فراهم بوده و هیچ تصادفی در طی ۳ سال اخیر روی نداده باشد و همچنین حجم ترافیک در مسیر اصلی کمتر از ۲۰۰۰ وسیله نقلیه در روز باشد، می توان از نصب علائم کنترل در تقاطع صرف نظر کرد.

در جدول ۴-۶ خلاصه ای از شرایط اعمال کنترل " ایست " و " رعایت حق تقدم " ارائه شده است.

جدول ۴-۶- خلاصه ای از شرایط اعمال کنترل " ایست " و " حق تقدم " [۵۴]

حجم ترافیک در مسیر اصلی		سابقه تصادفات	فاصله دید
کمتر یا مساوی ۲۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	بیشتر از ۲۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	طی سه سال اخیر	
بدون کنترل		هیچ	مناسب
تابلوی رعایت حق تقدم		کمتر یا مساوی ۲	
تابلوی ایست*		۳	
تابلوی ایست		۴ و بیشتر	نامناسب

\* اگر حجم ترافیک در مسیر فرعی بیش از ۳۰۰ وسیله نقلیه در روز باشد، تابلوی رعایت حق تقدم برای تقاطع هایی با کمتر از ۴ تصادف در ۳ سال اخیر مناسب است.

#### ۴-۴ - چراغ راهنمایی

به منظور کارایی هرچه بیشتر چراغهای راهنمایی، عملکرد آنها باید واضح و آشکار باشد تا پیامی که از آنها صادر می شود، سریعاً از سوی رانندگان وسایل نقلیه و عابرین پیاده دریافت و درک شود. آشکار بودن و وضوح چراغهای راهنمایی بستگی به نحوه قرار گیری فانوسها، اندازه عدسیها و مسیزان روشنایی آنها دارد. طراحی چراغهای راهنمایی باید به گونه ای صورت گیرد که به رانندگان اطمینان خاطر داده و موجب سردرگمی آنها نگردد. این طرح باید دارای ویژگی های زیر باشد:

- ارائه قوانین و مقررات کنترل ترافیک بصورت منطقی و بدون ابهام
- سادگی و سهولت درک
- یکسان بودن و یکنواختی در طرح و شکل
- حداقل بودن تعداد فانوسها و هزینه نصب
- ممانعت از توالی و تداخل نادرست عدسی ها

علاوه بر موارد فوق، فازبندی و زمان بندی صحیح چراغ تقاطع در تأمین ایمنی و افزایش ظرفیت آن نیز مؤثر است.

هدف از این بخش، ارائه اصول و مبانی طراحی اجزاء تشکیل دهنده چراغهای راهنمایی، محل نصب و همچنین فازبندی و زمان بندی آنها است. پیش از آنکه به شرح این مباحث پرداخته شود، تعریف مفاهیم و اصطلاحات مرتبط با تقاطع های چراغ دار ارائه می گردد.

#### ۴-۴-۱ - تعاریف

چرخه - عبارتست از یک دور کامل از حالت های چراغ راهنمایی.

طول چرخه - عبارتست از زمان لازم برای طی یک چرخه چراغ راهنمایی که معمولاً برحسب ثانیه بیان می شود.

فاز (دوره) - بخشی از یک چرخه چراغ راهنمایی است که به عبور یک یا چند حرکت ترافیکی همزمان اختصاص می یابد.

فرجه - مدت زمانی است که در طول آن، وضعیت کلیه چراغهای تقاطع ثابت است.

فرجه تمام قرمز - مدت زمانی است که در طی آن، به منظور ایمنی و تسهیل تخلیه تقاطع، در همه جهت ها چراغ قرمز ظاهر می شود.

فرجه زرد - مدت زمانی است که درمیان علائم سبز و قرمز چراغ راهنمایی در نظر گرفته می شود تا وسایل نقلیه ای که به علت سرعت زیاد قادر به توقف نیستند بتوانند با ایمنی از تقاطع عبور نمایند.

زمان تخلیه - مدت زمانی است که در پایان زمان سبز یک حرکت ترافیکی تا شروع زمان سبز حرکت بعدی در نظر گرفته می شود و برابر است با فرجه زرد بعلاوه فرجه تمام قرمز.

زمان سبز - مدت زمانی است که در یک چراغ راهنمایی، رنگ سبز به نشانه اجازه عبور یک حرکت یا دسته ای از حرکت ها ظاهر می شود.

زمان هدر رفته - مدت زمانی از هر چرخه چراغ راهنمایی است که تقاطع به علت تأخیر حرکت در آغاز زمان سبز یا افت جریان در زمان تخلیه، بطور مؤثر مورد استفاده واقع نمی شود.

زمان سبز مؤثر - بخشی از یک فاز است که بطور مؤثر توسط حرکت مربوطه مورد استفاده قرار می گیرد و برابر است با زمان سبز بعلاوه زمان تخلیه، منهای زمان هدر رفته برای فاز i ام.

نسبت سبز - عبارتست از نسبت زمان سبز مؤثر یک فاز به طول چرخه.

ورودی (رویگرد) - عبارتست از هریک از مسیرهای منتهی به تقاطع. براین اساس یک تقاطع چهارراهی دارای چهار ورودی است.

گروه خط - عبارتست از یک یا چند خط عبور از ورودی تقاطع که دارای حرکت مشابه بوده و با یک علامت مشخص چراغ راهنمایی اجازه حرکت می یابند.

گردش حمایت شده - حرکت گردشی است که در یک فاز جداگانه، بدون برخورد با جریان های ترافیکی مزاحم مانند ترافیک روپرو یا عبورین پیاده انجام می شود.

گردش حمایت نشده - حرکت گردشی است که بطور همزمان با جریان های ترافیکی مخالف و از بین آنها صورت می گیرد.

#### ۴-۲-۴-۴ اجزاء و عوامل نگهدارنده چراغ

##### ۴-۲-۴-۱-۱ فانوس

فانوس جعبه ای است که در آن تعدادی عدسی چراغ راهنمایی به تناسب نیاز نصب می شود. هرچراغ راهنمایی ممکن است از یک یا چند فانوس مستقل تشکیل گردد. در هر فانوس چراغ راهنما، باید حداقل ۳ و حداکثر ۵ عدد عدسی قرار گیرد که می توانند بصورت عمودی یا افقی استقرار یابند [۳].

۴-۲-۲- عدسی

عدسی های چراغ راهنمایی وسایل نقلیه دایره ای شکل و در دو اندازه با قطرهای ۲۰ و ۳۰ سانتیمتر هستند [۳]. عدسی های مربوط به وسایل نقلیه ممکن است به رنگ های قرمز، زرد و سبز بوده ولی عدسی هایی که اجازه تردد به وسایل نقلیه خاص نظیر قطارهای سبک شهری یا اتوبوس ها را می دهند، باید به رنگ سفید باشند. عدسی های مخصوص عابرپیاده یا دوچرخه، دارای رنگ قرمز یا سبز هستند [۴۹].

۱- قطر عدسی

معمولاً برای چراغهای راهنمایی وسایل نقلیه از عدسی های ۲۰ سانتیمتری استفاده می گردد، لیکن براساس دستورالعمل MUTCD می توان برای موارد زیر از عدسی های با قطر ۳۰ سانتیمتر نیز استفاده نمود [۳۹]:

- در تقاطع هایی که ممکن است رانندگان، بطور همزمان چراغ های راهنمایی تقاطع و چراغ های ویژه خطوط عبور را مشاهده نمایند.
  - در صورتیکه نزدیکترین فانوس چراغ راهنما بین ۳۵ تا ۴۵ متر از خط ایست فاصله داشته و چراغ اضافی در سمت ورودی تقاطع نصب نشده باشد.
  - برای فانوس هایی که در فاصله بیش از ۴۵ متری خط ایست تقاطع واقع شده اند.
  - در تمام فانوس هایی که برای آنها فواصل دید حداقل ذکر شده در جدول ۴-۹ رعایت نشده باشد.
  - در تقاطع هایی که سرعت ۸۵ درصد وسایل نقلیه موتوری نزدیک شونده به آن از ۶۰ کیلومتر در ساعت بیشتر باشد.
  - در تقاطع هایی که رانندگان انتظار وجود چراغ راهنمایی را ندارند.
  - برای کلیه چراغ های پیکان دار.
  - در تقاطع هایی که براساس مطالعات مهندسی نیاز به تأمین دید بیشتری وجود دارد.
- در دستورالعمل استرالیا شرایط زیر برای استفاده از عدسی های با قطر ۳۰ سانتیمتر تعیین شده است [۴۹]:

- در تمامی فانوس های بالاسری که بر روی تیرهای طره ای نصب شده اند.
- در محل هایی که باید علامت چراغ راهنما از فاصله حدود ۱۵۰ متری قبل از خط ایست تقاطع مشاهده شود.

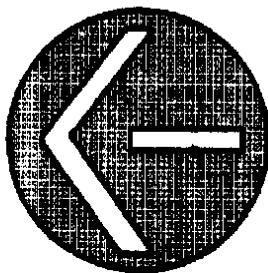


- در محل هایی که باید علائم چراغ راهنمایی پیکان دار از فاصله حدود ۸۰ متری قبل از خط ایست مشاهده شده و یا سرعت ۸۵ درصد وسایل نقلیه نزدیک شونده به تقاطع، بیشتر از ۴۰ کیلومتر در ساعت باشد.

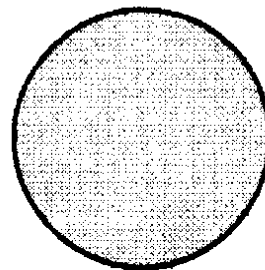
براساس ضوابط مندرج در دستورالعمل MUTCD، در یک فانوس چراغ راهنما، می توان از ترکیبی از عدسی های ۲۰ سانتیمتری و ۳۰ سانتیمتری استفاده نمود. لیکن استفاده از یک عدسی قرمز رنگ ۲۰ سانتیمتری همراه با عدسی های زرد یا سبز رنگ ۳۰ سانتیمتری مجاز نیست [۳۹].

## ۲ - نماد عدسی

در شکل ۴-۱۱ انواع نماد عدسی های چراغ راهنمای وسایل نقلیه نشان داده شده است. بطورکلی نماد عدسی چراغ های وسایل نقلیه می تواند به دو صورت ساده و پیکانی باشد.



ب - پیکانی



الف - ساده

شکل ۴-۱۱- نماد عدسی های وسایل نقلیه

### عدسی های ساده

عدسی های ساده از نظر کاربرد اولویت دارند، زیرا به راحتی قابل تشخیص و درک بوده و بیشترین میزان دید را تأمین می کنند. این نوع عدسی برای کلیه حرکات وابسته به چراغ راهنمایی تقاطع قابل استفاده بوده و به هنگام سبز بودن، امکان تخلیه در کلیه جهات ممکن و مجاز تقاطع را فراهم می نماید. براساس دستورالعمل MUTCD، رنگ های مختلف عدسی های ساده، عمدتاً در موارد زیر کاربرد دارند [۳۹]:

الف- قرمز ساده، برای ممانعت از ورود جریان ترافیک به داخل تقاطع و یا سایسر محوطه های تحت کنترل بکار می رود و اگر به همراه عدسی پیکانی سبز باشد، به معنای اعلام مجاز بودن حرکت گردشی نشان داده شده و ممنوعیت عبور مستقیم ترافیک در تقاطع است.

ب - زرد ساده، به منظور آگاه نمودن رانندگان از پایان زمان سبز و شروع زمان قرمز بکار می رود.

ج - سبز ساده برای نشان دادن مجاز بودن حرکت ترافیک در کلیه جهت های عبوری ممکن بکار می رود.

- عدسی های پیکانی

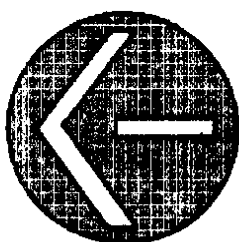
عدسی های پیکانی مطابق شکل ۴-۱۲ به منظور کنترل حرکات خاص و یا برای تکمیل یا حذف پیام ارائه شده توسط عدسی های ساده بکار می روند. این عدسی ها را می توان در موارد زیر جایگزین عدسی های ساده نمود [۳۹]:

- برای چراغ راهنمایی مسیری که با یک خیابان یکطرفه تقاطع دارد.

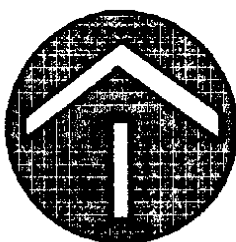
- برای مکانهایی که برخی حرکات گردش ممنوع است.

- در تقاطعی که برای برخی حرکات گردش، خطوط عبوری مجزا و یا فازبندی (دوره بندی) جداگانه به منظور محافظت از تداخل با سایر حرکات در نظر گرفته شده است.

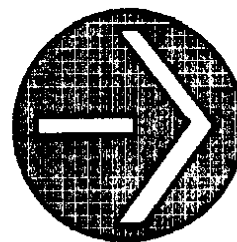
- در مواقعی که دیدن فانوس چراغ راهنمایی یک مسیر، توسط رانندگان وسایل نقلیه سایر مسیرها امکان پذیر باشد.



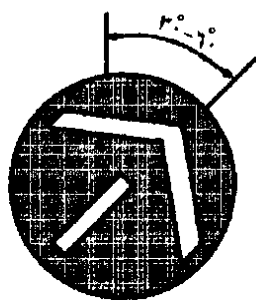
ج - گردش به چپ قائم



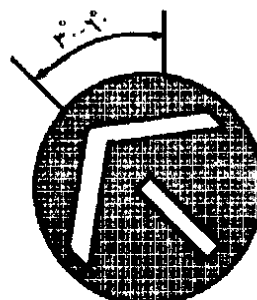
ب - عبور مستقیم



الف - گردش بر راست قائم



ه - گردش بر راست مایل



د - گردش به چپ مایل

شکل ۴-۱۲ - انواع عدسی های پیکانی بر اساس دستورالعمل استرالیا [۴۹]

پیکان های عمودی، بیانگر حرکت مستقیم ترافیک و پیکان های افقی، بیانگر حرکت گردش تحت زاویه قائمه هستند. چنانچه زاویه گردش قائمه نباشد، پیکان باید به صورت مایل و تقریباً مطابق با زاویه گردش باشد.

برروی هر عدسی باید فقط یک پیکان قرار گیرد و تنها، قسمت پیکان روشن شود. محدودیت های زیر برای استفاده از عدسی های پیکانی ارائه شده است [۶۰]:

- از عدسی های پیکانی به منظور کنترل تردد در خطوط عبوری استفاده نشود. در صورت لزوم، از چراغ های ویژه خطوط عبور استفاده گردد.
- فقط در صورت اجبار، از عدسی های پیکانی استفاده گردد.

### ۳- ترتیب عدسی های فانوس

ردیف عدسی های یک فانوس را می توان به دو صورت افقی یا عمودی قرار داد ولی قرارگیری عمودی دارای اولویت است. در قرارگیری عمودی، ترتیب عدسی ها بدین صورت است که رنگ قرمز در بالا و رنگ زرد در وسط و رنگ سبز در پایین قرار می گیرد و در صورت استفاده از عدسی های پیکانی، ترتیب قرارگیری عمودی از بالا به پایین به شرح زیر است [۲، ۳۹]:

قرمز ساده، قرمز پیکانی گردش به چپ، قرمز پیکانی گردش به راست، زرد ساده، سبز ساده، زرد پیکانی مستقیم، سبز پیکانی مستقیم، زرد پیکانی گردش به چپ، سبز پیکانی گردش به چپ، زرد پیکانی گردش به راست، سبز پیکانی گردش به راست.

در ترتیب قرارگیری افقی، باید عدسی قرمز در سمت چپ عدسی های زرد و سبز قرار گیرد و عدسی زرد بین عدسی های قرمز و سبز واقع شود. در صورت استفاده توأم از عدسی های ساده و پیکانی، ترتیب افقی قرار گرفتن عدسی ها از چپ به راست به شرح زیر است [۲، ۳۹]:

قرمز ساده، قرمز پیکانی گردش به چپ، قرمز پیکانی گردش به راست، زرد ساده، زرد پیکانی گردش به چپ، سبز پیکانی گردش به چپ، سبز ساده، زرد پیکانی مستقیم، سبز پیکانی مستقیم، زرد پیکانی گردش به راست، سبز پیکانی گردش به راست.

مطابق دستورالعمل استرالیا، فقط استفاده از ترتیب عمودی عدسی ها در فانوس چراغ راهنمایی مجاز است و توصیه های زیر نیز ارائه شده است [۴۹]:

- عدسی های همرنگ، باید در تراز افقی یکسانی قرار داده شوند.
- عدسی های هم شکل و هم جهت باید در تراز عمودی یکسانی قرار گیرند.
- عدسی های پیکانی گردش به چپ باید در سمت چپ و عدسی های پیکانی گردش به راست در سمت راست عدسی های ساده قرار داده شوند.
- در هیچ ردیف عمودی نباید بیش از ۳ عدسی قرار گیرد و فقط یک عدسی از هر رنگ در هر ردیف عمودی مجاز است.

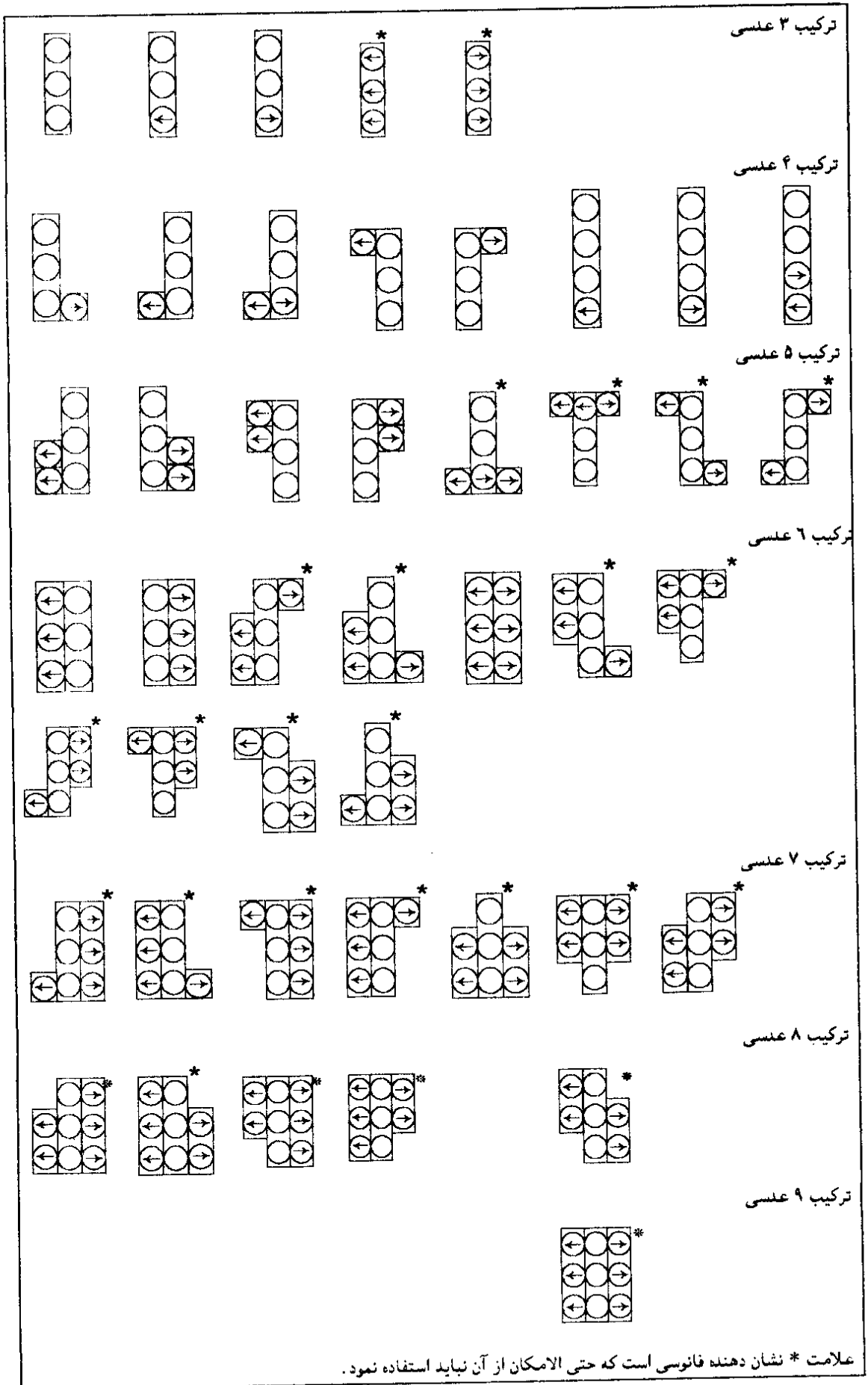
- در هر لحظه فقط باید یک عدسی در هر ردیف عمودی روشن باشد.  
 - استفاده از بیش از دو ردیف عمودی در یک فانوس چراغ، به لحاظ امکان بروز خطا در تشخیص جهات و رنگ ها توصیه نمی شود.  
 ترتیب قرارگیری عدسی های چراغهای راهنمایی براساس دستورالعمل های MUTCD و استرالیا به ترتیب در شکل های ۴-۱۳ و ۴-۱۴ نشان داده شده است.

الف	ب	ج	د
هـ	و	ز	ح
ط	ی	ک	ل
م	ن	س	ع
ب	ظ	ق	ر

راهنما :

R چراغ قرمز      Y چراغ زرد      G چراغ سبز      چراغ پیکانی

شکل ۴-۱۳- نمونه های ترتیب قرارگیری عدسی های چراغ راهنمایی



شکل ۴-۱۴- نمونه های ترتیب قرارگیری عدسی های چراغ راهنمایی براساس ضوابط استرالیا [۴۹]

۴-۲-۳- لامپ

لامپ منبع تولید روشنایی عدسی های چراغ راهنمایی بوده و براساس قطر عدسی ها، باید دارای مشخصات ویژه ای باشد. مشخصات لامپ های مناسب برای عدسی های مختلف براساس دستورالعمل استرالیا به شرح جدول ۴-۷ است.

جدول ۴-۷- لامپ های مناسب برای انواع عدسی چراغهای راهنمایی [۴۹]

کوارتز ۱۰ ولت هالوژنی	۱۵۰ وات ۲۴۰ ولت	۱۰۰ وات ۲۴۰ ولت	۶۷ وات ۲۴۰ ولت	نوع لامپ عدسی
نوع ۳۵ وات مناسب است	نامناسب (بزرگ است)	نامناسب (بزرگ است)	مناسب	۲۰ سانتیمتری مخصوص وسایل نقلیه
نوع ۵۰ وات مناسب است	مناسب (برای فواصل دید زیاد)	مناسب (در صورت استفاده از نقاب)	نامناسب (کم نور است)	۳۰ سانتیمتری مخصوص وسایل نقلیه
توصیه نمی شود	نامناسب (پرنور است)	نامناسب (پرنور است)	مناسب	مخصوص عابرین پیاده

۴-۲-۴- نقاب

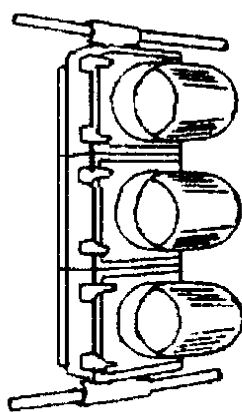
برای حفاظت سیستم نوری چراغ راهنمایی در مقابل اشعه خورشید و جلوگیری از بروز اشتباه در تشخیص علائم عدسی ها و نیز به منظور هدایت مستقیم نور چراغ به سمت جریان ترافیک مورد نظر جلوگیری از دیده شدن فانوس یک مسیر خاص توسط رانندگان سایر مسیرها، از نقاب استفاده می شود.

نقابها مطابق شکل ۴-۱۵ به سه دسته نقاب دور بسته (لوله ای)، نقاب جانبی (مورب) و نقاب باز طبقه بندی می شوند. از نقابهای دور بسته، به منظور ایجاد حداکثر پوشش دور عدسی و تأمین بیشترین ممانعت از مشاهده چراغ توسط رانندگان سایر مسیرها استفاده می شود. برای جلوگیری از دیده شدن چراغ در یک طرف و تأمین دید مناسب در طرف دیگر از نقابهای جانبی استفاده می شود. در صورتیکه نیاز به ایجاد هیچگونه محدودیت در دید چراغ راهنمایی تحت زوایای مختلف وجود نداشته باشد، می توان از نقابهای باز استفاده نمود که هدف از آنها فقط ممانعت از تشعشع و بازتاب اشعه اطراف می باشد. از نقابهای بسته معمولاً در چراغهای راهنمایی مستقر در سمت خروجی تقاطع استفاده می شود. در جدول ۴-۸، زوایای دید چراغ راهنمایی براساس نوع نقاب و طول مجاز آن، مطابق دستورالعمل استرالیا ارائه شده است.

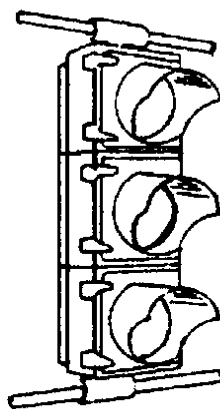
۴-۲-۵- تیغه

اگر امکان دیده شدن فانوس چراغهای راهنمایی توسط رانندگان سایر مسیرها در حدی باشد که نتوان با استفاده از نقاب آنرا برطرف نمود و شرایط محلی نیز اجازه تغییر محل پایه چراغ راهنمایی را ندهد، از تیغه استفاده می شود. در دستورالعمل های مختلف [۳۹، ۴۹ و ۷۴] شرایط و محدودیت های زیر برای استفاده از آنها ذکر شده است :

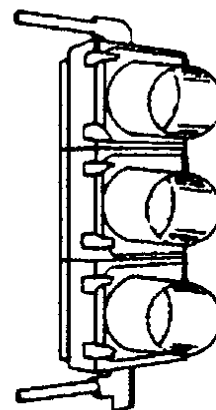
- استفاده از تیغه ها باید در حداقل ممکن باشد، زیرا موجب کاهش بازده سیستم نوری چراغ و تشکیل تصاویر بازتابشی می شود.
- در عدسی های دارای علائم نمادین نباید از تیغه استفاده نمود.



ج - نقاب جانبی



ب - نقاب باز



الف - نقاب دور بسته

۴-۱۵- نمونه هایی از انواع نقابها

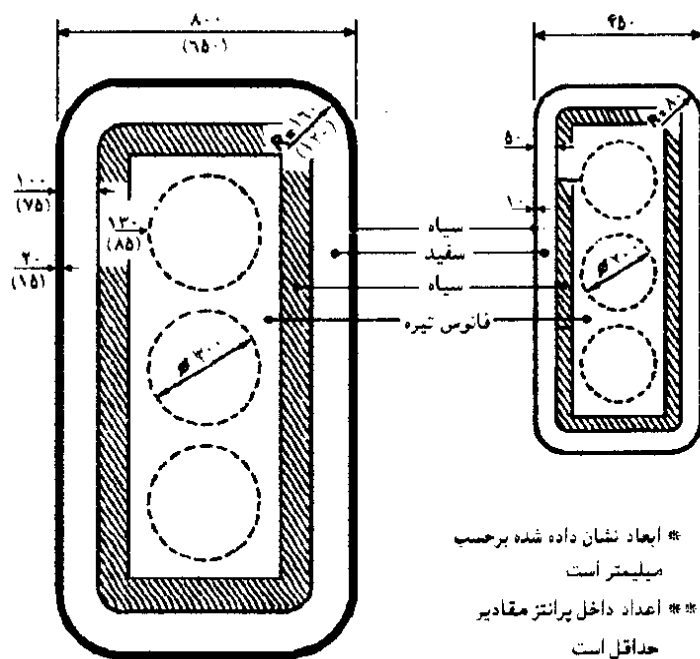
جدول ۴-۸- زوایای دید چراغ برای انواع نقابها [۴۹]

زاویه دید عدسی (درجه)	طول نقاب (سانتیمتر)	نوع نقاب	قطر عدسی (سانتیمتر)
بلون محدودیت	۲۰	باز	۲۰
۹۰	۲۰	بسته	۲۰
۶۷	۳۰	بسته	۲۰
۳۲ دوطرف بسته	۳۰	جانبی	۲۰
بلون محدودیت	۳۰	باز	۳۰
۹۰	۳۰	بسته	۳۰
۷۴	۴۰	بسته	۳۰
۳۷ دوطرف بسته	۴۰	جانبی	۳۰

تیغه ها به دو صورت عمودی و افقی بر روی عدسی نصب می شوند. تیغه های افقی، همانند نقابها انعکاس و تشعشع نور را حداقل نموده و پوشش دید چراغ راهنمایی را محدود می نمایند. تیغه های عمودی عمدتاً در تقاطع های مسرب و در سایر مواردی که محدودیت دید ایجاد شده بوسیله نقابها کافی نباشد، برای جهت گیری مناسب نور چراغ استفاده می شوند. به علاوه، این تیغه ها بمنظور ایجاد محدودیت دید در مسیرهای موازی مجاور، بعنوان مثال برای چراغ های ویژه خطوط عبوری نیز بکار می روند.

#### ۴-۲-۶- صفحه پشت چراغ

صفحه پشت چراغ، صفحه فلزی نازکی است که در حاشیه فانوس چراغ راهنمایی نصب می شود تا امکان دیده شدن و تشخیص رنگ آن افزایش یابد. از این صفحه عمدتاً بمنظور افزایش قابلیت دید چراغ راهنمایی در مقابل محیط اطراف، بخصوص در هنگامیکه زمینه پشت چراغ به سبب نور خورشید بسیار روشن است و یا در هنگام شب که به علت وجود نور تابلوهای تبلیغاتی مزاحمت هایی در دید نور عدسی ایجاد می گردد، استفاده می شود. به منظور استفاده از خاصیت تضاد رنگ ها، این صفحه با حاشیه داخلی سیاه، حاشیه خارجی سفید و لبه سیاه طراحی می شود تا امکان دید چراغ نسبت به محیط سفید رنگ اطراف، بهتر گردد. در شکل ۴-۱۶ نمونه هایی از صفحه پشت چراغ برای عدسی های ۲۰ و ۳۰ سانتیمتری براساس دستورالعمل آلمان ارائه شده است [۷۴].



شکل ۴-۱۶- جزئیات صفحه پشت چراغ برای دو نوع عدسی با قطرهای ۲۰ و ۳۰ سانتیمتری [۷۴]



#### ۴-۲-۷- تکمه فشاری عابریاده

کاربرد تکمه فشاری عابریاده در محل هایی مناسب است که در آنها هرازگاهی عبور عابریاده؛ پیش می آید و فرصت کافی برای عبور آنها وجود ندارد. تکمه فشاری برای تداوم فاز سبز استفاده می شود تا عابرین پیاده زمان کافی برای عبور در اختیار داشته باشند.

تکمه فشاری عابریاده باید در ارتفاع ۱٫۰ تا ۱٫۲ متر بالاتر از سطح پیاده رو و در محل های دسترس نصب شود. [۳۹]

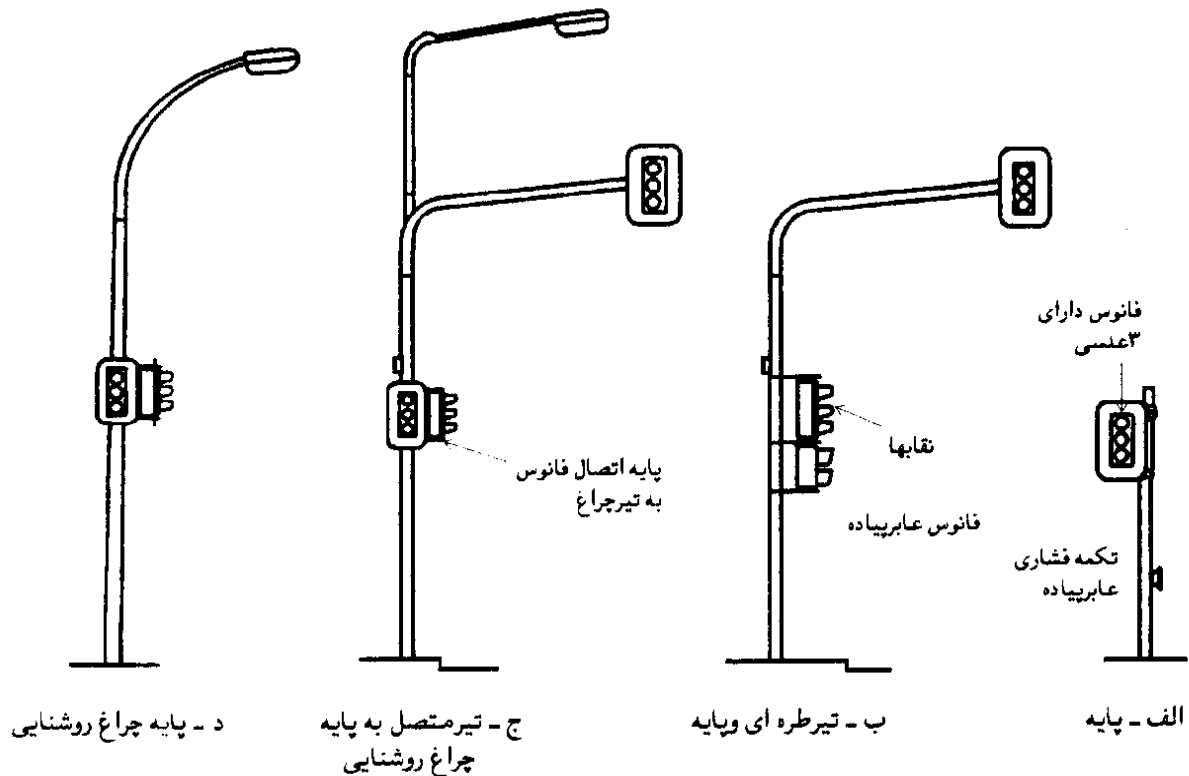
#### ۴-۲-۸- تجهیزات صوتی ویژه نابینایان

نصب تجهیزات ویژه نابینایان در چراغ های راهنمایی، باعث تردد ایمن این اشخاص در گذرگاه های پیاده می شود. علائم صوتی که برای اعلام زمان سبز صادر می شود باید بصورت غسیردائم و سینوسی با درکناس ۵۰ + ۸۰۰ هرتز در نظر گرفته شود. شدت صوت نیز باید به میزانی باشد که در روی گذرگاه از ناصله ۸ متری (حتی باوجود تردد و صدای بلند اطراف) قابل شنیدن باشد. این دستگاه باید با صدای محیط اطراف قابل تنظیم بوده و بلندگوی آن در ارتفاع چراغ راهنمای عابریاده طوری نصب گردد که صوت آن در جهت وسط خط عبور پخش شود.

از علائم صوتی جهت نما نیز می توان برای هدایت عابرین نابینا به سمت گذرگاه هایی که دارای چراغ راهنمایی می باشند استفاده نمود. این علائم باید در دایره ای به شعاع ۵ متر از پایه چراغ قابل شنیدن باشند [۷۶].

#### ۴-۲-۹- عوامل نگهدارنده چراغ راهنمایی

نصب چراغ های راهنمایی، با استفاده از پایه عمودی در مجاورت سواره رو و سر بالای سطح سواره رو (بصورت بالاسری) با استفاده از تیرطره ای صورت می گیرد. همچنین بمنظور ایجاد زیبایی منظر و رعایت مسایل اقتصادی، می توان فانوسهای چراغهای راهنمایی را بر روی تیرهای روشایی معاصر وحتسی دکل های مربوط به تجهیزات قطارهای برقی شهری نصب نمود. در شکل ۴-۱۷ نمونه هایی از روش نصب فانوسهای چراغهای راهنمایی و انواع عوامل نگهدارنده آنها نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۷- نمونه هایی از عوامل نگهدارنده چراغ های راهنمایی [۷۶]

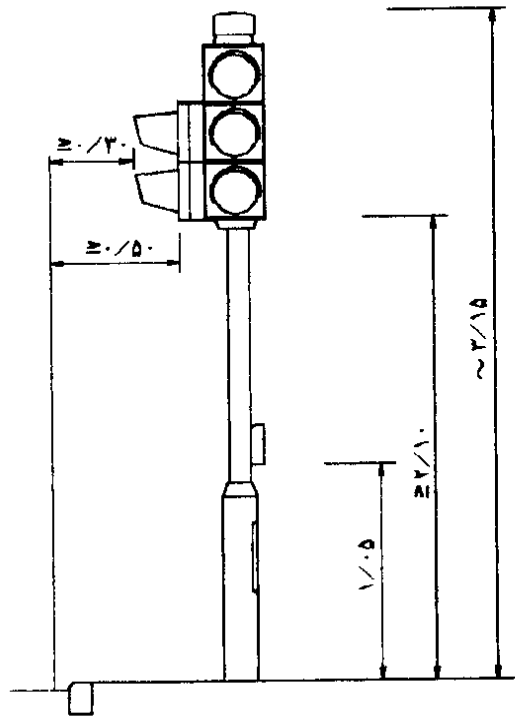
#### ۴-۴-۳- جزئیات نصب چراغ

#### ۴-۴-۳-۱- ارتفاع نصب

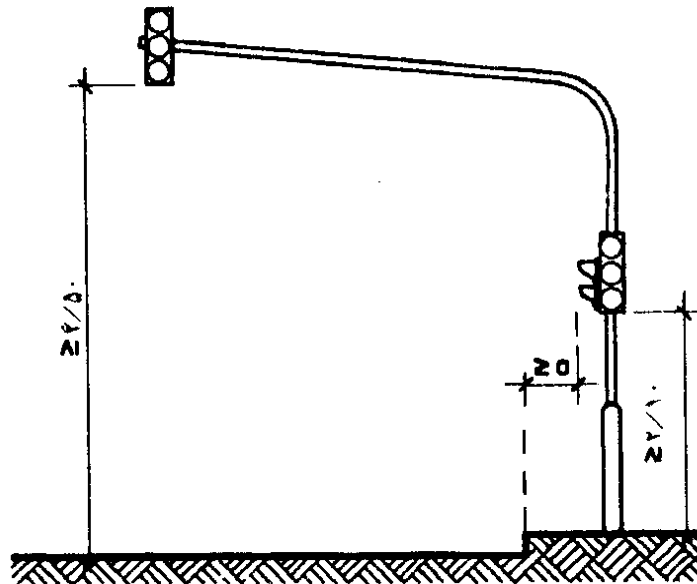
در دستورالعمل استرالیا [۴۹] توصیه شده است که ارتفاع نصب چراغها (فاصله بین سطح روسازی تا بالای جعبه چراغ) ۴/۱ متر باشد و در صورت نیاز به رویت چراغ راهنما در فاصله ۲۰ متری، این ارتفاع به ۳/۲ متر کاهش یابد. برای چراغ های بالاسری نیز ارتفاع نصب ۵/۳ تا ۵/۸ متر و برای فانوس های عابر پیاده، ۳ متر ذکر شده است.

دستورالعمل آلمان [۷۴]، حداقل ارتفاع مجاز قسمت تحتانی جعبه چراغ راهنمایی نسبت به سطح پیاده رو را ۲/۱ متر و نسبت به سطح مسیر دوچرخه ۲/۲۰ متر و نسبت به سطح سواره رو ۴/۵ متر ذکر نموده که در شکل های ۴-۱۸ و ۴-۱۹ نشان داده شده است.

بر اساس ضوابط دستورالعمل آمریکا [۳۹] ارتفاع چراغ راهنمایی واقع بر روی پایه، از سطح زیرین جعبه فانوس تا سطح پیاده رو، حداقل ۲/۴ و حداکثر ۴/۵ متر است. این ارتفاع برای چراغ های راهنمایی بالاسری که بر روی تیرپرده ای نصب شده اند، حداقل ۴/۵ و حداکثر ۵/۷ متر تعیین شده است.



شکل ۴-۱۸- ارتفاع نصب فانوس و فواصل جانبی مجاز پایه چراغ راهنمایی [۷۴]



\* پارامتر a برای سرعت های کمتر از ۵۰ کیلومتر بر ساعت برابر ۰/۵ متر و برای سرعت های کمتر از ۷۰ کیلومتر بر ساعت برابر ۰/۷۵ متر است.

شکل ۴-۱۹- ارتفاع نصب و فواصل جانبی مجاز چراغ راهنمایی واقع بر تیرپره ای [۷۴]

## ۴-۳-۲-۴- فواصل جانبی نصب

به لحاظ ایمنی تردد، باید پایه چراغهای راهنمایی وجعبه مخصوص کنترل تا حدی دورتر از لبه سواره رو نصب شود. این فاصله برای چراغهای راهنما تا حدی است که از قابلیت دید و وضوح عدسی‌ها نکاهد و درمورد دستگاه های کنترل باید به اندازه ای باشد که مانع دید رانندگان نسبت به سایر مسیرهای ورودی تقاطع نشده و مزاحمت در تردد عابرین پیاده نیز ایجاد نکردد.

حداقل فاصله پایه چراغ راهنما از برج‌دول حاشیه خیابان براساس دستورالعمل MUTCD ۶۰ سانتیمتر است و هیچ قسمتی از سطح شالوده ستون نیز نباید بیش از ۱۰ سانتیمتر از تراز سطح زمین بلندتر باشد [۳۹ و ۲].

مطابق دستورالعمل آلمان [۷۴] فاصله جانبی چراغ راهنما از لبه نقاب تا لبه جدول سواره رو بستگی به حداکثر سرعت مجاز خیابان دارد (شکل ۴-۱۹). چنانچه در خیابان های دوطرفه واقع در داخل مناطق مسکونی با حداکثر سرعت مجاز ۵۰ کیلومتر در ساعت، طرفین خیابان به وسیله جزیره میانی با جداول بلند از یکدیگر جدا شده باشند، می توان چراغ راهنما را در داخل جزیره با فاصله جانبی ۲/۰ متر نصب نمود. در خیابان های واقع در مناطق شهری کم تراکم توصیه می شود فواصل جانبی دو برابر در نظر گرفته شود.

در دستورالعمل استرالیا، فاصله پایه چراغهای راهنمایی یا تیرهای طره ای متصل به آنها از لبه جدول، حداکثر ۱ متر و حداقل ۶/۰ متر توصیه شده است. در صورت استقرار بر روی حفاظ های میانی، باید پایه چراغها در وسط آنها نصب شده و اگر این حفاظ ها عریض باشند، به لحاظ قرار گرفتن در مخروط دید رانندگان نباید پایه چراغ فاصله ای بیشتر از ۲ متر از لبه جدول حفاظ میانی داشته باشد. [۴۹].

## ۴-۳-۳-۴- تعداد و محل نصب

مهمترین عامل تعیین کننده محل استقرار چراغهای راهنمایی وسایل نقلیه، قابلیت دید و وضوح و آشکار بودن آنها برای ترافیک مسیر مربوطه است. چراغ راهنمایی باید در میدان دید طبیعی رانندگان واقع شود. زوایای عمودی و افقی دید فانوس چراغ راهنما برحسب محل قرارگیری چشم رانندگان، نوع وسیله نقلیه طرح و محل استقرار طولی، عرضی و ارتفاعی فانوس چراغ راهنمایی تعیین می گردد. ذیلاً دستورالعمل های کشورهای مختلف در رابطه با محل نصب و تعداد چراغ های راهنمایی مورد بررسی قرار می گیرد.

## - دستورالعمل MUTCD [۳۹]

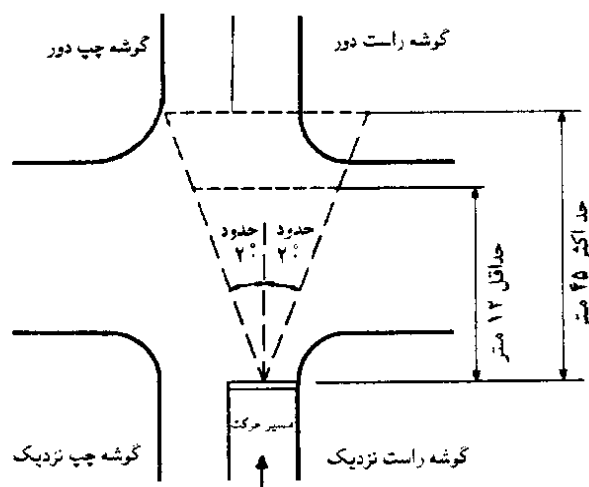
براساس این دستورالعمل، نصب حداقل دو چراغ راهنما برای ترافیک عبور مستقیم لازم است و این چراغ ها باید قبل از رسیدن به خط ایست تقاطع، حداقل از فواصل مندرج در جدول ۴-۹ قابل مشاهده باشند.

علاوه بر دو چراغ فوق، نصب یک چراغ راهنمای اضافی بمنظور کنترل حرکت های گردش و وسایل نقلیه دارای زمان سبز جداگانه لازم است و در صورتیکه موانع و عوارض فیزیکی مانعی در برابر دید رانندگان نسبت به فانوس چراغ راهنما پدید آورند، باید با نصب تابلوی مناسب، راننده را از نزدیک شدن به تقاطع آگاه کرد.

جدول ۴-۹- حداقل فاصله دید چراغ راهنما نسبت به خط ایست تقاطع [۳۹]

حداقل فاصله دید (متر)	سرعت ۸۵ درصد وسایل نقلیه نزدیک شونده به تقاطع (کیلومتر در ساعت)
۳۰	۳۰
۶۰	۴۰
۹۰	۵۰
۱۲۰	۶۰
۱۵۰	۷۰
۱۸۰	۸۰

حداقل یک و ترجیحاً هر دو چراغ مورد نیاز برای حرکت مستقیم باید به گونه ای نصب شوند که فاصله پایه چراغ از خط ایست خودروها حداقل ۱۲ و حداکثر ۴۵ متر باشد. در صورتیکه هر دو چراغ از نوع پایه ای باشند، باید هر دو در سمت دور تقاطع، یکی در سمت راست راننده و دیگری در سمت چپ او نصب شوند. اگر فاصله نزدیکترین چراغ راهنما تا خط ایست بیشتر از ۴۵ متر باشد، باید از یک چراغ راهنمای کمکی در طرف ورودی تقاطع استفاده گردد. همچنین این چراغها باید به نحوی در تقاطع نصب شوند که در داخل مخروط دید راننده با زاویه ۲۰ درجه از محور مسیر به طرف راست و چپ، واقع شوند (شکل ۴-۲۰).



شکل ۴-۲۰- میدان دید چراغ راهنمایی توسط رانندگان

بر اساس این دستورالعمل، چراغ های سمت نزدیک تقاطع باید حتی الامکان در مجاورت خط ایست قرار گیرند.

- دستورالعمل استرالیا [۴۹]

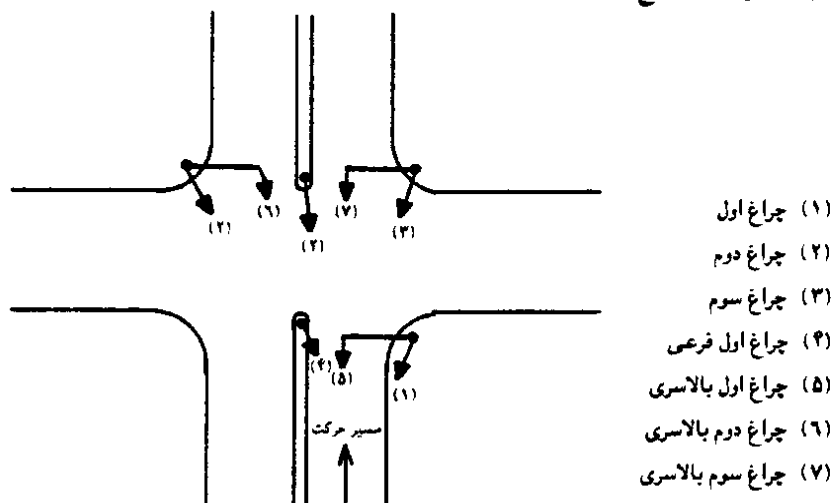
بر اساس این دستورالعمل، در هر مسیر منتهی به تقاطع حداقل ۳ چراغ مورد نیاز است که برای هر حرکت گردش جداگانه نظیر گردش به راست یا چپ، باید ۲ چراغ راهنمایی اضافی نیز تعبیه گردد. در جدول ۴-۱۰ فاصله دید هر چراغ بر حسب سرعت وسایل نقلیه در مسیر مربوطه ارائه شده است.

جدول ۴-۱۰ - فاصله دید چراغ راهنما بر حسب سرعت وسایل نقلیه در مسیر [۴۹]

چراغ چشمکزن (متر از خط ایست)	چراغ راهنمایی (متر از خط ایست)	سرعت وسیله نقلیه در مسیر (کیلومتر در ساعت)
۸۰	۴۰	۴۰
۱۰۰	۶۰	۵۰
۱۳۰	۸۰	۶۰
۱۵۰	۱۰۰	۷۰

در شکل ۴-۲۱ محل استقرار چراغ های راهنمایی برای یک مسیر منتهی به تقاطع مطابق دستورالعمل کشور استرالیا نشان داده شده است. اسامی و شرح این چراغ ها به ترتیب اولویت نصب عبارتند از [۴۹]:

۱- چراغ اول: اولین و در واقع نزدیکترین چراغ راهنمایی است که فانوس آن بر روی یک پایه در سمت راست خط ایست مسیر نزدیک شونده به تقاطع قرار می گیرد و عملکرد اصلی آن اعلام هشدار و متوقف نمودن وسیله نقلیه قبل از تقاطع است.



شکل ۴-۲۱ - محل استقرار فانوس های چراغ های راهنمایی برای یک مسیر تقاطع [۴۹]

۲- چراغ دوم : دومین چراغ راهنمایی است که بر روی یک پایه در طرف دور تقاطع در مجاورت جزیره یا حفاظ میانی و یا پیاده رو نصب می شود و عملکرد اصلی آن اعلام شروع به حرکت وسایل نقلیه متوقف شده و یا اجازه ادامه تردد به وسایل نقلیه است.

۳- چراغ سوم : سومین چراغ راهنمایی است که بر روی یک پایه در طرف دور تقاطع، سمت راست نصب می شود و عملکرد اصلی آن اعلام شروع به حرکت وسایل نقلیه متوقف و یا اجازه ادامه تردد به وسایل نقلیه است.

۴- چراغ اول فرعی : چهارمین چراغ راهنمایی است که بر روی یک پایه در طرف نزدیک تقاطع سمت چپ خط ایست همان مسیر نصب می شود و عملکرد اصلی آن اعلام هشدار و متوقف نمودن وسیله نقلیه قبل از تقاطع است.

۵- چراغ اول بالاسری : این چراغ که بر روی بازوی متصل به تیر چراغ اول قرار دارد، در سمت ورودی تقاطع نصب شده و عملکرد آن اعلام هشدار و متوقف نمودن وسیله نقلیه پیش از تقاطع است.

۶- چراغ دوم بالاسری : این چراغ که بر روی بازوی متصل به تیر چراغ دوم قرار دارد، در سمت خروجی تقاطع، طرف چپ نصب شده و صرفاً دارای عملکرد اعلام شروع به حرکت وسایل نقلیه متوقف شده است.

۷- چراغ سوم بالاسری : این چراغ که بر روی بازوی متصل به تیر چراغ سوم قرار دارد، در سمت خروجی تقاطع، طرف راست نصب شده و عملکرد آن صرفاً اعلام شروع به حرکت وسایل نقلیه متوقف شده است.

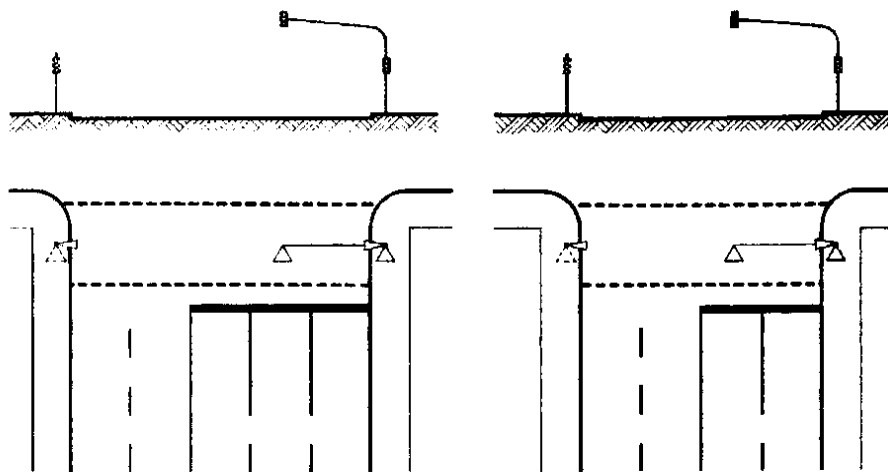
در صورت استفاده از چراغ مخصوص فاز گردش به راست، فانوس مربوطه باید در محل چراغ های اول یا سوم قرار گیرد. چراغ مربوط به حرکت گردش به چپ را باید در محل چراغ دوم یا چراغ اول فرعی قرار داد. در این دستورالعمل معیار انتخاب و استفاده از چراغ های بالاسری به شرح زیر اعلام شده است :

الف- به دلیل زیاد بودن هزینه نصب و نگهداری این چراغها، استفاده از آنها باید در حداقل ممکن باشد، کاربرد این چراغها در موارد زیر ضروری است :

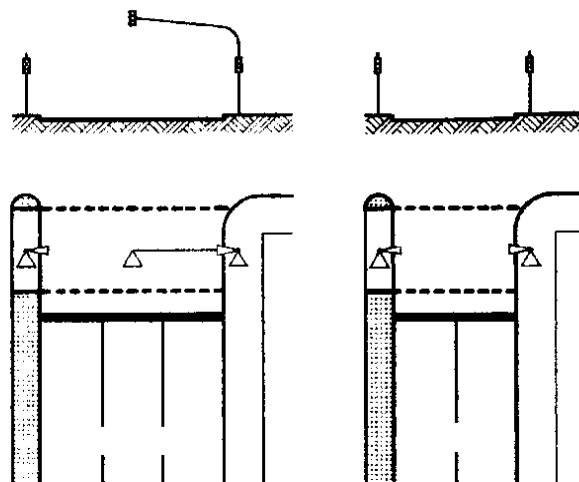
- در مکانهایی که با نصب چراغ بر روی پایه، فاصله دید کافی برای توقف وسایل نقلیه تأمین نمی شود،
  - در مکانهایی که مسیر سواره رو به حدی عریض است که چراغهای نصب شده بر روی جداول حاشیه ای یا پیاده روها، در مخروط دید رانندگان قرار نمی گیرند،
  - ب - در صورتیکه فاصله چراغ بالاسری با چراغ مجاور پائین دست کمتر از ۱۵۰ متر باشد، بدلیل امکان اشتباه و تداخل دید همزمان دو چراغ استفاده از آن توصیه نمی گردد.
- پایه چراغهای اول اصلی و فرعی ترجیحاً باید در مجاورت خط ایست و حداکثر به فاصله ۳ متر از طرفین آن نصب شود و حداقل فاصله آنها از دماغه حفاظ میانی ۱/۲ متر باشد.

- دستورالعمل آلمان (۱۷۴)

براساس این دستورالعمل، تعداد چراغ راهنمای مورد نیاز در هر تقاطع بستگی به تعداد حرکت های مجزا شده توسط چراغ راهنما و همچنین عرض سواره رو دارد. اگر در یک ورودی تقاطع، تمام حرکت ها بوسیله چراغ راهنمای مشترکی آزاد شوند باید حداقل از دو چراغ راهنما استفاده شود. برای ورودی های با بیش از دو خط، ممکن است تعداد بیشتری چراغ راهنما لازم شود. در شکل ۴-۲۲ مثال هایی در مورد محل مناسب نصب چراغها ارائه شده است.



الف - خیابان دوطرفه مجزا نشده



توضیح :

چراغ مورد نیاز وسایل نقلیه

چراغ اضافی وسایل نقلیه

چراغ عبور پیاده

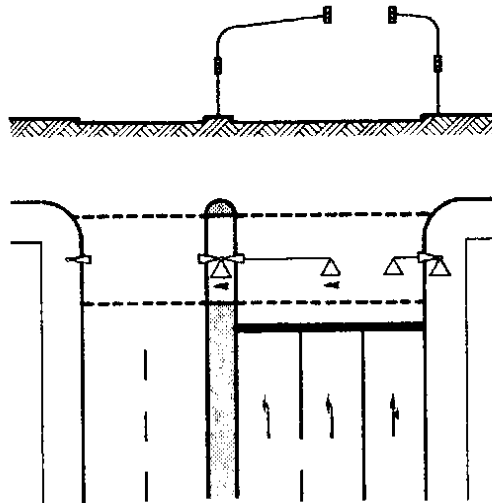
ب - خیابان یک طرفه یا خیابان دوطرفه مجزا

شکل ۴-۲۲ - محل نصب چراغ های راهنمای وسایل نقلیه (۷۴)

اگر حرکت های یک ورودی تقاطع بطور همزمان سبز نگیرند، باید برای هریک از جریانهای گردش مستقل، حداقل یک چراغ راهنمای جهت نما و برای خطوط عبور مستقیم، حداقل دو چراغ راهنما در نظر گرفته شود.

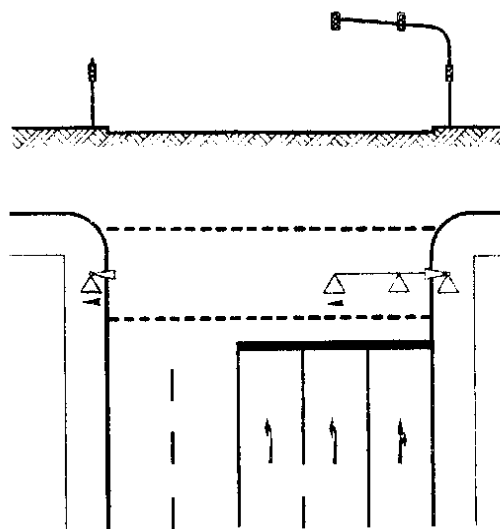


در مسیر گردش های خروجی باید چراغ راهنمای جهت نما در کنار مسیری نصب شود که جهت حرکت بدان سمت است. اگر حرکت گردش در بیش از یک خط انجام می پذیرد، باید چراغ راهنمای جهت نما بالای مسیر سواره رو تکرار شود (شکل ۴-۲۳).

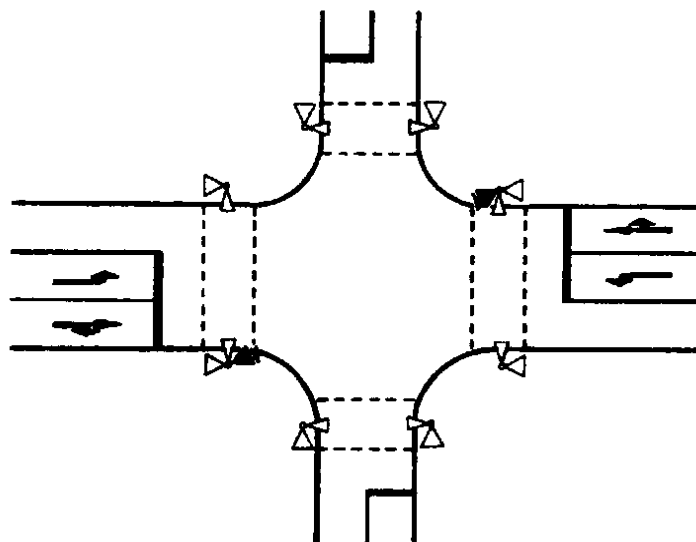


شکل ۴-۲۳- محل نصب چراغ های راهنمای وسایل نقلیه در ورودی های  
با دوخط گردش به چپ خروجی و حفاظ میانی [۷۴]

حتی الامکان باید چراغ جهت نما بوسیله چراغ راهنمای اضافی در سمت چپ ورودی تقاطع تکرار شود (شکل ۴-۲۴). رانندگان چپگرد باید در زمان رؤیت چراغ، قادر به دیدن جریان های مقابل نیز باشند. چراغ راهنمای گردش به چپ را می توان روی پایه سمت راست خروجی تقاطع بصورت قطری نیز نصب نمود (شکل ۴-۲۵).



شکل ۴-۲۴- نحوه نصب چراغ راهنمای وسایل نقلیه در ورودی های  
با دوخط گردش به چپ خروجی بدون حفاظ میانی [۷۴]



شکل ۴-۲۵- نمونه ای از طریقه نصب چراغ راهنما  
با بیکان گردش به چپ در تقاطع [۷۴]

#### - نتیجه گیری و پیشنهاد

باتوجه به رفتار رانندگان و وضعیت تقاطع های موجود و از مقایسه دستورالعمل های مختلف این نتیجه حاصل می شود که نصب چراغ راهنمایی وسایل نقلیه درست نزدیک (ورودی) تقاطع مناسب تر است. دلایل عمده این نتیجه گیری را می توان بشرح زیر برشمرد :

- نصب چراغ درست خروجی تقاطع باعث می شود که وسایل نقلیه از روی خط ایست گذشته و به محدوده گذرگاه عابریاده تجاوز نمایند.

- نصب چراغ درست خروجی تقاطع باعث می شود که وسایل نقلیه در زمان زرد و حتی شروع قرمز با آرامش خاطر وارد محدوده تقاطع شده، امنیت و نظم تقاطع را مختل نمایند.

- نصب چراغ درست خروجی تقاطع باعث می شود که وسایل نقلیه مسیر متقاطع بتوانند چراغ زرد مسیر مجاز به حرکت را مشاهده نموده و زودتر از زمان سبز چراغ خود شروع به حرکت نمایند.

- اکثر ارتباطات زمینی کشور ما با کشورهای اروپایی است و از آنجایی که اکثر این کشورها تمایل به نصب چراغ راهنمایی در سمت نزدیک تقاطع دارند، بهتر است این رویه در کشور ما نیز به اجرا درآید.

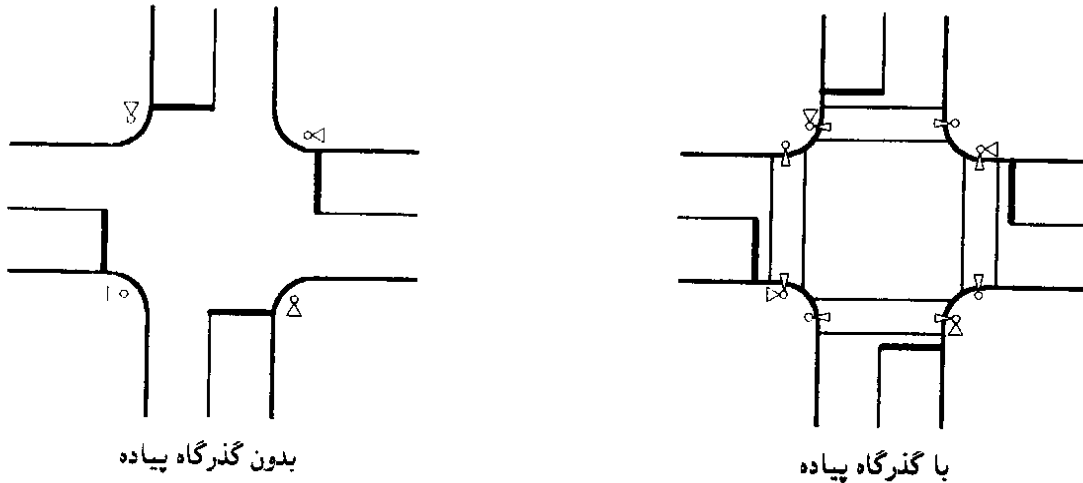
باتوجه به موارد فوق پیشنهاد می شود که درنصب چراغ راهنمایی در تقاطع های کشور اصول زیر مدنظر قرار گیرند :

- حداقل نگه داشتن تعداد چراغ راهنمایی به منظور رعایت مسائل اقتصادی درعین تأمین ایمنی و میدان های دید کافی.

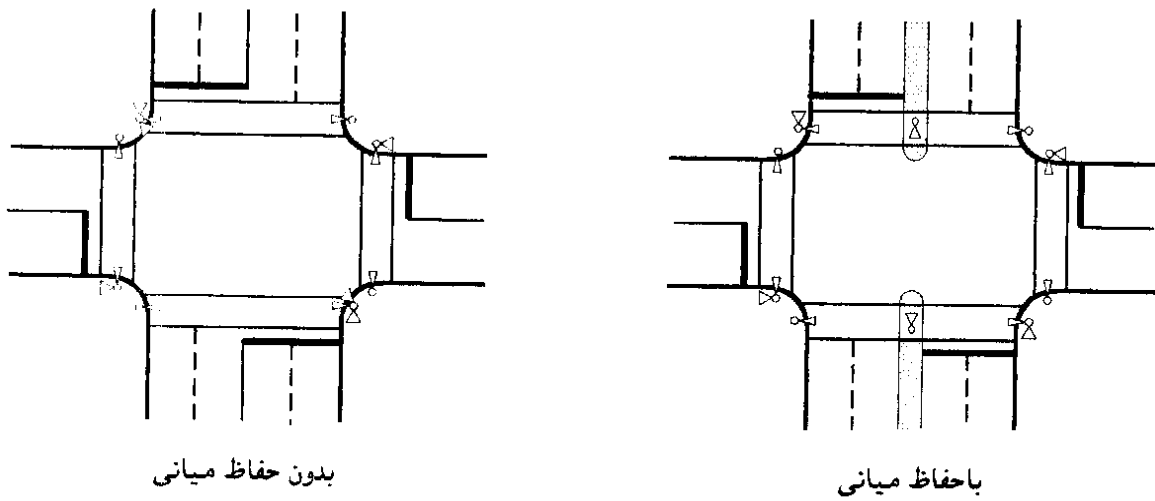
- ارجحیت دادن به نصب چراغ راهنمایی در سمت نزدیک تقاطع، بطوریکه به مرور زمان چراغ های سمت خروجی تقاطع ها حذف گردد.
- در ورودی های یک خطه، یک چراغ در سمت راست ورودی تقاطع و در ورودی های دوخطه و بیشتر یک چراغ اضافی در سمت چپ خروجی نصب شود. در صورت وجود حفاظ میانی می توان چراغ اضافی را بر روی حفاظ میانی سمت خروجی تقاطع نیز قرار داد.
- اگر فازبندی چراغ تقاطع به گونه ای باشد که وسایل نقلیه گردش دارای فاز جداگانه ای باشند، باید برای این حرکت ها نیز چراغ جداگانه ای در نظر گرفته شود. این چراغ که از نوع پیکانی است برای حرکت گردش به چپ در سمت چپ خروجی تقاطع قرار می گیرد. در صورت وجود حفاظ میانی می توان یک چراغ اضافی نیز بر روی حفاظ میانی سمت نزدیک قرار داد.
- استفاده از چراغ های بالاسری باید به دلایل اقتصادی در حداقل ممکن نگه داشته شود. بکارگیری اینگونه چراغ ها فقط در مواردی توصیه می شود که وجود موانع از قبیل درختان و یا شرایط خاص طراحی تقاطع موجب کاهش میزان دید نسبت به چراغ ها گردد.
- چراغ سمت نزدیک تقاطع باید در فاصله ۳/۵ متر یا حداقل ۲/۵ متر بعد از خط ایست نصب گردد. در شکل ۴-۲۶ نمونه هایی از نحوه نصب پیشنهادی چراغ راهنمایی وسایل نقلیه و عابرپیاده در تقاطع های مختلف نشان داده شده است.

#### ۴-۴-۴ - چراغ راهنمایی پیاده

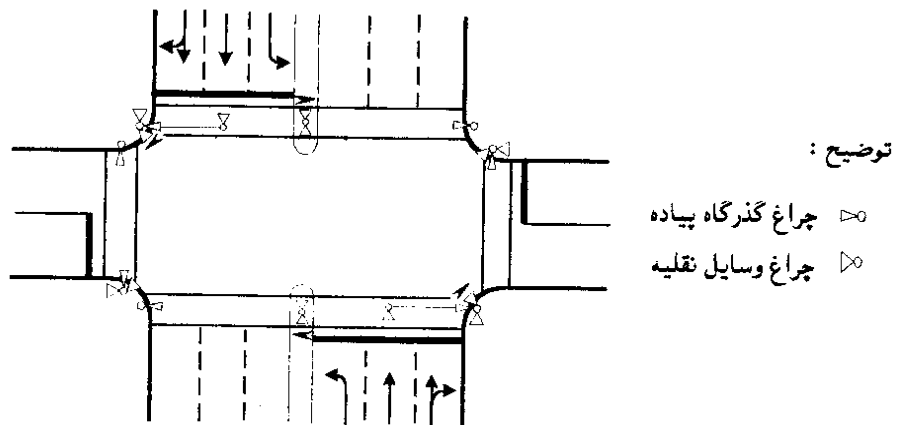
- چراغ راهنمایی ویژه عابرین پیاده هنگامی مورد استفاده قرار می گیرد که کنترل سر تردد عابرین پیاده ضروری بوده و یا فازبندی و زمانبندی چراغهای تقاطع موجب سردرگمی آنها گردد.
- مطابق دستورالعمل استرالیا، باید در هر دو انتهای گذرگاه خطکشی شده عابرین پیاده یک چراغ راهنمایی مخصوص نصب شود. در شکل ۴-۲۷ نمادهای ویژه چراغ عابرپیاده نشان داده شده است. این چراغها باید در محدوده یک متری تصویر لبه گذرگاه پیاده واقع بوده و روبه سوی طرف مقابل داشته باشند. همچنین اگر طول گذرگاه پیاده بیشتر از ۳۶ متر باشد، نصب چراغهای اضافی ویژه عابرین پیاده در حفاظ های میانی الزامی است. به منظور رعایت اهداف ایمنی، زیبایی و اقتصادی، توصیه می شود که فانوسهای چراغهای ویژه عابرین پیاده بطور مشترک بر روی ستونها و پایه های تیر چراغهای راهنمایی وسایل نقلیه نصب شوند. [۴۹]



الف - تقاطع دوخیابان دوخطه



ب - تقاطع خیابانهای دوخطه و چهارخطه



ج - تقاطع دارای فاز گردش به چپ خروجی

شکل ۴-۲۶- روش پیشنهادی برای نصب چراغ راهنمایی وسایل نقلیه



شکل ۴-۲۷- نمادهای چراغ راهنمای عابرپیاده مطابق دستورالعمل استرالیا [۴۹]

براساس دستورالعمل MUTCD باید عابرین پیاده به راحتی دستورات چراغ راهنمایی را دریافت نمایند. این کار از طریق نصب چراغ راهنمایی ویژه عابرپیاده یا بوسیله چراغ راهنمایی وسایل نقلیه که به راحتی توسط عابرین پیاده مسیر مربوطه قابل دیدن باشد، انجام پذیر است. براساس این دستورالعمل چراغ های عابرپیاده را می توان بر روی پایه چراغ های راهنمایی وسایل نقلیه یا بطور جداگانه نصب نمود.

مطابق دستورالعمل آلمان، باید پایه های چراغ راهنمای پیاده در یک راستا و روی محور طولی گذرگاه پیاده و در داخل پیاده رو نصب شود. در مورد گذرگاههای باریک توصیه می شود که این چراغها در کنار گذرگاه قرار گیرد. از نظر ایمنی عابرین بهتر است چراغ در کنار خط ایست نصب شود تا وسایل نقلیه در فاصله بیشتری از گذرگاه توقف کنند [۷۴].

#### ۴-۴-۵- فازبندی 'چراغ'

#### ۴-۴-۵-۱- مقدمه

هدف از فازبندی چراغ راهنمایی، افزایش ایمنی تردد از طریق جداسازی حرکت های وسایل نقلیه از یکدیگر و از عابرین پیاده است، بطوری که این امر منجر به حداقل اثرات منفی در ظرفیت و تأخیر تقاطع گردد.

تعداد فازهای چراغ بستگی به طرح هندسی تقاطع (شامل تعداد ورودی های تقاطع، مشخصات خطوط هریک از آنها، وجود یساعدم وجود خطوط مخصوص گردش)، حجم و جهت حرکت وسایل نقلیه و نیازهای عابرین پیاده و دوجرخه سواران دارد. معمولاً با افزایش تعداد فازهای چراغ، کل تأخیر وسایل نقلیه افزایش یافته و از کارایی تقاطع کاسته می گردد. با این وجود، ممکن است در برخی موارد با افزایش تعداد فازها و حذف حرکت های متقاطع، تأخیر و ظرفیت تقاطع بهبود یابد.

۱ - تاکنون برای واژه فاز هیچ کلمه معادل فارسی ارائه نشده است. بنظر می رسد واژه ' دوره ' می تواند به خوبی مفهوم آن را منتقل سازد.

در طرح فازبندی چراغ یک تقاطع، باید تجزیه و تحلیل اطلاعات ترافیکی و طرح هندسی بصورت همگام صورت گیرد تا ساده ترین طرح با حداقل تعداد فاز، جهت پاسخگویی به حجم ترافیک موجود و آتی بدست آید.

در شکل ۴-۲۸ نمونه علامت هایی که برای نشان دادن طرح فازبندی استفاده می شوند، ارائه شده است. حرکت های حمایت شده (حرکت هایی که دارای یک فاز جداگانه هستند)، به صورت یک پیکان ممتد نشان داده می شوند (شکل ۴-۲۸-الف) و حرکت هایی که در طی یک فاز متوقف هستند، به شکل یک خط ممتد مسدود نشان داده شده (شکل ۴-۲۸-ب) و یا اصلاً نشان داده نمی شوند. حرکت های حمایت نشده (حرکت هایی که باید از میان جریان ترافیک جهت مقابل عبور کرده و آن را قطع کنند) معمولاً به صورت پیکان خط چین ترسیم می شوند (شکل ۴-۲۸-ج). در برخی موارد، پیکان حرکت های گردش به راست نشان داده نمی شود تا از شلوغی شکل پرهیز گردد.

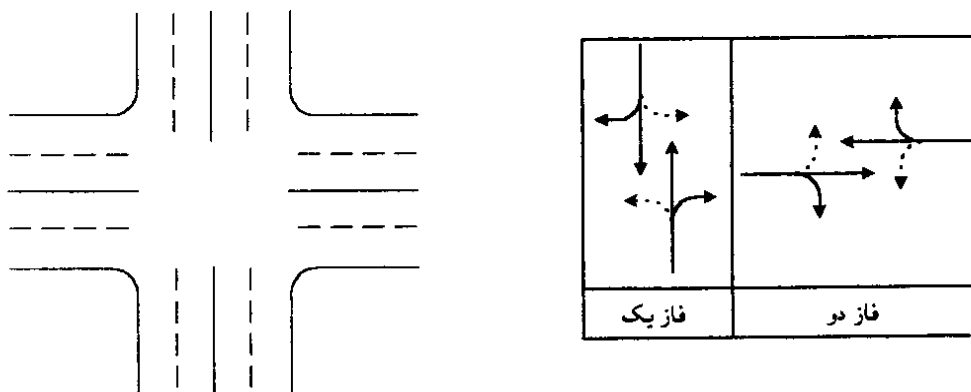


شکل ۴-۲۸ - نمونه علامت طرح های فازبندی

#### ۴-۵-۲ - انواع معمول طرح های فازبندی

##### ۱- چراغ دوفازه

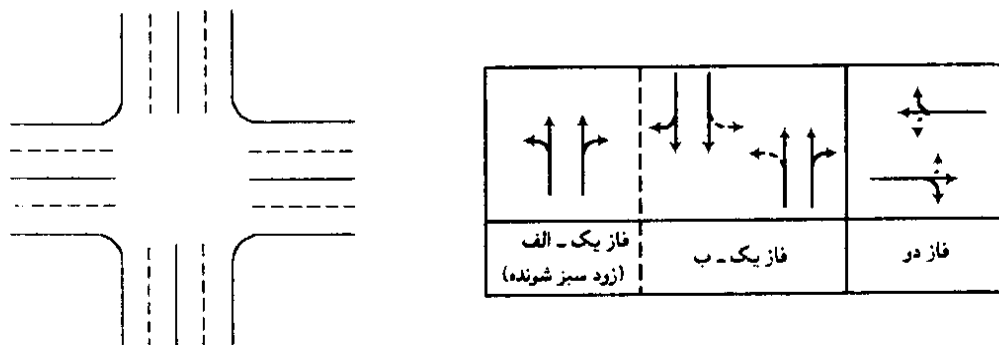
نمونه طرح دوفازه ساده در شکل ۴-۲۹ نشان داده شده است. این طرح در تقاطع های چهارراه با حجم ترافیک گردش متوسط و تردد کم عابرین پیاده مورد استفاده قرار می گیرد.



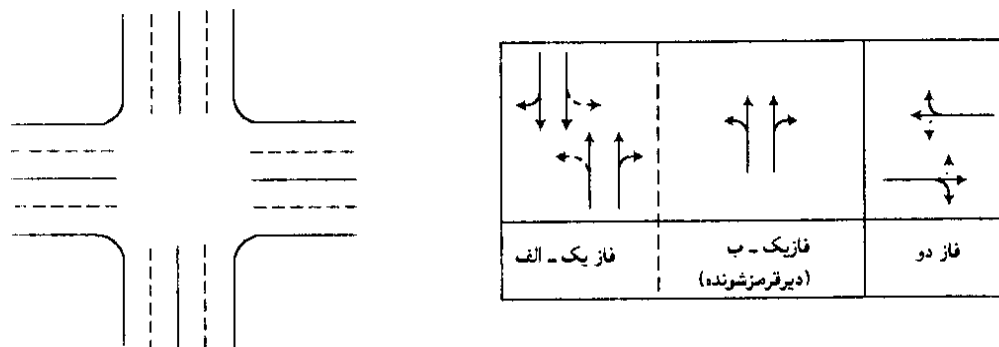
شکل ۴-۲۹ - نمونه طرح چراغ دوفازه ساده

طرح چراغ دوفازه ممکن است به صورت همپوشا با سبز تقدیمی یا تأخری و یا ترکیب تقدیمی - تأخری باشد.

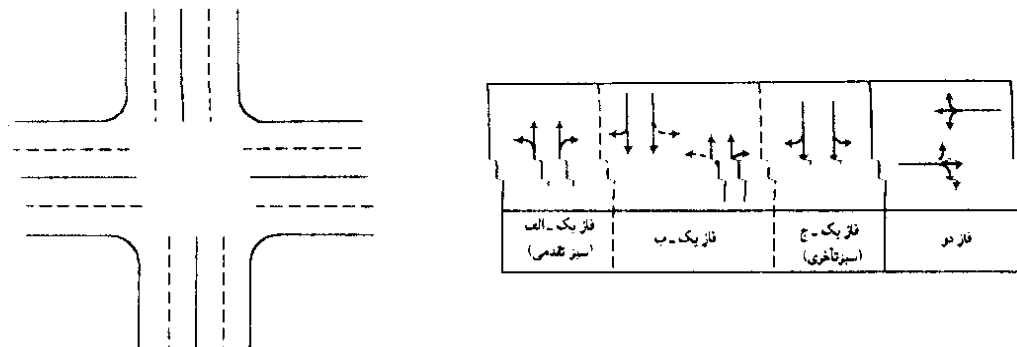
نمونه طرح سبز تقدیمی یا تأخری در شکل های ۴-۳۰-الف وب ارائه شده است. در این حالت، یک فاز سبز جداگانه برای حرکت در یک جهت در نظر گرفته می شود، که سبب طولانی تر شدن زمان سبز حرکت در آن جهت نسبت به جهت مقابل می گردد. این طرح در خیابان های اصلی که جریان جهتی نامتعادل ترافیک وجود دارد، در جهتی که حجم ترافیک مستقیم و گردش به چپ سنگین تر وجود دارد مورد استفاده قرار می گیرد. چنانچه بتوان بدون کاهش تعداد خطوط حرکت مستقیم، خطوط مخصوص گردش به چپ مجزا در تقاطع ایجاد کرد، این طرح کاراتر خواهد گردید.



الف - سبز تقدیمی در خیابان اصلی



ب - سبز تأخری در خیابان اصلی



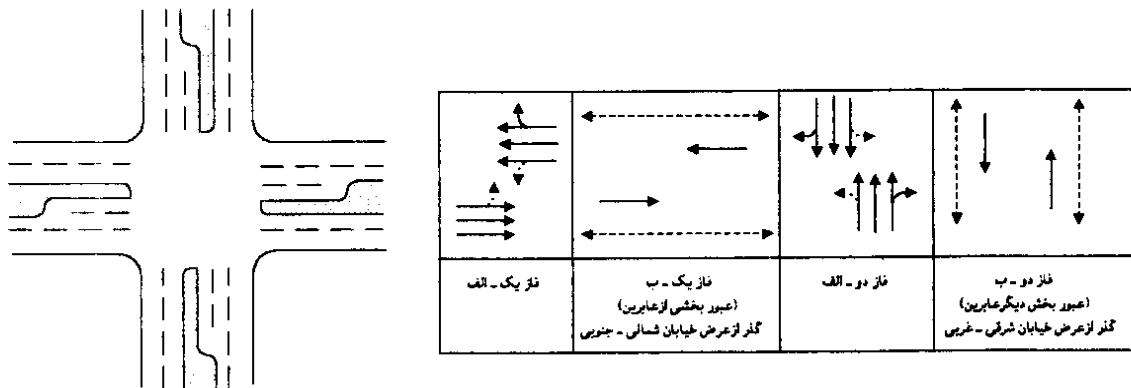
ج - سبز تقدیمی - تأخری در خیابان اصلی

شکل ۴-۳۰ - طرح چراغ دو فازه همپوشا

نمونه طرح ترکیبی تقدیمی - تأخری در شکل ۴-۳۰-ج نشان داده شده است. از این طرح می توان در شرایطی که در هر دو جهت خیابان اصلی، ترافیک چپگرد سنگینی در طول ساعات مختلف روز وجود داشته باشد، استفاده نمود. اگر از چراغ های سازگار با ترافیک یا سیستم هماهنگ در تقاطع استفاده شود، کارایی این طرح بیشتر خواهد بود. ولی استفاده از این طرح باید با احتیاط صورت گیرد، زیرا ممکن است عملکرد آن از نظر رانندگان و عابرین پیاده گیج کننده باشد.

نمونه طرح چراغ دو فازه تفکیک عبور عابرین و وسایل نقلیه در شکل ۴-۳۱ نشان داده شده است. استفاده از این طرح در نواحی تجاری که حجم عبور عابرین پیاده (که با ترافیک گردشی وسایل نقلیه تداخل دارند) زیاد است و همچنین در خیابان های دوطرفه عریض و یا خیابان های یکطرفه توصیه می شود.

در این طرح، انواع حرکت های وسایل نقلیه و عابرین پیاده تفکیک شده و در هر فاز به تعدادی از آنها اجازه حرکت داده می شود و احداث خطوط مخصوص گردش به چپ و یا راست در تقاطع الزامی می باشد تا در طول فازهای مخصوص عبور عابرین، وسایل نقلیه گردشی در این محل ها تجمع نمایند.



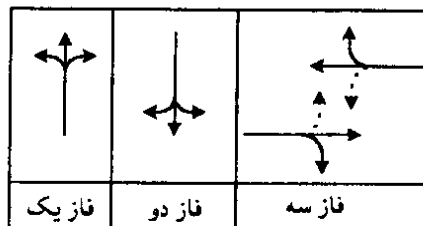
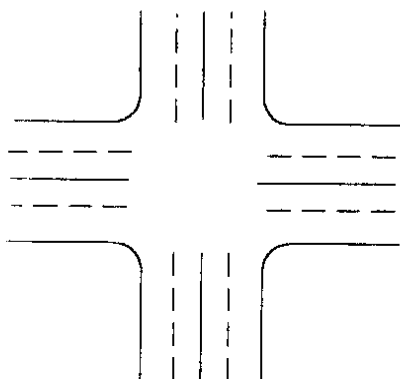
شکل ۴-۳۱- طرح چراغ دو فازه تفکیک عبور عابرین و وسایل نقلیه

## ۲- چراغ سه فازه

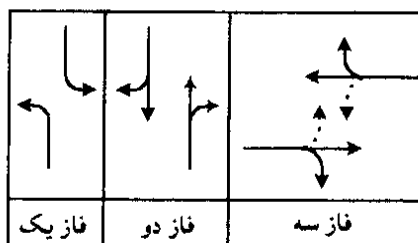
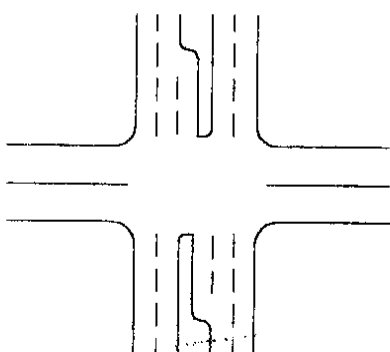
نمونه طرح چراغ سه فازه با فازهای جداگانه برای ورودی های اصلی در شکل ۴-۳۲-الف ارائه شده است. استفاده از این طرح در خیابان های اصلی که تقاضای گردش به چپ در یک یا هر دو جهت زیاد بوده و پهنای سواره رو کافی برای احداث خط گردش به چپ وجود ندارد توصیه می شود. این طرح همچنین در شرایطی که تقسیم ورودی تقاطع به چند بخش مجزا منجر به کاهش ظرفیت و افزایش تأخیر تقاطع می شود، می تواند مفید واقع شود.

نمونه طرح چراغ سه فازه با فاز جداگانه (حمایت شده) برای حرکت های گردش به چپ مسیر اصلی در شکل ۴-۳۲-ب نشان داده شده است. از این طرح در شرایطی که حجم ترافیک گردش به چپ قابل توجه بوده و حجم جریان های ترافیک گردش به چپ مقابل، تقریباً مساوی باشند استفاده می شود.





الف- طرح چراغ سه فازه با فازهای جداگانه برای ورودی های اصلی



ب - طرح چراغ سه فازه با فاز مخصوص گردش به چپ اصلی

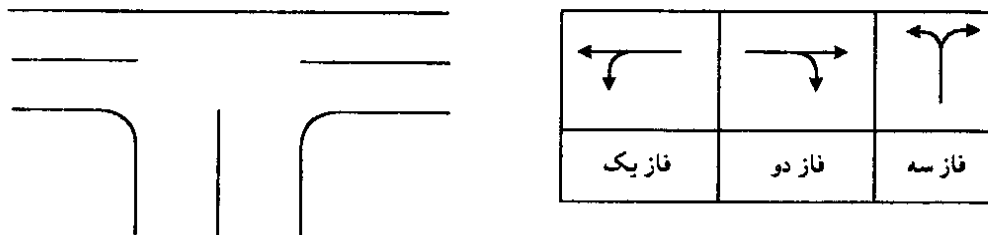
شکل ۴-۲۲- چراغ سه فازه در تقاطع چهارراه

برای استفاده از این طرح باید امکان ایجاد خطوط مخصوص گردش به چپ و یا ناحیه تجمع ترافیک گردش به چپ در ورودی های تقاطع موجود باشد.

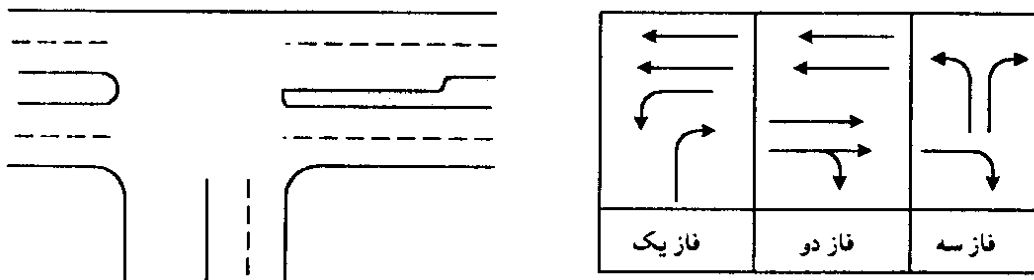
در نظر گرفتن فاز جداگانه برای ترافیک گردش به چپ ورودی های مسیر اصلی تقاطع در این طرح، سبب کاهش برخورد ترافیکی میان وسایل نقلیه چپگرد و وسایل نقلیه جهت مقابل می شود. نتیجه این امر کاهش تأخیر وسایل نقلیه در تقاطع و افزایش سطح خدمت آن است.

اصولاً ایجاد خط مخصوص گردش به چپ هنگامی که فاز جداگانه گردش به چپ موجود باشد، الزامی است. لیکن در برخی مواقع، فاز جداگانه ای برای خط مخصوص گردش به چپ در نظر گرفته نمی شود. معیارهای متعددی از سوی مراجع و منابع متعدد برای تعیین شرایط ترافیک به منظور لزوم اعمال فاز جداگانه برای حرکات گردش به چپ ارائه شده است. به عنوان مثال توصیه شده است که گردش به چپ بصورت حمایت شده هنگامی در نظر گرفته شود که حجم ترافیک گردش به چپ از ۱۵۰ تا ۲۰۰ وسیله نقلیه در ساعت بیشتر بوده و جریان ترافیک عبوری از جهت مقابل نیز سنگین باشد [۳۲].

در شکل ۴-۳۳ نمونه طرح های چراغ سه فازه برای تقاطع های T شکل، درحالتی که حجم ترافیک گردش زیاد باشد نشان داده شده است. تعداد حرکت های مختلفی که در هر فاز اجازه حرکت خواهند داشت، بستگی به تقاضای ترافیک و طرح هندسی تقاطع (شامل تعداد خطوط ورودی های تقاطع و وجود یا عدم وجود خطوط مخصوص گردش به چپ یا راست) دارد. چنانچه حجم عابر پیاده گذرنده از تقاطع زیاد باشد، طرح فازبندی پیچیده تر خواهد شد.



الف - ورودی های یک خطه



ب - ورودی های چند خطه

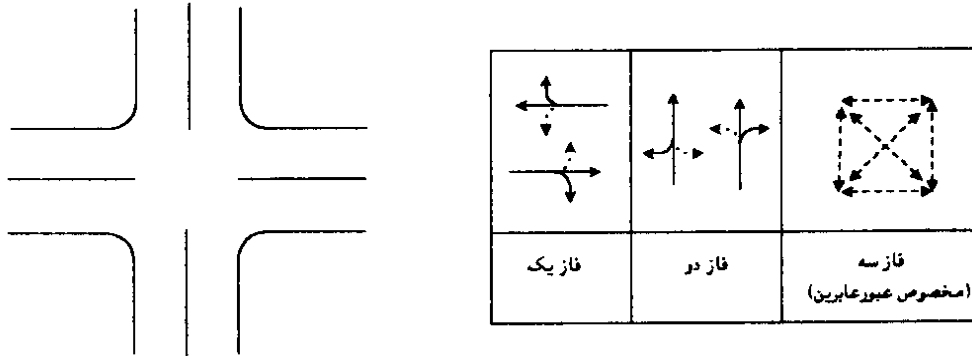
شکل ۴-۳۳- طرح چراغ سه فازه ساده برای تقاطع های T شکل

در شکل ۴-۳۴ نمونه طرح چراغ سه فازه با فاز مخصوص عبور عابرین پیاده نمایش داده شده است. در این طرح، درطول فاز مخصوص پیاده، عابرین می توانند از تمام گذرگاههای عرضی و قطری پیش بینی شده عبور نمایند.

استفاده از این طرح در نواحی تجاری که حجم زیاد عابرین پیاده سبب اختلال در حرکت های گردش و وسایل نقلیه می شود، مناسب است.

فاز جداگانه برای حرکت گردش به راست (گردش به راست حمایت شده) فقط هنگامی در نظر گرفته می شود که حجم عبور پیاده بسیار زیاد باشد. همانگونه که حجم سنگین جریان ترافیک جهت مقابل می تواند موجب توقف حرکت گردش به چپ محافظت نشده در زمان فاز سبز گردد، بالا بودن حجم عابرین پیاده تداخل کننده نیز می تواند موجب توقف حرکت گردش به راست و وسایل نقلیه در طی فاز سبز مربوطه شود. مطابق

دستورالعمل HCM 85 در صورتیکه حجم عبور پیاده از عرض تقاطع در حدود ۱۷۰۰ عابر در ساعت و یا بیشتر باشد، لازم است فاز جداگانه برای حرکت گردش به راست تأمین گردد.

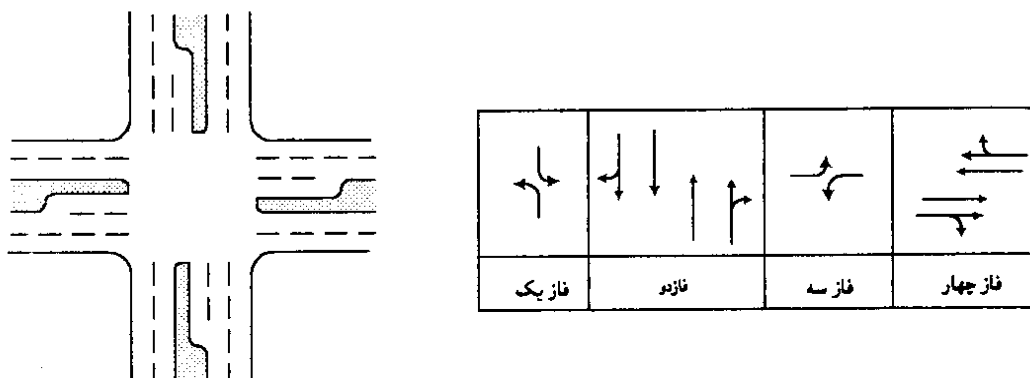


شکل ۴-۳۴- طرح چراغ سه فازه با فاز مخصوص پیاده

### ۳- چراغ چهار فازه

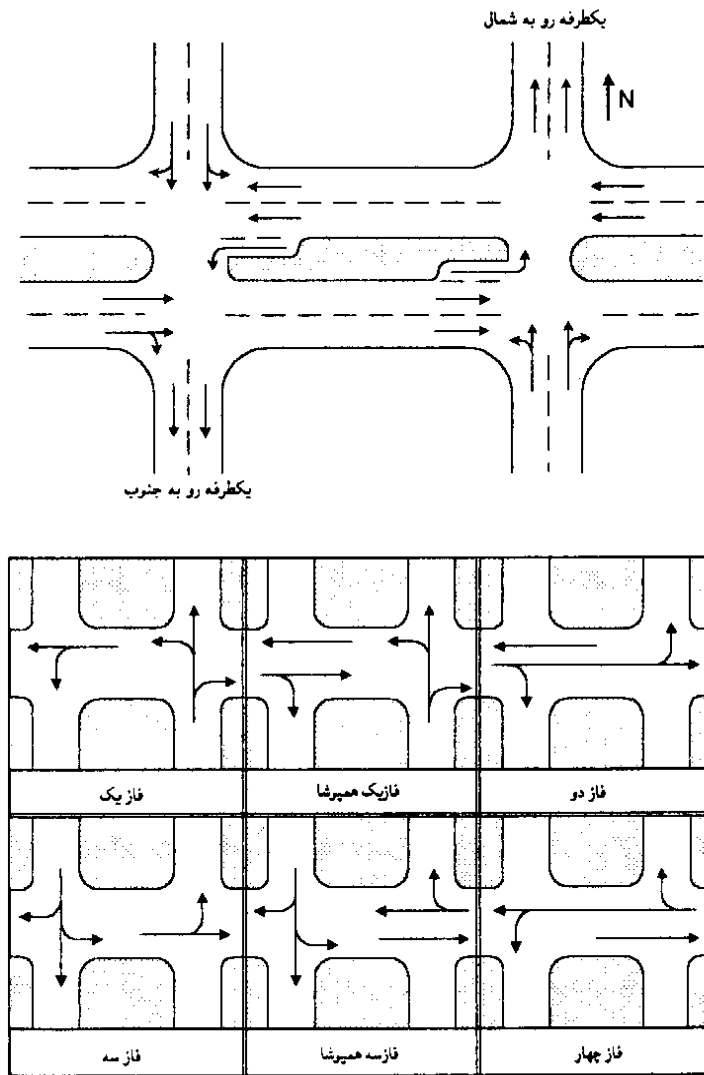
نمونه طرح چراغ چهار فازه با فاز جداگانه برای گردش به چپ های متقابل در شکل ۴-۳۵ نشان داده شده است. استفاده از این طرح در تقاطع مسیرهای چند خطه اصلی با حجم ترافیک گردشی بالا مفید است. چنانچه چراغ از نوع سازگار باشد، این روش کارایی بهتری خواهد داشت.

به منظور استفاده از این طرح باید در تمام ورودی ها خطوط گردش به چپ یک یا دو خطه در نظر گرفته شود.



شکل ۴-۳۵- طرح چراغ چهار فازه با فازهای جداگانه برای گردش به چپ های متقابل

به منظور افزایش کارایی چراغ های موجود در دو تقاطع نزدیک یکدیگر، فازبندی چراغ آن دو به صورت همپوشا طراحی می شود. در شکل ۴-۳۶ نمونه طرح چراغ چهار فازه همپوشا برای تقاطع های متوالی نشان داده شده است.



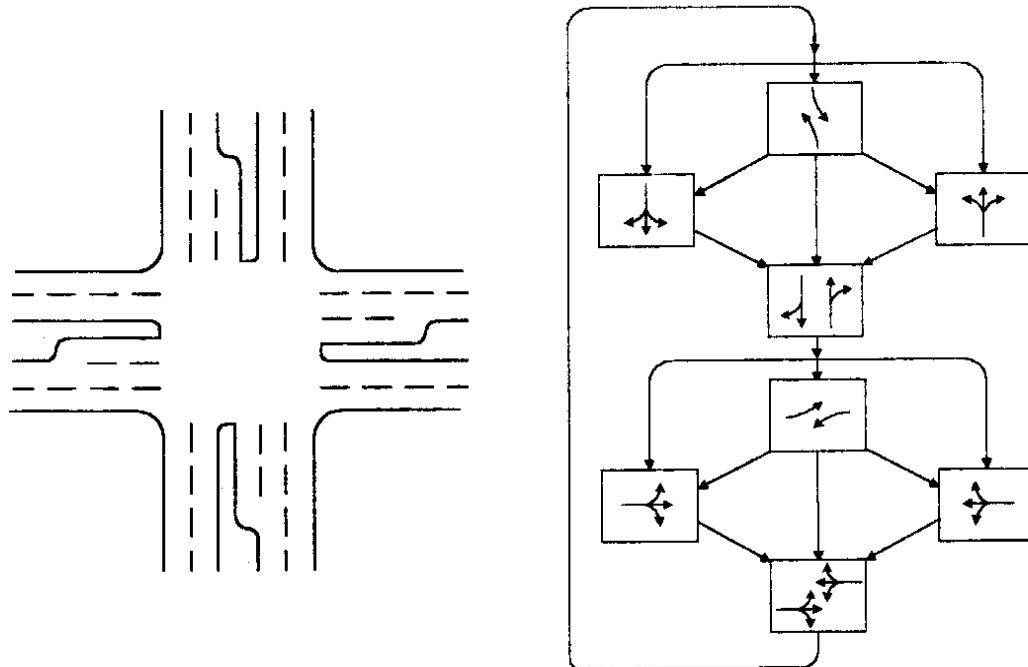
شکل ۴-۳۶ - طرح چراغ چهار فازه همپوشا

این طرح، حرکت پیوسته و مداومی را برای ترافیک مستقیم و گردش بین دو تقاطع چراغدار متوالی ایجاد می نماید و لذا تعداد وسایل نقلیه در حد فاصل دو تقاطع را به حداقل می رساند. بمنظور جلوگیری از سردرگمی رانندگان در اثر تعدد چراغها، طراحی باید به گونه ای انجام گیرد که هر راننده تنها چراغ تعیین کننده وضعیت خودش را ببیند.

#### ۴- چراغ هشت فازه

در شکل ۴-۳۷ نمونه یک زمانبندی هشت فازه مربوط به یک چراغ راهنمایی سازگار با ترافیک ارائه شده است. در این طرح، عملاً در هر چرخه فقط چهار تا شش فاز برحسب احجام نسبی، انتخاب و بکار گرفته می شوند. اگر شناسگرها نشان دهند که در یک حرکت خاص هیچ وسیله نقلیه ای وجود ندارد، فاز مربوطه حذف

خواهد شد. این نوع زمانبندی مرکب از دو حلقه مجزا است که کلیه حرکت ها را پوشش می دهد و چنانچه زمان هر حرکت تغییر کند توالی فازها نیز دچار تغییر خواهد شد.



شکل ۴-۳۷- طرح چراغ هشت فازه

علاوه بر طرح های فوق الذکر، از فازبندی های دیگری نیز می توان برای کنترل ترافیک تقاطع استفاده کرد که بکارگیری این طرح ها مطابق با شرایط ترافیکی و هندسی موجود در اختیار مهندس طراح است.

پس از آنکه طرح فازبندی مناسب با شرایط تقاطع انتخاب گردید، باید زمانبندی بهینه هر یک از فازهای چراغ تعیین گردد تا در نتیجه آن، حداکثر ظرفیت تقاطع قابل حصول باشد. دربخش بعدی اصول زمان بندی چراغ های راهنمایی ارائه خواهد شد.

#### ۴-۶-۶- زمان بندی چراغ

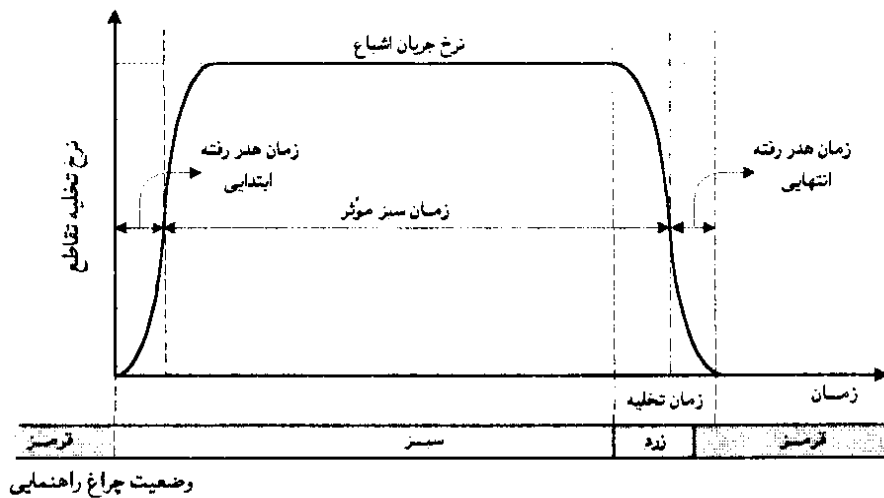
##### ۴-۶-۶-۱- مقدمه

هدف از زمان بندی چراغ، تخصیص مناسب ترین زمان سبز به حرکت های ترافیکی موجود، باتوجه به طرح فازبندی تقاطع است، بنحوی که در نتیجه آن عملکرد تقاطع بهینه گردد.

هر فاز چراغ، مرکب از یک زمان سبز واقعی و به دنبال آن یک زمان تخلیه تقاطع است. زمان تخلیه که شامل یک فرجه زرد (۳ تا ۵ ثانیه) و احياناً یک فرجه تمام قرمز (حداقل ۵ / ۰ ثانیه) است به منظور تأمین فرصت کافی برای آخرین وسایل نقلیه گذرنده در فاز مربوطه و خالی شدن سطح تقاطع برای شروع ایمن فاز بعد در نظر گرفته می شود. همواره در ابتدا و انتهای هر فاز، زمان های تلف شده ای بخاطر تأخیر شروع حرکت و افست انتهایی جریان وسایل نقلیه وجود دارد. بنابراین بخشی از هر فاز که بطور مؤثر مورد استفاده وسایل نقلیه قرار می گیرد با زمان سبز واقعی چراغ متفاوت است. فرض بر این است که در طول این زمان که سبز مؤثر نامیده می شود، عبور وسایل نقلیه با نرخ جریان اشباع صورت می گیرد. در شکل ۴-۳۸ نمودار تخلیه وسایل نقلیه در یک فاز اشباع چراغ راهنما همراه با پارامترهای مربوطه نشان داده شده است. مطابق این شکل، زمان سبز مؤثر از رابطه زیر بدست می آید :

$$g_i = G_i + I_i - I_i \quad (۱-۴)$$

که در آن  $g_i$  زمان سبز مؤثر،  $G_i$  زمان سبز واقعی،  $I_i$  زمان تخلیه و  $I_i$  مجموع زمان های هدر رفته ابتدایی و انتهایی در فاز  $i$  ام برحسب ثانیه هستند.



شکل ۴-۳۸- نمودار تخلیه تقاطع در طول یک فاز چراغ راهنمایی

معمولاً در تقاطع ها حرکت های ترافیکی متعددی وجود دارد و در نظر گرفتن تمامی آنها در محاسبات مربوط به زمان بندی، سبب پیچیده شدن محاسبات شده و در دقت نهایی محاسبات و تعیین زمان بهینه چراغ نیز نقش چندانی ایفا نخواهد کرد. لذا در تعیین زمان بندی چراغ، عموماً فقط حرکت یا گروه خط بحرانی مربوط به هریک از ورودی های تقاطع، بعنوان نماینده آن ورودی در نظر گرفته می شود. مطابق تعریف، حرکت بحرانی در هر فاز به حرکتی اطلاق می شود که 'نسبت جریان'  $(\frac{v}{s})$  آن از سایر حرکت های آن ورودی بسالتر باشد. نسبت جریان این حرکت 'نسبت جریان بحرانی' نامیده می شود و با علامت  $y_i$  یا  $(\frac{v}{s})_{ci}$  نمایش داده می شود.

گام اساسی در زمان بندی چراغ، تعیین زمان چرخه بهینه است. برای تعیین زمان های سبز بهینه مربوط به هریک از فازها، کافی است زمان چرخه بهینه را براساس "نسبت جریان های بحرانی" تقسیم نمود.

در دستورالعمل های مختلف، روابط نسبتاً مشابهی در مورد تعیین زمان چرخه بهینه چراغ ارائه شده است. در کلیه این روابط، دو پارامتر اصلی در تعیین زمان چرخه بهینه دخالت داشته اند، یکی کسل زمان هدر رفته در تقاطع در طول هر چرخه و دیگری نرخ جریان بحرانی در تقاطع (مجموع نسبت جریان بحرانی فازهای مختلف چراغ). این روابط عمدتاً از مشتق گیری رابطه ریاضی تأخیر در تقاطع برای کمینه نمودن آن حاصل شده است.

رابطه کلی زمان چرخه بهینه بصورت زیر است :

$$C_0 = \frac{aL + b}{1 - Y} \quad (2-4)$$

که در آن :

$C_0$  زمان چرخه بهینه چراغ (ثانیه)،

$L$  زمان هدر رفته در هر چرخه برحسب ثانیه، ( $L = \sum l_i$ ) و

$Y$  مجموع نسبت جریان بحرانی ( $y_i$ ) فازهای مختلف چراغ، یعنی

$$Y = \sum_i y_i = \sum_i \left( \frac{v_i}{s_i} \right)_{ei}$$

و  $a$  و  $b$  پارامترهای ثابت هستند که براساس معیارهای عملکرد، مقادیر مختلفی به خود می گیرند. معمولاً در زمان بندی چراغ، بهینه سازی یک معیار عملکرد خاص (مثلاً تأخیر) به عنوان هدف در نظر گرفته می شود. در این صورت، منظور از بهینه نمودن زمان بندی چراغ، در واقع کمینه کردن تأخیر وسایل نقلیه در تقاطع می باشد. چنانچه پارامترهای دیگری مانند "میزان مصرف سوخت" و یا "طول صف وسایل نقلیه" بعنوان معیار عملکرد تقاطع انتخاب گردند، ممکن است زمان بندی های متفاوتی برای چراغ بدست آید. حداقل طول چرخه  $C_m$  موردنیاز برای اینکه کل جریان ترافیک از تقاطع بگذرد، از رابطه زیر بدست می آید :

$$C_m = \frac{L}{1 - Y} \quad (3-4)$$

۴-۶-۲- روش های زمان بندی

در این بخش، برخی روش ها و روابط ارائه شده به منظور محاسبه طول چرخه بهینه و تخصیص زمان سبز مورد بررسی قرار می گیرند.

- روش وبستر<sup>۱</sup> (انگلیسی) [۹۱]

در روش وبستر، رابطه طول چرخه بهینه چراغ ( $C_0$ ) بصورت زیر است :

$$C_0 = \frac{1.5L + 5}{1 - Y} \quad (4-4)$$

تحقیقات نشان داده است، در شرایطی که حجم ترافیک کم باشد، زمان چرخه بهینه ای که از رابطه فوق بدست می آید معمولاً خیلی کوتاه است. از نقطه نظر عملی و به منظور تأمین ایمنی، در این روش مقادیر ۲۵ و ۱۲۰ ثانیه به عنوان حدهای پایین و بالای زمان چرخه توصیه شده است. با این وجود در شرایط خاص، همچون تقاطع های چند فازه و یا در مسیرهای منتهی به مراکز تفریحی در روزهای تعطیل، این حدود قابل تغییر هستند.

آماربرداری های گسترده و تجزیه و تحلیل آنها نشان داده اند در صورتیکه زمان چرخه در حدود ۷۵ / ۰ تا ۱ / ۵ برابر زمان چرخه بهینه باشد، افزایش زمان تأخیر بیش از ۱۰ تا ۲۰ درصد تأخیر مربوط به زمان چرخه بهینه نخواهد بود.

اگر لازم باشد در تقاطعی، چراغ راهنمایی با زمان بندی ثابت نصب گردد، می توان از روش تقریبی ساده زیر برای تعیین زمان چرخه آن استفاده نمود :

۱- با استفاده از رابطه (۴-۴) زمان چرخه بهینه چراغ برای کلیه ساعات روز که در آنها ترافیک متوسط یا سنگین وجود دارد (مثلاً بین ساعات ۷ صبح تا ۷ بعدازظهر) محاسبه شده و میانگین آنها بدست می آید.

۲-  $\frac{3}{4}$  زمان چرخه بهینه ساعت اوج محاسبه می شود.

۳- بیشترین مقدار بدست آمده از بندهای (۱) و (۲) فوق بعنوان زمان چرخه چراغ انتخاب می شود.

پس از تعیین زمان چرخه چراغ، زمان سبز مؤثر چراغ در هر یک از فازها از رابطه زیر محاسبه خواهد شد:

$$g_i = \frac{y_i}{Y} (C_0 - L) \quad (5-4)$$

که در آن :

$g_i$  زمان سبز مؤثر چراغ در فاز  $i$  ام (ثانیه)،

$y_i$  نسبت جریان بحرانی در فاز  $i$  و

$L$  مجموع زمانهای هدر رفته در طول چرخه (ثانیه) است.



- روش اکسلیک<sup>۱</sup> (استرالیایی) [۴۸]

در این روش، رابطه زمان چرخه بهینه بصورت زیر است :

$$C_0 = \frac{(1/4+k)L+6}{1-Y} \quad (6-4)$$

که در آن :

k هم ارز توقف است و بقیه متغیرها مطابق تعاریف قبلی هستند.

مقادیر k مربوط به شاخص های مختلف عملکرد تقاطع به قرار زیر است :

k	شاخص عملکرد تقاطع
۰	حداقل نمودن تأخیر
۰/۲	حداقل نمودن هزینه (شامل ارزش ریالی تأخیر هم می شود)
۰/۴	حداقل نمودن مصرف سوخت
-۰/۳	حداقل نمودن مجموع طول صف حرکت های بحرانی

یک خصوصیت مهم رابطه ۶-۴ این است که در این رابطه اهداف کنترل و طراحی تقاطع با استفاده از پارامتر " هم ارز توقف " بهم مربوط می شوند. در عمل، اتخاذ یک استراتژی خاص بستگی به شرایط خاص محل در دوره زمانی طراحی مربوطه دارد. مثلاً در طرح تقاطع خیابان های با سرعت بالا در ساعات غیر اوج، استراتژی کمینه نمودن مصرف سوخت قابل قبول خواهد بود، درحالی که در تقاطع خیابانهای مرکزی شهر در ساعات اوج، استراتژی کمینه نمودن طول صف در طرح تقاطع مطرح می گردد.

معمولاً، زمان چرخه عملی، کمی کوچکتر از آنچه که رابطه ۶-۴ بدست می دهد در نظر گرفته می شود، زیرا :

۱- این رابطه زمان چرخه بهینه را صرفاً براساس حرکت های بحرانی (که در محاسبه Y دخالت دارند) بدست می دهد. درحالی که اگر تأخیر و توقف سایر حرکت های موجود در تقاطع را نیز در عملکرد تقاطع دخالت دهیم، در آن صورت طول چرخه کمتری بدست خواهد آمد که سبب کاهش تأخیر سایر حرکت های موجود در تقاطع و از جمله عابرین پیاده خواهد شد.

۲- رابطه مذکور براین فرض استوار است که جریان اشباع در طول فاز سبز ثابت می ماند، اما عملاً ممکن است جریان اشباع در زمانهایی افت نماید. در این صورت استفاده از زمان چرخه کوتاهتر، سبب بهبود عملکرد تقاطع می شود.

۳ - در تقاطع های با چراغهای هماهنگ، زمان چرخه مشترکی که در تمام تقاطع ها مورد استفاده قرار می گیرد براساس زمان چرخه تقاطع بحرانی تعیین می شود. از آنجائیکه تقاطع های دیگر ممکن است به چرخه های کوتاهتری نیاز داشته باشند، عملکرد مجموعه اینگونه تقاطع ها را می توان با در نظر گرفتن زمان چرخه کوتاهتر بهبود بخشید.

پس از تعیین طول چرخه، زمان سبز هر یک از فازها همانند روش وبستر بدست می آید.

- دستورالعمل HCM 85 [۲۴]

در این دستورالعمل، طول چرخه بهینه براساس رابطه زیر تعیین می شود :

$$C_0 = \frac{LX_c}{X_c - Y} \quad (۷-۴)$$

که در آن  $L$  و  $Y$  همان تعاریف قبلی را دارند و  $X_c$  درجه اشباع بحرانی تقاطع است.

حداقل مطلق طول چرخه براساس  $X_c = 1$  محاسبه می گردد. در چنین حالتی، طول چرخه دقیقاً زمان سبز لازم برای پاسخگویی به نیاز جریان های بحرانی را فراهم می سازد. به ازای  $X_c = 1$  رابطه ای مشابه رابطه ۴-۳ بدست می آید. چنانچه مقادیر خاصی برای  $X_c$  مورد نظر نباشد، نکات زیر می تواند در انتخاب مقدار مطلوب آن مفید باشد :

- در تقاطع های با چراغ پیش زمانبندی شده، اگر  $X_c$  در محدوده  $0.8$  تا  $0.9$  باشد، میزان تأخیر حداقل خواهد بود. مقادیر کمتر از این حد، نمایانگر زمانهای سبز غیرقابل استفاده زیاد در طول چرخه است که خود به معنی افزایش تأخیر می باشد. مقادیر بیش از این حد نیز سبب خواهند شد که بعضی از وسایل نقلیه برای گذر از تقاطع بیش از یک چرخه نیاز داشته باشند.

- در تقاطع های دارای کنترل سازگار، غالباً مقادیر  $0.9$  تا  $0.95$  برای  $X_c$  مناسب می باشند.

- تحلیل تقاطع های دارای کنترل نیمه سازگار نسبتاً دشوار است، زیرا یک چرخه می تواند زمانهای بسیار متفاوتی در اوقات مختلف داشته باشد. بهر صورت در ساعات اوج انتظار می رود که زمان سبز عمدتاً به خیابان اصلی اختصاص یابد و برای خیابان فرعی تقریباً به صفر برسد. در این حالت استفاده از مقادیر  $0.8$  تا  $0.85$  برای  $X_c$  نتایج قابل قبولی بدست خواهد داد.

بدین ترتیب، زمان چرخه بهینه مطابق همان ساختار کلی رابطه ۴-۲ تعیین می گردد. پس از آن که طول چرخه انتخاب شد، زمان سبز موثر، بین فازها و زیر فازهای مختلف توزیع می گردد.

برای این منظور از رابطه زیر استفاده می شود :

$$g_i = \left(\frac{v}{s}\right)_i \left(\frac{C}{X_i}\right) \quad (۸-۴)$$

و بدین ترتیب در زمان بندی هر فاز، نسبت جریان بحرانی مربوطه، همراه با یک مقدار مناسب برای  $X_i$  بکار گرفته می شود.

رهنمودهای زیر می تواند در ساده سازی محاسبات مفید واقع شود :

- در تقاطع هایی که بصورت پیش زمانبندی شده کنترل می شوند، تمام  $X_i$  های گروه خط های بحرانی را می توان مساوی با مقدار  $X_c$  در نظر گرفت. این بدان معنی است که تقاضا در تمام گروه خط های بحرانی به همان نسبت ظرفیت موجود توزیع خواهد شد. همچنین در این تقاطع ها مقادیر  $X_i$  جهت فرعی را می توان ۰/۹۵ تا ۱/۰۰ در نظر گرفت و تمامی زمان سبز باقیمانده را به جهت اصلی اختصاص داد.

- در تقاطع هایی که بصورت کاملاً سازگار با ترافیک کنترل می شوند، در تمامی جهات  $X_i = X_c = ۰/۹۰ - ۰/۹۵$  فرض می شود.

- در تقاطع هایی که بصورت نیمه سازگار کنترل می شوند،  $X_i$  خیابان فرعی را می توان برابر یک فرض کرده و تمامی زمان سبز باقیمانده را به خیابان اصلی اختصاص داد.

- نتیجه گیری

از مقایسه روش های مختلف زمان بندی ارائه شده بنظر می رسد که روش اکسلیک با معرفی پارامتر  $k$  از انعطاف پذیری بیشتری برخوردار بوده و نتایج آن انطباق بیشتری با شرایط موجود در تقاطع های کشور دارد. از آنجایی که مصرف سوخت یکی از پارامترهای اصلی هزینه استفاده کنندگان است، می توان معیارهای مربوطه را ترکیب و جدول  $k$  را بصورت زیر بازنویسی نمود :

$k$	شاخص عملکرد تقاطع
۰/۳	حداقل نمودن هزینه
۰	حداقل نمودن تأخیر
-۰/۳	حداقل نمودن طول صف

۴-۶-۳-۴- زمان سبز پیاده

در تقاطع ها، علاوه بر وسیله نقلیه، عابرپیاده نیز حضور دارد و لازم است نیازهای این گروه از استفاده کنندگان نیز در زمان بندی چراغ ملحوظ گردد. در این رابطه، باید حداقل زمان لازم برای عبور عابرین پیاده از تقاطع در نظر گرفته شود. این عامل می تواند در تعیین حداقل زمان لازم برای چرخه نیز دخالت داشته باشد.

بطور کلی، حداقل زمان لازم برای عبور عابرین پیاده متشکل از دو جزء است :

۱- زمان لازم برای ورود عابرین به گذرگاه عرضی پیاده

۲- زمان لازم برای عبور از گذرگاه عرضی پیاده

معمولاً متوسط سرعت عبور عابرین از خیابان ۱/۲ متر بر ثانیه در نظر گرفته می شود. در اینصورت چنانچه عرض عبور خیابان برابر D باشد، زمان لازم برای طی این عرض برابر  $\frac{D}{1/2}$  خواهد بود. زمان لازم برای ورود عابرین به گذرگاه نیز بین ۴ تا ۷ ثانیه فرض شده است. براین اساس، حداقل زمان سبز لازم برای عبور عابرین پیاده از تقاطع عبارت خواهد بود از :

$$G_p = (4 \text{ الی } 7) + \frac{D}{1/2} - I \quad (4-9)$$

که در آن :

$G_p$  حداقل زمان سبز لازم برای عبور عابرین از عرض تقاطع (ثانیه)،

D عرض عبور (متر) و

I زمان تخلیه تقاطع، شامل فرجه های زرد و تمام قرمز (ثانیه) است.

چنانچه عبور عابرین از تقاطع، همزمان با برخی حرکات وسایل نقلیه صورت گیرد و حداقل زمان سبز پیاده کمتر از زمان سبز وسایل نقلیه باشد، در آن صورت اضافه نمودن حداقل زمان سبز پیاده به طول چرخه ضرورتی نخواهد داشت، زیرا عبور عابرین می تواند در زمان سبز وسایل نقلیه صورت گیرد. در شرایطی که عبور عابرین از تقاطع در فاز جداگانه ای صورت می گیرد، لازم است حداقل زمان سبز پیاده در محاسبه زمان چرخه ملحوظ گردد.

۴-۶-۴-۴- مثال های زمان بندی

مثال ۱- زمان بندی چراغ راهنمایی براساس روش وبستر

در جدول زیر، مقادیر جریان ترافیک موجود و اشباع یک تقاطع با چراغ دو فازه آمده است. زمان تخلیه در هر فاز برابر  $I = 9 \text{ sec}$  بوده و کل زمان هدر رفته در هر فاز برابر  $I = 2 \text{ sec}$  است. براساس دستورالعمل

ویستر زمان چرخه و زمان های سبز بهینه ای که سبب حداقل شدن تأخیر در تقاطع می‌شوند را محاسبه نمایید.

ورودی تقاطع				مشخصات
غربی	شرقی	جنوبی	شمالی	
۷۵۰	۹۰۰	۴۵۰	۶۰۰	جریان ترافیک (v) بر حسب وسیله نقلیه در ساعت
۳۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۲۴۰۰	جریان اشباع (s) بر حسب وسیله نقلیه در ساعت
۰/۲۵	۰/۳۰	۰/۲۳	۰/۲۵	نسبت $\frac{v}{s}$
$y_2 = 0/30$		$y_1 = 0/25$		مقادیر y

حل - کل زمان هدر رفته در هر چرخه از رابطه زیر قابل محاسبه است (با فرض فرجه زرد  $a = 3$  ثانیه):

$$L = \sum l_i$$

$$= 2 \times (9-3) + 2 \times (2)$$

$$= 16 \text{ Sec}$$

طول چرخه بهینه براساس رابطه ۴-۴ عبارت است از:

$$C_0 = \frac{1/5L + 5}{1 - Y} = \frac{1/5(16) + 5}{1 - (0/25 + 0/3)} = \frac{29}{0/45} = 64 \text{ Sec}$$

و کل زمان سبز مؤثر در خلال هر چرخه برابر خواهد شد با:

$$C_0 - L = 64 - 16 = 48 \text{ Sec}$$

حال زمان سبز بهینه هریک از فازها را از روابط زیر می‌توان محاسبه نمود:

$$g_1 = \frac{y_1}{Y} (C_0 - L) = \frac{0/25}{0/55} (48) = 22 \text{ Sec}$$

$$g_2 = \frac{y_2}{Y} (C_0 - L) = \frac{0/3}{0/55} (48) = 26 \text{ Sec}$$

و چون  $G = g + 1$  پس:

$$G_1 = 22 + 2 = 24 \text{ Sec}$$

$$G_2 = 26 + 2 = 28 \text{ Sec}$$

مثال ۲ - زمان بندی چراغ راهنمایی یک تقاطع چهار راه براساس دستورالعمل HCM 85

زمان بندی یک چراغ دو فازه واقع در محل تقاطع دو خیابان شریانی براساس دستورالعمل HCM 85 مورد نظر است. نسبت جریان بحرانی برای شریانی (۱) برابر  $y_1 = 0.42$  و برای شریانی (۲) برابر  $y_2 = 0.38$  است. طول چرخه و زمان سبز مناسب چراغ را مشخص کنید. طول چرخه سیستم هماهنگ شریانی ۴۵ ثانیه و کنترل بصورت پیش زمان بندی شده است. تکه مخصوص عبور عابریاده نیز در چراغ تقاطع تعبیه شده است.

حاصل -  $X_c = 0.85$  بعنوان مقدار اولیه در نظر گرفته می شود. چنانچه زمان هدر رفته نیز برابر  $I = 3 \text{ sec}$  در هر فاز در نظر گرفته شود، در این صورت باتوجه به دو فازه بودن چراغ  $L = 6 \text{ sec}$  خواهد شد و بنابراین :

$$C = \frac{LX_c}{X_c - Y} = \frac{6 \times 0.85}{0.85 - (0.42 + 0.38)} = \frac{5.1}{0.05} = 102 \text{ Sec}$$

از آنجا که این طول چرخه زیاد است مجدداً  $X_c = 0.90$  در نظر گرفته می شود. در این صورت خواهیم داشت :

$$C = \frac{6 \times 0.9}{0.9 - 0.8} = \frac{5.4}{0.1} = 54 \text{ Sec}$$

چون چراغ عبور پیاده بصورت تکه فشاری است، در نظرگیری نیازهای عابریان در زمان بندی چراغ راهنمایی لازم نیست. همچنین از آنجا که طول چرخه سیستم ۴۵ ثانیه است، زمان چراغ باید برابر و یا مضربی از آن باشد و بدین خاطر  $C = 90 \text{ Sec}$  انتخاب می گردد. در این صورت :

$$X_c = \frac{YC}{C - L} = \frac{0.8 \times 90}{90 - 6} = 0.857$$

حال زمان سبز مناسب برای شریانی های (۱) و (۲) را به نسبت  $\frac{V}{S}$  بحرانی آنها تقسیم می کنیم :

$$g_i = \left(\frac{V}{S}\right)_i \left(\frac{C}{X_i}\right)$$

$$g_1 = 0.42 \times \frac{90}{0.857} = 44 \text{ Sec}$$

$$g_2 = 0.38 \times \frac{90}{0.857} = 40 \text{ Sec}$$

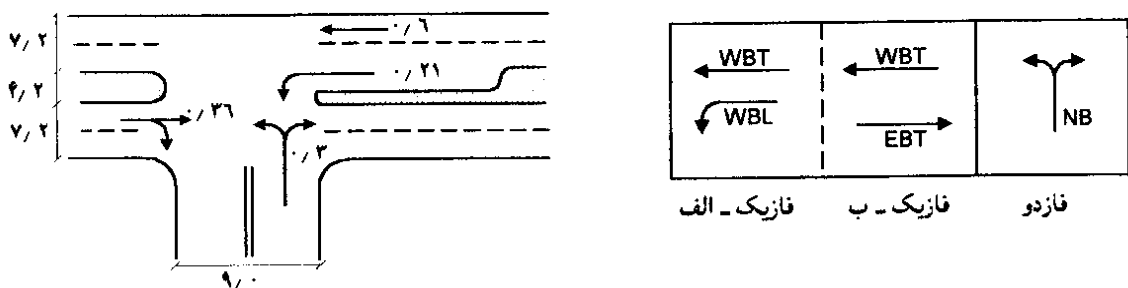
$$g_1 + g_2 = 84 \text{ Sec}$$

$$L = 6 \text{ Sec}$$

$$C = 90 \text{ Sec}$$

مثال ۳ - تعیین زمان سبز یک تقاطع سه راه براساس HCM 85

مقادیر نسبت جریان  $(\frac{v}{s})$  حرکات مختلف و نمودار فازبندی چراغ یک تقاطع سه راهی مطابق شکل زیر است. زمان بندی مناسب چراغ در این حالت را محاسبه نمایید.



حل - طرح فازبندی چراغ، نشان دهنده حالت سبز تقدمی برای حرکت رو به غرب (WB) است. طول کل فاز ۱ چراغ براساس یکی از دو مقدار زیر تعیین می‌گردد:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{WB} \quad \text{با} \quad \frac{v}{s} = 0,6 \\ \text{WBL} + \text{EBT} \quad \text{با} \quad \frac{v}{s} = 0,21 + 0,36 = 0,57 \end{array} \right. \Rightarrow \left(\frac{v}{s}\right)_{ci} = 0,6$$

حرکت های مجاز در فاز یک

مقدار نسبت جریان بحرانی در فاز ۲ به راحتی بدست می‌آید، زیرا در این فاز تنها حرکت رو به شمال (NB) موجود است و بنابراین:

$$\left(\frac{v}{s}\right)_{ci} = 0,3$$

$$\sum \left(\frac{v}{s}\right)_{ci} = 0,6 + 0,3 = 0,9$$

بدین ترتیب:

از آنجا که نسبت جریان بحرانی، تنها براساس دو گروه خطی بحرانی (NB و WB) بدست می‌آید، کل زمان هدر رفته در هر چرخه، تنها شامل دو زمان ۳ ثانیه ای است. بنابراین:

$$L = 2 \times 3 = 6 \quad \text{ثانیه در هر چرخه}$$

اگر چه سه زیر فاز در طرح وجود دارد اما چون زمان هدر رفته بین فازهای ۱-الف و ۱-ب، تنها حرکت های غیر بحرانی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و حرکت بحرانی WB زمان سبز پیوسته ای را در فازهای ۱-الف و ۱-ب دارد، بنابراین  $L = 6 \text{ sec}$  خواهد بود.

از آنجا که مجموع مقادیر نسبت جریان بحرانی برابر ۰/۹ بدست آمده است، در رابطه محاسبه طول چرخه از مقادیر بزرگ برای حدس اولیه  $X_c$  استفاده می‌شود و بهمین خاطر مقادیر ۰/۹۵ و ۱ را به عنوان مقادیر اولیه  $X_c$  در نظر می‌گیریم. در اینصورت خواهیم داشت:

$$X_c = 0,95 \Rightarrow C = \frac{LX_c}{X_c - Y} = \frac{6(0,95)}{0,95 - 0,90} = 114 \text{ Sec}$$

$$X_c = 1 \Rightarrow C = \frac{6(1)}{1 - 0,9} = 60 \text{ Sec}$$

مقدار ۶۰ ثانیه، حداقل مطلق برای طول چرخه است. اما بهتر است طول بیشتری را برای چرخه در نظر گرفت. برای آنکه بهترین حالت را برای  $X_c$  فراهم آوریم، طول چرخه ۱۲۰ ثانیه را مورد استفاده قرار می‌دهیم. این مقدار، حداکثر طول چرخه است. در چنین حالتی خواهیم داشت:

$$X_c = \sum \frac{YC}{C-L} = \frac{0,9 \times 120}{120 - 6} = 0,947$$

این طول چرخه را می‌توان بصورت زیر به حرکت های مختلف تخصیص داد:

$$g_i = \left(\frac{v}{s}\right)_i \left(\frac{C}{X_i}\right)$$

$$g_{الف-۱} + g_{ب-۱} = 0,6 \left(\frac{120}{0,947}\right) = 76 \text{ Sec}$$

$$g_c = 0,3 \left(\frac{120}{0,947}\right) = 38 \text{ Sec}$$

---


$$114 \text{ Sec}$$

$$L = 6 \text{ Sec}$$

$$C = 120 \text{ Sec}$$

طول هریک از بخش های فاز ۱ را نیز می‌توان بصورت زیر معلوم کرد:

$$g_{الف-۱} = 0,21 \left(\frac{120}{0,947}\right) = 26,6 \text{ Sec}$$

$$g_{ب-۱} = 76 - 26,6 - 3 = 46,4 \text{ Sec}$$

باتوجه به طول چرخه زیاد چراغ، بنظر نمی‌رسد عبور عابر پیاده مشکلی در برداشته باشد. عبور از ورودی NB می‌تواند بصورت حمایت شده (بدون هیچگونه تداخل با ترافیک گردش به چپ) در خلال فاز ۱-ب صورت گیرد. حداقل زمان سبز لازم برای عبور عابرین برابر است با:

$$G_p(N) = 4 + \frac{6,75}{1,2} \approx 10 \text{ Sec}$$

که خیلی کمتر از ۴۶/۴ ثانیه پیش بینی شده قبلی برای فاز ۱-ب است.

عبور عابرین پیاده از عرض خیابان شرقی - غربی نیز می‌تواند در فاز ۲ انجام گیرد. این حرکت مستلزم زمان سبز زیر است:

$$G_p(EW) = 4 + \frac{7,2}{1,2} = 10 \text{ Sec}$$

که خیلی کمتر از ۳۸ ثانیه پیش بینی شده قبلی برای فاز ۲ است.



## ۴-۵- تابلو و نشانه راهنمایی

ایمنی تقاطع و قابلیت آن در عبور راحت وسایل نقلیه با حداقل تاخیر و تراکم، ارتباط مستقیم با نظم و ترتیب جریان ترافیک دارد. این نظم در صورتی بوجود می‌آید، که علائم تقاطع، رانندگان را بطور دقیق و صحیح راهنمایی کنند. علائم گمراه کننده و غیردقیق، باعث سلب اطمینان رانندگان و سرپیچی آنان از فرمانهای صادره می‌گردد. در این بخش انواع تابلوها و نشانه‌ها و شرایط استفاده از آنها برای کنترل تقاطع‌ها مطرح می‌شود.

## ۴-۵-۱- تابلوی راهنمایی

تابلوها از جمله وسایل کنترل ترافیک هستند که بیانگر مقررات ترافیکی وضع شده از قبیل محدودیت و ممنوعیت عبور و همچنین اطلاعات لازم در رابطه با تعیین جهت حرکت، خدمات عمومی، کاربری‌های خاص و غیره می‌باشند.

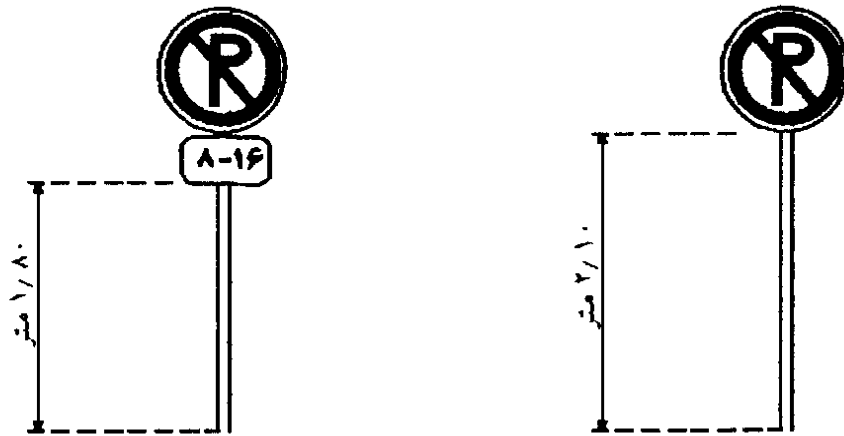
تعداد تابلوهای نصب شده باید به اندازه‌ای باشد که موجب سردرگمی رانندگان نشده و با استقرار در مکانهای مناسب و به تعداد کافی، رانندگان را به موقع از مخاطرات احتمالی آگاه سازند. استفاده زیاد از حد تابلوها، نه تنها باعث افزایش کارایی آنها نخواهد شد، بلکه از تاثیر آنها بویژه در مورد تابلوهای انتظامی و تابلوهای هشداردهنده خواهد کاست.

تابلوها باید طوری نصب شوند که دیدن آنها برای رانندگان به سهولت و به موقع عملی باشد. بطور کلی، محل استقرار تابلوها تابعی از مسیر و جهت تردد است که در آئین نامه راهنمایی و رانندگی ایران در سمت راست سواره رو توصیه شده است [۳]. در برخی موارد، می‌توان تابلوهای کنترل تقاطع را روی حفاظ میانی قرارداد و یا در سمت چپ تقاطع تکرار نمود. محل نصب تابلوها باید به گونه‌ای انتخاب شود که در مخروط دید واضح راننده واقع شود (حدود ۱۰ الی ۱۲ درجه) و همچنین بازتابش نور چراغ‌های وسایل نقلیه از تابلو موجب خیره شدن چشم آنها نشود.

در مناطق شهری به دلیل امکان تردد عابرین پیاده، پارک وسایل نقلیه و غیره باید حداقل ارتفاع نصب تابلوها از لبه پایین آن تا سطح روسازی پیاده رو یا خیابان ۲۱۰ سانتیمتر باشد و چنانچه تابلوی دیگری نیز در زیر تابلوی اول نصب گردد، ارتفاع تابلوی دوم تا خیابان، حداکثر می‌تواند ۳۰ سانتیمتر کمتر از مقدار فوق باشد [۳۹]. در شکل ۴-۳۹ حداقل ارتفاع نصب تابلوها نشان داده شده است.

به منظور رعایت اصول ایمنی و حفظ سلامتی رانندگانی که به دلتلی از خیابان منحرف می‌شوند، تابلوها باید فواصل جانبی معقول و عملی نسبت به جدول حاشیه خیابان داشته باشند. حداقل این فاصله جانبی

در دستورالعمل های مختلف حدود ۶۰-۵۰ سانتیمتر توصیه شده است، لیکن در شرایط خاص از قبیل محدودیت عرض پیاده روها، کاهش این فاصله تا ۳۰ سانتیمتر مجاز است [۳ و ۳۹].



شکل ۴-۳۹- حداقل ارتفاع نصب تابلوها [۳]

در مناطق مسکونی، فاصله نصب تابلوهای پیش آگاهی تا تقاطع حداقل ۵۰ متر و در بزرگراههای شهری حداقل ۵۰۰ متر توصیه شده است [۳].

بطورکلی، تابلوها به سه دسته تقسیم می شوند: تابلوهای هشداردهنده، تابلوهای انتظامی و تابلوهای اطلاعاتی [۳].

از آنجا که موضوع این بخش بررسی کاربرد تابلوها در کنترل تقاطع ها می باشد، در ادامه فقط ضوابط آن دسته از تابلوهایی مطرح خواهد شد که در حریم تقاطع ها بکار می روند.

#### ۴-۵-۱-۱- تابلوی هشداردهنده

شکل کلی این تابلوها به صورت یک مثلث متساوی الاضلاع است که یک ضلع آن افقی بوده و راس مقابل آن در بالا قرار می گیرد. زمینه این تابلوها به رنگ سفید و حاشیه آنها به رنگ قرمز است و شکل های روی آن سیاه رنگ می باشد. هدف از نصب این تابلوها، اخطار به رانندگان در مورد وجود خطرات احتمالی در مسیر و رعایت اصول ایمنی است. فاصله محل قرارگیری این تابلوها از محل خطر باید به گونه ای باشد که با توجه به وضعیت تردد در خیابان و سرعت مجاز وسایل نقلیه، رانندگان بموقع از خطرات احتمالی آگاه شده و فرصت کافی برای واکنش مناسب و تصمیم گیری داشته باشند. در جدول ۴-۱۱ حداقل فاصله نصب تابلوهای هشداردهنده تا محل خطر ارائه شده است [۳].

جدول ۴-۱۱- حداقل فاصله نصب تابلوهای هشداردهنده تا محل خطر [۳]

فاصله نصب (متر)	سرعت ۸۵ درصد وسایل نقلیه (کیلومتر در ساعت)
۶۰-۸۰	۵۰
۸۰-۱۰۰	۶۰
۱۰۰-۱۲۰	۷۰
۱۲۰-۱۴۰	۸۰

تابلوهای هشداردهنده، متناسب با نوع اعلام خطر موجود در خیابان و تقاطع، دارای انواع مختلفی می‌باشند که ذیلاً آن دسته که در تقاطع‌ها کاربرد دارند مورد بررسی قرار می‌گیرند [۳]:

#### ۱- تابلوی تقاطع

از این تابلو به منظور هشدار به رانندگان در مورد رعایت "حق تقدم عبور" وسایل نقلیه سمت راست در تقاطع استفاده می‌شود (شکل ۴-۴۰-الف).

#### ۲- تابلوی تقاطع فرعی با اصلی

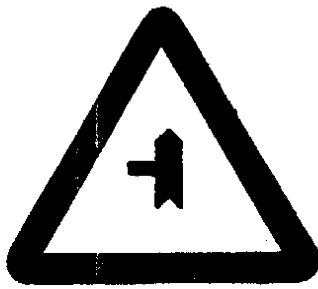
این تابلو نشان دهنده تقاطع مسیر فرعی با خیابان اصلی تحت زاویه‌های ۴۵ تا ۹۰ درجه بوده و محل نصب آن در مسیر فرعی است (شکل ۴-۴۰-ب).

#### ۳- تابلوی تقاطع اصلی با فرعی

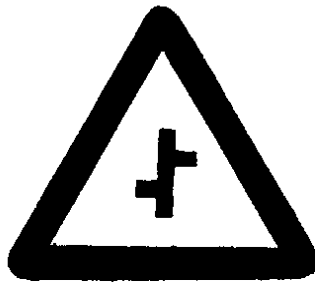
این تابلو برای آگاهی دادن در مورد وجود تقاطع با مسیر فرعی به رانندگانی است که در مسیر اصلی تردد می‌کنند. این تابلو نباید در محلی نصب شود که مانع دید رانندگان گردد، بطوری که نتوانند وسایل نقلیه مسیر فرعی را ببینند. محل نصب این تابلو در مسیر اصلی است (شکل ۴-۴۰-ج).

#### ۴- تابلوی تقاطع سه راهی

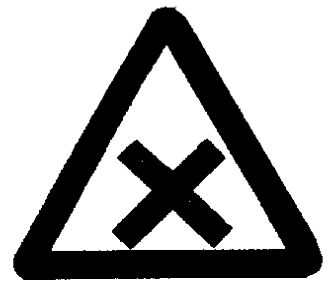
انواع مختلف این تابلو در شکل‌های ۴-۴۰-د و ۴-۴۰-ه نشان داده شده است. محل نصب این تابلوها در خیابانی است که خودروها باید از آن به سمت چپ و یا راست گردش کنند. در صورتیکه از تابلوی تعیین جهت، برای مشخص کردن هر یک از انشعابها استفاده شده باشد، می‌توان از نصب این تابلو صرف‌نظر نمود.



ج - تقاطع اصلی بازرعی



ب - تقاطع فرعی با اصلی



الف - تقاطع



و - پیش آگهی ایست



هـ - تقاطع سه راهی



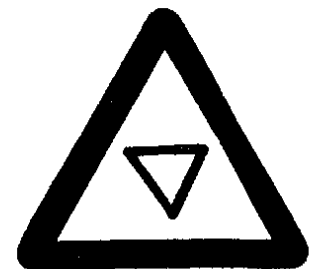
د - تقاطع سه راهی



ط - پیش آگهی میدان



ح - پیش آگهی چراغ راهنما



ز - پیش آگهی از رعایت حق تقدم



ک - عبور عابر پیاده



ی - خیابان دو طرفه

شکل ۴-۴۰- انواع تابلوهای هشداردهنده در تقاطع [۳]

۵- تابلوی پیش آگاهی ایست

این تابلو در مواردی که تابلوی ایست تقاطع بنابه عللی از فاصله دور قابل رویت نبوده و یا تقاطع دارای اهمیت خاص می باشد نصب می گردد، تا رانندگان بتوانند وسیله نقلیه خود را به موقع در محل تعیین شده متوقف نمایند (شکل ۴-۴۰-و).

۶- تابلوی پیش آگاهی رعایت حق تقدم

این تابلو در مواقعی که تابلوی رعایت حق تقدم از فاصله دور بنابه عللی دیده نشده و یا تقاطع دارای اهمیت خاص باشد، نصب می شود تا رانندگان بتوانند وسیله نقلیه خود را در صورت لزوم، به موقع متوقف کرده و حق تقدم عبور از تقاطع را به دیگران واگذار نمایند (شکل ۴-۴۰-ز).

۷- تابلوی پیش آگاهی چراغ راهنما

استفاده از این تابلو به منظور آگاه نمودن رانندگان از وجود چراغ راهنمای تقاطع در مواردی توصیه شده است که چراغ راهنما از فاصله دور بنابه عللی قابل رویت نباشد و یا رانندگان انتظار مواجه شدن با چراغ راهنمایی را نداشته باشند (شکل ۴-۴۰-ح).

۸- تابلوی پیش آگاهی میدان

استفاده از این تابلو در مواردی توصیه شده است که رانندگان بنابه عللی نتوانند میدانی را که به آن نزدیک می شوند، از فاصله ای نسبتاً دور ببینند (شکل ۴-۴۰-ط).

۹- تابلوی خیابان دوطرفه

این تابلو برای آگاهی دادن به رانندگان در مورد ورود از یک خیابان یک طرفه به یک خیابان دوطرفه مورد استفاده قرار می گیرد. توصیه شده است که این تابلو در محل تقاطع بین این دو خیابان و همچنین در طول مسیر بمنظور یادآوری نصب شود (شکل ۴-۴۰-ی).

۱۰- تابلوی عبور عابر پیاده

به منظور پیش آگاهی از گذرگاه خطکشی شده عابرین پیاده در تقاطع، از تابلو شکل ۴-۴۰-ک استفاده می شود.

۴-۵-۱-۲- تابلوی انتظامی

این تابلوها به منظور آگاه نمودن رانندگان از برخی محدودیت ها و ممنوعیت ها در تقاطع بکار می‌روند و در محل هایی نصب می شوند که از آن نقطه به بعد، محدودیت یا ممنوعیت ذکر شده اعمال می‌گردد. انواع این تابلوها عبارتند از [۳]:

- تابلوهای تقدم عبور، شامل تابلوی ایست، تابلوی رعایت حق تقدم و تابلوی حق تقدم عبور (خیابان اصلی)،

- تابلوهای ممنوعیت یا محدودیت (باز دارنده)، شامل تابلوهای گردش ممنوع، عبور ممنوع و دور زدن ممنوع،

- تابلوهای حکم‌کننده، شامل تعیین جهت حرکت، گردش اجباری، ممنوعیت یا محدودیت ایستادن یا پارکینگ و گذرگاه عرضی پیاده.

در زیر به بررسی و مطالعه هریک از این تابلوها می‌پردازیم.

۱- تابلوی ایست

در تقاطع ها، تابلوی ایست به دلیل ضرورت توقف وسایل نقلیه نصب می شود. این تابلو به شکل یک هشت وجهی با زمینه قرمز رنگ است، که بر روی آن کلمه " ایست " به رنگ سفید نوشته شده است (شکل ۴-۴۱) [۳].

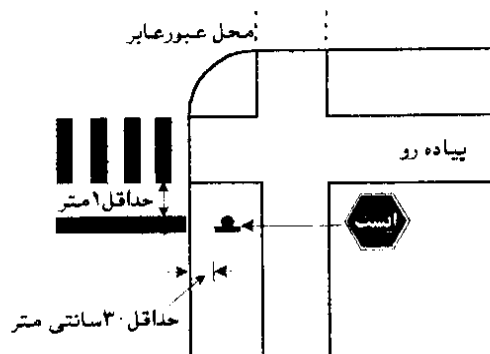


شکل ۴-۴۱- تابلوی ایست [۳]

در تقاطع دو خیابان اصلی، تابلوی ایست باید در خیابانی نصب شود که رفت و آمد کمتری داشته باشد، ولی چنانچه مطالعات ایمنی ایجاب نماید، می توان تابلوی ایست را در جهت تردد اصلی نیز نصب نمود (مانند یک سه راهی برای حرکت گردش به چپ خروجی). تابلوی ایست در مکانی نصب می شود که وسایل نقلیه باید در آن نقطه یا هر چه نزدیکتر به آن نقطه، اجباراً توقف کنند. این تابلو را می‌توان همراه با خط " ایست " و نوشتن کلمه " ایست " بر روی سطح خیابان

تکمیل نمود. همچنین در صورتیکه در تقاطع خط‌کشی مخصوص عابر پیاده وجود داشته باشد، تابلوی " ایست " و خط مربوطه باید حداقل یک متر از گذرگاه عابر پیاده فاصله داشته باشد [۳].

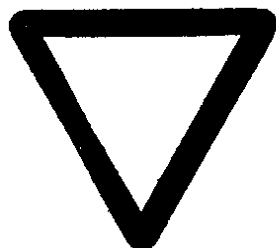
در شکل ۴-۲۲ محل توصیه شده برای قرار گرفتن تابلوی " ایست " در تقاطع‌ها نشان داده شده است.



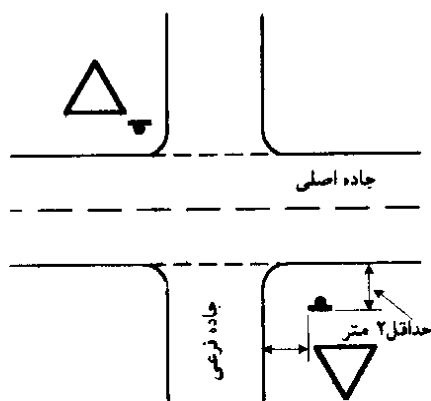
شکل ۴-۲۲- محل قرار گرفتن تابلوی " ایست " در تقاطع [۳]

## ۲- تابلوی " رعایت حق تقدم " م

این تابلو به شکل مثلثی است که یک ضلع آن افقی و رأس مقابل آن رو به پایین قرار دارد و حق تقدم عبور در تقاطع‌ها را تعیین می‌کند (شکل ۴-۲۳). نصب این تابلو بدین معنی است که راننده جز در مواقعی که احتمال برخورد با وسایل نقلیه سایر خیابان‌های منتهی به تقاطع وجود داشته باشد، مجبور به توقف نیست. در شکل ۴-۲۴ محل نصب این تابلو در تقاطع نشان داده شده است.



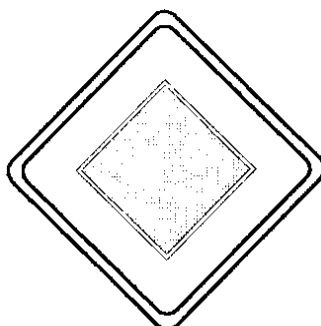
شکل ۴-۲۳- تابلوی " رعایت حق تقدم " [۳]



شکل ۴-۴۴- محل نصب تابلوی رعایت حق تقدم در تقاطع

### ۳- تابلوی "حق تقدم عبور" در خیابان اصلی

این تابلو برای مشخص کردن "حق تقدم عبور" وسایل نقلیه در یک خیابان منتهی به تقاطع استفاده می شود و به شکل مربعی است که یکی از قطرهای آن قائم بوده و مربع دیگری با رنگ زرد در وسط آن وجود دارد و فاصله بین این دو به رنگ سفید است (شکل ۴-۴۵) [۳].



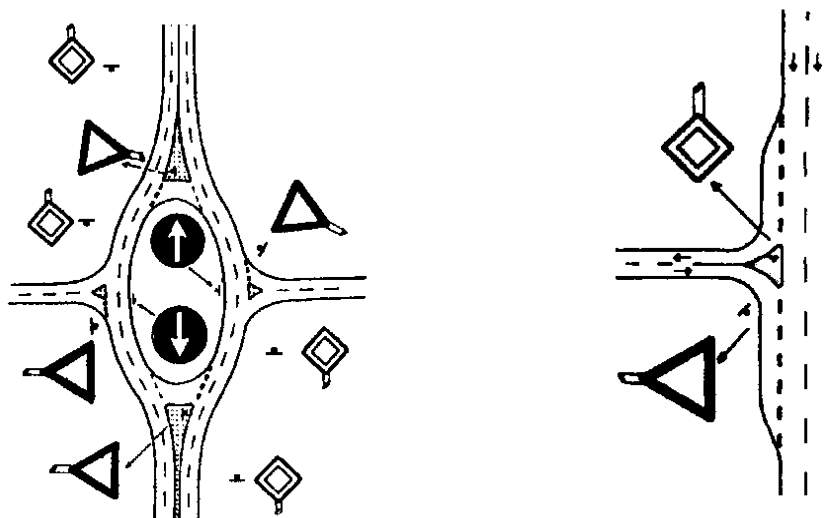
شکل ۴-۴۵- تابلوی حق تقدم عبور در خیابان اصلی [۳]

محل کاربرد این تابلو به شرح زیر توصیه شده است [۳]:

- این تابلو در ابتدای خیابان های با تردد زیاد یا دارای "حق تقدم عبور" نصب شده و بعد از هر تقاطع تکرار می شود. همچنین این تابلو را می توان قبل از تقاطع و یا در محدوده تقاطع نیز نصب نمود.

- در مسیرهای اصلی با حجم زیاد یا دارای حق تقدم منتهی به تقاطع ها در صورتی که تابلوی "رعایت حق تقدم" یا "ایست" در خیابان های فرعی تقاطع قرار داده شده باشند (شکل ۴-۴۶).





شکل ۴-۴۶- محل نصب تابلوی "رعایت حق تقدم" و تابلوی "حق تقدم عبور" [۳]

- بعد از تقاطع هایی که یک مسیر با ترافیک زیاد و دارای "حق تقدم عبور"، حق تقدم خود را از دست داده و دوباره آن را بدست می آورد، لازم است که این تابلو تا فاصله ۳۰ متر بعد از بدست آوردن حق تقدم عبور نصب شود.

- در تقاطع های پرتراffic و خطرناک، به علت اهمیت وضعیت رفت و آمد و یا بخاطر شرایط محلی و یا به دلایل دیگر، باید تابلوی "حق تقدم عبور" را تا فاصله ۳۰ متر قبل از تقاطع نصب نمود.

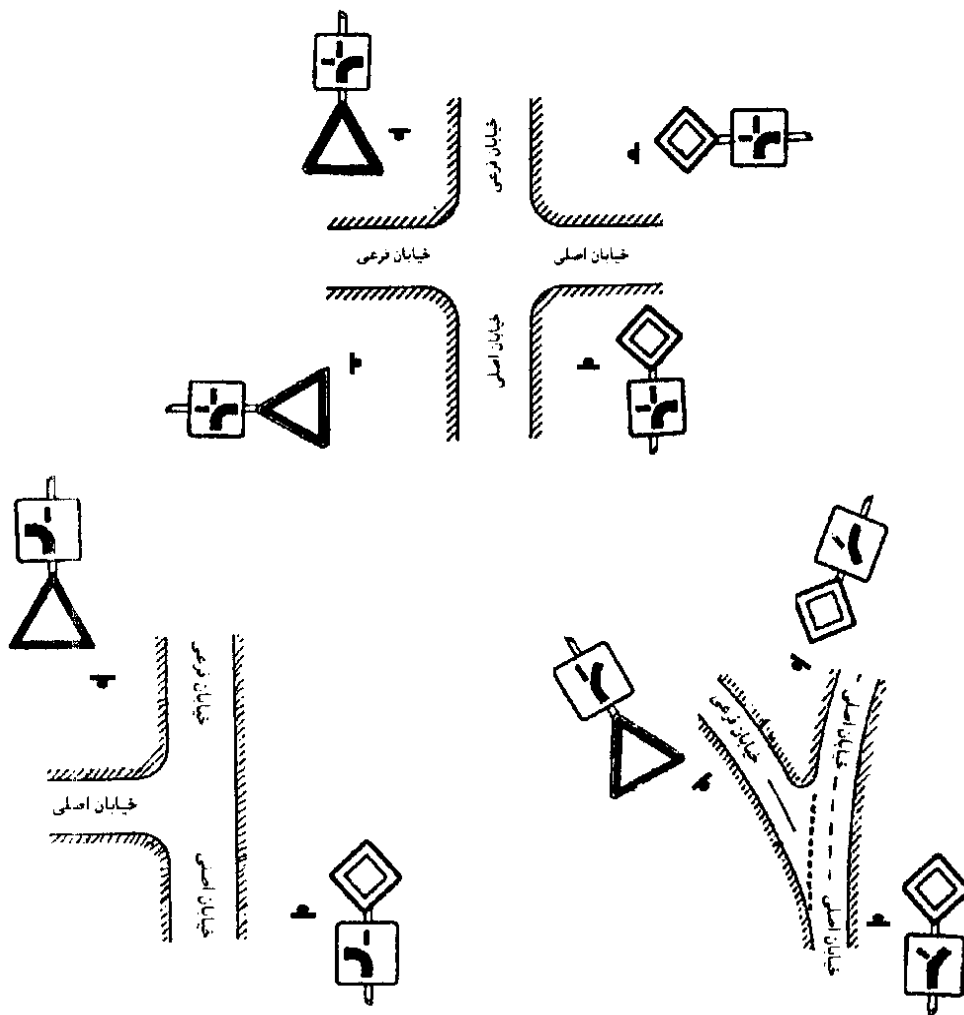
- در تقاطع هایی که خیابان اصلی منحرف می شود، باید با نصب یک تابلوی مستطیل شکل در زیر تابلوی اصلی که مسیر دارای حق تقدم عبور را نشان می دهد، رانندگان را از مسیر بعد از تقاطع داشتن حق تقدم عبور در ادامه مسیر، مطلع نمود (شکل ۴-۴۷).

#### ۴- تابلوی "گردش ممنوع"

این تابلوها دایره ای شکل و به رنگ زمینه سفید هستند و دور آنها دارای حاشیه قرمز رنگ است. نصب آنها در حریم تقاطع، بیانگر اعمال محدودیت یا ممنوعیت در انجام گردش به چپ یا راست و یا دور زدن است.

این تابلوها باید در محلی نصب شوند که برای رانندگانی که قصد گردش دارند، به راحتی قابل دیدن باشند. بدین ترتیب که تابلوی "گردش به راست ممنوع" که دارای یک پیکان مشکی رنگ قائمه به سمت راست است، در گوشه نزدیک سمت راست تقاطع نصب شود، تابلوی "گردش به چپ ممنوع" که دارای یک پیکان به سمت چپ است، به تعداد دو عدد، یکی در گوشه نزدیک سمت راست و دیگری در گوشه دور

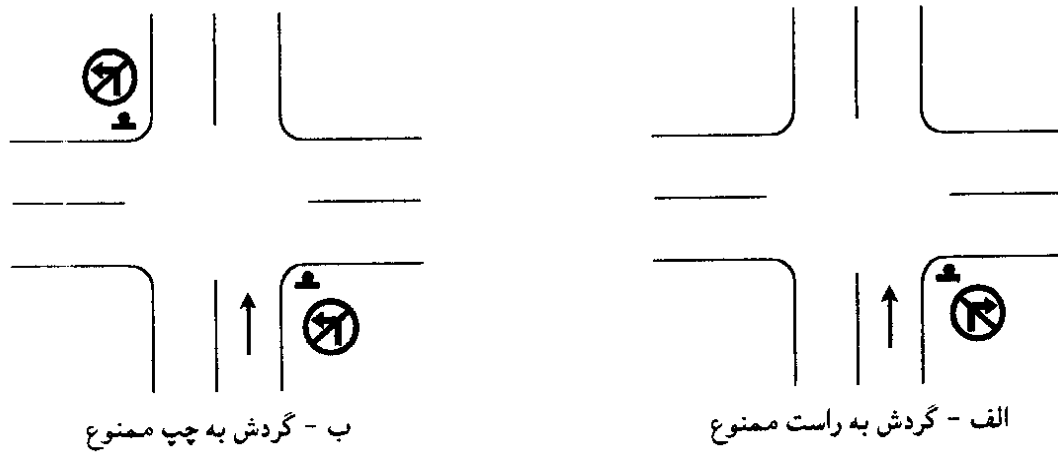
سمت چپ تقاطع مستقر شود و تابلوی " دور زدن ممنوع " که دارای یک پیکان مشکی رنگ خمیده به سمت پایین است، بر روی حفاظ میانی تقاطع یا به همراه تابلوهای گردش به راست یا چپ ممنوع بر روی یک پایه نصب شود [۳] (شکل ۴-۴۸).



شکل ۴-۴۷- محل نصب تابلوی " حق تقدم عبور " همراه با تابلوی اضافی

جهت نمای مسیر اصلی حرکت [۳]

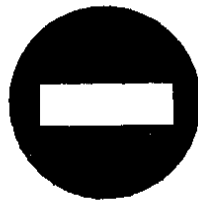
چنانچه چراغ راهنمایی تقاطع، در گوشه دور سمت راست واقع شده باشد، تابلوی " گردش به راست ممنوع " باید روی پایه و یا نزدیک چراغ راهنمایی نصب شود. در صورتیکه برای پیش آگاهی رانندگان از تسابُلوی " گردش ممنوع " در قبل از تقاطع استفاده شود، باید دقت گردد تا هیچ خیابانی میان علامت پیش آگاهی و تقاطع واقع نشده باشد که علامت گردش ممنوع بر آن اعمال شود. همچنین اگر تقاطع دارای یک خیابان یک طرفه باشد، می توان از تابلوی عبور یک طرفه به جای گردش ممنوع استفاده نمود و یا تابلوی گردش ممنوع را نیز به همراه آن بکار برد [۳].



شکل ۴-۴۸- محل نصب تابلوهای 'گردش ممنوع' در تقاطع [۳]

۵- تابلوی "عبور ممنوع"

این تابلو به منظور ممانعت از ورود وسایل نقلیه به منطقه ای که دارای محدودیت های خاصی است استفاده می شود و دارای انواع مختلفی است که ممکن است ممنوعیت عبور را برای همه گروهها و یا گروه خاصی از وسایل نقلیه از قبیل اتومبیل ها، موتورسیکلت ها، کامیونها، دوچرخه ها و ... اعمال نمایند. تابلوی ممنوعیت عبور وسایل نقلیه، به شکل دایره ای قرمز رنگ است که در وسط آن نوار افقی سفید رنگی قرار دارد و توصیه شده است که این تابلو در سمت راست تقاطع از ابتدای شروع ممنوعیت عبور در خیابان نصب شود [۳] (شکل ۴-۴۹).



شکل ۴-۴۹- تابلوی ممنوعیت عبور

۶- تابلوهای "جهت نمای حرکت"

این تابلوها دایره ای شکل و به رنگ زمینه آبی بوده و پیکان جهت نما بر روی آنها به رنگ سفید است. علی الاصول این تابلوها باید در نزدیکی محل هایی که محدودیت یا ممنوعیت شروع می شود نصب گردند، لیکن، عمدتاً در تقاطع ها نصب می شوند. در صورت لزوم، می توان آنها را تکرار نمود و یا در فاصله ای جلوتر از تقاطع یا محلی که محدودیت یا ممنوعیت شروع می شود، قرار داد. این تابلوها نشان دهنده جهت یا جهت های مجاز یا اجباری عبور و گردش وسایل نقلیه در تقاطع ها هستند و بوسیله

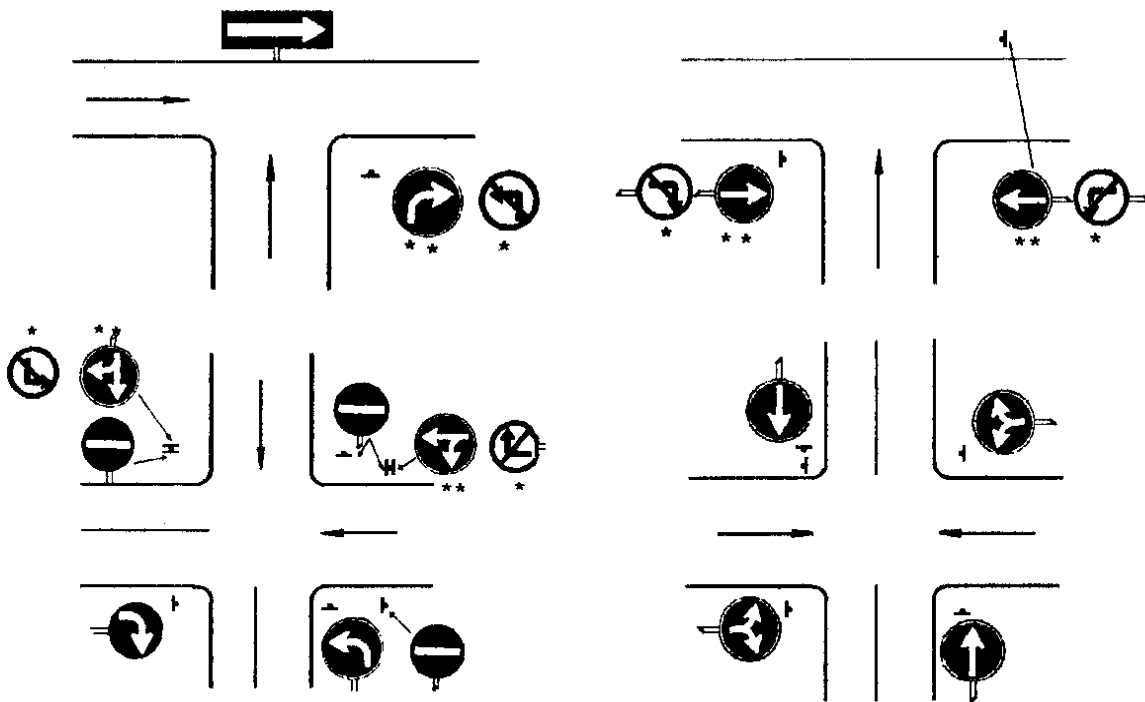
پیکان یا پیکانهای مربوطه بر روی تابلو نمایش داده می‌شوند. جهت یا جهت های اعلام شده بوسیله این تابلوها شامل فقط گردش به راست آزاد، فقط گردش به چپ آزاد، فقط سمت راست آزاد، فقط سمت چپ آزاد، مستقیم آزاد، مستقیم و راست آزاد، مستقیم و چپ آزاد و چپ و راست آزاد است [۳].

در تقاطع ها می توان به جای نصب تابلوهای گردش به راست ممنوع و یا گردش به چپ ممنوع، از تابلوهای جهت نمای حرکت که بصورت معادل، فقط جهت یا جهت های گردش و عبوری مجاز را اعلام می‌دارند، استفاده کرد [۳].

در شکل ۴-۵۰، محل نصب تابلوهای جهت نمای حرکت در تقاطع ها نشان داده شده است.

### ۷- تابلوی 'ایستادن ممنوع'

این تابلو دایره ای شکل با رنگ زمینه آبی و حاشیه قرمز می‌باشد، که در داخل آن یک ضریب بصورت قطری با رنگ قرمز ترسیم شده است. کاربرد این تابلو، اعمال ممنوعیت توقف انواع وسایل نقلیه در حاشیه خیابان، حتی در لحظه ای کوتاه بوده و زاویه نصب آن نسبت به جهت جریان ترافیک نباید از ۳۰ درجه کمتر و از ۴۵ درجه بیشتر باشد. همچنین توصیه شده که این تابلو در تقاطع ها در مسافتی قبل و بعد از انشعابات آن نصب گردد. حداقل فاصله نصب تا تقاطع ۱۵ متر است و در اینگونه موارد می‌توان در داخل دایره، مسافت یا جهت اجرای ممنوعیت را نیز نشان داد [۳].



توضیح: تابلو مشخص شده با علامت \* \* را می‌توان بجای تابلو مشخص شده با علامت \* بکار برد.

شکل ۴-۵۰- چگونه نصب تابلوهای جهت نمای حرکت در تقاطع ها [۳]

#### ۱- تابلوی " توقف ممنوع "

این تابلو به شکل دایره با زمینه آبی و حاشیه قرمز رنگ می‌باشد، که در داخل آن یک نوار قطری با رنگ قرمز ترسیم شده است. کاربرد این تابلو، اعمال ممنوعیت توقف وسایل نقلیه در حاشیه خیابانها برای مدت زمانی نسبتاً طولانی (پارک وسیله نقلیه) بوده و زاویه نصب آن نباید کمتر از ۳۰ درجه و بیشتر از ۴۵ درجه نسبت به جریان ترافیک باشد. به جای استفاده از این تابلو می‌توان، از تابلوی " پارک ممنوع " که به شکل دایره ای با رنگ زمینه سفید و با حاشیه و نوار قطری قرمز رنگ بوده و در داخل آن حرف P به رنگ مشکی نوشته شده است، استفاده نمود. این تابلو را مسئولان ایرانی بدین منظور برگزیده اند که حدود و حوزه ممنوعیت زمانی و استثناها را می‌توان متناسب با مورد، با نوشتن روی آن یا الحاق یک صفحه اضافی در زیر آن مشخص نمود. کلیه ممنوعیت ها و محدودیت های پارکینگ فقط در سمتی از خیابان قابل اجرا خواهد بود که تابلو در آن نصب شده و عموماً، مسافت اعمال ممنوعیت از محل نصب تابلو تا اولین تقاطع خواهد بود. استفاده از این تابلو در نزدیکی تقاطع، بدلیل تسهیل در جریان ترافیک رواج دارد [۳].

#### ۴-۵-۱-۳- تابلوی اطلاعاتی

مجموعه تابلوهایی را که اطلاعات مورد نیاز رانندگان از نظر شناسایی محل، اعلام فواصل، نشان دادن جهت، مسیر ورود یا خروج و غیره تأمین می‌کنند، تابلوهای اطلاعاتی می‌نامند. این تابلوها معمولاً به شکل مربع یا مستطیل هستند. آن دسته از این علائم که مستقیماً در تقاطع ها بکار برده می‌شوند، در زیر مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرند [۳]:

#### ۱- تابلوی پیش آگاهی خیابان ها و میدان ها

استفاده از این تابلو به منظور هدایت ترافیک و تسریع در تصمیم گیری رانندگان در کلیه تقاطع های مهم شهری توصیه شده است. این تابلوها با رنگ زمینه سبز و نوشته ها و شکل های سفید بوده و توصیه شده است که به گونه ای نصب شوند که برای ترافیک نزدیک شونده به تقاطع، به راحتی قابل دیدن و خواندن باشند [۳].

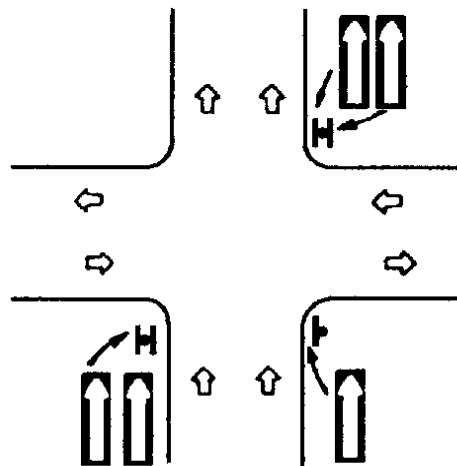
#### ۲- تابلوی محل عبور عابرین پیاده

استفاده از این تابلو به منظور نشان دادن محل گذرگاه پیاده به رانندگان و عابرین پیاده توصیه شده و حداقل باید یک متر قبل از گذرگاه خط کشی شده عابرین پیاده نصب شود. این تابلو مربع شکل

با رنگ زمینه آبی است و در داخل آن، مثلث سفید رنگی همراه با شکل عابریاده به رنگ مشکی نقش بسته است [۳].

### ۳- تابلوی خیابان یکطرفه

برای آگاه سازی رانندگان در مورد این که در یک مسیر یک طرفه در حرکت می باشند و یا این که از محل یک تقاطع به بعد، خیابان بصورت یک طرفه خواهد بود، می توان از تابلوهای خیابان یک طرفه به دو شکل مختلف استفاده نمود. تابلوهایی که در محل تقاطع و در ابتدای خیابان یک طرفه نصب می شوند، به شکل مستطیل بوده و تقریباً در امتداد عمود بر محور خیابان قرار می گیرند. زمینه آنها آبی و پیکان روی آنها در جهت مسیر یک طرفه و به رنگ سفید است. تابلوی دیگر که در تقاطع های سه راهی یا در تقاطع خیابان یک طرفه با سایر خیابانها، تقریباً به موازات محور خیابان قرار داده می شود، مستطیل شکل و با درازای افقی است و می توان واژه " یک طرفه " را به رنگ مشکی بر روی پیکان سفید رنگ آن درج نمود [۳]. در شکل ۴-۵۱ چگونگی نصب این تابلو در تقاطع ها نشان داده شده است.



شکل ۴-۵۱- چگونگی نصب تابلوی خیابان یکطرفه در تقاطع ها [۳]

### ۴- تابلوی " خیابان بن بست "

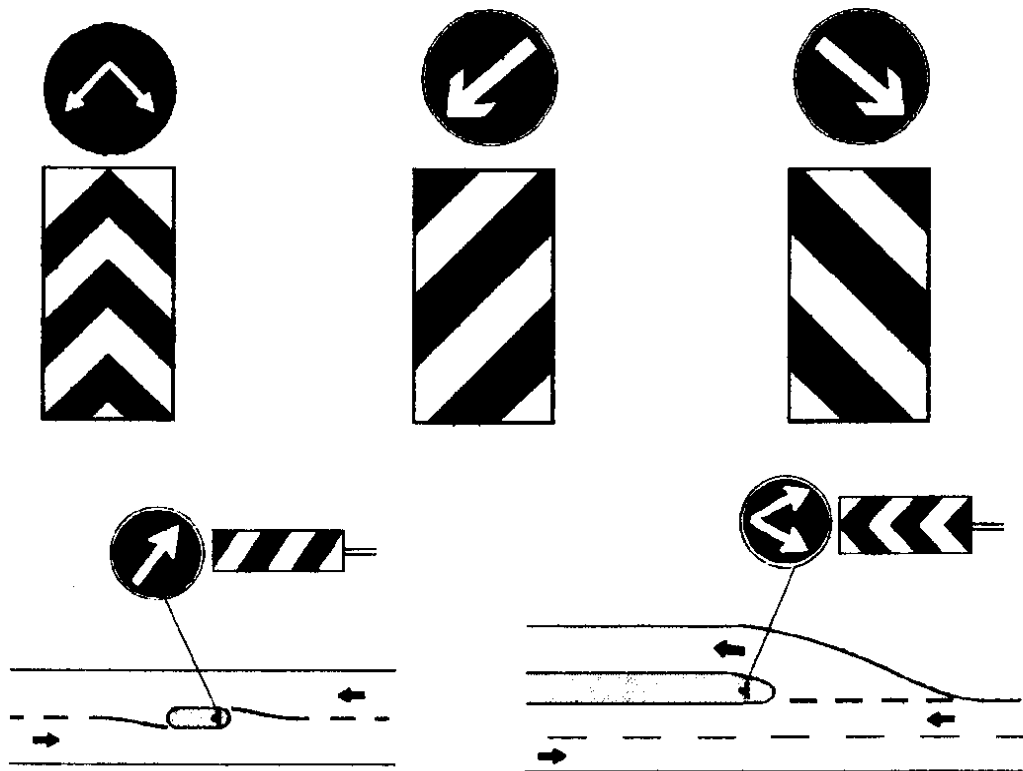
برای اعلام خیابان های بن بست در تقاطع ها از این تابلو استفاده می شود. این تابلو بصورت مستطیل شکل با رنگ زمینه آبی بوده که یک خط قائم سفید رنگ با انتهای قرمز رنگ بر روی آن نقش بسته و تقریباً عمود بر محور خیابان در راستای قائم قرار داده می شود [۳].

۴-۵-۲- نشانه راهنمایی

نشانه‌ها برای تکمیل قوانین و مقررات اعمال شده بوسیله تجهیزات کنترل ترافیک، نظیر تابلوها و چراغهای راهنمایی بکار می‌روند و همچنین می‌توان از آنها به تنهایی و بمنظور انتقال مؤثر برخی مقررات و اخطارها استفاده نمود. مهمترین محدودیتی که در استفاده از نشانه‌ها وجود دارد، کمبود دوام و عمر مفید آنها است، که بخصوص در برابر رطوبت و ترافیک سنگین کارایی خود را از دست می‌دهند. بطور کلی نشانه‌های راهنمایی به طرق مختلفی از قبیل نصب علائمی از قبیل نشانه‌های هادی، ترسیم خطوط و نمادها و نوشتارها، رنگ آمیزی رویه و غیره ایجاد می‌شوند.

۴-۵-۲-۱- نشانه هادی

نشانه‌های هادی علائمی هستند که به منظور علامت گذاری اجسام و موانع در سطح تقاطع مانند پایه پل‌ها، جزیره‌ها و غیره بکار می‌روند. این نشانه‌ها بر روی پایه‌های کوتاه یا بر روی اجسام نصب می‌شوند. در شکل ۴-۵۲ نمونه‌هایی از این علائم ارائه شده است.



شکل ۴-۵۲- نمونه‌های مختلف نشانه‌های هادی و کاربرد آنها [۳]

۴-۲-۲- خط کشی

خط کشی از جمله مهمترین نشانه های راهنمایی است که در سطح و حاشیه سواره رو انجام می شود. رنگ خط کشی منحصر به دو رنگ سفید و زرد است که از رنگ سفید برای نشان دادن مسیر حرکت، خط عبوری، خط کشی گذرگاه عابر پیاده و نظایر آن استفاده می شود [۳ و ۷۵]. لیکن دستورالعمل MUTCD، علاوه بر دو رنگ فوق، امکان استفاده از رنگ قرمز را نیز در خط کشی ها مجاز می داند [۳۹].

بطور کلی خط کشی شامل خطوط طولی، عرضی، هدایتی، نوشته ها، پیکانها و ایستگاهها است و هر دسته، دارای ویژگی ها و کاربردهای خاص خود است. ذیلاً هر یک از این موارد، به تفکیک مورد بررسی قرار می گیرد [۳، ۷۵ و ۳۹]:

۱- خطوط طولی

انواع خطوط طولی عبارتند از:

- خط ممتد سفید باریک، که برای تفکیک خطوط عبوری از یکدیگر در خیابان های چندخطه در نزدیک تقاطع استفاده می شود و به معنای آنست که تغییر خط عبور و قطع کردن این خط مجاز نیست. عرض این خط مطابق دستورالعمل ایران بین ۱۲ تا ۱۵ سانتیمتر است [۳ و ۳۹]. دستورالعمل آلمان عرض این خط را برای بزرگراهها و آزاد راههای با سرعت بیشتر از ۸۰ کیلومتر در ساعت، ۱۵ سانتیمتر و برای سایر معابر با حداکثر سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت، ۱۲ سانتیمتر تعیین کرده است [۷۵].

- خط ممتد سفید پهن، به منظور تأکید بر عدم تغییر خط عبور و عمدتاً در مواقعی که خطر ویژه ای وجود داشته و احتیاط بیشتری در مسیر مورد نیاز است، استفاده می شود. موارد عمده کاربرد این خط برای تفکیک خطوط ویژه از سواره رو و همچنین مشخص نمودن لبه سواره رو توصیه شده است [۷۵] و عرض آن، حداقل دو برابر عرض خط ممتد باریک می باشد.

- خط ممتد سفید دوپل باریک که بنابر دستورالعمل آلمان جداکننده ترافیک در دو خط عبوری مختلف جهت بوده و بیانگر ممنوعیت قطع آن و سبقت گرفتن می باشد. خط ممتد دوپل، از دو خط ممتد باریک با فاصله ای به اندازه عرض یک خط باریک بین آنها تشکیل می گردد.

- خط منقطع سفید که برای تفکیک خطوط عبوری از یکدیگر در مسیرهای چند خطه استفاده شده و بلافاصله بعد از تقاطع ترسیم می گردد و به معنی آنست که امکان تغییر خط عبوری و قطع کردن خط مجاز است. براساس دستورالعمل MUTCD، طول خط منقطع ۳ متر و فاصله خالی بین آن ۹ متر می باشد (نسبت ۱ به ۳) [۳۹]. لیکن دستورالعمل آلمان توصیه نموده که در بزرگراهها، طول خط ۶ متر و فاصله بین آنها ۹ متر (نسبت ۲ به ۳) باشد [۷۵]. اما بطور کلی استفاده از نسبت های خط به فاصله ۱ به ۱، ۱ به ۲ و ۲ به ۳ مجاز می باشد.







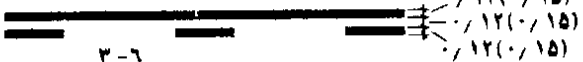



- خط چین یا خط منقطع کوتاه به منظور امتداد دادن یک خط عبوری در داخل تقاطع و یا در هنگام تبدیل خط منقطع به ممتد بمنظور پیش آگاهی استفاده می شود. دستورالعمل MUTCD، طول خط چین را ۶۰ سانتیمتر و فاصله بین آنها را ۱۲۰ سانتیمتر (نسبت ۱ به ۲) توصیه نموده است [۳۹] و دستورالعمل آلمان، حداقل طول خط چین را ۱/۵ متر با فواصل میانی حداقل ۱/۵ متر توصیه کرده است [۷۵].

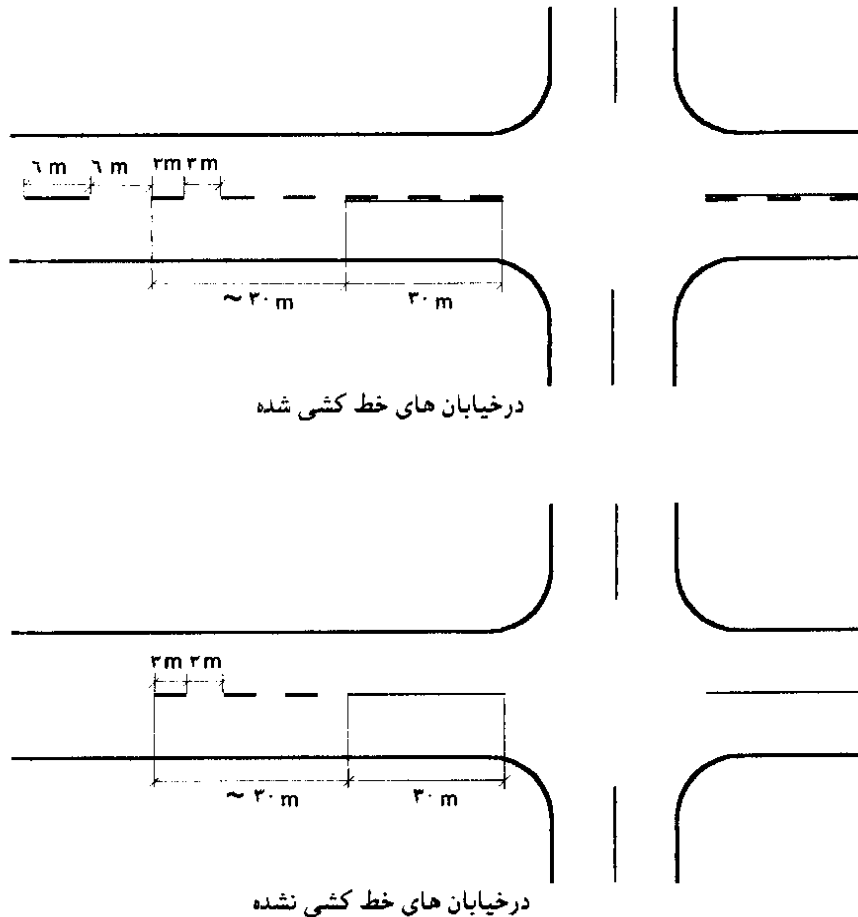
- خط منقطع حاشیه خیابان: این خط بمنظور تعیین حریم روسازی خیابان اصلی، جهت راهنمایی رانندگان در تقاطع بامسیرهای فرعی بکار رفته و در واقع، امتداد خط ممتد حاشیه سمت راست مسیر اصلی می باشد که در تقاطع با مسیر فرعی بصورت منقطع درمی آید [۷۵].

در جدول ۴-۱۲ انواع مختلف خطوط طولی براساس دستورالعمل آلمان ارائه شده است.

جدول ۴-۱۲- انواع خط کشی های طولی و موارد استفاده آنها [۷۵]

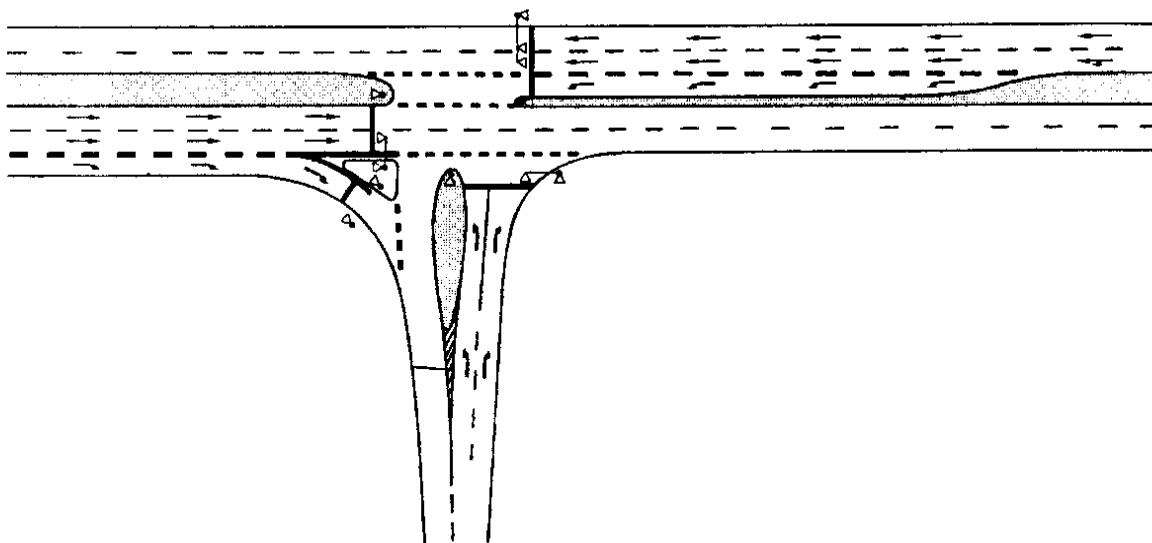
نوع خط	شکل و اندازه خط کشی (متر)	موارد استفاده
خط ممتد - باریک	 ۱۰/۱۲ (۱۰/۱۵)	لبه سواره رو، خطوط عبور، محور خیابان
خط منقطع ۱:۲ باریک	 ۱۰/۱۲ (۱۰/۱۵) ۳-۶	خط عبور (خارج از محدوده تقاطع)
خط منقطع ۱:۱ باریک	 ۱۰/۱۲ (۱۰/۱۵) ۱/۵-۱/۵ (۳-۳)	خط عبور (داخل محدوده تقاطع)
خط منقطع ۲:۱ باریک	 ۱۰/۱۲ (۱۰/۱۵) ۳/۰-۱/۵	خط هشداردهنده
خط ممتد پهن	 ۲۵/۳۰ (۲۵/۳۰)	لبه سواره رو - خط ویژه
خط منقطع ۱:۱ پهن	 ۲۵/۳۰ (۲۵/۳۰) ۱/۵-۱/۵ (۳-۳)	لبه سواره رو در تقاطع با مسیرهای فرعی
خط دوبل ممتد و منقطع باریک ۱:۲	 ۱۰/۱۲ (۱۰/۱۵) ۱۰/۱۲ (۱۰/۱۵) ۱۰/۱۲ (۱۰/۱۵) ۳-۶	ممنوعیت عبور در یک جهت
خط دوبل ممتد باریک	 ۱۰/۱۲ (۱۰/۱۵) ۱۰/۱۲ (۱۰/۱۵) ۱۰/۱۲ (۱۰/۱۵) ۱۰/۱۲ (۱۰/۱۵)	ممنوعیت عبور در دو جهت

چنانچه خیابانی فاقد خط طولی بوده و یا خط محوری در سرتاسر مسیر مورد نیاز نباشد، بهتر است از خط کشی طولی محوری در نزدیکی تقاطع استفاده شود (شکل ۴-۵۳) [۳].

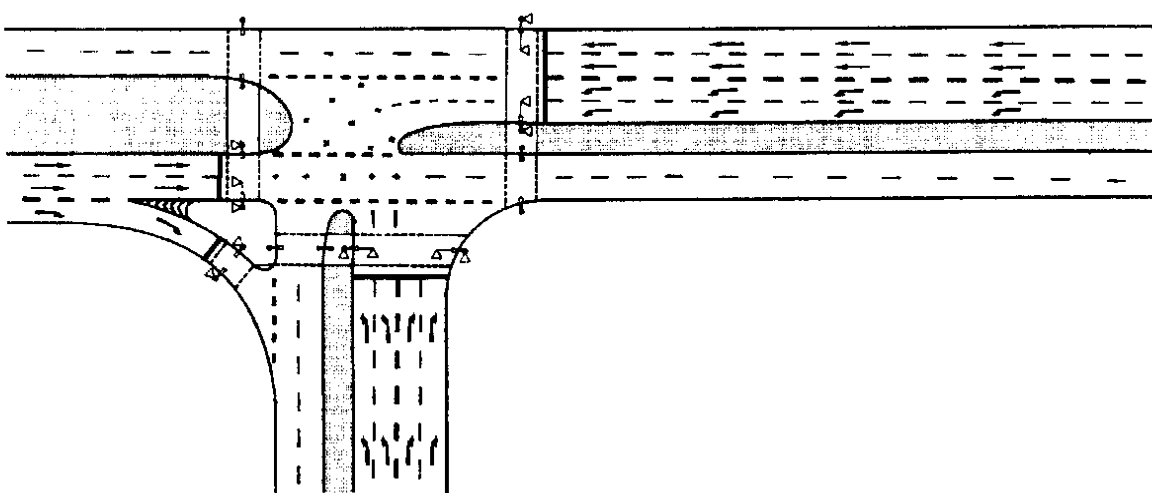


شکل ۴-۵۳- جزئیات ترسیم خط طولی در نزدیکی تقاطع [۳]

در صورتیکه شرایط ویژه طرح تقاطع از قبیل پیچیدگی و مسورب بودن و کمبود قابلیت دید در آن ایجاب نماید، به منظور کنترل و هدایت وسایل نقلیه می توان خط کشی مسیر را بصورت منقطع یا نقطه چین در داخل تقاطع نیز ادامه داد و چنانچه نیاز به کنترل و هدایت بیشتری باشد، ادامه خطوط را بصورت ممتد ترسیم نمود و بدین ترتیب می توان حرکات گردش را در تقاطع هدایت نمود [۳، ۳۹، و ۷۵]. در شکل ۴-۵۴ نمونه هایی از خط کشی طولی تقاطع ها مطابق دستورالعمل آلمان ارائه شده است.



الف - تقاطع بدون گذرگاه پیاده





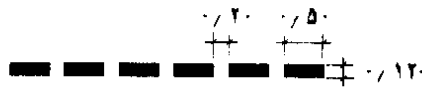
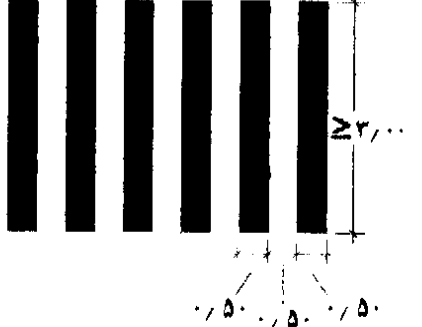
ب - تقاطع با گذرگاه پیاده

شکل ۴-۵۴- نمونه های خط کشی طولی در تقاطع ها مطابق دستورالعمل آلمان [۷۵]

## ۲- خطوط عرضی

خط کشی های عرضی عمدتاً به رنگ سفید بوده و آن دسته که در ارتباط با کنترل تقاطع مورد استفاده واقع می شوند، عبارتند از: خط ایست، گذرگاه عابر پیاده، خط رعایت حق تقدم و گذرگاه دوچرخه. در جدول ۴-۱۳ انواع خط کشی های عرضی براساس دستورالعمل آلمان ارائه شده است.

جدول ۴-۱۳- انواع خط کشی های عرضی و کاربرد هریک در محل تقاطع [۷۵]

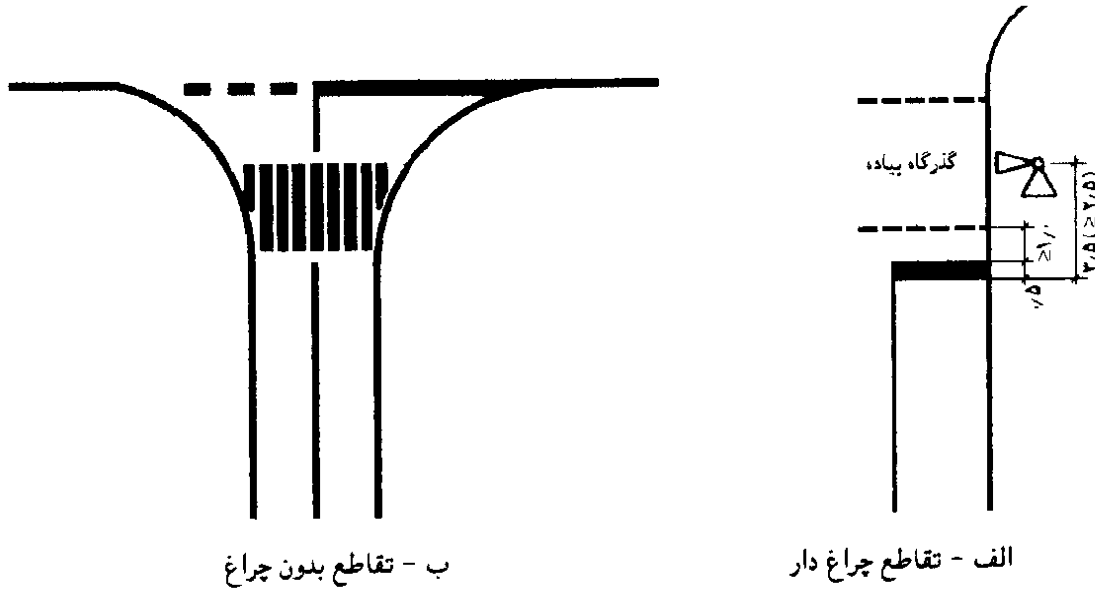
نوع خط	شکل و اندازه خط کشی (متر)	موارد استفاده
خط ممتد پهن		خط ایست
خط منقطع پهن		رعایت حق تقدم عبور
خط منقطع باریک		گذرگاه عرضی دوچرخه
خط کشی نردبانی		گذرگاه عرضی پیاده بدون چراغ

- خط ایست

در تقاطع هایی که وسایل نقلیه باید الزاماً در نقطه ای خاص توقف نمایند، از خط ایست استفاده می شود که مشخص کننده محل توقف اجباری وسایل نقلیه در پشت چراغ راهنما، تابلوی ایست و غیره است. این خط بصورت توپیر و سفید رنگ بوده و در دستورالعمل های ایران و آلمان به عرض ۵۰ سانتیمتر و در دستورالعمل آمریکا به عرض حداقل ۳۰ و حداکثر ۶۰ سانتیمتر توصیه شده است که در صورت باید در تمام عرض مسیر عبوری در یک جهت ادامه یابد [۳، ۷۵ و ۳۹].

در دستورالعمل های ایران و آلمان توصیه شده است که در صورت وجود گذرگاه پیاده در تقاطع چراغدار، خط ایست باید به فاصله یک متر یا بیشتر قبل از آن ترسیم شود. در صورت وجود تابلوی ایست در تقاطع، خط ایست باید در امتداد تابلو ترسیم گردد و چنانچه بدلایلی نتوان تابلوی ایست را دقیقاً در محلی که وسایل نقلیه باید متوقف شوند نصب نمود، خط ایست باید در محلی رسم شود، که رانندگان متوقف در پشت آن به راحتی بتوانند سایر وسایل نقلیه سایر معابر منتهی به تقاطع را ببینند. نمونه هایی از ترسیم خط ایست در تقاطع ها براساس دستورالعمل آلمان در شکل ۴-۵۵ آورده شده است [۳ و ۷۵].

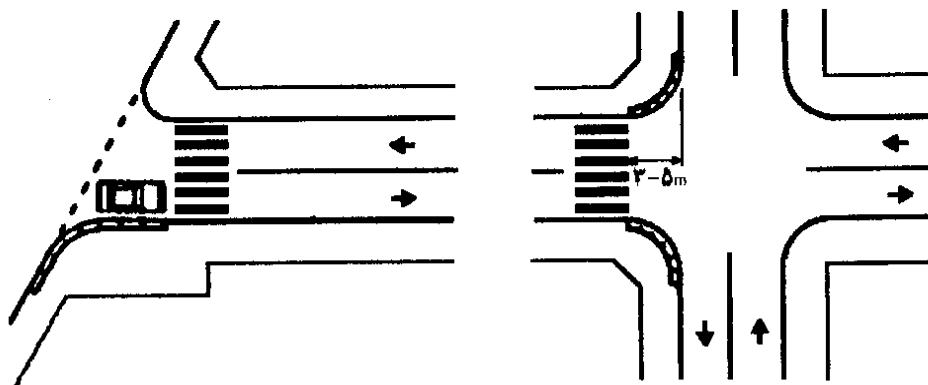
در دستورالعمل MUTCD، توصیه شده است که خط ایست به فاصله ۱۲۰ سانتیمتری و به موازات گذرگاه خط‌کشی شده پیاده ترسیم شود و در صورت عدم وجود گذرگاه خط‌کشی شده پیاده، خط ایست باید به فاصله حداقل ۱۲۰ سانتیمتر و حداکثر ۶ متر از تقاطع ترسیم گردد.



شکل ۴-۵۵- جزئیات ترسیم خط ایست در تقاطع ها [۷۵]

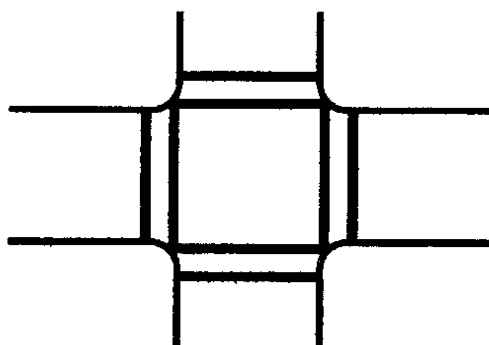
- خط‌کشی گذرگاه پیاده

هدف از خط‌کشی گذرگاه پیاده در تقاطع‌ها، هدایت عابرین پیاده از مسیری معین و آگاه نمودن رانندگان از احتمال وجود عابرین پیاده در سطح سواره رو است. براساس دستورالعمل ایران (۳)، این خط‌کشی از خطوط طولی سفید توپر موازی به پهنای ۵۰ سانتیمتر تشکیل شده که فاصله بین آنها نیز برابر با پهنای هر خط می‌باشد و توصیه شده است که عرض گذرگاه خط‌کشی شده برابر ۵ متر در نظر گرفته شود. این خط‌کشی نباید بلافاصله چسبیده به جدول شروع شده یا خاتمه یابد، بلکه باید فاصله ای برابر حداقل ۱۵ سانتیمتر از لبه جدول سواره رو داشته باشد (شکل ۴-۵۶).

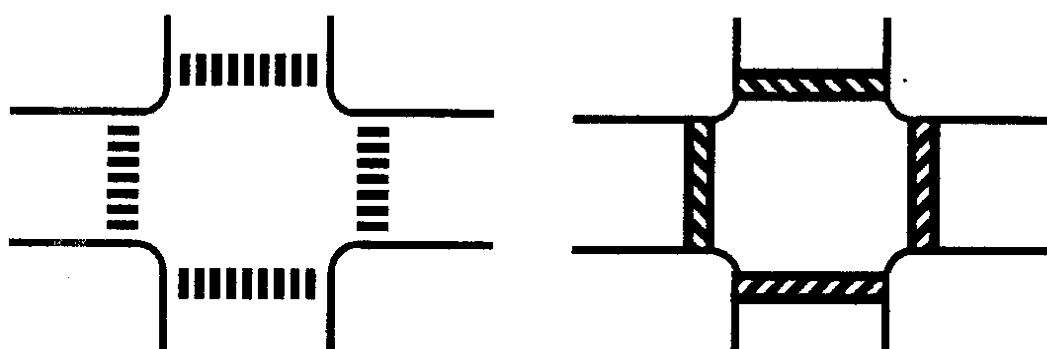


شکل ۴-۵۶- خط‌کشی گذرگاه پیاده در تقاطع [۳]

مطابق دستورالعمل MUTCD، در دو طرف گذرگاه چراغدار پیاده، دو خط به عرض ۱۵ سانتیمتر تا ۶۰ سانتیمتر در عرض مسیر عبوری ترسیم می‌گردد. این خطوط باید در تمام جهات تقاطع ترسیم گردد تا از حرکت قطری عابرین در تقاطع جلوگیری بعمل آید (شکل ۴-۵۷). همچنین می‌توان برای قابلیت دید بیشتر عابرین پیاده در گذرگاههای بدون چراغ، خطکشی را بصورت مورب (قطری) با زاویه ۴۵ درجه و یا بصورت طولی و در امتداد خطکشی مسیر ترسیم نمود (شکل ۴-۵۸). در این صورت توصیه شده است که حداقل عرض این خطوط ۳۰ و حداکثر ۶۰ سانتیمتر بوده و فاصله بین آنها نیز به همین مقدار باشد. هنگامی که از خطوط مورب یا طولی برای خطکشی پیاده استفاده می‌شود، باید خط عرضی مربوطه را حذف نمود. در مورد تقاطع های چراغدار که فاز جداگانه ای برای عبور عابرین پیاده در نظر گرفته شده است و در طی آن فاز، حرکت قطری پیاده مجاز است، دستورالعمل MUTCD خطکشی بصورت شکل ۴-۵۹ را توصیه نموده است [۳۹].

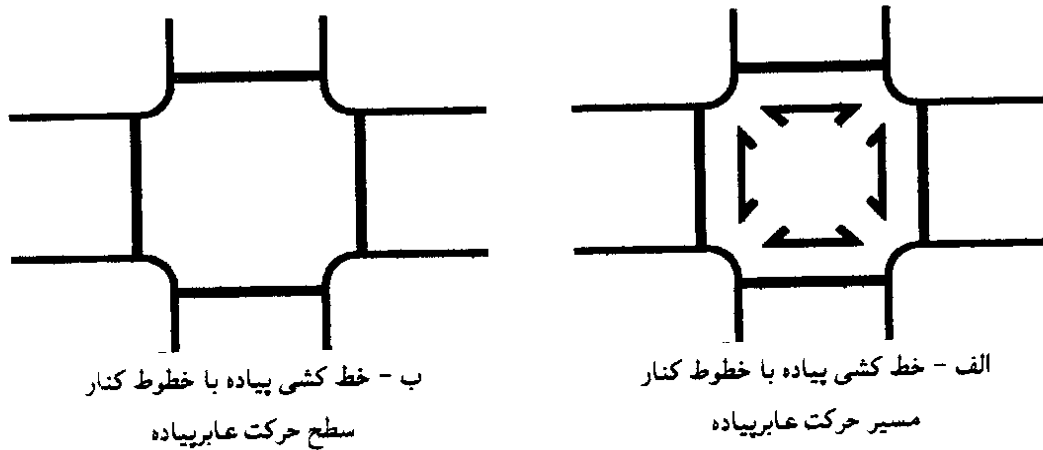


شکل ۴-۵۷ - خطکشی گذرگاه چراغدار عابر پیاده [۳۹]



شکل ۴-۵۸ - خطکشی مورب و نردبانی گذرگاه بدون چراغ پیاده

به منظور افزایش قابلیت دید [۳۹]



ب - خط کشی پیاده با خطوط کنار  
سطح حرکت عابریاده

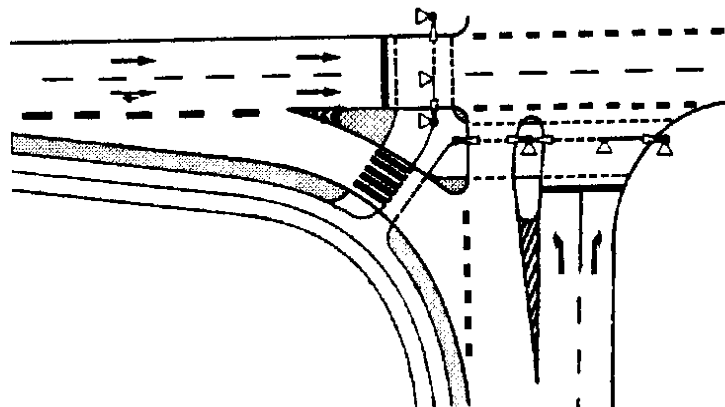
الف - خط کشی پیاده با خطوط کنار  
مسیر حرکت عابریاده

شکل ۴-۵۹- خطکشی پیاده برای تقاطع های دارای فاز ویژه تردد عابری پیاده [۳۹]

در دستورالعمل آلمان نیز خط کشی پیاده در تقاطع های بدون چراغ و چراغ دار متفاوت است. در تقاطع های بدون چراغ، در صورت لزوم از خط کشی نردبانی عابریاده به عرض حداقل ۳ متر استفاده می شود. در تقاطع های چراغ دار، خط کشی عابریاده متشکل از دو خط منقطع موازی است. ضخامت این خطوط ۱۵ سانتیمتر، طول آنها ۵۰ سانتیمتر و فاصله آنها ۲۰ سانتیمتر است (شکل ۴-۵۹). عرض گذرگاه عابریاده در تقاطع چراغ دار معمولاً ۴ متر در نظر گرفته می شود [۷۵].

- خط کشی گذرگاه دوچرخه

در صورتیکه محل عبور دوچرخه سوارها از عرض تقاطع، از خطکشی گذرگاه عابر پیاده جدا باشد، باید از خطکشی منقطع به ضخامت حداقل ۱۲ سانتیمتر به طول ۵۰ سانتیمتر و به فاصله ۲۵ سانتیمتر استفاده گردد. معمولاً عرض این معبر خطکشی شده ۲ متر است. در شکل ۴-۶۰ نمونه ای از این خط کشی گذرگاه دوچرخه مطابق دستورالعمل آلمان نشان داده شده است.

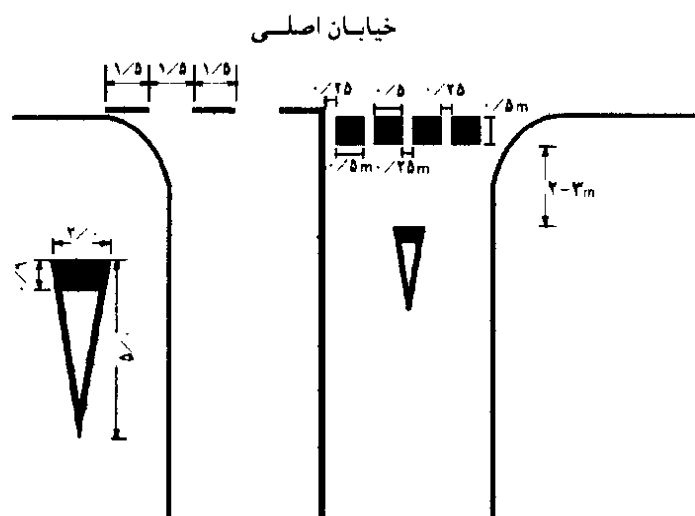


شکل ۴-۶۰- نمونه خطکشی گذرگاه دوچرخه و پیاده [۷۵]

## - خط رعایت حق تقدم

این خط بیانگر لزوم رعایت حق تقدم عبور برای وسایل نقلیه در مسیرهای فرعی منتهی به تقاطع بدون چراغ است و در مسیرهایی که این خط ترسیم شده باشد، رانندگان مجبور به توقف کامل نبوده بلکه می‌توانند با کاهش سرعت و رعایت تقدم عبور مسیر اصلی به راه خود ادامه دهند. این خط کشی را همچنین می‌توان در انتهای خطوط گردش به چپ خروجی در مواقعی که لازم است حق تقدم وسایل نقلیه روبرو رعایت شود ترسیم نمود. این خط کشی مکمل تابلوی رعایت حق تقدم عبور است. مسیری که باید حق تقدم عبور را رعایت کند (مسیر فرعی) بوسیله خط کشی معین می‌شود و مسیری دیگر با تابلوی حق تقدم عبور مشخص می‌گردد (مسیر اصلی). در صورت وجود خط منقطع حاشیه خیابان اصلی در محدوده تقاطع، می‌توان از ترسیم خط رعایت حق تقدم صرف‌نظر نمود.

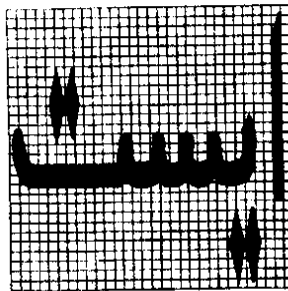
مطابق دستورالعمل آلمان، خط رعایت حق تقدم عبور متشکل از خط سفید منقطع توپر بصورت مربع با طول و عرض برابر ۵۰ سانتیمتر و فواصل میانی ۲۵ سانتیمتر است. لیکن دستورالعمل ایران ابعاد این خط و فاصله میانی آنها را مساوی و برابر ۵۰ سانتیمتر توصیه نموده است [۲، ۷۵]. همچنین در هر دو دستورالعمل توصیه شده است، در محل هایی که از خط عرضی رعایت حق تقدم عبور استفاده می‌شود، می‌توان در سطح روسازی مثلثی میان تهی به رنگ سفید ترسیم نمود که رأس آن بطرف راننده و قاعده آن به سمت خط رعایت حق تقدم عبور و به موازات آن قرار دارد. دستورالعمل ایران فاصله بین قاعده مثلث تا خط رعایت حق تقدم را حداقل ۲ و حداکثر ۲۵ متر توصیه کرده است. قاعده مثلث باید حداقل به طول ۱ متر و ارتفاع آن سه برابر طول قاعده باشد [۳]. براساس دستورالعمل آلمان، فاصله میان قاعده مثلث تا خط رعایت حق تقدم عبور باید معمولاً ۲ تا ۳ متر باشد که در صورت وجود موانع دید در تقاطع و یا مشکلاتی از قبیل شکل تقاطع و سرعت، این فاصله را می‌توان تا حداکثر ۱۶ متر افزایش داد. در شکل ۴-۶۱ جزئیات خط و مثلث رعایت حق تقدم عبور براساس دستورالعمل آلمان نشان داده شده است [۷۵].



شکل ۴-۶۱- خط و مثلث رعایت حق تقدم عبور براساس دستورالعمل آلمان [۷۵]



منظور از نوشتن کلمات برسطح معابر، تنظیم ترافیک و هدایت رانندگان می‌باشد. کلیه حروف باید به رنگ سفید و مطابق با استاندارد الفباء و علائم راه باشند. همچنین به علت اینکه محدودیت زاویه دید در سرعت های زیاد وجود دارد، ارتفاع حروف باید با میزان سرعت نسبت مستقیم داشته باشد که در این رابطه، دستورالعمل ایران مقرر کرده است که برای تقاطع هایی که سرعت نزدیک شدن به آن بیش از ۵۰ کیلومتر در ساعت است، ارتفاع کلمات فارسی حداقل ۵/۴ متر باشد [۳]. در دستورالعمل آلمان، توصیه شده است چنانچه سرعت ۸۵ درصد وسایل نقلیه ای که به تقاطع نزدیک می شوند، کمتر از ۶۵ کیلومتر در ساعت باشد، ارتفاع حروف و اعداد نباید از ۵/۲ متر کمتر باشد [۷۵]. در دستورالعمل MUTCD نیز توصیه شده است که حروف بزرگ و اعداد حداقل دارای ارتفاع ۴/۲ متر باشند و در صورتیکه از یک کلمه بیشتر باشند، باید بصورت عمودی و زیر هم نوشته شوند، بطوری که اولین کلمه نزدیک به راننده باشد. چنانچه سرعت کم باشد، اندازه نوشته ها و اعداد را می توان تا یک سوم کاهش داد. در این حالت فاصله طولی بین کلمات و اعداد باید حداقل ۴ برابر ارتفاع آنها باشد، لیکن در هیچ شرایطی از ۱۰ برابر ارتفاع آنها بیشتر نشود [۳۹]. ترسیم کلمه " ایست " به رانندگان پیش آگاهی از وجود تقاطع یا محل توقف را می دهد و به عنوان مکمل تابلوی " ایست " به شمار می رود. در شکل ۴-۶۲ جزئیات ترسیم فارسی این کلمه نشان داده شده است.



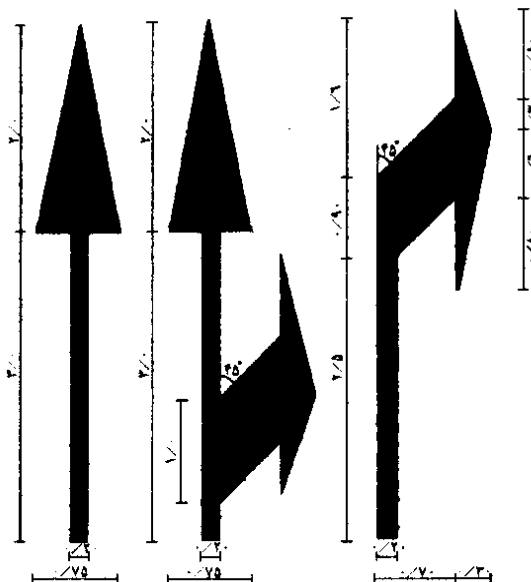
شکل ۴-۶۲- جزئیات ترسیم کلمه " ایست " [۳]

ترسیم کلمه " آهسته " برسطح سواره رو نشان دهنده آنست که احتمال خطر در نزدیکی تقاطع وجود داشته و رانندگان باید با احتیاط به تقاطع نزدیک شده و از آن عبور نمایند. این کلمه می تواند مکمل هرعلامت اخطار و حتی خطکشی و علامت رعایت حق تقدم عبور در نزدیکی تقاطع باشد. این کلمه باید قبل از رسیدن وسیله نقلیه به تقاطع یا منطقه خطر برسطح معبر نوشته شود، تا راننده فرصت کافی جهت کاهش سرعت داشته باشد.

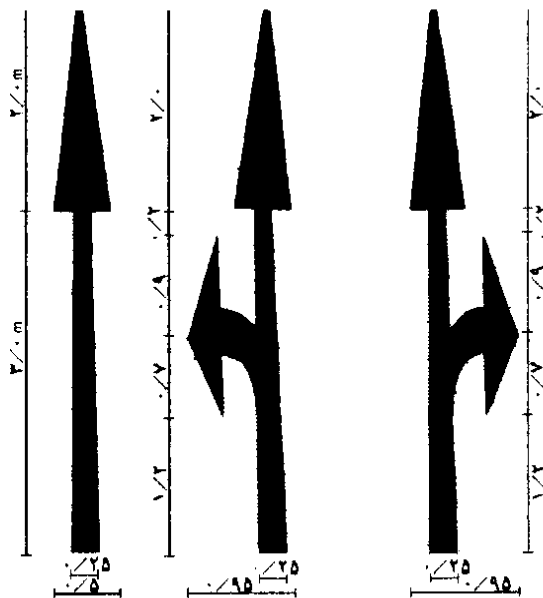
۴- پیکان

پیکان ها به منظور هدایت رانندگان در تقاطع ها و آگاه نمودن آنان از نحوه حرکت مجاز و تخصیص هر خط عبوری به حرکت معین بکار میروند. پیکان های انتخاب مسیر حرکت به رنگ سفید بوده و دارای انواع مختلف برای حرکات عبور مستقیم، گردش به راست و گردش به چپ هستند که در نزدیکی تقاطع ها به منظور جداسازی وسایل نقلیه به تفکیک نوع حرکات در خطوط عبوری مختلف بکار میروند. براساس دستورالعمل ایران، طول پیکان ها نباید از ۵ متر کمتر باشد و می توان پیکان ها را به همراه کلمات مربوطه در سطح سواره رو ترسیم نمود. در شکل ۴-۶۳ جزئیات ترسیم پیکان های جهت نما و در شکل ۴-۶۴ آرایش استقرار آنها ارائه شده است [۳].

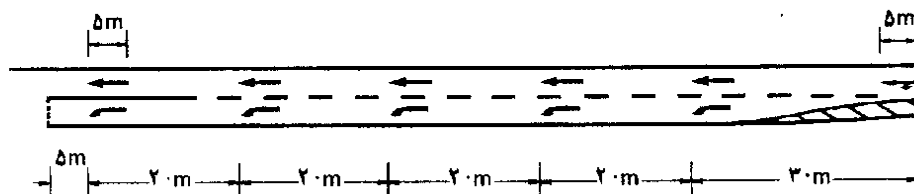
براساس دستورالعمل آلمان، اندازه و ابعاد پیکان ها تابعی است از سرعت ۸۵ درصد وسایل نقلیه عبوری از مسیر و یا سرعت مجاز حرکت. نمونه ای از روش ترسیم پیکان ها براساس این دستورالعمل در شکل ۴-۶۴ نشان داده شده است. این پیکان ها باید در هر خط ورودی تقاطع به تعداد حداقل ۲ و ترجیحاً با فواصل مناسبی نسبت به خط ایست تکرار شوند. فاصله بین نوک آخرین پیکان تا خط ایست تقاطع باید ۵ متر و حداقل فاصله بین پیکان های تکرار شده برای هر خط عبوری (a) تقریباً ۲۰ متر باشد [۷۵] (شکل ۴-۶۵).



شکل ۴-۶۳- جزئیات ترسیم پیکانهای جهت نما  
برای سرعت های کمتر از ۶۵ کیلومتر در ساعت [۳]



شکل ۴-۶۴- جزئیات ترسیم پیکان های جهت نما  
براساس دستورالعمل آلمان [۷۵]



شکل ۴-۶۵- آرایش و محل استقرار پیکان های جهت نما  
براساس دستورالعمل آلمان (متر) [۷۵]

### ۵- خط کشی هدایتی

خط کشی هدایتی به منظور آگاهسازی رانندگان درمحل دماغه های ورودی و خروجی موانع و جزایر به صورت هاشور مورب یک طرفه یا دوطرفه ترسیم می شود. براساس مقررات راهنمایی و رانندگی، وسایل نقلیه مجاز به عبور از روی این خط کشی نیستند. درجدول ۴-۱۴ جزئیات ترسیم دونوع خط کشی هدایتی باریک و پهن نشان داده شده است.

درصورتی که مانع در نزدیکی خط محور قرار داشته باشد باید خط محور در محدوده خط کشی هدایتی بصورت خط سفید ممتد دوتایی ترسیم شود به گونه ای که طرفین مانع را دربرگیرد. فاصله جانبی خط محور از مانع باید ۰/۳ تا ۰/۶ متر باشد. طول خط کشی هدایتی بستگی به سرعت ۸۵ درصد وسایل نقلیه و میزان انحراف مسیر درمجاورت مانع دارد و در تقاطع های همسطح شهری از رابطه زیر

بدست می آید :

$$d = \frac{WV_{85}^2}{150} \tag{۹-۴}$$

که در آن :

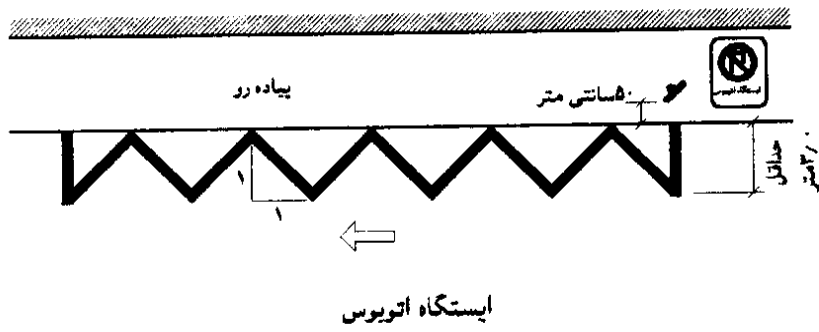
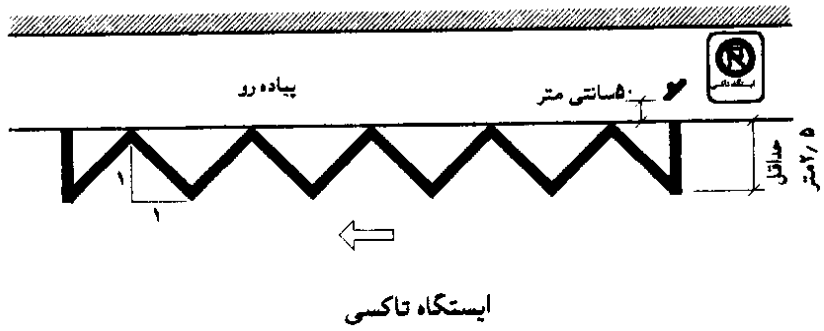
- W میزان انحراف مسیر از امتداد قبلی (متر)،
  - $V_{85}$  سرعت ۸۵ درصد وسایل نقلیه (کیلومتر بر ساعت) و
  - d طول خط کشی هدایتی (متر) است.
- حداقل طول I در تقاطع های همسطح شهری ۳۰ متر است.

جدول ۴-۱۴- انواع خط کشی هدایتی تقاطع [۷۵]

موارد استفاده	شکل و اندازه خط کشی	نوع خط
سطوح بزرگ		هاشور پهن
سطوح کوچک		هاشور باریک

۶- خط کشی ایستگاهها

ایستگاههای وسایل نقلیه عمومی و تاکسی ها در سطح سواره روی تقاطع باید دارای خط کشی باشند. خط کشی اینگونه محل ها با رنگ زرد و به عرض ۱۲ سانتیمتر مطابق شکل ۴-۶۶ صورت می گیرد.



شکل ۴-۶۶- خط کشی ایستگاههای کنار خیابان

## فصل ۵ - تحلیل عملکرد تقاطع

### ۵-۱- کلیات

بطور کلی هدف از تحلیل عملکرد تقاطع تعیین میزان گزردهی آن تحت شرایط هندسی، ترافیکی و کنترلی خاص و با حفظ سطح خدمت معین است. این تحلیل به منظور برنامه ریزی و طراحی تقاطع های جدید و همچنین تقاطع های موجود بکار می رود.

مراحل تحلیل عملکرد تقاطع ها، اعم از چراغدار، بدون چراغ و میدان را می توان در سه مرحله به شرح زیر خلاصه کرد :

۱ - تهیه اطلاعات ورودی

۲ - تحلیل ظرفیت

۳ - تعیین سطح خدمت

در رابطه با مراحل ۲ و ۳ در بخش های بعدی این فصل به تفصیل بحث شده است. ذیلاً در رابطه با اطلاعات ورودی مورد نیاز جهت تحلیل عملکرد تقاطع مطالبی ارائه خواهد شد.

### ۵-۲- اطلاعات ورودی

اطلاعات مورد نیاز برای تحلیل عملکرد تقاطع شامل مشخصات هندسی، ترافیکی، کنترلی و محیطی تقاطع است.

- مشخصات هندسی

این اطلاعات شامل مواردی از قبیل شیب ورودی ها، تعداد و عرض خطوط ورودی ها، شرایط پارک و ساییل نقلیه، وجود یا عدم وجود خطوط عبور کمکی گردش به راست و چپ و طول ذخیره آنهاست.

## - اطلاعات ترافیکی

حجم ترافیک یکی از مهمترین اطلاعات ترافیکی است که به منظور برنامه ریزی، طراحی و تنظیم عملکرد تقاطع ها بکار می آید و بنابراین برداشت آن باید در نهایت دقت و صحت صورت گیرد. اطلاعات حجم ترافیک شامل مواردی از قبیل حجم تردد عابرین پیاده، دوچرخه و وسایل نقلیه در کلیه ورودی های تقاطع به تفکیک گردش به راست و چپ و حرکت مستقیم است. شمارش وسایل نقلیه به تفکیک سواری و سنگین صورت می گیرد. مدت و تعداد روزهای شمارش برحسب نوع سیستم کنترل و دقت مورد نیاز متفاوت خواهد بود. ولی معمولاً شمارش در ساعات شلوغ روز (اوج صبح و عصر)، ساعات غیراوج و ساعات غیرعادی (روزهای تعطیل یا نمایشگاهی و...) انجام می شود. شمارش حجم ترافیک در دوره های ۱۵ دقیقه ای صورت گرفته و براین اساس "حجم ساعت اوج" (PHV) بدست می آید. ساعت اوج ساعتی است که در آن مجموع حجم کلیه ورودی های تقاطع در دوره زمانی مورد نظر حداکثر باشد.

پارامتر دیگری که نشان دهنده چگونگی تغییر جریان ترافیک در ساعت اوج می باشد، "ضریب ساعت اوج" (PHF) است. این ضریب از رابطه زیر بدست می آید:

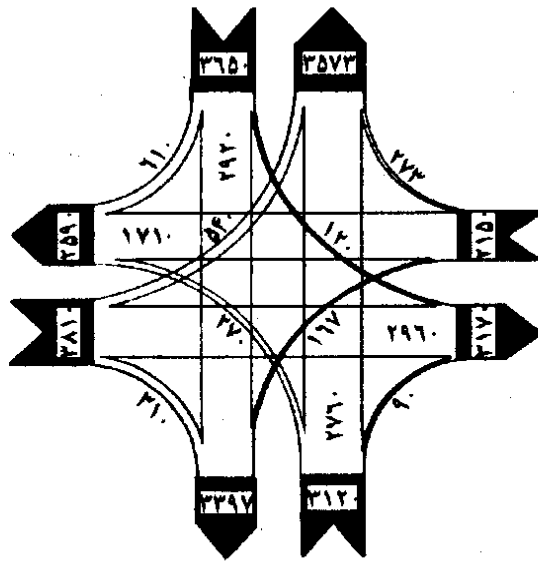
$$PHF = \frac{PHV}{4 \times V_{15}} \quad (1-5)$$

در رابطه فوق  $V_{15}$  حجم یک ربع از ساعت اوج است که در آن حجم ترافیک از سه ربع ساعت دیگر بیشتر است. PHF عددی بین صفر و یک است، که هر قدر به یک نزدیکتر باشد، نشان دهنده یکنواخت تر بودن جریان ترافیک است. معیار حجمی تحلیل عملکرد تقاطع، "حجم ساعت طرح" (DHV) است، که معادل چهار برابر  $V_{15}$  است.

برای ارائه اطلاعات حجم ترافیک، ابتدا شکل تقاطع رسم شده و برای کلیه حرکت های آن حجم ساعت اوج و ضریب ساعت اوج یا حجم ساعت طرح به تنهایی نوشته می شود. با مشاهده این نمودار، طراح از وضعیت حجم ترافیک و تغییرات آن در دوره زمانی مورد نظر آگاه می شود. در شکل ۱-۵ نمونه ای از نحوه نمایش حجم عبور ساعت اوج در یک تقاطع نشان داده شده است.

## - نحوه کنترل و خصوصیات آن

روش کنترل و نحوه عملکرد تقاطع تأثیر بسزایی در کارایی آن دارد. بعنوان مثال اطلاعات مربوط به نحوه فازی بندی، طول چرخه و ... در شرایطی که تقاطع مجهز به چراغ راهنمایی است بساید گردآوری گردد، یا در صورت عدم وجود چراغ راهنمایی بساید نوع تابلو موجود در تقاطع مشخص شود.



شکل ۵-۱- نمونه ای از نحوه نمایش حجم عبور ساعت اوج در یک تقاطع

### - اطلاعات محیطی

اطلاعات مربوط به شرایط محیطی شامل مسواری از قبیل میزان توسعه شهری در اطراف تقاطع، کاربری های اطراف، وجود ایستگاه در محدوده تقاطع و شرایط دید است. در صورت نامناسب بودن شرایط محیطی، ممکن است عملکرد تقاطع دچار اختلال شده و ظرفیت به مقدار قابل توجهی کاهش یابد.

### ۵-۳- تحلیل تقاطع چراغ دار

#### ۵-۳-۱- مقدمه

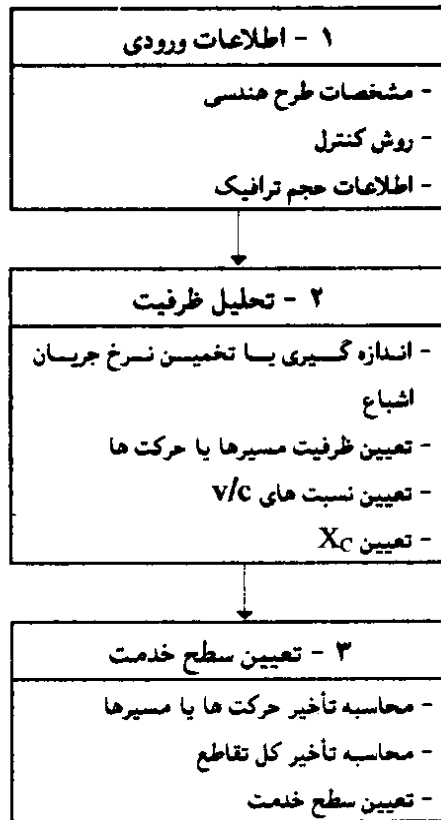
تحلیل تقاطع های چراغدار از پیچیدگی زیادی برخوردار است و معمولاً به دلیل این پیچیدگی که ناشی از وجود چراغ راهنمایی و تخصیص زمان های سبز متفاوت برای حرکت های مختلف است، تحلیل عملکرد تقاطع های چراغدار بصورت سیستماتیک و طی فرآیندی مطابق شکل ۵-۲ صورت می گیرد.

#### ۵-۳-۱-۱- ظرفیت

ظرفیت در تقاطع های چراغ دار عبارت از حداکثر جریان وسایل نقلیه گذرنده از تقاطع، تحت شرایط ترافیکی، هندسی و زمان بندی چراغ حاکم است. با توجه به تأثیر زمان بندی چراغ در عملکرد تقاطع، مفهوم ظرفیت در تقاطع های چراغ دار تاحدی از مفهوم آن در سایر تسهیلات ترافیکی متمایز است. در تجزیه و تحلیل تقاطع ها



معمولاً از عاملی بنام ' جریان اشباع ' برای تعیین ظرفیت استفاده می شود که این پارامتر در واقع همان تعریف ظرفیت در تسهیلات ترافیکی با جریان غیرمنقطع را دارد و زمان بندی چراغ که عامل مهمی در تعیین ظرفیت تقاطع می باشد در آن ملحوظ نشده است.



شکل ۲-۵- فرآیند تحلیل عملکرد تقاطع چراغدار

جریان اشباع عبارت از حداکثر جریانی است که می تواند از یک ورودی (یا گروه خط) مشخص تقاطع، تحت شرایط حاکم هندسی و ترافیکی، و با این فرض که ۱۰۰ درصد زمان سبز مؤثر برای ورودی (یا گروه خط) مزبور وجود داشته باشد، عبور کند. جریان اشباع با نماد "S" نشان داده شده و برحسب واحد "وسیله نقلیه در ساعت سبز مؤثر (vphg)" بیان می شود.

جریان اشباع، خود نوعی ظرفیت است زیرا حداکثر جریان گذرنده را بیان می کند. رابطه ظرفیت با زمان بندی چراغ و جریان اشباع به صورت زیر است :

$$c_i = s_i \times \left( \frac{g_i}{C} \right) \quad (2-5)$$

که در آن :

$c_i$  ظرفیت ورودی (یا گروه خط)  $i$  ام تقاطع (وسیله نقلیه در ساعت - vph) ،

$s_i$  جریان اشباع ورودی (یا گروه خط)  $i$  ام تقاطع (وسیله نقلیه در ساعت سبز مؤثر - vphg)،  
 $C$  طول چرخه چراغ (ثانیه) و  
 $g_i$  زمان سبز مؤثر برای ورودی (یا گروه خط)  $i$  ام تقاطع است.

در واقع مفهوم جریان اشباع در تقاطع های چراغدار براین فرض استوار است که هیچگونه زمان هدر رفته ای در تقاطع وجود نداشته و تقاطع بصورت یک نوع تسهیلات ترافیکی با جریان غیرمنقطع عمل می کند.

تحلیل ظرفیت هر خط (یا گروه خط) معمولاً براساس پارامتر "درجه اشباع" انجام می شود. این پارامتر از نسبت حجم تقاضای حرکت (یا گروه خط) به ظرفیت آن  $\frac{V_i}{C_i}$  بدست می آید. در صورتیکه درجه اشباع یک گروه خط از یک بالاتر باشد، آن گروه خط نمی تواند پاسخگوی حجم ورودی به آن باشد.

تحلیل ظرفیت کل تقاطع نیز با استفاده از پارامتر "درجه اشباع بحرانی" صورت می گیرد. این پارامتر از رابطه زیر بدست می آید:

$$X_c = \frac{YC}{C-L} \quad (3-5)$$

که در آن،

$X_c$  درجه اشباع بحرانی تقاطع است و پارامترهای  $Y, L, C$  و نیز در بخش ۴-۴-۷ تعریف شده اند.

نرخ جریان اشباع را می توان در محل اندازه گیری کرده و یا با استفاده از روش های محاسباتی بدست آورد. دستورالعمل های مختلف روابط و تعاریف متفاوتی برای نرخ جریان اشباع ارائه نموده اند. در اکثر این دستورالعمل ها ابتدا یک مقدار پایه تحت عنوان "نرخ جریان اشباع ایده آل" برای نرخ جریان اشباع در نظر گرفته می شود. جریان اشباع ایده آل بیانگر شرایطی است که عوامل هندسی و ترافیکی مؤثر در جریان اشباع همگی حالت بهینه داشته و از هر خط (یا گروه خط) یا ورودی تقاطع در هر ساعت سبز مؤثر حداکثر جریان ترافیک عبور داده شود.

در اکثر موارد، تقاطع ها فاقد این شرایط ایده آل بوده و پارامترهایی موجب افزایش یا کاهش نرخ جریان اشباع در آنها می شوند. مهمترین این پارامترها عبارتند از:

- پهنای خط (یا خطوط) عبور در ورودی مورد نظر
- شیب ورودی در نزدیکی تقاطع
- نوع وسیله نقلیه (ترکیب ترافیک)
- حجم ترافیک چپگرد
- حجم ترافیک راستگرد
- حجم تردد عابر پیاده

- ویژگی های محلی همچون موقعیت تقاطع نسبت به مرکز شهر و مراکز تجاری، امکان توقف حاشیه ای، وجود ایستگاههای اتوبوس در نزدیکی تقاطع، شرایط دید و شعاع گردش.

#### ۱- پهنای خط عبور

بطور طبیعی انتظار می رود که با افزایش پهنای خط عبور، بدلیل حرکت آزادانه تر جریان ترافیک، بر میزان جریان اشباع افزوده شود و بالعکس با کاهش پهنای آن از میزان جریان اشباع کاسته گردد.

#### ۲- شیب

با افزایش شیب ورودی در نزدیکی تقاطع، قابلیت شتاب گیری اتومبیل هنگام عبور از تقاطع کاهش یافته و از میزان جریان اشباع ورودی کاسته می گردد. بالعکس با کاهش شیب و ایجاد سرازیری در ورودی تقاطع، می توان جریان اشباع ورودی را افزایش داد.

#### ۳- نوع وسیله نقلیه (ترکیب ترافیک)

تأثیر وسایل نقلیه مختلف بر روی جریان اشباع تقاطع متفاوت است. به نحوی که با افزایش ابعاد وسایل نقلیه و کاهش قابلیت مانور آنها از میزان جریان اشباع تقاطع کاسته می گردد. در نظر گرفتن تأثیر هریک از انواع وسایل نقلیه بر روی جریان اشباع بصورت مجزا بسیار پیچیده بوده و به علاوه بر حجم محاسبات نیز خواهد افزود، لذا در بیشتر دستورالعمل ها وسایل نقلیه به دو نوع ' سبک' و ' سنگین' تقسیم شده و اثر هریک از این دو نوع وسیله بر جریان اشباع تقاطع بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. وسیله نقلیه سنگین به هر وسیله نقلیه دارای بیش از چهار چرخ در تماس با سطح زمین اطلاق می شود.

#### ۴- حجم ترافیک چپگرد

اصولاً در تقاطع هایی که امکان گردش به چپ وجود دارد، جریان اشباع کمتر از تقاطع های مشابهی است که فقط دارای حرکت مستقیم هستند. این امر به دلیل مزاحمت هایی است که ترافیک چپگرد بر روی ترافیک مستقیم پشت سر خود و همچنین جریان ترافیک جهت روبرو برجای می گذارد. به همین ترتیب چنانچه برای ترافیک چپگرد خطوط مختلط و یا انحصاری گردش وجود داشته باشد، میزان جریان اشباع دو عدد متفاوت خواهد بود. ضمن آنکه وجود یا عدم وجود فازهای حمایت شده برای ترافیک چپگرد نیز، بر میزان جریان اشباع تقاطع تأثیر خواهد گذارد.

### ۵- حجم ترافیک راستگرد

وجود جریان راستگرد در یک ورودی تقاطع به دلیل تداخلی که با ترافیک پیاده در ورودی مجاور آن دارد سبب کندی حرکت ترافیک در تقاطع شده و در نتیجه جریان اشباع تقاطع را کاهش خواهد داد. همچنین برخی عوامل طرح هندسی تقاطع همچون شعاع قوس گوشه نیز بر میزان جریان اشباع تقاطع مؤثر هستند.

### ۶- حجم عبور پیاده

حجم عبور پیاده ای که هنگام گذر از تقاطع با جریان وسایل نقلیه تداخل دارد سبب کاهش جریان اشباع تقاطع می شود. بررسی دستورالعمل های مختلف نشان می دهد که اثر این عامل معمولاً بصورت مستقیم در رابطه تعیین جریان اشباع نیامده و در روابط مربوط به تعیین سایر متغیرهای موجود و مؤثر در تعیین جریان اشباع منظور می شود.

### ۷- ویژگی های محلی

علاوه بر عوامل اصلی مؤثر در جریان اشباع، برخی عوامل جانبی نیز بر جریان اشباع مؤثر هستند. از جمله این عوامل می توان به موقعیت تقاطع نسبت به مرکز شهر و مراکز تجاری، امکان توقف وسایل نقلیه در حاشیه خیابانها در نزدیکی تقاطع، وجود یا عدم وجود ایستگاههای اتوبوس در نزدیکی تقاطع، شرایط دید و شعاع گردش اشاره نمود.

### ۵-۳-۱-۲- سطح خدمت

برای اطلاع از چگونگی کارکرد تسهیلات ترافیکی، از شاخص کیفی بنام ' سطح خدمت ' استفاده می شود. سطح خدمت نشانگر راحتی، ایمنی و روانی تردد در تسهیلات ترافیکی مورد نظر است. هر یک از سطوح خدمت، بیانگر خصوصیات عملکردی خاصی است و برای تعیین آنها از یک پارامتر کمی تحت عنوان ' معیار کارایی ' استفاده می شود.

باتوجه به تفاوت های ساختاری انواع تسهیلات ترافیکی، معیارهای کارایی آنها نیز ضرورتاً متفاوت هستند و تشخیص و درجه بندی این معیارها باید براساس خصوصیات کمی آن تسهیلات انجام پذیرد تا ضمن یکپارچگی و همخوانی در درجه بندی تسهیلات ترافیکی مشابه، بتوان آنرا به راحتی اندازه گیری نمود.

تاخیر مهمترین معیار کارایی تقاطع های چراغدار است. تاخیر، ضمن بیان اتلاف وقت رانندگان و سرنشینان وسایل نقلیه، رابطه مستقیم یا غیرمستقیمی نیز با مصرف سوخت، آلودگی هوا، هزینه های عملیاتی

وسایل نقلیه، فشار روانی بر رانندگان و میزان تصادفات دارد. علت دیگر استفاده از تأخیر، سهولت اندازه گیری و کاربردی بودن آن است.

تأخیر، زمان تلف شده خارج از کنترل رانندگان بوده و ناشی از دو عامل اساسی زیر است :

- تأخیر عملکردی که در نتیجه تداخل بین جریان های مختلف ترافیک بوجود می آید.
- تأخیر ثابت که به علت وجود سیستم کنترل چراغ راهنمایی بر وسایل نقلیه تحمیل می گردد.

معمولاً در مدل های مربوط به برآورد تأخیر، از دو نوع تأخیر استفاده می شود :

- تأخیر ورودی که بصورت اختلاف زمانی بین دو حالت عبور وسایل نقلیه از یک تقاطع، یکی در حالت غیرمنقطع و بدون توقف و دیگری حالت منقطع شده توسط سیستم چراغ راهنمایی تقاطع، تعریف می گردد.

- تأخیر توقف که عبارت است از زمانی که رانندگان وسایل نقلیه بصورت کاملاً متوقف در صف وسایل نقلیه جهت ورود و عبور از تقاطع انتظار می کشند. براساس مطالعات انجام شده، تأخیر ورودی حدوداً  $\frac{1}{3}$  برابر تأخیرتوقف است.

#### ۵-۳-۲- دستورالعمل اندونزی [۹۲]

تحقیقات به عمل آمده در زمینه ظرفیت راههای کشور اندونزی نشان داده است که کاربرد روش های محاسباتی دستورالعمل های کشورهای پیشرفته منجر به نتایج نادرست می شود. مهمترین دلایل این امر عبارت است از زیاد بودن نسبت وسایل نقلیه غیرموتوری و وسایل نقلیه همگانی و همچنین عدم رعایت حق تقدم عبور.

با توجه به عدم انطباق دستورالعمل های تحلیل ظرفیت راههای کشورهای غربی با شرایط کشور اندونزی پروژه تدوین کتاب راهنمای ظرفیت ویژه راههای اندونزی از سال ۱۹۹۰ آغاز شد و در سال ۱۹۹۳ میلادی راهنمای تحلیل تقاطع های چراغدار اندونزی براساس مطالعه ۵۲ تقاطع چراغدار در ۱۵ شهر این کشور منتشر گردید. هدف از انتشار این راهنما، ارائه مدلهایی برای پیش بینی تردد اشباع حمایت شده و نشده و همچنین برای تحلیل ظرفیت، زمانبندی، تأخیر و طول صف به عنوان تابعی از شرایط هندسی، ترافیکی و محیطی بوده است. ذیلاً به بخش اصلی این مطالعات که در رابطه با استخراج روابط جریان اشباع بوده است، اشاره می گردد.

۵-۳-۲-۱- حالت حمایت شده

براساس این دستورالعمل تردد اشباع در حالت حمایت شده از رابطه زیر بدست می آید :

$$S = S_0 \times f_{CS} \times f_{RF} \times f_{RT} \times f_{LT} \quad (۴-۵)$$

که مقادیر تردد اشباع ایده آل ( $S_0$ ) و سایر ضرایب آن به شرح زیر است :

۱- مقدار تردد اشباع ایده آل در هر ساعت سبز و هر متر عرض موثر ورودی برابر ۶۰۰ وسیله نقلیه سواری معادل است.

۲- ضریب تأثیر بزرگی شهر ( $f_{CS}$ ) در تردد اشباع مطابق جدول ۱-۵ است.

۳- تأثیر شرایط محیطی تقاطع در تردد اشباع با اعمال ضریب  $f_{RT}$  مطابق جدول ۲-۵ ملحوظ می گردد.

جدول ۱-۵- ضریب تعدیل بزرگی شهر

ضریب تعدیل $f_{CS}$	جمعیت شهر (میلیون نفر)
۱/۰۵	> ۳/۰
۱/۰	۱/۰ - ۳/۰
۰/۹۴	۰/۳ - ۰/۹۹
۰/۸۳	< ۰/۳

جدول ۲-۵- ضریب تعدیل شرایط محیطی ( $f_{RT}$ )

میزان اصطکاک جانبی		شرایط محیطی
زیاد	کم	
۰/۹۴	۱/۰	تجاری
۰/۹۷	۱/۰	مسکونی
۱/۰۰	۱/۰	کنترل دسترسی

۴- ضریب تعدیل نسبت وسایل نقلیه راستگرد ( $f_{RT}$ ) از رابطه زیر بدست می آید :

$$f_{RT} = ۱/۰ - ۰/۱۶ P_{RI} \quad (۵-۵)$$

که در آن  $P_{RI}$  عبارت است از نسبت وسایل نقلیه راستگرد.

۵- ضریب تعدیل نسبت وسایل نقلیه چیکرد (f<sub>LT</sub>) از رابطه زیر بدست می آید :

$$f_{LT} = 1/0 + 0/26 P_{LT} \quad (6-5)$$

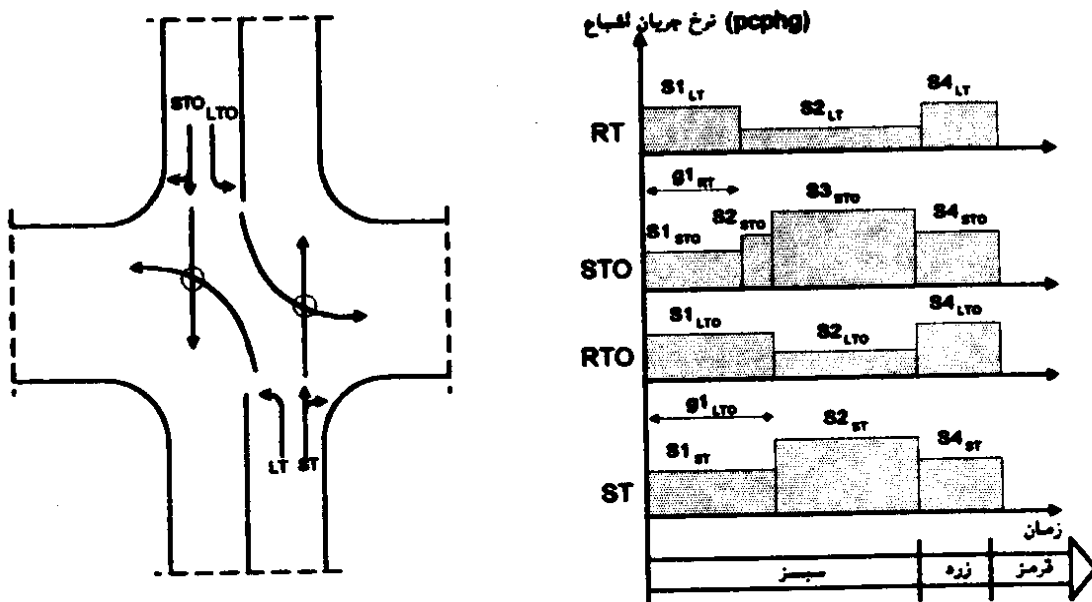
که در آن P<sub>LT</sub> عبارت است از نسبت وسایل نقلیه چیکرد.

تعدیل گردش به چپ فوق فقط در مورد ورودی های حمایت شده بدون جزیره میانی صادق است که در آنها وسایل نقلیه چیکرد قبل از خط ایست از خط میانی عبور کرده و برای گردش به چپ از سواره روی مقابل استفاده می کنند و در نتیجه ظرفیت افزایش می یابد.

### ۵-۳-۲-۲- حالت حمایت نشده

تردد اشباع در شرایط حمایت نشده در چهار دوره مجزا مطابق شکل ۳-۵ فرمولبندی شده است که عبارتند از :

- ۱- از آغاز چراغ سبز تا پایان صف خودروهای چیکرد
- ۲- از پایان دوره ۱ تا پایان صف خودروهای چیکرد مقابل
- ۳- از پایان دوره ۲ تا پایان صف خودروهای مستقیم
- ۴- بعد از پایان سبز و در زمان تخلیه



شکل ۳-۵- نمودار مدل تردد اشباع حمایت نشده [۹۲]

نمادهای زیر در این فرمولبندی بکار رفته اند :

LTO, LT شاخص حرکت چیکرد موردنظر و مقابل

STO, ST شاخص حرکت مستقیم + ترافیک چپگرد در جهت مورد نظر و مقابل

Q جریان ترافیک

S تردد اشباع (pcphg)

S1<sub>ST</sub> جریان اشباع برای حرکت ST در دوره ۱

S2<sub>ST</sub> جریان اشباع برای حرکت ST در دوره ۲

g زمان سبز در فاز مورد مطالعه (ثانیه)

C طول چرخه (ثانیه)

IG زمان تخلیه (زرد + تمام قرمز)

g<sub>LT</sub> زمان سبز لازم برای صف خودروهای چپگرد

تردد اشباع در هر دوره بستگی به شرایط ترافیکی و هندسی دارد که مطابق زیر برآورد می شود :

- ورودی های با خط گردش به چپ مجزا

$$S1_{ST} = 375 (W - 2/0) \quad (7-5)$$

$$S2_{ST} = 550 (W - 2/0) - Q_{LTO} \quad (8-5)$$

$$S3_{ST} = S2_{ST} \quad (9-5)$$

$$S4_{ST} = S1_{ST} \quad (10-5)$$

$$S1_{LT} = 750 \quad (11-5)$$

$$S2_{LT} = Q_{LT} \times 0/5 \quad (12-5)$$

$$S4_{LT} = S1_{LT} \quad (13-5)$$

- ورودی های بدون خط گردش به چپ مجزا

برای  $W > 4/6$

$$S1_{ST} = 400 (W - 2/5) \quad (14-5)$$

$$S2_{ST} = 550 (W - 2/5) - Q_{LTO} \quad (15-5)$$

برای  $W < 4/6$

$$S1_{ST} = 400 W \times 0/5 \quad (16-5)$$

$$S2_{ST} = 550 W \times 0/5 - Q_{LTO} \quad (17-5)$$

$$S3_{ST} = 550 W - Q_{LTO} - 2 Q_{LT} \quad (18-5)$$

$$S4_{LT} = S1_{ST} \quad (19-5)$$

$$S1_{LT} = 750 \quad (20-5)$$



$$S_{2LT} = Q_{LT} \times 0.5 \quad (21-5)$$

$$S_{4LT} = S_{1IT} \quad (22-5)$$

در روابط فوق W عرض ورودی بر حسب متر است.

### ۵-۳-۳- روش ویستر [۹۱]

#### ۵-۳-۳-۱- جریان اشباع

در روش ویستر، تردد اشباع براساس عرض کل مسیر تعیین می شود. برای تعیین جریان اشباع واقعی هر ورودی تقاطع باید ضرایب تأثیر عوامل مؤثر، درمقدار جریان اشباع پایه ضرب شود. جریان اشباع پایه تابعی از عرض ورودی تقاطع مطابق جدول ۵-۳ است.

جدول ۵-۳- تأثیر پهنای ورودی بر جریان اشباع [۹۱]

پهنای ورودی (متر)	۲/۰۵	۳/۲۵	۳/۶۵	۳/۹۵	۴/۲۵	۴/۵۵	۴/۸۵	۵/۱	۵/۴ ≤ W ≤ ۱۸
جریان اشباع (pcphg)	۱۸۵۰	۱۸۷۵	۱۹۰۰	۱۹۵۰	۲۰۷۵	۲۲۵۰	۲۴۷۵	۲۷۰۰	۵۲۵W

بازاء هریک درصد شیب سریالایی یا سرازیری، جریان اشباع بستر تیب ۳ درصد کاهش یا افزایش نشان می دهد. منظور از " شیب " در اینجا شیب متوسط بین خط توقف و نقطه ای در فاصله ۶۰ متری قبل از ورودی تقاطع است. این نتایج براساس مشاهداتی بدست آمده که در آنها حداکثر شیب در سریالایی ۱۰ درصد و در سرازیری ۵ درصد بوده است و بنابراین فقط در چنین محدوده ای از شیب ها قابل استفاده خواهد بود. مقایسه اعداد این مرجع با سایر دستورات عمل ها، نشان می دهد که ضریب تأثیر شیب بر جریان اشباع به مراتب بیشتر از سایرین در نظر گرفته شده است.

تأثیر انواع مختلف وسایل نقلیه بر جریان اشباع مطابق جدول ۵-۴ در نظر گرفته می شود.

جدول ۵-۴- معادل سواری انواع وسایل نقلیه برای محاسبه جریان اشباع تقاطع ها [۹۱]

نوع وسیله نقلیه	کامیون سنگین یا نیمه سنگین	اتوبوس	تراموا	کامیون سبک	موتورسیکلت	دوچرخه
معادل سواری	۱/۷۵	۲/۱۵	۲/۵	۱	۰/۳۳	۰/۲

در روش وبستر برای در نظر گرفتن تأثیر ترافیک چپگرد بر جریان اشباع، چهار حالت زیر مورد توجه قرار گرفته است :

حالت اول :

هیچگونه جریان مزاحمی برای گردش وجود ندارد (حرکت گردشی حمایت شده) و خطوط مخصوص گردش به چپ نیز وجود ندارند. در چنین حالتی حرکات گردشی دقیقاً مانند حرکت مستقیم عمل کرده و نیازی به در نظر گیری ضریب جداگانه ای برای تأثیر حرکات گردشی وجود ندارد.

حالت دوم :

هیچگونه جریان مزاحمی برای گردش وجود ندارد (حرکت گردشی حمایت شده) و خطوط مخصوص گردش به چپ تأمین شده است. در چنین حالتی جریان اشباع ترافیک گردش به چپ از روابط زیر قابل محاسبه است.

چنانچه مسیرگردشی یک خطه باشد :

$$s = \frac{1800}{1 + \frac{1.5}{r}} \quad \text{pcphg} \quad (23-5)$$

چنانچه مسیرگردشی دو خطه باشد :

$$s = \frac{3000}{1 + \frac{1.5}{r}} \quad \text{pcphg} \quad (24-5)$$

در روابط فوق  $r$  شعاع انحنای مسیرگردشی بر حسب متر است.

حالت سوم :

جریان مزاحم برای گردش وجود دارد (حرکت گردشی حمایت نشده) و خطوط مخصوص گردش به چپ تأمین نشده است. در چنین حالتی وسایل نقلیه چپگرد سه اثر منفی برجای می گذارند :

- اولاً ، بعلت جریان ترافیک مزاحم روبرو، خود آنها (وسایل چپگرد) و وسایل نقلیه پشت سر آنها (که شاید حرکت مستقیم هم داشته باشند) دچار تأخیر می گردند.

- ثانیاً ، حضور آنها در خطوط منتهی الیه سمت چپ سبب عدم استفاده از این خط برای سایر وسایل نقلیه ای خواهد شد که نمی خواهند ریسک ناشی از متوقف ماندن احتمالی پشت سر وسایل نقلیه چپگرد را بپذیرند.

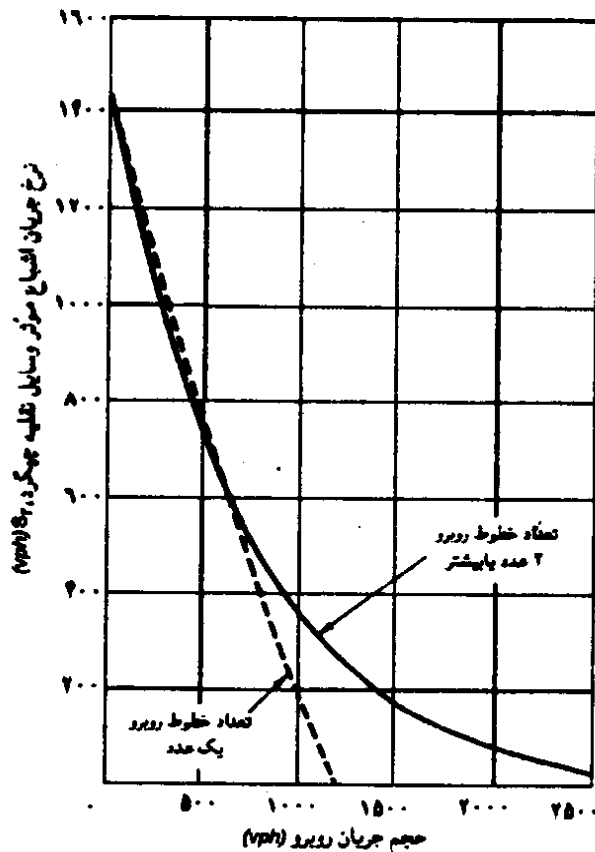
- ثالثاً ، وسایل نقلیه گردشی که در انتهای فاز سبز به تقاطع می رسند، زمان مشخصی برای تخلیه نیاز دارند و بدین ترتیب احتمالاً سبب بروز تأخیر در شروع حرکت وسایل نقلیه فاز بعدی می شوند.

برای در نظر گرفتن اثرات منفی اول و دوم، هر وسیله نقلیه چپگرد، معادل ۱/۷۵ وسیله مسیر مستقیم در نظر گرفته می شود. اما در نظر گرفتن اثر منفی سوم قلمی پیچیده تر است. برای این منظور ابتدا باید تعیین شود از میان چه تعداد وسیله نقلیه رویرو که از تقاطع می گذرند، یک حرکت گردش بچپ می تواند صورت گیرد. مشاهدات نشان داده است که معمولاً از میان هر ۵ تا ۶ وسیله نقلیه رویرو (گذرنده از تقاطع) یک حرکت گردش بچپ صورت می گیرد. برای تعیین حداکثر تعداد وسایل نقلیه چپگرد در خلال هر چرخه ( $B_p$ ) از رابطه زیر استفاده می شود:

$$n_r = s_r \left( \frac{gs - qc}{s - q} \right) \quad (75-5)$$

که در آن:

- $s_r$  حداکثر جریان نظری وسایل نقلیه چپگرد از لابلای جریان ترافیک مقابل (شکل ۵-۴).
- $q$  شدت جریان ترافیک مقابل.
- $s$  جریان اشباع ترافیک مقابل.
- $B$  زمان سبز چراغ و
- $C$  زمان چرخه چراغ است.



شکل ۵-۴ - حداکثر جریان نظری وسایل نقلیه چپگرد از لابلای جریان ترافیک مقابل [۹۱]

اگر  $g$  و  $C$  برحسب ثانیه باشند، در آنصورت باید  $s_r$  قبل از جایگزینی در رابطه ۵-۲۵ برحسب " وسیله نقلیه در ثانیه " محاسبه گردد. تفاضل متوسط تعداد وسایل نقلیه چپگرد و حداکثر تعداد وسایل نقلیه چپگرد برابر متوسط تعداد وسایل نقلیه منتظر در انتهای زمان سبز چراغ ( $n_w$ ) خواهد بود. نرخ تخلیه وسایل نقلیه در این حالت معمولاً برابر یک وسیله نقلیه در هر  $5/2$  ثانیه است.

#### حالت چهارم:

جریان مزاحم برای گردش وجود دارد (حرکت گردش حمایت نشده) و خطوط مخصوص گردش به چپ نیز موجود است.

در این حالت، وسایل نقلیه چپگرد تأخیری برای وسایل نقلیه حرکت مستقیم همان جهت از تقاطع ایجاد نمی کنند، اما این قبیل وسایل نقلیه بر روی فاز بعدی چراغ تأثیر می گذارند که اثر آن درست مانند آن چیزی است که در سومین اثر منفی حالت قبل ذکر گردید.

تأثیر ترافیک راستگرد بر جریان اشباع بستگی به شعاع انحنای گردش و حجم عابری پیاده متداخل با ترافیک گردش دارد. چنانچه میزان ترافیک راستگرد کمتر از ۱۰ درصد کل جریان ترافیک باشد، در آن صورت از تأثیر آن در جریان اشباع صرف نظر می گردد. اما چنانچه میزان ترافیک راستگرد بیش از ۱۰ درصد جریان ترافیک باشد در آن صورت هر وسیله نقلیه راستگرد که مازاد بر ۱۰ درصد ترافیک باشد معادل  $\frac{1}{4}$  وسیله نقلیه مسیر مستقیم در نظر گرفته می شود.

در روش وبستر اثر ویژگی های محلی بر جریان اشباع بصورت مجزا دیده شده است. عوامل عمده ای که در تعیین پارامتر " ویژگی محلی " دخالت داده شده اند عبارتند از، تداخل های ترافیکی، قابلیت دید، شعاع گردش، طرح هندسی مناسب و میزان تردد عابری پیاده. بر این اساس سه نوع ویژگی محلی تعیین شده و برای هر یک، نسبت جریان اشباع به جریان استاندارد که از در نظر گرفتن سایر عوامل بدست می آید مطابق جدول ۵-۵ ارائه شده است.

در روش وبستر تأثیر وسایل نقلیه متوقف در نزدیکی تقاطع بر روی جریان اشباع بصورت " کاهش عرض سواره رو " ملحوظ شده است. میزان کاهش عرض سواره رو از رابطه زیر بدست می آید :

$$\text{میزان کاهش عرض سواره رو تقاطع} = \begin{cases} 1,65 - \frac{0,9 \times (Z - 7,5)}{G} & \text{اگر } Z > 7,5 \\ 1,65 & \text{اگر } Z < 7,5 \end{cases} \quad (26-5)$$

که در آن :

$G$  زمان سبز چراغ (ثانیه) و

$Z$  فاصله بین خط توقف تا نزدیکترین وسیله نقلیه متوقف در حاشیه خیابان (متر) است.

جدول ۵-۵- ضریب تاثیر ویژگی محلی بر جریان اشباع [۹۱]

نسبت جریان اشباع به جریان استاندارد	خصوصیات	نوع ویژگی محلی
۱/۲۰ - ۱/۳۵	- وجود خیابان دو طرفه مجزا - عدم وجود تداخل قابل توجه با عابرین پیاده، پارک حاشیه ای وسایل نقلیه و ترافیک گردش به چپ وسایل نقلیه - قابلیت دید خوب و شعاع گردش کافی - وجود عرض کافی و مسیر مناسب برای خروج از تقاطع	مناسب
۱/۱۰۰	حالت حد واسط ویژگی های محلی مناسب و نامناسب	متوسط
۰/۷۰ - ۰/۸۵	- پائین بودن سرعت متوسط ترافیک - وجود تداخل با عابرین پیاده، پارک حاشیه ای وسایل نقلیه و ترافیک گردش به چپ وسایل نقلیه - قابلیت دید کم و یا شرایط هندسی ضعیف، خیابانهای واقع در مناطق تجاری پرتراکم	نامناسب

### ۵-۳-۲- سطح خدمت

در روش ویستر از معیار کارایی خاصی برای تعریف سطح خدمت استفاده نشده، اما برای دستیابی به بهترین سطح خدمت، اثر آن در پارامتر دیگری بنام طول چرخه چراغ راهنمایی ملحوظ شده است که با بهینه نمودن آن، هدف نهایی یعنی حداقل تأخیر و حداکثر سطح خدمت خودبخود تأمین می شود. در بخش ۴-۴-۷ رابطه تعیین طول چرخه بهینه براساس این روش ارائه شده است.

در شکل ۵-۵ اثر طول چرخه های مختلف، در مقدار تأخیر برای یک تقاطع دو فازه نمونه نشان داده شده است. ملاحظه می شود که حداقل تأخیر به ازاء طول چرخه بهینه حاصل شده است.

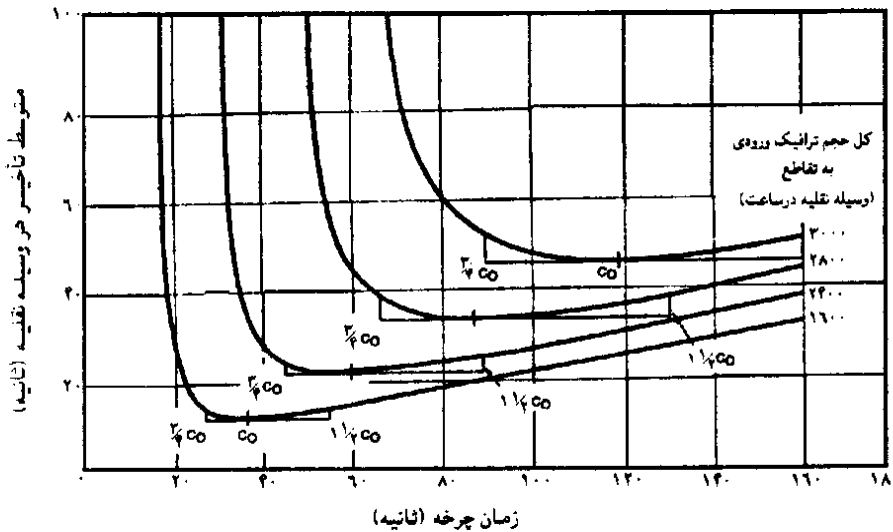
مدل برآورد تأخیر ویستر در سال ۱۹۵۸ میلادی ارائه گردیده است. این مدل که تأخیر را بصورت تأخیر ورودی برآورد می کند، از دو قسمت تأخیر یکنواخت و تأخیر اتفاقی تشکیل شده است. تأخیر یکنواخت، ناشی از ورود یکنواخت وسایل نقلیه بوده و تأخیر اتفاقی، ناشی از ورود اتفاقی وسایل نقلیه است که به تأخیر یکنواخت اضافه می شود. در صورتی که  $g$  زمان سبز مؤثر و  $r$  زمان قرمز مؤثر برای یک حرکت باشد، خواهیم داشت :

$$C = r + g$$

(۲۷-۵)

در این رابطه  $C$  طول چرخه چراغ راهنمایی است.

تقاطع ۲ فازه با ۲ ورودی  
 - جریان های مساوی در تمام ورودی ها  
 - جریان های اشباع مساوی، ۱۸۰۰ وسیله نقلیه در ساعت  
 - زمان های سبز مساوی  
 - کل زمان هدر رفته در هر چرخه برابر ۱۰ ثانیه



شکل ۵-۵- اثر طول چرخه بر تأخیر [۹۱]

چنانچه نسبت تقاضای هر ورودی (v) به ظرفیت آن را با X نمایش داده و رابطه ۲-۵ را جایگزین نماییم، در آن صورت :

$$X = \frac{v}{c} = \frac{v}{s \times \frac{g}{C}} \quad (28-5)$$

و آنگاه :

$$\frac{v}{s} = \left(\frac{g}{C}\right)X \quad (29-5)$$

شکل ۵-۶ نشان دهنده چگونگی ورود یکنواخت و تخلیه وسایل نقلیه در یک ورودی از تقاطع در حالت غیراشباع است. در این شکل مساحت بین منحنی تجمعی ورودی ها (خط با شیب v) و منحنی خروجی ها (خط با شیب صفر در زمان قرمز و شیب S در زمان سبز) نشان دهنده مجموع تأخیر وسایل نقلیه است. فاصله افقی بین دو منحنی، نمایانگر تأخیر هر وسیله نقلیه و فاصله عمودی بین آنها، نشان دهنده طول صف بر حسب تعداد وسایل نقلیه در صف در هر زمان است. با توجه به این شکل می توان رابطه زیر را نوشت :

$$v \times (r + g_o) = s \times g_o \quad (30-5)$$

در این رابطه  $g_0$  بخشی از زمان سبز مؤثر است که توسط حرکت مورد نظر استفاده شده است. مقدار  $g_0$  از رابطه فوق به صورت زیر بدست می آید :

$$g_0 = \frac{r \times (v/s)}{1 - (v/s)} \quad (31-5)$$

مساحت هر مثلث هاشور خورده در شکل ۵-۶ برابر میزان کل تأخیر وسایل نقلیه در هر چرخه چراغ راهنمایی در بازوی مورد نظر است. بنابراین اگر  $D$  کل زمان تأخیر وسایل نقلیه در آن بازو در هر چرخه باشد، آنگاه :

$$D = \frac{qr^2}{\sqrt{1 - (v/s)}} \quad (32-5)$$

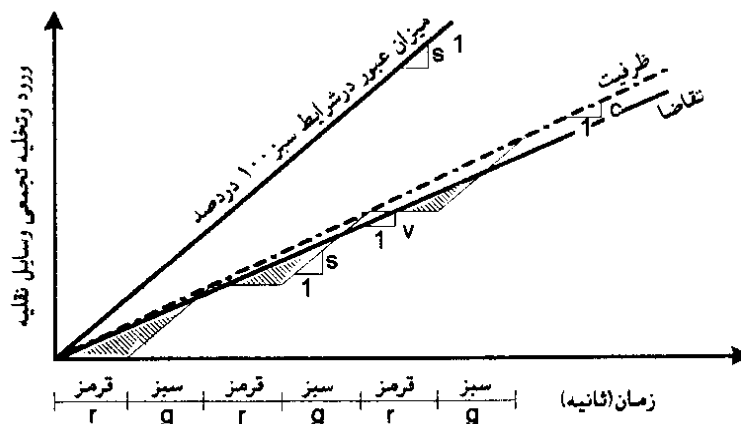
و چون تعداد وسایل نقلیه در هر چرخه برابر  $v \times C$  است ، بنابراین  $d_1$  متوسط تأخیر یکنواخت برای هر وسیله نقلیه را می توان از رابطه زیر بدست آورد :

$$d_1 = \frac{r^2}{2C(1 - v/s)} \quad (33-5)$$

اگر بجای  $r$  مقدار معادل آن یعنی  $C-g$  و بجای  $v/s$  مقدار معادل آن یعنی  $(g/C)X$  قرار داده شود ، رابطه مذکور بصورت زیر در می آید :

$$d_1 = \frac{C(1 - g/C)^2}{\sqrt{1 - (g/C)X}} \quad (34-5)$$

این رابطه بیانگر متوسط تأخیر یکنواخت در حالت غیراشباع است . در این رابطه تغییرات اتفاقی در مقدار جریان ورودی در نظر گرفته نشده است. بعلت سرشت غیریکنواخت جریان و تغییرات آن، مقدار واقعی تأخیر، بیشتر از مقدار برآورد شده توسط رابطه فوق است.



شکل ۵-۶- نمودار ورود و تخلیه وسایل نقلیه در یک ورودی تقاطع

در حالت غیراشباع [۹۱]

میزان تأخیر اتفاقی را می‌توان با استفاده از نظریه صف و فرض توزیع پواسون برای جریان ورودی مورد نظر بدست آورد. در این حالت فرض می‌شود، میزان تخلیه صف ترافیک در واحد زمان برابر  $1/S$  و مقدار تقاضا یا جریان ورودی، مقدار ثابت  $v$  وسیله نقلیه در ساعت باشد. در نتیجه متوسط تأخیر اتفاقی  $d_p$  از رابطه زیر به دست خواهد آمد:

$$d_p = \frac{X^2}{2v(1-X)} \quad (25-5)$$

مقدار متوسط تأخیر وسایل نقلیه در ورودی مورد نظر، مجموع تأخیر یکنواخت و تأخیر اتفاقی است. اما براساس برداشت های آماری مشخص گردیده است که روابط مذکور، متوسط تأخیر را حدود ۵ تا ۱۵ درصد بیشتر از مقدار واقعی آن برآورد می‌کنند. لذا برای تصحیح این روابط، مقدار تصحیح  $d_p$  در آنها اعمال می‌گردد. مقدار این تصحیح از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$d_p = 0.65(C/v^2)^{1/3} X^{2+0.8/C} \quad (26-5)$$

است. بنابراین تأخیر ورودی در این مدل بصورت زیر بدست می‌آید:

$$d = d_1 + d_p - d_r \quad (27-5)$$

$$d = \frac{C(1-g/C)^2}{v[1-(g/C)X]} + \frac{X^2}{2v(1-X)} - 0.65(C/v^2)^{1/3} X^{2+0.8/C}$$

در این رابطه مقدار  $d_p$  حدوداً باعث ۱۰٪ کاهش در مقدار  $d$  خواهد شد.

این مدل صرفاً برای تردد زیر اشباع معتبر است و تغییرات حجم جریان ترافیک را نیز بصورت مناسبی در نظر نمی‌گیرد.

### ۵-۳-۴- روش HCM 85 [۲۴]

در دستورالعمل HCM 85 تحلیل تقاطع های چراغدار براساس مفهوم جریان اشباع در گروه خطوط عبور صورت می‌گیرد و با انتخاب تأخیر به عنوان معیار کارایی تقاطع، سطوح خدمت تقاطع تعریف می‌شود.

اصولاً در کشورهایی که جریان ترافیک در تقاطع های آنها همراه با رعایت قوانین و مقررات بوده و به عبارت دیگر حرکت (یا حرکات) ترافیکی در خطوط عبور خاصی از تقاطع جریان داشته باشد، می‌توان عملکرد هر دسته از خطوط عبوری را بطور جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. امتیاز این روش، امکان دستیابی به نحوه عملکرد اجزاء مختلف ورودی به صورت جداگانه است.



در تقسیم تقاطع به گروه خط ها، معمولاً هم شرایط هندسی و هم توزیع حرکت های ترافیکی تقاطع مورد توجه قرار می گیرد. براساس دستورالعمل HCM 85 تقسیم بندی گروه خط ها بصورت زیر انجام می شود :

- خط یا خطوط مخصوص گردش به چپ (و یا راست) بعنوان یک گروه خط مجزا در نظر گرفته می شوند.

- در ورودی های با خط مخصوص گردش به چپ و یا راست (و یا هردو)، بقیه خطوط ورودی معمولاً در یک گروه خط قرار می گیرند.

- در ورودی های با بیش از یک خط عبور، که یک یا چند خط در آن، بصورت مشترک مورد استفاده ترافیک گردش به چپ و مستقیم قرار می گیرد، باید تعیین شود که آیا شرایط موجود اجازه می دهد حالت تعادل در استفاده از خط ایجاد گردد یا اینکه حجم ترافیک گردش به چپ به حدی است که سبب می شود خط مزبور به عنوان یک خط مخصوص گردش به چپ عمل کند. بدین منظور جریان ترافیک چپگرد به کمک رابطه زیر تبدیلس به معادل حرکت مستقیم وسایل نقلیه می شود :

$$V_{IF} = V_I \times \frac{1800}{1400 - V_0} \quad (38-5)$$

که در آن :

$V_{IE}$  جریان تقریبی ترافیک معادل گردش به چپ (وسیله نقلیه در ساعت)،

$V_I$  جریان واقعی ترافیک گردش به چپ (وسیله نقلیه در ساعت) و

$V_0$  کل جریان ترافیک جهت مقابل (وسیله نقلیه در ساعت) است.

در آن صورت :

اگر  $V_{IE} \geq \frac{V - V_L}{N - 1}$  باشد آنگاه خط منتهی الیه سمت چپ بصورت یک خط مخصوص گردش به چپ عمل می کند و لازم است به صورت یک گروه خط مجزا در نظر گرفته شود .

اگر  $V_{IE} < \frac{V - V_L}{N - 1}$  باشد آنگاه خط منتهی الیه سمت چپ با ترافیک مختلط (حرکت مستقیم + گردش به چپ) بصورت یک خط مخصوص گردش به چپ عمل نمی کند.

در روابط فوق :

$V$  کل جریان ترافیک در ورودی مورد نظر،

$N$  تعداد خطوط عبور در ورودی مورد نظر و

$V_{IE}$  و  $V_L$  نیز مطابق تعاریف قبل هستند.

انواع گروه خط های معمول برای تجزیه و تحلیل عملکرد تقاطع ها را می توان مطابق شکل ۵-۷

تقسیم بندی نمود.

تعداد خط	* حرکت های ترافیکی موجود در گروه خط	تعداد گروه خط	انواع گروه خط های ممکن
۱	LT+TH+RT	۱	
۲	EXC LT TH+RT	۲	
۲	LT+TH TH+RT	۱ یا ۲	
۳	EXC LT TH TH+RT	۲ یا ۳	
<p>* LT = گردش به چپ TH = مستقیم RT = گردش به راست EXC LT = مخصوص گردش به چپ</p>			

شکل ۵-۷- نمونه گروه خط های معمول برای تجزیه و تحلیل تقاطع ها [۲۴]

۵-۳-۴-۱- جریان اشباع

در HCM 85 جریان اشباع ایده آل ( $s_0$ ) برای هر خط عبور تعریف گردیده است. مشاهدات ترافیکی نشان داده اند که در شرایط ایده آل، از هر خط ورودی تقاطع، در هر ساعت سبز موثر، معادل ۱۸۰۰ وسیله نقلیه معادل سواری (pcu) می تواند عبور نماید.

باتوجه به آنکه در دستورالعمل HCM 85 تجزیه و تحلیل ورودی های مختلف تقاطع به تفکیک گروه خط ها صورت می گیرد، لذا چنانچه تعداد خطوط در هر گروه خط را با N نمایش دهیم، در این صورت جریان اشباع هر گروه خط از رابطه زیر بدست می آید :

$$s = s_0 \cdot N \cdot f_w \cdot f_g \cdot f_{HV} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \quad (۳۹-۵)$$

که در آن :

s جریان اشباع گروه خط تحت شرایط ترافیکی و هندسی حاکم

(وسيله نقلیه در ساعت سبز موثر،  $vphg$ )،

- $s_0$  جریان اشباع ایده آل هر خط از گروه خط (معمولاً  $vphgpl$  ۱۸۰۰ در نظر گرفته می شود)،  
 $N$  تعداد خطوط گروه خط،  
 $f_w$  ضریب تأثیر پهناي خط عبور (جدول ۵-۶)،  
 $f_g$  ضریب تأثیر شیب ورودی (جدول ۵-۷)،  
 $f_{HV}$  ضریب تأثیر وسیله نقلیه سنگین (ترکیب ترافیک) (جدول ۵-۸)،  
 $f_{LT}$  ضریب تأثیر ترافیک گردش به چپ در گروه خط (جدول ۵-۹ و ۵-۱۰)،  
 $f_{RT}$  ضریب تأثیر ترافیک گردش به راست در گروه خط (جدول ۵-۱۱)،  
 $f_p$  ضریب تأثیر امکان توقف حاشیه ای (جدول ۵-۱۲)،  
 $f_{bb}$  ضریب تأثیر ایستگاههای اتوبوس در نزدیکی تقاطع (جدول ۵-۱۳) و  
 $f_a$  ضریب تأثیر نوع ناحیه (موقعیت نسبت به مرکز تجاری شهر) (جدول ۵-۱۴) است.

دستورالعمل HCM 85 پیشنهاد می کند، چنانچه جمع آوری اطلاعات کامل مربوط به هریک از ضرائب فوق امکان پذیر نبوده و تحلیل گر بخواهد تخمین اولیه ای از جریان اشباع گروه خط تقاطع داشته باشد، از رابطه زیر استفاده شود:

$$s \approx 1600 N \quad (5-40)$$

که در آن  $N$  تعداد خطوط در گروه خط مزبور است.

ضریب تأثیر پهناي خط بر جریان اشباع ( $f_w$ ) مطابق جدول ۵-۶ مشخص شده است.

جدول ۵-۶ - ضریب تأثیر پهناي خط عبور بر روی جریان اشباع [۲۴]

$\geq 4,85$	۴,۵۵	۴,۲۵	۳,۹۵	۳,۶۵	۳,۳۵	۳,۰۵	۲,۷۵	۲,۴۵	پهنای خط (متر)
به ۲ خط تبدیل شود	۱,۱۰	۱,۰۷	۱,۰۳	۱,۰۰	۰,۹۷	۰,۹۳	۰,۹۰	۰,۸۷	ضریب تأثیر پهناي خط ( $f_w$ )

همانگونه که از جدول فوق مشخص است، در این دستورالعمل پهناي خط ۳,۶۵ متر بعنوان پهناي خط استاندارد در نظر گرفته شده است.

ضریب تأثیر شیب بر جریان اشباع ( $f_g$ ) مطابق جدول ۵-۷ است.

از جدول فوق مشخص است که بازا، هریک درصد افزایش یا کاهش شیب ورودی، جریان اشباع تقاطع نسبت به حد استاندارد (پایه) بترتیب ۰/۵ درصد کاهش یا افزایش می یابد.

جدول ۵-۷- ضریب تأثیر شیب ورودی بر جریان اشباع [۲۴]

شیب ورودی (درصد)			سرازیری			مسطح			سربالایی		
			-۲	-۴	-۶	۰			+۲	+۴	+۶
ضریب تأثیر شیب ( $f_g$ )			۱/۰۱	۱/۰۲	۱/۰۳	۱/۰۰			۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۷

ضریب تأثیر وسایل نقلیه سنگین بر جریان اشباع ( $f_{HV}$ )، براساس سهم آنها از جریان ترافیک ورودی تقاطع، مطابق جدول ۵-۸ است.

جدول ۵-۸- ضریب تأثیر نوع وسیله نقلیه بر جریان اشباع [۲۴]

درصد وسایل نقلیه سنگین	۰	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
ضریب تأثیر وسایل نقلیه سنگین ( $f_{HV}$ )	۱/۰۰	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۸۷

جدول فوق نشان می دهد تا زمانی که سهم وسایل نقلیه سنگین از کل جریان ترافیک در هر ورودی تقاطع کمتر از ۱۰ درصد باشد، بازا هریک درصد افزایش وسایل نقلیه سنگین ۵ درصد از جریان اشباع ایده آل تقاطع کاسته خواهد شد و با افزایش سهم وسایل نقلیه سنگین به بیش از ۱۰ درصد کل ترافیک، بازا هر ۵ درصد افزایش وسایل نقلیه سنگین ۲ درصد از جریان اشباع ایده آل تقاطع کم خواهد شد.

ضریب تأثیر ترافیک چپگرد بر جریان اشباع ( $f_{LT}$ ) مطابق جدول های ۵-۹ و ۵-۱۰ است.

ضریب تأثیر ترافیک راستگرد بر جریان اشباع ( $f_{RT}$ ) برای حالات مختلف مطابق جدول ۵-۱۱ ارائه شده است. همانگونه که در این جدول مشاهده می شود، در شرایطی که فاز حمایت نشده برای گردش به راست وجود دارد، مهمترین عامل در تعیین  $f_{RT}$ ، حجم عابر پیاده متداخل با جریان ترافیک است. در غیر اینصورت  $f_{RT}$  هیچگونه رابطه ای با حجم عبور پیاده ندارد و مستقل از آن است. همچنین در مواردی که خط گردش بصورت مختلط عمل می کند، یعنی هم ترافیک گردش به راست در آن وجود دارد و هم ترافیک مستقیم، لازم است سهم ترافیک گردش تعیین گردد.

جدول ۵-۹- ضریب تأثیر ترافیک چپگرد بر جریان اشباع [۲۴]

حالت	نوع گروه خط	$f_{LT}$
۱	خط مخصوص گردش به چپ با فاز حمایت شده برای گردش به چپ	۰/۹۵
۲	خط مخصوص گردش به چپ با فاز حمایت نشده برای گردش به چپ	با استفاده از جدول ۵-۱۰ محاسبه می شود
۳	خط مخصوص گردش به چپ با فاز توآمان (حمایت شده + حمایت نشده) برای گردش به چپ	فازهای حمایت شده و نشده جداگانه تجزیه و تحلیل شده و حجم ترافیک گردش به چپ به نسبت ظرفیت فازها تخصیص می یابد.
۴	خط مختلط گردش به چپ با فاز حمایت شده برای گردش به چپ	$f_{LT} = \frac{1}{1 + 0.705 P_{LT}}$ که در آن : $P_{LT}$ = سهم ترافیک گردش به چپ از کل ترافیک در خط مختلط
۵	خط مختلط گردش به چپ با فاز حمایت نشده برای گردش به چپ	با استفاده از جدول ۵-۱۰ محاسبه می شود
۶	خط مختلط گردش به چپ با فاز توآمان (حمایت شده + حمایت نشده) برای گردش به چپ	اگر $V_o \leq 1220$ vph آنگاه $f_{LT} = \frac{(1400 - V_o)}{(1400 - V_o) + (235 + 0.235V_o) P_{LT}}$ اگر $V_o > 1220$ vph آنگاه $f_{LT} = \frac{1}{1 + 0.525 P_{LT}}$ که در آن : $P_{LT}$ = سهم ترافیک گردش به چپ از کل ترافیک خط مختلط $V_o$ = حجم ترافیک جهت مقابل (vph)
۷	ورودی یک خطه	با استفاده از جدول ۵-۱۰ محاسبه می شود
۸	دو خط مخصوص گردش به چپ با فاز حمایت شده برای گردش به چپ	۰/۹۲

جدول ۵-۱۰- روند محاسبه ضریب تأثیر ترافیک چپگرد حمایت نشده

بر جریان اشباع [۲۴]

روابط محاسباتی	متغیرهای ورودی
	طول چرخه C (ثانیه) زمان سبز مؤثر g (ثانیه) تعداد خطوط، N کل جریان ترافیک ورودی، $V_g$ (وسیله نقلیه در ساعت) جریان ترافیک خط اصلی، $V_m$ (وسیله نقلیه در ساعت) جریان ترافیک چپگرد، $V_{LT}$ (وسیله نقلیه در ساعت) سهم ترافیک چپگرد، $P_{LT}$ تعداد خطوط جهت مقابل، $N_o$ جریان ترافیک جهت مقابل، $V_o$ (وسیله نقلیه در ساعت) سهم ترافیک چپگرد از کل حجم ترافیک جهت مقابل $P_{LTO}$
$S_{op} = \frac{1800N_o}{1 + P_{LTO} \left( \frac{1400 + V_m}{1400 - V_m} \right)}$	$S_{op}$ نرخ جریان اشباع ورودی مقابل بر حسب vphg
$Y_o = \frac{V_o}{S_{op}}$	$Y_o$ نسبت جریان ورودی مقابل
$g_u = (g - CY_o) / (1 - Y_o)$	$g_u$ بخشی از فاز سبز که توسط صف مقابل اشغال شده (ثانیه)
$F_s = (875 - 0.125V_o) / 1000$	$F_s$ ضریب اشباع گردش به چپ
$P_L = P_{LT} \left[ 1 + \frac{(N-1)g}{F_s g_u + 4/5} \right]$	$P_L$ نسبت گردش به چپ در خط ویژه یا مشترک گردش به چپ
$g_q = g - g_u$	$g_q$ بخشی از فاز سبز که توسط وسایل نقلیه مقابل اشغال شده (ثانیه)
$P_T = 1 - P_L$	$P_T$ نسبت وسایل نقلیه مستقیم در خط ویژه یا مشترک گردش به چپ
$g_f = \frac{P_T}{P_L} \left[ 1 - P_T^{0.5} g_q \right]$	$g_f$ بخش ابتدایی فاز سبز که در آن وسایل نقلیه حرکت مستقیم در یک خط مشترک به حرکت درمی آیند.
$E_L = 1800 / (1400 - V_o)$	$E_L$ معادل وسیله نقلیه مستقیم برای گردش به چپ مقابل
$F_m = \frac{g_f}{g} + \frac{g_u}{g} \left[ \frac{1}{1 + P_L (E_{L-1})} \right] + \frac{1}{g} (1 + P_L)$	$f_m$ ضریب گردش به چپ یک خطه
$f_{LT} = (F_m + N - 1) / N$	$f_{LT}$ ضریب گردش به چپ

جدول ۵-۱۱- ضریب تأثیر ترافیک راستگرد بر جریان اشباع [۲۴]

حالت	نوع گروه خط	$f_{RT}$
۱	خط مخصوص گردش به راست با فاز حمایت شده برای گردش به راست	۰٫۸۵
۲	خط مخصوص گردش به راست با فاز حمایت نشده برای گردش به راست	$f_{RT} = ۰٫۸۵ - (\frac{ped}{۲۱۰۰})$ اگر $ped \leq ۱۷۰۰$ $f_{RT} = ۰٫۵$ اگر $ped > ۱۷۰۰$ $ped =$ حجم عابریاده در ساعت که با ترافیک تداخل دارد
۳	خط مخصوص گردش به راست با فاز توأمان (حمایت شده + حمایت نشده) برای گردش به راست	$f_{RT} = ۰٫۸۵ - (۱ - P_{RTA})(ped / ۲۱۰۰)$ $f_{RT} = ۰٫۵$ $P_{RTA} =$ درصد ترافیک گردش بر راست (حداقل) که از فاز حمایت شده برای گردش استفاده می‌کند
۴	خط مختلط گردش به راست با فاز حمایت شده برای گردش به راست	$f_{RT} = ۱ - ۰٫۱۵ P_{RT}$ $P_{RT} =$ درصد ترافیک گردش بر راست در خط مختلط
۵	خط مختلط گردش به راست با فاز حمایت نشده برای گردش به راست	$f_{RT} = ۱ - P_{RT} [۰٫۱۵ + (ped / ۲۱۰۰)]$ $f_{RT} = ۰٫۵$ (حداقل)
۶	خط مختلط گردش به راست با فاز توأمان (حمایت شده + حمایت نشده) برای گردش به راست	$f_{RT} = ۱ - P_{RT} [۰٫۱۵ + (ped / ۱۲۰۰)(۱ - P_{RTA})]$ $f_{RT} = ۰٫۵$ (حداقل)
۷	ورودی یک خطه	$f_{RT} = ۰٫۹ - P_{RT} [۰٫۱۳۵ + (ped / ۲۱۰۰)]$ $f_{RT} = ۰٫۵$ (حداقل)
۸	دو خط مخصوص گردش به راست با فاز حمایت شده برای گردش به راست	۰٫۷۵

در دستورالعمل HCM 85 علاوه بر عوامل مذکور، سه ضریب دیگر نیز بصورت مستقیم در جریان اشباع تقاطع دخالت داده شده اند، که هر سه این عوامل مربوط به ویژگی های محلی تقاطع هستند. این عوامل عبارتند از :

- ضریب تأثیر توقف (پارکینگ) حاشیه ای در نزدیکی تقاطع ( $f_p$ )
- ضریب تأثیر ایستگاههای اتوبوس در نزدیکی تقاطع ( $f_{bb}$ )
- ضریب تأثیر نوع ناحیه ( $f_e$ ) (از نظر فاصله تقاطع تا مرکز شهر)

بدیهی است جریان اشباع در هر تقاطع با میزان توقف های حاشیه ای در نزدیکی تقاطع رابطه معکوس دارد. به عبارت دیگر هرچه تعداد توقف های حاشیه ای در نزدیکی تقاطع بیشتر باشد جریان اشباع در تقاطع کاهش خواهد یافت. نحوه تأثیر این عامل در جریان اشباع مطابق جدول ۵-۱۲ است. مطابق این جدول با افزایش تعداد خطوط موجود در هر گروه خط، میزان تأثیر این عامل بر جریان اشباع کاهش می یابد.

وجود ایستگاههای اتوبوس در نزدیکی تقاطع نیز اثری مشابه با توقف حاشیه ای در کاهش جریان اشباع تقاطع دارد. نحوه دخالت این عامل بر کاهش جریان اشباع در جدول ۵-۱۳ آورده شده است.

جدول ۵-۱۲- ضریب تأثیر توقف حاشیه ای بر جریان اشباع تقاطع [۲۴]

توقف حاشیه ای					ممنوع	تعداد خطوط در گروه خط
مجاز						
تعداد توقف ها در ساعت (Nm)						
۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰		
۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۸۰	۰/۸۵	۰/۹۰	۱/۰۰	۱
۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۵	۱/۰۰	۲
۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۹۷	۱/۰۰	۳

جدول ۵-۱۳- ضریب تأثیر ایستگاههای اتوبوس بر جریان اشباع تقاطع [۲۴]

تعداد توقف اتوبوس ها در ایستگاه نزدیک تقاطع در ساعت					تعداد خطوط در گروه خط
۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰	
۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۹۲	۰/۹۶	۱/۰	۱
۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۸	۱/۰	۲
۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۹	۱/۰	۳

آخرین عامل مؤثر در جریان اشباع یک تقاطع مطابق دستورالعمل HCM 85 "نوع ناحیه" استقرار تقاطع از نظر تراکم ترافیک و جمعیت است. تقاطع های واقع در مرکز تجاری شهر (CBD) کمترین میزان جریان اشباع را داشته و با افزایش فاصله تقاطع از مرکز شهر بر میزان جریان اشباع افزوده می گردد. طرح هندسی مناسب و کاهش جمعیت منطقه از مهمترین علل این افزایش هستند. ضریب تأثیر نوع منطقه مطابق جدول ۵-۱۴ است.



جدول ۵-۱۴- ضریب تأثیر نوع ناحیه بر جریان اشباع [۲۴]

نوع ناحیه	ضریب تأثیر نوع ناحیه ( $f_a$ )
مرکز تجاری شهر (CBD)	۰٫۹
دیگرنواحی شهر	۱٫۰

۵-۳-۴-۲- سطح خدمت

در دستورالعمل HCM 65 [۲۶] سطح خدمت تقاطع چراغ دار براساس معیاری موسوم به ضریب بار تعیین می‌گردد. ضریب بار عبارت از درصدی از فاز سبز هر حرکت است که در طول آن از ظرفیت معبر حداکثر استفاده بعمل می‌آید.

ضریب بار بصورت مستقیم در محل اندازه گیری می‌شود و دوره زمانی برداشت آن، یک ساعت است. رابطه سطح خدمت با ضریب بار مطابق جدول ۵-۱۵ است.

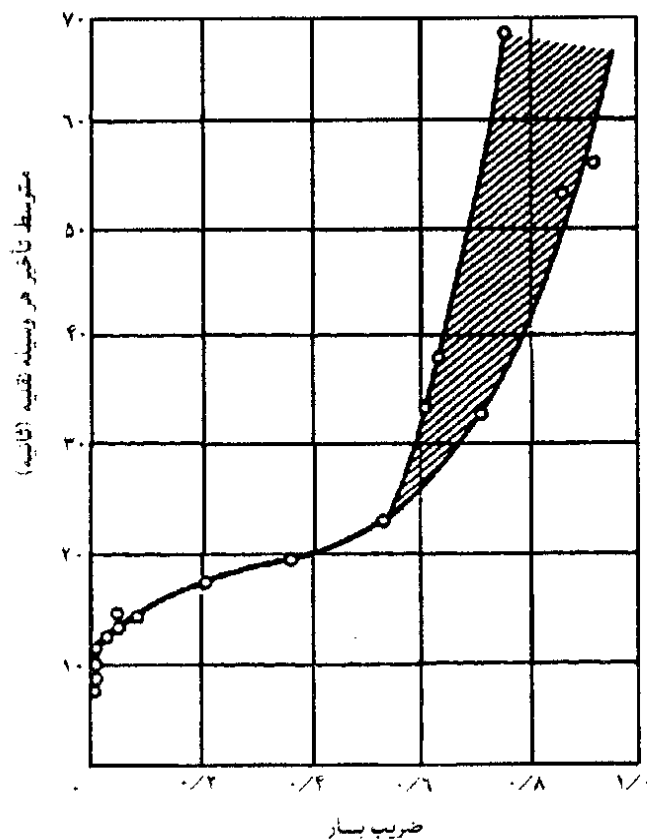
جدول ۵-۱۵- ارتباط بین ضریب بار و سطح خدمت [۲۶]

سطح خدمت	توصیف نوع جریان	ضریب بار
الف	جریان آزاد	۰
ب	جریان پایدار	< ۰٫۱
ج	جریان پایدار	< ۰٫۳
د	جریان ناپایدار	< ۰٫۷
هـ	جریان ناپایدار (حد ظرفیت)	< ۱
و	جریان متراکم	-

در سطح خدمت " الف " از معبر ورودی استفاده چندانی نمی‌شود و هیچ وسیله نقلیه ای بیشتر از زمان قرمز چراغ مربوط به خود، متوقف نخواهد ماند. در سطح خدمت های " ب " و " ج " جریان ترافیک پایدار برقرار بوده و این امکان وجود دارد که بصورت اتفاقی وسیله نقلیه ای در زمانی بیشتر از زمان قرمز چراغ خود، در پشت تقاطع توقف نماید. در سطح خدمت " د " امکان افزایش مقدار تأخیر در دوره های کوتاه مدت، بعلت افزایش ناگهانی ترافیک وجود دارد، اما در این حالت صف حاصله با گذشت زمان، در سایر چرخه های چراغ راهنمایی، تخلیه می‌گردد. در سطح خدمت " هـ " ظرفیت معبر با حجم ترافیک ورودی برابر است. هر چند بطور نظری

مقدار ضریب بار می تواند برابر یک باشد، اما از لحاظ عملی استفاده کامل از حداکثر ظرفیت چرخه های چراغ بندرت امکان پذیر است. بنابراین ظرفیت عملی برابر ۸۵٪ ظرفیت نظری پیشنهاد می گردد. سطح خدمت "و" نشان دهنده ازدحام و راه بندان است و در این حالت امکان دارد پس زدن صف حاصله، سایر مناطق مجاور را نیز تحت تأثیر قرار دهد.

از آنجائیکه اندازه گیری ضریب بار چندان راحت نبود، در دستورالعمل های بعدی از جمله HCM 85 از تأخیر بعنوان معیار کارایی استفاده شد. در شکل ۵-۸ رابطه میان مقدار متوسط تأخیر و ضریب بار نشان داده شده است.



شکل ۵-۸- رابطه بین ضریب بار و تأخیر [۲۶]

تأخیر، شاخصی از ناراحتی رانندگان، مصرف سوخت و زمان هدر رفته است و معمولاً برحسب متوسط تأخیر برهر وسیله نقلیه در دوره زمانی ۱۵ دقیقه ای بیان می شود. در HCM 85 رابطه میان تأخیر توقف و سطح خدمت برای تقاطع های با چراغ راهنمایی مطابق جدول ۵-۱۶ ارائه شده است.

سطح خدمت "الف" نشانگر تأخیر کمتر از ۵ ثانیه برای هر وسیله نقلیه است. این حالت زمانی اتفاق می افتد که جریان ترافیک مطلوب بوده و اغلب وسایل نقلیه در طول زمان سبز به تقاطع می رسند و توقفی ندارند. چرخه های کوتاه چراغ راهنمایی نیز تأخیرهای کم را بوجود می آورد.

جدول ۵-۱۶- رابطه تأخیر توقف و سطح خدمت برای تقاطع های چراغ دار [۲۴]

سطح خدمت	تأخیر توقف هر وسیله نقلیه (ثانیه)
الف	$\leq 5$
ب	۵ تا ۱۵
ج	۱۵ تا ۲۵
د	۲۵ تا ۴۰
هـ	۴۰ تا ۶۰
و	$60 <$

در سطح خدمت " ب " مقدار تأخیر هر وسیله نقلیه بین ۵ تا ۱۵ ثانیه است. این حالت عموماً در وضعیت های جریان ترافیک خوب و یا طول چرخه کوتاه اتفاق می افتد. درچنین حالتی، وسایل نقلیه بیشتر از سطح خدمت " الف " توقف دارند.

سطح خدمت " ج " نشانگر تأخیر بین ۱۵ تا ۲۵ ثانیه برای هر وسیله نقلیه است. این تأخیر عمدتاً ناشی از حجم ترافیک متوسط و یا طول چرخه بلندتر (نسبت به دو حالت قبلی) است. در این حالت ممکن است چرخه تخلیه نشده اتفاق بیفتد. اگرچه هنوز تعدادی از وسایل نقلیه بدون توقف از تقاطع عبور می کنند ولی تعداد وسایل نقلیه ای که پشت چراغ توقف می کنند افزایش نشان می دهد.

سطح خدمت " د " نشان دهنده تأخیر بین ۲۵ تا ۴۰ ثانیه برای هر وسیله نقلیه است. در سطح خدمت " د " تأثیر تراکم قابل توجه است. از مشخصه های این سطح خدمت، تأخیر طولانی بعلت جریان ترافیک نامطلوب، طول چرخه طولانی و یا نسبت  $v/c$  زیاد است. بسیاری از وسایل نقلیه توقف می کنند و تعداد چرخه های تخلیه نشده قابل توجه است.

در سطح خدمت " هـ " تأخیر هر وسیله نقلیه بین ۴۰ تا ۶۰ ثانیه است. این مقدار، حد بالای تأخیر قابل قبول است. این تأخیر زیاد، دلالت بر جریان ترافیک نامطلوب، طول چرخه طولانی و نسبت  $v/c$  بزرگ دارد. درچنین حالتی چرخه های تخلیه نشده بصورت مکرر اتفاق می افتد.

سطح خدمت " و " نشانگر تأخیر بیش از ۱ دقیقه برای هر وسیله نقلیه است. این حالت برای اغلب رانندگان غیرقابل قبول است. دراین حالت جریان فوق اشباع وجود دارد، یعنی نرخ جریان ورودی از ظرفیت تقاطع بیشتر است. جریان ترافیک کم و زمان چرخه طولانی نیز این حالت را ایجاد می کنند.

ارتباط بین سطح خدمت و ظرفیت پیچیده است. بطور مثال این امکان وجود دارد که در یک ورودی از تقاطع نسبت  $v/c$  کوچکتر از یک باشد، اما ورودی در سطح خدمت " و " قرار داشته باشد. این حالت می تواند ناشی از چرخه های بلند مدت و یا بعلت وجود زمان قرمز طولانی چراغ راهنمایی برای ورودی مورد نظر و یا در اثر جریان ترافیک ضعیف باشد. در مقابل، ممکن است برای حالت  $v/c$  برابر یک، مقدار تأخیر اندک باشد.

طول چرخه کوچک و یا جریان ترافیک مطلوب می تواند از جمله دلایل این پدیده باشد. بنابراین وجود سطح خدمت "و" لزوماً به معنای آن نیست که ورودی یا تقاطع تحت بار بیش از ظرفیت قرار دارد.

در HCM 85 مدل تأخیر بر مبنای تأخیر توقف ارائه شده است. علت عمده این مسئله، سهولت اندازه گیری محلی این تأخیر نسبت به تأخیر ورودی است. رابطه تأخیر در این دستورالعمل به شکل زیر است :

$$d = \frac{0.38C(1-g/C)^2}{1-(g/C)X} + 173 X^2 \left[ (X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + 16X/C} \right] \quad (41-5)$$

که در این رابطه  $d$  متوسط تأخیر توقف برای هر گروه خط (ثانیه)،  $C$  زمان چرخه (ثانیه)،  $g/C$  نسبت زمان سبز مؤثر به زمان چرخه و  $X$  نسبت  $v/c$  یا درجه اشباع برای هر گروه خط است.

جزء اول این رابطه، تأخیر یکنواخت بوده و مشابه بخش اول مدل وبستر است. تنها تفاوت آنها، استفاده از ضریب ۰/۳۸ بجای ضریب ۰/۵ است که ناشی از تفاوت نوع تأخیر برآورد شده در این مدل ها است.

جزء دوم این رابطه نشانگر تأخیر اضافی ناشی از تغییرات در نرخ جریان ورودی است. تأخیر ناشی از عدم امکان تخلیه تمامی وسایل نقلیه جمع شده در چرخه های فوق اشباع در این جمله بیان گردیده است.

در این مدل، از مفهوم چگونگی ورود وسایل نقلیه به تقاطع استفاده شده است. با استفاده از این مفهوم کوشش شده بطور تقریبی اثر پیشروی وسایل نقلیه در برآورد تأخیر در نظر گرفته شود. بدین ترتیب تأثیر حرکت دسته ای وسایل نقلیه در برآورد تأخیر، با استفاده از مفهوم نوع ورود ملحوظ خواهد شد. با توجه به اطلاعات برداشت شده، ۵ حالت برای نوع ورود تعریف گردیده است :

حالت ۱ - این نوع ورود مربوط به زمانی است که دسته متراکمی از وسایل نقلیه در ابتدای فاز قرمز به تقاطع وارد شوند. در این حالت، تقاطع بدترین شرایط ممکن را خواهد داشت.

حالت ۲ - این حالت مواردی را شامل می گردد که دسته متراکمی از وسایل نقلیه در اواسط فاز قرمز یا یک دسته متفرق وسایل نقلیه در طول فاز قرمز به تقاطع وارد شوند. در این حالت شرایط مناسب تری نسبت به حالت قبلی وجود دارد و لسی هنوز تقاطع از لحاظ عملکردی شرایط نامناسبی دارد.

حالت ۳ - در این حالت، ورود وسایل نقلیه به تقاطع به صورت کاملاً اتفاقی است. این وضعیت زمانی اتفاق می افتد که یا دسته های متفرق وسایل نقلیه در طول فازهای قرمز و سبز به تقاطع وارد شوند و یا تقاطع با سایر تقاطع های دیگر هماهنگ نبوده و بصورت مجزا عمل کند (به علت یکسان نبودن طول چرخه ها). در این حالت شرایط متوسطی در تقاطع حاکم خواهد بود.

حالت ۴- در این حالت، دسته های متراکم وسایل نقلیه در اواسط فاز سبز به تقاطع وارد می شوند و یا دسته های متفرق وسایل نقلیه در طول فاز سبز وارد تقاطع می شوند و شرایط نسبتاً مطلوبی در تقاطع وجود دارد.

حالت ۵- در این حالت، دسته های متراکم وسایل نقلیه در ابتدای فاز سبز به تقاطع وارد می شوند. درچنین شرایطی تقاطع بهترین عملکرد ممکن را دارد.

معمولاً نوع ورود وسایل نقلیه مستقیماً در محل سنجیده می شود. با این حال می توان آن را بصورت تقریبی به وسیله نمودارهای مسافت - زمان مشخص نمود. حتی الامکان باید نوع ورود بطور دقیق مشخص گردد، زیرا تاثیر مهمی در برآورد تأخیر و سطح خدمت دارد. اگرچه هیچ معیار قطعی برای تعیین دقیق نوع ورود وجود ندارد، اما رابطه زیر می تواند برای تعیین این پارامتر مفید واقع شود :

$$R_p = PVG / PTG \quad (۴۲-۵)$$

در این رابطه  $R_p$  نسبت دسته وسایل نقلیه، PVG درصد وسایل نقلیه ای که درطول زمان سبز به تقاطع وارد می شوند و PTG درصدی از چرخه است که برای حرکت مورد نظر، فاز سبز وجود دارد ( $g/C \times 100$ ). PVG در محل اندازه گیری شده و مقادیر PTG بوسیله زمانبندی چراغ تعیین می شود.

در جدول ۵-۱۷ انواع حالت های ورود برای مقادیر مختلف  $R_p$  مشخص شده است.

جدول ۵-۱۷- رابطه بین نوع ورود و  $R_p$  [۲۴]

$R_p$	نوع ورود
۰-۰/۵	۱
۰/۵۱-۰/۸۵	۲
۰/۸۶-۱/۱۵	۳
۱/۱۶-۱/۵۰	۴
$\geq ۱/۵۱$	۵

در جدول ۵-۱۸ ضرائب تعدیل پیشروی ترافیک (PF) با توجه به نوع حرکت، مقدار درجه اشباع و نسوع ورود ارائه شده است. این ضریب، در مقدار تأخیر حاصل از مدل ضرب می شود تا برآورد نهایی تأخیر بدست آید. برای استفاده از این جدول درحالت گردش به چپ، باید دقت شود که این طبقه بندی برای حالت وجود خط مخصوص گردش به چپ با فازبندی حمایت شده بوده و زمانی که حرکت گردش به چپ در یک گروه خط شامل تمام حرکات انجام گیرد، از ضرائب مربوط به گروه خط مربوطه استفاده خواهد شد.

جدول ۵-۱۸ - ضریب تعدیل پیشروی ترافیک (PF)

نوع ورود					نسبت $\frac{v}{c}$	نوع گروه خط	نوع سیستم کنترل
۵	۴	۳	۲	۱			
۰/۵۳	۰/۷۲	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۸۵	≤ ۰/۶	مستقیم، گردش بر راست	پیش زمان بندی شده
۰/۶۷	۰/۸۲	۱/۰۰	۱/۲۲	۱/۵۰	۰/۸		
۰/۸۲	۰/۹۰	۱/۰۰	۱/۱۸	۱/۴۰	۱/۰		
۰/۴۰	۰/۶۲	۰/۸۵	۱/۰۸	۱/۵۴	≤ ۰/۶	مستقیم، گردش بر راست	سازگار
۰/۵۰	۰/۷۱	۰/۸۵	۰/۹۸	۱/۲۵	۰/۸		
۰/۶۱	۰/۷۸	۰/۸۵	۰/۹۴	۱/۱۶	۱/۰		
۰/۴۲	۰/۷۲	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۸۵	≤ ۰/۶	خیابان اصلی، مستقیم، گردش بر راست *	نیمه سازگار
۰/۵۳	۰/۸۲	۱/۰۰	۱/۲۲	۱/۵۰	۰/۸		
۰/۶۵	۰/۹۰	۱/۰۰	۱/۱۸	۱/۴۰	۱/۰		
۰/۷۰	۰/۸۶	۱/۰۰	۱/۱۸	۱/۴۸	≤ ۰/۶	خیابان فرعی، مستقیم، گردش بر راست *	نیمه سازگار
۰/۸۹	۰/۹۸	۱/۰۰	۱/۰۷	۱/۲۰	۰/۸		
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۴	۱/۱۲	۱/۰		
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	همه حالات	تمامی گردش به چپ ها **	

\* معمولاً چراغ های با سیستم کنترل نیمه سازگار، برای تخصیص زمان سبز بیشتر به خیابان اصلی زمان بندی می شوند.

\*\* این روش، تنها شامل گروه خط گردش به چپ با فازی بندی حمایت شده است. زمانی که گردش به چپ ها قسمتی از یک گروه خط هستند، این ضریب برای تمام گروه خط استفاده می شود. زمانی که حرکت گردش به چپ با حجم زیاد هماهنگ می شود، ضرائب حرکات مستقیم مربوطه بکار برده می شود.

با نزدیک شدن درجه اشباع به یک، از شدت تغییرات تأخیر نسبت به پیشروی ترافیک کاسته شده و همچنین میزان آن برای چراغ های پیش زمان بندی شده بیشتر از سایر انواع زمان بندی است. بطور کلی این مدل برای جریان های ترافیک با درجه اشباع کمتر از ۱/۲ اعتبار دارد.

در این دستورالعمل برای محاسبه تأخیر در هر ورودی تقاطع از رابطه زیر استفاده می شود :

$$d_A = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i} \quad (۴۳-۵)$$

که در این رابطه،  $d_A$  تأخیر در ورودی A (ثانیه برای هر وسیله نقلیه)،  $d_i$  تأخیر برای گروه خط i ام در ورودی A (ثانیه برای هر وسیله نقلیه) و  $v_i$  حجم جریان گروه خط i (وسیله نقلیه در ساعت) است. مشابه این رابطه برای محاسبه متوسط تأخیر در کل تقاطع بکار برده می شود :

$$d_l = \frac{\sum d_A v_A}{\sum v_A} \quad (۴۴-۵)$$

که در این رابطه  $d_1$  متوسط تأخیر تقاطع (ثانیه برای هر وسیله نقلیه) و  $v_A$  جریان تعدیل شده برای ورودی A (وسیله نقلیه در ساعت) است.

در HCM 94 رابطه تأخیر توقف دستخوش تغییراتی شده و بصورت زیر بدست می آید:

$$d = d_1 DF + d_2 \quad (45-5)$$

$$d_1 = 0.38C(1 - g/C)^2 / \{1 - (g/C)[\text{Min}(X, 1)]\} \quad (46-5)$$

$$d_2 = 1.73X^2 \left\{ (X - 1) + [(X - 1)^2 + mX/c]^{0.5} \right\} \quad (47-5)$$

که در این روابط :

$d$  تأخیر توقف هر وسیله نقلیه (ثانیه)،

$d_1$  تأخیر یکنواخت هر وسیله نقلیه (ثانیه)،

$d_2$  تأخیر اضافی هر وسیله نقلیه (ثانیه)،

$DF$  ضریب تعدیل تأخیر (تابع کیفیت پیشروی ترافیک و نوع سیستم کنترل)،

$X$  نسبت  $v/c$  برای گروه خط،

$C$  طول چرخه (ثانیه)،

$c$  ظرفیت گروه خط (وسیله نقلیه در ساعت)،

$g$  زمان سبز مؤثر برای گروه خط (ثانیه) و

$m$  ضریب اصلاحی تأخیر اضافی، بیانگر تأثیر نوع ورود و نحوه تجمع جریان ترافیک است.

در رابطه فوق  $d_1$  یا تأخیر یکنواخت، مشابه رابطه HCM 85 است، با این تفاوت که برای مقادیر

$X > 1$  (حالت فوق اشباع) در این رابطه، از رقم ۱ بجای مقدار  $X$  استفاده خواهد شد. در رابطه برآورد  $d_2$

(تأخیر اضافی) نیز بجای رقم ۱۶ از ضریب اصلاحی  $m$  استفاده شده است.

این رابطه برای مقادیر  $X$  کوچکتر از ۱ اعتبار دارد، اما ممکن است برای مقادیر  $X$  کوچکتر از ۱/۲ نیز

بکار برده شود. درحالی که  $X$  بزرگتر از ۱ باشد، برآورد تأخیر برای تمام وسایل نقلیه ورودی در طول اولین دوره

۱۵ دقیقه جریان فوق اشباع بکار برده می شود. این رابطه برای محاسبه اثر جمع شونده صف های باقیمانده در

دوره های ۱۵ دقیقه قبلی معتبر نیست. ضریب تعدیل  $DF$  برای محاسبه اثر نوع سیستم کنترل و پیشروی ترافیک

برمقدار تأخیر به کار می رود.

### ۵-۳-۵- روش پیشنهادی برای شرایط ایران [۸]

#### ۵-۳-۵-۱- مقدمه

بررسی مسائل و مشکلات تقاطع های همسطح شهری در کشور ما نشان می دهد [۸] که یکی از مهمترین علل نابسامانی و آشفته‌گی حاکم بر آنها، رفتار نامناسب رانندگان و عابرین پیاده در محدوده تقاطع است. مسائل ناشی از برنامه ریزی، طراحی و اجرای نامناسب تقاطع نیز مزید بر علت است. با توجه به این موارد، در چارچوب این پروژه، عملیات میدانی در جهت شناسایی مسائل تقاطع ها، تعیین پارامترهای اساسی و تهیه مدل تردد اشباع تقاطع های چراغدار صورت گرفت. این کار پژوهشی یکی از نخستین گامهایی است که در جهت تحلیل ظرفیت و عملکرد تقاطع های همسطح در شرایط ایران برداشته شده و یقیناً برای رسیدن به هدف نهایی، مطالعات جامع و گسترده ای مورد نیاز است که سالها به طول خواهد انجامید.

بطور کلی مدل هایی که تاکنون برای تعیین میزان جریان اشباع تقاطع های چراغدار ارائه شده اند به دو گروه اصلی قابل تقسیم هستند :

- مدل هایی که میزان تردد اشباع را براساس عرض مسیر تعیین می کنند (مانند HCM 65، ویستر و HCM اندونزی)

- مدل هایی که میزان تردد اشباع را براساس خط یا خطوط عبور بدست می دهند (مانند HCM 85)

مدل های نوع اول نسبت به مدل های نوع دوم قدیمی تر هستند و اصولاً چون به مرور ایام نظم حاکم بر تقاطع ها بیشتر شده است، گرایش به سمت تعیین ظرفیت براساس عرض خط یا گروه خطوط افزایش یافته است. با این وجود به نظر می رسد در شرایط کشور ما مدل های مبتنی بر عرض مسیر انطباق بیشتری داشته باشند. علل عمده این امر را می توان به صورت زیر برشمرد :

- عدم رعایت حریم خط عبور براساس خط کشی های انجام شده
- تغییرات خط ناگهانی وسایل نقلیه در محدوده تقاطع و حرکات مارپیچ
- عدم رعایت حق تقدم عابرین پیاده در حرکت گردش به راست وسایل نقلیه
- عدم رعایت حق تقدم وسایل نقلیه و عبور نامنظم عابرین پیاده
- توقف وسایل نقلیه عمومی و شخصی در محدوده تقاطع به منظور سوار و پیاده کردن مسافر

در نتیجه این عوامل منفی، ظرفیت و ایمنی تقاطع های همسطح شهری مسا کاهش قابل توجهی نشان می دهد. هدف اصلی این مطالعه، ارائه روابط تعیین تردد اشباع براساس عرض مسیر بوده است ولی به موازات آن برخی پارامترهای خط عبور نیز بدست آمده تا قابل استفاده در مدل های مربوطه باشد.



جزئیات عملیات میدانی در گزارش سوابق مطالعات [۸] به تفصیل آمده است. در این بخش خلاصه ای از این عملیات و نتایج بدست آمده ارائه خواهد شد.

### ۵-۳-۲- اندازه گیری و برآورد تردد اشباع بر حسب عرض مسیر

باتوجه به اینکه جریان ترافیک در تقاطع های همسطح شهری کشور ما از خطوط عبوری مشخصی تبعیت نمی کند، بهتر است برای برآورد تردد اشباع، یک مدل مبتنی بر عرض مسیر بدست آید. بدین منظور یکسری آماربرداری تردد اشباع از طریق فیلم برداری ویدئویی در ۸ تقاطع نمونه شهر تهران به شرح زیر صورت گرفت :

- ۱- تقاطع شادمان - آزادی
- ۲- تقاطع آفریقا - جهان کودک
- ۳- تقاطع وحدت اسلامی - مولوی<sup>۱</sup>
- ۴- تقاطع مدرس - ولیعصر
- ۵- تقاطع میرزای شیرازی - استاد مطهری
- ۶- تقاطع قائم مقام - استاد مطهری
- ۷- تقاطع منیریه - کارگر
- ۸- تقاطع فاطمی - کارگر

تعداد ۸ مسیر برای وضعیت حمایت شده و ۵ مسیر برای وضعیت حمایت نشده انتخاب گردید. معیارهای انتخاب محل تقاطع ها عبارتند از توزیع جغرافیایی، اشباع بودن تقاطع و عدم وجود مسائل خاص از قبیل طرح هندسی نامناسب، خطوط ویژه گردش به چپ و راست و خط ویژه اتوبوس.

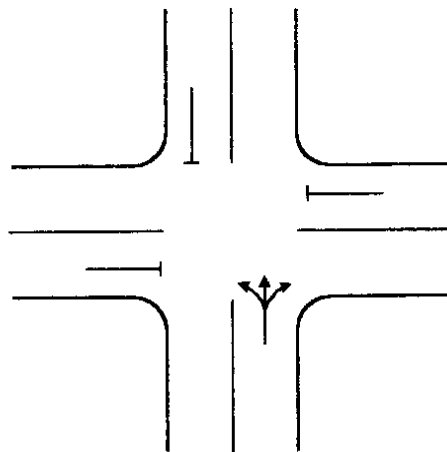
اطلاعات استخراج شده از فیلم های ویدئویی برای حالت حمایت شده، شامل حجم جریان کل مسیر، گردش به چپ، گردش به راست و وسایل نقلیه سنگین بوده و برای حالت حمایت نشده علاوه بر این موارد جریان گردش به چپ و مستقیم جهت مقابل نیز اندازه گیری شده است.

در این مطالعه علاوه بر متغیرهای فوق الذکر، بهنای مسیر نیز اندازه گیری شده است و آماربرداری به گونه ای بوده که تأثیر سایر عوامل قابل توجه نباشد. عرض مسیر ورودی در صورت عدم وجود خط پارکینگ از محور مسیر تا جدول کنار سواره رو و در صورت وجود خط پارکینگ از محور تا کنار این خط در نظر گرفته شده است.

باتوجه به ماهیت کاملاً متفاوت دو حالت فازبندی حمایت شده و حمایت نشده، هریک از این دو حالت بطور جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مدل‌های مقتضی استخراج شده است.

۱ - حالت حمایت شده

در حالت حمایت شده وسایل نقلیه رویرو متوقف بوده و تنها عامل تداخلی برای حرکات گردش، عابرین پیاده هستند. در شکل ۵-۹ نمودار این حالت ارائه شده است. براساس ۷۹ نقطه آماري استخراج شده و بررسی همبستگی های موجود میان متغیرها، چند مدل رگرسیون خطی به شرح زیر تهیه گردید :



شکل ۵-۹- نمودار فازبندی حمایت شده در تقاطع

- مدل ۱

در این حالت میزان تردد اشباع برحسب وسیله نقلیه سواری در ساعت سبز (s) در مقابل عرض مسیر برحسب متر (W) رگرسیون صفر گذر شد و رابطه زیر بدست آمد :

$$s = 428 W \cong 430 W \quad (R^2 = 0.99) \quad (48-5)$$

این رابطه میزان تردد اشباع حمایت شده را بطور تقریب و برحسب عرض مسیر، بدون تفکیک حرکت های مستقیم و گردش بدست می دهد. کاربرد آن عمدتاً در مطالعات برنامه ریزی است که ممکن است هیچگونه اطلاعات خاصی راجع به حجم گردش به راست، چپ و سایر عوامل مؤثر وجود نداشته باشد.

- مدل ۲

در این حالت، تردد اشباع در واحد عرض ( $\frac{s}{W}$ ) برحسب وسیله نقلیه در هر ساعت سبز در هر متر عرض، در مقابل نسبت وسایل نقلیه سنگین ( $P_{HV}$ )، نسبت وسایل نقلیه چپگرد ( $P_{LT}$ ) و عرض مسیر (W) برحسب متر رگرسیون شد. لازم به ذکر است که در این رگرسیون، سایر متغیرها مانند نسبت گردش به راست نیز شرکت داده شده بودند، ولی براساس نتایج آزمون t از رگرسیون خارج شدند. رابطه بدست آمده از این قرار است :

$$\frac{s}{W} = 50.6 - 271 P_{HV} - 101 P_{LT} - 471 W \quad (R^2 = 0.67)$$

و اگر نسبت وسایل نقلیه سنگین و چپگرد بر حسب درصد بیان شود با اندکی تقریب خواهیم داشت :

$$\frac{S}{W} = 50.5 - 2/7 P_{HV} - P_{LT} - 4/7 W \quad (49-5)$$

چنانچه در رابطه فوق مقادیر  $P_{HV} = 0$ ،  $P_{LT} = 0$  و  $W = 3/65$  قرار داده شود، تردد اشباع ایده آل در واحد عرض برابر ۴۸۸ وسیله نقلیه سواری در ساعت بدست می آید و مقدار تردد اشباع ایده آل در کل عرض مسیر از رابطه زیر قابل محاسبه خواهد بود :

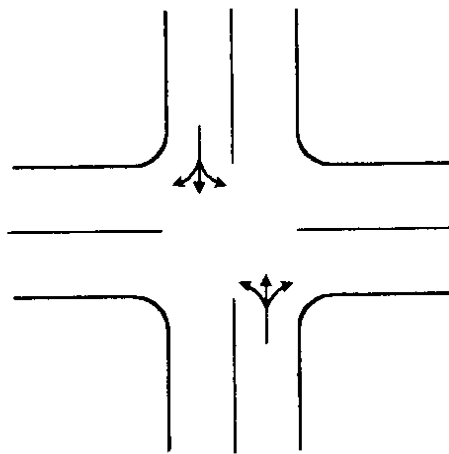
$$s_0 = 488 W \cong 490 W \quad (50-5)$$

این رابطه میزان تردد اشباع را برای حرکت مستقیم بدست می دهد.

لازم به تذکر است که در روش وبستر، نرخ تردد اشباع حرکت مستقیم برابر  $525 W$  ذکر شده است [۹۱] و براساس مطالعات قبلی انجام شده برای شهر تهران [۳۱] رقم  $460 W$  برای حرکت مستقیم پیشنهاد شده است.

## ۲ - حالت حمایت نشده

اصولاً در تردد حمایت نشده، کلیه حرکت ها به نوعی دارای اصطکاک و تداخل مستقیم هستند و بدین لحاظ عوامل متعدد و پیچیده ای در روابط مربوطه دخالت می کند. در شکل ۵-۱۰ نمودار یک فاز حمایت نشده ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می شود، وسایل نقلیه حرکت مستقیم در تداخل با وسایل نقلیه چپگرد هستند. وسایل نقلیه چپگرد باید علی الاصول در فواصل عبور مناسب در جریان مستقیم مقابل گردش خود را انجام دهند. ولی در تقاطع های حمایت نشده شهری ما به علت عدم رعایت حق تقدم، در جریان ترافیک آشفتگی و بی نظمی ایجاد می شود که علاوه بر مشکلات ایمنی از ظرفیت تقاطع نیز به شدت می کاهد.



شکل ۵-۱۰ - نمودار فازبندی حمایت نشده در تقاطع

ارائه مدل هایی که بتوانند به خوبی این شرایط پیچیده را توصیف نمایند، حتی در شرایط رفتار مناسب ترافیکی نیز کاری دشوار است. در این مطالعه، متغیرهایی که در وهله اول مدنظر قرار گرفتند عبارت بودند از عرض مسیر (W)، نسبت وسایل نقلیه سنگین (PHV)، نسبت گردش به راست (PRT)، نسبت گردش به چپ (PLT)، نرخ جریان مستقیم (TH)، نرخ جریان مستقیم مقابل (OTH)، نرخ جریان چپگرد (LT) و نرخ جریان چپگرد مقابل (OLT). علاوه بر متغیرهای فوق دو متغیر کمکی مربوط به حاصلضرب حجم گردش به چپ و مستقیم (OLTH = OLT × TH ، OTHL = OTH × LT) نیز برای بیان شرایط تداخلی تعریف گردید. براساس تحلیل ۶۱ نقطه آماری استخراج شده، ملاحظه گردید که غیر از W هیچیک از متغیرها همبستگی قابل قبولی با نرخ جریان اشباع ندارند.

- مدل ۳

در این حالت، میزان تردد اشباع برحسب وسیله نقلیه سواری در ساعت سبز (S) در مقابل عرض مسیر (W) رگرسیون صفر گذر شد و رابطه زیر بدست آمد:

$$S = ۳۵۴ W \approx ۳۵۰ W \quad (R^2 = ۰/۹۹) \quad (۵۱-۵)$$

این رابطه میزان تردد اشباع حمایت نشده را بطور تقریب برحسب عرض مسیر بدست می دهد و کاربرد آن عمدتاً در مطالعات برنامه ریزی است که ممکن است هیچگونه اطلاعات دقیقی راجع به سایر متغیرهای ذیربط در اختیار نباشد. مقایسه این رابطه با رابطه ۴۹-۵ نشان می دهد که در حالت حمایت نشده حدوداً ۲۰ درصد کاهش در تردد اشباع وجود دارد.

- مدل ۴

در این حالت، نخست ضریب وسیله نقلیه معادل مستقیم در گردش به چپ حمایت نشده (ELT) محاسبه شد و سپس برحسب معکوس درصد گردش به چپ (۱/PLT) رگرسیون خطی شد و رابطه زیر بدست آمد:

$$ELT = ۰/۲۸۸ + ۰/۴۸۷ / PLT \quad (R^2 = ۰/۷۷)$$

در صورتی که نسبت وسایل نقلیه چپگرد برحسب درصد بیان شود با اندکی تقریب خواهیم داشت:

$$ELT = ۰/۳ + ۵۰ / PLT \quad (۵۲-۵)$$

مشاهدات میدانی نشان می دهد که رابطه فوق در محدوده ۵ الی ۵۰ درصد چپگرد صادق است.

- مدل ۵

در این حالت، تردد اشباع در واحد عرض برحسب وسیله نقلیه در هر ساعت سبز در هر متر عرض، در مقابل نسبت وسایل نقلیه سنگین، نسبت وسایل نقلیه چپگرد، عرض مسیر و حاصلضرب حجم

وسایل نقلیه مستقیم و چپگرد مقابل (OLTH) رگرسیون شد. انتخاب این متغیرها براساس تحلیل همبستگی صورت گرفت و رابطه خطی زیر بدست آمد :

$$\frac{S}{W} = 515 - 275P_{HV} + 222P_{LT} - 25W - 6,7 \times 10^{-6} OLTH \quad (R^2 = 0,53)$$

در صورتی که نسبت وسایل نقلیه سنگین و چپگرد برحسب درصد بیان شود، با اندکی تقریب خواهیم داشت :

$$\frac{S}{W} = 515 - 2,8P_{HV} + 2,2P_{LT} - 25W - 6,7 \times 10^{-6} OLTH \quad (53-5)$$

مقدار  $R^2$  این رگرسیون حاکی از عدم برازش کامل است. مع الوصف بررسی این مدل نشان داده است که می توان با تقریب نتایج آن را پذیرفت. مطالعات گسترده تری در جهت توسعه این مدل مورد نیاز است.

### ۳-۵-۳-۵- اندازه گیری و برآورد تردد اشباع برحسب خطوط عبور

انطباق مدل های تردد اشباع مبتنی بر خطوط عبور با شرایط ایران دشوار است، زیرا حرکت وسایل نقلیه بعضاً توأم با آشفستگی و عدم رعایت خطوط عبور صورت می گیرد. با این وجود، در این جا تلاش شده است براساس یکسری مشاهدات در شرایط مطلوب، برخی از پارامترهای کلیدی در مدل تردد اشباع HCM اندازه گیری و برآورد شوند.

#### ۱- عرض خط عبور

مشاهدات مختلف نشان داد که در چرخه های مختلف، عرض خط عبور وسایل نقلیه متفاوت است و رانندگان از خط عبور خط کشی شده تبعیت نمی کنند. در جدول ۵-۱۹ عرض ۱۳ ورودی از مسیرهای مختلف چند تقاطع و تعداد خط عبوری مشاهده شده و همچنین میانگین عرض خط مربوطه ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می شود مقادیر حداقل و حداکثر عرض خط عبوری مشاهده شده به ترتیب برابر ۲/۵ و ۳/۲۵ متر یا میانگین ۲/۹۰ متر بوده است.

#### ۲- زمان های هدر رفته

در HCM فرض می شود که در هر فاز، دو زمان هدر رفته ابتدایی و انتهایی وجود دارد که مربوط به شروع حرکت و یا توقف وسایل نقلیه است. در تعیین نرخ تردد اشباع نیز فرض می شود که جریان وسایل نقلیه فقط در زمان سبز موثر برقرار است.

جدول ۵-۱۹- میانگین عرض خط عبور انتخابی رانندگان در تقاطع های مختلف شهر تهران

ردیف	نام تقاطع	نام ورودی	عرض ورودی (متر)	تعداد خط عبور	عرض خط عبور انتخابی (متر)
۱	آفریقا - جهان کودک	شرق به غرب	۱۳	۴	۳/۲۵
۲	آفریقا - جهان کودک	غرب به شرق	۹/۴۰	۳	۳/۱۳
۳	آفریقا - جهان کودک	شمال به جنوب	۸	۳	۲/۶۷
۴	مدرس - ولیعصر	جنوب به شمال	۸/۷۵	۳	۲/۹۲
۵	مدرس - ولیعصر	شرق به غرب	۱۶/۷	۶	۲/۷۸
۶	شادمان - آزادی	غرب به شرق	۱۰	۴	۲/۵۰
۷	شادمان - آزادی	شمال به جنوب	۱۳/۶۵	۵	۲/۷۳
۸	میرزای شیرازی - استاد مطهری	شمال به جنوب	۸	۳	۲/۶۷
۹	مولوی - وحدت اسلامی	شمال به جنوب	۱۲/۵	۴	۳/۱۳
۱۰	مولوی - وحدت اسلامی	غرب به شرق	۸/۳۰	۳	۲/۷۷
۱۱	قائم مقام - استاد مطهری	غرب به شرق	۱۸	۶	۳
۱۲	فاطمی - کارگر	شرق به غرب	۹/۷۵	۳	۳/۲۵
۱۳	منیریه - کارگر	شمال به جنوب	۸/۴۰	۳	۲/۸۰

مشاهدات انجام شده نشان داد که در شرایط ایران به علت وضعیت خاصی که در عملکرد تقاطع ها و رفتار رانندگان وجود دارد عملاً زمان های هدر رفته ابتدایی و انتهایی فازها ناچیز بوده ولی در عوض زمان های هدر رفته میانی در طول هر فاز قابل توجه است. این زمان های هدر رفته میانی ناشی از تداخل وسایل نقلیه، تداخل با عابرین پیاده و غیره بوده و مقدار آن در زمان بندی چراغ های راهنمایی بسیار حائز اهمیت است.

بطور کلی تعیین یک مقدار مشخص برای این زمان های هدر رفته میانی امکان پذیر نیست و باید مقدار آن برحسب مورد برای تقاطع مورد نظر اندازه گیری شود. در این مطالعه سعی شده است که حتی الامکان شرایط آماربرداری به گونه ای باشد که تأثیر زمان های هدر رفته میانی ناچیز باشد.

### ۳- تردد اشباع ایده آل و ضریب تأثیر عرض خط

اندازه گیری های تردد اشباع در شرایطی صورت گرفت که کلیه عوامل مؤثر به استثناء عرض خط در حد ایده آل بود. تردد اشباع ایده آل با احتساب تأثیر میانگین عرض خط عبور محاسبه گردید. باتوجه به اینکه اندازه گیری مستقیم سرفاصله های زمانی وسایل نقلیه امکان پذیر نبود، تعداد وسایل نقلیه عبوری در هر خط ( $N_s$ ) در مدت زمان تردد اشباع بدون آشفتگی ( $t_s$ ) هر فاز اندازه گیری شد و سپس با همفزونی ارقام متناظر در چرخه های مختلف، میانگین سرفاصله زمانی ( $h_{th}$ ) محاسبه گردید.

تردد اشباع نسبتاً ایده آل خطوط عبوری مستقیم ( $S_{th}^*$ ) از روابط زیر بدست آمده است :

$$h_{th} = \frac{\sum t_s}{\sum N_s} = 2,18 \quad \text{Sec}$$

$$s_{th}^* = \frac{3600}{2,18} = 1650 \quad \text{pcphgpl}$$

همانگونه که قبلاً اشاره شد، این تردد اشباع متأثر از عرض خط عبور است. برای رفع این اثر می توان با استفاده از ضرایب تأثیر عرض خط  $f_w$  تردد اشباع ایده آل را محاسبه نمود. مطابق HCM 85 ضریب تأثیر عرض خط برای میانگین عرض  $2/90$  متر برابر  $0/92$  است. بنابراین تردد اشباع ایده آل برای عرض خط  $2/65$  برابر خواهد بود با :

$$s_o = \frac{1650}{0,92} = 1793 \quad \text{pcphgpl}$$

همانگونه که مشاهده می شود، این مقدار نزدیک به تردد اشباع ایده آل HCM 85 یعنی  $1800$  pcphgpl است. بنابراین می توان با تقریب کافی ضرایب تأثیر عرض خط HCM 85 را در شرایط ایران بکار برد. البته تردد اشباع ایده آل عملی به مراتب کمتر از این مقدار است، زیرا علاوه بر عوامل عمومی کاهش دهنده ظرفیت، آشفته گی های جریان ترافیک نیز در آن مؤثر است.

#### ۴- ضریب تأثیر وسایل نقلیه سنگین

ضریب تأثیر وسایل نقلیه سنگین براساس همسنگ سواری تعیین می شود. در قسمت قبل محاسبه تردد اشباع ایده آل با حذف آمار وسایل نقلیه سنگین صورت گرفته بود. چنانچه ارقام مربوط به وسایل نقلیه سنگین نیز در نظر گرفته شود، ضریب معادل وسیله نقلیه سنگین بدست می آید :

$$E_{HV} = 2/6$$

این رقم بالاتر از مقدار در نظر گرفته شده در HCM 85 یعنی  $2/0$  است. علت این امر را می توان در تراکم و آشفته گی جریان ترافیک موجود جستجو نمود. با مشخص شدن همسنگ سواری وسایل نقلیه سنگین، ضریب تأثیر مربوطه از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_{HV}(2/6 - 1)} = \frac{1}{1 + 1/6 P_{HV}}$$

که در آن  $P_{HV}$  نسبت وسایل نقلیه سنگین است. در جدول ۵-۲۰ ضرایب تعدیل وسایل نقلیه سنگین ارائه شده است.

جدول ۵-۲۰- ضریب تعدیل وسایل نقلیه سنگین در شرایط ایران

۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۸	۶	۴	۲	۰	درصد وسیله نقلیه سنگین
۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۹۴	۰/۹۷	۱/۰۰	ضریب وسیله نقلیه سنگین $f_{HV}$

۵- ضریب تأثیر گردش به راست

به منظور تعیین ضرایب تأثیر گردش به راست ( $f_{RT}$ ) در خطوط انحصاری، اندازه گیری تردد اشباع صورت گرفت و سرفاصله زمانی ( $h_{RT}$ ) و ضریب مربوطه به شرح زیر محاسبه گردید :

$$h_{RT} = \frac{\sum t_s}{\sum N_s} = ۲,۳۵$$

$$f_{RT} = \frac{h_{th}}{h_{RT}} = ۰,۹۳$$

این رقم از مقدار متناظر در HCM 85 یعنی ۰/۸۵ بیشتر است که نشان می دهد وسایل نقلیه در کشور ما برای گردش به راست سرفاصله زمانی کوچکتری دارند. این موضوع احتمالاً ناشی از عدم رعایت حق تقدم عابرین پیاده توسط وسایل نقلیه گردش است. بنابراین استفاده از ضریب HCM 85 کاملاً در جهت اطمینان است.

در این مطالعه، سایر حالت های گردش به راست که در آنها تداخل عابریاده و سایر گروه خط ها مطرح می شوند بررسی نشده است. به نظر می رسد کاربرد ضرایب مربوطه در جهت اطمینان است.

۶- ضریب تأثیر گردش به چپ

برای تعیین ضریب گردش به چپ ( $f_{LT}$ ) در خطوط انحصاری، اندازه گیری تردد اشباع صورت گرفت و سرفاصله زمانی ( $h_{LT}$ ) و ضریب مربوطه مطابق زیر بدست آمد :

$$h_{LT} = \frac{\sum t_s}{\sum N_s} = ۲,۴۵$$

$$f_{LT} = \frac{h_{th}}{h_{LT}} = \frac{۲,۱۸}{۲,۴۵} = ۰,۹$$

این رقم نسبت به مقدار متناظر در HCM 85 حدود ۰/۰۵ کوچکتر است که می تواند ناشی از آشفتگی جریان باشد. سایر حالت های گردش به چپ حمایت شده و حمایت نشده، در این مطالعه مورد بررسی قرار نگرفته است.



۷- سایر ضرایب HCM 85

سایر ضرایب تعدیل تردد اشباع مطابق HCM عبارتند از ضریب نوع ناحیه شهری  $f_a$ ، ضریب تأثیر شیب  $f_g$ ، ضریب توقف حاشیه ای  $f_p$  و ضریب ایستگاه اتوبوس  $f_{bb}$ . از آنجایی که در ارتباط با این ضرایب مطالعه جداگانه ای صورت نگرفته است تا انجام مطالعات گسترده تر استفاده از مقادیر مندرج در HCM 85 توصیه می شود.

۸- ضریب تأثیر آشفته گی جریان

علاوه بر عوامل فوق الذکر، آشفته گی و بی نظمی جریان ترافیک در تقاطع می تواند از ظرفیت آن بکاهد. اندازه گیری های تردد اشباع خطوط عبور، در شرایط ایده آل و در فواصل زمانی نسبتاً کوتاه بوده است. درحالی که اندازه گیری تردد اشباع در کل عرض مسیر تقاطع مقادیر کمتری را بدست می دهد. رابطه ۵-۴۹ براساس اندازه گیری در کل عرض مسیر بدست آمده است. چنانچه در این رابطه شرایط حدی  $P_{HV} = 0$ ،  $P_{LT} = 0$  و  $W = 2/9$  را قرار دهیم، مقدار تردد اشباع حدود ۱۴۲۵ وسیله نقلیه سواری در ساعت سبز بدست می آید. مقایسه این رقم با تردد اشباع بدست آمده در حالت نسبتاً ایده آل (۱۶۵۰) نشان دهنده میزان آشفته گی جریان در کل عرض مسیر است. بنابراین:

$$f_1 = \frac{1425}{1650} = 0,85$$

که در آن  $f_1$  ضریب آشفته گی جریان است که در جهت کاهش ظرفیت تقاطع عمل می کند.

۹- رابطه عمومی تردد اشباع در شرایط ایران

نتایج این مطالعه نشان می دهد که می توان مدلی مشابه HCM در شرایط ایران ارائه نمود. شکل عمومی رابطه تردد اشباع پیشنهادی به صورت زیر است:

$$S = 0,85 S_0 N f_w f_{HV} f_g f_p f_{LT} f_{RT} f_{bb} \quad (5-54)$$

که در این رابطه کلیه متغیرها مطابق تعاریف مربوطه در HCM 85 هستند و مقادیر برخی از ضرایب برای شرایط ایران تعیین شده است. ضریب ۰/۸۵ نیز برای ملحوظ نمودن بی نظمی و آشفته گی ترافیک منظور شده است.

مدل فوق براساس مشاهدات انجام شده در شرایط نسبتاً مطلوب توسعه یافته است و تطبیق کامل ضرایب آن نیاز به مطالعات گسترده تری دارد.

۵-۳-۴-۵ - ارزیابی مدل های تأخیر در شرایط ایران [۱۵]

در یک بررسی مطالعاتی که در شهر تهران صورت پذیرفت مقایسه ای بین ۲ مدل وبستر و HCM 85 براساس مشاهدات آماری در سه تقاطع انجام گرفت. براساس نتایج بدست آمده، HCM 85 نسبت به مدل وبستر جواب های صحیح تری ارائه می دهد.

براساس نتایج این بررسی، هر دو مدل برآوردهای بیشتری را نسبت به برداشت های محلی بدست می دهند. دلایل عمده این پدیده، اولاً استاندارد بودن نسبی تقاطع های آماربرداری شده و ثانیاً برآورد بیشتر میزان جریان اشباع و ظرفیت که ناشی از رفتار غیرقابل پیش بینی رانندگان و استفاده از روش های متداول اندازه گیری سرفاصله زمانی و جریان اشباع می باشد، ذکر شده است.

۵-۳-۵-۵ - نتیجه گیری و جمع بندی

باتوجه به وضعیت ترافیکی حاکم در تقاطع های کشور، کاربرد مدل های تردد اشباع مبتنی بر عرض مسیر نتایج بهتری بدست می دهد. عملیات میدانی که در این پروژه برای تدوین این مدلها انجام شده مبتنی بر پایگاه اطلاعاتی نسبتاً محدودی است و برای تعیین روابط قطعی نیاز به مطالعات گسترده تری وجود دارد.

بااین وجود روابط بدست آمده می تواند در تحلیل تقریبی تقاطع ها به خوبی مورد استفاده قرارگیرد. بدین منظور می توان روش تقریبی زیر را برای مقاصد برنامه ریزی تقاطع های چراغدار توصیه نمود :

- جریان اشباع حرکت مستقیم با استفاده از رابطه ۵-۵۰
- جریان اشباع با حرکت های گردش حیات شده از رابطه ۵-۴۸
- جریان اشباع با حرکت های گردش حیات نشده از رابطه ۵-۵۱

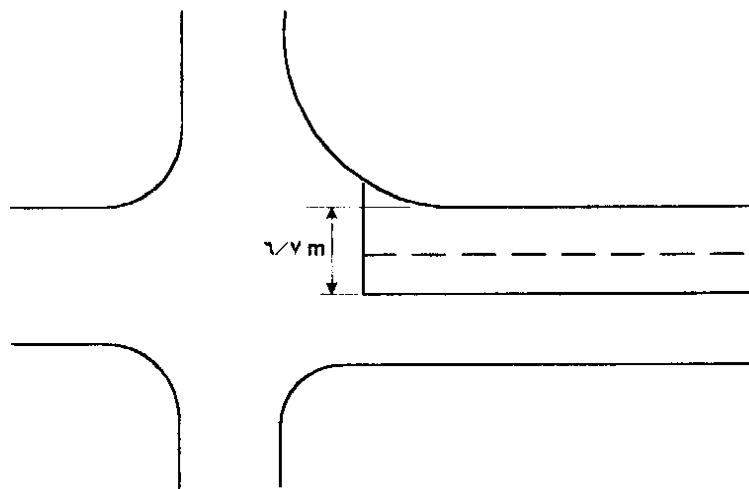
کلیه روابط فوق، جریان اشباع را برحسب وسیله نقلیه سواری در ساعت سبز مؤثر بدست می دهند. برای ملحوظ نمودن اثر وسایل نقلیه سنگین می توان از ضرایب مندرج در جدول ۵-۲۰ استفاده نمود.

۵-۳-۶ - حل چند مثال نمونه

در این بخش برای آشنایی بیشتر با چگونگی استفاده از دستورالعمل های مختلف در محاسبه نرخ جریان اشباع، سعی خواهد شد تا در قالب چند مثال، کاربرد روابط مربوطه مرور گردد.

مثال ۱ - تعیین جریان اشباع در شرایط ایران

ورودی تقاطع نشان داده شده در شکل ۵-۱۱ مفروض است. چنانچه ۶ درصد وسایل نقلیه از نوع سنگین باشد، مطلوب است محاسبه تردد اشباع ورودی مورد نظر در حالت های حمایت شده و حمایت نشده.



شکل ۵-۱۱ - مثال نمونه برای محاسبه جریان اشباع

الف - حالت حمایت شده

نرخ جریان اشباع برحسب وسیله نقلیه سواری در ساعت سبز مؤثر از رابطه زیر بدست می آید :

$$s = 430 \times 6/7 = 2881 \text{ pcphg}$$

باتوجه به اینکه حجم وسایل نقلیه سنگین ۶ درصد می باشد، ضریب اصلاحی مربوطه از جدول ۵-۲۰ برابر ۰/۹۱ بدست می آید. لذا خواهیم داشت :

$$s = 2881 \times 0/91 = 2622 \text{ vphg}$$

ب - حالت حمایت نشده

در این حالت، نرخ جریان اشباع برحسب وسیله نقلیه سواری در ساعت سبز مؤثر از رابطه زیر بدست می آید:

$$s = 350 \times 6/7 = 2345 \text{ pcphg}$$

باتوجه به اینکه حجم وسایل نقلیه سنگین در این حالت نیز ۶ درصد است، لذا خواهیم داشت :

$$s = 2345 \times 0.91 = 2134 \text{ vphg}$$

مثال ۲ - تعیین جریان اشباع مطابق روش ویستر

۱- تقاطع نشان داده شده در شکل ۵-۱۱ در یک مرکز خرید شلوغ واقع شده که حجم عابرین پیاده در آن زیاد است. مسیر موردنظر نیز در سریالایی واقع شده و شیب آن ۳ درصد است. مطلوب است محاسبه نرخ جریان اشباع مسیر مورد نظر برحسب pcphg.

نرخ جریان اشباع استاندارد عبارت است از ۵۲۵ W از آنجایی که تقاطع در محلی قرار گرفته که دارای شرایط ترافیکی نامناسبی است، داریم :

$$s = \frac{525 \times 85}{100} W$$

در صورتیکه ضریب اصلاح شیب نیز در محاسبات وارد شود، خواهیم داشت :

$$s = 525 \times 0.85 \times 0.91 \times 6.7 = 2720 \text{ pcphg}$$

۲- در صورتیکه در تقاطع نشان داده شده در شکل ۵-۱۱ بیست درصد از وسایل نقلیه از خط مشترک گردش به چپ استفاده نمایند، نرخ جریان اشباع چه خواهد بود؟

هر وسیله نقلیه چپگرد، معادل ۱/۷۵ وسایل نقلیه ای است که مستقیم حرکت می‌کند. از بین هر ۱۰۰ وسیله نقلیه ۲۰ عدد گردش به چپ می‌کنند که معادل ۳۵ وسیله نقلیه مستقیم هستند. لذا هر ۱۰۰ وسیله نقلیه گردش کننده معادل ۱۱۵ وسیله نقلیه حرکت مستقیم خواهند بود. بنابراین نرخ جریان اشباع عبارت است از :

$$s = \frac{2720 \times 100}{115} = 2365 \text{ pcphg}$$

۳- در صورتی که در تقاطع فوق الذکر ۶۱ درصد وسایل نقلیه از نوع سواری، ۲۰ درصد از نوع سنگین، ۹ درصد موتور سیکلت و ۱۰ درصد دوچرخه باشد، نرخ جریان اشباع برحسب وسیله نقلیه موتوری در ساعت چه خواهد بود ؟  
از هر ۱۰۰ وسیله نقلیه :

- ۶۱ عدد وسیله نقلیه سواری ، معادل ۶۱ pcu
- ۲۰ عدد وسیله نقلیه سنگین، معادل ۳۵ pcu
- ۹ عدد موتور سیکلت ، معادل ۳ pcu
- ۱۰ عدد دوچرخه ، معادل ۲ pcu

$$\left. \begin{array}{l} ۱۰۰ عدد وسیله نقلیه \\ ۹۰ عدد وسیله نقلیه موتوری \end{array} \right\} \text{ معادل } ۱۰۱ \text{ pcu}$$

لذا نرخ جریان اشباع عبارت خواهد بود از :

$$s = \frac{2365 \times 90}{101} = 2107 \text{ vphg}$$

۴- در صورتیکه زمان سبز ۳۰ ثانیه بوده و یک وسیله نقلیه در فاصله ۲۲٫۵ متری از خط توقف پارک کرده باشد، نرخ جریان اشباع چه خواهد بود؟

میزان کاهش عرض مسیر مطابق رابطه ۵-۲۶ بصورت زیر بدست می آید :

$$1/65 - \frac{0.9(22.5 - 7.5)}{30} = 1/2 \text{ m}$$

لذا عرض معادل مسیر در این حالت بجای ۶٫۷ متر، ۵٫۵ متر خواهد بود.

از آنجایی که نرخ جریان اشباع در این محدوده بطور خطی تغییر می کند، خواهیم داشت :

$$s = 2365 \times \frac{5.5}{6.7} = 1941 \text{ pcphg}$$

### مثال ۳ - تعیین جریان اشباع مطابق دستورالعمل HCM 85

برای تقاطع نشان داده شده در شکل ۵-۱۲ که در مرکز تجاری شهر واقع است، جریان اشباع را براساس دستورالعمل HCM 85 محاسبه نمایید.

جریان اشباع ایده آل برابر  $1800 \text{ pcphgpl}$  فرض می شود. سایر اطلاعات بشرح زیر است :

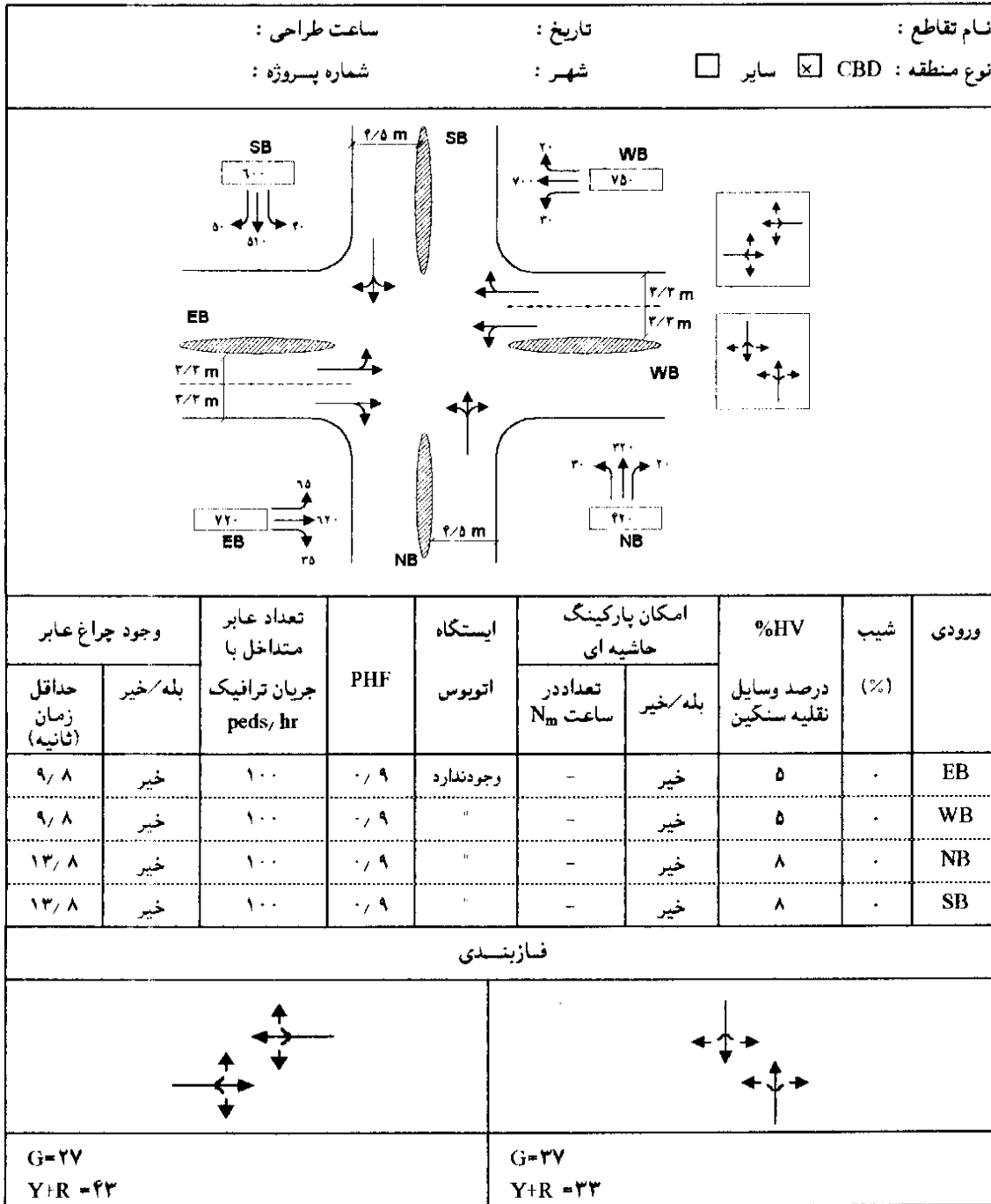
- تعداد خطوط : ورودی های شرقی و غربی تقاطع (EB و WB) دو خطه بوده و ورودی های شمالی و جنوبی تقاطع (NB و SB) یک خطه هستند.

- ضریب پهنای خط : چون در خیابان شرقی - غربی پهنای هر خط برابر  $3/3$  متر است، مطابق جدول ۵-۶ ضریب  $f_w$  برای این خیابان برابر  $0.97$  بوده و با توجه به پهنای  $4/5$  متری هر خط در خیابان شمالی - جنوبی ضریب  $f_w$  برای این خیابان نیز برابر  $1/10$  است .

- ضریب وسیله نقلیه سنگین : با توجه به اینکه در خیابان شرقی - غربی ۵ درصد ترافیک مربوط به وسایل نقلیه سنگین است، مطابق جدول ۵-۸ برای خیابان شرقی - غربی  $f_{HV} = 0.975$  خواهد بود و برای سهم ۸ درصدی وسایل نقلیه سنگین در خیابان شمالی - جنوبی مقدار  $f_{HV}$  برابر  $0.96$  است.

- ضریب شیب : با توجه به مسطح بودن همه ورودی ها  $f_g = 1/0$  خواهد بود.

- ضریب پارکینگ حاشیه ای : با توجه به آنکه امکان پارکینگ حاشیه ای در هیچیک از ورودی ها وجود ندارد تمام مقادیر  $f_p$  برابر  $1/0$  خواهد بود.



شکل ۵-۱۲- مثال نمونه برای محاسبه جریان اشباع مطابق دستورالعمل HCM 85

- ضریب تأثیر ایستگاه اتوبوس : چون ایستگاه اتوبوس در هیچیک از ورودی های تقاطع وجود ندارد ، لذا در تمامی ورودی ها  $f_{bb} = 1/0$  است.
- ضریب نوع ناحیه : چون تقاطع در مرکز تجاری شهر (CBD) واقع شده پس  $f_a = 0/9$  است (مطابق جدول ۵-۱۴).
- ضریب گردش برآست : گردش برآست در خیابان شرقی \_ غربی از نوع حمایت نشده با خطوط مختلط (حالت ۵ جدول ۵-۱۱) بوده اما در خیابان شمالی \_ جنوبی از نوع ورودی یک خطه (حالت ۷

همان جدول) است. بنابراین مطابق این جدول ضریب  $f_{RT}$  بسته به نسبت گردش به راست و عابریاده متداخل، متفاوت است.

- ضریب گردش بچپ: گردش بچپ در هر چهار ورودی تقاطع از نوع حمایت نشده بوده و این ضرایب باید از جدول ۵-۱۰ استخراج گردند. جدول ۵-۲۱ نتایج بدست آمده را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۲۱ - محاسبه ضریب تأثیر گردش به چپ برای مثال ۳

جدول تعیین ضریب تأثیر گردش بچپ				
SB	NB	WB	EB	متغیرهای ورودی
۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	طول چرخه، C (Sec)
۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	زمان سبز، g (Sec)
۱	۱	۲	۲	تعداد خطوط، N
۶۶۷	۴۶۶	۸۳۳	۸۰۰	کل جریان ترافیک ورودی، $V_a$ (vph)
۶۲۳	۴۳۳	۸۳۳	۸۰۰	جریان ترافیک خط اصلی، $V_m$ (vph)
۴۴	۳۳	۳۳	۷۲	جریان ترافیک گردش بچپ، $V_{IT}$ (vph)
۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۹	نسبت گردش به چپ، $P_{IT}$
۱	۱	۲	۲	تعداد خطوط جهت مقابل، $N_o$
۴۳۳	۶۲۳	۸۰۰	۸۳۳	جریان ترافیک جهت مقابل، $V_o$
۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۴	نسبت گردش بچپ در جریان ترافیک جهت مقابل، $P_{LTO}$
متغیرهای محاسبه شده				
۱۶۶۸	۱۶۹۸	۳۰۱۲	۳۳۳۳	$S_{op}$
۰/۲۶۳	۰/۳۶۷	۰/۲۶۶	۰/۲۵۰	$Y_o$
۲۵/۲۴	۱۷/۸۷	۱۱/۴۲	۱۲/۶۷	$g_u$
-	-	۰/۳۷۵	۰/۳۵۴	$f_s$
۰/۰۷۰	۰/۰۷۰	۰/۱۶۳	۰/۳۶۰	$P_L$
۱۱/۷۶	۱۹/۱۳	۱۵/۵۸	۱۴/۳۳	$g_q$
۰/۹۳۰	۰/۹۳۰	۰/۸۳۷	۰/۶۴۰	$P_T$
۹/۲۲	۱۳/۲۹	۷/۷۰	۳/۴۱	$g_t$
۱/۸۶	۲/۳۲	۳/۰۰	۳/۱۷	$E_L$
۰/۹۵۰	۰/۸۵۹	۰/۶۹۰	۰/۴۹۰	$f_m$
۰/۹۵	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۷۵	$f_{LT}$

نتایج محاسبه جریان اشباع در جدول ۵-۲۲ آمده است.

جدول ۵-۲۲ - محاسبه جریان اشباع برای مثال ۳ مطابق دستورالعمل HCM 85

جدول تعیین جریان اشباع												
ورودی	حرکت ها در گروه خط	جریان اشباع ایده آل $s_0$ (pcphgpl)	تعداد خطوط N	ضرائب تأثیر								S (vphg)
				$f_w$	$f_{HV}$	$f_g$	$f_p$	$f_{bb}$	$f_a$	$f_{RT}$	$f_{LT}$	
				جدول ۶-۵	جدول ۸-۵	جدول ۷-۵	جدول ۱۲-۵	جدول ۱۳-۵	جدول ۱۴-۵	جدول ۱۱-۵	جدول ۹-۵	
EB		۱۸۰۰	۲	۰/۹۷	۰/۹۷۵	۱	۱	۱	۰/۹	۰/۹۹	۰/۷۵	۲۲۷۵
WB		۱۸۰۰	۲	۰/۹۷	۰/۹۷۵	۱	۱	۱	۰/۹	۰/۹۹	۰/۸۵	۲۵۷۹
NB		۱۸۰۰	۱	۱/۱۰	۰/۹۶	۱	۱	۱	۰/۹	۰/۹۷	۰/۸۶	۱۴۲۷
SB		۱۸۰۰	۱	۱/۱۰	۰/۹۶	۱	۱	۱	۰/۹	۰/۹۴	۰/۹۵	۱۵۲۳



## ۴-۵ - تحلیل تقاطع بدون چراغ

## ۴-۵-۱- مقدمه

تا اوایل دهه ۷۰ میلادی تحقیق قابل ملاحظه ای در رابطه با تحلیل ظرفیت تقاطع های بدون چراغ انجام نشده بود و عموماً اینگونه تصور می شد که مشکلات ظرفیتی تقاطع های بدون چراغ را باید با نصب چراغ راهنمایی حل کرد. در طول دو دهه اخیر در بسیاری از کشورها از جمله آمریکا، آلمان، استرالیا و اندونزی تحقیقات بسیاری برای تحلیل ظرفیت اینگونه تقاطع ها صورت گرفته است. کلیه روشهای ارائه شده در شرایط کشورهای پیشرفته مبتنی بر دو اصل " ایجاد سلسله مراتب حق تقدم" و "فاصله عبور قابل قبول" هستند. بنابراین در شرایطی که جریان ترافیک قانونمند نباشد این اصول نقض شده و کاربرد روش های مربوطه منجر به نتایج نادرستی خواهد شد.

## ۴-۵-۲- روش HCM 85

روش HCM 85 برای تحلیل ظرفیت تقاطع های دارای تابلوهای ایست دوطرفه و رعایت حق تقدم از یک شیوه تحلیل آلمانی اقتباس شده و با انجام مطالعات موردی، برای تقاطع های بدون چراغ آمریکا کالیفرنیه شده است. این روش و سایر روش های تحلیل ظرفیت تقاطع های بدون چراغ مبتنی بر اصل "فاصله عبور قابل قبول" هستند. براساس این اصل، وسایل نقلیه خیابان اصلی نباید هیچگونه تأخیری را متحمل شوند و ظرفیت خیابان کنترل شده (فرعی) بستگی به توزیع فواصل عبور در جریان ترافیک خیابان اصلی و همچنین فواصل عبوری که برای رانندگان خیابان فرعی قابل قبول است (جهت انجام حرکت مورد نظر) خواهد داشت. فراوانی فواصل عبور در جریان ترافیک خیابان اصلی براساس چگونگی جریان ترافیک در آن خیابان تعیین می شود. فاصله عبور قابل قبول نیز بر حسب میانگین فواصل عبوری که توسط رانندگان وسایل نقلیه خیابان فرعی پذیرفته می شود، بدست می آید.

یکی دیگر از اصول اساسی که در تدوین این مدل در نظر گرفته شده است، سلسله مراتب حق تقدم بر وسایل نقلیه ای است که در پی یافتن فاصله عبور مناسب برای انجام حرکت مورد نظر خود هستند. در این روش چهار نوع حق تقدم در نظر گرفته شده است که وسایل نقلیه ای که در صدد استفاده از یک فاصله عبور مشترک هستند، باید حرکت های خود را براساس این اولویت ها انجام دهند. سلسله مراتب نزولی حق تقدم بشرح زیر است :

- گردش به راست از خیابان فرعی
- گردش به چپ از خیابان اصلی
- حرکت مستقیم از خیابان فرعی
- گردش به چپ از خیابان فرعی

در HCM 85 فرض های ساده کننده زیر نیز در نظر گرفته شده است :

- حق تقدم حرکات تحت هیچ شرایطی تغییر نمی کند.
- توزیع فواصل بین وسایل نقلیه خیابان اصلی، اتفاقی در نظر گرفته شده است.
- عملکرد خیابان اصلی تحت تأثیر وسایل نقلیه خیابان فرعی قرار نمی گیرد.
- میانه فواصل عبور قابل قبول ثابت بوده و با زمان تغییر نمی کند و رانندگان با زیاد شدن زمان توقف، فواصل عبور کوچکتری را برای عبور انتخاب نمی کنند.

این فرضیات همگی مهم بوده و تأثیر قابل ملاحظه ای بر دقت روشهای ارائه شده و تفسیر نتایج حاصل از آنها دارند. در ادامه، مراحل محاسباتی این روش تحلیل ظرفیت تقاطع های بدون چراغ ارائه می گردد.

#### مرحله ۱ - تهیه و تلویین اطلاعات مورد نیاز

اطلاعات مورد نیاز برای تحلیل ظرفیت تقاطع های بدون چراغ عبارتند از، نوع سیستم کنترل (ایست یا رعایت حق تقدم)، حجم های ترافیک و ترکیب آنها، سرعت وسایل نقلیه مسیر اصلی و طرح هندسی تقاطع، شامل موارد زیر :

- تعداد و نوع خطوط عبور
- نوع مسیریابی تقاطع
- درصد شیب ها
- شعاع قوس گوشه ها و زاویه تقاطع
- فواصل دید

#### مرحله ۲ - تعیین حرکت های متداخل و محاسبه حجم آنها

کلید مراحل محاسباتی این تحلیل به ترتیب حق تقدم حرکت ها صورت می گیرد. لذا محاسبات، ابتدا برای گردش به راست از فرعی و سپس به ترتیب برای گردش به چپ از اصلی، مستقیم فرعی و گردش به چپ از فرعی انجام می شود.

در اولین گام، حجم جریان ترافیک متقاطع با هر یک از حرکت های فوق محاسبه می گردد. این همان جریانی است که حرکت مورد نظر باید از فواصل خالی موجود در آن عبور نماید. در شکل ۱۳-۵ حرکت های متداخل با حرکت مورد نظر و نحوه محاسبه حجم آنها نشان داده شده است. در هر مورد پیکان خط چین نشان دهنده حرکت مورد نظر و پیکان های توپر نشان دهنده حرکت های متداخل هستند.

حرکت مربوطه	جریان متداخل، $V_{Ci}$	نمایش حرکت
۱- گردش بر راست از خیابان فرعی	$\frac{1}{T}(V_r)^{**} + V_i^*$	
۲- گردش بچپ از خیابان اصلی	$V_r^{***} + V_i$	
۳- حرکت مستقیم خیابان فرعی	$\frac{1}{T}(V_{ra})^{***} + V_{ta} + V_{la} + V_{rb} + V_{tb} + V_{lb}$	
۴- گردش بچپ از خیابان فرعی	$\frac{1}{T}(V_{ra})^{**} + V_{ta} + V_{la} + V_{rb}^{***} + V_{tb} + V_{lb} + V_o + V_{or}$	

\*  $V_i$  فقط حجم خط عبور سمت راست را دربر می گیرد.

\*\* درحالت هایی که یک خط عبور گردش به راست مجزا تعبیه شده است، می توان  $V_r$  و  $V_{ra}$  را حذف کرد.

\*\*\* در صورتی که شعاع گردش به راست به خیابان فرعی بزرگ است یا این حرکت توسط تابلوهای ایست یا رعایت حق تقدم کنترل می شود می توان، درحالت (۲)  $V_r$  و درحالت (۴)  $V_{ra}$  یا  $V_{rb}$  را حذف کرد، همچنین می توان  $V_{rb}$  را در مسیرهای چندخطه اصلی حذف نمود.

شکل ۵-۱۳- محاسبه حجم حرکت های متداخل [۲۴]

همانطور که در این شکل ملاحظه می شود، نصف حجم حرکت گردش به راست خیابان اصلی نیز در محاسبه حجم حرکت های متداخل، منظور شده است. این بدین خاطر است که امکان دارد همه آنها برای حرکت گردش به راست از چراغ راهنما استفاده نکرده باشند و همچنین سرعت آنها هنگام نزدیک شدن به تقاطع در حدی باشد که وسایل نقلیه خیابان فرعی از فاصله عبور موجود صرفنظر نمایند. در ضمن فقط آن بخش از حرکت مستقیم در نظر گرفته شده است که با حرکت مورد نظر در تداخل است.

در جدول ۲۳-۵ ضرایب تبدیل کلیه وسایل نقلیه به معادل وسیله نقلیه سواری برای استفاده در این روش آورده شده است.

جدول ۲۳-۵- ضرایب تبدیل وسایل نقلیه به معادل سواری در تقاطع های بدون چراغ [۳۲]

شیب درصد					نوع وسیله نقلیه
+۴	+۲	۰	-۲	-۴	
۰/۷	۰/۶	۰/۵	۰/۴	۰/۳	موتورسیکلت
۱/۴	۱/۲	۱/۰	۰/۹	۰/۸	سواری
۳/۰	۲/۰	۱/۵	۱/۲	۱/۰	کامیون
۶/۰	۳/۰	۲/۰	۱/۵	۱/۲	تریلی
۱/۷	۱/۴	۱/۱	۱/۰	۰/۹	کلیه ترکیب ها *

\* در صورتیکه ترکیب وسایط نقلیه مشخص نباشد، از مقادیر این ردیف بعنوان تقریب استفاده می شود.

### مرحله ۳ - تعیین فاصله عبور بحرانی

در روش HCM 85 میانگین فواصل عبور قابل قبول توسط رانندگان وسایل نقلیه مسیر فرعی در یک محل معین به عنوان فاصله عبور بحرانی تعریف می شود. در جدول ۲۴-۵ مقادیر فواصل عبور قابل قبول بحرانی، بر اساس نوع حرکت مورد نظر، سرعت در مسیر اصلی، تعداد خطوط عبوری که در مسیر اصلی باید قطع شوند و نوع کنترل اعمال شده ارائه شده است.

همانطور که در این جدول ملاحظه می شود، مقادیر فاصله عبور بحرانی با پیچیده شدن حرکت افزایش پیدا می کنند. بعنوان مثال فاصله بحرانی مورد نیاز برای حرکت گردش بچپ از خیابان فرعی، بیشتر از مقدار مورد نیاز برای حرکت مستقیم از خیابان فرعی خواهد بود. فاصله بحرانی مورد نیاز برای تابلو ایست از تابلو رعایت حق تقدم بزرگتر است. علاوه بر این، فاصله بحرانی مورد نیاز با افزایش سرعت و تعداد خطوط عبور در مسیر اصلی نیز افزایش پیدا می کند.

در جدول ۲۵-۵ مقادیر تصحیح مورد نیاز برای اعمال اثر شعاع قوس گوشه، زاویه تقاطع، جمعیت، وجود خط افزایش سرعت و محدودیت فاصله دید ارائه شده است.

جدول ۵-۲۴- مقادیر فاصله عبور بحرانی برای تقاطع های بدون چراغ [۳۲]

فاصله عبور بحرانی برای وسایل نقلیه سواری (ثانیه)				
میانگین سرعت حرکت در مسیر اصلی		حرکت مورد نظر و نوع کنترل حاکم بر تقاطع		
۹۰ کیلومتر بر ساعت	۵۰ کیلومتر بر ساعت			
تعداد خطوط عبور در مسیر اصلی				
۲	۴	۲	۴	
۵/۵	۵/۵	۶/۵	۶/۵	گرددش بر است از مسیر فرعی ایست
۵/۰	۵/۰	۵/۵	۵/۵	رعایت حق تقدم
۵/۰	۵/۵	۵/۵	۶/۰	گرددش بچپ از مسیر اصلی
				حرکت مستقیم از مسیر فرعی ایست
۶/۰	۶/۵	۷/۵	۸/۰	
۵/۵	۶/۰	۶/۵	۷/۰	رعایت حق تقدم
				حرکت گرددش بچپ از مسیر فرعی ایست
۶/۵	۷/۰	۸/۰	۸/۵	
۶/۰	۶/۵	۷/۰	۷/۵	رعایت حق تقدم

جدول ۵-۲۵- تصحیحات مورد نیاز برای فاصله عبور بحرانی (ثانیه) [۳۲]

تصحیح	شرایط
- ۰/۵	گرددش بر است از خیابان فرعی : شعاع قوس گوشه < ۱۵ متر یا زاویه تقاطع > ۶۰ درجه
- ۱/۰	گرددش بر است از خیابان فرعی : خط افزایش سرعت تأمین شده است.
- ۰/۵	کلید حرکتها : جمعیت بیش از ۲۵۰۰۰ نفر
+ ۱/۰ تا	فاصله دید محدود

## مرحله ۴ - تعیین ظرفیت بالقوه

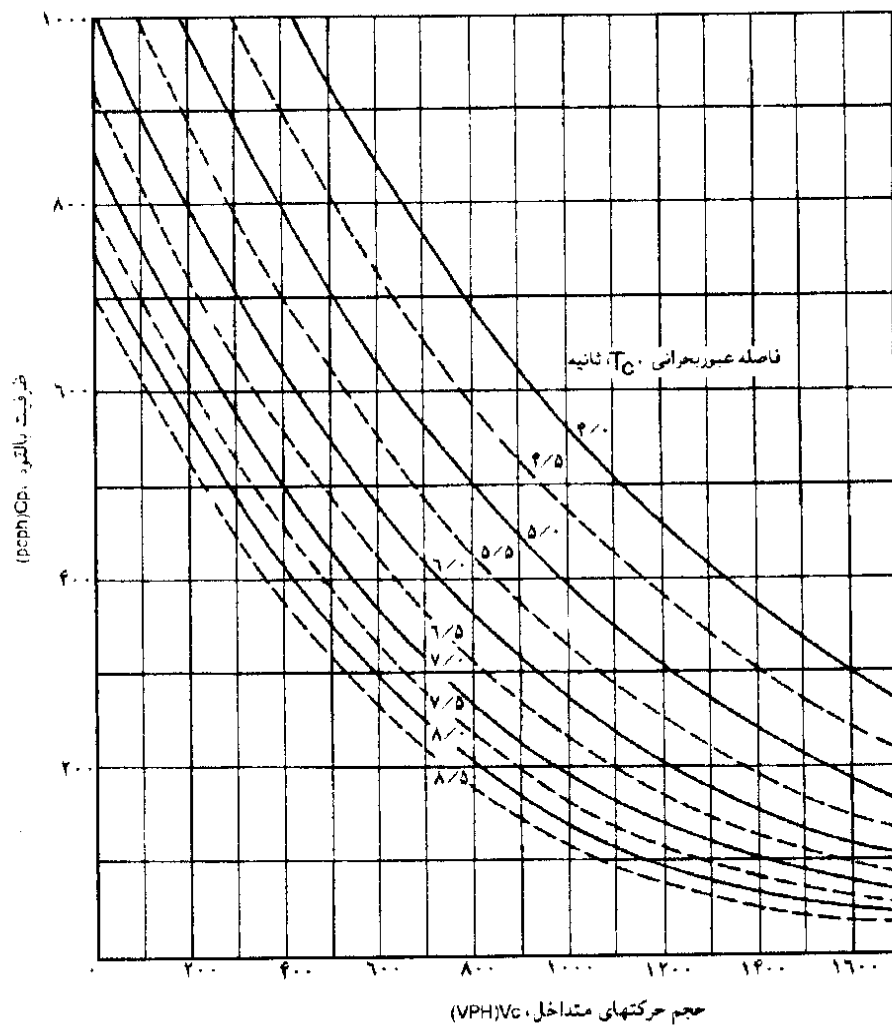
ظرفیت بالقوه عبارت است از ظرفیت ایده آل یک حرکت خاص، با توجه به شرایط زیر :

- جریان ترافیک در مسیر اصلی باعث بند آمدن جریان در مسیر فرعی نشود.
- صف ترافیک تقاطع های مجاور تا تقاطع مورد نظر نرسد.
- برای هر حرکت یک خط عبور جداگانه تأمین گردد.
- سایر حرکت ها مانع انجام حرکت مورد نظر نگردند.

ظرفیت بالقوه تابعی است از حجم متداخل ( $V_c$ ) و فاصله عبور بحرانی ( $T_c$ ). این رابطه در شکل ۱۴-۵ نشان داده شده است. در شکل مورد نظر با توجه به مقادیر  $V_c$  در محور افقی و مقادیر  $T_c$  در منحنی های نشان داده شده، ظرفیت بالقوه حرکت مورد نظر بر حسب وسیله نقلیه معادل سواری در ساعت (pcph) بدست می آید.

مرحله ۵ - تعیین ظرفیت حرکتی - اثرات بازدارندگی

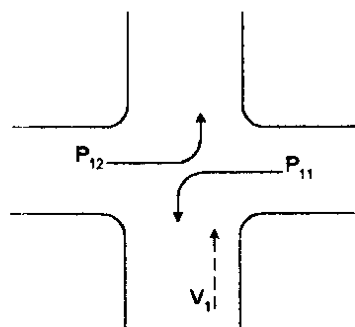
ظرفیت حرکتی  $C_m$ ، عبارت است از ظرفیت یک حرکت خاص، در صورتیکه یک خط عبور جداگانه برای آن حرکت در نظر گرفته شده باشد. یعنی ظرفیت حرکتی، همان ظرفیت بالقوه حرکت است، در صورتیکه اثرات بازدارندگی حق تقدم حرکت ها نیز در آن منظور شده باشد.



شکل ۱۴-۵ - منحنی های تعیین ظرفیت بالقوه [۲۴]

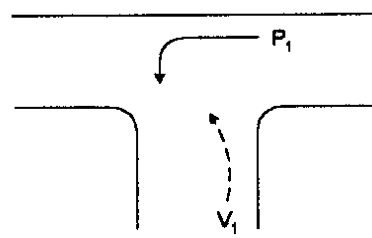
در شکل ۵-۱۵ اثرات بازدارندگی حرکت های با تقدم بالاتر (پیکان توپیر) برای حرکت های دارای تقدم پایین تر (پیکان خط چین) در تقاطع های بدون چراغ نشان داده شده است. بعنوان مثال در سه راهی شکل ۵-۱۵-الف حرکت گردش به چپ خیابان فرعی باید حق تقدم را به حرکت گردش به چپ خیابان اصلی بدهد. یعنی اولین فاصله عبور قابل قبول، توسط وسیله نقلیه خیابان اصلی که حق تقدم بالاتری دارد، استفاده خواهد شد و وسیله نقلیه خیابان فرعی باید برای فاصله عبور قابل قبول بعدی صبر کند. ملاحظه می شود که در شکل ۵-۱۵-ب حرکت ۲ و در شکل ۵-۱۵-ج حرکت ۴ نسبت به حرکت مورد نظر حق تقدم دارند.

ظرفیت حرکت مورد نظر از حاصلضرب ضرایب بازدارندگی حرکت های دارای حق تقدم بالاتر در ظرفیت بالقوه آن حرکت بدست می آید. بنابراین در شکل ۵-۱۵-الف دو ضریب بازدارندگی و در شکل ۵-۱۵-ج چهار ضریب بازدارندگی اعمال خواهد شد.



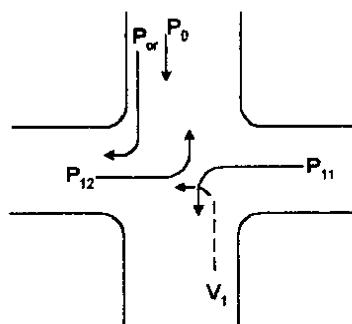
$$C_{mi} = C_{pi} \times P_{11} \times P_{12}$$

ب - حرکت مستقیم از خیابان فرعی در یک چهار راه



$$C_{mi} = C_{pi} \times P_1$$

الف - حرکت گردش به چپ از خیابان فرعی در یک سه راه



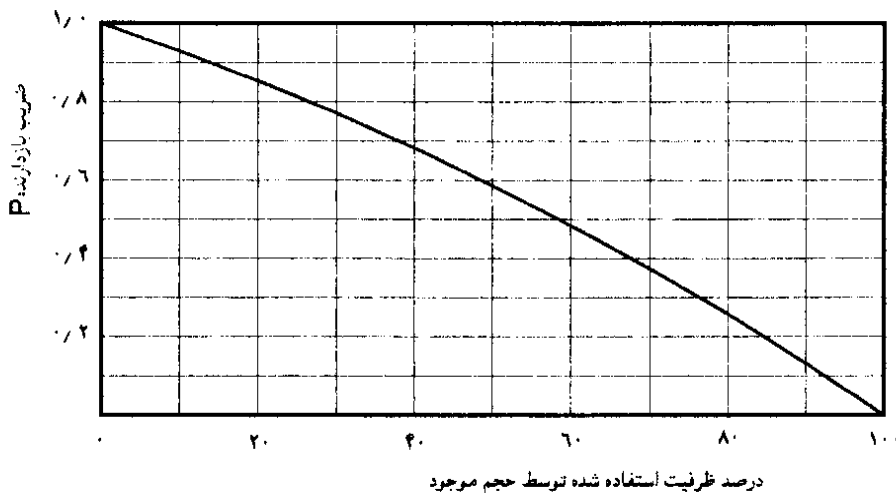
$$C_{mi} = C_{pi} \times P_1 \times P_{12} \times P_0 \times P_{0r}$$

ج - حرکت گردش به چپ از خیابان فرعی در یک چهار راه

شکل ۵-۱۵- نحوه انجام محاسبات حرکت های بازدارنده [۳۲]

ضرایب بازدارندگی برای هر حرکت بازدارنده از منحنی شکل ۵-۱۶ و براساس درصد ظرفیت استفاده شده توسط آن حرکت بدست می آید. درصد ظرفیت استفاده شده از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$\text{درصد ظرفیت استفاده شده} = 100 \times \frac{V(\text{pcph})}{C_p(\text{pcph})} \quad (5-55)$$



شکل ۵-۱۶- نمودار ضریب بازدارندگی [۲۴]

مرحله ۶ - ظرفیت خط مشترک

تا این مرحله، در محاسبه ظرفیت هر حرکت، فرض براین بود که برای حرکت مزبور خط عبور جداگانه در نظر گرفته شده است. آخرین مرحله در تحلیل ظرفیت تقاطع های بدون چراغ، محاسبه ظرفیت مشترک خط یا خطوط عبوری است که بطور مشترک توسط یک یا چند حرکت از حرکت های خیابان فرعی مورد استفاده قرار می گیرند. در حالت کلی، ظرفیت مشترک یک خط عبور خیابان فرعی که بطور مشترک توسط سه حرکت مستقیم، گردش برآست و چپ مورد استفاده قرار می گیرد از رابطه زیر بدست می آید :

$$C_{sh} = \frac{V_{lt} + V_{th} + V_{rt}}{\left(\frac{V_{lt}}{C_{mht}}\right) + \left(\frac{V_{th}}{C_{mth}}\right) + \left(\frac{V_{rt}}{C_{mrt}}\right)} \quad (5-56)$$

در صورتیکه دو حرکت از یک خط مشترک استفاده نمایند، فقط آن جمله هایی که به حرکت های مزبور ارتباط دارند وارد محاسبه خواهند شد.



مرحله ۷ - ظرفیت ذخیره و سطح خدمت

در دستورالعمل HCM 85 سطح خدمت تقاطع های بدون چراغ براساس ظرفیت ذخیره،  $C_r$  (که همان تفاضل ظرفیت و تقاضا است) تعیین می شود. بنابراین برای هر خط عبور خواهیم داشت :

$$C_r = C_{sh} - V \quad (5-57)$$

در جدول ۵-۲۶ سطح خدمت مربوط به هر حرکت براساس ظرفیت ذخیره ارائه شده است.

جدول ۵-۲۶ - سطح خدمت تقاطع های بدون چراغ [۲۴]

ظرفیت ذخیره (pcph)	سطح خدمت	تأخیر وارد بر جریان ترافیک خیابان فرعی
$\geq 400$	الف	تأخیر ناچیز یا بدون تأخیر
۳۰۰-۳۹۹	ب	تأخیر کم
۲۰۰-۲۹۹	ج	تأخیر متوسط
۱۰۰-۱۹۹	د	تأخیر طولانی
۰-۹۹	هـ	تأخیر خیلی طولانی
*	و	*

\* در صورتیکه حجم تقاضا از ظرفیت خط تجاوز کند، تأخیر بیش از حد همراه با صف ایجاد می شود که ممکن است ازدحام شدید ناشی از آن سایر حرکات ترافیکی تقاطع را تحت تأثیر قرار دهد. این شرایط معمولاً نیاز به اصلاح تقاطع را نشان می دهد.

روش HCM 85 مقدار ظرفیت را کمتر از مقدار واقعی آن تخمین می زند، زیرا [۳۲] :

- این روش فرض می کند که فاصله عبور بحرانی در طی زمان، ثابت باقی می ماند. درحالیکه مطالعات میدانی نشان دهنده این امر هستند که فاصله عبور بحرانی با افزایش زمان معطلی رانندگان کاهش می یابد.

- در این روش، فرض بر آن است که جریان ترافیک خیابان اصلی هیچوقت تحت تأثیر جریان ترافیک خیابان فرعی قرار نمی گیرد. درحالیکه در خیلی از موارد، رانندگان خیابان فرعی از فواصل عبور کوتاهتری استفاده کرده و منجر به کاهش سرعت وسایل نقلیه خیابان اصلی می شوند.

- این روش فرض می کند که حرکت وسایل نقلیه خیابان اصلی و توزیع فواصل عبور در آن اتسافی است. درحالیکه در خیلی از موارد، مخصوصاً در تقاطع هایی که بعنوان بخشی از یک شبکه هماهنگ چراغهای راهنمایی عمل می کنند، توزیع فواصل عبور تصادفی نبوده و بصورت گروهی است.

از جمله مشکلات دیگر این روش آن است که معیار سطح خدمت در آن برپایه ظرفیت ذخیره گذاشته شده است و چون تاکنون هیچگونه ارتباط کمی بین تأخیر و ظرفیت ذخیره پیدا نشده است، لذا با سطح خدمت های ارائه شده، طراح اطلاع خاصی از وضعیت عملکرد تقاطع پیدا نمی کند.

از طرف دیگر به علت متفاوت بودن معیار تعیین نحوه عملکرد تقاطع های چراغ دار و بدون چراغ (تأخیر برای تقاطع های چراغ دار و ظرفیت ذخیره برای تقاطع های بدون چراغ) نمی توان عملکرد آنها را با یکدیگر مقایسه کرد. این وضعیت سبب شده است که مهندسين ترافیک برای بهبود عملکرد یک تقاطع بدون چراغ که عملکرد مناسبی ندارد، آن را به چراغ مجهز کنند. بنابراین تحلیل ظرفیت تقاطع های بدون چراغ بعنوان یک ضابطه غیررسمی برای چراغ دار کردن آنها بکار می رود. در دستورالعمل HCM 94 ملاک تعیین سطح خدمت تقاطع های بدون چراغ بر تأخیر استوار گشته است.

#### ۵-۴-۳- دستورالعمل استرالیا [۶۵]

#### ۵-۴-۳-۱- تقاطع های بدون چراغ در خیابان های فرعی

ظرفیت تقاطع های بدون چراغ خیابان های فرعی با حجم تردد پایین، معمولاً معادل ظرفیت در حالت جریان پیوسته است. در جدول ۵-۲۷ ترکیب حداکثر حجم های ترافیک برای تأمین شرایط جریان پیوسته ارائه شده است. چنانچه حجم ترافیک در یک تقاطع بدون چراغ کمتر از مقادیر مندرج در این جدول باشد، نیازی به تعریض تقاطع و یا تحلیل ظرفیت آن وجود نخواهد داشت.

جدول ۵-۲۷- ظرفیت تقاطع در شرایط جریان پیوسته [۶۵]

نوع خیابان	حداکثر حجم ساعتی طرح برحسب وسیله نقلیه در ساعت (مجموع دو طرف)		
خیابان اصلی دوخطه دوطرفه	۴۰۰	۵۰۰	۶۵۰
خیابان فرعی	۲۵۰	۲۰۰	۱۰۰
خیابان اصلی چهارخطه دوطرفه	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰
خیابان فرعی	۱۰۰	۵۰	۲۵

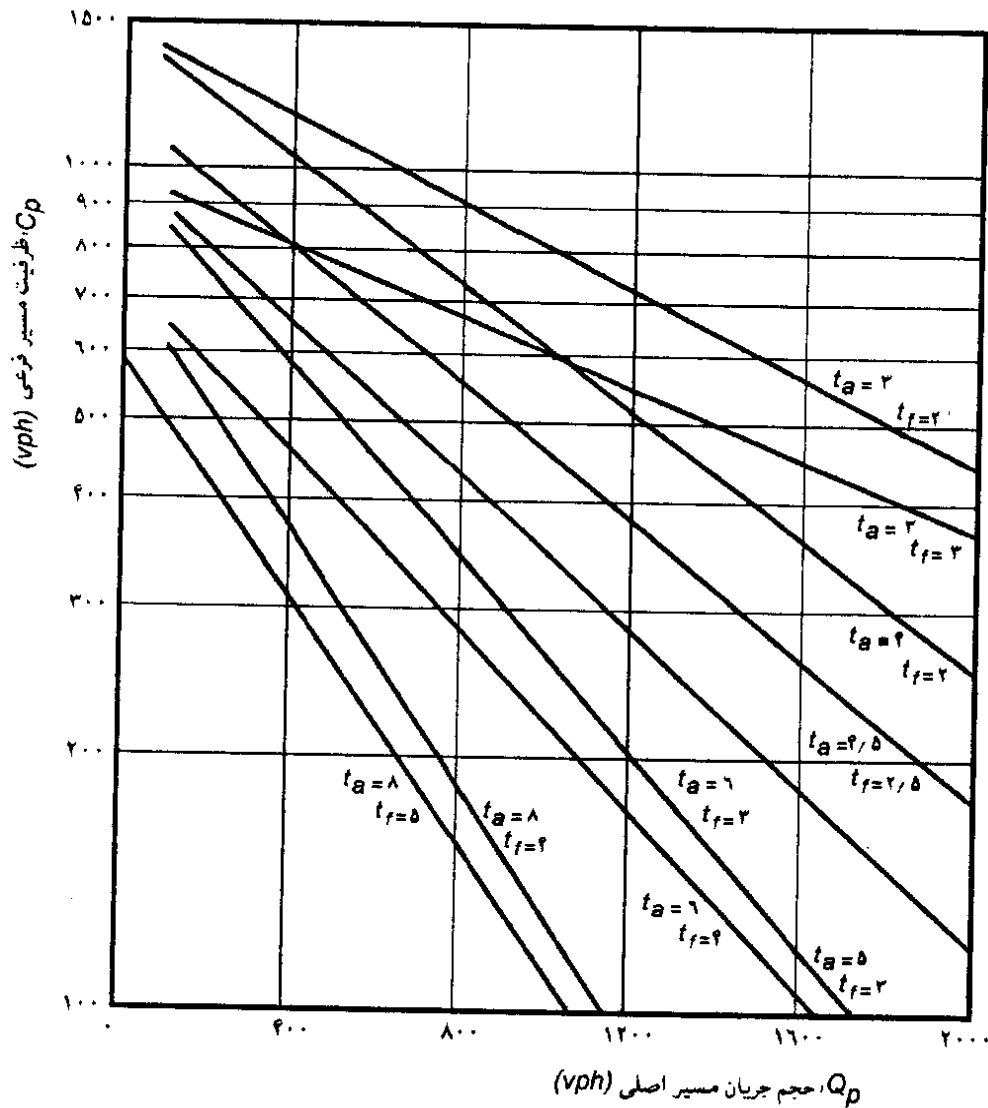
#### ۵-۴-۳-۲- تقاطع های بدون چراغ در خیابان های اصلی

چنانچه حجم ترافیک یک تقاطع بیشتر از مقادیر مندرج در جدول ۵-۲۷ بوده و یا مسیریابی ترافیک مورد نظر باشد، باید ظرفیت تقاطع بدون چراغ مورد تجزیه و تحلیل قرارگیرد.

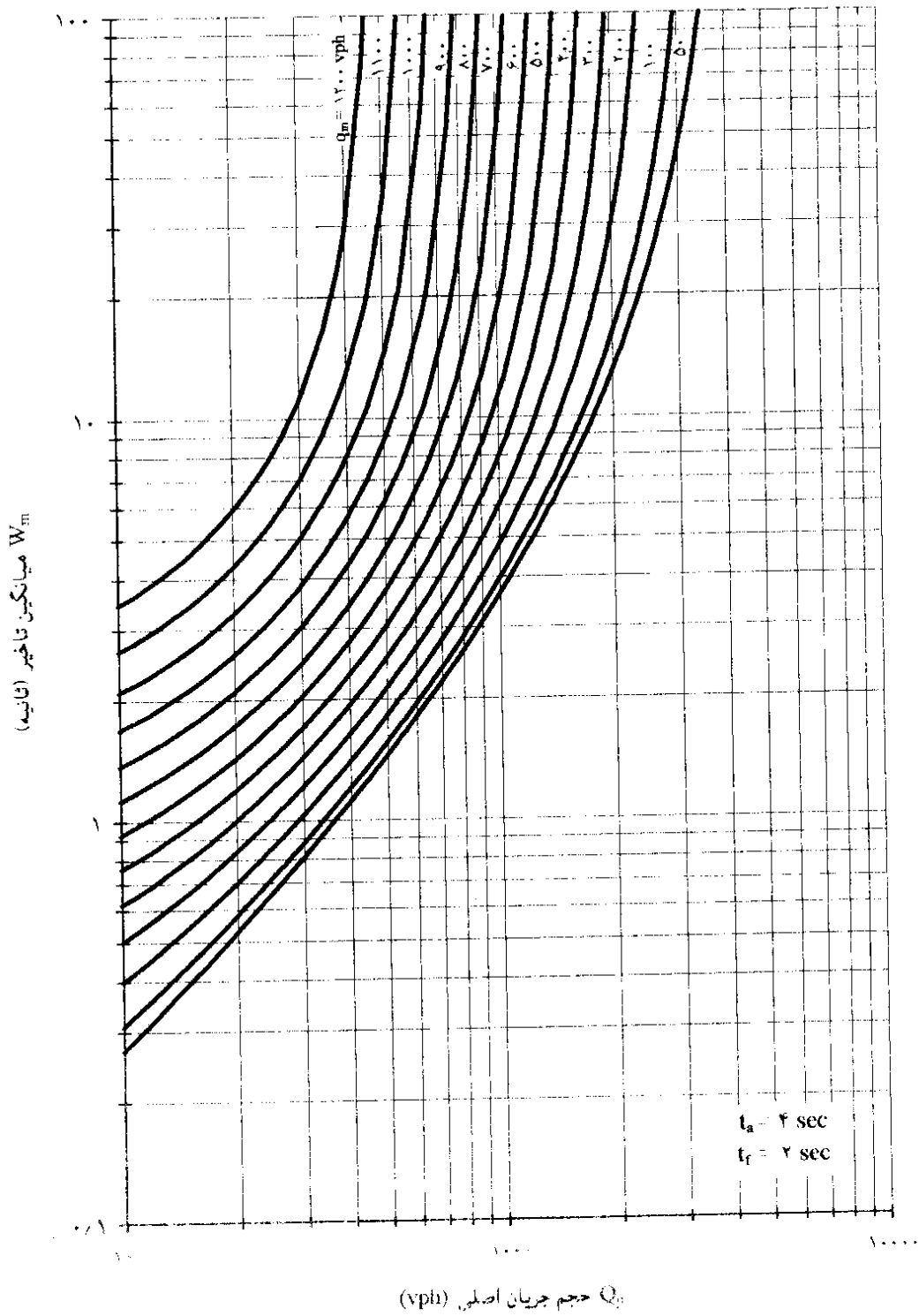
ضوابط انتخاب فاصله عبور قابل قبول و تأخیر باید برای ترکیبات مختلف حجم عبور در نظر گرفته شود. در هر تقاطع حرکت های مختلفی وجود دارد که باید در تحلیل ظرفیت و تأخیر مورد توجه قرار گیرند. در هر صورت، جریان ترافیک اصلی عبارت از جریان دارای حق تقدم عبور است و مسیر فرعی جریانی است که باید حق تقدم را رعایت نماید.

چنانچه توزیع ورود جریانهای ترافیک در یک تقاطع اتفاقی باشد می توان با استفاده از شکل های ۵-۱۷ الی ۵-۱۹ ظرفیت جریان فرعی همراه با تأخیر مربوطه و فضای انباره مورد نیاز را بدست آورد. چنانچه توزیع ورود اتفاقی نباشد کاربرد این روش، ظرفیت را دست پایین و تأخیر را بالا برآورد می کند.

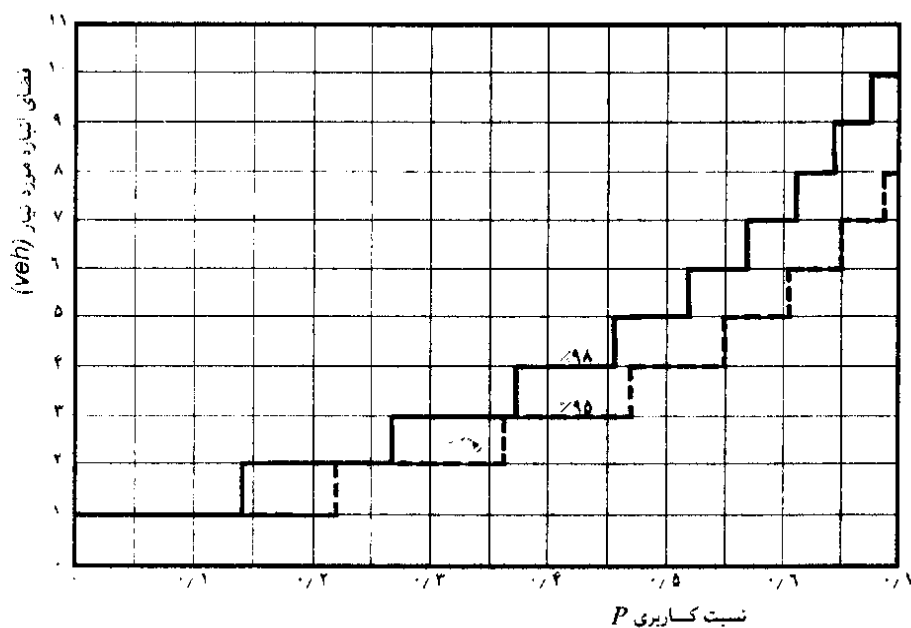
انتخاب مقادیر مناسب برای فاصله عبور بحرانی  $t_a$  و سرفاصله دنباله روی  $t_f$  از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مقادیر مناسب در جدول ۵-۲۸ ارائه شده اند.



شکل ۵-۱۷ - ظرفیت عملی مسیر فرعی در تقاطع های بدون چراغ



شکل ۳-۱۸-۱. رابطه میان تاخیر و حجم جریان اصلی در تقاطع‌های دارای ورودی جریان آزاد



شکل ۵-۱۹- فضای انباره لازم در تقاطع های بدون چراغ [۶۵]

جدول ۵-۲۸- فاصله عبور بحرانی و سرفاصله دنباله روی در تقاطع های بدون چراغ (ثانیه) [۶۵]

سرفاصله دنباله روی $l_2$	فاصله عبور بحرانی $l_8$	نوع حرکت
		<b>تلاقی</b>
		با جریان دوطرفه
۳	۵	دوخطه
۵	۸	چهارخطه
		با جریان یکطرفه
۲	۴	دوخطه
۳	۶	سه خطه
۴	۸	چهارخطه
		<b>همگرایی</b>
		گردش به چپ
		از میان جریان یک خطه
۲	۴	با شرایط گردش مناسب
۳	۵	با شرایط نامناسب
		از میان جریان دو خطه
۲	۵	
۴	۶	از میان جریان سه خطه

تذکر : مقادیر  $l_2$  و  $l_8$  در شرایط دید و شیب مناسب قابل قبول هستند و در شرایط غیرعادی باید با احتیاط بکار برده شوند.

- روش محاسبه

از روش زیر می توان برای تجزیه و تحلیل ظرفیت، تأخیر و طول انباره تقاطع های بدون چراغ استفاده نمود :

الف- محاسبه ظرفیت عملی مسیرفرعی،  $C_p$

- برآورد حجم جریان اصلی  $Q_p$
- انتخاب فاصله عبور بحرانی  $t_e$  و سرفاصله دنباله روی  $t_r$  مناسب (جدول ۵-۲۸)
- تعیین ظرفیت عملی مسیرفرعی (شکل ۵-۱۷)

ب - محاسبه میانگین تأخیر  $W_m$

- تعیین  $C_p$  مطابق بند الف (شکل ۵-۱۷)
- تعیین تعداد خطوط مورد نیاز در مسیر فرعی،  $n$ . (معمولاً  $n$  برابر رقم گرد شده  $Q_m/C_p$  با تقریب اضافی است که در آن  $Q_m$  کل جریان مسیر فرعی است).
- تعیین جریان فرعی در هر خط عبور ( $q_m = Q_m/n$ )
- تعیین میانگین تأخیر  $W_m$  (از شکل ۵-۱۸)

ج - محاسبه طول انباره لازم

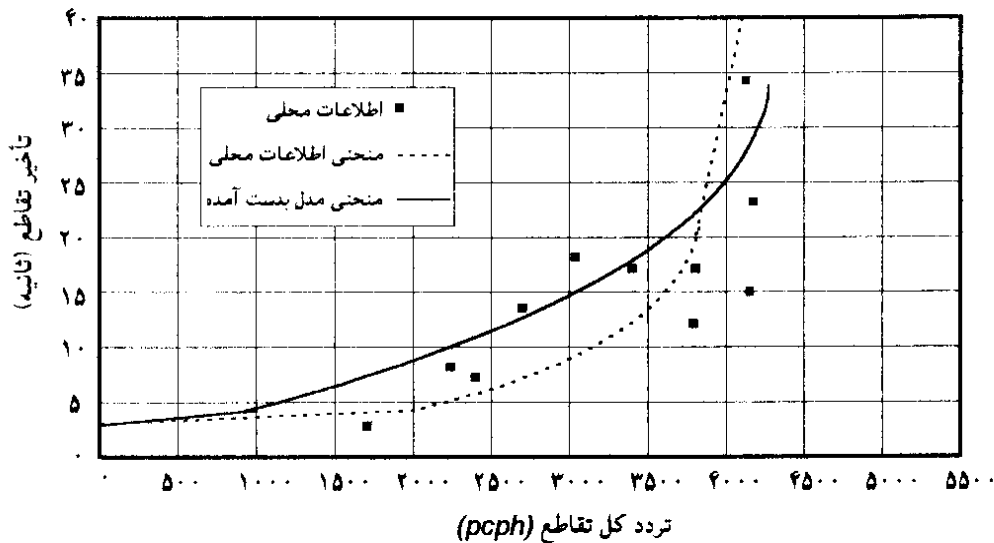
- تعیین  $Q_m$  مطابق بند ب
- تعیین نرخ تردد اشباع فرعی  $Q_s$ ، یعنی حداکثر تعداد وسایل نقلیه جذب شده، با در نظر گرفتن شرایط موجود (معمولاً  $C_p = 1/25$ )
- محاسبه نسبت کاربری  $\rho$  یعنی نسبت نرخ ورود به نرخ خروج ( $\rho = Q_m/Q_s$ )
- تعیین احتمال عدم افزایش طول صف از مقدار محاسبه شده (معمولاً ۹۵٪)
- تعیین تعداد فضای انباره مورد نیاز با استفاده از شکل ۵-۱۹
- پیش بینی ۸ متر طول برای هر فضای انباره مورد نیاز

۵-۴-۴- دستورالعمل اندونزی [۹۲]

پروژه تدوین ظرفیت راههای اندونزی از سال ۱۹۹۰ آغاز شد و در سال ۱۹۹۳ پیش نویس آن براساس مطالعه ۳۲ تقاطع بدون چراغ در ۱۳ شهر منتشر گردید. در کلیه این تقاطع ها هیچگونه تسابلی ایست یا رعایت حق تقدم وجود نداشته و صرفاً بوسیله قانون حق تقدم از راست کنترل می شدند. فاصله عبور بحرانی وسایل نقلیه

فرعی ۲/۱ ثانیه بدست آمد که حدود نصف مقادیر متناظر درکشورهای پیشرفته مانند سوئد (۲/۴ ثانیه)، آلمان (۲/۵ ثانیه) و امریکا (۰/۵ ثانیه) بود.

به واسطه عدم رعایت حق تقدم و صف در تقاطع، ظرفیت به عنوان حالتی که میانگین تأخیر وسایل نقلیه به بالاتر از ۱۵ ثانیه برسد تعریف گردید. این تعریف، متناظر با نقطه شکست نمودار تأخیر - کل حجم عبور، مطابق شکل ۵-۲۰ بوده است.



شکل ۵-۲۰- نمودار تأخیر- تردد مشاهده شده در یک تقاطع بدون چراغ [۹۲]

در این دستورالعمل، ضریب همسنگ سواری برای وسایل نقلیه سنگین ۳/۱، برای موتور سیکلت ۵/۰ و برای وسایل نقلیه غیرموتوری را در نظر گرفته شده و نهایتاً مدل زیر برای ظرفیت تقاطع های بدون چراغ (C) برحسب وسیله نقلیه سواری در ساعت ارائه شده است :

$$C = C_0 \times f_{EW} \times f_M \times f_{CS} \times f_{RF} \times f_{LT} \times f_{RT} \times f_{SP} \quad (5-58)$$

که در آن :

$C_0$  ظرفیت پایه کل تقاطع ( وسیله نقلیه سواری در ساعت ) (جدول ۵-۲۹)،

$f_{EW}$  ضریب تأثیر عرض ورودی (شکل ۵-۲۱)،

$f_M$  ضریب تأثیر حفاظ میانی (جدول ۵-۳۰)،

$f_{CS}$  ضریب تأثیر اندازه شهر (جدول ۵-۳۱)،

$f_{RF}$  ضریب تأثیر اصطکاک جانبی (جدول ۵-۳۲)،

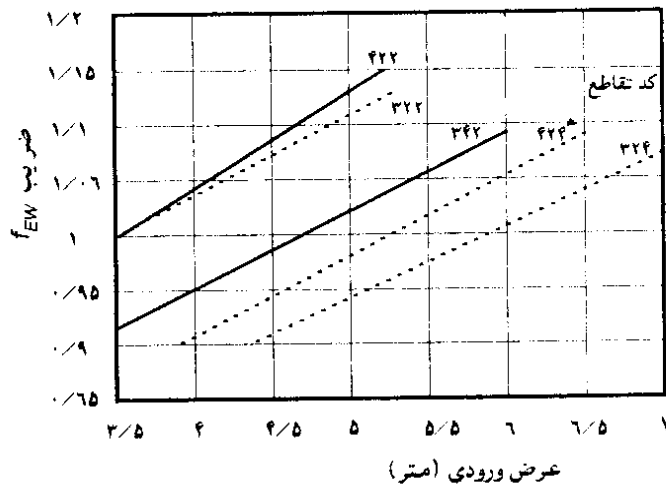
$f_{LT}$  ضریب تأثیر گردش به چپ،

جدول ۵-۲۹ - ظرفیت پایه تقاطع های بدون چراغ [۹۲]

ظرفیت پایه paph	میانگین عرض ورودی (متر)	کد تقاطع *
۲۹۰۰	۳/۵	۳۲۲
۲۹۰۰	۴/۷	۳۴۲
۳۶۰۰	۶/۶	۳۲۴
۲۹۰۰	۳/۵	۴۲۲
۳۶۰۰	۵/۲۵	۴۲۴

\* کد سه رقمی abc تقاطع، که در آن :

- a تعداد بازوها،
- b میانگین تعداد خطوط در ورودی های فرعی و
- c میانگین تعداد خطوط در ورودی های اصلی است.



شکل ۵-۲۱ - ضریب تأثیر عرض ورودی [۹۲]

جدول ۵-۳۰ - ضریب تأثیر حفاظ میانی [۹۲]

$f_m$	حفاظ میانی
۱/۰	ندارد
۱/۰	باریک
۱/۲	عریض



جدول ۵-۳۱- ضریب تأثیر اندازه شهر [۹۲]

$f_{cs}$	جمعیت شهر (میلیون نفر)
۰/۸۳	< ۰/۳
۰/۹۴	۰/۳-۰/۹۹
۱/۰۰	۱-۳
۱/۰۵	> ۳

جدول ۵-۳۲- ضریب تأثیر اصطکاک جانبی

ضریب اصطکاک جانبی $f_{RF}$		شرایط کاربری ها
زیاد	کم	
۰/۹۴	۱/۰	تجاری
۱/۰	۱/۰	مسکونی
۱/۰	۱/۰	با کنترل دسترسی

که برای چهار راه برابر  $f_{LT} = ۱/۰$  است و برای سه راه از رابطه زیر بدست می آید :

$$f_{LT} = ۱/۰۹ - ۰/۰۰۹۲۲ \times (\text{درصد گردش به چپ کل}) \quad (۵۹-۵)$$

$f_{RT}$  ضریب تأثیر گردش به راست از رابطه زیر بدست می آید :

$$f_{RT} = ۰/۸۴ + ۰/۰۱۶۱ \times (\text{درصد گردش به راست کل}) \quad (۶۰-۵)$$

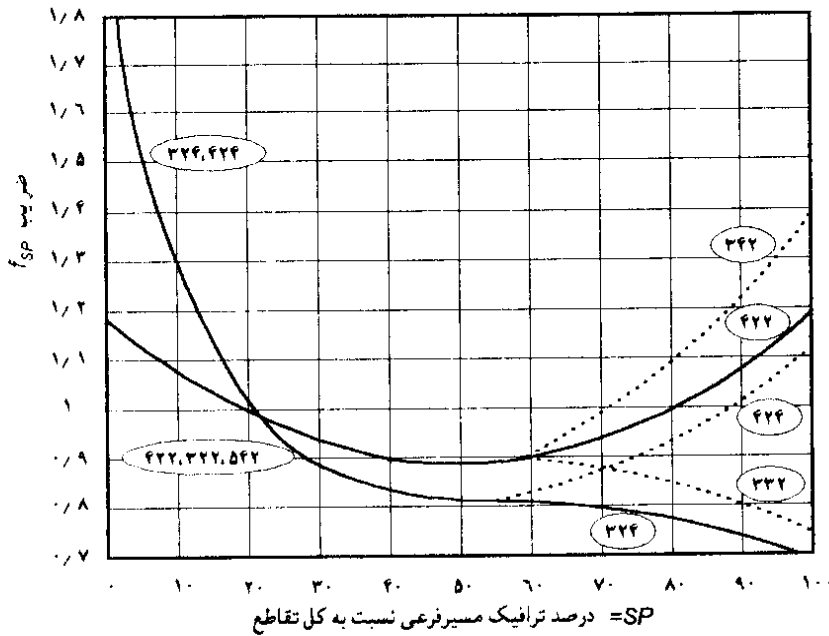
و  $f_{SP}$  ضریب تأثیر درصد ترافیک مسیر فرعی نسبت به کل ترافیک تقاطع، مطابق شکل ۲۲-۵ است.

در این دستورالعمل، میانگین تأخیر وسایل نقلیه در تقاطع های بدون چراغ، مطابق شکل ۲۳-۵ و برحسب نسبت حجم ورودی Q به ظرفیت C برآورد می شود.

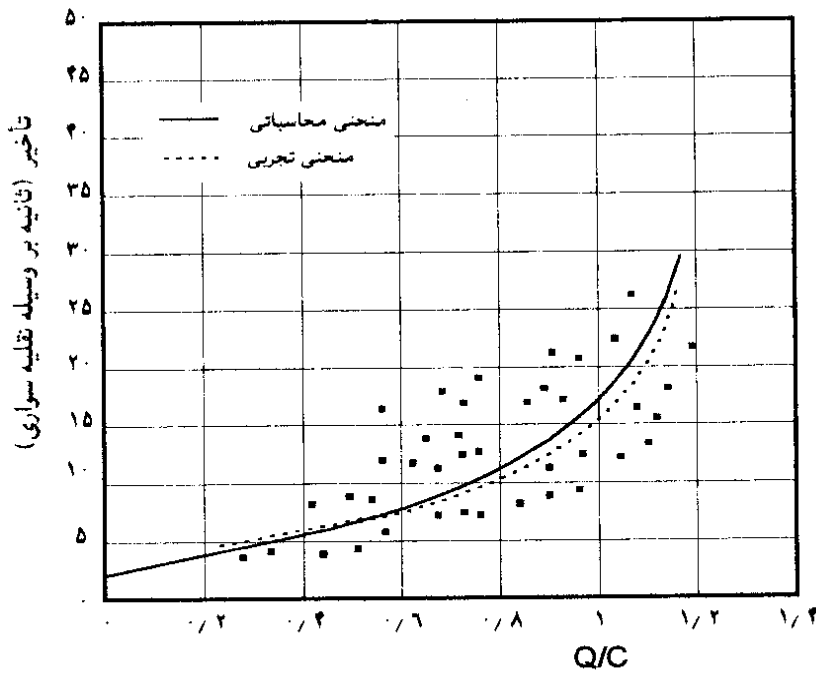
#### ۵-۴-۵- ظرفیت تقاطع های بدون چراغ در شرایط ایران

در بخش های قبل روند کلی ارزیابی ظرفیت تقاطع های بدون چراغ و ضوابط حاکم بر آن مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است، توضیحات ارائه شده صرفاً جهت آشنایی با موضوع مورد بحث بوده و ارقام و نمودارهای ارائه شده مستقیماً قابل استفاده برای تحلیل ظرفیت تقاطع های بدون چراغ کشور نمی باشد. به خاطر تفاوت های

زیادی که در نحوه عملکرد اینگونه تقاطع ها در کشور موجود می باشد، انجام تحقیقاتی جهت تدوین ضوابط حاکم بر آن ضروری بنظر می رسد.



شکل ۵-۲۲- ضریب تفکیک ترافیک [۹۲]



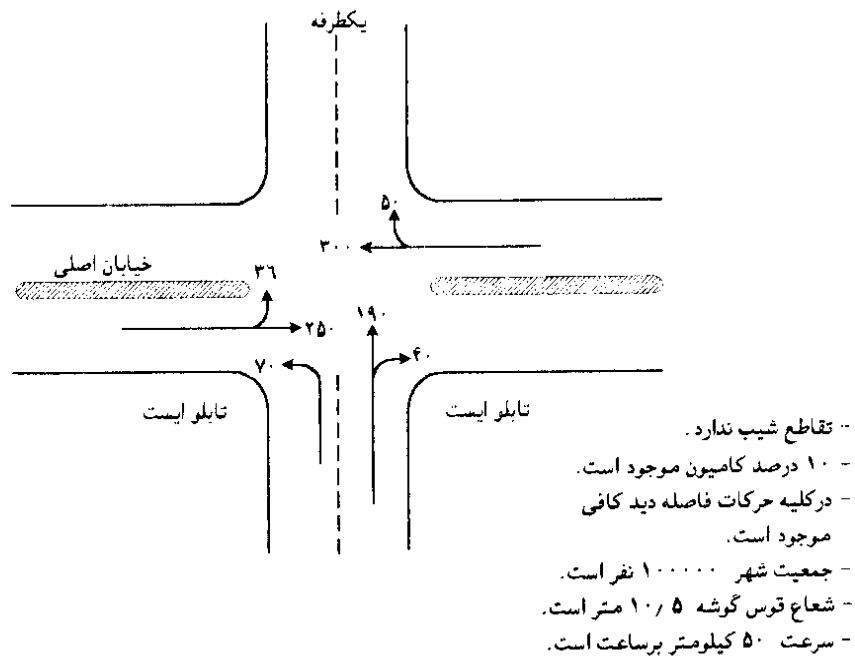
شکل ۵-۲۳- نمودار تأخیر تقاطع بدون چراغ [۹۲]

۵-۴-۶- حل چند مثال نمونه

در این بخش برای آشنایی بیشتر با چگونگی کاربرد دستورات عمل های مختلف در تحلیل تقاطع های بدون چراغ، چند مثال نمونه ارائه می گردد.

مثال ۱- تحلیل تقاطع بدون چراغ مطابق دستورالعمل HCM 85 [۳۲]

مطلوب است تحلیل تقاطع بدون چراغ نشان داده شده در شکل زیر :



شکل ۵-۲۴- مثال نمونه برای تقاطع های بدون چراغ

مرحله ۱- تهیه و تدوین اطلاعات مورد نیاز

آمار و اطلاعات مورد نیاز در شکل ۵-۲۴ مندرج است.

مرحله ۲- تعیین حرکت های متداخل و محاسبه حجم آنها

حجم حرکت های متداخل بشرح زیر خواهد بود : (چون خیابان فرعی در این مثال یک طرفه است، محاسبات فقط برای ورودی جنوبی انجام شده است و حجم بعضی از حرکت ها نیز در محاسبه صفر منظور شده اند)

برای حرکت گردش به راست از خیابان فرعی :

$$V_c = \frac{1}{2} \times 0 + 250 = 250 \text{ vph}$$

برای حرکت گردش به چپ از خیابان اصلی :

$$V_c = 0 + 250 = 250 \text{ vph}$$

برای حرکت مستقیم خیابان فرعی :

$$V_c = \frac{1}{2} \times 0 + 250 + 25 + 300 + 50 = 625 \text{ vph}$$

برای حرکت گردش به چپ از خیابان فرعی :

$$V_c = \frac{1}{2} \times 0 + 250 + 25 + 300 + 50 + 0 = 625 \text{ vph}$$

در ادامه محاسبات، لازم است حجم های بدست آمده به معادل وسیله نقلیه سواری تبدیل شوند. در این تقاطع هیچگونه شیبی وجود ندارد و ۱۰ درصد وسایل نقلیه نیز کامیون هستند (همسنگ سواری برابر ۵/۱). بنابراین مقادیر اصلاح شده حجم ها باتوجه به جدول ۵-۲۳ به شرح زیر خواهند بود :

برای حرکت گردش به راست از خیابان فرعی :

$$40 \times 0,1 \times 1,5 + 40 \times 0,9 = 42 \text{ pcph}$$

برای حرکت گردش به چپ از خیابان اصلی :

$$35 \times 0,1 \times 1,5 + 35 \times 0,9 = 37 \text{ pcph}$$

برای حرکت مستقیم خیابان فرعی :

$$190 \times 0,1 \times 1,5 + 190 \times 0,9 = 200 \text{ pcph}$$

برای حرکت گردش به چپ از خیابان فرعی :

$$70 \times 0,1 \times 1,5 + 70 \times 0,9 = 74 \text{ pcph}$$

### مرحله ۳- تعیین فواصل عبور بحرانی

مقادیر فواصل عبور بحرانی باتوجه به جدول ۵-۲۴ بشرح زیر خواهند بود :

برای حرکت گردش به راست از خیابان فرعی : ۵/۵ ثانیه

برای حرکت گردش به چپ از خیابان اصلی : ۵/۰ ثانیه

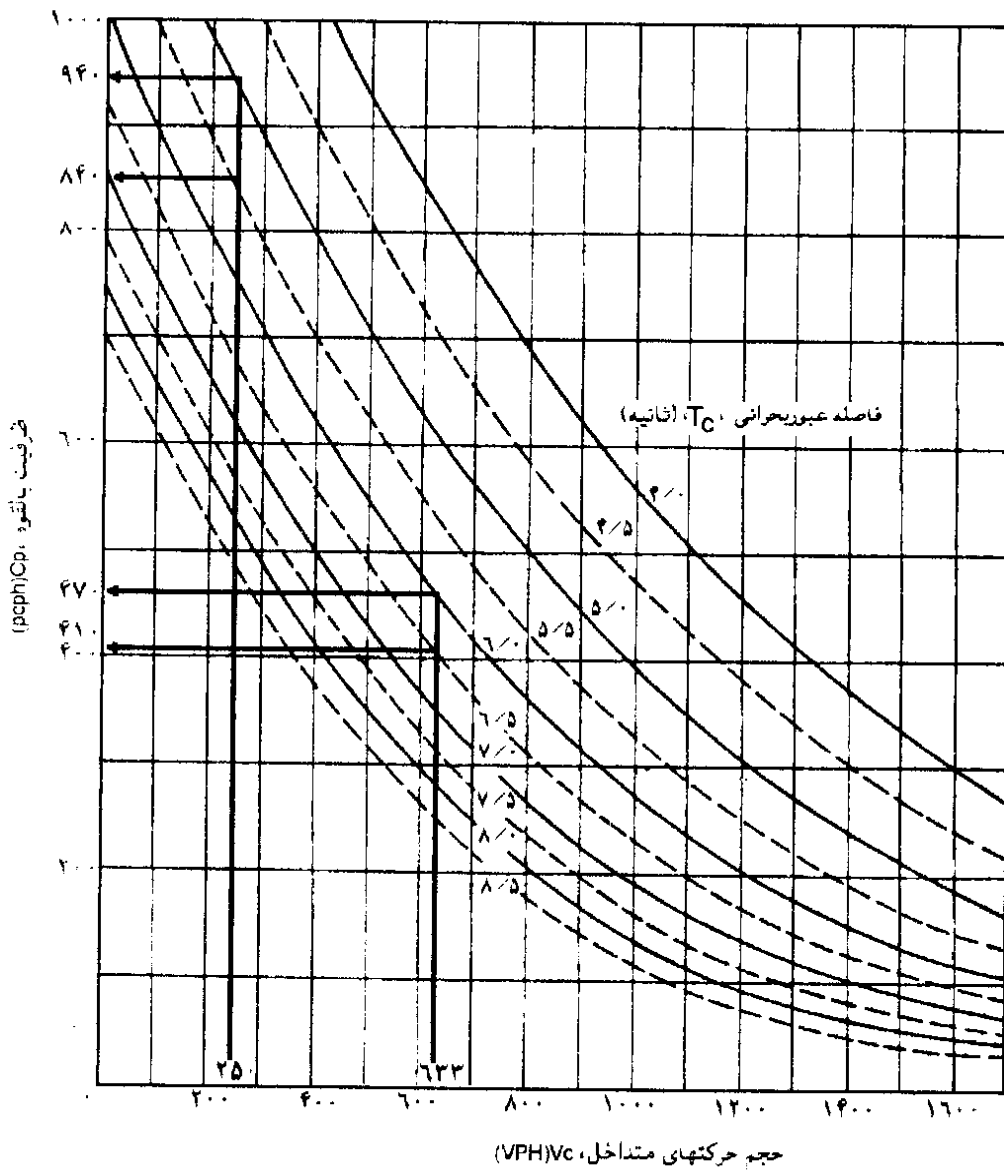
برای حرکت مستقیم از خیابان فرعی : ۶/۰ ثانیه

برای حرکت گردش به چپ از خیابان فرعی : ۱/۵ ثانیه

مرحله ۴- تعیین ظرفیت بالقوه

باتوجه به شکل ۵-۲۵ ظرفیت های بالقوه بشرح زیر بدست می آید :

- |                  |                                    |
|------------------|------------------------------------|
| $C_p = 940$ pcph | حرکت گردش به راست از خیابان فرعی : |
| $C_p = 840$ pcph | حرکت گردش به چپ از خیابان اصلی :   |
| $C_p = 470$ pcph | حرکت مستقیم از خیابان فرعی :       |
| $C_p = 410$ pcph | حرکت گردش به چپ از خیابان فرعی :   |



شکل ۵-۲۵- تعیین ظرفیت بالقوه برای تقاطع بدون چراغ مثال نمونه

مرحله ۵- تعیین ظرفیت حرکتی - اثرات بازدارندگی

برای مثال نمونه ارائه شده، مقادیر ظرفیت هر حرکت بصورت زیر بدست می آید :

حرکت گردش بر راست از خیابان فرعی - در این حالت هیچ حرکتی مانع از انجام این حرکت نمی شود، لذا :

$$C_m = C_p = 940 \text{ pcph}$$

حرکت گردش بچپ از خیابان اصلی - در این حالت نیز هیچ حرکتی مانع از انجام این حرکت نمی شود، لذا :

$$C_m = C_p = 840 \text{ pcph}$$

حرکت مستقیم از خیابان فرعی - تنها حرکتی که در این حالت اثر بازدارنده دارد، حرکت گردش بچپ خیابان اصلی است. لذا خواهیم داشت :

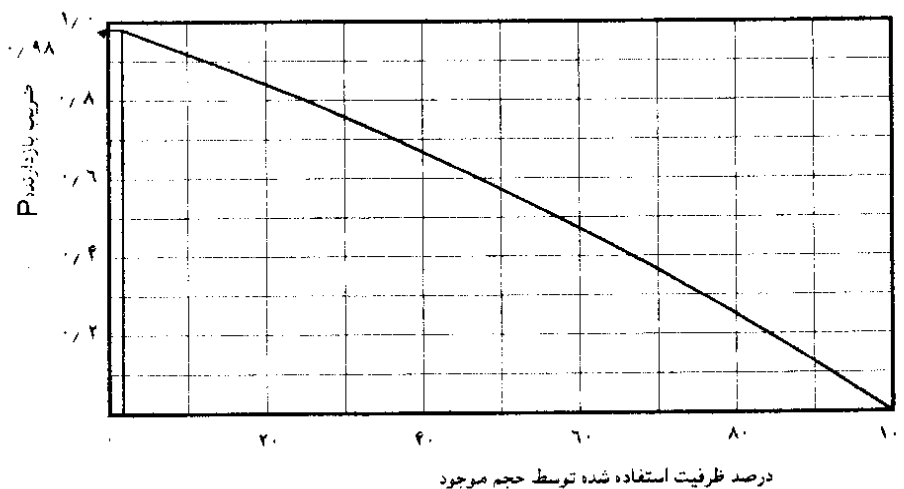
$$\text{درصد ظرفیت استفاده شده برای حرکت گردش بچپ خیابان اصلی} = 100 \times \frac{37 \text{ pcph}}{840 \text{ pcph}} = 4.4\%$$

$$P_{II} = 0.98 \quad (\text{شکل ۵-۲۶})$$

$$C_m = C_p \times P_{II} = 470 \times 0.98 = 461 \text{ pcph}$$

حرکت گردش بچپ از خیابان فرعی - تنها حرکتی که در این حالت اثر بازدارنده دارد، حرکت گردش بچپ از خیابان اصلی است. بنابراین مانند حالت فوق ضریب بازدارنده برابر ۰/۹۸ است و بنابراین :

$$C_m = C_p \times P_{II} = 410 \times 0.98 = 402 \text{ pcph}$$



شکل ۵-۲۶- محاسبه ضریب بازدارندگی برای مثال نمونه

مرحله ۶- ظرفیت خط مشترک

در این تقاطع برای حرکت گردش بچپ خط عبور مجزا در نظر گرفته شده است. بنابراین، برای این حرکت، همانطور که قبلاً محاسبه شد، ظرفیت ۴۰۲ pcph و حجم ترافیک ۷۴ pcph خواهد بود. اما حرکت های گردش راست و مستقیم بطور مشترک از یک خط عبور استفاده می کنند، که ظرفیت آن عبارت خواهد بود از :

$$C_{sh} = \frac{200 + 42}{\left(\frac{200}{461}\right) + \left(\frac{42}{940}\right)} = 506 \text{ pcph}$$

میزان تقاضا در این خط، برابر مجموع حجم حرکت های مستقیم و گردش به راست، یا  $200 + 42 = 242$  pcph خواهد بود.

مرحله ۷- ظرفیت ذخیره و سطح خدمت

ظرفیت ذخیره و سطح خدمت حرکت های مختلف بصورت زیر محاسبه می شود :

خط عبور گردش بچپ خیابان فرعی :

$$C_r = 402 - 74 = 328 \text{ pcph}$$

خط مشترک گردش به راست و مستقیم خیابان فرعی :

$$C_r = 506 - 252 = 254 \text{ pcph}$$

حرکت گردش بچپ خیابان اصلی :

$$C_r = 840 - 37 = 803 \text{ pcph}$$

بنابراین باتوجه به جدول ۵-۲۶ سطح خدمت حرکت گردش خیابان فرعی، ب، حرکت های گردش به راست و مستقیم خیابان فرعی، ج و حرکت گردش به چپ خیابان اصلی، الف خواهد بود.

مثال ۲- تحلیل تقاطع بدون چراغ براساس دستورالعمل استرالیا

مطلوب است تحلیل تقاطع بدون چراغ نشان داده شده در شکل ۵-۲۷.

مرحله ۱- حجم های ساعت اوج مطابق مقادیر مندرج در شکل ۵-۲۷ هستند.

مرحله ۲- تعیین ظرفیت عملی مسیر فرعی :

مقادیر فاصله عبور بحرانی و سرفاصله دنباله روی باتوجه به جدول ۵-۲۸ برابر است با :

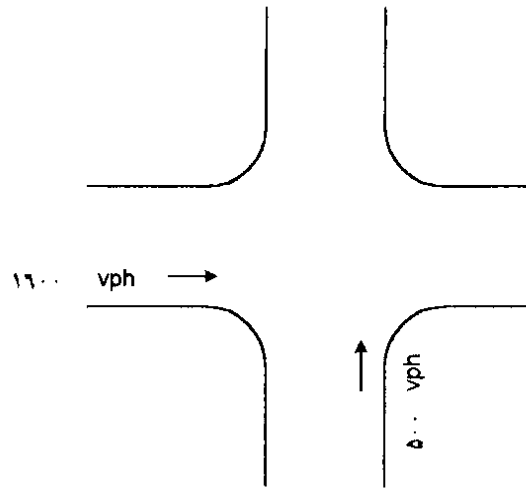
$$t_a = 4 \text{ sec} \quad t_r = 2 \text{ sec}$$

$$Q_p = 1600 \text{ vph}$$

تردد مسیر اصلی برابر است با :

با استفاده از شکل ۱۷-۵ ظرفیت عملی مسیر فرعی برابر است با :

$$C_p = 370 \text{ vph}$$



شکل ۲۷-۵- مثال نمونه برای تقاطع های بدون چراغ

مرحله ۳- تعداد خطوط عبور مورد نیاز برای جریان فرعی به صورت زیر بدست می آید :

$$\frac{Q_m}{C_p} = \frac{500}{370} = 1,35$$

عدد صحیح بلافاصله بزرگتر، رقم ۲ است، بنابراین دو خط عبور لازم است.

$$\text{میانگین حجم عبور در هر خط فرعی} = \frac{500}{2} = 250 \text{ vph}$$

مرحله ۴- میانگین تأخیر وسایل نقلیه مسیر فرعی بصورت زیر محاسبه می شود :

$$\text{حجم جریان اصلی} = 1600 \text{ vph}$$

$$\text{حجم جریان فرعی در هر خط} = \frac{Q_m}{n} = q_m = 250 \text{ vph}$$

$$t_a = 4 \text{ ثانیه} \quad t_r = 2 \text{ ثانیه}$$

با استفاده از جدول ۲۸-۵ داریم :

از شکل ۱۸-۵ میانگین تأخیر  $W_m$  بدست می آید :

$$W_m = 16,5 \text{ ثانیه}$$

مرحله ۵- تعیین حداکثر طول صف با احتمال وقوع کمتر از ۹۵٪

$$Q_s = 1,25 \quad C_p = 462 \text{ vph}$$

نرخ خروج

$$q_m = 250 \text{ vph}$$

نرخ ورود در هر خط

$$\rho = \frac{250}{462} = 0,54$$



با استفاده از شکل ۵-۲۰ طول صف معادل ۴ وسیله نقلیه با احتمال ۹۵٪ بدست می آید. بنابراین طول انباره لازم با احتمال بیش از ۹۵٪  $m = 40 = 8 \times 5$  است.

### مثال ۳- تحلیل تقاطع بدون چراغ براساس دستورالعمل اندونزی

مطلوب است تعیین کل ظرفیت و تأخیر برای تقاطع بدون چراغ نشان داده شده در شکل ۵-۲۴. فرض می شود عرض خطوط عبور ۵/۳ متر، حفاظ میانی باریک و تقاطع در منطقه مسکونی با اصطکاک جانبی کم واقع شده است.

۱- مقدار ظرفیت پایه  $C_0$  از جدول ۵-۲۹ برای متوسط عرض ورودی ۵/۳ متر و نوع تقاطع ۴۲۲ برابر ۲۹۰۰ وسیله نقلیه سواری در ساعت بدست می آید.

۲- ضریب تأثیر عرض ورودی  $f_{EW}$  از شکل ۵-۲۱ برای متوسط عرض ۵/۳ متر و نوع تقاطع ۴۲۲ برابر ۱/۰ بدست می آید.

۳- ضریب تأثیر حفاظ میانی  $f_M$  از جدول ۵-۳۰ برای حفاظ باریک برابر ۱/۰ بدست می آید.

۴- ضریب تأثیر اندازه شهر  $f_{CS}$  از جدول ۵-۳۱ برابر ۰/۸۳ بدست می آید.

۵- ضریب تأثیر اصطکاک جانبی  $f_{RF}$  از جدول ۵-۳۲ برابر ۱/۰ بدست می آید.

۶- ضریب تأثیر گردش به راست در تقاطع  $f_{RT}$  بصورت زیر محاسبه می شود :

وسيله نقلیه در ساعت  $936 = 70 + 40 + 190 + 50 + 300 + 36 + 250 =$  کل حجم عبور تقاطع

$$\text{درصد گردش به راست} = \frac{50 + 40}{936} \times 100 = 9,6\%$$

$$f_{RT} = 0,84 + 0,16 \times 9,6 = 0,994$$

۷- ضریب تأثیر گردش به چپ برای تقاطع چهارراهی برابر ۱/۰ است.

۸- ضریب تأثیر نسبت ترافیک فرعی به کل تقاطع،  $f_{SP}$  از شکل ۵-۲۲ بدست می آید :

$$SP = \frac{190 + 40 + 70}{936} = 0,32$$

بنابراین ظرفیت کل تقاطع برابر است با :

$$C = 2900 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,83 \times 1,0 \times 0,994 \times 1,0 \times 0,93 = 2225$$

کل تقاضای موجود در تقاطع برحسب وسیله نقلیه سواری معادل برابر است با :

$$Q = 936 \times (0,9 + 0,1 \times 1,3) = 964$$

$$\frac{Q}{C} = \frac{964}{2225} = 0,43$$

با استفاده از شکل ۵-۲۳ متوسط تأخیر بر هر وسیله نقلیه حدود ۶ ثانیه بدست می آید.

## ۵-۵- تحلیل ظرفیت میدان

### ۵-۵-۱- مقدمه

ظرفیت میدان یکی از مهمترین مشخصه هایی است که می تواند جایگاه میدان به عنوان یک تقاطع همسطح شهری را روشن سازد. بسیاری از میدان هایی که در گذشته طراحی و اجرا شده اند امروزه بامشکلات ظرفیتی مواجه هستند به گونه ای که در اکثر موارد تجدید طراحی آنها ضروری گشته است.

بر اساس دستورالعمل آلمان، حداکثر مجموع حجم ورودی میدان های تقدمی با مسیر گردش و ورودی های یک خطه و با قطر خارجی کمتر از ۴۰ متر می تواند به ۲۵۰۰ تا ۲۸۰۰ وسیله نقلیه در ساعت برسد و حجم های کمتر از ۱۵۰۰ وسیله نقلیه در ساعت براحتی عبور می کنند. اگر بارهای ترافیکی ورودی میدان نامتقارن باشند در صورتی میدان دارای ظرفیت کافی خواهد بود که مجموع وسایل نقلیه گردش و ورودی در هر یک از دهانه های ورودی از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت تجاوز نکند. میدان های تقدمی با مسیر گردش و ورودی های دوخطه و با قطر خارجی بزرگتر از ۴۰ متر نیز می توانند مجموع حجم های ورودی از ۳۵۰۰ تا ۴۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت را بدون مشکل عبور دهند [۹۳].

در دستورالعمل انگلستان نیز ظرفیت میدان های تقدمی با قطر خارجی ۲۰، ۳۰ و ۵۰ متر به ترتیب برابر ۲۶۵۰، ۳۳۰۰ و ۴۵۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت از کلیه ورودی ها ذکر شده است [۳۵].

حداکثر ظرفیت میدان های تداخلی با عملکرد مناسب برابر ۳۰۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت ارائه شده است [۸۴].

در بخش بعد روش محاسباتی ظرفیت میدانهای تداخلی ارائه می شود.

### ۵-۵-۲- روش واردروپ [۸۴]

بخشی از میدان که مطابق شکل ۵-۲۸ شامل ترافیک تداخلی است، تعیین کننده ظرفیت عملی میدان می باشد. ظرفیت عملی قطعه تداخلی میدان تابعی است از :

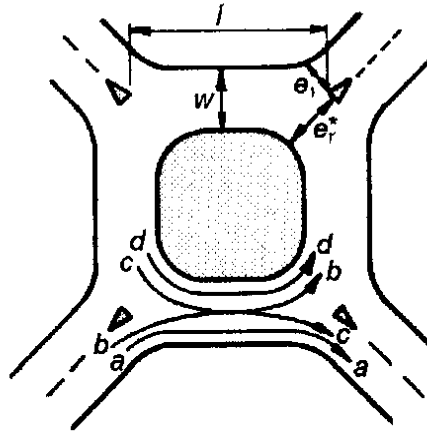
- طرح هندسی میدان، شامل ابعاد ورودی ها و خروجی ها
- حجم و ترکیب ترافیک تداخلی

ظرفیت عملی قطعه تداخلی میدان را می توان با استفاده از رابطه واردروپ محاسبه نمود :

$$Q_p = \frac{28 \cdot W \left(1 + \frac{e}{W}\right) \left(1 - \frac{p}{3}\right)}{1 + \frac{1}{I}} \quad (5-61)$$

$$e = \frac{e_1 + e_2}{2}$$

$$p = \frac{b + c}{a + b + c + d}$$



\* اگر عرض  $w$  در طول تداخلی متغیر باشد، کوچکترین مقدار آن را به عنوان  $e_2$  در نظر می‌گیرند.

شکل ۵-۲۸- ابعاد قطعه تداخلی میدان

که در آن :

$Q_p$  ظرفیت عملی ناحیه ترافیک تداخلی میدان (وسیله نقلیه سواری در ساعت)،

$w$  پهنای قطعه تداخلی میدان برحسب متر (بین ۶ تا ۱۸ متر متغیر است)،

$e$  میانگین پهنای دو مسیر ورودی قطعه تداخلی میدان،  $e_1$  و  $e_2$  (متر)،

( $\frac{e}{w}$  بین ۰/۴ تا ۱/۰ متغیر است)

$l$  طول قطعه تداخلی میدان برحسب (متر) بین ۱۸ تا ۹۰ متر متغیر است و  $\frac{w}{l}$  نیز در محدوده

۰/۱۲ تا ۰/۴ تغییر می‌کند و

$p$  نسبت ترافیک تداخلی که عبارت است از نسبت مجموع جریانهای ترافیک تداخلی به کل جریان

ترافیک موجود در قطعه تداخلی (بین ۰/۴ تا ۱ متغیر است).

با توجه به مقادیر حداقل و حداکثر پارامترهای ظرفیت عبوری میدانهای تداخلی که در بالا به آنها اشاره شد، مشخص می‌گردد که حداقل و حداکثر ظرفیت نظری چنین میدان‌هایی بین ۱۱۳۰ تا ۷۸۵۰ وسیله نقلیه معادل سواری در ساعت متغیر است.

رابطه ۵-۶۱ با این فرض صادق است که در ورودی های میدان هیچ وسیله نقلیه ای متوقف نبوده، میدان در محل مسطح واقع شده و شیب ورودی ها بیش از ۴ درصد نباشد. چنانچه شرایطی وجود داشته باشد که سبب بهم زدن سرعت یکنواخت در هنگام ورود یا خروج از میدان شود در آن صورت باید اصلاحاتی بشرح زیر در ظرفیت میدان اعمال گردد :

درصد کاهش ظرفیت	شرایط طرح غیر ایده‌آل
۵	$15^\circ < \text{زاویه ورودی} < 30^\circ$
۲/۵	$30^\circ < \text{زاویه ورودی} < 60^\circ$
۲/۵	$60^\circ < \text{زاویه خروجی} < 75^\circ$
۵	$75^\circ < \text{زاویه خروجی}$
۵	$95^\circ < \text{زاویه داخلی}$
۱۷	تعداد عابر پیاده عبوری از میدان $< 300$ نفر در ساعت

برای محاسبه پارامتر P در رابطه ۵-۶۱، لازم است معادل سواری وسایل نقلیه مختلف، معلوم باشد. برای این منظور از جدول ۵-۳۲ استفاده می‌گردد.

جدول ۵-۳۲- معادل سواری وسایل نقلیه در رابطه محاسبه ظرفیت ناحیه تداخلی میدان

معادل سواری	نوع وسیله نقلیه
۱	شخصی، تاکسی، وانت
۰/۷۵	موتورسیکلت، موتور سه چرخ
۰/۵	دوچرخه
	مینی بوس، وسایل نقلیه سنگین
۲/۸	(بیش از ۱/۵ تن)، انواع اتوبوس و تریلی

### ۵-۳-۵- دستورالعمل اندونزی [۹۲]

در دستورالعمل ظرفیت راههای کشور اندونزی براساس روش واردروپ رابطه زیر برای تحلیل میدانها و نواحی تداخلی ارائه شده است :

$$Q_p = 135 f_{CS} f_{RF} W^{1/3} (1+e/W)^{1/5} (1-P/3)^{1/5} (1+W/I)^{1/8} \quad (5-62)$$

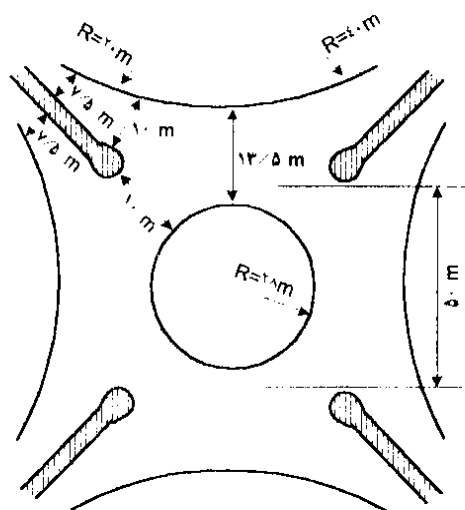
در رابطه فوق  $f_{CS}$  ضریب تأثیر اندازه شهر مطابق جدول ۵-۳۱،  $f_{RF}$  ضریب تأثیر اصطکاک جانی مطابق جدول ۵-۳۲ و سایر متغیرها مطابق تعاریف رابطه ۵-۶۱ است. در این دستورالعمل معادل سواری وسایل نقلیه سنگین برابر ۳/۱، موتورسیکلت برابر ۵/۰ و وسایل نقلیه غیرموتوری ۰/۱ در نظر گرفته می‌شود.

۵-۴-۵ - حل مثال نمونه

احجام ترافیک سال طرح در تقاطع دو خیابان مطابق جدول زیر است. این دو خیابان تحت زاویه قائمه یکدیگر را قطع می کنند و عرض سواره روی آنها ۱۵ متر است. برای این تقاطع یک میدان مطابق شکل ۵-۲۹ طراحی شده است.

مسیر	گردش به چپ			مستقیم			گردش به راست		
	سبک	سنگین	موتورسیکلت	سبک	سنگین	موتورسیکلت	سبک	سنگین	موتورسیکلت
شمالی	۲۰۰	۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۱۵۰	۵۰	۸۰
غربی	۱۸۰	۶۰	۸۰	۲۲۰	۵۰	۱۲۰	۲۰۰	۴۰	۱۲۰
جنوبی	۲۵۰	۸۰	۱۰۰	۱۵۰	۵۰	۹۰	۱۶۰	۷۰	۹۰
شرقی	۲۲۰	۵۰	۱۲۰	۱۸۰	۶۰	۱۰۰	۲۵۰	۶۰	۱۰۰

این میدان در یک ناحیه شهری واقع شده و سرعت طرح آن معادل ۳۰ کیلومتر در ساعت است. جزیره مرکزی میدان به شکل دایره و زاویه ورودی و خروجی آن ۴۵ درجه است. شعاع خروجی ۲۰ متر، ورودی ۴۰ متر و جزیره مرکزی ۲۸ متر است. مطلوب است تحلیل ظرفیت این میدان به روش واردروپ.



شکل ۵-۲۹ - طرح هندسی میدان مسئله نمونه

حل - در شکل ۵-۳۰ نمودار حجم تردد برحسب وسیله نقلیه سواری معادل (براساس جدول ۵-۳۴) برای مسیرهای ورودی نشان داده شده و در شکل ۵-۳۱ حجم های ورودی و خروجی تقاطع برحسب وسیله نقلیه سواری معادل ارائه شده است. حجم حرکات مختلف داخل میدان مطابق شکل ۵-۳۲ است.

حداکثر حجم تردد دو طرفه خیابان های منتهی به میدان ۲۸۷۵ وسیله نقلیه معادل سواری در ساعت و حداکثر تردد یک طرفه ۱۵۴۴ است.

$$e = \frac{e_1 + e_2}{2} = \frac{10 + 10}{2} = 10 \quad \text{متر}$$

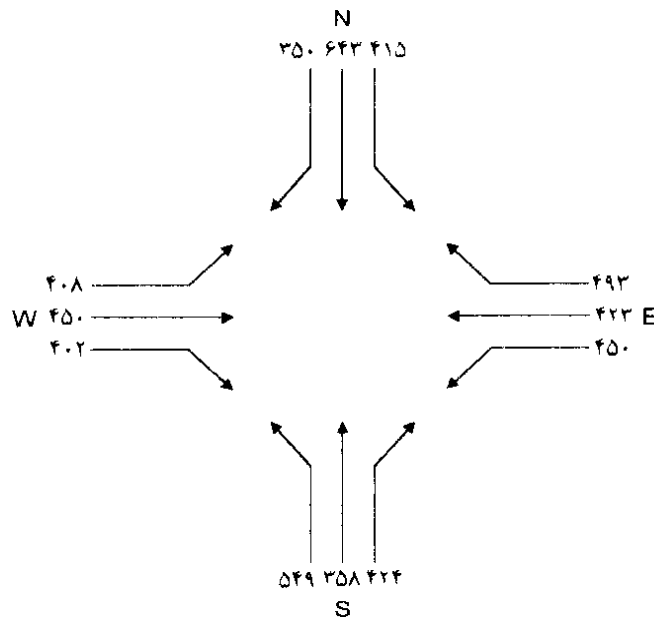
$$W = 13,5 \quad \text{متر}$$

$$l = 55 \quad \text{متر}$$

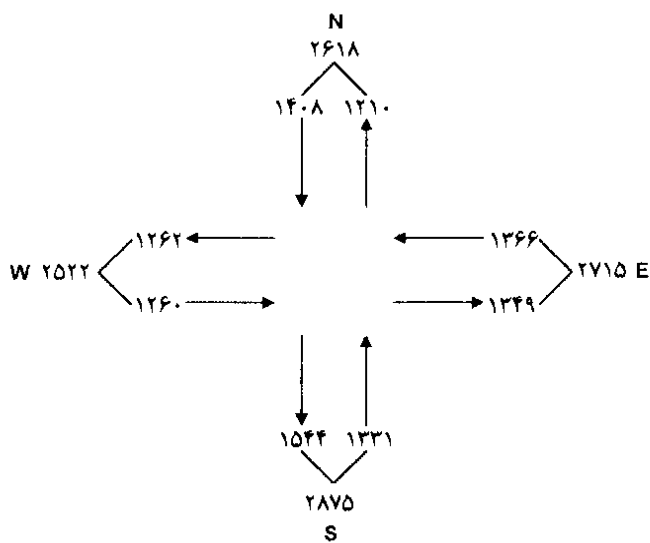
$$P = \frac{1136 + 852}{350 + 1136 + 852 + 408} = 0,72$$

$$Q_p = \frac{282 \times 13,5 \times \left(1 + \frac{10}{13,5}\right) \left(1 - \frac{0,72}{3}\right)}{1 + \frac{13,5}{55}} = 40,44 \quad \text{pcu}$$

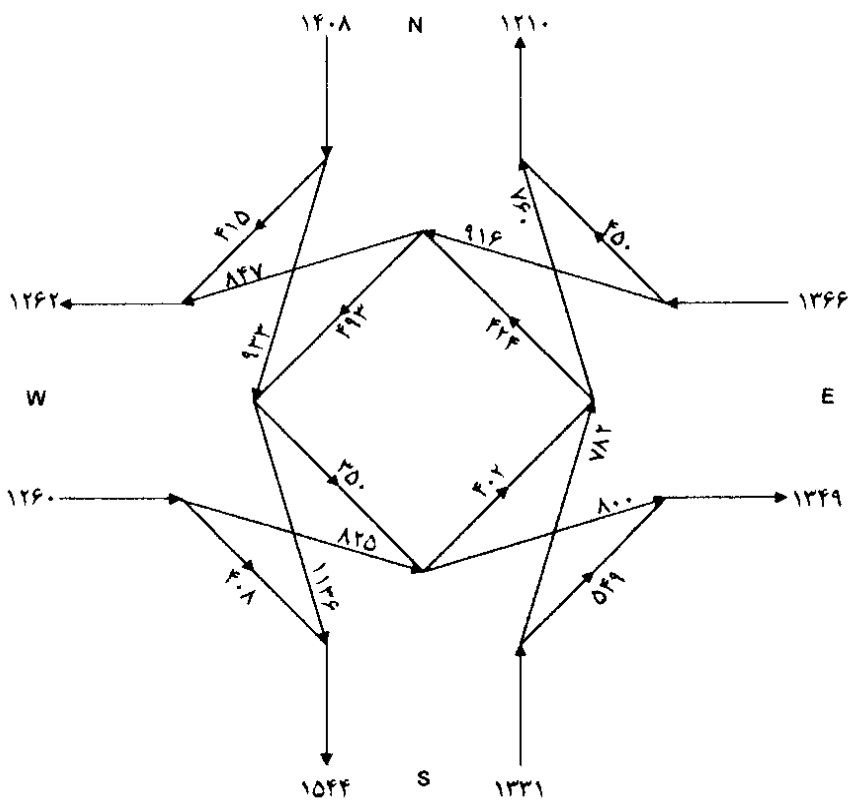
این رقم از مجموع تردد قطعه تداخلی (۲۷۴۶) وسیله نقلیه معادل سواری در ساعت) بیشتر است. بنابراین طرح قابل قبول است.



شکل ۵-۳۰- حجم تردد مسیرهای ورودی برحسب وسیله نقلیه معادل سواری در ساعت



شکل ۵-۳۱- حجم های ورودی و خروجی  
برحسب وسیله نقلیه سواری معادل در ساعت



شکل ۵-۳۲- حجم تردد حرکات داخل میدان

## فصل ۶- سایر ملاحظات

### ۶-۱- ایمنی تقاطع

#### ۶-۱-۱- کلیات

تقاطع های همسطح محل برخورد وسایل نقلیه موتوری، عابرین پیاده و دوچرخه سواران است. در طرح تقاطع ها تلاش می شود با ایجاد سازشی عملی و بهینه بین این عوامل، اهداف زیر حاصل گردد :

- تأمین ایمنی برای استفاده کنندگان تقاطع
- افزایش ظرفیت تقاطع
- تأمین راحتی و جلوگیری از سردرگمی رانندگان

بنابراین ایمنی ترافیک یک امر مهم در طراحی تقاطع است که از لحاظ انسانی و اقتصادی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد و در صورت عدم توجه کافی، خسارات جانی و مالی بسیاری به بار خواهد آورد. ایمنی تقاطع در ارتباط تنگاتنگ با طرح هندسی، روسازی، روشنایی، سیستم کنترل تقاطع، خصوصیات وسایل نقلیه، ویژگی های رفتاری رانندگان و عابرین پیاده و عوامل محیطی است و در هرگونه طرح و برنامه ایمن سازی تقاطع ها باید مجموعه عوامل فوق مورد بررسی و توجه قرار گیرند.

#### ۶-۱-۲- بررسی آمار تصادفات تقاطع

بخش عمده ای از تصادفات وسایل نقلیه و عابرین پیاده در محل تقاطع ها روی می دهد. براساس تجزیه و تحلیل آمار تصادفات، می توان مهمترین عوامل مؤثر را شناسایی و در جهت رفع یا کاهش آنها، طرح های ایمن سازی تهیه نمود. این آمار و اطلاعات باید از سوی مراجع ذیصلاح جمع آوری، پردازش و منتشر شوند تا مورد استفاده برنامه ریزان، طراحان و مسئولین مدیریت تقاطع ها قرار گیرند. آمار تصادفات متمرکز در هر پایگاه اطلاعاتی باید حداقل شامل مواردی از قبیل زمان وقوع تصادف، محل وقوع تصادف، مشخصات راننده و وسیله نقلیه، میزان خسارت جانی و مالی، محل و نوع وسایل کنترل ترافیک، شرایط محیطی و جوی، تخلفات و علل احتمالی تصادف و نمودار برخورد باشد.



آمار و اطلاعاتی که تاکنون در رابطه با تصادفات تقاطع ها در کشور ما منتشر شده نمی تواند اطلاعات جامع، مستمر و قابل اعتمادی در زمینه ایمنی تقاطع ها بدست دهد. از یک سو هر یک از مراکز و مراجع ذیربط فقط به بخشی از آمار دسترسی دارد که ممکن است با یکدیگر همپوشانی نیز داشته باشند و از سوی دیگر بسیاری از تصادفات و به خصوص تصادفات خسارتی جزئی، اصولاً در این آمار منعکس و ثبت نمی شوند. تحت این شرایط نمی توان آمار موجود را مبنای تعیین عوامل مؤثر در کاهش ایمنی تقاطع ها قرار داد.

در جدول ۱-۶ آمار کل تصادفات شهر تهران به تفکیک ماه وقوع برای سال ۱۳۷۲ ارائه شده است. مطابق این جدول حدود ۲۸ درصد از کل تصادفات درون شهری در محل تقاطع ها به وقوع می پیوندد.

در بسیاری از کشورهای جهان، آمارهای موثقی از تصادفات تقاطع ها تهیه شده و براساس تجزیه و تحلیل آنها مهمترین و موثرترین اقدامات اصلاحی در جهت ایمن سازی تقاطع ها مشخص شده است. آمار تصادفات تقاطع های همسطح شهری در کشورهای امریکا و انگلیس نشان می دهد که حدود ۵۰ درصد از کل تصادفات شهری در محل تقاطع ها واقع می شود [۵۰ و ۲۸].

جدول ۱-۶- تعداد تصادفات به تفکیک تقاطع در شهر تهران (۱۳۷۲)

مأخذ : اداره راهنمایی و رانندگی

ماه	جمع کل تصادفات	تعداد تصادف در تقاطع ها
فروردین	۳۵۰۵	۹۹۱
اردیبهشت	۴۳۲۲	۱۰۸۳
خرداد	۴۵۲۰	۸۴۷
تیر	۴۱۹۸	۹۲۸
مرداد	۴۱۴۲	۹۶۲
شهریور	۴۶۸۷	۱۲۸۰
مهر	۴۸۳۰	۱۶۱۷
آبان	۴۷۱۵	۱۲۵۳
آذر	۵۱۴۸	۱۴۰۰
دی	۴۹۴۶	۱۳۰۸
بهمن	۴۹۷۸	۱۷۰۹
اسفند	۴۸۷۱	۱۵۹۸
جمع	۵۴۸۶۲	۱۴۹۷۶

## ۶-۱-۳- عوامل مؤثر در ایمنی تقاطع

معمولاً تصادفات در اثر مجموعه ای از عوامل وقوع می یابند. با این وجود ممکن است یک عامل خاص نقش مؤثرتری داشته و به راحتی هم قابل شناسایی باشد. به طور کلی عوامل مؤثر در ایمنی تقاطع را می توان تحت عناوین زیر طبقه بندی نمود :

- تقاطع
- وسیله نقلیه
- راننده
- عوامل محیطی
- سایر استفاده کنندگان از تقاطع

مشخصات فیزیکی تقاطع ها شامل طرح هندسی، وسایل کنترل ترافیک، روسازی، روشنایی، زهکشی و امثالهم است. رعایت معیارها و ضوابط فنی در طرح، اجرا، نگهداری و بهره برداری این عناصر می تواند به میزان قابل توجهی به ایمنی تقاطع بیفزاید. در سایر فصول و بخش های این مجموعه، معیارها و ضوابط طراحی عناصر مختلف تقاطع به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است و برای اطلاعات بیشتر می توان به آنها مراجعه نمود.

ویژگی های وسایل نقلیه نیز در ایمنی تقاطع تأثیر بسزایی دارد. واقعیت این است که نمی توان هیچ وسیله نقلیه ای را دارای ایمنی کامل دانست. با این وجود، سازندگان وسایل نقلیه سعی در بهبود روزافزون ایمنی محصولات خود داشته اند، بطوری که اتومبیل های امروزی از نظر سیستم ترمز، روشنایی و علائم، بدنه، لاستیک چرخ و امثالهم به مراتب ایمن تر از مدل های قدیمی تر هستند. بررسی وضعیت خودروهای موجود نشان می دهد که بخش قابل ملاحظه ای از آنها متعلق به تکنولوژی های چندین دهه قبل هستند و همچنان در جریان ترافیک در کنار خودروهای جدیدتر به تردد مشغول می باشند. این موضوع بیانگر ضرورت جایگزین نمودن تکنولوژی جدید در ناوگان وسایل نقلیه می باشد.

کنترل و هدایت وسیله نقلیه برعهده راننده است و رفتار او می تواند نقش اساسی در وقوع یا جلوگیری از تصادف داشته باشد. رانندگی در محدوده تقاطع ها دشواری های خاصی دربردارد، زیرا راننده در مواجهه مستقیم با حرکات گردش، ایست و حرکت مکرر، عابرین پیاده و وسایل نقلیه دوچرخ و سایر موقعیت های خطرناک قرار دارد، که باید در زمان کوتاهی نسبت به آنها واکنش مناسب بروز دهد. علاوه براین، رانندگان، تحت فشار روحی و جسمی ناشی از تراکم و تأخیر بیش از حد تقاطع نیز قرار دارند. بطورکلی رفتار رانندگی اشخاص در شرایط عادی متأثر از آموزش و مهارت های رانندگی، قابلیت های جسمی و روانی، سن و جنس و امثالهم است. از میان عوامل فوق، آموزش رانندگی نقش به مراتب مؤثرتری در ایمنی تقاطع دارد و توجه بیشتر به آن، کارایی زیادی در بهبود عملکرد تقاطع ها خواهد داشت.

در شرایط نامساعد آب و هوایی از قبیل بارش باران و برف، یخبندان، مه گرفتگی، تابش شدید آفتاب و گرمای بیش از حد و امثالهم احتمال وقوع تصادفات بیشتر است. در طراحی و مدیریت تقاطع باید این عوامل مورد توجه قرار گیرند.

در تقاطع های همسطح، عابرین پیاده و دوچرخه سواران نیز از جمله استفاده کنندگان محسوب می شوند و برای آنها باید تسهیلات مقتضی و از جمله گذرگاه های عرضی همسطح و غیرهمسطح و وسایل کنترل ترافیک مناسب پیش بینی شود. عدم توجه کافی به نیازهای این گروه از استفاده کنندگان منجر به اختلال در عملکرد تقاطع و کاهش ایمنی می شود. در جدول های ۶-۲ و ۶-۳ برخی مسائل ایمنی عابرین پیاده در تقاطع های بدون چراغ و چراغدار و همچنین راه حل های پیشنهادی ارائه شده است. بدیهی است که این راه حل ها جنبه عام داشته و در شرایط خاص هر محل، نیاز به بررسی ویژه وجود دارد.

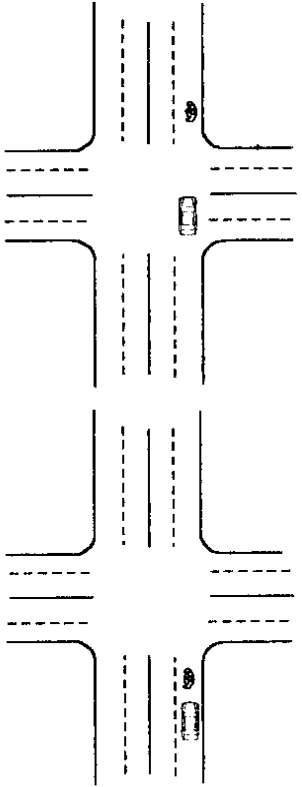
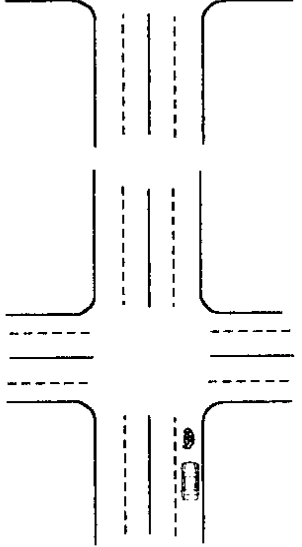
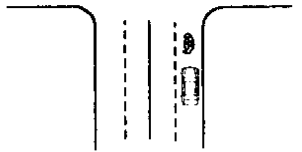
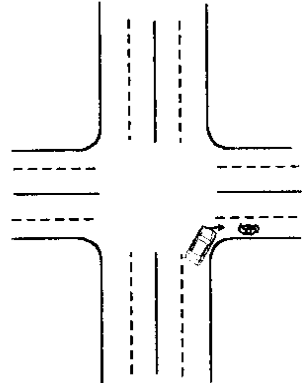
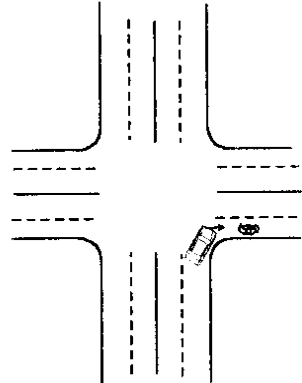
به منظور افزایش ایمنی، باید کلیه تقاطع های خیابان های شریانی و جمع و پخش کننده، از روشنایی کافی در شب ها برخوردار باشند (مطابق استانداردهای مندرج در بخش روشنایی تقاطع). همچنین با توجه به اینکه بیشتر تصادفات مناطق مسکونی در محل تقاطع خیابانهای محلی با خیابان های عبوری رخ می دهد [۲۱] باید از طریق مجزا نمودن ترافیک عبوری از ترافیک دسترسی، ایمنی این مناطق را افزایش داد. روش هایی که می توان توسط آنها این جداسازی را عملی نمود عبارتند از :

- بستن خیابانهای مسکونی در محل تقاطع با خیابانهای عبوری (تعدادی تقاطع جهت تردد باز خواهد بود)
- بستن برخی از خیابان های داخل منطقه مسکونی به روی ترافیک عبوری
- یک طرفه کردن خیابان ها
- استفاده توأم از روش های فوق

#### ۶-۱-۴ - ایمنی میدان [۲۸]

بررسی آمار تصادف در تقاطع های مختلف، حاکی از برقراری ایمنی نسبی در میدان ها است. مع الوصف علیرغم این سوابق، باید در طراحی میدان ها دقت زیادی بعمل آید تا جنبه های ایمنی رعایت شود. در ادامه این بخش مهمترین عوامل مؤثر در ایمنی میدانها مطرح می شوند.

جدول ۶-۲- راه حل های پیشنهادی برای کاهش انواع برخوردهای وسایل نقلیه با عابرین پیاده در تقاطع های بدون چراغ [۸۳]

راه حل پیشنهادی	علت احتمالی	نوع برخورد
<ul style="list-style-type: none"> <li>- نصب چراغهای راهنمایی با چراغ ویژه عابریاده (طبق ضوابط مربوطه)</li> <li>- نصب تابلوهای ایست</li> <li>- فراهم نمودن روگذر یا زیرگذر عابریاده (طبق ضوابط منبج ۱۸)</li> <li>- احداث جزایر ایمنی عابریاده (خیابانهای دوطرفه عریض)</li> </ul>	<p>۱- تأخیر بیش از حد عابریاده در یافتن فاصله عبور مناسب در ترافیک عبوری</p>	<p>۱- حرکت مستقیم</p> 
<ul style="list-style-type: none"> <li>- استفاده از کنزبان بزرگسال</li> <li>- احداث روگذر یا زیرگذر عابریاده</li> <li>- نصب چشمکزن های انتظامی مدرسه (مثلاً چشمکزن سرعت مجاز ۴۰ کیلومتر بر ساعت)</li> <li>- استفاده از تابلو و خط کشی در اطراف مدرسه</li> <li>- ممنوع نمودن پارکینگ نزدیک تقاطع (مثلاً حدود ۳۰ متر)</li> </ul>	<p>۲- عبور دانش آموزان از عرض خیابان در اطراف مدارس</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- محدود نمودن سرعت مجاز</li> <li>- احداث روگذر یا زیرگذر عابریاده</li> <li>- نصب چراغ های راهنمایی با چراغ عابریاده (طبق ضوابط مربوطه)</li> </ul>	<p>۳- سرعت بالای وسایل نقلیه</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- نصب چراغ های راهنما با چراغ ویژه عابریاده (طبق ضوابط)</li> <li>- نصب تابلوهای ایست</li> <li>- جابجا نمودن گذرگاه عرضی به دور از تقاطع</li> <li>- افزودن تابلوهای خطر برای وسایل نقلیه (مانند "در هنگام گردش به راست متوجه عابرین پیاده باشید")</li> <li>- افزودن تابلوهای انتظامی برای وسایل نقلیه (مانند "رعایت حق تقدم عابر به هنگام گردش")</li> </ul>	<p>۱- حجم زیاد عابر و گردش به راست وسایل نقلیه</p>	<p>۲- گردش به راست</p> 
<ul style="list-style-type: none"> <li>- استفاده از گذربان بزرگسال در طی مدت عبور دانش آموزان</li> <li>- حضور پلیس در تقاطع</li> <li>- آموزش دانش آموزان در مورد رفتار ایمن برای عبور از عرض مسیر</li> <li>- احداث روگذر یا زیرگذر عابریاده</li> </ul>	<p>۲- تعداد قابل توجه دانش آموزان (در عبور از عرض خیابان) و حرکات زیاد گردش به راست وسایل نقلیه</p>	

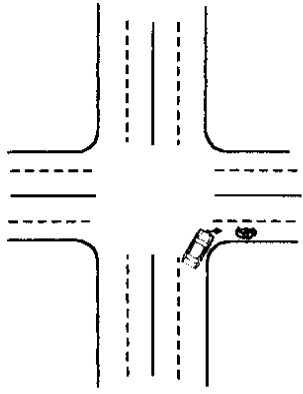
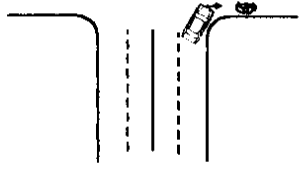
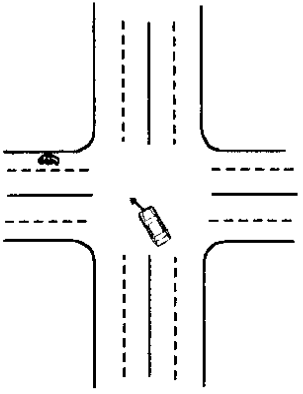
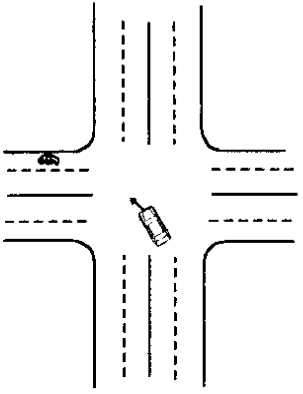
## جنول ۶-۲ - (ادامه)

راه حل پیشنهادی	علت احتمالی	نوع برخورد
<ul style="list-style-type: none"> <li>- رفع موانع دید و (یا) موانع کنار خیابان (مانند صندوق پست)</li> <li>- جایجا نمودن گذرگاه عرضی به دور از تقاطع</li> <li>- نصب تابلوهای خطر عابریباده و (یا) تابلوهای انتظامی وسایل نقلیه</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>۳- مسافت دید و (یا) طرح هندسی نامناسب تقاطع</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ممنوع نمودن گردش به چپ</li> <li>- نصب چراغ های راهنمایی با چراغ درزّه عابر پیاده (طبق ضوابط)</li> <li>- یک طرفه نمودن خیابان</li> <li>- نصب تابلوهای خطر برای وسایل نقلیه (مانند تبه هنگام گردش به چپ متوجه عابرین باشید)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>۱- حجم زیاد عابر و گردش به چپ وسایل نقلیه</li> </ul>	<p>۳- گردش به چپ</p> 
<ul style="list-style-type: none"> <li>- استفاده از گذربان بزرگسال در طی مدت عبور دانش آموزان</li> <li>- حضور پلیس در تقاطع</li> <li>- آموزش دانش آموزان در مورد رفتار ایمن برای عبور از عرض خیابان</li> <li>- احداث روگذر یا زیرگذر عابریباده</li> <li>- احداث جزایر ایمنی عابریباده برای خیابانهای عریض دوطرفه</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>۲- تعداد قابل توجه دانش آموزان (در عبور از عرض خیابان) و حرکات زیاد گردش به چپ وسایل نقلیه</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- رفع موانع دید و (یا) موانع کنار خیابان (مانند صندوق پست)</li> <li>- ممنوع نمودن گردش به چپ</li> <li>- نصب تابلوهای خطر عابریباده و (یا) تابلوهای انتظامی وسایل نقلیه</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>۳- مسافت دید و (یا) طرح هندسی نامناسب تقاطع</li> </ul>	

جدول ۶-۳- راه حل های پیشنهادی برای کاهش انواع برخوردهای وسایل نقلیه با عابرین پیاده در تقاطع های چراغ دار

راه حل پیشنهادی	علت احتمالی	نوع برخورد
<ul style="list-style-type: none"> <li>- نصب چراغ ویژه عابر پیاده</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>۱- عابر نمی تواند چراغ راهنمایی وسایل نقلیه را ببیند.</li> </ul>	<p>۱- حرکت مستقیم</p> 
<ul style="list-style-type: none"> <li>- استفاده از گذر بان بزرگسال</li> <li>- احداث روگذر یا زیرگذر عابر پیاده</li> <li>- استفاده از چراغ ویژه عابر پیاده</li> <li>- نصب چشمک زن های انتظامی مدرسه</li> <li>- فراهم نمودن خط کشی و تابلو "منطقه مدرسه"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>۲- عبور دانش آموزان در اطراف مدارس</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- زمان بندی مجدد چراغ راهنمایی (مثلاً طول چرخه کوتاهتر)</li> <li>- استفاده از تکه فشاری عابر پیاده</li> <li>- احداث روگذر یا زیرگذر عابر پیاده</li> <li>- احداث جزایر ایمنی عابر پیاده (خیابانهای عریض دوطرفه</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>۳- تأخیر بیش از حد عابر پیاده در یافتن فاصله عبور مناسب در ترافیک عبوری</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- حضور پلیس در تقاطع</li> <li>- نصب تابلوهای خطر عابر پیاده</li> <li>- فراهم نمودن جزایر ایمنی عابر پیاده (خیابانهای دوطرفه عریض)</li> <li>- ممنوع نمودن پارک وسایل نقلیه در نزدیک تقاطع (مثلاً حدود ۳۰ متر)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>۴- سایر علل</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- افزودن فاز مخصوص عابر پیاده</li> <li>- افزودن تابلوهای خطر برای عابرین پیاده</li> <li>- افزودن تابلوهای انتظامی برای وسایل نقلیه</li> <li>- نصب تابلو گردش در قرمز ممنوع (مطابق ضوابط)</li> <li>- یک طرفه نمودن خیابان</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>۱- حجم زیاد عابر و گردش به راست وسایل نقلیه</li> </ul>	<p>۲- گردش به راست</p> 

جدول ۶-۳ - (ادامه)

راه حل پیشنهادی	علت احتمالی	نوع برخورد
<ul style="list-style-type: none"> <li>- استفاده از گذریان بزرگسال در طی مدت عبور دانش آموزان</li> <li>- حضور پلیس در تقاطع</li> <li>- آموزش دانش آموزان در مورد رفتار ایمن در عبور از عرض خیابان</li> <li>- احداث روگذر یا زیرگذر عابرپیاده</li> </ul>	<p>۲- تعداد قابل توجه دانش آموزان (در گذر از عرض خیابان) و حرکات زیاد گردش به راست وسایل نقلیه</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- رفع موانع دید و (یا) موانع کنار خیابان (مانند صندوق پست)</li> <li>- جابجا نمودن گذرگاه عرضی به دور از تقاطع</li> <li>- فراهم نمودن فاز مخصوص عابرپیاده</li> <li>- نصب تابلو گردش در قرمز ممنوع (طبق ضوابط)</li> <li>- نصب تابلوهای خطر عابرپیاده و (یا) تابلوهای انتظامی وسایل نقلیه</li> </ul>	<p>۳- مسافت دید و (یا) طرح هندسی نامناسب تقاطع</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ممنوع نمودن گردش به چپ</li> <li>- فراهم نمودن فاز جداگانه گردش به چپ و چراغ ویژه عابرپیاده</li> <li>- افزودن فاز مخصوص عابرپیاده</li> <li>- یک طرفه نمودن خیابان</li> <li>- نصب تابلوهای خطر برای عابریان</li> </ul>	<p>۱- حجم زیاد عابرپیاده و گردش به چپ وسایل نقلیه</p>	<p>۳- گردش به چپ</p> 
<ul style="list-style-type: none"> <li>- استفاده از گذریان بزرگسال در طی مدت عبور دانش آموزان</li> <li>- حضور پلیس در تقاطع</li> <li>- آموزش دانش آموزان در مورد رفتار ایمن برای عبور از عرض خیابان</li> <li>- احداث روگذر یا زیرگذر عابرپیاده</li> <li>- احداث جزایر ایمنی عابرپیاده برای خیابانهای عرض دو طرفه</li> </ul>	<p>۲- حجم قابل توجه دانش آموزان و حرکات زیاد گردش به چپ وسایل نقلیه</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- رفع موانع دید و (یا) موانع کنار خیابان</li> <li>- فراهم نمودن فاز ویژه عابرپیاده</li> <li>- نصب تابلوهای خطر عابرپیاده و (یا) تابلوهای انتظامی وسایل نقلیه</li> </ul>	<p>۳- مسافت دید و (یا) طرح هندسی نامناسب تقاطع</p>	

۶-۱-۴-۱ - عوامل مؤثر در ایمنی میدان

مهمترین عامل مؤثر در کاهش ایمنی میدان‌ها سرعت بیش از حد در ورودی‌ها و خروجی‌ها است. زیاد بودن سرعت ورود و گردش وسایل نقلیه در میدانها ممکن است ناشی از عوامل زیر باشد :

- کمبود انحراف ورودی
- کوچک بودن زاویه ورود که رانندگان را تشویق به همگرایی سریع با ترافیک گردشی میدان می‌کند
- عدم وجود مسافت دید کافی برای خط رعایت حق تقدم
- طراحی و مکانیابی نامناسب تابلوهای راهنما و هشدار دهنده
- مکانیابی نامناسب تابلوهای کاهش سرعت

بالا بودن سرعت گردش وسایل نقلیه می‌تواند مشکلاتی در ورودی میدان ایجاد کند که این حالت معمولاً در میدان‌های بزرگ با مسیر گردشی بسیار عریض و طولیل رخ می‌دهد. مع الوصف ممکن است این وضعیت در میدان‌های کوچکتر با زاویه انحراف ورودی نامناسب نیز بوجود آید.

در رابطه با شیب ورودی میدان، نتایج چند مطالعه نشان داده است که این شیب تأثیر زیادی در کاهش تصادفات ندارد.

۶-۱-۴-۲ - اقدامات ایمن سازی میدان

بطور کلی اقدامات مفید در کاهش تصادفات میدان‌ها عبارتند از :

- نصب تابلوهای هشدار دهنده و راهنمای مقتضی
- خط کشی و سایر علائم افقی
- جلوگیری از بریلندی بیش از حد در ناحیه ورودی
- تأمین مقاومت لغزشی لازم در ورودی‌ها و مسیر گردشی میدان. در این رابطه باید توجه داشت که بافت سطحی درشت فقط برای خیابانهای پرسرعت مقاومت لغزشی کافی فراهم می‌کند و در محدوده سرعت وسایل نقلیه در مسیر گردشی میدان، مقاومت لغزشی لازم باید با بافت ریز روستازی تأمین شود.
- کاهش دهانه ورودی اضافی با استفاده از خط کشی و یا موانع
- نصب تابلوی کاهش سرعت



۶-۱-۴-۳- ایمنی دوچرخه سواران

گرچه میدان ها برای اکثر وسایل نقلیه موتوری ایمنی خوبی فراهم می کنند، ولی در مورد وسایل نقلیه غیرموتوری چنین نیست. آمار تصادفات دوچرخه سواران در میدان ها نسبت به سایر انواع وسایل نقلیه بالاتر است. در این رابطه باید نکات زیر در مورد میدان ها مدنظر قرار گیرد :

- آمار تصادف در میدان های معمولی با جزایر مرکزی کوچک و ورودی های مایل حدود دو برابر آمار میدانهای معمولی با جزایر مرکزی بزرگ و ورودی قائم است.
- بیشتر تصادفات دوچرخه سواران در میدان ها از نوع " ورودی - گردشی " است. به عنوان مثال، یک وسیله نقلیه موتوری در هنگام ورود به میدان، با یک دوچرخه سوار در حال عبور از عرض ورودی برخورد کرده است.
- آمار تصادف دوچرخه در تقاطع های میدانی خیابان های مجزا بیشتر از تقاطع های چراغدار است و در مورد سایر وسایل نقلیه عکس آن صادق است.

۶-۱-۴-۴- ایمنی وسایل نقلیه سنگین در میدان

مسئله واژگونی یا سقوط بار وسایل نقلیه سنگین در میدان ها، علاوه بر خطرات جانی، ایجاد تراکم و تأخیر زیادی می کند. تجربه نشان می دهد که این مسئله اغلب در شرایط زیر بروز می کند :

- ورودی با انحراف نامناسب که منجر به افزایش سرعت ورود می شود
- قطعه های مستقیم طولانی منتهی به پیچ تند در مسیر گردش میدان
- قوس تند در خروجی میدان
- تغییرات قابل توجه شیب عرضی در مسیر گردش میدان
- شیب عرضی معکوس بیش از حد در خط داخلی میدان

## ۶-۲- روشنائی تقاطع

### ۶-۲-۱- مقدمه

تقاطع های همسطح باید در حد مطلوب روشن سازی شوند، تا استفاده کنندگان از تقاطع بتوانند در اوقات تاریک با دقت و سهولت، سطح تقاطع و حاشیه آنرا رویت کنند. بخش عمده ای از تصادفات، در محل تقاطع ها و در ساعات تاریک رخ می دهد و یکی از مهمترین عوامل آنها کمبود روشنائی است. تجربه نشان می دهد که با استفاده از وسایل روشنائی می توان از میزان تصادفات شبانه تقاطع ها که شامل تصادفات بامدادی و شامگاهی نیز می شود کاست.

روشنائی در شب باعث بهبود تشخیص عناصر هندسی خیابان از قبیل قوسها و جداول شده و همچنین باعث می شود که راننده بتواند بخوبی سایر وسایل نقلیه و عابرین پیاده را مشاهده کند. یک عامل مهم در دید شبانه، زمان لازم برای دیدن و تشخیص اشیاء از سوی راننده و در صورت نیاز توقف وسیله نقلیه است. با کاهش میزان روشنائی، این زمان افزایش می یابد.

بهبود قابلیت دید در تقاطع از طریق تأمین روشنائی مصنوعی، به راحتی و آرامش رانندگان می افزاید و از حرکات خطرناک جلوگیری می کند. از سوی دیگر تأمین روشنائی کافی در تقاطع ها عموماً باعث سهولت تردد و افزایش سرعت و همچنین کاهش سر فاصله وسایل نقلیه می گردد که در نتیجه آن ظرفیت تقاطع بهبود می یابد. بنابراین، روشن سازی یک اصل مهم در طراحی تقاطع ها است که باید با همکاری مهندسان ترافیک و برق بطور مطلوب انجام شود.

### ۶-۲-۲- تعاریف / ۱۰

در اینجا برخی از اصطلاحات رایج در مهندسی روشنائی مطرح می شوند :

**شدت نور :** توان نور ساطع شده از منابع نور را شدت نور گویند و واحد آن کاندلا است. یک کاندلا شصت برابر کوچکتر از شدت نور ساطع شده از یک سانتیمتر مربع سطح جسم سیاه در درجه حرارت ۲۰۴۵ درجه کلوین در جهت عمود بر سطح است.

**شار نسوری :** دسته اشعه نور را شار نوری نامند و واحد آن لومن است.

**شدت روشنائی :** شدت روشنائی رسیده به یک سطح، میزان توان نوری تابیده بر واحد سطح را نشان می دهد و واحد آن لومن بر مترمربع یا لوکس است. به عنوان مثال روشنائی ماه ۲ / ۰ لوکس، ظهر آفتابی در

زمستان ۱۰۰۰۰ لوکس، ظهر آفتابی در تابستان ۷۰۰۰۰ لوکس و روشنایی شدید یک میدان ورزشی ۲۰۰ تا ۶۰۰ لوکس است.

ضریب یکنواختی روشنایی : نسبت روشنایی حداقل به متوسط آن در سطح تقاطع است.

### ۶-۲-۳- طراحی روشنایی تقاطع

هدف اصلی از طراحی یک سیستم کارآمد روشنایی در تقاطع های همسطح شهری، تأمین روشنایی در حدی است که رانندگان و عابرین پیاده قادر باشند در یک فاصله ایمن، کلیه موانع ثابت و متحرک را رؤیت نموده و فرصت درک مخاطرات و انجام واکنش مقتضی را داشته باشند. بطورکلی توصیه می شود که نوع و ترتیب نصب چراغ، ارتفاع نصب و لامپ مورد استفاده، کابل کشی و سایر تجهیزات مورد نیاز با همکاری کارشناس روشنایی تعیین و طراحی شود. لذا در اینجا صرفاً اصول کلی طراحی روشنایی تقاطع مطرح می شود.

### ۶-۲-۳-۱- متوسط شدت روشنایی لازم در تقاطع

بطورکلی روشنایی تقاطع حداقل باید برابر مجموع روشنایی خیابان های منتهی به آن باشد و درعین حال باید حداقل روشنایی لازم برای گذرگاههای عرضی پیاده نیز (در صورت وجود) تأمین گردد [۶].

در جداول ۶-۴ و ۶-۵ مقادیر شدت روشنایی لازم در انواع معابر براساس توصیه انجمن مهندسیین روشنایی آمریکا ارائه شده است [۱۰].

جدول ۶-۴- شدت روشنایی لازم برای معابر (لوکس) [۱۰]

نوع معبر	وضعیت اطراف معبر	
	تجاری	تجاری - مسکونی
آزادراه و بزرگراه شهری	۲۲	۱۵
خیابان شریانی	۱۳	۱۰
خیابان جمع و پخش کننده	۱۰	۶
مسیرهای دسترسی	۶	۴
پیاده رو	۱۰	۶

جدول ۶-۵- شدت روشنایی متوسط مورد نیاز برای خیابان  
بر اساس حجم عابرین و ترافیک (لوکس) [۱۰]

حجم ترافیک (تعداد وسایل نقلیه عبوری از دو طرف در هر ساعت در هنگام شب)				حجم عبور و مرور
خیلی سبک (زیر ۱۵۰)	سبک (۵۰۰-۱۵۰)	متوسط (۱۲۰۰-۵۰۰)	سنگین (بالا تر از ۱۲۰۰)	عابرین پیاده
۶	۹	۱۱	۱۳	سنگین
۴	۶	۹	۱۱	متوسط
۲	۴	۶	۹	سبک

عابرین پیاده و مخصوصاً معلولین و سالمندان به هنگام عبور از عرض تقاطع و یا در هنگام انتظار در جزایر ایمنی ممکن است به خرسی توسط رانندگان رؤیت نشوند. بنابراین توصیه می شود در گذرگاههای عرضی پیاده و جزایر ایمنی تقاطع ها، سطح روشنایی برابر ۴۴ لوکس تأمین شود که این مقدار ممکن است در تقاطع های با حجم ترافیک بالا و یا تقاطع های چند راهی و پیچیده به ۷۵ لوکس نیز برسد [۷۷].

### ۶-۲-۳-۲- لامپ مورد استفاده در چراغ های روشنایی

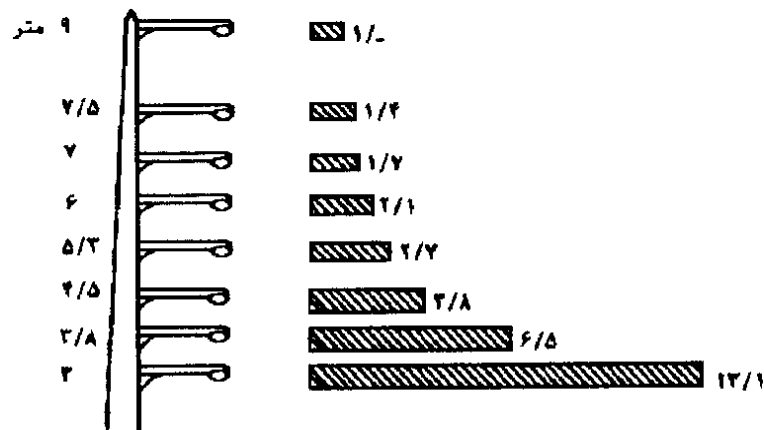
انواع لامپ هایی که در روشنایی تقاطع می توان از آنها استفاده نمود عبارتند از :

- لامپ جیوه ای که دارای بازده خوب و عمر زیاد می باشد و به وفور در روشنایی معابر مورد استفاده قرار می گیرد.
- لامپ رشته ای که دارای امتیازهایی از قبیل ارزانی، سادگی و دارا بودن نور طبیعی است.
- لامپ سدیم که دارای نور زرد بوده و عمر طولانی و بازده بسیار خوبی دارد. این لامپ در مواردی که تنها روشنایی مدنظر بوده و رنگ اشیاء اهمیتی نداشته باشد مورد استفاده قرار می گیرد.
- لامپ متال هالاید که دارای رنگ خوب و بازدهی و عمر زیاد است و در مناطقی که وضوح رنگ اشیاء نیز حائز اهمیت باشد مورد استفاده قرار می گیرد.

### ۶-۲-۳-۳- ارتفاع نصب چراغ های روشنایی

ارتفاع نصب چراغهای روشنایی را نباید متناسب با پدیده جسم زدگی در دید رانندگان در نظر گرفت. با شدت زیاد نور محور دید رانندگان قرار ندارد، پدیده جسم زدگی بوجود می آید. این پدیده علاوه بر عدم دید رانندگان ناراحتی رانندگان، سبب افزایش احتمال تصادفات و خسارت های جانی و مالی می گردد. برای جلوگیری از چشم زدگی ناشی از

چراغهای خیابانی باید آنها را در ارتفاع مناسب نصب نمود. افزایش ارتفاع نصب چراغ باعث خارج کردن چراغها از محور دید رانندگان شده و چشم زدگی را کاهش می دهد. شکل ۶-۱ روند تغییرات چشم زدگی با ارتفاع نصب را نشان می دهد. در جدول ۶-۶ نیز ارتفاع نصب چراغ براساس شار نوری لامپ ارائه شده است.



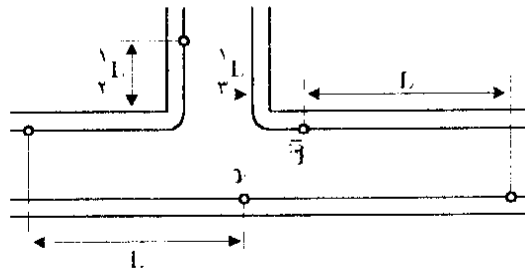
شکل ۶-۱- نمودار کاهش چشم زدگی نسبت به ارتفاع نصب (شارنوری لامپ ثابت است) [۱۰]

جدول ۶-۶- ارتفاع نصب چراغ براساس شار نوری لامپ [۱۰]

ارتفاع نصب (متر)	شار نوری لامپ (لومن)
۱۰/۵	۲۰۰۰۰
۱۳/۵ تا ۱۰/۵	۴۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰
۱۸ تا ۱۳/۵	۹۰۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰

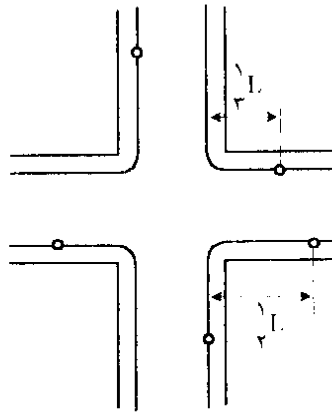
#### ۶-۲-۳-۴- محل نصب چراغهای روشنایی [۸۴]

برای تقاطع های T شکل می توان از طرح چراغ گذاری مطابق شکل ۶-۲ استفاده نمود. در این طرح پایه چراغ (الف) به منظور روشن کردن بریدگی جدول برای رانندگان مسیر اصلی در جهت راست به چپ نصب می شود. چراغ (ب) درست در مقابل رانندگان مسیر فرعی در هنگام ورود به تقاطع قرار دارد و برای نشان دادن تقاطع T شکل و همچنین روشن نمودن مسیر عبور عابرین پیاده در دهانه خیابان فرعی بکار می آید [۵۳].



شکل ۶-۲- نمونه طرح چراغ گذاری در تقاطع های سه راهی [۵۳]

نمونه طرح چراغ گذاری تقاطع های چهارراهی در شکل ۶-۳ ارائه شده است. مطابق این شکل در محل کلیه ورودی ها و خروجی های تقاطع و به ترتیب در فواصل معادل  $\frac{1}{3}L$  و  $\frac{1}{3}L$  فاصله چراغها در خیابان های منتهی به تقاطع (L) از بر تقاطع باید چراغ نصب شود [۵۳].

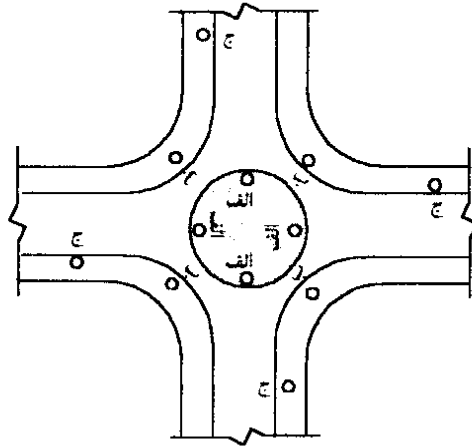


شکل ۶-۳- نمونه طرح چراغ گذاری در تقاطع های چهارراهی [۵۳]

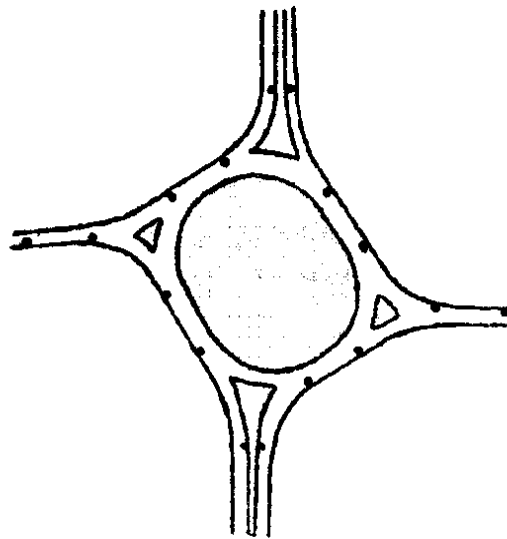
چراغ گذاری در تقاطع های میدانی مستلزم تمهیدات خاصی است. رانندگان باید از احتمال وجود خطرات ترافیکی آگاه شده و به محض ورود به میدان قادر به مشاهده مسیر خود و سایر وسایل نقلیه باشند.

یکی از روش های تأمین روشنایی میدانها، روشن سازی از طریق نصب پایه چراغ در داخل حلقه میانی است. در شکل ۶-۴ نمونه چنین طرحی ارائه شده است. مطابق این شکل چراغهای (الف) در داخل جزیره مرکزی و در امتداد ورودی های میدان قرار می گیرند و پشت آنها باید تاریک باشد. چراغهای (ب) باید در پشت جدول بیرونی قرار گیرند. چراغهای (ج) برای روشن سازی مسیر عبور عابرین پیاده در جزایر ایمنی بکار می آیند. اگر قطر جزیره میانی میدان کمتر از ۲۰ متر باشد در این طرح می توان فقط از یک پایه منفرد واقع در مرکز میدان با چراغهای متقارن در جهات مختلف استفاده نمود.

در روش دیگر، روشن‌سازی ترجیحاً از طریق نصب پایه چراغ در حاشیه بیرونی میدان صورت می‌گیرد. در شکل ۵-۶ نمونه چنین طرحی مشاهده می‌شود.



شکل ۶-۴- نمونه طرح چراغ‌گذاری در میدان‌ها [۸۴]



شکل ۶-۵- نمونه طرح چراغ‌گذاری در میدان‌های بزرگ [۸۴]

### ۶-۳- روسازی و زهکشی تقاطع

#### ۶-۳-۱- روسازی

روسازی نقش مهمی در ایمنی و کارایی تقاطع ایفا می‌کند و طراحی آن باید براساس شرایط ترافیکی و بارگذاری تقاطع صورت گیرد. یکی از مهمترین عوامل تصادف در تقاطع‌ها، لغزش وسایل نقلیه در هنگام ترمز سریع است. برای کاهش این نوع تصادفات باید تمهیدات خاصی در روسازی تقاطع و ورودی‌های آن در نظر گرفته شود. در یک آزمایش بهسازی پوشش تقاطع در شهر لانسینگ میشیگان، تعداد کل تصادفات به میزان ۷۰٪ کاهش یافت و تعداد تصادفات جلو به عقب و تحت زاویه ۹۰ درجه در شرایط روسازی خیس و یخبندان حدود ۹۰٪ کاهش نشان داد [۵۰].

#### ۶-۳-۱-۱- ضریب اصطکاک روسازی

ضریب اصطکاک روسازی خشک (نسبت نیروی اصطکاک به بار چرخ) حدود ۰/۸ یا بیشتر است. درحالی‌که در شرایط خیس ممکن است ضریب اصطکاک روسازی‌ها به حدود ۰/۱ تا ۰/۶ برسد. اگر سطح روسازی در اثر ترافیک فرسوده شده باشد، وجود یک قشر آب در سطح تماس لاستیک و خیابان می‌تواند آنرا به شدت لغزنده کند. این شرایط منجر به کاهش قدرت کنترل وسیله نقلیه در حرکات مختلف خواهد شد. بعلاوه در اثر وجود یک لایه آب راکد در روی روسازی، ممکن است چرخهای وسیله نقلیه از سطح خیابان جدا گشته و کنترل وسیله نقلیه از دست برود، که این پدیده را آب پیمایی می‌گویند. پدیده آب پیمایی را می‌توان به طرق زیر کاهش داد [۵۰]:

- تأمین شیب عرضی ۲/۵ درصد که باعث تسهیل زهکشی، کاهش آب پیمایی و بهبود کشش در شرایط بارانی می‌شود و در عین حال از نظر گردش فرمان و تغییر خط نیز مسئله‌ای ایجاد نمی‌کند.
- افزایش عمق خلل و فرج سطحی رویه به بیش از ۱/۵ میلیمتر، که باعث افزایش مقاومت لغزشی و گردشی و کاهش پدیده آب پیمایی، آبیاشی و آبیفشانی و بهبود پخش نور انعکاسی چراغ جلوی اتومبیل‌ها می‌شود.
- ایجاد شیارهای عرضی در سطح روسازی، مسافت ترمز را بیشتر از شیارهای طولی کاهش می‌دهد. جریان ترافیک می‌تواند عمق بافت سطحی روسازی را در ۶ ماهه اول تا ۲۵ درصد کاهش دهد. با این وجود، شدت فرسایش بستگی به نوع روسازی و ویژگی‌های بافت آن دارد. روسازی‌های نرم و یا با دانه بندی فشرده به سرعت فرسوده نمی‌شوند.



- با استفاده از طرح هندسی و عملیات اجرایی و بهسازی مناسب، می توان ضخامت لایه آب سطحی روسازی را که منجر به آب پیمایی شده و از مقاومت لغزشی می‌کاهد، به حداقل رسانید. ضخامت این لایه آب بستگی به شیب عرضی روسازی، عمق بافت، شدت بارندگی و طول مسیر زهکشی روسازی دارد. طول مسیر زهکشی که خود باید در حداقل ممکن باشد، تابعی از تعداد خطوط عبور و سایر مشخصات هندسی خیابان است.

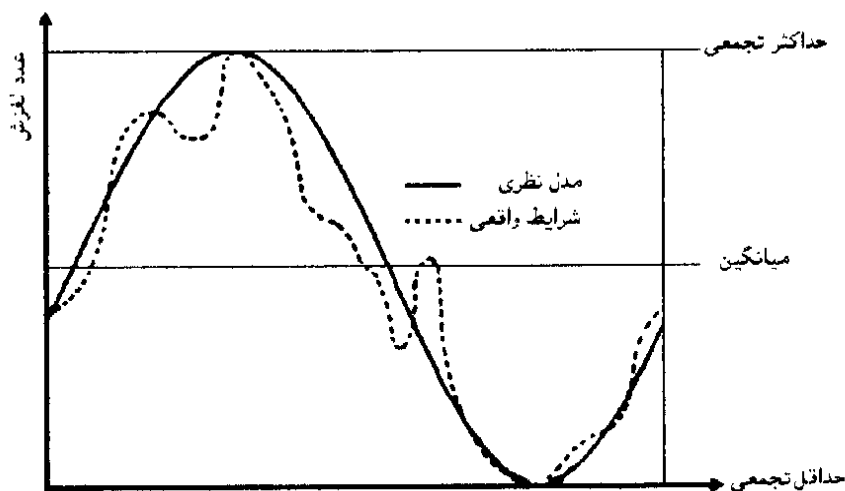
- تسهیلات زهکشی مناسب برای جمع آوری و تخلیه سریع آب از محدوده تقاطع باید تأمین شود تا احتمال آب پیمایی کاهش یافته و کشتش بهبود یابد. تجزیه و تحلیل اطلاعات هواشناسی نشان می‌دهد که بارندگی های شدید به ندرت و با مدت کوتاه رخ می‌دهند. بنابراین احتمال ایجاد پدیده آب پیمایی ناشی از آبهای راکد و حوضچه ها بیشتر است.

- سرعت وسایل نقلیه در شرایط روسازی خیس تقاطع باید محدود به ۵۰ کیلومتر در ساعت باشد تا احتمال وقوع پدیده آب پیمایی به حداقل برسد و مقاومت لغزشی بهتری تأمین شود.

#### ۶-۳-۱-۲- مقاومت لغزشی روسازی تقاطع [۵۰]

روسازی تقاطع باید دارای مقاومت لغزشی کافی برای حرکات مختلف وسایل نقلیه، شامل ترمزگیری، شتابگیری و گردش باشد. مقاومت لغزشی روسازی در شرایط رویه خیس و در یک سرعت مشخص (معمولاً ۶۵ کیلومتر در ساعت) اندازه گیری می‌شود. براین اساس، عدد لغزشی روسازی به عنوان نسبت مقاومت لغزشی در روسازی خیس به بار چرخ، ضربدر ۱۰۰ در سرعت ۶۵ کیلومتر در ساعت تعریف می‌شود. در یک مطالعه تأثیر عدد لغزشی در ایمنی تقاطع، آمار حدود ۴۰۰۰۰ تصادف در ۲۰۰ تقاطع ایالت میشیگان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این بررسی ها نشان داد که تعداد تصادفات در روسازی خیس، بطور پیوسته و یکنواخت با کاهش عدد لغزشی افزایش می‌یابد. این رابطه برای روسازی آسفالتی شدیدتر است. بطور کلی عدد لغزش ۳۰ آستانه تشدید آمار تصادفات بوده است. بررسی تغییرات فصلی عدد لغزش نشان‌دهنده یک روند دوره ای در طول سال است.

در شکل ۶-۶ نمودار تغییرات عدد لغزش بر حسب ماههای سال ارائه شده است. این نمودار نشان می‌دهد که حداقل عدد لغزش رویه های آسفالتی در اواخر تابستان و اوایل پاییز و حداکثر آن در فصل بهار است.



آذر آبان مهر شهریور مرداد تیر خرداد اردیبهشت فروردین اسفند بهمن دی

شکل ۶-۶- تغییرات عدد لغزش بر حسب ماههای سال [۵۰]

میزان مقاومت لغزشی مورد نیاز در تقاطع، برای حرکات مختلف ترمزگیری، شتابگیری، گردش و گردش توأم با ترمزگیری در نظر گرفته می‌شود. معمولاً مقادیر عدد لغزش بزرگتر از ۴۰ در شرایط روسازی خیس و بزرگتر از ۶۰ در شرایط روسازی خشک، برای نیازهای کلیه حرکات کفایت می‌کند.

### ۶-۳-۱-۳- طرح روسازی تقاطع

اصول کلی طراحی روسازی تقاطع مشابه روسازی خیابانها است، ولی یکسری تفاوتها از نظر ویژگی های ترافیکی و بارگذاری میان آنها وجود دارد که باید در طراحی ملحوظ گردد.

چون تقاطع محل عبور مشترک دو یا چند خیابان است، تعداد محورهای عبوری از سطح تقاطع در طول عمر مفید روسازی بیشتر از هر یک از خیابان های متقاطع می‌باشد. بنابراین در طرح روسازی ویژه تقاطع باید مجموع ترافیک عبوری در کلیه جهات مبنای طراحی قرار گیرد. در این صورت ممکن است نیاز به طراحی و اجرای روسازی مقاوم تری در محل تقاطع وجود داشته باشد.

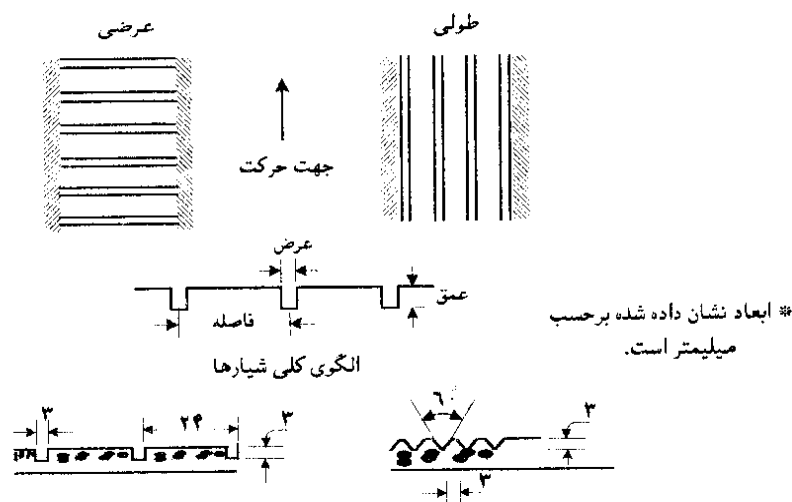
از سوی دیگر به واسطه حرکات مختلف الیه ترافیک در محل تقاطع ها و بویژه کاهش و افزایش سریع سرعت وسایل نقلیه در آنها، یکسری نیروهای افقی در روسازی ایجاد می‌شود که معمولاً منجر به موجدار شدن و یا فتیله ای شدن روسازی به خصوص در محل سراشی می‌گردد. طرح لایه بندی روسازی و نحوه اتصال آنها به یکدیگر همچنین طرح اختلاط آسفالت باید به گونه ای صورت گیرد که تأثیر این نیروهای برشی به حداقل برسد.

۶-۳-۱-۴ - بهسازی روسازی تقاطع [۵۰]

بهسازی روسازی موجود تقاطع ها ممکن است به صورت اصلاح رویه و یا تقویت روسازی با روکش جدید انجام شود. روش های اصلاح رویه موجود که به منظور رفع ناهمواریها و بهبود ضریب اصطکاک صورت می گیرد عبارتند از :

- ایجاد شیارهای عرضی یا طولی در سطح رویه
- گرم تراشی روزدگی قیر در آسفالت تقاطع ها
- چکش کاری روسازی با دستگاههای ضربه زن
- کف سابی با استفاده از دیسک های فولادی
- سند بلاست روسازی
- لکه گیری و مرمت چاله ها و درزهای روسازی

رایج ترین روش اصلاح بافت روسازی، شیاردگی است که معمولاً بوسیله تیغه های الماسه گردنده انجام می شود. در شکل ۶-۷ نمونه هایی از شیارهای طولی و عرضی روسازی مشاهده می شود. از نظر بهبود زهکشی آبهای سطحی، ترجیحاً باید شیارها در جهت شیب عرضی ایجاد شوند.



۶-۷ - نمونه هایی از شیارهای طولی و عرضی روسازی در تقاطع ها [۵۰]

تقویت روسازی آسفالتی موجود را می توان با اجرای یک لایه روکش انجام داد که ممکن است به صورت آسفالت گرم، آسفالت سرد و یا سایر انواع روکش ها باشد. طراحی اختلاط و ضخامت آسفالت، روکش براساس جزئیات روسازی موجود و عمر مفید باقیمانده آن همچنین نیازهای تقاطع از نظر ضریب اصطکاک، روسازی صورت می گیرد.

## ۶-۳-۲- تسهیلات زهکشی

وظیفه اصلی سیستم زهکشی تقاطع، هدایت آبهای سطحی تقاطع به نقاط تخلیه یا خروجی آب است. بخشی از مسیر جریان آب، واقع در روی روسازی است که ضوابط شیب بندی و اجرایی آن در بخش ۳-۴ ارائه شده است. بخش دیگر تسهیلات زهکشی تقاطع ها شامل آبروها، کانالها و دریچه های آبرو است. این تسهیلات باید متناسب با شیب بندی تقاطع مکانیابی شده و براساس اصول فنی، طراحی و نصب شوند. زیرا وجود آب در سطح تقاطع علاوه بر ایجاد مزاحمت در جریان ترافیک، می تواند خطرات جدی از نظر ایمنی در برداشته باشد. از سوی دیگر، نامناسب بودن مکانیابی و طراحی سازه های زهکشی تقاطع ممکن است خطراتی از نظر برخورد و یا سقوط وسایل نقلیه ایجاد کند. به عنوان مثال کانالهای روباز تخلیه آبهای سطحی علاوه بر ایجاد مخاطره برای وسایل نقلیه، برای عابرین پیاده نیز خطراتی دربر دارد. بنابراین باید حتی المقدور در محدوده تقاطع ها این کانالها سرپوشیده گردند. دریچه های فلزی آبرو و یا دریچه های بازدید کانالهای سر پوشیده باید همتراز روسازی بوده و سوراخهای آنها برای تخلیه آب کافی باشد.

معمولاً شبکه هدایت و تخلیه آبهای سطحی از شبکه معابر وسایل نقلیه تبعیت می کند. با این وجود می توان طراحی شبکه جمع آوری آبهای سطحی را به گونه ای طراحی نمود که حتی الامکان گره های اصلی آن منطبق بر تقاطع های اصلی خیابان های شهری نباشند. در این صورت بسیاری از مسائل زهکشی تقاطع های اصلی رفع خواهد شد.

## ۶-۴- قوانین و مقررات و آموزش

### ۶-۴-۱- کلیات

تقاطع، یکی از مهمترین عناصر شبکه خیابانها بوده و محل تداخل حرکات مختلف الجهت وسایل نقلیه و همچنین عابرین پیاده است. بنابراین ضروری است قوانین و مقررات مقتضی برای عملکرد ایمن و کارای ترافیک، تدوین و به مورد اجرا گذارده شود. این قوانین و مقررات باید حقوق و وظایف رانندگان و عابرین پیاده را در جریان ترافیک تقاطع بطور روشن و قاطع تعیین کرده و درعین حال دارای انعطاف پذیری کافی باشند تا همگام با تغییر شرایط، قابلیت انطباق داشته باشند. قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی باید در سطح گسترده و بطور مستمر آموزش داده شده و براساس ضمانت های اجرایی آن با قاطعیت به مورد اجرا گذارده شود.

### ۶-۴-۲- قوانین و مقررات تقاطع ها

قوانین و مقررات حاکم بر عملکرد تقاطع ها از جنبه های مختلفی قابل بررسی است. بخشی از این قوانین و مقررات ناظر بر حقوق و وظایف ترافیکی عابرین پیاده در محدوده تقاطع است و بخش دیگر مربوط به عملکرد رانندگان. این حقوق و وظایف در آئین نامه راهنمایی و رانندگی کشور مدون شده است و به منظور اعمال این آئین نامه و ضمانت اجرایی آن یکسری قوانین و مقررات کیفی توسط مراجع قانون گذاری به تصویب رسیده است.

### ۶-۴-۲-۱- آئین نامه راهنمایی و رانندگی

علی الاصول رعایت کلیه مقررات آئین نامه راهنمایی و رانندگی در محدوده تقاطع ها الزامی بوده و در عملکرد آن مؤثر است. با این وجود برخی از مواد آئین نامه راهنمایی و رانندگی مستقیماً در ارتباط با مقررات تردد در تقاطع ها است که از جمله آنها می توان به موارد ۸۹، ۹۵، ۹۶، ۱۰۶، ۱۱۰، ۱۱۳، ۱۱۶، ۱۲۰ الی ۱۲۷، ۱۳۴، ۱۳۵، ۱۴۲، ۱۴۴ و ۱۹۳ اشاره نمود. برخی دیگر از مقررات راهنمایی و رانندگی بطور غیرمستقیم در عملکرد تقاطع مؤثر است، از جمله مواد ۷۹، ۱۰۵، ۱۱۲، ۱۳۸، ۱۳۹ و ۱۵۱.

### ۶-۴-۲-۲- قوانین و مقررات جزایی

در قانون نحوه رسیدگی به تخلفات و اخذ جرایم رانندگی، انواع مختلف جرایم و مجازات های مربوطه مشخص شده است. مطابق این قانون، تخلفات رانندگی در محدوده تقاطع ها مشمول سنگین ترین مجازات ها

هستند. از جمله این تخلفات می‌توان به موارد زیر اشاره نمود :

- عبور از چراغ قرمز راهنمایی
- عدم توجه به فرمان پلیس در محل تقاطع ها
- عدم توجه به تابلوی ایست یا چراغ چشمک زن
- رعایت نکردن حق تقدم عبور عابر از طرف راننده در گذرگاه عابریاده
- عدم رعایت حق تقدم
- قصور در دادن علامت با دست یا چراغ راهنما در گردش به چپ یا راست
- عدم رعایت سمت های تعیین شده برای حرکت در مجاورت تقاطع ها
- تجاوز به سطح گذرگاه عابر پیاده در سواره رو
- توقف در داخل و یا حریم تقاطع ها در فاصله کمتر از ۱۵ متر
- حرکت به طور ماریج
- گردش به چپ یا به راست در محل ممنوع
- حرکت نکردن در داخل حد فاصل دو خط معابر خط کشی شده.

علیرغم برخی کاستی ها، قوانین و مقررات فوق الذکر در حد مطلوبی تدوین شده و حاوی مهمترین عناوین مورد نیاز در تعیین حقوق و وظایف رانندگان و عابرین پیاده در محدوده تقاطع می‌باشد. با این وجود وضعیت مغشوش و نامنظم ترافیک تقاطع های موجود بیانگر ضرورت اعمال شدید قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی و همچنین تکیه بر امر مهم آموزش می باشد.

#### ۶-۴-۳- آموزش مقررات راهنمایی و رانندگی

در ضمیمه آئین نامه راهنمایی و رانندگی، یکسری آموزش های رانندگی به صورت مصور ارائه شده است. این آموزش ها عمدتاً در ارتباط با مقررات تردد در تقاطع ها، شامل تقدم های عبور، حرکت در چهارراهها، گردش در تقاطع ها و فرامین پلیس در تقاطع ها می‌باشد. یکسری کتابچه های آموزش آئین نامه راهنمایی و رانندگی نیز توسط اشخاص منتشر شده که در آن قوانین و مقررات تردد به صورت مصور و یا سنوال چهار جوابی مطرح شده است.

فراگیری آئین نامه راهنمایی و رانندگی یکی از الزامات در صدور گواهینامه رانندگی است و معمولاً آزمون آن در همین سطح از طرف اداره راهنمایی و رانندگی صورت می‌گیرد. با این وجود هیچ نهاد آموزشی متولی آموزش مقررات راهنمایی و رانندگی وجود ندارد و اغلب افراد شخصاً و به کمک کتابچه های رایج آئین نامه راهنمایی و رانندگی فقط در هنگام اخذ گواهینامه رانندگی آنرا فرا می گیرند.

نتایج مطالعات رفتاری و نظرخواهی رانندگان [۱۸] حاکی از این واقعیت است که یکی از مهمترین دلایل عدم رعایت مقررات راهنمایی و رانندگی از طرف رانندگان، به ویژه در محل تقاطع ها عدم آموزش صحیح و ناآگاهی نسبت به مقررات مربوطه می باشد.

با توجه به این واقعیت ها به نظر می رسد، بهبود آموزش مقررات راهنمایی و رانندگی می تواند بخش عمده ای از مسائل ترافیک به ویژه در محل تقاطع ها را تخفیف دهد. در این راستا پیشنهادهای زیر توصیه می گردد :

- تأسیس سازمان یا اداره متولی آموزش مقررات راهنمایی و رانندگی
- آموزش مقررات راهنمایی و رانندگی از طریق رسانه های گروهی، از قبیل مطبوعات، صدا و سیما و . . .
- آموزش و آزمایش دوره ای رانندگان از طرف اداره راهنمایی و رانندگی
- ارائه دوره های آموزش اجباری برای رانندگان متخلف
- آموزش مقررات پیاده روی برای عموم مردم
- آموزش ایمنی ترافیک در سطح مدارس برای خردسالان، کودکان و همچنین اولیاء و مربیان

## ۶-۵- ملاحظات اقتصادی تقاطع

### ۶-۵-۱- کلیات

تقاطع ها به عنوان نقاط تلاقی خیابانهای شبکه و محل برخورد جریانهای مختلف ترافیک، بخش عمده ای از منابع مالی و هزینه ها را به خود اختصاص می دهند. هزینه های طراحی، احداث و یا اصلاح یک تقاطع ممکن است از حد یک تقاطع همسطح کم هزینه تا حد یک تقاطع غیرهمسطح پرهزینه متغیر باشد. هزینه های بهره برداری تقاطع چه از سوی مدیریت ترافیک و چه استفاده کنندگان نیز شامل طیف وسیعی می باشد که ممکن است در ارزیابی و توجیه طرح تقاطع یک عامل تعیین کننده باشد.

### ۶-۵-۲- ارزیابی اقتصادی تقاطع

ارزیابی اقتصادی تقاطع هم از نظر مقایسه گزینه های مختلف ضرورت دارد و هم از دیدگاه اولویت بندی سرمایه گذاری میان تقاطع های مختلف. معمولاً ارزیابی اقتصادی براساس اصول اقتصاد مهندسی و با در نظر گرفتن اثرات زمانی در هزینه های اولیه، نهایی و جاری انجام می شود. در هر صورت، نیاز به یک تحلیل هزینه - فایده در محدوده فیزیکی تقاطع و یا حتی در محدوده تأثیر آن وجود دارد. از آنجا که در تقاطع ها عواید مستقیم وجود ندارد، فایده یک طرح در قالب بهبودی که در هزینه های استفاده کنندگان از آن به وجود می آید، بیان می گردد. هزینه های تقاطع نیز شامل هزینه های طراحی، تملک، احداث و . . . است که ذیلاً بیان می گردد. تحلیل هزینه - فایده از مقایسه دومورد فوق در افق طرح بدست می آید. در مورد طرحهای اصلاحی کم هزینه می توان افق ارزیابی طرح را ۲ تا ۵ سال و برای طرح های بنیادی با هزینه متوسط تا زیاد حدود ۵ تا ۲۰ سال در نظر گرفت. لذا برای روشن شدن بیشتر مطلب، در زیر هزینه های مختلف تقاطع مورد بررسی قرار می گیرند.

### ۶-۵-۲-۱- هزینه های تقاطع

براساس توضیحات فوق هزینه های تقاطع را می توان به دو گروه اصلی تقسیم بندی نمود :

- هزینه استفاده کننده
- هزینه عرضه کننده

مهمترین هزینه های استفاده کنندگان تقاطع شامل موارد زیر است :

- وسیله نقلیه

هزینه های سوخت، روغن، لاستیک، لنت ترمز و تعمیر و نگهداری وسیله نقلیه در سرعت های پائین و در



عملکرد توقف و حرکت مداوم به شدت افزایش می یابد.

- تأخیر و اتلاف زمان برای راننده و سررشتینان

بخش عمده ای از زمان سفرهای شهری مربوط به تأخیرتقاطع ها است و با کاهش این تأخیرها در زمان سفر کاهش ایجاد می شود.

- راحتی و آسایش

راحتی و آسایش در عبور از تقاطع می تواند دارای ارزشی به مراتب بالاتر از ارزش وقت و صرفه جویی های انجام شده در هزینه های عملکردی باشد. عبور از تقاطع بدون ترمز گرفتن های پی درپی، ایست و حرکت مداوم، بدون حرکت های غیرمنتظره و هرگونه تنش و با حفظ سلامتی و آرامش، دارای ارزشی است که میزان آن براساس نظرات و رفتارهای رانندگان تعیین می شود.

- تصادفات

بخش قابل توجهی از تصادفات وسایل نقلیه و عابرین پیاده در محدوده تقاطع ها واقع می شود. منافعی که از کاهش تصادفات ناشی می شود، در صورتیکه بتوان بطور مناسبی آنرا ارزیابی نمود بسیار قابل توجه است. هزینه تصادف شامل ارقام متعددی است که از جمله مهمترین آنها می توان به هزینه های درمانی، زیان دستمزد و از کارافتادگی، خسارات وسایل نقلیه و ارزش زمان تلف شده در تراکم ترافیکی ناشی از تصادف اشاره نمود.

- محیط زیست

عملکرد تقاطع ها می تواند دارای اثرات سوء زیست محیطی باشد. برخی از این اثرات منفی، مستقیماً متوجه استفاده کنندگان تقاطع می گردد و برخی دیگر شامل گروههای غیراستفاده کننده تقاطع می شود. از جمله این اثرات سوء می توان به انواع آلودگی های هوا، شنیداری و دیداری اشاره نمود. در محدوده تقاطع ها به واسطه کندی و تراکم جریان ترافیک، انتشار گازهای سمی و صدای ناهنجار از آگزور اتومبیل ها شدید است. در هر صورت باید اثرات زیست - محیطی عملکرد تقاطع به نوعی ارزشیابی مالی شود، تا بتوان آنرا در کنار سایر ارقام هزینه در ارزیابی اقتصادی وارد نمود.

هزینه های عرضه کننده در تقاطع شامل موارد زیر است :

- هزینه های مهندسی و طراحی

شامل نقشه برداری، تهیه نقشه ها، انجام آزمایش، نظارت و غیره است که معمولاً به صورت درصدی از کل هزینه های مستقیم احداث تقاطع محاسبه می شود.

- هزینه تملک حریم تقاطع

در نواحی شهری، تملک حریم تقاطع یکی از اقلام مهم هزینه های احداث یا اصلاح تقاطع را به خود اختصاص می دهد و در بعضی از موارد ممکن است از هزینه های اجرایی نیز بیشتر شود. هزینه حریم تقاطع شامل هزینه تملک اراضی و ساختمان هایی است که در محدوده آن قرار دارد و یا خسارت هایی که به باقیمانده آنها ممکن است وارد شود.

- هزینه احداث تسهیلات زیرینایی

شامل هزینه عملیات خاکی، زهکشی، احداث سازه ها، روسازی، و امثالهم.

- هزینه احداث تسهیلات روبینایی

شامل روشنایی، نرده های ایمنی، حفاظ های میانی، وسایل کنترل ترافیک و غیره.

- هزینه سرمایه گذاری در تقاطع

- هزینه های نگهداری تسهیلات تقاطع

از قبیل نگهداری روسازی، جداول و کانالها، نگهداری پلها و سایر سازه ها.

- هزینه های بهره برداری تقاطع

از قبیل تجدید خطکشی، تابلوها و چراغ های راهنمایی، روشنایی، هدایت ترافیک، پلیس و امثالهم.

## واژه نامه فارسی - انگلیسی

### الف

Hydroplaning	آب پیمایی
Friction	اصطکاک
Offset	افست (اختلاف دوره)
Entry Deflection	انحراف مسیر ورودی (میدان)
Interaction	اندرکنش - تداخل
Stop Bay	ایستگاه عقب نشسته

### ب

Reflectorized	بازتابنده
Surface Texture	بافت سطحی
Superelevation	بربلندی (دور)
Conflict	برخورد
Median Opening	بریدگی حفاظ میانی
Optimum	بهینه
Maximum	بیشینه - حداکثر

### پ

Paralell Parking	پارکینگ موازی
Angle Parking	پارکینگ مورب
Post	پایه
Dispersion	پراکندگی - تفرق
Processor	پردازشگر
Shadowing	پناه دادن
Pretimed	پیش زمانبندی شده
Progression	پیشروی
Arrow	پیکان
Lane Arrow	پیکان راهنما
Link	پیوند

ت - ث

Delay	تأخیر
Stopped Delay	تأخیر توقف
Approach delay	تأخیر ورودی
Sign	تابلوی راهنمایی
All-Way Stop Sign	تابلوی ایست چند طرفه
Two-Way Stop Sign	تابلوی ایست دو طرفه
Warning Sign	تابلوی هشدار دهنده
Yield Sign	تابلوی رعایت حق تقدم
Weaving	تداخل
Merging Traffic	ترافیک همگرا
Traffic Composition	ترکیب ترافیک
Uninterrupted Facilities	تسهیلات جریان غیر منقطع
Interrupted Facilities	تسهیلات جریان منقطع
Widening	تعریض
Signalized Intersection	تقاطع چراغدار
Four-leg Intersection	تقاطع چهارراهی
Ring Junction	تقاطع حلقوی
Three-leg Intersection	تقاطع سه راهی
At-Grade Intersection	تقاطع همسطح
Push Button	تکمه فشاری
Crossing	تلاقی
Fully Actuated	تمام سازگار
Mast Arm	تیر طره ای
Louver	تیغه (چراغ راهنمایی)

ج

Curb	جدول
Ideal Saturation Flow Rate	جریان اشباع ایده آل
Refuge Island	جزایر پناه دهنده
Island	جزیره
Divisional Island	جزیره جداکننده
Central Island	جزیره مرکزی
Directional Island	جزیره هدایت کننده

### چ

Left Turn	چپگرد
Two Phase Operation	چراغ دوفازه
Traffic Signal	چراغ راهنمایی
Fixed Time Traffic Light	چراغ راهنمایی پیش زمان بندی شده ثابت
Traffic Actuated-Traffic Adaptive-Traffic Responsive	چراغ راهنمایی سازگار با ترافیک
Coordinated Signal	چراغ راهنمایی هماهنگ
Cycle	چرخه
Density	چگالی
Multiple	چندگانه

### ح

Volume	حجم
Peak hour Volume	حجم ساعت اوج
Design Hour Volume	حجم ساعت طرح
Minimum Vehicular Volume	حداقل حجم ترافیک
Minimum Pedestrian Volume	حداقل حجم تردد عابرین پیاده
Movement	حرکت
Critical Movement	حرکت بحرانی
Progressive Movement	حرکت پیشرونده
Protected Turning	حرکت گردش حمایت شده
Permitted Turning	حرکت گردش حمایت نشده
Right-of-Way (R.O.W.)	حریم - پوسته
Presence	حضور
Median	حفاظ میانی
Inductive Loop	حلقه القایی
Protected	حمایت شده
Permitted	حمایت نشده

### خ

Acceleration Lane	خط افزایش سرعت
Crown Line	خط الرأس
Storage	خط انبار
Speed Change Lane	خط تغییر سرعت

Decelaration Lane	خط کاهش سرعت
Marking	خط کشی
Auxiliary Lane	خط کمکی
Turning Lane	خط گردش
Shared Lane	خط مشترک
Exclusive Right Turn Lane	خط ویژه گردش به راست

### د - د

Platoon	دسته وسایل نقلیه
Superelevation	دور (بریلندی)

### ر

Right Turn	راستگرد
MUTCD- Manual on Uniform Traffic Control Devices	راهنمای یکنواخت وسایل کنترل ترافیک
Forced to Zero Regression	رگرسیون صفرگذر
Micro Processor	ریز پردازنده

### ژ - ژ

Change Interval	زمان تخلیه
Extension Period	زمان تمدید
Effective Green Time	زمان سبز مؤثر
Effective Red Time	زمان قرمز مؤثر
Lost Time	زمان هدررفته
Start - up Lost Time	زمان هدررفته ابتدا
Clearance Lost time	زمان هدررفته انتها
Fixed - Time	زمانبندی ثابت

### س

Accident Record	سابقه تصادفات
Lagging Green	سبز تأخری
Leading Green	سبز تقدیمی
Lead - Lag Green	سبز تقدیمی - تأخری
Speed	سرعت
Headway	سرفاصله زمانی
Level of Service	سطح خدمت

Far Side	سمت خروجی تقاطع
Near Side	سمت ورودی تقاطع
Circulatory Carriageway	سواره رو گردش
Gyratory System	سیستم دورگرد

### ش

Detector	شناسگر
Crossfall	شیب عرضی
Adverse Crossfall	شیب عرضی معکوس
Ramp	شیبراه

### ص - ض

Target Board-Back plate	صفحه پشت چراغ
Load Factor	ضریب بار
Impedance Factor	ضریب بازدارندگی
Adjustment Factor	ضریب تعدیل

### ظ - طا

Reserve Capacity	ظرفیت باقیمانده
Potential Capacity	ظرفیت بالقوه
Movement Capacity	ظرفیت حرکتی

### ع - غ

Skid Number	عدد لغزشی
Lens	عدسی
Signal Lens	عدسی چراغ راهنمایی
Arrow Lens	عدسی پیکانی
Circular Lens	عدسی ساده
Bandwidth	عرض نوار عبور (در نمودار مسافت - زمان)

### ف

Phase	فاز
Phasing	فازبندی
Gap	فاصله
Safe Intersection Sight Distance	فاصله دید ایمن تقاطع
Critical Gap Size	فاصله عبور بحرانی

Gap Acceptance	فاصله عبور قابل قبول
Signal Head-Lantern Aspect	فانوس
Signal Face	فانوس چراغ راهنمایی
Process	فرآیند
Interval	فرجه

### ق

Weaving Section	قطعه تداخلی
Turning Curve	قوس گردش

### ک

Candela	کاندلا - واحد شدت نور
Minimum	کمینه - حداقل
Network Control	کنترل شبکه ای
Arterial Street Control	کنترل شریانی
Isolated Control	کنترل مجزای تقاطع
Central Control	کنترل مرکزی
System Control	کنترل هماهنگ تقاطع ها

### گ

School Crossing	گذرگاه دانش آموزان
Lane Group	گروه خط
Alternative	گزینه

### ل

Taper	لچکی
Lux	لوکس
Lumen	لومن

### م

Oblique	مایل
Sight Triangle	مثلث دید
Central Business District (CBD)	مرکز تجاری - اداری شهر
Sight Distance	مسافت دید
Approach Sight Distance	مسافت دید تقرب
Entering Sight Distance	مسافت دید ورود



Alinement	مسیر
Channelization	مسیربندی
Access Road	مسیر دسترسی
Frontage Road	مسیرکنندرو
Turning Roadway	مسیر گردشی
Through Car Equivalent	معادل سواری مسیر مستقیم
Measure of Effectiveness	معیار کارایی
Measure of Performance	معیار کارایی
Skid Resistance	مقاومت لغزشی
Green Wave	موج سبز
Roundabout	میدان
Signalized Roundabout	میدان چراغدار
Weaving Roundabout	میدان تداخلی
Priority Roundabout	میدان تقدمی
Double Roundabout	میدان دوقلو
Grade Separated Roundabout	میدان غیرهمسطح
Mini Roundabout	میدان کوچک (میدانچه)
Normal Roundabout	میدان معمولی
<b>ن</b>	
Occupancy	نرخ اشغال
Flow Rate	نرخ تردد
Saturation Flow Rate	نرخ جریان اشباع
Arrival Rate	نرخ ورود
Green Time Ratio	نسبت زمان سبز
Visor-Cowl	نقاب
Open Visor	نقاب باز
Closed Visor	نقاب بسته
Cutaway Visor	نقاب جانبی
Maintenance	نگهداری
Template	نمودار گردش نما
Profile	نیمرخ
Semi-Actuated	نیمه سازگار

	<b>۹</b>
Diverging	واگرایی
U-Turn	واگرد
Approach	ورودی
Intersection Approach	ورودی تقاطع
Heavy Vehicle	وسیله نقلیه سنگین
Design Vehicle	وسیله نقلیه طرح
	<b>همه - ی</b>
Warning	هشدار
Stop Penalty	هم ارز توقف
Merging	همگرایی

## منابع و مراجع

### الف) منابع فارسی

- ۱- " معیارهای طرح هندسی تقاطع ها " دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه  
نشریه شماره ۸۷ - ۱۳۶۷
- ۲- " چکیده ای از معیارهای طرح هندسی راهها و تقاطع ها " دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه - نشریه شماره ۸۸ - ۱۳۶۴
- ۳- " وسایل کنترل ترافیک " دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه  
نشریه شماره ۹۹ - ۱۳۷۰
- ۴- " آئین نامه طراحی راههای شهری " وزارت مسکن و شهرسازی -  
معاونت شهرسازی و معماری - ۱۳۷۵
- ۵- صرافین ، محمود - " آئین نامه طراحی هندسی معابر " حوزه معاونت حمل و نقل و ترافیک  
شهرداری تهران با همکاری دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) - ۱۳۷۲
- ۶- بهبهانی ، حمید - قهرمانی، حسین - امینی، بهنام - احمدی نژاد، محمود  
" مهندسی ترافیک - تئوری و کاربرد آن " - ۱۳۷۴
- ۷- شاهی، جلیل - " مهندسی ترافیک " - ۱۳۶۸
- ۸- " سوابق مطالعات و عملیات میدانی پروژه تقاطع های همسطح " دفتر تحقیقات و  
معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه - ۱۳۷۵
- ۹- زریونی، محمدرضا - " طرح هندسی راه " - ۱۳۵۶
- ۱۰- کلهر، حسن - " مهندسی روشنایی " - ۱۳۶۴
- ۱۱- آیتی، اسماعیل - " تصادفات جاده ای ایران " - ۱۳۷۱
- ۱۲- " دو دیدگاه در مطالعات جامع حمل و نقل شهری " مهندسین مشاور رهپویان - مهندسین مشاور گذرراه - فروردین ۱۳۷۲
- ۱۳- " جایگاه مطالعات حمل و نقل و ترافیک در شهرسازی " مهندسین مشاور رهپویان - مهندسین مشاور گذرراه - مهرماه ۱۳۷۲

- ۱۴- مصاحبه ۱۱ تن از اساتید و کارشناسان حمل و نقل و ترافیک با روزنامه اطلاعات " مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران در جستجوی هویت تازه " روزنامه اطلاعات شماره های ۲۰۱۸۷ مورخ ۷۳/۲/۱۵ الی ۲۰۱۹۳ مورخ ۷۳/۲/۲۲
- ۱۵- خورسندی، علیرضا - " بررسی و ارزیابی مدل های برآورد تأخیر در تقاطع های با چراغ راهنمایی در شهر تهران " پایان نامه کارشناسی ارشد - دی ماه ۱۳۷۲
- ۱۶- بیهقی، بهزاد - " بررسی انواع روش های کنترل تقاطع ها با چراغ راهنمایی " سمینار کارشناسی ارشد - ۱۳۷۱
- ۱۷- بیهقی، بهزاد - " ارزیابی مدل های هماهنگی چراغ های راهنمایی در تقاطع های شریان های شهری " پایان نامه کارشناسی ارشد - ۱۳۷۱
- ۱۸- " برنامه ریزی، طراحی و مدیریت تسهیلات پیاده روی " دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه - نشریه شماره ۱-۱۴۴، ۱۳۷۵
- ۱۹- " آئین نامه راهنمایی و رانندگی " - معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران - ۱۳۷۰
- ۲۰- " معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی " - دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه - نشریه شماره ۸۵ - ۱۳۶۵
- ۲۱- ملامحمدی عمران، اصغر - " ارزیابی ضوابط پخی از دیدگاه مهندسی ترافیک " مجموعه مقالات نخستین سمینار مهندسی ترافیک ایران - ۱۳۷۴

ب - منابع انگلیسی و آلمانی

- 22- " **A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS** " AASHTO - 1990
- 23- " **A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF RURAL HIGHWAYS** " AASHO - 1965
- 24- " **HIGHWAY CAPACITY MANUAL** " Transportation Research Board-National Research Council , Washington D.C. 1985
- 25- " **UPDATED HCM** " Chapter 9 and Chapter 10 Oct. 1994
- 26- " **HIGHWAY CAPACITY MANUAL** " Chapter Six At-Grade Intersections - 1965
- 27- " **GEOMETRIC DESIGN STANDARDS FOR CANADIAN ROADS AND STREETS** ". Roads and Transportation Association of Canada - 1976
- 28- " **THE GEOMETRIC DESIGN OF ROUNDABOUTS, TA 42/84 & TD 16/84** " Department of Transport , England - 1984.
- 29- " **TRAFFIC ENGINEERING HANDBOOK** " Institute of Transportation Engineers. Englewood Cliffs New Jersey - 1987.
- 30- Pignataro Louis.J " **TRAFFIC ENGINEERING** " Prentice-Hall, Ing, Englewood Cliffs, New Jercey -1973
- 31- " **PRINCIPALS OF DESIGN STANDARDS** " Freeman Fox and Associates Transportation Planning.Advisory Services for Tehran - 1977
- 32- Willilm R. Mcshane-Roger P. Ross " **TRAFFIC ENGINEERING** " Prentice Hall Polytechnic Series in Traffic Engineering-1990
- 33- Paul H. Wright, Radnor J. Paquette " **HIGHWAY ENGINEERING** " Georgia Institute of Technology - 1987
- 34- " **HIGHWAYS : TRAFFIC PLANNING AND ENGINEERING** " Volume 1- C A O Flaherty - 1986
- 35- Peter Bottomley " **ROADS AND TRAFFIC IN URBAN AREAS** " Institution of Highways and Transportation - 1987
- 36- Theodore M. Hauer, Wilbur S. Smith, Frederick W.Hurd " **TRAFFIC ENGINEERING** " Mc Graw-Hill Book Company, INC. - 1955
- 37- " **ROADS AND TRAFFIC IMPROVEMENTS FOR URBAN AREAS SAFETY** ". Volume 1 Executive Summary Federal Highway Administration, Washington, D.C. 1977

- 38- " **MANUAL ON UNIFORM TRAFFIC CONTROL DEVICES FOR STREETS AND HIGHWAYS** " U.S. Department of Commerce 1961
- 39- " **MANUAL ON UNIFORM TRAFFIC CONTROL DEVICES FOR STREETS AND HIGHWAYS** " U.S. Department of Transportation - FHWA - 1988
- 40- " **PART VI OF THE MANUAL ON UNIFORM TRAFFIC CONTROL DEVICES (MUTCD)** " - Revision 3 - FHWA - 1993
- 41- C.S. Papacostas " **FUNDAMENTALS OF TRANSPORTATION ENGINEERING** " Prentice-Hall-International Editions - 1987
- 42- " **EFFECTS OF TRAFFIC CONTROL ON STREET CAPACITY** " Highway Research Board - 1955
- 43- " **TRAFFIC CONTROL IN SATURATED CONDITIONS** " A Report Prepared By an OECD Road Research Group 1981
- 44- Norman Kennedy, James H.Kell, Wolfgang S. Homburger " **FUNDAMENTALS OF TRAFFIC ENGINEERING - 8th EDITION** " The Institute of Transportation and Traffic Engineering - University of California - 1973
- 45- Vergil G. Stover, Frand J. Koepke " **TRANSPORTATION AND LAND DEVELOPMENT** " Institute of Transportation Engineers - 1988
- 46- " **INTERSECTIONS WITHOUT TRAFFIC SIGNALS** " Proceedings of an International Workshop 16-18 March, 1988 in Bochum, West Germany
- 47- Wolfgang S. Homburger, Elizabeth A. Deakin, Peter C. Bosselmann, Daniel T. Smith, Jr., Bert Beukers " **RESIDENTIAL STREET DESIGN AND TRAFFIC CONTROL** " Institute of Transportation Engineers - 1989
- 48- R. Akcelik " **TRAFFIC SIGNALS: CAPACITY AND TIMING ANALYSIS** " Australian Road Research Board Research Report ARR NO. 123-1991
- 49- " **TRAFFIC SIGNALS** " Guide to Traffic Engineering Practice - Austroads - Sydney - 1993
- 50- " **SYNTHESIS OF SAFETY RESEARCH RELATED TO TRAFFIC CONTROL AND ROADWAY ELEMENTS** " VOL. 1 U.S. Department of Transportation - 1982
- 51- " **IDENTIFICATION, ANALYSIS AND CORRECTION OF HIGH-ACCIDENT LOCATIONS** " Missouri Highway and Transportation Department - 1990
- 52- " **TRAFFIC CONTROL AND TRANSPORTATION SYSTEMS** " Proceedings of the 2nd IFAC/IFIP/IFORS Symposium Monte Carlo, 16-21 September, 1974

- 53- " **RESEARCH ON ROAD SAFETY** " Department of Scientific and Industrial Research. Road Research Laboratory, London, Her Majesty's Stationery office, 1963
- 54- " **STOP, YIELD, AND NO CONTROL AT INTERSECTIONS** " FHWA - 1981
- 55- " **THE PROTECTION OF PEDESTRIANS FROM ROAD VEHICLE RELATED INJURY** " Suggested Research Based on a Review of the Literature - 1992
- 56- Subhash C. Saxena " **A COURSE IN TRAFFIC PLANNING AND DESIGN** " Dhanpat RAI & SONS - 1989
- 57- " **TRANSYT-7F** " User's Manual-Transportation Research Center-University of Florida - 1987
- 58- " **TRANSYT/9 USERS MANUAL** " Transport and Road Research Laboratory Department of Transport -1988
- 59- " **SOAP 84** " U.S. Department of Transportation -1985
- 60- Fred L. Orcutt, Jr., P.E. " **THE TRAFFIC SIGNAL BOOK** " Prentice Hall - 1993
- 61- A Kamala " **TRANSPORTATION ENGINEERING** " Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited 1988
- 62- " **GUIDE FOR SELECTING, LOCATING, AND DESIGNING TRAFFIC BARRIERS** " - AASHTO - FHWA - 1977
- 63- " **TRAFFIC CONTROL SYSTEMS HANDBOOK** " Institute of Transportation Engineers Washington D.C -1985
- 64- " **HIGHWAY DESIGN MANUAL** " California Department of Transportation - 1990
- 65- " **INTERSECTIONS AT GRADE** " Guide to Traffic Engineering Practice. National Association of Australian State - Road Authorities - 1988
- 66- William R. Reilly, P.E. " **FUNDAMENTALS OF TRAFFIC ENGINEERING** " San Diego, California April-1992
- 67- " **THE PEDESTRIAN'S ROAD ENVIRONMENT** " Chairman's Report - TRRL - 1977
- 68- " **HANDBOOK FOR ROAD SAFETY OFFICERS** " - U.K. -1990
- 69- " **ROAD SAFETY EDUCATION** " - Chairman's Report TRRL-1978
- 70- " **PEDESTRIAN SAFETY IN DEVELOPING COUNTRIES** " trrl-1991
- 71- " **PEDESTRIAN SAFETY IN DEVELOPING WORLD** " TRRL - 1993
- 72- " **TRAFFIC CONTROL DEVICES HANDBOOK** " Part IV. Signals - FHWA - 1983

- 73- James H. Kell. Iris J. Fullerton  
**" MANUAL OF TRAFFIC SIGNAL DESIGN "** -ITE-1982
- 74- **" RICHTLINIEN FÜR LICHTSIGNALANLAGEN, RILSA "**  
 Forschungsgesellschaft fuer strassen - und  
 Verkehrswesen Ausgabe 1992
- 75- **" RICHTLINIEN FÜR DIE MARKIERUNG VON STRASSEN,  
 RMS TEIL 1,2 "**  
 Forschungsgesellschaft fuer strassen - und  
 Verkehrswesen Ausgabe 1980
- 76- **" RICHTLINIEN FÜR DIE ANLAGE VON STRASSEN, RAS-K-1 "**  
 Forschungsgesellschaft Fuer Strassen - und  
 Verkehrswesen Ausgabe 1988
- 77- **" URBAN INTERSECTION IMPROVEMENTS FOR PEDESTRIAN  
 SAFETY "** Federal HighWay Administration-1977
- 78- **" MOTOR VEHICLE ACCIDENTS IN RELATION TO GEOMETRIC AND  
 TRAFFIC FEATURES OF HIGHWAY INTERSECTIONS "**  
 Research Report - Federal HighWay Administration
- 79- **" THE ACCURACY OF ESTIMATING DELAYS AT SIGNALISED  
 INTERSECTIONS "** Traffic Engineering + Control
- 80- R. Akcelik **" NEW APPROXIMATE EXPRESSIONS FOR DELAY,  
 STOP RATE AND QUEUE LENGHT AT ISOLATED SIGNALS "**  
 Australian Road Research Board , Australia
- 81- B. Kent Lall, Kostaman Thayib, Michael Kyte  
**" CRITICAL GAP ACCEPTANCE AT TWO-WAY STOP CONTROLLED  
 INTERSECTIONS "** Highway Capacity and Level of Service-1991
- 82- George Earnhart and Lina Simon- **" ACCESSIBILITY FOR ELDERLY  
 AND HANDICAPPED PEDESTRIANS "** - A manual for cities - FHWA-  
 IP-8-7-8- October 1987
- 83- Brian L. Bowman, John J. Fruin and Charles V. Zegeer -  
**" HANDBOOK ON PLANNING, DESIGN, AND MAINTENANCE OF  
 PEDESTRIAN FACILITIES "** FHWA- IP-88-19- March 1989
- 84- L.R. Kadiyali **" TRAFFIC ENGINEERING AND TRANSPORT  
 PLANNING "** Khanna Publishers - 1991
- 85- **" STRASSENVERKEHRSTECHNIK II "** Technische Hochschule  
 Stuttgart, Stuttgart, Dezember - 1962
- 86- G. A. Giannapoulos **" BUS PLANNING AND OPERATION IN  
 URBAN AREAS, A PRACTICAL GUIDE "** Athenaeum Press Ltd.  
 Newcastle Upon Tyne. Great Britain - 1989
- 87- **" CANADIAN TRANSIT HANDBOOK "** Second Edition,  
 Canadian Urban Transit Association - 1985
- 88- Vukan R. Vuchic **" URBAN PUBLIC TRANSPORTATION, SYSTEMS  
 AND TECHNOLOGY "** , Printice-Hall Inc. Newjersy-1981



- 89- " **RICHTLINIEN FÜR DIE ANLAGE VON STRASSEN (RAS) "**  
Tiel : Anlagen des öffentlinchen Personennah Verkehrs  
(RAS-O) - Abschnitt 2 : Omnibus und Obus , Ausgabe-1979
- 90- " **A POLICY ON DESIGN OF URBAN HIGHWAYS AND ARTERIALS "**  
AASHO - 1973
- 91- F.V. Webster and B.M. Cobbe " **TRAFFIC SIGNALS "**  
Road Research Technical Paper No. 56 - London - 1966
- 92- Bang, K-L and palgunadi " **CAPACITY AND DRIVER BEHAVIOR IN  
INDONESIAN SIGNALIZED INTERSECTIONS "**. Proceedings of the  
Second International Symposium on Highway Capacity, 1994,  
Akcelik, R.(ed), Volume 1.
- 93- " **EMPFEHLUNGEN FÜR DIE ANLACE VON HAUPTVERKEHRSSTRASSEN (EAHV) "**  
Forschungsgesellschaft für strassen - und verkehrswesen  
Ausgabe 1980.
- 94- Torsten Bergh and Hermanto Dardak " **CAPACITY OF UNSIGNALISED  
INTERSECTIONS AND WEAVING AREAS IN INDONESIA"**  
Proceedings of the second International Symposium on Highway  
Capacity , 1994, Akcelik, R. (ed.), Volume 1.
- 95- " **EMPFEHLUNGEN FÜR DIE ANLACE VON ERSCHLIESSUNGSSTRASSEN  
(EAE 85/95) "** . Forschungsgesellschaft für strassen - und  
verkehrswesen, Ausgabe 1985 - Ergänzte Fassung 1995

جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه

# دفتر امور فنی و تدوین معیارها

فهرست نشریات

تابستان

۱۳۷۶

فهرست نشریات دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ملاحظات	تاریخ انتشار		شماره نشریه	عنوان نشریه	شماره ردیف
	چاپ اول	چاپ آخر			
	-	۱۳۵۰	۱	زلزله خیزی ایران (از سال ۱۹۰۰ تا سال ۱۹۶۹)	۱
	-	۱۳۵۰	۲	زلزله هشتم مرداد ماه ۴۹ قرقانوه (گنبد کاووس)	۲
	-	۱۳۵۰	۳	بررسی های فنی	۳
	-	۱۳۵۰	۴	طرح و محاسبه و اجرای رویه های بتنی در فرودگاهها	۴
				آزمایش لوله های تحت فشارسیمان و پنبه نسوز	۵
	-	۱۳۵۰	۵	درکارگاه های لوله کشی	۵
				ضمائم فنی دستورالعمل طرح، محاسبه و اجرای رویه های	۶
	-	۱۳۵۰	۶	بتنی در فرودگاهها	۶
فاقد اعتبار	۱۳۵۲	۱۳۵۱	۷	دفترچه تب شرح قیمت های واحد عملیات راه های فرعی	۷
فاقد اعتبار	۱۳۵۲	۱۳۵۱	۸	دفترچه تب شرح قیمت های واحد عملیات راه های اصلی	۸
				مطالعه و بررسی در تعیین ضوابط مربوط به	۹
	-	۱۳۵۱	۹	طرح مدارس ابتدائی	۹
				بررسی فنی مقدماتی زلزله ۲۱ فروردین ماه ۱۳۵۱ منطقه	۱۰
	-	۱۳۵۱	۱۰	قیرو کارزین استان فارس	۱۰
	-	۱۳۵۱	۱۱	برنامه ریزی فیزیکی بیمارستان های عمومی کوچک	۱۱
	-	۱۳۵۲	۱۲	روسازی شنی و حفاظت رویه آن	۱۲
	-	۱۳۵۲	۱۳	زلزله ۱۷ آبان ماه بندرعباس	۱۳
				تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و	۱۴
	۱۳۵۳	۱۳۵۲	۱۴	راهسازی (بخش کارهای آجری)	۱۴
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۲	۱۵	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی در اهاسازی (بخش نیمه هزینه ساعته ماشینهای راهسازی)	۱۵
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۲	۱۶	شرح قیمت های واحد تب برای کارهای ساختمانی	۱۶
				برنامه ریزی فیزیکی بیمارستان های عمومی از ۱۵۰	۱۷
	-	۱۳۵۲	۱۷	تخت تا ۷۲۰ تخت	۱۷
				مشخصات فنی عمومی لوله ها و اتصالات پی.وی.سی سخت	۱۸
	-	۱۳۵۲	۱۸	برای مصارف آب رسانی	۱۸
	-	۱۳۵۲	۱۹	روش نصب و کارگذاری لوله های پی.وی.سی	۱۹
	۱۳۷۳	۱۳۵۲	۲۰	جوشکاری در ساختمان های فولادی	۲۰
	۱۳۶۳	۱۳۵۲	۲۱	تجهیز و سازماندهی کارگاه جوشکاری	۲۱
	۱۳۶۲	۱۳۵۲	۲۲	جوش پذیری فولادهای ساختمانی	۲۲
	۱۳۷۳	۱۳۵۲	۲۳	بازرسی و کنترل کیفیت جوش در ساختمان های فولادی	۲۳
	۱۳۷۳	۱۳۵۲	۲۴	ایمنی در جوشکاری	۲۴
	-	۱۳۵۲	۲۵	زلزله ۲۳ نوامبر ۱۹۷۲ مئانگوا	۲۵
	۱۳۷۳	۱۳۵۲	۲۶	جوشکاری در درجات حرارت پایین	۲۶
				مشخصات فنی عمومی لوله کشی آب سرد و گرم و	۲۷
	-	۱۳۵۲	۲۷	فاضلاب ساختمان	۲۷

فهرست نشریات دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ملاحظات	تاریخ انتشار		شماره نشریه	عنوان نشریه	شماره ردیف
	چاپ اول	چاپ آخر			
	-	۱۳۵۳	۲۸	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی (بخش ملاتها)	۲۸
	-	۱۳۵۳	۲۹	بررسی نحوه توزیع منطقی تخت‌های بیمارستانی کشور	۲۹
				مشخصات فنی عمومی برای طرح و اجرای انواع شمعه‌ها و سپرها	۳۰
	۱۳۶۵	۱۳۵۳	۳۰	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش اندودها، قرنیزها و بندکشی)	۳۱
	-	۱۳۵۳	۳۱	شرح قیمت‌های واحد تیپ برای کارهای لوله‌کشی آب و فاضلاب ساختمان	۳۲
	-	۱۳۵۳	۳۲	مشخصات فنی عمومی راههای اصلی	۳۳
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۳۳	مشخصات فنی عمومی اسکلت فولادی ساختمان	۳۴
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۳۴	مشخصات فنی عمومی کارهای بتی	۳۵
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۳۵	مشخصات فنی عمومی کارهای بتی	۳۶
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۳۶	استانداردهای نقشه‌کشی	۳۷
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۳۷	مشخصات فنی عمومی اندودکاری	۳۸
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۳۸	شرح قیمت‌های واحد تیپ برای کارهای تاسیسات حرارتی و تهویه مطبوع	۳۹
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۳۹	مشخصات فنی عمومی درو پنجره	۴۰
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۴۰	مشخصات فنی عمومی شیشه‌کاری در ساختمان	۴۱
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۴۱	مشخصات فنی عمومی کاشی‌کاری و کف‌پوش در ساختمان	۴۲
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۴۲	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش کاشی‌کاری، سرامیک‌کاری، فرش‌کف و عایق‌کاری)	۴۳
	-	۱۳۵۳	۴۳	استاندارد پیشنهادی لوله‌های سخت پی.وی.سی در لوله‌کشی آب آشامیدنی	۴۴
		۱۳۵۴	۴۴	استاندارد پیشنهادی لوله‌های سخت پی.وی.سی در مصارف صنعتی	۴۵
		۱۳۵۴	۴۵	زلزله ۱۶ اسفند ۱۳۵۳ (سرخون بندرعباس)	۴۶
		۱۳۵۴	۴۶	استاندارد پیشنهادی اتصالات لوله‌های تحت فشار پی.وی.سی	۴۷
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۴۷	مشخصات فنی عمومی راههای فرعی درجه یک و دو	۴۸
		۱۳۵۴	۴۸	بحثی پیرامون فضا در ساختمانهای اداری	۴۹
		۱۳۵۴	۴۹	گزارش شماره ۱ مربوط به نمودارهای شتاب نگار در ایران	۵۰
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۵۰	مشخصات فنی عمومی کارهای نصب و رفتهای پوششی سقف	۵۱
فاقد اعتبار	-	۱۳۵۳	۵۱	شرح قیمت‌های واحد تیپ برای کارهای تاسیسات برق	۵۲
		۱۳۵۴	۵۲	زلزله‌های سال ۱۹۱۰ کشور ایران	۵۳
		۱۳۵۴	۵۳	راهنمای طرح و اجرای عملیات نصب لوله‌های سخت پی.وی.سی در لوله‌کشی آب سرد	۵۴

فهرست نشریات دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ملاحظات	تاریخ انتشار		شماره	عنوان نشریه	شماره ردیف
	چاپ اول	چاپ آخر	نشریه		
تجدید نظر اول: چاپ دوم	۱۳۷۴	۱۳۵۴	۵۵	مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (تجدید نظر اول)	۵۵
		۱۳۵۴	۵۶	راهنمای طرح و اجرای عملیات نصب لوله‌های سخت پی.وی.سی	۵۶
		۱۳۵۴	۵۷	شرایط لازم برای طرح و محاسبه ساختمانهای بتن آرمه	۵۷
		۱۳۵۴	۵۸	گزارش شماره ۲ مربوط به نمودارهای شتاب‌نگار در ایران	۵۸
		۱۳۵۴	۵۹	شرح بستهای واحد تپ برای خطوط انتقال آب	۵۹
		۱۳۵۵	۶۰	شرح قیمت‌های واحد تپ برای شبکه توزیع آب	۶۰
		۱۳۵۵	۶۱	طرح و محاسبه قابهای شیب‌دار و قوسی فلزی	۶۱
		۱۳۵۵	۶۲	نگرشی بر کارکرد و نارسائیهای کوی نهم آبان	۶۲
		۱۳۵۵	۶۳	زلزله‌های سال ۱۹۶۹ کشور ایران	۶۳
		۱۳۵۵	۶۴	مشخصات فنی عمومی درزهای انبساط	۶۴
فائد اعتبار		۱۳۵۵	۶۵	تقاشی ساختمانها (آئین کاربره)	۶۵
فائد اعتبار		۱۳۵۵	۶۶	تحلیلی بر روند دگرگونیهای سکونت در شهرها	۶۶
فائد اعتبار		۱۳۵۵	۶۷	راهنمایی برای اجرای ساختمان بناهای اداری	۶۷
			۶۸	ضوابط تجزیه و تحلیل قیمت‌های واحد ارقام مربوط به خطوط انتقال آب	۶۸
		۱۳۵۶	۶۸	انتقال آب	۶۸
		۱۳۵۶	۶۹	زلزله‌های سال ۱۹۶۸ کشور ایران	۶۹
			۷۰	مجموعه مقالات سمینار سنتو (پیشرفتهای اخیر در کاهش خطرات زلزله، تهران ۲۳-۲۵ آبان‌ماه ۱۳۵۵)	۷۰
		۱۳۵۶	۷۱	محافظة ابنیه فنی آهنی و فولادی در مقابل خوردگی	۷۱
		۱۳۵۶	۷۲	راهنمایی برای تجزیه قیمت‌های واحد کارهای تاسیساتی	۷۲
			۷۳	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش عملیات خاکی با وسایل مکانیکی)	۷۳
		۱۳۵۶	۷۳	عملیات خاکی با وسایل مکانیکی	۷۳
			۷۴	ضوابطی برای طرح و اجرای ساختمانهای فولادی (براساس آئین نامه AISC)	۷۴
		۱۳۵۶	۷۴	برنامه کامپیوتری مربوط به آنالیز قیمت کارهای ساختمانی	۷۴
		۱۳۵۶	۷۵	وراهسازی	۷۵
			۷۶	مجموعه راهنمای تجزیه واحد قیمت‌های واحد کارهای ساختمانی و راهسازی (قسمت اول)	۷۶
		۱۳۵۶	۷۶	وراهسازی (قسمت اول)	۷۶
		۱۳۵۶	۷۷	زلزله ۴ مارس ۱۹۷۷ کشور رومانی	۷۷
	۱۳۶۲	۱۳۵۷	۷۸	راهنمای طرح ساختمانهای فولادی	۷۸
	۱۳۶۴	۱۳۶۰	۷۹	شرح خدمات نقشه برداری	۷۹
		۱۳۶۰	۸۰	راهنمای ایجاد بناهای کوچک در مناطق زلزله خیز	۸۰
		۱۳۶۱	۸۱	سیستم گازهای طبی در بیمارستانها - محاسبات و اجرا	۸۱

فهرست نشریات دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ملاحظات	تاریخ انتشار		شماره نشریه	عنوان نشریه	شماره ردیف	
	چاپ اول	چاپ آخر				
ویرایش سوم: چاپ دوم	۱۳۷۵	۱۳۶۲	۸۲	راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک	۸۲	
	۱۳۷۳	۱۳۶۶	۸۳	نقشه‌های تیپ پلها و آبروها تا دهانه ۸ متر	۸۳	
				طراحی مسکن برای اشخاص دارای معلولیت (باصدلی چرخدار)	۸۴	
		۱۳۶۳	۸۴			
		۱۳۶۵	۸۵	معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی	۸۵	
		۱۳۶۴	۸۶	معیارهای طرح هندسی راههای روستائی	۸۶	
		۱۳۶۷	۸۷	معیارهای طرح هندسی تقاطع‌ها	۸۷	
		۱۳۶۴	۸۸	چکیده‌ای از طرح هندسی راهها و تقاطع‌ها	۸۸	
		۱۳۷۳	۱۳۶۹	۸۹	مشخصات فنی تاسیسات برق بیمارستان	۸۹
			۱۳۶۳	۹۰	دیوارهای سنگی	۹۰
چاپ چهارم		۱۳۶۴	۹۱	القبای کالبد خانه سنتی (یزد)	۹۱	
	۱۳۷۳	۱۳۶۳	۹۲	جزئیات معماری ساختمانهای آجری	۹۲	
		۱۳۶۳	۹۳	گزارش فنی (ساختمان مرکز بهداشت قم)	۹۳	
				تیرچه‌های پیش‌ساخته خریائی (مشخصات فنی، روش طرح و محاسبه به انضمام جدولهای محاسبه تیرچه‌ها)	۹۴	
		۱۳۷۵	۱۳۶۶	۹۴	مشخصات فنی نقشه برداری	۹۵
			۱۳۶۸	۹۵		
		۱۳۶۵	۹۶	۹۶	جداول طراحی ساختمانهای بتن فولادی به روش حالت حدی ضوابط طراحی فضاهای آموزشگاههای فنی حرفه‌ای (جلد اول، کارگاههای مربوط به رشته ساختمان)	۹۶
		۱۳۶۵	۹۷	۹۷	ضریب‌ها و جدولهای تبدیل واحدها و مقیاسها	۹۸
		۱۳۶۷	۱۳۶۶	۹۸	وسایل کنترل ترافیک	۹۹
			۱۳۷۰	۹۹		
چاپ سوم		۱۳۶۸	۱۰۰	۱۰۰	بلوک بتنی و کاربرد آن در دیوار	
		۱۳۷۵	۱۳۶۴	۱۰۱	۱۰۱	مشخصات فنی عمومی راه
					۱۰۲	مجموعه نقشه‌های تیپ تابلیه پلها (پیش ساخته، پیش تنیده، درجا) تا دهانه ۲۰ متر
	۱۳۷۳	۱۳۶۶	۱۰۲	۱۰۲	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (منابع آب و خاک و نحوه بهره‌برداری در گذشته و حال)	
	۱۳۷۳	۱۳۶۷	۱۰۳	۱۰۳	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (هیدرولیک کانالها و مجاری)	
		۱۳۶۷	۱۰۴	۱۰۴	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (هیدرولیک لوله‌ها و مجاری)	
	۱۳۷۳	۱۳۶۷	۱۰۵	۱۰۵	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (اندازه گیرهای جریان)	
	۱۳۷۳	۱۳۶۷	۱۰۶	۱۰۶	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (نقشه‌های تیپ)	
		۱۳۶۸	۱۰۷	۱۰۷		

فهرست نشریات دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ملاحظات	تاریخ انتشار		شماره نشریه	عنوان نشریه	شماره ردیف
	چاپ اول	چاپ آخر			
	۱۳۶۸	۱۳۷۳	۱۰۸	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (مشخصات فنی عمومی)	۱۰۸
	۱۳۶۸	۱۳۷۳	۱۰۹	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (خدمات فنی دوران بهره‌برداری و نگهداری)	۱۰۹
چاپ سوم	۱۳۷۱	۱۳۷۵	۱۱۰	مشخصات فنی عمومی و اجرائی تاسیسات برقی ساختمان	۱۱۰
	۱۳۶۷	۱۳۷۳	۱۱۱	محافظت ساختمان در برابر حریق (بخش اول)	۱۱۱
	۱۳۷۱	۱۳۷۳	۱۱۲	محافظت ساختمان در برابر حریق (بخش دوم)	۱۱۲
	۱۳۶۸		۱۱۳	کتابنامه تونل و تونل سازی	۱۱۳
	۱۳۶۸		۱۱۴	کتابنامه بندر	۱۱۴
	۱۳۷۱		۱۱۵	مشخصات فنی عمومی ساختمانهای گوسفندداری	۱۱۵
	۱۳۷۱		۱۱۶	استاندارد کیفیت آب آشامیدنی	۱۱۶
	۱۳۷۱		۱۱۷	مبانی و ضوابط طراحی طرحهای آبرسانی شهری	۱۱۷
			۱۱۸	مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آبهای سطحی و فاضلاب شهری	۱۱۸
	۱۳۷۱		۱۱۸		۱۱۸
	۱۳۷۱		۱۱۹	دستورالعمل‌های تیپ نقشه‌برداری (مجموعه‌ای شامل ۴ جلد)	۱۱۹
ویرایش دوم	۱۳۷۵	۱۳۷۰	۱۲۰	آئین‌نامه بتن ایران "آبا" (بخش اول)	۱۲۰
چاپ سوم	۱۳۷۵	۱۳۷۲	۱۲۰	آئین‌نامه بتن ایران "آبا" (بخش دوم)	۱۲۰
	۱۳۷۱		۱۲۱	ضوابط فنی بررسی و تصویب طرحهای تصفیه آب شهری	۱۲۱
	۱۳۷۱		۱۲۲	مجموعه نقشه‌های تیپ اجرایی ساختمانهای گوسفندداری	۱۲۲
ویرایش دوم	۱۳۷۴		۱۲۳	ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی	۱۲۳
	۱۳۷۲		۱۲۴	مشخصات فنی عمومی مخازن آب زمینی	۱۲۴
	۱۳۷۳		۱۲۵	مجموعه نقشه‌های تیپ اجرایی مخازن آب زمینی	۱۲۵
زیر چاپ			۱۲۶	فهرست مقادیر و آحادبهای مخازن آب زمینی	۱۲۶
	۱۳۷۲		۱۲۷	آزمایشهای تیپ مکانیک خاک (شناسایی و طبقه‌بندی خاک)	۱۲۷
				مشخصات فنی عمومی تاسیسات مکانیکی ساختمانها:	۱۲۸
	۱۳۷۲		۱۲۸	تاسیسات گرمائی، تعویض هوا و تهویه مطبوع (بخش دوم)	۱۲۸
	۱۳۷۴		۱۲۸	تاسیسات بهداشتی (بخش سوم)	۱۲۸
				ضوابط فنی بررسی و تصویب طرحهای تصفیه فاضلاب شهری	۱۲۹
	۱۳۷۲		۱۲۹-۳		۱۲۹-۳
	۱۳۷۳		۱۳۰-۳	گزارش و آمار روزانه بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های آب	۱۳۰
			۱۳۱	راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راههای جنگلی	۱۳۱
	۱۳۷۴		۱۳۲	موازین فنی و ورزشگاههای کشور (مجموعه‌ای شامل ۴ جلد)	۱۳۲
				راهنمای نگهداری و تعمیرات تصفیه‌خانه‌های آب و حفاظت و ایمنی تاسیسات	۱۳۳
	۱۳۷۴		۱۳۳		۱۳۳
				نیروی انسانی در تصفیه‌خانه‌های آب و مراقبت بهداشتی و کنترل سلامت آنها	۱۳۴
	۱۳۷۴		۱۳۴		۱۳۴

فهرست نشریات دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ملاحظات	تاریخ انتشار		شماره نشریه	عنوان نشریه	شماره ردیف
	چاپ اول	چاپ آخر			
		۱۳۷۴	۱۳۵	سه مقاله از آقای مهندس مگردیچیان در یک مجلد	۱۳۵
در دست اقدام	-		۱۳۶	طرح جامع مصالح ساختمانی کشور	۱۳۶
		۱۳۷۴	۱۳۷	راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از مخازن آب	۱۳۷
		۱۳۷۴	۱۳۸	مهندسی نگهداری ساختمان و تاسیسات	۱۳۸
		۱۳۷۴	۱۳۹	آئین نامه بارگذاری پلها	۱۳۹
در دست اقدام			۱۴۰-۱	نقشه‌های تیپ کلینیک و آزمایشگاه درجه یک دامپزشکی	۱۴۰-۱
در دست اقدام			۱۴۰-۲	نقشه‌های تیپ کلینیک و آزمایشگاه درجه دو دامپزشکی	۱۴۰-۲
در دست اقدام			۱۴۰-۳	نقشه‌های تیپ کلینیک مستقل دامپزشکی	۱۴۰-۳
		۱۳۷۵	۱۴۱	راهنمای طراحی کارگاههای پرورش ماهی های گرم آبی	۱۴۱
		۱۳۷۵	۱۴۲	ضوابط طراحی کارگاههای پرورش ماهی های گرم آبی	۱۴۲
		۱۳۷۵	۱۴۳	برنامه‌ریزی و طراحی هتل	۱۴۳
		۱۳۷۵	۱۴۴-۱	تسهیلات پیاده‌روی، مبانی فنی	۱۴۴-۱
		۱۳۷۵	۱۴۴-۲	تسهیلات پیاده‌روی (توصیه‌ها و معیارهای فنی)	۱۴۴-۲
				تقاطع‌های هم‌سطح شهری، مبانی فنی (برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت)	۱۴۵-۱
		۱۳۷۶	۱۴۵-۱		۱۴۵-۱
				تقاطع‌های هم‌سطح شهری، توصیه‌ها و معیارهای فنی (برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت)	۱۴۵-۲
		۱۳۷۶	۱۴۵-۲		۱۴۵-۲
		۱۳۷۶	۱۴۵-۳	تقاطع‌های هم‌سطح شهری، سوابق و مطالعات	۱۴۵-۳
		۱۳۷۵	۱۴۶	آموزش ایمنی تردد به خردسالان و نوجوانان	۱۴۶
		۱۳۷۵	۱۴۷	ضوابط طراحی ساختمانهای پرورش گاو شیری	۱۴۷
در دست اقدام			۱۴۸	دستورالعمل تهیه پروژه راههای جنگلی	۱۴۸
				مقدار تابش کلی خورشید بر تراز افقی در گستره ایران (قسمت اول: تابش خورشید و ابرگرنگی)	۱۴۹-۱
در دست اقدام			۱۴۹-۱		۱۴۹-۱
				سازه‌های بتنی مهندسی محیط‌زیست و آزمون آب‌بندی سازه‌های بتن‌آرمه	۱۵۰
			۱۵۰		۱۵۰
				نقشه‌های تیپ ساختمانهای پرورش گاو شیری در اقلیم کاملاً مناسب	۱۵۱
در دست اقدام			۱۵۱		۱۵۱
		۱۳۷۵	۱۵۲	راهنمای اجرای بتن در مناطق گرمسیری	۱۵۲
		۱۳۷۵	۱۵۳	دستورالعمل لایه‌بندی خاک در مطالعات زهکشی اراضی	۱۵۳
		۱۳۷۵	۱۵۴	دستورالعمل حفر و تجهیز چاهکهای مشاهده‌ای	۱۵۴
		۱۳۷۵	۱۵۵	دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک - روش چاهک	۱۵۵
				راهنمای تعیین منحنی دبی - اشل رودخانه با استفاده از روش اینشتین - بارباروسا	۱۵۶
		۱۳۷۵	۱۵۶		۱۵۶



فهرست نشریات دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ملاحظات	تاریخ انتشار		شماره نشریه	عنوان نشریه	شماره ردیف
	چاپ اول	چاپ آخر			
			۱۵۷	دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری از ماشین آلات مورد نیاز شبکه‌های آبیاری و زهکشی	۱۵۷
			۱۵۸	دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری از تأسیسات و تجهیزات شبکه‌های آبیاری و زهکشی	۱۵۸
			۱۵۹	ژئو فیزیک و نقش آن در مهندسی آب، استاندارد و مطالعات الکتریک یا روش مقاومت ویژه	۱۵۹
			۱۶۰	دستورالعمل مطالعات فیزیوگرافی در حوضه‌های آبخیز	۱۶۰
			۱۶۱	آیین نامه طرح هندسی راهها	۱۶۱
			۱۶۲	دستورالعمل حفز و تجهیز پیزومترهای مرکب	۱۶۲
			۱۶۳	مکمل ضوابط طرّاحی شبکه‌های جمع‌آوری آبهای سطحی و فاضلاب شهر	۱۶۳
در دست اقدام			۱۶۴	دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک باروش پیزومتری	۱۶۴
در دست اقدام			۱۶۵	دستورالعمل برف سنجی	۱۶۵
			۱۶۶	معیارهای هیدرولیکی طرّاحی کانالهای آبیاری و زهکشهای روباز	۱۶۶
			۱۶۷-۱	مقرّرات و معیارهای طرّاحی و اجرای جزئیات تپ	۱۶۷-۱
در دست اقدام			۱۶۷-۱	ساختمانی اقلیم و ویژگیهای ساختمان	۱۶۷-۱
در دست اقدام			۱۶۷-۲	مصالح ساختمانی و ضوابط کاربرد آن	۱۶۷-۲
در دست اقدام			۱۶۷-۳	روشهای ساخت و تکنولوژی ساختمان	۱۶۷-۳
در دست اقدام			۱۶۷-۴	ویژگیهای ساختاری ابنیه	۱۶۷-۴
در دست اقدام			۱۶۷-۵	ویژگیهای عملکردی ابنیه	۱۶۷-۵

فهرست مجموعه سخنرانیها و مقالات سمینارها و نشریات بدون شماره  
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۱	مجموعه برگردان مقاله‌های برگزیده از سمینارهای بین‌المللی تونل‌سازی (تونل سازی ۸۵)	-			
۲	مجموعه سخنرانیهای دومین سمینار تونل‌سازی	-			
۳	بتن در مناطق گرمسیر (اولین سمینار بندرسازی)	-	۱۳۶۵		
۴	مجموعه مقاله‌های ارائه شده به چهارمین سمپوزیوم آترو دینامیک و تهویه تونلهای راه (انگلستان ۱۹۸۲)	-	۱۳۶۵		
۵	مجموعه مقاله‌های ارائه شده به کنفرانس محافظت ساختمانها در برابر حریق (۲۰-۳۰ تیرماه ۱۳۶۵)	-	=		
۶	مجموعه سخنرانیهای سومین سمینار تونل‌سازی	-	=		
۷	مجموعه سخنرانیهای اولین سمینار بندرسازی	-	=		
۸	توصیه‌های بین‌المللی متحدالشکل برای محاسبه و اجرای سازه‌های متشکل از پانل‌های بزرگ بهم پیوسته	-	۱۳۶۷		
۹	چهره معماری دزفول در آینه امروز	-			
۱۰	واژه‌نامه بتن (بخشی از آئین‌نامه بتن ایران)	-	۱۳۶۸	۱۳۷۱	
۱۱	مهندسی زلزله و تحلیل سازه‌ها در برابر زلزله	-	۱۳۶۹		
۱۲	بررسی و تهیه بتن با مقاومت بالا با استفاده از کلینگر	-	۱۳۶۸		
۱۳	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۶۹	-	۱۳۶۹		
۱۴	مجموعه مقالات سمینار بتن ۶۷	-	۱۳۶۹		
۱۵	گزارش زلزله منجیل ۳۱ خرداد ماه ۱۳۶۹	-	۱۳۶۹		
۱۶	مجموعه مقالات اولین سمینار بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی پی ایران (جلدهای اول و دوم)	-	۱۳۶۹		
۱۷	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۶۹ (پیوست)	-	۱۳۷۰		
۱۸	بررسی، ارزیابی و نقد طرحهای مرتع و آبخیزداری	-	۱۳۷۰		
۱۹	بررسی، ارزیابی و نقد طرحهای مرتع و آبخیزداری (جمع‌بندی و نتیجه‌گیری)	-	۱۳۷۰		
۲۰	مجموعه مقالات اولین سمینار بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی پی ایران (جلد سوم)	-	۱۳۷۰		
۲۱	زلزله و شکل‌پذیری سازه‌های بتن‌آرمه	-	۱۳۶۹		
۲۲	خلاصه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۷۱	-	۱۳۷۱		
۲۳	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۷۱ (فارسی)	-	۱۳۷۱		
۲۴	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۷۱ (انگلیسی)	-	۱۳۷۱		
۲۵	مجموعه مقالات دومین سمینار بین‌المللی مکانیک و مهندسی پی ایران (فارسی - انگلیسی)	-	۱۳۷۱		
۲۶	مقدمه‌ای بوضع موجود دامداری، تولیدات دامی، بیماری و خدمات دامپزشکی در کشور	-	۱۳۷۲		
۲۷	ترجمه ۱۰۰۰ صفحه استاندارد Iso (شامل ۱۳۱ نسخه) از بخش ساختمانی	-	۱۳۷۵		

تقاطع‌های همسطح بخش مهمی از شبکه معابر شهری را تشکیل می‌دهند و عملکرد آنها تأثیر بسزایی در ظرفیت و کارایی جریان ترافیک شبکه دارد. با طراحی صحیح تقاطع‌های همسطح می‌توان به اهداف افزایش ظرفیت، کاهش احتمال برخورد میان وسایل نقلیه موتوری، غیرموتوری و پیادگان و همچنین تأمین راحتی و آرامش برای استفاده‌کنندگان با توجه به ملاحظات ایمنی، اقتصادی و زیست محیطی دست یافت.

کتاب حاضر حاوی مهمترین عناوین در ارتباط با برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت تقاطع‌های همسطح شهری است. امید است با کاربرد این دستورالعمل زمینه ارتقا، کیفیت طراحی تقاطع‌ها و افزایش ایمنی و ظرفیت شبکه معابر شهری فراهم گردد.

مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

ISBN 964-425-005-2



9 789644 250057