جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران

نشریه شماره ۴۱۵

معاونت نظارت راهبردی
امور نظام فنی
nezamfanni.ir

۱۳۹۱

بسمه‌تعالی

ریاست جمهوری
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره: ۱۰۰/۶۵۴۶۶
	تاریخ: ۱۳۹۱/۰۸/۱۰

موضوع : آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویبنامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست استاندارد فنی شماره ۴۱۵ امور نظام فنی، با عنوان «**آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران**» از نوع گروه اول ابلاغ می‌شود تا از تاریخ ۱۳۹۱/۱۰/۱ به اجرا درآید.

رعایت کامل مفاد این نشریه از طرف دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر الزامی است. همچنین در پروژه‌هایی که با مشارکت بخش غیردولتی در سرمایه‌گذاری اجرا می‌شوند، انتخاب حدود معیارها و ضوابطی که در این نشریه به صورت متغیر اعلام شده است، در حدود تعیین شده بر عهده دستگاه‌های اجرایی است.

با این ابلاغ، بخشنامه‌های شماره ۱۵۲۳-۵۶/۷۴۴۴-۱۰۲ مورخ ۱۳۷۵/۱۱/۹ با عنوان «آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها – نشریه شماره ۱۶۱»، شماره ۸۰۸-۵۶/۹۴۴۶-۱ مورخ ۱۳۶۷/۷/۲۴ با عنوان «معیارهای طرح تقاطع‌های همسطح و غیرهمسطح- نشریه شماره ۸۷» و شماره ۵۴/۵۴۵۵-۱۰۲/۶۵۱۰ مورخ ۱۳۷۸/۱۰/۱۵ با عنوان «آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های روستایی- نشریه شماره ۱۹۶» لغو می‌شوند.

امور نظام فنی این معاونت، عهده‌دار پاسخگویی و اعلام اصلاحات در مفاد این نشریه خواهد بود.

بهروز مرادی

۸۴۲۰۷۸

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از اینرو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را بصورت زیر گزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور، نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه کرده و در صورت نیاز به اصلاحات لازم با کسب نظر متخصصان و کارشناسان با تجربه این حوزه. نسبت به تهیه متن اصلاحیه و انتشار آن در پایگاه اینترنتی نظام فنی و اجرائی کشور، اقدام خواهند کرد و در این ارتباط هرگونه اظهار نظر مورد قدردانی می‌باشد.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی .
Email: info@nezamfanni.ir web: nezamfanni.ir

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه طرح، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمرمفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. نظام فنی و اجرایی کشور به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری از طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

بنا بر مفاد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای فنی و اجرایی مورد نیاز طرح‌های عمرانی کشور می‌باشد. با توجه به تنوع و گستردگی طرح‌های عمرانی، طی سالهای اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین این گونه مدارک علمی از مراکز تحقیقاتی و توان فنی دستگاه‌های اجرایی ذیربط استفاده شود. از این رو نشریه شماره ۱۶۱ با عنوان « آیین نامه طرح هندسی راهها» و نشریه شماره ۱۹۶ با عنوان «آیین نامه طرح هندسی راههای روستایی » با همکاری مرکز تحقیقات و مطالعات راه و ترابری وزارت راه و ترابری (وقت) و بهره‌مندی از توان علمی و تخصصی جمعی از کارشناسان باتجربه کشور تهیه و ابلاغ شدند.

به دلیل یکنواختی در ضوابط فنی مربوط به طرح هندسی انواع مختلف راه‌ها، نشریات مرتبط با طرح هندسی راه‌ها (از جمله نشریات شماره ۸۷ ، ۱۶۱ و ۱۹۶) بازخوانی شد و ضوابط مندرج در آنها براساس آخرین تغییرات مراجع معتبر بین‌المللی و تجارب راهسازی داخل کشور، به روزرسانی و در نهایت در قالب نشریه ۴۱۵ گردآوری شد. هر یک از نشریات یاد شده به نوبه خود با تلاش و همکاری صمیمانه دستندرکاران و صاحبنظران تهیه شده است که در ادامه مختصری از نحوه تدوین آنها ذکر می‌شود

نشریه شماره ۸۷ با "عنوان معیارهای طرح هندسی تقاطع‌ها" در سال ۱۳۶۷ توسط دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه (وقت) با همکاری آقایان دکتر خسرو اویسی، دکتر کامبیز بهنیا، دکتر امیر احمد طباطبایی، مهندس قباد نقش تبریزی و مهندس مرتضی قاسم‌زاده تدوین شده است. در مراحل مختلف تدوین کارشناسان محترم مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، دانشگاه تهران، دانشگاه پلی تکنیک تهران، وزارت راه و ترابری (وقت) ، جامعه مهندسان مشاور ایران، آقای مهندس کیومرث صدیق وزیری، مهندس محیط کرمانی ، دکتر علی اصغر اردکانیان، مهندس محمدرضا صفویان و مهندس حسن طالعی با ارائه رهنمودها و اظهار نظرهای فنی همکاری صمیمانه‌ای داشته‌اند.

نشریه شماره ۱۶۱ با عنوان "آیین نامه طرح هندسی راه‌ها" توسط مرکز تحقیقات و مطالعات وزارت راه و ترابری (وقت) و هماهنگ با دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه (وقت) تدوین و در زمستان سال ۱۳۷۵ ابلاغ شد. در این آیین نامه از توان علمی و دانش مهندسی جمعی از متخصصان باسابقه کشور استفاده شده و هدف اصلی آن ، فراهم آوردن یک مبنای مشترک و ملی برای تهیه طرح هندسی راهها است. در تهیه این آیین نامه که دو سال به طول انجامید از منابع و مراجع معتبر داخلی و بین‌المللی بهره‌گیری

شده است. این نشریه با همکاری آقایان دکتر حسن مقدم، دکتر علی اصغر اردکانیان، مهندس منوچهر احتشامی، مهندس علیرضا امیدوار، مهندس اردشیر گروسی، دکتر مرتضی حسینعلی بیگی، مهندس شمس الدین صادقی، مهندس مسعود طیبی، مهندس فرخ فروتن، مهندس کارن زند تدوین و ابلاغ شده است.

کار تدوین نشریه شماره ۱۹۶ با عنوان "آیین‌نامه طرح هندسی راه روستایی" با رویکرد تامین حداقل استانداردهای لازم ایمنی و حداقل کردن هزینه‌های ساخت در سال ۱۳۷۷ شروع شد. مسئولیت تدوین متن پیش نویس را آقای دکتر علی اصغر اردکانیان بر عهده داشتند. در مراحل مختلف تدوین این نشریه از نظرات کارشناسان سازمانهای دولتی و خصوصی مسئول در ساخت و توسعه شبکه راه‌های روستایی کشور از جمله آقایان مهندس حسین اخوان، اسماعیل اسماعیل پور، علیرضا امیدوار، مجید برازنده تهرانی، محمد توسلی، حسن زندی‌نژاد، حمید سنجابی، احمد شمس الکتابی، مهدی عطار، محمدرضا فرخو، حسین مالکی، محمود محمدیان، مهدی مخبر، فیروز نظرداد، علی اصغر نظری شربیانی، ولی فهیمی، مهرداد هاشم‌زاده ، محمدحسین هوایی و علیرضا توتونچی استفاده شده است.

نشریه حاضر با فراخوان گسترده و براساس نظرات رسمی دریافت شده از جامعه مهندسی کشور، ارگان‌های دولتی و خصوصی ذیربط و صاحب‌نظران همچنین مطالعه و تطبیق آخرین مراجع معتبر بین‌المللی و تجارب راهسازی کشور در سال‌های اخیر و با تأکید بر ارتقای ایمنی راه‌های کشور تدوین شده است.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردیده، معهذا این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این آیین‌نامه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور ارسال کنند. کارشناسان معاونت پیشنهادات دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن نشریه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در سمت میانی بالای صفحات نشریه، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ به روزرسانی آن نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

بدینوسیله معاونت نظارت راهبردی از تلاش و جدیت رئیس امور نظام فنی جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی ، کارشناسان محترم امور نظام فنی، مشاور و ناظر محترم پروژه همچنین تمام عزیزان متخصص همکار در امر تهیه و نهایی کردن این نشریه تشکر و قدردانی می‌نماید و از ایزد منان توفیق روزافزون همه این بزرگواران را آرزومند است.

معاون نظارت راهبردی

تابستان ۱۳۹۱

تهیه و کنترل آیین نامه طرح هندسی راه‌های ایران (نشریه شماره ۴۱۵)

اعضای گروه اصلی تهیه‌کننده:

علیرضا خاوندی خیاوی (مجری)	دکتری راه و ترابری	مهندسین مشاور فرا رهساز فن
مهندس کوروش جایروند	کارشناس ارشد راه و ترابری	مهندسین مشاور فرا رهساز فن
مهندس علی نصراله تبار آهنگر	کارشناس ارشد راه و ترابری	مهندسین مشاور فرا رهساز فن
مهندس محمد باریکانی	کارشناس عمران	مهندسین مشاور فرا رهساز فن

اعضای گروه نظارت:

مهندس بهزاد حیدری	کارشناس ارشد ژئوتکنیک	کارشناس راه و ترابری
مهندس مهران قربانی	کارشناس ارشد راه و ترابری	سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای
مهندس طاهر فتح‌اللهی	کارشناس ارشد ژئوتکنیک	امور نظام فنی

اعضای شرکت کننده در جلسات تخصصی:

مهندس علیرضا امیدوار	کارشناس ارشد راه و ترابری	کارشناس راه و ترابری
مهندس کریم جلالیان	کارشناس ارشد سازه	شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل
مهندس محمد گرائیلی	کارشناس ارشد راه و ترابری	شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل
مهندس امیر ایزدی	کارشناس ارشد راه و ترابری	مهندسین مشاور فرا رهساز فن
دکتر شاهین شعبانی	دکتری راه و ترابری	پژوهشکده حمل و نقل
دکتر امیر جعفرپور	دکتری مدیریت حمل و نقل	وزارت راه و شهرسازی
دکتر علی اصغر اردکانیان	دکتری حمل و نقل	کارشناس راه و ترابری
مهندس روح الله معافی	کارشناس ارشد راه و ترابری	مهندسین مشاور فرا رهساز فن
مهندس اسماعیل علیخانی	کارشناس ارشد عمران	کارشناس راه و ترابری
مهندس علی تبار	کارشناس ارشد سازه	شرکت ایمن سازه فدک

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه :

مهندس علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی
مهندس طاهر فتح‌اللهی	کارشناس راه و ترابری امور نظام فنی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- کلیات

۱-۱- سابقه ۳

۱-۱-۱- وزارت راه و شهرسازی (وزارت راه و ترابری) ۳

۱-۱-۲- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور ۳

۱-۲- هدف از آیین‌نامه طرح هندسی راه و بازنگری آن ۳

۱-۳- کاربرد ۴

۱-۳-۱- معیارهای اجباری ۵

۱-۳-۲- معیارهای توصیه‌شده ۵

۱-۳-۳- معیارهای کنترل‌کننده ۵

۱-۳-۴- سایر معیارها ۵

۱-۴- موردهای عدول از معیارها ۵

۱-۴-۱- عدول از معیارهای اجباری ۵

۱-۴-۲- عدول از معیارهای توصیه‌شده ۵

فصل دوم- تعریف‌ها و اختصارها

۲-۱- تعریف‌ها ۹

۲-۱-۱- انواع راه‌ها ۹

۲-۱-۲- معیارهای طراحی ۱۱

۲-۱-۳- مقاطع عرضی ۱۲

۲-۱-۴- ابنیه فنی راه ۱۴

۲-۱-۵- ترافیک ۱۴

۲-۱-۶- طرح هندسی تقاطع‌ها و تبادل‌ها ۱۷

۲-۱-۷- تخلیه آب‌های سطحی ۱۹

۲-۲- اختصارها ۲۰

فصل سوم- طبقه‌بندی راه‌ها

۳-۱- مقدمه ۲۳

۳-۲- طبقه‌بندی عملکردی ۲۳
۳-۳- طبقه‌بندی راه بر اساس پستی و بلندی منطقه ۲۴
۳-۳-۱- راه هموار (دشتی) ۲۴
۳-۳-۲- راه تپه‌ماهوری ۲۴
۳-۳-۳- راه کوهستانی ۲۴

فصل چهارم - مبانی طراحی

۴-۱- کلیات ۲۹
۴-۲- خودروی طرح ۲۹
۴-۲-۱- انواع خودروی طرح ۲۹
۴-۲-۲- حداقل مسیر گردش برای خودروهای طرح ۲۹
۴-۳- سرعت طرح ۳۶
۴-۳-۱- انتخاب سرعت طرح ۳۶
۴-۳-۱-۱- سرعت طرح در تونل‌ها ۳۷
۴-۴- دسترسی ۳۸
۴-۴-۱- مدیریت دسترسی ۳۸
۴-۴-۲- کنترل دسترسی ۳۸
۴-۴-۳- انواع دسترسی ۳۸
۴-۴-۴- محل و تعداد دسترسی‌های اختصاصی ۳۹
۴-۴-۵- راه جانبی ۴۰
۴-۵- تسهیلات پیاده ۴۰
۴-۶- ساخت مرحله‌ای راه‌ها و اتصال آن به راه‌های موجود ۴۱
۴-۶-۱- مطالعه مسیر با بررسی امکان اتصال آن به راه‌های موجود ۴۱
۴-۶-۲- مطالعه مسیر با امکان توسعه خط‌های عبور ۴۱
۴-۷- تأسیسات جانبی راه ۴۳
۴-۷-۱- مجتمع‌های خدماتی و رفاهی ۴۴
۴-۷-۲- توقفگاه‌ها ۴۴
۴-۷-۳- محل‌های استراحت ۴۴
۴-۷-۴- ایستگاه‌های اتوبوس ۴۵
۴-۷-۵- پاسگاه‌های پلیس ۴۵

۴-۷-۶- راهدارخانه‌ها ۴۶
۴-۷-۷- ایستگاه‌های اخذ عوارض ۴۶
۴-۷-۸- بازشوهای اضطراری ۴۶
۴-۷-۹- گذرهای غیر هم‌سطح ۴۶
۴-۷-۱۰- دوربرگردان غیر هم‌سطح ۴۷
۴-۷-۱۱- مراکز امداد ۴۷
۴-۸- تأثیر محیط و کاربری‌های اطراف در طراحی راه ۴۷
۴-۹- منظرآرایی ۴۸
۴-۹-۱- اهمیت انتخاب سرعت طرح بر منظرآرایی ۴۸
۴-۹-۲- نکته‌های مرتبط با منظرآرایی راه ۴۸
۴-۱۰- محل‌های قرضه و انبار (دپو) ۴۹
۴-۱۱- خصوصیات رانندگان ۴۹
۴-۱۲- ایمنی ۵۰
۴-۱۳- محیط زیست ۵۰
۴-۱۴- تحلیل اقتصادی ۵۰

فصل پنجم- معیارهای طرح هندسی راه‌ها

۵-۱- فاصله دید ۵۳
۵-۱-۱- کلیات ۵۳
۵-۱-۲- انواع فواصل دید ۵۳
۵-۱-۲-۱- فاصله دید توقف ۵۳
۵-۱-۲-۲- فاصله دید سبقت ۵۵
۵-۱-۲-۳- فاصله دید انتخاب ۵۶
۵-۱-۳- مشخص کردن فاصله دید در نقشه‌ها ۵۶
۵-۲- مسیر افقی (پلان) ۵۸
۵-۲-۱- قوس افقی (پیچ) ۵۸
۵-۲-۱-۱- حداقل و حداکثر طول قوس افقی ۶۰
۵-۲-۱-۲- قوس افقی مرکب ۶۰
۵-۲-۱-۳- قوس افقی معکوس ۶۰
۵-۲-۱-۴- قوس افقی تخت پشت ۶۱

۵-۲-۱-۵- قوس اتصال تدریجی (کلوتوئید) ۶۱
۵-۲-۱-۶- قوس افقی مارپیچ ۶۳
۵-۲-۱-۷- پل در قوس افقی ۶۳
۵-۲-۱-۸- تعریض در قوس افقی ۶۳
۵-۲-۱-۹- فاصله دید در قوس‌های افقی ۶۷
۵-۲-۲- بربلندی ۷۰
۵-۲-۲-۱- مقادیر حداکثر بربلندی ۷۰
۵-۲-۲-۲- طول تأمین بربلندی ۷۱
۵-۲-۲-۳- نحوه اعمال بربلندی ۷۵
۵-۲-۲-۴- محدودیت‌های اعمال بربلندی ۷۷
۵-۲-۲-۵- نحوه اعمال بربلندی در قوس‌های افقی مرکب ۷۷
۵-۲-۲-۶- جدول‌های تعیین بربلندی در سرعت طرح و شعاع‌های مختلف قوس افقی ۷۸
۵-۲-۳- خط‌های عبور کمکی ۸۵
۵-۲-۳-۱- خط کمکی سبقت ۸۵
۵-۲-۴- مسیر افقی (پلان) راه در محل تونل ۸۵
۵-۲-۴-۱- فاصله دید توقف ۸۵
۵-۲-۴-۲- راه در بخش‌های ابتدایی و انتهایی داخل تونل ۸۶
۵-۲-۴-۳- تقاطع‌ها و دسترسی‌ها در نزدیکی ورودی و خروجی تونل ۸۶
۵-۲-۴-۴- راه در حوالی ورودی تونل ۸۶
۵-۲-۵- ضوابط کلی امتداد افقی مسیر (پلان) ۸۷
۵-۳- مسیر قائم ۸۷
۵-۳-۱- موقعیت خط پروژه در نیمرخ عرضی ۸۷
۵-۳-۲- شیب طولی ۸۸
۵-۳-۳- طول بحرانی شیب ۹۰
۵-۳-۴- خط کمکی در سربالایی ۹۱
۵-۳-۵- قوس قائم (خم) ۹۵
۵-۳-۵-۱- تعیین طول قوس قائم گنبدی (قوس برآمده) ۹۶
۵-۳-۵-۲- تعیین طول قوس قائم کاسه‌ای (قوس فرورفته) ۹۸
۵-۳-۵-۳- کنترل طول قوس قائم کاسه‌ای در زیرگذر ۹۹
۵-۳-۶- نیمرخ طولی (خط پروژه) در تونل‌ها ۱۰۰

۵-۳-۷- نقش پل در نیمرخ طولی ۱۰۰
۵-۳-۸- معیارهای کلی نیمرخ طولی مسیر ۱۰۱
۵-۴- هماهنگی پلان و نیمرخ طولی مسیر ۱۰۱
۵-۵- تغییر عرض راه ۱۰۳
۵-۶- روشنایی راه ۱۰۴
۵-۶-۱- کلیات ۱۰۴
۵-۶-۲- طراحی و نصب واحدهای روشنایی ۱۰۵
۵-۷- خروجی اضطراری ۱۰۶
۵-۷-۱- کلیات ۱۰۶
۵-۷-۲- تعیین محل ۱۰۷
۵-۷-۳- انواع خروجی اضطراری ۱۰۸
۵-۷-۴- معیارهای طراحی ۱۰۹
۵-۸- محوطه‌های کنترل ترمز ۱۱۲

فصل ششم - نیمرخ‌های عرضی راه و ابنیه

۶-۱- کلیات ۱۱۵
۶-۲- سواره‌رو ۱۱۵
۶-۲-۱- تعداد خطوط و عرض سواره‌رو ۱۱۵
۶-۲-۲- شیب عرضی سواره‌رو ۱۱۹
۶-۳- شانه ۱۲۱
۶-۳-۱- شیب عرضی شانه ۱۲۲
۶-۳-۲- رویه‌سازی شانه ۱۲۳
۶-۴- آماس و نهر جانبی ۱۲۳
۶-۴-۱- آماس (جدول آسفالتی) ۱۲۳
۶-۴-۲- نهر جانبی (جوی کناری) ۱۲۴
۶-۵- حریم راه ۱۲۵
۶-۶- ناحیه عاری از مانع ۱۲۶
۶-۷- شیروانی ۱۲۶
۶-۷-۱- کلیات ۱۲۶
۶-۷-۲- اندازه شیب شیروانی ۱۲۷

۶-۷-۳- فاصله آزاد شیروانی تا حد حریم ۱۲۸
۶-۷-۴- پلکانی کردن شیروانی خاکبرداری ۱۲۹
۶-۷-۵- گرد کردن لبه شیروانی ۱۲۹
۶-۸- میانه ۱۲۹
۶-۸-۱- کلیات ۱۲۹
۶-۸-۲- عرض میانه ۱۳۰
۶-۸-۳- شیب عرضی میانه ۱۳۲
۶-۸-۴- جدول و حفاظ در میانه ۱۳۳
۶-۹- مقطع عرضی راه جانبی ۱۳۳
۶-۱۰- پل ۱۳۶
۶-۱۰-۱- عرض و دهانه پل ۱۳۶
۶-۱۰-۲- شیب عرضی ۱۳۷
۶-۱۰-۳- میانه ۱۳۷
۶-۱۰-۴- پل کوله باز ۱۳۷
۶-۱۰-۵- روگذر و زیرگذر ویژه پیاده ۱۳۷
۶-۱۰-۶- زیرگذر مال‌رو ۱۳۷
۶-۱۰-۷- زیرگذر و روگذر راه‌آهن ۱۳۸
۶-۱۰-۸- نرده پل ۱۳۸
۶-۱۰-۹- ارتفاع آزاد پل ۱۳۸
۶-۱۱- دیوارهای حایل ۱۳۹
۶-۱۱-۱- کلیات ۱۳۹
۶-۱۱-۲- انواع دیوارهای حایل ۱۳۹
۶-۱۱-۳- منظرآرایی دیوارهای حایل ۱۴۲
۶-۱۱-۴- استفاده از حفاظ در دیوار حایل ۱۴۲
۶-۱۱-۵- زهکشی دیوار حایل ۱۴۲
۶-۱۱-۶- فاصله جانبی دیوار از راه ۱۴۲
۶-۱۲- تونل‌ها ۱۴۲
۶-۱۲-۱- گروه‌بندی تونل‌ها ۱۴۲
۶-۱۲-۱-۱- گروه‌بندی تونل‌ها برحسب نوع مسیر راه ۱۴۳
۶-۱۲-۱-۲- گروه‌بندی تونل‌ها برحسب شکل مقطع تونل ۱۴۳

۶-۱۲-۲- نیمرخ عرضی تونل‌ها..... ۱۴۳
۶-۱۲-۲-۱- سواره‌رو..... ۱۴۴
۶-۱۲-۲-۲- شانه‌ها..... ۱۴۴
۶-۱۲-۲-۳- توقف‌گاه اضطراری..... ۱۴۵
۶-۱۲-۲-۴- پیاده‌روها..... ۱۴۵
۶-۱۲-۲-۵- ارتفاع..... ۱۴۷
۶-۱۲-۲-۶- شیب عرضی..... ۱۴۷
۶-۱۳- حفاظ‌های ایمنی..... ۱۴۷
۶-۱۳-۱- انواع حفاظ‌های ایمنی..... ۱۴۸
۶-۱۳-۱-۱- طبقه‌بندی بر اساس سختی..... ۱۴۸
۶-۱۳-۱-۲- طبقه‌بندی بر اساس جنس..... ۱۴۸
۶-۱۳-۱-۳- طبقه‌بندی بر اساس کاربرد..... ۱۴۹
۶-۱۳-۲- کاربرد حفاظ..... ۱۵۰
۶-۱۴- ضربه‌گیرها..... ۱۵۰
۶-۱۵- جدول..... ۱۵۱
۶-۱۵-۱- انواع جدول..... ۱۵۱
۶-۱۶- نیمرخ‌های عرضی نمونه..... ۱۵۴

فصل هفتم - ترافیک و گنجایش

۷-۱- مبانی ترافیک..... ۱۶۱
۷-۲- آمار و اطلاعات جمع آوری شده از راه‌های موجود..... ۱۶۱
۷-۳- پیش‌بینی ترافیک..... ۱۶۱
۷-۳-۱- سال طرح..... ۱۶۲
۷-۳-۲- رشد سالانه ترافیک..... ۱۶۲
۷-۴- داده‌های ترافیکی مورد نیاز..... ۱۶۳
۷-۴-۱- تعیین متوسط حجم ترافیک روزانه در سال یا متوسط سالیانه حجم ترافیک روزانه..... ۱۶۳
۷-۴-۲- تعیین حجم ترافیک ساعت طرح (DHV)..... ۱۶۳
۷-۵- تعیین سطح کیفیت ترافیک..... ۱۶۳
۷-۵-۱- تعیین سطح کیفیت ترافیک در آزادراه‌ها..... ۱۶۵
۷-۵-۱-۱- تفکیک آزادراه‌ها به لحاظ رفتار ترافیکی..... ۱۶۵

۷-۵-۱-۲- سطح کیفیت ترافیک در بخش اصلی آزادراه‌ها ۱۶۵
۷-۵-۱-۳- سطح کیفیت ترافیک در نواحی تداخلی آزادراه‌ها ۱۷۳
۷-۵-۱-۴- سطح کیفیت ترافیکی در ناحیه تحت تأثیر رابطها ۱۷۸
۷-۵-۱-۴-۱- تعیین سطح کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابطهای ورودی ۱۸۲
۷-۵-۱-۴-۲- تعیین سطح کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابطهای خروجی ۱۸۴
۷-۵-۲- تعیین سطح کیفیت ترافیک راه‌های چند خطه ۱۸۶
۷-۵-۲-۱- معیارهای سطح کیفیت ترافیک در راه‌های چند خطه ۱۸۶
۷-۵-۲-۲- سطح کیفیت ترافیک راه‌های چند خطه ۱۸۶
۷-۵-۳- تعیین سطح کیفیت راه‌های دو خطه ۱۹۳
۷-۵-۳-۱- معیارهای کیفیت ترافیک در راه‌های دوخطه ۱۹۳
۷-۵-۳-۲- سطح کیفیت ترافیک راه‌های دو خطه- روش تحلیل دو جهته ۱۹۴
۷-۵-۳-۳- سطح کیفیت ترافیک راه‌های دو خطه- روش تحلیل جهتی ۲۰۱
۷-۵-۳-۴- سطح کیفیت ترافیک برای قطعات خاص ۲۰۵
۷-۵-۳-۵- سطح کیفیت ترافیک برای قطعات دارای خط سبقت ۲۱۱
۷-۵-۳-۶- سطح کیفیت ترافیک برای قطعات دارای خط کمکی در سربالایی (خط سربالایی) ۲۱۲

فصل هشتم- تقاطع‌ها

۸-۱- کلیات ۲۱۵
۸-۱-۱- تعریف ۲۱۵
۸-۱-۲- موقعیت تقاطع ۲۱۵
۸-۱-۳- اهداف طراحی تقاطع‌ها ۲۱۷
۸-۱-۴- انواع تقاطع ۲۱۷
۸-۱-۴-۱- انواع طرح‌های سه‌راهی ۲۱۷
۸-۱-۴-۲- انواع طرح‌های چهارراه ۲۲۱
۸-۱-۴-۳- انواع طرح‌های چندراهی ۲۲۵
۸-۱-۴-۴- میدان ۲۲۵
۸-۲- عوامل مؤثر برای طراحی ۲۲۵
۸-۲-۱- اطلاعات مربوط به عامل‌های انسانی ۲۲۶
۸-۲-۲- اطلاعات مربوط به عامل‌های ترافیکی ۲۲۶
۸-۲-۳- اطلاعات مربوط به عامل‌های فیزیکی ۲۲۷

۸-۲-۴- اطلاعات مربوط به عامل‌های اقتصادی ۲۲۷
۸-۲-۵- منابع گردآوری آمار و اطلاعات ۲۲۸
۸-۳- مسیر افقی و قائم در تقاطع‌ها ۲۲۸
۸-۳-۱- مسیر افقی ۲۲۸
۸-۳-۲- مسیر قائم ۲۲۹
۸-۴- مسیرهای گردشی ۲۳۰
۸-۴-۱- طرح حداقل مسیرهای گردشی ۲۳۰
۸-۴-۴-۱- انتخاب طرح حداقل ۲۳۳
۸-۴-۲- طرح مسیرهای گردشی با جزیره‌های ترافیکی ۲۳۹
۸-۴-۲-۱- انواع جزیره‌های ترافیکی ۲۳۹
۸-۴-۲-۲- مشخصات جزیره ترافیکی ۲۴۱
۸-۴-۲-۳- روش‌های ایجاد جزیره ۲۴۲
۸-۴-۲-۴- آشکارسازی و ایمن‌سازی انتهای تقرب جزیره ۲۴۲
۸-۴-۲-۵- طرح مسیرهای گردشی با جزایر گوشه ۲۴۴
۸-۴-۳- طراحی مسیرهای گردشی برای جریان آزاد ۲۴۶
۸-۴-۴- عرض مسیر گردشی ۲۴۷
۸-۴-۵- بربلندی مسیر گردشی تقاطع‌ها ۲۴۸
۸-۴-۵-۱- اختلاف نسبی شیب طولی ۲۴۸
۸-۴-۵-۲- بربلندی در محل پایانه‌های مسیر گردشی ۲۴۹
۸-۴-۵-۳- کنترل خط تغییر شیب عرضی ۲۵۲
۸-۵- فاصله دید در تقاطع ۲۵۳
۸-۵-۱- مثلث دید در تقاطع ۲۵۳
۸-۵-۲- اثر زاویه تقاطع بر فاصله دید تقاطع ۲۶۱
۸-۵-۳- فاصله دید توقف برای مسیرهای گردشی ۲۶۱
۸-۶- بریدگی میانه‌ها در محل تقاطع ۲۶۲
۸-۶-۱- معیارهای طرح حداقل برای بریدگی‌های میانه در تقاطع ۲۶۲
۸-۶-۱-۱- ضابطه شعاع برای طرح حداقل بریدگی‌ها ۲۶۲
۸-۶-۱-۲- شکل انتهای میانه در بریدگی‌ها ۲۶۲
۸-۶-۱-۳- حداقل طول بریدگی میانه‌ها ۲۶۳
۸-۶-۱-۴- اثر اریب در بریدگی میانه‌ها ۲۶۳

۸-۶-۲- معیارهای طرح بیش از حداقل برای بریدگی‌های میانه در تقاطع ۲۶۶
۸-۷- مسیرهای گردش به چپ غیرمستقیم در تقاطع‌ها ۲۶۷
۸-۷-۱- میانه کم‌عرض ۲۶۷
۸-۷-۲- میانه عریض ۲۶۷
۸-۸- دوربرگردان‌ها ۲۶۸
۸-۹- خط‌های کمکی در تقاطع ۲۷۰
۸-۹-۱- خط کمکی گردش به چپ در راه‌های دارای میانه ۲۷۰
۸-۹-۱-۱- لچکی ۲۷۰
۸-۹-۱-۲- طول کاهش سرعت ۲۷۱
۸-۹-۱-۳- طول انباشت ۲۷۱
۸-۹-۱-۴- طرح گردش به چپ در راه‌های دارای میانه ۲۷۲
۸-۹-۲- خط کمکی گردش به چپ در راه‌های فاقد میانه ۲۷۴
۸-۹-۲-۱- لچکی ورودی ۲۷۴
۸-۹-۲-۲- طول کاهش سرعت ۲۷۵
۸-۹-۲-۳- طول انباشت ۲۷۶
۸-۹-۲-۴- طرح گردش به چپ در راه‌های فاقد میانه ۲۷۶
۸-۹-۳ خط کمکی گردش به راست برای خروج از مسیر اصلی ۲۷۸
۸-۹-۳-۱- لچکی ۲۷۸
۸-۹-۳-۲- طول کاهش سرعت ۲۷۸
۸-۹-۳-۳- طرح گردش به راست برای خروج از مسیر اصلی ۲۷۹
۸-۹-۴- خط کمکی گردش به راست برای ورود به مسیر اصلی ۲۷۹
۸-۱۰- تقاطع با راه‌آهن ۲۷۹
۸-۱۱- روش طراحی ۲۸۳
۸-۱۱-۱- اطلاعات پایه ۲۸۴
۸-۱۱-۱-۱- اطلاعات ترافیکی ۲۸۴
۸-۱۱-۱-۲- اطلاعات محلی ۲۸۶
۸-۱۱-۱-۳- اطلاعات مربوط به طرح‌های توسعه ۲۸۶
۸-۱۱-۲- طراحی مقدماتی ۲۸۸
۸-۱۱-۲-۱- آماده‌سازی انگاره‌های مطالعاتی ۲۸۸
۸-۱۱-۲-۲- تجزیه و تحلیل انگاره‌های مطالعاتی ۲۸۸

۸-۱۱-۳- تعیین طرح پیشنهادی ۲۸۹
۸-۱۱-۳-۱- تهیه طرح‌های اولیه ۲۸۹
۸-۱۱-۳-۲- ارزیابی و مقایسه طرح‌های اولیه ۲۸۹
۸-۱۱-۳-۳- انتخاب گزینه بهینه ۲۹۱
۸-۱۱-۴- طراحی نهایی گزینه بهینه ۲۹۱
۸-۱۱-۵- طرح‌های نمونه ۲۹۱

فصل نهم - تبادل‌ها

۹-۱- کلیات ۲۹۷
۹-۱-۱- افزایش تحرک و کاهش تأخیر ۲۹۷
۹-۱-۲- اصلاح گلوگاه‌ها ۲۹۷
۹-۱-۳- حذف یا کاهش نقاط پرتصادف ۲۹۷
۹-۱-۴- وضعیت منطقه تقاطع ۲۹۷
۹-۱-۵- هزینه استفاده‌کنندگان ۲۹۸
۹-۱-۶- حجم ترافیک ۲۹۸
۹-۱-۷- تقاطع با راه‌آهن ۲۹۸
۹-۲- انواع تبادل ۲۹۸
۹-۲-۱- تبادل‌های سه راه ۲۹۹
۹-۲-۲- تبادل‌های چهارراه ۳۰۲
۹-۲-۲-۱- تبادل با رابط یگانه ۳۰۲
۹-۲-۲-۲- تبادل‌های لوزوی ۳۰۴
۹-۲-۲-۳- تبادل‌های شبدری ۳۰۶
۹-۲-۲-۴- تبادل‌های نیمه‌شبدری ۳۰۸
۹-۲-۲-۵- تبادل‌های جهتی و نیمه‌جهتی ۳۰۸
۹-۲-۲-۶- سایر انواع تبادل ۳۱۲
۹-۳- انتخاب روگذر یا زیر گذر ۳۱۳
۹-۴- معیارهای طراحی ۳۱۵
۹-۴-۱- فواصل دید تا دماغه خروجی ۳۱۵
۹-۴-۲- شیب طولی مسیرهای متقاطع ۳۱۵
۹-۴-۳- فاصله بین تبادل‌ها ۳۱۶

۹-۴-۴- توازن تعداد خطها ۳۱۶
۹-۴-۵- خطهای کمکی تغییر سرعت ۳۱۸
۹-۴-۶- بخش تداخلی ۳۲۰
۹-۴-۷- رابطها ۳۲۱
۹-۴-۷-۱- سرعت طرح ۳۲۲
۹-۴-۷-۲- فاصله دید در رابطها ۳۲۲
۹-۴-۷-۳- شیب طولی رابطها ۳۲۲
۹-۴-۷-۴- بربلندی رابطها ۳۲۲
۹-۴-۷-۵- ناحیه سه گوش ۳۲۳
۹-۴-۷-۶- تعداد خطهای عبور رابطها ۳۲۴
۹-۴-۷-۷- عرض خط در رابطها ۳۲۵
۹-۴-۷-۸- عرض شانه‌ها در رابطها ۳۲۵
۹-۴-۷-۹- گردراهه‌ها ۳۲۵
۹-۴-۸- پایانه‌های رابطها ۳۲۶
۹-۴-۸-۱- موقعیت پایانه رابطها در روی راه متقاطع ۳۲۶
۹-۴-۸-۲- فاصله بین پایانه رابط و پل ۳۲۷
۹-۴-۸-۳- فاصله بین پایانه رابطهای متوالی ۳۲۷
۹-۴-۸-۴- طراحی پایانه رابط ورودی یک خطه ۳۲۷
۹-۴-۸-۵- طراحی پایانه رابط خروجی یک خطه ۳۳۰
۹-۴-۸-۶- طراحی پایانه رابط یک خطه در محل قوس ۳۳۱
۹-۴-۸-۷- پایانه رابطهای چند خطه ۳۳۴
۹-۵- محدودیت دسترسی در تبادل‌ها ۳۳۸
۹-۶- روش طراحی ۳۴۱
۹-۶-۱- مراحل طرح ۳۴۱
۹-۶-۲- مسئله نمونه ۳۴۶

فصل دهم - تخلیه آب‌های سطحی

۱۰-۱- کلیات ۳۵۱
۱۰-۲- مطالعات هیدرولوژی و تعیین دبی سیلاب ۳۵۱
۱۰-۲-۱- کلیات ۳۵۱

۱۰-۲-۲- خصوصیات آب و هوایی ۳۵۲
۱۰-۲-۲-۱- بارندگی ۳۵۲
۱۰-۲-۲-۲- برف ۳۵۳
۱۰-۲-۲-۳- تبخیر و تعرّق ۳۵۳
۱۰-۲-۳- خصوصیات حوزه آبگیر ۳۵۳
۱۰-۲-۳-۱- مساحت حوزه آبگیر ۳۵۳
۱۰-۲-۳-۲- شکل حوزه آبگیر ۳۵۳
۱۰-۲-۳-۳- شیب حوزه آبگیر ۳۵۳
۱۰-۲-۳-۴- بهره‌وری زمین حوزه آبگیر ۳۵۴
۱۰-۲-۳-۵- خاک‌شناسی و زمین‌شناسی اراضی حوزه آبگیر ۳۵۴
۱۰-۲-۳-۶- نگهداشت سطحی حوزه آبگیر ۳۵۴
۱۰-۲-۳-۷- ارتفاعات نقاط اراضی حوزه آبگیر ۳۵۴
۱۰-۲-۳-۸- موقعیت جغرافیایی حوزه آبگیر ۳۵۴
۱۰-۲-۳-۹- آبراهه اصلی حوزه آبگیر ۳۵۴
۱۰-۲-۳-۱۰- زمان تمرکز ۳۵۴
۱۰-۲-۳-۱۰-۱- زمان حرکت ورقه‌ای آب در روی زمین تا تشکیل آبراهه کوچک ۳۵۵
۱۰-۲-۳-۱۰-۲- زمان جریان در آبراهه کوچک تا رسیدن به کانال اصلی ۳۵۶
۱۰-۲-۳-۱۰-۳- زمان جریان در آبراهه اصلی تا دهانه آبرو یا پل ۳۵۷
۱۰-۲-۴- دبی سیلاب طرح ۳۵۸
۱۰-۲-۴-۱- روش‌های اندازه‌گیری دبی سیلاب طرح ۳۵۸
۱۰-۲-۴-۲- روش‌های تخمین دبی سیلاب طرح ۳۵۸
۱۰-۲-۴-۳- روش استدلالی ۳۵۹
۱۰-۳- ابنیه فنی جمع‌آوری و هدایت آب ۳۶۲
۱۰-۳-۱- پل‌ها و آبروها ۳۶۲
۱۰-۳-۲- انتخاب دوره بازگشت سیلاب ۳۶۲
۱۰-۳-۲-۱- پل‌ها ۳۶۲
۱۰-۳-۲-۲- آبروها ۳۶۳
۱۰-۳-۳- فرازآب و پایاب ۳۶۳
۱۰-۳-۳-۱- فرازآب ۳۶۳
۱۰-۳-۳-۲- پایاب ۳۶۴

۱۰-۳-۴- کنترل توده نخاله در طراحی آبرو ۳۶۴
۱۰-۳-۴-۱- عبور توده نخاله از آبرو ۳۶۴
۱۰-۳-۴-۲- جلوگیری از عبور توده نخاله از آبرو ۳۶۴
۱۰-۳-۵- امتداد شیب طولی آبروها ۳۶۴
۱۰-۳-۶- انواع آبروها ۳۶۵
۱۰-۳-۷- طراحی هیدرولیکی آبروها ۳۶۵
۱۰-۳-۸- طراحی ورودی و خروجی آبروها ۳۶۵
۱۰-۳-۹- قطر و طول آبروهای لوله‌ای ۳۶۶
۱۰-۴- تخلیه آب‌های سطح راه ۳۶۷
۱۰-۴-۱- تخلیه آب‌های کف راه ۳۶۷
۱۰-۴-۲- تخلیه آب‌های میانه ۳۶۷
۱۰-۴-۳- تخلیه آب‌های ورودی به حریم راه ۳۶۸
۱۰-۴-۳-۱- تخلیه آب‌های بالادست ۳۶۸
۱۰-۴-۳-۲- تخلیه آب‌های پایین‌دست ۳۶۸
۱۰-۵- کانال‌ها ۳۶۹
۱۰-۵-۱- ملاحظات طراحی ۳۶۹
۱۰-۵-۱-۱- انتخاب دبی سیلاب طرح برای کانال ۳۶۹
۱۰-۵-۱-۲- ملاحظات ایمنی ۳۶۹
۱۰-۵-۱-۳- طرح مسیر و شیب طولی کانال ۳۶۹
۱۰-۵-۲- انواع مقطع کانال ۳۷۰
۱۰-۵-۲-۱- مقطع مثلثی شکل ۳۷۰
۱۰-۵-۲-۲- مقطع ذوزنقه‌ای شکل ۳۷۰
۱۰-۵-۲-۳- مقطع مستطیلی شکل ۳۷۱
۱۰-۵-۳- طرح هیدرولیکی کانال ۳۷۱
۱۰-۵-۳-۱- رابطه مانینگ ۳۷۱
۱۰-۵-۳-۲- رابطه پیوستگی ۳۷۲

واژگان- فارسی- انگلیسی ۳۷۳
واژگان- انگلیسی - فارسی ۳۸۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱- مشخصات مسیر گردش خودروی طرح، سبک (سواری) ۳۱
شکل ۴-۲- مشخصات مسیر گردش خودروی طرح، اتوبوس نوع اول ۳۲
شکل ۴-۳- مشخصات مسیر گردش خودروی طرح، اتوبوس نوع دوم ۳۳
شکل ۴-۴- مشخصات مسیر گردش خودروی طرح، کامیون نوع اول ۳۴
شکل ۴-۵- مشخصات مسیر گردش خودروی طرح، کامیون نوع دوم ۳۵
شکل ۴-۶- مرحله اول ساخت یک راه چند خطه جداشده ۴۲
شکل ۴-۷- مرحله دوم ساخت یک راه چند خطه جداشده ۴۲
شکل ۴-۸- مرحله سوم ساخت یک راه چندخطه جداشده با میانه عریض ۴۳
شکل ۴-۹- مرحله سوم ساخت یک راه چندخطه جداشده با میانه کم‌عرض ۴۳
شکل ۴-۱۰- اندازه و موقعیت ایستگاه اتوبوس ۴۵
شکل ۵-۱- نمونه‌ای از اندازه‌گیری و ثبت فواصل دید در نقشه‌ها ۵۷
شکل ۵-۲- تعریض راه در قوس افقی ۶۵
شکل ۵-۳- فاصله دید در قوس افقی برای حالت S<L ۶۸
شکل ۵-۴- نحوه تعیین میزان پاکسازی محوطه در قوس افقی ۶۹
شکل ۵-۵- انواع دوران بربلندی ۷۶
شکل ۵-۶- اعمال بربلندی در راه‌های مجزا ۷۷
شکل ۵-۷- نحوه تأمین بر بلندی در قوس‌های افقی مرکب ۷۸
شکل ۵-۸- نمونه‌هایی از طرح‌های خط سبقت ۸۶
شکل ۵-۹- رابطه بین مقدار و طول بحرانی شیب برای مقادیر مختلف کاهش سرعت ۹۰
شکل ۵-۱۰- منحنی سرعت–مسافت کامیون در سربالایی‌ها و سرپایینی‌ها ۹۲
شکل ۵-۱۱- خط‌های کمکی سربالایی در راه‌های دو خطه ۹۳
شکل ۵-۱۲- خط کمکی سربالایی برای وسایل نقلیه سنگین ۹۵
شکل ۵-۱۳- انواع قوس‌های قائم ۹۶
شکل ۵-۱۴- محدودیت دید در قوس قائم گنبدی ۹۷
شکل ۵-۱۵- محدودیت دید در قوس قائم کاسه‌ای و در تاریکی شب ۹۸
شکل ۵-۱۶- خط دید در خم کاسه‌ای ۹۹
شکل ۵-۱۷- نمونه‌هایی از نحوه هماهنگی پلان و پروفیل طولی راه ۱۰۲

شکل ۵–۱۸– نمونه‌ای از تغییر عرض راه از چهارخط به دو خط ۱۰۴
شکل ۵–۱۹– نمایش کامیون و نیروهای وارده در سرازیری..... ۱۰۷
شکل ۵–۲۰– نمونه‌های خروجی اضطراری..... ۱۰۹
شکل ۵–۲۱– نمونه پلان و نیمرخ طولی یک خروجی اضطراری..... ۱۱۲
شکل ۶–۱– اجزای نیمرخ عرضی در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها..... ۱۱۶
شکل ۶–۲– اجزای نیمرخ عرضی در راه‌های دو خطه و چهار خطه..... ۱۱۷
شکل ۶–۳– گزینه‌های مختلف شیب عرضی سواره‌رو..... ۱۲۱
شکل ۶–۴– نمونه‌های مختلف نهر جانبی..... ۱۲۴
شکل ۶–۵– حریم راه ۱۲۵
شکل ۶–۶– شیروانی در خاکریزی..... ۱۲۷
شکل ۶–۷– میانه بسیار عریض ۱۳۱
شکل ۶–۸– روش‌های مختلف ایجاد میانه عریض..... ۱۳۱
شکل ۶–۹– راه جانبی سه خطه یک طرفه و رابط‌های ورودی و خروجی..... ۱۳۴
شکل ۶–۱۰– راه جانبی دو خطه دو طرفه و رابط‌های ورودی و خروجی ۱۳۵
شکل۶ –۱۱– جزئیات عرض پل..... ۱۳۷
شکل ۶–۱۲– نرده پل..... ۱۳۸
شکل ۶–۱۳– دیوار حایل وزنی ۱۴۰
شکل۶–۱۴– دیوار حایل طره‌ای..... ۱۴۰
شکل ۶–۱۵– دیوار حایل با پشت‌بند..... ۱۴۱
شکل ۶–۱۶– دیوار حایل صندوقه‌ای..... ۱۴۱
شکل ۶–۱۷– خاک مسلح ۱۴۱
شکل ۶–۱۸– خاک مسلح با پارچه‌گونه ۱۴۱
شکل ۶–۱۹– اجزاء نیمرخ عرضی تونل..... ۱۴۴
شکل ۶–۲۰– مقطع تونل به همراه پیاده‌روها، شانه‌ها، زهکشی و فضای ویژه توقف‌گاه اضطراری..... ۱۴۵
شکل ۶–۲۱– مشخصات هندسی توقف‌گاه اضطراری در تونل‌ها..... ۱۴۶
شکل ۶–۲۲– عرض پیاده‌روها با دیوارهای مختلف تونل ۱۴۷
شکل ۶–۲۳– انواع جدول‌های راه و خیابان (ابعاد برحسب سانتی‌متر)..... ۱۵۳
شکل ۶–۲۴– انواع جدول با قابلیت رویت زیاد..... ۱۵۴
شکل ۶–۲۵– نیمرخ‌های عرضی نمونه برای راه‌های اصلی درجه یک، آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها..... ۱۵۵
شکل ۶–۲۶– نیمرخ‌های عرضی نمونه برای راه‌های اصلی دو خطه و راه‌های فرعی..... ۱۵۶
شکل ۶–۲۷– نمونه‌های نیمرخ عرضی تونل..... ۱۵۷

شکل ۶-۲۸- نمونه‌های نیمرخ عرضی تونل با سیستم تهویه ۱۵۸
شکل ۷-۱- روش کلی تعیین سطح کیفیت ترافیک بخش‌های اصلی آزادراه‌ها ۱۶۸
شکل ۷-۲- منحنی‌های سرعت متوسط- شدت جریان- سطح کیفیت ترافیک برای بخش اصلی آزادراه‌ها ۱۷۲
شکل ۷-۳- پارامترهای مؤثر در ناحیه تداخلی ۱۷۳
شکل ۷-۴- ناحیه تداخلی نوع الف ۱۷۴
شکل ۷-۵- ناحیه تداخلی نوع ب ۱۷۴
شکل ۷-۶- ناحیه تداخلی نوع ج ۱۷۴
شکل ۷-۷- روش کلی تعیین سطح کیفیت ترافیکی در نواحی تداخلی ۱۷۷
شکل ۷-۸- ناحیه تحت تأثیر رابط‌های ورودی و خروجی در محل تلاقی با آزادراه‌ها ۱۷۹
شکل ۷-۹- عوامل مختلف تأثیرگذار بر کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابط ۱۸۰
شکل ۷-۱۰- روش کلی تعیین سطح کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابط ۱۸۱
شکل ۷-۱۱- روش کلی تعیین سطح کیفیت ترافیک در راه‌های چندخطه ۱۸۸
شکل ۷-۱۲- منحنی‌های سرعت متوسط- شدت جریان- سطح کیفیت ترافیک برای راه‌های چند خطه ۱۹۲
شکل ۷-۱۳- روش کلی تعیین سطح کیفیت ترافیک در راه‌های دو خطه ۱۹۷
شکل ۷-۱۴- تعیین سطح کیفیت ترافیک برای راه‌های دو خطه نوع اول ۲۰۱
شکل ۸-۱- فضاهای فیزیکی و عملکردی یک تقاطع ۲۱۶
شکل ۸-۲- اجزای فضای عملکردی یک تقاطع ۲۱۶
شکل ۸-۳ سه‌راهی ساده بدون خط عبور کمکی ۲۱۸
شکل ۸-۴- سه‌راهی با خط عبور کمکی گردش به راست ۲۱۸
شکل ۸- ۵- سه‌راهی با خط عبور کمکی سمت راست ۲۱۹
شکل ۸-۶- سه‌راهی با خط‌های عبور کمکی سمت راست و خط گردش به راست ۲۱۹
شکل ۸-۷- سه‌راهی با یک مسیر گردش به راست با جدول ۲۲۰
شکل ۸-۸- سه‌راهی با دو مسیر گردش به راست با جدول ۲۲۰
شکل ۸-۹- سه‌راهی با جزیره وسط و خط عبور سمت راست ۲۲۰
شکل ۸-۱۰- سه‌راهی با جزیره‌های گردش به راست و چپ ۲۲۱
شکل ۸-۱۱- سه‌راهی با یک مسیر گردش به راست و چپ با جدول ۲۲۱
شکل ۸-۱۲- انواع طرح‌های معمول برای تقاطع‌های چهارراه ۲۲۲
شکل ۸-۱۳- نمونه‌هایی از چهارراه جریان‌بندی شده ۲۲۳
شکل ۸-۱۴- نمونه‌های دیگری از چهارراه جریان‌بندی شده ۲۲۴
شکل ۸-۱۵- نحوه تبدیل تقاطع‌های چندراهی به تعدادی تقاطع چهار (یا سه) راهی ۲۲۵

شکل ۸–۱۶– دو روش اصلاح در تقاطع‌های اریب ۲۲۹
شکل ۸–۱۷– نحوه اصلاح مسیر در تقاطع‌های با زاویه تند ۲۲۹
شکل ۸–۱۸– نمونه روش اصلاح مسیر در تقاطع های واقع در قوس افقی ۲۲۹
شکل ۸–۱۹– حداقل مسیر گردشی برای خودروی سبک ۲۳۴
شکل ۸–۲۰– حداقل مسیر گردشی برای اتوبوس نوع یک ۲۳۵
شکل ۸–۲۱– حداقل مسیر گردشی برای اتوبوس نوع دو ۲۳۶
شکل ۸–۲۲– حداقل مسیر گردشی برای کامیون نوع یک ۲۳۷
شکل ۸–۲۳– حداقل مسیر گردشی برای کامیون نوع دو ۲۳۸
شکل ۸–۲۴– حالت متداول جزیره‌های هدایت‌کننده ۲۴۰
شکل ۸–۲۵– راستادهی به منظور ایجاد جزایر جداکننده ۲۴۱
شکل ۸–۲۶– جزئیات طرح جزیره‌ها ۲۴۳
شکل ۸–۲۷– جزئیات آشکارسازی جزیره‌های میانی ۲۴۴
شکل ۸–۲۸– طرح نمونه برای مسیرهای گردشی با جریان آزاد ۲۴۶
شکل ۸–۲۹– نحوه تأمین بربلندی در پایانه– جداشدگی از خط مستقیم ۲۵۰
شکل ۸–۳۰– نحوه تأمین بربلندی در پایانه– جداشدگی از قوس هم‌جهت ۲۵۱
شکل ۸–۳۱– نحوه تأمین بربلندی در پایانه– جداشدگی با قوس غیر هم‌جهت ۲۵۱
شکل ۸–۳۲– نحوه تأمین بربلندی در پایانه– جداشدگی با خط تغییر سرعت ۲۵۲
شکل ۸–۳۳– انواع مثلث دید در تقاطع ۲۵۴
شکل ۸–۳۴– نمودار تعیین فاصله دید تقاطع برای گردش به چپ از مسیر فرعی در تقاطع با تابلوی ایست ۲۵۶
شکل ۸–۳۵– نمودار تعیین فاصله دید تقاطع برای گردش به راست و عبور مستقیم از مسیر فرعی با تابلوی ایست ۲۵۸
شکل ۸–۳۶– طول ضلع مثلث دید در امتداد راه اصلی برای گردش به چپ یا راست از راه فرعی با تابلوی حق تقدم ۲۶۰
شکل ۸–۳۷– طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر اصلی برای گردش به چپ از مسیر اصلی ۲۶۰
شکل ۸–۳۸– مثلث دید در تقاطع اریب ۲۶۱
شکل ۸–۳۹– حداقل طرح بریدگی میانه و اثر اریب بودن بر آن ۲۶۴
شکل ۸–۴۰– طرح بیش از حداقل برای بریدگی‌های میانه (انتهای سرفشنگی) ۲۶۷
شکل ۸–۴۱– طرح مسیرهای گردش به چپ غیر مستقیم در راه‌های با میانه کم‌عرض ۲۶۸
شکل ۸–۴۲– طرح مسیرهای گردش به چپ غیر مستقیم در راه‌های با میانه عریض ۲۶۸
شکل ۸–۴۳– طرح لچکی برای خط کمکی ۲۷۲
شکل ۸–۴۴– طرح گردش به چپ با خط کمکی در راه‌های دارای میانه ۳/۸ تا ۵/۴ متر ۲۷۳
شکل ۸–۴۵– طرح گردش به چپ با خط کمکی در راه‌های دارای میانه بیشتر از ۵/۴ متر ۲۷۴
شکل ۸–۴۶– جزئیات طرح گردش به چپ با خط کمکی در راه‌های فاقد میانه ۲۷۵

شکل ۸-۴۷- مشخصات لچکی برگشتی ۲۷۶
شکل ۸-۴۸- طرح ایجاد خط مخصوص گردش به چپ در تقاطع‌ها (تعریض در یک طرف راه)..... ۲۷۷
شکل ۸-۴۹- طرح ایجاد خط مخصوص گردش به چپ در تقاطع‌ها (تعریض در دو طرف راه) ۲۷۸
شکل ۸-۵۰- تقاطع راه- راه‌آهن ۲۸۰
شکل ۸-۵۱- پارامترهای مؤثر در فاصله دید ایمن تقاطع راه با راه‌آهن (در شرایطی که خودرو در حال حرکت است)..... ۲۸۲
شکل ۸-۵۲- فاصله دید ایمن لازم برای شروع حرکت وسیله نقلیه در حالت توقف و گذر از محل تقاطع..... ۲۸۳
شکل ۸-۵۳- طرح شماتیک یا قیاسی اطلاعات ترافیکی تقاطع ۲۸۵
شکل ۸-۵۴- نمونه نمایشی آمار ترافیک ساعت‌های اوج یک تقاطع ۲۸۷
شکل ۸-۵۵- طرح شماتیک (مقدماتی) گزینه‌های مختلف تقاطع..... ۲۸۸
شکل ۸-۵۶- جزئیات گزینه‌های مختلف تقاطع (طرح اولیه)..... ۲۸۹
شکل ۸-۵۷- طرح‌های نمونه تقاطع..... ۲۹۱
شکل ۹-۱- الگوهای متداول تبادل سه‌راهی..... ۳۰۰
شکل ۹-۲- طرح‌های متداول تبادل‌های سه‌راهی با سطوح حرکت چندگانه..... ۳۰۱
شکل ۹-۳- نمونه طرح تبادل چهارراه با رابط یگانه ۳۰۳
شکل ۹-۴- طرح تبادل با رابط یگانه براساس نیازمندی‌های آتی طرح ۳۰۳
شکل ۹-۵- انواع ساده تبادل لوزوی..... ۳۰۵
شکل ۹-۶- طرح‌های تبادل لوزوی به منظور کاهش برخوردهای ترافیکی..... ۳۰۵
شکل ۹-۷- تبادل‌های لوزوی با تسهیلات (سازه‌های) اضافی ۳۰۶
شکل ۹-۸- دو نمونه تبادل شبدری کامل و نیمه‌شبدری ۳۰۷
شکل ۹-۹- نمونه طرح‌های ورودی و خروجی تبادل‌های نیمه‌شبدری..... ۳۰۹
شکل ۹-۱۰- نمونه طرح تبادل جهتی..... ۳۱۰
شکل ۹-۱۱- نمونه تبادل‌های نیمه‌جهتی با ترافیک تداخلی..... ۳۱۰
شکل ۹-۱۲- نمونه تبادل‌های نیمه جهتی بدون ترافیک تداخلی ۳۱۱
شکل ۹-۱۳- نمونه طرح تبادل‌های جهتی و نیمه‌جهتی چند طبقه ۳۱۲
شکل ۹-۱۴- نمونه طرح تبادل تدریجی..... ۳۱۳
شکل ۹-۱۵- انواع زیرگذر و روگذر..... ۳۱۴
شکل ۹-۱۶- نمونه‌های متداول توازن تعداد خط‌های عبور..... ۳۱۷
شکل ۹-۱۷- نحوه تطابق توازن خط‌ها و حفظ تعداد خط‌های پایه..... ۳۱۸
شکل ۹-۱۸-روش‌های مختلف حذف خط‌های کمکی..... ۳۱۹
شکل ۹-۱۹- استفاده از خط‌های کمکی به منظور تأمین اصل توازن تعداد خط‌های عبور ۳۲۰

شکل ۹-۲۰- انواع مختلف رابطها ۳۲۱
شکل ۹-۲۱- قسمت‌های مختلف ناحیه سه گوش ۳۲۳
شکل ۹-۲۲- طرح‌های ناحیه سه گوش برای حالت‌های مختلف ۳۲۴
شکل ۹-۲۳- طرح‌های متداول رابط ورودی یک خطه ۳۲۸
شکل ۹-۲۴- طرح های متداول رابط خروجی یک خطه ۳۳۰
شکل ۹-۲۵- نحوه قرارگیری پایانه‌های لچکی شکل در قوس‌های افقی ۳۳۲
شکل ۹-۲۶- حالت شماتیک پایانه‌های رابط نوع موازی واقع در قوس افقی ۳۳۳
شکل ۹-۲۷- حالت‌های متداول رابط ورودی دو خطه ۳۳۵
شکل ۹-۲۸- حالت‌های متداول رابط خروجی دو خطه ۳۳۶
شکل ۹-۲۹- حالت‌های متداول خروجی‌های چند شاخه‌ای ۳۳۷
شکل ۹-۳۰- حالت‌های متداول ورودی‌های چند شاخه‌ای ۳۳۸
شکل ۹-۳۱- نمونه‌های مختلف کنترل دسترسی ۳۳۹
شکل ۹-۳۲- نمونه طرح مقدماتی تبادل ۳۴۳
شکل ۹-۳۳- نمونه طرح اولیه تبادل ۳۴۴
شکل ۹-۳۴- نمونه نیمرخ‌های طرح اولیه تبادل ۳۴۵
شکل ۹-۳۵- نقشه محل مورد نظر برای احداث تبادل ۳۴۶
شکل ۱۰-۱- تشکیل دبی سیلاب (رواناب سطحی) در یک حوزه آبریز بزرگ ۳۵۲
شکل ۱۰-۲- روش آپلند برای تعیین زمان حرکت آب در آبراهه کوچک ۳۵۷

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- طبقه‌بندی عملکردی راه‌ها ۲۵
جدول ۴-۱- اندازه‌های مشخصات پنج خودرو طرح پیشنهادی (متر) ۳۰
جدول ۴-۲- سرعت طرح برای راه‌های شریانی و اصلی ۳۷
جدول ۴-۳- سرعت طرح برای راه‌های فرعی ۳۷
جدول ۴-۴- حداقل فاصله محل دسترسی‌های اختصاصی با تقاطع‌ها و دسترسی‌های اختصاصی مجاور ۳۹
جدول ۵-۱- فاصله دید توقف در امتداد افقی ۵۴
جدول ۵-۲- فاصله دید توقف در امتداد شیب دار ۵۵
جدول ۵-۳- فاصله دید سبقت در امتداد افقی ۵۵
جدول ۵-۴- فاصله دید انتخاب ۵۶
جدول ۵-۵- حداقل شعاع قوس افقی ۵۹
جدول ۵-۶- حداقل طول بخش مستقیم واقع بین دو قوس افقی هم‌جهت (تخت پشت) راه اصلی ۶۱
جدول ۵-۷- شعاع حداکثر قوس افقی برحسب سرعت برای استفاده از قوس اتصال تدریجی ۶۱
جدول ۵-۸- طول مطلوب برای قوس اتصال تدریجی ۶۲
جدول ۵-۹- حداقل شعاع‌های داخلی و خارجی راه در مارپیچ ۶۳
جدول ۵-۱۰- میزان اضافه عرض سواره‌رو راه‌های دو خطه (برای کامیون نوع اول) ۶۶
جدول ۵-۱۱- ضرایب اصلاحی برای میزان اضافه عرض سواره‌رو راه‌های دو خطه (برای سایر خودروهای طرح) ۶۷
جدول ۵-۱۲- حداقل فاصله آزاد جانبی مانع از محور خط عبور داخلی راه در قوس‌های افقی ۶۹
جدول ۵-۱۳- حداقل فاصله دید توقف در قوس‌های افقی ۷۰
جدول ۵-۱۴- حداکثر مقدار بربلندی در سرعت‌های کم ۷۱
جدول ۵-۱۵- حداکثر شیب طولی نسبی برای سرعت‌های مختلف ۷۲
جدول ۵-۱۶- تعدیل تعداد خط‌های چرخش یافته برای استفاده در رابطه (۵-۱۸) ۷۳
جدول ۵-۱۷- طول شیب بربلندی برای راه‌های دو خطه و چهار خطه جدا نشده ۷۴
جدول ۵-۱۸- مقدار بربلندی قوس افقی با حداکثر بربلندی ۶ درصد ۷۹
جدول ۵-۱۹- مقدار بربلندی قوس افقی با حداکثر بربلندی ۸ درصد ۸۱
جدول ۵-۲۰- مقدار بربلندی قوس افقی با حداکثر بربلندی ۱۰ درصد ۸۳
جدول ۵-۲۱- حداکثر شیب طولی برای آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی ۸۹
جدول ۵-۲۲- حداکثر شیب طولی برای راه‌های فرعی درجه یک و دو ۸۹
جدول ۵-۲۳- حداکثر شیب طولی برای راه‌های فرعی درجه۳ ..... ۸۹

جدول ۵-۲۴- حداقل شیب طولی در انواع راه ۸۹
جدول ۵-۲۵- مقادیر حداقل K برای قوس قائم گنبدی برای فاصله دید توقف ۹۷
جدول ۵-۲۶- مقادیر حداقل K برای قوس قائم گنبدی برای فاصله دید سبقت ۹۷
جدول ۵-۲۷- مقادیر حداقل K برای قوس قائم کاسه‌ای ۹۸
جدول ۵-۲۸- ضریب مقاومت مصالح کف راه در مقابل حرکت وسیله نقلیه ۱۱۱
جدول ۵-۲۹- طول خروجی اضطراری (برای مثال ذکر شده) ۱۱۱
جدول ۶-۱- عرض مطلوب سواره‌رو در راه‌های اصلی درجه دوی دو خطه ۱۱۸
جدول ۶-۲- عرض مطلوب سواره‌رو در راه‌های فرعی درجه یک و دو ۱۱۹
جدول ۶-۳- عرض مطلوب سواره‌رو در راه‌های فرعی درجه سه ۱۱۹
جدول ۶-۴- عرض شانه طرفین راه‌ها ۱۲۲
جدول ۶-۵- حداقل عرض شانه برای سرعت طرح حداقل در تونل‌ها ۱۴۵
جدول ۷-۱- سطح کیفیت ترافیک سال طرح برای انواع راه‌ها ۱۶۴
جدول ۷-۲- تعدیل عرض خط ۱۶۹
جدول ۷-۳- تعدیل فاصله مانع از لبه سواره رو از سمت راست ۱۶۹
جدول ۷-۴- تعدیل تراکم تبادل‌ها ۱۶۹
جدول ۷-۵- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه سنگین در قطعاتی از آزادراه ۱۶۹
جدول ۷-۶- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون و اتوبوس در سربالایی ۱۷۰
جدول ۷-۷- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه تفریحی در سربالایی ۱۷۱
جدول ۷-۸- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون و اتوبوس در سرپایینی ۱۷۱
جدول ۷-۹- معیارهای سطح کیفیت ترافیک برای بخش اصلی آزادراه‌ها ۱۷۲
جدول ۷-۱۰- تعیین ضرایب ثابت مربوط به محاسبه ضریب شدت تداخل ۱۷۸
جدول ۷-۱۱- معیارهای کنترل درگیر بودن جریان تداخلی ۱۷۸
جدول ۷-۱۲- تراکم در نواحی تداخلی برای سطوح مختلف کیفیت ترافیک ۱۷۸
جدول ۷-۱۳- میزان تراکم برای سطوح مختلف کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابط ۱۸۰
جدول ۷-۱۴- گنجایش در رابط ۱۸۰
جدول ۷-۱۵- مدل‌های پیش‌بینی V_{12} در رابط‌های ورودی ۱۸۳
جدول ۷-۱۶- مقادیر گنجایش مطلق (ناحیه تحت تأثیر رابط ورودی) ۱۸۴
جدول ۷-۱۷- مدل‌های پیش‌بینی V_{12} در رابط‌های خروجی ۱۸۵
جدول ۷-۱۸- مقادیر گنجایش مطلق (ناحیه تحت تأثیر رابط خروجی) ۱۸۵
جدول ۷-۱۹- تعدیل عرض خط (f_{LW}) ۱۸۹

جدول ۷-۲۰- تعدیل فاصله آزاد جانبی (f_{LC}) ۱۸۹
جدول ۷-۲۱- تعدیل نوع میانه (f_M) ۱۸۹
جدول ۷-۲۲- تعدیل نقاط دسترسی (f_A) ۱۸۹
جدول ۷-۲۳- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه سنگین در قطعاتی از راه چند خطه ۱۸۹
جدول ۷-۲۴- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون و اتوبوس در سربالایی ۱۹۰
جدول ۷-۲۵- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه تفریحی در سربالایی ۱۹۱
جدول ۷-۲۶- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون در سرپایینی ۱۹۱
جدول ۷-۲۷- معیارهای سطح کیفیت ترافیک برای بخش اصلی راه‌های چند خطه ۱۹۲
جدول ۷-۲۸- تعدیل برای عرض خط عبور و عرض مفید شانه (f_{LS}) ۱۹۸
جدول ۷-۲۹- تعدیل برای نقاط دسترسی (f_A) ۱۹۸
جدول ۷-۳۰- ضریب تعدیل شیب در تعیین متوسط سرعت سفر راه دوخطه (f_G) ۱۹۸
جدول ۷-۳۱- ضریب تعدیل شیب در تعیین درصد تأخیر راه دوخطه (f_G) ۱۹۸
جدول ۷-۳۲- ضریب معادل وسایل نقلیه سبک برای وسایل‌نقلیه سنگین در تعیین متوسط سرعت سفر راه دو خطه ۱۹۸
جدول ۷-۳۳- ضریب معادل وسایل نقلیه سبک برای وسایل‌نقلیه سنگین در تعیین درصد تأخیر راه دو خطه ۱۹۹
جدول ۷-۳۴- تعدیل برای درصد مناطق سبقت ممنوع در تعیین سرعت متوسط سفر راه دو خطه (f_{np}) ۱۹۹
جدول ۷-۳۵- تعدیل برای توزیع جهتی ترافیک و درصد مناطق سبقت ممنوع ۲۰۰
جدول ۷-۳۶- تعیین سطح کیفیت ترافیک برای راه‌های دو خطه نوع دوم ۲۰۱
جدول ۷-۳۷- تعدیل برای درصد مناطق سبقت ممنوع در تعیین سرعت متوسط سفر راه دوخطه ۲۰۳
جدول ۷-۳۸- تعدیل برای درصد مناطق سبقت ممنوع در تعیین درصد تأخیر - تحلیل جهتی (f_{np}) ۲۰۴
جدول ۷-۳۹- ضرایب a و b برای درصد تأخیر در تحلیل جهتی ۲۰۵
جدول ۷-۴۰- ضریب تعدیل شیب در تعیین سرعت متوسط سفر در سربالایی (f_G) ۲۰۶
جدول ۷-۴۱- ضریب تعدیل شیب در تعیین درصد تأخیر در سربالایی (f_G) ۲۰۷
جدول ۷-۴۲- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون در تعیین سرعت متوسط سفر در سربالایی ۲۰۸
جدول ۷-۴۳- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه تفریحی در تعیین سرعت متوسط سفر در سربالایی ۲۰۹
جدول ۷-۴۴- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون و وسیله نقلیه تفریحی در تعیین ۲۱۰
جدول ۷-۴۵- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون‌ها در سرعت خزش برای تعیین ۲۱۱
جدول ۷-۴۶- ضریب اثر خط سبقت (f_{pl}) برای محاسبه سرعت متوسط سفر و درصد تأخیر ۲۱۲
جدول ۷-۴۷- طول پایین دست تحت تأثیر خط سبقت (L_{de}) برای مناطق دشت و تپه ماهور ۲۱۲
جدول ۷-۴۸- ضریب اثر خط برای قطعات دارای خط سربالایی جهت محاسبه سرعت متوسط سفر و درصد تاخیر ۲۱۲
جدول ۸-۱- معیارهای طرح حداقل مسیر گردشی ۲۳۱

جدول ۸-۲- طرح مسیر گردشی با جزیره‌های گوشه ۲۴۵
جدول ۸-۳- عرض‌های سواره‌رو برای مسیرهای گردشی..... ۲۴۷
جدول ۸-۴- عرض‌های شانه روسازی شده یا فاصله آزاد جانبی مـعادل در مسیرهای گـــردشی ۲۴۸
جدول ۸-۵- مقادیر حداکثر اختلاف نسبی شیب طولی ۲۴۹
جدول ۸-۶- مقدار حداکثر تفاوت جبری در شیب عرضی سواره‌رو در پایانه‌های مسیر گردشی ۲۵۲
جدول ۸-۷- طول ضلع مثلث دید در تقاطع بدون کنترل..... ۲۵۵
جدول ۸-۸- ضرایب تصحیح بر مبنای شیب طولی..... ۲۵۵
جدول ۸-۹- طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر فرعی برای حالت عبور مستقیم از تقاطع‌های دارای حق تقدم ۲۵۹
جدول ۸-۱۰- طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر اصلی برای حالت عبور مستقیم از تقاطع‌های دارای حق تقدم..... ۲۵۹
جدول ۸-۱۱- فاصله دید توقف برای خطوط گردش..... ۲۶۱
جدول ۸-۱۲- ضوابط طرح حداقل بریدگی میانه‌ها ۲۶۲
جدول ۸- ۱۳- طرح حداقل بریدگی میانه برای خودروی طرح سبک ۲۶۳
جدول ۸- ۱۴- طرح حداقل بریدگی میانه برای خودروی طرح اتوبوس ۲۶۳
جدول ۸- ۱۵- طرح حداقل بریدگی میانه برای خودروی طرح کامیون نوع یک..... ۲۶۳
جدول ۸-۱۶- مقادیر طرح برای حداقل بریدگی میانه با شعاع کنترل ۱۵ متر برای زوایای مختلف اریب ۲۶۵
جدول ۸-۱۷- طرح حداقل برای دوربرگردان‌ها ۲۶۹
جدول ۸-۱۸- طول کاهش سرعت در راه‌های دارای میانه..... ۲۷۱
جدول ۸-۱۹- طول کاهش سرعت در راه‌های فاقد میانه ۲۷۵
جدول ۸-۲۰- فاصله دید طرح راه بر حسب سرعت‌های مختلف خودرو و قطار..... ۲۸۱
جدول ۹-۱- فاصله دید انتخاب در دماغه خروجی..... ۳۱۵
جدول ۹-۲- حداکثر شیب طولی مسیرهای متقاطع ۳۱۵
جدول ۹-۳- سرعت طرح در رابط‌ها..... ۳۲۲
جدول ۹-۴- حداکثر شیب طولی رابط‌ها ۳۲۳
جدول ۹-۵- طول لچکی‌ها بعد از عقب‌نشینی دماغه..... ۳۲۳
جدول ۹-۶- تعریض خط‌های عبور..... ۳۲۵
جدول ۹-۷- حداقل طول لازم برای خط‌های افزایش سرعت رابط‌های ورودی با شیب کمتر از ۲ درصد..... ۳۲۹
جدول ۹-۸- ضرایب تعدیل طول خط تغییر سرعت برای شیب‌های بزرگتر از ۲ درصد..... ۳۲۹
جدول ۹-۹- حداقل طول لازم برای خط‌های کاهش سرعت رابط‌های خروجی با شیب کمتر از ۲ درصد..... ۳۳۱
جدول ۹-۱۰- مشخصات ترافیکی حرکت‌های موجود..... ۳۴۶
جدول ۹-۱۱- اولویت‌بندی خصوصیات و ویژگی‌های گزینه‌های پیشنهادی..... ۳۴۸

جدول ۱۰-۱- رابطه نسبی متوسط میزان و شدت بارندگی برای مدت‌های تعیین شده ... ۳۵۳
جدول ۱۰-۲- ضریب زبری برای جریان ورقه‌ای ۳۵۶
جدول ۱۰-۳- ضریب پوشش زمین برای جریان در آبراهه کوچک ۳۵۷
جدول ۱۰-۴- داده‌های اصلی مورد نیاز و فرضیات روش‌های متداول تعیین دبی سیلاب طرح ۳۵۹
جدول ۱۰-۵- ضریب رواناب برای مناطق ساخته شده ۳۶۰
جدول ۱۰-۶- ضریب رواناب برای مناطق ساخته نشده ۳۶۱
جدول ۱۰-۷- ضرایب تبدیل C_f ۳۶۱
جدول ۱۰-۸- راهنمای انتخاب دوره بازگشت برای پل‌ها ۳۶۳
جدول ۱۰-۹- راهنمای انتخاب دوره بازگشت برای آبروها ۳۶۳
جدول ۱۰-۱۰- راهنمای انتخاب دوره بازگشت مطلوب تخلیه آب‌های سطح راه ۳۶۷
جدول ۱۰-۱۱- سرعت مجاز در کانال‌های بدون پوشش ۳۷۰
جدول ۱۰-۱۲- مقادیر متوسط برای ضریب زبری مانینگ ۳۷۲

فصل اول

کلیات

۱-۱- سابقه

سابقه تهیه و ابلاغ آیین‌نامه‌ها و معیارهایی برای طرح هندسی راه‌ها بر اساس نهاد مسئول به شرح ذیل می‌باشد:

۱-۱-۱- وزارت راه و شهرسازی (وزارت راه و ترابری)

- ابلاغیه فنی شماره ۸ - سال ۱۳۳۶
- دستورالعمل‌های فنی طرح هندسی راه، آزادراه و تونل، موسسه بِ ثِ اِ اُ اِم - سال ۱۳۵۸

۱-۱-۲- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور- سازمان برنامه و بودجه)

- چکیده‌ای از معیارهای طرح هندسی راه‌ها و تقاطع‌ها - نشریه شماره ۸۸ - سال ۱۳۶۴
- معیارهای طرح هندسی راه‌های اصلی و فرعی - نشریه شماره ۸۵- سال ۱۳۶۵
- معیارهای طرح هندسی تقاطع‌ها - نشریه شماره ۸۷ - سال ۱۳۶۷
- آیین‌نامه طرح هندسی راه - نشریه ۱۶۱- سال ۱۳۷۵
- آیین‌نامه طرح هندسی راه روستایی - نشریه ۱۹۶ - سال ۱۳۷۸

۱-۲- هدف از آیین‌نامه طرح هندسی راه و بازنگری آن

پروژه‌های راه‌سازی به منظور ایجاد شرایط ایمن و راحت برای استفاده‌کنندگان از راه‌های کشور انجام می‌شود، به نحوی که در آن، نیازهای اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی به شرح زیر به طور کامل رعایت شده باشد.

الف - نیاز به حمل و نقل ایمن، راحت، سریع و ارزان

ب – دستیابی به نیازها و هدف‌های استفاده‌کنندگان

پ - توجه بیشتر به نیازهای استفاده‌کنندگان آسیب‌پذیر

ت – در نظر گرفتن هزینه‌ها و ارزش‌های حفظ محیط زیست و منظرآرایی

ث - برنامه‌ریزی بر اساس امکان‌های مالی، بودجه و اعتبارات قابل دسترسی واقعی

ج - هزینه نگهداری

باید در طرح راه‌ها به این مسئله که ایجاد ارتباط مورد نظر، چه هزینه‌هایی از سرمایه‌گذاری را به خود اختصاص می‌دهد و بازده آن در کل سیستم ارتباطات به چه میزان است، توجه کافی مبذول داشت تا اولویت راه مورد نظر در کل سیستم راه‌سازی کشور از نظر منافع، اهداف و ارزش‌های اجتماعی و ملّی معلوم شود.

در مطالعات راه باید هماهنگی طرح هندسی با نیازمندی‌های حجم ترافیک در ساعت طرح، با توجه به طبقه‌بندی عملکردی و شرایط محیطی راه و هم‌چنین انواع وسایل حمل و نقل برای دستیابی به هدف نهایی که همان افزایش امکان تحرک و ایمنی بهره‌برداری از راه است، مورد نظر باشد.

هدف از آیین‌نامه طرح هندسی راه، تدوین معیاری واحد برای ایجاد هماهنگی در طراحی پروژه‌های راهسازی کشور است و هدف از بازنگری آن، به روزآوری و اعمال اصلاحاتی است که در طول سال‌های گذشته (از تاریخ ابلاغ آیین‌نامه) مورد توجه قرار گرفته است. نتیجه بازنگری، این نشریه است که جایگزین نشریه‌های ۱۶۱- آیین‌نامه طرح هندسی راه و ۱۹۶- آیین‌نامه طرح هندسی راه روستایی، شده است.

۱-۳- کاربرد

در آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها، حداقل یا حداکثر معیارهای طراحی ارایه می‌شود. در طراحی‌ها، معمولاً مقادیر بالاتر از حداقل‌ها یا پایین‌تر از حداکثرهای مورد اشاره در آیین‌نامه با لحاظ ایمنی راه، درجه اهمیت، تحلیل منفعت به هزینه و حجم ترافیک در نظر گرفته می‌شود. در آیین نامه طرح هندسی راه‌ها، معیارهای طراحی برای عناصر راه به صورت جداگانه ارایه می‌شود. در نتیجه قرار گرفتن عناصر طرح شده در کنار یکدیگر، همیشه نمی‌تواند ارائه‌دهنده یک طرح ایمن باشد، لذا لازم است تا طراح، موارد ایمنی به ویژه موارد ذیل را در طراحی لحاظ کند[۱]:

- قابلیت دید مناسب در طرح
- قابلیت خود معرف بودن راه (ارائه اطلاعات لازم و به موقع به استفاده‌کنندگان)
- قابلیت بخشندگی راه (ایمن سازی حاشیه و حریم راه)
- سازگاری عناصر راه با یکدیگر و اجتناب از اعمال تغییرات ناگهانی در مشخصات راه
- تأمین نیازهای ایمنی استفاده‌کنندگان راه به ویژه استفاده‌کنندگان آسیب پذیر
- تأمین ایمن نیازهای کاربری‌های اطراف راه
- تناسب مشخصات راه با نوع و عملکرد راه
- تناسب مشخصات راه با سرعت عملکردی وسایل نقلیه
- اجتناب از ایجاد موقعیت‌ها یا عوامل تحمیل‌کننده رفتار پر خطر به استفاده‌کنندگان

از آنجا که بعضی از راه‌ها قبل از نشر این آیین‌نامه ساخته شده است، ممکن است در بخش‌هایی از مسیر، معیارهای این آیین‌نامه رعایت نشده باشد. بدیهی است تغییر معیارها برای راه‌های موجود می‌تواند مستلزم هزینه‌های غیر ضروری شود. در چنین موردهایی به ویژه در محل تلاقی این راه‌ها با راه جدید، با بررسی‌های فنی، اقتصادی و تحلیل تصادف‌ها می‌توان نسبت به اصلاح طرح هندسی راه‌های موجود، نصب حفاظ‌ها، تأمین روشنایی، اصلاح قوس‌های افقی و قائم، تأمین بربلندی، خط‌کشی و نصب علائم و امثال آن اقدام کرد.

در این آیین‌نامه، معیارهای طرح هندسی راه‌ها برحسب اهمیت آنها از نظر توسعه راه‌های کشور و اینکه چه نوع خدمتی را تحت شرایط ترافیکی پیش‌بینی شده برای آینده تأمین می‌کند، به شرح زیر طبقه‌بندی شده است:

---

۱ . برای اطمینان از ایمنی طرح، می‌توان از فرآیند بازرسی ایمنی راه استفاده کرد. بازرسی ایمنی راه، فرآیندی نظام‌مند برای تجزیه و تحلیل یک پروژه طرح هندسی است تا مشکلات ایمنی احتمالی را شناسایی کند. این فرآیند در ارتقاء ایمنی طرح‌های هندسی راه بسیار مؤثر است.

۱-۳-۱- معیارهای اجباری

معیارهای اجباری، برای تأمین هدف‌های طراحی مورد نیاز است. چنین معیارهایی مانند این بند با حروف پر رنگ‌تر چاپ و در آنها از واژه «باید» و «نباید» استفاده شده است.

۱-۳-۲- معیارهای توصیه‌شده

معیارهای توصیه‌شده، مانند این بند با حروف معمولی چاپ و در آنها از واژه «بهتر است» و یا «می‌تواند» استفاده شده است.

۱-۳-۳- معیارهای کنترل‌کننده

برای تأمین ایمنی راه‌ها باید به معیارهای کنترل‌کننده زیر توجه کرد:

۱- سرعت طرح
۲- عرض خط عبور
۳- عرض شانه
۴- عرض راه در ابنیه فنی
۵- قوس‌های افقی (پیچ‌ها)
۶- قوس‌های قائم (خم‌ها)
۷- شیب‌های طولی
۸- حداقل فواصل دید
۹- شیب‌های عرضی
۱۰- بربلندی
۱۱- عرض آزاد و عاری از مانع
۱۲- ارتفاع آزاد

کلیه معیارهای فوق از نوع معیارهای اجباری است.

۱-۳-۴- سایر معیارها

سایر معیارهایی که باید به آیین‌نامه‌ها و منابع دیگر مراجعه کرد شامل معیارهای میدان، ایستگاه‌های عوارضی، راهدارخانه، علائم، تجهیزات ایمنی و جانمایی آنها، چراغ‌های راهنمایی و روشنایی راه است. **در صورت مشاهده مغایرت بین این آیین‌نامه با سایر منابع به ویژه منابع غیر آیین‌نامه‌ای، این آیین‌نامه معتبر است.**

۱-۴- موردهای عدول از معیارها

۱-۴-۱- عدول از معیارهای اجباری

از معیارهای اجباری این آیین‌نامه نمی‌توان عدول کرد.

۱-۴-۲- عدول از معیارهای توصیه‌شده

برای عدول از معیارهای توصیه‌شده، استفاده از آیین‌نامه‌ها و دستوالعمل‌های معتبر و تأیید مرجع تصویب‌کننده طرح لازم است.

فصل دوم

تعریف‌ها و اختصارها

۲-۱- تعریف‌ها

بعضی از واژه‌های مهم به شرح زیر تعریف شده است:

۲-۱-۱- انواع راه‌ها

آزادراه

راه شریانی با یکی از عملکردهای ذیل:

الف- جزئی از شبکه راه‌های ملی است.

ب- ایجادکننده دهلیز سفرهای عبوری از کشور و داخل کشور است.

ج- ارتباط بین مراکز استان‌ها و یا شهرهای بزرگ داخل کشور را برقرار می‌کند.

با حداقل چهار خط عبور (دو خط عبور در هر طرف) که مسیرهای رفت و برگشت از هم جدا، دو طرف آن محصور و بدون تقاطع[۱] بوده و در آن دسترسی با کنترل کامل است. عبور پیاده، دوچرخه، سایر وسایل نقلیه غیرموتوری و در موردهایی عبور تمام یا بخشی از وسایل نقلیه تجاری ممنوع است.

بزرگراه

مانند آزادراه، ولی امکان ایجاد تقاطع و دسترسی در آن به طور محدود وجود دارد.

راه اصلی درجه یک

راه اصلی با یکی از عملکردهای ذیل:

الف- جزئی از شبکه راه‌های ملی است.

ب- ایجادکننده دهلیز سفرهای عبوری از کشور و داخل کشور است.

ج- ارتباط بین مراکز استان‌ها و یا مراکز استان‌ها با شهرهای بزرگ داخل استان را برقرار می‌کند.

با دو یا چند خط عبور که می‌تواند مسیرهای رفت و برگشت آن از هم جدا شده باشد.

راه اصلی درجه دو

راه اصلی با یکی از عملکردهای ذیل:

الف- ارتباط بین شهرهای داخل استان را تأمین می‌کند.

ب- جزئی از شبکه راه‌های استانی و بین شهری است.

ج- ایجادکننده دهلیز سفرهای مهم داخل استانی است.

با دو خط عبور که تعداد خطوط آن در برخی موارد می‌تواند بیشتر باشد.

راه فرعی درجه یک

راه فرعی با یکی از عملکردهای ذیل:

الف- تأمین‌کننده دسترسی به شبکه راه‌های استانی است.

۱- تقاطع، محل تلاقی هم‌سطح دو یا چند راه است.

ب- ارتباط بین مولدهای ترافیکی مهم در یک استان مانند پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها، مراکز و شهرک‌های صنعتی، مراکز کشاورزی، مراکز آموزشی را برقرار یا آنها را به شهرها نزدیکتر می‌کند.

ج- ارتباط بین یک بخش یا دهستان یا چندین روستا را به راه با طبقه‌بندی بالاتر یا به شهر برقرار می‌کند.

د- ترافیک راه‌های با طبقه‌بندی پایین را جمع و به راه‌های با طبقه‌بندی بالاتر منتقل می‌کند.

با دو خط عبور است.

راه فرعی درجه دو

راه فرعی با یکی از عملکردهای ذیل

الف- ارتباط بین روستاها را با یکدیگر برقرار می‌کند.

ب- ارتباط بین روستاها با راه‌های با طبقه بالاتر را فراهم می‌آورد.

ج- ارتباط بین مولدهای ترافیکی محلی کوچک مانند مراکز صنعتی، مراکز تفریحی برون‌شهری در حاشیه شهرهای کوچک، پارک‌های جنگلی و... را برقرار می‌کند.

با دو خط عبور است.

راه فرعی درجه سه

راه فرعی درجه سه با یکی از عملکردهای ذیل

الف- ارتباط بین روستاهای کوچک را با یکدیگر یا با راه‌های با طبقه‌بندی بالاتر برقرار می‌کند.

ب- دسترسی به زمین‌های مجاور شبکه راه‌های با درجه بالاتر را تأمین می‌کند.

ج- ارتباط بین مناطق روستایی با زمین‌های مجاور را فراهم می‌کند.

با دو یا یک خط عبور است

کمربندی و نیم‌کمربندی

مسیری است که هسته یا هسته‌های مرکزی شهر را دور زده و از داخل محدوده ۲۵ ساله عبور می‌کند. کمربندی نقش مهمی در کاهش تراکم شبکه خیابان‌های شهری داشته و ضرورت ندارد به صورت یک مدار بسته باشد.

کنارگذر

آن بخش از مسیر راه که به جای عبور از شهر، از خارج محدوده ۲۵ ساله شهر عبور کند.

میان‌گذر

آن بخش از مسیر راه که از داخل شهر عبور می‌کند و عمده ترافیک آن، عبوری از شهر است.

راه عوارضی

راهی که برای استفاده از آن باید عوارض (حق عبور) پرداخت.

راه جداشده

راهی که مسیرهای رفت و برگشت به وسیله میانه، از هم جدا شده باشد.

راه چند خطه

راه‌هایی که دارای بیش از دو خط عبور است.

سبزینه‌راه (پارک‌وی)

آزادراه یا بزرگراهی که معمولاً از داخل مناطق جنگلی یا درختکاری شده عبور می‌کند و مخصوص ترافیک غیرتجاری است.

زیباراه

راهی که از مناطق خوش منظره عبور کند.

دسترسی

مفهوم عامی برای امکان دستیابی و استفاده از نوعی از تسهیلات ترابری است.

راه دسترسی

هر ورودی، خروجی شاخه و اتصالی که کاربری‌های اطراف راه را به آن متصل کند.

راه خود معرف

راهی که با حفظ انسجام و یکپارچگی، شرایط قابل انتظار و قابل پیش‌بینی را فراهم سازد.

راه بخشنده

راهی که در خطاهای انسانی بدلیل ایمن‌بودن حاشیه و حریم راه، حداقل خسارت به استفاده‌کنندگان وارد شود.

پیاده‌رو

پیاده‌رو به محل مجاز عبور پیاده‌ها گفته می‌شود.

۲-۱-۲- معیارهای طراحی

خودروی طرح

خودرویی که طراحی راه بر اساس نیازمندی‌های حرکت و گردش راحت و بدون اشکال آن انجام می‌شود.

سرعت

سرعت وسیله نقلیه بر حسب کیلومتر در ساعت است.

سرعت طرح

سرعتی است که برای تعیین حداقل مشخصات هندسی راه انتخاب می‌شود.

سرعت عملکردی

سرعتی است که ۸۵ درصد وسایل نقلیه با سرعتی برابر و یا کمتر از آن حرکت می‌کنند.

سرعت مجاز

سرعتی است که وسایل نقلیه، مجاز به حرکت با سرعتی برابر و یا کمتر از آن هستند. سرعت مجاز بهتر است برابر با سرعت عملکردی باشد.

فاصله دید توقف

حداقل فاصله‌ای که راننده نیاز به دیدن دارد تا بتواند پس از لحظه مشاهده مانع و بدون برخورد با آن، وسیله نقلیه را متوقف کند.

فاصله دید سبقت

حداقل فاصله‌ای که راننده نیاز به دیدن دارد تا بتواند با سرعت مناسب و در شرایط ایمن و بدون برخورد با وسیله نقلیه مقابل از وسیله نقلیه جلویی سبقت بگیرد.

فاصله دید انتخاب

حداقل فاصله‌ای که راننده نیاز به دیدن دارد تا بتواند با سرعت مناسب و در شرایط ایمن مسیر خود را انتخاب کند.

۲-۱-۳- مقاطع عرضی

حریم راه

حریم راه عبارت است از زمین‌های بین حد نهایی بدنه راه تا خطی به فاصلهٔ مشخص از محور راه، به قسمی که مجموع پهنای بدنه راه و حریم دو طرف آن برابر با مقادیر مصوب باشد.

ناحیه عاری از مانع

ناحیه‌ای بدون مانع و قابل عبور در کنار راه که از لبه سواره‌رو شروع و در جهت عمود بر راه تا عرض مشخصی که بر اساس حجم ترافیک، سرعت طرح و شیب شیروانی تعیین می‌شود، ادامه می‌یابد.

ناحیه بازیابی

ناحیه بازیابی قسمتی از حاشیه راه در محدودهٔ لبه سواره‌رو تا حد حریم است که در آن راننده کنترل وسیله نقلیه را، چنانچه واژگون نشده یا به مانعی برخورد نکرده باشد، دوباره بدست می‌آورد تا امکان مانور لازم جهت برگشتن به مسیر اصلی و یا توقف را داشته باشد.

حاشیه راه

اراضی حد فاصل بستر راه و منتهی‌الیه حریم و همچنین اراضی حدفاصل بستر راه‌های رفت و برگشت در راه‌های مجزا است.

بدنه یا جسم راه

عبارت است از قسمتی که در آن عملیات به منظور ایجاد راه (سازه راه) انجام می‌شود.

بستر روسازی راه

سطح تمام شدهٔ عملیات خاکی راه که مصالح لایه‌های روسازی روی آن قرار می‌گیرد.

کف راه

آن بخش از سطح راه که برای عبور و توقف اضطراری وسایل نقلیه اختصاص داده شده است.

سواره‌رو

آن بخش از کف‌راه که برای عبور وسایل نقلیه اختصاص داده شده است.

خط عبور

بخشی از سواره‌رو که در طول مسیر، به عبور یک ستون از وسایل نقلیه اختصاص می‌یابد.

شانه

آن بخش از کف راه که برای توقف اضطراری وسایل نقلیه اختصاص داده شده است.

میانه

آن بخش از راه جداشده که در حد فاصل (بین) لبه داخلی سواره‌روهای رفت و برگشت قرار گرفته و مسیرهای رفت و برگشت را از هم جدا می‌کند.

بربلندی (دوِر)

شیب عرضی یکسره روسازی در امتداد شعاع قوس افقی است.

جداکننده بیرونی

آن بخش از عرض راه که بین لبه سواره‌روهای راه جانبی و مسیر اصلی قرار گرفته است.

خط تغییر سرعت

آن بخش از سواره‌رو که برای افزایش یا کاهش سرعت وسایل نقلیه گردشی اختصاص داده می‌شود.

خط افزایش سرعت

خط تغییر سرعت برای افزایش سرعت است.

خط کاهش سرعت

خط تغییر سرعت برای کاهش سرعت است.

خط عبور کمکی

بخشی از سواره‌رو که به طور اضافی برای کمک به ظرفیت، ترافیک تداخلی (بهم بافته) یا تغییر سرعت ساخته شده است.

خط عبور کمکی سربالایی

بخشی از سواره‌روی اضافی که در سربالایی‌های طولانی برای استفاده وسایل نقلیه کندرو ساخته و اختصاص داده می‌شود.

خط عبور کمکی سبقت

بخشی از سواره‌روی اضافی که در راه‌های دو خطه برای سبقت ساخته و اختصاص داده می‌شود.

خط عبور میانه

آن بخش از میانه که به عبور وسایل نقلیه (معمولاً برای گردش به چپ) اختصاص می‌یابد.

مسیر گردشی

آن بخش از سواره‌رو که به ترافیک گردش به چپ یا راست اختصاص داده می‌شود.

شماره خط عبور

در راه‌های چند خطه برای تعیین خطوط هر طرف از شماره‌گذاری استفاده می‌شود و خط عبور شماره یک در سمت راست و کنار شانه راه قرار دارد.

۲-۱-۴- ابنیه فنی راه

پل

پل سازه فلزی، بتنی یا با مصالح ساختمانی با دهانه بیش از ۶ متر (در راستای محور مرکزی راه) برای عبور از روی آب یا مسیری دیگر است. ابنیه فنی چند دهانه که مجموع طول آنها بیشتر از ۶ متر است، اما فاصله هر دو دهانه کمتر از ۱/۵ برابر قطر هر دهانه باشد، نیز پل نامیده می‌شوند.

آبرو

آبرو سازه فلزی، بتنی یا با مصالح ساختمانی با دهانه کمتر از ۶ متر (در راستای محور مرکزی راه) برای عبور از روی آب است.

روگذر

عبور مسیر از روی پل واقع بر روی راهی دیگر بدون هیچ‌گونه ارتباط بین دو مسیر

زیرگذر

عبور مسیر از زیر پل راه دیگر بدون هیچ‌گونه ارتباط بین دو مسیر

بالاگذر

عبور مسیر از روی نوعی دیگر از سیستم حمل و نقل مانند مسیر عبور از بالای راه‌آهن

پایین‌گذر

عبور مسیر از زیر نوع دیگری از سیستم حمل و نقل مانند مسیر عبور از زیر پل راه‌آهن

جدایی سطوح عبور

عبور مسیر از روی پلی بر روی مسیر هم نوع بدون ارتباط ترافیکی

۲-۱-۵- ترافیک

سال طرح

سالی که راه برای تأمین نیازهای حجم ترافیک آن طراحی می‌شود (معمولاً بیست سال بعد).

ساعت طرح

ساعتی از سال طرح که طراحی برای شرایط ترافیک آن انجام می‌شود.

وسیله نقلیه سبک

وسیله نقلیه با حداکثر چهار چرخ شامل سواری، وانت‌بار، ون، پیکاپ و کامیون‌های کوچک

وسیله نقلیه سنگین

وسیله نقلیه با بیش از چهار چرخ شامل کامیون، مینی‌بوس، اتوبوس و وسیله نقلیه تفریحی

ساعت اوج

ساعتی از روز که حجم ترافیک، حداکثر است.

متوسط سالیانه حجم ترافیک روزانه

حجم کل ترافیک عبوری از قطعه یا نقطه معین یک راه در یکسال تقسیم بر ۳۶۵ روز

متوسط حجم ترافیک روزانه

حجم کل ترافیک عبوری از قطعه یا نقطه معین یک راه تقسیم بر تعداد روزهای آمارگیری (کمتر از یکسال)

حجم ترافیک روزانه

تعداد کل وسایل نقلیه‌ای که طی یک شبانه‌روز از قطعه یا نقطه معین یک راه عبور می‌کند.

حجم ترافیک ساعت طرح

تعداد وسیله نقلیه عبوری در ساعت طرح که برای طراحی راه مورد استفاده قرار می‌گیرد (معمولاً درصدی از ترافیک متوسط روزانه سال طرح).

حجم ترافیک ساعت اوج

تعداد وسیله نقلیه‌ای که در ساعت اوج از قطعه یا نقطه معین راه عبور می‌کند.

حجم ترافیک ساعتی

تعداد وسیله نقلیه عبورکننده از قطعه یا نقطه معین یک راه تقسیم بر زمان. آمارگیری بر حسب ساعت است.

حجم سی‌امین ساعت سال

حجم ترافیک ساعتی که فقط ۲۹ ساعت در سال، حجم ترافیک بیش از آن دارد.

نسبت ترافیک ساعت اوج

نسبت حجم ترافیک ساعت اوج به حجم متوسط ترافیک روزانه است.

ضریب ساعت اوج

نسبت حجم ترافیک ساعت اوج، به چهار برابر حداکثر حجم ترافیک در بازه زمانی ۱۵ دقیقه از ساعت اوج.

ضریب توزیع جهتی

درصد حجم ترافیک یک جهت راه نسبت به مجموع حجم ترافیک هر دو جهت راه.

سطح کیفیت ترافیک (سطح سرویس)

توصیف کیفی شرایط عملکردی جریان ترافیک، که به طور معمول با معیارهایی مانند سرعت، زمان سفر، تراکم، آزادی حرکت، ایمنی و راحتی سنجیده می‌شود.

شدت جریان

تعداد وسیله نقلیه عبورکننده از قطعه یا نقطه معین یک راه در یک بازه زمانی کوتاه‌تر از یک ساعت که بر حسب وسیله نقلیه در ساعت یا معادل وسیله نقلیه سبک در ساعت بیان می‌شود.

حداکثر شدت جریان طرح

تعداد وسایل نقلیه که از یک نقطه یا قطعه‌ای یکنواخت از طول یک خط عبور یا تمام خطوط عبور راه در مدت زمان معین تحت شرایط ایده‌آل محیطی و هندسی در سطح کیفیت مورد نظر در بازه زمانی کوتاه‌تر از یک ساعت عبور کند که بر حسب وسیله نقلیه در ساعت یا معادل وسیله نقلیه سبک در ساعت بیان می‌شود.

گنجایش

حداکثر شدت جریان پایدار که می‌توان به صورت منطقی انتظار داشت تا وسایل نقلیه از یک نقطه یا قطعه‌ای یکنواخت از طول یک خط عبور یا تمام خطوط راه در مدت زمان معین تحت شرایط موجود محیطی و هندسی و در سطح کیفیت ترافیک (۵) عبور کند که بر حسب وسیله نقلیه در ساعت یا معادل وسیله نقلیه سبک در ساعت بیان می‌شود.

گنجایش مطلق

حداکثر شدت جریان پایدار که می‌توان به صورت منطقی انتظار داشت تا وسایل نقلیه از یک نقطه یا قطعه‌ای یکنواخت از طول یک خط عبور یا تمام خطوط راه در مدت زمان معین تحت شرایط ایده‌آل محیطی و هندسی و در سطح کیفیت ترافیک (۵) از آن عبور کند که بر حسب وسیله نقلیه در ساعت یا معادل وسیله نقلیه سبک در ساعت بیان می‌شود.

تأخیر

تفاوت زمانی استفاده از یک سیستم یا شرایط در مقایسه با سیستم یا شرایطی دیگر است.

تراکم

تعداد وسیله نقلیه در طول یک کیلومتر از یک خط عبور است.

واگرایی

ادامه یک مسیر در دو مسیر جداگانه با زاویه کم است.

همگرایی

نزدیک شدن دو مسیر جداگانه به یکدیگر با زاویه کم است.

سرفاصله زمانی

فاصله زمانی عبور سپر جلوی دو خودروی پشت سر هم از محل معین راه (بر حسب ثانیه)

سرفاصله مکانی

فاصله بین سپر عقب خودرو جلویی با سپر جلوی خودروی عقبی در همان خط عبور (بر حسب متر)

سرعت حرکت

مسافت بین دو نقطه بر حسب کیلومتر تقسیم بر مدت حرکت مربوط به آن (بر حسب کیلومتر در ساعت)

مدت حرکت (مدت سفر)

مدت زمان مسافرت از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر بدون در نظر گرفتن زمان توقف

وسایل کنترل ترافیک

شامل کلیه علائم، چراغ‌های راهنمایی و لوازم و تجهیزات مربوط به آن است.

خط‌کشی

خط‌های طولی و عرضی، پیوسته و ناپیوسته که با رنگ بر روی کف راه ایجاد می‌شود.

علائم ترافیک

کلیه علائمی که برای دادن اطلاعات، جلب توجه به وضع راه و یا مقررات نصب می‌شود.

ترافیک تداخلی

عبور دو یا چند جریان ترافیک هم‌جهت از یکدیگر در طول یک مسیر مشترک است.

کنترل ترافیک رابط

کنترل ترافیک رابط ورودی به آزادراه از طریق نصب چراغ راهنمایی برای افزایش توان عبور ترافیک در آزادراه‌ها و کاهش تأخیر در کل سیستم است.

کنترل دسترسی

محدودیت‌ها و شرایط ورود به راه یا خروج از آن، کنترل دسترسی نامیده می‌شود.

۲-۱-۶- طرح هندسی تقاطع‌ها و تبادل‌ها

تقاطع

محل تلاقی هم‌سطح دو یا چند راه است.

جریان‌بندی

مشخص کردن مرز مسیرهای عبور در تقاطع با خط‌کشی، علامت‌گذاری یا جدول‌سازی است.

جزیره

محوطه‌ای از راه که به وسیله حاشیه روسازی، خط‌کشی، جدول و امثال آن، جریان‌های ترافیک را مجزا می‌کند.

سطح تقاطع

سطح مشترک بین سواره‌روی راه‌های متقاطع است.

طرح هندسی

طرح بخش‌های قابل رویت مانند مسیر افقی، نیمرخ طولی، فاصله‌های دید، شیب‌ها و نیمرخ عرضی است.

لچکی

بخشی از سواره‌رو برای ورود به خط عبور اضافی راه گردشی یا خروج از آن است.

مثلث دید

در تقاطع‌ها به مثلثی گفته می‌شود که یک رأس آن در محل فرضی چشم راننده، رأس دیگر در محل فرضی وسیله نقلیه مسیر متقاطع و رأس سوم آن در محل برخورد دو امتداد عبور قرار دارد.

تبادل

مجموعه مسیرهای یک تقاطع غیر هم‌سطح که کلیه عبورهای اصلی بدون تقاطع (با استفاده از پل) انجام شده و رابط‌ها (جهتی، گرد راهه و یا نیمه جهتی) با زاویه کم از مسیری خارج و یا به مسیری می‌پیوندد.

تبادل جهتی

تبادلی که تمام گردش‌های آن در جهت حرکت (به طرف مقصد) از مسیر اولیه خارج و از همان جهت به مسیرثانوی وارد می‌شود.

تبادل چهارراهی

تبادل بین دو مسیر اصلی متقاطع است.

تبادل شبدری

تبادلی که کلیه گردش به چپ‌های آن با استفاده از گردراهه انجام می‌شود.

تبادل کامل

تبادلی که کلیه عبورها و گردش‌ها در آن امکان‌پذیر باشد.

تبادل لوزوی

تبادلی با چهار رابط که گردش به چپ‌ها از طریق تقاطع هم‌سطح انجام می‌شود.

تبادل نیمه‌جهتی

تبادلی که بعضی از عبورها از جهت خود خارج نشده یا از جهت خود وارد نمی‌شود، مانند گردش به چپ وقتی که رابط از طرف راست مسیر خارج شود.

تبادل نیمه‌شبدری

تبادلی شبدری که بخشی از گردش‌ها، حذف یا به وسیله تقاطع هم‌سطح در روی مسیر فرعی انجام می‌شود.

تبادل نیمه‌لوزوی

تبادلی لوزوی با دو رابط است.

تبادل ناقص

تبادلی که در آن بعضی از گردش‌ها امکان‌پذیر نیست.

تبادل سه‌راهی

تبادل بین یک مسیر اصلی و یک مسیر منتهی به آن است.

تبادل شیپوری

تبادل سه راهی با یک گردش به چپ گردراهه و یک گردش به چپ نیمه جهتی و دو گردش به راست جهتی است.

شاخه تبادل یا تقاطع

بخشی از مسیر راه که در یک طرف تقاطع یا تبادل قرار دارد.

شاخه ارتباطی

راهی یک طرفه برای ایجاد ارتباط اصلی بین دو آزادراه است.

رابط

راهی معمولاً یک طرفه برای ایجاد ارتباط فرعی بین شاخه‌های تبادل و یا بین مسیر اصلی و راه جانبی است.

رابط جهتی

رابطی که برای گردش (مثلاً به چپ) از همان طرف از مسیر اصلی جدا و از همان طرف به مسیر متلاقی می‌پیوندد.

رابط نیمه جهتی

رابطی که برای گردش از طرف راست مسیر خارج ولی از طرف چپ وارد یا اینکه از طرف چپ مسیر خارج و از طرف راست وارد مسیر متلاقی می‌شود.

تنه راه

به بخشی از راه گفته می‌شود که جریان ترافیک در آن، تحت تأثیر ناحیه تداخلی، دهانه رابط یا تقاطع هم‌سطح نیست.

تنه رابط

به بخش اصلی رابط گفته می‌شود که معمولا به عنوان یک راه مجزای یک طرفه طراحی می‌شود.

پایانه (دهانه) رابط

محلی است که در آن ترافیک رابط به جریان اصلی ترافیک می‌پیوندد (دهانه ورودی) یا از جریان اصلی ترافیک جدا می‌شود (دهانه خروجی)، بی‌آنکه ناچار به توقف شود.

بخش ترافیک تداخلی (بهم‌بافته)

بخشی از راه که در طول آن، دو یا چند جریان ترافیک هم‌جهت با تغییر خط با هم تداخل پیدا می‌کنند.

گردراهه

رابطی که در پلان تبادل تقریباً به شکل حلقه و عموماً مخصوص گردش به چپ است.

۲-۱-۷- تخلیه آب‌های سطحی

شدت بارندگی

عبارت است از متوسط حجم باران در طول بارندگی در واحد زمان بر واحد سطح

دوره بازگشت

تعداد سال‌هایی است که به طور متوسط بین وقوع دو باران با شدت بارندگی مشابه وجود دارد. دوره بازگشت را با احتمال بازگشت نیز بیان می‌کنند، مثلاً یک دوره بازگشت ۵۰ ساله را می‌توان با احتمال بازگشت ۲ درصد بیان کرد.

زمان تمرکز

عبارت است از حداکثر زمانی که طول می‌کشد تا آب از دورترین نقطه حوزه، مسیر هیدرولیکی خود را طی کرده و به نقطه تمرکز برسد.

رواناب سطحی

عبارت است از میزان آبی که در اثر بارندگی بر سطح زمین جاری می‌شود.

دبی سیلاب طرح

دبی سیلاب طرح یا دبی اوج عبارت است از حداکثر میزان رواناب سطحی گذرنده از یک مقطع در حین بارندگی یا پس از آن.

پایاب

عبارت است از عمق جریان آب در پایین‌دست آبرو.

فرازآب

عبارت است از عمق جریان آب در بالادست آبرو.

۲-۲- اختصارها

اختصارهایی که در این آیین‌نامه به آن اشاره شده، به شرح زیر است:

آشتو

انجمن کارکنان راه و ترابری ایالتی آمریکا

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

اِی اِی دی تی

متوسط سالیانه حجم ترافیک روزانه

Average Annual Daily Traffic (AADT)

اِی دی تی

متوسط حجم ترافیک روزانه

Average Daily Traffic (ADT)

بِ ثِ اِ اُ اِم

دفتر مرکزی مطالعات عمران برون مرزی

Le Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre Mer (BCEOM)

کَلترَنس

اداره راه و ترابری کالیفرنیا

California Department of Transportation (Caltrans)

اِن سی اِچ آر پی

برنامه تحقیقات ملی مشترک راه

National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)

ای اِن

استاندارد اروپا

European Standards (EN)

فصل سوم

طبقه‌بندی راه‌ها

۳-۱- مقدمه

طبقه‌بندی راه‌ها برای تأمین نیازهای طراحی مهندسان، تصمیم‌گیری مدیران، برنامه ریزی متولیان بهره‌برداری و استفاده‌کنندگان – از نقطه نظرهای مختلف و برای کاربردهای گوناگون – امری ضروری است. طبقه‌بندی عملکردی، طبقه‌بندی بر اساس پستی و بلندی منطقه، تقسیم‌بندی کشوری (ملی و استانی) و شماره گذاری راه‌ها از انواع مختلف طبقه‌بندی راه‌ها محسوب می‌شوند. البته طبقه‌بندی بر اساس تقسیم‌بندی کشوری (ملی و استانی) و شماره گذاری راه‌ها را می‌توان وابسته به طبقه‌بندی عملکردی دانست.

به طورکلی طراحی شبکه راه‌ها براساس عملکرد و با توجه به پستی و بلندی انجام می‌شود. با مشخص شدن طبقه عملکردی و پستی و بلندی منطقه، تعیین مسیر و مشخصات هندسی به وسیله مهندس طراح ممکن می‌شود. مدیران و مسئولین ساخت و بهره-برداری می‌توانند برای تأمین اعتبار، تخصیص منابع مالی لازم، برنامه‌ریزی و تعیین اولویت‌ها از این طبقه‌بندی استفاده کنند. استفاده‌کنندگان از راه نیز می‌توانند بر مبنای این طبقه‌بندی، مسیر مورد نظر خود را برای سفرهای طولانی و کوتاه انتخاب کنند.

در این آیین نامه، راه‌ها بر اساس عملکرد و پستی و بلندی به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۳-۲- طبقه‌بندی عملکردی

در این آیین نامه، راه‌ها[۱] از نظر نوع عملکرد، در سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند:

راه‌های شریانی

راه‌های اصلی

راه‌های فرعی

راه شریانی به دو دسته ذیل تقسیم می‌شود:

– آزادراه

– بزرگراه

راه اصلی به دو دسته ذیل تقسیم می‌شود:

– درجه یک

– درجه دو

و راه فرعی نیز به سه دسته تقسیم می‌شود:

– درجه یک

– درجه دو

– درجه سه

در جدول (۳-۱)، طبقه‌بندی عملکردی، تعاریف و مشخصات راه‌ها آورده شده است.

---

۱ – معابر شهری، راه‌های مرتبط با فعالیت های داخل جنگل (مانند نقل و انتقال چوب) و راه‌های اتصالی به نقاط خاص یا مناطق دارای محدودیت خاص مانند راه‌های مورد استفاده برای کوچ عشایر موضوع این آیین نامه نیست.

معمولاً، راه‌های فرعی درجه دو و درجه سه، ارتباط مناطق روستایی و کم جمعیت را با راه فرعی درجه یک یا اصلی درجه دو تأمین می‌کنند. راه فرعی درجه یک، ترافیک راه‌های با طبقه‌های پایین‌تر را جمع و برای ارتباط با مناطق عمده فعالیت، مانند شهرها، به راه اصلی متصل می‌سازد.

دسترسی به راه‌های فرعی و اصلی مجاز است، البته در شرایط خاص (به ویژه در راه‌های چند خطه) نیز می‌توان محدودیت‌هایی اعمال کرد که دسترسی‌ها، مانند بزرگراه‌ها، فقط از محل‌های خاص امکان‌پذیر باشد. آزادراه‌ها ارتباط سریع را بدون داشتن تقاطع و با کنترل کامل دسترسی ایجاد می‌کنند. بزرگراه‌ها نیز دارای عملکردی مشابه با آزادراه‌ها، ولی با امکان دسترسی محدود می‌باشند.

شبکه راه‌های کشور بهتر است به گونه‌ای مطالعه و طراحی شود که سفرهای طولانی و عبوری از استان‌ها از طریق آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی درجه یک، سفرهای کوتاه و داخل استانی از طریق راه‌های اصلی درجه دو و ارتباط بین راه‌های فرعی درجه دو با طبقات بالاتر از طریق راه‌های فرعی درجه یک و دسترسی‌ها از طریق راه‌های فرعی درجه سه باشد.

۳-۳- طبقه‌بندی راه بر اساس پستی و بلندی منطقه

در این آیین‌نامه، راه‌های کشور از نظر پستی و بلندی به شرح زیر طبقه‌بندی شده است:

۳-۳-۱- راه هموار (دشتی)

زمین محدوده عبور راه، هموار (دشت) بوده و شیب خط بزرگترین شیب زمین محدوده عبور و شیب طولی راه، حداکثر به ۳ درصد می‌رسد. راه دارای خاکریزهایی به بلندی تا ۲/۵ متر و گاهی برش‌های کم عمق می‌باشد.

۳-۳-۲- راه تپه‌ماهوری

زمین محدوده عبور، پستی و بلندی ملایمی داشته و خط بزرگترین شیب زمین، عموماً دارای شیب ۳ تا ۷ درصد است. بلندی خاکریزها گاهی از ۲/۵ متر نیز بیشتر و عمق برش‌ها معمولاً کمتر از ۹ متر است. شیب طولی راه، عموماً از حداکثر مجاز کمتر است.

۳-۳-۳- راه کوهستانی

راه از دامنه کوه، تپه‌های بلند و دره‌های گود می‌گذرد و گاهی دارای برش‌های عمیق و پل‌های بزرگ یا خاکریزهای بلند است. خط بزرگترین شیب زمین، دارای شیب بیش از ۷ درصد است. شیب طولی راه، در موردهای متعدد و در طول‌های قابل ملاحظه، به حداکثر مجاز می‌رسد.

تبصره: اگر در محدوده عبور راه، موانعی از قبیل مرداب، شالیزار، جنگل، برکه، تالاب، مانداب، باغ یا مستحدثات وجود داشته باشد، بسته به مورد، راه از طبقه «هموار با مانع» یا «تپه‌ماهوری با مانع» و یا «کوهستانی با مانع» خواهد بود.

مشخصات هندسی راه‌های طبقه‌بندی شده بر اساس عملکرد و پستی و بلندی در فصول بعدی آورده شده‌اند.

جدول ۳-۱- طبقه‌بندی عملکردی راه‌ها

طبقه	نام	عملکرد	مشخصات
شریانی	**آزادراه**	الف- جزئی از شبکه راه‌های ملی ب- دهلیز سفرهای داخلی و عبوری از کشور پ- برقرار کننده ارتباط بین مراکز استان‌ها و یا شهرهای بزرگ داخل کشور	آزادراه، راهی با حداقل چهار خط عبور که خطوط رفت و برگشت آن از هم جدا و دو طرف آن محصور، بدون تقاطع بوده و در آن دسترسی با کنترل کامل است. عبور عابر پیاده، دوچرخه، موتورسیکلت و وسایل نقلیه غیر موتوری و در مواردی وسایل نقلیه تجاری از آن ممنوع است.
	بزرگراه		بزرگراه دارای مشخصات آزاد راه است لیکن امکان ایجاد تقاطع‌ها و دسترسی‌ها در آن، به طور محدود وجود دارد.[۲]
اصلی	**درجه یک**	الف- جزئی از شبکه راه‌های ملی ب- دهلیز سفرهای داخلی و عبوری از کشور پ- برقرار کننده ارتباط بین مراکز استان‌ها و یا مراکز استان‌ها با شهرهای بزرگ داخل استان	راه اصلی درجه یک، می‌تواند دو خطه، چند خطه جداشده یا نشده باشد. تفاوت مهم راه اصلی درجه یک با آزاد راه و بزرگراه در نحوه تأمین دسترسی‌ها است.
	درجه دو	الف- برقرارکننده ارتباط بین شهرهای داخل استان ب- جزئی از شبکه راه‌های استانی و بین شهری پ- دهلیز سفرهای مهم داخل استانی	راه اصلی درجه دو، معمولاً دو خطه است ولی در برخی موارد می‌تواند تعداد خطوط آن افزایش یابد.
فرعی	**درجه یک**	الف- تأمین کننده دسترسی به شبکه راه استانی ب- برقرارکننده ارتباط بین مولدهای ترافیکی مهم در یک استان مانند پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها، مراکز و شهرک‌های صنعتی، مراکز کشاورزی و مراکز آموزشی به شهرها پ- برقرارکننده ارتباط بین یک بخش یا دهستان یا چندین روستا به راه با طبقه‌بندی بالاتر یا به شهر ت- جمع کننده ترافیک راه‌های با طبقه‌بندی پایین و انتقال‌دهنده به راه‌های با طبقه‌بندی بالاتر	راه فرعی درجه یک، دو خطه است.
	درجه دو	الف- برقرارکننده ارتباط بین روستاها با یکدیگر ب- برقرارکننده ارتباط بین روستاها با راه‌های با طبقه بالاتر پ- برقرارکننده ارتباط بین مولدهای ترافیکی محلی کوچک مانند مراکز صنعتی، مراکز تفریحی برون شهری در حاشیه شهرهای کوچک، پارک‌های جنگلی و ...	راه فرعی درجه دو، دو خطه است.
	درجه سه	الف- برقرارکننده ارتباط بین روستاهای کوچک با یکدیگر یا با راه‌های با طبقه‌بندی بالاتر ب- تأمین دسترسی به زمین‌های مجاور شبکه راه‌های با درجه بالاتر پ- فراهم کردن ارتباط بین مناطق روستایی با زمین‌های مجاور	راه فرعی درجه سه، دو خطه یا یک خطه است.

تبصره: در این طبقه‌بندی، راه روستایی از نظر مشخصات هندسی جزء یکی از انواع راه‌های فرعی است. در سایر موارد، قوانین و مقررات مصوب کشوری در خصوص راه روستایی، لازم الاجرا است.

۲- هر راه چهار خطه جداشده، بزرگراه نیست. راه‌های چهار خطه بدون محدودیت دسترسی و یا راه‌های چهار خطه حاصل از تعریض راه دو خطه، بدون تامین ایمنی مناسب، محدودیت در دسترسی و ارتقاء مشخصات هندسی آن، بزرگراه محسوب نمی‌شوند.

فصل چهارم

مبانی طراحی

۴-۱- کلیات

طراح هندسه مسیر باید شناخت کافی از عوامل مؤثر بر طرح مسیر مانند محیط، کاربران، خودروها و تأسیسات جانبی داشته باشد. همچنین باید نکات مربوط به اجرا مانند ساخت مرحله‌ای مسیر و یا محل‌های تامین و یا انبارکردن مصالح را مورد توجه قرار دهد. مجموعه این عوامل تحت عنوان مبانی طراحی در این فصل آورده شده است. طراح باید با بکارگیری مبانی طراحی این فصل و سایر معیارهایی که در فصول بعدی به آنها پرداخته شده است، حداقل‌های معیارهای طراحی را انتخاب کرده و طرح اولیه مسیر را آماده کند. لازم به ذکر است کنار هم گذاشتن عناصر مجزای راه با رعایت حدود تعیین شده، شرط کافی برای ایجاد راه ایمن نمی‌باشد و طراح باید در مرحله بعد با در نظر گرفتن ملاحظات ایمنی و اقتصادی، تغییرات لازم را در مسیر افقی و قائم بوجود آورده و طرح نهایی مسیر را تهیه کند.

۴-۲- خودروی طرح

ابعاد و ویژگی‌های انواع وسایل نقلیه که از راه استفاده می‌کنند، بر طرح هندسی راه مؤثر است. بنابراین انتخاب خودروی طرح، یکی از مهمترین گام‌ها در مطالعات طرح هندسی راه است. برای طرح هندسی راه‌ها و تعیین اجزای هندسی آن (مانند شعاع گردش، فواصل دید، حداقل عرض و ارتفاع آزاد) از خودروی طرحی استفاده می‌شود که در بین خودروهای استفاده‌کننده از راه، بیشترین تأثیر را بر طرح هندسی دارد. در موردهای خاصی که حجم ترافیک و مطالعات اقتصادی، با توجه به تجاوزهای مختصر و بدون خطر به خط‌های عبور مجاور، استفاده از خودروی طرح با مشخصات بالاتر را توجیه نکند، می‌توان خودروی طرح با مشخصات پایین‌تر را ملاک عمل قرار داد.

با توجه به تفاوت زیاد بین ابعاد وسایل‌نقلیه، لازم است تا چند وسیله نقلیه نماینده، که ابعاد آنها نشان دهنده تأثیرگذارترین گروه استفاده‌کننده از راه در هر مورد است، انتخاب شود. این وسایل را خودرو طرح می‌نامند. علت استفاده از چند خودروی طرح این است که در بعضی موردها مثل فاصله دید، خودروهای کوچکتر و در موردهای دیگر مانند شعاع قوس افقی، خودروهای بزرگتر، مؤثرترین وسیله نقلیه می‌باشند.

۴-۲-۱- انواع خودروی طرح

برای تعیین بعضی از اجزای هندسی راه، لازم است به طور دقیق به مشخصات فیزیکی وسایل نقلیه، توجه شود. در این آیین‌نامه، برای طرح راه از پنج نوع خودرو طرح: سبک (سواری)، اتوبوس نوع اول، اتوبوس نوع دوم، کامیون نوع اول و کامیون نوع دوم استفاده شده است. طراح باید متناسب با ترکیب ترافیکی مورد نظر، یک یا چند خودرو را به عنوان خودروی طرح در نظر بگیرد.

چنانچه اتوبوس‌های سه محور مد نظر باشد، اتوبوس نوع دوم به عنوان خودروی طرح و چنانچه تریلرهای بزرگ کفی مد نظر باشد، کامیون نوع دوم به عنوان خودروی طرح توصیه می‌شود.

۴-۲-۲- حداقل مسیر گردش برای خودروهای طرح

حداقل مسیر گردش، برای پنج نوع خودرو طرح در شکل‌های (۴-۱) تا (۴-۵) نشان داده شده است. ابعاد اصلی که در طرح هندسی تأثیر می‌گذارد، عبارت است از:

- فاصله محور جلو و عقب
- فاصله بیرونی چرخ‌های یک محور
- حداقل و حداکثر شعاع گردش‌ها (شعاع گردش مسیر چرخ عقب در سمت راست، شعاع گردش مسیر چرخ خارجی جلو در سمت چپ و شعاع گردش مسیر پیش آمدگی جلو در سمت چپ)

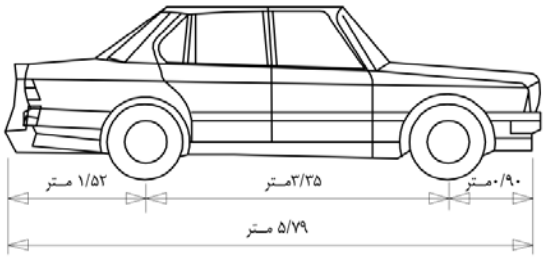
مقادیر ابعاد فوق برای خودروهای طرح در جدول (۴-۱) داده شده است.

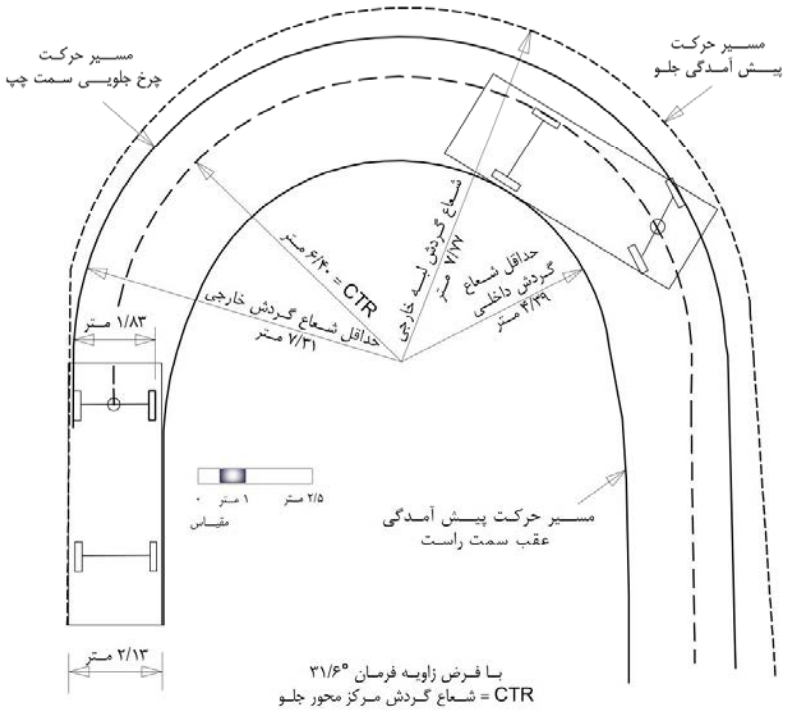
کامیون و اتوبوس نسبت به سواری طرح، عرض بیشتری دارند و فاصله محور جلو و عقب و همچنین حداقل شعاع گردش آنها نیز بیشتر است. کامیون‌ها، در موقع گردش، به خط عبور پهن‌تری نسبت به اتوبوس‌ها نیاز دارند. شعاع‌های گردش حداقل مندرج در جدول (۴-۱)، برای سرعت‌های تا ۱۵ کیلومتر در ساعت (سرعت طرح حداقل مسیر گردشی)، درست است.

در بیشتر راه‌هایی که محل عبور کامیون است، به ویژه در محل‌هایی که گردش‌ها با استفاده از جریان‌بندی به کمک جزیره‌ها و جدول انجام می‌شود، باید یکی از کامیون‌های طرح، مبنای طرح قرار داده شود. حتی در معابری که کامیون به ندرت از آنها عبور می‌کند، عرض روسازی باید به اندازه‌ای کافی در نظر گرفته شود که خودرو مذکور بتواند از آن عبور کند. اگرچه طرح راه بر مبنای وسیله نقلیه‌ای انجام می‌شود که استفاده‌کننده اصلی راه است، اما راه باید همیشه برای بزرگترین خودرویی که ممکن است از آن عبور کند، کنترل شود تا خودروی مذکور، هرچند با تجاوز به شانه یا خطوط عبور مجاور، ولی با ایمنی و بدون خطر، قادر به عبور از آن باشد.

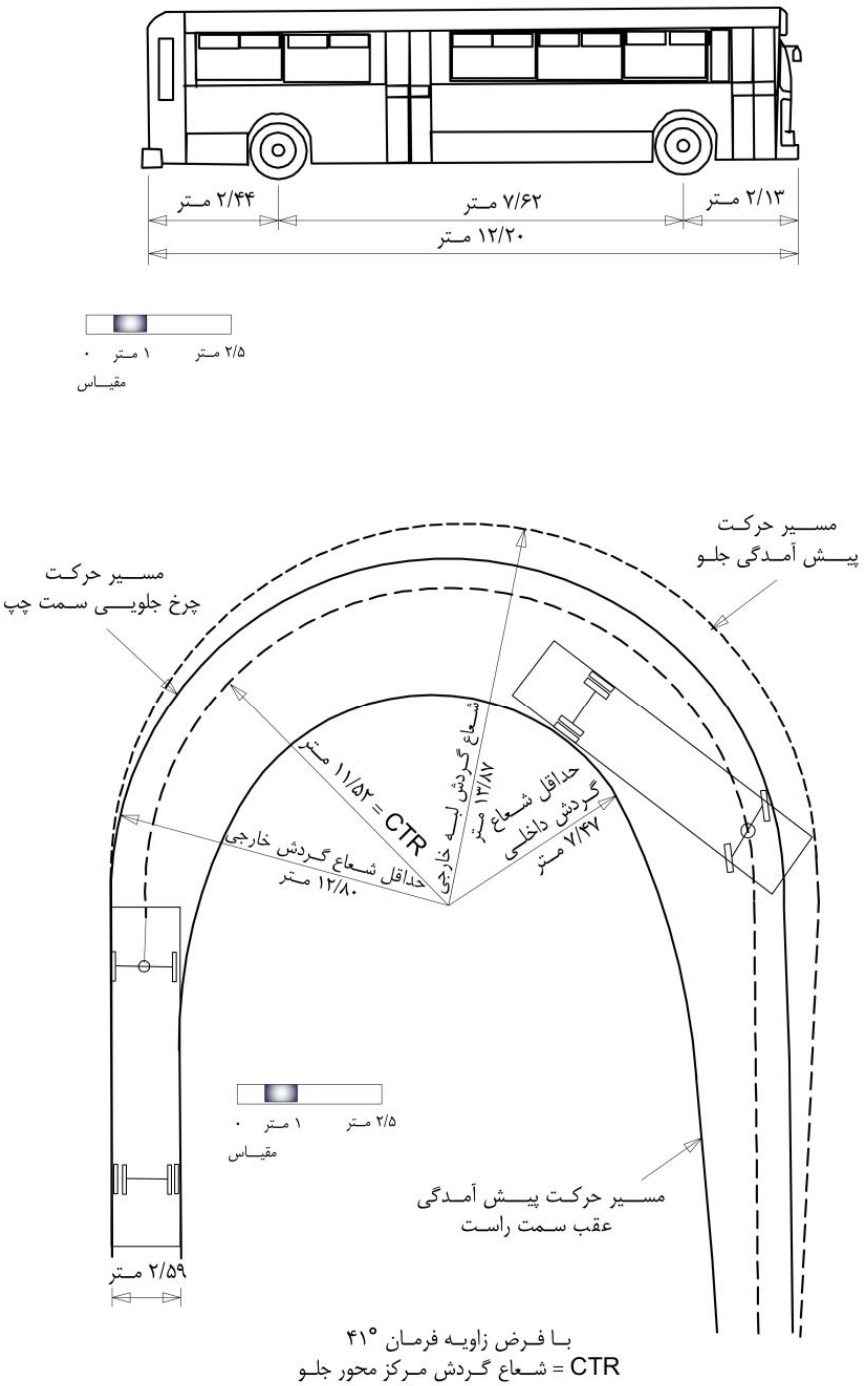
جدول ۴-۱- اندازه‌های مشخصات پنج خودرو طرح پیشنهادی (متر)

مشخصات	خودرو طرح				
	سبک	اتوبوس نوع اول	اتوبوس نوع دوم	کامیون نوع اول	کامیون نوع دوم
فاصله محور ابتدا و انتها	۳/۴	۷/۶	۹/۳	۱۵/۲	۱۸/۹
پیش آمدگی جلو	۰/۹	۲/۱	۱/۸	۰/۹	۱/۲
پیش آمدگی عقب	۱/۵	۲/۴	۲/۶	۰/۶	۰/۸
طول وسیله نقلیه	۵/۸	۱۲/۲	۱۳/۷	۱۶/۸	۲۰/۹
عرض وسیله نقلیه	۲/۱	۲/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۶
ارتفاع وسیله نقلیه	متغیر	۴/۱	۴/۱	۴/۱	۴/۱
حداقل شعاع دایره داخلی گردش	۴/۴۰	۷/۵	۷/۸	۵/۲۰	۲/۴
حداقل شعاع دایره خارجی گردش	۷/۳	۱۲/۸	۱۳/۷	۱۳/۷	۱۳/۷
شعاع گردش لبه خارجی	۷/۸	۱۳/۹	۱۴/۶	۱۳/۹	۱۴/۱

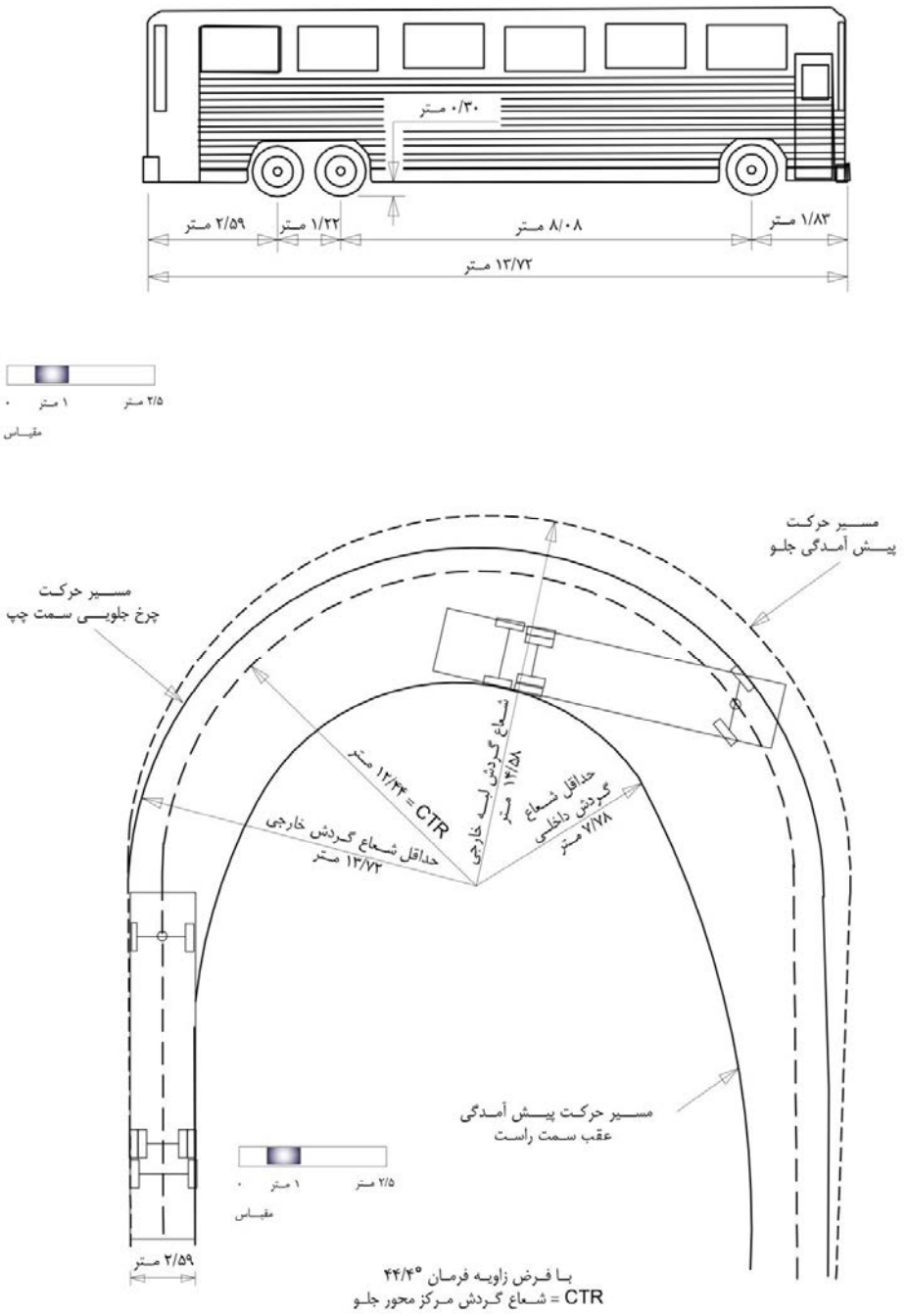




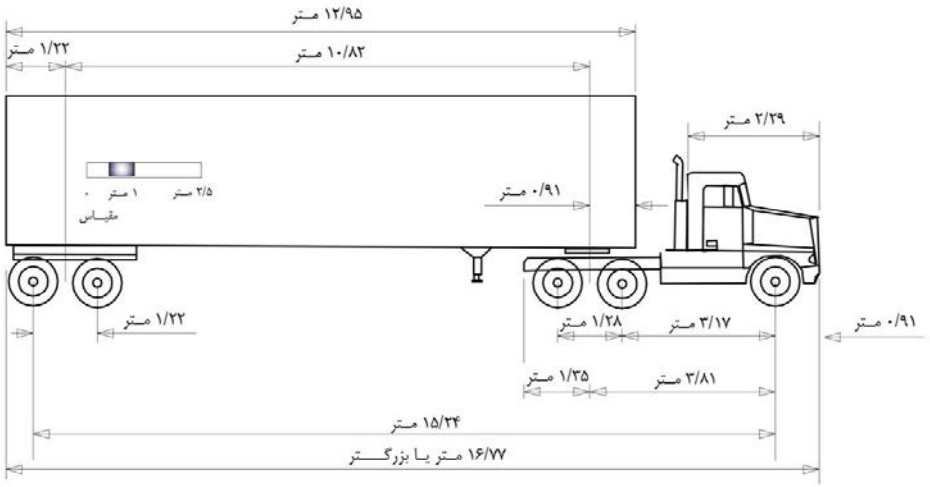
شکل ۴-۱- مشخصات مسیر گردش خودروی طرح، سبک (سواری)

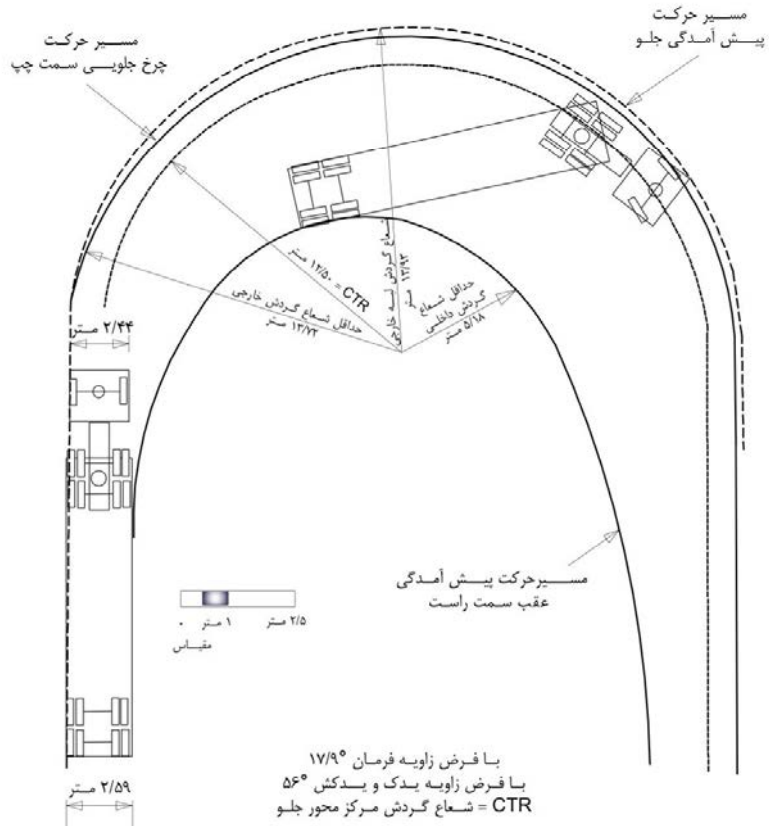


شکل ۴-۲- مشخصات مسیر گردش خودروی طرح، اتوبوس نوع اول

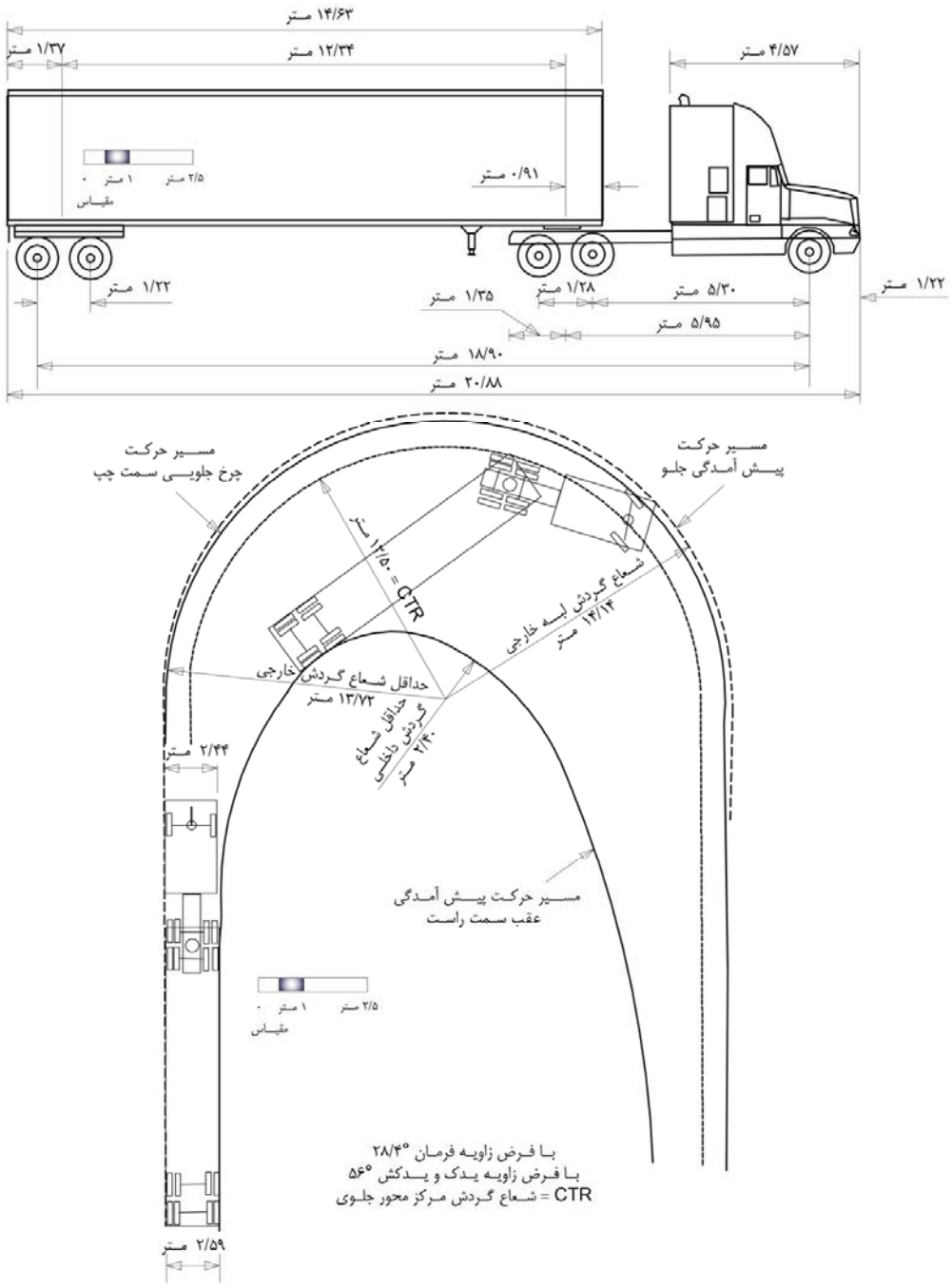


شکل ۴-۳- مشخصات مسیر گردش خودروی طرح، اتوبوس نوع دوم





شکل ۴-۴- مشخصات مسیر گردش خودروی طرح، کامیون نوع اول



شکل ۴-۵- مشخصات مسیر گردش خودروی طرح، کامیون نوع دوم

۴-۳- سرعت طرح

سرعت طرح، سرعتی است که برای تعیین حداقل مشخصات مربوط به طرح هندسی (قوس افقی، قوس قائم، شیب و....) قطعه مورد نظر راه انتخاب می‌شود. علاوه بر سرعت طرح، می‌توان به سرعت عملکردی و سرعت حرکت اشاره کرد.

سرعت عملکردی، سرعتی است که در شرایط آزاد جریان ترافیکی، رانندگان وسیله نقلیه این سرعت را انتخاب می‌کنند و برای هر یک از اجزای مسیر در شرایط آزاد جریان ترافیکی، برابر سرعتی است که ۸۵ درصد از رانندگان، سرعت معادل با آن و یا کمتر را انتخاب می‌کنند.

سرعت حرکت، حاصل تقسیم طول قطعه راه بر زمان مورد نیاز وسیله نقلیه برای پیمودن این قطعه می‌باشد. متوسط سرعت حرکت، مجموع فاصله طی شده توسط وسایل نقلیه در قطعه ای از راه تقسیم بر مجموع زمان‌های حرکت آنها، در طی یک دوره زمانی مشخص می‌باشد. متوسط سرعت حرکت، مناسب‌ترین معیار سرعت برای تعیین سطح کیفیت ترافیک (سطح سرویس) و هزینه‌های کاربران می‌باشد.

۴-۳-۱- انتخاب سرعت طرح

عوامل مؤثر در انتخاب سرعت طرح عبارتند از:

* وضعیت پستی و بلندی منطقه طرح،
* عملکرد مسیر،
* کاربری زمین‌های مجاور،
* نکات اقتصادی،
* انتظار و تمایلات رانندگان،
* نوع و حجم ترافیک،
* منظرآرایی مسیر،
* کاربران مسیر،

بسته به این عوامل، سرعت طرح می‌تواند از ۳۰ تا ۱۳۰ کیلومتر در ساعت باشد. از سرعت‌های طرح پایین‌تر برای مناطق کوهستانی و راه‌هایی با اهمیت عملکردی کمتر و از سرعت‌های طرح بالاتر برای مناطق تپه‌ماهوری و دشت و راه‌هایی با اهمیت عملکردی بیشتر استفاده می‌شود.

با در نظر گرفتن عوامل بالا، بیشترین سرعت ممکن به عنوان سرعت طرح انتخاب می‌شود، مگر آنکه موقعیت خاص راه مقادیر کمتری را ایجاب کند.

تبصره ۱. **سرعت طرح انتخابی، در طرح همه اجزای راه و ویژگی‌های آن باید مورد توجه قرار گیرد.** این توجه به ویژه برای ویژگی‌هایی که بطور مستقیم با سرعت طرح ارتباط ندارد مانند عرض خطوط عبور، شانه‌ها و فاصله آزاد جانبی، از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد.

تبصره ۲. سرعت طرح انتخابی نباید با سرعت عملکردی (که در مرحله بهره‌برداری راه قابل اندازه‌گیری است)، تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشته باشد.

تبصره ۳. در راه‌هایی با طول زیاد، تغییر سرعت‌های طرح انتخابی برای قطعات مختلف راه نباید به صورت ناگهانی انجام شود. این تغییر باید به تدریج و در طول کافی باشد تا امکان تغییر تدریجی سرعت برای رانندگان، قبل از رسیدن به قطعه با سرعت طرح کمتر فراهم شود. اختلاف سرعت طرح دو قطعه متوالی از یک مسیر نباید بیشتر از ۲۰ کیلومتر در ساعت باشد.

تبصره ۴. سرعت طرح انتخابی بیشتر از سرعت مجاز می‌باشد.

سرعت طرح برای راه‌های شریانی و اصلی مطابق جدول (۴-۲) و برای راه‌های فرعی مطابق جدول (۴-۳) می‌باشد.

جدول ۴-۲- سرعت طرح برای راه‌های شریانی و اصلی

نوع راه	راه‌های شریانی (آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها)			راه‌های اصلی درجه یک جداشده			راه‌های اصلی درجه یک جدا نشده و درجه دو		
وضع پستی و بلندی	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)			سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)			سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)		
	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر
دشت	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۱۰	۱۱۵	۱۲۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
تپه‌ماهور	۱۱۰	۱۱۵	۱۲۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۰۰	۱۰۵	۱۱۰
کوهستانی	۸۰	۹۵	۱۱۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۸۰	۹۰	۱۰۰

جدول ۴-۳- سرعت طرح برای راه‌های فرعی

نوع راه	راه‌های فرعی درجه یک و دو			راه‌های فرعی درجه سه			
وضع پستی و بلندی	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت) برای حجم طرح مشخص شده (وسیله نقلیه در روز)						
	۰ تا ۴۰۰	۴۰۰ تا ۲۰۰۰	۲۰۰۰ به بالا	۰ تا ۵۰	۵۰ تا ۲۵۰	۲۵۰ تا ۴۰۰	۴۰۰ به بالا
دشت	۶۰	۸۰	۱۰۰	۵۰	۵۰	۶۰	۸۰
تپه‌ماهور	۵۰	۶۰	۸۰	۳۰	۵۰	۵۰	۶۰
کوهستانی	۳۰	۵۰	۶۰	۳۰	۳۰	۳۰	۵۰

۴-۳-۱-۱- سرعت طرح در تونل‌ها

به علت‌های اقتصادی، عموماً تعیین ابعاد کافی برای مقطع عرضی و تجهیزات تونل به منظور حذف عیب ناشی از تغییر محیط ناگهانی هنگام ورود راننده، غیر ممکن است. لذا سرعت طرح برای تونل، اغلب از سرعت طرح راهی که تونل در آن قرار گرفته، کمتر است.

مقدار انتخاب شده سرعت طرح نه تنها در تعیین مشخصات هندسی تونل دخالت می‌کند، بلکه در موارد زیر نیز مؤثر است.

۱- طول مربوط به روشنایی اضافی ورودی

۲- آغاز روشنایی کمتر در جایی که فاصله دید از فاصله دید توقف بیشتر باشد.

۳- عمل فشرده شدن هوای تونل به وسیله وسایل نقلیه (اثر پیستونی وسایل نقلیه در امر تهویه)

۴- آلودگی هوای تونل

سرعت طرح تونل‌ها در آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی جدا شده، حداقل ۸۰ کیلومتر در ساعت، در راه‌های اصلی حداقل ۶۰ کیلومتر در ساعت و راه‌های فرعی برابر با ۶۰ کیلومتر در ساعت است.

۴-۴- دسترسی

۴-۴-۱- مدیریت دسترسی

منظور از مدیریت دسترسی، سیاستگذاری، تعریف محدودیت دسترسی‌ها و نظارت در امور مربوط به دسترسی‌ها است به نحوی که باعث تأمین ایمنی مسیر اصلی و فرعی شده و حداقل تأثیر را بر ظرفیت راه داشته باشد.

۴-۴-۲- کنترل دسترسی

به مقررات، شرایط و محدودیت‌های فیزیکی و غیر فیزیکی دسترسی به راه، کنترل دسترسی گفته می‌شود. کنترل دسترسی، تعداد، تکرار و نوع واکنش رانندگان را کاهش می‌دهد. این موضوع در افزایش ایمنی بسیار تأثیرگذار است. دسترسی‌ها از نظر کنترل دسترسی به طبقه‌های زیر تقسیم می‌شوند:

الف- دسترسی با کنترل کامل

منظور از کنترل کامل دسترسی آن است که ورود و خروج فقط به وسیله رابط با زاویه کم، بدون هیچ گونه اختلال در جریان ترافیک اصلی انجام شود. در کنترل کامل دسترسی، تقاطع هم‌سطح وجود ندارد.

ب- دسترسی محدود

در دسترسی محدود، دسترسی‌ها با رعایت ایمنی امکان‌پذیر می‌شود. عبور وسایل نقلیه از راه به سهولت انجام می‌شود و حرکات گردشی در محل دسترسی‌ها اختلالی در جریان ترافیک عبوری ایجاد نمی‌کنند. این نوع کنترل دسترسی شامل جلوگیری از ارتباط غیر ایمن و نامناسب راه‌های فرعی و اختصاصی و کاربری‌های حاشیه به راه نیز می‌شود. می‌توان برای هر راهی با توجه به ایمنی، شرایط محیطی و ترافیک عبوری، میزان محدودیت دسترسی مشخصی، تعریف کرد. **طراح باید محل دسترسی‌های راه مورد مطالعه را مشخص، بررسی و سپس برای آنها طرح‌های ایمن متناسب با عملکرد راه در نظر بگیرد.**

۴-۴-۳- انواع دسترسی

در مفهوم عام به هر ورودی و خروجی در راه، دسترسی و به محل اتصال دسترسی به راه، محل دسترسی گفته می‌شود. به محل دسترسی‌ها بسته به نوع راه، تبادل، تقاطع و دسترسی اختصاصی[۱] گفته می‌شود. نکات مربوط به تقاطع‌ها در فصل هشتم و تبادل‌ها در فصل نهم آورده شده است.

۱- دسترسی اختصاصی به هر ورودی، خروجی، شاخه و اتصالی گفته می‌شود که صرفنظر از فاصله آنها تا راه، کاربری‌های اطراف راه را به راه متصل و متوسط ترافیک روزانه سال طرح آنها کمتر از ۴۰۰ وسیله نقلیه است.

در صورتی که در راه دسترسی اختصاصی، متوسط ترافیک روزانه سال طرح بیشتر از ۴۰۰ وسیله نقلیه و عرض دسترسی بیشتر از ۸/۵ متر یا محل دسترسی دو کاربری در اطراف راه، در کنار یکدیگر قرار داشته و یا کاملاً روبروی هم باشند، محل دسترسی‌ها، یک تقاطع محسوب شده و از ضوابط مربوط به تقاطع (فصل هشتم) پیروی می‌کند.

۴-۴-۴- محل و تعداد دسترسی‌های اختصاصی

محل و تعداد دسترسی‌های اختصاصی را می‌توان بر اساس معیارهای ایمنی، طرح هندسی و اقتصادی تعیین کرد. **در مورد مناطق مسکونی، تجاری و غیره که توسعه اقتصادی آن در آینده قابل پیش‌بینی است، باید با توجه به معیارهای مذکور، محل‌های دسترسی مناسب در نظر گرفت.**

تعداد دسترسی‌های اختصاصی در راه (به غیر از آزادراه با کنترل کامل دسترسی و بزرگراه با دسترسی محدود که امکان اتصال دسترسی اختصاصی به آنها نیست)، بهتر است حداقل باشد. اگر دسترسی ایمن به راهی از طبقه پایین‌تر قابل تأمین باشد، باید دسترسی مستقیم به راه با طبقه بالاتر حذف یا محدود شود. این نوع دسترسی‌ها باید فاصله کافی از سایر تقاطع‌ها و از یکدیگر را داشته باشند تا تداخل ترافیکی کمتر و طول انباشت برای گردش وسایل نقلیه بطور ایمن تأمین شود. حداقل فواصل پیشنهادی در جدول (۴-۴) آورده شده است. در شرایطی که فاصله این نوع دسترسی‌ها، در یک طرف راه از حداقل مقادیر پیشنهادی، کمتر بوده و امکان کاهش تعداد دسترسی‌ها وجود نداشته باشد، بهتر است از راه جانبی استفاده شود. در صورت تعریف محدودیت دسترسی مشخص برای یک راه معین، این فواصل می‌تواند تغییر کند.

در طراحی محل دسترسی‌ها، باید مشخصات ایمن مسیر افقی و قائم راه از جمله قابلیت دید در راستای افقی و قائم، تأمین فضای ایمن برای ترافیک عبوری و گردشی و تأمین مثلث دید مد نظر قرار گیرد. توصیه می‌شود مشخصات حداقل طرح هندسی محل دسترسی مطابق فصل هشتم (تقاطع‌ها) باشد. در محل دسترسی‌ها بهتر است وسایل نقلیه ورودی از دسترسی به راه، در فاصله مکانی حداقل ۲۵ متر یا فاصله زمانی ۸ ثانیه از لبه سواره‌رو، ترافیک عبوری از مسیر اصلی را مشاهده کنند.

جدول ۴-۴- حداقل فاصله محل دسترسی‌های اختصاصی با تقاطع‌ها و دسترسی‌های اختصاصی مجاور (متر)

حداقل فاصله دسترسی اختصاصی از	آزادراه	بزرگراه	راه اصلی جداشده	راه اصلی	راه فرعی درجه یک و دو	راه فرعی درجه ۳
تقاطع	–	–	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	۲۰۰
دوربرگردان	–	–	۸۰۰	–	–	–
دسترسی اختصاصی مجاور	–	–	۸۰۰	۴۰۰	۱۵۰	۱۰۰

علاوه بر در نظر گرفتن معیارهای این بخش و فصول هشتم (تقاطع‌ها) و نهم (تبادل‌ها)، برای اطلاعات تکمیلی و جزئیات در این زمینه به "راهنمای کاربری اراضی اطراف راه‌ها و راه‌آهن (انتشارات پژوهشکده حمل و نقل)" و "دستورالعمل مدیریت دسترسی راه‌ها (انتشارات پژوهشکده حمل و نقل)" رجوع شود.

۴-۴-۵- راه جانبی

راه جانبی نوعی از راه دسترسی می‌باشد که معمولاً کنار آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها احداث می‌شود. **ورود و خروج به راه جانبی باید به صورت ایمن انجام شود. در محل‌های ورود و خروج به راه جانبی باید فاصله دید انتخاب تأمین شده باشد. طول راه جانبی و فاصله بین ورودی و خروجی به راه جانبی باید به حدی باشد که باعث کاهش سطح کیفیت ترافیک مسیر اصلی نشود.** بهتر است ترافیک ورود و خروج به مسیر راه جانبی با خط‌های عبور کمکی کاهش و افزایش سرعت و لچکی‌های تغییر تدریجی عرض، هدایت شود. هر قدر راه مورد نظر با اهمیت‌تر و جریان ورودی یا خروجی بیشترتر باشد، استفاده از راه جانبی یا خط عبور اضافی ضروری‌تر خواهد بود. علاوه بر آزادراه و بزرگراه، برای راه‌های اصلی و حتی راه‌های فرعی پرترافیک به ویژه در نواحی مسکونی و میان‌گذرها می‌توان راه جانبی در نظر گرفت. **به طور کلی احداث راه جانبی در نواحی با تراکم بالای تقاطع یا محل دسترسی اختصاصی، ضروری است.**

با آنکه امتداد راه جانبی در بسیاری از موردها، به موازی مسیر اصلی است ولی این قاعده عمومیت ندارد و در صورت نیاز می‌توان امتداد غیر موازی در نظر گرفت.

با احداث راه جانبی در یک طرف یا هر دو طرف آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها، ارتباط با مسیر اصلی راه از طریق رابطهای ورودی و خروجی امکان پذیر خواهد بود. پیش‌بینی راه جانبی در یک آزادراه یا بزرگراه در صورتی قابل قبول است که ساخت آن از سایر راه حل‌ها، برای دسترسی به مسیر اصلی آزادراه یا بزرگراه، ایمن‌تر و اقتصادی‌تر باشد.

هنگامی که یک بزرگراه یا آزادراه به موازی یک راه موجود گسترش می‌یابد، گاهی از تمامی راه موجود یا بخشی از آن به عنوان راه جانبی استفاده می‌شود. **در طرح آزادراه یا بزرگراه، در محل‌هایی که نتوان از راه موجود به عنوان راه جانبی استفاده کرد و راه جانبی نیز مورد نیاز باشد، باید راه جانبی در نظر گرفته شود.**

۴-۵- تسهیلات پیاده

گاهی منظور کردن پیاده‌رو در راه ضرورت پیدا می‌کند. **در راه‌هایی که سرعت زیاد وسایل نقلیه و ترافیک زیاد عابران پیاده، استفاده از آن را خطرناک می‌کند، باید پیاده‌رو در نظرگرفته شود.**

بیشترین نیاز به پیاده‌رو در نقاط حاشیه‌ای و خارج شهرها در مناطقی مانند جایگاه فعالیت‌های تجاری محلی، مدارس، کارخانه‌های صنعتی و غیره احساس می‌شود. توجیه لزوم وجود پیاده‌رو در این گونه محل‌ها به نوع راه و میزان خطرناک‌بودن عبور پیاده‌ها بستگی دارد. **بطور کلی در صورتی که توسعه زمین‌های اطراف، موجب ازدیاد عابران پیاده از راه شود، باید پیاده‌رو در نظر گرفته شود.** همچنین در کلیه تقاطع‌هایی که عبور عابران از عرض راه به صورت هم‌سطح باشد، پیش‌بینی پیاده‌گذر لازم برای تأمین ایمنی و راحتی ضروری است.

در نواحی مسکونی حاشیه راه‌ها و محل‌های با حجم زیاد پیاده، لازم است به تعداد کافی محل عبور از عرض راه تأمین شود. احتمال برخورد وسایل نقلیه با عابر پیاده را می‌توان با تأمین روگذر یا زیرگذر عابر پیاده منتفی کرد.

از کنار پل‌های مسیر راه‌ها می‌توان با صرف هزینه کمی برای ساختن پله، به منظور عبور پیاده‌ها از یک طرف راه به طرف دیگر بدون عبور هم‌سطح استفاده کرد. **این پله‌ها باید در محل پل‌هایی که تأمین عبور پیاده مورد نیاز باشد (حومه شهرها) طرح و ساخته شود.**

مبانی و معیارهای فنی پیاده‌رو کنار راه و پیاده‌رو عرض راه (پیاده‌گذر) باید منطبق بر نشریه ۱۴۴ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور-تسهیلات پیاده روی- باشد.

۴-۶- ساخت مرحله‌ای راه‌ها و اتصال آن به راه‌های موجود

در طراحی هندسی راه‌ها، امکان اتصال قطعه‌ای از مسیر مورد طراحی به شبکه راه‌های موجود کشور و نیز امکان توسعه احتمالی راه به خطوط عبور بیشتر، باید مد نظر قرار گیرد. بنابراین ضرورت دارد که طراحان، با توجه به شبکه موجود کشور و موقعیت مسیر مورد مطالعه و نقطه نظرهای اقتصادی کوتاه مدت و بلند مدت طرح، جزئیات هندسی طرح و موقعیت مسیر را به شیوه مناسبی تعیین کنند.

۴-۶-۱- مطالعه مسیر با بررسی امکان اتصال آن به راه‌های موجود

راه معمولاً در ابتدا و انتهای خود به شبکه متصل می‌شود. نوع تقاطع، در محل اتصال به شبکه بسته به شرایط محل، حجم ترافیک و هزینه آن می‌تواند متفاوت باشد.

مسیرهای مورد نظر، معمولاً بسته به محدودیت‌های اقتصادی و شرایط محلی راه و نیز تداخل با پروژه‌های عمرانی دیگر، در چند قطعه مورد مطالعه، طراحی و اجرا قرار می‌گیرد. در بسیاری از موردها، امکان احداث کامل تمام مسیر در یک مقطع زمانی معین فراهم نیست، لذا قطعه‌های بعدی مسیر مطالعه شده ممکن است در کوتاه مدت، میان مدت یا درازمدت احداث و تکمیل شود. بنابراین مرحله‌بندی اجرای کار، برای استفاده از قطعه‌های ساخته شده مسیر، در فواصل زمانی بین مراحل مختلف، کاملاً منطقی و الزامی است.

طراحان مسیر راه باید با در نظر گرفتن تمامی شرایط گفته شده، امکان استفاده ایمن در کوتاه مدت یا میان مدت از قطعه‌های ساخته شده و بالاخره امکان بهسازی و اتصال قطعه‌ها به شبکه موجود کشور در درازمدت را در مطالعات خود مد نظر قرار دهند.

۴-۶-۲- مطالعه مسیر با امکان توسعه خطهای عبور

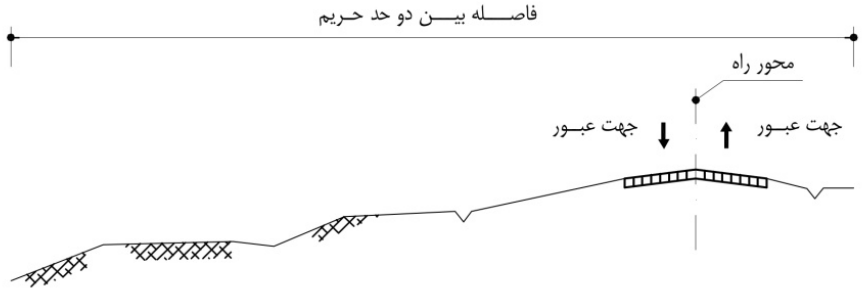
پیش بینی حجم ترافیک راه‌ها معمولاً برای بیست سال بعد انجام می‌شود. **با توجه به مطالعات مربوط به حجم ترافیک مسیر، چنانچه برآورد شود که پس از زمان پیش‌بینی شده، حجم ترافیک از گنجایش تعداد خطهای عبور در نظر گرفته شده در کیفیت ترافیکی مدنظر تجاوز خواهد کرد، باید در طراحی اولیه، امکان توسعه نهایی راه به خطهای عبور بیشتر پیش‌بینی و تدبیرهای مناسب برای این مشکل در نظر گرفته شود.** در پیش‌بینی امکان توسعه راه‌هایی که در آینده دارای حداقل چهار خط عبور خواهد بود، بهتر است توسعه آتی تعداد خطهای عبور با استفاده از میانه عریض

انجام شود. این روش طرح و توسعه راه، نسبت به روش‌های دیگر، که مسیر اولیه در وسط حریم راه قرار گرفته و توسعه از هر دو طرف انجام می‌شود، دارای مزایای آشکاری است. در این حالت، سرمایه‌گذاری اولیه برای اجرای روسازی، اجرای روگذرهای راه و تأمین سیستم‌های تخلیه آب‌های سطحی از میان نمی‌رود و با افزایش تعداد خط‌های عبور، کارآیی خود را حفظ و اختلال کمتری در ترافیک مسیر ایجاد خواهد کرد. در این حالت، مسیر اولیه می‌تواند در یک طرف حریم، با رعایت میانه عریض و شیب عرضی دو طرفه ساخته شود.

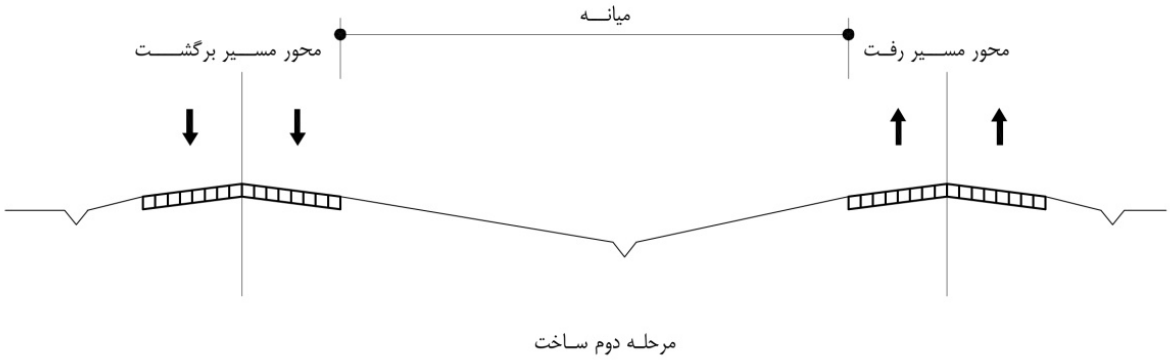
در طراحی مرحله‌ای راه‌ها، مسیر مورد نظر در ابتدا مطابق شکل (۴-۶) به صورت یک مسیر دو خطه دو طرفه با فضای لازم در نظر گرفته می‌شود و ترافیک دو جهت را تأمین می‌کند. در این حالت از میانه به عنوان کانال انتقال آب‌های سطحی استفاده و توسعه آتی (مرحله دوم توسعه) در طرف دیگر میانه عریض، در نظر گرفته می‌شود. بهره برداری از مسیر دوم، پس از تکمیل مرحله دوم توسعه، بصورت شکل (۴-۷) انجام خواهد شد.

در مراحل بعدی توسعه، به هریک از خطوط عبور هر دو طرف میانه یک خط عبور اضافه می‌شود (شکل(۴-۸)) و هر طرف مسیر می‌تواند دارای شیب عرضی یکسره یا دو طرفه باشد.

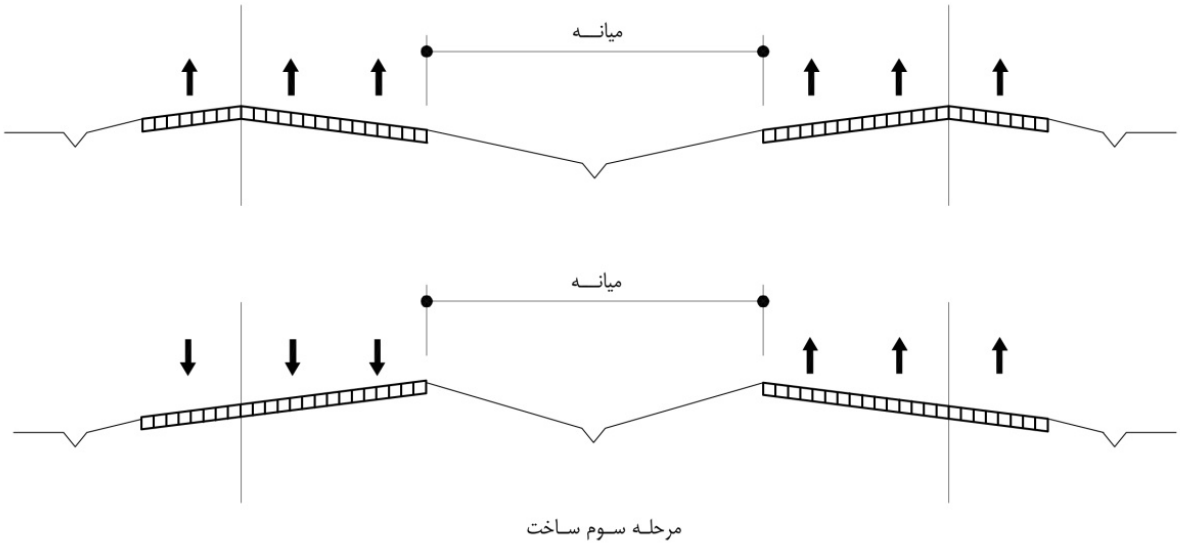
در موردهایی که حریم راه محدود بوده و استفاده از میانه‌های عریض ناممکن است، ناگزیر از میانه‌های کم عرض استفاده می‌شود. در این حالت و برای اقتصادی‌تر کردن تخلیه آب‌های سطحی، بهتر است طرح توسعه آتی راه بصورت شکل (۴-۹) انجام شود. در این حالت روسازی به نحوی است که هر طرف مسیر راه دارای شیب عرضی یکسره خواهد بود.



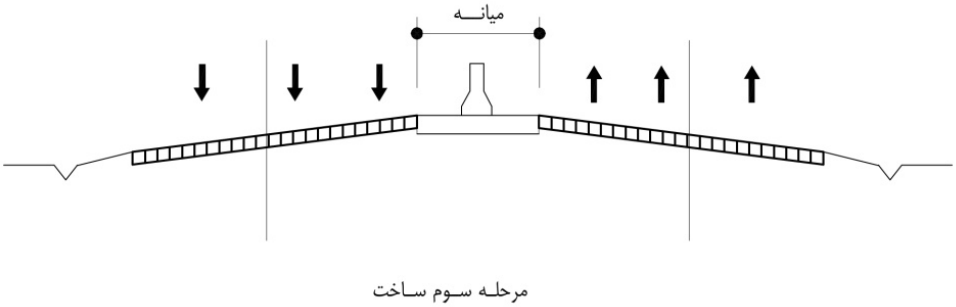
شکل ۴-۶- مرحله اول ساخت یک راه چند خطه جداشده



شکل ۴-۷- مرحله دوم ساخت یک راه چند خطه جداشده



شکل ۴-۸- مرحله سوم ساخت یک راه چند خطه جداشده با میانه عریض



شکل ۴-۹- مرحله سوم ساخت یک راه چند خطه جداشده با میانه کم‌عرض

۴-۷- تأسیسات جانبی راه

تأسیسات جانبی راه در عملکرد ایمن راه بسیار مؤثر هستند. این تأسیسات شامل مجتمع‌های خدماتی- رفاهی، توقف‌گاه‌ها، محل‌های استراحت، ایستگاه‌های اتوبوس، راهدارخانه‌ها و ... است.

در اتصال راه به این تأسیسات، باید یک راه مستقل برای ورود و یک راه مستقل برای خروج پیش‌بینی شود. فاصله دید انتخاب باید در پایانه ورودی و خروجی این تأسیسات کنترل شود.

مشخصات طراحی اتصال راه‌ها به تأسیسات جانبی باید متناسب با راه انتخاب شود. در راه‌ها از خط‌های عبور کاهش یا افزایش سرعت برای ورود به این تأسیسات یا خروج از آنها استفاده شود.

کلیه تأسیسات باید از نظر تأمین ایمنی عبور و مرور، حفظ و رعایت حریم، مکان‌یابی مناسب نسبت به تغییرات آتی مسیر پایه و احداث راه‌های ارتباطی، مجوز لازم را از وزارت راه و شهرسازی اخذ کنند.

توصیه می‌شود که این تأسیسات ترجیحاً بصورت مجتمع و در محل‌های مناسب در طول مسیر راه‌ها احداث شوند. بهتر است اتصال راه به تأسیسات جانبی آن با در نظر گرفتن معیارهای تقاطع‌ها (فصل هشتم) و تبادل‌ها (فصل نهم) و منطبق بر "راهنمای کاربری اراضی اطراف راه‌ها و راه‌آهن (انتشارات پژوهشکده حمل و نقل)"، طراحی شود.

۴-۷-۱- مجتمع‌های خدماتی و رفاهی

مجتمع‌های خدماتی- رفاهی مجموعه‌هایی هستند که به منظور تمرکز خدمات مورد نیاز رانندگان وسایل نقلیه و سرنشینان آنها در طول راه‌های شریانی و اصلی احداث می‌شوند. این مجتمع‌ها دارای امکانات و خدمات بهداشتی، درمانی، جایگاه سوخت، توقف گاه، نمازخانه و سایر خدمات رفاهی هستند.

بهتر است فاصله متوسط بین این محل‌ها در راه‌های شریانی و اصلی ۵۰ کیلومتر باشد. **در راه‌های جدا شده، باید این محل‌ها برای جلوگیری از قطع مسیر در دو طرف راه پیش‌بینی شود، مگر آن که برای ارتباط طرف مقابل، از طریق گذر یا دوربرگردان غیر هم‌سطح و یا تبادل، دسترسی مناسب پیش‌بینی شده باشد.**

۴-۷-۲- توقفگاه‌ها

توقفگاه‌ها به محل‌هایی اطلاق می‌شود که در فواصل معینی از دو طرف راه جهت توقف وسایل نقلیه احداث می‌شوند، **در راه-های شریانی، توقفگاه‌ها باید حداقل دارای ۱۰ جاپارک وسیله نقلیه سبک و ۴ جاپارک کامیون باشد.** در هر جهت از راه‌های شریانی و راه اصلی جداشده باید حداقل در فواصل ۵ الی ۱۰ کیلومتری در حاشیه راه و در داخل حریم، توقفگاه در نظر گرفت. در سایر راه‌ها طول و فاصله توقفگاه‌ها با توجه به ایمنی، پستی و بلندی، کاربری اطراف راه و موارد اقتصادی، توسط طراح تعیین شود. باید بین توقفگاه و شانه سمت راست راه، فاصله مناسب بسته به سرعت طرح و شرایط پستی و بلندی حاشیه راه، وجود داشته باشد. برای ورود به توقفگاه یا خروج از آن در راه‌های اصلی و فرعی دو خطه، می‌توان به جای استفاده از خط کاهش یا افزایش سرعت به ترتیب از لچکی‌های با نرخ ۱:۱۵ و ۱:۲۵ (عرض به طول) استفاده کرد.

۴-۷-۳- محل‌های استراحت

محل‌های استراحت، محوطه‌هایی در کنار راه هستند که به رانندگان و سرنشینان، این امکان را می‌دهد که برای مدت کوتاهی در آنجا توقف کنند. **محل‌های استراحت، باید جدا از راه (به ویژه خارج از حریم آزادراه)، پیش‌بینی و توسط راه‌های دسترسی مناسب به راه متصل شود.** این محل‌ها بهتر است دارای امکانات اولیه مانند آب آشامیدنی، سرویس‌های بهداشتی، نمازخانه، تلفن و تابلوی اطلاعات باشند. این محل‌ها در صورت امکان در نقاط خوش آب و هوا و خوش منظر قرار گیرد. در این محل‌ها، بهتر است، امکان توقف حدود پنج تا پانزده وسیله فراهم شده باشد. البته تعداد جای پارک مورد نیاز در محل‌های

استراحت به درصدی از میزان ترافیک متوسط سالانه مسیر بستگی دارد که در این مکان توقف می‌کنند (درصد توقف). تعداد جای پارک مورد نیاز، از رابطه (۴-۱) بدست می‌آید.

$$\text{تعداد جای پارک مورد نیاز} = a * b/c \qquad (۱-۴)$$

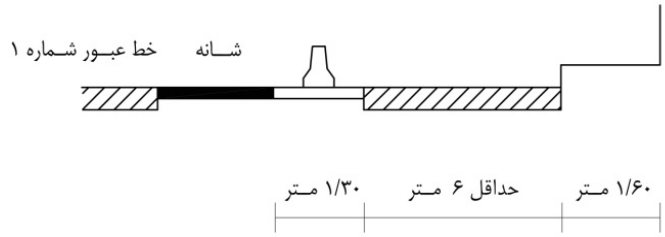
a = میزان ترافیک ساعت اوج در سال انتهای دوره طرح

b = درصد توقف

c = ۳ (با فرض ۲۰ دقیقه زمان مورد نیاز برای استراحت راننده)

۴-۷-۴- ایستگاه‌های اتوبوس

ایستگاه‌های اتوبوس به ندرت در راه‌های برون‌شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. **در صورت به کارگیری ایستگاه‌های اتوبوس در نزدیکی شهرها، مشخصات آن باید منطبق بر این ردیف باشد. محل ایستگاه‌های اتوبوس مطابق شکل (۴-۱۰) باید جدا از خط‌های عبور و برای ورود و خروج باید از خط‌های تغییر سرعت استفاده شود. عرض ایستگاه حداقل ۶ متر باشد** تا امکان عبور یک اتوبوس از کنار اتوبوس متوقف شده را فراهم سازد. **سکوی سوار شدن به اتوبوس باید دارای عرض حداقل ۱/۶۰ متر باشد. خط توقف اتوبوس در ایستگاه باید با عرضی برابر حداقل ۱/۳۰ متر از مسیر اصلی جدا شود و در این محدوده دارای جداکننده مناسب باشد.** طول ایستگاه بستگی به تعداد مقصدهایی دارد که اتوبوس‌های آنها در این ایستگاه توقف می‌کنند.



شکل ۴-۱۰- اندازه و موقعیت ایستگاه اتوبوس

۴-۷-۵- پاسگاه‌های پلیس

پاسگاه پلیس محلی است که عمدتاً به دو منظور توزین وسایل نقلیه باربری و ثبت سرعت و ساعات کار رانندگان اتوبوس در کنار راه ساخته می‌شوند. این محل‌ها، نیازمند دسترسی به هر دو جهت عبور هستند. **دسترسی به این محل‌ها در راه‌های جداشده باید از طریق تبادل انجام یا پاسگاه پلیس در هر جهت، ایجاد شود. به طور کلی از تردد رانندگان از عرض راه برای دسترسی به پاسگاه، باید جلوگیری شود.**

توقف و کنترل وسایل نقلیه باید در محوطه کنترل و کاملاً مجزا از مسیر اصلی حرکت خودروها و با رعایت کامل اصول ایمنی انجام شود.

در صورت استقرار گشت‌های پلیس در راه باید محل‌های استقرار این گشت‌ها در خارج از ناحیه عاری از مانع با ورودی و خروجی ایمن (با لچکی ۱:۱۵) و فاصله دید مناسب در نظر گرفته شود.

۴-۷-۶- راهدارخانه‌ها

به منظور استقرار راهداران برای حفاظت و نگهداری از راه‌ها، راهدارخانه احداث می‌شود. نحوه توزیع راهدارخانه باید به صورتی باشد که هیچ قسمت از هر نوع راهی بیش از ۴۰ دقیقه از نزدیکترین راهدارخانه فاصله زمانی نداشته باشد. این محل‌ها نیازمند دسترسی به هر دو جهت عبور هستند. **به این منظور اتصال این محل‌ها در راه‌های جداشده باید از طریق بازشوهای اضطراری، گذر غیر هم‌سطح و یا تبادل انجام شود.** برای طراحی و اطلاعات بیشتر به آیین‌نامه طراحی راهدارخانه‌ها- نشریه ۵۷۰ مراجعه شود.

۴-۷-۷- ایستگاه‌های اخذ عوارض

ایستگاه‌های اخذ عوارض از وسایل نقلیه‌ای که از یک راه خاص تردد می‌کنند، عوارض دریافت می‌کنند. ایستگاه‌های اخذ عوارض با ورودی‌های متعدد، احداث می‌شود. موقعیت ایستگاه اخذ عوارض بدلیل سرعت زیاد به ویژه در آزاد راه و بزرگراه از اهمیت زیادی برخوردار است. **ایستگاه اخذ عوارض باید به گونه‌ای طرح شوند که ایمن بوده و کمترین تأخیر به حرکت وسیله نقلیه تحمیل شود. ایستگاه‌های اخذ عوارض باید در قسمت مستقیم مسیر و یا در قوس افقی باز واقع شده باشند، به طوری که فاصله دید توقف در ایستگاه تأمین شده باشد.**

۴-۷-۸- بازشوهای اضطراری

بازشوهای اضطراری در راه‌های جدا شده برای عملیات‌های اضطراری و فعالیت‌های راهداری مورد استفاده قرار می‌گیرند. **فاصله بازشوهای اضطراری در قطعه‌هایی که فاصله میان تبادل‌ها بیشتر از ۸ کیلومتر است، باید در فواصل ۵ تا ۶ کیلومتری در نظر گرفته شود.** حداقل عرض میانه در محل بازشوهای اضطراری باید ۷/۵ متر باشد. این بازشوها باید در محل-های با فاصله دید توقف بیشتر از مقدار کمینه و بدون بربلندی در نظر گرفته شوند.

۴-۷-۹- گذرهای غیر هم‌سطح

گذرهای غیر هم‌سطح به ویژه زیرگذر در نواحی مسکونی حاشیه راه‌ها برای دسترسی وسایل نقلیه به دو طرف راه، عبور وسایل نقلیه کشاورزی، عبور گله و حیوانات وحشی و نیز عملیات‌های اضطراری و راهداری، استفاده می‌شوند. در برخی موارد به ویژه در راه-های جداشده، ایجاد این گذرها نه به لحاظ اقتصادی بلکه به لحاظ ایمنی یا مسائل زیست محیطی اجباری است.

۴-۷-۱۰- دوربرگردان غیر هم‌سطح

در آزادراه‌ها باید امکان تغییر جهت و دسترسی به مسیر مقابل برای ترافیک عبوری در فواصل مناسب (حداقل ۲۵ کیلومتر) وجود داشته باشد. این تغییر مسیر می‌تواند در صورت وجود تبادل‌ها یا مجتمع‌های خدماتی-رفاهی یا سایر تأسیسات جانبی راه که امکان دسترسی به سمت دیگر آزادراه در آنها وجود دارد، انجام شود. در صورت عدم وجود امکان تغییر مسیر، از دوربرگردان‌های غیر هم‌سطح استفاده می‌شود.

۴-۷-۱۱- مراکز امداد

مراکز امداد برای ارائه خدمات امدادی به استفاده‌کنندگان از راه، مصدومان یا وسایل نقلیه خراب شده در طول راه ساخته می-شوند. برای مکان‌یابی و طراحی این مراکز باید با نهادهای متولی این مراکز مانند اورژانس، هلال احمر هماهنگی‌های لازم بعمل آورده شود. در صورت استقرار گشت‌های امداد در حاشیه راه‌ها، محل‌های استقرار این گشت‌ها مطابق محل‌های استقرار گشت‌های پلیس طراحی می‌شود.

۴-۸- تأثیر محیط و کاربری‌های اطراف در طراحی راه

مراحل مطالعاتی راه و طرح هندسی آن، صرفاً تابع بررسی‌های اقتصادی و انتخاب مشخصات اصلی طراحی نیست، بلکه تحت تأثیر محیط و کاربری‌های اطراف راه نیز هست. طراح مسیر باید راه را به عنوان یکی از اجزای محیط مد نظر قرار دهد. منظور از محیط کلیه موارد اجتماعی، فیزیکی، طبیعی و مصنوعی در پیرامون مسیر می‌باشد. طراحی راه باید به گونه‌ای باشد که مکمل محیط و بهبود دهنده شرایط آن باشد. در مکان‌یابی و طرح مسیر، باید به شرایط محیطی مانند کاربران، مناطق مسکونی، کاربری‌های مجاور، پستی و بلندی منطقه، پوشش گیاهی و عبور حیوانات توجه کامل داشته باشد. باید با طرح کنارگذر از عبور راه از مراکز جمعیتی و محدوده توسعه شهری اجتناب شود. در صورت عدم امکان طرح کنارگذر، باید میان‌گذر با مشخصات ایمن طراحی شود.

خصوصیات محیط اطراف مسیر، مانند:

- پستی و بلندی
- زمین شناسی محل
- شرایط جوی
- منابع آب موجود، مانند نهرها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها
- تأسیسات پیرامون راه، مانند خطوط لوله و انتقال نیرو
- راه و راه‌آهن موجود
- مرکزهای صنعتی، معدنی و نظامی دو طرف مسیر و تأسیسات مشابه مرتبط با این مرکزها
- شهر و روستاهای دو طرف راه و نحوه ارتباط ایمن آن‌ها پس از احداث راه
- استفاده‌کنندگان از کاربری‌های اطراف راه و نحوه دسترسی ایمن آنها به راه
- مسائل ایجاد شده ثانوی، مانند آلودگی هوا و صدا در پیرامون مرکزهای جمعیتی موجود و نحوه ارتباط راه با این مرکزها

– خصوصیات محیط زیست، مانند تأمین ارتباط جانداران بین دو طرف راه پس از احداث آن، تغییرهای پدیدآمده در منابع آب موجود و نحوه حفظ و کنترل گیاهان و درختان موجود در محل، از عوامل تعیین کننده محیط در انتخاب مسیر و طراحی آن است.

۴-۹- منظرآرایی

عبور از مسیری با چشم‌اندازهای زیبا نیز مهم است، لذا منظرآرایی در کنار عوامل دیگر طراحی راه، حائز اهمیت است.

بهتر است موقعیت قرارگیری راه و مسیر قائم و افقی آن، برای تأمین زیبایی مسیر در هماهنگی با محیط اطراف، مد نظر قرار گیرد. لذا علیرغم ضرورت بهینه‌سازی اقتصادی طرح، صرف هزینه برای تأمین زیبایی و منظرآرایی مسیر می‌تواند منطقی باشد.

۴-۹-۱- اهمیت انتخاب سرعت طرح بر اساس منظرآرایی

سرعت طرح از عوامل تعیین کننده ضوابط طرح هندسی مسیر، مانند موقعیت افقی و نیمرخ طولی راه است. انتخاب سرعت طرح در مناطقی که دارای زیبایی و چشم‌اندازهای طبیعی است، به علت تأثیر ترکیب هماهنگ و موزون راه با محیط پیرامون، از اهمیت خاصی برخوردار است. لذا همانگونه که قبلاً در بخش سرعت طرح نیز اشاره شد، در انتخاب سرعت طرح مناطقی که دارای زیبایی‌های طبیعی می‌باشد، بهتر است نکته‌های مربوط به منظرآرایی مسیر نیز مد نظر قرار گیرد. چنانچه جلب توجه رانندگان به مناظر اطراف حادثه‌آفرین باشد، بهتر است تمهیدات لازم برای جلوگیری از دید رانندگان در محدوده زاویه دید، بکار گرفته شود.

۴-۹-۲- نکته‌های مرتبط با منظرآرایی راه

در طراحی مسیر راه، به منظور منظرآرایی آن، بهتر است نکات زیر مد نظر قرار گیرد:

– استقرار مسیر راه به گونه‌ای باشد که احداث راه جدید، درصورت امکان، محیط طبیعی اطراف راه را حفظ و باعث ظهور و وضوح چشم‌اندازهای پیرامون شود.

– نیمرخ طولی و مسیر کلی راه با طبیعت پیرامون سازگار باشد و خاکریزی‌ها و خاکبرداری‌های بدمنظر و نامتجانس با محیط اطراف، به حداقل برسد.

– برای درهم‌آمیزی مناسب راه با محیط پیرامون، بهتر است نحوه پاکسازی مسیر از درختان و گیاهان موجود و ترمیم و توسعه فضاهای سبز در محل‌های لازم، به موازات طرح هندسی، به وسیله کارشناسان ذیربط بررسی شود. در این ارتباط باید تخریب گیاهان و درختان با ارزش پیرامون (نظیر درختان کهنسال، گیاهان بومی و کمیاب) در حداقل ممکن، انجام شود. در مناطق ویژه‌ای که راه از داخل جنگل عبور می‌کند، باید قبل از تصمیم‌گیری نهایی درباره مسیر، وضعیت تخریب جنگل از دیدگاه محیط زیست بطور کامل مورد بررسی کارشناسی قرار گیرد و درصورت لزوم، طرح ترمیم و جایگزینی لازم پیشاپیش بررسی شود و راه‌های حفظ درخت و گیاه و نحوه نگهداری فضاهای سبز، پس از استقرار راه و تأثیر احتمالی آن در طرح هندسی مورد توجه قرار گیرد.

– گزینه‌ای که ضمن حفظ اصول فنی و اقتصادی لازم، باعث به وجود آمدن چشم‌اندازها و دورنماهای زیبا می‌شود، بر گزینه‌های دیگر برتری دارد.

– در مناطق زیبای طبیعی، درصورت امکان، تعبیه میانه‌های عریض و مسیرهای مستقل از هم، از یکنواختی مسیر می‌کاهد و چشم‌اندازهای بهتری ایجاد می‌کند.

– پل‌ها، تونل‌ها و دیوارهای حایل، مادامی‌که هزینه‌های گزافی را به پروژه تحمیل نکند، در مقایسه با خاکبرداری‌ها و خاکریزی‌های پرحجم، از دیدگاه زیبایی و جلوه مسیر، گزینه مناسب‌تری خواهد بود. در این ارتباط، بهتر است تمام ابنیه به گونه‌ای طراحی شود که از نظر زیبایی با مسیر و محیط هماهنگی داشته باشد.

– درصورت امکان بهتر است از استفاده معادن قرضه در مناطق خوش منظر اجتناب شود. **درصورت لزوم استفاده از این معادن، محل‌های مورد نظر باید پس از پایان بهره‌برداری، به روش مناسب شیب‌بندی و با پوشش مناسب گیاهی یا گزینه‌های مشابه دیگر مانند دریاچه مصنوعی با محیط اطراف هماهنگ شود.**

– تخلیه آب‌های سطحی و زهکشی راه در مناطق خوش منظر باید به گونه‌ای باشد که موجب فرسایش، بدمنظری و تجمع هرزآب‌ها درمحل‌های نامناسب نشود.

– در مناطقی که دو مسیر از روی یکدیگر عبور می‌کند، بهتر است فضای اطراف به شیوه مناسبی شیب‌بندی و با پوشش گیاهی پوشیده شود، به طوری که موجب خوشایندی دید راننده شود.

۴-۱۰- محل‌های قرضه و انبار (دپو)

ساختن راه، نیازمند مصالحی است که برخی از آنها مانند قیر و سیمان، محصول کارخانه است و برخی دیگر، از قبیل مصالح خاکی لازم برای بدنه راه، یا شن و ماسه و سنگ مورد نیاز روسازی و ابنیه فنی، از معادن و ذخایر زمینی، کوهی و رودخانه‌ای به دست می‌آید. علاوه بر این، به دنبال آماده‌کردن بستر راه و انجام عملیات پی‌کنی، خاک‌برداری و برش کوه، **مقداری پس‌مانده نیز حاصل می‌شود که نباید آن را در حریم راه تخلیه کرد.**

با توجه به موردهای بالا، انجام مطالعات یک مسیر، باید با در نظر گرفتن عوامل ذکر شده، شامل تمامی محل‌های معادن قرضه و نیز محل تخلیه پس‌ماندها (انبار) انجام شود تا گزینه بهینه را ارائه کند.

در ارتباط با طرح هندسی راه، وجود یا عدم وجود محل‌های ذکر شده اهمیت دارد و باید توسط طراحان در انتخاب گزینه‌ها مد نظر قرار گیرد.

۴-۱۱- خصوصیات رانندگان

طراحی راه باید با توان و محدودیت‌های رانندگان سازگار باشد، در غیر این صورت امکان خطای رانندگان بالا رفته و منجر به تصادفات و ناکارآمدی در بهره‌برداری از راه می‌شود. مهمترین نکاتی که در این خصوص مورد توجه قرار می‌گیرند، عبارتند از:

* ویژگی‌های رانندگان مسن از جمله کاهش قدرت بینایی و افزایش زمان درک و عکس‌العمل
* انتظارات و تمایلات رانندگان
* سیستم اطلاع رسانی به رانندگان
* نحوه دریافت و پردازش اطلاعات توسط رانندگان
* زمان عکس‌العمل رانندگان

* خطای ناشی از ناکارآمدی راننده
* خطای ناشی از وضعیت پیچیده

یکی از مهمترین روش‌ها در کمک به عملکرد صحیح رانندگان، طراحی مسیر مطابق با انتظارات متداول آنان است. به عنوان مثال رانندگان انتظار دارند، خروجی تبادل در سمت راست آزادراه‌ها باشد. وجود چنین حالتی به عکس‌العمل‌های صحیح و سریع کمک می‌کند. هنگامی که راننده اطلاعات مورد انتظار را از علایم بدست می‌آورد، عملکردش به سمت صحیح است. ولی چنانچه راننده آنچه را که انتظار دارد، دریافت نکند و یا اطلاعات غیر منتظره‌ای را دریافت کند، ممکن است دچار سردرگمی شود. این سردرگمی می‌تواند منجر به بروز رفتارهای پرخطر شود.

تبصره ۱. طرح مسیر باید به گونه‌ای باشد که خطای احتمالی راننده سبب حداقل خسارات و تصادفات شود.

تبصره ۲. **باید دقت شود که یکنواختی طراحی در قطعه‌های راه (به ویژه قطعه‌های مجاور) حفظ شود.**

تبصره ۳. عملی‌ترین روش در طراحی متناسب با شرایط رانندگان مسن، افزایش فاصله دید است که می‌توان با استفاده از فاصله دید انتخاب، آن را اعمال کرد. اگر تأمین فاصله دید انتخاب عملی نباشد، افزایش علائم پیش‌آگاهی می‌تواند مؤثر باشد.

۴-۱۲- ایمنی

راه، وسیله نقلیه و عامل انسانی، از مهمترین عوامل مؤثر بر وقوع تصادف هستند. طرح هندسی یکی از موارد مهم در تأثیرگذاری عامل راه بر وقوع تصادفات است. طراحی راه باید به گونه‌ای باشد که تعداد تصمیم‌های راننده را به حداقل رسانده و موقعیت‌های غیرمنتظره را کاهش دهد. انتخاب مبانی و معیارهای صحیح طراحی، سازگاری عناصر راه با یکدیگر، شیب‌های ملایم، خط‌های تغییر سرعت، تقاطع غیرهم‌سطح، توجه به نیاز استفاده‌کنندگان به ویژه رانندگان، توجه به کاربری‌های اطراف، مقطع عرضی مناسب با فضای بدون مانع کافی، فواصل دید مناسب، کاهش نقاط برخورد، حرکات گردشی ایمن و انتخاب و نصب صحیح علائم و تجهیزات ایمنی راه از عوامل تأثیرگذار بر ایمنی راه می‌باشند. **برای ارتقاء ایمنی، آیین‌نامه ایمنی راه‌ها – نشریه ۲۶۷ باید در نظر گرفته شود.**

۴-۱۳- محیط زیست

لازم است که در طراحی، تأثیر راه بر محیط زیست در نظر گرفته شود. تأثیر راه بر محیط اطراف آن به ویژه بر توسعه مناطق مجاور و محیط زیست، می‌تواند ماندگار باشد. لذا باید دقت لازم به عمل آید تا از رعایت ضوابط زیست محیطی اطمینان حاصل شود.

۴-۱۴- تحلیل اقتصادی

ملاحظات اقتصادی یکی از عوامل مؤثر در طرح هندسی راه و انتخاب گزینه اجرایی است. انتخاب گزینه بهینه طراحی از نظر اقتصادی با لحاظ هزینه پروژه و سودهای حاصل از آن و انجام تحلیل اقتصادی با روش مناسب، میسر است.

فصل پنجم

معیارهای طرح هندسی راه‌ها

۵-۱- فاصله دید

۵-۱-۱- کلیات

تأمین فاصله دید کافی برای کنترل سرعت خودرو و اجتناب از برخورد با موانع غیرمنتظره و تصادف هنگام سبقت‌گیری، از اهمیت بسیاری برخوردار است.

در این بخش انواع فاصله دید که در موقعیت‌های مختلف باید تأمین شوند، ارائه می‌شود. **در تمام طول مسیر، متناسب با سرعت طرح باید دید کافی، برای رانندگان تأمین شود.** در راه‌های موجود در صورت عدم امکان تأمین فاصله دید، باید مناطق بدون فاصله دید کافی با خط کشی و علائم مشخص شود.

۵-۱-۲- انواع فواصل دید

فواصل دید در راه به سه دسته زیر تقسیم می‌شود:

الف – فاصله دید توقف

ب – فاصله دید سبقت

پ – فاصله دید انتخاب

۵-۱-۲-۱- فاصله دید توقف

فاصله دید توقف مسافتی است که خودرو در حال حرکت با سرعت طرح یا نزدیک به آن، پس از مشاهده مانع توسط راننده و عمل ترمز، در مسیر خود، طی می‌کند تا قبل از برخورد با مانع متوقف شود. در واقع فاصله دید توقف، طول قابل رویت مورد نیاز برای راننده در امتداد مسیر است تا با مانع برخورد نکند. این فاصله مجموع دو فاصله است: مسافت طی‌شده در مدت مشاهده، تصمیم‌گیری و واکنش (فاصله عکس العمل ترمز) و مسافت طی‌شده پس از ترمز (فاصله ترمزگیری).

الف – فاصله مشاهده، تصمیم‌گیری و واکنش، مسافتی است که خودرو در مدت مشاهده، تصمیم‌گیری و واکنش راننده برای ترمزکردن، طی می‌کند. این مدت به عوامل متعددی مانند مهارت، هوشیاری راننده، سرعت خودرو، نوع و رنگ و شرایط مانع، فاصله از مانع، نوع و شرایط راه و شرایط دید از لحاظ جوی بستگی دارد. این فاصله از رابطه (۵-۱) بدست می‌آید.

$$d=۰/۲۷۸Vt \qquad (۱-۵)$$

که در آن:

d = فاصله مشاهده، تصمیم‌گیری و واکنش بر حسب متر

V = سرعت خودرو بر حسب کیلومتر در ساعت

t = زمان مشاهده، تصمیم‌گیری و واکنش بر حسب ثانیه (مقدار این زمان در طراحی، ۲/۵ ثانیه در نظر گرفته می‌شود).

ب – فاصله ترمز، مسافتی است که خودرو در سرعت مورد نظر پس از ترمز تا توقف طی می‌کند.

این فاصله از رابطه (۵-۲) بدست می‌آید.

$$d = \frac{V^2}{254(\frac{a}{9/81} \pm G)} \quad (۵-۲)$$

که در آن:

d = فاصله ترمز بر حسب متر

V = سرعت خودرو بر حسب کیلومتر در ساعت

a = شتاب توقف در امتداد حرکت در روسازی خیس بر حسب متر بر مجذور ثانیه، (برای طراحی، ۳/۴ متر بر مجذور ثانیه در نظر گرفته شود).

G = قدرمطلق شیب راه بر حسب درصد که مقدار آن در سربالایی مثبت و در سرپایینی منفی خواهد بود.

برای محاسبه فاصله دید توقف با در نظرگرفتن مجموع دو فاصله ذکر شده برای سطح هموار (G =۰)، از رابطه (۵-۳) استفاده می‌شود.

$$d = 0/278Vt + 0/039\frac{V^2}{a} \quad (۵-۳)$$

که در آن:

d فاصله دید توقف در امتداد مورد نظر و پارامترهای V،aو t مطابق روابط (۵-۱) و (۵-۲) می‌باشد.

فواصل ترمز و فاصله دید توقف برای سرعت‌های مختلف در امتداد افقی (G = ۰) در جدول (۵-۱) و در امتداد شیب‌دار در جدول (۵-۲) آورده شده است.

در محاسبه و اندازه‌گیری فاصله دید توقف، ارتفاع چشم راننده ۱۰۸ سانتی‌متر و ارتفاع مانع ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۵-۱- فاصله دید توقف در امتداد افقی

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله عکس العمل ترمز(متر)	فاصله ترمزگیری (متر)	فاصله دید توقف برای طرح(متر)
۲۰	۱۳/۹	۴/۶	۲۰
۳۰	۲۰/۹	۱۰/۳	۳۵
۴۰	۲۷/۸	۱۸/۴	۵۰
۵۰	۳۴/۸	۲۸/۷	۶۵
۶۰	۴۱/۷	۴۱/۳	۸۵
۷۰	۴۸/۷	۵۶/۲	۱۰۵
۸۰	۵۵/۶	۷۳/۴	۱۳۰
۹۰	۶۲/۶	۹۲/۹	۱۶۰
۱۰۰	۶۹/۵	۱۱۴/۷	۱۸۵
۱۱۰	۷۶/۵	۱۳۸/۸	۲۲۰
۱۲۰	۸۳/۴	۱۶۵/۲	۲۵۰
۱۳۰	۹۰/۴	۱۹۳/۸	۲۸۵
برای تعیین فاصله دید توقف، زمان مشاهده، تصمیم‌گیری و واکنش، ۲/۵ ثانیه و شتاب کاهنده، ۳/۴ متر بر مجذور ثانیه در نظر گرفته شده است.			

جدول ۵-۲- فاصله دید توقف در امتداد شیب‌دار

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید توقف (متر)					
	مقدار شیب سربالایی (درصد)			مقدار شیب سرپایینی (درصد)		
	۳	۶	۹	۳	۶	۹
۲۰	۱۹	۱۸	۱۸	۲۰	۲۰	۲۰
۳۰	۳۱	۳۰	۲۹	۳۲	۳۵	۳۵
۴۰	۴۵	۴۴	۴۳	۵۰	۵۰	۵۳
۵۰	۶۱	۵۹	۵۸	۶۶	۷۰	۷۴
۶۰	۸۰	۷۷	۷۵	۸۷	۹۲	۹۷
۷۰	۱۰۰	۹۷	۹۳	۱۱۰	۱۱۶	۱۲۴
۸۰	۱۲۳	۱۱۸	۱۱۴	۱۳۶	۱۴۴	۱۵۴
۹۰	۱۴۸	۱۴۱	۱۳۶	۱۶۴	۱۷۴	۱۸۷
۱۰۰	۱۷۴	۱۶۷	۱۶۰	۱۹۴	۲۰۷	۲۲۳
۱۱۰	۲۰۳	۱۹۲	۱۸۶	۲۲۷	۲۴۳	۲۶۲
۱۲۰	۲۳۴	۲۲۳	۲۱۴	۲۶۳	۲۸۱	۳۰۴
۱۳۰	۲۶۷	۲۵۴	۲۴۳	۳۰۲	۳۲۳	۳۵۰

۵-۱-۲-۲- فاصله دید سبقت

فاصله دید سبقت، فقط برای راه‌های دو خطه دو طرفه، مد نظر است. البته در برخی از محل‌های بحرانی راه، تعریض راه به سه یا چهار خط عبور، از تأمین فاصله دید سبقت اقتصادی‌تر است.

فاصله دید سبقت، کمترین فاصله‌ای است که رانندگان می‌توانند با سرعت مناسب و در شرایط ایمن و بدون تلاقی با خودرو مقابل از خودرو جلوتر سبقت بگیرند. فاصله دید سبقت در راه‌های دو خطه دو طرفه، با در نظر گرفتن فواصل طی شده خودروی در حال سبقت و خودروی در حالت حرکت در جهت مقابل به دست می‌آید. این فاصله در جدول (۵-۳) آورده شده است.

در تعیین فاصله دید سبقت، ارتفاع چشم راننده (سبقت گیرنده) از سطح راه ۱۰۸ سانتی‌متر و ارتفاع مانع (ارتفاع مربوط به تشخیص خودرو مقابل) نیز ۱۰۸ سانتی‌متر است. در سربالایی‌ها، فاصله دید سبقت بیشتری نیاز است که مقدار افزایش آن به نظر طراح بستگی دارد.

جدول ۵-۳- فاصله دید سبقت در امتداد افقی

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	سرعت های فرض شده (کیلومتر در ساعت)		فاصله دید سبقت (متر)
	خودرو سبقت گیرنده	خودرو مورد سبقت	مقادیر طراحی
۳۰	۴۴	۲۹	۲۰۰
۴۰	۵۱	۳۶	۲۷۰
۵۰	۵۹	۴۴	۳۴۵
۶۰	۶۶	۵۱	۴۱۰
۷۰	۷۴	۵۹	۴۸۵
۸۰	۸۰	۶۵	۵۴۰
۹۰	۸۸	۷۳	۶۱۵
۱۰۰	۹۴	۷۹	۶۷۰
۱۱۰	۱۰۰	۸۵	۷۳۰
۱۲۰	۱۰۵	۹۰	۷۷۵
۱۳۰	۱۰۹	۹۴	۸۱۵

۵-۱-۲-۳- فاصله دید انتخاب

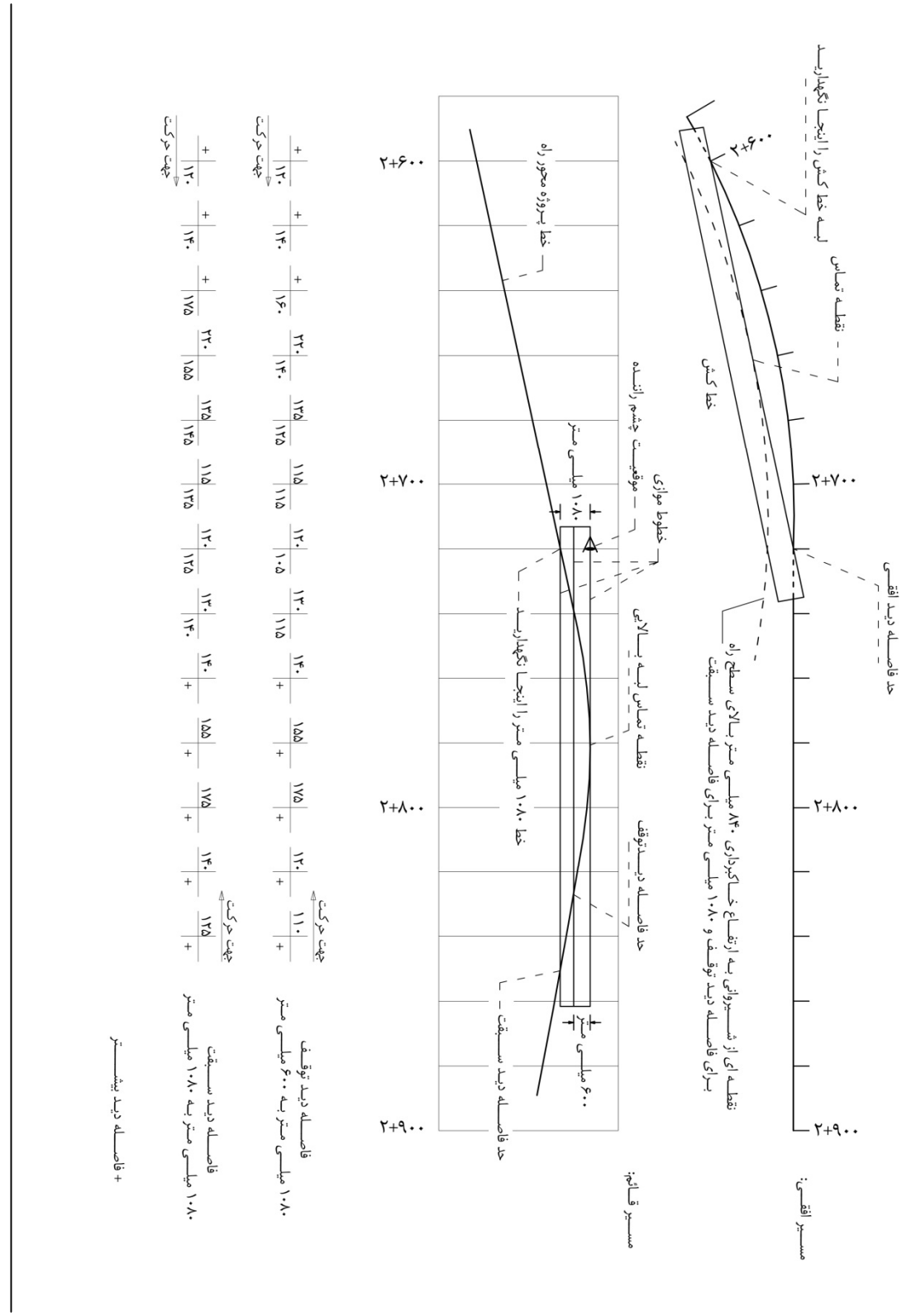
فاصله دید انتخاب حداقل فاصله‌ای است که راننده نیاز به دیدن دارد تا بتواند با سرعت مناسب و در شرایط ایمن، مسیر خود را انتخاب کند. در محل‌های خاص مانند حوالی تقاطع‌های نیازمند مانورهای غیر منتظره یا غیر عادی، تبادل‌ها، محل‌های استراحت و توقف‌گاه‌های کنار مسیر، ایستگاه‌های اخذ عوارض، رابط‌ها، محل‌های کاهش خط عبور به منظور اجتناب از واکنش‌های آنی توأم با خطای راننده (به ویژه در راه‌های با سرعت طرح بالا)، بهتر است فاصله دیدی بزرگتر از فاصله دید توقف پیش‌بینی کرد. این فاصله را، فاصله دید انتخاب می‌نامند که در جدول (۵-۴) مشخص شده است. برای این محل‌های خاص باید فواصل دید انتخاب را تامین کرد یا این محل‌ها را به قسمت‌هایی از راه که فواصل دید انتخاب قابل تأمین است، انتقال داد. در غیر این صورت، باید با استفاده از علائم هشداردهنده و یا کنترل ترافیک تمهیدات لازم در نظر گرفته شود.

جدول ۵-۴- فاصله دید انتخاب

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید انتخاب (متر)
۵۰	۱۴۵
۶۰	۱۷۰
۷۰	۲۰۰
۸۰	۲۳۰
۹۰	۲۷۰
۱۰۰	۳۱۵
۱۱۰	۳۳۰
۱۲۰	۳۶۰
۱۳۰	۳۹۰

۵-۱-۳- مشخص کردن فاصله دید در نقشه‌ها

بهتر است فاصله‌های دید توقف و سبقت را مطابق شکل (۵-۱) به طور ترسیمی از نقشه‌های پلان و نیمرخ طولی استخراج کرده و در طرح راه برای تعیین حداقل طول خم‌ها و انحنای قوس‌های افقی و عقب‌نشینی موانع جانبی (که در ردیف‌های بعدی به آن پرداخته می‌شود) مورد استفاده قرار داد. در عین حال بهتر است، طول‌هایی از مسیر راه را که امکان سبقت در آن وجود ندارد یا فاصله کافی تأمین نیست، در نقشه‌ها مشخص کرد. استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری به تشخیص دقیق و سریع فاصله دید توقف و سبقت کمک می‌کند. همان‌گونه که در شکل (۵-۱) مشاهده می‌شود، فاصله دید توقف و فاصله دید سبقت هم از پلان و هم از نیمرخ طولی مسیر به تفکیک جهت حرکت تعیین شده و کمترین آن نوشته شده است. برای مثال در حرکت از کیلومتر کمتر، در کیلومتر ۶۰۰+۲، فاصله دید توقف در پلان کمتر از نیمرخ طولی بوده و برابر با ۱۲۰ متر است ولی در کیلومتر ۷۲۰+۲، فاصله دید توقف در نیمرخ طولی کمتر از پلان بوده و برابر با ۱۰۵ متر است.



شکل ۵-۱- نمونه‌ای از اندازه‌گیری و ثبت فواصل دید در نقشه‌ها

۵-۲- مسیر افقی (پلان)

تأمین ایمنی و جریان مداوم ترافیک برای سرعت طرح معین، دو اصل اساسی طرح هندسی راه است. بنابراین در طرح هندسی ضرورت دارد که کلیه عوامل محدودکننده این دو اصل حذف شود یا در صورت عدم امکان حذف، اثر آنها کاهش داده شود.

در مسیر افقی همه عامل‌ها باید به گونه‌ای مد نظر قرار گیرد تا مشخصات هندسی پلان، نیمرخ طولی و نیمرخ عرضی راه، ایمن، اقتصادی، هماهنگ با طبیعت منطقه و گنجایش راه و متناسب با طبقه‌بندی عملکردی باشد.

۵-۲-۱- قوس افقی (پیچ)

برای ارتباط دو خط مستقیم متوالی در پلان از پیچ یا قوس افقی استفاده می‌شود که معمولاً کمانی از یک دایره است. هر خودرو در حال عبور از قوس افقی، تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز قرار می‌گیرد. برای تأمین ایمنی و راحتی حرکت خودرو، بهتر است شیب عرضی راه با توجه به سرعت طرح و شعاع قوس افقی تغییر یابد. با استفاده از شیب عرضی یکسره (بربلندی) در مقطع راه، می‌توان بین نیروی اصطکاک جانبی چرخ و رویه، مؤلفه وزن خودرو در امتداد بربلندی و نیروی گریز از مرکز، تعادل ایجاد کرد.

در طرح قوس افقی راه، رابطه بین سرعت طرح، حداقل شعاع قوس افقی، حداکثر بربلندی و حداکثر ضریب اصطکاک جانبی بین لاستیک چرخ و سطح راه، به صورت رابطه (۵-۴) است.

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e_{max} + f_{max})} \qquad (۵-۴)$$

که در آن:

R_{min} = حداقل شعاع قوس افقی (متر)

V = سرعت طرح (کیلومتر درساعت)

e_{max} = حداکثر بربلندی(متر بر متر)

f_{max} = حداکثر ضریب اصطکاک جانبی

مقدار ضریب اصطکاک جانبی به عوامل زیر بستگی دارد.

- وضعیت لاستیک چرخ‌های خودرو
- نوع رویه
- خشک یا تر یا یخ‌زده بودن سطح راه
- سرعت خودرو

در جدول (۵-۵)، مقادیر حداقل شعاع قوس افقی برای مقادیر مختلف سرعت طرح، ضریب اصطکاک جانبی و بربلندی داده شده است.

بهتر است در صورت امکان از بکارگیری شعاع قوس افقی حداقل خودداری شود، مگر آن که محدودیت‌های شدیدی در انتخاب شعاع بزرگتر وجود داشته باشد. انتخاب شعاع‌های کوچکتر، موجب ازدیاد طول راه و ضرورت تعریض بیشتر راه در قوس افقی است.

جدول ۵-۵- حداقل شعاع قوس افقی

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	حداکثر بربلندی e_{max}	حداکثر ضریب اصطکاک f_{max}	حداقل شعاع (متر) (مقادیر گرد شده)
۳۰		۰/۱۷۰	۳۵
۴۰		۰/۱۶۵	۶۵
۵۰		۰/۱۶۰	۱۰۰
۶۰		۰/۱۵۳	۱۵۰
۷۰	۴٪	۰/۱۴۷	۲۱۰
۸۰		۰/۱۴۰	۲۸۰
۹۰		۰/۱۳۰	۳۷۵
۱۰۰		۰/۱۲۰	۴۹۵
۳۰		۰/۱۷۰	۳۵
۴۰		۰/۱۶۵	۶۰
۵۰		۰/۱۶۰	۹۰
۶۰		۰/۱۵۳	۱۳۵
۷۰	۶٪	۰/۱۴۷	۱۹۰
۸۰		۰/۱۴۰	۲۵۵
۹۰		۰/۱۳۰	۳۴۰
۱۰۰		۰/۱۲۰	۴۴۰
۱۱۰		./۱۱۰	۵۶۵
۱۲۰		۰/۰۹	۷۵۶
۱۳۰		۰/۰۸	۹۵۱
۳۰		۰/۱۷۰	۳۰
۴۰		۰/۱۶۵	۵۵
۵۰		۰/۱۶۰	۸۵
۶۰		۰/۱۵۳	۱۲۵
۷۰	۸٪	۰/۱۴۷	۱۷۰
۸۰		۰/۱۴۰	۲۳۰
۹۰		۰/۱۳۰	۳۰۵
۱۰۰		۰/۱۲۰	۳۹۵
۱۱۰		./۱۱۰	۵۰۵
۱۲۰		۰/۰۹	۶۶۷
۱۳۰		۰/۰۸	۸۳۲
۳۰		۰/۱۷۰	۳۰
۴۰		۰/۱۶۵	۵۰
۵۰		۰/۱۶۰	۸۰
۶۰		۰/۱۵۳	۱۱۵
۷۰	۱۰٪	۰/۱۴۷	۱۶۰
۸۰		۰/۱۴۰	۲۱۰
۹۰		۰/۱۳۰	۲۸۰
۱۰۰		۰/۱۲۰	۳۶۰
۱۱۰		./۱۱۰	۴۵۵
۱۲۰		۰/۰۹	۵۹۷
۱۳۰		۰/۰۸	۷۴۰
۳۰		۰/۱۷۰	۲۵
۴۰		۰/۱۶۵	۴۵
۵۰		۰/۱۶۰	۷۰
۶۰		۰/۱۵۳	۱۰۵
۷۰	۱۲٪	۰/۱۴۷	۱۴۵
۸۰		۰/۱۴۰	۱۹۵
۹۰		۰/۱۳۰	۲۵۵
۱۰۰		۰/۱۲۰	۲۳۰
۱۱۰		./۱۱۰	۴۱۵
۱۲۰		۰/۰۹	۵۴۰
۱۳۰		۰/۰۸	۶۶۶

در صورتی که به علت شرایط خاص، اجباری و محدوده کننده طرح، لازم باشد که قوس افقی با شعاع کمتر از شعاع حداقل طرح شود، تغییرات سرعت بین دو قوس افقی متوالی نباید بیشتر از ۲۰ کیلومتر در ساعت باشد. **از قرار دادن قوس افقی با شعاع کوچک در انتهای مسیرهای مستقیم طولانی، سرازیری‌ها و یا هر محلی که ورود خودروها با سرعت بالا انتظار می‌رود، باید اجتناب شود.**

۵-۲-۱-۱- حداقل و حداکثر طول قوس افقی

حداقل طول قوس افقی برای زاویه مرکزی (زاویه انحراف) برابر ۵ درجه، ۱۵۰ متر است و به ازای هر یک درجه کاهش زاویه مرکزی، طول قوس، حداقل ۳۰ متر افزایش می‌یابد. اگر زاویه مرکزی کوچکتر از ۳۰ دقیقه باشد، نیازی به منظورکردن قوس افقی نیست. برای شعاع قوس افقی بزرگتر از ۶,۰۰۰ متر، به جای قوس دایره‌ای از منحنی سهمی نیز می‌توان استفاده کرد.

حداقل طول قوس‌های افقی در راه اصلی بر حسب متر سه برابر سرعت طرح بر حسب کیلومتر بر ساعت است که با در نظر گرفتن مسائل زیبایی برای راه‌های با سرعت بالاتر و با دسترسی کنترل‌شده، بهتر است این حداقل طول، شش برابر سرعت طرح باشد. به هرحال در راه دو خطه، بهتر است طول قوس افقی از ۱,۰۰۰ متر کمتر و از ۱۵۰ متر بیشتر باشد.

۵-۲-۱-۲- قوس افقی مرکب

قوس افقی مرکب، از دو یا تعداد بیشتری قوس دایره‌ای هم جهت با شعاع‌های مختلف تشکیل شده که بر یکدیگر مماس است. با ترکیب قوس‌های مختلف دایره‌ای به شعاع‌های گوناگون می‌توان قوس افقی مرکب مناسبی برای وضعیت‌های مختلف طراحی کرد و مسیر را با موقعیت‌های مشکل فیزیکی تطبیق داد. با این حال اگر با صرف هزینه نسبتاً کم، بتوان از قوس افقی ساده استفاده کرد، بهتر است از بکارگیری قوس افقی مرکب خودداری شود.

طول کل قوس در قوس افقی مرکب نباید کمتر از ۱۵۰ متر باشد. همچنین شعاع قوس بزرگتر نباید بیش از ۱/۵ برابر شعاع قوس کوچکتر باشد.

۵-۲-۱-۳- قوس افقی معکوس

در قوس افقی معکوس به دلیل تغییر جهت قوس، به منظور تأمین بربلندی قطعه مستقیمی بین دو قوس تعبیه می‌شود تا تعدیلی بین خارج شدن از یک بربلندی و داخل شدن به بربلندی دیگر انجام شود. در صورت امکان، توصیه می‌شود طول این قطعه مستقیم، حداقل ۱۲۰ متر باشد. حداقل مطلق و مطلوب طول مستقیمی که باید در فاصله بین دو قوس افقی معکوس قرار داده شود، از روابط (۵-۵) و (۵-۶) بدست می‌آید.

$$L_{۱} = ۰/۰۹(l_{۱} + l_{۲})\ V \qquad (۵-۵)$$

$$L_{۲} = ۰/۱۵(l_{۱} + l_{۲})\ V \qquad (۵-۶)$$

که در آن:

$L_{۱}$ = حداقل مطلق طول بخش مستقیم، متر

L_2= حداقل مطلوب طول بخش مستقیم، متر

l_1 = بربلندی قوس افقی اول، درصد

l_2 = بربلندی قوس افقی دوم، درصد

V = سرعت طرح، کیلومتر در ساعت

اگر تامین این طول‌ها مقدور نباشد، می‌توان تغییرات شیب عرضی ۴ درصد در طول ۲۰ متر را اعمال کرد. اگر از قوس‌های اتصال تدریجی (کلوتوئید) استفاده شود، ایجاد بخش مستقیم ضرورتی ندارد.

۵-۲-۱-۴- قوس افقی تخت پشت

قوس افقی تخت پشت، از دو منحنی هم‌جهت که به وسیله قطعه مستقیمی به هم متصل شده‌اند، تشکیل شده است. استفاده از این قوس در طراحی توصیه نمی‌شود. طول قطعه مستقیم، نباید کمتر از اعداد داده شده در جدول (۵-۶) باشد.

جدول ۵-۶- حداقل طول بخش مستقیم واقع بین دو قوس افقی هم‌جهت (تخت پشت) راه اصلی

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰
حداقل طول مستقیم بین دو قوس افقی هم جهت (متر)	۳۰۰	۴۵۰	۵۰۰	۶۰۰

۵-۲-۱-۵- قوس افقی اتصال تدریجی (کلوتوئید)

به منظور تأمین ایمنی و راحتی کافی در طرح راه، بهتر است برای اتصال دو قوس افقی با اختلاف شعاع نسبتاً زیاد و یا اتصال یک مسیر مستقیم به یک قوس افقی دایره‌ای با شعاع کوچکتر از مقادیر داده شده در جدول (۵-۷)، از قوس اتصال تدریجی (کلوتوئید یا مشابه آن) استفاده شود.

جدول ۵-۷- شعاع حداکثر قوس افقی بر حسب سرعت برای استفاده از قوس اتصال تدریجی

سرعت (کیلومتر در ساعت)	شعاع حداکثر (متر)
۲۰	۲۴
۳۰	۵۴
۴۰	۹۵
۵۰	۱۴۸
۶۰	۲۱۳
۷۰	۲۹۰
۸۰	۳۷۹
۹۰	۴۸۰
۱۰۰	۵۹۲
۱۱۰	۷۱۶
۱۲۰	۸۵۲
۱۳۰	۱۰۰۰
نکته: مزایای ایمنی استفاده از قوس اتصال تدریجی برای شعاع‌های بزرگتر، ناچیز است.	

استفاده از قوس اتصال تدریجی برای راه‌هایی با قوس‌های افقی با شعاع بزرگ به ندرت ضرورت پیدا می‌کند. قوس اتصال تدریجی دارای مزایای زیر است:

الف) اتصال قوس افقی دایره‌ای شکل به مسیرهای مستقیم می‌تواند با تغییر تدریجی شعاع انحنا انجام شود.

ب) اعمال بربلندی از مقدار صفر تا مقدار حداکثر آن می‌تواند در طول قوس اتصال تدریجی (طول لازم برای تغییر شیب عرضی مسیر از شیب صفر به شیب بربلندی) انجام شود.

پ) اعمال اضافه عرض سواره‌رو در قوس افقی، می‌تواند در طول قوس اتصال تدریجی انجام شود.

ت) به کاربردن قوس اتصال تدریجی سبب می‌شود که از تصور وجود شکستگی در نقطه شروع و ختم قوس افقی دایره‌ای شکل اجتناب شود و در نتیجه، راه، ظاهری خوش منظر داشته باشد.

معمولاً برای قوس اتصال تدریجی از منحنی کلوتوئید استفاده می‌شود. طول مطلوب قوس اتصال تدریجی طبق جدول (۵–۸) توصیه می‌شود.

جدول ۵–۸– طول مطلوب برای قوس اتصال تدریجی

سرعت (کیلومتر در ساعت)	طول اتصال تدریجی (متر)
۲۰	۱۱
۳۰	۱۷
۴۰	۲۲
۵۰	۲۸
۶۰	۳۳
۷۰	۳۹
۸۰	۴۴
۹۰	۵۰
۱۰۰	۵۶
۱۱۰	۶۱
۱۲۰	۶۷
۱۳۰	۷۲

طول قوس اتصال تدریجی نباید از طول بدست آمده از روابط (۵–۷) و (۵–۸) (هر کدام که بزرگتر است) کمتر باشد.

$$L_{s,min} = ۲/۱۹ \sqrt{R} \qquad (۵–۷)$$

$$L_{s,min} = ۰/۰۱۸ \frac{V^۳}{R} \qquad (۵–۸)$$

که در آن:

$L_{s,min}$ = حداقل طول منحنی اتصال تدریجی (متر)

V = سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)

R = شعاع قوس دایره‌ای (متر)

طول قوس اتصال تدریجی نباید از طول بدست آمده از رابطه (۵–۹) بیشتر باشد.

$$L_{s,max} = ۴/۹۰ \sqrt{R} \quad (۹-۵)$$

که در آن:

$L_{s,max}$= حداکثر طول منحنی اتصال تدریجی (متر)

R = شعاع قوس دایره‌ای (متر)

در پایانه رابطها در صورت در نظر گرفتن اضافه عرض می‌توان از قوس اتصال تدریجی با طول بزرگتر از رابطه (۵–۹)، برای اعمال بربلندی استفاده کرد.

چنانچه از قوس اتصال تدریجی برای تامین شیب بربلندی استفاده می‌شود، روش عملی‌تر برای تعیین حداقل طول قوس اتصال تدریجی، به کار بردن طولی است که برای طول شیب بربلندی (طول لازم برای تغییر شیب عرضی مسیر از شیب صفر به شیب بربلندی) لازم است.

۵-۲-۱-۶- قوس افقی مارپیچ

در راه‌های فرعی واقع در مناطق دشوار، برای پیوند دو راستا که با یکدیگر زاویه بسیار کوچک و بسته‌ای می‌سازند، به منظور پرهیز از شعاع‌های بسیار کم یا شیب های خیلی تند، غالباً استفاده از مارپیچ ضرورت پیدا می‌کند.

حداقل شعاع داخلی و خارجی مارپیچ‌های راه فرعی واقع در مناطق دشوار، در جدول (۵–۹) نشان داده شده است. سرعت طرح در چنین شرایطی کمتر از میزان حداقل تعیین شده در این آیین‌نامه بوده و حداکثر برابر ۱۵ کیلومتر در ساعت می‌باشد.

قوس مارپیچ فقط برای راه‌های فرعی درجه دو و سه در شرایط خاص قابل استفاده می‌باشد.

جدول ۵–۹- حداقل شعاع‌های داخلی و خارجی راه در مارپیچ

خودروی طرح	شعاع داخلی (متر)	شعاع خارجی برای راه (متر)	
		فرعی درجه دو	فرعی درجه سه
سبک	۳/۶۰	۱۲	۸
کامیون نوع اول	۶/۸۰	۱۸/۷۰	۱۴/۷۰
کامیون نوع دوم	۵/۱۰	۱۸/۷۰	۱۴/۷۰

۵-۲-۱-۷- پل در قوس افقی

اجرای بربلندی و همچنین اجرای قوس افقی در روی پل همیشه مشکل‌آفرین است. آب جمع شده در سطح پل زودتر از نقاط دیگر راه یخ می‌زند و رانندگان که انتظار یخ‌زدگی سطح راه را ندارند، ممکن است هنگام عبور از سطح پل دچار اشتباه شوند و وسیله نقلیه آنها لغزیده و موجب تصادف شود. بنابراین بهتر است در حد امکان از قرار دادن پل بزرگ در قوس افقی و به ویژه در محل تغییر بربلندی اجتناب کرد.

۵-۲-۱-۸- تعریض در قوس افقی

گاهی لازم است عرض سواره‌رو در قوس افقی افزایش داده شود. دلیل‌های این افزایش عرض عبارت است از:

– وسیله نقلیه در قوس افقی، عرض بیشتری اشغال می‌کند.

– معمولاً راننده در قوس افقی به سختی می‌تواند از محور خطی که در آن حرکت می‌کند، پیروی کند.

مقدار اضافه عرض سواره‌رو در قوس افقی برای راه دو خطه (یک طرفه یا دو طرفه) از رابطه‌های (۵–۱۰) و (۵–۱۱) به دست می‌آید (شکل (۵–۲)).

$$W = W_c - W_n \quad (۵–۱۰)$$

$$W_c = ۲(U + C) + F_A + Z \quad (۵–۱۱)$$

که در آن:

W = اضافه عرض سواره‌رو در قوس افقی برای راه‌های دو خطه (متر)

W_c = عرض سواره‌رو راه دو خطه در قوس افقی (متر)

W_n = عرض سواره‌رو راه دو خطه در قسمت مستقیم (متر)

U = عرضی که توسط وسیله نقلیه (خارج به خارج چرخ‌ها) در قوس اشغال می‌شود (متر)

C = فاصله آزاد جانبی وسیله نقلیه، برای سواره‌روها با عرض۶، ۶/۵ و ۷/۳ متر این مقدار به ترتیب برابر با ۰/۶، ۰/۷ و ۰/۹ متر فرض می‌شود.

F_A = عرض پیش‌آمدگی جلو وسیله نقلیه (متر) که برابر با فاصله شعاعی مسیر چرخش لبه بیرونی چرخ با لبه بیرونی بدنه وسیله نقلیه می‌باشد.

Z = عرض اضافی مجاز به دلیل دشواری رانندگی در قوس (متر)

مقادیر U و F_A و Z از رابطه‌های (۵–۱۲)، (۵–۱۳) و (۵–۱۴) به دست می‌آید.

$$U = U_o + R - \sqrt{R^۲ - L^۲} \quad (۵–۱۲)$$

$$F_A = \sqrt{R^۲ + A(۲L + A)} - R \quad (۵–۱۳)$$

$$Z = \frac{V}{۱۰\sqrt{R}} \quad (۵–۱۴)$$

که در آن:

U_o = عرضی که توسط وسیله نقلیه (فاصله خارجی چرخ‌ها) در مسیر مستقیم اشغال می‌شود (متر).

R = شعاع محور راه دو خطه در قوس افقی (متر).

L = فاصله بین محورهای جلو و عقب

A = فاصله بین پیش‌آمدگی جلو وسیله نقلیه و محور جلو

V = سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)

برای تعیین مقدار اضافه عرض روسازی در قوس افقی، لازم است که وسیله نقلیه مناسبی که نماینده نوع وسایل نقلیه در راه مورد نظر است، انتخاب شده و مبنای طرح قرار گیرد.

میزان اضافه عرض برای روسازی راه‌های دو خطه، برای خودروی طرح کامیون نوع اول در جدول (۵–۱۰) آورده شده است و برای سایر خوردروهای طرح، این مقدار مطابق با جدول (۵–۱۱) کم یا زیاد می‌شود. میزان اضافه عرض، حداقل ۰/۶ متر منظور شده و از مقادیر کمتر از ۰/۶ متر بدلیل تأثیر ناچیز صرفنظر می‌شود.

اضافه عرض سواره‌رو راه‌های دو خطه یک طرفه، مانند راه‌های دو خطه دو طرفه در نظرگرفته می‌شود و این مقدار برای راه‌های سه خطه ، ۱/۵ برابر و برای چهار خطه جدانشده، دو برابر مقدار نظیر برای راه‌های دو خطه خواهد بود.

در تقاطع، که شعاع انحنای قوس معمولاً خیلی کمتر است، مقدار اضافه عرض با معیار متفاوتی تعیین می‌شود.

نحوه اعمال اضافه عرض روسازی در قوس بر اصول زیر استوار است:

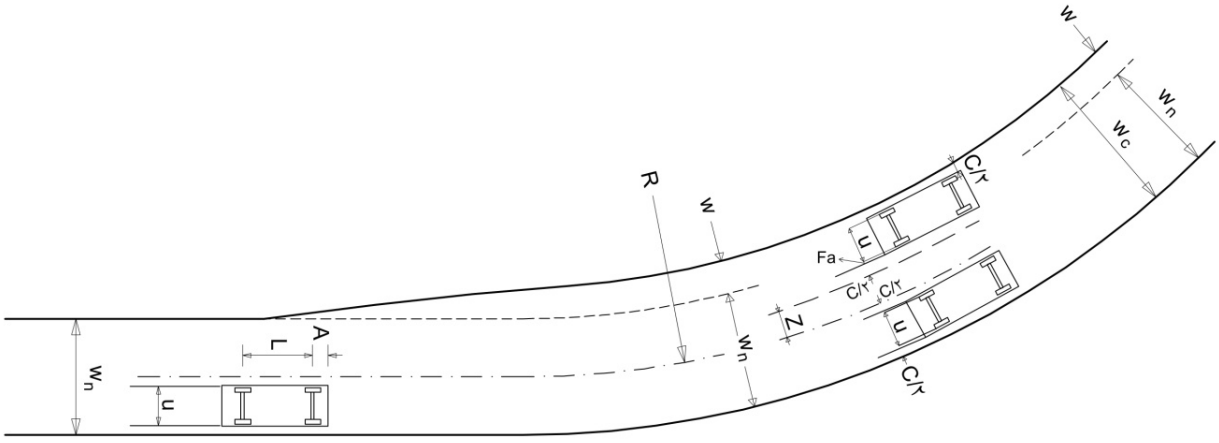
الف) در قوس ساده (بدون قوس اتصال تدریجی)، تعریض فقط در امتداد لبه داخلی سواره‌رو انجام می‌شود. در قوس افقی با قوس اتصال تدریجی، یا تعریض در امتداد لبه داخلی سواره‌رو انجام می‌شود و یا نیمی از تعریض در امتداد لبه داخلی و نیمی دیگر در امتداد لبه خارجی انجام می‌شود.

ب) تعریض قوس افقی عموماً به طور تدریجی انجام می‌شود. بهتر است تعریض در طول شیب بربلندی (طول لازم برای تغییر شیب عرضی مسیر از شیب صفر به شیب بربلندی) انجام شود.

پ) بهتر است تعریض به جای خط مستقیم به صورت یک قوس ملایم و هماهنگ انجام شود.

ت) در قوس ساده ممکن است یک دوم تا دو سوم طول تأمین اضافه عرض، در امتداد مستقیم و مابقی در طول قوس انجام شود. این روش مشابه روشی است که برای تأمین طول شیب بربلندی به کار می‌رود. در قوس با اتصال تدریجی، تأمین اضافه عرض در طول قوس اتصال تدریجی انجام می‌شود.

ث) محدوده مربوط به تعریض قوس افقی با جزئیات کامل در نقشه‌های اجرایی مشخص می‌شود.



شکل ۵-۲- تعریض راه در قوس افقی

جدول ۵-۱۰- میزان اضافه عرض سواره‌رو راه‌های دو خطه (برای کامیون نوع اول)

عرض سواره‌رو = ۶ متر سرعت طرح(کیلومتردر ساعت)						عرض سواره‌رو = ۶/۵۰ متر سرعت طرح(کیلومتر در ساعت)						عرض سواره‌رو = ۷/۳ متر سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)						شعاع قوس (متر)
۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	
۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۳۰۰۰
۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۲۵۰۰
۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۲۰۰۰
۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۱۵۰۰
۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۰	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۱۰۰۰
۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۹۰۰
۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۸۰۰
۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۱/۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۷۰۰
۰/۸	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۱/۰	۱/۰	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۶۰۰
۰/۹	۰/۹	۱/۰	۱/۰	۱/۱	۱/۱	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۵۰۰
۱/۰	۱/۰	۱/۱	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۴۰۰
۱/۱	۱/۲	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۴	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۱	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۳۰۰
۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۴	۱/۵		۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۱	۱/۲		۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۹		۲۵۰
۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۶			۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۳			۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۰			۲۰۰
۱/۷	۱/۸	۱/۹	۱/۹			۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۶			۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۳			۱۵۰
۱/۸	۱/۹					۱/۵	۱/۶					۱/۲	۱/۳					۱۴۰
۱/۹	۲/۰					۱/۶	۱/۷					۱/۳	۱/۴					۱۳۰
۲/۰	۲/۱					۱/۷	۱/۸					۱/۴	۱/۵					۱۲۰
۲/۱	۲/۲					۱/۸	۱/۹					۱/۵	۱/۶					۱۱۰
۲/۲	۲/۳					۱/۹	۲/۰					۱/۶	۱/۷					۱۰۰
۲/۴						۲/۱						۱/۸						۹۰
۲/۶						۲/۳						۲/۰						۸۰
۲/۹						۲/۶						۲/۳						۷۰

جدول ۵-۱۱- ضرایب اصلاحی برای میزان اضافه عرض سواره‌رو راه‌های دو خطه (برای سایر خودروهای طرح)

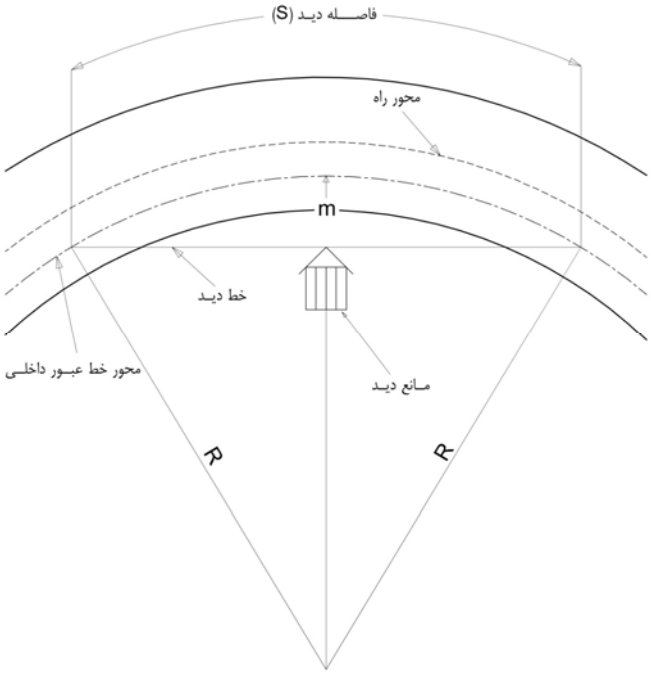
شعاع قوس(متر)	وسیله نقلیه طرح		
	اتوبوس نوع اول	اتوبوس نوع دوم	کامیون نوع دوم
۳۰۰۰	-۰/۳	-۰/۳	۰/۰
۲۵۰۰	-۰/۳	-۰/۳	۰/۰
۲۰۰۰	-۰/۳	-۰/۳	۰/۰
۱۵۰۰	-۰/۴	-۰/۳	۰/۰
۱۰۰۰	-۰/۴	-۰/۴	۰/۱
۹۰۰	-۰/۴	-۰/۴	۰/۱
۸۰۰	-۰/۴	-۰/۴	۰/۱
۷۰۰	-۰/۴	-۰/۴	۰/۱
۶۰۰	-۰/۵	-۰/۴	۰/۱
۵۰۰	-۰/۵	-۰/۴	۰/۱
۴۰۰	-۰/۵	-۰/۴	۰/۲
۳۰۰	-۰/۶	-۰/۵	۰/۲
۲۵۰	-۰/۷	-۰/۵	۰/۲
۲۰۰	-۰/۸	-۰/۶	۰/۳
۱۵۰	-۰/۹	-۰/۷	۰/۴
۱۴۰	-۰/۹	-۰/۷	۰/۴
۱۳۰	-۱/۰	-۰/۷	۰/۵
۱۲۰	-۱/۱	-۰/۸	۰/۵
۱۱۰	-۱/۱	-۰/۸	۰/۶
۱۰۰	-۱/۲	-۰/۹	۰/۶
۹۰	-۱/۳	-۰/۹	۰/۷
۸۰	-۱/۴	۱/۰	۰/۸
۷۰	-۱/۶	-۱/۱	۰/۹

۵-۲-۱-۹- فاصله دید در قوس‌های افقی

فاصله دید در قوس‌های افقی ممکن است به وسیله موانع مختلف، مانند ابنیه فنی، ساختمان‌ها، درختان، ترانشه‌ها و عوارض طبیعی محدود شده باشد. هنگام طراحی مسیر، برای فاصله دید کافی در قوس‌های افقی در طول خط دید (وتر منحنی محور میانی خط عبور داخلی)، باید ضوابط این ردیف مورد استفاده قرار گیرد. در این ارتباط، دو حالت به شرح زیر، هنگام طراحی در نظر گرفته می‌شود:

الف – حالتی که $S < L$ باشد،

در این حالت فاصله دید (S) کوچکتر از طول قوس (L) افقی است و خط دید در ارتفاع ۰/۸۴ متری (میانگین ارتفاع چشم ۱/۰۸متر و ارتفاع شی ۰/۶۰ متر برای فاصله دید توقف) در امتداد محور میانی خط عبور کناری در نظر گرفته می‌شود (شکل (۵-۳)).



شکل ۵-۳- فاصله دید در قوس افقی برای حالت S < L

مطابق شکل، فاصله مانع از محور طولی از رابطه (۵-۱۵) به دست می‌آید.

$$m = R(۱ - \cos(\frac{۲۸/۶۵\ S}{R})) \qquad (۱۵-۵)$$

که در آن:

m = فاصله مانع تا محور طولی خط عبور داخلی (متر)

R = شعاع قوس افقی (متر)

S = فاصله دید توقف (متر)

مقدار زاویه بر حسب درجه است.

در این ارتباط می‌توان از جدول‌های (۵-۱۲) و (۵-۱۳) برای فواصل دید توقف استفاده کرد.

ب - حالتی که S > L باشد.

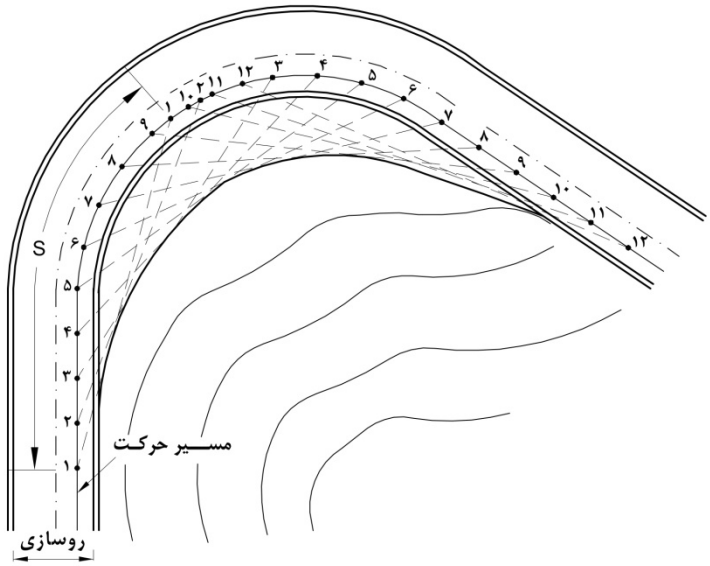
در این حالت فاصله دید بزرگتر از طول قوس افقی است و خط دید در ارتفاع ۰/۸۴ متری در امتداد محور میانی خط عبور کناری در نظر گرفته شده است. برای محاسبه m از رابطه (۵-۱۶) استفاده می‌شود.

$$m = \frac{L\ (۲S - L)}{۸R} \qquad (۱۶-۵)$$

که پارامترهای S، m و R مطابق رابطه (۵-۱۵) است.

چناچه فاصله مانع از محور طولی برای فاصله دید سبقت محاسبه می‌شود، خط دید در ارتفاع ۱/۰۸متر (میانگین ارتفاع چشم ۱/۰۸متر و ارتفاع مانع ۱/۰۸متر برای فاصله دید سبقت) در امتداد محور میانی خط عبور کناری در نظر گرفته می‌شود.

برای پاکسازی محوطه شامل درختان یا زمین طبیعی می‌توان با در نظر گرفتن فاصله دید، مطابق شکل (۵-۴) عمل کرد.



شکل ۵-۴- نحوه تعیین میزان پاکسازی محوطه در قوس افقی

جدول ۵-۱۲- حداقل فاصله آزاد جانبی مانع از محور خط عبور داخلی راه در قوس‌های افقی

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
فاصله دید توقف (متر)	۳۵	۵۰	۶۵	۸۵	۱۰۵	۱۳۰	۱۶۰	۱۸۵	۲۲۰	۲۵۰	۲۸۵
شعاع قوس(متر)	حداقل فاصله آزاد جانبی مانع (متر)										
۵۰	۲/۲۳	۶/۱۲	۱۰/۲۰	–	–	–	–	–	–	–	–
۱۰۰		۳/۱۱	۵/۲۴	۸/۹۰	–	–	–	–	–	–	–
۱۵۰		۲/۰۸	۳/۵۱	۵/۹۸	۹/۱۰	–	–	–	–	–	–
۲۰۰		۱/۵۶	۲/۶۴	۴/۵۰	۶/۸۵	۱۰/۴۷*	–	–	–	–	–
۲۵۰			۲/۱۱	۳/۶۰	۵/۴۹	۸/۴۰	۱۲/۶۹*	–	–	–	–
۳۰۰			۱/۷۶	۳/۰۱	۴/۵۸	۷/۰۲	۱۰/۶۱*	–	–	–	–
۴۰۰				۲/۲۶	۳/۴۴	۵/۲۷	۷/۹۷	۱۱/۲۳*	۱۵/۰۳*	–	–
۵۰۰				۱/۸۱	۲/۷۵	۴/۲۲	۶/۳۹	۹/۰۰	۱۲/۰۵*	۱۶/۱۷*	–
۶۰۰				۱/۵۰	۲/۳۰	۳/۵۲	۵/۳۳	۷/۵۱	۱۰/۰۶	۱۳/۵۰*	۱۷/۴۴*
۷۰۰					۱/۹۷	۳/۰۲	۴/۵۷	۶/۴۴	۸/۶۳	۱۱/۵۸*	۱۴/۹۷*
۸۰۰					۱/۷۲	۲/۶۴	۴/۰۰	۵/۶۳	۷/۵۵	۱۰/۱۴	۱۳/۱۱*
۹۰۰					۱/۵۳	۲/۳۵	۳/۵۵	۵/۰۱	۶/۷۱	۹/۰۲	۱۱/۶۶*
۱۰۰۰						۲/۱۱	۳/۲۰	۴/۵۱	۶/۰۴	۸/۱۲	۱۰/۵۰
۱۲۰۰						۱/۷۶	۲/۶۷	۳/۷۶	۵/۰۴	۶/۷۷	۸/۷۵
۱۴۰۰						۱/۵۱	۲/۲۹	۳/۲۲	۴/۳۲	۵/۸۰	۷/۵۰
۱۶۰۰							۲/۰۰	۲/۸۲	۳/۷۸	۵/۰۸	۶/۵۷
۱۸۰۰							۱/۷۸	۲/۵۱	۳/۳۶	۴/۵۱	۵/۸۴
۲۰۰۰							۱/۶۰	۲/۲۶	۳/۰۲	۴/۰۶	۵/۲۵
۲۵۰۰								۱/۸۱	۲/۴۲	۳/۲۵	۴/۲۰
۳۰۰۰								۱/۵۰	۲/۰۲	۲/۷۱	۳/۵۰

* بربلندی بیش از ۶ درصد

جدول ۵-۱۳- حداقل فاصله دید توقف در قوس‌های افقی

شعاع قوس (متر)	m=۲	m=۳	m=۴	m=۵	m=۶	m=۷	m=۸	m=۹	m=۱۰	m=۱۱
۵۰	۲۸	۳۵	۴۰	۴۵	۴۹	۵۴	۵۷	۶۱	۶۴	۶۸
۱۰۰	۴۰	۲۹	۵۷	۶۴	۷۰	۷۵	۸۱	۸۵	۹۰	۹۵
۱۵۰	۴۹	۶۰	۶۹	۷۸	۸۵	۹۲	۹۸	۱۰۴	۱۱۰	۱۱۶
۲۰۰	۵۷	۶۹	۸۰	۹۰	۹۸	۱۰۶	۱۱۴	۱۲۰	۱۲۷	۱۳۳
۲۵۰	۶۳	۷۸	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۱۹	۱۲۷	۱۳۵	۱۴۲	۱۴۹
۳۰۰	۶۹	۸۵	۹۸	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۳۹	۱۴۷	۱۵۵	۱۶۳
۴۰۰	۸۰	۹۸	۱۱۳	۱۲۷	۱۳۹	۱۵۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۷۹	۱۸۸
۵۰۰	۸۹	۱۱۰	۱۲۷	۱۴۲	۱۵۵	۱۶۸	۱۷۹	۱۹۰	۲۰۰	۲۱۰
۶۰۰	۹۸	۱۲۰	۱۳۹	۱۵۵	۱۷۰	۱۸۳	۱۹۶	۲۰۸	۲۱۹	۲۳۰
۷۰۰	۱۰۶	۱۳۰	۱۵۰	۱۶۷	۱۸۳	۱۹۸	۲۱۲	۲۲۵	۲۳۷	۲۴۹
۸۰۰	۱۱۳	۱۳۹	۱۶۰	۱۷۹	۱۹۶	۲۱۲	۲۲۶	۲۴۰	۲۵۳	۲۶۶
۹۰۰	۱۲۰	۱۴۷	۱۷۰	۱۹۰	۲۰۸	۲۲۵	۲۴۰	۲۵۵	۲۶۹	۲۸۲
۱۰۰۰	۱۲۷	۱۵۵	۱۷۹	۲۰۰	۲۱۹	۲۳۷	۲۵۳	۲۶۹	۲۸۳	۲۹۷
۱۲۰۰	۱۳۹	۱۷۰	۱۹۶	۲۱۹	۲۴۰	۲۵۹	۲۷۷	۲۹۴	۳۱۰	۳۲۵
۱۴۰۰	۱۵۰	۱۸۳	۲۱۲	۲۳۷	۲۵۹	۲۸۰	۲۹۹	۳۱۸	۳۳۵	۳۵۱
۱۶۰۰	۱۶۰	۱۹۶	۲۲۶	۲۵۳	۲۷۷	۲۹۹	۳۲۰	۳۴۰	۳۵۸	۳۷۵
۱۸۰۰	۱۷۰	۲۰۸	۲۴۰	۲۶۸	۲۹۴	۳۱۸	۳۴۰	۳۶۰	۳۸۰	۳۹۸
۲۰۰۰	۱۷۹	۲۱۹	۲۵۳	۲۸۳	۳۱۰	۳۳۵	۳۵۸	۳۸۰	۴۰۰	۴۲۰
۲۵۰۰	۲۰۰	۲۴۵	۲۸۳	۳۱۶	۳۲۶	۳۷۴	۴۰۰	۴۲۲	۴۴۷	۴۶۹
۳۰۰۰	۲۱۹	۲۶۸	۳۱۰	۳۴۶	۳۸۰	۴۱۰	۴۳۸	۴۶۵	۴۹۰	۵۱۴

S ، R و m مطابق رابطه (۵-۱۵) است.

۵-۲-۲- بربلندی

۵-۲-۲-۱- مقادیر حداکثر بربلندی

مقدار حداکثر بربلندی تابع عامل‌های زیر است:

الف – شرایط جوی منطقه (دفعات تکرار و مقدار برف و یخ)

ب – نوع راه (کوهستانی، تپه ماهور یا دشت)

پ – درصد خودروهای سنگین و کندرو

ت – محدودیت‌های طراحی از لحاظ تأمین فضای کافی جهت اعمال بربلندی و شرایط تخلیه آب‌های سطح راه

حداکثر بربلندی در انواع راه‌ها (شنی یا غیرشنی) نباید از ۱۲ درصد تجاوز کند. همچنین با توجه به عوامل بالا مقادیر بربلندی نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:

– در راه‌های دو خطه و راه‌های جانبی دو خطه و نیز در رابط‌ها، در مناطقی که در معرض بارش برف و یخبندان نیست، ۱۲درصد

– در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها، ۱۰ درصد

– در مناطق با ارتفاع بیش از هزار متر از سطح دریا و در شرایط برف و یخبندان، ۸ درصد

– در مناطق حومه شهری به دلیل امکان توسعه آتی شهر و کاهش سرعت طرح، بهتر است ۶ درصد در نظر گرفته شود.

در هر صورت برای کاهش جابجایی جانبی وسایل نقلیه در سرعت‌های کم، حداکثر بربلندی انتخابی در سرعت طرح‌های کمتر باید به مقادیر جدول (۵–۱۴) محدود شود. در غیر این صورت اضافه عرض لازم برای کاهش امکان تجاوز وسیله نقلیه به خط مجاور، در نظر گرفته شود.

جدول ۵–۱۴– حداکثر مقدار بربلندی در سرعت‌های کم

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	حداکثر بربلندی (درصد)
۲۰	۸
۳۰	۸
۴۰	۱۰
۵۰	۱۱
۶۰	۱۱
۷۰	۱۲

۵–۲–۲–۲– طول تأمین بربلندی

از نظر تأمین ایمنی خودرو و همچنین حفظ زیبایی مسیر و اجتناب از واکنش‌های آنی در مسیر، تغییرهای لازم در شیب عرضی راه، بهتر است به صورت تدریجی و ملایم و در طولی از راه، قبل و بعد از قوس های افقی انجام شود. این طول، طول تأمین بربلندی نامیده می‌شود. برای جلوگیری از نمودار شدن شکستگی محل‌های تغییر شیب بهتر است از یک خم کوتاه، برای گرد کردن استفاده شود. طول این خم حداقل ۵ متر خواهد بود.

طول تأمین بربلندی (L) از مجموع دو قسمت تشکیل شده است:

طول حذف شیب مخالف (L_t): طولی است که شیب عرضی مخالف شیب بربلندی حذف شده و به شیب صفر می‌رسد. طول حذف شیب مخالف قبل از قوس افقی و در قسمت مستقیم اعمال می‌شود. طول حذف شیب مخالف، از رابطه (۵–۱۷) بدست می‌آید.

$$L_t = \frac{e_{NC}}{e_d} L_r \qquad (۵–۱۷)$$

که در آن:

L_t: حداقل طول حذف شیب مخالف (متر)

L_r : حداقل طول شیب بربلندی (متر)

e_d: میزان بربلندی طرح (درصد)

e_{Nc}: میزان شیب عرضی راه (درصد).

چنانچه جهت اعمال طول شیب بربلندی، منحنی اتصال تدریجی بکار رود، در رابطه (۵–۱۷)، بجای L_r، از L_s (طول منحنی اتصال تدریجی) استفاده می‌شود.

طول شیب بربلندی (L_r): طولی است که شیب عرضی از شیب صفر به شیب بربلندی (و بالعکس) می‌رسد. معمولاً بخشی از طول شیب بربلندی در قبل از قوس افقی و بخشی از آن در قوس افقی اعمال می‌شود.

طول شیب بربلندی، بر اساس حداکثر شیب طولی نسبی لبه سواره‌رو (اختلاف قابل قبول شیب طولی میان محور چرخش و محور لبه سواره‌رو) بر اساس رابطه (۵-۱۸) تعیین می‌شود.

$$L_r=\frac{(wn_1)e_d}{\Delta}(b_w) \qquad (۱۸-۵)$$

که در آن:

L_r : حداقل طول شیب بربلندی (متر)

Δ : حداکثر شیب طولی نسبی لبه سواره‌رو (جدول(۵-۱۵))

n_1: تعداد خط‌های چرخش یافته

W: عرض هر خط عبور (متر)

e_d : میزان بربلندی طرح (درصد)

b_w: ضریب اصلاحی تعداد خط‌های چرخش یافته (مطابق جدول (۵-۱۶)).

رابطه (۵-۱۸) برای راه‌های جدانشده که چرخش حول خط میانی انجام می‌شود، قابل استفاده است. در این حالت تعداد خط‌های چرخش یافته (n_1) برابر با نصف تعداد خط‌ها در مقطع عرضی می‌باشد. در صورتی که چرخش حول خط مبنای دیگری انجام شود (Wn_1) برابر با عرضی خواهد بود که در یک صفحه به اندازه شیب بربلندی طرح چرخش یافته است.

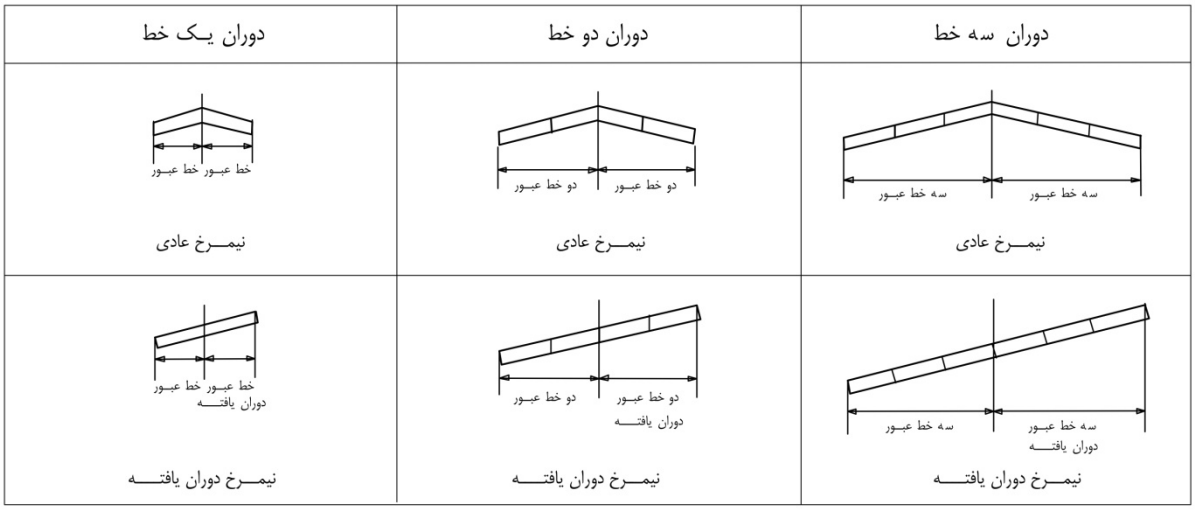
جدول ۵-۱۵- حداکثر شیب طولی نسبی برای سرعت‌های مختلف

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	شیب نسبی حداکثر (درصد)
۲۰	۰/۸۰
۳۰	۰/۷۵
۴۰	۰/۷۰
۵۰	۰/۶۵
۶۰	۰/۶۰
۷۰	۰/۵۵
۸۰	۰/۵۰
۹۰	۰/۴۷
۱۰۰	۰/۴۴
۱۱۰	۰/۴۱
۱۲۰	۰/۳۸
۱۳۰	۰/۳۵

جدول ۵-۱۶- تعدیل تعداد خط‌های چرخش یافته برای استفاده در رابطه (۵-۱۸)

تعداد خط‌های دوران یافته(n_1)	ضریب اصلاحی (b_w)*
۱	۱/۰۰
۱/۵	۰/۸۳
۲	۰/۷۵
۲/۵	۰/۷۰
۳	۰/۶۷
۳/۵	۰/۶۴

$*b_w=[1+0/5(n_1-1)]/n_1$



بر اساس رابطه (۵-۱۸) و مطالب بیان شده، طول شیب بربلندی برای راه‌های دو خطه و چهار خطه جدانشده، مطابق جدول (۵-۱۷)، است. در این جدول L_r^1 طول شیب بربلندی برای راه‌های دو خطه با چرخش حول محور میانی و L_r^2، طول شیب بربلندی برای راه‌های چهار خطه با چرخش حول محور میانی می‌باشد. مقادیر این جدول برای هر خط به عرض ۳/۶۵ متر می‌باشد. برای عرض خط کمتر یا بیشتر به نسبت عرض‌ها، این مقادیر به ترتیب کاهش یا افزایش می‌یابند.

در صورتی که برای اتصال بخش مستقیم مسیر به قوس افقی، از قوس اتصال تدریجی استفاده شود، تغییر شیب عرضی از شیب صفر به شیب بربلندی در طول قوس اتصال تدریجی اعمال شود. بنابراین حداقل طول قوس اتصال تدریجی، برابر با طول شیب بربلندی خواهد بود. در غیر این صورت توصیه می‌شود، برای سرعت طرح کمتر از ۷۵ کیلومتر بر ساعت، ۸۰ درصد طول شیب بربلندی و برای سرعت طرح بیش از آن، ۷۵ درصد شیب بربلندی در بخش مستقیم مسیر اعمال شود. در صورت محدودیت می‌توان دو سوم طول شیب بربلندی را در بخش مستقیم مسیر و یک سوم بقیه را در داخل قوس اعمال کرد.

جدول ۵-۱۷- طول شیب بربلندی برای راه‌های دو خطه و چهار خطه جدانشده

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۲۰		۳۰		۴۰		۵۰		۶۰		۷۰		۸۰		۹۰		۱۰۰		۱۱۰		۱۲۰		۱۳۰	
تعداد خطهای دوران	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
بربلندی(درصد)	L^1_r	L^2_r	L^1_r	L^2_r	L^1_r	L^2_r	L^1_r	L^2_r	L^1_r	L^2_r	L^1_r	L^2_r	L^1_r	L^2_r	L^1_r	L^2_r	L^1_r	L^2_r	L^1_r	L^2_r	L^1_r	L^2_r	L^1_r	L^2_r
۱/۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲/۰	۹	۱۴	۱۰	۱۴	۱۰	۱۵	۱۱	۱۷	۱۲	۱۸	۱۳	۲۰	۱۴	۲۲	۱۶	۲۳	۱۶	۲۵	۱۸	۲۵	۱۹	۲۸	۲۱	۳۱
۲/۲	۱۰	۱۵	۱۱	۱۶	۱۱	۱۷	۱۲	۱۸	۱۳	۲۰	۱۴	۲۲	۱۶	۲۴	۱۷	۲۵	۱۸	۲۷	۱۹	۲۹	۲۱	۳۱	۲۳	۳۴
۲/۴	۱۱	۱۶	۱۲	۱۷	۱۲	۱۹	۱۳	۲۰	۱۴	۲۲	۱۶	۲۴	۱۷	۲۶	۱۸	۲۶	۲۰	۲۹	۲۱	۳۲	۲۳	۳۴	۲۵	۳۷
۲/۶	۱۲	۱۸	۱۲	۱۹	۱۳	۲۰	۱۴	۲۲	۱۶	۲۳	۱۷	۲۵	۱۹	۲۸	۲۰	۳۰	۲۱	۳۲	۲۳	۳۴	۲۵	۳۷	۲۷	۴۰
۲/۸	۱۳	۱۹	۱۳	۲۰	۱۴	۲۲	۱۶	۲۳	۱۷	۲۵	۱۸	۲۷	۲۰	۲۹	۲۱	۳۲	۲۳	۳۴	۲۵	۳۷	۲۷	۴۰	۲۹	۴۳
۳/۰	۱۴	۲۰	۱۴	۲۲	۱۵	۲۳	۱۷	۲۵	۱۸	۲۷	۲۰	۲۹	۲۲	۳۲	۲۳	۳۴	۲۵	۳۷	۲۶	۴۰	۲۸	۴۳	۳۱	۴۸
۳/۲	۱۴	۲۲	۱۵	۲۳	۱۶	۲۵	۱۸	۲۷	۱۹	۲۹	۲۱	۳۱	۲۳	۳۵	۲۵	۳۷	۲۶	۳۹	۲۸	۴۲	۳۰	۴۵	۳۳	۴۹
۳/۴	۱۵	۲۳	۱۶	۲۴	۱۷	۲۶	۱۹	۲۸	۲۰	۳۱	۲۲	۳۳	۲۴	۳۷	۲۶	۳۹	۲۸	۴۲	۳۰	۴۵	۳۲	۴۸	۳۶	۵۲
۳/۶	۱۶	۲۴	۱۷	۲۶	۱۹	۲۸	۲۰	۳۰	۲۲	۳۲	۲۴	۳۵	۲۶	۳۹	۲۸	۴۱	۲۹	۴۴	۳۲	۴۷	۳۴	۵۱	۳۷	۵۶
۳/۸	۱۷	۲۶	۱۸	۲۷	۲۰	۲۹	۲۱	۳۲	۲۳	۳۴	۲۵	۳۷	۲۷	۴۱	۲۹	۴۴	۳۱	۴۷	۳۳	۵۰	۳۶	۵۴	۳۹	۵۹
۴/۰	۱۸	۲۷	۱۹	۲۹	۲۱	۳۱	۲۲	۳۳	۲۴	۳۶	۲۶	۳۹	۲۹	۴۳	۳۱	۴۶	۳۳	۴۹	۳۵	۵۳	۳۸	۵۷	۴۱	۶۲
۴/۲	۱۹	۲۸	۲۰	۳۰	۲۲	۳۲	۲۳	۳۵	۲۵	۳۸	۲۷	۴۱	۳۰	۴۵	۳۲	۴۸	۳۴	۵۲	۳۷	۵۵	۴۰	۶۰	۴۳	۶۶
۴/۴	۲۰	۳۰	۲۱	۳۲	۲۳	۳۴	۲۴	۳۷	۲۶	۴۰	۲۹	۴۳	۳۲	۴۸	۳۴	۵۱	۳۶	۵۴	۳۹	۵۸	۴۲	۶۳	۴۵	۶۸
۴/۶	۲۱	۳۱	۲۲	۳۳	۲۴	۳۵	۲۵	۳۸	۲۸	۴۱	۳۰	۴۵	۳۳	۵۰	۳۵	۵۳	۳۸	۵۶	۴۰	۶۰	۴۴	۶۶	۴۷	۷۱
۴/۸	۲۲	۳۲	۲۳	۳۵	۲۵	۳۷	۲۷	۴۰	۲۹	۴۳	۳۱	۴۷	۳۵	۵۲	۳۷	۵۶	۳۹	۵۹	۴۲	۶۳	۴۵	۶۸	۴۹	۷۴
۵/۰	۲۳	۳۴	۲۴	۳۶	۲۶	۳۹	۲۸	۴۲	۳۰	۴۵	۳۳	۴۹	۳۶	۵۴	۳۸	۵۷	۴۱	۶۱	۴۴	۶۶	۴۷	۷۱	۵۱	۷۷
۵/۲	۲۳	۳۵	۲۵	۳۷	۲۷	۴۰	۲۹	۴۳	۳۱	۴۷	۳۴	۵۱	۳۷	۵۶	۴۰	۶۰	۴۳	۶۴	۴۶	۶۸	۴۹	۷۴	۵۳	۸۰
۵/۴	۲۴	۳۶	۲۶	۳۹	۲۸	۴۲	۳۰	۴۵	۳۲	۴۹	۳۵	۵۳	۳۹	۵۸	۴۱	۶۲	۴۴	۶۵	۴۷	۷۱	۵۱	۷۷	۵۶	۸۳
۵/۶	۲۵	۳۸	۲۷	۴۰	۲۹	۴۳	۳۱	۴۷	۳۴	۵۰	۳۷	۵۵	۴۰	۶۰	۴۳	۶۴	۴۶	۶۹	۴۹	۷۴	۵۳	۸۰	۵۸	۸۵
۵/۸	۲۶	۳۹	۲۸	۴۲	۳۰	۴۵	۳۲	۴۸	۳۵	۵۲	۳۸	۵۷	۴۲	۶۳	۴۴	۶۷	۴۷	۷۱	۵۱	۷۸	۵۵	۸۲	۶۰	۸۹
۶/۰	۲۷	۴۱	۲۹	۴۳	۳۱	۴۸	۳۳	۵۰	۳۶	۵۴	۳۹	۵۹	۴۳	۶۵	۴۵	۶۹	۴۹	۷۴	۵۳	۷۹	۵۷	۸۵	۶۲	۹۳
۶/۲	۲۸	۴۲	۳۰	۴۵	۳۲	۴۸	۳۴	۵۲	۳۷	۵۶	۴۱	۶۱	۴۵	۶۷	۴۷	۷۱	۵۱	۷۶	۵۴	۸۲	۵۹	۸۹	۶۴	۹۸
۶/۴	۲۹	۴۳	۳۱	۴۶	۳۳	۴۹	۳۵	۵۳	۳۸	۵۸	۴۲	۶۳	۴۶	۶۹	۴۹	۷۴	۵۲	۷۹	۵۶	۸۴	۶۱	۹۱	۶۶	۹۹
۶/۶	۳۰	۴۵	۳۲	۴۸	۳۴	۵۱	۳۷	۵۵	۴۰	۵۹	۴۳	۶۵	۴۸	۷۱	۵۱	۷۶	۵۴	۸۱	۵۸	۸۷	۶۳	۹۴	۶۸	۱۰۲
۶/۸	۳۱	۴۶	۳۳	۴۹	۳۵	۵۲	۳۸	۵۶	۴۱	۶۱	۴۵	۶۷	۴۹	۷۳	۵۲	۷۸	۵۶	۸۳	۶۰	۹۰	۶۴	۹۷	۷۰	۱۰۵
۷/۰	۳۱	۴۷	۳۴	۵۰	۳۶	۵۴	۳۹	۵۸	۴۲	۶۳	۴۶	۶۹	۵۰	۷۶	۵۴	۸۰	۵۷	۸۶	۶۱	۹۲	۶۶	۹۹	۷۲	۱۰۸
۷/۲	۳۲	۴۹	۳۵	۵۲	۳۷	۵۶	۴۰	۶۰	۴۳	۶۵	۴۷	۷۱	۵۲	۷۸	۵۵	۸۳	۵۹	۸۸	۶۳	۹۵	۶۸	۱۰۲	۷۴	۱۱۱
۷/۴	۳۳	۵۰	۳۶	۵۳	۳۸	۵۷	۴۱	۶۱	۴۴	۶۷	۴۸	۷۳	۵۳	۸۰	۵۷	۸۵	۶۱	۹۱	۶۵	۹۷	۷۰	۱۰۵	۷۶	۱۱۴
۴/۶	۳۴	۶۱	۳۶	۵۵	۳۹	۵۹	۴۲	۶۳	۴۶	۶۸	۵۰	۷۵	۵۵	۸۲	۵۸	۸۷	۶۲	۹۳	۶۷	۱۰۰	۷۲	۱۰۸	۷۸	۱۱۷
۷/۸	۳۵	۵۳	۳۷	۵۶	۴۰	۶۰	۴۳	۶۵	۴۷	۷۰	۵۱	۷۷	۵۶	۸۴	۶۰	۹۰	۶۴	۹۶	۶۸	۱۰۳	۷۴	۱۱۱	۸۰	۱۲۰
۸/۰	۳۶	۵۴	۳۸	۵۸	۴۱	۶۲	۴۴	۶۶	۴۸	۷۲	۵۲	۷۹	۵۸	۸۶	۶۱	۹۲	۶۵	۹۸	۷۰	۱۰۵	۷۶	۱۱۴	۸۲	۱۲۳
۸/۲	۳۷	۵۵	۳۹	۵۹	۴۲	۶۳	۴۵	۶۸	۴۹	۷۴	۵۴	۸۱	۵۹	۸۹	۶۳	۹۴	۶۷	۱۰۱	۷۲	۱۰۶	۷۸	۱۱۷	۸۴	۱۲۷
۸/۴	۳۸	۵۷	۴۰	۶۰	۴۳	۶۵	۴۷	۷۰	۵۰	۷۶	۵۵	۸۲	۶۰	۹۱	۶۴	۹۷	۶۹	۱۰۳	۷۴	۱۱۱	۸۰	۱۱۹	۸۸	۱۳۰
۸/۶	۳۹	۵۸	۴۱	۶۲	۴۴	۶۶	۴۸	۷۱	۵۲	۷۷	۵۶	۸۴	۶۲	۹۳	۶۶	۹۹	۷۰	۱۰۶	۷۶	۱۱۳	۸۱	۱۲۲	۸۹	۱۳۳
۸/۸	۴۰	۵۹	۴۲	۶۳	۴۵	۶۸	۴۹	۷۳	۵۳	۷۹	۵۸	۸۶	۶۳	۹۵	۶۷	۱۰۱	۷۲	۱۰۸	۷۷	۱۱۶	۸۳	۱۲۵	۹۱	۱۳۶
۹/۰	۴۰	۶۱	۴۳	۶۵	۴۶	۶۹	۵۰	۷۵	۵۴	۸۱	۵۹	۸۹	۶۵	۹۷	۶۹	۱۰۳	۷۴	۱۱۰	۷۹	۱۱۹	۸۵	۱۲۹	۹۳	۱۳۹
۹/۲	۴۱	۶۲	۴۴	۶۶	۴۷	۷۱	۵۱	۷۶	۵۵	۸۳	۶۰	۹۰	۶۶	۹۹	۷۰	۱۰۶	۷۵	۱۱۳	۸۱	۱۲۱	۸۷	۱۳۱	۹۵	۱۴۲
۹/۴	۴۲	۶۳	۴۵	۶۸	۴۸	۷۳	۵۲	۷۸	۵۶	۸۵	۶۲	۹۲	۶۸	۱۰۲	۷۲	۱۰۸	۷۷	۱۱۶	۸۳	۱۲۴	۸۹	۱۳۴	۹۷	۱۴۵
۹/۶	۴۳	۶۵	۴۸	۶۹	۴۹	۷۴	۵۳	۸۰	۵۸	۸۶	۶۳	۹۴	۶۹	۱۰۴	۷۴	۱۱۰	۷۹	۱۱۸	۸۴	۱۲۸	۹۱	۱۳۶	۹۹	۱۴۸
۹/۸	۴۴	۶۶	۴۷	۷۱	۵۰	۷۶	۵۴	۸۱	۵۹	۸۸	۶۴	۹۶	۷۱	۱۰۶	۷۵	۱۱۳	۸۰	۱۲۰	۸۶	۱۲۹	۹۳	۱۳۹	۱۰۱	۱۶۱
۱۰/۰	۴۵	۶۸	۴۰	۷۲	۵۱	۷۷	۵۵	۸۳	۶۰	۹۰	۶۵	۹۸	۷۲	۱۰۸	۷۷	۱۱۶	۸۲	۱۲۳	۸۸	۱۳۲	۹۵	۱۴۲	۱۰۳	۱۵۴
۱۰/۲	۴۶	۸۹	۴۹	۷۳	۵۲	۷۹	۵۶	۸۵	۶۱	۹۲	۶۷	۱۰۰	۷۳	۱۱۰	۷۸	۱۱۷	۸۳	۱۲۵	۹۰	۱۳۴	۹۷	۱۴۵	۱۰۶	۱۵۷
۱۰/۴	۴۷	۷۰	۵۰	۷۵	۵۳	۸۰	۵۸	۸۶	۶۲	۹۴	۶۸	۱۰۲	۷۵	۱۱۲	۸۰	۱۱۹	۸۵	۱۲۸	۹۱	۱۳۷	۹۹	۱۴۸	۱۰۷	۱۶۰
۱۰/۶	۴۸	۷۲	۵۱	۷۶	۵۵	۸۲	۵۹	۸۸	۶۴	۹۵	۶۹	۱۰۴	۷۶	۱۱۴	۸۱	۱۲۲	۸۷	۱۳۰	۹۳	۱۴۰	۱۰۰	۱۵۱	۱۰۹	۱۶۴
۱۰/۸	۴۹	۷۳	۵۲	۷۸	۵۶	۸۳	۶۰	۹۰	۶۵	۹۷	۷۱	۱۰۶	۷۸	۱۱۷	۸۳	۱۲۴	۸۸	۱۳۳	۹۵	۱۴۲	۱۰۲	۱۵۳	۱۱۱	۱۶۷
۱۱/۰	۵۰	۷۴	۵۳	۷۹	۵۷	۸۵	۶۱	۹۱	۶۶	۹۹	۷۲	۱۰۸	۷۹	۱۱۹	۸۴	۱۲۶	۹۰	۱۳۵	۹۷	۱۴۵	۱۰۴	۱۵۸	۱۱۳	۱۷۰
۱۱/۲	۵۰	۷۶	۵۴	۸۱	۵۸	۸۶	۶۲	۹۳	۶۷	۱۰۱	۷۳	۱۱۰	۸۱	۱۲۱	۸۵	۱۲۹	۹۲	۱۳۷	۹۸	۱۴۸	۱۰۶	۱۵۹	۱۱۵	۱۷۳
۱۱/۴	۵۱	۷۷	۵۵	۸۲	۵۹	۸۸	۶۳	۹۵	۶۹	۱۰۳	۷۵	۱۱۲	۸۲	۱۲۳	۸۷	۱۳۱	۹۳	۱۴۰	۱۰۰	۱۵۰	۱۰۸	۱۶۲	۱۱۷	۱۷۶
۱۱/۶	۵۲	۷۸	۵۶	۸۴	۶۰	۸۹	۶۴	۹۶	۷۰	۱۰۴	۷۶	۱۱۴	۸۴	۱۲۵	۸۸	۱۳۳	۹۵	۱۴۲	۱۰۲	۱۵۳	۱۱۰	۱۶۵	۱۱۹	۱۷۹
۱۱/۸	۵۳	۸۰	۵۷	۸۵	۶۱	۹۱	۶۵	۹۹	۷۱	۱۰۶	۷۷	۱۱۶	۸۵	۱۲۷	۹۰	۱۳۶	۹۷	۱۴۵	۱۰۴	۱۵۵	۱۱۲	۱۶۸	۱۲۱	۱۸۲
۱۲/۰	۵۴	۸۱	۵۸	۸۸	۶۲	۹۳	۶۶	۱۰۰	۷۲	۱۰۹	۷۹	۱۱۸	۸۸	۱۳۰	۹۲	۱۳۸	۹۹	۱۴۷	۱۰۵	۱۵۸	۱۱۴	۱۷۱	۱۲۳	۱۸۵

۵-۲-۲-۳- نحوه اعمال بربلندی

برای اعمال بربلندی معمولاً از سه روش زیر استفاده می‌شود:

الف – دوران نیمرخ عرضی حول محور طولی راه

ب – دوران نیمرخ عرضی حول لبه داخلی

پ – دوران نیمرخ عرضی حول لبه خارجی

موردهای یاد شده در شکل (۵-۵) نشان داده شده است. روش اول، به دلیل کمترین مقدار تغییر مکان در لبه‌های روسازی، از متداول‌ترین روش‌ها برای راه‌های دو طرفه بدون میانه یا با میانه کم عرض است.

در انتخاب نوع روش بهتر است به نحوه تخلیه آب‌های سطحی، زیبایی، اجتناب از شیب‌های بحرانی و متناسب بودن قرارگیری روسازی نسبت به زمین طبیعی اطراف توجه شود. در موردهایی که محل لبه داخلی روسازی برای کانال تخلیه آب‌های سطحی در نظر گرفته شده، روش دوم و در مواردی که تأکید بر ظاهر راه است، از روش سوم استفاده می‌شود.

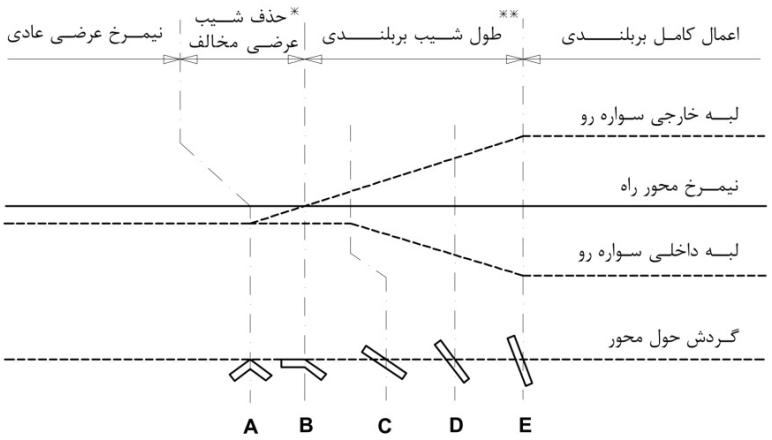
در مسیرهای مجزا و دارای میانه، بسته به عرض و مقطع عرضی میانه، سه حالت زیر طبق شکل (۵-۶) در اعمال بربلندی قابل استفاده است.

الف) هریک از دو روسازی بطور جداگانه دوران داده می‌شود. در نتیجه، اختلاف ارتفاعی در محل تلاقی هر یک از روسازی‌ها با میانه به وجود می‌آید (شکل (۵-۶ الف)) که برای میانه‌های عریض با عرض بیشتر از ۱۲ متر مناسب است. طول اعمال بربلندی در این حالت برای هر یک از جهت‌های رفت و برگشت بصورت مجزا مطابق با ردیف (۵-۲-۲-۲)، محاسبه می‌شود.

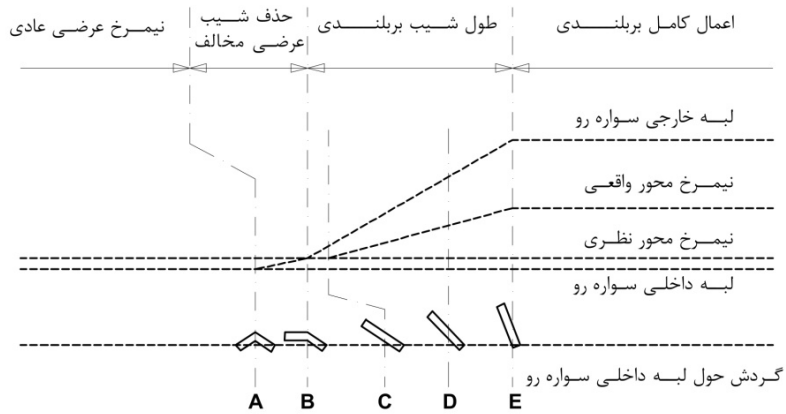
ب) اعمال بربلندی در تمام عرض راه (شامل میانه) (شکل (۵-۶ ب))، که برای میانه‌های کم عرض با بربلندی متوسط مناسب است. توصیه می‌شود این حالت برای میانه‌هایی با عرض ۴/۸ متر و کمتر بکار گرفته شود.

پ) میانه به صورت افقی باقی می‌ماند و روسازی‌های طرفین، حول هریک از لبه‌های میانه دوران داده می‌شود (شکل(۵-۶ پ)). از این حالت می‌توان برای هر عرضی از میانه استفاده کرد، اما توصیه می‌شود برای میانه‌هایی با عرض ۴/۸ تا ۱۲ متر به کار گرفته شود. طول اعمال بربلندی در این حالت برای هر یک از جهت‌های رفت و برگشت بصورت مجزا مطابق با ردیف (۵-۲-۲-۲)، محاسبه می‌شود.

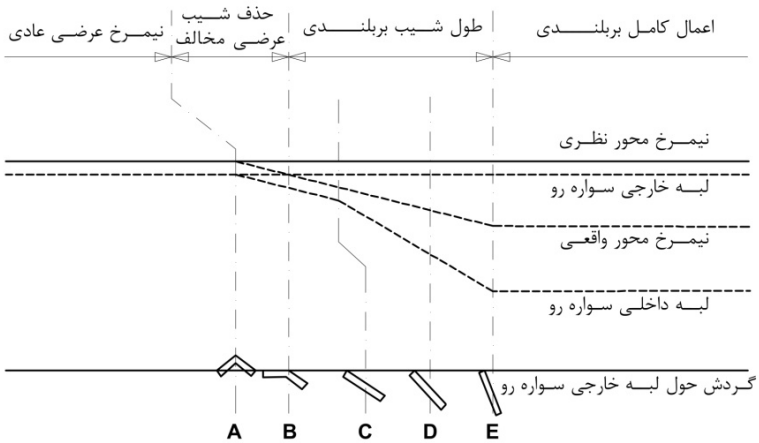
بهتر است طول تأمین بربلندی در راه‌های جداشده، متناسب با عرض کل راه و با در نظر گرفتن میانه، افزایش داده شود.



سـواره رو بـا نیمـــرخ عادی حول خط محور راه گـردش می کنـد.
-روش اول-



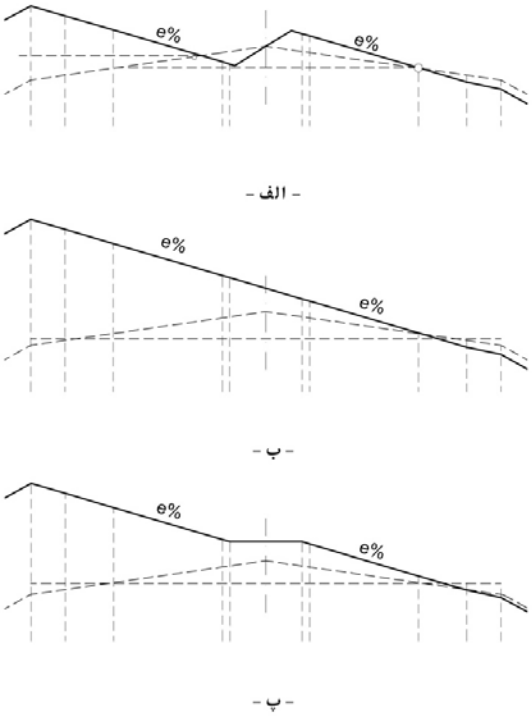
سـواره رو بـا نیمـــرخ عادی حول لبـــه داخلـی گـردش می کنـد.
-روش دوم-



سـواره رو بـا نیمـــرخ عادی حول لبـــه خارجی گـردش می کنـد.
-روش سـوم-

* Runout
** Runoff

شکل ۵-۵- انواع دوران بربلندی



شکل ۵-۶- اعمال بربلندی در راه‌های مجزا

۵-۲-۲-۴- محدودیت‌های اعمال بربلندی

الف- در مواردی که به دلیل محدودیت، نظیر راه‌های دو خطه در مناطق کوهستانی، محل رابطها و راه‌های جانبی، تأمین شعاع کافی برای قوس افقی و تامین میزان بربلندی و طول لازم برای آن امکان‌پذیر نباشد، می‌توان از بیشترین مقدار ممکن بربلندی و کمترین طول تأمین بربلندی استفاده کرد، مشروط برآنکه شدت تغییر در شیب عرضی از ۴ درصد در طول ۲۰ متر تجاوز نکند.

ب – بهتر است از قرار دادن طول تأمین بربلندی در روی پل‌های بزرگ اجتناب شود.

پ – تأمین تدریجی بربلندی در شانه‌های راه با تغییرهای تدریجی رویه سواره‌روی مجاور متناسب است.

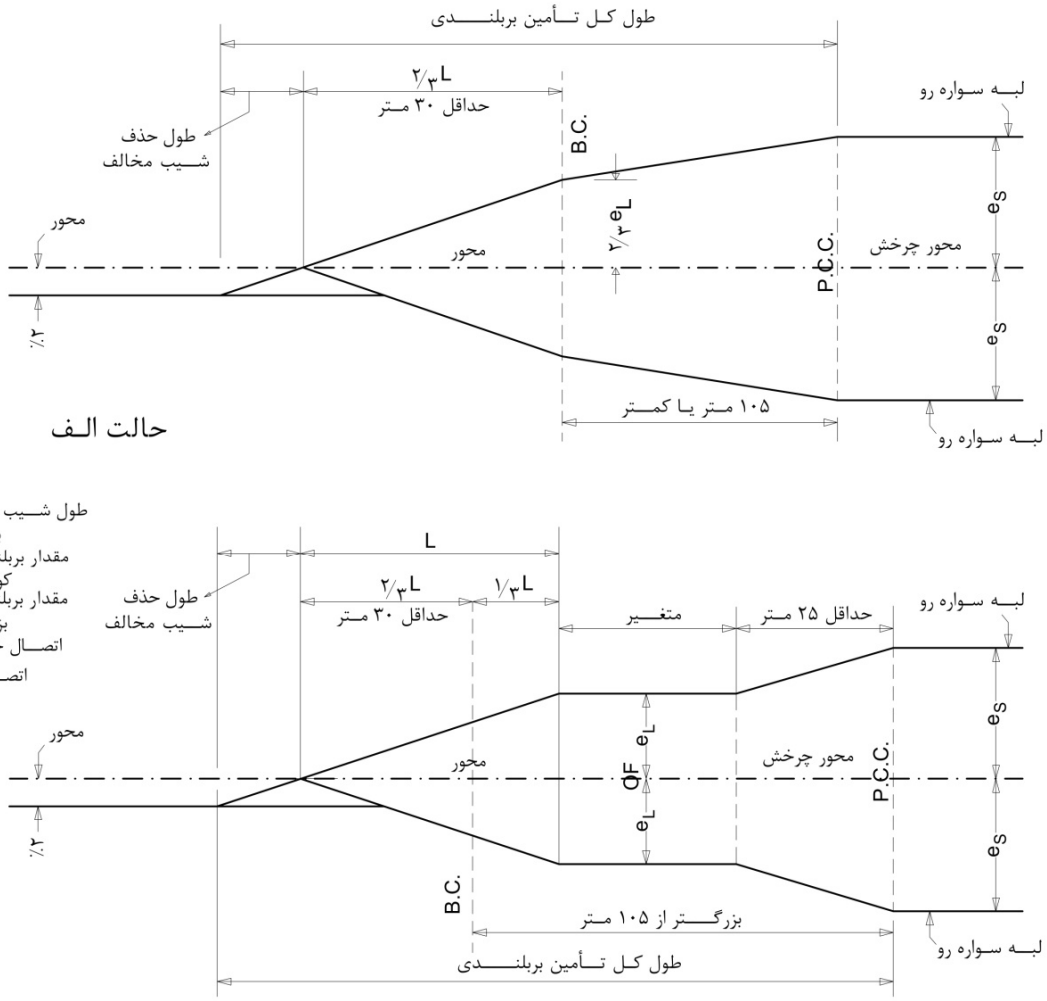
۵-۲-۲-۵- نحوه اعمال بربلندی در قوس‌های افقی مرکب

نحوه اعمال بربلندی در قوس‌های افقی مرکب که قوس با شعاع بزرگتر در حد فاصل خط مستقیم و قوس با شعاع کوچکتر قرار گرفته، به شرح زیر است:

حالت الف – طول قوس با شعاع بزرگتر، برابر یا کوچکتر از ۱۰۵ متر است.

حالت ب – طول قوس با شعاع بزرگتر، از ۱۰۵ متر بیشتر است.

نحوه اعمال بربلندی در هریک از موارد بالا در شکل (۵-۷) مشخص شده است.



شکل ۵-۷- نحوه تأمین بربلندی در قوس‌های افقی مرکب

۵-۲-۲-۶- جداول تعیین بربلندی برای سرعت طرح و شعاع‌های مختلف قوس افقی

مقادیر مختلف بربلندی برای سرعت طرح و شعاع‌های مختلف با در نظر گرفتن حداکثر بربلندی مجاز در جدول‌های (۵-۱۸) تا (۵-۲۰) منعکس شده است.

جدول ۵-۱۸- مقدار بربلندی قوس افقی با حداکثر بربلندی ۶ درصد

سرعت طرح (km/h) / شعاع (m)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
۳۰	۶/۰										
۴۵	۵/۶										
۵۰	۵/۴										
۵۵	۵/۲	۶/۰									
۶۰	۵/۰	۶/۰									
۶۵	۴/۹	۵/۹									
۷۰	۴/۷	۵/۸									
۷۵	۴/۶	۵/۷									
۸۰	۴/۵	۵/۶									
۸۵	۴/۳	۵/۵									
۹۰	۴/۲	۵/۴	۶/۰								
۹۵	۴/۱	۵/۳	۶/۰								
۱۰۰	۴/۱	۵/۲	۶/۰								
۱۰۵	۴/۰	۵/۱	۵/۹								
۱۱۵	۳/۸	۴/۹	۵/۸								
۱۲۰	۳/۸	۴/۸	۵/۷								
۱۲۵	۳/۷	۴/۸	۵/۷								
۱۳۰	۳/۶	۴/۷	۵/۶	۶/۰							
۱۴۰	۳/۵	۴/۵	۵/۵	۶/۰							
۱۵۰	۳/۳	۴/۴	۵/۳	۵/۹							
۱۶۰	۳/۲	۴/۳	۵/۲	۵/۹							
۱۷۰	۳/۱	۴/۲	۵/۱	۵/۸							
۱۸۰	۳/۰	۴/۱	۴/۹	۵/۷							
۱۹۰	۲/۹	۴/۰	۴/۸	۵/۶	۶/۰						
۲۰۰	۲/۸	۳/۹	۴/۷	۵/۵	۶/۰						
۲۱۰	۲/۷	۳/۸	۴/۶	۵/۴	۵/۹						
۲۲۰	۲/۶	۳/۷	۴/۵	۵/۳	۵/۹						
۲۳۰	۲/۵	۳/۶	۴/۴	۵/۲	۵/۸						
۲۴۰	۲/۴	۳/۶	۴/۳	۵/۱	۵/۸						
۲۵۰	۲/۳	۳/۵	۴/۲	۵/۱	۵/۷	۶/۰					
۲۸۰	۲/۱	۳/۳	۴/۰	۴/۸	۵/۵	۶/۰					
۳۰۰	/	۳/۱	۳/۹	۴/۶	۵/۳	۵/۹					
۳۲۰	/	۳/۰	۳/۸	۴/۵	۵/۲	۵/۸	۶/۰				
۳۴۰	/	۲/۹	۳/۷	۴/۴	۵/۰	۵/۷	۶/۰				
۳۵۰	*	۲/۸	۳/۶	۴/۳	۵/۰	۵/۶	۶/۰				
۳۸۰		۲/۶	۳/۴	۴/۱	۴/۸	۵/۴	۵/۹				
۴۰۰		۲/۵	۳/۳	۴/۰	۴/۷	۵/۳	۵/۸				
۴۲۰		۲/۴	۳/۲	۳/۹	۵/۶	۵/۲	۵/۸	۶/۰			
۴۵۰		۲/۳	۳/۱	۳/۸	۴/۴	۵/۰	۵/۶	۶/۰			
۴۷۵		۲/۲	۳/۰	۳/۷	۴/۳	۴/۹	۵/۵	۵/۹			

ادامه جدول ۵-۱۸- مقدار بربلندی قوس افقی با حداکثر بربلندی ۶ درصد

سرعت طرح (km/h) / شعاع (m)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
۵۰۰		۲/۱	۲/۹	۳/۶	۴/۲	۴/۸	۵/۴	۵/۹	۶/۰	۶/۰	
۵۲۵		/	۲/۸	۳/۵	۴/۱	۴/۷	۵/۳	۵/۸	۶/۰	۶/۰	
۵۵۰		/	۲/۷	۳/۴	۴/۰	۴/۶	۵/۲	۵/۷	۶/۰	۶/۰	
۵۷۵		/	۲/۶	۳/۳	۳/۹	۴/۴	۵/۶	۵/۶	۶/۰	۶/۰	
۶۰۰		*	۲/۵	۳/۲	۳/۸	۴/۳	۵/۰	۵/۵	۵/۹	۶/۰	
۶۵۰			۲/۳	۳/۰	۳/۶	۴/۱	۴/۸	۵/۳	۵/۸	۶/۰	
۷۰۰			۲/۲	۲/۹	۳/۴	۴/۰	۴/۶	۵/۱	۵/۶	۶/۰	
۷۵۰			۲/۱	۲/۷	۳/۲	۳/۸	۴/۴	۵/۰	۵/۵	۶/۰	
۸۰۰			/	۲/۵	۳/۱	۳/۶	۴/۲	۴/۸	۵/۳	۵/۹	
۸۵۰			/	۲/۴	۳/۰	۳/۵	۴/۱	۴/۶	۵/۱	۵/۹	
۹۰۰			/	۲/۳	۲/۸	۳/۴	۳/۹	۴/۵	۵/۰	۵/۸	
۹۵۰			/	۲/۲	۲/۷	۳/۲	۳/۸	۴/۳	۴/۸	۵/۶	۶/۰
۱۰۰۰			*	۲/۱	۲/۶	۳/۱	۳/۷	۴/۲	۴/۷	۵/۵	۵/۹
۱۰۵۰				/	۲/۵	۳/۰	۳/۵	۴/۱	۴/۵	۵/۴	۵/۹
۱۱۰۰				/	۲/۴	۲/۹	۳/۴	۳/۹	۴/۴	۵/۲	۵/۸
۱۱۵۰				/	۲/۳	۲/۸	۳/۳	۳/۸	۴/۳	۵/۱	۵/۷
۱۲۰۰				/	۲/۲	۲/۷	۳/۲	۳/۷	۴/۲	۵/۰	۵/۶
۱۲۵۰				/	۲/۲	۲/۶	۳/۱	۳/۶	۴/۰	۴/۸	۵/۴
۱۳۰۰				/	۲/۱	۲/۵	۳/۰	۳/۵	۳/۹	۴/۶	۵/۲
۱۴۰۰				/	/	۲/۴	۲/۸	۳/۳	۳/۷	۴/۴	۵/۰
۱۵۰۰				*	/	۲/۲	۲/۷	۳/۱	۳/۵	۴/۲	۴/۸
۱۶۰۰					/	۲/۱	۲/۶	۳/۰	۳/۴	۴/۰	۴/۵
۱۷۰۰					/	/	۲/۴	۲/۸	۳/۲	۳/۸	۴/۲
۱۸۰۰					/	/	۲/۳	۲/۷	۳/۱	۳/۶	۴/۰
۲۰۰۰					*	/	۲/۱	۲/۵	۲/۸	۳/۲	۳/۷
۲۲۰۰						/	/	۲/۳	۲/۶	۳/۰	۳/۴
۲۵۰۰						*	/	/	۲/۳	۲/۸	۳/۰
۳۰۰۰							/	/	/	۲/۳	۲/۶
۳۵۰۰							*	/	/	/	۲/۲
۴۰۰۰								*	/	/	/
۴۵۰۰									*	/	/
۵۰۰۰										*	*
۶۰۰۰											
۷۰۰۰											

علامت * نشان می‌دهد نیازی به تغییر مقطع معمولی در قوس نیست.

علامت / نشان می‌دهد که شیب مخالف حذف و مقطع عرضی با شیب عرضی یکسره‌ای که برای هدایت آب‌های سطحی ضروری است، ساخته می‌شود.

جدول ۵-۱۹- مقدار بربلندی قوس افقی با حداکثر بربلندی ۸ درصد

سرعت طرح (km/h) / شعاع (m)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
۲۵											
۳۰	۸/۰										
۴۵	۷/۲										
۵۰	۶/۹	۸/۰									
۵۵	۶/۴	۸/۰									
۶۰	۶/۴	۷/۹									
۶۵	۶/۱	۷/۷									
۷۰	۵/۹	۷/۶									
۷۵	۵/۷	۷/۴									
۸۰	۵/۵	۷/۲	۸/۰								
۸۵	۵/۴	۷/۱	۸/۰								
۹۰	۵/۲	۶/۹	۸/۰								
۹۵	۵/۱	۶/۷	۷/۹								
۱۰۰	۵/۰	۶/۶	۷/۸								
۱۰۵	۴/۸	۶/۵	۷/۷								
۱۱۰	۴/۷	۶/۳	۷/۶								
۱۱۵	۴/۵	۶/۲	۷/۵								
۱۲۰	۴/۴	۶/۱	۷/۴	۸/۰							
۱۲۵	۴/۳	۶/۰	۷/۳	۸/۰							
۱۳۰	۴/۲	۵/۸	۷/۲	۸/۰							
۱۴۰	۴/۰	۵/۶	۶/۹	۷/۹							
۱۵۰	۳/۸	۵/۴	۶/۷	۷/۸							
۱۶۰	۳/۶	۵/۳	۶/۵	۷/۶							
۱۷۰	۳/۴	۵/۱	۶/۳	۷/۵	۸/۰						
۱۸۰	۳/۳	۴/۹	۶/۲	۷/۳	۸/۰						
۱۹۰	۳/۱	۴/۸	۶/۰	۷/۱	۷/۹						
۲۰۰	۳/۰	۴/۶	۵/۸	۷/۰	۷/۸						
۲۱۰	۲/۹	۴/۵	۵/۷	۶/۸	۷/۷						
۲۲۰	۲/۸	۴/۳	۵/۵	۶/۷	۷/۶						
۲۳۰	۲/۷	۴/۲	۵/۴	۶/۵	۷/۵	۸/۰					
۲۴۰	۲/۶	۴/۱	۵/۳	۶/۴	۷/۴	۸/۰					
۲۵۰	۲/۵	۴/۰	۵/۲	۶/۳	۷/۳	۷/۹					
۲۸۰	۲/۳	۳/۶	۴/۸	۵/۹	۶/۹	۷/۷					
۳۰۰	۲/۱	۳/۵	۴/۶	۵/۷	۶/۷	۷/۶	۸/۰				
۳۲۰	/	۳/۳	۴/۴	۵/۵	۶/۴	۷/۴	۸/۰				
۳۴۰	/	۳/۱	۴/۲	۵/۳	۶/۲	۷/۲	۷/۹				
۳۵۰	*	۳/۱	۴/۱	۵/۲	۶/۱	۷/۱	۷/۸				
۳۸۰		۲/۹	۳/۹	۴/۹	۵/۸	۶/۸	۷/۶	۸/۰			
۴۰۰		۲/۷	۳/۷	۴/۷	۵/۷	۶/۶	۷/۵	۸/۰			
۴۲۰		۲/۶	۳/۶	۴/۶	۵/۵	۶/۴	۷/۳	۷/۹			
۴۵۰		۲/۵	۳/۴	۴/۳	۵/۲	۶/۲	۷/۱	۷/۸			
۴۷۵		۲/۴	۳/۲	۴/۲	۵/۱	۶/۰	۶/۹	۷/۶	۸/۰		

ادامه جدول ۵-۱۹- مقدار بربلندی قوس افقی با حداکثر بربلندی ۸ درصد

سرعت طرح (km/h) / شعاع (m)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
۵۰۰		۲/۳	۳/۱	۴/۰	۴/۹	۵/۸	۶/۷	۷/۵	۸/۰	۸/۰	
۵۲۵		۲/۲	۳/۰	۳/۹	۴/۷	۵/۶	۶/۵	۷/۳	۷/۹	۸/۰	
۵۵۰		۲/۱	۲/۹	۳/۷	۴/۵	۵/۴	۶/۳	۷/۲	۷/۸	۸/۰	
۵۷۵		/	۲/۸	۳/۶	۴/۴	۵/۲	۶/۲	۷/۰	۷/۷	۸/۰	
۶۰۰		*	۲/۷	۳/۵	۴/۲	۵/۱	۶/۰	۶/۸	۷/۶	۸/۰	
۶۵۰			۲/۵	۳/۳	۴/۰	۴/۸	۵/۷	۶/۵	۷/۳	۸/۰	
۷۰۰			۵/۳	۳/۱	۳/۸	۴/۵	۵/۴	۶/۲	۷/۰	۷/۹	
۷۵۰			۲/۲	۲/۹	۳/۶	۴/۳	۵/۱	۵/۹	۶/۷	۷/۸	
۸۰۰			۲/۱	۲/۷	۳/۴	۴/۱	۴/۹	۵/۶	۶/۴	۷/۶	
۸۵۰			/	۲/۶	۳/۲	۳/۹	۴/۶	۵/۴	۶/۱	۷/۴	
۹۰۰			/	۲/۵	۳/۰	۳/۷	۴/۴	۵/۲	۵/۹	۷/۰	۸/۰
۹۵۰			/	۲/۳	۲/۹	۳/۵	۴/۲	۴/۹	۵/۶	۶/۸	۷/۶
۱۰۰۰			*	۲/۲	۲/۸	۳/۴	۴/۱	۴/۷	۵/۴	۶/۴	۷/۳
۱۰۵۰				۲/۱	۲/۷	۳/۲	۳/۹	۴/۶	۵/۲	۶/۲	۷/۲
۱۱۰۰				۲/۱	۲/۶	۳/۱	۳/۸	۴/۴	۵/۰	۶/۰	۶/۸
۱۱۵۰				/	۲/۵	۳/۰	۳/۶	۴/۲	۴/۸	۵/۸	۶/۶
۱۲۰۰				/	۲/۴	۲/۹	۳/۵	۴/۱	۴/۷	۵/۶	۶/۲
۱۲۵۰				/	۲/۳	۲/۸	۳/۴	۳/۹	۴/۵	۵/۴	۶/۰
۱۳۰۰				/	۲/۲	۲/۷	۳/۳	۳/۸	۴/۴	۵/۲	۵/۸
۱۴۰۰				*	۲/۱	۲/۵	۳/۱	۳/۶	۴/۱	۴/۸	۵/۵
۱۵۰۰					/	۲/۴	۲/۹	۳/۴	۳/۸	۴/۴	۵/۱
۱۶۰۰					/	۲/۲	۲/۷	۳/۲	۳/۶	۴/۲	۴/۸
۱۷۰۰					/	۲/۱	۲/۶	۳/۰	۳/۴	۴/۰	۴/۵
۱۸۰۰					/	/	۲/۴	۲/۹	۳/۳	۳/۸	۴/۳
۲۰۰۰					*	/	۲/۲	۲/۶	۳/۰	۳/۵	۴/۰
۲۲۰۰						/	/	۲/۴	۲/۷	۳/۲	۳/۶
۲۵۰۰						*	/	۲/۱	۲/۴	۲/۸	۳/۰
۳۰۰۰							/	/	/	۲/۴	۲/۶
۳۵۰۰							*	/	/	/	۲/۳
۴۰۰۰								*	/	/	۲/۰
۴۵۰۰									*	/	/
۵۰۰۰										*	/
۶۰۰۰											*
۷۰۰۰											

علامت * نشان می‌دهد نیازی به تغییر مقطع معمولی در قوس نیست.

علامت / نشان می‌دهد که شیب مخالف حذف و مقطع عرضی با شیب عرضی یکسره‌ای که برای هدایت آب‌های سطحی ضروری است، ساخته می‌شود.

جدول ۵-۲۰- مقدار بربلندی قوس افقی با حداکثر بربلندی ۱۰ درصد

سرعت طرح (km/h) / شعاع (m)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
۲۵	۱۰										
۳۰	۹/۹										
۴۵	۸/۶										
۵۰	۸/۲	۱۰									
۵۵	۷/۸	۹/۹									
۶۰	۷/۵	۹/۷									
۶۵	۷/۲	۹/۴									
۷۰	۶/۹	۹/۲									
۷۵	۶/۶	۸/۹	۱۰								
۸۰	۶/۴	۸/۷	۱۰								
۸۵	۶/۱	۸/۴	۹/۹								
۹۰	۵/۹	۸/۲	۹/۸								
۹۵	۵/۷	۸/۰	۹/۶								
۱۰۰	۵/۵	۷/۸	۹/۵								
۱۰۵	۵/۳	۷/۶	۹/۳								
۱۱۰	۵/۱	۷/۴	۹/۲	۱۰							
۱۱۵	۵/۱	۷/۲	۹/۰	۱۰							
۱۲۰	۴/۸	۷/۱	۸/۸	۱۰							
۱۲۵	۴/۷	۶/۹	۸/۷	۹/۹							
۱۳۰	۴/۵	۶/۸	۸/۵	۹/۸							
۱۴۰	۴/۳	۶/۵	۸/۲	۹/۶							
۱۵۰	۴/۰	۶/۲	۷/۹	۹/۴							
۱۶۰	۳/۸	۵/۹	۷/۶	۹/۲	۱۰						
۱۷۰	۳/۶	۵/۷	۷/۴	۸/۹	۹/۹						
۱۸۰	۳/۴	۵/۵	۷/۱	۸/۷	۹/۸						
۱۹۰	۳/۳	۵/۳	۶/۹	۸/۵	۹/۷						
۲۰۰	۳/۱	۵/۱	۶/۷	۸/۲	۹/۵						
۲۱۰	۳/۰	۴/۹	۶/۵	۸/۰	۹/۳	۱۰					
۲۲۰	۲/۹	۴/۷	۶/۳	۷/۸	۹/۲	۱۰					
۲۳۰	۲/۸	۴/۵	۶/۱	۷/۶	۹/۰	۹/۹					
۲۴۰	۲/۷	۴/۴	۵/۹	۷/۴	۸/۸	۹/۸					
۲۵۰	۲/۶	۴/۲	۵/۷	۷/۲	۸/۶	۹/۷					
۲۸۰	۲/۳	۳/۹	۵/۳	۶/۷	۸/۰	۹/۳	۱۰				
۳۰۰	۲/۲	۳/۶	۵/۰	۶/۴	۷/۷	۹/۰	۹/۹				
۳۲۰	/	۳/۵	۴/۷	۶/۱	۷/۴	۸/۷	۹/۷				
۳۴۰	/	۳/۳	۴/۵	۵/۸	۷/۱	۸/۴	۹/۵				
۳۵۰	*	۳/۲	۴/۴	۵/۷	۶/۹	۸/۲	۹/۴	۱۰			
۳۸۰		۳/۰	۴/۱	۵/۳	۶/۵	۷/۸	۹/۱	۹/۹			
۴۰۰		۲/۸	۳/۹	۵/۱	۶/۳	۷/۵	۸/۸	۹/۸			
۴۲۰		۲/۷	۳/۸	۴/۹	۶/۱	۷/۳	۸/۶	۹/۶	۱۰		
۴۵۰		۲/۶	۳/۶	۴/۷	۵/۷	۶/۹	۸/۲	۹/۳	۱۰		
۴۷۵		۲/۴	۳/۲	۴/۵	۵/۵	۶/۶	۷/۹	۹/۱	۹/۹		

ادامه جدول ۵-۲۰- مقدار بربلندی قوس افقی با فرض حداکثر بربلندی ۱۰ درصد

سرعت طرح (km/h) / شعاع (m)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
۵۰۰		۲/۳	۳/۲	۴/۳	۵/۳	۶/۴	۷/۶	۸/۸	۹/۷		
۵۲۵		۲/۲	۳/۱	۴/۱	۵/۱	۶/۱	۷/۳	۸/۵	۹/۵	۱۰	
۵۵۰		۲/۱	۳/۰	۳/۹	۴/۹	۵/۹	۷/۱	۸/۲	۹/۳	۱۰	
۵۷۵		/	۲/۹	۳/۸	۴/۷	۵/۷	۶/۸	۸/۰	۹/۱	۱۰	
۶۰۰		*	۲/۸	۳/۷	۴/۵	۵/۵	۶/۶	۷/۷	۸/۸	۹/۹	
۶۵۰			۲/۶	۳/۴	۴/۲	۵/۱	۶/۲	۷/۲	۸/۲	۹/۸	
۷۰۰			۲/۴	۳/۲	۴/۰	۴/۸	۵/۸	۶/۸	۷/۸	۹/۴	
۷۵۰			۲/۲	۳/۰	۳/۷	۴/۵	۵/۵	۶/۵	۷/۴	۹/۰	۱۰
۸۰۰			۲/۱	۲/۸	۳/۵	۴/۳	۵/۲	۶/۱	۷/۰	۸/۵	۹/۷
۸۵۰			/	۲/۷	۳/۳	۴/۱	۵/۰	۵/۸	۶/۷	۸/۱	۹/۲
۹۰۰			/	۲/۵	۳/۲	۳/۹	۴/۷	۵/۵	۶/۳	۷/۶	۸/۶
۹۵۰			/	۲/۴	۳/۰	۳/۷	۴/۵	۵/۳	۶/۱	۷/۳	۸/۲
۱۰۰۰			*	۲/۳	۲/۹	۳/۵	۴/۳	۵/۱	۵/۸	۶/۹	۷/۸
۱۰۵۰				۲/۲	۲/۸	۳/۴	۴/۱	۴/۸	۵/۵	۶/۶	۷/۶
۱۱۰۰				۲/۱	۲/۶	۳/۲	۳/۹	۴/۶	۵/۳	۶/۴	۷/۲
۱۱۵۰				/	۲/۵	۳/۱	۳/۸	۴/۵	۵/۱	۵/۹	۶/۶
۱۲۰۰				/	۲/۴	۳/۰	۳/۶	۴/۳	۴/۹	۵/۸	۶/۴
۱۲۵۰				/	۲/۳	۲/۹	۳/۵	۴/۱	۴/۸	۵/۶	۶/۲
۱۳۰۰				/	۲/۲	۲/۸	۳/۴	۴/۰	۴/۶	۵/۴	۶/۱
۱۴۰۰				/	۲/۱	۲/۶	۳/۲	۳/۷	۴/۳	۵/۰	۵/۸
۱۵۰۰				*	/	۲/۴	۳/۰	۳/۵	۴/۰	۴/۶	۵/۳
۱۶۰۰					/	۲/۳	۲/۸	۳/۳	۳/۸	۴/۴	۵/۰
۱۷۰۰					/	۲/۲	۲/۶	۳/۱	۳/۶	۴/۲	۴/۷
۱۸۰۰					/	/	۲/۵	۳/۰	۳/۴	۴/۰	۴/۵
۲۰۰۰					*	/	۲/۳	۲/۷	۳/۱	۳/۶	۴/۲
۲۲۰۰						/	۲/۱	۲/۵	۲/۸	۳/۳	۳/۸
۲۵۰۰						*	/	۲/۲	۲/۵	۲/۹	۳/۳
۳۰۰۰							/	/	۲/۱	۲/۴	۳/۶
۳۵۰۰							*	/	/	۲/۰	۲/۴
۴۰۰۰								*	/	/	۲/۰
۴۵۰۰									*	/	/
۵۰۰۰										*	/
۶۰۰۰											*
۷۰۰۰											

علامت * نشان می‌دهد نیازی به تغییر مقطع معمولی در قوس نیست.

علامت / نشان می‌دهد که شیب مخالف حذف و مقطع عرضی با شیب عرضی یکسره‌ای که برای هدایت آب‌های سطحی ضروری است، ساخته می‌شود.

۵-۲-۳- خط‌های عبور کمکی

در بخش‌هایی از راه از خط‌های عبور کمکی به منظور توقف حاشیه‌ای، تغییر سرعت، حرکت گردشی، تشکیل صف حرکت‌های گردشی، سبقت، ترافیک تداخلی، خط‌های کمکی سربالایی و دیگر مقاصد مورد نظر استفاده می‌شود. خط‌های تغییر سرعت (کاهش و افزایش سرعت)، خط کمکی سبقت و خط کمکی در سربالایی از انواع این خط‌ها محسوب می‌شوند. **طراحی خط کمکی منجر به ارتقاء طبقه عملکردی راه نمی‌شود. در این خصوص به ویژه در زمینه عدم افزایش سرعت، باید تمهیدات لازم انجام و به استفاده‌کنندگان اطلاع‌رسانی شود تا از بروز رفتارهای پرخطر اجتناب شود.** خط‌های تغییر سرعت معمولا در تقاطع‌ها و تبادل‌ها استفاده می‌شود و برای طراحی آن به فصل هشتم – تقاطع‌ها و فصل نهم– تبادل‌ها مراجعه شود. به مشخصات خط کمکی در سربالایی در ردیف (۵–۳) اشاره شده است. در ذیل مشخصات خط کمکی سبقت آورده شده است.

۵-۲-۳-۱- خط کمکی سبقت

در راه‌های دو خطه که علیرغم وجود فاصله دید سبقت کافی، بدلیل حجم ترافیک جهت مقابل، امکان سبقت وجود ندارد یا به دلیل وجود وسایل نقلیه با سرعت حرکت کم، امکان ایجاد صف وجود دارد، خط عبور کمکی سبقت استفاده می‌شود. فاصله بین خط-های کمکی سبقت، ۱۰ الی ۱۵ کیلومتر توصیه می‌شود. طول مطلوب خط عبور کمکی سبقت شامل طول لچکی‌ها متناسب با سرعت طرح و بین ۸۰۰ متر تا ۱۵۰۰ متر می‌باشد. مقدار دقیق آن بر اساس ایمنی و شرایط محیطی تعیین می‌شود. برای تعیین طول لچکی ورودی و خروجی از مقادیر داده شده برای خط کمکی سربالایی استفاده شود.

نمونه‌ای از طرح‌های خط سبقت در شکل (۵–۸) آورده شده است. توصیه می‌شود در صورت امکان، نواحی سبقت به صورت چهار خطه جداشده طراحی شود.

۵-۲-۴- مسیر افقی (پلان) راه در محل تونل

۵-۲-۴-۱- فاصله دید توقف

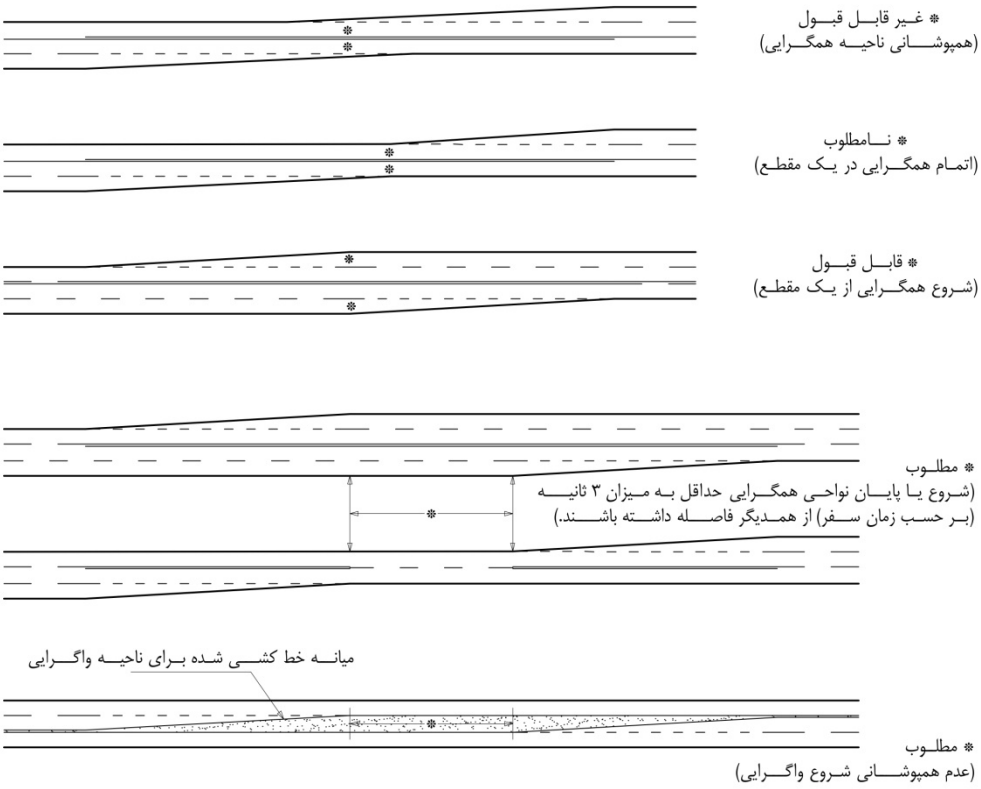
در تعیین فاصله دید توقف در تونل‌ها، چند نکته زیر مد نظر قرار می‌گیرد:

۱– دود وسایل نقلیه، که باعث کاهش دید می‌شود.

۲– چرب‌تربودن سطح راه، که باعث کاهش قدرت ترمز می‌شود.

۳– شعاع‌های خیلی کم، مسائل ساختمانی و اجرایی دشواری را از نظر هدایت دستگاه‌های حفاری یا انطباق قالب‌های طاقی شکل مطرح می‌سازد. به این دلیل، پیش‌بینی شعاع‌های بالاتر از ۵۰۰ متر الزامی است.

با توجه به عامل بالا، حداقل فاصله دید در تونل‌های واقع در آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و راه اصلی جداشده، ۱۲۰ متر و در سایر راه‌های اصلی و راه‌های فرعی، ۸۰ متر است. **در قوس‌های افقی، باید دیوار تونل را به عنوان مانع دید در نظر گرفته و فاصله آزاد جانبی را برای تأمین فاصله دید توقف محاسبه کرد.**



شکل ۵-۸- نمونه‌هایی از طرح‌های خط سبقت

۵-۲-۴-۲- راه در بخش‌های ابتدایی و انتهایی داخل تونل

در بخش ابتدایی تونل یک طرفه بهتر است که از پیش‌بینی قوس افقی تا صد متر قبل از محل شروع آن اجتناب شود. در بخش انتهایی نیز، در صورت امکان، پیش‌بینی قوس با شعاع بزرگ به منظور اجتناب از هدایت محور خروجی تونل در جهت طلوع و یا غروب آفتاب، جهت ممانعت از خیرگی چشم توصیه می‌شود. البته در مورد تونل‌های دو طرفه سعی می‌شود، در صورت امکان، هر دهانه تونل واجد شرایط بالا باشد.

۵-۲-۴-۳- تقاطع‌ها و دسترسی‌ها در نزدیکی ورودی و خروجی تونل

برای ممانعت از کاهش سرعت، باید از پیش‌بینی تقاطع یا دسترسی بلافاصله در نزدیکی دهانه‌های تونل اجتناب شود. حداقل یک فاصله ۳۰۰ متری بین ورودی‌ها و خروجی‌ها و دهانه‌های تونل رعایت شود.

۵-۲-۴-۴- راه در حوالی ورودی تونل

در نواحی نزدیک به ورودی تونل درهوای آزاد، نباید هیچ نوع مانع مزاحم از نظر قابلیت دید وجود داشته باشد و دهانه تونل باید حداقل ۱۵ ثانیه قبل از ورود به آن قابل رویت باشد. این فاصله، برای سرعت ۶۰ و ۸۰ کیلومتر در ساعت به ترتیب برابر ۲۵۰ و ۳۳۰ متر است.

۵-۲-۵- ضوابط کلی امتداد افقی مسیر (پلان)

علاوه بر معیارهای کنترل‌کننده‌ای که در ردیف‌های قبل در مورد امتداد افقی مسیر راه ذکر شد، عوامل کلی دیگری نیز در طراحی باید مد نظر قرار گیرد. در زیر چند رهنمود کلی برای طراحی مطلوب امتداد افقی مسیر راه آمده است.

الف) امتداد افقی مسیر، بهتر است تا حد امکان با پستی و بلندی و عوارض طبیعی زمین هماهنگ باشد. مسیری که به طور یکنواخت و هماهنگ با خط‌های تراز طرح می‌شود، از مسیری که دارای بخش‌های مستقیم طولانی است و یکباره به سربالایی و سرپایینی می‌رسد، برتر است. در مورد راه دو خطه دو طرفه، بهتر است در تأمین فاصله دید سبقت، در بیشترین بخش‌های آن، اقدام لازم انجام شود.

ب) تا حد امکان قوس افقی با شعاع زیاد (درجه انحنای کم) به کار رود و از به کاربردن قوس افقی با شعاع حداقل، جز در شرایط استثنایی، اجتناب شود.

پ) هماهنگی امتداد افقی مسیر در بخش‌های مختلف راه حفظ شود و از به کار بردن قوس افقی تند در انتهای یک امتداد مستقیم طولانی یا تغییر ناگهانی از یک قوس افقی با شعاع بزرگ به یک قوس افقی با شعاع کوچک اجتناب شود.

ت) بهتر است طول قوس افقی به اندازه کافی زیاد باشد تا از به وجود آمدن قوس ظاهراً تند پرهیز شود.

ث) در خاکریزهای بلند و طولانی بهتر است قوس افقی با شعاع زیاد انتخاب شود.

ج) قوس افقی مرکب با اختلاف شعاع‌های زیاد، همان مشکلی را به وجود می‌آورد که در مورد اتصال یک مسیر مستقیم به یک قوس افقی با شعاع کم پدید می‌آید. در قوس افقی مرکب، نباید شعاع قوس افقی بزرگتر از یک و نیم برابر شعاع قوس افقی کوچکتر بیشتر باشد. در مواردی که تأمین شرایط بالا امکان‌پذیر نباشد، مشکل به کمک یک قوس اتصال تدریجی یا یک قوس افقی واسط دیگر رفع می‌شود.

چ) از تغییر جهت ناگهانی در امتداد افقی مسیر باید احتراز شود. به این منظور باید بین دو قوس افقی، خط مستقیم کافی یا قوس اتصال تدریجی (کلوتوئید) به کار رود.

ح) پلان راه باید با نیمرخ طولی (خط پروژه) آن هماهنگ باشد.

خ) از کاربرد قوس‌های پشت تخت (قسمت کوتاه مستقیم بین دو قوس هم جهت) تا حد امکان خودداری شود، مگر در مواردی که وضعیت پست و بلندی یا شرایط حریم، استفاده از گزینه‌های دیگر را در عمل، غیر ممکن کرده باشد.

د) از ایجاد تقاطع یا دسترسی در قوس افقی باید اجتناب شود مگر آنکه فواصل دید کافی تأمین شده باشد.

ذ) تقاطع یا دسترسی از پل‌ها و دیوارهای حایل کنار راه بر اساس نوع و عملکرد ایمن راه بین ۵۰ تا ۲۰۰ متر فاصله داشته باشد.

۵-۳- مسیر قائم

عوامل کنترل‌کننده ذیل در طراحی مسیرهای قائم باید در نظر گرفته شود:

۵-۳-۱- موقعیت خط پروژه در نیمرخ عرضی

خط پروژه اغلب در محل محور راه (به منظور تأمین بربلندی) طراحی می‌شود و رابطه آن با نیمرخ عرضی به شرح زیر است:

۱- در راه‌های جدا نشده، عموماً خط پروژه بر محور وسط راه منطبق است.

۲- در رابط‌ها و اتصال دو آزادراه یا بزرگراه بهم، خط پروژه می‌تواند بر لبه سواره‌رو رابط، یا در صورت چند خطه بودن رابط، بر محور وسط رابط منطبق باشد.

۳- در راه‌های جداشده، با عرض میانه ۲۰ متر یا کمتر توصیه می‌شود که خط پروژه بر محور وسط میانه راه منطبق باشد. البته در موارد ذیل خط پروژه می‌تواند بر لبه سواره‌رو در کنار میانه منطبق باشد:

الف) دو لبه میانه که راه‌ها در طرفین آن قرار دارد، در یک سطح باشد.

ب) دو راه طرفین میانه، در سطوح مختلف باشد.

پ) عرض میانه، غیر یکنواخت باشد.

۵-۳-۲- شیب طولی

شیب طولی به شیب سطح تمام شده راه در امتداد مسیر گفته می‌شود. این شیب همان شیب طولی خط پروژه است و بطور عمده به وسیله پستی و بلندی، طبقه‌بندی عملکردی راه، قوس افقی، قدرت وسایل نقلیه سنگین، هزینه تملک حریم راه، ایمنی، فواصل دید، هزینه‌های ساخت راه و زهکشی، فرهنگ رانندگی و منظرآرایی کنترل می‌شود.

تخلیه آب‌های سطحی بر تعیین شیب طولی راه اثر می‌گذارد. در مناطق هموار، شرایط عبور آب‌های سطحی از یک سمت راه به سمت دیگر، غالباً تعیین‌کننده ارتفاع خط پروژه است. در نواحی تپه ماهور، شیب طولی متغیر و هماهنگ با پستی و بلندی زمین، هزینه ساخت را کم می‌کند، ولی در عین حال کاربرد آن، همیشه مطلوب نیست. در نواحی کوهستانی نیز موقعیت مسیر راه، تعیین‌کننده شیب طولی آن است. به هر حال، مقایسه فنی و اقتصادی شیب‌های طولی مختلف برای تعیین گزینه بهینه، ضروری است.

ازدیاد شیب طولی راه، معمولاً مشکلات زیر را به همراه دارد:

الف) کاهش سرعت حرکت وسایل نقلیه، به ویژه وسایل نقلیه سنگین در سربالایی

ب) کاهش گنجایش راه در سربالایی

پ) افزایش آلودگی (صدا و هوا) در سربالایی

ت) لغزش حرکت وسیله نقلیه در شیب در شرایط برف و یخبندان

ث) کاهش ایمنی تقاطع‌های واقع در شیب

ج) افزایش احتمال تصادف

باتوجه به موارد بالا، باید از اعمال شیب طولی تند و طویل خودداری شود. حداکثر شیب طولی بسته به شرایط پستی و بلندی منطقه و سرعت طرح، برای هر یک از انواع راه‌ها در جداول (۵-۲۱) الی (۵-۲۳) آورده شده است. همچنین حداقل مطلق و مطلوب شیب طولی با توجه به ضرورت تخلیه سطح روسازی، جدول و آبرو کناری از آب بارندگی در جدول (۵-۲۴) آمده است.

جدول ۵-۲۱- حداکثر شیب طولی برای آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی

نوع منطقه	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)					
	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
	حداکثر شیب طولی					
هموار*	۴	۴	۴	۳	۳	۳
تپه ماهور*	۵	۵	۵	۴	۴	–
کوهستانی**	۶	۶	۶	۵	–	–

***چنانچه نیمرخ دو طرف مستقل از هم باشند، می‌توان در سرازیری یک درصد به حداکثرهای داده شده اضافه کرد مشروط بر اینکه در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها و نقاط سردسیر، مقدار شیب از ۶ درصد تجاوز نکند.**

****در صورتی که راه در منطقه‌های گرمسیر و بدون احتمال یخبندان قرار گیرد، می‌توان برای سرعت ۸۰ کیلومتر در ساعت، حداکثر شیب طولی را تا ۷ درصد افزایش داد.**

جدول ۵-۲۲- حداکثر شیب طولی برای راه‌های فرعی درجه یک و دو

نوع منطقه	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)							
	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
	حداکثر شیب طولی							
هموار	۷	۷	۷	۷	۷	۶	۶	۵
تپه ماهور	۱۰	۱۰	۹	۸	۸	۷	۷	۶
کوهستانی	۱۲	۱۱	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۹	۸

برای طول‌های کوتاه شیب‌دار در مناطق برون‌شهری (طول‌های کمتر از ۱۵۰ متر) و سرازیری‌های یک طرفه مقدار شیب را می‌توان ۲ درصد نسبت به مقادیر جدول افزایش داد.

جدول ۵-۲۳- حداکثر شیب طولی برای راه‌های فرعی درجه ۳

نوع منطقه	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)					
	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰
	حداکثر شیب طولی					
هموار	۸	۷	۷	۷	۷	۶
تپه ماهور	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۹	۸
کوهستانی	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۰

برای طول‌های کوتاه شیب‌دار در مناطق برون‌شهری (طول‌های کمتر از ۱۵۰ متر) و سرازیری‌های یک طرفه مقدار شیب را می‌توان ۲ درصد نسبت به مقادیر جدول افزایش داد.

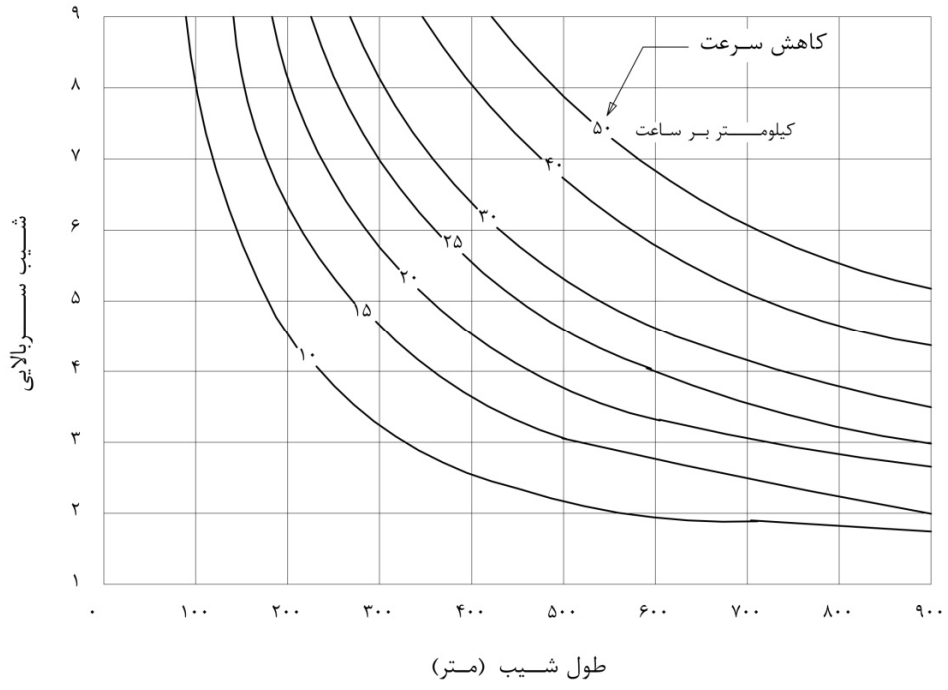
جدول ۵-۲۴- حداقل شیب طولی در انواع راه

وضعیت	حداقل شیب طولی (درصد)	
	مطلوب	مطلق
وجود جدول در کناره راه	۰/۵	۰/۳
عدم وجود جدول در کنار راه	۰/۳	۰/۲

۵-۳-۳- طول بحرانی شیب

مقدار شیب طولی راه، به تنهایی عامل کنترل‌کننده طرح نیست، بلکه لازم است که علاوه بر مقدار شیب، طول آن نیز در نظر گرفته شود. طول شیب بر گنجایش، کیفیت خدمت‌دهی و سرعت حرکت، اثر می‌گذارد. انتخاب این طول به نحوی است که کاهش سرعت خودروهای سنگین، طی آن، از حد معینی تجاوز نکند. مقدار مجاز کاهش سرعت، برابر ۱۵ کیلومتر در ساعت نسبت به سرعت متوسط ترافیک در نظر گرفته می‌شود.

در شکل (۵-۹)، رابطه بین مقدار و طول بحرانی شیب برای مقادیر مختلف کاهش سرعت نشان داده شده است. همچنین با شکل (۵-۱۰) می‌توان تعیین کرد که خودروی سنگینی که حرکت در سربالایی را با سرعت معین شروع کرده، چه فاصله‌ای را روی شیب مورد نظر باید طی کند تا به سرعت مشخصی برسد. **در مورد آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی جداشده که حجم ترافیک در سربالایی، لزوم پیش‌بینی یک خط اضافی را ایجاب کند، باید مسیر تغییر داده شده و یا از یک خط اضافی در سربالایی استفاده شود. همچنین در مورد راه اصلی دو خطه که ترافیک وسیله نقلیه سنگین زیاد باشد و نتوان طول شیب را کمتر از طول بحرانی اختیار کرد نیز باید از خط اضافی در سربالایی (خط سربالایی) استفاده شود.** در قوس قائم نوع دوم و چهارم شکل (۵-۱۳) نصفی از قوس قائم و در قوس قائم نوع اول و سوم (شکل ۵-۱۳) یک چهارم از قوس قائم در تعیین طول شیب در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۵-۹- رابطه بین مقدار و طول بحرانی شیب برای مقادیر مختلف کاهش سرعت برای کامیون (سرعت اولیه ۱۱۰ کیلومتر در ساعت)

۵-۳-۴- خط کمکی در سربالایی

آزادی و ایمنی حرکت در راه‌ها علاوه بر آن که تابعی از تعداد و طول قطعه‌های سبقت مجاز است، به طور معکوس تحت تأثیر حرکت کامیون در شیب با طول زیاد قرار دارد. این عامل سبب کاهش سرعت خودروهای پشت سر می‌شود. به علت افزایش تعداد تصادف‌ها در شیب‌های طولانی، **باید براساس نیاز ترافیک، ساخت خط کمکی سربالایی در طرح راه‌های جدید و همچنین برای راه‌های موجود در نظرگرفته شود.** هنگامی که ترکیب شیب، حجم کل ترافیک و حجم ترافیک وسایل نقلیه سنگین، به گونه‌ای است که کیفیت حرکت ترافیک در شیب نسبت به مسیر قبل از آن کاهش می‌یابد، ساخت خط کمکی سربالایی مفید و مطلوب است.

خط کمکی سربالایی ضرورتاً به طور قابل ملاحظه‌ای مورد استفاده وسایل نقلیه کندرو قرار می‌گیرد. در راه‌های با ترافیک کم، اگرچه استفاده از خط کمکی سربالایی مطلوب است لیکن استفاده از آن قابل توجیه (اقتصادی) نیست، حتی در محل‌هایی که طول شیب در سربالایی از مقدار بحرانی در سربالایی تجاوز کند. دراین موارد تعریض قطعه‌های کوچکی از خط سربالایی برای استفاده وسایل نقلیه کندرو به منظور تأمین سبقت وسایل نقلیه تندرو پشت سر پیش‌بینی می‌شود.

خط کمکی در سربالایی، معمولاً برای راه‌های دو خطه در نظر گرفته می‌شد، اما در صورت نیاز ترافیکی می‌توان برای راه‌های چهار خطه نیز در نظر گرفت. راه دو خطه با خط کمکی سربالایی، راه سه خطه محسوب نمی‌شود، بلکه بخشی از یک راه دو خطه با یک خط اضافی است که برای حرکت خودروهایی که در سربالایی حرکت می‌کنند و بار آنها زیاد و سرعت آنها کم است، تعبیه شده است. این خط اضافی امکان استفاده از خط اصلی را به سایر خودروها می‌دهد.

طرح‌های مربوط به راه‌های دو خطه با خط کمکی در بخش‌های (الف) و (ب) در شکل (۵-۱۱) نشان داده شده است. خط‌های کمکی، هر یک به طور مجزا و مستقل از دیگری برای هر جهت راه طرح می‌شود. بسته به وضعیت امتداد و نیمرخ طولی راه، ممکن است خط‌های کمکی دو جهت دارای فصل مشترک باشد (شکل (۵-۱۱) مورد (ب)).

اجتماع سه شرط زیر که در برگیرنده جنبه‌های اقتصادی نیز می‌باشد، نیاز به وجود خط کمکی سربالایی را توجیه می‌کند:

۱- شدت جریان ترافیک در سربالایی بیش از ۲۰۰ وسیله نقلیه در ساعت باشد.

۲- شدت جریان ترافیک کامیون در سربالایی بیش از ۲۰ وسیله نقلیه در ساعت باشد.

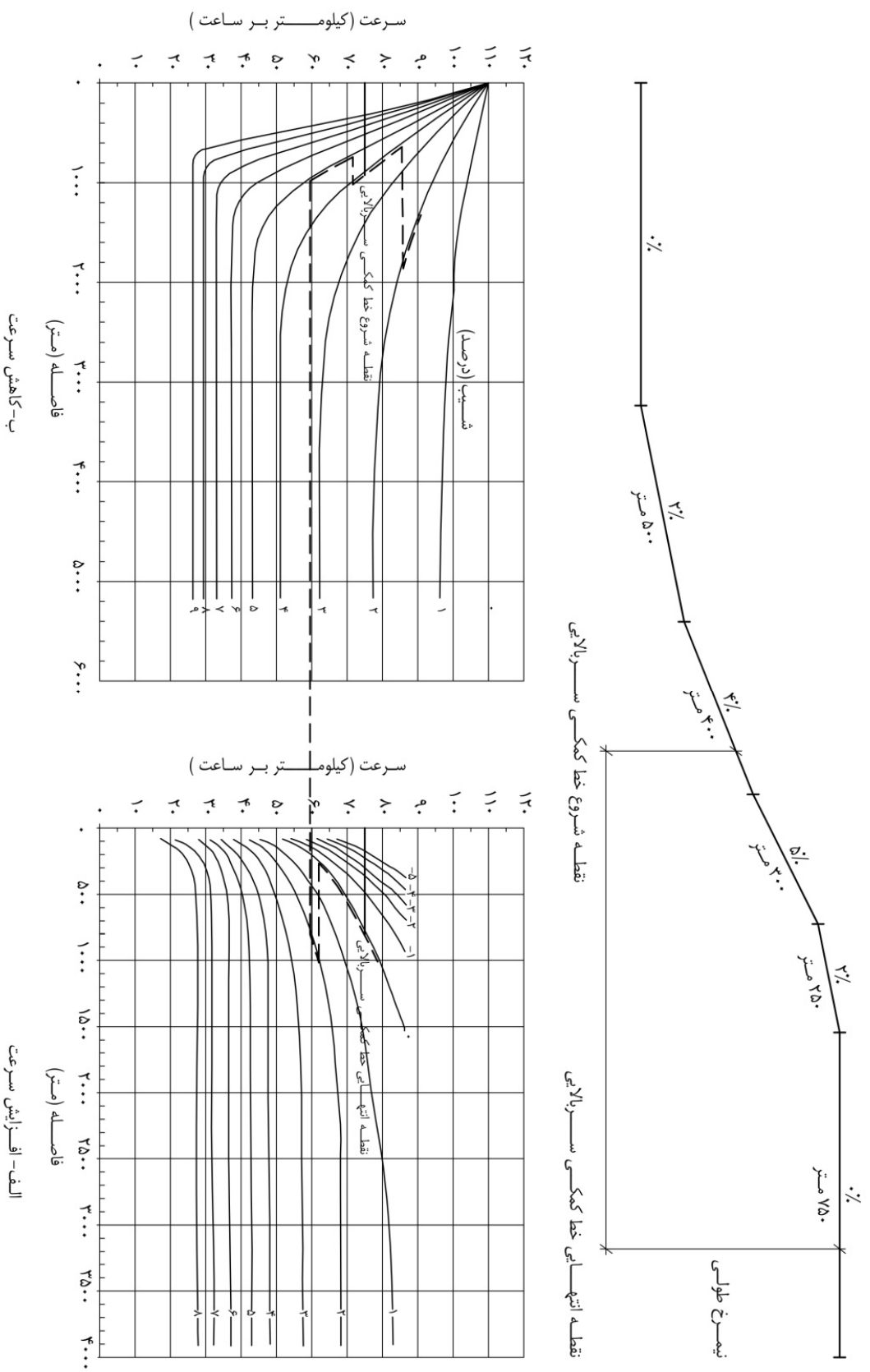
۳- وجود یکی از شرایط زیر:

الف – کاهش سرعت خودروی سنگین طرح به میزان ۱۵ کیلومتر در ساعت یا بیشتر

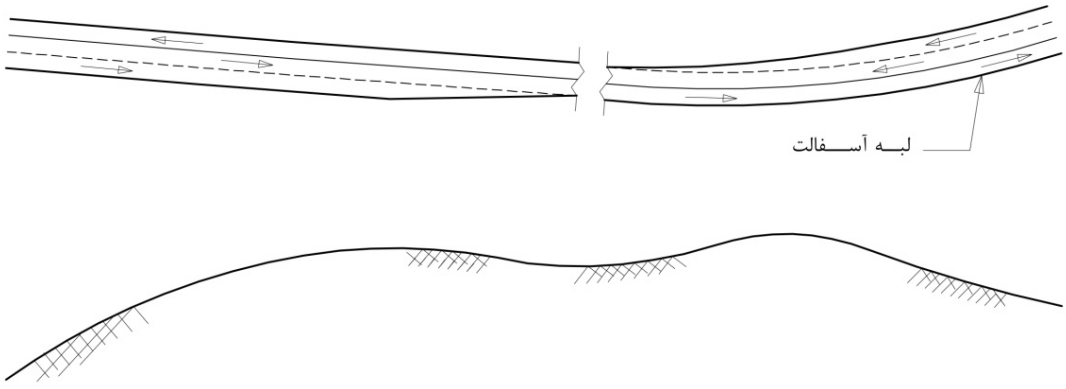
ب – وجود کیفیت ترافیکی پایین‌تر از کیفیت (۴)

پ – کاهش کیفیت ترافیک به اندازه دو رده کیفیت (نسبت به قطعه پیش از سربالایی) وقتی که حرکت در شیب انجام می‌شود (مثلاً از کیفیت (۲) به (۴)).

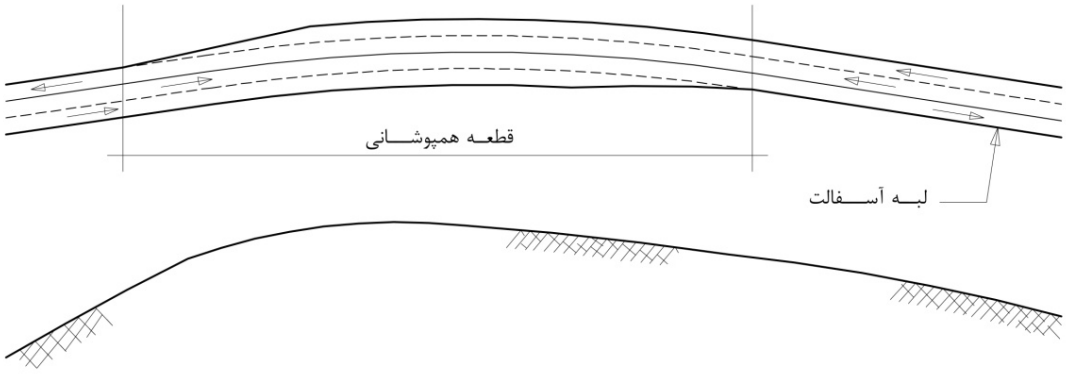
شدت جریان در سربالایی عبارت است از: حاصل ضرب حجم ترافیک ساعت طرح در ضریب توزیع جهتی جریان رو به بالا تقسیم بر ضریب ساعت اوج (PHF). شدت جریان اوج کامیون از حاصل ضرب شدت جریان در سربالایی در مقدار درصد کامیون در همین جهت بدست می‌آید.



شکل ۵-۱۰- منحنی سرعت-مسافت کامیون در سربالایی‌ها و سرپایینی‌ها



الـف - خط عبـور اضـــافی ســـــربالایی بـدون همپوشـــانی



ب - خط عبـور اضـــافی ســـــربالایی بـا همپوشـــانی دوطرفـه

شکل ۵-۱۱- خط‌های کمکی سربالایی در راه‌های دو خطه

طول بحرانی شیب که باعث کاهش سرعت کامیون طرح به میزان ۱۵ کیلومتر در ساعت یا بیشتر می‌شود، از شکل (۵-۹) به دست می‌آید. اگر طول شیبی که بررسی می‌شود، بیشتر از طول بحرانی باشد، شرط الف ردیف ۳ برآورده شده است. چنانچه طول شیب، بحرانی نباشد و کاهش سرعت کامیون بیش از ۱۵ کیلومتر درساعت نشود (طول شیب از طول بحرانی تجاوزنکند)، وجود کیفیت ترافیک کمتر از (۴) در شیب بررسی می‌شود. این کار را می‌توان با به دست آوردن شدت جریان حداکثر (گنجایش) در کیفیت ترافیک (۴) و مقایسه آن با شدت نرخ جریان در سربالایی انجام داد. اگر شرط دوم ردیف ۳ نیز تحقق نیابد، شرط سوم ردیف ۳، یعنی تعیین کیفیت قطعه پیش از سربالایی مطابق مباحث فصل هفتم، بررسی می‌شود.

طول خط کمکی سربالایی با تعیین نقطه شروع و نقطه انتهایی آن تعیین می‌شود. محل شروع خط کمکی سربالایی در فاصله‌ای از نقطه شروع سربالایی است که سرعت کامیون به میزان ۱۵ کیلومتر در ساعت نسبت به متوسط سرعت حرکت ترافیک کاهش

یافته است. این طول از شکل (۵-۱۰) تعیین می‌شود. نحوه استفاده از آن با ارائه مثال مشخص شده است. **قبل از شروع خط کمکی سربالایی، باید از یک قطعه لچکی با نسبت عرض به طول ۱:۲۵ و به طول حداقل ۹۰ متر استفاده شود.**

در صورت وجود محدودیت دید یا سایر شرایطی که سبب کاهش سرعت در ابتدای سربالایی می‌شود، خط کمکی سربالایی در فاصله‌ای نزدیکتر به محل شروع سربالایی در نظر گرفته شود. همچنین در صورت کم بودن سرعت حرکت کامیون‌ها به علت برخی محدودیت‌ها و شرایط راه، خط کمکی به نقطه شروع سربالایی، نزدیکتر اختیار می‌شود.

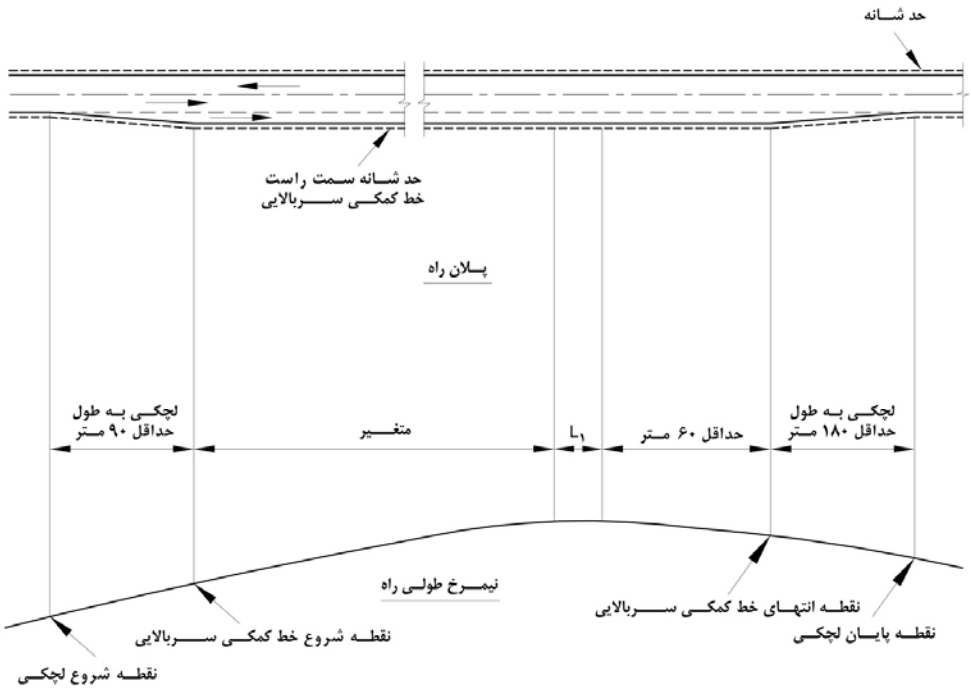
انتهای خط کمکی سربالایی باید در نقطه‌ای انتخاب شود که سرعت کامیون‌ها حداکثر ۱۵ کیلومتر در ساعت کمتر از سرعت خودروهای دیگر و دارای حداقل سرعت مطلوب ۶۰ کیلومتر در ساعت باشد. این نقطه باید بعد از قله قرار گیرد.

نقطه عملی برای انتهای خط سربالایی نقطه‌ای است که درآن کامیون می‌تواند در محلی که فاصله دید کافی برای سبقت ایمن خودروها وجود دارد، بدون خطر به خط اصلی بازگردد. بهتر است حداقل ۶۰ متر بعد از این نقطه به عنوان انتهای خط سربالایی انتخاب شود. برای تعیین این نقطه می‌توان از شکل (۵-۱۰) استفاده کرد.

علاوه بر آن، باید از یک طول لچکی به منظور دادن اجازه بازگشت کامیون به خط عادی با نسبت عرض به طول ۱:۵۰ و به طول حداقل ۱۸۰ متر استفاده شود. به عنوان مثال، در راهی که فاصله دید سبقت ایمن در فاصله ۳۰ متری از قله وجود دارد، خط سربالایی به طول ۹۰ متر (۳۰ متر بعلاوه ۶۰ متر)، به علاوه طول لچکی برابر با حداقل ۱۸۰ متر با نسبت عرض به طول ۱:۵۰ امتداد می‌یابد (شکل(۵-۱۲)).

عرض خط کمکی سربالایی بهتر است به اندازه خط اصلی سواره‌رو (فصل ششم) باشد و طوری ساخته و خط‌کشی شود که به عنوان یک خط اضافی در یک جهت، قابل تشخیص باشد. خط‌کشی برای محور راه همانند راه دو خطه انجام می‌شود. **باید قبل از شروع خط کمکی سربالایی، همچنین قبل از انتهای آن، از علائم مناسبی برای اطلاع کامیون‌ها و خودروهای کندرو و هدایت آنها به این خط استفاده شود.**

شیب عرضی در خط سربالایی همانند شیب خط اضافی در راه چند خطه خواهد بود که ممکن است ادامه شیب عرضی خط اصلی مجاور باشد و یا با شیب عرضی بیشتری نسبت به خط اصلی قرار گیرد. در محل‌هایی که راه دارای بربلندی است، معمولاً شیب عرضی خط سربالایی، ادامه شیب عرضی خط اصلی است. در راه‌های دو خطه برای شانه واقع در سمت راست خط سربالایی، حداقل عرض ۱/۲ متر مورد نیاز است و عرض بیشتر با توجه به امکان‌ها و توجیه مهندسی انتخاب می‌شود.



L_1 : مسافت پیموده شده پس از قله که بعد از آن فاصله دید کافی برای سبقت وجود دارد.

شکل ۵-۱۲- خط کمکی سربالایی برای وسایل نقلیه سنگین

۵-۳-۵- قوس قائم (خم)

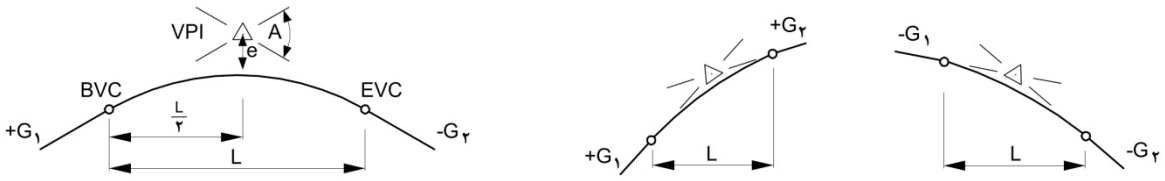
تغییر شیب طولی، به صورت تدریجی و به وسیله قوس قائم انجام می‌شود. این قوس قائم، تأمین‌کننده مسافت دید کافی، تخلیه مناسب آب سطحی، ایمنی، آسایش راننده و زیبایی ظاهر راه خواهد بود. چنانچه مقدار تغییر شیب طولی ۰/۵ درصد یا کمتر باشد، قرار دادن قوس قائم در محل تغییر شیب ضروری نیست. انواع قوس‌های قائم سهمی در شکل (۵-۱۳) نشان داده شده است. در این شکل:

G_1 = قدر مطلق شیب اول (درصد)

G_2 = قدر مطلق شیب دوم (درصد)

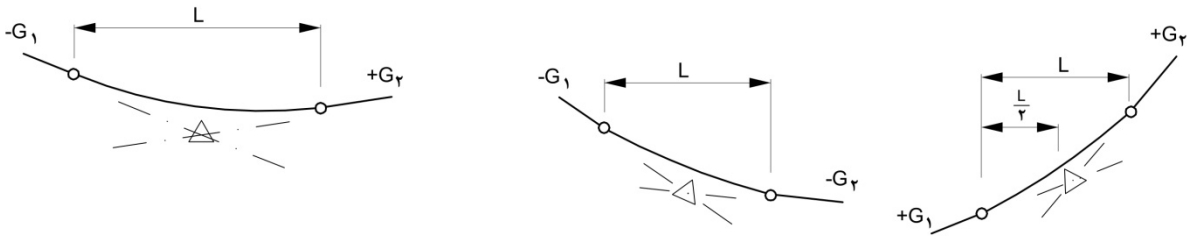
L = طول قوس قائم (متر)

A = قدرمطلق تفاضل جبری دو شیب



نوع ۱ نوع ۲

الف - انواع قوس‌های قائم گنبدی (قوس‌های برآمده)



نوع ۳ نوع ۴

ب - انواع قوس‌های قائم کاسه‌ای (قوس‌های فرورفته)

شکل ۵-۱۳- انواع قوس‌های قائم

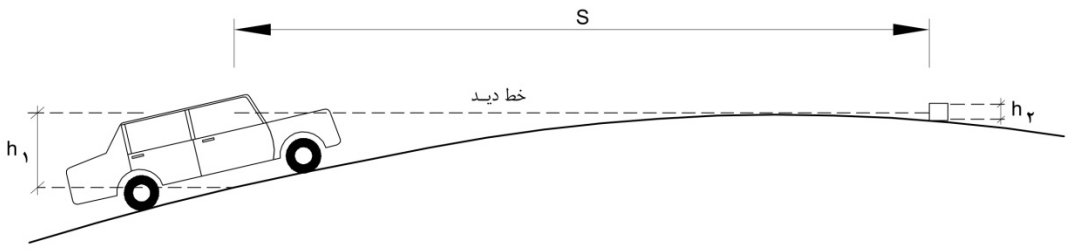
۵-۳-۵-۱- تعیین طول قوس قائم گنبدی (قوس برآمده)

طول قوس قائم گنبدی باید به اندازه‌ای باشد که حداقل فاصله دید برای راننده وسیله نقلیه فراهم شود (شکل ۵-۱۴). تأمین فاصله دید در قوس قائم گنبدی با توجه به رابطه $L \geq KA$ انجام می‌شود، که در آن،

L = طول قوس قائم گنبدی (متر)

K = میزان انحنای قائم که تابع فاصله دید (S) و سرعت طرح است که برای فاصله دید توقف از جدول (۵-۲۵) و برای فاصله دید سبقت از جدول (۵-۲۶) بدست می‌آید. این ضریب بر حسب متر بوده و معنای فیزیکی آن، طول لازم قوس قائم برای یک درصد تغییر شیب طولی راه است. ضریب K، با فرض ارتفاع چشم راننده از سطح راه، ۱۰۸ سانتی‌متر (h_1) و ارتفاع مانع از سطح راه، ۶۰ سانتی‌متر برای فاصله دید توقف (h_2) و ۱۰۸ سانتی‌متر برای فاصله دید سبقت بدست آمده است.

A = قدرمطلق تفاضل جبری دو شیب



شکل ۵-۱۴- محدودیت دید در قوس قائم گنبدی

جدول ۵-۲۵- مقادیر حداقل K برای قوس قائم گنبدی برای فاصله دید توقف ($L = \frac{AS^2}{658}$)

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید توقف (متر)	میزان انحنای قائم طرح (k)
۲۰	۲۰	۱
۳۰	۳۵	۲
۴۰	۵۰	۴
۵۰	۶۵	۷
۶۰	۸۵	۱۱
۷۰	۱۰۵	۱۷
۸۰	۱۳۰	۲۶
۹۰	۱۶۰	۳۹
۱۰۰	۱۸۵	۵۲
۱۱۰	۲۲۰	۷۴
۱۲۰	۲۵۰	۹۵
۱۳۰	۲۸۵	۱۲۴

جدول ۵-۲۶- مقادیر حداقل K برای قوس قائم گنبدی برای فاصله دید سبقت ($L = \frac{AS^2}{864}$)

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید سبقت (متر)	میزان انحنای قائم طرح (k)
۳۰	۲۰۰	۴۶
۴۰	۲۷۰	۸۴
۵۰	۳۴۵	۱۳۸
۶۰	۴۱۰	۱۹۵
۷۰	۴۸۵	۲۷۲
۸۰	۵۴۰	۳۳۸
۹۰	۶۱۵	۴۳۸
۱۰۰	۶۷۰	۵۲۰
۱۱۰	۷۳۰	۶۱۷
۱۲۰	۷۷۵	۶۹۵
۱۳۰	۸۱۵	۷۶۹

۵-۳-۵-۲- تعیین طول قوس قائم کاسه‌ای (قوس فرورفته)

قوس قائم کاسه‌ای در روز به علت وجود روشنایی کافی، دید راننده را محدود نمی‌کند. امّا در تاریکی، فاصله‌ای که توسط نور چراغ‌های وسایل نقلیه در این قوس قائم روشن می‌شود، محدود است (شکل (۵-۱۵)). حداقل طول قوس قائم کاسه‌ای از رابطه (۵-۱۹) به دست می‌آید.

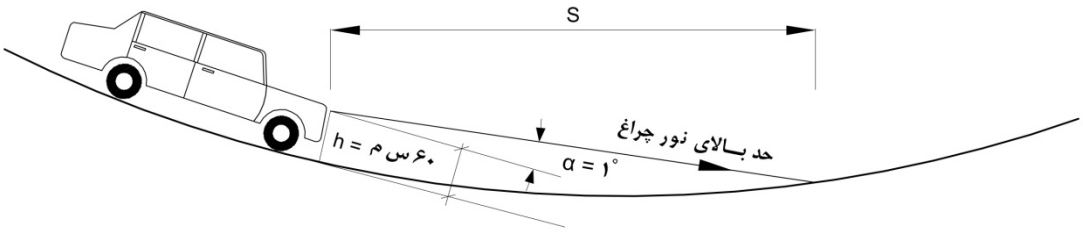
$$L \geq KA \qquad (۱۹-۵)$$

که در آن:

L = طول قوس قائم کاسه‌ای (متر)

K = میزان انحنای قائم، تابع فاصله دید (یا سرعت طرح) و وضعیت روشنایی راه است که از جدول (۵-۲۷) بدست می‌آید. ارتفاع چراغ‌های جلو از سطح راه، ۶۰ سانتی‌متر و زاویه پخش نور اتومبیل، یک درجه فرض می‌شود.

A = قدر مطلق تفاضل جبری دو شیب



شکل ۵-۱۵- محدودیت دید در قوس قائم کاسه‌ای و درتاریکی شب

جدول ۵-۲۷- مقادیر حداقل K برای قوس قائم کاسه‌ای ($L = \frac{AS^2}{120+3.5S}$)

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید توقف (متر)	میزان انحنای قائم طرح (k)
۲۰	۲۰	۳
۳۰	۳۵	۶
۴۰	۵۰	۹
۵۰	۶۵	۱۳
۶۰	۸۵	۱۸
۷۰	۱۰۵	۲۳
۸۰	۱۳۰	۳۰
۹۰	۱۶۰	۳۸
۱۰۰	۱۸۵	۴۵
۱۱۰	۲۲۰	۵۵
۱۲۰	۲۵۰	۶۳
۱۳۰	۲۸۵	۷۳

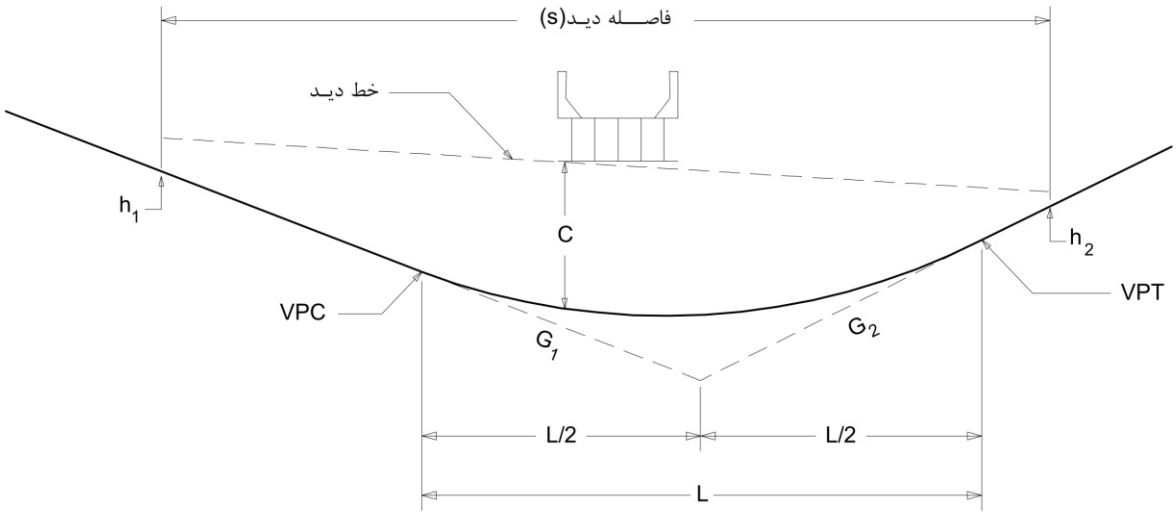
تبصره ۱. اگرچه طول قوس قائم به قدرمطلق تفاضل جبری دو شیب بستگی دارد ولی در هر صورت از ۰/۶ V(V= سرعت طرح بر حسب کیلومتر در ساعت) یا ۳۰ متر (هر کدام که بیشتر باشد) کمتر نباشد.

تبصره ۲. هنگام طرح قوس‌های قائم نوع ۱ و ۳، تخلیه آب باران در آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. به ویژه موقعی که قوس‌های قائم و افقی با یکدیگر ترکیب می‌شوند، در بخش‌هایی که لبه راه دارای جدول است و یا شیب عرضی تغییر جهت می‌دهد، بهتر است ضریب K بزرگتر از ۵۱ باشد. در این حالت، شیب مناسب برای زهکشی در طول قوس ایجاد می‌شود.

تبصره ۳. قرار دادن قوس قائم گنبدی در پل و تونل بلامانع است امّا بهتر است از قرار دادن قوس قائم کاسه‌ای نوع ۳ در تونل پرهیز شود. در مورد پل بهتر است در صورت امکان، قوس قائم کاسه‌ای در یک طرف پل قرار گیرد، به طوری که پل در خط القعر نباشد.

۵-۳-۵-۳- کنترل طول قوس قائم کاسه‌ای در زیرگذر

برای کنترل طول قوس قائم کاسه‌ای در زیرگذر نیز فاصله دید مورد نیاز طرح، مبنا قرار می‌گیرد که حداقل آن برابر با فاصله دید توقف می‌باشد. خط دید و عوامل مؤثر بر آن در شکل (۵-۱۶) نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۶- خط دید در خم کاسه‌ای

در طراحی، برای کنترل کفایت مقدار C ، از روابط (۵-۲۰) و (۵-۲۱) استفاده می‌کنند.

الف- اگر فاصله دید بزرگتر از طول قوس قائم باشد (S > L):

$$L = ۲S - \left(\frac{۸۰۰(C - ۱/۵)}{A}\right) \qquad (۵-۲۰)$$

ب- اگر فاصله دید کمتر از طول قوس قائم باشد (S < L):

$$L = \frac{AS^۲}{۸۰۰(C - ۱/۵)} \qquad (۵-۲۱)$$

که در این روابط C، فاصله قوس قائم تا زیر سازه پل (فاصله آزاد قائم) بر حسب متر است. معیار طراحی در این روابط کامیون می‌باشد که ارتفاع چشم راننده کامیون ۲۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع شی ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است.

۵-۳-۶- نیمرخ طولی (خط پروژه) در تونل‌ها

شیب تونل‌های با طول بیشتر از ۵۰۰ متر نباید از ۲ درصد تجاوز کند. توصیه می‌شود که این شیب در محدوده ۱/۵ درصد باقی بماند. **حداکثر شیب در تونل‌های با طول کوتاه‌تر از ۵۰۰ متر، نباید از ۴ درصد تجاوز کند.**

علل انتخاب شیب با مقادیر کم در تونل‌ها عبارت است از:

۱- ممانعت از کاهش سرعت وسایل نقلیه سنگین برای جلوگیری از تراکم ترافیک در داخل تونل

۲- تأثیر سربالایی‌های واقع در ارتفاعات، در تعداد وسایل نقلیه‌ای که دچار خرابی می‌شود.

۳- تأثیر سربالایی‌ها در افزایش مقدار آلودگی هوا.

۴- خطرناک بودن سرازیری‌های تند در تونل‌های یک طرفه به علت احتمال سرعت‌های فوق‌العاده زیاد

البته در تونل‌های یک طرفه، سرازیری، منجر به کاهش نیازهای مربوط به تهویه می‌شود.

۵-۳-۷- نقش پل در نیمرخ طولی

ارتفاع و ضخامت دال پل، نقش بسیار مهمی در نیمرخ طولی دارد. نسبت ضخامت به دهانه سازه تابع عوامل متعددی چون طول دهانه، نوع سازه، جنبه‌های زیبایی، هزینه، محدویت قالب‌بندی و محدودیت ارتفاع آزاد است. با این وجود می‌توان با استفاده از اطلاعات کلی زیر، نسبت ضخامت به طول دهانه را برای طراحی اولیه نیمرخ طولی و طرح هندسی مورد استفاده قرار داد. بهتر است در حین طراحی با طراحان سازه نیز مشورت‌های لازم بعمل آید.

الف) ابنیه فنی که خط راه‌آهن را از خود عبور می‌دهد:

۱- در پل‌های با تیرهای اصلی حمال جانبی که دارای یک خط عبور راه‌آهن است، ضخامت سازه از بالای ریل تا لبه پایین سازه ۱/۵متر درنظرگرفته می‌شود.

۲- در پل‌های تیر تاوه‌ای، نسبت ضخامت تیر تاوه به طول دهانه، برای دهانه‌های ساده برابر ۰/۰۸ و برای پل‌های پیوسته چند دهانه برابر ۰/۰۷ در نظر گرفته می‌شود. به مقادیر بالا معادل ۶۰ سانتی‌متر بالای کف پل، جهت مصالح بالاست و ارتفاع ریل اضافه می‌شود.

ب) پل‌های راه:

نسبت ضخامت تیر تاوه به طول دهانه، به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱- برای دهانه‌های ساده به طول ۳۰ متر یا کمتر برابر ۰/۰۶

۲- برای دهانه‌های ساده به طول ۳۰ تا ۵۵ متر برابر ۰/۰۴۵

۳- برای پل‌های چند دهانه پیوسته به طول تا ۳۰ متر (هر دهانه) برابر ۰/۰۵۵

۴- برای پل‌های چند دهانه پیوسته به طول بزرگتر از ۳۰ متر (هر دهانه) برابر ۰/۰۴

هنگامی که محل عبور مسیر از روی یک راه یا رودخانه به گونه‌ای است که مسیر به صورت قوس قائم کاسه‌ای می‌باشد، بهتر است که نیمرخ طولی طوری در نظر گرفته شود که پل در خط القعر قرار نگیرد.

۵-۳-۸- معیارهای کلی نیمرخ طولی مسیر

علاوه بر معیارهای کنترل‌کننده‌ای که در ردیف‌های قبل در مورد شیب طولی مسیر راه ذکر شد، عوامل کلی دیگری نیز در طراحی باید مد نظر باشد. در زیر چند رهنمود کلی برای طراحی مطلوب نیمرخ طولی مسیر راه آمده است.

الف) یک خط شیب یکنواخت با تغییرهای تدریجی شیب، هماهنگ با نوع راه و پستی و بلندی طول مسیر، بر خطی شکسته متشکل از قطعه‌های کوچک با شیب‌های متفاوت برتری دارد.

ب) باید به جای نیمرخ طولی با قوس‌های قائم گنبدی و کاسه‌ای پی در پی و یا تک گودهای غیرمنتظره، از شیب‌های تدریجی استفاده شود.

پ) باید از ایجاد سرپایینی موج‌دار با طول زیاد، که موجب افزایش سرعت خودرو سنگین در سرپایینی می‌شود، احتراز شود.

ت) بهتر است از ایجاد سرپایینی با قطعه‌های تغییر شیب متوالی هم‌جهت، اجتناب شود.

ث) در سربالایی طولانی، به ویژه در راهی با سرعت طرح کم، بهتر است شیب در نزدیکی قله کاهش داده شود.

ج) در شرایطی که یک تقاطع یا محل دسترسی در یک قطعه شیب‌دار راهی با شیب متوسط یا زیاد قرار دارد، بهتر است از شیب قطعه در محل تقاطع و حوالی آن کاسته شود تا فاصله دید انتخاب تأمین شود.

چ) از به کار بردن قوس قائم کاسه‌ای در ترانشه‌ها (خاکبرداری‌ها) اجتناب می‌شود، مگر آنکه تخلیه مناسب آب‌های سطحی راه امکان‌پذیر باشد.

۵-۴- هماهنگی پلان و نیمرخ طولی مسیر

امتدادهای افقی و قائم مسیر راه، مکمل یکدیگر بوده و نمی‌تواند مستقل از یکدیگر طراحی شود. یک ترکیب بد می‌تواند نکته‌های خوب هر یک را از بین ببرد و معایب را تشدید کند. هرگاه طرح امتدادهای افقی و قائم به طور توأم انجام شود، ایمنی راه بیشتر، سرعت یکنواخت‌تر و ظاهر راه خوش منظرتر می‌شود. تقریباً همواره می‌توان این اقدام‌ها را بدون تحمیل هزینه‌های اضافی انجام داد.

دست‌یابی به ترکیب مناسب امتداد افقی و قائم، با مطالعه فنی و در نظر گرفتن کنترل‌های کلی زیر امکان‌پذیر است.

الف) بهتر است که تعادل مناسبی بین قوس افقی و نیمرخ طولی راه موجود باشد (قوس افقی با شعاع کم با نیمرخ طولی با شیب ملایم و همچنین قوس افقی با شعاع زیاد با نیمرخ طولی با شیب تند، متعادل نیست).

ب) دریک خم گنبدی نباید قوس افقی تند در قله خم قرارگیرد.

پ) دریک خم کاسه‌ای نباید قوس افقی تند در کف کاسه قرارگیرد.

ت) در راه دو خطه دو طرفه، لزوم تأمین امکان سبقت خودرو به طور کاملاً ایمن، معمولاً ایجاب می‌کند که از ترکیب قوس افقی و قائم در قطعه‌های قابل ملاحظه‌ای از طول راه، صرفنظر شود.

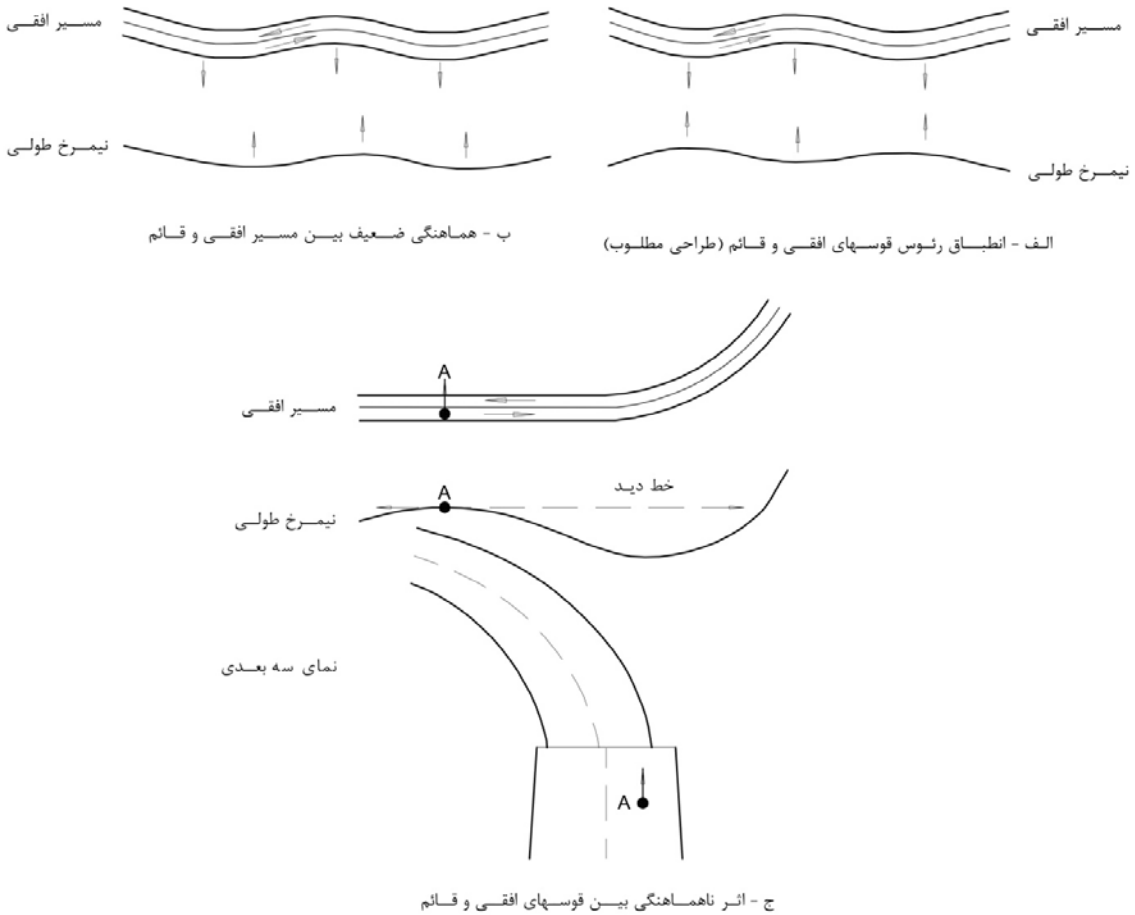
ث) قوس افقی و نیمرخ طولی راه باید تا حد امکان در تقاطع و حوالی آن به صورت ملایم و افقی باشد.

ج) در راه جداشده به ویژه در پروژه‌های بهسازی تبدیل راه دو خطه به چهار خطه جداشده، بهتر است راستای افقی و قائم هر جهت به نحوی طراحی شود که هیچ گونه تأثیری در عملکرد ایمن جریان ترافیک جهت مقابل نداشته باشد. راستای هر جهت باید به نحوی طراحی شود که استفاده‌کنندگان در تشخیص راستای مسیر دچار خطا نشده و احساس خطر نکنند.

چ) مسیر راه باید طوری طراحی شود که جذابیت مناظر طبیعی و مصنوعی اطراف از قبیل، رودخانه‌ها، صخره‌ها، پارک‌ها و سازه-های مهم افزایش یابد. راه باید به سمت مناظر چشمگیر و با چشم‌انداز زیباتر طرح شود.

ح) هماهنگ کردن امتدادهای افقی و قائم مسیر راه باید همزمان با طراحی مقدماتی راه که اصلاحات آسان‌تر انجام می‌شود، مد نظر قرار گیرد.

نمونه‌هایی از نحوه هماهنگی پلان راه (امتداد افقی مسیر) و پروفیل طولی راه (امتداد قائم مسیر) در شکل (۵-۱۷) آورده شده است.



شکل ۵-۱۷- نمونه‌هایی از نحوه هماهنگی پلان و پروفیل طولی راه

۵-۵- تغییر عرض راه

تغییر تدریجی عرض راه بهتر است در بخش‌های مستقیم راه انجام شود و از اعمال این تغییرها در محل‌هایی که دارای محدودیت‌های فاصله دید افقی و قائم است، اجتناب شود. در بخش‌هایی از طول مسیر که یک راه جدید با مشخصات طرح بالاتر به راه قدیمی موجود با مشخصات طرح پایین‌تر، متصل می‌شود، برای اجتناب از تغییرهای ناگهانی، اتصال دو مسیر باید از طریق تغییرهای تدریجی انجام شود.

مشخصات تغییرات تدریجی عرض راه باید با مشخصات بقیه بخش‌ها، هماهنگی کامل داشته باشد. بهتر است تمامی طول مسیر اعمال تغییر عرض راه، برای راننده‌ای که در حال نزدیک شدن به بخش کم عرض‌تر مسیر است، قابل رویت باشد.

در طرح مسیر باید از پیش‌بینی تقاطع در محدوده اعمال تغییرات عرض راه خودداری شود.

طول لازم برای اعمال کاهش عرض سواره‌رو از رابطه (۵-۲۲) بدست می‌آید.

$$L = \frac{۲}{۳}WV \qquad (۲۲-۵)$$

که در آن:

L = طول لچکی جهت تغییر تدریجی عرض (متر)

W = تغییرات عرض سواره‌رو (متر)

V = سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)

چنانچه کاهش عرض راه فقط در شانه مدنظر قرار گیرد، این تغییر در طول حاصل از رابطه (۵-۲۳)، انجام می‌شود.

$$L = \frac{۱}{۲}WV \qquad (۲۳-۵)$$

که در آن:

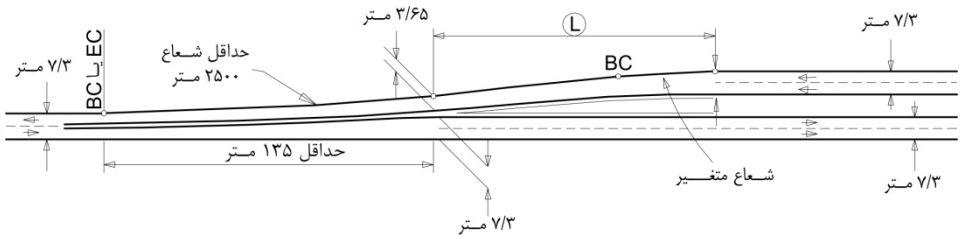
W = تغییرات عرض شانه راه (متر)

V = سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)

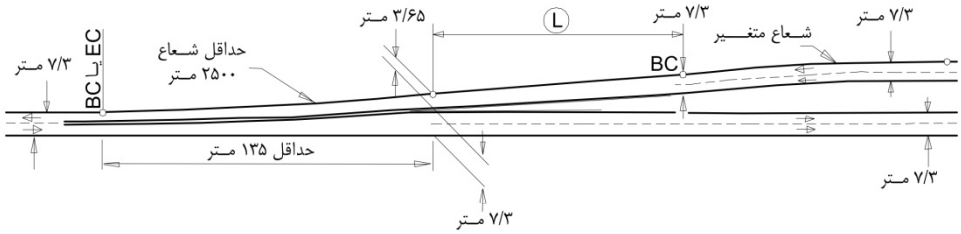
طول لازم برای افزایش عرض راه، بازای هر یک خط (۳/۶۵ متر)، حداقل ۷۵ متر توصیه می‌شود. در راه‌های با سرعت بالاتر مانند آزادراه، استفاده از لچکی با نسبت عرض به طول ۱:۵۰ تا ۱:۷۰ توصیه می‌شود.

نمونه‌ای از تغییرات عرض راه از دو خط به چهار خط در شکل (۵-۱۸) آورده شده است.

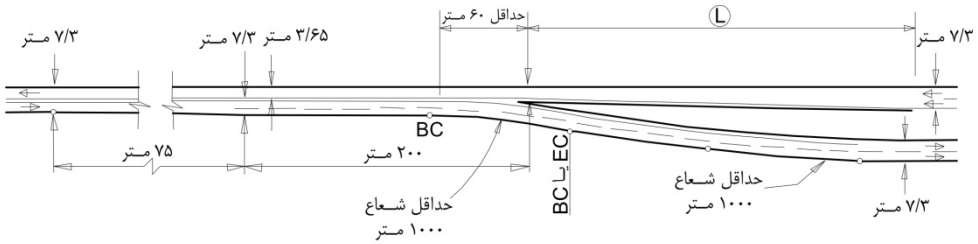
حالت اول: راه اصلی از قسمت قوس به راه دو خط متصل می شود - میانه باریک



حالت دوم: راه اصلی از قسمت قوس به راه دو خط متصل می شود - میانه عریض



حالت سوم: راه اصلی از قسمت مستقیم به راه دو خط متصل می شود



$$L = \frac{۲}{۳} W V$$

طول تغییر عرض سواره رو = L

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت) = V

تغییرات عرض سواره رو (متر) = W

شکل ۵-۱۸- نمونه‌ای از تغییر عرض راه از چهار خط به دو خط

۵-۶- روشنایی راه

۵-۶-۱- کلیات

روشنایی راه، با اینکه سبب افزایش دید در شب، کاهش خطرها و دلپذیر شدن رانندگی می‌شود، به خاطر مسائل اقتصادی و هزینه فوق‌العاده، به ندرت مطرح می‌شود. با این حال روشن کردن بخش‌ها و محل‌های خاص و تعیین‌کننده‌ای به شرح زیر ضرورت دارد:

الف– تونل‌ها

ب– تقاطع‌ها و تبادل‌ها

پ– پل‌های طولانی یا باریک

ت– نزدیک شهرها و مرکزهای جمعیتی، صنعتی، کشاورزی و آموزشی

ث– محوطه‌های پارکینگ، استراحت و تأسیسات جانبی

ج– علائم راهنمایی دروازه‌ای

چ– ایستگاه‌های اخذ عوارض

ح– نقاط مه‌گیر

خ– نقاط پرتصادف

روشن‌کردن بقیه راه، به ویژه با توجه به آن که انتخاب نیمرخ‌های طولی و عرضی با استاندارد بالا، امکان استفاده هر چه مؤثرتر از نور چراغ خودرو را فراهم می‌کند، عملاً لزومی ندارد.

روشن‌کردن تونل‌ها (در روز و شب) همواره لازم است مگر در حالتی که تونل بسیار کوتاه و مستقیم باشد. تنظیم روشنایی ورودی و خروجی، مستلزم رعایت دقت‌های خاص است.

ضرورت روشن‌کردن تقاطع‌ها تابع طرح تقاطع و حجم ترافیک است. در تقاطع‌هایی که فاقد مسیربندی است، معمولاً روشنایی منظور نمی‌شود. بر عکس، تقاطع‌های مسیربندی شده، به ویژه تقاطع‌های چند راهه، نیازمند روشنایی است، زیرا نور چراغ خودرو، قادر به مشخص کردن جزیره‌ها و راه‌های اتصالی (گردشی) از حداقل فاصله لازم نیست. روشن کردن تقاطع با راه‌آهن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

روشن‌کردن تبادل نیز مطلوب و گاهی لازم است. این کار موجب می‌شود که راننده نه تنها خود راه، بلکه مجموعه تبادل را مشاهده و مسیر مورد نظر خود را به دقت تشخیص دهد. مشاهده به موقع و واضح سایر خودروهایی که به نحوی بر رفتار راننده اثر می‌گذارد، مزیت دیگری است. روشن‌نکردن تبادل، موجب می‌شود که کارایی آن در شب، نسبت به روز، به میزان قابل ملاحظه‌ای تنزل کند. در هر صورت بخش‌های خطرآفرین باید با روشنایی یا حداقل نصب شب‌نما، از فاصله لازم به وضوح دیده شود. هر چه حجم ترافیک سراسری و ورودی و خروجی بیشتر باشد، ضرورت روشن‌کردن تبادل، بیشتر و نتایج آن چشمگیرتر است.

۵-۶-۲- طراحی و نصب واحدهای روشنایی

روشن‌کردن تونل‌ها و محل‌های خاص راه، از طریق نصب واحدهای روشنایی در دیوار یا طاق تونل، کنار و میانه راه و پل انجام می‌شود.

تعداد واحدهای روشنایی به میزان روشنایی مورد نیاز، نوع واحد نورده (لامپ)، فاصله واحدها و عوامل دیگر بستگی دارد. واحدهای روشنایی کنار راه و پل، بر روی تیرهای فلزی یا بتنی نصب می‌شود. از آنجا که این تیرها، خود مانع خطرناکی است، لذا هر چه تعداد آنها کمتر اختیار شود، بهتر است.

درباره واحدهای روشنایی و محل نصب آن، باید نکته‌های زیر را مورد توجه قرار داد:

الف – طرح واحدهای روشنایی باید با رعایت حداکثر کارایی، زیبایی و ایمنی، انجام شود. طراحی نباید به گونه‌ای باشد که توجه راننده را از رانندگی به سوی تأسیسات روشنایی منحرف و جلب کند. پایه‌ها نباید مانع دید علائم و چراغ‌های راهنمایی باشد.

ب – هماهنگ‌کردن طرح روشنایی و چراغ‌ها و علائم راهنمایی ضرورت دارد. آثار این تأسیسات بر محیط اطراف، باید به دقت بررسی شود.

پ – بهتر است پایه‌های روشنایی در خارج از ناحیه عاری از مانع نصب شوند، چنانچه پایه‌های روشنایی در داخل ناحیه مذکور نصب شده باشند (مانند میانه)، باید پشت حفاظ ایمنی قرار گیرند. در مورد حفاظ بتنی می‌توان، پایه‌های روشنایی را در پشت یا بالای آن نیز نصب کرد. در صورت نصب پایه روشنایی در بالای حفاظ صلب، تمهیدات لازم از جمله افزایش ضخامت حفاظ بتنی جهت استقرار ایمن پایه و کاهش احتمال واژگونی وسایل نقلیه سنگین (بدلیل حذف شیب دیواره حفاظ صلب بدلیل افزایش ضخامت) در نظر می‌گیرند. بدلیل اقتصادی، ضخامت حفاظ می‌تواند به تدریج در طول حفاظ افزایش و سپس کاهش داده شود. فاصله جبهه حفاظ ایمنی تا پایه‌ها، باید دست کم ۱/۵ برابر انعطاف‌پذیری عرضی حفاظ باشد. با توجه به فاصله متعارف پایه‌ها از لبه سواره‌رو، باید همواره در امتداد آن حفاظ در نظر گرفته شود. پایه روشنایی را در صورت امکان نباید در دماغه رابط نصب کرد، در غیر این صورت باید پایه را به وسیله ضربه‌گیر، بی‌خطر کرد.

ت – در محل‌هایی که روشنایی منظور می‌شود، علی‌القاعده رانندگان از چراغ کوچک یا نور پایین استفاده می‌کنند. به این جهت، برای علائم راهنمایی دروازه‌ای در صورت امکان، روشنایی در نظر گرفته می‌شود، زیرا این علائم به وسیله نور پایین خودرو، از فاصله لازم قابل رؤیت نیست.

ث – برای استفاده هر چه بیشتر از روشنایی (رعایت ارزانی) و به حداقل رساندن خیرگی نامطلوب، لامپ‌ها در ارتفاع حداقل ۹ متر نصب می‌شود. با انتخاب پایه‌های با ارتفاع بیشتر (۱۲ تا ۱۵ متر) روشنایی یکنواخت‌تر، حاصل می‌شود. برای روشن‌کردن محوطه‌های بزرگ، گاهی از برج‌هایی به ارتفاع ۳۰ متر نیز استفاده می‌شود.

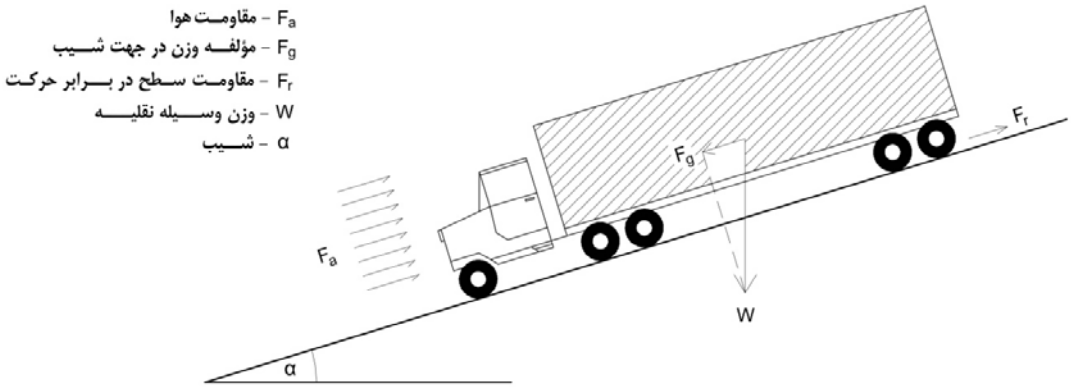
ج – پایه‌های روشنایی را باید در داخل قوس‌های افقی تند رابطها و گردراهه‌ها نصب کرد (احتمال برخورد وسایل نقلیه با پایه-های نصب شده در خارج قوس‌های افقی بیشتر است).

چ– در صورت قرارگیری پایه‌های روشنایی در میانه‌های کم عرض با جداکننده بتنی، باید تمهیدات لازم برای حذف تأثیر پایه‌ها بر عملکرد جداکننده بتنی در نظر گرفته شود.

۵-۷- خروجی اضطراری

۵-۷-۱- کلیات

در سرازیری طولانی با شیب زیاد (شکل (۵-۱۹))، خطر خروج اضطراری و عدم امکان کنترل وسایل نقلیه سنگین به علت از دست دادن ترمز، زیاد می‌شود. در چنین شرایطی، ساخت خروجی اضطراری، می‌تواند به کنترل وسیله نقلیه و تأمین ایمنی استفاده‌کنندگان از راه، کمک مؤثری کند. خروجی اضطراری که طبق معیارهای این آیین‌نامه، در محل‌های مناسب، پیش‌بینی و ساخته می‌شود، می‌تواند سرعت وسیله نقلیه را در مسیری جدا از مسیر اصلی راه، کاهش داده و آن را متوقف سازد.



شکل ۵-۱۹- نمایش کامیون و نیروهای وارده در سرازیری

۵-۷-۲- تعیین محل

محل ساخت خروجی اضطراری، بستگی به وضع خاص هر سرازیری از نظر طول، شیب طولی، سرعت و موقعیت مسیر دارد. استفاده از خروجی‌های اضطراری در نواحی با شیب طولی بیشتر از حداکثر شیب طولی مجاز راه یا سرازیری‌های طولانی با شیبی برابر یا نزدیک به حداکثر شیب طولی مجاز در راه‌های شریانی و اصلی جداشده در منطقه کوهستانی ضروری و در سایر راه‌ها باید بررسی شود. در مورد راه‌های ساخته شده، علاوه بر شیب طولی، سرعت عملکردی وسایل نقلیه سنگین، آمار یا گزارش‌های پلیس در خصوص تصادف‌های وسایل نقلیه سنگین، آمار تصادف‌ها با حفاظ‌ها، ریختن روغن ترمز و یا روغن موتور وسایل نقلیه سنگین بر سطح روسازی می‌تواند معیار تعیین ضرورت و محل ساخت خروجی اضطراری در سرازیری باشد.

خروجی اضطراری، باید در محلی قرارگیرد که برای وسیله نقلیه بی‌ترمز، امکان استفاده از آن وجود داشته باشد. مثلاً پیش‌بینی خروجی اضطراری بعد از یک قوس افقی تند نمی‌تواند راه‌حل قابل قبول تلقی شود. تعیین محل خروجی اضطراری، با توجه به عوامل زیر انجام می‌شود:

۱- وضع پستی و بلندی

۲- طول سرازیری

۳- شیب سرازیری

۴- سرعت وسیله نقلیه

۵- آمار تصادف‌ها

۶- اثر زیست محیطی

۷- هزینه

خروجی اضطراری، در محلی ساخته می‌شود که مورد استفاده بیشترین وسایل نقلیه بی‌ترمز قرار گیرد.

در مورد سرازیری‌های طولانی در مسیرهای مستقیم، خروجی اضطراری را می‌توان قبل از شروع قوس‌های افقی تند که وسیله نقلیه سنگین نتواند در سرعت‌های بالا با ایمنی از آن عبور کند، ساخت.

خروجی اضطراری معمولاً در سمت راست مسیر قرار می‌گیرد، ولی در مورد راه‌های مجزّا، در صورت نبودن محل مناسب در سمت راست و وجود آن در سمت چپ، می‌توان خروجی اضطراری را در سمت چپ مسیر پیش‌بینی کرد.

یکی از روش‌های تعیین بهترین محل برای ساخت خروجی اضطراری، استفاده از روش تعیین درجه حرارت ترمز چرخ‌های وسیله نقلیه سنگین است. با این روش، میزان حرارت ترمز در هر نیم کیلومتر، اندازه‌گیری می‌شود. آن بخش از مسیر که درجه حرارت ترمز، کمتر از ۲۶۰ درجه سانتیگراد باشد، می‌تواند ایمن تلقی شود. بنابراین شروع خروجی اضطراری با توجه به سایر شرایط، می‌تواند بعد از محلی باشد که درجه حرارت ترمز از ۲۶۰ درجه سانتیگراد، تجاوز می‌کند.

یکی دیگر از روش‌های تعیین محل مناسب برای خروجی اضطراری، تعیین محلی است که سرعت وسیله نقلیه از حداکثر سرعت برای ورود به خروجی اضطراری، تجاوز نکرده باشد. حداکثر سرعت برای ورود به خروجی اضطراری، ۱۳۰ تا ۱۴۰ کیلومتر در ساعت می‌باشد. البته بهتر است که محل خروجی اضطراری با توجه به وضعیت پستی و بلندی، طوری انتخاب شود که سرعت وسیله نقلیه در موقع ورود به حداکثر تعیین شده فوق نرسیده و در صورت امکان کمتر از آن باشد.

۵-۷-۳- انواع خروجی اضطراری

خروجی‌اضطراری به سه نوع عمده زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

۱- وزنی (سربالایی)

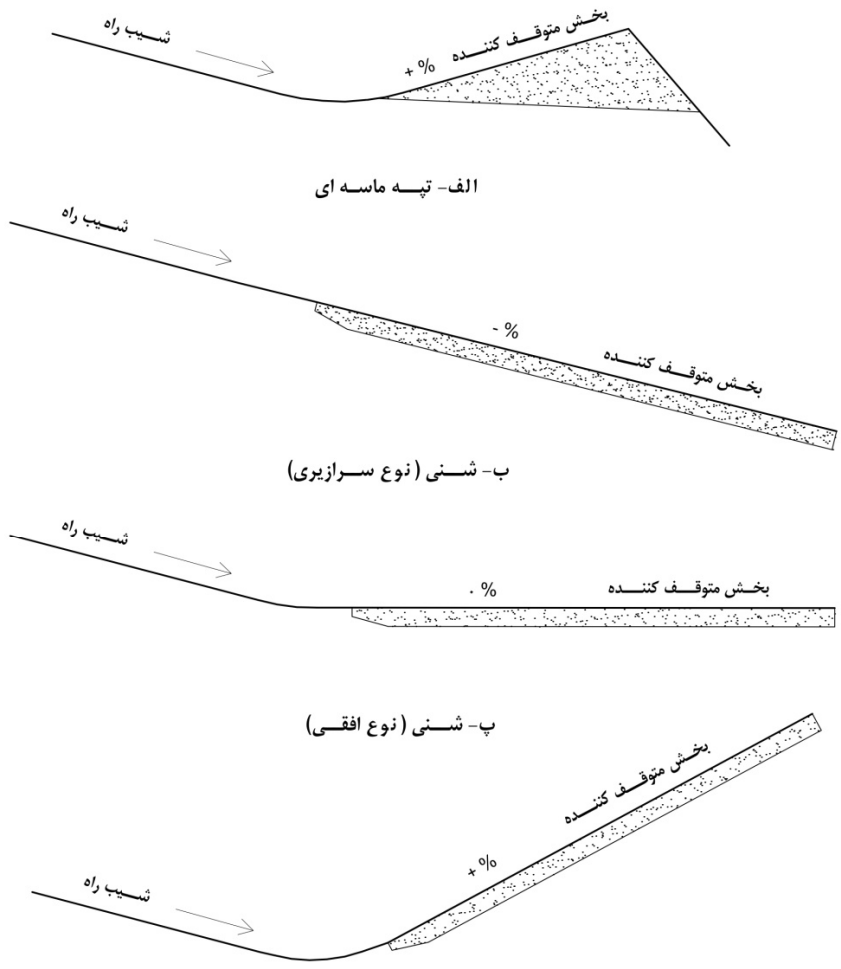
۲- تپه ماسه‌ای (شکل(۵-۲۰-الف))

۳- شنی (شکل‌های (۵-۲۰- ب، پ و ت))

نوع وزنی (استفاده از سربالایی‌ها) می‌تواند دارای روسازی (آسفالتی یا بتنی) باشد. در این نوع خروجی اضطراری، برای توقف وسیله نقلیه از نیروی جاذبه استفاده می‌شود. طول و هزینه ساخت این نوع خروجی نسبتاً زیاد است. این نوع خروجی اضطراری نمی‌تواند مانع برگشت وسیله نقلیه به عقب شود. لذا اگر راننده نتواند با کمک دنده و یا هر امکان دیگری وسیله را متوقف کند، ناچار در موقع عقب رفتن خود را به بلندی کنار مسیر می‌زند.

نوع تپه ماسه‌ای، شامل ماسه نرم و خشک است که در مسیر راه قرار گرفته و حداکثر طول آن، ۱۲۰ متر می‌باشد. وسیله نقلیه با رسیدن به ماسه، در آن فرو رفته و متوقف می‌شود. عیب این نوع خروجی اضطراری در توقف سریع وسیله نقلیه و امکان صدمه‌زدن به راننده و یا وسیله نقلیه در اثر پرتاب شدن بار و سرنشین بوده و بیرون آوردن وسیله نقلیه از تپه ماسه نیز خالی از اشکال نخواهد بود.

نوع شنی که از سنگ گردگوشه یک اندازه، ریخته شده در مسیر خروجی تشکیل شده، از تپه ماسه‌ای بهتر است. این نوع خروجی اضطراری اغلب در کنار مسیر راه و به موازات آن، قرار گرفته است. مصالح متوقف‌کننده از مصالح رودخانه‌ای و یا شکسته نکوبیده، ردشده از الک ۴ سانتی‌متری و مانده روی الک ۲/۵ سانتی‌متری به ضخامت ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر در روی بستر خروجی اضطراری تشکیل می‌شود. بهتر است مسیر برگشت به راه به خوبی مشخص شده باشد تا راننده بعد از توقف و رفع مشکل وسیله نقلیه، بتواند به راه خود ادامه دهد. این نوع خروجی اضطراری می‌تواند به یکی از سه روش نشان داده در شکل (شکل‌های (۵-۲۰- ب، پ و ت)) ساخته شود.



شکل ۵-۲۰- نمونه‌های خروجی اضطراری

بهترین نوع خروجی اضطراری نوع وزنی یا سربالایی (شکل (۵-۲۰-ت)) می‌باشد. شیب سربالایی خروجی اضطراری موجب می‌شود که علاوه بر کمتر شدن طول، بتوان راحت‌تر از آن خارج شد. استفاده از هر یک از انواع خروجی اضطراری، بستگی به شرایط و موقعیت خاص محل آن دارد.

۵-۷-۴- معیارهای طراحی

در طرح خروجی اضطراری، به موارد زیر توجه می‌شود:

۱- برای توقف ایمن وسیله نقلیه، طول خروجی اضطراری باید بتواند انرژی حرکتی وسیله نقلیه را جذب کند.

۲- مسیر خروجی اضطراری، معمولاً مستقیم و یا با انحنای خیلی کم (شعاع زیاد) می‌باشد که راننده بتواند وسیله نقلیه را کنترل کند.

۳- عرض خروجی اضطراری، بسته به احتمال ضرورت بهره‌برداری، از ۴ متر برای یک وسیله نقلیه تا ۸ متر برای دو وسیله نقلیه و گاهی ۹ تا ۱۲ متر، برای بیش از دو وسیله نقلیه در نظر گرفته می‌شود.

۴- مصالح سنگی مورد استفاده، بهتر است تمیز و غیرقابل تراکم و از نوع سنگ گردگوشه (رودخانه‌ای) یکدست به قطر۴ سانتی-متر باشد.

۵- حداقل ضخامت لایه شنی، ۱۰۰ سانتی‌متر است. معمولاً مصالح زیرین این لایه، با خاک آلوده شده و اثر خود را از دست می‌دهد. به این ترتیب، بعد از مدتی فقط ۳۰ سانتی‌متر از کل ضخامت، قابل استفاده خواهد بود. در چنین موردهایی، بهتر است ضخامت لایه، ۱۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود که بعد از آلوده شدن ۳۰ سانتی‌متر از بخش زیرین، باقیمانده به طور مؤثر استفاده شود. برای کمک به میزان شتاب منفی در کاهش سرعت، بهتر است که عمق لایه، به تدریج اضافه شود. عمق لایه شنی، در شروع خروجی اضطراری، برابر ۷/۵ سانتی‌متر است و بعد از ۳۰ تا ۶۰ متر طول به عمق نهایی می‌رسد.

۶- زهکشی و تخلیه آب‌های خروجی اضطراری، برای جلوگیری از یخ‌زدن آب و آلودگی لایه سنگی با گل و خاک، بهتر است به اندازه کافی پیش‌بینی و اجرا شود. برای این منظور، می‌توان شیب عرضی و طولی مناسبی برای بستر خروجی اضطراری و محلی برای تخلیه آب‌های نفوذی پیش‌بینی کرد. علاوه بر آن، می‌توان با اتخاذ روش‌های فنی از ورود آب‌های سطحی به آن جلوگیری و آب‌های سطحی را به خارج هدایت کرد. در جاهایی که نفوذ آب یا آلوده شدن مصالح با مواد نفتی و گازوییل محتمل باشد، بهتر است که بستر خروجی اضطراری با یک لایه بتنی پوشیده شده، برای جلوگیری از آلوده‌شدن خاک به مواد نفتی، مایعات به یک مخزن هدایت شود.

۷- محل ورود وسیله نقلیه به خروجی اضطراری، طوری طراحی می‌شود که ورود وسیله به آن، بی‌خطر باشد. برای این منظور، بهتر است در طرح، تا حد امکان، فاصله دید کافی برای راننده وسیله نقلیه، تأمین شود. تمام طول خروجی اضطراری بهتر است برای راننده وسیله نقلیه، قابل رؤیت باشد. زاویه انحراف به طرف خروجی اضطراری، باید برابر ۵ درجه و یا کمتر باشد. برای ورود به خروجی اضطراری، بهتر است یک خط عبور اضافی پیش‌بینی شود. طرح این نوع خروجی، باید طوری باشد که هر دو چرخ محور جلو با هم وارد قسمت شنی متوقف‌کننده وسیله شود. فاصله این محل از مسیر اصلی، بهتر است به اندازه‌ای باشد که سنگ‌های پرتاب شده در اثر ورود وسیله نقلیه به آن، به مسیر اصلی وارد نشود.

۸- دسترسی به خروجی اضطراری، باید طوری با علائم مشخص شده باشد که راننده وسیله نقلیه بی‌ترمز بتواند فرصت کافی برای عکس‌العمل داشته و امکان استفاده از آن را از دست ندهد. بنابراین نصب علائم کافی برای جلب توجه راننده به منظور آمادگی و استفاده از خروجی اضطراری ضروری است. علاوه بر آن، علائم مقرراتی برای ممانعت از ورود سایر وسایل نقلیه به خروجی اضطراری نصب می‌شود. استفاده از روشنایی برای بهتر مشخص‌کردن محل خروجی اضطراری در شب بسیار مفید است.

۹- بیرون آوردن وسیله نقلیه از خروجی اضطراری شنی مشکل است. پیش‌بینی یک راه جانبی به عرض ۳ متر در کنار خروجی اضطراری، می‌تواند کمک مؤثری در تعمیر و بیرون آوردن وسیله نقلیه گرفتار در شن باشد. این راه طوری طراحی می‌شود که راننده وسیله نقلیه بی‌ترمز، آن را با خروجی اضطراری اشتباه نکند.

۱۰- پایه‌های محکم‌شده در زمین برای استفاده جرثقیل، به منظور خارج‌کردن وسیله نقلیه گرفتار از شن ضروری است. اولین پایه از فاصله ۳۰ متر قبل از شروع قسمت شنی و پایه‌های بعدی به فاصله ۳۰ متر از هم باید نصب و آماده استفاده باشد.

برای محاسبه طول خروجی اضطراری، می‌توان از رابطه (۵-۲۴) استفاده کرد.

$$L = \frac{V^2}{254(R \pm G)} \quad (۵-۲۴)$$

که در آن:

L = طول قسمت متوقف‌کننده (متر)

V = سرعت ورود وسیله نقلیه (کیلومتر در ساعت)

G = شیب بخش متوقف‌کننده خروجی اضطراری (متر در متر) که برای سربالایی مثبت و برای سرپایینی منفی است

R = ضریب مقاومت مصالح بخش متوقف‌کننده خروجی اضطراری که از جدول (۵-۲۸) بدست می‌آید.

جدول ۵-۲۸- ضریب مقاومت مصالح کف راه در مقابل حرکت وسیله نقلیه

مصالح کف راه	مقاومت در مقابل حرکت
روسازی آسفالتی	۰/۱۲
روسازی شنی	۰/۱۵
روسازی خاکی	۰/۳۷
سنگ شکسته نکوبیده خشک	۰/۵۰
شن رودخانه‌ای نکوبیده خشک	۱/۰۰
ماسه نرم خشک	۱/۵
شن یکدست درشت و گردگوشه	۲/۵

مثال:

اگر محل انتخاب شده برای خروجی اضطراری دارای شیب ۱۰+ درصد و سرعت وسیله نقلیه ۱۴۰ کیلومتر در ساعت فرض شود، طول آن برای انواع مصالح به شرح جدول (۵-۲۹) خواهد بود. پلان و نیمرخ طولی یک خروجی اضطراری در شکل (۵-۲۰) نشان داده شده است.

جدول ۵-۲۹- طول خروجی اضطراری (برای مثال ذکر شده)

مصالح کف راه	طول خروجی اضطراری (متر)
روسازی آسفالتی	۳۶۰
روسازی شنی	۳۲۰
روسازی خاکی	۱۷۰
سنگ شکسته نکوبیده خشک	۱۳۰
شن رودخانه‌ای نکوبیده خشک	۷۰
ماسه نرم خشک	۵۰
شن یکدست درشت و گردگوشه	۳۰

زمانی که در طول خروجی اضطراری، شیب متفاوت باشد (مانند شکل (۵-۲۱))، برای محاسبه استهلاک سرعت در طول هر یک از شیب‌ها می‌توان از رابطه (۵-۲۵) استفاده کرد:

$$V_f^2 = V_i^2 - 254\, L(R \pm G) \quad (۵-۲۵)$$

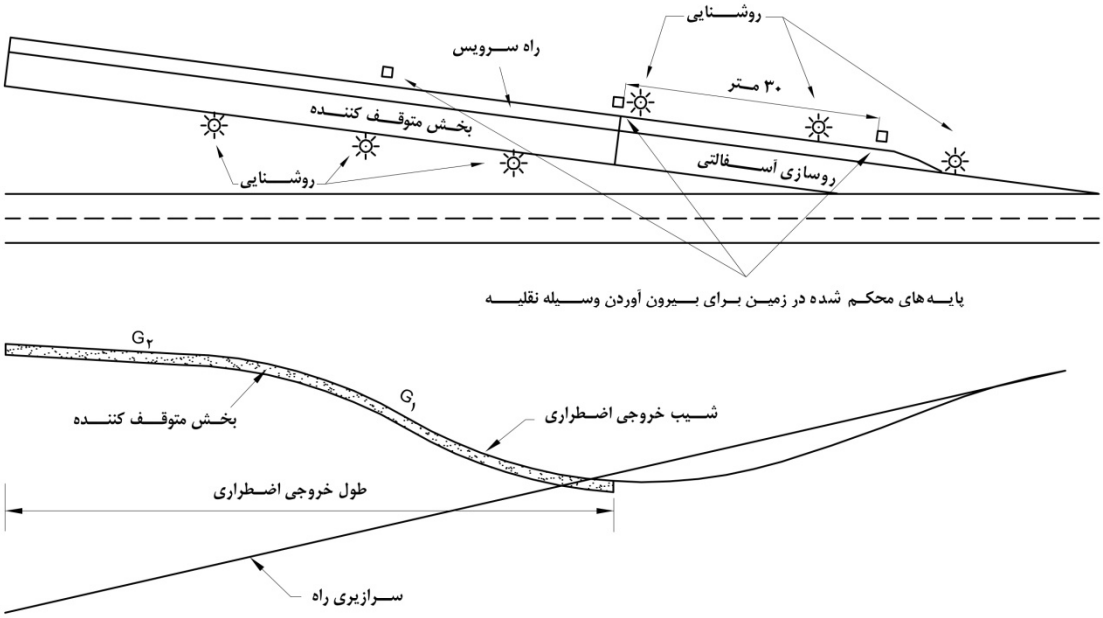
که در آن:

V_f = سرعت وسیله نقلیه هنگام خروج از طول شیب (کیلومتر در ساعت)

V_i = سرعت وسیله نقلیه هنگام ورود به طول شیب (کیلومتر در ساعت)

L = طول شیب (متر)

چنانچه به علت سرعت بیش از حد و یا به هر دلیل دیگر، وسیله نقلیه در طول و انتهای خروجی اضطراری متوقف نشود، پیش‌بینی لازم برای توقف کامل وسیله نقلیه به نحوی که موجب فرو ریختن بار و صدمه به راننده نشود، ضروری است. یکی از روش‌ها، پیش‌بینی یک شیب تند ۲:۳ (۲ قائم و۳ افقی) در انتهای خروجی و به ارتفاع ۰/۶ تا ۱/۵ متر از مصالح شنی و روش دیگر استفاده از یک ردیف بشکه‌های له شدنی پر از ماسه نرم می‌باشد.



شکل ۵-۲۱- نمونه پلان و نیمرخ طولی یک خروجی اضطراری

۵-۸- محوطه‌های کنترل ترمز

از توقفگاه‌ها یا بیرون‌رفتگی‌ها در ابتدا و قبل از شروع سرازیریها می‌توان به عنوان محوطه‌های کنترل ترمز یا محوطه‌های ایست اجباری برای فراهم کردن فرصتی برای راننده به منظور بازرسی تجهیزات خودرو و اطمینان از داغ نبودن زیاده از حد ترمزها در شروع سرازیری استفاده کرد. بعلاوه اطلاعات مربوط به شیب و محل خروجی اضطراری را می‌توان بوسیله تابلوها اطلاع رسانی کرد. عرض محوطه کنترل ترمز را باید به گونه‌ای در نظر گرفت که حداقل امکان عبور یک خودروی سنگین را از سمت چپ خودروی دیگر در محوطه کنترل ترمز فراهم سازد.

فصل ششم

نیمرخ‌های عرضی راه و ابنیه

۶-۱- کلیات

نیمرخ عرضی، نشان‌دهنده ابعاد و شیب عرضی سواره‌رو، شانه‌ها و میانه راه (در صورت وجود میانه)، شیب عرضی شیروانی خاکبرداری یا خاکریزی و موقعیت نهرهای جانبی است. اجزاء نیمرخ عرضی در شکل‌های (۶-۱) و (۶-۲) نمایش داده شده است.

نیمرخ‌های عرضی، بسته به عملکرد راه، پستی و بلندی منطقه و موقعیت قرارگرفتن در مسیر (مستقیم یا قوس افقی) متفاوت است. طبقه‌بندی راه در تعیین تعداد و عرض خط‌های عبور، عرض شانه، شیب شیروانی، شیب و ضرورت وجود یا عدم وجود میانه تأثیر دارد و همچنین قوس افقی در تعیین میزان تعریض خط عبور و بربلندی اثر می‌گذارد.

۶-۲- سواره‌رو

سواره‌رو، قسمتی از سطح نهایی روسازی راه (شنی، آسفالتی یا بتنی) است که برای حرکت و عبور وسایل نقلیه بکار می‌رود. این قسمت از کف راه، از شانه که معمولاً به توقف یا عبور اضطراری خودروها اختصاص دارد، متمایز است. در راه‌هایی که سواره‌رو آسفالتی یا بتنی دارد، شانه، اعم از آنکه رویه‌دار یا بدون رویه باشد، به صورت نواری درکنار سواره‌رو قرار دارد و از آن متمایز است، ولی در رویه‌های شنی، سراسر کف راه (شانه و سواره‌رو) یکپارچه است و نوار واحدی را تشکیل می‌دهد.

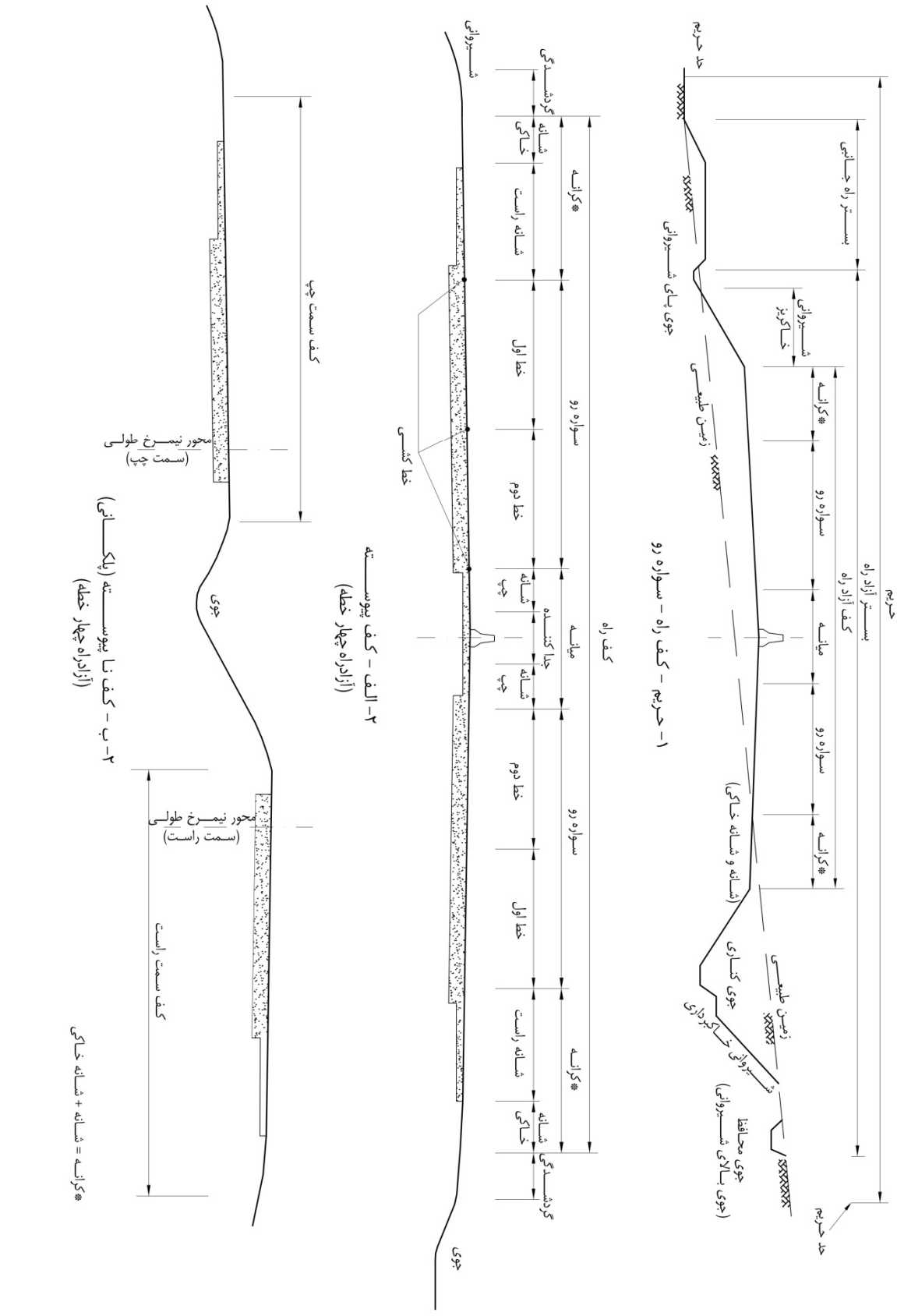
۶-۲-۱- تعداد خطوط و عرض سواره‌رو

تعداد خطوط راه به نوع راه و حجم ترافیک عبوری از آن بستگی دارد. عرض سواره‌رو در ایمنی و آسایش استفاده‌کنندگان از راه اثر دارد. سواره‌رو، برحسب مورد، دارای یک یا چند خط عبور بوده و عرض هر خط عبور بسته به طبقه‌بندی عملکردی راه و موقعیت قرارگرفتن در مسیر (مستقیم یا قوس افقی) متفاوت است. عرض خطوط سواره‌رو تأثیر زیادی بر ایمنی و راحتی رانندگی داشته و در سطح خدمت‌دهی و ظرفیت راه نیز مؤثر است. خطوط باریک باعث می‌شوند که رانندگان خودروهایشان را در فاصله‌ای کم‌تر از میزان مطلوب از کنار یکدیگر حرکت دهند. **در قسمت‌های مستقیم راه‌ها، تعداد خطوط با عرض‌های ذیل برای سواره‌رو باید در نظر گرفته شود:**

- آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها باید حداقل دو خط عبور، برای هر جهت حرکت داشته باشند. عرض یک خط برای قسمت‌های مستقیم مسیر آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها، ۳/۶۵ متر است.

- راه‌های اصلی درجه یک در هر جهت حرکت، دارای یک خط ترافیک عبوری یا بیشتر می‌باشند. حداقل عرض یک خط، ۳/۵ متر است. عرض مطلوب یک خط عبور در راه‌های اصلی درجه یک، ۳/۶۵ متر است.

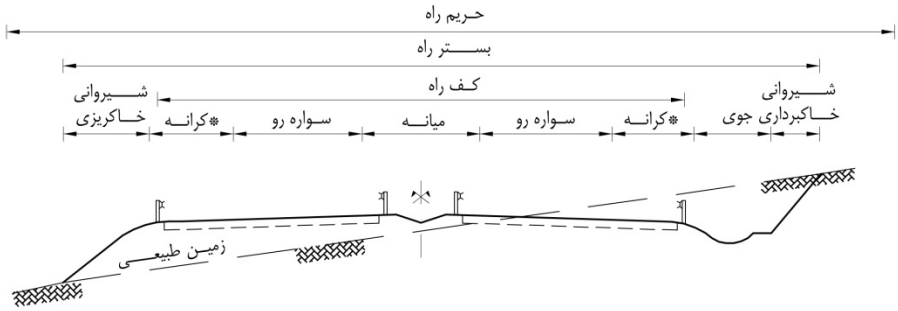
- راه‌های اصلی درجه دو در هر جهت حرکت، دارای یک خط ترافیک عبوری یا گاهی بیشتر می‌باشند. عرض سواره‌رو در راه‌های اصلی درجه دوی دو خطه، مطابق جدول (۶-۱) است. برای راه‌های اصلی درجه دوی چند خطه، حداقل عرض هر خط، برابر ۳/۵ متر است.



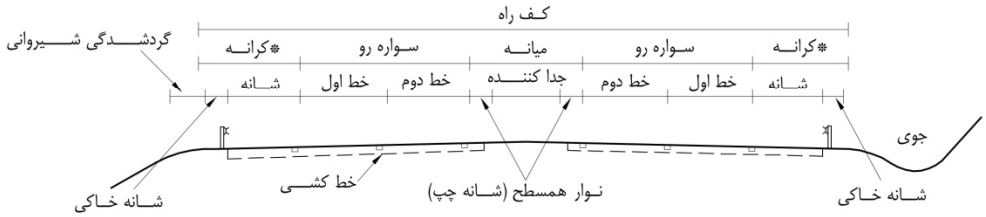
شکل ۶-۱- اجزای نیمرخ عرضی در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها

۱- راه چهار خطه مجزا

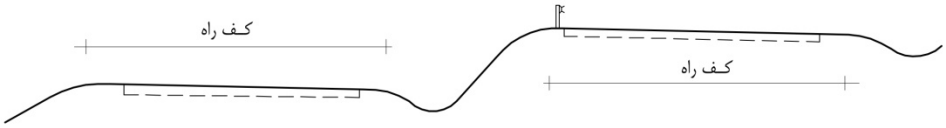
الف- مجموعه حریم



ب- جزئیات مربوط به کف راه در وضع پیوسته

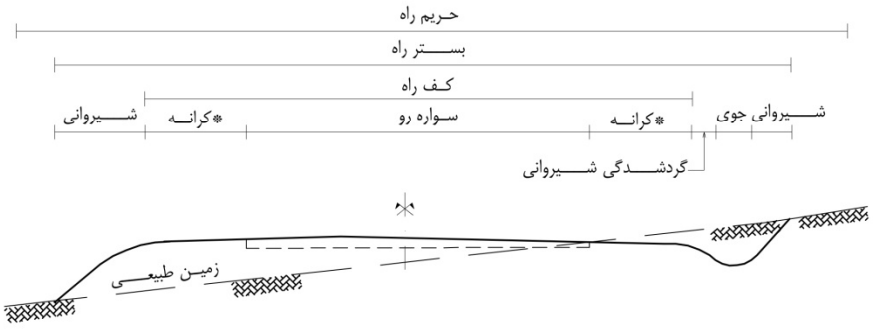


ج- کف راه در وضع پلکانی

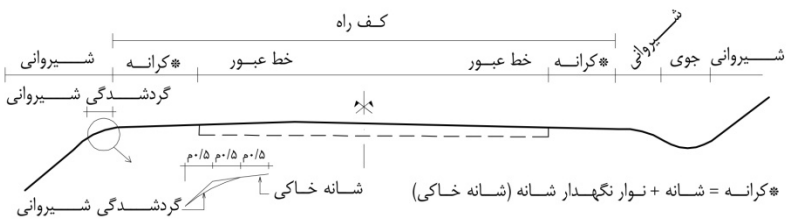


۲- راه دو خطه دو طرفه

الف- مجموعه حریم



ب- جزئیات مربوط به کف راه دوخطه دو طرفه



شکل ۶-۲- اجزای نیمرخ عرضی در راه‌های دو خطه و چهار خطه

- راه‌های فرعی درجه یک و دو، دو خطه می‌باشند. عرض سواره‌رو، مطابق جدول (۶-۲) است.

- راه‌های فرعی درجه سه، یک یا دو خطه می‌باشند. عرض سواره‌رو در راه‌های دسترسی دو خطه، مطابق جدول (۶-۳) است. برای راه‌های فرعی درجه سه یک خطه، حداقل عرض سواره‌رو ۴ متر است.

- عرض خط اضافی ویژه وسایل نقلیه سنگین (کندرو) در سربالایی، برای آزادراه و بزرگراه، ۳/۵۰ متر و برای راه اصلی، ۳/۲۵ متر است.

- عرض خط کمکی و خط ویژه گردش به چپ، ۳ تا ۳/۶۵ متر است (به فصل‌های تقاطع‌ها و تبادل‌ها مراجعه شود).

تبصره ۱. عرض خط‌های ارائه شده در این آیین‌نامه، شامل پهنای نوار خط‌کشی‌های میانی است و شامل اضافه عرض در قوس-های افقی و پهنای نوار خط‌کشی‌های کناری نیست. اضافه عرض قوس‌های افقی، به عرض‌های تعیین شده برای خط عبور، افزوده می‌شود.

تبصره ۲. پهنای نوار خط‌کشی‌های کناری (در راه‌های جداشده خط‌کشی منتهی الیه سمت راست و خط‌کشی کناری مجاور میانه) جزو پهنای شانه می‌باشند و در صورتی که شانه خاکی باشد، باید به اندازه پهنای خط‌کشی یاد شده، شانه رویه‌دار شود.

تبصره ۳. **مقادیر عرض خط‌ها در مسیر، در پل‌های بزرگ و تونل‌ها نیز باید رعایت شود.** کاهش این عرض در موردهای استثنایی مستلزم کسب مجوز مربوط است.

تبصره ۴. هرگونه تغییر در عرض سواره‌رو (در موارد استثنایی) تدریجی است و با نصب علائم مشخص می‌شود.

جدول ۶-۱- عرض سواره‌رو در راه‌های اصلی درجه دوی دو خطه

حداقل عرض سواره‌رو (متر)[1] برای احجام طرح مشخص شده (وسیله نقلیه در روز)				
سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)	کمتر از ۴۰۰	۴۰۰ تا ۱۵۰۰	۱۵۰۰ تا۲۰۰۰	بیش از ۲۰۰۰
۶۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۷/۰۰	۷/۳۰
۷۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۷/۰۰	۷/۳۰
۸۰	۶/۵۰	۷/۰۰	۷/۳۰	۷/۳۰
۹۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۳۰	۷/۳۰
۱۰۰	۷/۳۰	۷/۳۰	۷/۳۰	۷/۳۰
۱۱۰	۷/۳۰	۷/۳۰	۷/۳۰	۷/۳۰

۱- در بهسازی راه‌های اصلی درجه دو، چنانچه سوابق ایمنی و وضعیت مسیر رضایت‌بخش باشد، عرض سواره‌رو موجود کفایت می‌کند، به شرطی که از ۶/۵ متر کمتر نباشد.

جدول ۶-۲- عرض سواره‌رو در راه‌های فرعی درجه یک و دو

حداقل عرض سواره‌رو (متر)[1] برای احجام طرح مشخص شده (وسیله نقلیه در روز)				
سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	کمتراز ۴۰۰	۴۰۰ تا ۱۵۰۰	۱۵۰۰ تا۲۰۰۰	بیش از ۲۰۰۰
۳۰	۶/۰۰[2]	۶/۰۰	۶/۵۰	۷/۳۰
۴۰	۶/۰۰[2]	۶/۰۰	۶/۵۰	۷/۳۰
۵۰	۶/۰۰[2]	۶/۰۰	۶/۵۰	۷/۳۰
۶۰	۶/۰۰[2]	۶/۵۰	۶/۵۰	۷/۳۰
۷۰	–	۶/۵۰	۶/۵۰	۷/۳۰
۸۰	–	۶/۵۰	۶/۵۰	۷/۳۰
۹۰	–	–	–	۷/۳۰
۱۰۰	–	–	–	۷/۳۰

۱- در بهسازی راه‌های فرعی درجه یک و دو، چنانچه سوابق ایمنی و وضعیت مسیر رضایت‌بخش باشد، عرض سواره‌رو موجود کفایت می‌کند، به شرطی که از ۶/۵ متر کمتر نباشد.

۲- برای راه‌هایی که حجم طرح آنها کمتر از ۲۵۰ وسیله نقلیه در روز باشد، می‌توان از حداقل عرض ۵/۵ متر استفاده کرد.

جدول ۶-۳- عرض سواره‌رو در راه‌های فرعی درجه سه

حداقل عرض سواره‌رو (متر)[1] برای احجام طرح مشخص شده (وسیله نقلیه در روز)				
سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	کمتر از ۴۰۰	۴۰۰ تا ۱۵۰۰	۱۵۰۰ تا۲۰۰۰	بیش از۲۰۰۰
۲۰	۵/۵۰	۶/۰۰[1]	۶/۰۰	۶/۵۰
۳۰	۵/۵۰	۶/۰۰[1]	۶/۵۰	۷/۳۰[2]
۴۰	۵/۵۰	۶/۰۰[1]	۶/۵۰	۷/۳۰[2]
۵۰	۵/۵۰	۶/۰۰[1]	۶/۵۰	۷/۳۰[2]
۶۰	۵/۵۰	۶/۰۰[1]	۶/۵۰	۷/۳۰[2]
۷۰	–	۶/۵۰	۶/۵۰	۷/۳۰[2]
۸۰	–	۶/۵۰	۶/۵۰	۷/۳۰[2]

۱- برای راه‌هایی‌کوهستانی با حجم طرح ۴۰۰ تا۶۰۰ وسیله نقلیه در روز، می‌توان از سواره‌رو به عرض ۵/۴ متر و شانه به عرض ۰/۶متر استفاده کرد.

۲- در بهسازی راه‌های فرعی درجه سه، چنانچه سوابق ایمنی و وضعیت مسیر رضایت‌بخش باشد، عرض سواره‌رو موجود کفایت می‌کند، به شرطی که از ۶/۵ متر کمتر نباشد.

۶-۲-۲- شیب عرضی سواره‌رو

شیب عرضی برای تخلیه و هدایت آب از سطح رویه به خارج از مسیر می‌باشد. میزان شیب عرضی در قسمت‌های مستقیم و قوس‌های افقی با شعاع بزرگ که احتیاج به بربلندی نداشته باشد، به طبقه‌بندی عملکردی راه، نوع رویه، تعداد خط‌های عبور، شرایط

جوی منطقه عبور راه و بالاخره سرعت طرح بستگی دارد. شیب عرضی برای رویه‌های آسفالتی و بتنی جدید و روکش‌ها، ۱/۵ تا ۲/۵ درصد و برای رویه‌های شنی ۳ تا ۵ درصد است. شیب عرضی سواره‌رو در قسمت‌های مستقیم تونل‌ها، یک تا ۱/۵ درصد است.

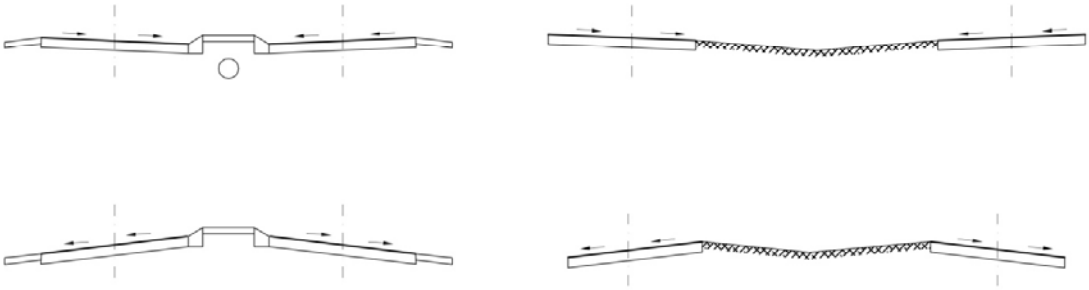
از نظر کنترل و هدایت خودرو، بهتر است شیب عرضی سواره‌رو کمتر از ۲ درصد باشد. شیب‌های عرضی تندتر از ۲ درصد از نظر تخلیه آب بارش، مطلوب‌تر است. برای مناطقی مانند نواحی معتدل ساحلی که نزول باران‌های شدید و سیل‌آسا، حالت غالب دارد، بهتر است از حد بالای شیب عرضی، و برای مناطق خشک با بادهای شدید، از حد پایین شیب عرضی استفاده کرد. برای مناطق سردسیر با برف و یخبندان مکرر و برای سرعت طرح بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت نیز بهتر است از شیب عرضی کمتر استفاده شود.

حداکثر اختلاف جبری شیب عرضی میان دو خط مجاور دارای جهت حرکت ترافیک مخالف، از ۴ و ۶ درصد به ترتیب در پروژه‌های نوسازی و بهسازی تجاوز نکند. حداکثر اختلاف جبری شیب عرضی میان دو خط مجاور دارای جهت ترافیک یکسان در راه‌های جدا شده، از ۴ درصد تجاوز نکند.

در راه‌های دو خطه دو طرفه، شیب عرضی یادشده، از محور راه به طرفین آن اعمال می‌شود. در قسمت‌های مستقیم راه‌های چند خطه غیرمجزا، می‌توان برای خط عبور طرف بالاتر نیمرخ عرضی از شیب عرضی کمتر استفاده کرد و در خط یا خط‌های عبور طرف پایین‌تر، شیب عرضی را افزایش داد.

در راه‌های مجزا، برحسب مورد و با توجه به امکان، می‌توان سواره‌رو هر طرف عبور را در یک جهت یا دو جهت، شیب عرضی داد و آب سطح سواره‌رو را در میانه، طرفین راه یا هر دو تخلیه کرد. گزینه‌های مختلف در شکل (۶-۳) نشان داده شده است. استفاده از شیب دو جهته برای سواره‌روی هر طرف، در نقاط پر برف و یخ، برتری دارد و در نقاط پر باران نیز سبب تخلیه سریع آب می‌شود. در این روش، اختلاف ارتفاع در عرض سواره‌رو به حداقل می‌رسد ولی تخلیه آب در میانه راه مستلزم هزینه‌های اضافی است. این هزینه‌ها برای حالتی نیز که تمامی خط‌های سواره‌رو به طرف میانه سرازیر باشد، وجود دارد. عیب خاص حالت اخیر این است که خط سمت چپ که برای سبقت و سرعت‌های بالاتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، به صورت محل گذر و تخلیه آب تمامی خط‌های عبور در می‌آید و برای مناطق پرباران، نامطلوب و خطرناک است.

الف- شیب عرضی دو طرفه برای سواره روی هر جهت عبور



ب- شیب عرضی یک طرفه برای سواره روی هر جهت عبور

شکل ۶-۳- گزینه‌های مختلف شیب عرضی سواره‌رو

۶-۳- شانه

شانه، بخشی از کف راه است که در طرفین سواره‌رو قرار می‌گیرد و برای توقف اضطراری خودروها به کار می‌رود. لایه شانه، نوعی نگهدار برای لایه‌های آستر و رویه راه است.

علاوه بر این، شانه راه دارای مزایای زیر است:

۱- ایجاد نوعی فرصت و راه نجات و کاهش شدت تصادف برای خودرویی که به هر دلیل از سواره‌رو منحرف شده است.

۲- ایجاد احساس پهن بودن نوار عبور، آسایش و آسودگی ناشی از آزادی عمل در رانندگی

۳- افزایش فاصله دید در داخل قوس‌های برش‌ها و در نتیجه افزایش ایمنی

۴- افزایش ظرفیت

۵- فراهم‌آوردن محلی برای انباشتن برف حاصل از برف‌روبی سواره‌رو در برش‌های مناطق برف‌گیر

۶- فراهم‌کردن فاصله آزاد جانبی علائم از لبه سواره‌رو

۷- هدایت آب بارش جاری شده از سواره‌رو

۸- فراهم‌کردن محل «پیاده‌رو» و «دوچرخه‌رو»

علاوه بر شانه، منظورکردن نوار نگهدار شانه (شانه خاکی) از شسته شدن لبه خارجی شانه جلوگیری می‌کند و همچنین محل مناسبی را برای نصب علائم فراهم می‌کند. عرض این نگهدار خاکی، حداقل ۵۰ سانتی‌متر است که با ۵۰ سانتی‌متر از شیروانی مجاور، پیوند قوسی (گردشدگی) دارد.

شانه باید هم‌سطح سواره‌رو باشد. در صورت تفاوت رویه شانه با رویه سواره‌رو، اختلاف سطح می‌تواند حداکثر ۱/۵ سانتی‌متر باشد. شانه باید در محل ابنیه نیز همانند سایر قسمت‌های راه ادامه یابد. ابنیه فنی بزرگ

و طویل (پل‌های با طول بیشتر از ۱۰۰ متر و تونل‌ها)، از این قاعده مستثنی است. در چنین موردهایی، به علت‌های اقتصادی و با تصویب کارفرما، بخشی از شانه به پیاده‌رو (غیرهمکف) تبدیل‌شود. این گونه تغییر و تبدیل‌ها کاملاً تدریجی و همراه با نصب علائم و تجهیزات ایمنی کافی اعمال می‌شود.

استفاده از شانه، برای پیاده‌رو و دوچرخه‌رو، در حالت کلی خالی از اشکال نیست، چه این کار علاوه بر افزایش احتمال تصادف، شانه را از ایفای نقش اصلی خود باز می‌دارد. برای ترافیک کم پیاده، دوچرخه و راه‌های کم اهمیت، ایجاد مسیر جدا برای پیاده و دوچرخه ضرورت ندارد. **در غیر این صورت، باید معابر ایمن پیش‌بینی شود.** در مورد تسهیلات پیاده، به فصل چهارم مراجعه شود.

عرض شانه طرفین راه برای انواع مختلف راه‌ها در جدول (۶-۴) آورده شده است.

جدول ۶-۴- عرض شانه طرفین راه‌ها

نوع راه		تعداد خط عبور	عرض شانه(متر)	
			راست	چپ
آزادراه و بزرگراه		۴	۳/۰۰[۱]	۱/۵۰[۲]
آزادراه و بزرگراه		۶ یا بیشتر	۳/۰۰[۱]	۲/۰۰[۲]
راه اصلی درجه یک جداشده		۴	۲/۴-۳	۱/۵۰[۲]
راه اصلی درجه یک جداشده		۶	۲/۴-۳	۲/۰۰[۲]
راه اصلی درجه یک دو خطه		۲	۱/۸۵-۲/۸۵	۱/۸۵-۲/۸۵
راه اصلی درجه دو	ADT سال طرح			
	کمتر از ۴۰۰	۲	۱/۲۰	۱/۲۰
	بین ۴۰۰ تا ۲۰۰۰	۲	۱/۸۵	۱/۸۵
	بیشتر از ۲۰۰۰	۲	۲/۴۰	۲/۴۰
راه فرعی	ADT سال طرح			
	کمتر از ۴۰۰	۲	۰/۶۵	۰/۶۵
	بین ۴۰۰ تا ۱۵۰۰	۲	۱/۵۰	۱/۵۰
	بین ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰	۲	۱/۸۵	۱/۸۵
	بیشتر از ۲۰۰۰	۲	۲/۴۰	۲/۴۰

۱- چنانچه حجم وسایل نقلیه سنگین در ساعت طرح در یک جهت از ۲۵۰ وسیله نقلیه در ساعت تجاوز کند، عرض شانه راست، باید حداقل ۳/۶۵ متر باشد.
۲- برای عرض شانه خاکی به ردیف (۶-۸-۲-ت) مراجعه شود.
تبصره: در صورت رویه‌دار کردن بخشی از شانه در راه‌های اصلی درجه ۲ و فرعی، بقیه عرض بدون رویه بخشی از شانه خاکی محسوب شده و نیازی به شانه خاکی جداگانه نیست.

۶-۳-۱- شیب عرضی شانه

شیب عرضی شانه‌های رویه‌دار (آسفالتی یا بتنی) در قسمت‌های مستقیم و قوس‌های افقی باز، ۴ تا ۵ درصد و شانه‌های شنی، ۵ تا ۶ درصد تعیین می‌شود. **در محل‌هایی که سواره‌رو، دارای شیب عرضی یکسره یا بربلندی باشد، مقدار و جهت**

شیب عرضی شانه را باید به نحوی تعیین کرد که اختلاف جبری شیب شانه و سواره‌رو از ۸ درصد بیشتر نشود.

برای تخلیه سریعتر آب باران، بهتر است شیب عرضی شانه حداقل ۱ درصد بیشتر از شیب سواره‌رو مجاور باشد. شیب عرضی شانه در تونل‌ها، برابر شیب عرضی سواره‌رو خواهدبود.

۶-۳-۲- رویه‌سازی شانه

رویه‌دار کردن عرض شانه با استفاده از مصالح و ترکیبی که با سواره‌رو متفاوت و کاملاً از آن متمایز باشد، کاری مطلوب و مفید و در راه‌های شریانی اجباری است. رویه‌سازی شانه موجب می‌شود که رانندگان با اطمینان خاطر بیشتری از شانه برای توقف و حتی عبور اضطراری استفاده کنند. به علاوه، رویه‌سازی شانه موجب افزایش عمر شانه و روسازی سواره‌رو می‌شود. **در آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی درجه یک، شانه سمت راست رویه‌دار باشد. برای شانه سمت چپ به ردیف (۶-۸-۲-ت) مراجعه شود.** رویه مورد استفاده در شانه، طبعاً زیرباری به سنگینی سواره‌رو نیست و به لحاظ مشخصات و از جمله ضخامت، دارای اندازه‌های پایین‌تری است. در رویه‌های شنی، شانه و سواره‌رو به صورت سطح واحد و یکپارچه است ولی در راه‌هایی که سواره‌رو آسفالتی یا بتنی دارد، شانه (اعم از رویه‌دار یا بدون رویه)، به صورت نواری کاملاً متمایز از سواره‌رو می‌باشد. در حقیقت، شانه رویه‌های شنی (که مربوط به راه‌های فرعی و کم ترافیک است)، تا اندازه‌ای باریکی سواره‌رو را جبران می‌کند و قسمتی از پهنای آن، گاه و بیگاه، برای عبور وسایل نقلیه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اگر رویه سواره‌رو از بتن آسفالتی است، کاربرد آسفالت سطحی که طبق اصول فنی اجرا شده و قیر سطح مصالح رویه را نپوشانده باشد، راه حل خوبی است. ایجاد شانه سبز (چمنی) در محل‌های مناسب نیز راه حل مفید دیگری است.

۶-۴- آماس و نهر جانبی

۶-۴-۱- آماس (جدول آسفالتی)

آماس، برآمدگی‌هایی با مقطع ذوزنقه از آسفالت است که در لبه خارجی شانه رویه‌دار ایجاد می‌شود. ارتفاع آماس‌ها، بر حسب میزان آب و فاصله محل‌های تخلیه متفاوت است. انواع سه گانه آن دارای ارتفاع‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر بوده و برای جلوگیری از شسته شدن شیروانی خاکریزی، علاوه بر نوار نگهدارنده (شانه خاکی)، ایجاد جدول آسفالتی در کنار شانه آسفالتی مفید است تا به این ترتیب، آبی که از کف راه به لبه شانه می‌رسد، بر شیروانی نغلتد، بلکه در امتداد جدول آسفالتی به حرکت در آید و پس از رسیدن به نقاط مناسب در جویی تخلیه شود.

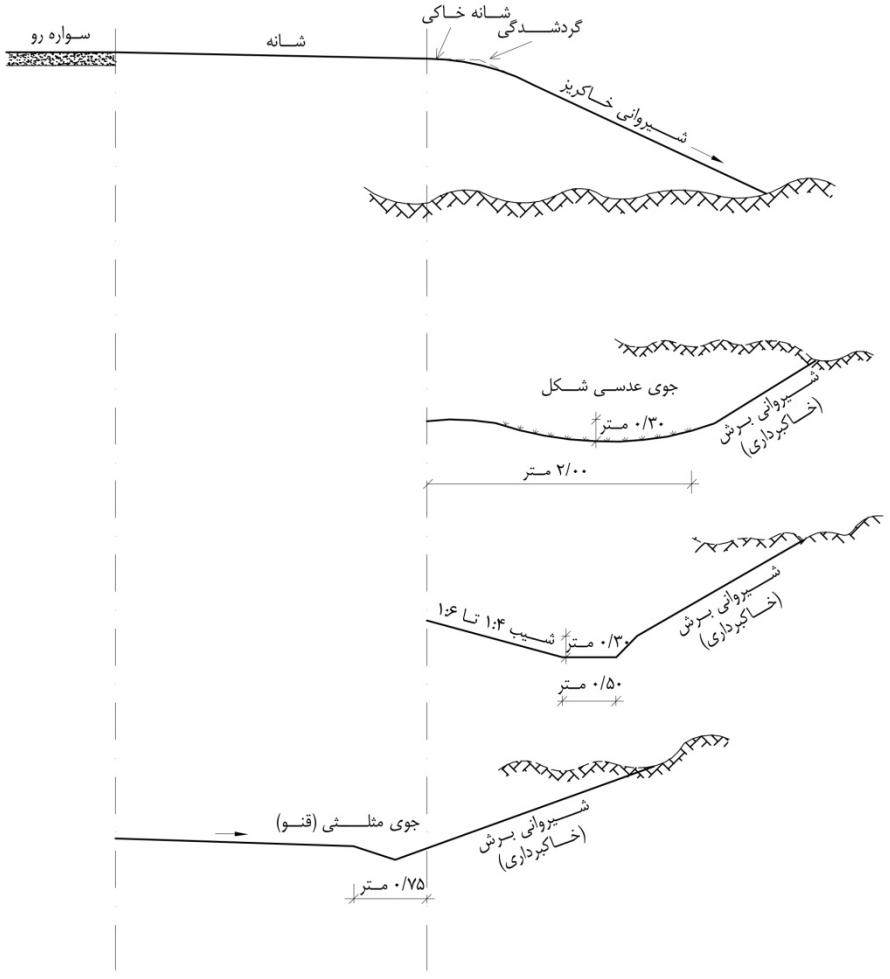
کاربرد این جدول می‌تواند در جای خود قابل توصیه باشد ولی در نقاط مرطوب و پرباران که هم سبزشدن طبیعی موجب تحکیم شیروانی‌ها می‌شود و هم جلوگیری از تخلیه هر چه سریع‌تر آب باران‌های سیل‌آسا از سطح راه، سبب تجمع آب در کف راه و کمک به ایجاد پدیده خطرناک چرخیدن چرخ بر سطح آب می‌شود، یا در نقاط خشک و بسیار کم باران استفاده از جدول آسفالتی (آماس) ضرورتی ندارد.

۶-۴-۲- نهر جانبی (جوی کناری)

آب حاصل از بارش (ریزش باران و آب شدن برف و یخ) بر سواره‌رو و شانه، در امتداد خط بزرگترین شیب کف راه جریان می‌یابد و پس از رسیدن به لبه خارجی این کف، لازم است تخلیه و از راه دور شود.

اگر آب باران در محل دورشدن از کف راه، به شیروانی خاکریزی برسد، ساده‌ترین شیوه تخلیه، غلتیدن آب بر شیروانی خاکریزی (شیروانی روسازی و خاکریزی) است تا به پای آن برسد و به جریانی که در سرازیری حریم به بیرون راه هدایت می‌شود، بپیوندد. این شیوه، فرسایش شانه و شیروانی و به ویژه خط جدایی آن دو را تشدید می‌کند. برای پرهیز از آثار زیانمند آن، از شانه خاکی یا جدول آسفالتی (آماس) می‌توان استفاده کرد. به هرحال برای جلوگیری مؤثرتر از شسته‌شدن و فرسایش شیروانی، بهتر است از پوشش گیاهی یا پوشش ساخته شده با مصالح استفاده شود.

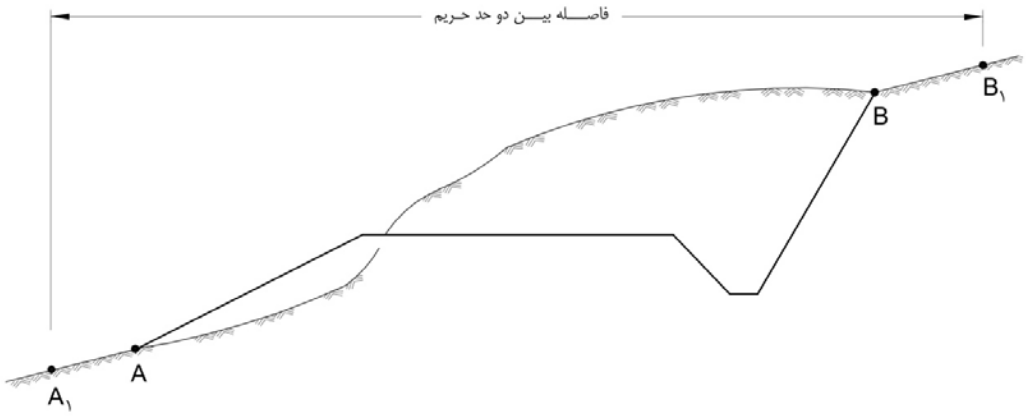
چنانچه راه در خاکبرداری قرار گرفته باشد، آب از لبه به جوی کناری هدایت می‌شود و در طول راه جریان می‌یابد تا به محل مناسبی مانند «آبرو» برسد و از آنجا تخلیه شود. این جوی، بسته به شرایط می‌تواند از نوع پوشش‌دار، خاکی، قنوهای مثلثی شکل و معبر سرپوشیده با مقطع چهارگوش باشد (شکل (۶-۴)).



شکل ۶-۴- نمونه‌های مختلف نهر جانبی

۶-۵- حریم راه

حریم راه عبارت است از زمین‌های بین حد نهایی بدنه راه تا خطی به فاصلهٔ مشخص از محور راه. اگر A و B طبق شکل (۶-۵)، دو حد ساختمانی و A_1 و B_1 دو حد حریم راه باشد، بنا به تعریف یاد شده، حریم راه، عبارت از نوارهای AA_1 و BB_1 و نوار بین مرزA تا مرز B به لحاظ زمین طبیعی، بستر راه و به لحاظ راهی که ساخته شده یا می‌شود، بدنه راه نام دارد.



شکل ۶-۵- حریم راه

براساس مصوبه شماره ۱۶۷۲ مورخ ۱۳۴۶/۰۲/۰۴هیئت وزیران، پنج نوع حریم تعریف شده که به شرح زیر است:

الف: حریم آزادراه

حریم آزادراه عبارت است از اراضی بین حد نهایی بدنه راه تا فاصله ۳۸ متر از محور راه در هر طرف به قسمی که مجموع عرضی بدنه راه و حریم طرفین آن ۷۶ متر شود.

ب: حریم درجه یک

حریم درجه یک عبارت است از زمینهای واقع بین حد نهایی بدنه راه تا فاصله ۲۲/۵ متر از محور راه در هر طرف به قسمی که مجموع عرضی بدنه راه و حریم طرفین آن ۴۵ متر شود.

پ: حریم درجه دو

حریم درجه دو عبارت است از زمینهای واقع بین حد نهایی بدنه راه تا فاصله ۱۷/۵ متر از محور راه در هر طرف به قسمی که مجموع عرضی بدنه راه و حریم طرفین آن ۳۵ متر شود.

ت: حریم درجه سه

حریم درجه سه عبارت است از زمینهای واقع بین حد نهایی بدنه راه تا فاصله ۱۲/۵ متر از محور راه در هر طرف به قسمی که مجموع عرضی بدنه راه و حریم طرفین آن ۲۵ متر شود.

ث: حریم درجه چهار

حریم درجه چهار عبارت است از زمینهای واقع بین حد نهایی بدنه راه تا فاصله ۷/۵ متر از محور راه در هر طرف به قسمی که مجموع عرضی بدنه راه و حریم طرفین آن ۱۵ متر شود.

برای برخی از آزادراه‌های مشخص بنا بر مصوبه هیات محترم وزیران، حریم عبارت است از زمینهای واقع بین حد نهایی بدنه راه تا فاصله ۶۰ متر از محور راه در هر طرف به قسمی که مجموع عرضی بدنه راه و حریم طرفین آن ۱۲۰ متر شود. برای رابطها، حریم درجه یک اعمال شود و برای رابطهای گردراهه در قسمت بیرونی، حریم درجه یک اعمال شده و کلیه قسمتهای داخلی آن جزو حریم می‌باشد.

معمولاً کارفرما، نوع حریم مورد نیاز را مشخص می‌کند. همچنین حریم مربوط به حالتهای خاص، از قبیل راه‌های رفت و برگشت دور از هم، مورد به مورد بررسی و برای آن، پیشنهاد مناسب ارائه می‌شود. در خصوص نوع حریم مورد نیاز باید آخرین ابلاغیه‌ها و بخشنامه‌ها مورد استناد قرار گیرد. در هر صورت، حریم پیشنهادی بهتر است فضای مورد نیاز به هنگام ساختن راه و نیز نگهداری و توسعه و بهسازی بعدی آن را تامین کند. برای بحث‌های تکمیلی در این زمینه به "آیین‌نامه ایمنی راه‌ها- نشریه ۲۶۷" رجوع شود.

۶-۶- ناحیه عاری از مانع

ناحیه‌ای بدون مانع و قابل عبور در کنار راه که بلافاصله از لبه سواره‌رو شروع و در جهت عمود بر راه تا عرض مشخصی که بر اساس حجم ترافیک، سرعت و شیب شیروانی تعیین می‌شود، ادامه می‌یابد. **این ناحیه باید عاری از هرگونه مانع باشد.** شیب شیروانی موجود در این ناحیه نیز باید قابل عبور باشد تا وسیله نقلیه پس از انحراف و خروج از راه، با حرکت روی آن و کمترین خسارت، متوقف یا به مسیر اصلی بازگردد. اطلاعات لازم برای تعیین عرض ناحیه عاری از مانع عبارتند از: میزان شیب شیروانی حاشیه راه، سرعت طرح و ترافیک روزانه طرح محور بر حسب وسایل نقلیه. برای بحثهای تکمیلی در این زمینه به "آیین‌نامه ایمنی راه‌ها- نشریه ۲۶۷" و" دستورالعمل ایمن‌سازی خطرات حاشیه راه" مراجعه شود.

۶-۷- شیروانی

۶-۷-۱- کلیات

در لبه خارجی شانه (یا شانه خاکی) نیمرخ عرضی با شیب، به زمین طبیعی می‌پیوندد. این قسمت، شیروانی خاکریز نام دارد (شکل(۶-۶)). چنانچه راه در خاکبرداری (برش) باشد، پس از جوی کناری، «شیروانی خاکبرداری» آغاز می‌شود که در نقطه انتهایی خود، دیگر بار به زمین طبیعی می‌رسد. هرچه شیروانی ملایم‌تر (کم شیب‌تر) باشد و آرام‌تر با زمین طبیعی پیوند بخورد، راه برای راننده و سرنشین، دلپذیرتر و ایمن‌تر است. شیب شیروانی با توجه به هزینه آن می‌تواند تغییر کند. شیب شیروانی‌های طرفین کف راه، از طریق مطالعات ژئوتکنیک مربوط به جنس خاک‌ها (زمین‌ها)، وضع استقرار طبیعی خاک‌ها در محل (احیاناً با به حساب آوردن سربار ناشی از وسایل نقلیه عبوری)، زیبایی، ایمنی، فرسایش و مطالعات اقتصادی و ایمنی راه تعیین می‌شود. در خاکبرداری‌ها یا خاکریزی‌های کم ارتفاع، استفاده از شیب ملایم‌تر (تا ۱:۱۰) می‌تواند با توجه به افزایش هزینه کمی که دارد از نظر ایمنی راه، ارزنده بوده و اعمال شود.

ترکیب مقدار شیب و ارتفاع شیروانی باید امکان بازیابی را برای وسیله نقلیه فراهم کند. در جایی‌که شرایط محدودکننده (مانند خاکریز بلند، محدودیتهای حریم راه، وجود صخره‌ها، جریان‌های آب و یا سایر ویژگی‌های کناره راه)، امکان در نظر گرفتن فاصله

بازیابی را برای وسیله نقلیه غیرممکن می‌کند، باید حفاظ کنار راه در نظر گرفت. در چنین حالتی مقدار شیب شیروانی خاکریز را می‌توان با توجه به جنس و پایداری خاک انتخاب کرد.

عوامل مؤثر بر شیب شیروانی عبارتند از:

شیبی که به شیروانی خاکریزی داده می‌شود، به عوامل زیر بستگی دارد:

الف – خواص خاک‌هایی که مصرف می‌شود (تراکم پذیری، مقاومت به فرسایش).

ب – ارتفاع خاکریزی

پ – شیب بستر طبیعی خاکریزی (ضرورت کندن شیار و پلکانی‌کردن بستر، قبل از احداث خاکریزی).

ت – حریم راه

ث – هزینه خاکریزی

شیبی که برای شیروانی خاکبرداری در نظر گرفته می‌شود، به عوامل زیر بستگی دارد:

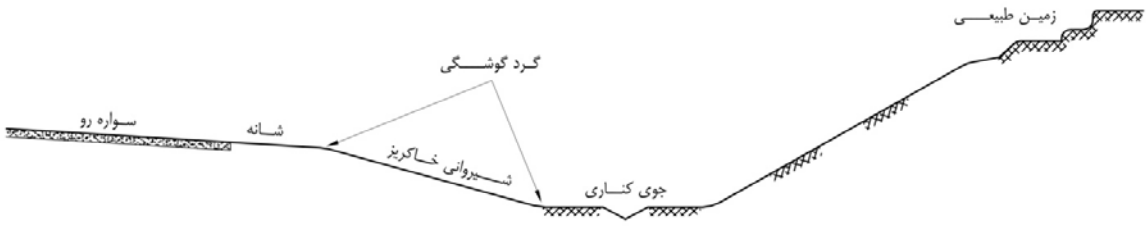
الف – خواص خاک محل خاکبرداری

ب – ارتفاع خاکبرداری

پ – شیب زمین طبیعی

ت – حریم راه

ث – هزینه خاکبرداری



شکل ۶-۶- شیروانی در خاکریزی

۶-۷-۲- اندازه شیب شیروانی

مقدار شیب شیروانی‌ها بر حسب نسبت ارتفاع به طول افقی نظیر در مقیاس یکسان، سنجیده می‌شود. ارتفاع خاکریزی یا خاکبرداری که ملاک تعیین شیب شیروانی قرار می‌گیرد، عبارت است از ارتفاع (فاصله قائم) جسم راه نسبت به زمین طبیعی، که در روی قائم گذرنده بر یکی از دو لبه (سمت چپ یا راست) کف راه، که به شیروانی مورد نظر نزدیکتر است، اندازه‌گیری می‌شود.

برای شیروانی‌های خاکریزی که از نظر ایمنی و تأثیر بر واژگونی وسایل نقلیه منحرف شده از راه بسیار مهم هستند، باید شیب‌های ملایم در نظر گرفت. در صورتی که از نظر اجرایی یا اقتصادی (با لحاظ هزینه افزایش شدت تصادفات) قابل توجیه نباشد، از شیب‌های تند با در نظر گرفتن حفاظ استفاده شود. طراح، همواره راه حل بهینه را که در عین حال پاسخگوی ایمنی، ضوابط هندسی و ژئوتکنیکی باشد، انتخاب و پیشنهاد می‌کند. راه‌حل‌های پیشنهادی به ترتیب اولویت عبارتند از :

۱- شیب‌های ملایم و حذف حفاظ و ایمنی بیشتر راه

در این حالت نباید از شیب‌های تندتر از ۱:۴ (یک قائم و چهار افقی) استفاده شود. البته به شرط آن که عرض ناحیه عاری از مانع در کنار راه تامین شود، می‌توان از ترکیب این شیب‌ها و شیب‌های تندتر نیز استفاده کرد. در آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی با ارتفاع خاکریزی کمتر از ۱/۵ متر، مطلوب آن است که شیب شیروانی‌ها ۱:۶ اجرا شود. جهت مطالب تکمیلی در این خصوص به "آیین‌نامه ایمنی راه‌ها- نشریه ۲۶۷" و "دستورالعمل ایمن‌سازی خطرات حاشیه راه" مراجعه شود.

۲- شیب‌های تند و در نظر گرفتن حفاظ

در صورت عدم امکان اجرای راه‌حل اول و در نظر گرفتن شیب‌های تندتر از ۱:۴ (یک قائم و چهار افقی)، با توجه به ارتفاع و شیب خاکریزی (در صورتی که ارتفاع خاکریزی برای شیب ۱:۳ بیشتر از ۴ متر، ۱:۲ بیشتر از ۱/۵ متر و ۱:۱/۵ بیشتر از ۱ متر باشد) باید از حفاظ مناسب استفاده شود. در صورت در نظر گرفتن حفاظ، شیب خاکریزی به خواص خاک‌هایی که مصرف می‌شود (تراکم پذیری، مقاومت به فرسایش)، شیب بستر طبیعی خاکریزی (ضرورت کندن شیار و پلکانی‌کردن بستر، قبل از احداث خاکریزی)، حریم راه و هزینه خاکریزی بستگی دارد.

بهترین راه حل، از مقایسه اقتصادی، هزینه نصب، نگهداری و خطرات احتمالی حفاظ و افزایش شدت تصادفات در راه حل دوم، با هزینه افزایش حجم خاکریزی در راه حل اول، انتخاب می‌شود.

شیروانی‌های خاکبرداری بهتر است شیبی برابر با ۱:۳ (یک قائم و سه افقی) و یا ملایم‌تر داشته باشند. در صورت استفاده از شیب‌های تندتر، پایداری خاک و ایمنی ترافیک مورد بررسی قرار گیرد. در صورت لزوم در این شیب‌های تندتر باید از دیوار حائل استفاده شود. در خصوص شیب کناره راه در محل برش‌ها، مطلوب آن است که کانال پای پاشنه شیروانی برش‌ها، خارج از ناحیه عاری از مانع باشد. در غیر این صورت، استفاده از حفاظ ضروری است. در این حالت نیز گزینه بهینه با مقایسه اقتصادی و ایمنی انتخاب می‌شود.

تبصره ۱. اگر میانه راه‌های مجزا، بسیار عریض و راه‌های رفت و برگشت، کاملاً دور از هم باشد، شیروانی طرف چپ (سمت میانه)، همانند شیروانی طرف راست خواهد بود و شیب شیروانی طرف میانه هم براساس ضوابطی که در بالا ذکرشد، تعیین خواهد شد.

تبصره ۲. در محل‌هایی که شیروانی، در فاصله کمتر از ۵ متر از حاشیه شانه به زمین طبیعی برسد، بهتر است فاصله ۵ متری از حاشیه شانه منظور و حاشیه شیروانی به آن نقطه با شیب یکنواخت متصل شود.

تبصره ۳. به لحاظ پایداری، در زمین‌های رسی و لای‌دار که در معرض فرسایش قرار دارند، بهتر است از شیب‌های تندتر از ۱:۳ اجتناب شود.

۶-۷-۳- فاصله آزاد شیروانی تا حد حریم

حداقل فاصله آزاد پای شیروانی خاکریزی یا لبه بالای شیروانی خاکبرداری طرفین راه از لبه حریم، ۳ متر و در صورت امکان، ۵ متر است. در برش‌های عمیق، مقادیر این حداقل، بشرح زیر تعیین می‌شود:

الف – برای عمق‌های ۱۰ تا ۱۵ متر، حداقل فاصله آزاد ۶ متر

ب – برای عمق‌های ۱۵ تا ۲۵ متر، حداقل فاصله آزاد ۷/۵متر

پ – برای عمق‌های بیش از ۲۵ متر، یک سوم عمق و حداکثر ۱۵ متر

بنابراین حریم راه‌ها در بعضی از قسمت‌ها با حریم اعلام شده می‌تواند متفاوت باشد. **مطالعه‌کننده باید محل‌هایی که راه به دلیل فوق به حریم بیشتری نیاز دارد، معین و به کارفرما پیشنهاد کند.**

۶-۷-۴- پلکانی کردن شیروانی خاکبرداری

وقتی ارتفاع خاکبرداری (برش)، کمتر از ۶ و حتی تا ۱۰ متر باشد، معمولاً شیروانی برش، به صورت یکسره و یکنواخت بین جوی کناری و زمین طبیعی قرار می‌گیرد. در موردهای لزوم، بعد از جوی کناری، پله‌ای منظور می‌شود تا مصالح حاصل از ریزش، روی آن انباشته و در فواصل معین تخلیه شود و از پرشدن جوی کناری و ایجاد مانع در برابر جریان یافتن و تخلیه آب جلوگیری شود. شیب شیروانی به جنس زمین، نوع لایه‌ها و طرز قرار گرفتن آنها بستگی دارد. در محدوده ارتفاعی ۶ تا ۱۰ متر گاهی ایجاد شیروانی شکسته و انتخاب شیب متناسب با جنس هر لایه، ضرورت پیدا می‌کند.

با افزایش ارتفاع برش و تجاوز آن از ۱۰ متر، بهتر است شیروانی به شکل پلکانی درآید. درحالت کلی عرض پله‌ها، ارتفاع بین پله‌ها و شیب شیروانی حد فاصل پله‌ها، بستگی به مشخصات لایه‌های زمین دارد و می‌تواند مقدار یکنواختی نباشد. هرجا که ممکن است، بهتر است به منظرآرایی توجه و شیب یکنواختی اختیار کرد. **شیب طولی و عرضی پله‌ها، باید طوری باشد که تخلیه متناسب آب بارش را امکان‌پذیر کند. درصورت لزوم باید آب بارش بالای شیروانی را از طریق جوی محافظ بالای شیروانی تخلیه کرد.**

برای پرهیز از انباشتگی فوق‌العاده مصالح ریزشی در مجاورت جوی کناری، بهتر است ارتفاع پله اول را کمتر در نظر گرفت. عرض پله‌ها، به ویژه پله اول، بهتر است به میزانی باشد که ریزش‌ها را بتوان به وسیله ماشین‌های راه‌سازی تخلیه کرد. به این منظور عرض ۴ تا ۶ متر توصیه می‌شود.

۶-۷-۵- گرد کردن لبه شیروانی

گرد کردن لبه شیروانی و به طورکلی تبدیل هر نوع تیزگوشگی نیمرخ عرضی و نقاط شروع و پایان برش‌ها به گردگوشگی، به زیبایی راه و طبیعی نشان دادن مسیر کمک می‌کند.

۶-۸- میانه

۶-۸-۱- کلیات

حد فاصله لبه‌های داخلی سواره‌رو جهت‌های رفت و برگشت یک راه جداشده، میانه نامیده می‌شود. از میانه‌های عریض برای توسعه راه و افزایش خط‌های عبور و یا اختصاص به سیستم حمل و نقل جمعی، می‌توان استفاده کرد. پایه وسطی پل‌های روگذر یا پایه روشنایی می‌تواند در میانه قرار گیرد. از فضای میانه در شرایط خاصی می‌توان برای انباشتن برف حاصل از برف‌روبی نیز استفاده کرد.

میانه‌های پهن و دارای شیب ملایم، برای خودروهایی که به هر دلیل از خط عبور خارج می‌شود، فرصت و محل مناسبی جهت مهار کردن، فراهم می‌کند و به این ترتیب، عامل افزایش ایمنی است. این موضوع به ویژه در آزادراه‌ها اهمیت دارد.

سطح میانه، در حالت کلی پایین‌تر و گاهی بالاتر از کف راه و یا همکف با راه است. در آزادراه‌ها، میانه معمولاً پیوسته است ولی میانه بزرگراه‌ها (در برخی موارد) و راه‌های جداشده، در محل تقاطع‌ها و محل‌های دورزدن، بریدگی دارد. **میانه، به لحاظ جداسازی جریان‌های عبور مخالف، باید با توجه به مطالب زیر در صورت امکان عریض‌تر باشد.**

– عرض میانه باید به اندازه‌ای باشد که ایمنی جریان‌های ترافیکی دو طرف را تأمین کند. مقدار عرض میانه برای ایجاد فضای کافی برای مهار خودروهای خارج شده و عدم ورود به مسیر مقابل و جلوگیری از برخورد نور چراغ خودروهای روبرو مهم و تأثیرگذار است.

– تصرف حریم بزرگتر در زمین‌های بیابانی و بایر، مستلزم هزینه اندک است لیکن در مورد زمین‌های دایر، مسائل و مشکلات اقتصادی و اجتماعی موجب کاهش عریض حریم می‌شود. وجود حریم باریک، طبعاً در نظر گرفتن میانه عریض را مشکل می‌کند ولی در صورت امکان بهتر است حریم با توجه به آینده دور تعیین شود.

– پاره‌ای از هزینه‌های احداث راه و نگهداری آن، با پهنای میانه، نسبت مستقیم دارد. هزینه احداث آبروها، پل‌های روگذر و تقاطع‌ها، از موردهایی است که میانه پهن موجب افزایش آن می‌شود.

– سبزکردن میانه با بوته‌ها و درختان پاکوتاه، سبب آرایش منظر و دلپذیر شدن آن برای استفاده‌کنندگان از راه می‌شود. جلوگیری از برخورد نور چراغ خودروهای روبرو، به وسیله رستنی‌های پاکوتاه یا با استفاده از توری فلزی، تیغه پلی‌اتیلن و سایر مانع‌ها به عمل می‌آید. **درختان با تنه مقاوم، در میانه‌های کم عرض و معمولی (و به طور کلی تا فاصله ۹ متر از لبه هر سواره‌رو) ایجاد خطر می‌کنند و نباید غرس شوند. درصورت وجود چنین درختانی باید آنها را قطع یا به طریق مقتضی محافظت کرد.**

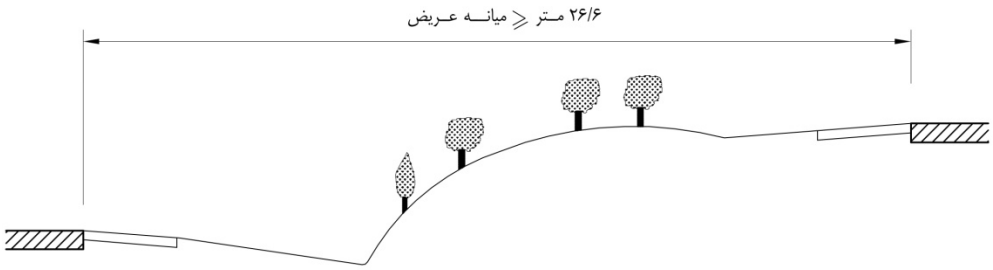
۶-۸-۲- عرض میانه

عرض میانه بهتر است به میزانی باشد که با توجه به توسعه‌های مورد نیاز آینده دور، بتواند وظیفه اصلی یعنی جدا کردن ایمن جریان عبور دو طرف را عملی کند. حداقل عرض میانه در توسعه نهایی راه، برای راه چهار خطه (دو خط در هر جهت)، ۳/۸۰ متر و برای راه شش خطه (سه خط در هر جهت)، ۴/۸۰ متر است. این مقدار، شامل دو شانه ۱/۵ یا ۲ متری در طرفین به ترتیب برای راه چهار خطه و شش خطه و یک نوار ۸۰ سانتی‌متری در وسط برای نصب حفاظ صلب بتنی است. چنانچه از حفاظ نیمه صلب مانند گاردریل استفاده شود، در انتخاب پهنای نوار میانی، باید یک و نیم برابر میزان تغییر شکل مجاز این نوع حفاظ، جایگزین عرض حفاظ بتنی شود. در صورت نصب پایه روشنایی در میانه، طراح باید با توجه به ابعاد پایه‌های روشنایی و نحوه استقرار آن، عرض میانه را تعیین کند. در خصوص نصب پایه‌های روشنایی، به فصل پنجم– ردیف (۵–۶ –۲–پ و چ) رجوع شود.

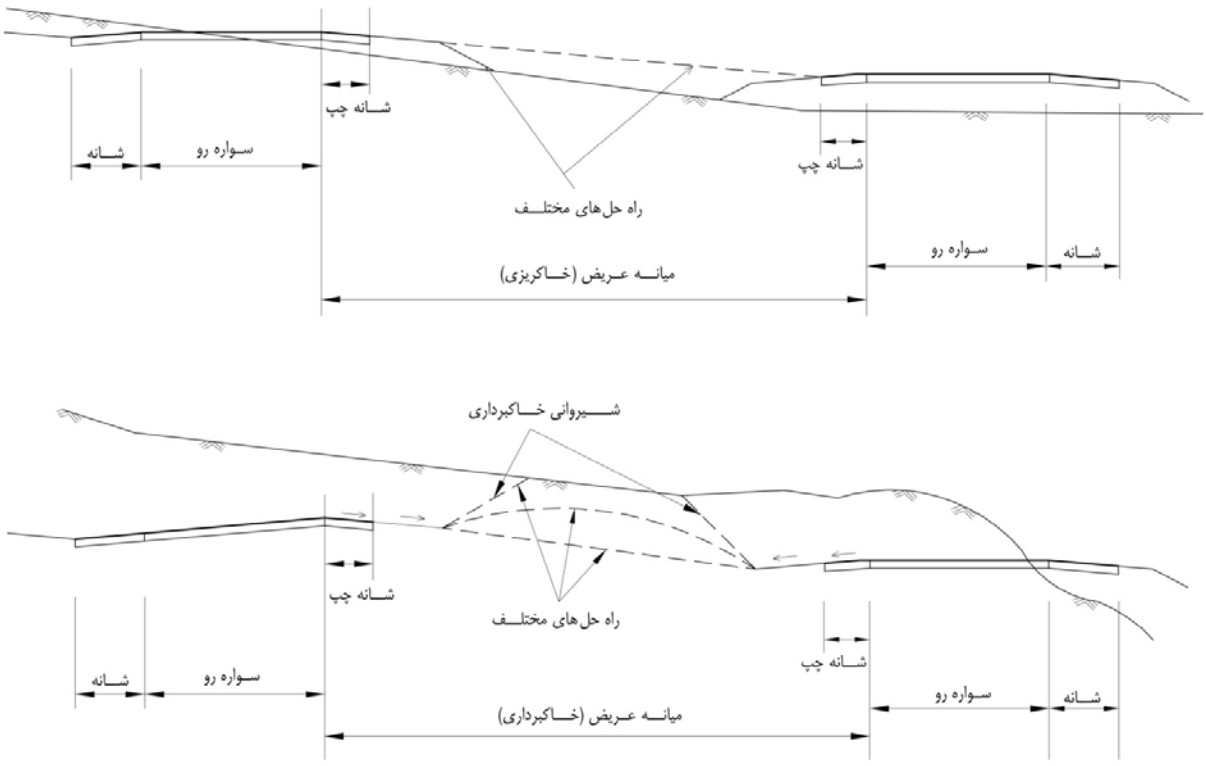
چنانچه فرض شود که راه در آینده، نیاز به تعریض یک خطه عبور در هر طرف داشته و تبدیل به راه شش خطه خواهد شد، عرض میانه راه، حداقل ۱۲/۱۰ متر منظور می‌شود. در این حالت، برای پیش‌بینی توسعه دو خط عبور در آینده دور، عرض میانه حداقل ۱۹/۴۰ متر در نظر گرفته می‌شود.

هدف‌های مورد انتظار از میانه، عملاً در عرض ۱۲ متر حاصل می‌شود. به عبارت دیگر با میانه ۱۲ متر و بالاتر، راه کاملاً مجزا است. بنابراین با فرض منظور کردن دو خط عبور در هر جهت، حداکثر عرض که با آن در آینده دور هم دو مسیر رفت و برگشت کاملاً مجزا باشد، ۲۶/۶ متر می‌باشد.

در میانه‌های ۲۰ متر به بالا و راه‌های دارای میانه (با هر عرضی) که از زمین‌های سراشیب یا پرعارضه می‌گذرد، هر یک از نیمه‌های راه، جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در چنین حالتی به پیش‌بینی حفاظ در میانه نیازی نیست. میانه‌های خیلی عریض بیش از ۲۶/۶ متر مربوط به موردهای خاصی است که وضعیت محیط و مجموعه شرایط دیگر آن را توجیه کند (شکل (۶-۷)). در شکل (۶-۸)، روش‌های مختلف ایجاد میانه عریض نشان داده شده است.



شکل ۶-۷- میانه بسیار عریض



شکل ۶-۸- روش‌های مختلف ایجاد میانه عریض

انتخاب مسیرهای دور از هم برای آزادراه و بعضاً بزرگراه، امری است که در شرایط خاص، از نظر فنی و اقتصادی توجیه‌پذیر است. دراین حالت، میانه ممکن است عرض ثابتی نداشته و در مقطع‌های مختلف، متغیر باشد.

در مورد میانه توجه به نکته‌های زیر ضروری است:

الف – میانه‌های به عرض تا ۴/۸۰ متر، دارای رویه و تا ۷ متر همکف سواره‌رو است.

ب – در میانه‌های به عرض ۱۲ متر به بالا، چنانچه شیب عرضی از ۱:۴ تجاوز نکند و محوطه آن عاری از مانع‌های خطرناک باشد، نصب حفاظ ضرورت ندارد.

پ – با وجود شباهت، جداکننده بیرونی (فاصله لبه خارجی سواره‌رو راه اصلی تا لبه سواره‌رو راه جانبی) را نمی‌توان نوعی میانه نامید.

ت – در صورت نصب اضطراری موانعی همچون پایه پل و پایه انتقال برق یا روشنایی در میانه، باید آثار ناشی از آن به لحاظ ایمنی بررسی و چاره‌جویی‌های لازم (با نصب حفاظ و ضربه‌گیر) به عمل آید.

با توجه به آنچه در مورد عرض میانه ذکر شد، به تناسب کم و زیادی این عرض، شانه چپ در راه‌های با دو خط عبور در هر سمت، یکی از وضعیت‌ها و عرض‌های زیر را خواهد داشت.

۱– شانه رویه دار به عرض ۱/۵۰ متر برای میانه‌های با عرض ۳/۸۰ متر ، در این حالت میانه کلاً رویه‌دار است.

۲– شانه رویه‌دار به عرض ۱/۵۰ متر و شانه خاکی به عرض ۵۰ سانتی‌متر تا یک متر، برای میانه‌های از ۳/۸۰ تا ۷ متر عرض، میانه لازم نیست رویه‌دار باشد، ولی همکف سواره‌رو است.

۳– شانه رویه‌دار به عرض ۱/۵ متر و شانه خاکی به عرض یک متر، برای میانه‌های به عرض بیش از ۷ متر.

در راه‌هایی که در هر طرف بیش از دو خط عبور دارند، برای میانه‌های به عرض ۴/۸۰ متر، شانه رویه‌دار به عرض ۲ متر، برای میانه‌های با عرض بیشتر از ۴/۸۰ متر، شانه رویه‌دار به عرض ۲ متر و شانه خاکی به عرض یک متر که در این راه‌ها، شانه چپ، برای توقف اضطراری به کار خواهد رفت.

۶-۸-۳- شیب عرضی میانه

شیب عرضی میانه در وضعیت‌های مختلف به ترتیب زیر تعیین می‌شود:

الف – میانه‌های رویه‌دار (به عرض تا ۴/۸۰ متر)، به صورت همکف با سواره‌رو، از محور به طرف خارج راه، شیب ۱/۵ تا ۲/۵ درصد خواهند داشت.

ب – میانه‌های به عرض ۴/۸۰ تا ۲۰ متر، بسته به مورد، به طرف محور راه (محور میانه) شیب‌دار خواهد بود. شیب میانه بهتر است ۱:۱۵ تا ۱:۱۰ باشد.

پ – در موردهایی که اختلاف سطح نیمه‌های رفت و برگشت راه، زیاد و یا عرض میانه بیش از ۲۰ متر باشد، شیب شانه و شیروانی داخلی هر یک از دو نیمه، به صورت مستقل از یکدیگر، براساس معیارهای مذکور در این آیین‌نامه، تعیین خواهد شد.

تخلیه آب‌هایی که به هر ترتیب، در میانه به جریان می‌افتد، باید مورد توجه قرارگیرد. این آب‌ها، مگر در شرایط خاص در طول میانه جریان می‌یابد و در محل‌های مناسب از طریق مجاری عرضی به خارج راه هدایت می‌شود.

۶-۸-۴- جدول و حفاظ در میانه

الف – جدول

کاربرد جدول در میانه عمومیت ندارد و مخصوص بخش‌هایی است که مسیر در مجاورت مناطق شهری و مرکزهای جمعیت قرار می‌گیرد. مشخصات ذکرشده در ردیف (۶-۱۵)، درباره جدول میانه نیز صدق می‌کند.

ب – حفاظ

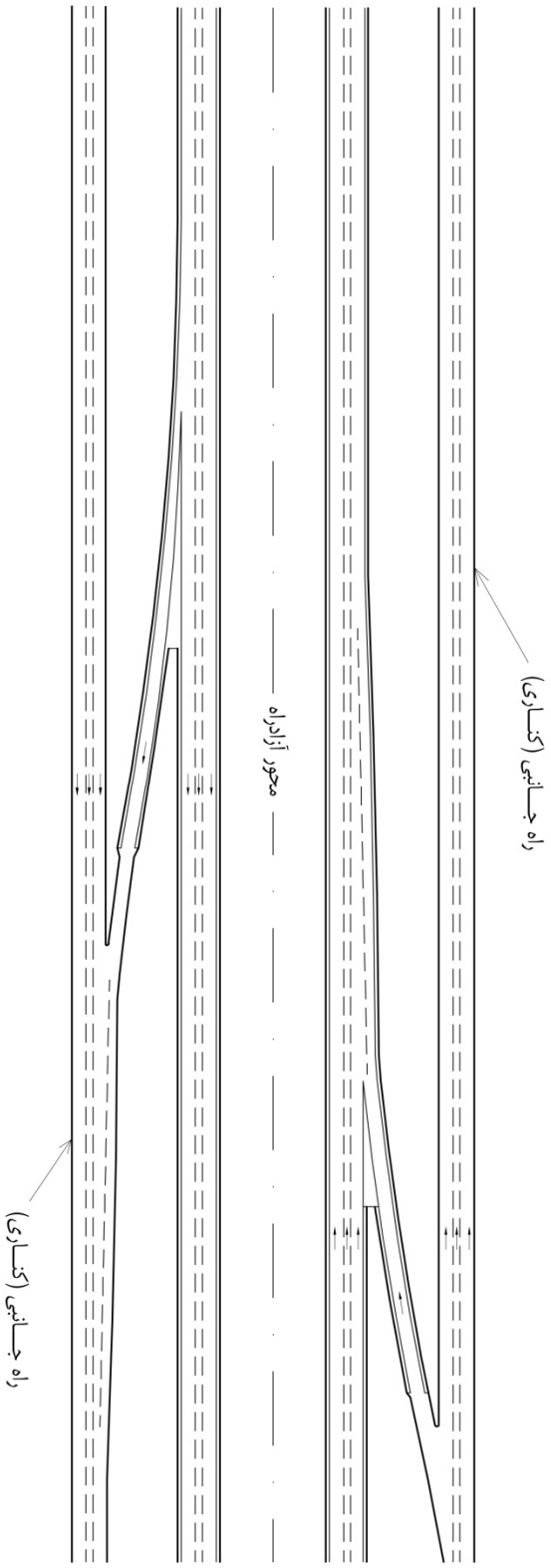
برای میانه و کنار راه، یکی از انواع حفاظ‌های متداول را می‌توان بکار برد. مشخصات ذکرشده در ردیف (۶-۱۳)، درباره حفاظ میانه نیز صدق می‌کند.

۶-۹- مقطع عرضی راه جانبی

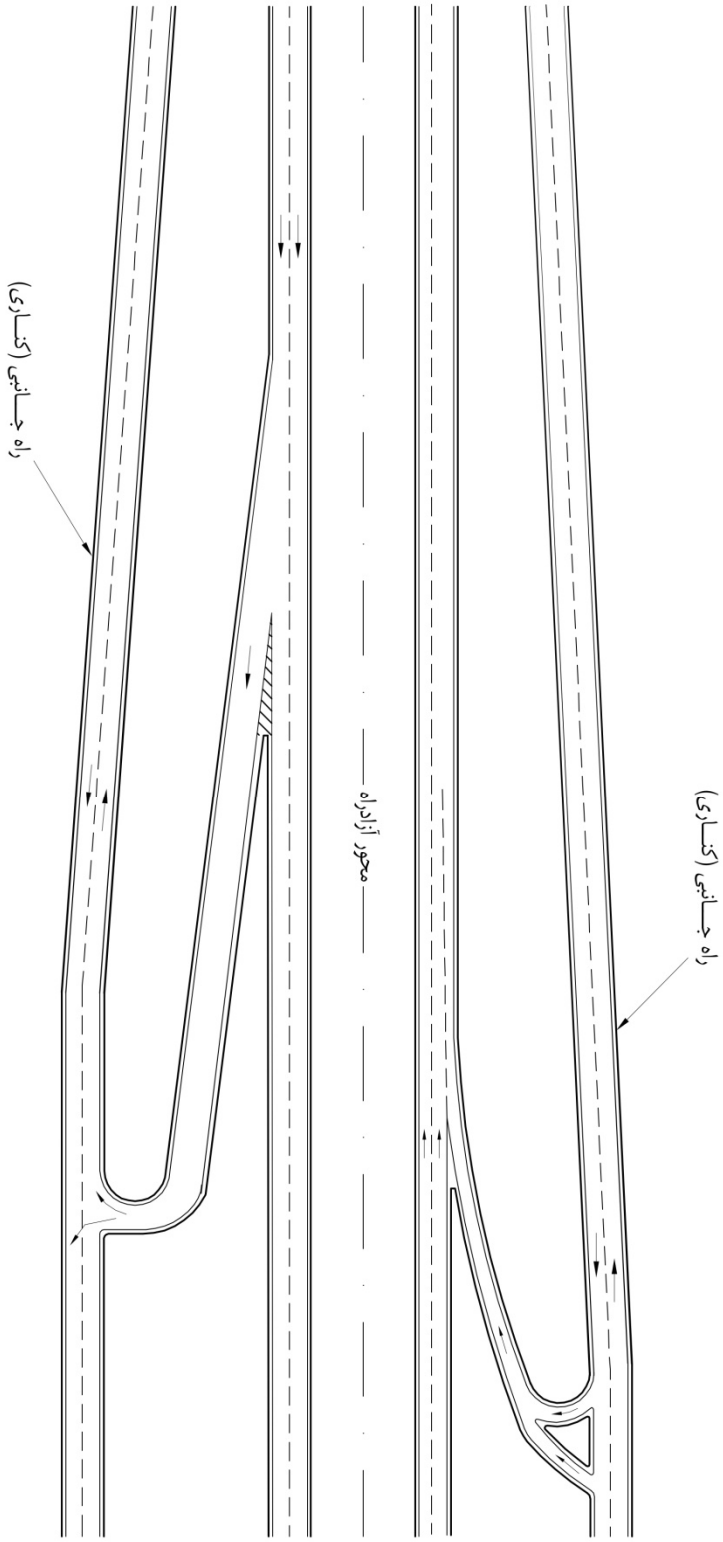
تعداد خط‌های عبور، یک طرفه یا دو طرفه بودن راه جانبی، تابع نیاز ترافیکی است. عرض سواره‌رو و شانه نیز از حجم و ترکیب ترافیک پیروی می‌کند. سرعت حرکت وسایل نقلیه در راه جانبی، معمولاً از سرعت حرکت مسیر اصلی کمتر است.

در بسیاری از حالت‌های متعارف، عرض سواره‌رو ۶/۵ تا ۷ متر و شانه‌ها ۰/۷۵ تا یک متر، برای راه جانبی کفایت می‌کند.

حد فاصل لبه داخلی سواره‌روی راه جانبی و لبه خارجی سواره‌روی مسیر اصلی، «جداکننده جانبی» نام دارد. حداقل عرض «جداکننده جانبی» بستگی به نوع حفاظ دارد. این عرض برابر با عرض شانه‌های طرفین حفاظ به علاوه ضخامت حفاظ خواهد بود. در صورت استفاده از حفاظ نیمه‌صلب، اضافه عرضی برابر با یک و نیم برابر میزان تغییر شکل مجاز این نوع حفاظ در تعیین عرض «جداکننده جانبی» در نظر گرفته شود. اگر عرض «جداکننده جانبی» ۹ متر (یا بیشتر) باشد، نصب حفاظ در کنار مسیر اصلی به لحاظ فاصله ضرورت ندارد. در شکل‌های (۶-۹) و (۶-۱۰)، دو نوع راه جانبی، که یکی به صورت یک طرفه و دیگری به صورت دو طرفه عمل می‌کند، نشان داده شده است.



شکل ۶-۹- راه جانبی سه خطه یک طرفه و رابطهای ورودی و خروجی



شکل ۶-۱۰- راه جانبی دو خطه دو طرفه و رابطهای ورودی و خروجی

۶-۱۰- پل

پل، سازه‌ای با دهانه‌ای بیش از ۶ متر است که امکان عبور راه از روی آبراهه، دره، خط انتقال انرژی، راه آهن و یا راه دیگری را میسر می‌سازد. دهانه پل در طول محور راه و در فاصله بین دو تکیه‌گاه اندازه‌گیری می‌شود. در پل چند دهانه، طول هر دهانه، ۳ متر یا بیشتر است.

پل روگذر راه از روی ارتباط‌های زمینی، باید حداقل فاصله آزاد جانبی و حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز ارتباط‌های مزبور را در تمام عرض و طول پل تأمین کند. حداقل فاصله و ارتفاع در نقاط بحرانی، مبنای تعیین دهانه‌ها و ارتفاع پل روگذر خواهد بود. بهتر است در صورت امکان از ساختن پایه‌های غیرضروری برای پل‌های روگذر خودداری شود.

وقتی راه از زیر خط‌های انتقال یا ارتباط زمینی دیگر می‌گذرد، دهانه (یا دهانه‌ها) و بلندی پل، طوری در نظر گرفته می‌شود که فضای لازم برای ساختن راه و همچنین حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز تأمین و بالاخره، امکان بهسازی و توسعه بعدی فراهم شود.

۶-۱۰-۱- عرض و دهانه پل

عرض سواره‌رو در روی پل‌های بزرگ و طویل مانند بقیه راه است، مگر در موردهای بسیار استثنایی که کاهش عرض سواره‌رو مستلزم کسب مجوز مربوط است. **کاهش پهنای شانه یا تبدیل آن به پیاده‌رو (که در هر شرایطی امکان‌پذیر نیست)، باید به طور تدریجی همراه با نصب علائم و تجهیزات ایمنی کافی باشد (بند ۶-۳).**

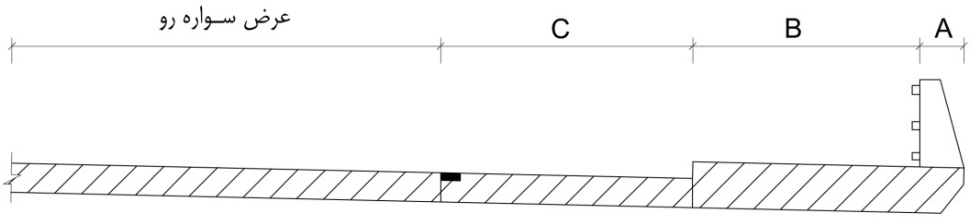
عرض سواره‌رو، شانه راست و چپ (شامل شانه خاکی) و راه جانبی باید در محل زیرگذر (دهانه پل) حفظ شود. ولی عرض میانه، جوی کناری و عرض جداکننده جانبی می‌تواند تغییر کند. بدیهی است که این تغییرها باید بر اساس مطالعات فنی و اقتصادی، پیشنهاد و پس از تصویب کارفرما انجام شود. در صورت نصب حفاظ باید عرض حفاظ و میزان تغییر شکل مجاز آن در انتخاب دهانه پل در نظر گرفته شود. به طور کلی **در مورد طول دهانه و موقعیت پایه‌های پل زیرگذر، باید وضعیت نهایی راه زیرگذر مد نظر قرار گیرد.**

بطور کلی عرض پل، باید برابر با کل عرض سواره‌رو و شانه روسازی شده راه منتهی به آن باشد. جزئیات عرض پل در شکل (۶-۱۱) آورده شده است که در آن:

A = فاصله لبه خارجی عرشه پل تا لبه داخلی حفاظ- بر اساس نوع حفاظ ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود. این فاصله در صورت استفاده از قرنیز برابر با عرض قرنیز است.

B= پهنای برجسته- در صورت لحاظ پیاده‌رو حداقل ۱۲۰ سانتی‌متر و در غیر این صورت ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود. این فاصله را در راه‌های جداشده در سمت چپ می‌توان در نظر نگرفت. این پهنا باید به طور ایمن و با نصب علائم مناسب، آشکارسازی شود.

C= عرض شانه- برابر با عرض شانه راه مجاور می‌باشد. در صورت ملاحظات اقتصادی می‌توان برای راه‌های فرعی درجه یک، راه‌های فرعی درجه دو و درجه سه به ترتیب ۱۲۰، ۱۰۰ و ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفت.



شکل ۶-۱۱- جزئیات عرض پل

۶-۱۰-۲- شیب عرضی

شیب عرضی پل در بخش مستقیم، همان شیب عرضی راه منتهی به آن و در قوس‌های افقی، بسته به موقعیت پل، مطابق بربلندی مورد نیاز است.

۶-۱۰-۳- میانه

میانه راه‌های مجزا، در روی پل‌ها نیز ادامه می‌یابد ولی در میانه‌های با عرض بیش از ۴/۸۰ متر، نوار جداکننده وسط، معمولاً در پل‌های بزرگ قطع می‌شود. دراین حالت، پل‌های رفت و برگشت دارای کف (تابلیه)های مجزا و جدا از هم خواهد بود. **در راه چند خطه مجزا، باید مسیرهای رفت و برگشت در روی پل نیز از هم جدا باشند.** همچنین می‌توان راه را بر روی یک سازه واحد یا دو سازه مجزا قرار داد.

۶-۱۰-۴- پل کوله باز

شیب انتهایی خاکریزی در پل کوله باز نباید تندتر از ۲:۳ (۲ عمودی به ۳ افقی) اختیار شود.

۶-۱۰-۵- روگذر و زیرگذر ویژه پیاده

عرض روگذر پیاده باید حداقل ۱/۸ متر باشد. برای تعیین عرض و ارتفاع زیرگذر پیاده، در هر مورد، تحلیل جداگانه‌ای صورت می‌پذیرد تا از وجود دید کافی در راه و زیرگذر اطمینان حاصل شود.

۶-۱۰-۶- زیرگذر مال‌رو

محل عبور تجهیزات کشاورزی، گله و حیوانات وحشی در صورت نیاز، باید در طرح هندسی مسیر در نظر گرفته شود. در بعضی مواقع وجود گذر ذکر شده، نه به لحاظ اقتصادی بلکه به لحاظ ایمنی و مسایل زیست محیطی، الزامی است.

زیرگذر مال‌رو به طور معمول، دارای عرض و ارتفاعی به میزان سه متر است. **از احداث زیرگذر مارپیچ باید اجتناب شود تا تمام طول سازه از دو طرف دیده شود.** برای این منظور، می‌توان با رعایت حداقل ابعاد بالا از بعضی آبروها استفاده کرد.

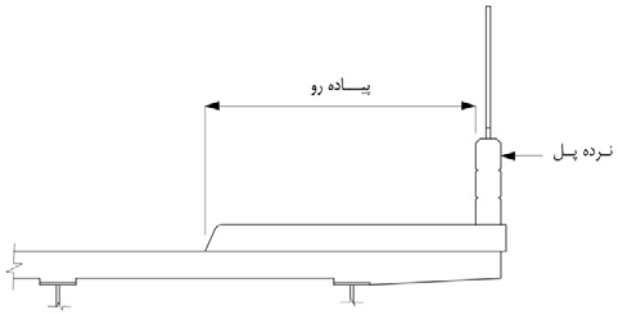
۶-۱۰-۷- زیرگذر و روگذر راه‌آهن

در محل تلاقی راه با راه‌آهن، بهتر است از تقاطع‌های غیر هم‌سطح استفاده شود. به ویژه روگذر کردن راه، به جای زیرگذر کردن آن، در تقاطع راه با راه‌آهن برتری دارد. راه‌آهن، فقط در موارد خاص از روی راه عبور داده می‌شود.

۶-۱۰-۸- نرده پل

نرده پل یک حفاظ طولی مسیر است که برای جلوگیری از سقوط وسایل نقلیه از لبه پل یا آبرو، به کار گرفته می‌شود. معمولاً نرده پل‌ها از پایه و نرده فلزی یا پایه بتنی و نرده فلزی و یا مجموعه‌ای از فلز و بتن ساخته می‌شوند. نرده پل‌ها به لحاظ اینکه بخشی از سازه پل است با حفاظ‌های کناری راه‌ها فرق دارند. نرده پل‌ها از نوع صلب طراحی می‌شوند و **باید قابلیت بازگرداندن وسیله نقلیه منحرف شده را بدون انحنای جانبی تأمین کنند. مهار ایمن انتهای نرده پل یا اتصال آن به حفاظ-های حاشیه راه (قبل و بعد از پل) ضروری است.** برای اطلاعات بیشتر به آیین‌نامه ایمنی راه‌ها - نشریه ۲۶۷، مراجعه شود.

معمولاً نرده پل‌ها از دو قسمت بتنی در پائین و فلزی در بالا تشکیل می‌شوند (شکل(۶-۱۲)). پنج عامل در انتخاب نرده پل مهم عبارتند از: رده عملکردی، تطابق و سازگاری، هزینه، الزامات و قابلیت نگهداری و هم‌خوانی با محیط و منظرآرایی.



شکل ۶-۱۲- نرده پل

۶-۱۰-۹- ارتفاع آزاد پل

الف- حداقل ارتفاع آزاد پل از سطح راه باید ۵/۲ متر (۵/۱۰ متر ارتفاع آزاد نهایی و ده سانتی‌متر روکش آسفالت) باشد. تأمین این ارتفاع، درکلیه بخش‌های راه مثل خط اصلی، شانه، تبادل، خط تغییر سرعت ضروری است. با ارائه توجیه فنی و اقتصادی، ارتفاع آزاد مطلوب پل، ۵/۶ متر توصیه می‌شود.

ب- حداقل ارتفاع آزاد پل عابر پیاده از سطح راه، باید ۰/۲۵ متر بیشتر از حداقل اشاره شده در بند الف در نظر گرفته شود.

پ- حداقل ارتفاع آزاد علائم ترافیکی بالای راه از سطح راه، باید ۰/۵ متر بیشتر از حداقل اشاره شده در بند الف در نظر گرفته شود.

ت- در عبور راه از روی راه آهن، حداقل ارتفاع آزاد بین بالاترین سطح ریل و پایین‌ترین نقطه سازه زیر راه، به آیین نامه طرح هندسی راه‌آهن- نشریه شماره ۲۸۸، مراجعه یا باید بطور رسمی استعلام شود.

۶-۱۱- دیوارهای حایل

۶-۱۱-۱- کلیات

دیوارهای حایل برای نگهداری خاک و نیز سربار ناشی از راه یا تأسیسات مختلفِ روی آن در پای خاک‌برداری یا خاکریزی بکار می‌رود. بسته به ارتفاع خاک، محدودیت‌های اجرایی، نوع تأسیسات واقع برروی خاک و شرایط اقلیمی می‌توان از دیوارهای حایل مختلف استفاده کرد.

دیوارهای حایل می‌تواند در کنار مسیر راه و در مجاورت تأسیسات پیش‌بینی شود.

۶-۱۱-۲- انواع دیوارهای حایل

دیوارهای حایل بسته به موقعیت شامل انواع زیر است:

الف – دیوار حایل وزنی

این نوع دیوار معمولاً از مصالح بنایی مانند آجر یا سنگ و یا بتن ساده ساخته می‌شود و به دلیل نوع مصالح مورد مصرف، برای پایداری نیاز به ضخامت‌های زیاد دارد. کاربرد دیوار وزنی در ارتفاع زیاد غیر اقتصادی است و در محل‌هایی با لرزه‌خیزی بالا که سربار زیادی را تحمل می‌کند، مناسب نیست. به لحاظ اقتصادی حداکثر ارتفاع مناسب برای چنین دیوارهایی ۴ تا ۵ متر است. ابعاد اولیه لازم برای طراحی هندسی برحسب ارتفاع دیوار مطابق شکل (۶-۱۳) توصیه می‌شود.

ب – دیوار حایل طره‌ای

این دیوار از نوع بتن مسلح و برای ارتفاع تا ۱۱ متر قابل استفاده است. استفاده از این دیوارها تا ارتفاع ۶ متر اقتصادی می‌باشد. ابعاد تقریبی دیوارها برای احتساب در طرح اجزای نیمرخ عرضی بر حسب ارتفاع دیوار مطابق شکل (۶-۱۴) توصیه می‌شود.

بهتر آن است به این نکته توجه شود که در نقاط لرزه‌خیز نیروهای زلزله موجب افزایش ابعاد دیوار می‌شود.

در حالت‌هایی که نتوان از دیوارهای طره‌ای پاشنه‌دار استفاده کرد، می‌توان در صورت امکان از دیوارهای طره‌ای پنجه‌دار به صورت L استفاده کرد. **باید تأثیر این نوع دیوار در نیمرخ عرضی مسیر پایین دیوار در نظر گرفته شود.** بهتر است برای پایداری بیشتر این دیوارها از زبانه برشی استفاده شود.

پ – دیوار حایل با پشت‌بند

از این نوع دیوار (شکل (۶-۱۵)) معمولاً در مواردی که حداقل حرکت جانبی دیوار مد نظر است و امکان خاکبرداری برای پاشنه دیوار میسر نیست و یا ارتفاع دیوار زیاد است، استفاده می‌شود. باید فضای کافی برای پشت‌بندهای دیوار در نیمرخ عرضی راه مد نظر قرارگیرد.

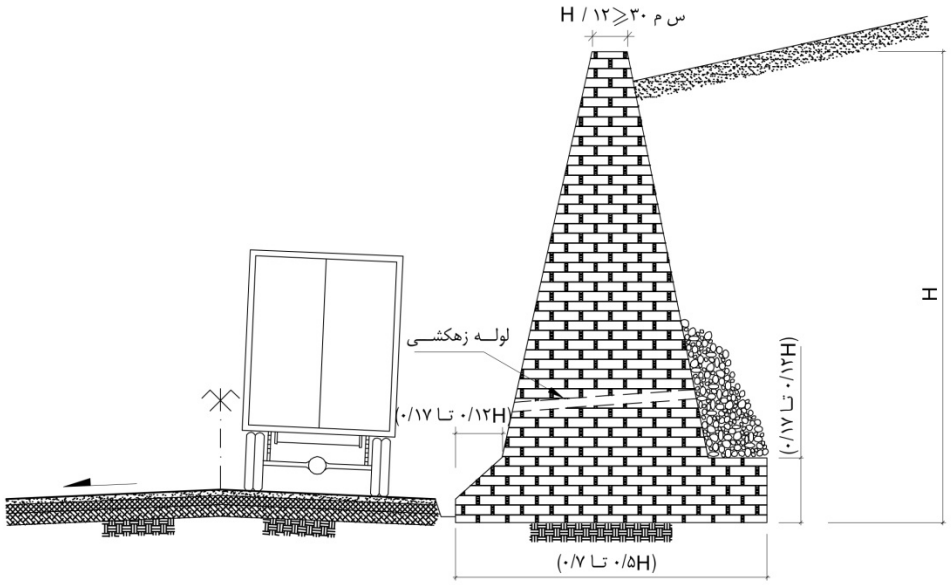
ت – دیوار حایل صندوقه‌ای

این نوع دیوار (شکل (۶-۱۶)) در ارتفاع زیاد قابل استفاده است و جهت نگهداری سربار ناشی از بار راه، مادامی که بناها و تأسیسات سنگین در روی خاکریز قرار نگیرد، مناسب است. این دیوار شامل انواع بتنی، فولادی و چوبی می‌باشد. نوع بتنی آن تا ارتفاع ۱۶ متر و نوع فولادی تا ارتفاع ۱۰ متر و نوع چوبی می‌تواند تا ارتفاع ۶/۵ متری مورد استفاده قرار گیرد. نوع چوبی آن به لحاظ ظاهر و جلوه طبیعی چوب در مناطق خاصی از راه که منظرآرایی مسیر مورد توجه می‌باشد، بیشتر مناسب است.

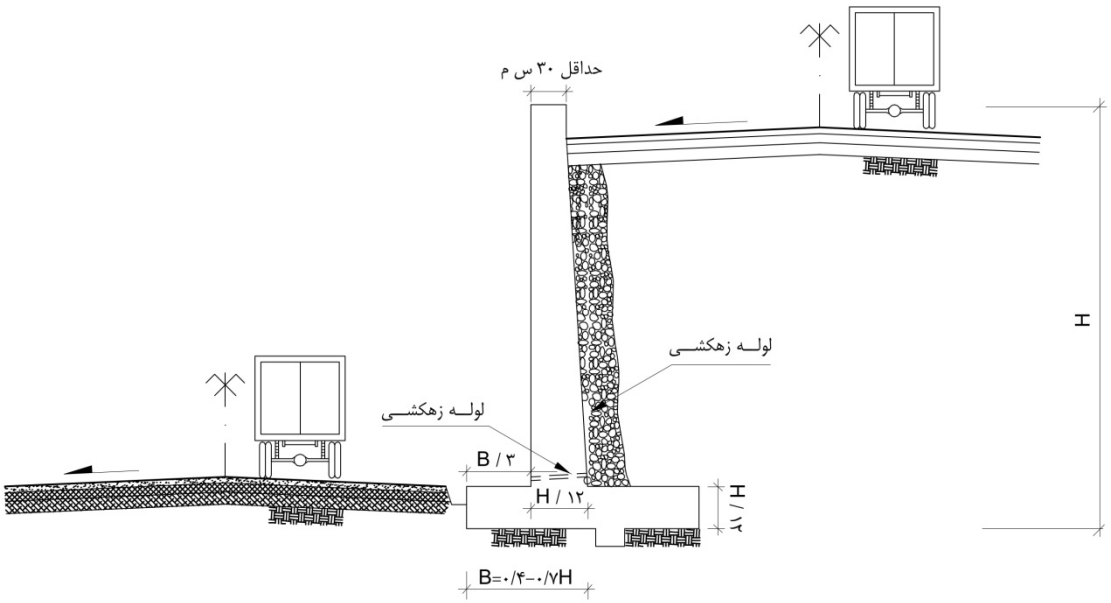
ث – خاک مسلح

به جای دیوار حایل می‌توان از روش‌های مختلف مسلح‌سازی خاک، نظیر جوشن‌های فلزی (شکل (۶–۱۷)) و پارچه‌گونه (شکل (۶–۱۸))، استفاده کرد.

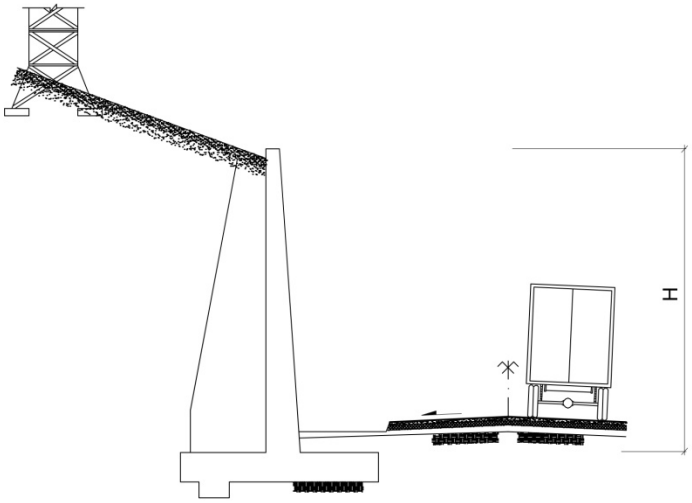
در خصوص جزئیات طراحی دیوارهای حایل به "راهنمای طراحی دیوارهای حایل– نشریه ۳۰۸" مراجعه شود.



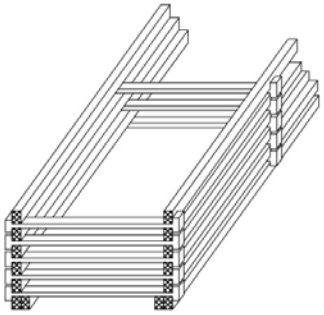
شکل ۶–۱۳– دیوار حایل وزنی



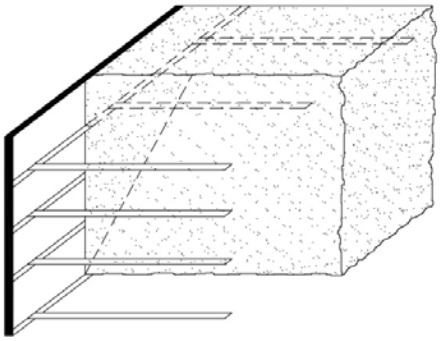
شکل ۶–۱۴– دیوار حایل طره‌ای



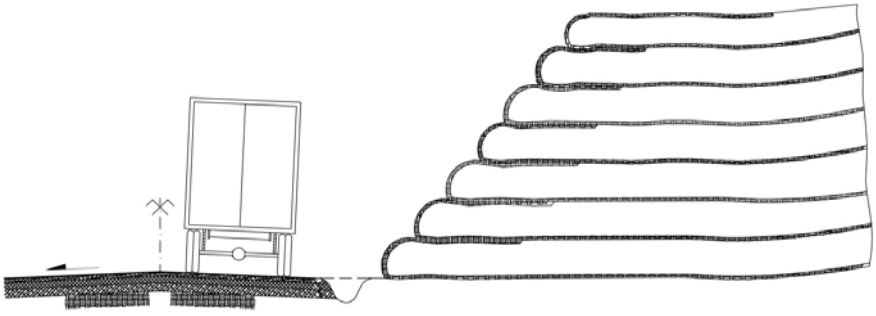
شکل ۶-۱۵- دیوار حایل با پشت بند



شکل ۶-۱۶- دیوار حایل صندوقه‌ای



شکل ۶-۱۷- خاک مسلح



شکل ۶-۱۸- خاک مسلح با پارچه‌گونه

۶-۱۱-۳- منظرآرایی دیوارهای حایل

در طراحی دیوارهای حایل، باید جوانب منظرآرایی مد نظر قرار گیرد. تغییر شیب در نیمرخ طولی بالای دیوار، بهتر است توسط خم‌های مناسب و هموار، انجام و از شکستگی‌های ناگهانی در نیمرخ طولی، اجتناب شود. در صورت امکان با در نظر گرفتن محیط اطراف و امکان‌های فنی در انتخاب نوع مصالح و شکل ظاهری دیوار، هماهنگی لازم با مسیر انجام شود.

۶-۱۱-۴- استفاده از حفاظ در دیوار حایل

دیوار حایل کنار مسیر راه باید به حفاظ مناسب مجهز شود. نحوه اتصال حفاظ به دیوار و نیز ابعاد هندسی دیوار در محل اتصال باید قبلاً بررسی و در طرح هندسی مسیرهای بالا و پایین دیوار مد نظر قرارگیرد. چنین ضرورتی به ویژه در تبادل‌ها احساس می‌شود.

۶-۱۱-۵- زهکشی دیوار حایل

در طرح هندسی مسیرهایی که در بالای دیوار حایل قرار می‌گیرد، باید موقعیت آبروها کاملاً تعیین شود تا از آبشستگی دیوار، جلوگیری به عمل آید. باید تخلیه آب سطحی جمع‌آوری شده به پایین و خارج از محوطه دیوار در طرح هندسی در نظر گرفته شود. زهکشی خاک پشت دیوار و مسیر تخلیه آب حاصل از زه‌کشی در پایین دیوار باید مشخص و در نیمرخ عرضی نیز پیش‌بینی شود.

۶-۱۱-۶- فاصله جانبی دیوار از راه

بهتر است در طراحی نیمرخ عرضی راه، فاصله دیوار حایل از لبه خارجی شانه راه از ۱/۸۵ متر کمتر نباشد. همچنین در طراحی مسیر افقی در محل دیوار حایل، مسائل مربوط به فاصله دید مورد توجه قرار گیرد.

۶-۱۲- تونل‌ها

در برخی موارد، پیش‌بینی تونل در مسیر مورد مطالعه، منطقی و ضروری تشخیص داده می‌شود. انتخاب تونل می‌تواند به دلایل اقتصادی، کاهش طول مسیر، عبور بهتر راه در ارتفاع‌ها و حفاظت در دامنه‌های برف‌گیر، بهمن‌گیر و محل‌های با خطر لغزش و ریزش باشد.

تونل، سازه‌ای پرهزینه است و به همین علت در راه‌های کم اهمیت یا کم ترافیک (مثلاً راه‌های فرعی)، از پیش‌بینی تونل پرهیز می‌شود. تونل‌های راه، معمولاً دو خطه یا سه خطه است. در راه‌های مجزا، معمولاً هر یک از جهت‌های رفت و برگشت، دارای تونل مستقل است.

۶-۱۲-۱- گروه‌بندی تونل‌ها

تونل‌ها را می‌توان به دو صورت زیر گروه‌بندی کرد.

الف) برحسب نوع مسیر راه

ب) برحسب شکل مقطع تونل

۶-۱۲-۱-۱- گروه‌بندی تونل‌ها برحسب نوع مسیر راه

۱- تونل‌های یک طرفه (که معمولاً در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها ساخته می‌شود.)

۲- تونل‌های دو طرفه (که معمولاً در راه‌های اصلی درجه یک ساخته می‌شود.)

۶-۱۲-۱-۲- گروه‌بندی تونل‌ها برحسب شکل مقطع تونل

۱- تونل‌های طاقی شکل(با یک یا چند شعاع قوس)

۲- تونل‌های با مقطع دایره‌ای

۳- تونل‌های با مقطع مستطیلی

در این آیین‌نامه، از گروه‌بندی بر اساس نوع مسیر راه استفاده شده است.

۶-۱۲-۲- نیمرخ عرضی تونل‌ها

ابعاد نیمرخ عرضی تونل، تابع حجم و نوع ترافیک، تجهیزات تونل و وضع زمین‌شناسی مسیر تونل است. علاوه بر این، طول و محل قرارگرفتن تونل و تعداد تونل‌های پشت سر هم نیز از عامل‌های مؤثر است. اجزای نیم‌رخ عرضی در شکل (۶-۱۹) آورده شده است. با توجه به این که تونل، در مقایسه با راه‌های واقع در هوای آزاد، غیر قابل توسعه است، پس بهتر است سه نکته را از قبل مد نظر قرار داد:

۱- پیش‌بینی فضای لازم جهت تأمین نیاز ترافیک آینده (لااقل بیست سال پس از افتتاح تونل).

۲- در راه‌های دو طرفه با بیش از سه خط عبور، بجای یک تونل با مجرای بزرگ، احداث دو تونل با مجرای کوچک، به دلایل زیر توصیه می‌شود:

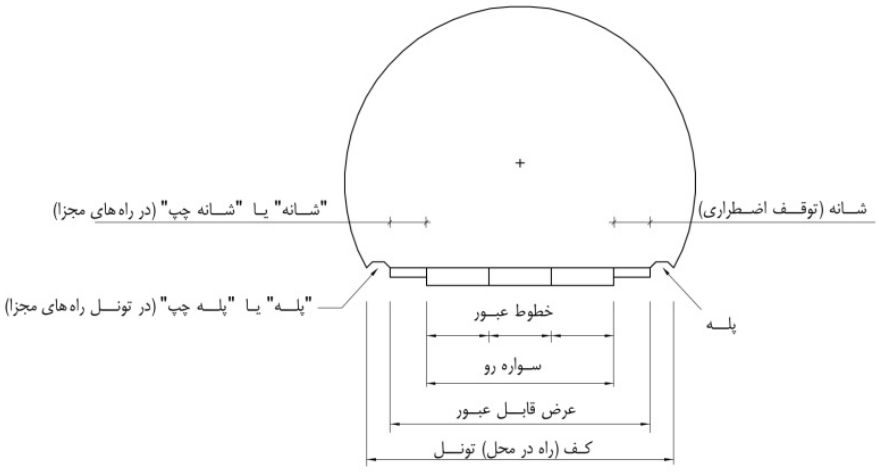
الف) با ساختن تونل اول می‌توان از آن به صورت دو طرفه استفاده کرد.

ب) با ساختن تونل دوم، از هر تونل می‌توان در یک جهت استفاده کرد.

پ) هزینه ساخت دو تونل با مجرای کوچک، از یک تونل با مجرای بزرگ کمتر است.

ت) در آینده دور می‌توان تونل سوم را ساخت و از یکی از تونل‌ها برای یک جهت و از تونل دیگر برای جهت مخالف ولی از تونل سوم (که معمولاً تونل وسط خواهد بود) برای جهت متراکم استفاده کرد. به این ترتیب جهت عبور از تونل وسط، بسته به جهت تراکم ترافیک، در ساعت‌های مختلف اوج روز تغییر می‌کند.

۳-پیش‌بینی فضای مناسب برای روشنایی و تهویه تونل‌ها در صورت نیاز.



شکل ۶-۱۹- اجزاء نیمرخ عرضی تونل

۶-۱۲-۲-۱- سواره‌رو

الف – تعداد خطهای عبور

تعداد خطهای عبور داخل تونل همانند قسمت‌های معمولی راه است. چنانچه در توسعه آتی راه، افزایش خطهای عبور منظور شده باشد، وضع نهایی خطها را ملاک عمل قرار داده و تونل را طبق وضع نهایی می‌سازند یا احداث تونل دیگری را برای تأمین توسعه آینده در نظر می‌گیرند.

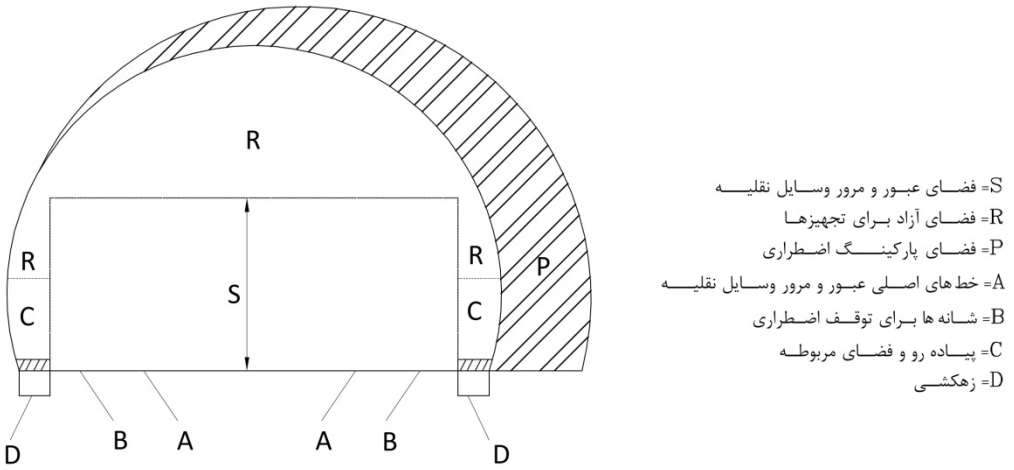
ب – عرض خطهای عبور

معمولاً عرض معمولی خطهای اصلی در داخل تونل برابر با عرض خطهای مسیر راه است. البته بهتر است پهنای هر خط عبور تونل در راه اصلی و راه فرعی با توجه به آینده دور، ۳/۶۵ متر در نظر گرفته شود. در حالت‌های استثنایی، برای راه‌های اصلی (بغیر از آزادراه، بزرگراه و راه اصلی جدا شده) و فرعی برای سرعت طرح حداقل، می‌توان این عرض را حتی تا ۳ متر کاهش داد، مشروط بر آنکه ترافیک سال طرح راه (معمولاً ۲۰ سال) کمتر از ۴۰۰ وسیله نقلیه در روز و درصد وسایل نقلیه سنگین کمتر از ۱۰ درصد باشد.

۶-۱۲-۲-۲- شانه‌ها

شانه‌های راه در تونل بدون وجود اختلاف سطحی به سواره‌رو متصل‌می‌شود (شکل (۶-۲۰)). عرض شانه‌ها در تونل بهتر است برابر با عرض راه منتهی به تونل باشد. اگر به دلایل اقتصادی عرض شانه در داخل تونل کاهش داده شود، حداقل عرض شانه برای حداقل سرعت طرح مطابق با جدول (۶-۵)، می‌باشد. با افزایش سرعت طرح، عرض شانه تونل باید متناسب با آن و حداکثر تا عرض شانه راه متنهی به تونل افزایش یابد. تبدیل عرض شانه‌های راه در بیرون تونل به شانه‌های کاهش‌یافته داخل تونل، بطور تدریجی و قبل از ابتدا و پس از انتهای تونل اعمال می‌شود.

شانه راست و چپ در داخل تونل، از نوع رویه‌دار است. این شانه‌ها فاقد هرگونه مانعی است و برای جلوگیری از اثر دیوار کناری روی خط عبور در نظر گرفته شده است. در ضمن از شانه سمت راست برای توقف اضطراری نیز استفاده می‌شود.



شکل ۶-۲۰- مقطع تونل به همراه پیاده‌روها، شانه‌ها، زهکشی و فضای ویژه توقف‌گاه (پارکینگ) اضطراری

جدول ۶-۵- حداقل عرض شانه برای سرعت طرح حداقل در تونل‌ها

نوع راه	نوع تونل	حداقل سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	شانه سمت راست (متر)	شانه سمت چپ (متر)	ملاحظات
آزاد راه، بزرگراه و اصلی جداشده	تونل یک طرفه با طول کمتر از ۱۰۰۰ متر	۸۰	۱/۸۵	۰/۵	-
	تونل یک طرفه با طول بیشتر از ۱۰۰۰ متر	۸۰	۱/۸۵	۰/۵	هر ۵۰۰ متر یک توقف‌گاه
اصلی درجه یک و دو	تونل دو طرفه با طول کمتر از ۱۰۰۰ متر	۶۰	۱	۱	
	تونل دو طرفه با طول بیشتر از ۱۰۰۰ متر	۶۰	۱	۱	هر۵۰۰ متر یک توقف‌گاه

۶-۱۲-۲-۳- توقف‌گاه اضطراری

در تونل‌های با طول بیش از ۱۰۰۰ متر، باید در هر ۵۰۰ متر یک توقف‌گاه اضطراری با مشخصاتی که در شکل‌های (۶-۲۰) و (۶-۲۱) نشان داده شده است، احداث شود. در تونل‌های دو طرفه بهتر است که توقف‌گاه‌های دو طرف در مقابل هم قرار نگیرد.

۶-۱۲-۲-۴- پیاده‌روها

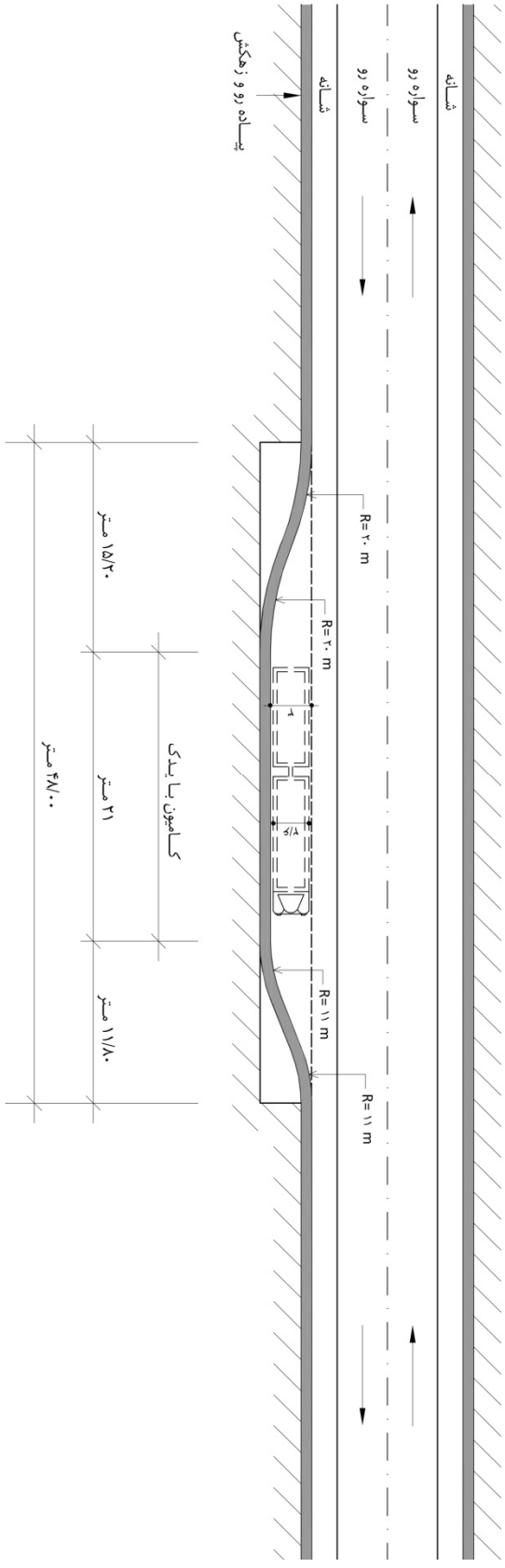
معمولاً ورود عابران پیاده به داخل تونل‌های برون‌شهری مجاز نیست و پیاده‌روها فقط برای استفاده ماموران بهره‌برداری و کسانی که وسایل نقلیه آنها دچار خرابی شده است، جهت توقف اضطراری احداث می‌شود.

این پیاده‌روها باید دارای شرایط زیر باشند:

۱- در تونل با مقطع منحنی، حداقل عرض پیاده‌رو ۶۰ سانتی‌متر باشد (شکل(۶-۲۲-الف).

۲- در تونل با دیواره قائم، حداقل عرض پیاده‌رو ۷۵ سانتی‌متر باشد (شکل (۶-۲۲-ب).

۳- حداقل ارتفاع پیاده‌رو از لبه راه ۲۰ سانتی‌متر و حداکثر آن ۴۰ سانتی‌متر باشد. توضیح این که هر چه ارتفاع پیاده‌رو بیشتر باشد، امنیت عابر پیاده در مقابل تصادف بیشتر و دسترسی به آن نیز مشکل‌تر است.



شکل ۶-۲۱- مشخصات هندسی توقف‌گاه اضطراری در تونل‌ها

شکل ۶-۲۲- عرض پیاده‌روها با دیوارهای مختلف تونل

۶-۱۲-۲-۵- ارتفاع

حداقل ارتفاع آزاد تونل از سطح سواره‌رو تا تأسیسات تونل مانند روشنایی و سیستم‌های تهویه، ۵/۲۰ متر (۵/۱۰ متر مجاز + ۱۰ سانتی‌متر روکش آسفالت آتی) است.

تبصره ۱. با توجه به ۱۰ سانتی‌متر ضخامت روکش آسفالت آتی، برای ضخامت بیشتر از ۱۰ سانتی‌متر، روکش قبلی تراشیده و روکش جدید جایگزین شود.

تبصره ۲. در صورتی که تونل نیاز به روشنایی یا تهویه داشته باشد و نتوان از فضاهای موجود درمقطع تونل برای تأمین نیازمندی‌های فوق استفاده کرد، ناچار فضای اضافی مناسب برای روشنایی و یا سیستم تهویه با توجه به رعایت معیارهای حداقل فضای آزاد در نظر گرفته می‌شود.

۶-۱۲-۲-۶- شیب عرضی

تخلیه آب بارش، در تونل مطرح نیست ولی برای تخلیه سریع آب‌هایی که به هر دلیل دیگر بر کف آن می‌ریزد، سواره‌رو و شانه باید دارای شیب عرضی و طولی باشد. شیب عرضی سواره‌رو و شانه در داخل تونل، برای قسمت‌های مستقیم و قوس‌های باز، ۱ تا ۱/۵ درصد است.

برای محاسبه بربلندی (شیب عرضی یکسره) در قوس‌های افقی در تونل، می‌توان ضوابط مربوط به قسمت‌های معمولی (خارج تونل) را ملاک عمل قرار داد.

۶-۱۳- حفاظ‌های ایمنی

حفاظ ایمنی وسیله‌ای است که به منظور تأمین ایمنی راننده و سرنشینان وسایل نقلیه در راه‌ها نصب می‌شود که مانع سقوط وسایل نقلیه منحرف شده به خارج راه (حفاظ طولی کناری) و یا انتقال از یک جهت به جهت دیگر (حفاظ های میانه) و مانع برخورد

آنها با موانع خطرآفرین حاشیه راه و یا وسایل نقلیه ترافیک مقابل می‌شود و قادر است، وسایل نقلیه منحرف شده را با کمترین خسارت مالی و جانی متوقف و یا به ادامه حرکت در مسیر اصلی بازگرداند.

بکارگیری حفاظهای ایمنی تنها زمانی کارا و توجیه‌پذیر هستند که صدمه برخورد با آنها از صدمه برخورد با موانع ثابت و یا سقوط به پرتگاه کمتر باشد. از این رو حفاظهای ایمنی باید تنها در جایی نصب شوند که تا حدامکان از سایر روش‌های کاهش خطر همچون اصلاح شیب‌های خاکریز و خاکبرداری، حذف یا جابجا کردن موانع صلب، یا شکننده کردن پایه علائم، تابلوها، چراغ‌ها و سایر موانع، مقرون به صرفه‌تر باشد. گاهی اوقات بکارگیری نابجا و یا ناقص این حفاظها سبب افزایش شدت تصادفات و خسارات می‌شود.

۶-۱۳-۱- انواع حفاظهای ایمنی

۶-۱۳-۱-۱- طبقه بندی بر اساس سختی

حفاظها بر اساس سختی به سه گروه تقسیم می‌شوند:

۱- انعطاف‌پذیر

۲- نیمه صلب

۳- صلب

۶-۱۳-۱-۲- طبقه‌بندی بر اساس جنس

حفاظهای ایمنی را از لحاظ جنس می‌توان در چهار گروه دسته‌بندی کرد :

۱- فلزی (ورقه‌ای و کابلی)

۲- بتنی

۳- پلاستیکی

۴- مرکب

که در این میان بیشترین کاربرد را انواع فلزی و بتنی دارند. در راه‌های کوهستانی با سرعت کمتر از ۷۰ کیلومتر بر ساعت از دیوار سنگی با مشخصات ایمن می‌توان به عنوان حفاظ صلب کناری استفاده کرد.

الف- حفاظهای فلزی

حفاظهای فلزی معمولا از دو قسمت اصلی پایه و نرده تشکیل می‌شوند. پایه‌ها از جنس فولاد نرم و عموما با مقطع ناودانی یا I ساخته می‌شوند. حفاظهای فلزی از نظر نوع نرده به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند. پر استفاده‌ترین آنها نوع سپری است که شامل ورق فولادی خم خورده است. این حفاظ با توجه به مشخصات و فاصله پایه‌ها می‌تواند انعطاف‌پذیر یا نیمه‌صلب باشد. گروه دیگر، حفاظهایی از جنس کابل فولادی و موسوم به حفاظ کابلی است که از گروه حفاظهای انعطاف‌پذیر می‌باشند.

ب- حفاظ‌های بتنی

حفاظ‌های بتنی، سیستمی صلب محسوب شده و در اثر ضربه تغییر شکل نمی‌دهند، بلکه انرژی برخورد در زوایای کم، توسط سیستم تعلیق وسیله نقلیه و در برخورد با زوایای بزرگتر توسط جابجا شدن و له شدن بدنه فلزی وسیله نقلیه، مستهلک می‌شود. نحوه اتصال حفاظ‌ها به یکدیگر جهت اطمینان از صلبیت آنها بسیار مهم است. این حفاظ هزینه نگهداری کمی داشته و تعمیر و نگهداری آن به گونه‌ای است که در هنگام انجام این فعالیت‌ها توسط کارگران راهداری، تردد وسایل نقلیه مختل نمی‌شود.

از این نوع حفاظ برای تفکیک مسیرهای رفت و برگشت در راه‌های با ترافیک زیاد و در شرایطی که عرض کافی برای میانه وجود ندارد و همچنین برای جلوگیری از پرت شدن وسایل نقلیه به خارج راه در شرایط پرتگاهی استفاده می‌شود.

۶-۱۳-۱-۳- طبقه‌بندی بر اساس کاربرد

به طور کلی حفاظ‌ها را بر اساس موقعیت استفاده از آنها، می‌توان به دو صورت طبقه‌بندی کرد:

الف- حفاظ‌های ایمنی طولی

الف-۱- حفاظ‌های طولی کناری

الف-۲- حفاظ‌های طولی میانگاهی (میانه)

ب- حفاظ‌های ایمنی عرضی

الف - حفاظ‌های ایمنی طولی

الف-۱- حفاظ ایمنی طولی کناری

این حفاظ‌ها در حاشیه سمت راست راه و در راستای حرکت وسایل نقلیه برای محافظت از برخورد وسیله نقلیه منحرف شده با موانع ثابت کنار راه یا جلوگیری از سقوط وسیله نقلیه به پرتگاه یا ورود به شیب بحرانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر جا استفاده از حفاظ‌های کناری ضروری باشد، باید در دورترین نقطه ممکن از لبه سواره‌رو نصب شوند تا احتمال برخورد وسایل نقلیه با آنها به حداقل برسد. موارد بسیار زیادی از طراحی و یا نگهداری نامناسب حفاظ‌ها وجود دارند که باعث بروز تصادفات مرگبار شده‌اند. همین امر نشان می‌دهد که فقط سپر کردن یک مانع با حفاظ، هدف نیست و باید توسط یک سیستم نظارتی قوی مواردی همچون طراحی و انتخاب مناسب، اجرای صحیح و نگهداری طبق برنامه و به موقع حفاظ‌ها را کنترل کرد.

الف-۲- حفاظ طولی میانه

این حفاظ در حاشیه سمت چپ راه (میانه) و در راستای حرکت وسایل نقلیه برای جدا کردن ترافیک رفت و برگشت در بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها و بعضی از راه‌های اصلی درجه یک و دو استفاده می‌شود. این حفاظ‌ها برای جلوگیری از عبور وسیله نقلیه از میانه، رو به‌رو شدن آن با ترافیک جهت مقابل و بازگشت مجدد آن به مسیر اصلی نصب می‌شوند.

ب- حفاظ‌های عرضی

این حفاظ‌ها همانطور که از عنوان آن مشخص است در جهت عمود بر راستای حرکت وسایل نقلیه قرار می‌گیرند و برای موارد خاص کاربرد دارند. یکی از مهمترین انواع حفاظ‌های عرضی، حفاظ توری مهاری است. این حفاظ یک نوع سیستم مهار کننده است که ایمنی وسایل نقلیه را با حداقل کردن خسارت وارده به وسایل نقلیه تا متوقف کردن آنها فراهم می‌کند. حفاظ توری بر اساس ابعاد

و سرعت وسایل نقلیه طراحی و اجرا می‌شود. این سیستم بر اساس عرض راه برای استفاده در مناطق کارگاهی، خروجی‌های اضطراری، بازشدگی‌های میانه، تقاطع‌های T شکل، گذرگاه‌های ریلی، پل‌های متحرک و راه‌های مسدود شده می‌باشد.

۶-۱۳-۲- کاربرد حفاظ

در کاربرد حفاظ به نکته های زیر توجه شود:

الف- در انتخاب نوع حفاظ، طراح باید از رده عملکردی حفاظ و میزان تغییر شکل جانبی بر اساس استاندارد EN۱۳۱۷ یا گزارش NCHRP۳۵۰ آگاه باشد.

ب- در انتخاب نوع حفاظ، موقعیت و محل نصب، حجم و ترکیب ترافیک (سهم وسایل نقلیه سنگین)، سرعت، شرایط اقلیمی، الزامات و قابلیت نگهداری و هم‌خوانی با محیط و منظرآرایی را باید در نظر گرفت.

پ- در انتخاب نوع حفاظ باید فضای پشت حفاظ کنترل شود تا فضای کافی برای تغییر شکل جانبی داشته باشد. این موضوع به ویژه در حفاظهای میانی که احتمال تأثیر حفاظ تغییر شکل یافته بر جریان ترافیک مقابل وجود دارد، بسیار مهم است. بهتر است به اندازه یک و نیم برابر میزان تغییر شکل جانبی حفاظ، فضا در پشت حفاظ وجود داشته باشد.

ت- در قسمت‌هایی از راه که احتمال انحراف وسایل نقلیه افزایش می‌یابد مانند قوس‌های تند، باید در انتخاب نوع حفاظ و میزان صلبیت آن دقت بیشتری کرد.

ث- **رعایت ارتفاع حفاظها بر اساس رده عملکردی و مشخصات فنی آنها، ضروری است.** معمولاً لبه بالایی گاردریل با ریل دو موج در ۷۱ سانتیمتری، ریل سه موج در ۸۶ سانتی‌متری و نیوجرسی در ۸۱ تا ۱۱۰ سانتیمتری از سطح روسازی قرار دارد.

ج- در صورت استفاده از جدول، سپر حفاظ باید جلوتر از جدول باشد.

چ- انتهای حفاظ با استفاده از روش‌های ایمن سازی انتهای حفاظها، مهار و با استفاده از تجهیزات مناسب، آشکارسازی شود.

ح- انتهای حفاظهای طولی نباید در امتداد حرکت ترافیک جهت مقابل قرار گیرد. این مورد به ویژه در قوس‌های افقی بسیار مهم است. در این حالت، انتهای حفاظ طولی باید بعد از قوس افقی قرار گرفته و به سمت خارج قوس هدایت شود.

خ- اتصال مناسب حفاظها با رده عملکردی متفاوت مانند صلب به نیمه صلب (نواحی انتقالی) بسیار مهم است و باید دقت شود.

د- حداقل طول مورد نیاز برای پایه حفاظ نیمه صلب در صورت نصب در شانه خاکی، ۱/۸ متر می‌باشد. این طول در صورت نصب در شیروانی خاکریز و نیز با افزایش شیب خاکریز بیشتر می‌شود.

۶-۱۴- ضربه‌گیرها

ضربه‌گیرها یا تجهیزات کاهنده شدت ضربه، تجهیزات حفاظتی هستند که از برخورد وسایل نقلیه منحرف شده با موانع ثابت جلوگیری می‌کنند. ضربه‌گیرها قادر به کاهش تدریجی سرعت وسیله نقلیه تا توقف برای برخوردهای رو به رو یا تغییر جهت وسیله

نقلیه پیش از رسیدن به مانع در برخوردهای جانبی می‌باشند. بطور ایده‌آل از ضربه‌گیرها در مکان‌هایی استفاده می‌شود که امکان حذف، جابجایی، شکننده کردن و محافظت از موانع ثابت وجود ندارد. از کاربردهای متداول ضربه‌گیرها می‌توان به استفاده در دماغه رابطهای خروجی، سازه‌های برآمده از سطح زمین، پایه پل‌ها، مهار انتهای نرده پل و مهار انتهای حفاظهای میانی اشاره کرد.

در صورتی که طراح تشخیص دهد که ضربه‌گیر مقرون به صرفه‌تر از حفاظ است، می‌تواند از آن برای ایمن‌سازی موانع ثابت واقع در کنار یا میانه راه استفاده کند.

۶-۱۵- جدول

جدول‌ها به دو دسته مانع عبور و قابل عبور تقسیم می‌شود که هر دسته انواع متعدد و جزییات طرح مختلفی دارد (شکل‌های (۶-۲۲) و (۶-۲۳)). جدول، ممکن است طوری طرح شود که عمل آبرو را نیز انجام دهد.

استفاده از جدول، در مناطق شهری متداول است، ولی در راه‌ها نیز پس از اثبات ضرورت آن بر اساس دلیل‌های محکم فنی می‌توان از جدول با در نظر گرفتن موارد ایمنی، استفاده کرد. **در راه‌ها، جدول باید در لبه بیرونی شانه راه اجرا شود. برای تأمین ایمنی راه‌های با سرعت طرح بیش از ۷۵ کیلومتر درساعت، باید از جدول بلندتر از کف راه استفاده نشود. البته جدول نرده‌های پل از این قاعده مستثنی است.**

دلیل‌های ساخت جدول و آبرو به شرح زیر است:

الف – تخلیه مناسب آب سطحی

ب – مشخص‌کردن لبه سواره‌رو

پ – جریان‌بندی و کنترل دسترسی

ت – جایگزینی جدول با آبروی نامناسب موجود

ث – مشخص و ایمن ساختن محل پیاده‌رو

ج – افزایش زیبایی و کاهش هزینه‌های نگهداری راه

ح – جلوگیری از شسته شدن شانه

اصولاً استفاده از جدول در راه‌ها به مواردِ خاص (مثل تقاطع) محدود می‌شود.

۶-۱۵-۱- انواع جدول

به طوری که در شکل‌های (۶-۲۳-الف) و (۶-۲۳-ب) نشان داده شده است، جدول مانع عبور، نسبتاً بلند و نمای رو به ترافیک آن تقریباً قائم بوده و به منظور جلوگیری از خارج شدن خودرو از مسیر به کار می‌رود. ارتفاع این جدول، حدود ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متر است. معمولاً ترجیح داده می‌شود که سطح داخلی جدول به صورت شیبدار ساخته شود، لیکن مقدار این شیب کمتر از ۳:۱ (۱ افقی به ۳ قائم) اختیار نمی‌شود. گوشه بالایی ممکن است به صورت قوسی از یک دایره به شعاع ۱/۵ تا ۵ سانتی‌متر گرد شده باشد. برای سهولت ساخت و اجرا، اغلب از جدولی مانند آنچه که در شکل (۶-۲۳-الف) نشان داده است، استفاده می‌شود، با این تفاوت که دو بخش قائم و افقی از یکدیگر مجزا است. عیب مهم این نوع جدول آن است که بخش قائم به علت یکپارچه نبودن با بخش افقی،

پایداری کافی ندارد و معمولاً پس از مدتی در اثر نیروی افقی وارده از چرخ خودروها یا ناپایداری مصالح پشت آن کج شده و بر می‌گردد.

از جدول‌های مانع عبور، معمولاً در پل‌ها به صورت بخشی از نرده حفاظ و به منظور حفاظت اطراف پایه پل‌ها، یا در طول دیوارها به منظور جلوگیری از برخورد خودروها با این ابنیه استفاده می‌شود.

در موردهایی که انتظار می‌رود خودرو موازی جدول توقف کند، به منظور جلوگیری از برخورد سپر و گلگیر این خودروها به جدول، ارتفاع جدول نباید از ۲۰ سانتی‌متر تجاوز کند.

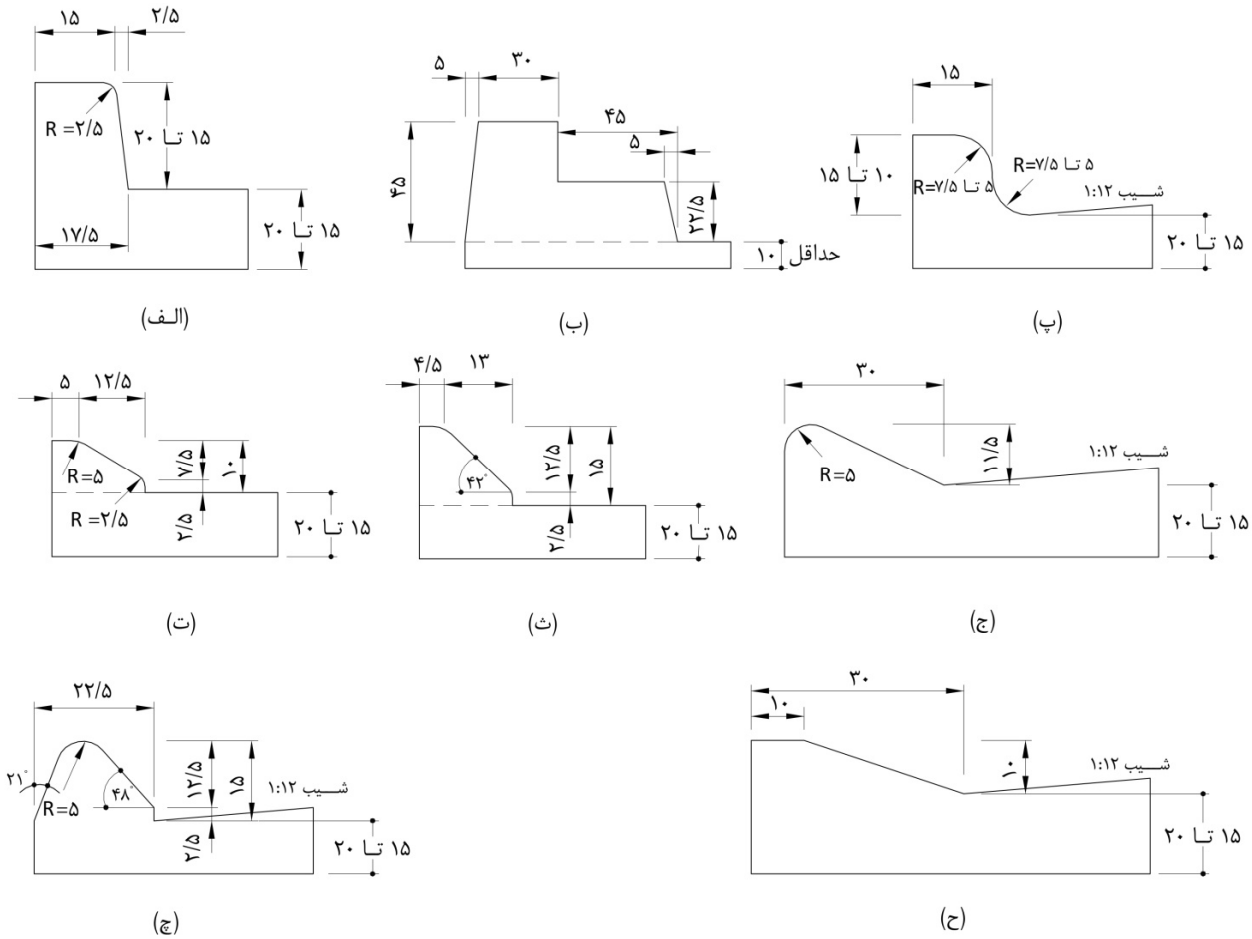
جدول قابل عبور طوری طرح می‌شود که خودرو در زمان‌های اضطراری بتواند از روی آن عبورکند. به طوری که در شکل ۶-۲۳(موارد "پ" تا "ح") نشان داده شده است، این نوع جدول، کوتاه بوده و سطح داخلی آن شیبی ملایم دارد.

هرگاه جدول قابل عبور با شیب سطح داخلی ملایم‌تر از ۱:۱ مد نظر باشد، ارتفاع آن نباید از ۱۰ سانتی‌متر تجاوز کند. اگر مقدار شیب سطح داخلی، (بین ۱:۱ تا ۲:۱) باشد، ارتفاع جدول نباید از ۱۵ سانتی‌متر تجاوزکند. جدول، به منظور تسهیل عبور، باید قابل عبور، گرد و پخ باشد ((۶-۲۳) موارد "پ" تا "ح"). موارد "ت"، "ث"، و "ج" از جدول‌های شکل (۶-۲۳) که در بخش پایینی، سطحی قائم دارد، به سهولت امکان روکش آتی روسازی را تأمین می‌کند.

از جدول قابل عبور، در میانه و لبه خارجی شانه و یا به منظور مشخص‌کردن جزیره هدایت‌کننده در محل تقاطع می‌توان استفاده کرد. انواع جدول‌های شکل (۶-۲۳) در میانه‌ها قابل استفاده است و نوع آن برحسب ایمنی مطلوب تعیین می‌شود.

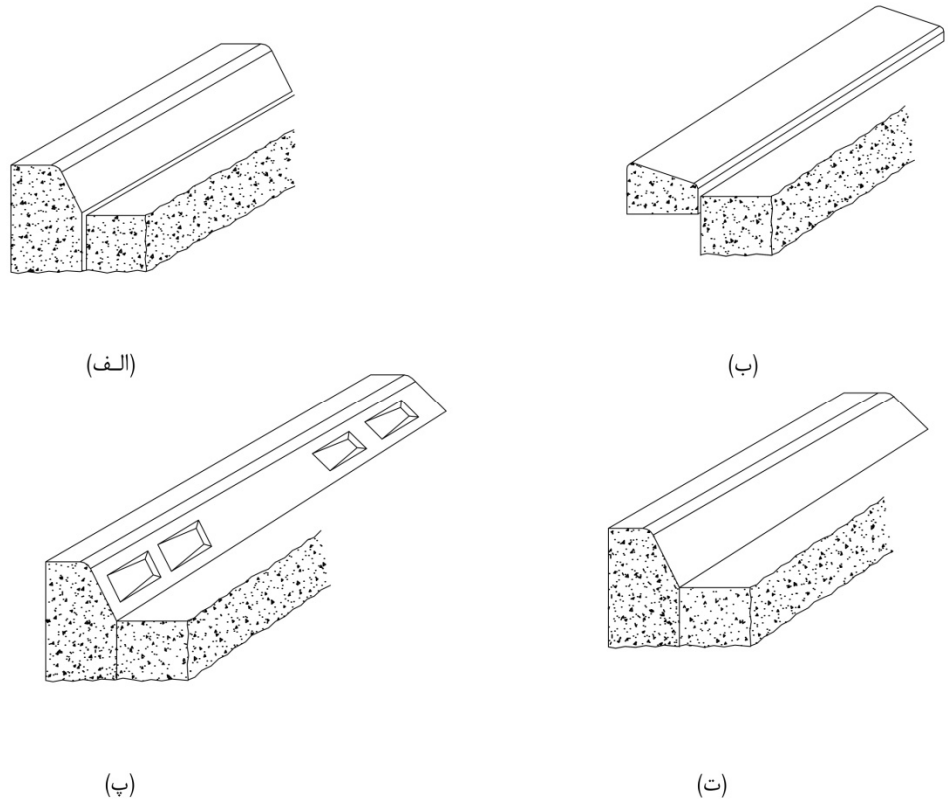
جدول مورد استفاده در کناره شانه، نوع گرد و پخ شده از جدول قابل عبور است که کنترل زهکشی، کاهش شستگی و مشخص شدن لبه‌های روسازی را نیز تأمین می‌کند. این جدول معمولاً بخشی از سیستم تخلیه آب سطحی طولی است و اغلب با مقطع آبرو به طور یکپارچه طرح می‌شود.

در مواردی که آبرو همان رنگ و بافت سطح سواره‌رو را دارد و شیب عرضی آن خیلی بیشتر از شیب عرضی روسازی مجاور نیست، می‌توان آن را به عنوان بخشی از خط عبور در نظر گرفت. آبرو دارای درز طولی مشخص و شیب عرضی بیشتر از خط مجاور، در مقایسه با آبرویی که به صورت بخشی از خط عبور ترافیک است، در حرکت خودروها در مجاورت درز، اختلال بیشتری پدید می‌آورد. آبرویی که رنگ و بافت متضادی با خط عبور ترافیک دارد، نباید به صورت بخشی از عرض خط عبور در نظرگرفته شود.



شکل ۶-۲۳- انواع جدول‌های راه و خیابان (ابعاد برحسب سانتی‌متر)

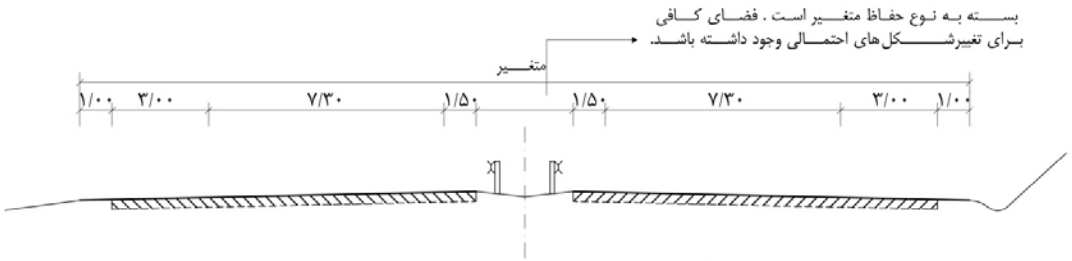
جدول با قابلیت رویت زیاد، به ویژه در شب و در مناطق باران‌زا و مه‌گیر، بسیار مطلوب است. سطح داخلی این نوع جدول غالباً نور را منعکس می‌کند. برای این منظور می‌توان در ساخت آن از سیمان سفید استفاده کرد. رنگ سفید سطح قائم و بالای جدول، (شکل (۶-۲۴-الف))، عامل بسیار مؤثری در قابلیت رویت آن است. جدول دارای طرح ویژه که سطح شکسته‌ای برای انعکاس نور چراغ‌های جلو دارد، در بارندگی سخت (که مشخص بودن کناره سواره‌رو بیش از هر زمان دیگر لازم است)، کمک عمده‌ای به بهبود دید راننده در سفر شبانه روی مسیر با روسازی آسفالتی می‌کند. طرح‌های گوناگون جدول با اجزای منعکس کننده مختلف، در موارد "ب" تا "ت" شکل (۶-۲۴) نشان داده شده است. این جدول‌ها دارای هزینه تعبیه و نگهداری بیشتری نسبت به جدول‌های دیگر است. برای بالابردن قابلیت رویت جدول، می‌توان از دکمه شب‌نما یا رنگ دارای خاصیت انعکاس نور در روی جدول استفاده کرد. جدول رنگ شده در معرض ساییدگی ناشی از ترافیک نیست، لیکن در اثر گل ولای کثیف می‌شود و ضرورت دارد که به طور مداوم تمیز شود. این امر سبب افزایش هزینه نگهداری این گونه جدول‌ها می‌شود.



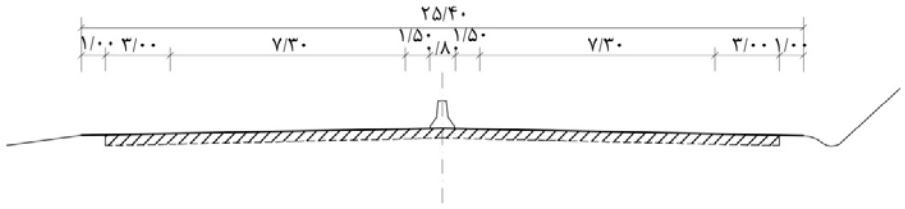
شکل ۶-۲۴- انواع جدول با قابلیت رویت زیاد

۶-۱۶- نیمرخ‌های عرضی نمونه

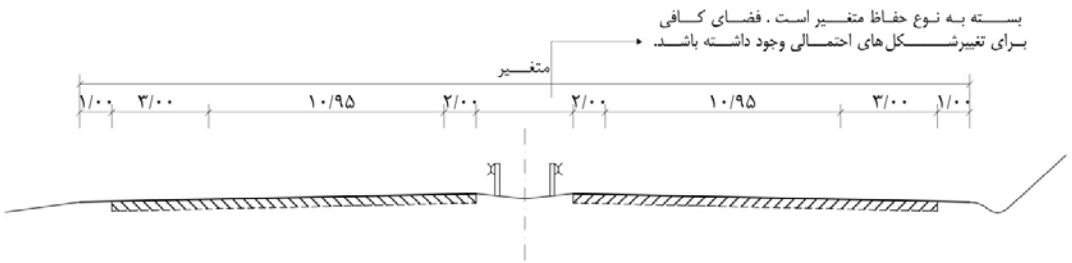
نیمرخ‌های عرضی نمونه برای انواع راه‌ها در شکل‌های (۶-۲۵) الی (۶-۲۸) آورده شده است.



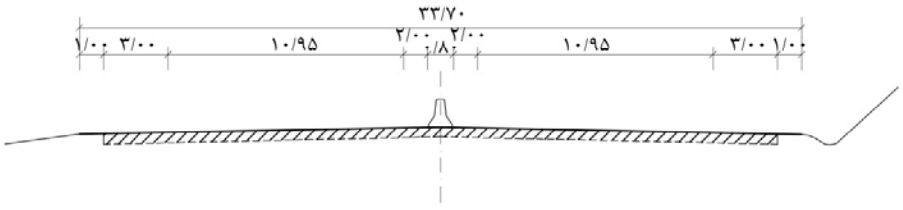
آزادراه و بزرگراه چهارخطه با حفاظ فلزی



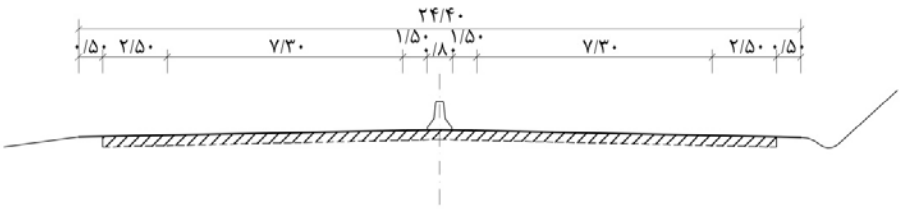
آزادراه و بزرگراه چهارخطه با حفاظ بتنی



آزادراه و بزرگراه شش خطه با حفاظ فلزی

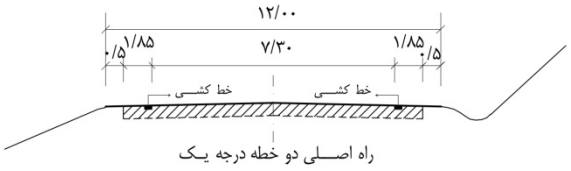


آزادراه و بزرگراه شش خطه با میانه بتنی

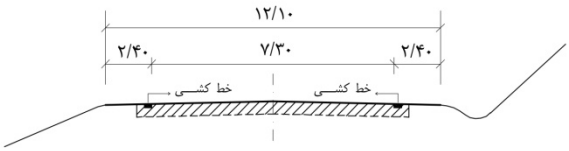


راه اصلی جداشده چهارخطه با میانه بتنی

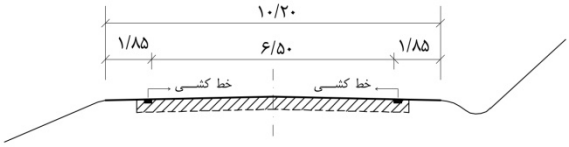
شکل ۶-۲۵- نیمرخ‌های عرضی نمونه برای راه‌های اصلی درجه یک، آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها



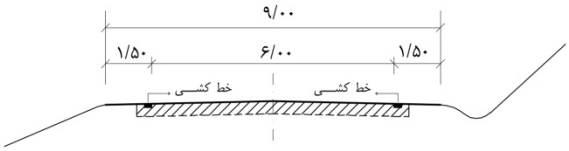
راه اصـــلی دو خطه درجه یـک



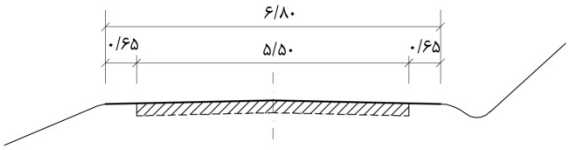
راه اصـــلی دو خطه درجه دو بـا ترافیـــک متوســـط روزانه بیـــش از ۲۰۰۰ و سـرعت طرح ۹۰ کیلومـــــتر بـر سـاعت



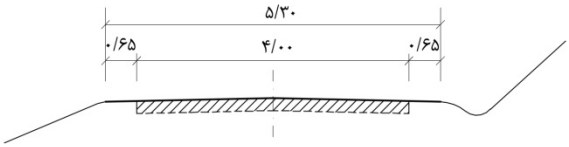
راه فـرعی دو خطه درجه یـک بـا ترافیـــک متوســـط روزانه بیـــن ۱۵۰۰ تـا ۲۰۰۰ و سـرعت طرح ۷۰ کیلومـــــتر بـر سـاعت



راه فـرعی دو خطه درجه دو بـا ترافیـــک متوســـط روزانه بیـــن ۴۰۰ تـا ۱۵۰۰ و سـرعت طرح ۵۰ کیلومـــــتر بـر سـاعت

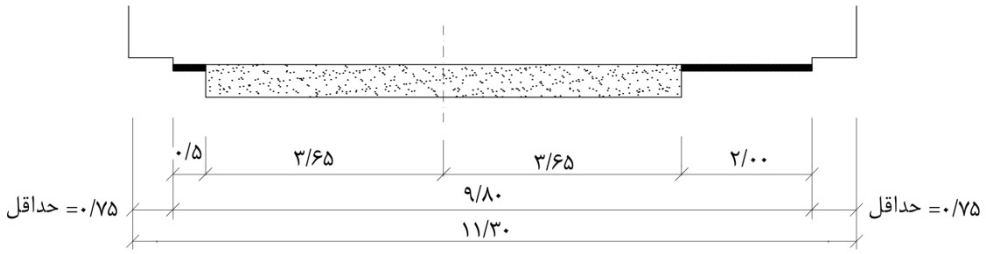


راه فـرعی دو خطه درجه سه بـا ترافیـــک متوســـط روزانه کمـــتر از ۴۰۰ و سـرعت طرح ۴۰ کیلومـــــتر بـر سـاعت



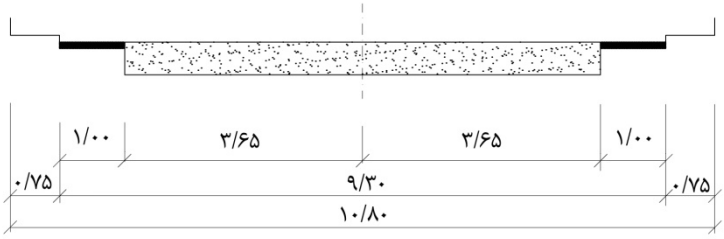
راه فـرعی یـک خطه درجه سه بـا ترافیـــک متوســـط روزانه کمـــتر از ۴۰۰

شکل ۶-۲۶- نیمرخ‌های عرضی نمونه برای راه‌های اصلی دو خطه و راه‌های فرعی



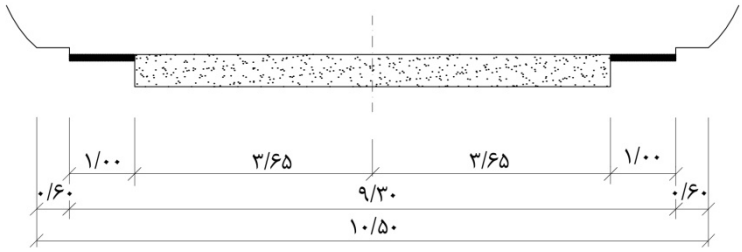
تونـــل یکطرفـــه بـا نـوار توقـف اضـطراری

(دیـوار قـائم)



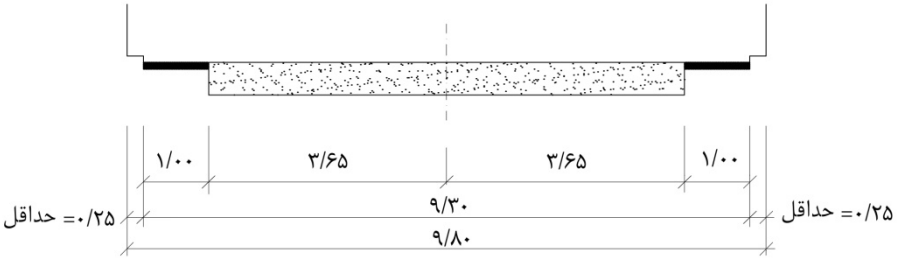
تونـــل دو طرفـه بـا پیـــاده رو اضـطراری و شـانه یـک مـتری

(دیـوار قـائم)



تونـــل دو طرفـه بـا پیـــاده رو اضـطراری و شـانه یـک مـتری

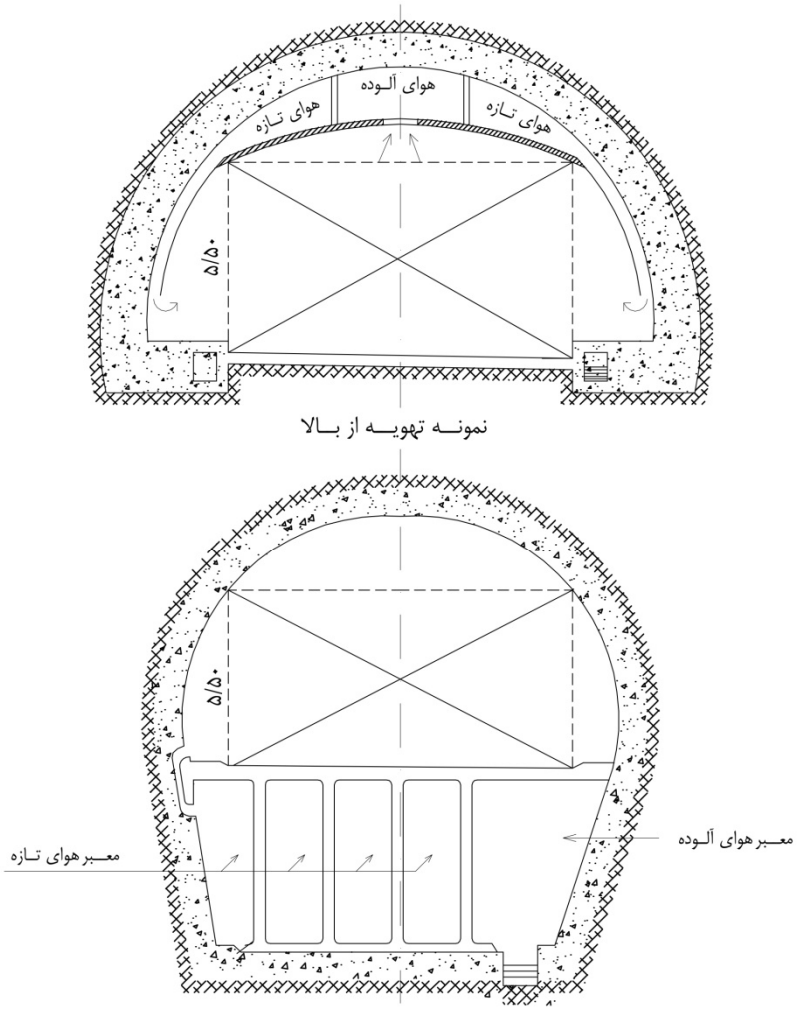
(دیـوار مقعـر)



تونـــل دو طرفـه بـا شـانه یـک مـتری بـدون پیـــاده رو اضـطراری

(دیـوار قـائم یـا مقعـر)

شکل ۶-۲۷- نمونه‌های نیمرخ عرضی تونل



شکل ۶-۲۸- نمونه‌های نیمرخ عرضی تونل با سیستم تهویه

فصل هفتم

ترافیک و گنجایش

۷-۱- مبانی ترافیک

ترافیک یکی از عوامل مهم در طرح هندسی راه محسوب می‌شود. اطلاعات ترافیکی به منظور تعیین اهمیت و طبقه‌بندی عملکردی راه و مشخصات اجزاء هندسی راه مانند عرض راه، تعداد و عرض خطها، شیب‌ها و قوس‌ها بکار می‌روند. **اجزای طرح هندسی باید به گونه‌ای انتخاب شوند که راه بتواند حجم ترافیک پیش‌بینی شده را در کیفیت ترافیکی مد نظر هدایت کند.**

مبنای محاسبه ترافیک، آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده از راه‌های موجود و همچنین پیش‌بینی‌های لازم برای رشد و توسعه آتی می‌باشد.

۷-۲- آمار و اطلاعات جمع آوری شده از راه‌های موجود

آمار و اطلاعات راه‌های موجود را می‌توان از ایستگاه‌های شمارش اخذ کرد. در غیر این صورت می‌توان با مطالعه میدانی مانند مطالعه مبدأ – مقصد و یا شمارش بصری (ترددشماری) در ایستگاه‌های منتخب، اطلاعات لازم را بدست آورد. موقعیت ایستگاه، زمان و مدت شمارش ترافیک به هدف مورد نظر و دقت مورد نیاز طرح بستگی دارد.

مکان شمارش وسایل نقلیه یا ایستگاه‌ها باید به گونه‌ای باشد که نتایج شمارش گویای ترافیک عبوری از قطعه مورد نظر بوده و غیر واقعی نباشد. ترددشماری باید مستقل از شرایط خاص زمانی مانند آب و هوای غیرعادی و راه بندهای موقتی باشد. **تردد-شماری‌ها باید تمامی وسایل نقلیه عبوری را پوشش دهد و به گونه‌ای باشد که بتواند برآورد واقعی ترافیک سالیانه، روزانه و نیز حداقل روند تغییرات روزانه و ساعتی و الگوی این تغییرات به ویژه در تقاطع‌ها را مشخص کند. ترددشماری باید بتواند تغییر ترافیک در روزهای تعطیل و غیر تعطیل را مشخص کند.** توصیه می-شود ترددشماری حداقل در ۷ روز (روزانه حداقل ۱۶ ساعت) انجام شود.

۷-۳- پیش‌بینی ترافیک

در طول دوره طراحی، ضروری است که میزان ترافیک موجود (شروع بهره‌برداری)، میزان ترافیک تولید شده و میزان ترافیک ناشی از توسعه زمین‌های اطراف راه پیش‌بینی شود.

ترافیک موجود، حجم ترافیک عبوری در زمان باز شدن راه است که در راه جدید با توجه به نوع و جایگاه راه در شبکه ملی و منطقه‌ای، برابر با ترافیک جذب شده از راه‌های مجاور (شبکه راه‌های منطقه‌ای یا ملی) و در راه موجود، برابر با حجم ترافیک عبوری از آن قبل از بهسازی به اضافه حجم ترافیک جذب شده از راه‌های مجاور بعد از بهسازی (که ناشی از بهبود شرایط موجود می‌باشد) است.

ترافیک تولید شده شامل ترافیک ناشی از تولید سفرهای جدید در اثر احداث راه است. این ترافیک معمولاً در طی سال‌های اول و دوم بعد از بهره‌برداری ایجاد می‌شود. برای راه‌های برون‌شهری مقدار آن ۵ تا ۲۵ درصد پیش‌بینی می‌شود که مهندس مشاور باید دوره و مقدار آن را تعیین کند.

ترافیک ناشی از توسعه زمین‌های اطراف راه بخصوص در مناطقی که قبلاً راهی از آنجا عبور نکرده یا در مناطق خوش آب و هوا و تفریحگاهی، محسوس‌تر است. این ترافیک بعد از بهره‌برداری راه بصورت ممتد افزایش می‌یابد. مقدار آن بسیار متغیر بوده و بستگی به شرایط محلی دارد. مهندس مشاور باید با توجه به کاربری‌های زمین‌های موجود حاشیه راه، استعدادهای منطقه و مطالعات ترافیکی، مقدار آن را برآورد کند.

برای پیش‌بینی ترافیک آتی لازم است تا دوره طرح و نرخ رشد سالانه ترافیک تعیین شود.

۷-۳-۱- سال طرح

در طرح هندسی راه‌های جدید و یا بهسازی راه‌های موجود، باید احجام ترافیکی مورد انتظار در آینده در نظر گرفته شود. لذا ضروری است که احجام ترافیک برای یک سال طراحی معین، پیش‌بینی شود.

در تعیین سال طرح، باید ملاحظات اقتصادی در نظر گرفته شود. در طرح هندسی راه‌ها، معمولاً ۲۰ سال بعد به عنوان سال طرح توصیه می‌شود. برای برخی از پروژه‌های بهسازی یا بازسازی، به دلیل محدودیت‌های بودجه‌ای و یا عدم اطمینان در پیش‌بینی ترافیک، ممکن است سال طرح، کوتاه‌تر (۱۰ تا ۱۵سال بعد) انتخاب شود.

۷-۳-۲- رشد سالانه ترافیک

رشد سالانه ترافیک در طول دوره طرح برای راه موجود بر اساس آمار ترافیک سال‌های قبل آن و برای راه جدید بر اساس جایگاه راه مورد مطالعه در شبکه ملی و منطقه‌ای، از طریق مطالعات ترافیکی مانند مطالعه میدانی مبدأ- مقصد و آمار ترافیک راه‌های مجاور موجود یا منطقه مورد نظر تعیین می‌شود. رشد ترافیک برای انواع وسایل نقلیه به تفکیک محاسبه می‌شود. برای تعیین نرخ رشد ترافیک باید حداقل یک دوره ۱۰ ساله از داده‌های ترافیکی در دسترس باشد.

برای تعیین رشد ترافیک می‌توان از نتایج آمارگیری ارائه شده توسط سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای استفاده کرد. برای راه جدید علاوه بر استفاده از نتایج آمارگیری محورهای موجود در محدوده پروژه، می‌توان با استفاده از مدلهای مناسب حمل و نقل، رشد ترافیک سالانه را محاسبه کرد.

چنانچه آمار لازم در دوره ۱۰ ساله وجود نداشته باشد و یا آمار موجود دارای دامنه تغییرات غیر قابل قبول باشد، باید ضمن ارائه دلایل مستند لازم، با بررسی طرح‌های توسعه منطقه‌ای و کشور، نرخ رشد سالانه ترافیک را بر اساس شرایط واقعی تعیین کرد.

با داشتن ترافیک سال اول بهره‌برداری و نرخ رشد سالانه ترافیک وسایل نقلیه، ترافیک سالهای آتی از رابطه (۷-۱) محاسبه می‌شود.

$$T_n = T_1 \times (1+r)^n \qquad (۷-۱)$$

که در آن:

T_n = تعداد ترافیک در سال nام

T_1 = تعداد ترافیک در سال اول

r = نرخ رشد سالیانه ترافیک

۷-۴- داده‌های ترافیکی مورد نیاز

مهمترین اطلاعات ترافیکی مورد نیاز شامل متوسط سالانه حجم ترافیک روزانه (AADT)، متوسط ترافیک روزانه (ADT)، حجم ساعت طرح (DHV) و تفکیک وسایل نقلیه بر حسب نوع آنها می‌باشد. معمولاً از متوسط سالانه حجم ترافیک روزانه برای تحلیل‌های اقتصادی و یا طراحی سازه‌ای اجزای راه و از حجم ترافیک ساعت طرح در تحلیل سطح کیفیت ترافیک و تعیین اجزای هندسی راه استفاده می‌شود.

۷-۴-۱- تعیین متوسط حجم ترافیک روزانه در سال یا متوسط سالیانه حجم ترافیک روزانه

متوسط سالانه حجم ترافیک روزانه (AADT) عبارت است از حجم کل سالیانه ترافیک تقسیم بر تعداد روزهای سال. هنگامی‌که ترافیک بصورت پیوسته برای یک سال کامل شمارش شود، ترافیک متوسط روزانه در یک سال بدون هیچ گونه خطایی بدست می-آید. در صورتی که ترافیک برای یک دوره کوتاه شمارش شده باشد (بیشتر از یک روز، کمتر از یکسال)، متوسط حجم ترافیک روزانه (ADT) حاصل می‌شود. معمولاً در رابطه (۷-۱) از متوسط حجم ترافیک روزانه (ADT) استفاده می‌شود.

۷-۴-۲- تعیین حجم ترافیک ساعت طرح (DHV)

شرایط ترافیکی ساعتی از سال طرح که طراحی برای حجم ترافیک آن انجام می‌شود، ترافیک ساعت طرح نامیده می‌شود. در تعیین حجم ترافیک ساعت طرح، همزمان باید به سطح کیفیت ترافیک در سال طرح و ملاحظات اقتصادی توجه شود. برای راه‌ها، توصیه می‌شود که حجم سی‌امین ساعت شلوغ سال به عنوان حجم ترافیک ساعت طرح انتخاب شود (در این صورت ۲۹ ساعت در سال دارای حجم ترافیک بیشتر از حجم ترافیک ساعت طرح هستند). مهندسین مشاور باید با استفاده از آمار ساعتی موجود در سال نسبت به تعیین حجم ترافیک ساعت طرح اقدام و در صورت نبودن آمار، با ترددشماری، حدود آن را تخمین بزنند. بطور معمول، حجم ترافیک ساعت طرح برابر ۹ تا ۱۰ درصد متوسط سالانه حجم ترافیک روزانه (AADT) و یا ۱۵ درصد متوسط حجم ترافیک روزانه (ADT) در نظر گرفته می‌شود.

۷-۵- تعیین سطح کیفیت ترافیک (LOS)

توصیف کیفی شرایط عملکردی جریان ترافیک، سطح کیفیت ترافیک نامیده می‌شود که بطور معمول با معیارهایی مانند سرعت، زمان سفر، آزادی حرکت، آسایش و راحتی سنجیده می‌شود.

بطورکلی شش نوع کیفیت ترافیکی برای راه‌ها وجود دارد که به شرح ذیل می‌باشند:

کیفیت «۱» – تراکم وسایل نقلیه تأثیری بر سرعت وسایل نقلیه ندارد و سرعت جریان آزاد[1] غالب است. وسایل نقلیه دارای آزادی کامل در حرکت می‌باشند و اثر تصادف یا آشفتگی ترافیکی به آسانی حذف می‌شود.

کیفیت «۲» – سرعت جریان آزاد نسبتاً غالب است. وسایل نقلیه تا حدود زیادی دارای آزادی کامل در حرکت می‌باشند و اثر آشفتگی کوچک ترافیکی به آسانی حذف می‌شود.

۱- سرعت جریان آزاد، سرعت متوسط وسایل نقلیه سواری در شدت جریان حداقل است.

کیفیت «۳» – سرعت‌ها نزدیک به سرعت جریان آزاد می‌باشند اما آزادی حرکت وسایل نقلیه تا حدودی محدود می‌شود. اثر آشفتگی کوچک ترافیکی، ممکن است منجر به تشکیل صف وسایل نقلیه شود.

کیفیت «۴» – سرعت جریان تا حدودی کمتر از سرعت جریان آزاد است. آزادی حرکت وسایل نقلیه تا حدود زیادی محدود می‌شود. آشفتگی کوچک ترافیکی، منجر به تشکیل صف وسایل نقلیه می‌شود.

کیفیت «۵» – شدت جریان نزدیک یا برابر با گنجایش[۲] است. جریان ترافیک نامتعادل و با توقف‌های کوتاه همراه می‌باشد. سرعت جریان کاملاً متغیر بوده و آزادی حرکت وسایل نقلیه کاملاً محدود می‌شود. آشفتگی‌های خیلی کوچک ترافیکی منجر به تشکیل صف وسایل نقلیه می‌شود.

کیفیت «۶» – شدت جریان بیشتر از گنجایش است. صف‌های طویل تشکیل می‌شود که همراه با توقف‌های طولانی است.

در طرح هندسی راه‌ها و تقاطع‌ها، تعیین سطح کیفیت ترافیک طرح از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا این انتخاب با عملکرد راه در طول دوره بهره‌برداری مرتبط خواهد بود. **طراح باید بر اساس قضاوت کارشناسی خود، سطح کیفیت ترافیک مناسب طرح را انتخاب کند لیکن برای قسمت‌های مختلف یک راه، باید سطح کیفیت ترافیک طرح یکسان در نظر گرفته شود.** در جدول (۷-۱)، سطح کیفیت ترافیک سال طرح برای انواع راه‌ها در شرایط محیطی مختلف توصیه شده است.

جهت تعیین تعداد خطوط مورد نیاز برای راه جدید و یا افزایش تعداد خطوط راه موجود، ابتدا تعداد خطوط مورد نیاز فرض و سپس با استفاده از حجم ترافیک ساعت طرح پیش‌بینی شده، سطح کیفیت ترافیک تعیین می‌شود. سطح کیفیت ترافیک تعیین شده با سطح کیفیت ترافیک سال طرح (حاصل از جدول (۷-۱)) مقایسه می‌شود. در صورت عدم تطابق، تعداد خطوط افزایش داده شده و این روند تکرار می‌شود.

جدول ۷-۱- سطح کیفیت ترافیک سال طرح برای انواع راه‌ها

نوع راه/منطقه	حومه شهر	کوهستانی	تپه‌ماهور	دشت
راه شریانی (آزادراه و بزرگراه)	۳	۳	۲	۲
راه اصلی درجه یک و دو	۳	۳	۲	۲
راه فرعی درجه یک و دو	۴	۴	۳	۳
راه فرعی درجه سه	۴	۴	۴	۴

برای تعیین سطح کیفیت ترافیک از شدت جریان حاصل از بازه زمانی ۱۵ دقیقه استفاده می‌شود. به همین منظور، حجم ترافیک ساعت طرح بر ضریب ساعت اوج (PHF)، تقسیم می‌شود. ضریب ساعت اوج، در صورت وجود آمار در بازه‌های ۱۵ دقیقه‌ای در ساعت اوج، برابر است با: $(۴\times V_{۱۵})$ / (حجم ترافیک ساعت اوج)=PHF، که در آن $V_{۱۵}$، حداکثر حجم ترافیک در بازه ۱۵ دقیقه‌ای در ساعت اوج می‌باشد. در صورت نبودن آمار، می‌توان مقدار ۰/۸۸ را برای راه‌های برون‌شهری و ۰/۹۰ را برای راه‌های حومه شهر به عنوان ضریب ساعت اوج در نظر گرفت.

۲- حداکثر شدت جریان پایدار که می‌توان به صورت منطقی انتظار داشت تا وسایل نقلیه از یک نقطه یا قطعه‌ای یکنواخت از طول یک خط عبور یا تمام خطوط راه در مدت زمان معین تحت شرایط موجود محیطی و هندسی و در سطح کیفیت ترافیک (۵) از آن عبور کند که بر حسب وسیله نقلیه در ساعت یا معادل وسیله نقلیه سبک در ساعت بیان می‌شود.

۷-۵-۱- تعیین سطح کیفیت ترافیک در آزادراه‌ها[۳]

۷-۵-۱-۱- تفکیک آزادراه‌ها به لحاظ رفتار ترافیکی

در آزادراه‌ها سه ناحیه متفاوت به لحاظ رفتار ترافیکی وجود دارد که عبارتند از:

۱- بخش اصلی آزادراه

بخش اصلی، ناحیه‌ای از آزادراه در خارج از محدوده تأثیر رابط‌ها و نواحی تداخلی می‌باشد.

۲- ناحیه تداخلی

ناحیه تداخلی زمانی بوجود می‌آید که ترافیک ناحیه ورودی به آزادراه با ترافیک ناحیه خروجی از آزادراه و یا بالعکس تداخل پیدا کند. اگر فاصله بین دماغه‌های رابط خروجی و رابط ورودی، حداکثر ۷۵۰ متر باشد، ناحیه تداخلی محسوب می‌شود.

۳- ناحیه تحت تأثیر رابط

ناحیه‌ای به طول ۴۵۰ متر قبل از رابط خروجی و بعد از رابط ورودی است.

سطح کیفیت ترافیک هر یک از نواحی فوق بطور مستقل بررسی می‌شود.

۷-۵-۱-۲- سطح کیفیت ترافیک در بخش اصلی آزادراه‌ها

برای تعیین سطح کیفیت ترافیک در بخش اصلی آزادراه‌ها فرض می‌شود که شرایط ایده‌آل ذیل فراهم باشد. در صورت تغییر در هر یک از این موارد، تعدیل لازم به تناسب اعمال می‌شود.

۱- کلیه وسایل نقلیه، وسیله نقلیه سبک (سواری) باشد.

۲- منطقه عبور، دشت با شیب طولی کمتر از ۲ درصد باشد.

۳- عرض هر خط عبور مساوی یا بیشتر از ۳/۶۵ متر باشد.

۴- حداقل فاصله آزاد جانبی لبه سواره‌رو از سمت میانه ۰/۶ متر باشد.

۵- تا فاصله ۱/۸۵ متری لبه سواره‌رو از سمت راست، مانعی وجود نداشته باشد.

۶- همه رانندگان با مسیر آشنایی داشته باشند.

۷- سرعت جریان آزاد مساوی یا بیشتر از ۱۱۰ کیلومتر در ساعت باشد.

۸- فاصله تبادل‌ها ۳ کیلومتر یا بیشتر باشد.

سه معیار ذیل، تعیین‌کننده سطح کیفیت ترافیک در بخش اصلی آزادراه‌ها می‌باشند:

ا- تراکم (تعداد وسایل نقلیه سبک در یک کیلومتر در یک خط)

۲ - متوسط سرعت

۳ - نسبت حجم ساعت طرح به گنجایش

۳- سطح کیفیت ترافیک در بزرگراه‌ها مانند آزادراه‌ها است.

روند تعیین سطح کیفیت ترافیک بخش‌های اصلی آزادراه‌ها در نمودار شکل (۷-۱) ارائه شده است. تعیین سطح کیفیت ترافیکی آزادراه‌ها، با سه معیار فوق انجام می‌شود که ابتدا باید سرعت جریان آزاد و شدت جریان محاسبه شوند. روش گام به گام تعیین سطح کیفیت ترافیکی در ذیل آورده شده است.

الف- محاسبه سرعت جریان آزاد (FFS)

سرعت جریان آزاد، سرعت متوسط وسایل نقلیه سبک در شدت جریان کمتر از ۱۳۰۰ وسیله نقلیه سبک در ساعت در خط می‌باشد. سرعت جریان آزاد اندازه‌گیری شده میدانی، به ضرایب اصلاحی نیاز ندارد. جهت اطلاعات بیشتر در زمینه اندازه‌گیری مستقیم میدانی، می‌توان به مراجع معتبر در این زمینه مراجعه کرد.

در صورت موجود نبودن داده‌های میدانی، سرعت جریان آزاد را می‌توان از طریق رابطه (۷-۲) محاسبه کرد.

$$FFS=BFFS-f_{LW}-f_{LC}-f_{ID} \qquad (۷-۲)$$

که در آن:

FFS = سرعت جریان آزاد (کیلومتر در ساعت)

BFFS = سرعت جریان آزاد پایه برای راه‌های برون‌شهری که ۱۲۰ کیلومتر در ساعت فرض می‌شود.

f_{LW} = تعدیل عرض خط (جدول (۷-۲))

f_{LC} = تعدیل فاصله مانع از لبه سواره‌رو از سمت راست (جدول (۷-۳))

f_{ID} = تعدیل تراکم تبادل‌ها (جدول (۷-۴))

ب- تعیین شدت جریان

شدت جریان معادل وسیله نقلیه سبک در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای برای یک خط عبور (v_p) از رابطه (۷-۳) بدست می‌آید.

$$v_p = \frac{V}{PHF \times N \times f_{HV} \times f_p} \qquad (۷-۳)$$

که در آن:

V = حجم ترافیک ساعت طرح (وسیله نقلیه در ساعت)

PHF = ضریب ساعت اوج

N = تعداد خطوط

f_p = ضریب تعدیل مربوط به آشنایی راننده با مسیر (در تحلیل‌ها مقدار ۱ در نظر گرفته شود مگر در راه‌های تفریحی که می‌توان بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۰ در نظر گرفت).

f_{HV} = ضریب تعدیل برای وسایل نقلیه سنگین در ترافیک که از رابطه (۷-۴) محاسبه می‌شود.

$$f_{HV}= \frac{۱}{۱+P_T(E_T-۱)+P_R(E_R-۱)} \qquad (۷-۴)$$

که در آن:

E_T = وسیله نقلیه سبک معادل کامیون‌ها و اتوبوس‌ها

E_R = وسیله نقلیه سبک معادل وسایل نقلیه تفریحی

P_T = نسبت تعداد کامیون‌ها و اتوبوس‌ها به کل ترافیک

P_R = نسبت تعداد وسایل نقلیه تفریحی به کل ترافیک

E_T و E_R برای قطعاتی که شیب‌های خیلی طولانی و یا خیلی تند ندارند[۴]، از جدول (۷-۵) و برای سربالایی‌های با شیب‌های خیلی طولانی و یا خیلی تند از جداول (۷-۶) و (۷-۷) تعیین می‌شود. E_T برای سرپایینی‌های با شیب‌های خیلی طولانی و یا خیلی تند، از جدول (۷-۸) تعیین و E_R در این شرایط، برابر ۱/۲ در نظر گرفته شود. در صورت وجود شیب‌های مختلف در بخش اصلی آزادراه، باید این بخش بر اساس نوع شیب طولی، تفکیک و به طور جداگانه تحلیل شوند.

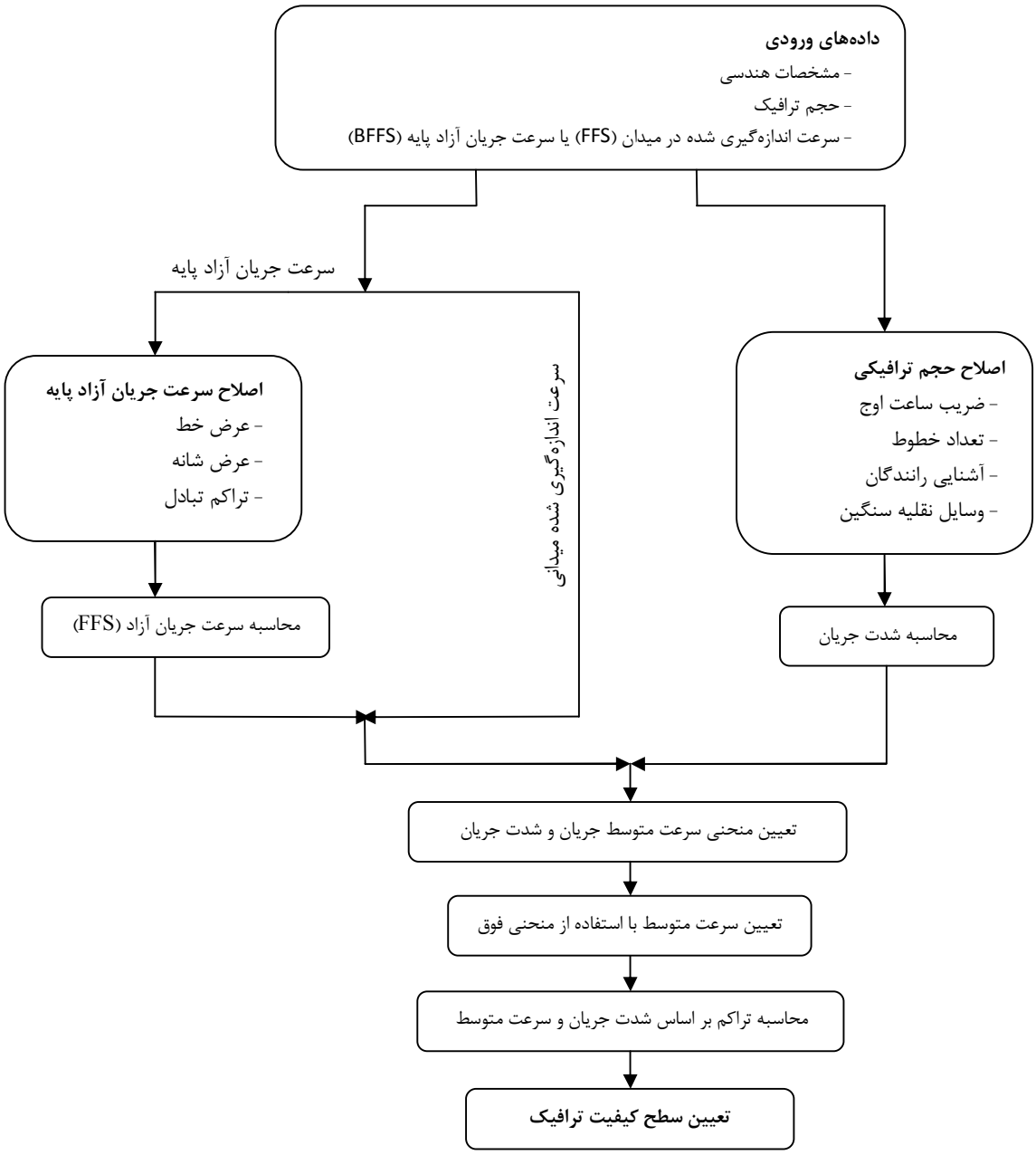
پ- تعیین سطح کیفیت ترافیک

با توجه به مقدار FFS، منحنی متوسط سرعت حرکت – شدت جریان از شکل (۷-۲) انتخاب می‌شود. بر اساس منحنی مذکور و مقدار شدت جریان (v_p)، متوسط سرعت حرکت وسیله نقلیه سبک (S) بر حسب کیلومتر در ساعت تعیین می‌شود، سپس میزان تراکم (D) از رابطه (۷-۵) محاسبه می‌شود.

$$D=\frac{v_p}{S} \qquad (۵-۷)$$

با محاسبه میزان تراکم، کیفیت ترافیکی آزادراه با مراجعه به جدول (۷-۹) تعیین می‌شود.

۴- شیب خیلی طولانی، شیب کمتر از ۳ درصد با طول بیشتر از ۱ کیلومتر و شیب خیلی تند، شیب مساوی یا بیش از ۳ درصد با طول بیشتر از ۰/۵ کیلومتر است.



شکل ۷-۱- روش کلی تعیین سطح کیفیت ترافیک بخش اصلی آزادراه‌ها

جدول ۷-۲- تعدیل عرض خط (f_{LW})

عرض خط (متر)	۳/۶۵	۳/۵	۳/۴	۳/۳	۳/۲	۳/۱	۳
مقدار کاهش در سرعت جریان آزاد (f_{LW}) (کیلومتر در ساعت)	۰	۱	۲/۱	۳/۱	۵/۶	۸/۱	۱۰/۶

جدول ۷-۳- تعدیل فاصله مانع از لبه سواره‌رو از سمت راست (f_{LC})

شانه راست فاصله جانبی (متر)	مقدار کاهش در سرعت جریان آزاد (f_{LC}) (کیلومتر در ساعت)			
	تعداد خطوط در یک جهت			
	۲	۳	۴	≥۵
≥۱/۸۵	۰	۰	۰	۰
۱/۵	۱	۰/۷	۰/۳	۰/۲
۱/۲	۱/۹	۱/۳	۰/۷	۰/۴
۰/۹	۲/۹	۱/۹	۱	۰/۶
۰/۶	۳/۹	۲/۶	۱/۳	۰/۸
۰/۳	۴/۸	۳/۲	۱/۶	۱/۱
۰	۵/۸	۳/۹	۱/۹	۱/۳

جدول ۷-۴- تعدیل تراکم تبادل‌ها (f_{ID})

تبادل در هر کیلومتر	≤۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱	۱/۱	۱/۲
مقدار کاهش در سرعت جریان آزاد (f_{ID}) (کیلومتر در ساعت)	۰	۱	۲/۱	۳/۹	۵	۶	۸/۱	۹/۲	۱۰/۲	۱۲/۱

جدول ۷-۵- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه سنگین در قطعاتی از آزادراه بدون شیب‌های خیلی طولانی و یا خیلی تند

ضریب	نوع پستی و بلندی		
	دشت	تپه‌ماهور	کوهستانی
اتوبوس و کامیون (E_T)	۱/۵	۲/۵	۴/۵
وسایل نقلیه تفریحی (E_R)	۱/۲	۲	۴

جدول ۷-۶- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون و اتوبوس در سربالایی

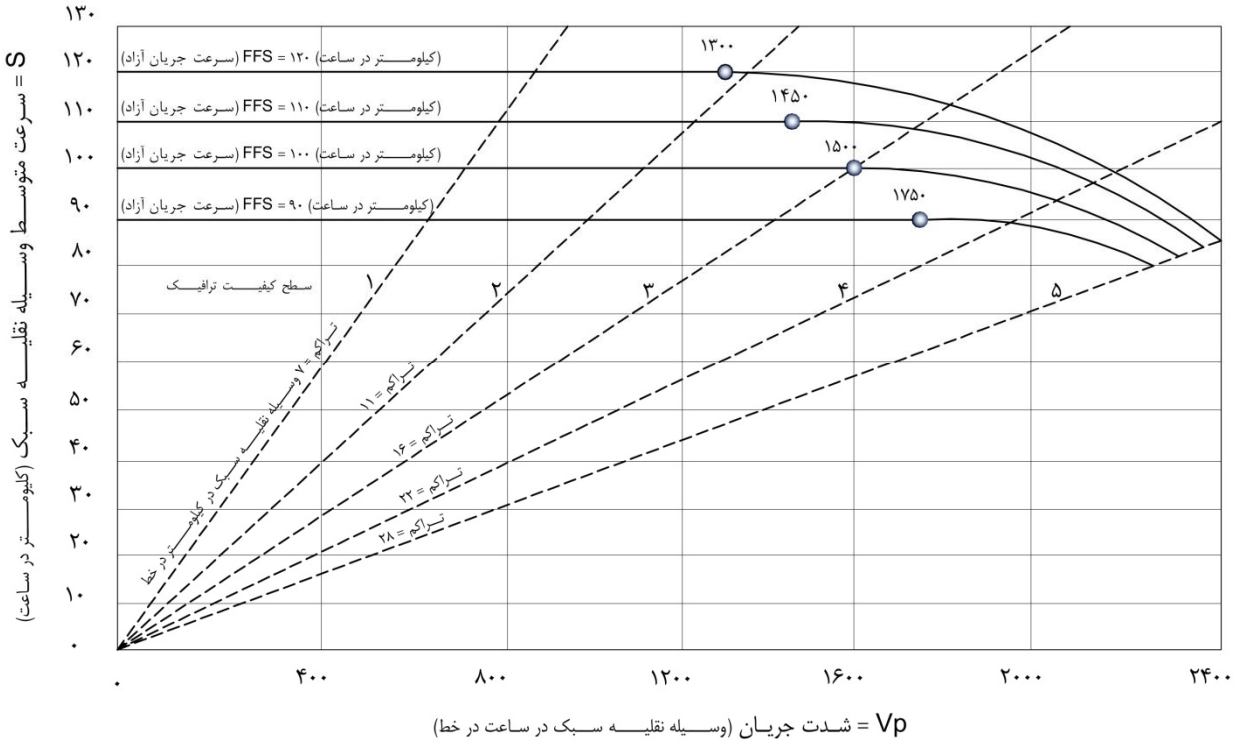
سربالایی (٪)	طول (کیلومتر)	E_T درصد کامیون و اتوبوس								
		۲	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
<۲	هر طول	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
≥ ۲-۳	۰-۰/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۴-۰/۸	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۸-۱/۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۱/۲-۱/۶	۲	۲	۲	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۱/۶-۲/۴	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۲	۲
	>۲/۴	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۲	۲
>۳-۴	۰-۰/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۴-۰/۸	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۸-۱/۲	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
	۱/۲-۱/۶	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲
	۱/۶-۲/۴	۳/۵	۳/۵	۳	۳	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵
	>۲/۴	۴	۳/۵	۳	۳	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵
>۴-۵	۰-۰/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۴-۰/۸	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۲	۲
	۰/۸-۱/۲	۳/۵	۳	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
	۱/۲-۱/۶	۴	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳	۳	۳	۳	۳
	>۱/۶	۵	۴	۴	۴	۳/۵	۳/۵	۳	۳	۳
>۵-۶	۰-۰/۴	۲	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۴-۰/۵	۴	۳	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۲	۲
	۰/۵-۰/۸	۴/۵	۴	۳/۵	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
	۰/۸-۱/۲	۵	۴/۵	۴	۳/۵	۳	۳	۳	۳	۳
	۱/۲-۱/۶	۵/۵	۵	۴/۵	۴	۳	۳	۳	۳	۳
	>۱/۶	۶	۵	۵	۴/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵
>۶	۰-۰/۴	۴	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲
	۰/۴-۰/۵	۴/۵	۴	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵
	۰/۵-۰/۸	۵	۴/۵	۴	۴	۳/۵	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵
	۰/۸-۱/۲	۵/۵	۵	۴/۵	۴/۵	۴	۳/۵	۳	۳	۳
	۱/۲-۱/۶	۶	۵/۵	۵	۵	۴/۵	۴	۳/۵	۳/۵	۳/۵
	>۱/۶	۷	۶	۵/۵	۵/۵	۵	۴/۵	۴	۴	۴

جدول ۷-۷- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه تفریحی در سربالایی

سربالایی (٪)	طول (کیلومتر)	E_R درصد وسایل نقلیه تفریحی								
		۲	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
≤ ۲	هر طول	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲
> ۲-۳	۰-۰/۸	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲
	>۰/۸	۳	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۲	۱/۲	۱/۲
> ۳-۴	۰-۰/۴	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲
	۰/۴-۰/۸	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	>۰/۸	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۱/۵	۱/۵
> ۴-۵	۰-۰/۴	۲/۵	۲	۲	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۴-۰/۸	۴	۳	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲
	>۰/۸	۴/۵	۳/۵	۳	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲	۲
> ۵	۰-۰/۴	۴	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۱/۵
	۰/۴-۰/۵	۶	۴	۴	۳/۵	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲
	>۰/۸	۶	۴/۵	۴	۴/۵	۳/۵	۳	۳	۲/۵	۲

جدول ۷-۸- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون و اتوبوس در سرپایینی

سرپایینی (٪)	طول (کیلومتر)	E_T درصد کامیون			
		۵	۱۰	۱۵	۲۰
< ۴	هر طول	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
۴-۵	≤۶/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
۴-۵	>۶/۴	۲	۲	۲	۱/۵
> ۵-۶	≤۶/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
> ۵-۶	>۶/۴	۵/۵	۴	۴	۳
> ۶	≤۶/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
> ۶	>۶/۴	۷/۵	۶	۵/۵	۴/۵



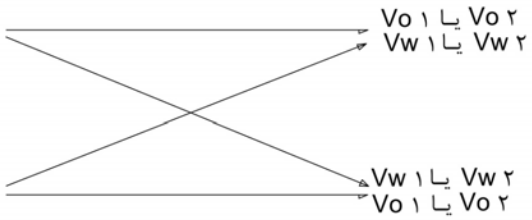
شکل ۷-۲- منحنی‌های سرعت متوسط حرکت- شدت جریان- سطح کیفیت ترافیک برای بخش اصلی آزادراه‌ها

جدول ۷-۹- معیارهای سطح کیفیت ترافیک برای بخش اصلی آزادراه‌ها

معیار	سطح کیفیت				
	۱	۲	۳	۴	۵
(کیلومتر در ساعت) FFS=۱۲۰					
حداکثر تراکم (وسیله نقلیه سبک در کیلومتر در خط)	۷	۱۱	۱۶	۲۲	۲۸
حداقل سرعت (کیلومتر در ساعت)	۱۲۰	۱۲۰	۱۱۴/۶	۹۹/۶	۸۵/۷
حداکثر v/c (حجم به گنجایش)	۰/۳۵	۰/۵۵	۰/۷۷	۰/۹۲	۱
حداکثر شدت جریان ترافیک طرح (وسیله نقلیه سبک در ساعت در خط)	۸۴۰	۱۳۲۰	۱۸۴۰	۲۲۰۰	۲۴۰۰
(کیلومتر در ساعت) FFS=۱۱۰					
حداکثر تراکم (وسیله نقلیه سبک در کیلومتر در خط)	۷	۱۱	۱۶	۲۲	۲۸
حداقل سرعت (کیلومتر در ساعت)	۱۱۰	۱۱۰	۱۰۸/۵	۹۷/۲	۸۳/۹
حداکثر v/c (حجم به گنجایش)	۰/۳۳	۰/۵۱	۰/۷۴	۰/۹۱	۱
حداکثر شدت جریان ترافیک طرح (وسیله نقلیه سبک در ساعت در خط)	۷۷۰	۱۲۱۰	۱۷۴۰	۲۱۳۵	۲۳۵۰
(کیلومتر در ساعت) FFS=۱۰۰					
حداکثر تراکم (وسیله نقلیه سبک در کیلومتر در خط)	۷	۱۱	۱۶	۲۲	۲۸
حداقل سرعت (کیلومتر در ساعت)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۳/۸	۸۲/۱
حداکثر v/c (حجم به گنجایش)	۰/۳	۰/۴۸	۰/۷	۰/۹	۱
حداکثر شدت جریان ترافیک طرح (وسیله نقلیه سبک در ساعت در خط)	۷۰۰	۱۱۰۰	۱۶۰۰	۲۰۶۵	۲۳۰۰
(کیلومتر در ساعت) FFS=۹۰					
حداکثر تراکم (وسیله نقلیه سبک در کیلومتر در خط)	۷	۱۱	۱۶	۲۲	۲۸
حداقل سرعت (کیلومتر در ساعت)	۹۰	۹۰	۹۰	۸۹/۱	۸۰/۴
حداکثر v/c (حجم به گنجایش)	۰/۲۸	۰/۴۴	۰/۶۴	۰/۸۷	۱
حداکثر شدت جریان ترافیک طرح (وسیله نقلیه سبک در ساعت در خط)	۶۳۰	۹۹۰	۱۴۴۰	۱۹۵۵	۲۲۵۰

۷-۵-۱-۳- سطح کیفیت ترافیک در نواحی تداخلی آزادراه‌ها

تداخل به ترکیب دو یا چند جریان ترافیک هم‌جهت گفته می‌شود که از یک ناحیه با طول مشخص، عبور می‌کنند. نـواحی تـداخلی زمانی به وجود می‌آیند که یک ناحیه همگرایی در نزدیکی یک ناحیه واگرایی، یا یک رابط ورودی در مجاورت یک رابط خروجی واقـع می‌شود. معیارهای اصلی نواحی تداخلی در شکل (۷-۳) تشریح شده‌اند.



نماد	توصیف
L	طول ناحیه تداخلی (متر)
N	تعداد کل خطوط در ناحیه تداخلی
N_w	تعداد خطوطی که برای وسایل نقلیه دارای حرکت تداخلی[۵] باید در نظر گرفت تا جریان ترافیکی غیر درگیر باشد.
$N_w(max)$	حداکثر تعداد خطوطی که می‌تواند در هر ناحیه تداخلی بسته به نوع آن، مورد استفاده وسایل نقلیه دارای حرکت تداخلی قرار گیرد.
N_{nw}	تعداد خطوطی که مورد استفاده وسایل نقلیه دارای حرکت غیرتداخلی قرار می‌گیرد.
v	شدت جریان کل در ناحیه تداخلی (وسایل نقلیه سبک در ساعت)
v_{O1}	بزرگترین مقدار دو شدت جریان در ناحیه تداخلی که دارای حرکت غیرتداخلی می‌باشند (وسایل نقلیه سبک در ساعت)
v_{O2}	کوچکترین مقدار دو شدت جریان در ناحیه تداخلی که دارای حرکت غیرتداخلی می‌باشند (وسایل نقلیه سبک در ساعت)
V_{w1}	بزرگترین مقدار دو شدت جریان در ناحیه تداخلی که دارای حرکت تداخلی می‌باشند (وسایل نقلیه سبک در ساعت)
V_{w2}	کوچکترین مقدار دو شدت جریان در ناحیه تداخلی که دارای حرکت تداخلی می‌باشند (وسایل نقلیه سبک در ساعت)
v_w	کل شدت جریان تداخلی در ناحیه تداخلی ($v_w = v_{w1} + v_{w2}$)
v_{nw}	کل شدت جریان غیرتداخلی در ناحیه تداخلی ($v_{nw} = v_{O1} + v_{O2}$)
VR	نسبت شدت جریان تداخلی به کل شدت جریان در ناحیه تداخلی ($VR = v_w / v$)
R	نسبت شدت جریان تداخلی کوچکتر به کل جریان تداخلی ($R = V_{w2} / v_w$)
S_w	سرعت وسایل نقلیه دارای حرکت تداخلی در ناحیه تداخلی (کیلومتر در ساعت)
S_{nw}	سرعت وسایل نقلیه دارای حرکت غیرتداخلی در ناحیه تداخلی (کیلومتر در ساعت)
S	سرعت همه وسایل نقلیه در ناحیه تداخلی (کیلومتر در ساعت)
D	تراکم وسایل نقلیه در ناحیه تداخلی (وسیله نقلیه سبک در ساعت بر خط)
W_w	ضریب شدت تداخل برای جریان تداخلی (برای تخمین سرعت جریان تداخلی)
W_{nw}	ضریب شدت تداخل برای جریان غیرتداخلی (برای تخمین سرعت جریان غیرتداخلی)

شکل ۷-۳- پارامترهای مؤثر در ناحیه تداخلی

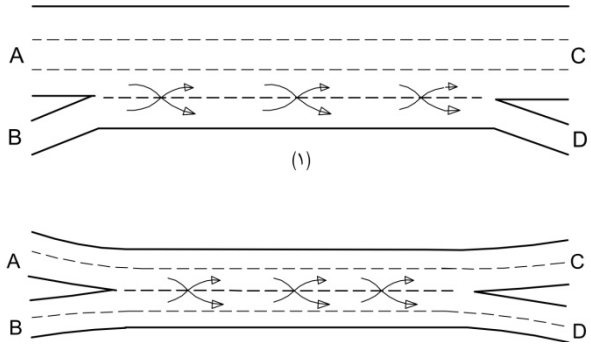
سه نوع تداخل برای تعیین کیفیت ترافیک، مورد بررسی قرار می‌گیرد:

ناحیه تداخلی نوع الف: در این ناحیه هر حرکت، یک تغییر خط انجام می‌دهد (شکل (۷-۴)).

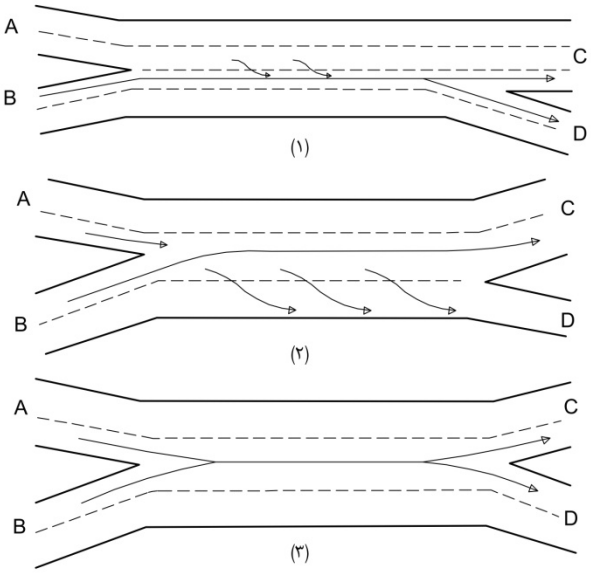
ناحیه تداخلی نوع ب: در این ناحیه، یک حرکت بدون تغییر خط است و حرکت دیگر حداکثر یک تغییر خط دارد (شکل (۷-۵)).

ناحیه تداخلی نـوع ج: در ایـن ناحیـه، یـک حرکـت بـدون تغییـر خـط اسـت و حرکـت دیگـر دو یـا بـیش از دو تغییـر خـط دارد (شکل (۷-۶)).

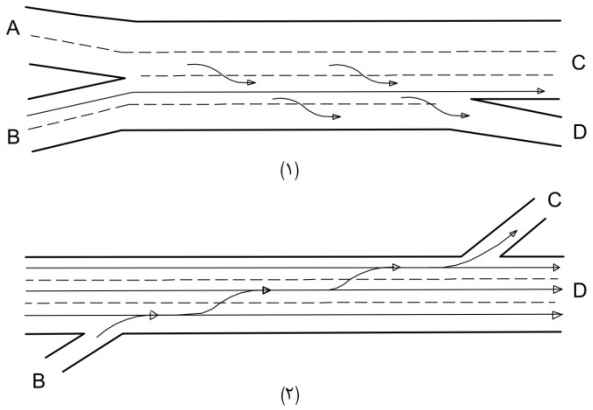
۱- هر وسیله نقلیه که دارای حداقل یک تغییر خط در ناحیه تداخلی است.



شکل ۷-۴- ناحیه تداخلی نوع الف



شکل ۷-۵- ناحیه تداخلی نوع ب



شکل ۷-۶- ناحیه تداخلی نوع ج

برای تعیین سطح کیفیت ترافیک نواحی تداخلی از معیار تراکم استفاده می‌شود که در نمودار شکل (۷-۷) ارائه شده است. برای تعیین تراکم، ابتدا لازم است که شدت جریان و سرعت متوسط حرکت تعیین شود.

الف-تعیین شدت جریان

شدت جریان معادل وسیله نقلیه سبک در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای (v) برای کلیه احجام ترافیکی (حجم کل، حجم‌های تداخلی و حجم غیرتداخلی) در ناحیه تداخلی از رابطه (۷-۶) بدست می‌آید.

$$v = \frac{V}{PHF.f_{HV}.f_p} \qquad (۷-۶)$$

که

V = حجم ترافیک ساعت طرح (وسیله نقلیه در ساعت)

PHF = ضریب ساعت اوج

f_p = ضریب تعدیل مربوط به آشنایی راننده با مسیر (در تحلیل‌ها مقدار ۱ در نظر گرفته شود مگر در راه‌های تفریحی که می‌توان بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۰ در نظر گرفت)

f_{HV} = ضریب تعدیل برای وسایل نقلیه سنگین در ترافیک (به بند ب از ردیف ۷-۵-۱-۲ مراجعه شود)

ب- تعیین سرعت‌های تداخلی و غیرتداخلی

در نواحی تداخلی، سرعت‌های تداخلی (برای جریان ترافیک دارای حرکت تداخلی) و سرعت غیرتداخلی (برای جریان ترافیک دارای حرکت غیرتداخلی) بر اساس رابطه (۷-۷) بدست می‌آیند.

$$S_i = ۲۴ + \frac{S_{FF} - ۱۶}{۱ + W_i} \qquad (۷-۷)$$

که در آن:

S_i = متوسط سرعت تداخلی (i = w) یا غیر تداخلی (i = nw) وسایل نقلیه (کیلومتر در ساعت). در تخمین اولیه سرعت، فرض می‌شود، حالت جریان غیردرگیر است (حالت جریان غیردرگیر حالتی است که جریان تداخلی محدودیتی بر جریان غیرتداخلی عبوری از ناحیه تداخلی ایجاد نکند).

S_{FF} = متوسط سرعت جریان آزادراه قبل و بعد از ناحیه تداخلی (جهت تعیین سرعت جریان آزاد به ردیف (۷-۵-۱-۲) مراجعه شود).

W_i= ضریب شدت تداخل برای جریان‌های تداخلی (i=w) و غیرتداخلی (i=nw) که بر اساس رابطه (۷-۸) تعیین می‌شود.

$$W_i = \frac{a(۱+VR)^b \left(\frac{v}{N}\right)^c}{(۳/۲۸L)^d} \qquad (۷-۸)$$

که در آن :

VR= نسبت شدت جریان تداخلی به کل شدت جریان در ناحیه تداخلی

N = تعداد کل خطوط در ناحیه تداخلی

v= شدت جریان کل در ناحیه تداخلی (وسیله نقلیه سبک در ساعت)

L = طول ناحیه تداخلی (متر)

a، b، c و d = ضرایب ثابت کالیبراسیون هستند که برای جریان‌های ترافیک تداخلی و غیرتداخلی از جدول (۷-۱۰)، تعیین می‌شوند.

تبصره ۱. حداقل S برابر با ۲۴ کیلومتر در ساعت و حداکثر آن برابر با ۸ + S_{FF} کیلومتر در ساعت می‌باشد.

پ- کنترل درگیری جریان در ناحیه تداخلی

برای اینکه جریان تداخلی محدودیتی بر جریان غیرتداخلی عبوری از ناحیه تداخلی ایجاد نکند، به حداقل تعداد خطوط (N_w که از روابط جدول (۷-۱۱) تعیین می‌شود)، نیاز می‌باشد. اگر این حداقل تعداد خطوط (N_w) از حداکثر تعداد خطوط که هر ناحیه تداخلی بسته به شرایط هندسه‌ای خود برای جریان تداخلی فراهم می‌کند ($N_W(max)$ – به جدول (۷-۱۱) رجوع شود) کمتر باشد، عملکرد غیردرگیر و در غیر این صورت عملکرد درگیر فرض می‌شود.

در محاسبات اولیه بند (ب) عملکرد ناحیه تداخلی غیردرگیر فرض می‌شود. اما اگر مقدار N_W بیش از $N_W(max)$ باشد، مرحله (ب) با فرض جریان تداخلی درگیر باید تکرار شود.

ت- محاسبه سرعت متوسط

در ناحیه تداخلی، سرعت متوسط حرکت (S) بر اساس رابطه (۷-۹) بدست می‌آید.

$$S=\frac{v}{\left(\frac{v_W}{S_W}\right)+\left(\frac{v_{nW}}{S_{nW}}\right)} \qquad (۹-۷)$$

که در آن:

v_w = کل شدت جریان تداخلی در ناحیه تداخلی

v_{nw} = کل شدت جریان غیرتداخلی در ناحیه تداخلی

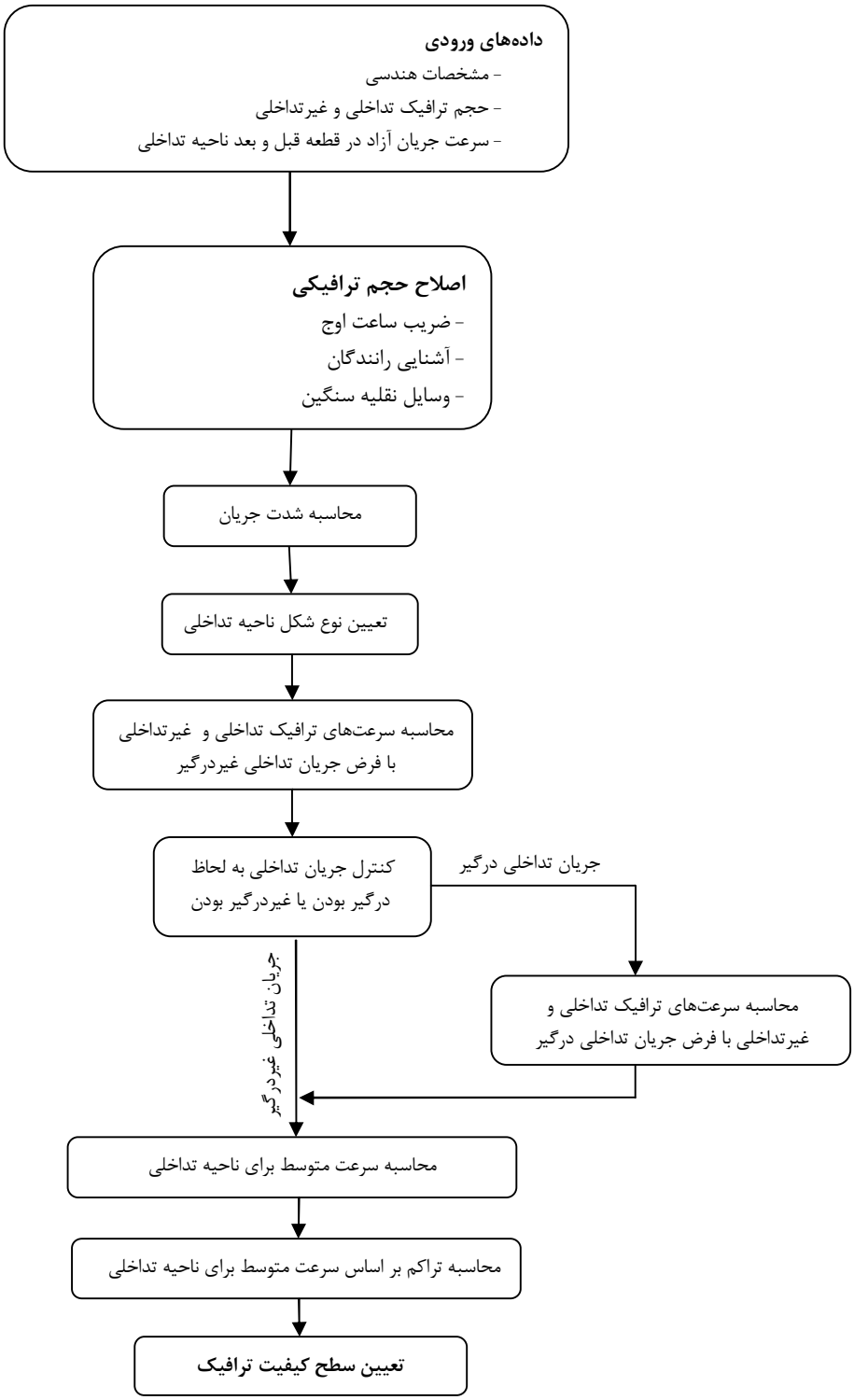
v= شدت جریان کل در ناحیه تداخلی (وسیله نقلیه سبک در ساعت)

ث- تعیین سطح کیفیت ترافیک

تراکم متوسط برای همه وسایل نقلیه در ناحیه تداخلی (D) از رابطه (۷-۱۰) محاسبه می‌شود.

$$D=\frac{\left(\frac{v}{N}\right)}{S} \qquad (۱۰-۷)$$

با تعیین تراکم، سطح کیفیت ترافیک ناحیه تداخلی از جدول (۷-۱۲) بدست می‌آید.



شکل ۷-۷- روش کلی تعیین سطح کیفیت ترافیک در نواحی تداخلی

جدول ۷-۱۰- تعیین ضرایب ثابت مربوط به محاسبه ضریب شدت تداخل

	S_w سرعت جریان تداخلی				S_{nw} سرعت جریان غیر تداخلی			
	a	b	c	d	a	b	c	d
ناحیه تداخلی نوع الف								
غیر درگیر	۰/۱۵	۲/۲	۰/۹۷	۰/۸	۰/۰۰۳۵	۴	۱/۳	۰/۷۵
درگیر	۰/۳۵	۲/۲	۰/۹۷	۰/۸	۰/۰۰۲۰	۴	۱/۳	۰/۷۵
ناحیه تداخلی نوع ب								
غیر درگیر	۰/۰۸	۲/۲	۰/۷	۰/۵	۰/۰۰۲	۶	۱	۰/۵
درگیر	۰/۱۵	۲/۲	۰/۷	۰/۵	۰/۰۰۱	۶	۱	۰/۵
ناحیه تداخلی نوع ج								
غیر درگیر	۰/۰۸	۲/۳	۰/۸	۰/۶	۰/۰۰۲	۶	۱/۱	۰/۶
درگیر	۰/۱۴	۲/۳	۰/۸	۰/۶	۰/۰۰۱	۶	۱/۱	۰/۶

جدول ۷-۱۱- معیارهای کنترل درگیر بودن جریان تداخلی

نوع ناحیه تداخلی	تعداد خطوط مورد نیاز برای عملکرد غیردرگیر N_w	N_w (max)
نوع الف	$۱/۲۱ (N) VR^{۰/۵۷۱} L^{۰/۲۳۴} / S_w^{۰/۴۳۸}$	۱/۴
نوع ب	$N[۰/۰۸۵ + ۰/۷۰۳VR + (۷۱/۵۷ / L) - ۰/۰۱۱۲(S_{nw}-S_w)]$	۳/۵
نوع ج[۱]	$N[۰/۷۶۱ + ۰/۰۴۷VR - ۰/۰۰۰۳۶L - ۰/۰۰۳۱(S_{nw}-S_w)]$	۳

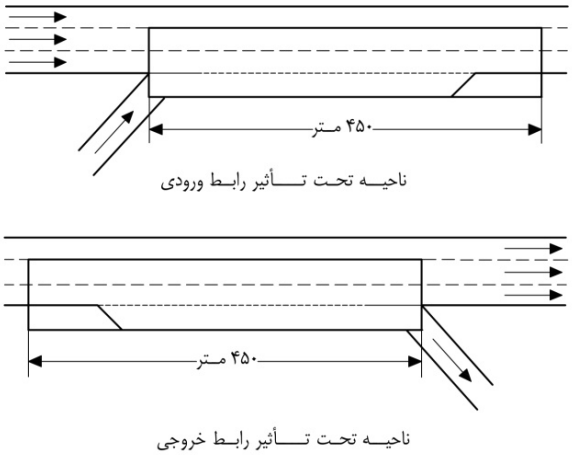
۱- برای ناحیه تداخلی نشان داده شده در ۲- ج- شکل (۷-۶)، تمام خطوط آزادراه ممکن است توسط خودروهای تداخلی استفاده شوند.

جدول ۷-۱۲- تراکم در نواحی تداخلی برای انواع سطح کیفیت ترافیک

سطح کیفیت	تراکم (وسیله نقلیه سبک در کیلومتر در خط)	
	قطعه تداخلی آزاد راه و بزرگراه	راه‌های اصلی
۱	≤۶	≤۸
۲	>۶-۱۲	>۸-۱۵
۳	>۱۲-۱۷	>۱۵-۲۰
۴	>۱۷-۲۲	>۲۰-۲۳
۵	>۲۲-۲۷	>۲۳-۲۵
۶	>۲۷	>۲۵

۷-۵-۱-۴- سطح کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابط‌ها

در این بخش، کیفیت ترافیک در محل تلاقی رابط با آزادراه در ناحیه تحت تاثیر رابط مد نظر می‌باشد. ناحیه مؤثر رابط، محدوده‌ای به طول ۴۵۰ متر است که شامل دو خط کناری مسیر (خط ۱، خط مجاور شانه در سمت راست و خط ۲ مجاور خط ۱) و خط‌های کاهش یا افزایش سرعت می‌باشد (شکل(۷-۸)).



شکل ۷-۸- ناحیه تحت تأثیر رابط‌های ورودی و خروجی در محل تلاقی با آزادراه‌ها

سطح کیفیت ترافیک نواحی تحت تأثیر رابط‌های ورودی و خروجی، جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و با سه معیار زیر تعیین می‌شود:

۱- تراکم در ناحیه تحت تأثیر رابط (جدول۷-۱۳)

۲ –گنجایش در رابط (جدول۷-۱۴)

۳ – گنجایش در آزادراه در قسمت‌های بالادست و پایین‌دست نواحی تحت تأثیر رابط ورودی و یا رابط خروجی

عوامل مختلف تأثیرگذار بر کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابط در شکل (۷-۹) آورده شده است. این معیارها عبارتند از:

v_F = کل شدت جریان ورودی در آزادراه قبل از رابط ورودی و یا قبل از ناحیه تحت تأثیر رابط خروجی

v_{FO} = کل جریان خروجی در آزادراه بعد از رابط خروجی و یا بعد از ناحیه تحت تأثیر رابط ورودی

v_R = شدت جریان در رابط

v_{12} = شدت جریان خطوط ۱ و ۲ آزادراه قبل از رابط ورودی و یا قبل از شروع خط کاهش سرعت در رابط خروجی

v_{R12} = مقدار کل شدت جریان در ناحیه تحت تأثیر رابط ورودی ($v_{12} + v_R$)

D_R = تراکم جریان در ناحیه تحت تأثیر رابط

S_R = متوسط سرعت جریان در ناحیه تحت تأثیر رابط

S_{FR} = سرعت جریان آزاد در رابط

L_A = طول خط افزایش سرعت

L_D = طول خط کاهش سرعت

v_U = شدت جریان در رابط مجاور بالادست رابط اصلی (در صورت وجود)

v_D = شدت جریان در رابط مجاور پایین‌دست رابط اصلی (در صورت وجود)

L_{up} = فاصله رابط اصلی از رابط مجاور در قسمت بالادست (در صورت وجود)

L_{down} = فاصله رابط اصلی از رابط مجاور در قسمت پایین‌دست (در صورت وجود)

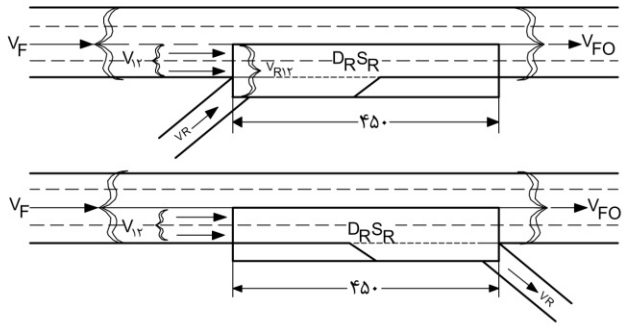
تعیین سطح کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابط، در نمودار شکل (۷-۱۰) آورده شده است.

جدول ۷-۱۳- میزان تراکم برای سطوح مختلف کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابط

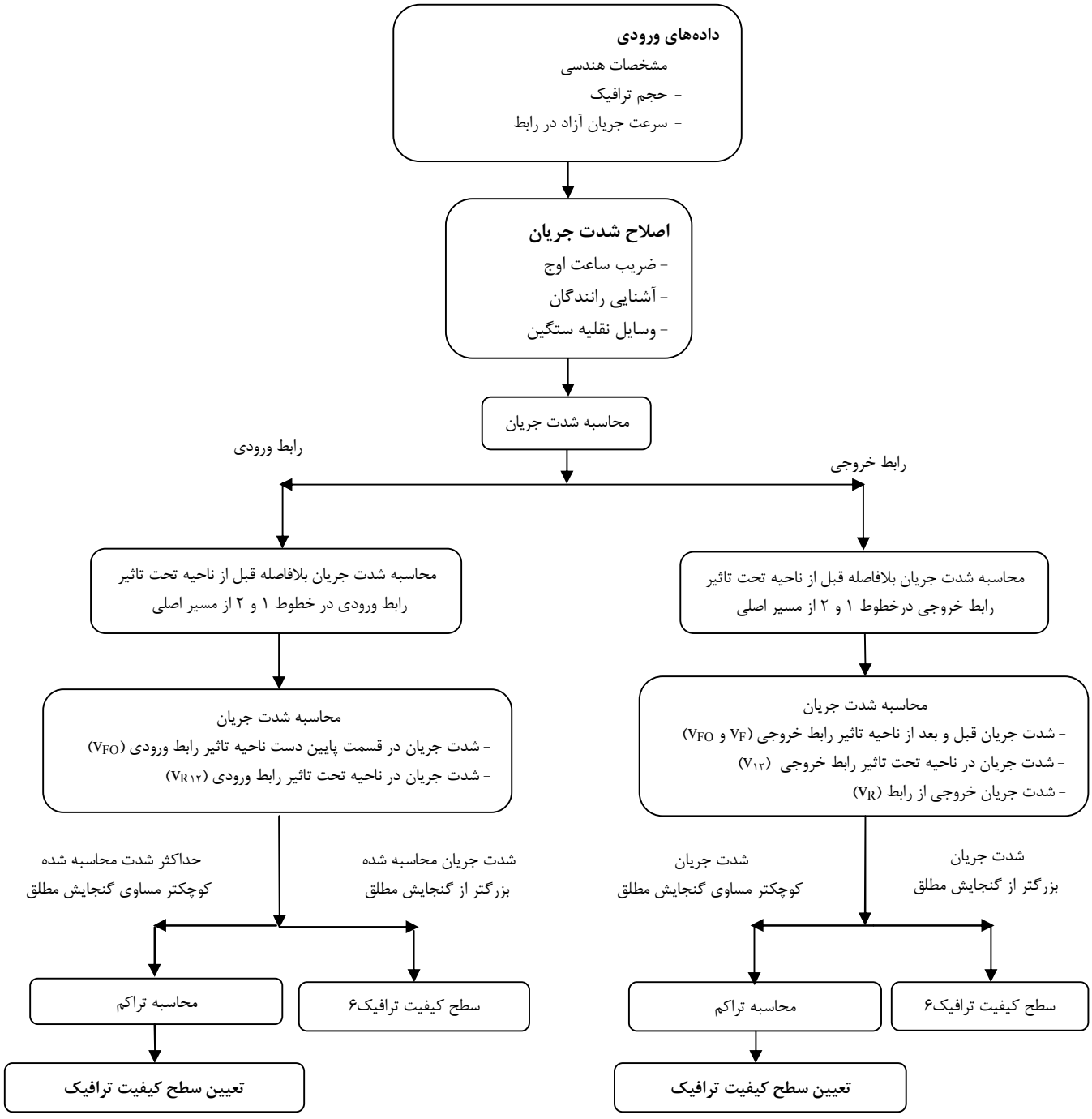
سطح کیفیت	تراکم (تعداد وسیله نقلیه سبک در یک کیلومتر در یک خط)
۱	≤۶
۲	>۶-۱۲
۳	>۱۲-۱۷
۴	>۱۷-۲۲
۵	>۲۲
۶	شدت جریان بیشتر از گنجایش

جدول ۷-۱۴- گنجایش در رابط

سرعت جریان آزاد در رابط‌ها (کیلومتر در ساعت)	گنجایش (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	
	رابط یک خطه	رابطه دو خطه
>۸۰	۲۲۰۰	۴۴۰۰
>۶۵-۸۰	۲۱۰۰	۴۱۰۰
>۵۰-۶۵	۲۰۰۰	۳۸۰۰
≥۳۰-۵۰	۱۹۰۰	۳۵۰۰
<۳۰	۱۸۰۰	۳۲۰۰



شکل ۷-۹- عوامل مختلف تأثیرگذار بر کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابط



شکل ۷-۱۰- روش کلی تعیین سطح کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابط

۷-۵-۱-۴-۱- تعیین سطح کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابط‌های ورودی

الف- تعیین شدت جریان

شدت جریان معادل وسیله نقلیه سبک در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای (v_i) برای کلیه احجام ترافیکی از رابطه (۷-۱۱) بدست می‌آید.

$$v_i = \frac{V}{PHF.f_{HV}.f_p} \qquad (۷-۱۱)$$

که در آن:

V= حجم ترافیک ساعت طرح حرکت i (وسیله نقلیه در ساعت)

PHF= ضریب ساعت اوج

f_p= ضریب تعدیل آشنایی رانندگان با مسیر (در تحلیل‌ها مقدار ۱ در نظر گرفته شود مگر در راه‌های تفریحی که می‌توان بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۰ در نظر گرفت)

f_{HV}= ضریب تعدیل وسایل نقلیه سنگین (به ردیف ب از ردیف (۷-۵-۱-۲) مراجعه شود.)

ب- تعیین شدت جریان خطوط ۱ و ۲ آزادراه بلافاصله قبل از رابط ورودی (v_{12})

شدت جریان خطوط ۱ و ۲ قبل از محل ورود ترافیک رابط ورودی، با رابطه (۷-۱۲) تعیین می‌شود.

$$v_{12} = v_F \times P_{FM} \qquad (۷-۱۲)$$

که در آن:

v_F = کل شدت جریان ورودی در آزادراه قبل از رابط ورودی

P_{FM} = نسبت v_{12} به شدت جریان ورودی در آزادراه قبل از رابط ورودی

P_{FM} بر اساس روابط جدول (۷-۱۵) محاسبه می‌شود. در این جدول برای آزادراه‌های چهار خطه، P_{FM} برابر ۱، برای آزادراه‌های شش خطه به منظور لحاظ کردن تأثیر رابط‌های خروجی مجاور (در صورت وجود)، روابط ۱(۱) تا (۳) و برای آزادراه هشت خطه، رابطه (۴) ارائه شده است. برای انتخاب رابطه مناسب در آزادراه شش خطه، ابتدا باید طول تعادل (L_{EQ}) محاسبه شده و با فاصله رابط اصلی از رابط خروجی مجاور احتمالی موجود در پایین‌دست و یا بالادست آن، مقایسه شود.

طول تعادل برای رابط خروجی مجاور:

- اگر رابط خروجی مجاور در بالادست رابط اصلی باشد، برابر است با:

$$L_{EQ}=۰/۰۶۷۵(v_F+v_R)+۰/۴۶L_A+۱۰/۲۴S_{FR}-۷۵۷ \qquad (۷-۱۳)$$

- اگر رابط خروجی مجاور در پایین‌دست رابط اصلی باشد، برابر است با:

$$L_{EQ}=\frac{v_D}{۰/۳۵۹۶+۰/۰۰۱۱۴۹L_A} \qquad (۷-۱۴)$$

که

v_R = شدت جریان در رابط

S_{FR} = سرعت جریان آزاد رابط

L_A = طول خط افزایش سرعت

V_D= شدت جریان در رابط مجاور پایین‌دست رابط اصلی

پس از محاسبه طول تعادل برای آزادراه شش‌خطه، P_{FM} بر اساس نکات ذیل تعیین می‌شود:

۱- چنانچه هیچ رابط خروجی در مجاور رابط اصلی نباشد، از رابطه (۱) جدول (۷-۱۵)، استفاده می‌شود.

۲- چنانچه یکی از رابط‌های مجاور، خروجی بوده و در بالادست رابط اصلی قرار داشته باشد، اگر L_{up} بزرگتر یا مساوی طول تعادل باشد، از رابطه (۱) جدول (۷-۱۵)، در غیر این صورت از رابطه (۲) این جدول استفاده می‌شود.

۳- چنانچه یکی از رابط‌های مجاور، خروجی بوده و در پایین‌دست رابط اصلی قرار داشته باشد، اگر L_{down} بزرگتر یا مساوی طول تعادل باشد، از رابطه (۱) جدول (۷-۱۵)، در غیر این صورت از رابطه (۳) این جدول استفاده می‌شود.

۴- چنانچه هر دو رابط مجاور بالادست و پایین‌دست، خروجی باشند، از مقدار حداکثر حاصل از روابط (۱)، (۲) و (۳) جدول (۷-۱۵) استفاده می‌شود.

جدول ۷-۱۵- مدل‌های پیش‌بینی v_{12} در رابط‌های ورودی

$V_{12}=V_F \times P_{FM}$		
برای چهار خط آزادراه (دو خط در هر جهت)		$P_{FM}=1$
برای شش خط آزادراه (سه خط در هر جهت)	رابطه ۱	$P_{FM}=0.5775+0.00092L_A$
	رابطه ۲	$P_{FM}=0.7289-0.000135(v_F+v_R)-0.00248S_{FR}+0.002L_{UP}$
	رابطه ۳	$P_{FM}=0.5487+0.0801v_D/L_{down}$
برای هشت خط آزادراه (چهار خط در هر جهت)	رابطه ۴	$P_{FM}=0.2178-0.000125(v_R)+0.05887L_A/S_{FR}$

پ- تعیین سطح کیفیت ترافیک

پ-۱- چنانچه مقدار کل شدت جریان در قسمت پایین‌دست ناحیه تأثیر رابط ورودی در آزادراه ($v_{FO}=v_F+v_R$)، از مقادیر گنجایش مطلق در جدول (۷-۱۶) بیشتر شود، کیفیت ترافیکی (۶) خواهد بود.

پ-۲- چنانچه مقدار کل شدت جریان در ناحیه تحت تأثیر رابط ورودی ($v_{R12}=v_R+v_{12}$) از مقادیر گنجایش مطلق در ناحیه تحت تأثیر رابط ورودی در جدول (۷-۱۶)، بیشتر شود، کیفیت ترافیکی (۶) خواهد بود.

پ-۳- چناچه مطابق بندهای قبلی، کیفیت ترافیکی (۶) نباشد، تراکم در ناحیه تحت تأثیر رابط ورودی با رابطه (۷-۱۵) تعیین و با استفاده از جدول (۷-۱۳) کیفیت ترافیک تعیین می‌شود.

$$D_R=3.402+0.00456v_R+0.0048v_{12}-0.01278L_A \qquad (۷-۱۵)$$

که در آن D_R، تراکم در ناحیه تحت تأثیر رابط ورودی (وسیله نقلیه سبک بر کیلومتر بر خط) و L_A، v_{12}، و v_R مانند روابط قبلی می‌باشند.

جدول ۷-۱۶- مقادیر گنجایش مطلق (ناحیه تحت تأثیر رابط ورودی)

سرعت جریان آزاد (کیلومتر در ساعت)	گنجایش مطلق در قسمت پایین‌دست ناحیه تحت تأثیر رابط ورودی (وسیله نقلیه سبک در ساعت) (V_{FO})				گنجایش مطلق در ناحیه تحت تأثیر رابط ورودی (وسیله نقلیه سبک در ساعت) (V_{R12})
	تعداد خطوط در یک جهت				
	۲	۳	۴	>۴	
۱۲۰	۴۸۰۰	۷۲۰۰	۹۶۰۰	۲۴۰۰ در یک خط	۴۶۰۰
۱۱۰	۴۷۰۰	۷۰۵۰	۹۴۰۰	۲۳۵۰ در یک خط	۴۶۰۰
۱۰۰	۴۶۰۰	۶۹۰۰	۹۲۰۰	۲۳۰۰ در یک خط	۴۶۰۰
۹۰	۴۵۰۰	۶۷۵۰	۹۰۰۰	۲۲۵۰ در یک خط	۴۶۰۰

۷-۵-۱-۴-۲- تعیین سطح کیفیت ترافیک در ناحیه تحت تأثیر رابط‌های خروجی

الف- تعیین شدت جریان

شدت جریان معادل وسیله نقلیه سبک در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای (v_i) برای کلیه احجام ترافیکی مشابه رابط ورودی و از رابطه (۷-۱۱) محاسبه می‌شود.

ب- تعیین شدت جریان خطوط ۱ و ۲ آزادراه بلافاصله قبل از خط کاهش سرعت در رابط خروجی (v_{12})

شدت جریان خطوط ۱ و ۲ در نقطه‌ای بلافاصله قبل از خط کاهش سرعت و با رابطه (۷-۱۶) تعیین می‌شود.

$$v_{12}= v_R + (v_F - v_R) P_{FD} \qquad (۷-۱۶)$$

P_{FD} = نسبتی از شدت جریان عبوری در آزادراه قبل از خروجی که از خط‌های ۱ و ۲ استفاده می‌کنند.

P_{FD} بر اساس روابط جدول (۷-۱۷) محاسبه می‌شود. در این جدول برای آزادراه‌های چهار خطه، P_{FD} برابر یک، برای آزادراه-های شش خطه به منظور لحاظ کردن تأثیر رابط‌های مجاور (در صورت وجود)، روابط (۵) تا (۷) ارائه شده و برای آزادراه هشت خطه، P_{FD} برابر ۰/۴۳۶، است. برای انتخاب رابطه مناسب برای آزادراه شش خطه، ابتدا باید طول تعادل (L_{EQ}) محاسبه شده و با فاصله رابط‌های ورودی و یا خروجی از رابط اصلی در پایین‌دست و یا بالادست آن، مقایسه شود.

در صورتی‌که رابط مجاور، ورودی و در بالادست رابط اصلی باشد، طول تعادل از رابطه (۷-۱۷) محاسبه می‌شود:

$$L_{EQ}=\frac{v_U}{۰/۲۳۳۷+۰/۰۰۰۰۷۶v_F-۰/۰۰۰۲۵v_R} \qquad (۷-۱۷)$$

و در صورتی‌که رابط مجاور، خروجی و در پایین‌دست رابط اصلی باشد، طول تعادل از رابطه (۷-۱۸) محاسبه می‌شود:

$$L_{EQ}=\frac{v_D}{۳/۷۹-۰/۰۰۰۱۱v_F-۰/۰۰۱۲۱v_R} \qquad (۷-۱۸)$$

سپس P_{FD} برای آزاد راه شش خطه بر اساس نکات ذیل تعیین می‌شود:

۱- چنانچه رابط مجاور، رابط ورودی در پایین‌دست و یا رابط خروجی در بالادست و یا هر دوی آنها باشد، از رابطه (۵) جدول (۷-۱۷) استفاده می‌شود.

۲- چنانچه یک رابط مجاور ورودی در بالادست باشد و یا دو رابط ورودی در طرفین رابط اصلی قرار داشته باشند، اگر L_{up} بزرگتر یا مساوی طول تعادل باشد، از رابطه (۵) جدول (۷-۱۷)، در غیر این صورت از رابطه (۶) این جدول استفاده می‌شود.

۳- چنانچه یک رابط مجاور خروجی در پایین‌دست باشد و یا دو رابط خروجی در طرفین رابط اصلی قرار داشته باشند، اگر L_{down} بزرگتر یا مساوی طول تعادل باشد، از رابطه (۵) جدول (۷-۱۷)، در غیر این صورت از رابطه (۷) این جدول استفاده می‌شود.

۴- چنانچه یک رابط خروجی در پایین‌دست و یک رابط ورودی در بالادست رابط اصلی باشد، از مقادیر حداکثر حاصل از روابط (۵)، (۶) و (۷) جدول (۷-۱۷)، استفاده می‌شود.

جدول ۷-۱۷- مدل‌های پیش‌بینی v_{12} در رابط‌های خروجی

$v_{12}=v_R+(v_F-v_R) \times P_{FD}$		
برای چهار خط آزادراه (دو خط در هر جهت)		$P_{FD}=1$
برای شش خط آزادراه (سه خط در هر جهت)	رابطه ۵	$P_{FD}=0.760-0.00025\ v_F-0.00046\ v_R$
	رابطه ۶	$P_{FD}=0.717-0.00039\ v_F+0.184\ v_U/L_{UP}$
	رابطه ۷	$P_{FD}=0.616-0.00021\ v_F+0.038\ v_D/L_{down}$
برای هشت خط آزادراه (چهار خط در هر جهت)	رابطه ۸	$P_{FD}=0.436$

پ- تعیین سطح کیفیت ترافیکی

پ-۱- چنانچه مقدار کل شدت جریان در آزادراه قبل یا بعد از ناحیه تحت تأثیر رابط خروجی (v_F یا v_{FO}) از مقادیر گنجایش مطلق در جدول (۷-۱۸)، بیشتر شود، سطح کیفیت ترافیکی (۶) خواهد بود.

پ-۲- چنانچه مقدار کل شدت جریان خروجی از رابط (v_R) از مقادیر گنجایش مطلق در رابط خروجی در جدول (۷-۱۴)، بیشتر شود، سطح کیفیت ترافیکی (۶) خواهد بود.

پ-۳- چنانچه مقدار شدت جریان در ناحیه تحت تأثیر رابط خروجی (v_{12}) که شامل شدت جریان خروجی از رابط (v_R) نیز می‌شود، از مقادیر گنجایش مطلق در ناحیه تحت تأثیر رابط خروجی در جدول (۷-۱۸)، بیشتر شود، کیفیت ترافیکی (۶) خواهد بود.

پ-۴- چنانچه حالت‌های فوق صدق نکند، تراکم در ناحیه تحت تأثیر رابط ورودی با رابطه (۷-۱۹) محاسبه و با استفاده از جدول (۷-۱۳)، کیفیت ترافیک بدست می‌آید.

$$D_R=2.642+0.0053v_{12}+0.0183L_D \qquad (۷-۱۹)$$

که در آن L_D طول کاهش سرعت می‌باشد.

جدول ۷-۱۸- مقادیر گنجایش مطلق (ناحیه تحت تأثیر رابط خروجی)

سرعت جریان آزاد آزادراه (کیلومتر در ساعت)	حداکثر گنجایش مطلق در آزادراه قبل یا بعد از ناحیه تحت تأثیر رابط خروجی (وسیله نقلیه سبک در ساعت) (v_F یا v_{FO})				گنجایش مطلق در ناحیه تحت تأثیر رابط خروجی (v_{12}) (وسیله نقلیه سبک در ساعت)
	تعداد خطوط در یک جهت				
	۲	۳	۴	>۴	
۱۲۰	۴۸۰۰	۷۲۰۰	۹۶۰۰	۲۴۰۰ در یک خط	۴۴۰۰
۱۱۰	۴۷۰۰	۷۰۵۰	۹۴۰۰	۲۳۵۰ در یک خط	۴۴۰۰
۱۰۰	۴۶۰۰	۶۹۰۰	۹۲۰۰	۲۳۰۰ در یک خط	۴۴۰۰
۹۰	۴۵۰۰	۶۷۵۰	۹۰۰۰	۲۲۵۰ در یک خط	۴۴۰۰
نکته۱- برای گنجایش رابطهای خروجی به جدول (۷-۱۴) رجوع شود.					

۷-۵-۲- تعیین سطح کیفیت ترافیک راه‌های چند خطه

برای تعیین کیفیت ترافیک در راه‌های چند خطه فرض می‌شود که شرایط ایده‌آل ذیل فراهم باشد. در صورت تغییر در هر یک از موارد ذیل، ضرایب تعدیل لازم، به تناسب اعمال می‌شوند.

۱- کلیه وسایل نقلیه، از نوع سبک باشد.

۲- عرض هر خط عبور مساوی یا بیشتر از ۳/۶۵ متر باشد.

۳- حداقل فاصله آزاد جانبی کل (مجموع فاصله جانبی لبه سواره رو خط کناری سمت راست تا مانع و فاصله آزاد جانبی لبه سواره رو خط کناری سمت چپ تا مانع واقع در میانه در یک جهت عبور) ۳/۶ متر باشد.

۴- دسترسی مستقیم به راه از اطراف وجود نداشته باشد.

۵- از نوع جداشده باشد.

۷- سرعت جریان آزاد مساوی یا بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت باشد.

لازم به ذکر است در صورت وجود نواحی تداخلی و یا ناحیه تحت تأثیر رابطها در راه‌های اصلی چند خطه، از ضوابط بخش تداخلی آزادراه‌ها با انتخاب ستون مربوطه در جدول (۷-۱۲) و یا ضوابط ناحیه تحت تأثیر رابطها در آزادراه‌ها استفاده شود.

۷-۵-۲-۱- معیارهای سطح کیفیت ترافیک در راه‌های چند خطه

سه معیار زیر برای تعیین کیفیت ترافیک در راه‌های چند خطه بکار می‌رود:

۱- تراکم (تعداد وسایل نقلیه سبک در یک کیلومتر در یک خط)

۲ - متوسط سرعت حرکت

۳ - نسبت حجم ترافیک ساعت طرح به گنجایش

۷-۵-۲-۲- سطح کیفیت ترافیک راه‌های چند خطه

تعیین کیفیت ترافیک راه‌های چندخطه در نمودار شکل (۷-۱۱) آورده شده است. سطح کیفیت ترافیک راه‌های چند خطه با تعیین اثر معیارهای مؤثر بر آن، مشخص می‌شود. جهت تعیین اثر این معیارها، سرعت جریان آزاد و شدت جریان محاسبه می‌شود. روش گام به گام تعیین سطح کیفیت ترافیک در زیر آورده شده است.

الف- محاسبه سرعت جریان آزاد (FFS)

سرعت جریان آزاد عبارت است از سرعت متوسط وسایل نقلیه سبک، در حالتی که شدت جریان کمتر از ۱۴۰۰ وسیله نقلیه سبک بر ساعت بر خط باشد. در این حالت سرعت جریان آزاد اندازه‌گیری شده میدانی، نیاز به ضرایب اصلاحی ندارد. جهت اطلاعات بیشتر در زمینه اندازه‌گیری مستقیم میدانی، می‌توان به مراجع معتبر در این زمینه مراجعه کرد.

در صورت موجود نبودن داده‌های میدانی، سرعت جریان آزاد را می‌توان از طریق رابطه (۷-۲۰) محاسبه کرد.

$$FFS=BFFS-f_{LW}-f_{LC}-f_M-f_A \qquad (۷-۲۰)$$

که در آن :

FFS = سرعت جریان آزاد (کیلومتر در ساعت)

BFFS = سرعت جریان آزاد پایه برای راه‌های برون‌شهری که ۱۰۰ کیلومتر در ساعت فرض می‌شود.

f_{LW} = تعدیل عرض خط (جدول۷-۱۹)

f_{LC} = تعدیل فاصله آزاد جانبی (جدول ۷-۲۰)

فاصله آزاد جانبی برابر است با مجموع فاصله لبه راست سواره رو خط کناری سمت راست از مانع و لبه چپ سواره‌رو خط کناری سمت چپ از مانع واقع در میانه (که هر کدام از این دو فاصله، حداکثر ۱/۸ متر در نظر گرفته شود). در راه‌های چند خطه جدانشده، فاصله آزاد جانبی لبه چپ سواره‌رو خط کناری سمت چپ از مانع واقع در میانه، ۱/۸ متر در نظر گرفته شود.

f_M = تعدیل نوع میانه (جدول ۷-۲۱)

f_A = تعدیل نقاط دسترسی (جدول ۷-۲۲)

ب- تعیین شدت جریان

شدت جریان معادل وسیله نقلیه سبک در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای (v_p) از رابطه (۷-۲۱) بدست می‌آید.

$$v_p = \frac{V}{PHF.N.f_{HV}.f_p} \qquad (۷-۲۱)$$

که در آن:

V= حجم ترافیک ساعت طرح (وسیله نقلیه در ساعت)

PHF= ضریب ساعت اوج

N= تعداد خطوط

fp= ضریب تعدیل مربوط به آشنایی راننده با مسیر (در تحلیل‌ها مقدار ۱ در نظر گرفته شود مگر در راه‌های تفریحی که می‌توان بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۰ در نظر گرفت).

f_{HV}= ضریب تعدیل برای وسایل نقلیه سنگین در ترافیک که با رابطه (۷-۲۲) محاسبه می‌شود.

$$f_{HV} = \frac{۱}{۱+P_T(E_T-۱)+P_R(E_R-۱)} \qquad (۷-۲۲)$$

که در آن :

E_T= ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون‌ها و اتوبوس‌ها

E_R= ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه تفریحی

P_T= نسبت تعداد کامیون‌ها و اتوبوس‌ها به کل ترافیک

P_R= نسبت تعداد وسایل نقلیه تفریحی به کل ترافیک

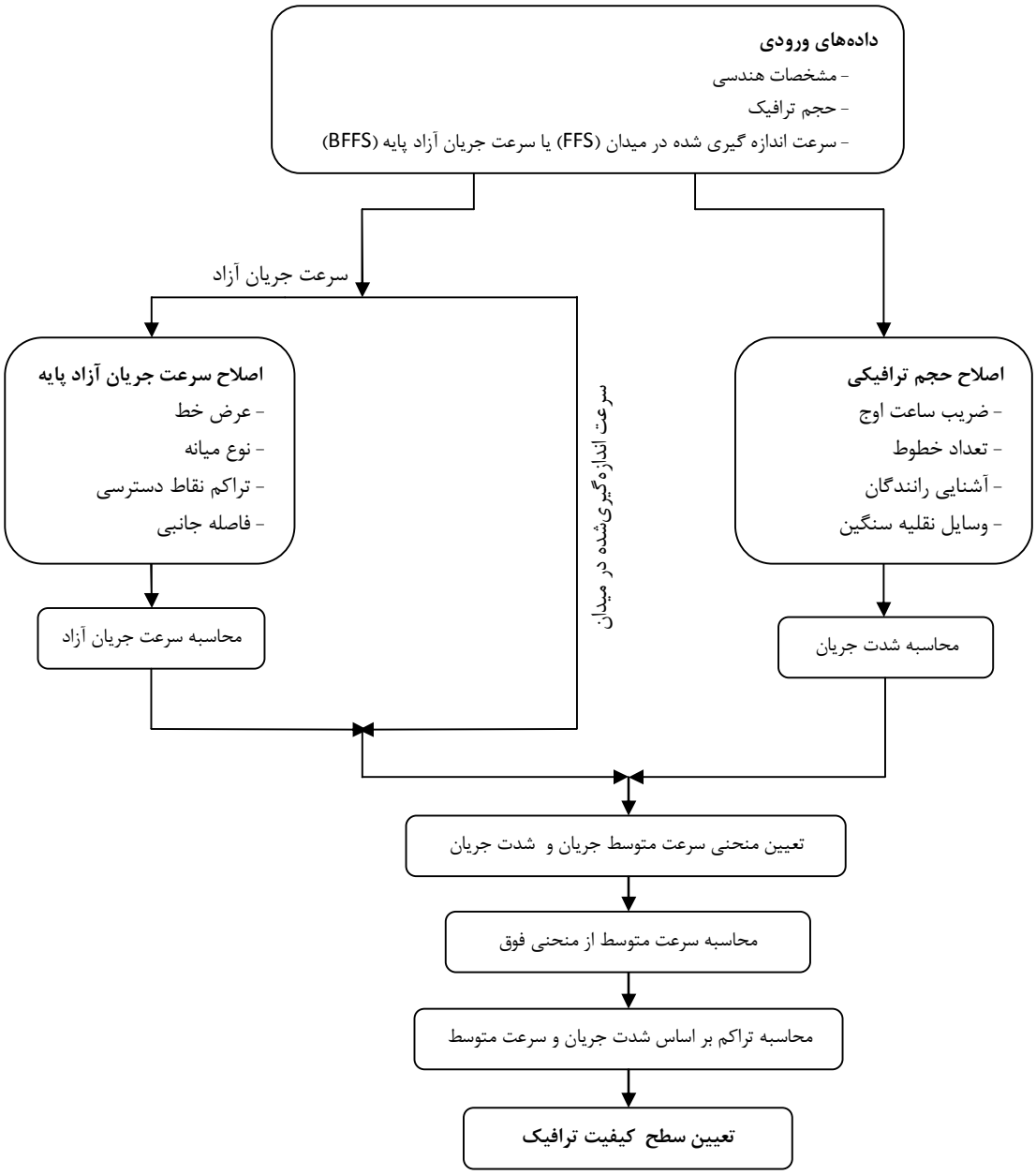
E_T و E_R برای قطعاتی که شیب‌های خیلی طولانی و یا خیلی تند (شیب‌های مساوی یا کمتر از ۳ درصد با طول بیشتر از ۱/۶ کیلومتر و شیب‌های بیش از ۳ درصد با طول بیشتر از ۰/۸ کیلومتر) ندارد، از جدول (۷-۲۳) تعیین می‌شود. E_T و E_R برای سربالایی-های با شیب‌های خیلی طولانی و یا خیلی تند از جدول (۷-۲۴) و (۷-۲۵) بدست می‌آید. E_T برای سرپایینی‌های با شیب‌های خیلی طولانی و یا خیلی تند از جدول (۷-۲۶) تعیین و E_R در این شرایط برابر ۱/۲ در نظر گرفته شود.

پ- تعیین کیفیت ترافیک

با توجه به مقادیر FFS و v_p، کیفیت ترافیکی راه‌های چند خطه از شکل (۷-۱۲) تعیین می‌شود.

همچنین می‌توان متوسط سرعت حرکت وسیله نقلیه سبک (S) را از طریق شکل (۷-۱۲) تعیین و سپس با محاسبه تراکم (D) از رابطه (۷-۲۳)، سطح کیفیت ترافیکی راه‌های چند خطه را با مراجعه به جدول (۷-۲۷) مشخص کرد.

$$D = \frac{v_p}{S} \qquad (۷-۲۳)$$



شکل ۷-۱۱- روش کلی تعیین سطح کیفیت ترافیک در راه‌های چند خطه

جدول ۷-۱۹- تعدیل عرض خط (f_{LW})

عرض خط (متر)	۳/۶۵	۳/۵	۳/۴	۳/۳	۳/۲	۳/۱	۳
مقدار کاهش در سرعت جریان آزاد (FFS) (کیلومتر در ساعت)	۰	۱	۲/۱	۳/۱	۵/۶	۸/۱	۱۰/۶

جدول ۷-۲۰- تعدیل فاصله آزاد جانبی (f_{LC})

چهارخطه		شش خطه	
فاصله آزاد جانبی کل (متر)	مقدار کاهش FFS (کیلومتر در ساعت)	فاصله آزاد جانبی کل (متر)	مقدار کاهش FFS (کیلومتر در ساعت)
۳/۶	۰	۳/۶	۰
۳	۰/۶	۳	۰/۶
۲/۴	۱/۵	۲/۴	۱/۵
۱/۸	۲/۱	۱/۸	۲/۱
۱/۲	۳	۱/۲	۲/۷
۰/۶	۵/۸	۰/۶	۴/۵
۰	۸/۷	۰	۶/۳

جدول ۷-۲۱- تعدیل نوع میانه (f_M)

نوع میانه	مقدارکاهش FFS (کیلومتر در ساعت)
راه جدا نشده	۲/۶
راه جداشده (شامل خطوط گردش به چپ دو طرفه)	۰

جدول ۷-۲۲- تعدیل نقاط دسترسی (f_A)

نقاط دسترسی در هر کیلومتر	مقدارکاهش FFS (کیلومتر در ساعت)
۰	۰
۶	۴
۱۲	۸
۱۸	۱۲
≥۲۴	۱۶

جدول ۷-۲۳- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه سنگین در قطعاتی از راه چند خطه بدون شیب‌های خیلی بلند و یا خیلی تند

ضریب	نوع پستی و بلندی		
	همسطح	تپه‌ماهور	کوهستانی
E_T (کامیون و اتوبوس)	۱/۵	۲/۵	۴/۵
E_R (وسایل نقلیه تفریحی)	۱/۲	۲	۴

جدول ۷-۲۴- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون و اتوبوس در سربالایی

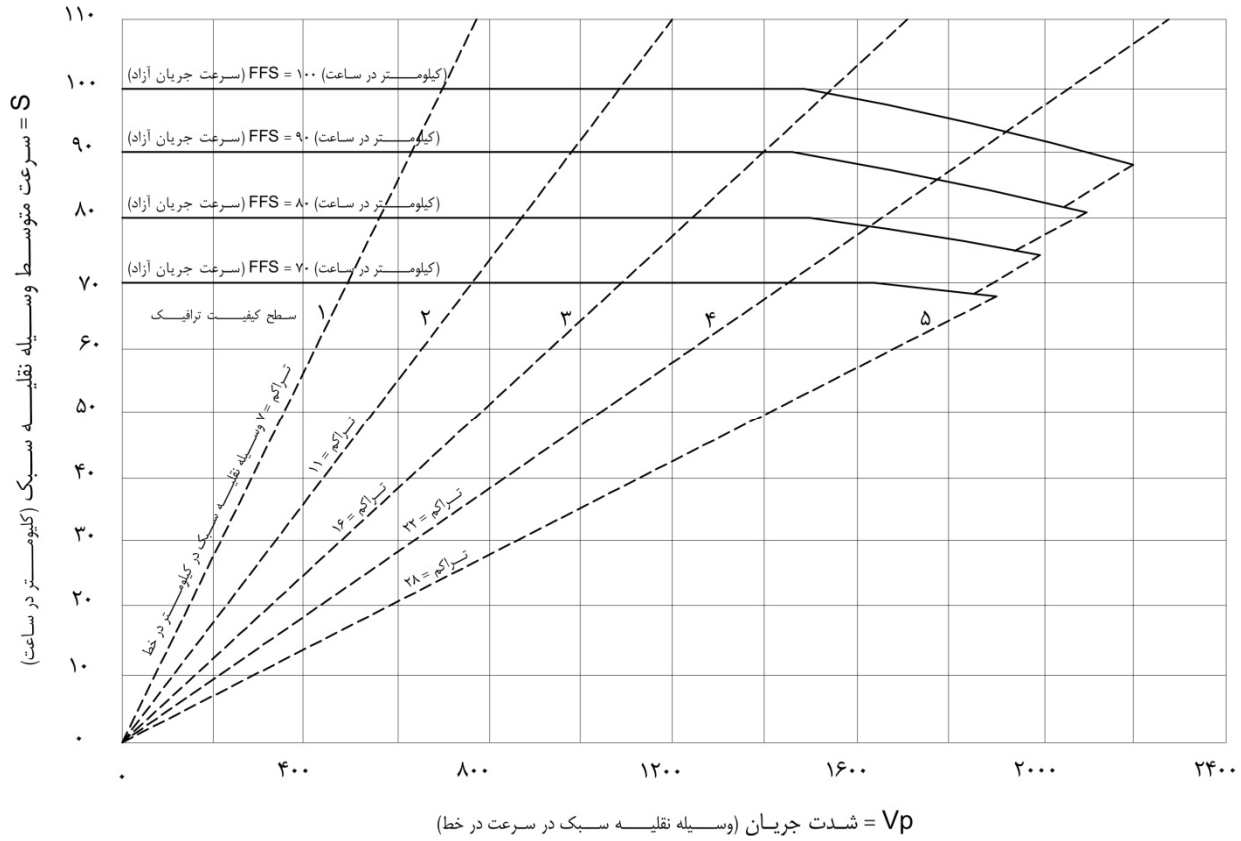
سربالایی (٪)	طول (کیلومتر)	E_T درصد کامیون و اتوبوس								
		۲	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
<۲	هر طول	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
≥ ۲-۳	۰-۰/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۴-۰/۸	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۸-۱/۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۱/۲-۱/۶	۲	۲	۲	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۱/۶-۲/۴	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۲	۲
	>۲/۴	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۲	۲
>۳-۴	۰-۰/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۴-۰/۸	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۸-۱/۲	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
	۱/۲-۱/۶	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲
	۱/۶-۲/۴	۳/۵	۳/۵	۳	۳	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵
	>۲/۴	۴	۳/۵	۳	۳	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵
>۴-۵	۰-۰/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۴-۰/۸	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۲	۲
	۰/۸-۱/۲	۳/۵	۳	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
	۱/۲-۱/۶	۴	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳	۳	۳	۳	۳
	>۱/۶	۵	۴	۴	۴	۳/۵	۳/۵	۳	۳	۳
>۵-۶	۰-۰/۴	۲	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۴-۰/۵	۴	۳	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۲	۲
	۰/۵-۰/۸	۴/۵	۴	۳/۵	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
	۰/۸-۱/۲	۵	۴/۵	۴	۳/۵	۳	۳	۳	۳	۳
	۱/۲-۱/۶	۵/۵	۵	۴/۵	۴	۳	۳	۳	۳	۳
	>۱/۶	۶	۵	۵	۴/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵
>۶	۰-۰/۴	۴	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲
	۰/۴-۰/۵	۴/۵	۴	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵
	۰/۵-۰/۸	۵	۴/۵	۴	۴	۳/۵	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵
	۰/۸-۱/۲	۵/۵	۵	۴/۵	۴/۵	۴	۳/۵	۳	۳	۳
	۱/۲-۱/۶	۶	۵/۵	۵	۵	۴/۵	۴	۳/۵	۳/۵	۳/۵
	>۱/۶	۷	۶	۵/۵	۵/۵	۵	۴/۵	۴	۴	۴

جدول ۷-۲۵- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه تفریحی در سربالایی

سربالایی (٪)	طول (کیلومتر)	E_R درصد وسایل نقلیه تفریحی								
		۲	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
۲≥	هر طول	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲
> ۲-۳	۰-۰/۸	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲
	>۰/۸	۳/۰	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۲	۱/۲	۱/۲
>۳-۴	۰-۰/۴	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲
	۰/۴-۰/۸	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	>۰/۸	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۱/۵	۱/۵
>۴-۵	۰-۰/۴	۲/۵	۲	۲	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۰/۴-۰/۸	۴	۳	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲
	>۰/۸	۴/۵	۳/۵	۳	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲	۲
>۵	۰-۰/۴	۴	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۲	۲	۱/۵
	۰/۴-۰/۵	۶	۴	۴	۳/۵	۳	۳	۲/۵	۲/۵	۲
	>۰/۸	۶	۴/۵	۴	۴/۵	۳/۵	۳	۳	۲/۵	۲

جدول ۷-۲۶- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون در سرپایینی

سرپایینی (٪)	طول (کیلومتر)	ET درصد کامیون			
		۵	۱۰	۱۵	۲۰
<۴	هر طول	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
۴-۵	≤۶/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
۴-۵	>۶/۴	۲	۲	۲	۱/۵
>۵-۶	≤۶/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
>۵-۶	>۶/۴	۵/۵	۴	۴	۳
>۶	≤۶/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
>۶	>۶/۴	۷/۵	۶	۵/۵	۴/۵



شکل ۷-۱۲- منحنی‌های سرعت متوسط- شدت جریان- سطح کیفیت ترافیک برای راه‌های چند خطه

جدول ۷-۲۷- معیارهای سطح کیفیت ترافیک برای بخش اصلی راه‌های چند خطه

معیار	سطح کیفیت				
	۱	۲	۳	۴	۵
(کیلومتر در ساعت) FFS=۱۰۰					
حداکثر تراکم (وسیله نقلیه سبک در کیلومتر در خط)	۷	۱۱	۱۶	۲۲	۲۵
سرعت متوسط (کیلومتر در ساعت)	۱۰۰	۱۰۰	۹۸/۴	۹۱/۵	۸۸
حداکثر v/c (حجم به گنجایش)	۰/۳۲	۰/۵	۰/۷۲	۰/۹۲	۱
حداکثر شدت جریان طرح (وسیله نقلیه سبک در ساعت در خط)	۷۰۰	۱۱۰۰	۱۵۷۵	۲۰۱۵	۲۲۰۰
(کیلومتر در ساعت) FFS=۹۰					
حداکثر تراکم (وسیله نقلیه سبک در کیلومتر در خط)	۷	۱۱	۱۶	۲۲	۲۶
سرعت متوسط (کیلومتر در ساعت)	۹۰	۹۰	۸۹/۸	۸۴/۷	۸۰/۸
حداکثر v/c (حجم به گنجایش)	۰/۳	۰/۴۷	۰/۶۸	۰/۸۹	۱
حداکثر شدت جریان طرح (وسیله نقلیه سبک در ساعت در خط)	۶۳۰	۹۹۰	۱۴۳۵	۱۸۶۰	۲۱۰۰
(کیلومتر در ساعت) FFS=۸۰					
حداکثر تراکم (وسیله نقلیه سبک در کیلومتر در خط)	۷	۱۱	۱۶	۲۲	۲۷
سرعت متوسط (کیلومتر در ساعت)	۸۰	۸۰	۸۰	۷۷/۶	۷۴/۱
حداکثر v/c (حجم به گنجایش)	۰/۲۸	۰/۴۴	۰/۶۴	۰/۸۵	۱
حداکثر شدت جریان طرح (وسیله نقلیه سبک در ساعت در خط)	۵۶۰	۸۸۰	۱۲۸۰	۱۷۰۵	۲۰۰۰
(کیلومتر در ساعت) FFS=۷۰					
حداکثر تراکم (وسیله نقلیه سبک در کیلومتر در خط)	۷	۱۱	۱۶	۲۲	۲۸
سرعت متوسط (کیلومتر در ساعت)	۷۰	۷۰	۷۰	۶۹/۶	۶۷/۹
حداکثر v/c (حجم به گنجایش)	۰/۲۶	۰/۴۱	۰/۵۹	۰/۸۱	۱
حداکثر شدت جریان طرح (وسیله نقلیه سبک در ساعت در خط)	۴۹۰	۷۷۰	۱۱۲۰	۱۵۳۰	۱۹۰۰

۷-۵-۳- تعیین سطح کیفیت راه‌های دو خطه

راه دو خطه، راهی است که در هر جهت دارای یک خط عبور برای ترافیک بوده و برای سبقت گرفتن نیاز به استفاده از خط عبور مقابل است (در محل‌هایی که مسافت دید سبقت کافی است).

جهت تعیین کیفیت ترافیک در راه‌های دو خطه، فرض می‌شود که شرایط ایده‌آل ذیل فراهم باشد. در غیر این صورت، ضرایب تعدیل باید اعمال شود.

۱- عرض خط عبور، مساوی یا بیشتر از ۳/۶۵ متر است.

۲- شانه‌های راه بدون مانع و عرض آنها مساوی ۱/۸۵ متر یا بیشتر است.

۳- سبقت در طول راه امکان‌پذیر است.

۴- وسایل نقلیه از نوع سبک است.

۵- توزیع ترافیک در دو جهت برابر (۵۰/۵۰) است.

۶- هیچ گونه عامل بازدارنده برای ترافیک مانند کنترل ترافیک یا وسایل نقلیه گردشی وجود ندارد.

۷- منطقه عبور، دشت است.

۷-۵-۳-۱- معیارهای کیفیت ترافیک در راه‌های دو خطه

دو معیار زیر برای تعیین کیفیت ترافیکی راه‌های دو خطه بکار می‌رود.

الف – درصد تأخیر (PTSF)

درصد تأخیر نشان‌دهنده تحرک و دسترسی است و برابر با نسبت متوسط درصد زمان تلف شده وسایل نقلیه به دلیل حرکت پشت سرهم و عدم توانایی سبقت گرفتن، به کل زمان سفر است.

ب – متوسط سرعت سفر (ATS)

متوسط سرعت سفر نشان دهنده تحرک در راه‌های دو خطه بوده و برابر است با طول بخش تحت مطالعه، تقسیم بر متوسط زمان حرکت کل وسایل نقلیه در دو جهت در آن بخش از راه.

برای تعیین کیفیت ترافیک، نوع راه دو خطه باید معین شود. راه‌های دو خطه نوع اول، راه‌های پراهمیت‌تری هستند که رانندگان انتظار سرعت‌های بالاتری را دارند و عمدتاً شامل راه‌های اصلی دو خطه است. راه‌های دو خطه نوع دوم، راه‌های کم اهمیت‌تری هستند که رانندگان انتظار سرعت‌های پایین‌تری را دارند و عمدتاً شامل راه‌های فرعی است.

برای سنجش سطح کیفیت ترافیک در راه‌های دو خطه نوع اول، هر دو پارامتر درصد تأخیر و متوسط سرعت حرکت باید تعیین شوند. برای راه‌های دو خطه نوع دوم، تعیین پارامتر درصد تأخیر کفایت می‌کند.

قطعه‌ای از راه که کیفیت ترافیک آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، باید دارای شرایط متوسط پستی و بلندی، هندسی و ترکیب ترافیکی یکنواخت باشد. اگر پستی و بلندی منطقه قطعه مورد نظر به صورت دشت یا تپه‌ماهور است که در آن طول شیب‌های مساوی یا بزرگتر از ۳ درصد کمتر از یک کیلومتر می‌باشد (بطور معمول حداقل طول این قطعات ۳ کیلومتر است)، می‌توان از روش تحلیل دو جهته و یا روش تحلیل جهتی برای ارزیابی کیفیت ترافیک استفاده کرد. اگر وضع پستی و بلندی منطقه در قطعه مورد

نظر، کوهستانی و یا دارای شیب ۳ درصد و بیشتر با طول بیشتر از یک کیلومتر باشد (قطعه خاص)، نمی‌توان از روش تحلیل دو جهته استفاده کرد. برای این قطعات باید روش تحلیل جهتی مربوطه را بکار برد.

۷-۵-۳-۲- سطح کیفیت ترافیک راه‌های دو خطه- روش تحلیل دو جهته

در این روش از مجموع حجم ترافیک ساعت طرح هر دو خط استفاده می‌شود. این روش برای قطعات خاص کاربرد ندارد. تعیین کیفیت ترافیکی راه‌های دو خطه در نمودار شکل (۷-۱۳) آورده شده است. جهت تعیین معیارهای مؤثر بر کیفیت ترافیک، ابتدا سرعت جریان آزاد و شدت جریان محاسبه می‌شود.

الف- محاسبه سرعت جریان آزاد (FFS)

سرعت جریان آزاد عبارت است از سرعت متوسط وسایل نقلیه سبک، در حالی که شدت جریان کمتر از ۲۰۰ وسیله نقلیه سبک بر ساعت باشد. در صورت اندازه‌گیری مستقیم میدانی، اگر شدت جریان کمتر از ۲۰۰ وسیله نقلیه سبک بر ساعت باشد، سرعت متوسط اندازه‌گیری شده، همان سرعت جریان آزاد است و ضرایب اصلاحی (مربوط به عرض خط، عرض شانه و تراکم نقاط دسترسی) اعمال نمی‌شوند.

اگر شدت جریان بزرگتر از ۲۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت باشد، مقدار سرعت جریان آزاد با استفاده از سرعت متوسط اندازه‌گیری شده میدانی، با رابطه (۷-۲۴) بدست می‌آید.

$$FFS=S_{FM}+۰/۰۱۲۵(V_f / f_{HV}) \quad (۲۴-۷)$$

که در آن :

FFS = سرعت جریان آزاد (کیلومتر در ساعت)

S_{FM} = سرعت متوسط اندازه‌گیری‌شده در میدان (کیلومتر در ساعت)

V_f = شدت جریان در بازه زمانی اندازه‌گیری میدانی (وسیله نقلیه بر ساعت)

f_{HV} = ضریب اصلاح برای وسایل نقلیه سنگین (رابطه۷-۲۷)

برای کسب اطلاعات بیشتر در زمینه اندازه گیری مستقیم میدانی، می‌توان به مراجع معتبر در این زمینه مراجعه کرد.

در صورت موجود نبودن داده‌های میدانی، سرعت جریان آزاد را می‌توان از طریق رابطه (۷-۲۵) محاسبه کرد.

$$FFS=BFFS-f_{LS}-f_A \quad (۲۵-۷)$$

که در آن :

FFS = سرعت جریان آزاد (کیلومتر در ساعت)

BFFS = سرعت جریان آزاد پایه که بر اساس محدودیت‌های سرعت در نظر گرفته شده و اطلاعات محلی تعیین می‌شود (کیلومتر در ساعت).

f_{LS} = تعدیل برای عرض خط عبور و عرض مفید شانه که از جدول (۷-۲۸) بدست می‌آید.

f_A = تعدیل برای نقاط دسترسی که از جدول (۷-۲۹) بدست می‌آید. تراکم نقاط دسترسی عبارت است از تعداد کل نقاط دسترسی مستقیم به دو طرف مسیر به طول مسیر بر حسب کیلومتر.

ب- تعیین شدت جریان

شدت جریان معادل وسیله سبک در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای (v_p) از رابطه (۷-۲۶) بدست می‌آید.

$$v_p = \frac{V}{PHF \cdot f_G \cdot f_{HV}} \qquad (۷-۲۶)$$

که در آن:

V= حجم ترافیک ساعت طرح (وسیله نقلیه بر ساعت)

PHF= ضریب ساعت اوج

f_G= ضریب تعدیل شیب که در واقع تأثیر پستی و بلندی منطقه را بر روی متوسط سرعت سفر (جدول ۷-۳۰) و درصد تأخیر (جدول ۷-۳۱) نشان می دهد.

f_{HV}= ضریب تعدیل برای وسایل نقلیه سنگین در ترافیک که از رابطه (۷-۲۷) محاسبه می‌شود.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \qquad (۷-۲۷)$$

که

E_T= ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون‌ها و اتوبوس‌ها از جدول (۷-۳۲ و ۷-۳۳)

E_R= ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه تفریحی از جدول (۷-۳۲ و ۷-۳۳)

P_T= نسبت تعداد کامیون‌ها و اتوبوس‌ها به کل ترافیک

P_R= نسبت تعداد وسایل نقلیه تفریحی به کل ترافیک

در جداول (۷-۳۰) تا (۷-۳۳)، برای تعیین ضرایب f_G، E_T و E_R، مقدار شدت جریان مورد نیاز است. در صورتی که شدت جریان هنوز از رابطه (۷-۲۶) تعیین نشده و تابعی از ضرایب مذکور می‌باشد. بنابراین نیاز به محاسبات تکراری است. برای این منظور، ابتدا ضرایب f_G و f_{HV} برابر ۱ فرض شده و شدت جریان از رابطه (۷-۲۶) محاسبه می‌شود. بر اساس مقدار این شدت جریان و ردیف مربوط در جداول (۷-۳۰) تا (۷-۳۳)، مقدار ضرایب مورد نظر تعیین شده و مقدار v_p مجدداً بر اساس این مقادیر با استفاده از رابطه(۷-۲۶)، محاسبه می‌شود. اگر v_p بدست آمده، در همان ردیف (دامنه انتخابی) قرار گیرد، مقدار v_p قابل قبول است، در غیر این صورت این روند تا زمانی که مقدار قابل قبولی برای v_p حاصل شود، تکرار می‌شود.

پ- تعیین سرعت متوسط سفر

سرعت متوسط سفر از رابطه (۷-۲۸) محاسبه می‌شود.

$$ATS = FFS - ۰/۰۱۲۵ v_p - f_{np} \qquad (۷-۲۸)$$

که در آن:

v_p = جریان معادل وسیله نقلیه سبک در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای (رابطه (۷-۲۶) با استفاده از جداول (۷ -۳۰) و (۷-۳۲))

f_{np} = تعدیل برای درصد مناطق سبقت (جدول (۷-۳۴)).

ت- تعیین درصد تأخیر

درصد تأخیر از رابطه (۷-۲۹) محاسبه می‌شود.

$$PTSF=BPTSF+f_{d/np} \quad (۷-۲۹)$$

که در آن:

BPTSF= درصد تأخیر پایه است که از رابطه (۷-۳۰) بدست می‌آید.

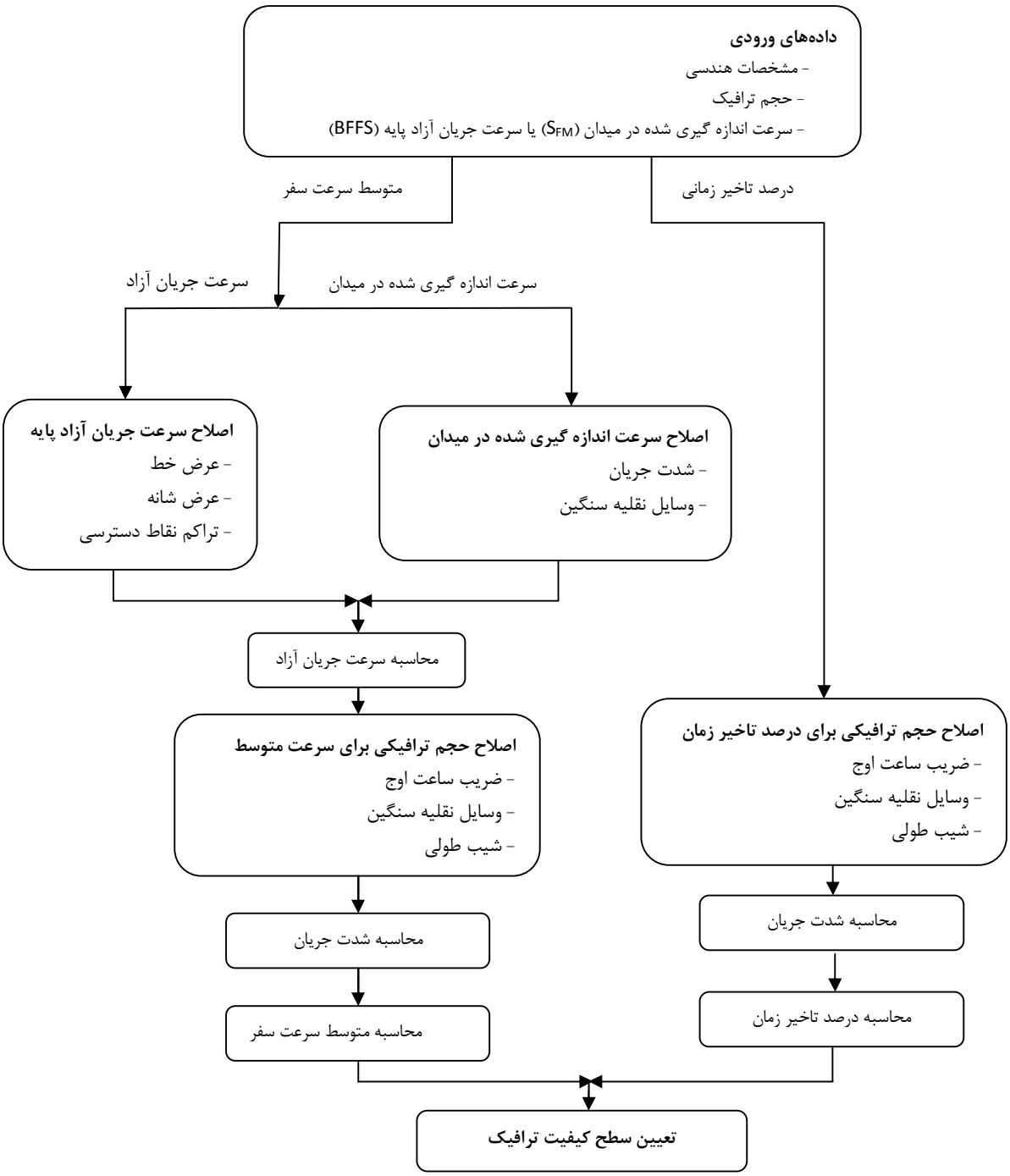
$$BPTSF=۱۰۰(۱-e^{-۰/۰۰۰۸۷۹v_p}) \quad (۷-۳۰)$$

$f_{d/np}$ = تعدیل اثر ترکیبی توزیع جهتی ترافیک و درصد مناطق سبقت ممنوع بر درصد تأخیر (جدول (۷-۳۵))

v_p= جریان معادل وسیله نقلیه سبک در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای (رابطه (۷-۲۶) با استفاده از جداول (۷-۳۱) و (۷-۳۳)).

ث- تعیین سطح کیفیت ترافیک

اگر شدت جریان در دو جهت بیش از ۳۲۰۰ وسیله نقلیه سبک در ساعت (گنجایش مطلق) و یا در یک جهت بیش از ۱۷۰۰ وسیله نقلیه سبک در ساعت باشد، سطح کیفیت ترافیک، ۶ می‌باشد. چنانچه سطح کیفیت ترافیک ۶ نباشد، مقدار آن برای راه‌های دو خطه نوع اول از شکل (۷-۱۴) و برای راه‌های دو خطه نوع دوم از جدول (۷-۳۶) تعیین می‌شود.



شکل ۷-۱۳- روش کلی تعیین سطح کیفیت ترافیک در راه‌های دو خطه

جدول ۷-۲۸- تعدیل برای عرض خط عبور و عرض مفید شانه (f_{LS})

عرض خط (متر)	کاهش FFS (کیلومتر در ساعت)			
	عرض شانه (متر)			
	۰<۰/۶	≥ ۰/۶ <۱/۲	≥ ۱/۲ <۱/۸	≥ ۱/۸
۲/۷<۳	۱۰/۳	۷/۷	۵/۶	۳/۵
≥ ۳ <۳/۳	۸/۵	۵/۹	۳/۸	۱/۷
≥ ۳/۳ <۳/۶۵	۷/۵	۴/۹	۲/۸	۰/۷
≥ ۳/۶۵	۶/۸	۴/۲	۲/۱	۰

جدول ۷-۲۹- تعدیل برای نقاط دسترسی (f_A)

نقاط دسترسی در هر کیلومتر	کاهش FFS (کیلومتر در ساعت)
۰	۰
۶	۴
۱۲	۸
۱۸	۱۲
≥۲۴	۱۶

جدول ۷-۳۰- ضریب تعدیل شیب در تعیین متوسط سرعت سفر راه دو خطه (f_G)

دامنه شدت جریان در دو جهت (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	دامنه شدت جریان در یک جهت (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	نوع پستی و بلندی	
		دشت	تپه‌ماهور
۰-۶۰۰	۰-۳۰۰	۱	۰/۷۱
> ۶۰۰-۱۲۰۰	> ۳۰۰-۶۰۰	۱	۰/۹۳
> ۱۲۰۰	> ۶۰۰	۱	۰/۹۹

جدول ۷-۳۱- ضریب تعدیل شیب در تعیین درصد تأخیر راه دو خطه (f_G)

دامنه شدت جریان در دو جهت (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	دامنه شدت جریان در یک جهت (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	نوع پستی و بلندی	
		دشت	تپه‌ماهور
۰-۶۰۰	۰-۳۰۰	۱	۰/۷۷
> ۶۰۰-۱۲۰۰	> ۳۰۰-۶۰۰	۱	۰/۹۴
> ۱۲۰۰	> ۶۰۰	۱	۱

جدول ۷-۳۲- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه سنگین در تعیین متوسط سرعت سفر راه دو خطه

نوع خودرو	دامنه شدت جریان در دو جهت (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	دامنه شدت جریان در یک جهت (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	نوع پستی و بلندی	
			دشت	تپه‌ماهور
کامیون و اتوبوس (E_T)	۰-۶۰۰	۰-۳۰۰	۱/۷	۲/۵
	> ۶۰۰-۱۲۰۰	> ۳۰۰-۶۰۰	۱/۲	۱/۹
	> ۱۲۰۰	> ۶۰۰	۱/۱	۱/۵
وسیله نقلیه تفریحی (E_R)	۰-۶۰۰	۰-۳۰۰	۱	۱/۱
	> ۶۰۰-۱۲۰۰	> ۳۰۰-۶۰۰	۱	۱/۱
	> ۱۲۰۰	> ۶۰۰	۱	۱/۱

جدول ۷-۳۳- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه سنگین در تعیین درصد تأخیر راه دو خطه

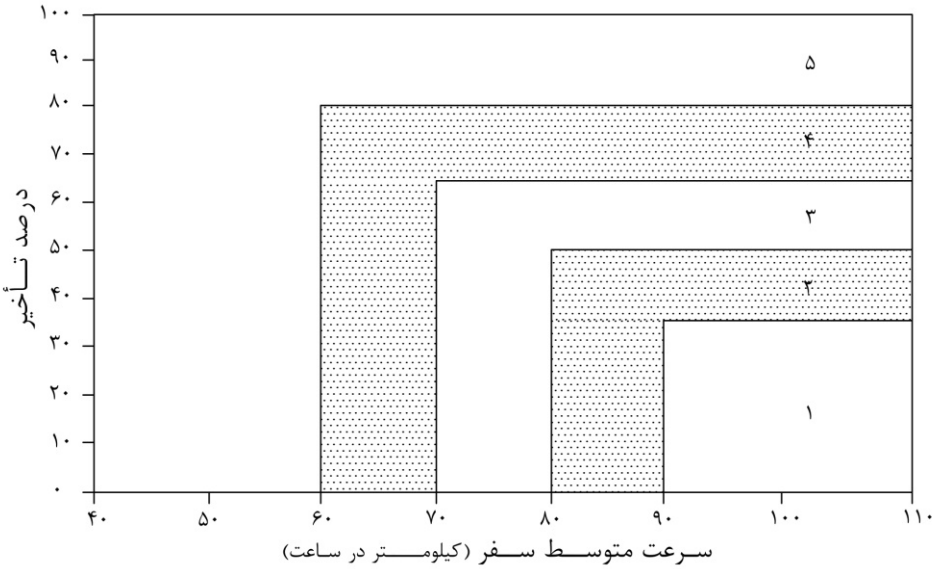
نوع خودرو	دامنه شدت جریان در دو جهت (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	دامنه شدت جریان در یک جهت (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	نوع پستی و بلندی	
			دشت	تپه‌ماهور
کامیون و اتوبوس (E_T)	۰-۶۰۰	۰-۳۰۰	۱/۱	۱/۸
	>۶۰۰-۱۲۰۰	>۳۰۰-۶۰۰	۱/۱	۱/۵
	>۱۲۰۰	>۶۰۰	۱	۱
وسیله نقلیه تفریحی (E_R)	۰-۶۰۰	۰-۳۰۰	۱	۱
	>۶۰۰-۱۲۰۰	>۳۰۰-۶۰۰	۱	۱
	>۱۲۰۰	>۶۰۰	۱	۱

جدول ۷-۳۴- تعدیل برای درصد مناطق سبقت ممنوع در تعیین سرعت متوسط سفر راه دو خطه (f_{np})

شدت جریان در دو جهت (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	میزان کاهش در متوسط سرعت سفر (کیلومتر در ساعت)					
	ناحیه سبقت ممنوع (درصد)					
	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰۰	۰	۱	۲/۳	۳/۸	۴/۲	۵/۶
۴۰۰	۰	۲/۷	۴/۳	۵/۷	۶/۳	۷/۳
۶۰۰	۰	۲/۵	۳/۸	۴/۹	۵/۵	۶/۲
۸۰۰	۰	۲/۲	۳/۱	۳/۹	۴/۳	۴/۹
۱۰۰۰	۰	۱/۸	۲/۵	۳/۲	۳/۶	۴/۲
۱۲۰۰	۰	۱/۳	۲	۲/۶	۳	۳/۴
۱۴۰۰	۰	۰/۹	۱/۴	۱/۹	۲/۳	۲/۷
۱۶۰۰	۰	۰/۹	۱/۳	۱/۷	۲/۱	۲/۴
۱۸۰۰	۰	۰/۸	۱/۱	۱/۶	۱/۸	۲/۱
۲۰۰۰	۰	۰/۸	۱	۱/۴	۱/۶	۱/۸
۲۲۰۰	۰	۰/۸	۱	۱/۴	۱/۵	۱/۷
۲۴۰۰	۰	۰/۸	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۷
۲۶۰۰	۰	۰/۸	۱	۱/۳	۱/۴	۱/۶
۲۸۰۰	۰	۰/۸	۱	۱/۲	۱/۳	۱/۴
۳۰۰۰	۰	۰/۸	۰/۹	۱/۱	۱/۱	۱/۳
۳۲۰۰	۰	۰/۸	۰/۹	۱	۱	۱/۱

جدول ۷-۳۵- تعدیل برای توزیع جهتی ترافیک و درصد مناطق سبقت ممنوع در تعیین درصد تأخیر راه دو خطه ($f_{d/np}$)

شدت جریان در دو جهت (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	افزایش درصد زمان تأخیر (٪)					
	ناحیه سبقت ممنوع (٪)					
	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰
ضریب توزیع جهتی ۵۰/۵۰						
≤۲۰۰	۰	۱۰/۱	۱۷/۲	۲۰/۲	۲۱	۲۱/۸
۴۰۰	۰	۱۲/۴	۱۹	۲۲/۷	۲۳/۸	۲۴/۸
۶۰۰	۰	۱۱/۲	۱۶	۱۸/۷	۱۹/۷	۲۰/۵
۸۰۰	۰	۹	۱۲/۳	۱۴/۱	۱۴/۵	۱۴/۵
۱۴۰۰	۰	۳/۵	۵/۵	۶/۷	۷/۳	۷/۹
۲۰۰۰	۰	۱/۸	۲/۹	۳/۷	۴/۱	۴/۴
۲۶۰۰	۰	۱/۱	۱/۶	۲	۲/۳	۲/۴
۳۲۰۰	۰	۰/۷	۰/۹	۱/۱	۱/۲	۱/۴
ضریب توزیع جهتی ۶۰/۴۰						
≤۲۰۰	۱/۶	۱۱/۸	۱۷/۲	۲۲/۵	۲۳/۱	۲۳/۷
۴۰۰	۰/۵	۱۱/۷	۱۶/۲	۲۰/۷	۲۱/۵	۲۲/۲
۶۰۰	۰	۱۱/۵	۱۵/۲	۱۸/۹	۱۹/۸	۲۰/۷
۸۰۰	۰	۷/۶	۱۰/۳	۱۳	۱۳/۷	۱۴/۴
۱۴۰۰	۰	۳/۷	۵/۴	۷/۱	۷/۶	۸/۱
۲۰۰۰	۰	۲/۳	۳/۴	۳/۶	۴	۴/۳
≥۲۶۰۰	۰	۰/۹	۱/۴	۱/۹	۲/۱	۲/۲
ضریب توزیع جهتی ۷۰/۳۰						
≤۲۰۰	۲/۸	۱۳/۴	۱۹/۱	۲۴/۸	۲۵/۲	۲۵/۵
۴۰۰	۱/۱	۱۲/۵	۱۷/۳	۲۲	۲۲/۶	۳۲/۲
۶۰۰	۰	۱۱/۶	۱۵/۴	۱۹/۱	۲۰	۲۰/۹
۸۰۰	۰	۷/۷	۱۰/۵	۱۳/۳	۱۴	۱۴/۶
۱۴۰۰	۰	۳/۸	۵/۶	۷/۴	۷/۹	۸/۳
≥۲۰۰۰	۰	۱/۴	۴/۹	۳/۵	۳/۹	۴/۲
ضریب توزیع جهتی ۸۰/۲۰						
≤۲۰۰	۵/۱	۱۷/۵	۲۴/۳	۳۱	۳۱/۳	۳۱/۶
۴۰۰	۲/۵	۱۵/۸	۲۱/۵	۲۷/۱	۲۷/۶	۲۸
۶۰۰	۰	۱۴	۱۸/۶	۲۳/۲	۲۳/۹	۲۴/۵
۸۰۰	۰	۹/۳	۱۲/۷	۱۶	۱۶/۵	۱۷
۱۴۰۰	۰	۴/۶	۶/۷	۸/۷	۹/۱	۹/۵
≥۲۰۰۰	۰	۲/۴	۳/۴	۴/۵	۴/۷	۴/۹
ضریب توزیع جهتی ۹۰/۱۰						
≤۲۰۰	۵/۶	۲۱/۶	۲۹/۴	۳۷/۲	۳۷/۴	۳۷/۶
۴۰۰	۲/۴	۱۹	۲۵/۶	۳۲/۲	۳۲/۵	۳۲/۸
۶۰۰	۰	۱۶/۳	۲۱/۸	۲۷/۲	۲۷/۶	۲۸
۸۰۰	۰	۱۰/۹	۱۴/۸	۱۸/۶	۱۹	۱۹/۴
≥۱۴۰۰	۰	۵/۵	۷/۸	۱۰	۱۰/۴	۱۰/۷



شکل ۷-۱۴- تعیین سطح کیفیت ترافیک برای راه‌های دو خطه نوع اول

جدول ۷-۳۶- تعیین سطح کیفیت ترافیک برای راه‌های دو خطه نوع دوم

سطح کیفیت ترافیک	۱	۲	۳	۴	۵
درصد زمان تأخیر	≤۴۰	>۴۰-۵۵	>۵۵-۷۰	>۷۰-۸۵	>۸۵
۱- اگر شدت جریان از گنجایش مطلق قطعه بیشتر شود، سطح کیفیت ترافیک ۶ است.					

۷-۵-۳-۳- سطح کیفیت ترافیک راه‌های دو خطه- روش تحلیل جهتی

در این روش، تعیین سطح کیفیت ترافیک در یک جهت از راه دو خطه با استفاده از حجم ترافیک ساعت طرح آن جهت مد نظر می‌باشد. هر چند حجم ترافیک ساعت طرح جهت مقابل نیز مورد نیاز است. برای تعیین سطح کیفیت ترافیک در قطعه خاص، قطعه دارای خط سبقت و قطعه دارای خط کمکی در سربالایی به ردیف‌های مربوط مراجعه شود. برای تعیین معیارهای مؤثر بر سطح کیفیت ترافیک، لازم است تا سرعت جریان آزاد و شدت جریان محاسبه شود.

الف- محاسبه سرعت جریان آزاد (FFS)

سرعت جریان آزاد مشابه روش تحلیل کلی راه‌های دو خطه تعیین می‌شود. باید توجه شود که در اندازه‌گیری مستقیم میدانی سرعت متوسط ترافیک در جهت مبنا، شدت جریان در هر دو جهت کمتر از ۲۰۰ وسیله نقلیه سبک بر ساعت باشد.

ب- تعیین شدت جریان

شدت جریان معادل وسیله سبک در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای (v_d) در جهت تحلیل از رابطه (۷-۳۱) بدست می‌آید.

$$v_d = \frac{V_d}{PHF.f_G.f_{HV}} \qquad (۷-۳۱)$$

شدت جریان معادل وسیله سبک در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای در جهت مقابل جهت تحلیل (v_o) نیز از رابطه (۷-۳۲) محاسبه می-شود.

$$v_o = \frac{V_o}{PHF \cdot f_G \cdot f_{HV}} \qquad (۳۲-۷)$$

که در این روابط :

V_o= حجم ترافیک ساعت طرح (وسیله نقلیه بر ساعت) در جهت مورد نظر

PHF= ضریب ساعت اوج برای جهت مورد نظر

f_G= ضریب تعدیل شیب برای جهت مورد نظر (برای متوسط سرعت سفر (جدول۷-۳۰) و برای درصد تأخیر (جدول۷-۳۱))

f_{HV}= ضریب تعدیل برای وسایل نقلیه سنگین که برای هر جهت، مشابه روش تحلیل کلی راه‌های دو خطه از رابطه (۷-۲۷) بدست می‌آید. محاسبات تکراری جهت تعیین v_p و v_o مشابه روش تحلیل دو جهته می‌باشد.

توجه شود که در تعیین سطح کیفیت ترافیک با روش تحلیل جهتی راه‌های دو خطه، در جداول (۷-۳۰) تا (۷-۳۴) از دامنه‌های شدت جریان مربوط به یک جهت استفاده شود.

پ- تعیین سرعت متوسط سفر

سرعت متوسط سفر از رابطه (۷-۳۳) محاسبه می‌شود.

$$ATS_d = FFS_d - ۰/۰۱۲۵(v_d + v_o) - f_{np} \qquad (۳۳-۷)$$

که در آن،

FFS_d= سرعت جریان آزاد در جهت مبنا

f_{np}= تعدیل برای درصد مناطق سبقت ممنوع (جدول (۷-۳۷))

ت- تعیین درصد تأخیر

درصد تأخیر از رابطه (۷-۳۴) محاسبه می‌شود.

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np} \qquad (۳۴-۷)$$

در این رابطه، f_{np} از طریق جدول (۷-۳۸) تعیین می‌شود.

$BPTSF_d$ درصد تأخیر پایه در جهت تحلیل است که از طریق رابطه (۷-۳۵) محاسبه می‌شود.

$$BPTSF_d = ۱۰۰(۱ - e^{a.v_d{}^b}) \qquad (۳۵-۷)$$

در این رابطه، ضرایب a و b از طریق جدول (۷-۳۹) بدست می‌آیند.

ث- تعیین سطح کیفیت ترافیک

اگر شدت جریان در جهت مبنا بیش از ۱۷۰۰ وسیله نقلیه سبک در ساعت باشد، سطح کیفیت ترافیک، ۶ می‌باشد. در صورتی که شدت جریان کمتر از مقدار مذکور باشد، سطح کیفیت ترافیک برای راه‌های دو خطه نوع اول از شکل (۷-۱۴) و برای راه‌های دو خطه نوع دوم از جدول (۷-۳۶) تعیین می‌شود.

جدول ۷-۳۷- تعدیل برای درصد مناطق سبقت ممنوع در تعیین سرعت متوسط سفر راه دو خطه - تحلیل جهتی (f_{np})

شدت جریان در جهت مقابل (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	ناحیه سبقت ممنوع(٪)				
	≤۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰
سرعت جریان آزاد ۱۱۰ کیلومتر در ساعت					
≤۱۰۰	۱/۷	۳/۵	۴/۵	۴/۸	۵/۰
۲۰۰	۳/۵	۵/۳	۶/۲	۶/۵	۶/۸
۴۰۰	۲/۶	۳/۷	۴/۴	۴/۵	۴/۷
۶۰۰	۲/۲	۲/۴	۲/۸	۳/۱	۳/۳
۸۰۰	۱/۱	۱/۶	۲	۲/۲	۲/۴
۱۰۰۰	۱/۰	۱/۳	۱/۷	۱/۸	۱/۹
۱۲۰۰	۰/۹	۱/۳	۱/۵	۱/۶	۱/۷
۱۴۰۰	۰/۹	۱/۲	۱/۴	۱/۴	۱/۵
≥۱۶۰۰	۰/۹	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۱/۳
سرعت جریان آزاد ۱۰۰ کیلومتر در ساعت					
≤۱۰۰	۱/۲	۲/۷	۴/۰	۴/۵	۴/۷
۲۰۰	۳/۰	۴/۶	۵/۹	۶/۴	۶/۷
۴۰۰	۲/۳	۳/۳	۴/۱	۴/۴	۴/۶
۶۰۰	۱/۸	۲/۱	۲/۶	۳/۰	۳/۲
۸۰۰	۰/۹	۱/۴	۱/۸	۲۱	۲/۳
۱۰۰۰	۰/۹	۱/۱	۱/۵	۱/۷	۱/۹
۱۲۰۰	۰/۸	۱/۱	۱/۴	۱/۵	۱/۷
۱۴۰۰	۰/۸	۱/۰	۱/۳	۱/۳	۱/۴
≥۱۶۰۰	۰/۸	۱/۰	۱/۱	۱/۱	۱/۲
سرعت جریان آزاد ۹۰ کیلومتر در ساعت					
≤۱۰۰	۰/۸	۱/۹	۳/۶	۴/۲	۴/۴
۲۰۰	۲/۴	۳/۹	۵/۶	۶/۳	۶/۶
۴۰۰	۲/۱	۳/۰	۳/۸	۴/۳	۴/۵
۶۰۰	۱/۴	۱/۸	۲/۵	۲/۹	۳/۱
۸۰۰	۰/۸	۱/۱	۱/۷	۲/۰	۲/۲
۱۰۰۰	۰/۸	۰/۹	۱/۳	۱/۵	۱/۸
۱۲۰۰	۰/۸	۰/۹	۱/۲	۱/۴	۱/۶
۱۴۰۰	۰/۸	۰/۹	۱/۱	۱/۲	۱/۴
≥۱۶۰۰	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۱/۱
سرعت جریان آزاد ۸۰ کیلومتر در ساعت					
≤۱۰۰	۰/۳	۱/۱	۳/۱	۳/۹	۴/۱
۲۰۰	۱/۹	۳/۲	۵/۳	۶/۲	۶/۵
۴۰۰	۱/۸	۲/۶	۳/۵	۴/۲	۴/۴
۶۰۰	۱/۰	۱/۵	۲/۳	۲/۸	۳/۰
۸۰۰	۰/۶	۰/۹	۱/۵	۱/۹	۲/۱
۱۰۰۰	۰/۶	۰/۷	۱/۱	۱/۴	۱/۸
۱۲۰۰	۰/۶	۰/۷	۱/۱	۱/۳	۱/۶
۱۴۰۰	۰/۶	۰/۷	۱/۰	۱/۱	۱/۳
≥۱۶۰۰	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۱/۰
سرعت جریان آزاد ۷۰ کیلومتر در ساعت					
≤۱۰۰	۰/۱	۰/۶	۲/۷	۳/۶	۳/۸
۲۰۰	۱/۵	۲/۶	۵/۰	۶/۱	۶/۴
۴۰۰	۱/۵	۰/۸	۳/۲	۴/۱	۴/۳
۶۰۰	۰/۷	۰/۵	۲/۱	۲/۷	۲/۹
۸۰۰	۰/۵	۰/۵	۱/۳	۱/۸	۲/۰
۱۰۰۰	۰/۵	۰/۵	۱/۰	۱/۳	۱/۸
۱۲۰۰	۰/۵.	۰/۵	۱/۰	۱/۲	۱/۶
۱۴۰۰	۰/۵	۰/۵	۱/۰	۱/۰	۱/۲
≥۱۶۰۰	۰/۵	۰/۵	۰/۷	۰/۷	۰/۹

جدول ۷-۳۸- تعدیل برای درصد مناطق سبقت ممنوع در تعیین درصد تأخیر - تحلیل جهتی (f_{np})

شدت جریان در جهت مقابل (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	ناحیه سبقت ممنوع(٪)				
	≤۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰
سرعت جریان آزاد ۱۱۰ کیلومتر در ساعت					
≤۱۰۰	۱۰/۱	۱۷/۲	۲۰/۲	۲۱/۰	۲۱/۸
۲۰۰	۱۲/۴	۱۹/۰	۲۲/۷	۲۳/۸	۲۴/۸
۴۰۰	۹/۰	۱۲/۳	۱۴/۱	۱۴/۴	۱۵/۴
۶۰۰	۵/۳	۷/۷	۹/۲	۹/۷	۱۰/۴
۸۰۰	۳/۰	۴/۶	۵/۷	۶/۲	۶/۷
۱۰۰۰	۱/۸	۲/۹	۳/۷	۴/۱	۴/۴
۱۲۰۰	۱/۳	۲/۰	۲/۶	۲/۹	۳/۱
۱۴۰۰	۰/۹	۱/۴	۱/۷	۱/۹	۲/۱
≥۱۶۰۰	۰/۷	۰/۹	۱/۱	۱/۲	۱/۴
سرعت جریان آزاد ۱۰۰ کیلومتر در ساعت					
≤۱۰۰	۸/۴	۱۴/۹	۲۰/۹	۲۲/۸	۲۶/۶
۲۰۰	۱۱/۵	۱۸/۲	۲۴/۱	۲۶/۲	۲۹/۷
۴۰۰	۸/۶	۱۲/۱	۱۴/۸	۱۵/۹	۱۸/۱
۶۰۰	۵/۱	۷/۵	۹/۶	۱۰/۶	۱۲/۱
۸۰۰	۲/۸	۴/۵	۵/۹	۶/۷	۷/۷
۱۰۰۰	۱/۶	۲/۸	۳/۷	۴/۳	۴/۹
۱۲۰۰	۱/۲	۱/۹	۲/۶	۳/۰	۳/۴
۱۴۰۰	۰/۸	۱/۳	۱/۷	۲/۰	۲/۳
≥۱۶۰۰	۰/۶	۰/۹	۱/۱	۱/۲	۱/۵
سرعت جریان آزاد ۹۰ کیلومتر در ساعت					
≤۱۰۰	۶/۷	۱۲/۷	۲۱/۷	۲۴/۵	۳۱/۳
۲۰۰	۱۰/۵	۱۷/۵	۲۵/۴	۲۸/۶	۳۴/۷
۴۰۰	۸/۳	۱۱/۸	۱۵/۵	۱۷/۵	۲۰/۷
۶۰۰	۴/۹	۷/۳	۱۰/۰	۱۱/۵	۱۳/۹
۸۰۰	۲/۷	۴/۳	۶/۱	۷/۲	۸/۸
۱۰۰۰	۱/۵	۲/۷	۳/۸	۴/۵	۵/۴
۱۲۰۰	۱/۰	۱/۸	۲/۶	۳/۱	۳/۸
۱۴۰۰	۰/۷	۱/۲	۱/۷	۲/۰	۲/۴
≥۱۶۰۰	۰/۶	۰/۹	۱/۲	۱/۳	۱/۵
سرعت جریان آزاد ۸۰ کیلومتر در ساعت					
≤۱۰۰	۵/۰	۱۰/۴	۲۲/۴	۲۶/۳	۳۶/۱
۲۰۰	۹/۶	۱۶/۷	۲۶/۸	۳۱/۰	۳۹/۶
۴۰۰	۷/۹	۱۱/۶	۱۶/۲	۱۹/۰	۲۳/۴
۶۰۰	۴/۷	۷/۱	۱۰/۴	۱۲/۴	۱۵/۶
۸۰۰	۲/۵	۴/۲	۶/۳	۷/۷	۹/۸
۱۰۰۰	۱/۳	۲/۶	۳/۸	۴/۷	۵/۹
۱۲۰۰	۰/۹	۱/۷	۲/۶	۳/۲	۴/۱
۱۴۰۰	۰/۶	۱/۱	۱/۷	۲/۱	۲/۶
≥۱۶۰۰	۰/۵	۰/۹	۱/۲	۱/۳	۱/۶
سرعت جریان آزاد ۷۰ کیلومتر در ساعت					
≤۱۰۰	۳/۷	۸/۵	۲۳/۲	۲۸/۲	۴۱/۶
۲۰۰	۸/۷	۱۶/۰	۲۸/۲	۳۳/۶	۴۵/۲
۴۰۰	۷/۵	۱۱/۴	۱۶/۹	۲۰/۷	۲۶/۴
۶۰۰	۴/۵	۶/۹	۱۰/۸	۱۳/۴	۱۷/۶
۸۰۰	۲/۳	۴/۱	۶/۵	۸/۲	۱۱/۰
۱۰۰۰	۱/۲	۲/۵	۳/۸	۴/۹	۶/۴
۱۲۰۰	۰/۸	۱/۶	۲/۶	۳/۳	۴/۵
۱۴۰۰	۰/۵	۱/۰	۱/۷	۲/۲	۲/۸
≥۱۶۰۰	۰/۴	۰/۹	۱/۲	۱/۳	۱/۷

جدول ۷-۳۹- ضرایب a و b برای درصد تأخیر در تحلیل جهتی

شدت جریان در جهت مقابل (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	a	b
≤۲۰۰	-۰/۰۱۳	۰/۶۶۸
۴۰۰	-۰/۰۵۷	۰/۴۷۹
۶۰۰	-۰/۱	۰/۴۱۳
۸۰۰	-۰/۱۷۳	۰/۳۴۹
۱۰۰۰	-۰/۳۲۰	۰/۲۷۶
۱۲۰۰	-۰/۴۳۰	۰/۲۴۲
۱۴۰۰	-۰/۵۲۲	۰/۲۲۵
≥۱۶۰۰	-۰/۶۶۵	۰/۱۹۹

۷-۵-۳-۴- سطح کیفیت ترافیک برای قطعات خاص

اگر وضع پستی و بلندی قطعه مورد نظر از نوع کوهستانی بوده و یا دارای شیب ۳ درصد و بیشتر با طول بیشتر از یک کیلومتر باشد، قطعه تحلیلی، قطعه خاص نامیده می‌شود. برای تعیین سطح کیفیت ترافیک قطعات خاص، با در نظر گرفتن موارد زیر، از روش تحلیل جهتی راه‌های دو خطه استفاده می‌شود:

۱- قطعات با شیب مشخص در سربالایی‌ها

الف- ضریب تعدیل شیب، برای تعیین سرعت متوسط سفر، مطابق با جدول (۷-۴۰) و برای تعیین درصد تأخیر، مطابق با جدول (۷-۴۱) انتخاب شود.

ب- برای تعیین سرعت متوسط سفر، ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون، مطابق با جدول (۷-۴۲) و ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه تفریحی، مطابق با جدول (۷-۴۳)، انتخاب شود.

پ- برای تعیین درصد تأخیر، ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون و وسایل نقلیه تفریحی، مطابق با جدول (۷-۴۴)، انتخاب شود.

۲- قطعات با شیب مشخص در سرپایینی‌ها

الف- ضریب تعدیل شیب، برابر با یک است.

ب- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون و وسایل نقلیه تفریحی مطابق با جداول (۷-۳۲) و (۷-۳۳)، انتخاب شود.

پ- در برخی سرپایینی‌ها با طول بلند و یا شیب تند، وسایل نقلیه سنگین برای کنترل کافی، با سرعت کمتری (سرعت خزش) به سمت پایین حرکت کرده و باعث افزایش درصد تأخیر و کاهش سرعت متوسط می‌شوند. در این شرایط مقدار f_{HV}، برای تعیین متوسط سرعت حرکت از رابطه (۷-۳۶) بدست می‌آید.

$$f_{HV}=\frac{1}{1+P_{TC}P_T(E_{TC}-1)+(1-P_{TC})P_T(E_T-1)+P_R(E_R-1)} \qquad (۷-۳۶)$$

که در آن:

P_{TC} = درصدی از کامیون‌ها با سرعت خزش در سرپایینی

E_{TC}= ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون‌ها در سرعت خزش که بر اساس جدول (۷-۴۵) تعیین می‌شود. ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای سایرکامیون‌ها و وسایل نقلیه تفریحی مطابق با جداول (۷-۳۲) و (۷-۳۳)، انتخاب می‌شود.

جدول ۷-۴۰- ضریب تعدیل شیب در تعیین سرعت متوسط سفر در سربالایی (f_G)

شیب (درصد)	طول شیب (کیلومتر)	ضریب تعدیل شیب		
		دامنه شدت جریان در جهت اصلی تحلیل (وسیله نقلیه سبک در ساعت)		
		۰-۳۰۰	>۳۰۰-۶۰۰	>۶۰۰
≥ ۳/۰<۳/۵	۰/۴	۰/۸۱	۱/۰۰	۱/۰۰
	۰/۸	۰/۷۹	۱/۰۰	۱/۰۰
	۱/۲	۰/۷۷	۱/۰۰	۱/۰۰
	۱/۶	۰/۷۶	۱/۰۰	۱/۰۰
	۲/۴	۰/۷۵	۰/۹۹	۱/۰۰
	۳/۲	۰/۷۵	۰/۹۷	۱/۰۰
	۴/۸	۰/۷۵	۰/۹۵	۰/۹۷
	≥ ۶/۴	۰/۷۵	۰/۹۴	۰/۹۵
≥ ۳/۵ <۴/۵	۰/۴	۰/۷۹	۱/۰۰	۱/۰۰
	۰/۸	۰/۷۶	۱/۰۰	۱/۰۰
	۱/۲	۰/۷۲	۱/۰۰	۱/۰۰
	۱/۶	۰/۶۹	۰/۹۳	۱/۰۰
	۲/۴	۰/۶۹	۰/۹۲	۱/۰۰
	۳/۲	۰/۶۸	۰/۹۱	۱/۰۰
	۴/۸	۰/۶۶	۰/۹۱	۰/۹۶
	≥ ۶/۴	۰/۶۵	۰/۹۰	۰/۹۶
≥ ۴/۵ <۵/۵	۰/۴	۰/۶۵	۱/۰۰	۱/۰۰
	۰/۸	۰/۷۵	۰/۹۳	۱/۰۰
	۱/۲	۰/۶۵	۰/۸۹	۱/۰۰
	۱/۶	۰/۶۰	۰/۸۹	۱/۰۰
	۲/۴	۰/۵۹	۰/۸۶	۰/۹۹
	۳/۲	۰/۵۷	۰/۸۶	۰/۹۸
	۴/۸	۰/۵۶	۰/۸۵	۰/۹۷
	≥ ۶/۴	۰/۵۶	۰/۸۴	۰/۹۳
≥ ۵/۵ <۶/۵	۰/۴	۰/۵۵	۰/۸۲	
	۰/۸	۰/۶۳	۰/۹۱	۱/۰۰
	۱/۲	۰/۵۷	۰/۸۵	۰/۹۹
	۱/۶	۰/۵۲	۰/۸۳	۰/۹۷
	۲/۴	۰/۵۱	۰/۷۹	۰/۹۷
	۳/۲	۰/۴۹	۰/۷۸	۰/۹۵
	۴/۸	۰/۴۸	۰/۷۸	۰/۹۴
	≥ ۶/۴	۰/۴۶	۰/۷۶	۰/۹۳
≥ ۶/۵	۰/۴	۰/۴۵	۰/۷۶	۰/۹۳
	۰/۸	۰/۵۹	۰/۸۶	۰/۹۸
	۱/۲	۰/۴۸	۰/۷۶	۰/۹۴
	۱/۶	۰/۴۴	۰/۷۴	۰/۹۱
	۲/۴	۰/۴۱	۰/۷۰	۰/۹۱
	۳/۲	۰/۴۰	۰/۶۷	۰/۹۱
	۴/۸	۰/۳۹	۰/۶۷	۰/۸۹
	≥ ۶/۴	۰/۳۹	۰/۶۶	۰/۸۸
		۰/۳۸	۰/۶۶	۰/۸۷

جدول ۷-۴۱- ضریب تعدیل شیب در تعیین درصد تأخیر در سربالایی (f_G)

شیب (درصد)	طول شیب (کیلومتر)	ضریب تعدیل شیب		
		دامنه شدت جریان در جهت اصلی تحلیل (وسیله نقلیه سبک در ساعت)		
		۰-۳۰۰	>۳۰۰-۶۰۰	>۶۰۰
≥۳/۰<۳/۵	۰/۴	۱/۰۰	۰/۹۲	۰/۹۲
	۰/۸	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۹۳
	۱/۲	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۹۳
	۱/۶	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۹۳
	۲/۴	۱/۰۰	۰/۹۴	۰/۹۴
	۳/۲	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹۵
	۴/۸	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۶
	≥۶/۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۷
≥۳/۵<۴/۵	۰/۴	۱/۰۰	۰/۹۴	۰/۹۲
	۰/۸	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۶
	۱/۲	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۶
	۱/۶	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۷
	۲/۴	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۷
	۳/۲	۱/۰۰	۰/۹۸	۰/۹۸
	۴/۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	≥۶/۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
≥۴/۵<۵/۵	۰/۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۷
	۰/۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۱/۲	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۱/۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۲/۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۳/۲	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۴/۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	≥۶/۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
≥۵/۵<۶/۵	۰/۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۰/۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۱/۲	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۱/۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۲/۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۳/۲	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۴/۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	≥۶/۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
≥۶/۵	۰/۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۰/۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۱/۲	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۱/۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۲/۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۳/۲	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	۴/۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
	≥۶/۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

جدول ۷-۴۲- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون در تعیین سرعت متوسط سفر در سربالایی

شیب (درصد)	طول شیب (کیلومتر)	E_T معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون		
		دامنه شدت جریان در جهت اصلی تحلیل (وسیله نقلیه سبک در ساعت)		
		۰-۳۰۰	>۳۰۰-۶۰۰	>۶۰۰
≥۳/۰<۳/۵	۰/۴	۲/۵	۱/۹	۱/۵
	۰/۸	۳/۵	۲/۸	۲/۳
	۱/۲	۴/۵	۳/۹	۲/۹
	۱/۶	۵/۱	۴/۶	۳/۵
	۲/۴	۶/۱	۵/۵	۴/۱
	۳/۲	۷/۱	۵/۹	۴/۷
	۴/۸	۸/۲	۶/۷	۵/۳
	≥۶/۴	۹/۱	۷/۵	۵/۷
≥۳/۵<۴/۵	۰/۴	۳/۶	۲/۴	۱/۹
	۰/۸	۵/۴	۴/۶	۳/۴
	۱/۲	۶/۴	۶/۶	۴/۶
	۱/۶	۷/۷	۶/۹	۵/۹
	۲/۴	۹/۴	۸/۳	۷/۱
	۳/۲	۱۰/۲	۹/۶	۸/۱
	۴/۸	۱۱/۳	۱۱/۰	۸/۹
	≥۶/۴	۱۲/۳	۱۱/۹	۹/۷
≥۴/۵<۵/۵	۰/۴	۴/۲	۳/۷	۲/۶
	۰/۸	۶/۰	۶/۰	۵/۱
	۱/۲	۷/۵	۷/۵	۷/۵
	۱/۶	۹/۲	۹/۰	۸/۹
	۲/۴	۱۰/۶	۱۰/۵	۱۰/۳
	۳/۲	۱۱/۸	۱۱/۷	۱۱/۳
	۴/۸	۱۳/۷	۱۳/۵	۱۲/۴
	≥۶/۴	۱۵/۳	۱۵/۰	۱۲/۵
≥۵/۵<۶/۵	۰/۴	۴/۷	۴/۱	۳/۵
	۰/۸	۷/۲	۷/۲	۷/۲
	۱/۲	۹/۱	۹/۱	۹/۱
	۱/۶	۱۰/۳	۱۰/۳	۱۰/۲
	۲/۴	۱۱/۹	۱۱/۸	۱۱/۷
	۳/۲	۱۲/۸	۱۲/۷	۱۲/۶
	۴/۸	۱۴/۴	۱۴/۳	۱۴/۲
	≥۶/۴	۱۵/۴	۱۵/۲	۱۵/۰
≥۶/۵	۰/۴	۵/۱	۴/۸	۴/۶
	۰/۸	۷/۸	۷/۸	۷/۸
	۱/۲	۹/۸	۹/۸	۹/۸
	۱/۶	۱۰/۴	۱۰/۴	۱۰/۳
	۲/۴	۱۲/۰	۱۱/۹	۱۱/۸
	۳/۲	۱۲/۹	۱۲/۸	۱۲/۷
	۴/۸	۱۴/۵	۱۴/۴	۱۴/۳
	≥۶/۴	۱۵/۴	۱۵/۳	۱۵/۲

جدول ۷-۴۳- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه تفریحی در تعیین سرعت متوسط سفر در سربالایی

شیب (درصد)	طول شیب (کیلومتر)	ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه تفریحی E_R - دامنه شدت جریان در جهت اصلی تحلیل (وسیله نقلیه سبک در ساعت)		
		۰-۳۰۰	>۳۰۰-۶۰۰	>۶۰۰
≥ ۳/۰<۳/۵	۰/۴	۱/۱	۱/۰	۱/۰
	۰/۸	۱/۲	۱/۰	۱/۰
	۱/۲	۱/۲	۱/۰	۱/۰
	۱/۶	۱/۳	۱/۰	۱/۰
	۲/۴	۱/۴	۱/۰	۱/۰
	۳/۲	۱/۴	۱/۰	۱/۰
	۴/۸	۱/۵	۱/۰	۱/۰
	≥۶/۴	۱/۵	۱/۰	۱/۰
≥ ۳/۵<۴/۵	۰/۴	۱/۳	۱/۰	۱/۰
	۰/۸	۱/۳	۱/۰	۱/۰
	۱/۲	۱/۳	۱/۰	۱/۰
	۱/۶	۱/۴	۱/۰	۱/۰
	۲/۴	۱/۴	۱/۰	۱/۰
	۳/۲	۱/۴	۱/۰	۱/۰
	۴/۸	۱/۴	۱/۱	۱/۰
	≥۶/۴	۱/ ۵	۱/۵	۱/۰
≥ ۴/۵< ۵/۵	۰/۴	۱/۵	۱/۰	۱/۰
	۰/۸	۱/۵	۱/۰	۱/۰
	۱/۲	۱/۵	۱/۰	۱/۰
	۱/۶	۱/۵	۱/۰	۱/۰
	۲/۴	۱/۵	۱/۰	۱/۰
	۳/۲	۱/۵	۱/۰	۱/۰
	۴/۸	۱/۶	۱/۰	۱/۰
	≥۶/۴	۱/۶	۱/۰	۱/۰
≥ ۵/۵< ۶/۵	۰/۴	۱/۵	۱/۰	۱/۰
	۰/۸	۱/۵	۱/۰	۱/۰
	۱/۲	۱/۵	۱/۰	۱/۰
	۱/۶	۱/۶	۱/۰	۱/۰
	۲/۴	۱/۶	۱/۰	۱/۰
	۳/۲	۱/۶	۱/۰	۱/۰
	۴/۸	۱/۶	۱/۲	۱/۰
	≥۶/۴	۱/۶	۱/۵	۱/۲
≥ ۶/۵	۰/۴	۱/۶	۱/۰	۱/۰
	۰/۸	۱/۶	۱/۰	۱/۰
	۱/۲	۱/۶	۱/۰	۱/۰
	۱/۶	۱/۶	۱/۰	۱/۰
	۲/۴	۱/۶	۱/۰	۱/۰
	۳/۲	۱/۶	۱/۰	۱/۰
	۴/۸	۱/۶	۱/۳	۱/۳
	≥۶/۴	۱/۶	۱/۵	۱/۴

جدول ۷-۴۴- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون و وسیله نقلیه تفریحی در تعیین درصد تأخیر در سربالایی

شیب (درصد)	طول شیب (کیلومتر)	ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون (E_T)			ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای وسایل نقلیه تفریحی (E_R)
		دامنه شدت جریان در جهت اصلی تحلیل (وسیله نقلیه سبک در ساعت)			
		۰-۳۰۰	>۳۰۰-۶۰۰	>۶۰۰	
≥ ۳/۰< ۳/۵	۰/۴	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۰/۸	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۱/۲	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۱/۶	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۲/۴	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۳/۲	۱/۰	۱/۰	۱/۰.	۱/۰.
	۴/۸	۱/۴	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	≥۶/۴	۱/۵	۱/۰	۱/۰	۱/۰
≥ ۳/۵< ۴/۵	۰/۴	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۰/۸	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۱/۲	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۱/۶	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۲/۴	۱/۱	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۳/۲	۱/۴	۱/۰	۱/۰	۱/۰.
	۴/۸	۱/۷	۱/۱	۱/۲	۱/۰
	≥۶/۴	۲/۰	۱/۵	۱/۴	۱/۰
≥ ۴/۵ < ۵/۵	۰/۴	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۰/۸	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۱/۲	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۱/۶	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۲/۴	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۱/۰
	۳/۲	۱/۶	۱/۳	۱/۵	۱/۰.
	۴/۸	۲/۳	۱/۹	۱/۷	۱/۰
	≥۶/۴	۳/۳	۲/۱	۱/۸	۱/۰
≥ ۵/۵ <۶/۵	۰/۴	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۰/۸	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۱/۲	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۱/۶	۱/۰	۱/۲	۱/۲	۱/۰
	۲/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۶	۱/۰
	۳/۲	۱/۹	۱/۹	۱/۸	۱/۰.
	۴/۸	۳/۳	۲/۵	۲/۰	۱/۰
	≥۶/۴	۴/۳	۳/۱	۲/۰	۱/۰
≥ ۶/۵	۰/۴	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۰/۸	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	۱/۲	۱/۰	۱/۰	۱/۳	۱/۰
	۱/۶	۱/۳	۱/۴	۱/۶	۱/۰
	۲/۴	۲/۱	۲/۰	۲/۰	۱/۰
	۳/۲	۲/۸	۲/۵	۲/۱	۱/۰.
	۴/۸	۴/۰	۳/۱	۲/۲	۱/۰
	≥۶/۴	۴/۸	۳/۵	۲/۳	۱/۰

جدول ۷-۴۵- ضریب معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون‌ها در سرعت خزش برای تعیین متوسط سرعت حرکت در سرپایینی

اختلاف بین سرعت جریان آزاد با سرعت خزش کامیون‌ها (کیلومتر در ساعت)	معادل وسیله نقلیه سبک برای کامیون‌ها در سرعت خزش، E_{TC}		
	دامنه شدت جریان در جهت اصلی تحلیل (وسیله نقلیه سبک در ساعت)		
	۰-۳۰۰	> ۳۰۰-۶۰۰	> ۶۰۰
≤ ۲۰	۴/۴	۲/۸	۱/۴
۴۰	۱۴/۳	۹/۶	۵/۷
≥ ۶۰	۳۴/۱	۲۳/۱	۱۳

۷-۵-۳-۵- سطح کیفیت ترافیک برای قطعات دارای خط سبقت

در این روش، تعیین سطح کیفیت ترافیک در راه دو خطه با یک خط سبقت و با استفاده از حجم ترافیک ساعت طرح آن جهت مدنظر می‌باشد. مراحل این روش به شرح زیر است:

الف- مطابق با روش تحلیل جهتی راه‌های دو خطه و بدون در نظر گرفتن خط اضافی سبقت، متوسط سرعت سفر و درصد تأخیر محاسبه می‌شود.

ب- سرعت متوسط سفر برای کل قطعه شامل خط سبقت (ATS_{pl}) از رابطه (۷-۳۷) بدست می‌آید.

$$ATS_{pl}=\frac{ATS_d \times L_t}{L_u+L_d+\frac{L_{pl}}{f_{pl}}+\frac{2L_{de}}{1+f_{pl}}} \qquad (۳۷-۷)$$

ATS_d = سرعت متوسط سفر برای کل قطعه بدون در نظر گرفتن خط اضافی سبقت

f_{pl} = ضریب اثر خط سبقت که با توجه به جدول (۷-۴۶) تعیین می‌شود.

L_t = طول کل قطعه مورد تحلیل

L_u = طولی از قطعه مورد تحلیل که در بالادست خط سبقت قرار دارد.

L_{pl} = طول خط سبقت و لچکی آن

L_{de} = طول پایین‌دست تحت تأثیر خط سبقت که با توجه به جدول (۷-۴۷) تعیین می‌شود.

L_d = طولی از قطعه مورد تحلیل در پایین‌دست خط سبقت که تحت تأثیر آن قرار ندارد.

پ- درصد تأخیر برای کل قطعه شامل خط سبقت ($PTSF_{pl}$) که از رابطه (۷-۳۸) بدست می‌آید.

$$PTSF_{pl}=\frac{PTSF_d\left[L_u+L_d+f_{pl}L_{pl}+\left(\frac{1+f_{pl}}{2}\right)L_{de}\right]}{L_t} \qquad (۳۸-۷)$$

$PTSF_d$ درصد تأخیر برای کل قطعه در حالت بدون خط عبور و f_{pl} ضریب اثر خط عبور است که با توجه به جدول (۷-۴۶) تعیین می‌شود.

ت- کیفیت سطح ترافیک مشابه با روش تحلیل جهتی با استفاده از ATS_{pl} و $PTSF_{pl}$ تعیین می‌شود.

جدول ۷-۴۶- ضریب اثر خط سبقت (f_{pl}) برای محاسبه سرعت متوسط سفر و درصد تأخیر

دامنه شدت جریان در جهت اصلی تحلیل (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	متوسط سرعت سفر	درصد تأخیر
۰-۳۰۰	۱/۰۸	۰/۵۸
>۳۰۰ -۶۰۰	۱/۱۰	۰/۶۱
>۶۰۰	۱/۱۱	۰/۶۲

جدول ۷-۴۷- طول پایین‌دست تحت تأثیر خط سبقت (L_{de}) برای مناطق دشت و تپه‌ماهور

دامنه شدت جریان در جهت اصلی تحلیل (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	طول پایین‌دست تحت تأثیر خط سبقت (L_{de}) (کیلومتر)	
	درصد تأخیر	متوسط سرعت سفر (کیلومتر در ساعت)
≤۲۰۰	۲۰/۹	۲/۸
۴۰۰	۱۳	۲/۸
۷۰۰	۹/۱	۲/۸
≥۱۰۰۰	۵/۸	۲/۸

۷-۵-۳-۶- سطح کیفیت ترافیک برای قطعات دارای خط کمکی در سربالایی (خط سربالایی)

روش تحلیل جهتی قطعه دارای خط کمکی سربالایی مشابه تحلیل جهتی قطعه دارای خط سبقت با لحاظ دو تفاوت عمده است. اولاً مقادیر f_G و f_{HV} باید بر اساس روش قطعه خاص برای سربالایی‌ها (ردیف ۷-۵-۳-۴) محاسبه شوند. چنانچه قطعه مذکور، شرایط تحلیل قطعه خاص را نداشته باشد (از لحاظ طول و شیب)، تحلیل جهتی با خط سبقت، جایگزین تحلیل جهتی با خط سربالایی می‌شود. ثانیاً ضریب اثر خط عبور (f_{pl}) برای سرعت متوسط سفر و درصد زمان تأخیر، بر اساس جدول (۷-۴۸) تعیین می‌شود.

جدول ۷-۴۸- ضریب اثر خط برای قطعات دارای خط سربالایی جهت محاسبه سرعت متوسط سفر و درصد تأخیر (f_{pl})

دامنه شدت جریان در جهت اصلی تحلیل (وسیله نقلیه سبک در ساعت)	متوسط سرعت سفر	درصد تأخیر
۰-۳۰۰	۱/۰۲	۰/۲
>۳۰۰-۶۰۰	۱/۰۷	۰/۲۱
>۶۰۰	۱/۱۴	۰/۲۳

به دلیل آنکه در بیشتر مواقع، خط کمکی سربالایی تمام طول شیب بحرانی و یا به عبارت دیگر طول بررسی را شامل می‌شود ($L_t=L_{pl}$)، لذا L_u و L_d برابر صفر خواهند شد. البته در بیشتر موارد L_{de} نیز برابر صفر است مگر اینکه خط کمکی سربالایی، قبل از رسیدن به انتهای سربالایی، پایان پذیرد. در این شرایط L_{de} از محل پایان خط سربالایی تا انتهای سربالایی می‌باشد. در هر صورت مقادیر L_{de} نباید از مقادیر جدول (۷-۴۷) کمتر باشد.

فصل هشتم

تقاطع‌ها

۸-۱- کلیات

۸-۱-۱- تعریف

تقاطع، محل تلاقی هم‌سطح دو یا چند راه است. هر کدام از راه‌های منتهی به تقاطع، یک شاخه تقاطع نامیده می‌شود. تقاطع‌ها بخش مهمی از راه‌ها را تشکیل می‌دهد. کارآیی، ایمنی، سرعت، هزینه بهره‌برداری و ظرفیت راه، تا حد زیادی به نحوه طراحی آن بستگی دارد.

معمولی‌ترین نوع تقاطع، حالتی است که دو راه یکدیگر را قطع کند و از هم بگذرد، چنین تقاطعی چهارراه نام دارد. بهتر است تقاطع، بیش از چهار شاخه نداشته باشد.

۸-۱-۲- موقعیت تقاطع

برای یک تقاطع می‌توان دو فضا را تعریف کرد:

- فضای فیزیکی
- فضای عملکردی

فضای فیزیکی و فضای عملکردی یک تقاطع در شکل (۸-۱) نشان داده شده است. فضای عملکردی، شامل سه قسمت ذیل می‌باشد:

الف- مسافت طی شده در مدت درک و عکس العمل

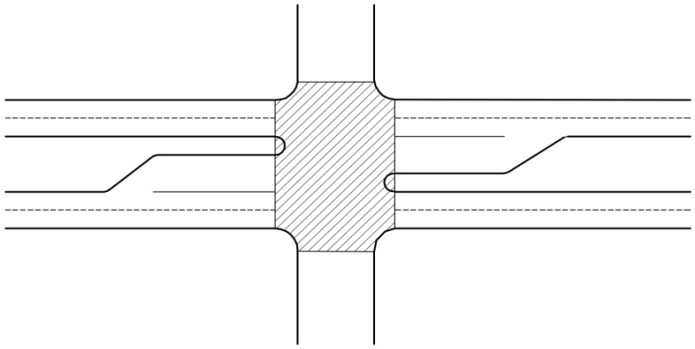
ب- فاصله حرکت (مانور)

ج- طول صف یا انباشت

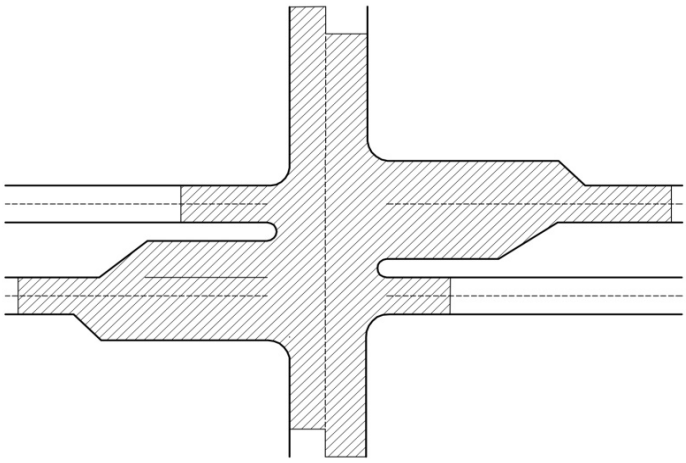
در شکل (۸-۲)، این اجزاء نشان داده شده است. مسافت طی شده در مدت درک و عکس العمل بستگی به سرعت وسیله نقلیه، هوشیاری و آشنایی راننده با محل تقاطع دارد. در تقاطع‌های دارای مسیر گردش به راست یا چپ، فاصله حرکت شامل طول مورد نیاز برای ترمزگیری و تغییر خط (خط تغییر سرعت) است. در تقاطع‌های فاقد مسیرهای گردشی، فاصله حرکت شامل طول مورد نیاز برای ترمزگیری است. **باید فاصله تقاطع‌ها از یکدیگر به اندازه‌ای باشد که فضای عملکردی تقاطع‌های مجاور هم-پوشانی نداشته باشند.** در صورت هم‌پوشانی اجباری تقاطع‌ها (بدلیل عدم امکان تغییر مکان تقاطع‌ها) بهتر است خط‌های تغییر سرعت آنها به‌هم متصل یا خط تغییر سرعت مشترک (در صورت عدم وجود خط تغییر سرعت) برای دو تقاطع مجاور طرح شود. حداقل فاصله تقاطع‌ها در بزرگراه‌ها، ۲ کیلومتر، راه‌های اصلی جداشده، ۱/۶ کیلومتر، در راه‌های اصلی درجه یک، یک کیلومتر، در راه‌های اصلی درجه ۲، ۸۰۰ متر و راه‌های فرعی درجه یک و دو ۶۰۰ متر و راه فرعی درجه ۳، ۴۰۰ متر توصیه می‌شود.[۱] حداقل فاصله تقاطع سه‌راهی با دوربرگردان در بزرگراه‌ها و راه‌های جداشده، یک کیلومتر توصیه می‌شود.[۲] در راه‌های میان‌گذر در صورت نزدیک بودن تقاطع‌ها، بهتر است از راه‌های جانبی (یک طرفه یا دو طرفه) استفاده شود.

۱- در تقاطع‌های فاقد ترافیک گردش به چپ یا در تقاطع راه‌های جداشده فاقد بازشدگی میانه، فاصله تقاطع‌های مجاور در یک سمت کنترل شود.

۲- فاصله بین دوربرگردان‌ها مانند فاصله بین تقاطع‌ها است.

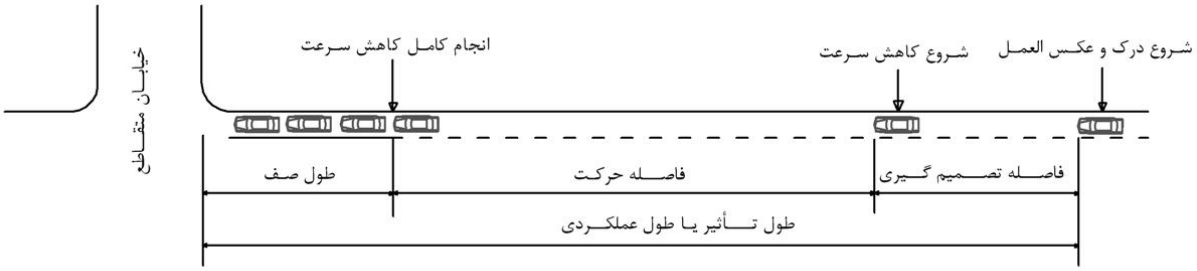


الف – فضای فیزیکی



ب – فضای عملکردی

شکل ۸-۱- فضاهای فیزیکی و عملکردی یک تقاطع



شکل ۸-۲- اجزای فضای عملکردی یک تقاطع

۸-۱-۳- اهداف طراحی تقاطع‌ها

هدف اصلی از طرح تقاطع، کاهش احتمال برخورد وسایل نقلیه با یکدیگر و با سایر استفاده‌کنندگان از جمله عابران پیاده و همچنین تأمین آسایش، راحتی و سهولت عبور آنها است.

شکل هندسی تقاطع باید متناسب با جریان ترافیک و رفتار مورد انتظار رانندگان، طراحی شود. برای تحقق این امر که موجب افزایش ایمنی تقاطع نیز می‌شود، توجه به نکات زیر ضرورت دارد.

- سادگی طرح تقاطع
- پیش‌بینی فاصله‌های دید در طرح
- راحتی جریان ترافیک در کلیه جهت‌ها
- مشخص بودن جهت‌ها و موقعیت جریان‌های مختلف
- مجزا بودن مسیرها و کاهش سطوح برخورد با جریان‌بندی صحیح ترافیک
- تسهیل حرکت‌های گردشی
- استفاده از خط‌های عبور کمکی تغییر سرعت
- نصب سیستم کنترل ترافیک در صورت نیاز
- تأمین روشنایی در صورت امکان
- اطمینان به تخلیه آب‌های سطحی

۸-۱-۴- انواع تقاطع

بر اساس تعداد راه‌های منتهی به تقاطع می‌توان آن را به چهار دسته کلی تقسیم کرد:

- سه‌راه
- چهارراه
- چندراه
- میدان

هر یک از این تقاطع‌ها بسته به نحوه جریان‌بندی ترافیک در آنها به انواع گوناگون تقسیم می‌شود. در ساده‌ترین حالت، تمام سطح تقاطع روسازی می‌شود و از علامت‌ها یا جداگرهای فیزیکی (مانند جدول‌ها و جزیره‌های ترافیکی) برای تفکیک جریان‌های مختلف موجود در تقاطع استفاده نمی‌شود. بدیهی است با تعبیه خط‌های عبور کمکی و تعریض مسیرها در محل تقاطع، جریان‌بندی ترافیک و استفاده از وسایل کنترل ترافیک، بر ظرفیت تقاطع افزوده می‌شود.

۸-۱-۴-۱- انواع طرح‌های سه‌راهی

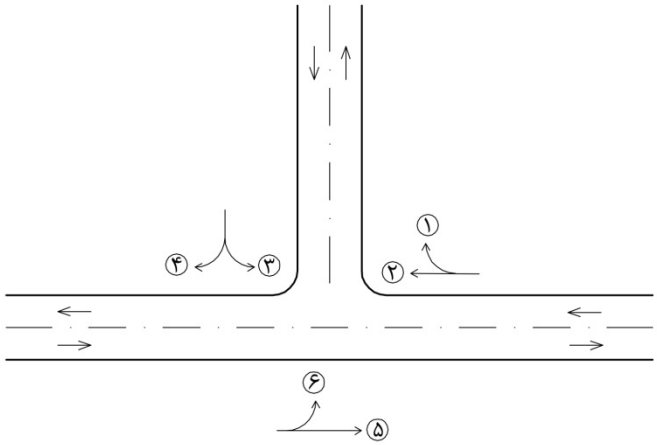
طرح‌های مختلف تقاطع‌های سه‌راهی و موردهای استفاده از هر یک عبارت است از:

الف- سه‌راهی ساده بدون خط عبور کمکی (شکل ۸-۳)

این تقاطع با اتصال دو راهی که ترافیک کمی در آنها جریان دارد، ایجاد می‌شود.

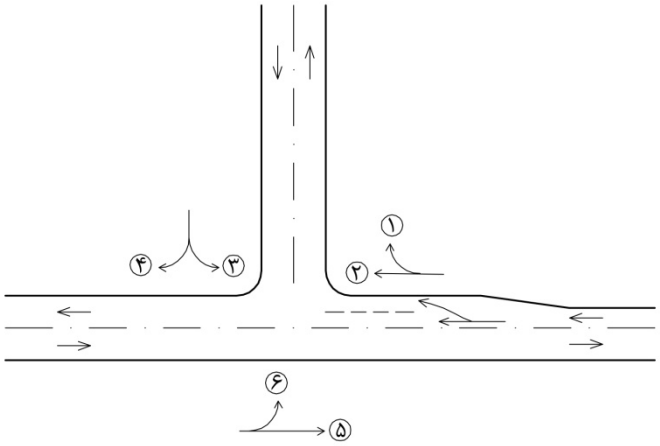
ب- سه‌راهی ساده با خط‌های عبور کمکی

با افزایش سرعت و حجم یک یا چند حرکت ترافیکی در تقاطع لازم است برای آنها خط‌های عبور کمکی (مخصوص) تعبیه شود. خط‌های عبور کمکی در صورتی که درست طراحی شود، تداخل حرکت‌ها در محل تقاطع و تعداد و شدت تصادف‌ها را کاهش می‌دهد. نمونه این گونه طرح‌های سه‌راهی و مورد استفاده از هر یک در شکل‌های (۸- ۴)، (۸- ۵) و (۸-۶) آمده است.



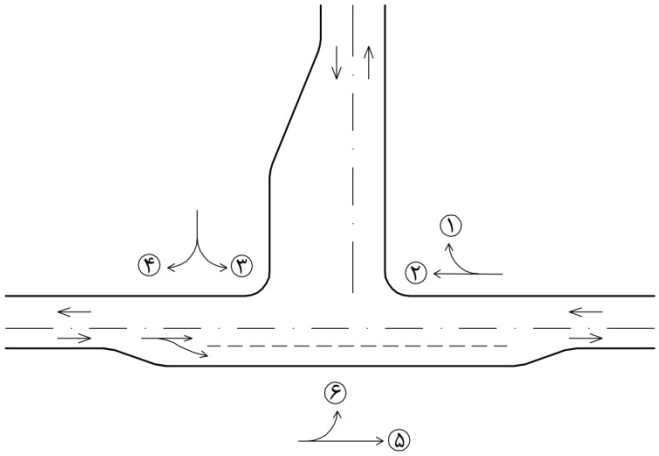
مورداستفاده: اتصال دو راه دو خطه که ترافیک کمی در آنها جریان دارد.

شکل ۸-۳- سه‌راهی ساده بدون خط عبور کمکی



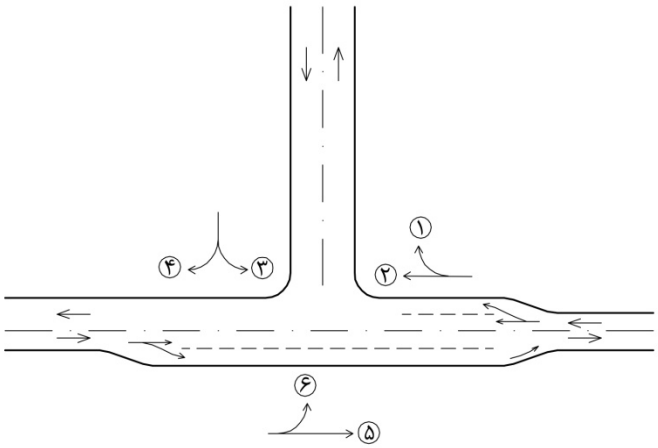
مورداستفاده: جریان ترافیک (۱) قابل توجه ولی جریان ترافیک (۲) کم است.

شکل ۸-۴- سه‌راهی با خط عبور کمکی گردش به راست



مورداستفاده: جریان‌های ترافیک (۲) و (۵) قابل‌توجه اما حجم ترافیک (۱) کم است.

شکل ۸- ۵- سه‌راهی با خط عبور کمکی سمت راست



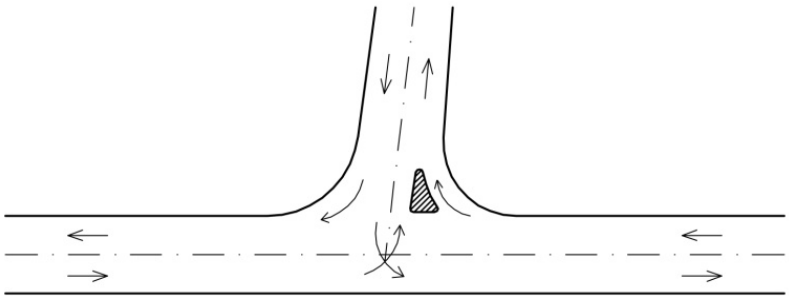
مورداستفاده: حجم ترافیک (۱) و (۵) و (۶) قابل توجه است.

شکل ۸-۶- سه‌راهی با خط‌های عبور کمکی سمت راست و خط گردش به راست

پ- سه‌راهی با جزیره‌های ترافیکی

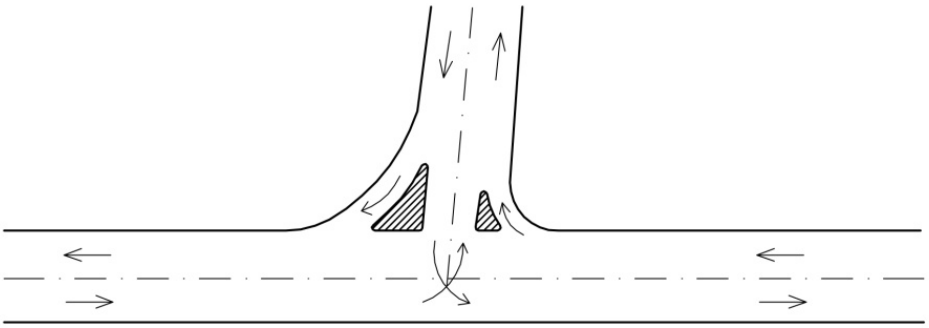
با ایجاد جزیره‌های ترافیکی در محل تقاطع و جداکردن جریان‌های مختلف ترافیک موجود در آن، می‌توان بر ظرفیت تقاطع افزود. این سه‌راهی نیز مانند سه‌راهی‌های ساده ممکن است با خط‌های عبور کمکی یا بدون آن طراحی شود. بدیهی است تأمین توأم خط‌های عبور کمکی و جزیره‌های ترافیکی می‌تواند نقش بسیار مؤثری در بهبود عملکرد تقاطع داشته باشد. نمونه طرح‌ها و موردهای استفاده از هر یک در شکل‌های (۸-۷) تا (۸-۱۱) آمده است.

باتوجه به آنکه معمولاً در سه‌راهی‌های برون‌شهری محدودیت فضا وجود ندارد، لذا طرح‌های مشتمل بر خط‌های عبور کمکی و جزیره‌های ترافیکی، نسبت به سایر طرح‌ها برتری دارد.



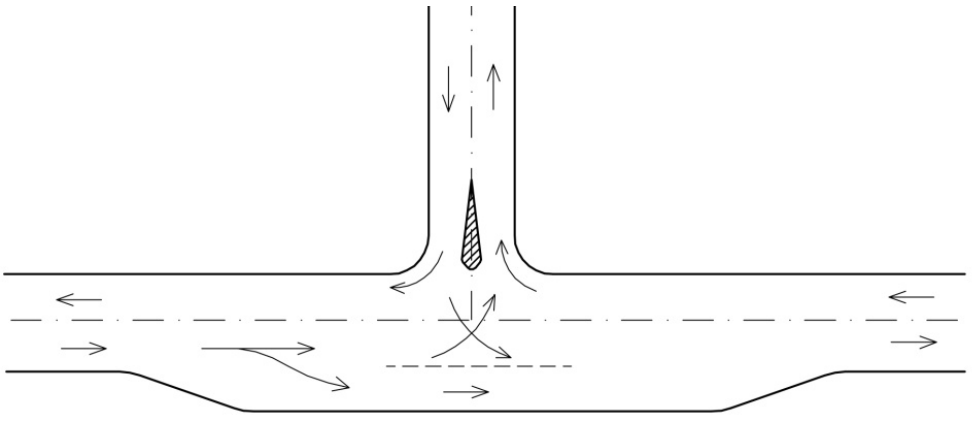
مورد استفاده: فضای کافی برای تأمین خط‌های عبور کمکی وجود ندارد و حجم ترافیک گردش به راست، از اصلی به فرعی قابل توجه است.

شکل ۸-۷- سه‌راهی با یک مسیر گردش به راست با جدول



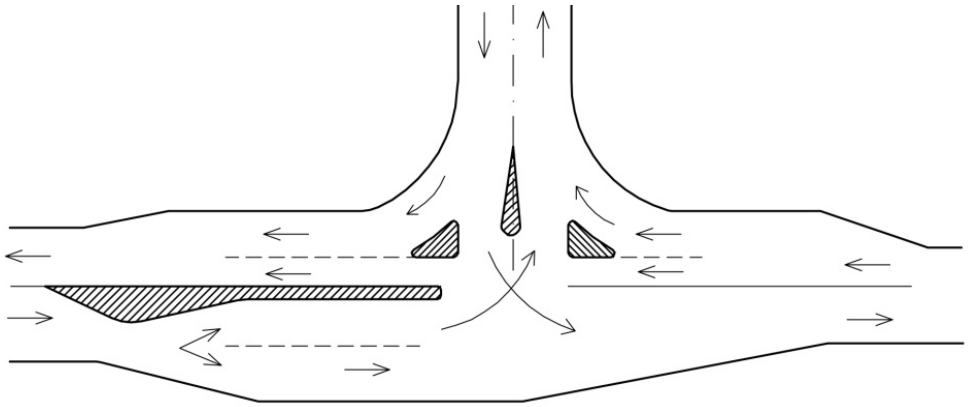
مورد استفاده: کلیه گردش به راست‌ها سرعت قابل توجه دارند و فضای کافی برای ایجاد خط گردش به راست وجود ندارد.

شکل ۸-۸- سه‌راهی با دو مسیر گردش به راست با جدول



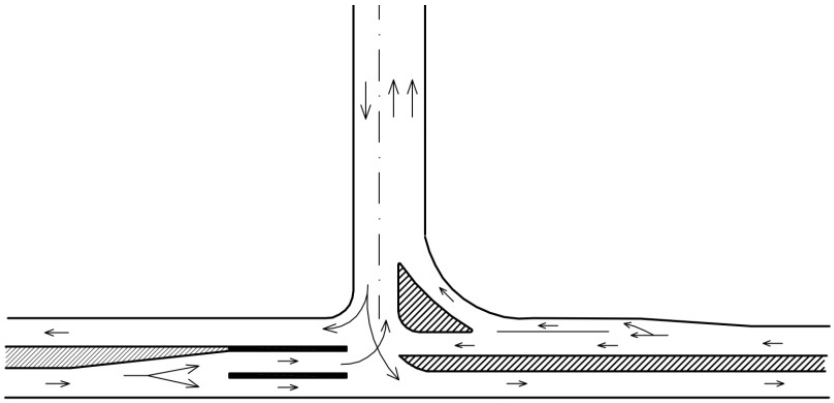
مورد استفاده: در شرایطی که فضای کافی برای گردش به راست وجود ندارد و سهولت اجرا مورد نظر است و حجم ترافیک راه اصلی، نسبتاً زیاد است.

شکل ۸-۹- سه‌راهی با جزیره وسط و خط عبور سمت راست



مورد استفاده: حجم ترافیک وسایل نقلیه در ساعت اوج در مسیر مستقیم حداقل برابر ۵۰۰ وسیله نقلیه در ساعت و ترافیک گردشی نیز نسبتاً قابل توجه است.

شکل ۸-۱۰- سه‌راهی با جزیره‌های گردش به راست و چپ

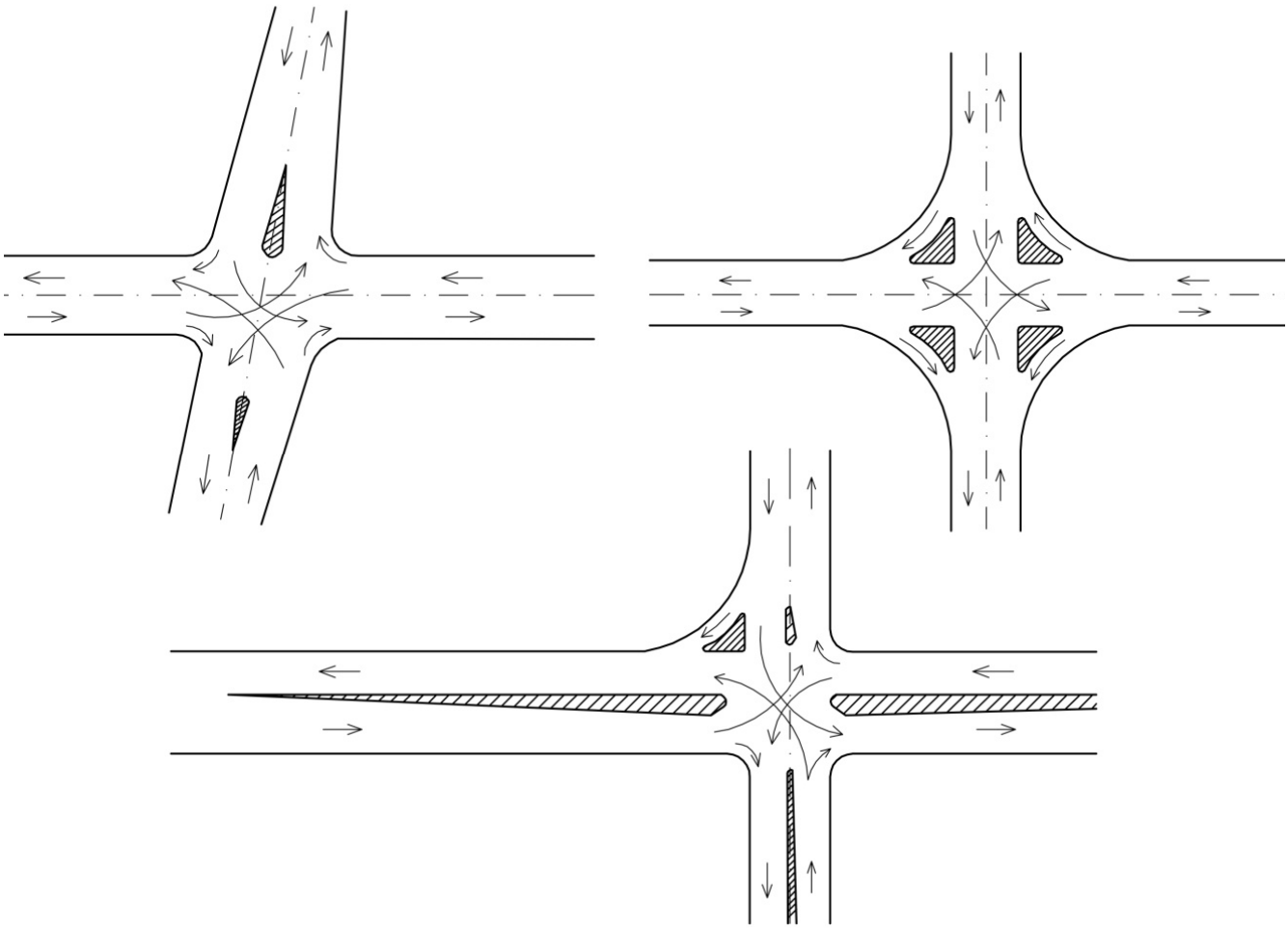


مورد استفاده: مناسب برای سه‌راهی‌های برون شهری که فضای کافی برای تعریض و جدول‌بندی مسیر وجود دارد.

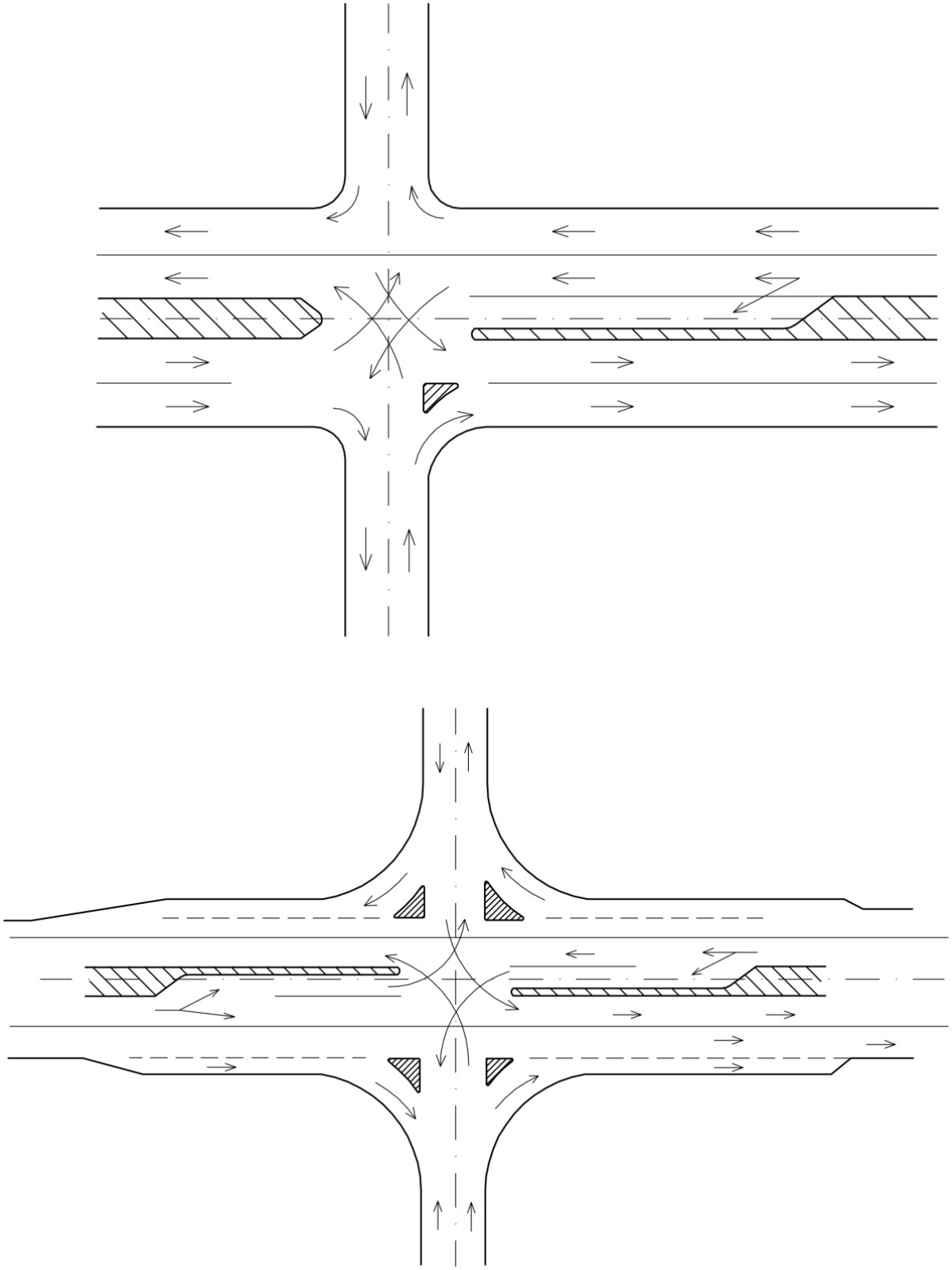
شکل ۸-۱۱- سه‌راهی با مسیرهای گردش به راست و چپ با جدول

۸-۱-۴-۲- انواع طرح‌های چهارراه

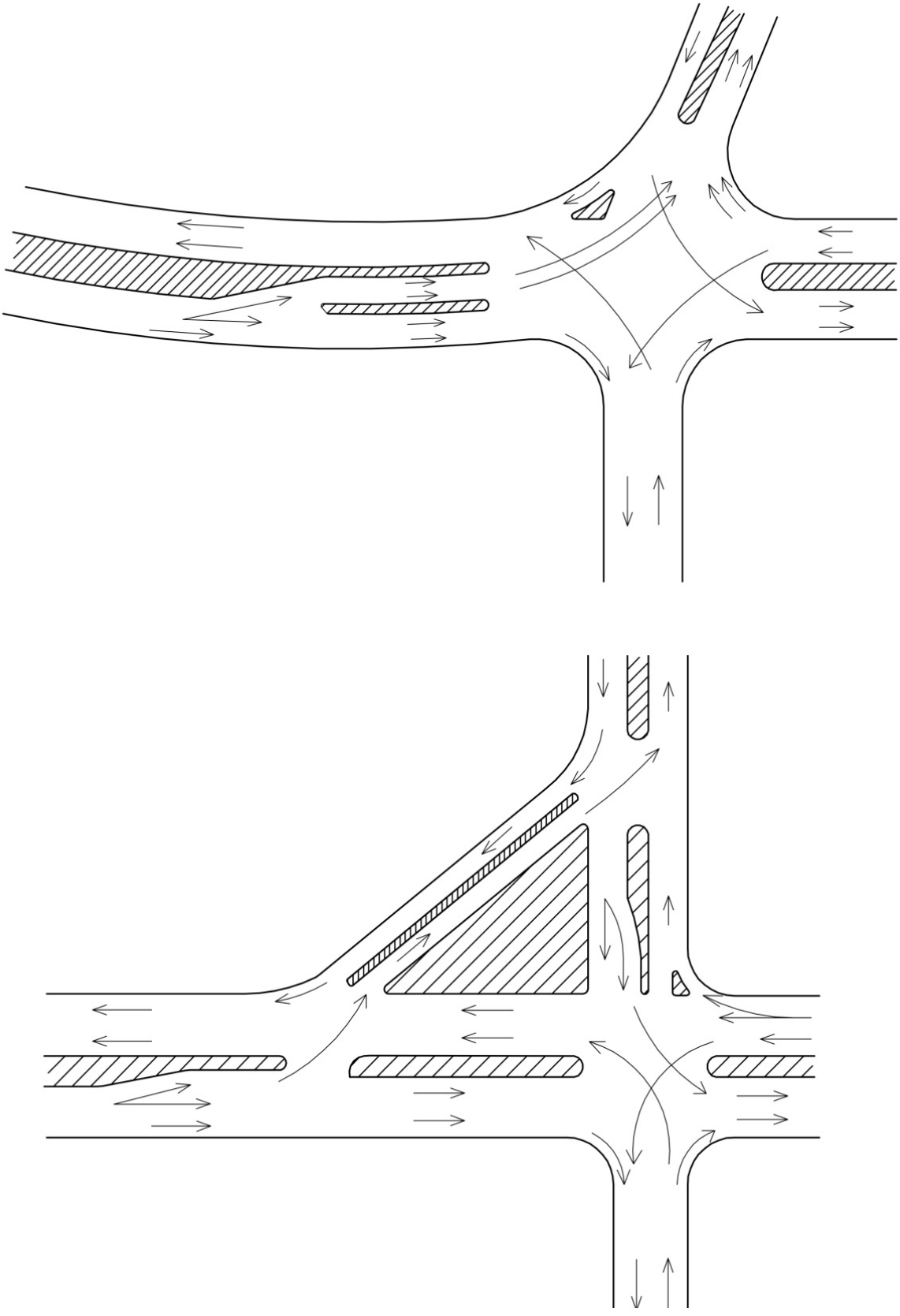
اصول طراحی چهارراه، دقیقاً مشابه با سه‌راه است. به این دلیل تنها به ارائه طرح‌های مختلف چهارراه اکتفا می‌شود. استفاده از خط‌های عبور کمکی تغییر سرعت و جداکردن جریان‌های مختلف ترافیک در چهارراه (توسط جزیره‌های ترافیکی یا خط کشی سطح راه) ترجیح داده می‌شود. نمونه طرح‌های تقاطع‌های چهارراهی جریان‌بندی شده در شکل‌های (۸-۱۲) تا (۸-۱۴) آمده است.



شکل ۸-۱۲- انواع طرح‌های معمول برای تقاطع‌های چهارراه



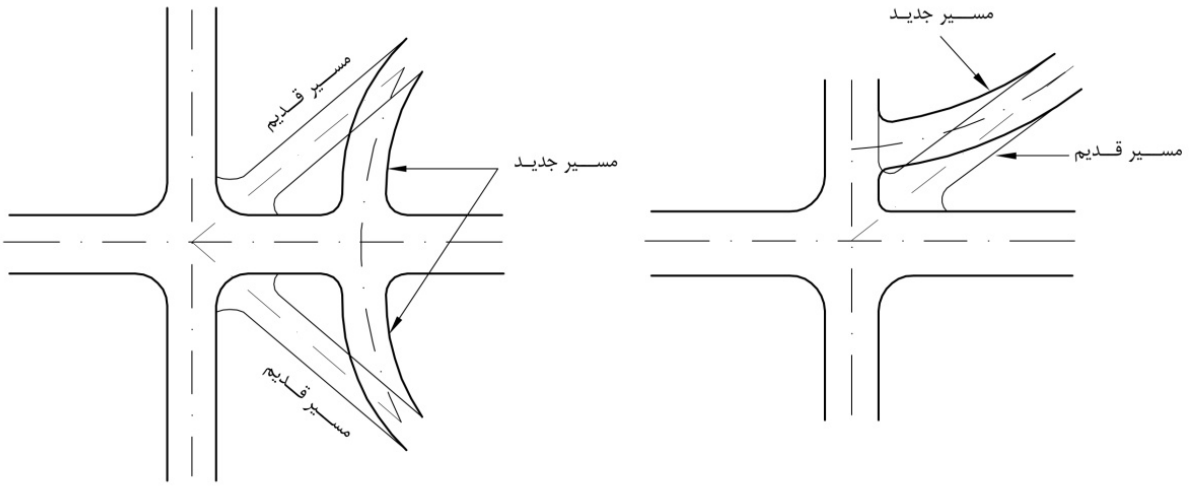
شکل ۸-۱۳- نمونه‌هایی از چهارراه جریان‌بندی شده



شکل ۸-۱۴- نمونه‌های دیگری از چهارراه جریان‌بندی شده

۸-۱-۴-۳- انواع طرح‌های چندراهی

چندراهی‌ها، تقاطع‌هایی با حداقل ۵ شاخه است. از آنجا که ترجیح داده می‌شود، چندراهی‌ها کمتر استفاده شود، لذا دو حالت تبدیل یک چندراهی به دو چهارراه یا یک سه‌راهی و یک چهارراه در شکل (۸-۱۵) نشان داده شده است. اصول طراحی چندراهی‌ها نیز مشابه با سه‌راهی‌ها و چهارراهی‌ها است.



شکل ۸-۱۵- نحوه تبدیل تقاطع‌های چندراهی به تعدادی تقاطع چهار (یا سه) راهی

۸-۱-۴-۴- میدان

میدان یکی دیگر از انواع تقاطع‌ها است که می‌تواند به جای چندراهی و نیز چهارراه استفاده شود. میدان بر اساس معیارهای ظرفیت و ایمنی طراحی می‌شود. از میدان معمولاً در راه‌های شریانی و اصلی استفاده نمی‌شود. میدان بیشتر در راه‌های فرعی در محدوده ورودی شهرها برای آرام سازی ترافیک طرح می‌شود که در این حالت نیز در انتخاب محل و مدیریت حریم باید بسیار دقت شده و مجوز لازم از کارفرما اخذ شود. برای طراحی میدان به نشریه ۱۴۵- تقاطع‌های هم‌سطح شهری یا سایر روش‌های معتبر مراجعه شود.

۸-۲- عوامل مؤثر برای طراحی

عامل‌های اصلی مؤثر در طرح تقاطع‌های هم‌سطح عبارت است از:

- عامل‌های انسانی
- عامل‌های ترافیکی
- عامل‌های فیزیکی
- عامل‌های اقتصادی

بنابراین به منظور انجام طرح هندسی مناسب تقاطع، باید آمار و اطلاعات لازم و کافی در خصوص هر یک از عامل‌های فوق‌الذکر بدست آید. میزان و نحوه جمع آوری اطلاعات تابعی از اهمیت تقاطع و دقت مورد نیاز است و می‌تواند

متناسب با آن، با استفاده از مدرک‌ها و اطلاعات موجود و برآورد کلی پارامترها، تا نقشه‌برداری زمینی و مشاهده دقیق رفتارهای انسانی و الگوهای ترافیکی، متغیر باشد.

رئوس آمار و اطلاعات لازم، برای هریک از چهار عامل مورد توجه در طرح هندسی تقاطع‌ها، به تفکیک عبارتند از:

۸-۲-۱- اطلاعات مربوط به عامل‌های انسانی

شامل جمع‌آوری آمار و اطلاعات در مورد:

- گروه‌بندی استفاده‌کنندگان و مشخصات آنها
- شناسایی استفاده‌کنندگان آسیب پذیر مانند موتورسواران، دانش آموزان یا افراد سالمند
- طرز رفتار رانندگان و انتظارهای آنها
- معیارهای تعیین زمان تصمیم‌گیری و عکس‌العمل رانندگان
- عادت‌ها و رفتار عابران پیاده استفاده‌کننده از تقاطع
- عادت‌ها و رفتار سایر استفاده‌کنندگان از تقاطع

اطلاعات مذکور می‌تواند تفاوت‌های نسبتاً قابل توجهی در طرح هندسی ایجاد کند تا طرح حاصل، با شرایط محل تقاطع، هماهنگی بیشتری داشته باشد.

۸-۲-۲- اطلاعات مربوط به عامل‌های ترافیکی

شامل آمار و اطلاعات در مورد:

- شناسایی انواع حرکت‌ها و گردش‌ها در تقاطع
- شمارش یا پیش‌بینی حجم ترافیک درهمه جهت‌ها و گردش‌ها برای تقاطع‌های موجود یا در حال مطالعه
- شمارش یا پیش‌بینی تعداد عابر پیاده گذرنده و سایر کاربران تأثیرگذار بر عملکرد تقاطع
- ترکیب وسایل نقلیه
- سرعت وسایل نقلیه
- پیش‌بینی ضریب رشد ترافیک بر اساس اطلاعات مربوط به کاربری زمین، مالکیت اتومبیل، درآمد ملی و طرح‌های توسعه و آمایش.
- حجم حرکت‌های گردشی در ساعت طرح
- وضعیت تقاطع‌های مجاور و هماهنگی با آنها.
- بُعدها و مشخصات خودرو طرح
- تصادف‌ها
- موقعیت و وضعیت علایم و سیستم‌های کنترل ترافیک تقاطع
- زمان‌بندی مرحله‌های چراغ راهنما (در صورت تجهیز تقاطع به چراغ راهنمایی)
- موقعیت ایستگاه وسیله‌های حمل و نقل همگانی نسبت به تقاطع

- تحلیل ظرفیت‌ها

آمار و اطلاعات ذکر شده، مهمترین داده‌های تعیین‌کننده طرح هندسی تقاطع است و جمع‌آوری آنها به منظور انجام طرح هندسی تقاطع، ضروری است. تعیین دوره زمانی آمارگیری، منوط به شناخت طراح از وضعیت و حجم انواع حرکت‌های ترافیکی موجود یا پیش بینی شده در تقاطع است و تنها به منظور تعیین «ساعت طرح» انجام می‌شود. در هر صورت، بهتر است اطلاعات مربوط به حجم ترافیک، به تفکیک برای دوره‌های زمانی ۱۵ دقیقه‌ای در دسترس طراح باشد. برای اطلاعات بیشتر به فصل هفتم- ترافیک مراجعه شود.

۸-۲-۳- اطلاعات مربوط به عامل‌های فیزیکی

شامل آمار و اطلاعات در مورد:

- طبقه‌بندی عملکردی راه‌های متقاطع
- موقعیت پستی و بلندی محل تقاطع
- کاربری زمین‌های نزدیک محل تقاطع در وضعیت موجود و آتی
- عامل‌های محدودکننده دید
- عامل‌های محدودکننده گردش‌ها
- زاویه تقاطع و مشخصات هندسی شاخه‌های تقاطع (حداقل تا فاصله یکصد متری تقاطع)
- حریم شاخه‌های تقاطع
- چگونگی تخلیه آب‌های سطحی
- ارتفاع نقاط مختلف راه و شانه آن در محدوده تقاطع
- کیفیت روسازی موجود
- علائم کنترل ترافیک و تجهیزات روشنایی تقاطع

۸-۲-۴- اطلاعات مربوط به عامل‌های اقتصادی

شامل جمع‌آوری آمار و اطلاعات زیر:

- هزینه و زمان اجرای طرح
- ارزش زمین و امکان تملک حریم‌های مورد نیاز
- هزینه‌های جنبی و آثار اقتصادی مانند مصرف سوخت، استهلاک ناشی از دسترسی‌های جدید یا کنترل دسترسی‌ها در محل تقاطع
- هزینه‌های تهیه و نصب تجهیزات کنترل ترافیک (درصورت لزوم)
- هزینه‌های انجام اصلاحات در روسازی تقاطع، خط کشی و نصب علامت‌های ترافیکی لازم
- اطلاعات و روش‌های تحلیل اقتصادی برای انتخاب طرح بهینه

۸-۲-۵- منابع گردآوری آمار و اطلاعات

عمده منابع موجود برای تهیه آمار و اطلاعات طرح هندسی تقاطع‌ها، عبارت است از:

- نقشه راه‌های موجود
- نقشه‌برداری جدید
- گزارش‌های تردد شماری موجود
- شمارش ترافیک (با دستگاه ترافیک شمار یا به روش دستی)
- بررسی‌های محلی
- مرور طرح‌های جامع و تفصیلی (درصورت وجود)
- فرم‌های گزارش تصادف‌ها در معاونت راهنمایی و رانندگی و امور حمل و نقل نیروهای انتظامی
- گفتگو با متولیان و ساکنان اطراف تقاطع

۸-۳- مسیر افقی و قائم در تقاطع‌ها

امتداد و شیب ورودی‌های تقاطع باید این امکان را به راننده بدهد که به راحتی و با دید کامل، حرکت‌های لازم را برای عبور از تقاطع با ایمنی کافی و حداقل تلاقی با سایر وسایل نقلیه انجام دهد. به همین سبب امتداد راه‌ها در محل تقاطع باید حتی المقدور مستقیم و کم شیب باشد. تنظیم شیب سطح سواره‌رو 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.

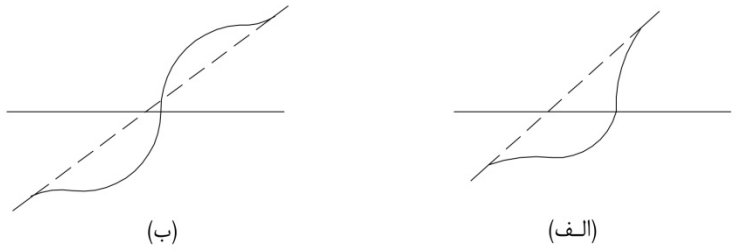
۸-۳-۱- مسیر افقی

اصولاً مناسب‌ترین محل برای تقاطع‌ها در راه‌ها، قسمت‌های مستقیم با شیب یکنواخت است. چنانچه امکان تقاطع در قسمت-های مستقیم راه وجود نداشته باشد، تقاطع باید به گونه‌ای واقع شود که وسایل نقلیه پیش از رسیدن به تقاطع وارد قوس شده باشند. به هر حال **در تقاطع‌ها باید از ایجاد قوس های تند یا تغییرات شدید در پلان اجتناب شود.** حتی الامکان جهت قوس هر محور باید به نحوی باشد که بربلندی (دور) قوس با شیب طولی محور متقاطع با آن هم جهت باشد.

با توجه به مسائل ایمنی و اقتصادی تقاطع‌ها، مناسب‌ترین زاویه تقاطع ۹۰ درجه و یا نزدیک به آن است. تقاطع‌های با زاویه مایل مستلزم سطح تلاقی بزرگتری بوده و میدان دید را به ویژه برای رانندگان کامیون کاهش می‌دهند. همچنین وسایل نقلیه طویل برای گردش به راست یا چپ نیاز به فضای بیشتری دارد و در صورت عدم وجود چنین فضایی، خطهای دیگر را اشغال می‌کند. به این ترتیب در جریان ترافیک تقاطع آشفتگی پدید آمده و از ایمنی آن کاسته خواهد شد. **حداکثر دامنه مطلوب زاویه تقاطع بین ۷۵ درجه تا ۱۲۰ درجه است.**

در بهسازی شبکه های موجود باید سعی شود، تقاطع‌های با زاویه کوچکتر از ۶۰ درجه اصلاح شوند. معمولاً چنین اصلاحاتی در صورتی عملی است که در اطراف تقاطع، حریم کافی وجود داشته باشد.

روش‌های مختلفی برای اصلاح تقاطع‌های دارای زاویه حاده وجود دارد. در شکل (۸-۱۶) دو روش اصلاح مسیر در تقاطع مایل نشان داده شده است.

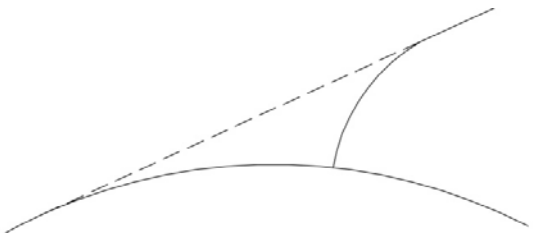


شکل ۸-۱۶- دو روش اصلاح در تقاطع‌های اریب

چنانچه زاویه برخورد راه‌های منتهی به تقاطع کوچک‌تر باشد، در آن صورت روش‌های دیگری برای اصلاح این‌گونه مسیرها وجود دارد که در شکل (۸-۱۷) دو نمونه آن ارائه شده است. در این‌گونه موارد راه فرعی منتهی به تقاطع با یک قوس ساده به راه اصلی متصل می‌شود. البته حالت ب بدلیل اینکه حرکت قطع کننده مسیر اصلی، ابتدا با گردش به راست وارد شده و سپس با طی مسیر اصلی و با دید و فرصت کافی با گردش به چپ از مسیر اصلی خارج می‌شود، نسبت به حالت الف برتری دارد.

چنانچه راه اصلی در قوس واقع بوده و ورودی فرعی مماس بر آن باشد، اصلاح راه فرعی مطابق شکل (۸-۱۸) مفید خواهد بود. این طرح نیز ممکن است، معایبی از قبیل وجود بربلندی معکوس در تقاطع را به همراه داشته باشد.

شکل ۸-۱۷- نحوه اصلاح مسیر در تقاطع‌های با زاویه تند



شکل ۸-۱۸- نمونه روش اصلاح مسیر در تقاطع‌های واقع در قوس افقی

۸-۳-۲- مسیر قائم

در تقاطع‌ها باید حتی المقدور از تغییر شیب‌ها و ترکیب شیب‌هایی که کنترل وسیله نقلیه را مشکل می‌سازد، اجتناب شود. وجود فاصله دید کافی در هر یک از دو راه اصلی و فرعی تقاطع، یکی از موارد ضروری طراحی تقاطع است.

قابلیت تشخیص و شرایط دید تقاطع، هنگامی در بهترین وضعیت است که راه‌های منتهی به تقاطع در گودی واقع شوند. از این دیدگاه تقاطع‌های مقعر (گود) بهترین نوع تقاطع‌ها هستند. بر عکس، تقاطع‌ها نباید چنان طراحی شوند که در محدوده تقاطع یک

برآمدگی تشکیل شود. اگر یکی از دو راه 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 (برای مثال با ایجاد درخت یا بنا) بهبود بخشید. در طرح تقاطع‌ها باید توجه داشت که ایجاد یک قوس افقی در ادامه یک قوس قائم محدب شرایط نامطلوبی را بوجود می‌آورد، لذا از ایجاد آن باید احتراز کرد.

شیب طولی مسیرهای منتهی به تقاطع باید حتی الامکان ملایم باشد و برای این منظور بهتر است شیب طولی راه‌ها در محل تقاطع به یک درصد محدود شود. با این وجود، این شیب را می‌توان تا ۳ درصد افزایش داد. در شرایط خاص که محدود کردن شیب تقاطع به ۳ درصد مستلزم مخارج سنگینی باشد، با رعایت مسائل ایمنی، این شیب را می‌توان تا ۶ درصد افزایش داد. به هر حال در ورودی‌های تقاطع باید خط‌های شیب طولی تا فاصله مناسبی از تقاطع امتداد پیدا کند تا زهکشی تقاطع به نحو مناسبی انجام شود. معمولاً خط شیب مسیر اصلی در محل تقاطع ثابت نگه داشته شده و شیب عرضی مسیر فرعی، متناسب با آن اصلاح می‌شود. چنین حالتی مستلزم تغییر حالت کف مسیر فرعی به یک مقطع عرضی با شیب یک طرفه در محل تقاطع با مسیر اصلی است.

شیب طولی ورودی‌های فرعی تقاطع باید به خاطر قابلیت تشخیص تقاطع و مسائل حرکتی وسایل نقلیه در فاصله تقریباً ۲۵ متری لبه مسیر اصلی، حداکثر ۲/۵ درصد باشد.

۸-۴- مسیرهای گردشی

در تقاطع‌ها، ابتدای مسیر گردش در امتداد مسیر ورود به تقاطع و انتهای آن در امتداد مسیر خروج از تقاطع است. اغلب مسیرهای گردشی، برای گردش به راست مورد استفاده قرار می‌گیرند. سه نوع روش طرح مسیر گردشی برای گردش به راست وجود دارد:

- طرح حداقل مسیرهای گردشی (گرد کردن لبه سواره‌رو)؛
- طرح مسیرهای گردش با جزایر گوشه (مثلثی شکل)؛
- طرح مسیر گردشی برای جریان آزاد با استفاده از قوس دایره‌ای ساده یا مرکب.

انتخاب نوع طرح، بستگی به نوع راه‌های متقاطع، سرعت طرح آنها، خودروی طرح، توپوگرافی، کاربری حاشیه، ایمنی و هزینه دارد. به طور کلی توصیه می‌شود در طرح مسیر گردشی به ویژه در راه‌های اصلی برای تأمین ایمنی بهتر وسایل نقلیه عبوری و گردش‌کننده، از طرح‌های بزرگتر از طرح حداقل (در صورت نیاز با خط‌های تغییر سرعت) استفاده شود.

تبصره: برای گردش به راست و گردش به چپ، مسیر چرخ‌های داخلی با هم کمی متفاوت است ولی این تفاوت ناچیز بوده و در طرح هندسی تأثیر ندارد، بنابراین ابعاد مسیرهای گردش به راست برای گردش به چپ نیز صادق است.

۸-۴-۱- طرح حداقل مسیرهای گردشی

در مواردی که هدف، تأمین گردش خودرو در کمترین فضای ممکن باشد، مانند تقاطع‌های بدون خط گردش مجزا، حداقل مسیر گردش خودروی طرح، مبنای طرح قرار خواهد گرفت.

در جدول (۸-۱)، معیارهای طرح حداقل مسیر گردشی با زوایای مختلف گردش آورده شده است. سرعت طرح حداقل مسیر گردشی ۱۵ کیلومتر در ساعت فرض می‌شود.

جدول ۸-۱- معیارهای طرح حداقل مسیر گردشی

ردیف	زاویه گردش	خودروی طرح	قوس ساده (شعاع)	قوس ساده با لچکی			قوس سه مرکزی متقارن		قوس سه مرکزی نامتقارن	
				شعاع	عقب-نشینی	لچکی (عرض به طول)	شعاع	عقب-نشینی	شعاع	عقب-نشینی
۱	۳۰	خودروی سبک	۱۸							
		اتوبوس نوع یک	۳۰							
		اتوبوس نوع دو	۴۵							
		کامیون نوع ۱	۶۰							
		کامیون نوع ۲	۱۱۰	۶۷	۱	۱:۱۵				
۲	۴۵	خودروی سبک	۱۵							
		اتوبوس نوع یک	۲۳							
		اتوبوس نوع دو	۳۶							
		کامیون نوع ۱	۵۳	۳۶	۰/۶	۱:۱۵	۶۰-۳۰-۶۰	۱		
		کامیون نوع ۲	۷۰	۴۳	۱/۲	۱:۱۵	۱۴۰-۷۲-۱۴۰	۰/۶	۳۶-۴۳-۱۵۰	۱-۲/۶
۳	۶۰	خودروی سبک	۱۲							
		اتوبوس نوع یک	۱۸							
		اتوبوس نوع دو	۲۸							
		کامیون نوع ۱	۴۵	۲۹	۱	۱:۱۵	۶۰-۲۳-۶۰	۱/۷	۶۰-۲۳-۸۴	۰/۶-۲
		کامیون نوع ۲	۵۰	۴۳	۱/۲	۱:۱۵	۱۲۰-۳۰-۱۲۰	۴/۵	۳۴-۳۰-۶۷	۳-۳/۷
۴	۷۵	خودروی سبک	۱۱	۸	۰/۶	۱:۱۰	۳۰-۸-۳۰	۰/۶		
		اتوبوس نوع یک	۱۷	۱۴	۰/۶	۱:۱۰	۳۶-۱۴-۳۶	۰/۶		
		اتوبوس نوع دو		۱۸	۰/۶	۱:۱۵	۳۶-۱۴-۳۶	۱/۵	۳۶-۱۴-۶۰	۰/۶-۲
		کامیون نوع ۱		۲۰	۱	۱:۱۵	۴۵-۱۵-۴۵	۲	۴۵-۱۵-۶۹	۰/۶-۳
		کامیون نوع ۲		۴۳	۱/۲	۱:۲۰	۱۳۴-۲۳-۱۳۴	۴/۵	۴۳-۳۰-۱۶۵	۱/۵-۳/۶
۵	۹۰	خودروی سبک	۹	۶	۰/۸	۱:۱۰	۳۰-۶-۳۰	۰/۸		
		اتوبوس نوع یک	۱۵	۱۲	۰/۶	۱:۱۰	۳۶-۱۲-۳۶	۰/۶		
		اتوبوس نوع دو		۱۴	۱/۲	۱:۱۰	۳۶-۱۲-۳۶	۱/۵	۳۶-۱۲-۶۰	۰/۶-۲
		کامیون نوع ۱		۱۸	۱/۲	۱:۱۵	۵۵-۱۸-۵۵	۲	۳۶-۱۲-۶۰	۰/۶-۳
		کامیون نوع ۲		۳۶	۱/۳	۱:۳۰	۱۲۰-۲۱-۱۲۰	۳	۴۸-۲۱-۱۱۰	۲-۳

ادامه جدول ۸-۱- معیارهای طرح حداقل مسیر گردشی

ردیف	زاویه گردش	خودروی طرح	قوس ساده (شعاع)	قوس ساده با لچکی			قوس سه مرکزی متقارن		قوس سه مرکزی نامتقارن	
				شعاع	عقب-نشینی	لچکی (عرض به طول)	شعاع	عقب-نشینی	شعاع	عقب-نشینی
۶	۱۰۵	خودروی سبک		۶	۰/۸	۱:۸	۳۰-۶-۳۰	۰/۸		
		اتوبوس نوع یک		۱۱	۱	۱:۱۰	۳۰-۱۱-۳۰	۱		
		اتوبوس نوع دو		۱۲	۱/۲	۱:۱۰	۳۰-۱۱-۳۰	۱/۵	۳۰-۱۷-۶۰	۰/۶-۲/۵
		کامیون نوع ۱		۱۷	۱/۲	۱:۱۵	۵۵-۱۴-۵۵	۲/۵	۴۵-۱۲-۶۴	۰/۶-۳
		کامیون نوع ۲		۳۵	۱	۱:۱۵	۱۶۰-۱۵-۱۶۰	۴/۵	۱۱۰-۲۳-۱۸۰	۱/۲-۳/۲
۷	۱۲۰	خودروی سبک		۶	۰/۶	۱:۸	۳۰-۶-۳۰	۰/۶		
		اتوبوس نوع یک		۹	۱	۱:۱۰	۳۰-۹-۳۰	۱		
		اتوبوس نوع دو		۱۱	۱/۵	۱:۸	۳۶-۹-۳۶	۲	۳۰-۹-۵۵	۰/۶-۲/۷
		کامیون نوع ۱		۱۴	۱/۲	۱:۱۵	۵۵-۱۲-۵۵	۲/۶	۴۵-۱۱-۶۷	۰/۶-۳/۶
		کامیون نوع ۲		۳۰	۱/۵	۱:۱۵	۱۶۰-۲۱-۱۶۰	۳	۲۴-۱۷-۱۶۰	۵/۲-۷/۳
۸	۱۳۵	خودروی سبک		۶	۰/۵	۱:۱۰	۳۰-۶-۳۰	۰/۵		
		اتوبوس نوع یک		۹	۱/۲	۱:۱۰	۳۰-۹-۳۰	۱/۲		
		اتوبوس نوع دو		۹	۲/۵	۱:۱۵	۳۶-۹-۳۶	۲	۳۰-۸-۵۵	۱-۴
		کامیون نوع ۱		۱۲	۲	۱:۱۵	۴۸-۱۱-۴۸	۲/۷	۴۰-۹-۵۶	۱-۴/۳
		کامیون نوع ۲		۲۴	۱/۵	۱:۲۰	۱۸۰-۱۸-۱۸۰	۳/۶	۳۰-۱۸-۱۹۵	۲/۱-۴/۳
۹	۱۵۰	خودروی سبک		۶	۰/۶	۱:۱۰	۲۳-۶-۲۳	۰/۶		
		اتوبوس نوع یک		۹	۱/۲	۱:۸	۳۰-۹-۳۰	۱/۲		
		اتوبوس نوع دو		۹	۲	۱:۸	۳۰-۹-۳۰	۲	۲۸-۸-۴۸	۰/۳-۳/۶
		کامیون نوع ۱		۱۱	۲/۱	۱:۶	۴۸-۱۱-۴۸	۲/۱	۳۶-۹-۵۵	۱-۴/۳
		کامیون نوع ۲		۱۸	۳	۱:۱۰	۱۴۵-۱۷-۱۴۵	۴/۵	۴۳-۱۸-۱۷۰	۲/۴-۳
۱۰	۱۸۰	خودروی سبک		۵	۰/۲	۱:۲۰	۱۵-۵-۱۵	۰/۲		
		اتوبوس نوع یک		۹	۰/۵	۱:۱۰	۳۰-۹-۳۰	۰/۵		
		اتوبوس نوع دو		۶	۳	۱:۵	۳۰-۶-۳۰	۳	۲۶-۶-۴۵	۲-۴
		کامیون نوع ۱		۸	۳	۱:۵	۴۰-۸-۴۰	۳	۳۰-۸-۵۵	۲-۴
		کامیون نوع ۲		۱۷	۳	۱:۱۵	۲۴۵-۱۴-۲۴۵	۶	۳۰-۱۷-۲۷۵	۴/۵-۴/۵

۸-۴-۱-۱- انتخاب طرح حداقل

انتخاب هر یک از طرح‌های یاد شده تابع نوع و ابعاد خودرویی است که می‌خواهد گردش کند. این انتخاب تابع عوامل دیگری مانند نوع و موقعیت تقاطع، حجم ترافیک وسایل نقلیه و عابر پیاده، نسبت درصد خودروهای بزرگ در ترافیک گردشی و بالاخره اثر این خودروها بر سایر جریان ترافیک نیز می‌تواند باشد. طراح باید بداند که کدام طرح را در صورت وجود عابر پیاده یا کدام طرح را برای طرح یک خط گردش (به راست یا به چپ) در حداقل فضای ممکن، انتخاب کند. به عنوان مثال، اگر تقریباً تمام ترافیک گردشی از نوع سبک باشد، طرح تقاطع برای خودروهای بزرگ غیر ضروری و اتلاف سرمایه است. البته در حالتی که انتظار می‌رود کامیون‌های بزرگ به ندرت و به تعداد محدود در تقاطع مذکور گردش کنند، طراح باید امکان گردش را- حتی با منحرف شدن و وارد شدن به خط‌های عبور مجاور- ایجاد کند (البته بدون ایجاد اختلال زیاد در سایر جریان‌ها). بنابراین لازم است طراح، مسیرهای احتمالی و میزان انحراف به خط‌های مجاور را که ممکن است در اثر گردش یک خودرو بزرگتر از خودرو طرح به وجود آید، تجزیه و تحلیل کند.

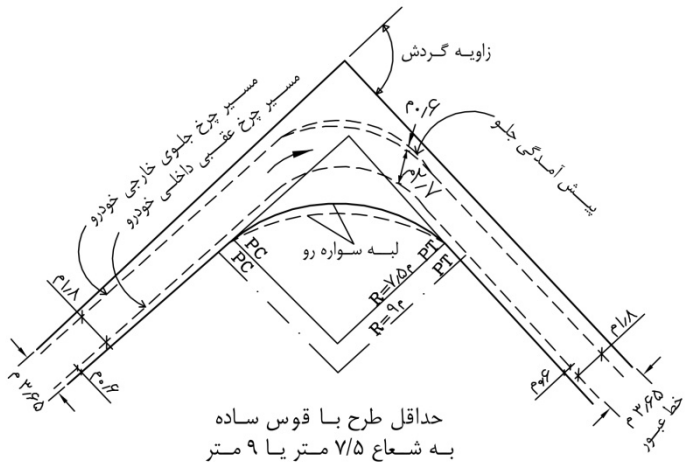
به طور کلی برای طرح مسیرهای گردشی، تمامی طرح‌ها در سه گروه طبقه‌بندی شده است که با انتخاب یکی از این گروه‌ها، می‌توان مسیر گردشی را طرح کرد.

الف- طرح خودروی سبک- معمولاً در محل دسترسی‌ها و تقاطع‌های راه‌های فرعی با ترافیک کم که حداقل تعداد گردش انتظار می‌رود، یا در تقاطع یک راه فرعی با یک راه اصلی در شرایطی که گردش گهگاه اتفاق می‌افتد، به کار می‌رود. البته بهتر است در صورت امکان از این طرح در تقاطع‌های برون‌شهری استفاده نشود.

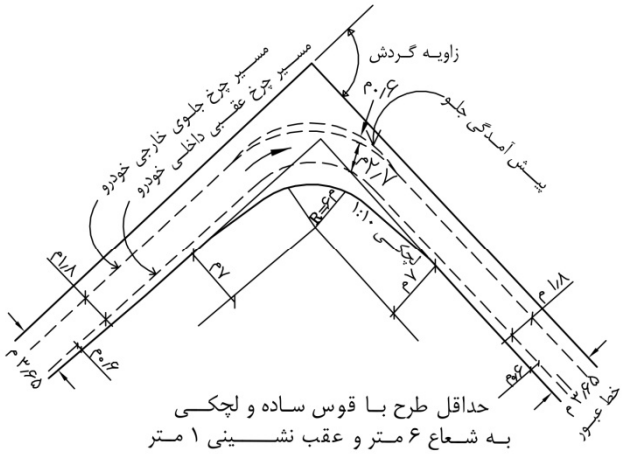
ب- طرح برای اتوبوس- به عنوان طرح حداقل در محل دسترسی‌ها و تقاطع‌های راه‌های فرعی که گردش کامیون به ندرت اتفاق می‌افتد، پیشنهاد می‌شود. در راه‌های اصلی و تقاطع‌های با گردش مهم به ویژه در تقاطع‌های با کامیون‌های گردش-کننده، بهتر است از این طرح استفاده نشود.

پ- طرح برای کامیون‌های نوع ۱ و نوع ۲ – از این طرح‌ها معمولاً در راه‌های اصلی و یا در تقاطع‌های دارای ترافیک کامیون‌های گردش‌کننده استفاده می‌شود. بهتر است در راه‌های جداشده از طرح کامیون‌های نوع ۲ استفاده شود. هنگامی که نسبت درصد خودروهای سبک ترافیک گردشی قابل توجه باشد، بهتر است که طرح‌های با سه قوس مرکب متقارن انتخاب شود. از آنجایی که این طرح‌ها (به ویژه در مواردی که در بیش از یکی از چهار گردش به راست تقاطع همسطح به کار می‌رود) سطح رویه بزرگی را ایجاد می‌کند که ممکن است کنترل ترافیک در آن مشکل باشد، بهتر است از خط گردش مجزا با خط کمکی که در این حالت، شعاع گردش، بزرگتر انتخاب می‌شود یا از طرح مسیر گردشی با جزیره مثلثی استفاده شود. همچنین در راه‌های با سرعت ترافیک زیاد که بدلیل محدودیت حریم فقط از طرح‌های حداقل می‌توان استفاده کرد، باید خط کمکی تغییر سرعت در نظر گرفته شود.

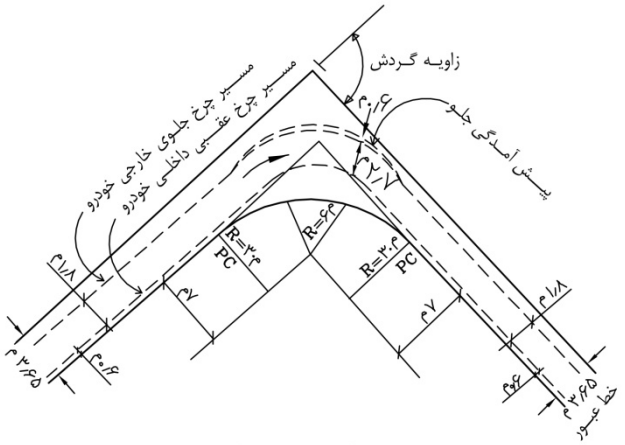
در شکل‌های (۸-۱۹) تا (۸-۲۳)، نمونه‌هایی از طرح‌های حداقل برای گردش خودروهای مختلف طرح، در زاویه ۹۰ درجه داده شده است. طرح‌های ممکن، محدود به طرح‌های یاد شده نیست و می‌توان ترکیب قوس‌های مختلفی را به دست آورد که دارای همان نتایج و عملکرد قابل قبول مشابه طرح‌های بالا باشد.



حداقل طرح با قوس ساده
به شعاع ۷/۵ متر یا ۹ متر

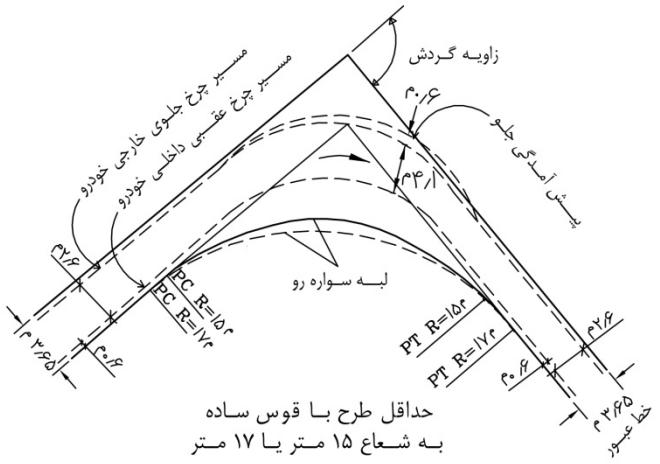


حداقل طرح با قوس ساده و لچکی
به شعاع ۶ متر و عقب نشینی ۱ متر

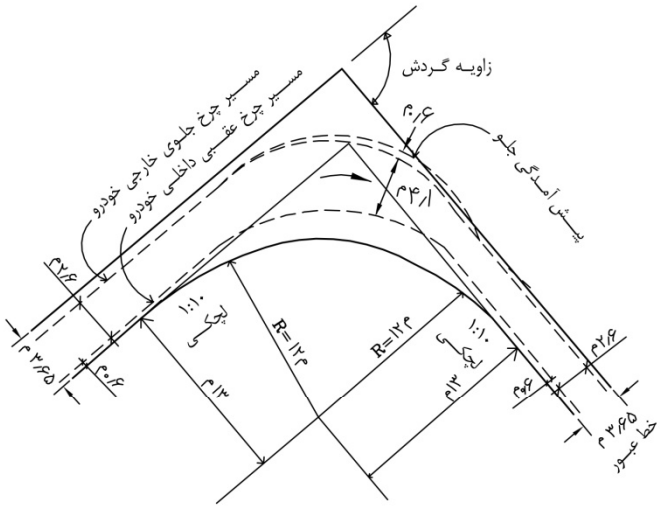


قوس مرکب سه مرکزی
با شعاع ۳۰ متر - ۶ متر - ۳۰ متر و عقب نشینی ۱ متر

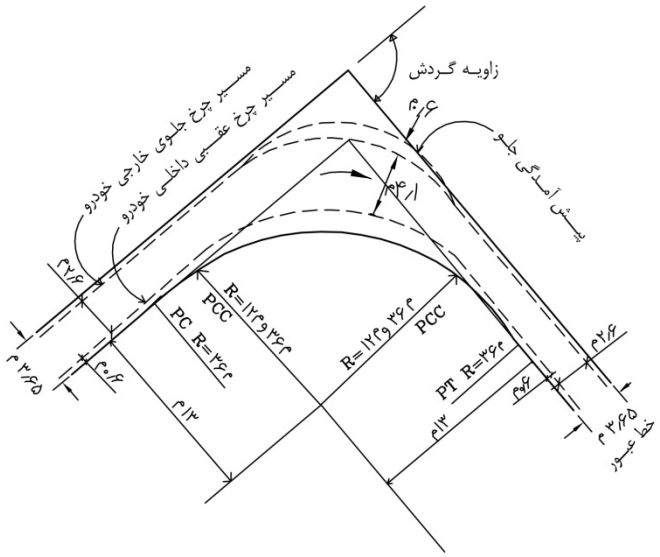
شکل ۸-۱۹- حداقل مسیر گردشی برای خودروی سبک



حداقل طرح با قوس ساده
به شعاع ۱۵ متر یا ۱۷ متر

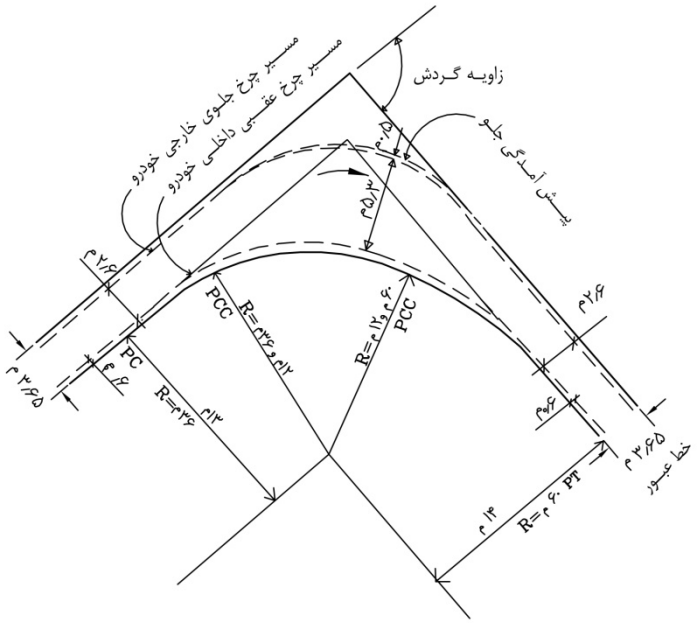


حداقل طرح با قوس ساده و لچکی
به شعاع ۱۲ متر و عقب نشینی ۱ متر

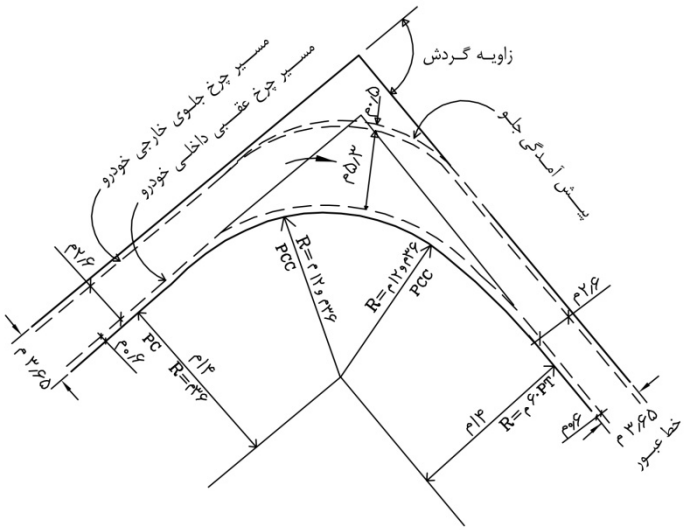


قوس مرکب سه مرکزی
با شعاع‌های ۳۶ متر - ۱۲ متر - ۳۶ متر و عقب نشینی ۱ متر

شکل ۸-۲۰- حداقل مسیر گردشی برای اتوبوس نوع یک

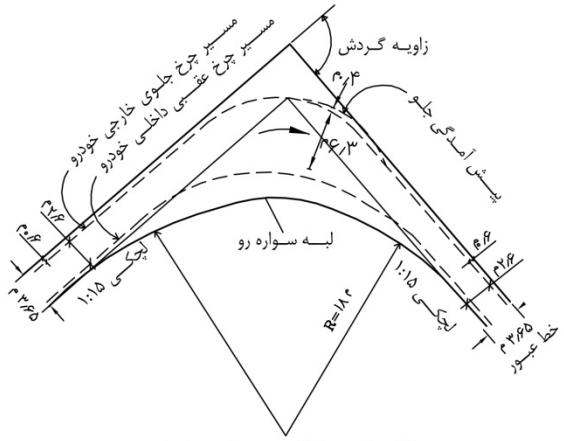


- الف - قوس سه مرکزی
با شعاعهای ۳۶ - ۱۲ - ۶۰ متر با عقب نشینی ۱ و ۲ متر

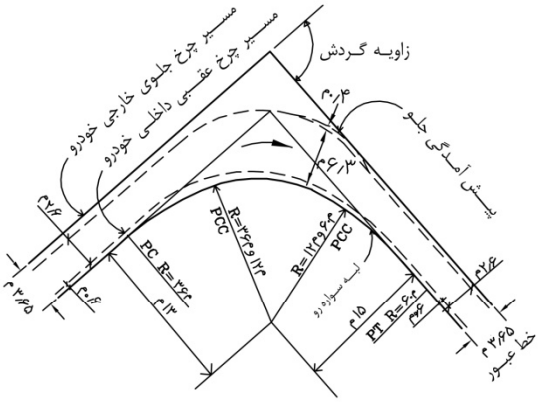


- ب - قوس سه مرکزی
با شعاعهای ۳۶ - ۱۲ - ۳۶ متر با عقب نشینی ۲ متر

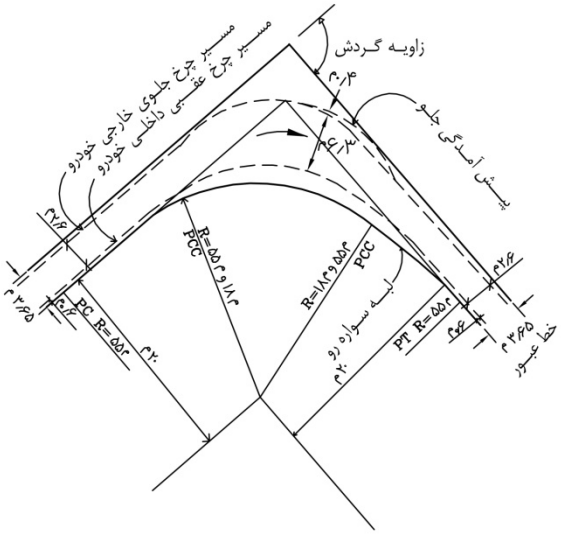
شکل ۸-۲۱- حداقل مسیر گردشی برای اتوبوس نوع دو



حداقل طرح با قوس ساده و لچکی
به شعاع ۱۸ متر با عقب نشینی ۱ متر

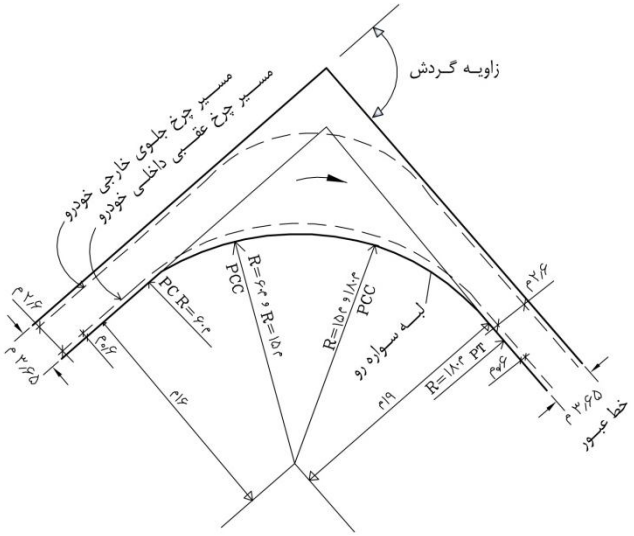


قوس مرکب سه مرکزی
با شعاع‌های ۳۶ متر - ۱۲ متر - ۶۰ متر و عقب نشینی ۱و۳ متر

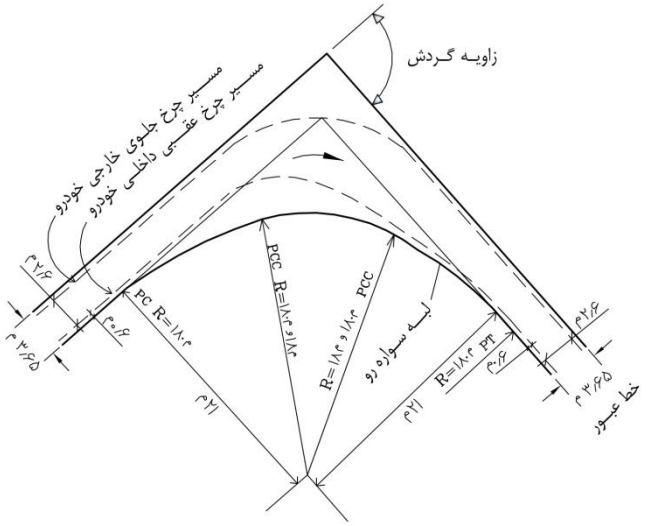


قوس مرکب سه مرکزی
با شعاع‌های ۵۵ متر - ۱۸ متر - ۵۵ متر و عقب نشینی ۲ متر

شکل ۸-۲۲- حداقل مسیر گردشی برای کامیون نوع یک



قوس مرکب سه مرکزی
با شعاعهای ۶۰ - ۱۵ - ۱۸۰ متر و عقب نشینی ۴ متر



قوس مرکب سه مرکزی
با شعاعهای ۱۸۰ - ۱۸ - ۱۸۰ متر و عقب نشینی ۳ متر

شکل ۸-۲۳- حداقل مسیر گردشی برای کامیون نوع دو

برای زاویه گردش کمتر از ۹۰ درجه، شعاع لازم برای انطباق مسیر حداقل خودرو طرح، بزرگتر از شعاع‌های پیشنهادی برای تقاطع‌های قائم می‌باشد. برای زاویه گردش بیشتر از ۹۰ درجه، شعاع‌ها کاهش می‌یابد اما مقدار عقب‌نشینی قوس میانی زیاد می‌شود.

در تقاطع‌های ۹۰ درجه که لبه داخلی سواره‌رو برای خودروی سبک طرح شده است، تمام کامیون‌ها می‌توانند با تجاوز به خط مجاور گردش کنند. واضح است که در تقاطع‌های با زوایای گردش کمتر از ۹۰ درجه که لبه داخلی سواره‌رو آنها برای خودروی سبک طرح شده است، کامیون‌ها می‌توانند با تجاوز کمتری به خط عبوری مجاور (نسبت به زاویه گردش ۹۰ درجه) گردش کنند. برای

زوایای گردش بیشتر از ۹۰ درجه، طرح حداقل خودرو سبک باید طوری تنظیم و اصلاح شود که اطمینان حاصل شود که کامیون‌های گردشی در داخل دو خط عبور باقی خواهند ماند.

طرح تقاطع برای زاویه گردش بیش از ۹۰ درجه ممکن است به طور غیر ضروری موجب ایجاد سطح بزرگ روسازی شود که این قسمتها، غالباً بدون استفاده هستند و سبب سردرگمی رانندگان و بروز خطر برای عابران می‌شوند. این اشکال با به کار بردن سه قوس مرکب غیر متقارن یا یک قوس با شعاع بزرگتر همراه با یک جزیره به مقدار قابل ملاحظه‌ای رفع خواهد شد. در صورت امکان، در تقاطع راه‌های اصلی که زاویه گردش بیش از ۱۲۰ درجه است، خطهای گردش مجزا برای گردش به راست در نظر گرفته شود.

۸-۴-۲- طرح مسیرهای گردشی با جزیره‌های ترافیکی

۸-۴-۲-۱- انواع جزیره‌های ترافیکی

در تقاطع‌های با سطوح تلاقی بزرگ و هم‌چنین تقاطع دو راه با زاویه تنگ، از جزیره‌های ترافیکی استفاده می‌شود.

جزیره تقاطع معمولاً برای یک یا چند منظور زیر به کار می‌رود:

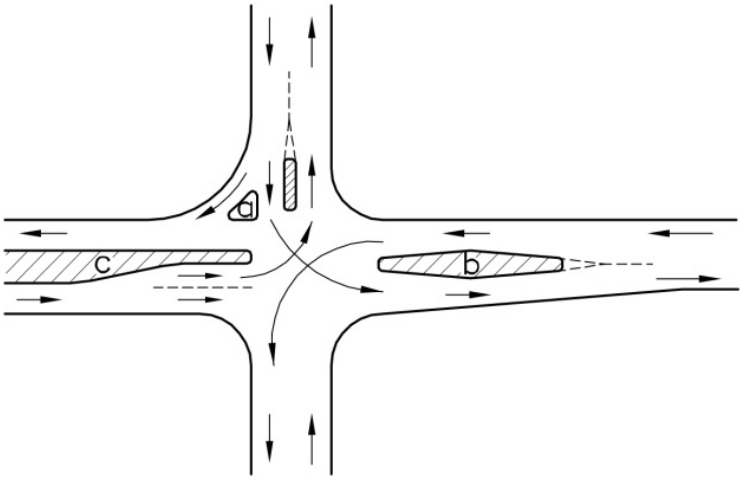
- جدا کردن تلاقی‌های ترافیکی
- کنترل زاویه تلاقی
- کاهش سطح روسازی اضافی (سطح تلاقی) و استفاده بهینه از سطح روسازی شده
- تنظیم ترافیک و مشخص‌کردن روش مناسب استفاده از تقاطع
- ایجاد یک خط گردش ویژه برای حجم‌های بالای گردشی
- محافظت عابران پیاده و کاهش فاصله پیاده روی عابر
- محافظت و ذخیره کردن وسایل نقلیه‌ای که می‌خواهند گردش کرده یا راه عبوری را قطع کنند.
- تأمین فضا برای نصب وسایل کنترل ترافیک

جزیره‌های ترافیکی معمولاً بیش از یک وظیفه دارد. به این دلیل آنها را عموماً می‌توان به سه گروه زیر تقسیم کرد:

جزیره‌های هدایت‌کننده

این نوع جزیره‌ها برای هدایت و کنترل جریان‌های ترافیک (معمولاً حرکت‌های گردشی) بکار می‌رود. با تبدیل سطوح غیرقابل استفاده به جزیره‌های هدایت‌کننده و در نتیجه مشخص شدن مسیر گردش، جریان‌های ترافیک آشفته و نامنظم که ممکن است در اثر وجود سطح بزرگ روسازی در تقاطع بوجود آید، حذف می‌شود.

درشکل (۸-۲۴)، حالت‌های متداول جزیره‌های هدایت‌کننده نشان داده شده است. جزیره مثلثی a در این شکل به منظور هدایت ترافیک گردش به راست تعبیه شده و جزیره‌های مرکزی b و c برای هدایت وسایل نقلیه‌ای که قصد دور زدن یا گردش دارند، بکار می‌رود.



شکل ۸-۲۴- حالت متداول جزیره‌های هدایت‌کننده

جزیره‌های هدایت‌کننده طوری قرار داده می‌شود که مسیر مناسب وسایل نقلیه به خوبی و در اولین نگاه مشخص شود. قبل از این که خودروها در مسیر حرکتشان به اولین جزیره هدایت‌کننده برسند، بهتر است خط‌های عبور به وسیله خط کشی مشخص شده باشد تا خودروها با سرعت مطلوب، به مسیر مورد نظر هدایت شود. استفاده از یک گروه جزیره هدایت‌کننده با ابعاد کوچک، اغلب، باعث اشتباه و سردرگمی رانندگان، به ویژه آنها که برای اولین بار از مسیر تردد می‌کنند، خواهد شد. بنابراین بهتر است از جزیره‌های بزرگتر با تعداد کمتر استفاده شود. این وضعیت، به ویژه در راه‌های حومه شهری که سرعت زیاد نیست و رانندگان، انتظار روبرو شدن با محدودیت‌های بیشتری را در طول راه دارند، نتایج خوبی خواهد داشت.

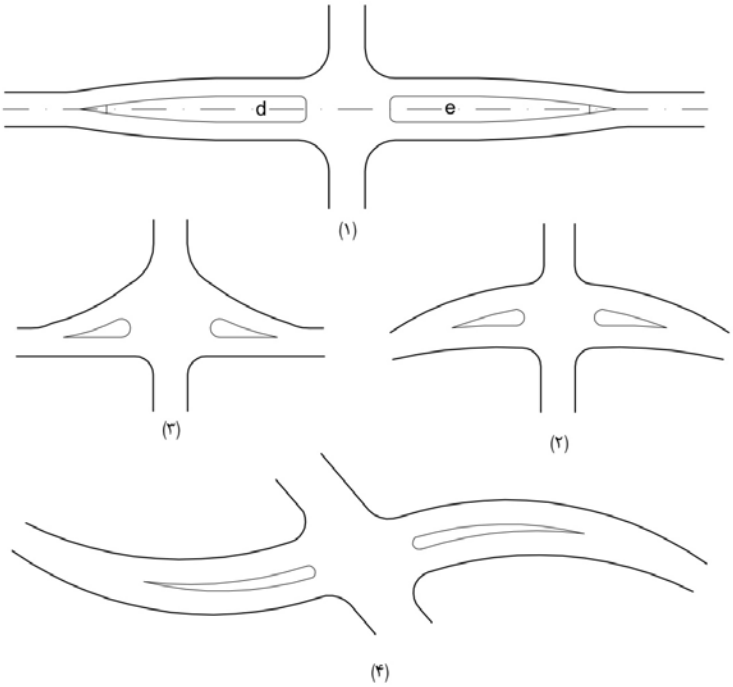
جزیره‌های جداکننده

این نوع جزیره‌ها، اغلب در تقاطع راه‌های جدانشده بکار می‌رود. این جزیره‌ها، نزدیک شدن به تقاطع را به رانندگان اطلاع می‌دهد و موجب تنظیم ترافیک در ورودی تقاطع می‌شود. استفاده از این جزیره‌ها، به ویژه به منظور کنترل ترافیک گردش به چپ، در تقاطع‌های تنگ (با زاویه حاده) و در محل‌هایی که خط‌های مخصوص گردش به راست وجود دارد، بسیار مفید است. نمونه‌هایی از انواع جزیره‌های جداکننده در شکل (۸-۲۵) نشان داده شده است.

ایجاد جزیره‌های جداکننده در برخی تقاطع‌ها، نیازمند تعریض است. تعریض مسیر برای ایجاد جزیره‌های جداکننده باید به شکلی انجام شود که باعث ایجاد خطا در رفتار راننده نشود. در مسیرهای مستقیم می‌توان از لچکی نیز استفاده کرد، ولی باید خط تغییر سرعت را نیز در این روش لحاظ کرد. اغلب برای ایجاد جزیره‌های جداکننده در مسیر مستقیم، از قوس معکوس استفاده می‌شود. در راه‌های با سرعت زیاد، مطلوب آن است که شعاع انحنای قوس معکوس از ۱۲۰۰ متر کمتر نباشد، اما در راه‌های با سرعت کم و متوسط (تا ۷۰ کیلومتر در ساعت) می‌توان قوس‌های با شعاع کمتر (حداقل ۶۲۰ متر) نیز بکار برد. تعریض در قطعه مستقیم راه، حتی با قوس‌های بزرگ، ممکن است ظاهری کج داشته باشد. هنگامی که راه در قوس یا در قسمت تعریض شده قرار دارد، باید از انحنای قوس برای جداسازی خط‌ها بدون استفاده از قوس معکوس استفاده کرد (شکل‌های (۸-۲۵-۳) و (۸-۲۵-۴)).

جزیره‌های پناه‌دهنده

جزیره پناه‌دهنده یا جزیره عابر، به منظور محافظت عابران پیاده هنگام عبور از تقاطع در محل و یا نزدیکی خط عابر پیاده بکار می‌رود. در منطقه‌های برون شهری، اکثر جزیره‌های هدایت‌کننده این عملکرد را نیز به عهده دارند و برای حفاظت عابران پیاده نیز بکار می‌روند. جزیره‌های a ، b ،c ، d و e در شکل‌های (۸-۲۴) و (۸-۲۵) نمونه‌هایی از این گونه جزیره‌ها است. در جزیره‌های پناه‌دهنده، استفاده از جدول‌های غیرقابل عبور الزامی است.



شکل ۸-۲۵- راستادهی به منظور ایجاد جزایر جداکننده

۸-۴-۲-۲- مشخصات جزیره‌های ترافیکی

شکل و اندازه جزیره‌های ترافیکی از یک تقاطع به تقاطع دیگر متفاوت است. به طور کلی جزیره یا شبه مثلثی و یا شبه مستطیلی طویل است. جزیره‌ها در سطوحی قرار گرفته‌اند که معمولاً برای عبور وسایل نقلیه مورد استفاده نیست. ابعاد جزیره‌ها، تابع نوع و شکل تقاطع است. طرح و محل جزیره‌ها به گونه‌ای تهیه می‌شود که برای وسایل نقلیه خطری ایجاد نکند و ساخت و نگهداری آن نسبتاً ارزان و آسان باشد. حداقل سطح جزایر گوشه در راه‌های برون‌شهری، ۷ متر مربع و ترجیحاً ۹ متر مربع است. **اضلاع جزیره مثلثی نباید پس از گرد کردن گوشه ها از ۳/۵ متر (ترجیحاً ۴/۵ متر) کمتر باشد.**

جزیره‌های جداکننده طویل، بهتر است حداقل ۱/۲ متر پهنا و ۶ تا ۸ متر طول داشته باشند. در شرایط خاصی که فضا محدود باشد، حداقل عرض جزیره جداکننده طویل را می‌توان تا ۰/۵ متر کاهش داد.

در راه‌های با سرعت طرح بیش از ۷۰ کیلومتر در ساعت، نباید از جزیره‌های جدا کننده با جدول استفاده کرد مگر آنکه جدول آشکارسازی مناسب شده باشد. در این حالت بهتر است طول جزیره‌های جداکننده حداقل برابر ۳۰ متر باشد.

در شرایطی که جزیره‌های مذکور، در بالای یک خم و در امتداد یا نزدیکی یک قوس افقی قرار گیرد، باید انتهای آنها را که رو به تقرب ترافیک است، آنقدر ادامه داد تا رانندگان به راحتی قادر به دیدن آنها باشند.

۸-۴-۲-۳- روش‌های ایجاد جزیره

جزیره‌ها بسته به اندازه، عملکرد و محل، به طرق مختلفی مشخص می‌شوند. در طرح جزیره‌ها نوع منطقه‌ای که تقاطع در آن قراردارد، حائز اهمیت است. از نظر فیزیکی، جزیره‌های تقاطع راه‌ها را می‌توان به سه گروه زیر تقسیم کرد.

گروه اول – جزیره‌ها با جدول قابل عبور

گروه دوم – جزیره‌های مشخص شده به وسیله خط‌کشی یا گُل میخ چسبیده بر سطح روسازی راه

گروه سوم – جزیره‌ها با سطح روسازی نشده که به وسیله لبه روسازی محدود شده‌اند و ممکن است با علایم مشخص کننده مانند مسیرنما یا بالا آوردن سطح جزیره مشخص‌تر شود.

از جزیره‌های گروه اول، بندرت در تقاطع راه‌ها استفاده می‌شود ولی جزیره‌های نوع دوم و سوم در تقاطع راه‌ها متداول است.

در اغلب موردها، سطح جزیره‌ها دارای پوشش گیاهی است. درختکاری در جزیره‌ها به علت خطر تصادف مجاز نیست و بوته‌کاری به شرطی مجاز است که دید را محدود نکند. مطلوبترین پوشش برای سطح جزیره‌های تقاطع، پوشش گیاهی است که با سطح روسازی، اختلاف رنگ نیز دارد. سطح جزیره‌های کوچک، ممکن است بلندتر از سطح روسازی در نظر گرفته شود. هنگامی که شیب روسازی بطرف خارج راه است، سطح جزیره‌های بزرگ بهتر است گود در نظرگرفته شود تا آب برف و باران (به ویژه در مناطق برفی و یخبندان) از جزیره وارد روسازی راه نشود.

۸-۴-۲-۴- آشکارسازی و ایمن‌سازی انتهای تقرب جزیره

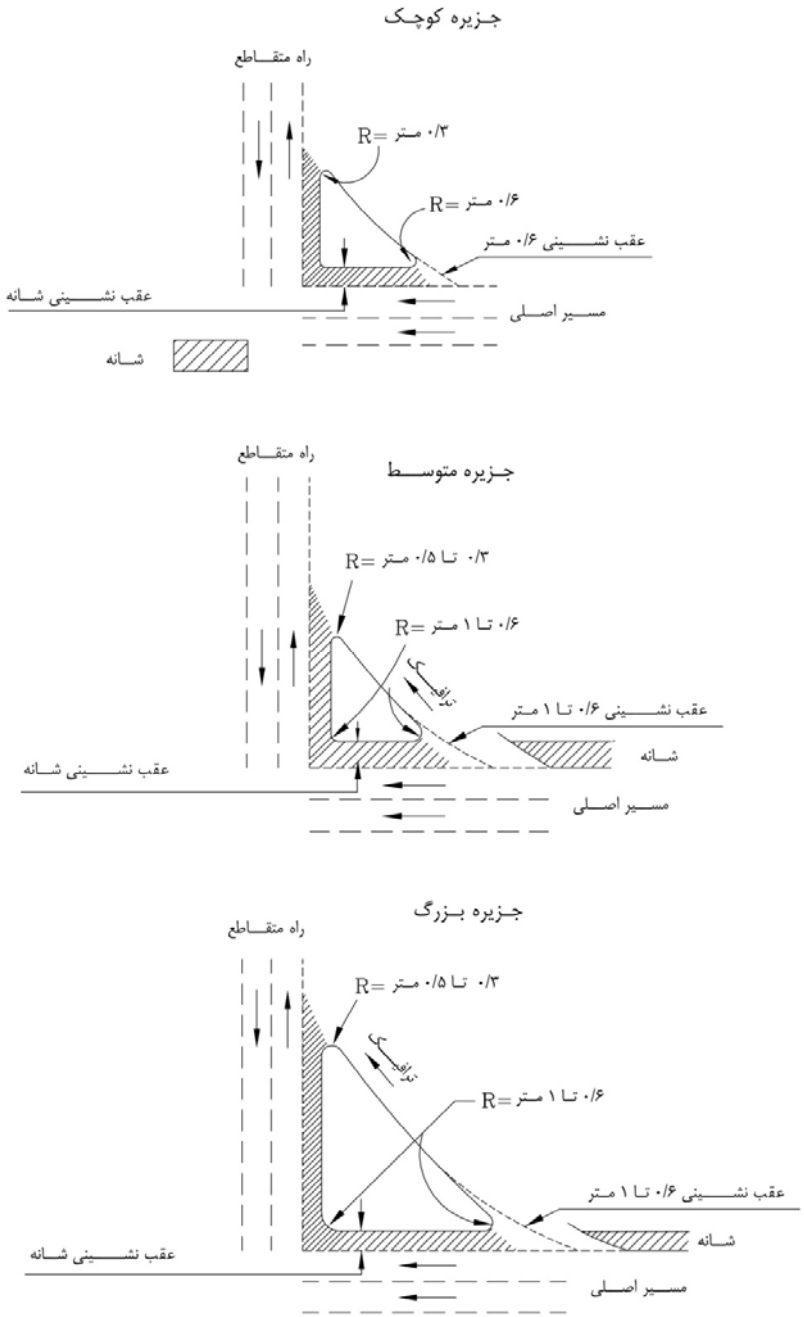
حدود و محل قرارگیری جزیره به وسیله لبه رویه، خطهای عبوری و مسیرهای گردشی با فاصله آزاد جانبی تا کناره جزیره مشخص می‌شود. برای افزایش دید و سادگی اجرا، گوشه‌های جزیره‌ها، گرد یا شیب‌دار ساخته می‌شود. مقدار عقب نشینی لبه جزیره‌ها از خطهای عبور ترافیک تابع نوع لبه و عوامل دیگری مانند اختلاف رنگ جزیره، روسازی، طول لچکی یا خط عبور کمکی قبل از جزیره و سرعت است.

چون رانندگان در مسیر عبوری بطور تقریباً ناگهانی با جزیره روبرو می‌شوند، بنابراین جدول‌های جزیره، حتی در موردهایی که از نوع قابل عبور هستند، باید نسبت به لبه خطهای عبوری عقب‌نشینی داشته باشد. در راه‌های دارای شانه، مطلوب آن است که انتهای رو به ترافیک جزیره، حداقل به اندازه عرض شانه از لبه خط عبور خارجی عقب‌نشینی داشته باشد. این عقب‌نشینی در صورت قرار گرفتن جزیره بعد از مسیر گردش به راست باید حداقل ۲/۴ متر باشد.

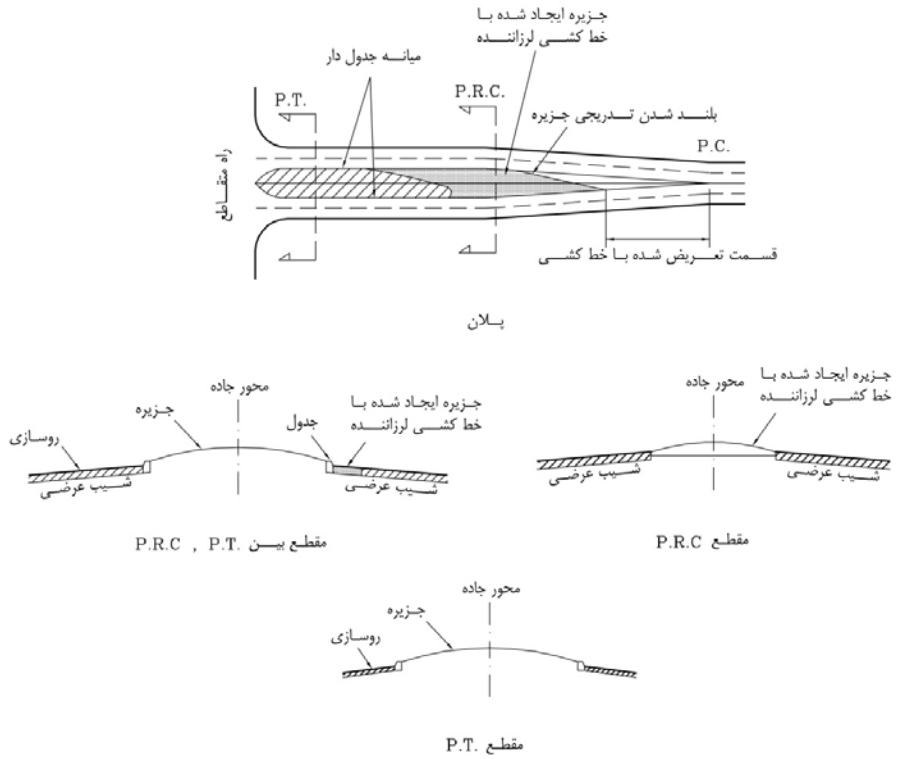
جزئیات طرح جزیره مثلثی برای راه‌های برون‌شهری در شکل (۸-۲۶) آمده است. گوشه سمت راست پایین هر جزیره برای حالتی طرح شده است که ترافیک به آن نزدیک می‌شود (گوشه تقرب). تمامی جزیره‌های نشان داده شده در شکل (۸-۲۶) در گوشه تقرب ترافیک با شعاع ۰/۶ تا یک متر گرد شده‌اند.

به هر حال، نزدیک شدن به جزیره‌ها را باید در فاصله کافی از آن، به رانندگان اطلاع داد. خط‌کشی و لرزاننده کردن روسازی، قبل از رسیدن به گوشه تقرب جزیره تا حد زیادی بر ایمنی تقاطع می‌افزاید. برای مشخص‌تر کردن جزیره تا آنجا که ممکن است از وسایل افزایش دید مانند علائم و رنگ‌های شب‌نما استفاده شود.

هم چنین وجود علائم هشداردهنده و مشخص‌کننده در جزیره‌های میانه که معمولاً در امتداد مسیر ترافیک نزدیک‌شونده هستند، ضروری است. جزیره میانی بهتر است مطابق با شکل (۸-۲۷) به تدریج عریض و برجسته شود. بهتر است پهنه بین دماغه واقعی جزیره و دماغه ظاهری آن، با نوارهای مورب خط‌کشی شود تا توجه راننده را جلب کند. علاوه برآن خط‌های عبور نیز با استفاده از علامت‌گذاری افقی روی سطح راه (پیکان‌ها) نشانه‌گذاری شود.



شکل ۸-۲۶- جزئیات طرح جزیره‌ها



شکل ۸-۲۷- جزئیات آشکارسازی جزیره‌های میانی

۸-۴-۲-۵- طرح مسیرهای گردشی با جزایر گوشه

اگر در یک تقاطع، لبه داخلی سواره‌رو در گردش به راست برای کامیون‌های طرح نوع ۱ یا دو و یا خودروی سبک با سرعت گردش بیشتر از ۱۵ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شده باشد، سطح سواره‌رو در تقاطع بیش از اندازه افزایش می‌یابد، به طوری که کنترل و هدایت صحیح ترافیک با اشکال رو به رو خواهد شد. برای رفع این اشکال، یک جزیره (معمولاًمثلثی شکل) در گوشه تقاطع احداث می‌شود تا به کمک آن، یک خط عبور مجزا برای خودروهای گردشی به وجود آید.

در طرح حداقل خطوط گردش، اجزای اصلی کنترل‌کننده عبارتند از امتداد لبه داخلی سواره‌رو و عرض خطهای گردش که برای گردش خودروی طرح با سرعت کم در نظر گرفته شده است. با به کار بردن شعاع بیش از طرح حداقل، سطح روسازی وسیعی بین دو شاخه راه به وجود می‌آید. به طوری که می‌توان یک جزیره هدایت‌کننده (معمولاً مثلثی شکل) در آن قرار داد. ایجاد چنین جزیره‌ای باعث هدایت بهتر ترافیک عبوری و گردشی می‌شود و در ضمن، محل مناسبی برای نصب علایم راهنمایی و توقف عابر پیاده به وجود می‌آید. چون ابعاد این جزیره نباید خیلی کوچک باشد، لذا اندازه آن یکی از عوامل کنترل‌کننده طرح خواهد بود. برای نصب علایم و یا برف روبی آسان‌تر، بهتر است جزایر بزرگتری در نظر گرفته شود.

لبه داخلی سواره‌رو خطوط گردش باید طوری طرح شود که ایجاد یک جزیره کوچک، پیش‌بینی عرض کافی برای خطهای گردش را ممکن سازد. عرض خطهای گردش باید کافی (حداقل ۴/۲ متر) باشد، به گونه‌ای که خودرو طرح بتواند با فاصله آزاد ۰/۶ متر از لبه‌های طرفین در آن گردش کند. برای تعیین عرض به ردیف (۸-۴-۴) مراجعه شود.

ابعاد طرح حداقل برای زوایای مختلف گردش، در جدول (۸-۲) آورده شده است. منحنی‌های طرح لبه داخلی سواره‌رو، عرض خط گردش و اندازه تقریبی جزایر هدایت‌کننده برای سه نوع خودروی انتخابی داده شده است، سه رده مذکور در ردیف (۸-۴-۱-۱)،

شرح داده شده‌اند. ممکن است برای یک تقاطع معین از بین سه طرح حداقل پیشنهادی، یکی از آنها بسته به نوع و ابعاد خودرو، مقدار ترافیک پیش‌بینی شده و شرایط فیزیکی محل انتخاب شود.

در جدول (۸-۲)، ابعاد طرح برای گردش کمتر از ۷۵ درجه داده نشده است. خطوط گردش با زاویه کمتر از ۷۵ درجه به شعاع‌های بزرگی نیاز دارد و جز طرح حداقل محسوب نمی‌شود. این نوع خطوط گردش به طرح ویژه‌ای نیاز دارند که با شرایط ترافیک و شرایط محل مطابقت داشته باشد.

برای زاویه گردش بین ۷۵ تا ۱۲۰ درجه، حداقل ابعاد جزیره‌ها کنترل می‌شوند تا گردش در مسیر گردشی با شعاع بیش از شعاع حداقل انجام گیرد. برای زاویه گردش ۱۲۰ درجه یا بیشتر، تیزترین مسیر گردش خودرو طرح انتخاب و ترتیب قرار دهی منحنی‌های لبه داخلی سواره‌رو که بر مسیرهای مذکور منطبق باشد، معمولاً کنترل‌کننده طرح بوده و باعث ایجاد جزایر هدایت‌کننده با ابعاد بزرگتر از ابعاد حداقل می‌شود. به عبارت دیگر، برای زاویه گردش ۷۵ تا ۱۲۰ درجه یا بیشتر، منحنی‌های لبه داخلی سواره‌رو مسیرهای گردشی، عامل کنترل‌کننده می‌باشند.

جدول ۸-۲- طرح مسیر گردشی با جزیره‌های گوشه

زاویه گردش	طبقه‌بندی طرح	قوس سه مرکزی		عرض خط (متر)	مساحت تقریبی جزیره (متر مربع)
		شعاع (متر)	عقب‌نشینی (متر)		
۷۵	الف	۴۵-۲۳-۴۵	۱	۴/۲	۵/۵
	ب	۴۵-۲۳-۴۵	۱/۵	۵/۴	۵
	پ	۵۵-۲۸-۵۵	۱	۶	۵
۹۰	الف	۴۵-۱۵-۴۵	۱	۴/۲	۵
	ب	۴۵-۱۵-۴۵	۱/۵	۵/۴	۷/۵
	پ	۵۵-۲۰-۵۵	۲	۶	۱۱/۵
۱۰۵	الف	۳۶-۱۲-۳۶	۰/۶	۴/۵	۶/۵
	ب	۳۰-۱۱-۳۰	۱/۵	۶/۶	۵
	پ	۵۵-۱۴-۵۵	۲/۴	۹	۵/۵
۱۲۰	الف	۳۰-۹-۳۰	۰/۸	۴/۸	۱۱
	ب	۳۰-۹-۳۰	۱/۵	۷/۲	۸/۵
	پ	۵۵-۱۲-۵۵	۲/۵	۱۰/۲	۲۰
۱۳۵	الف	۳۰-۹-۳۰	۰/۸	۴/۸	۴۳
	ب	۳۰-۹-۳۰	۱/۵	۷/۸	۳۵
	پ	۴۸-۱۱-۴۸	۲/۷	۱۰/۵	۶۰
۱۵۰	الف	۳۰-۹-۳۰	۰/۸	۴/۸	۱۳۰
	ب	۳۰-۹-۳۰	۲	۹	۱۱۰
	پ	۴۸-۱۱-۴۸	۲/۱	۱۱/۴	۱۶۰

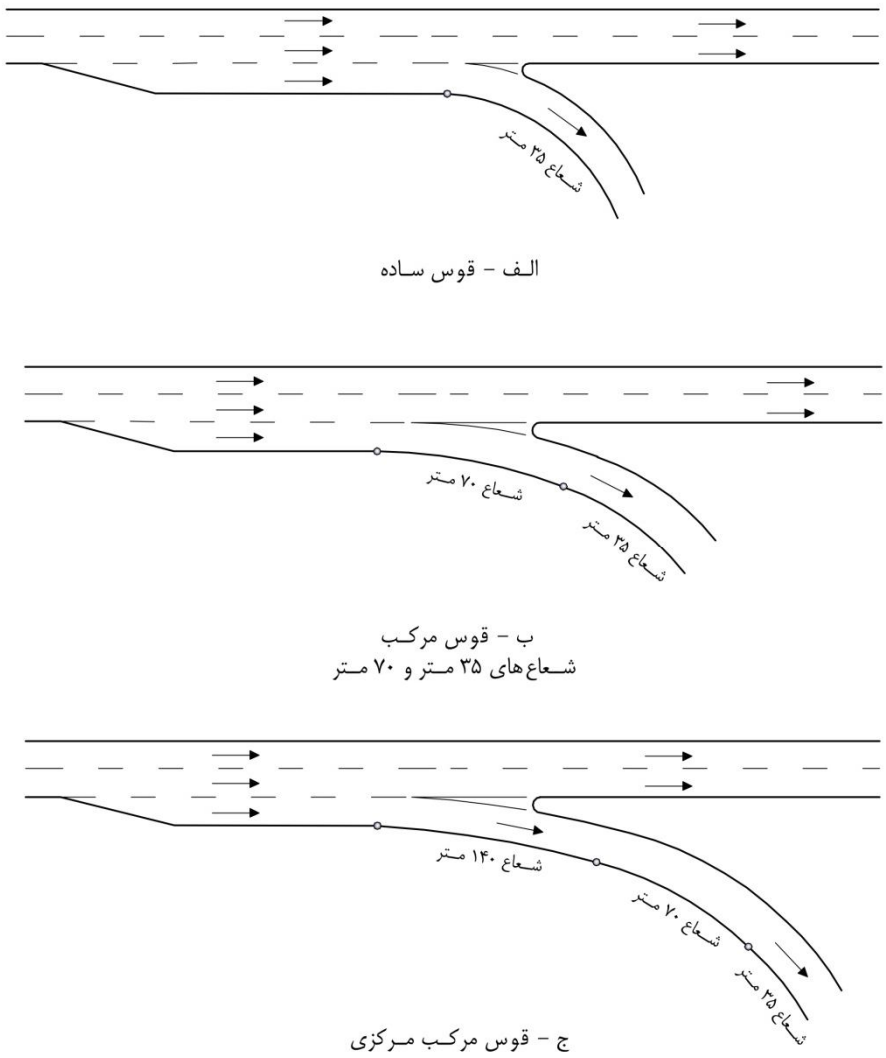
تبصره: در صورت استفاده از قوس‌های سه مرکزی نامتقارن، عرض خط و ابعاد جزیره تغییر نخواهد کرد. جزیره‌های با مساحت کوچکتر از ۷ متر مربع، با استفاده از خط‌کشی ایجاد شود.
طبقه‌بندی الف، ب و پ مطابق ردیف (۸-۴-۱-۱)

۸-۴-۳- طراحی مسیرهای گردشی برای جریان آزاد

نوع دیگر طرح مسیرهای گردشی، طرح این مسیرها برای گردش به راست آزاد است. این مسیرها باید به گونه‌ای طراحی شوند که رانندگان تغییر شتاب ناگهانی ندهند و خودروها قادر به گردش در حالت طبیعی باشند. استفاده از این نوع مسیرهای گردشی برای راه‌های پرسرعت با ترافیک زیاد و دارای حجم ترافیک گردشی قابل توجه توصیه می‌شود.

سرعت طرح مسیرهای گردشی می‌تواند معادل سرعت طرح مسیر اصلی یا ۲۰ الی ۳۰ کیلومتر در ساعت کمتر از آن باشد. حداقل شعاع مسیرهای گردشی بر حسب سرعت طرح تعیین می‌شود.

شکل (۸-۲۸)، استفاده از منحنی‌های ساده و مرکب در مسیرهای گردشی برای جریان آزاد را نشان می‌دهد. راحتی و سهولت گردش در این مسیرها می‌تواند با استفاده از قوس‌های مرکب، لچکی‌ها و خطهای تغییر سرعت تامین شود (شکل(۸-۲۸ الف و ب)). مشخصات خطهای تغییر سرعت در ردیف (۸- ۹) آورده شده است.



الف - قوس ساده

ب - قوس مرکب
شعاع‌های ۳۵ متر و ۷۰ متر

ج - قوس مرکب مرکزی
با شعاع‌های ۳۵ متر - ۷۰ متر و ۱۴۰ متر

شکل ۸-۲۸- طرح نمونه برای مسیرهای گردشی با جریان آزاد

۸-۴-۴- عرض مسیر گردشی

عرض مسیرهای گردشی برای تقاطع‌ها بستگی به حجم ترافیک و خودروی طرح دارد. **مسیر گردش با رعایت فاصله حداقل ۶۰ سانتی‌متر از کنار مسیر چرخ‌های جلو و عقب خودروی گردش‌کننده با موقعیت کناره روسازی تعیین می‌شود.** عرض سواره‌رو مسیرهای گردشی با استفاده از جدول (۸-۳) و عرض شانه از جدول (۸- ۴) بدست می‌آید. در تعیین عرض سواره‌رو برای وسایل نقلیه طرح بزرگتر، باید حداقل شرایط حالت ۱ تأمین شود.

جدول ۸-۳- عرض‌های سواره‌رو برای مسیرهای گردشی

عرض سواره‌رو (متر)									
حالت ۳: عملکرد دو خطه یک طرفه یا دو طرفه			حالت ۲: عملکرد یک خطه یک طرفه با امکان سبقت از خودرو متوقف			حالت ۱: عملکرد یک خطه یک طرفه بدون امکان سبقت از خودرو متوقف			شعاع لبه داخلی سواره‌رو R (متر)
شرایط ترافیکی طرح									
پ	ب	الف	پ	ب	الف	پ	ب	الف	
۱۳/۶	۱۱/۰	۹/۴	۹/۲	۷/۸	۶/۰	۷/۰	۵/۵	۵/۴	۱۵
۱۱/۱	۹/۷	۸/۶	۷/۹	۶/۹	۵/۶	۵/۸	۵/۰	۴/۸	۲۵
۱۰/۶	۹/۴	۸/۴	۷/۶	۶/۷	۵/۵	۵/۵	۴/۹	۴/۵	۳۰
۹/۵	۸/۸	۷/۹	۷/۰	۶/۳	۵/۳	۵/۰	۴/۶	۴/۲	۵۰
۸/۹	۸/۵	۷/۷	۶/۷	۶/۱	۵/۲	۴/۸	۴/۵	۳/۹	۷۵
۸/۷	۸/۳	۷/۶	۶/۵	۵/۹	۵/۲	۴/۸	۴/۵	۳/۹	۱۰۰
۸/۵	۸/۲	۷/۶	۶/۴	۵/۹	۵/۱	۴/۸	۴/۵	۳/۹	۱۲۵
۸/۴	۸/۲	۷/۵	۶/۴	۵/۸	۵/۱	۴/۵	۴/۵	۳/۶۵	۱۵۰
۷/۹	۷/۹	۷/۳	۶/۱	۵/۵	۵/۰	۴/۲	۴/۲	۳/۶۵	مسیر مستقیم
تعدیل عرض در ارتباط با کیفیت لبه مسیر گردشی									
ندارد			ندارد			ندارد			بدون شانه
ندارد			ندارد			ندارد			جدول شیب‌دار
۰/۳ متر اضافه شود			ندارد			۰/۳ متر اضافه شود			جدول عمودی
۰/۶ متر اضافه شود			۰/۳ متر اضافه شود			۰/۶ متر اضافه شود			جدول عمودی، در دو طرف
چنانچه شانه ۱/۲ متر یا عریض‌تر باشد، ۰/۶ متر از عرض سواره‌رو کسر شود.			به مقدارعرض شانه از عرض سواره‌رو کم شود. حداقل عرض همانند حالت ۱			برای حالت های ب و پ در مسیر مستقیم می‌توان در صورتی که شانه، ۱/۲ متر یا عریض-تر باشد، عرض خط را به ۳/۶۵ متر کاهش داد.			شانه مستحکم در یک یا دو طرف راه
طبقه‌بندی الف، ب و پ مطابق ردیف (۸-۴-۱-۱)									

جدول ۸-۴- عرض‌های شانه روسازی شده یا فاصله آزاد جانبی معادل در مسیرهای گردشی که روی ابنیه قرار ندارد

شرایط راه گردشی	عرض شانه یا فاصله آزاد جانبی، در خارج از لبه سواره‌رو	
	چپ	راست
طول کوتاه، معمولاً در تقاطع‌های جریان‌بندی شده	۰/۶ تا ۱/۲	۰/۶ تا ۱/۲۰
طول متوسط تا بلند در خاکریزی یا در خاکبرداری	۱/۲ تا ۳/۰	۱/۸ تا ۳/۶
تبصره: تمام اندازه‌ها برای تأمین فاصله دید، باید به مقدار لازم افزایش داده شوند.		

به عنوان مثال در صورتی که مسیر دارای ترافیک عبوری به میزان قابل توجه از نوع کامیون نوع ۲ باشد، آنگاه برای شعاع لبه داخلی برابر با ۵۰ متر، عرض سواره‌رو برای حالت سبقت از خودروی متوقف برابر با ۷ متر می‌باشد. اگر شانه سمت راست، ۱/۲ متر باشد، مطابق جدول (۸-۳) عرض باید به میزان عرض شانه کمتر شود. البته نباید از عرض سواره‌رو برای حالت ۱ کمتر باشد. در این حالت مقدار عرض سواره‌رو برابر با ۵/۸ است که البته از مقدار حالت ۱ که برابر با ۵ متر می‌باشد، بیشتر است. همچنین در صورت وجود جدول، باید ۰/۳ متر نیز اضافه شود که در نتیجه عرض مسیر گردشی برابر با ۷/۳ متر می‌شود.

۸-۴-۵- بربلندی مسیر گردشی تقاطع‌ها

عوامل کلی کنترل حداکثر بربلندی در راه‌ها برای مسیرهای گردشی تقاطع‌ها نیز مصداق دارند. در مناطقی که شرایط جوی اجازه دهد، مقدار حداکثر بربلندی معمولاً ۱۰ درصد است. در مناطق برفگیر و یخبندان، بیشترین بربلندی مجاز ۸ درصد است. البته در صورت شیب طولی بیشتر از ۳ درصد، این مقادیر باید کمتر در نظر گرفته شوند.

تأمین بربلندی بدون تغییر شیب عرضی ناگهانی در آستانه خطوط گردش عمدتاً به دلیل شعاع کم قوس و کوتاه بودن طول آن، اغلب باعث عدم امکان تأمین بربلندی مطلوبی می‌شود. این امر موجب شده در مسیرهای گردشی با شعاع حداقل، بربلندی کمتری به کار برده شود.

۸-۴-۵-۱- اختلاف نسبی شیب طولی

مقادیر حداکثر اختلاف نسبی شیب طولی، بر اساس عرض مسیر گردشی در جدول (۸-۵) آورده شده است. طول مناسب برای شیب بربلندی بر اساس حداکثر اختلاف شیب طولی تعیین می‌شود. اختلاف نسبی شیب طولی عبارت از اختلاف شیب طولی لبه مورد نظر و محور چرخش یافته برای تأمین بربلندی است.

جدول ۸-۵- مقادیر حداکثر اختلاف نسبی شیب طولی

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	حداکثر اختلاف نسبی شیب طولی		
	عرض دوران یافته (متر)		
	۳/۶۵	۴/۵	۷/۲
۲۰	۰/۸	۰/۹۶	۱
۳۰	۰/۷۵	۰/۹۰	۱
۴۰	۰/۷۰	۰/۸۴	۰/۹۳
۵۰	۰/۶۵	۰/۷۸	۰/۸۷
۶۰	۰/۶۰	۰/۷۲	۰/۸۰
۷۰	۰/۵۵	۰/۶۶	۰/۷۳
۸۰	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۶۷
۹۰	۰/۴۷	۰/۵۷	۰/۶۳
۱۰۰	۰/۴۴	۰/۵۳	۰/۵۹
۱۱۰	۰/۴۱	۰/۴۹	۰/۵۵
۱۲۰	۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۵۱
۱۳۰	۰/۳۵	۰/۴۲	۰/۴۷

مقادیر فوق بر اساس جدول ۵-۱۴ و ۵-۱۵ محاسبه شده است.

عرض یک خط عبور ۳/۶۵ متر فرض شده است.

در تبادل‌ها، سرعت طرح ۸۰ کیلومتر در ساعت و بیشتر قابل اعمال است.

در عمل معمولاً اول نیمرخ طولی یک لبه سواره‌رو مسیر گردشی تعیین می‌شود، سپس نیمرخ طولی لبه دیگر با توجه به بربلندی مورد نظر (در هر نقطه) مشخص می‌شود.

۸-۴-۵-۲- بربلندی در محل پایانه‌های مسیر گردشی

ایجاد بربلندی متناسب با انحنا و سرعت در محل پایانه خطوط گردش به ندرت امکان‌پذیر است، زیرا:

الف) یک قوس باز (بدون بر بلندی) در تقاطع، باعث افزایش کمی در عرض خط گردش نسبت به حالت تعریض راه مستقیم در قوس می‌شود.

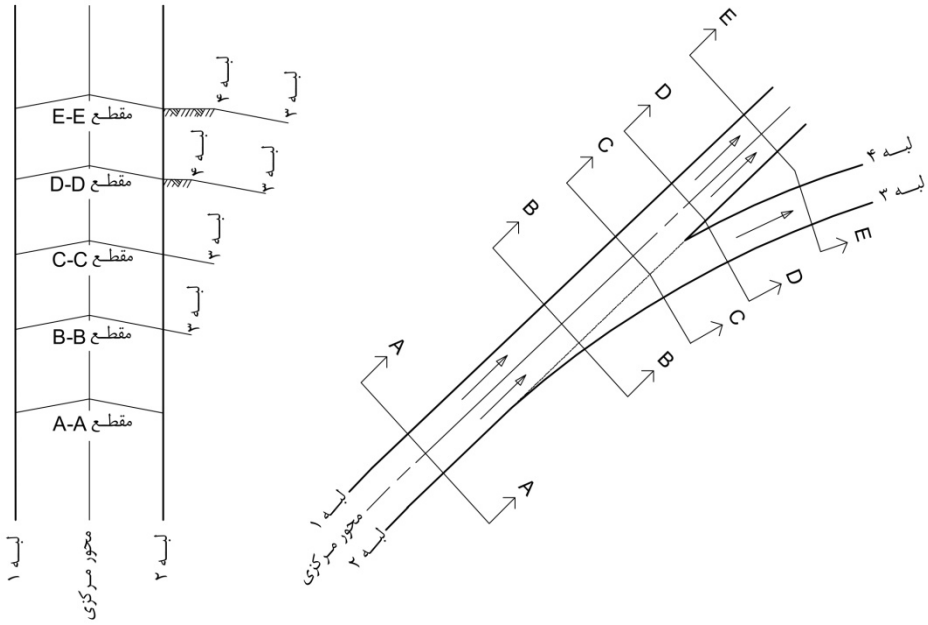
ب) شیب عرضی سواره‌رو باید حفظ شود.

ج) اختلاف شیب عرضی خط عبور و خط گردش، محدودیت دارد.

اختلاف قابل توجه میان شیب عرضی خط عبور و خط گردش ممکن است باعث شود خودروهایی که از روی خط تغییر شیب (خط گرده جانبی)- که بین خط عبور و خط کمکی به وجود آمده است- عبور می‌کنند، کنترل خود را از دست بدهند و در نتیجه از ایمنی کاسته شود. هنگامی که خودروها به ویژه (کامیون‌های مرتفع) از روی خط تغییر شیب عرضی با سرعتی بیش از حداقل و با زاویه ۱۰ تا ۴۰ درجه عبور می‌کند، حفظ پایداری آن‌ها مشکل می‌شود و ممکن است واژگون شود.

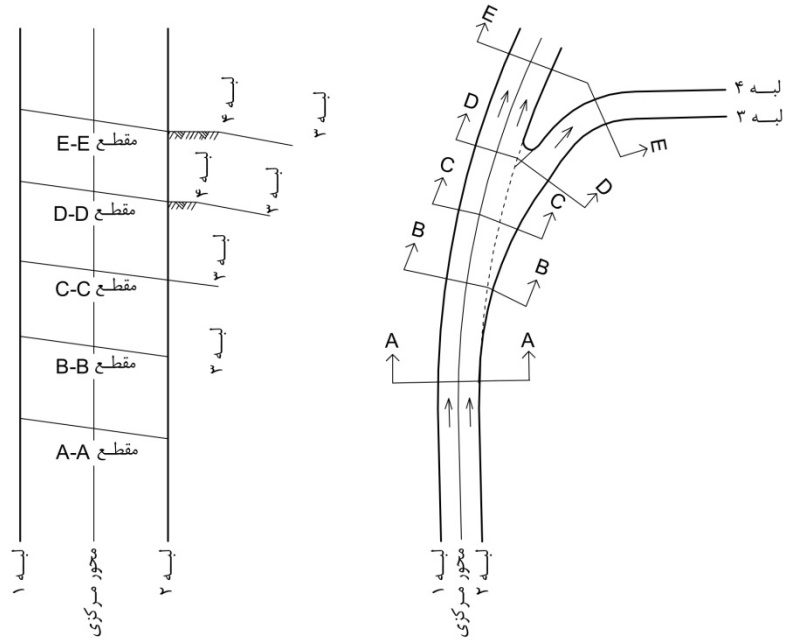
در طراحی یک مسیر گردشی، ممکن است نیم‌رخ‌های طولی و عرضی خط‌های عبوری ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته شوند. هنگامی که مسیر گردشی از خط‌های عبور اصلی جدا می‌شود، تراز لبه سواره‌رو قسمت تعریضی، به تدریج نسبت به لبه سواره‌رو خط عبوری تغییر داده می‌شود. کمی پس از آنکه عرض خط گردش کامل شد، دماغه، دو سواره‌رو (خط عبوری و خط گردش) را از هم جدا می‌کند. در مواردی که قوس خروجی نسبتاً تیز و بدون خط لچکی و یا اتصال تدریجی است، در فاصله کوتاهی که قبل از دماغه وجود دارد، مقدار کمی از بربلندی را می‌توان تأمین کرد و بقیه بربلندی در طول مسیر گردشی تامین می‌شود. در مواردی که قوس گردش به تدریج از خط عبوری جدا می‌شود، تأمین بربلندی به طور مطلوب امکان‌پذیر است.

شکل (۸-۲۹)، تغییر شیب عرضی را در شرایطی که خط گردش از یک قطعه مستقیم راه عبوری جدا می‌شود، نشان می‌دهد. بعد از دماغه شیب سواره‌رو تا جایی که امکان‌پذیر است با شدت بیشتری افزایش داده می‌شود تا کل مقدار بربلندی تأمین شود.



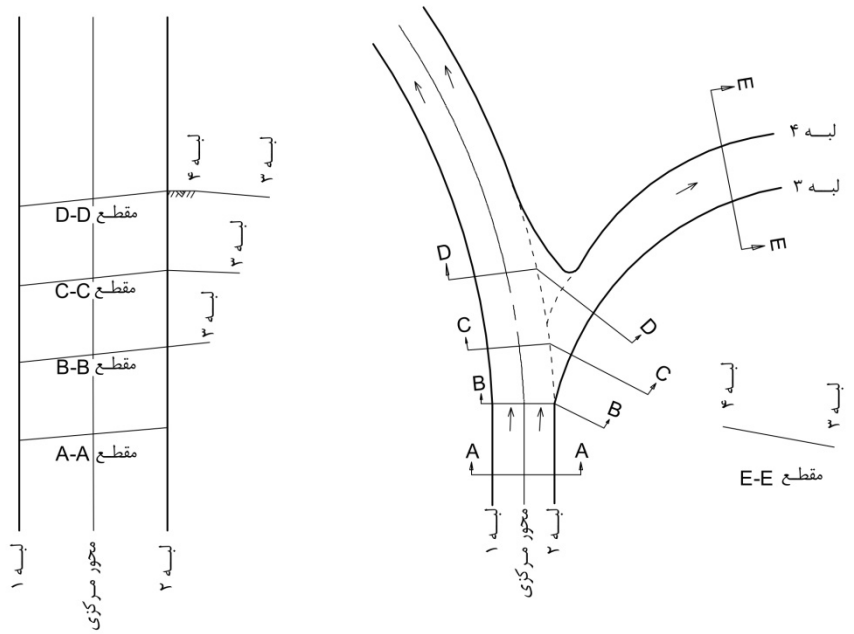
شکل ۸-۲۹- نحوه تأمین بربلندی در پایانه- جداشدگی از خط مستقیم

شکل (۸- ۳۰)، نشان دهندهٔ طرز تأمین بربلندی در شرایطی است که خط عبوری و خط گردش در یک جهت می‌گردند. در این حالت، مقدار مطلوب بربلندی در خط گردش که معمولاً بیشتر از مقدار بربلندی در خطوط عبوری است، به راحتی در طول نسبتاً کوتاهی قابل تأمین است.



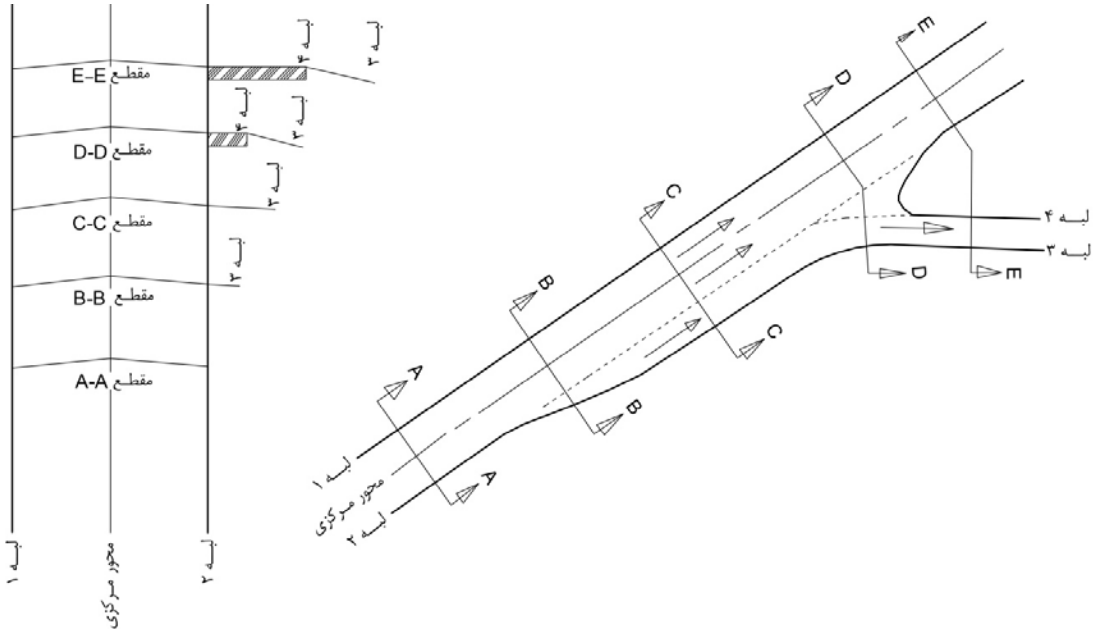
شکل ۸-۳۰- نحوه تأمین بربلندی در پایانه- جداشدگی از قوس هم‌جهت

شرایط تقریباً نامطلوب زمانی به وجود می‌آید که خط عبوری و خط گردش در دو جهت مخالف گردش کنند (شکل (۸-۳۱)). بسته به مقدار بربلندی خط عبوری، ممکن است شیب دادن به خط گردش در خلاف جهت خط عبوری به دلیل شکل ظاهری، ایمنی و کیفیت رانندگی عملی نباشد. در محل دماغه مقداری از بربلندی با ایجاد یک شکست و یا دو شکست (تغییر شیب عرضی) در جلوی دماغه تأمین می‌شود. قسمت عمده بربلندی باید بعد از دماغه تأمین شود.



شکل ۸-۳۱- نحوه تأمین بربلندی در پایانه- جداشدگی با قوس غیر هم‌جهت

در شرایطی که مسیر گردش دارای خط تغییر سرعت موازی خط عبوری است، قسمتی از تغییر شیب عرضی در این قطعه (قسمت موازی) قابل تأمین است (شکل ۸-۳۲). معمولاً بیش از نصف کل مقدار بربلندی تا دماغه (نقطه D) تأمین می‌شود و کل مقدار بربلندی کمی بعد از آن قابل تأمین است.



شکل ۸-۳۲- نحوه تأمین بربلندی در پایانه – جدا شدگی با خط تغییر سرعت

طرح و اصول داده شده در شکل‌های (۸- ۲۹) الی (۸-۳۲) برای پایانه‌های خروجی، برای پایانه‌های ورودی نیز به کار برده می‌شوند. با این اختلاف که جزئیات پایانه‌های ورودی (ناحیه هم‌گرایی) کمی با جزئیات دماغه در پایانه‌های خروجی (ناحیه واگرایی) متفاوت است. انتهای هم‌گرایی یک رابط تقریباً در نقطه D قرار می‌گیرد.

۸-۴-۵-۳- کنترل خط تغییر شیب عرضی

کنترل طرح خط تغییر شیب عرضی سواره‌رو (غیر از خط تغییر شیب عرضی معمولی در محور راه) عبارت است از اختلاف جبری شیب عرضی دو سواره‌رو مجاور. هنگامی که شیب عرضی هر دو سواره‌رو از خط تغییر شیب به طرف طرفین است (در خلاف جهت)، اختلاف جبری، جمع شیب عرضی مطلق دو سواره‌رو خواهد بود. در صورتی که هر دو شیب در یک جهت باشند، اختلاف جبری معادل اختلاف مطلق دو شیب است. اختلاف جبری مطلوب دو شیب در خط تغییر شیب، ۴ یا ۵ درصد است لیکن در شرایط سرعت یا ترافیک سنگین کم، این مقدار ممکن است تا ۸ درصد افزایش داده شود. مقدار حداکثر پیشنهادی برای تفاوت جبری شیب عرضی سواره‌رو در خط تغییر شیب به شرح جدول (۸-۶) می‌باشد.

جدول ۸-۶- مقدار حداکثر تفاوت جبری در شیب عرضی سواره‌رو در پایانه‌های مسیر گردشی

سرعت طرح قوس خروجی یا ورودی (کیلومتر در ساعت)	حداکثر تفاوت جبری شیب عرضی در محل خط تغییر شیب عرضی(٪)
۳۰ و کمتر	۸-۵
۴۰و۵۰	۶-۵
۶۰ و بیشتر	۵-۴

۸-۵- فاصله دید در تقاطع

تأمین فاصله دید در تقاطع، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از تأمین فاصله دید، این است که اگر راننده وسیله‌نقلیه، در تقاطع با مانعی مواجه شود، قادر به اعمال عکس‌العمل به موقع و کنترل وسیله نقلیه خود برای جلوگیری از تصادف باشد. ضمن آنکه چنانچه قصد تغییر مسیر حرکت در تقاطع را داشته باشد، بتواند تصمیم لازم را قبل از رسیدن به تقاطع بگیرد.

برای بهتر دیده شدن تقاطع، باید به نکات زیر توجه شود.

- فاصله دید از فاصله دید توقف بیشتر باشد.

- از قرار دادن تقاطع در نزدیکی خم‌های گنبدی خودداری شود.

- از قرار دادن تقاطع در قوس‌های افقی تند یا نزدیکی آنها و مخصوصاً در سمت داخل قوس افقی، خودداری شود. چنانچه این امر اجتناب ناپذیر است، باید با توجه به مانع‌های دید موجود در تقاطع، به نوعی تقاطع را کنترل کرد.

- فاصله تقاطع‌های مجاور از فاصله دید هر یک از تقاطع‌ها بیشتر باشد.

- در صورت امکان، روشنایی تقاطع تأمین شود.

- چنانچه به عللی تأمین فاصله دید توقف تا رسیدن به محل تقاطع امکان‌پذیر نیست، با استفاده از علامت‌های ترافیکی اطلاعات لازم به رانندگان منتقل شود. این علائم ترافیکی شامل خط‌کشی و روسازی لرزاننده خودرو توأم با تابلوها و یا چراغ راهنمایی است.

۸-۵-۱- مثلث دید در تقاطع

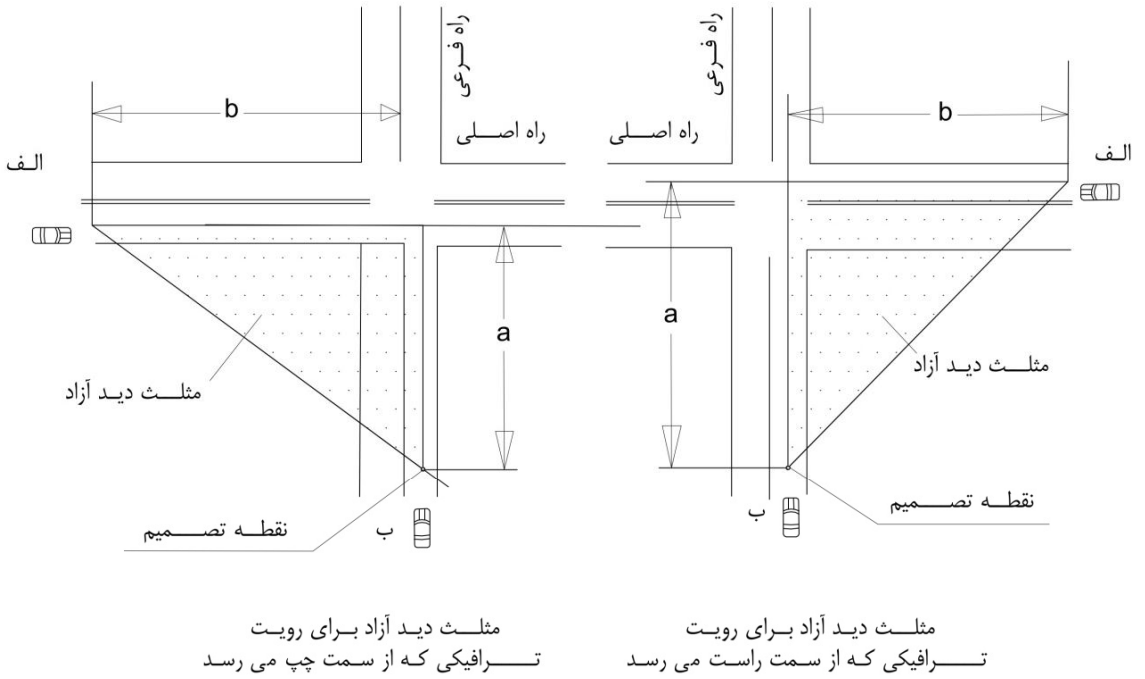
طرح هندسی طوری تهیه می‌شود که در امتداد هریک از شاخه‌های تقاطع و در راستای خط دید رانندگان خودروهای شاخه‌های فرعی و اصلی تقاطع که به محل تقاطع نزدیک می‌شوند، سطح دید بدون مانعی وجود داشته باشد. چنین سطحی، مثلث دید نام دارد. بنابراین، مثلث دید مثلثی است (معمولاً قائم‌الزاویه) که یک ضلع آن (وتر)، چشم راننده وسیله نقلیه کنترل شده را به وسیله نقلیه‌ای که احتمال تلاقی با آن می‌رود، وصل می‌کند و دو ضلع دیگر آن در امتداد مسیرهای اصلی و فرعی[۳] منتهی به تقاطع است. دو نوع مثلث دید در طرح تقاطع‌ها در نظر گرفته می‌شود: مثلث دید دسترسی (در تقاطع‌های کنترل نشده یا با علامت حق تقدم) و مثلث دید خروجی (با علامت ایست). در شکل (۸-۳۳)، حالت‌های مختلف موجود برای مثلث دید در تقاطع، آمده است.

در محدوده مثلث دید نباید هیچ گونه مانعی وجود داشته باشد. مانع‌های دید در راه‌ها، معمولاً نرده پل‌ها، شیروانی خاکبرداری‌ها، دیوارهای حایل خاکبرداری، درخت‌ها و موردهای مشابه می‌باشد. حفاظ معمولاً به علت ارتفاع کمی که دارد، مانع دید در تقاطع‌ها نمی‌شود.

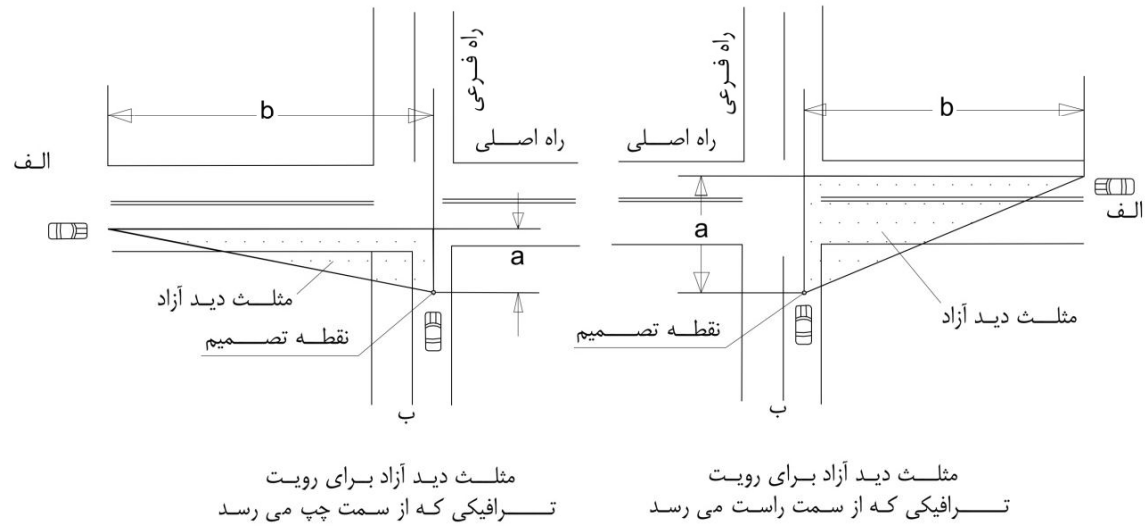
برای تعیین موانع دید برای خودروی سبک، راستای دید از نقطه‌ای به ارتفاع ۱۰۸ سانتی‌متر از سطح راه که همان ارتفاع چشم راننده فرضی مسیر فرعی است، به مانعی به ارتفاع ۱۰۸ سانتی‌متر در محور خط عبور ورودی تقاطع، وصل می‌شود. برای کامیون

۳- مسیر اصلی و فرعی نشان‌دهنده اهمیت مسیرهای تقاطع نسبت به یکدیگر می‌باشد و ارتباطی با تعریف عملکردی راه اصلی و فرعی ندارد.

طرح، ارتفاع چشم راننده ۲۳۳ سانتی‌متر فرض می‌شود. ابعاد مثلث دید با توجه به نوع عملکرد تقاطع، متفاوت است. ابعاد مثلث دید بر ای انواع حالت‌ها در ذیل آورده شده است.



الف – مثلث‌های دید دسترسی



ب – مثلث‌های دید خروجی

شکل ۸-۳۳- انواع مثلث دید در تقاطع

حالت ۱) تقاطع بدون کنترل

تقاطع بدون کنترل به تقاطعی گفته می‌شود که فرعی و اصلی بودن مسیرهای منتهی به آن مشخص نیست و هیچ گونه علامت تقدم، ایست یا چراغ راهنمایی به منظور کنترل ترافیک تقاطع وجود ندارد. در چنین شرایطی رانندگان وسایل نقلیه‌ای که در حال نزدیک شدن به تقاطع هستند، در فاصله زمانی مناسبی قبل از رسیدن به تقاطع، سرعت خود را کاهش می‌دهند. زمان لازم برای این منظور شامل زمان‌های درک و عکس‌العمل است. زمان درک و عکس‌العمل، ۲/۵ ثانیه فرض می‌شود. در جدول (۸-۷) طول اضلاع مثلث دید آورده شده است.

چنانچه در شکل (۸-۳۳ الف)، مسیر الف، سرعت طرحی برابر با ۱۰۰ کیلومتر در ساعت و مسیر ب، سرعت طرحی برابر با ۷۰ کیلومتر در ساعت داشته باشد، مثلث دید در امتداد مسیر الف، طولی معادل ۱۰۵ متر و در امتداد مسیر ب، طولی برابر با ۶۵ متر خواهد داشت. مقدارهای درج شده در جدول برای سطوح بدون شیب است. چنانچه هر یک از شاخه‌های منتهی به تقاطع، دارای شیب مثبت یا منفی (سربالایی یا سرازیری) باشد، اضلاع مثلث دید از حاصل ضرب طول حاصل از جدول (۸-۷) در ضرایب ارایه شده در جدول (۸-۸)، بدست می‌آیند.

چنانچه تأمین مثلث دید بدون مانع امکان‌پذیر نباشد، باید تابلوهای محدودیت سرعت در یک یا هر دو مسیر منتهی به تقاطع، نصب شود.

جدول ۸-۷- طول ضلع مثلث دید در تقاطع بدون کنترل

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
طول ضلع (متر)	۲۰	۲۵	۳۵	۴۵	۵۵	۶۵	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۳۵	۱۵۰
برای شیب‌های بزرگتر از ۳ درصد، از ضرایب تصحیح جدول (۸-۸) استفاده شود.												

جدول ۸-۸- ضرایب تصحیح بر مبنای شیب طولی

شیب منتهی به تقاطع (درصد)	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)											
	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
-۶	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲
-۵	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۱/۲
-۴	۱	۱	۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱
+۴	۱	۱	۱	۱	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹
+۵	۱	۱	۱	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹
+۶	۱	۱	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹

حالت ۲) کنترل تقاطع با تابلوی ایست در مسیر فرعی

برای تعیین ابعاد مثلث دید در تقاطع‌های با تابلوی ایست در مسیر فرعی سه حالت را باید در نظر گرفت:

- گردش به چپ از مسیر فرعی
- گردش به راست از مسیر فرعی
- عبور مستقیم از تقاطع (از مسیر فرعی)

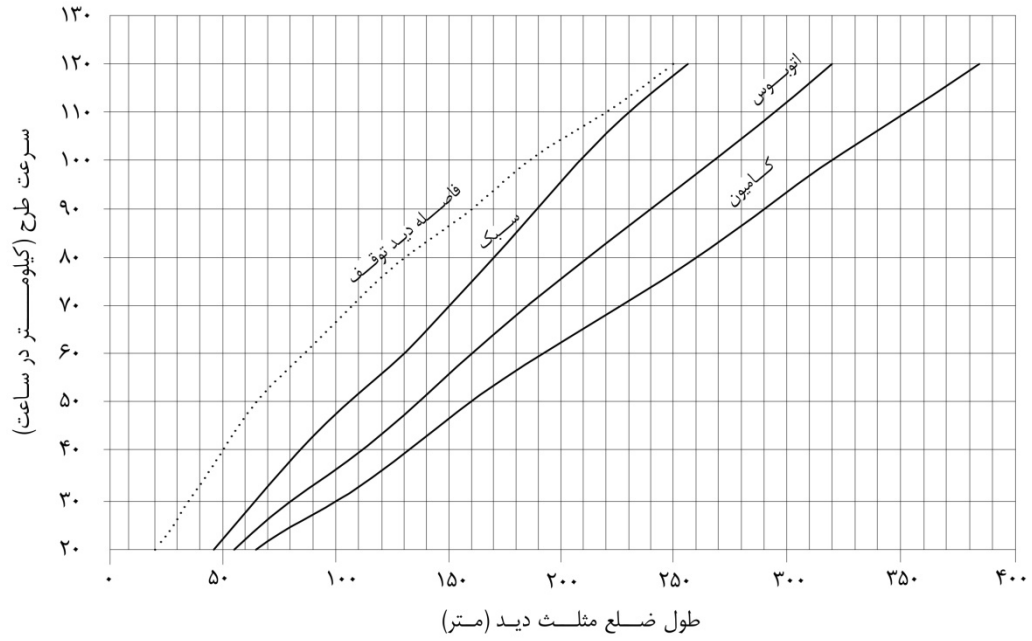
الف- گردش به چپ از مسیر فرعی

در این حالت فرض بر این است که خودرو در پشت خط توقف مسیر فرعی در فاصله ۴/۴ متری از لبه روسازی مسیر اصلی متوقف است. البته مطلوب است این فاصله به ۵/۴ متر افزایش یابد.

با توجه به شکل (۸-۳۳)، ضلع مثلث دید در راستای مسیر فرعی برابر با فاصله از مسیر اصلی به اضافه نصف عرض خط (زمانی که خودرو از سمت چپ به تقاطع نزدیک می‌شود) یا ۱/۵ برابر عرض خط (زمانی که خودرو از سمت راست به تقاطع نزدیک می‌شود) است.

فاصله دید در مسیر اصلی در هر دو جهت برابر با مسافت طی شده با سرعت طرح در مسیر اصلی در مدت زمانی برابر با مدت زمانی که نیاز است که یک وسیله نقلیه از حالت توقف (متوقف در فاصله ۴/۴ یا ۴/ ۵ متر) در مسیر فرعی شروع به حرکت کرده و گردش به چپ را کامل انجام دهد.

در شکل (۸-۳۴)، فواصل دید در امتداد مسیر اصلی برای انواع خودروهای طرح ارائه شده است.



شکل ۸-۳۴- نمودار تعیین فاصله دید تقاطع برای گردش به چپ از مسیر فرعی در تقاطع با تابلوی ایست

در صورت وجود شیب در مسیر اصلی نیازی به اعمال اثر آن در فاصله دید نمی‌باشد زیرا همان شیب در محل تقاطع در راه فرعی نیز وجود دارد.

با این حال در صورتی که خودروی طرح مسیر فرعی، از نوع سنگین بوده و تقاطع در نزدیکی یک قوس قایم مقعر با شیب بالای ۳ درصد واقع شده باشد، اعمال ضریب اصلاحی (جدول ۸-۸) بر فاصله دید بر اساس شیب مسیر اصلی لازم است.

برای تعیین فاصله دید برای گردش به چپ در راه‌های چهار خطه جداشده، باید طول خودروی طرح و عرض میانه را در نظر گرفت.

اگر عرض میانه به اندازه کافی باشد که وسیله نقلیه بتواند به صورت ایمن در کنار آن توقف کند و در عقب و جلو وسیله نقلیه حداقل ۱ متر فاصله آزاد وجود داشته باشد، نیاز به تصحیح فاصله دید نیست.

اگر فاصله دید در طول مسیر اصلی تأمین نشده باشد، باید تابلوهای محدودیت سرعت در راه اصلی نصب شود.

ب- گردش به راست از مسیر فرعی

فاصله دید برای گردش به راست همانند حالت الف در نظر گرفته می‌شود. به استثنای آنکه فاصله زمانی باید تعدیل شود. مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که در حین انجام گردش به راست، فاصله زمانی کوتاهتر از گردش به چپ است. در شکل (۸-۳۵)، فواصل دید در راستای مسیر اصلی برای انواع خودروهای طرح داده شده است. **اگر حداقل فاصله دید برای گردش به راست تأمین نشده باشد، باید تابلوهای محدودیت سرعت یا سایر تجهیزات کنترل ترافیک در مسیر اصلی نصب شود.**

پ- عبور مستقیم تقاطع از مسیر فرعی

در اغلب موارد، ابعاد مثلث دید برای گردش به مسیر اصلی (حالت‌های ۲ الف و ب) می‌تواند برای حالت عبور مستقیم نیز کافی باشد، مگر در حالتهای ذیل:

- گردش به راست یا چپ ممنوع باشد و تنها حرکت مجاز، عبور مستقیم از تقاطع و عرض مسیر اصلی باشد.
- مسیر اصلی دارای عرضی بیشتر از عرض معادل شش خط عبور داشته باشد.
- عبور حجم قابل توجهی از کامیون‌ها از تقاطع راه و شیب‌های تندی که ممکن است باعث کاهش سرعت خودروها و طولانی شدن زمان عبور آنها شود.

در تقاطع راه‌های جداشده، بر اساس عرض میانه و طول خودروی طرح، برای تعیین فاصله دید ممکن است نیاز به لحاظ عرض هر دو جهت و یا فقط نیاز به لحاظ عرض سواره‌روهای جهت نزدیک با فرض توقف در میانه راه، قبل از هر اقدامی باشد. ضریب تعدیل برای میانه و شیب مشابه حالت ۲-الف است. در شکل (۸-۳۵)، فاصله دید در مسیر اصلی برای انواع خودروهای طرح ارائه شده است.

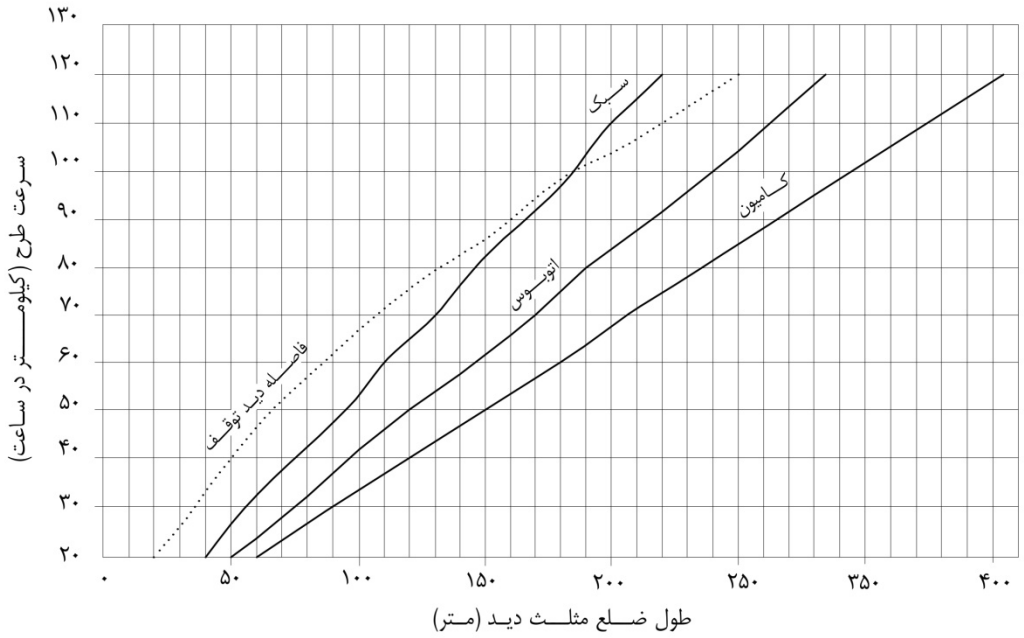
حالت ۳) کنترل مسیر فرعی با تابلوی حق تقدم

در حالت کنترل مسیر فرعی با تابلوی حق تقدم، در صورت عدم احتمال تلاقی با وسایل نقلیه در مسیر اصلی، وسایل نقلیه مسیر فرعی مجاز به ورود به مسیر اصلی و عبور از آن، بدون توقف هستند.

در حالت کنترل با تابلوی حق تقدم، رانندگان نیاز به فاصله دید بیشتری از حالت کنترل با تابلوی ایست دارند.

برای تقاطع‌های چهارراهی، دو مثلث دید یکی برای عبور و دیگری برای گردش به چپ یا راست باید کنترل شود تا هیچ مانع دیدی در داخل این مثلث وجود نداشته باشند.

برای تقاطع‌های سه‌راهی فقط کنترل مثلث دید برای گردش به چپ یا راست نیاز است.



شکل ۸-۳۵- نمودار تعیین فاصله دید تقاطع برای گردش به راست و عبور مستقیم از مسیر فرعی در تقاطع با تابلوی ایست

الف- حرکت مستقیم (حرکت عبوری)

ابعاد مثلث دید در راستای مسیر فرعی در جدول (۸-۹) نشان داده شده است. ابعاد مثلث دید در راستای مسیر اصلی با استفاده از روابط (۸-۱) و (۸-۲) بدست می‌آیند.

$$t_g = t_a + \frac{w + L_a}{۰/۱۶۷V_{minor}} \qquad (۸-۱)$$

$$b = ۰/۲۷۸V_{major}t_g \qquad (۸-۲)$$

که

t_g: زمان سفر تا رسیدن و رد شدن از مسیر اصلی (ثانیه)

b: طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر اصلی (متر)

t_a: زمان سفر بدون توقف برای رسیدن به مسیر اصلی از نقطه تصمیم گیری (ثانیه)

w: عرض تقاطع که خودرو باید از آن عبور کند (متر)

L_a: طول خودروی طرح (متر)

V_{major}: سرعت طرح مسیر اصلی (کیلومتر در ساعت)

V_{minor}: سرعت طرح مسیر فرعی (کیلومتر در ساعت)

در جدول (۸-۱۰)، برای خودروی سبک طرح، فاصله دید در راستای مسیر اصلی تعیین شده‌اند. برای سایر خودروهای طرح، فاصله دید باید با استفاده از رابطه (۸-۱) و (۸-۲) محاسبه شود.

در صورت وجود شیب، فاصله ارایه شده در جدول (۸-۹) باید با استفاده از ضرایب نشان داده شده در جدول (۸-۸) اصلاح شود. اگر مسیر اصلی، راه جداشده باشد که عرض میانه آن برای توقف ایمن خودروی طرح کافی است، این حالت باید مانند حالت ۲-پ در نظر گرفته شود. در صورت عدم وجود عرض کافی میانه‌ها برای توقف ایمن، باید مطابق حالت ۲-الف اصلاح شود.

جدول ۸-۹- طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر فرعی برای حالت عبور مستقیم از تقاطع‌های دارای حق تقدم

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
طول ضلع (متر)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۵	۶۵	۸۰	۱۰۰	۱۱۵	۱۳۵	۱۵۵	۱۸۰	۲۰۵
برای شیب‌های بزرگتر از ۳ درصد، از ضرایب تصحیح جدول (۸-۸) استفاده شود.												

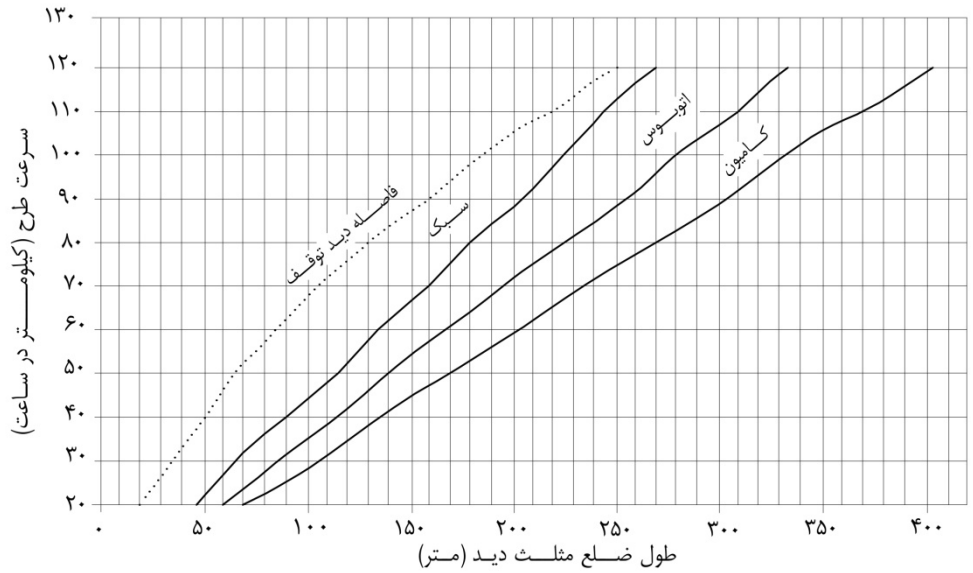
جدول ۸-۱۰- طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر اصلی برای حالت عبور مستقیم از تقاطع‌های دارای حق تقدم

سرعت طرح در مسیر اصلی (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید توقف (متر)	سرعت طرح در راه فرعی (کیلومتر بر ساعت)						
		۲۰	۳۰-۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
		مقادیر طرح (متر)						
۲۰	۲۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۵	۴۵	۴۵
۳۰	۳۵	۶۰	۵۵	۶۰	۶۰	۶۵	۶۵	۷۰
۴۰	۵۰	۸۰	۷۵	۸۰	۸۰	۸۵	۹۰	۹۰
۵۰	۶۵	۱۰۰	۹۵	۹۵	۱۰۰	۱۰۵	۱۱۰	۱۱۵
۶۰	۸۵	۱۲۰	۱۱۰	۱۱۵	۱۲۰	۱۲۵	۱۳۰	۱۳۵
۷۰	۱۰۵	۱۴۰	۱۳۰	۱۳۵	۱۴۰	۱۴۵	۱۵۰	۱۶۰
۸۰	۱۳۰	۱۶۰	۱۴۵	۱۵۵	۱۶۰	۱۶۵	۱۷۵	۱۸۰
۹۰	۱۶۰	۱۸۰	۱۶۵	۱۷۵	۱۸۰	۱۹۰	۱۹۵	۲۰۵
۱۰۰	۱۸۵	۲۰۰	۱۸۵	۱۹۰	۲۰۰	۲۱۰	۲۱۵	۲۲۵
۱۱۰	۲۲۰	۲۲۰	۲۰۰	۲۱۰	۲۲۰	۲۳۰	۲۴۰	۲۴۵
۱۲۰	۲۵۰	۲۴۰	۲۲۰	۲۳۰	۲۴۰	۲۵۰	۲۶۰	۲۷۰
۱۳۰	۲۸۵	۲۶۰	۲۳۵	۲۵۰	۲۶۰	۲۷۰	۲۸۰	۲۹۰
برای شیب‌های بزرگتر از ۳ درصد، از ضرایب تصحیح جدول (۸-۸) استفاده شود								

ب- گردش به راست و چپ از مسیر فرعی

طول ضلع مثلث دید در راستای مسیر فرعی در حالت گردش به چپ و راست بدون توقف باید ۲۵ متر باشد. این فاصله با فرض این است که رانندگان سرعت گردش را به ۱۶ کیلومتر در ساعت کاهش می‌دهند.

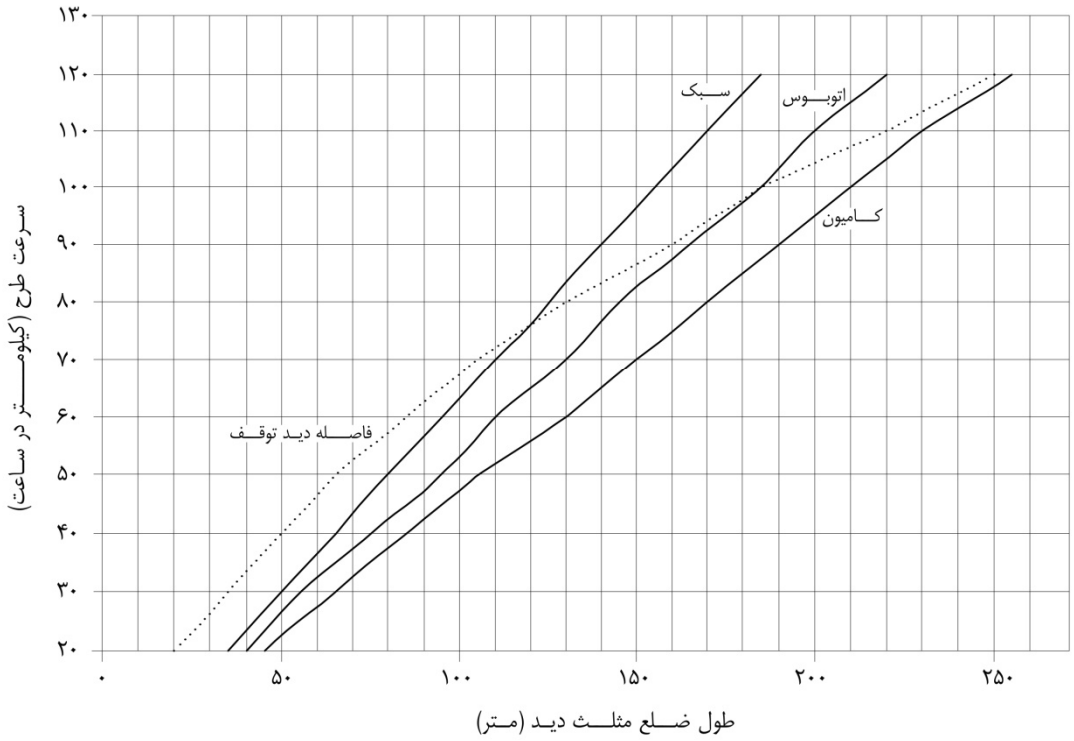
طول مناسب مثلث دید در راستای مسیر اصلی برای انواع خودروهای طرح در شکل (۸-۳۶) نشان داده شده است.



شکل ۸-۳۶- طول ضلع مثلث دید در امتداد راه اصلی برای گردش به چپ یا راست از راه فرعی در تقاطع با تابلوی حق تقدم

حالت ۴) گردش به چپ از مسیر اصلی

در این حالت، فاصله دید با فرض توقف کامل وسیله نقلیه قبل از گردش به چپ محاسبه می‌شود. فاصله دید در راستای مسیر اصلی برای انواع خودروهای طرح از شکل (۸-۳۷) و در راستای مسیر فرعی نیز مانند حالت‌های ۲ (تابلو ایست) و ۳ (تابلو حق تقدم) تعیین می‌شوند.



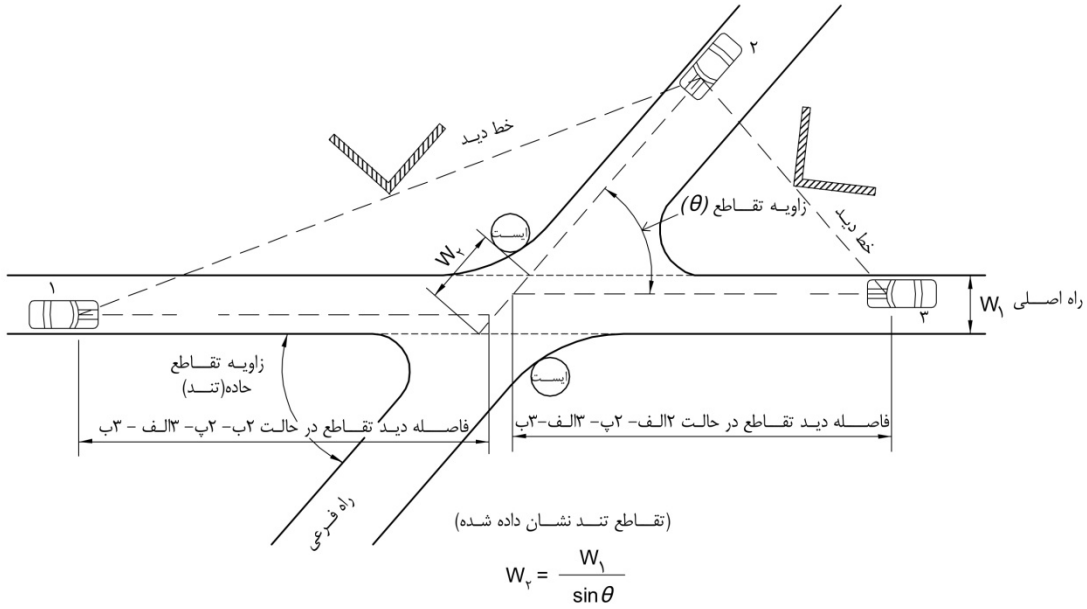
شکل ۸-۳۷- طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر اصلی برای گردش به چپ از مسیر اصلی

۸-۵-۲- اثر زاویه تقاطع بر فاصله دید تقاطع

در شرایطی که زاویه تقاطع کمتر از ۶۰ درجه باشد، اجزای طراحی مثلث دید، به صورت شکل (۸-۳۸) در خواهد آمد. به این ترتیب طول اضلاع مثلث دید نسبت به حالت نظیر آن در تقاطع ۹۰ درجه، افزایش یا کاهش خواهد یافت. در چنین شرایطی فاصله بین مانع دید تا مسیرهای منتهی به تقاطع، در امتداد موازی با هر یک از آن دو سنجیده خواهد شد.

در شرایط اریب، مسافت طی شده در عرض تقاطع یا در حرکات گردشی، افزایش می‌یابد. مسافت طی شده واقعی در حالت اریب از حاصل تقسیم عرض مسیر اصلی بر سینوس زاویه تقاطع بدست می‌آید.

در گوشه‌ای از تقاطع با زاویه منفرجه، زاویه بین راه منتهی به تقاطع و خط دید اغلب به قدری کوچک است که رانندگان می‌توانند تمامی محوطه مثلث دید را با یک حرکت کوچک سر ببینند. توصیه می‌شود در حالت اریب، فاصله دید برابر با فاصله دید حاصل از حالت‌های ۲ باشد.



شکل ۸-۳۸- مثلث دید در تقاطع اریب

۸-۵-۳- فاصله دید توقف برای مسیرهای گردشی

بیشتر مسیرهای گردشی، یک طرفه طرح می‌شوند و در این حالت باید فاصله دید توقف رعایت شود. این فواصل دید باید به عنوان ضوابط طرح راستای افقی و قائم مسیر گردشی کنترل شوند. در گردش‌های دو خطه دو طرفه، فاصله دید سبقت مبنای طرح نیست، زیرا این گونه خطها کوتاه هستند و در طول آنها باید سبقت گرفتن ممنوع باشد.

حداقل فاصله دید توقف برای مسیرهای گردشی در جدول (۸-۱۱) نشان داده شده است.

جدول ۸-۱۱- فاصله دید توقف برای خطوط گردش

سرعت‌طرح (کیلومتر در ساعت)	۱۵	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰
حداقل فاصله دید توقف (متر)	۱۵	۲۰	۳۵	۵۰	۶۵	۸۵	۱۰۵

۸-۶- بریدگی میانه‌ها در محل تقاطع

میانه‌ها به عنوان یکی از اجزای مقطع عرضی به طور کامل در فصل ششم تشریح شده است. در این بخش مقدار بریدگی میانه، عرض و شکل انتهای آن در محل تقاطع‌ها با توجه به حجم ترافیک مستقیم و گردشی آورده شده است.

در راه‌های جداشده که مقدار ترافیک کم یا متوسط و مقدار حرکت گردشی نیز کم است، استفاده از یک میانه ساده و با حداقل طول بریدگی برای تقاطع‌های فرعی کافی است. **در حالاتی که راه یک راه دیگر با ترافیک و سرعت زیاد را قطع کرده و یا به آن گردش می‌کند، باید شکل و ابعاد بریدگی‌ها به گونه‌ای باشد که اجازه گردش را بدون تجاوز به خطوط مجاور و یا اخلال در سایر حرکت‌ها بدهد. به طور کلی در بریدگی‌ها باید فضای انباشت کافی برای گردش به چپ در نظر گرفته شود.**

۸-۶-۱- معیارهای طرح حداقل برای بریدگی‌های میانه در تقاطع

۸-۶-۱-۱- ضابطه شعاع برای طرح حداقل بریدگی‌ها

یک عامل مهم در طراحی بریدگی میانه‌ها، مسیر گردش به چپ خودروی طرح با سرعت بین ۱۵ تا ۲۵ کیلومتر در ساعت است. در فصل چهارم و در مبحث مسیرهای گردشی، طرح‌های حداقل راستگرد بررسی شده‌اند. هر گونه اختلاف بین گردش‌های راستگرد و چپ‌گرد به ویژه حداقل شعاع گردش بسیار ناچیز است بنابراین در این بخش، شکل‌های گردش به چپ آورده نشده‌اند[۴]. با این حال، برای کنترل طرح با توجه به نوع خودروی طرح، باید شعاع طرح حداقل را تعیین کرد. این شعاع کنترل‌کننده برای انتهای میانه‌ها در محل بریدگی‌ها با توجه به نوع خودروی طرح و میزان عبور در جدول (۸-۱۲) داده شده است. البته وقتی حجم و نوع وسایل نقلیه چپ‌گرد، سرعت بیش از حداقل را ایجاب می‌کند، در طراحی باید از شعاع مناسب استفاده شود.

جدول ۸-۱۲- ضوابط طرح حداقل بریدگی میانه‌ها

شعاع کنترل (متر)		۱۲	۱۵	۲۲/۵
خودروهای طرح قابل جا دادن	حالت غالب	سبک	اتوبوس	کامیون نوع یک
	حالت استثنا	اتوبوس	کامیون نوع یک	کامیون نوع دو

۸-۶-۱-۲- شکل انتهای میانه در بریدگی‌ها

شکل انتهای میانه ممکن است نیم دایره و یا سرفشنگی باشد. شکل سرفشنگی برای میانه‌های با عرض ۳ متر و بیشتر، مناسب‌تر است. زیرا این نوع میانه انطباق بیشتری با مسیر خودروها دارد و مستلزم سطح روسازی کمتری در تقاطع و همچنین طول بریدگی کمتری است.

۴- رجوع شود به راهنمای طرح هندسی راه‌ها و خیابان‌ها- آشتو
(AASHTO -A Policy on Geometric Design of Highways and Streets)

۸-۶-۱-۳- حداقل طول بریدگی میانه‌ها

طول بریدگی میانه‌ها در تقاطع‌ها بستگی به عرض راه متقاطع دارد. حداقل طول بریدگی میانه در حالتی که راه قطع‌کننده، جدا-شده، نباشد، برابر با عرض راه قطع‌کننده (روسازی به علاوه شانه‌ها) است. در مواردی که راه قطع‌کننده، جدا شده باشد، حداقل طول بریدگی برابر مجموع عرض راه متقاطع به اضافه عرض میانه راه جداشده است. **از حداقل طول بریدگی فقط در تقاطع‌های کم اهمیت استفاده شود.**

حداقل طول بریدگی‌ها بر اساس شعاع کنترل‌کننده (شعاع‌های ۱۲، ۱۵ و ۲۲/۵ متر) با توجه به جدول (۸-۱۲)، در جداول (۸-۱۳) تا جدول (۸-۱۵)، آورده شده است.

جدول ۸- ۱۳- طرح حداقل بریدگی میانه برای خودروی طرح سبک

عرض میانه (M) (متر)		۱/۲	۱/۸	۲/۴	۳	۳/۶	۴/۲	۴/۸	۶	۷/۲	۸/۴	۹/۶	۱۰/۸	۱۲	۱۵	۱۸
حداقل طول بریدگی(L) (متر)	نیمدایره	۲۲/۸	۲۲/۲	۲۱/۶	۲۱	۲۰/۴	۱۹/۸	۱۹/۲	۱۸	۱۶/۸	۱۵/۶	۱۴/۴	۱۳/۲	۱۲	۱۲	۱۲
	سرفشنگی	۲۲/۸	۱۸	۱۵/۹	۱۴/۱	۱۲/۹	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲

جدول ۸- ۱۴- طرح حداقل بریدگی میانه برای خودروی طرح اتوبوس

عرض میانه (M) (متر)		۱/۲	۱/۸	۲/۴	۳	۳/۶	۴/۲	۴/۸	۶	۷/۲	۸/۴	۹/۶	۱۰/۸	۱۲	۱۵	≥۱۸
حداقل طول بریدگی(L) (متر)	نیمدایره	۲۸/۸	۲۸/۲	۲۷/۶	۲۷	۲۶/۴	۲۵/۸	۲۵/۲	۲۴	۲۲/۸	۲۱/۶	۲۰/۴	۱۹/۲	۱۸	۱۵	۱۲
	سرفشنگی	۲۸/۸	۲۲/۸	۲۰/۴	۱۸/۶	۱۷/۴	۱۵/۹	۱۵	۱۳/۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲

جدول ۸- ۱۵- طرح حداقل بریدگی میانه برای خودروی طرح کامیون نوع یک

عرض میانه (M) (متر)		۱/۲	۱/۸	۲/۴	۳	۳/۶	۴/۲	۴/۸	۶	۷/۲	۸/۴	۹/۶	۱۰/۸	۱۲	۱۸	۲۴	۳۰	≥۳۳
حداقل طول بریدگی(L) (متر)	نیمدایره	۴۳/۸	۴۳/۲	۴۲/۶	۴۲	۴۱/۴	۴۰/۸	۴۰/۲	۳۹	۳۷/۸	۳۶/۶	۳۵/۴	۳۴/۲	۳۰	۲۷	۲۱	۱۵	۱۲
	سرفشنگی	۳۶/۶	۳۴/۵	۳۳	۳۱/۵	۳۰	۲۸/۸	۲۷/۶	۲۵/۵	۲۳/۴	۲۱/۹	۲۰/۱	۱۸/۶	۱۷/۱	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲

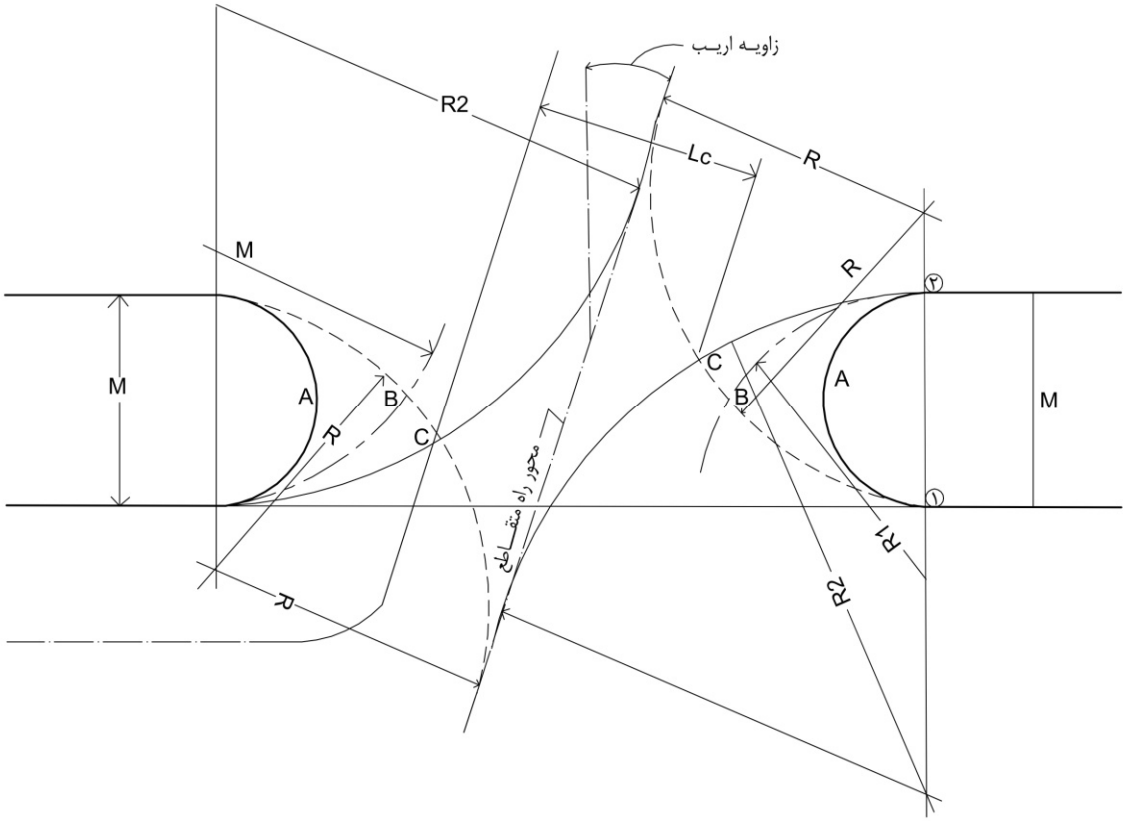
۸-۶-۱-۴- اثر اریب در بریدگی میانه‌ها

طول بریدگی در تقاطع‌های مورب بیشتر است. در شکل(۸-۳۹)، طرح حداقل طول بریدگی برای تقاطع‌های اریب و شکل‌های مختلف انتهای میانه داده شده است. انتهای میانه دایره ای شکل (A در شکل ۸-۳۹) به طول بریدگی میانه بسیار بزرگی نیاز دارد. در ضمن مقدار هدایت‌کنندگی آن برای خودروهایی که با زاویه کمتر از ۹۰ درجه گردش به چپ می‌کنند، کم است.

انتهای میانه فشنگی متقارن (B در شکل ۸-۳۹) با قوس‌های کناری با شعاع برابر با شعاع کنترل‌کننده R (مماس در نقاط ۱ و ۲)، برای خودروهای چپ‌گرد با زاویه کمتر از ۹۰ درجه، درجه هدایت‌کنندگی کم دارد.

انتهای میانه سرفشنگی غیر متقارن (C) با شعاع‌های R و R_2، درجه هدایت‌کنندگی حداکثر داشته و نسبت به طرح‌های (A) و (B) به روسازی کمتری نیاز دارند. شعاع R، همان شعاع کنترل‌کننده گردش است و شعاع دوم R_2 که از شعاع R بزرگتر است، با تماس در نقطه ۲ و همچنین تماس بر محور راه متقاطع، تعیین می‌شود.

در جدول (۸-۱۶)، مقادیر طرح برای حداقل بریدگی میانه با شعاع کنترل ۱۵ متر برای زوایای مختلف اریب داده شده است.



شکل ۸-۳۹- حداقل طرح بریدگی میانه و اثر اریب بودن بر آن

جدول ۸-۱۶- مقادیر طرح برای حداقل بریدگی میانه با شعاع کنترل ۱۵ متر برای زوایای مختلف اریب

زاویه اریب (درجه)	عرض میانه (متر)	طول بریدگی با دماغه نیمگرد A (متر)	طول بریدگی با دماغه فشنگی در جهت عمود بر راه متقاطع (متر)		شعاع برای طرح C (متر)
			متقارن (B)	نامتقارن (C)	
۰	۳	۲۷	۱۹		
	۶	۲۴	۱۳		
	۹	۲۱	حداقل ۱۲		
	۱۲	۱۸	حداقل ۱۲		
	۱۵	۱۵	حداقل ۱۲		
	۱۸	۱۳	حداقل ۱۲		
۱۰	۳	۳۲	۲۴	۲۳	۲۱
	۶	۲۸	۱۷	۱۶	۲۰
	۹	۲۵	۱۴	حداقل ۱۲	۲۰
	۱۲	۲۱	حداقل ۱۲	حداقل ۱۲	۱۹
	۱۵	۱۸	حداقل ۱۲	حداقل ۱۲	۱۸
	۱۸	۱۴	حداقل ۱۲	حداقل ۱۲	۱۸
۲۰	۳	۳۶	۲۹	۲۷	۲۹
	۶	۳۲	۲۲	۲۰	۲۸
	۹	۲۸	۱۸	۱۴	۲۶
	۱۲	۲۴	۱۴	حداقل ۱۲	۲۵
	۱۵	۲۰	حداقل ۱۲	حداقل ۱۲	۲۳
	۱۸	۱۶	حداقل ۱۲	حداقل ۱۲	۲۱
۳۰	۳	۴۱	۳۴	۳۲	۴۲
	۶	۳۶	۲۷	۲۳	۳۹
	۹	۳۱	۲۳	۱۷	۳۶
	۱۲	۲۷	۱۹	۱۳	۳۳
	۱۵	۲۳	۱۵	حداقل ۱۲	۳۰
	۱۸	۱۸	۱۲	حداقل ۱۲	۲۷
۴۰	۳	۴۴	۳۸	۳۵	۶۳
	۶	۳۹	۳۲	۲۷	۵۸
	۹	۳۵	۲۷	۲۰	۵۳
	۱۲	۲۹	۲۳	۱۵	۴۷
	۱۵	۲۴	۱۹	حداقل ۱۲	۴۲
	۱۸	۱۹	۱۵	حداقل ۱۲	۳۶

تبصره:A، B و C مطابق شکل (۸- ۳۹) هستند.

۸-۶-۲- معیارهای طرح بیش از حداقل برای بریدگی‌های میانه در تقاطع

در صورت استفاده از ضوابط طرح حداقل، گردش وسایل نقلیه بزرگتر از خودرو طرح، مستلزم اشغال عرضی از خطهای مجاور است و این به معنی کاهش ایمنی تقاطع و ناراحتی رانندگان (به ویژه کامیون‌ها) خواهد بود. به این منظور، معمولاً از ضوابط طرح بیش از حداقل در بریدگی میانه استفاده می‌شود.

در شکل (۸-۴۰)، یک بریدگی با شعاعی بیشتر از مقدار حداقل و با انتهای میانه سرفشنگی نشان داده شده است. معیارهای کنترلی طرح، سه شعاع R، R_1 و R_2 می‌باشند. شعاع R، شعاع کنترلی برای تیزترین بخش گردش، R_1، شعاع شروع انحنای لبه میانه و R_2، شعاع نوک میانه است.

شعاع R مماس با محور مرکزی راه متقاطع است. وقتی شعاع R_1، به اندازه کافی بزرگ است، در این حالت یک سرعت گردش قابل قبول برای ترافیک گردشی راه اصلی و یک فضای کافی بین نقطه ۱ و ۲ برای تغییر سرعت و حفاظت از ترافیک گردشی ایجاد می‌کند. شعاع R_1 ممکن است بین ۲۵ الی ۱۲۰ متر و یا بیشتر باشد. شعاع‌های ۳۰، ۵۰ و ۷۰ حداقل شعاع لازم برای سرعت طرح-های به ترتیب ۳۰، ۴۰ و ۵۰ کیلومتر در ساعت هستند.

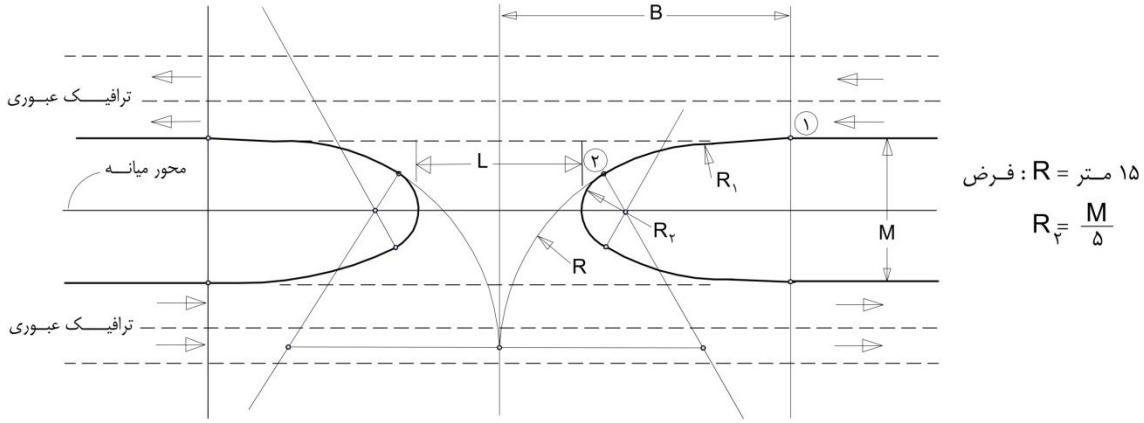
شعاع R_2 می‌تواند دارای مقادیر مختلفی باشد اما مطلوب آن است که مقدار آن برابر با یک پنجم عرض میانه باشد. شعاع R نمی‌تواند کوچکتر از حداقل شعاع کنترل خودروی طرح باشد. البته برای جلوگیری از بیشتر شدن طول بریدگی، R می‌تواند یک مقدار حداقل منطقی مانند ۱۵ متر داشته باشد (شکل (۸-۴۰)).

برای میانه‌های با عرض ۹ متر یا بیشتر که دارای راه متقاطع با چهار خط یا بیشتر هستند، شعاع کنترلی R باید بزرگتر از ۱۵ متر باشد و گرنه بریدگی بسیار کوتاه خواهد بود. به طور کلی R یک معیار کنترلی برای اطمینان از کارایی طرح است.

مقادیر نشان داده شده در شکل (۸-۴۰)، مقادیر بر اساس شعاع R برابر با ۱۵ متر فرض شده است. پارامتر B نیز معیار کنترلی است و برای مقایسه طرح‌های با ضوابط بیشتر از حداقل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که طرح انتهای میانه در شکل (۸-۴۰)، نمی‌تواند فضای حفاظتی مناسبی را ایجاد کند. طرحی که در آن شعاع R_1 برابر یا بیشتر از ۳۰ متر است، فضای لازم برای پناه دادن حداقل یک خودرو سبک را با فاصله کافی از خطهای عبور راه اصلی و راه قطع‌کننده را تأمین می‌کند.

در تقاطع‌های اریب، طرح‌های با ضوابط بیش از حداقل با انتهای میانه سرفشنگی می‌تواند به طور مستقیم بکار رود. در محل-هایی که زاویه اریب بیش از ۱۰ درجه است، شعاع‌های R و R_2 باید برای تأمین طول بریدگی اصلاح شوند.

عرض میانه (متر)	R_1= ۳۰ متر		R_1= ۵۰ متر		R_1= ۷۰ متر	
	L	B	L	B	L	B
۶	۱۸	۲۰/۲	۲۰/۲	۲۴/۴	۲۱/۳	۲۷/۶
۹	۱۵/۱	۲۱/۴	۱۷/۷	۲۶/۵	۱۹	۳۰/۴
۱۲	۱۲/۸	۲۲/۴	۱۵/۶	۲۸/۳	۱۷/۱	۳۲/۷
۱۵	–	–	۱۳/۸	۲۹/۹	۱۵/۴	۳۴/۷
۱۸	--	–	–	–	۱۳/۸	۳۶/۷
۲۱	–	–	–	–	۱۲/۴	۳۸/۴



شکل ۸-۴۰- طرح بیش از حداقل برای بریدگی‌های میانه (انتهای سرفشنگی)

۸-۷- مسیرهای گردش به چپ غیرمستقیم در تقاطع‌ها

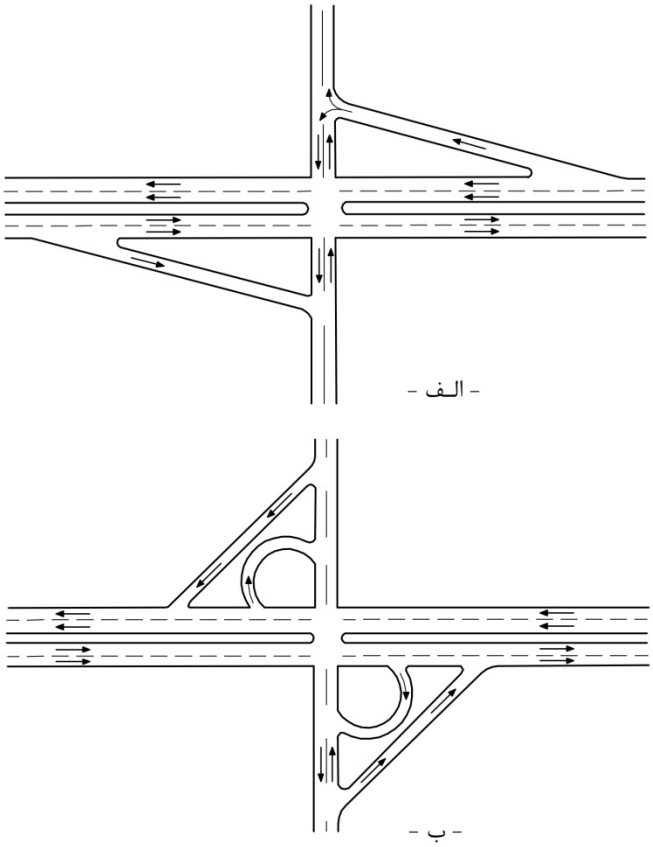
۸-۷-۱- میانه کم‌عرض

در مواردی که مقدار ترافیک گردش به چپ قابل ملاحظه است و بدلیل عدم وجود عرض کافی در میانه، اجرای طرح تسهیلات لازم امکان‌پذیر نیست، می‌توان از طرح‌های شکل (۸-۴۱) برای طرح مسیرهای گردش به چپ غیر مستقیم استفاده کرد.

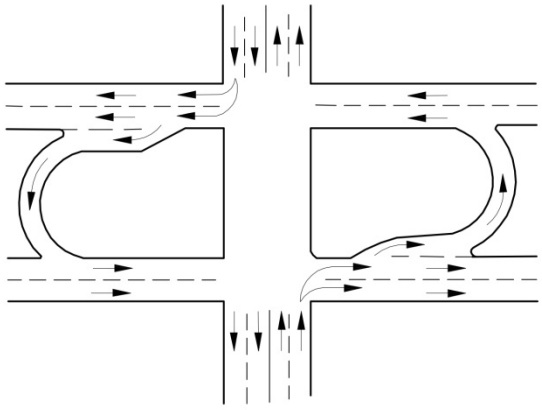
استفاده از این نوع طرح‌ها برای گردش به چپ می‌تواند خطر ناشی از کاهش سرعت برای دور زدن و احتمال تصادف از عقب را کاهش دهد.

۸-۷-۲- میانه عریض

در مواردی که ترافیک گردش به چپ در تقاطع دو راه، سنگین و قابل ملاحظه است، در صورت وجود عرض کافی در میانه، می‌توان از طرح نشان داده شده در شکل (۸-۴۲) برای طرح گردش به چپ غیر مستقیم استفاده کرد. **فاصله این نوع از مسیرهای گردشی از تقاطع، باید ۱۲۰ تا ۱۸۰ متر باشد.**



شکل ۸-۴۱- طرح مسیرهای گردش به چپ غیر مستقیم در راه‌های با میانه کم‌عرض



شکل ۸-۴۲- طرح مسیرهای گردش به چپ غیر مستقیم در راه‌های با میانه عریض

۸-۸- دوربرگردان‌ها

گاه در میانه، بریدگی‌های مجزایی برای دور زدن (دوربرگردان‌ها) در نظر گرفته می‌شود. این بریدگی‌ها برای جلوگیری از قطع مستقیم جریان ترافیک یا تغییر مسیر و یا دسترسی به کاربری‌های مجاور سمت دیگر راه[۵] طرح می‌شوند. موقعیت و تعداد آنها باید

۵- در مورد بازشوهای اضطراری به فصل چهارم مراجعه شود.

تابع نیازهای محلی باشد. فاصله آنها از دسترسی‌های اختصاصی و تقاطع‌ها با رعایت ردیف‌های (۴-۴-۴) و (۸-۱-۲) تعیین می‌شود. **دوربرگردان‌ها باید در محل‌هایی در نظر گرفته شوند که فاصله دید انتخاب تأمین شده باشد.** در جدول (۸-۱۷)، شکل شماتیک دوربرگردان و مشخصات حداقل برای طراحی آن آورده شده است.

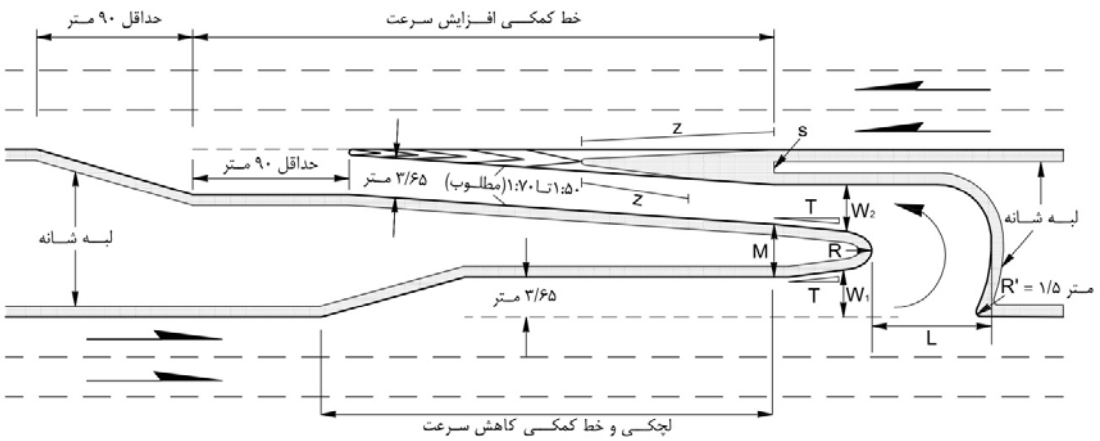
برای جلوگیری از ورود مستقیم جریان گردشی به مسیر مقابل، باید حداقل تا انتهای لچکی دماغه مسیر گردشی، شانه مسیر گردشی و مسیر اصلی حفظ شود. همچنین بسته به شرایط از حفاظ یا جداکننده ایمن در طول مناسب استفاده شود. به طورکلی اتخاذ تمهیدات ایمنی شامل نصب علائم و تجهیزات ایمنی با توجه به شرایط محیطی برای جلوگیری از بروز رفتارهای پرخطر الزامی است.

در صورت کم عرض بودن میانه، طراح برای تأمین عرض کافی باید راستای مسیر را به نحوی تغییر دهد که ترافیک عبوری بتواند به طور ایمن حرکت کند. در این حالت تعداد خط‌های مسیر اصلی و عرض آنها نباید تغییر کند.

در طراحی دو دوربرگردان مجاور هم با گردش‌های مخالف، مسیرهای گردشی برای آنها باید جداگانه در نظر گرفته شود. فاصله بین این مسیرها (بین لبه سواره‌روها) ۳۰ متر توصیه می‌شود.

در صورت وجود میانه عریض و طولانی شدن مسیر گردشی، عرض این مسیر به نحوی طراحی شود که حداقل، امکان سبقت از خودروی متوقف شده وجود داشته باشد. در این حالت به ردیف (۸-۴-۴) مراجعه شود. برای طراحی لچکی و خط‌های کمکی کاهش سرعت به ردیف (۸-۹-۱) و خط‌های افزایش سرعت به ردیف (۸-۹-۴) مراجعه شود.

جدول ۸-۱۷- طرح حداقل برای دوربرگردان‌ها



خودروی طرح	حداقل عرض میانه (M) (متر)	حداقل طول بازشدگی (L) (متر)	حداقل شعاع (R) (متر)	W_1 [1] (متر)	W_2 [1] (متر)	شیب لچکی دماغه (T) (عرض به طول)
سبک	۱۰	۵	۵	۳/۶۵	۳/۶۵	–
اتوبوس	۱۹	۷	۹	۴/۱۵	۴/۱۵	۱:۱۰
کامیون نوع یک	۲۱	۱۰	۸	۵	۷/۳	۱:۶
کامیون نوع دو	۲۱	۱۵	۷	۴/۶۵	۹/۶۵	۱:۶

۱- این مقادیر بر اساس عرض خط کمکی برابر با ۳/۶۵ متر است. در صورت تغییر عرض، این مقادیر به همان میزان تغییر خواهند کرد.

تبصره ۱. در صورت نیاز به ایجاد امکان سبقت در خط کمکی افزایش سرعت، عرض این خط باید حداقل ۵/۸۵ متر باشد.

تبصره ۲. طول لچکی عقب‌نشینی (Z) منطبق با ردیف (۹-۴-۷-۵) و مقدار S بین ۱/۲ تا ۲/۴ متر

۸-۹- خط‌های کمکی در تقاطع

در تقاطع‌ها و دوربرگردان‌ها، خط‌های کمکی به عنوان خط کاهش سرعت و انباشت (ذخیره) برای خروج از راه و گردش به چپ یا به عنوان خط افزایش سرعت برای خودروهای راستگرد پس از اتمام گردش به راست و یا برای افزایش ظرفیت و ایمنی تقاطع در نظر گرفته می‌شوند.

خط کمکی باید طول و پهنای کافی داشته باشد تا راننده وسیله نقلیه را به راحتی به آن هدایت کرده و بتواند سرعت وسیله نقلیه را به حد سرعت طرح مسیر اصلی (در خط‌های افزایش سرعت) یا سرعت طرح مسیر فرعی (در خط‌های کاهش سرعت) برساند. عرض هر خط کمکی بین ۳ تا ۳/۶۵ متر است.

در حالت هم‌گرایی، اگر زاویه خط افزایش سرعت با مسیر اصلی کمتر از ۱۵ درجه باشد، الحاق ترافیک ورودی به جریان اصلی به بهترین نحو انجام می‌شود.

استفاده از خط گردش به چپ در تقاطع‌ها در راه‌های جداشده و نیز در راه‌های جدانشده در مسیرگردشی با حجم ترافیک گردش به چپ بیشتر از ۲۰۰ وسیله نقلیه در روز در سال طرح، الزامی است. در سایر موارد باید توسط طراح بررسی شود.

در تقاطع‌ها، استفاده از خط‌های کمکی برای گردش به راست ورودی یا خروجی لازم است. در محل‌های دسترسی اختصاصی در بزرگراه و راه‌های اصلی، استفاده از خط کاهش سرعت (خروجی) ضروری است، البته طول آن در صورت تأمین ایمنی می‌تواند حداقل تا نصف طول حاصل از ردیف (۸-۹-۳) انتخاب شود. استفاده از خط افزایش سرعت برای محل دسترسی‌های اختصاصی باید توسط طراح بررسی شود.

در ذیل انواع خط‌های کمکی و طرح‌های آن آورده شده است:

۸-۹-۱- خط کمکی گردش به چپ در راه‌های دارای میانه

در این حالت با کاهش عرض میانه، خط کمکی ایجاد می‌شود. طول خط کمکی شامل سه قسمت است:

- لچکی ورودی
- طول کاهش سرعت
- طول انباشت (ذخیره)

۸-۹-۱-۱- لچکی

برای لچکی ورودی از طرح‌های نشان داده شده در شکل (۸-۴۳) استفاده می‌شود. انواع طرح‌های لچکی عبارتند از:

الف) لچکی به صورت خط مستقیم

- اجرای این حالت بسیار ساده است.
- شیب لچکی ۱:۸ برای سرعت‌های طرح کمتر از ۵۰ کیلومتر در ساعت مناسب است.
- شیب لچکی ۱:۱۵ برای سرعت‌های طرح بالاتر از ۵۰ کیلومتر در ساعت مناسب است.

ب) لچکی نیمه مستقیم

- طول بخش مستقیم حدود یک دوم تا یک سوم طول کل لچکی است.
- برای سرعت‌های طرح بالاتر (نسبت به حالت الف) مناسب است.
- شماره‌های بالاتر در شکل برای سرعت‌های طرح بالاتر مناسب است.

پ) لچکی با قوس معکوس متقارن

- برای سرعت‌های طرح بالاتر نسبت به حالت (ب) مناسب است.
- اجرا نسبت به حالت (ب) مشکل‌تر است.
- شماره‌های بالاتر در شکل برای سرعت‌های طرح بالاتر مناسب است.

ت) لچکی با قوس معکوس نامتقارن

- برای سرعت‌های طرح بسیار بالا مناسب است.
- اجرا نسبت به حالت (پ) مشکل‌تر است.
- شماره‌های بالاتر در شکل برای سرعت‌های طرح بالاتر مناسب است.

۸-۹-۱-۲- طول کاهش سرعت

طول کاهش سرعت بر اساس سرعت طرح در جدول (۸-۱۸) ارائه شده است. این طول بر اساس شیب طولی کمتر از ۳ درصد می‌باشد.

جدول ۸-۱۸- طول کاهش سرعت در راه‌های دارای میانه

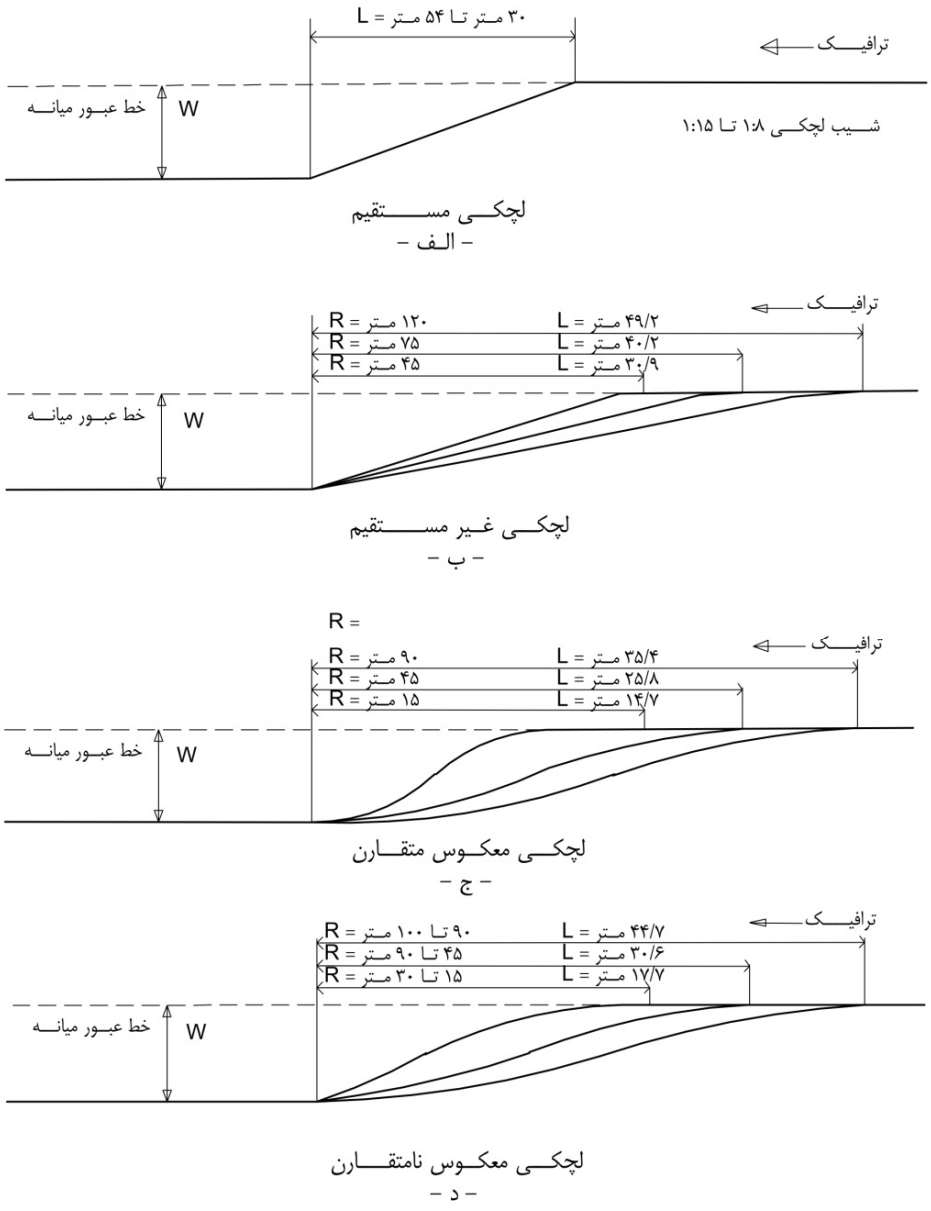
سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	≥ ۱۰۰
طول کاهش سرعت (متر)	۵۰	۷۰	۹۵	۱۲۰	۱۵۰	۱۷۰

۸-۹-۱-۳- طول انباشت

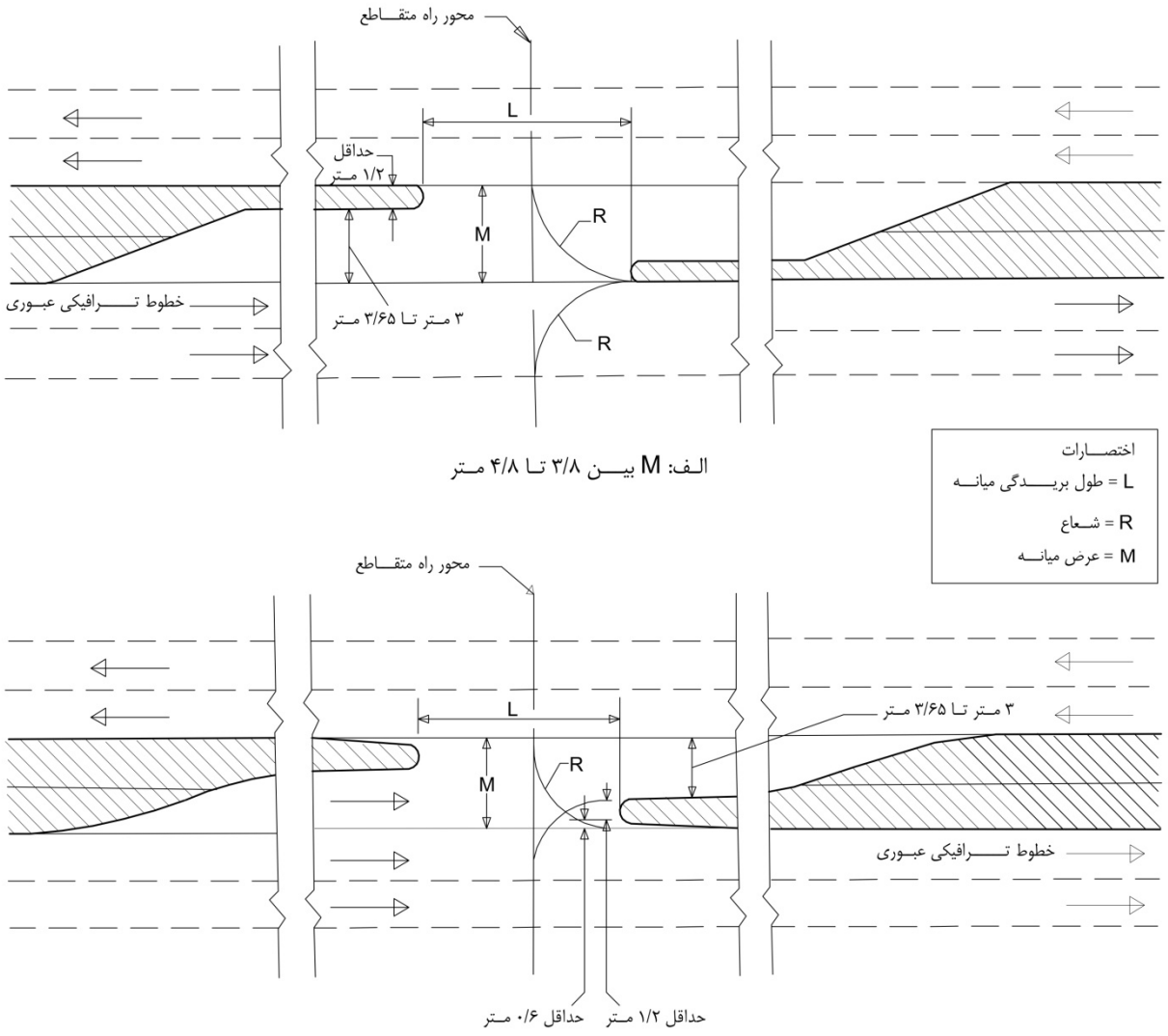
با توجه به اینکه حرکت گردش به چپ در تقاطع، معمولاً مستلزم توقف در محل تقاطع و سپس انجام حرکت گردش به چپ در فرصت خلوت از بین جریان ترافیک روبرو است، لذا بهتر است برای تجمع وسایل نقلیه چپ‌گرد در محل تقاطع، طول مناسبی پیش‌بینی شود. در تقاطع‌های بدون چراغ، طول ناحیه انباشت بر اساس تعداد وسایل نقلیه‌ای که در خلال مدت زمان ۲ دقیقه در ساعت اوج، قصد گردش به چپ دارند، تعیین می‌شود. برای این منظور، فضای لازم برای حداقل ۲ وسیله نقلیه شخصی به طول هریک ۵/۷ متر، در نظر گرفته می‌شود. اگر سهم وسایل نقلیه سنگین از ترافیک ساعت اوج تقریباً ۱۰ درصد یا بیشتر باشد، در این صورت طول لازم حداقل برای یک وسیله نقلیه سبک و یک وسیله نقلیه سنگین پیش‌بینی می‌شود (۲۰-۲۵متر).

۸-۹-۱-۴- طرح گردش به چپ در راه‌های دارای میانه

در شکل‌های (۸-۴۴) و (۸-۴۵) طرح‌های گردش به چپ بر اساس عرض میانه‌ها با استفاده از خط کمکی آورده شده است. در شرایط خاصی که عرض میانه فقط ۳ تا ۳/۶۵ متر است، طرح انتهایی میانه با خط‌کشی یا گل میخ و با عرض ۰/۶ متر ایجاد می‌شود.



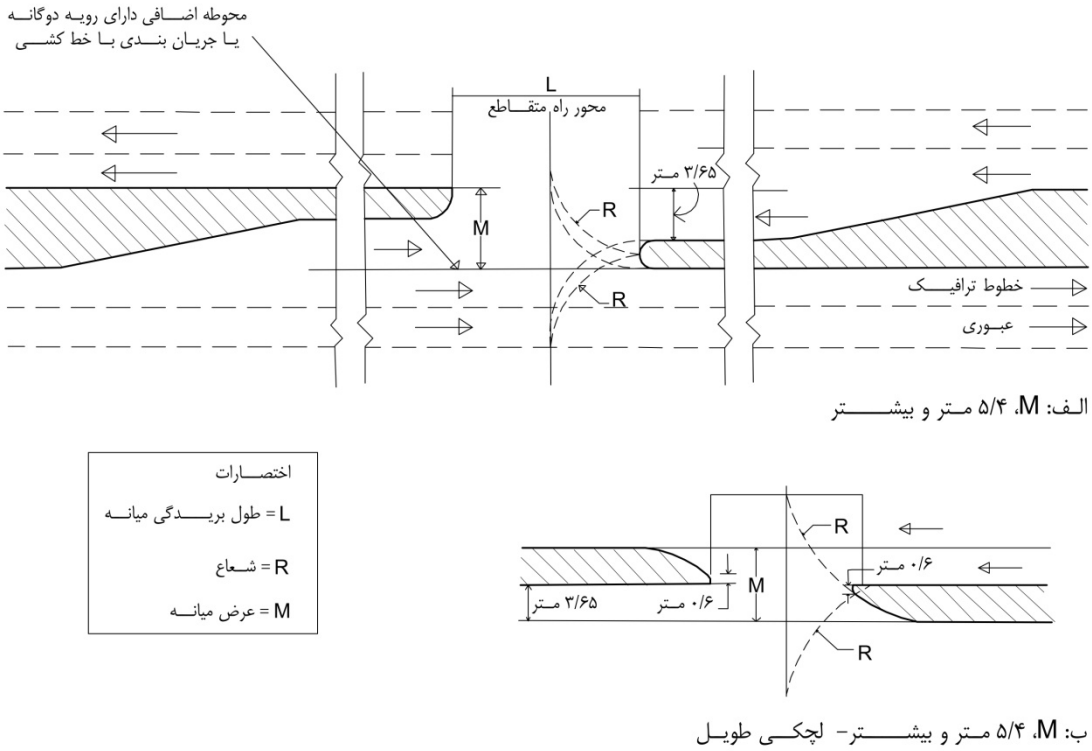
شکل ۸-۴۳- طرح لچکی برای خط کمکی



الـف: M بیـــن ۳/۸ تـا ۴/۸ مـتر

ب: M بیـــن ۴/۸ تـا ۵/۴ مـتر

شکل ۸-۴۴- طرح گردش به چپ با خط کمکی در راه‌های دارای میانه ۳/۸ تا ۵/۴ متر



شکل ۸-۴۵- طرح گردش به چپ با خط کمکی در راه‌های دارای میانه بیشتر از ۵/۴ متر

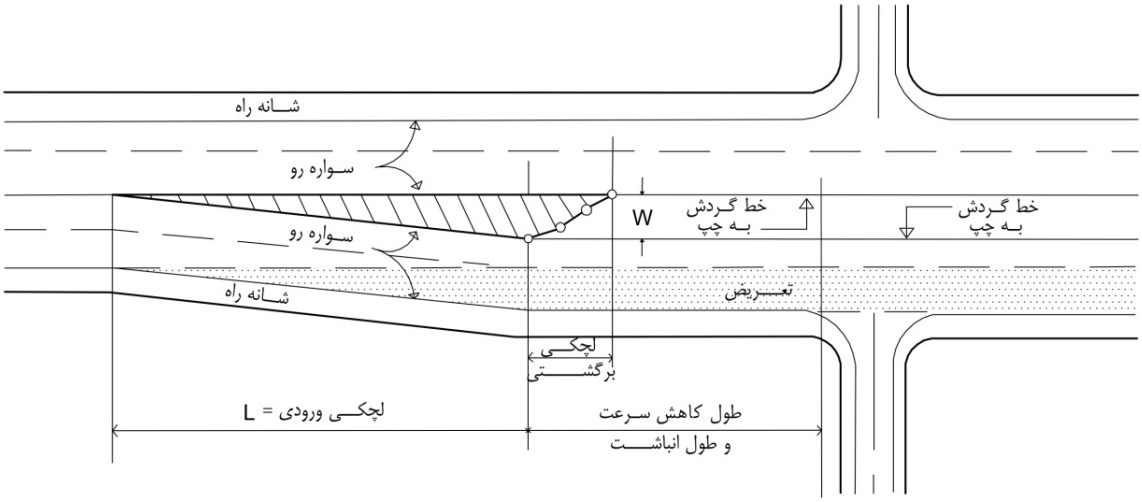
۸-۹-۲- خط کمکی گردش به چپ در راه‌های فاقد میانه

در راه‌هایی که فاقد میانه است، به منظور تأمین عرض لازم برای ترافیک گردش به چپ در محل ورودی تقاطع، لازم است در فاصله مناسبی از تقاطع، ترافیک عبوری به سمت راست هدایت شود. این امر به صورت افزایش تدریجی عرض راه از سمت راست به صورت لچکی و با ایجاد لچکی موازی با آن در سمت چپ راه با استفاده از حفاظ یا گل میخ و یا خط کشی برای ایجاد میانه و فضای لازم برای گردش به چپ انجام می‌شود. در این حالت طول خط کمکی شامل بخش‌های زیر است:

- لچکی ورودی
- طول کاهش سرعت
- طول انباشت

۸-۹-۲-۱- لچکی ورودی

طول لچکی ورودی از رابطه نشان داده شده در شکل (۸-۴۶) بدست می‌آید.



$L=\frac{2}{3}WV$ بـرای V بزرگـــتر یـا مسـاوی ۷۰ کیلومـــــتر در سـاعت

یـا

$L=\frac{WV^2}{150}$ بـرای V کوچکـــتر از ۷۰ کیلومـــــتر در سـاعت

L = طول لچکـــی ورودی - مـتر

V = سـرعت طرح - کیلومـــــتر در سـاعت

W = عرض خط تغیـــیر سـرعت - مـتر

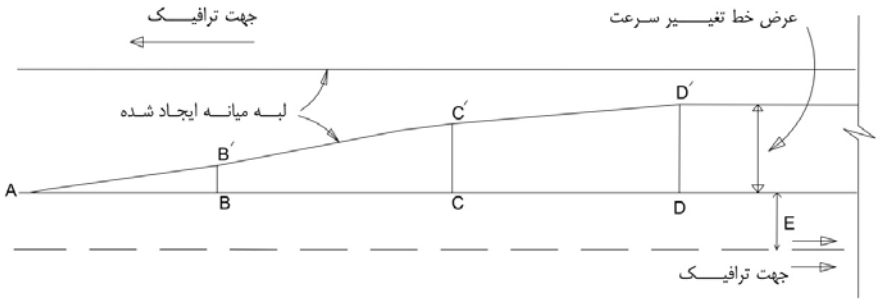
شکل ۸-۴۶ جزئیات طرح گردش به چپ با خط کمکی در راه‌های فاقد میانه

۸-۹-۲-۲- طول کاهش سرعت

طول کاهش سرعت در این حالت بر اساس سرعت طرح در جدول (۸-۱۹) ارائه شده است. این طول بر اساس شیب طولی کمتر از ۳ درصد می‌باشد. این طول شامل طول لچکی برگشتی نیز می‌باشد. لچکی برگشتی، خط یا منحنی معکوسی در طول لبه سمت چپ مسیر است که ترافیک گردش را به طرف خط مخصوص گردش به چپ هدایت می‌کند. طول لچکی برگشتی که به شکل قوس معکوس طرح می‌شود، برای راه‌های برون‌شهری ۳۶ متر می‌باشد. در شکل (۸-۴۷)، مشخصات لچکی برگشتی ارایه شده است.

جدول ۸-۱۹- طول کاهش سرعت در راه‌های فاقد میانه

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	≥ ۱۰۰
طول کاهش سرعت (متر)	۷۵	۹۴	۱۱۳	۱۳۲	۱۵۰	۱۷۰



E = میزان جابجایی AD = طول لچکی برگشتی AB = BC = CD = $\frac{۱}{۳}$ AD

E = ۰/۶ متر، ایجاد میانه با استفاده از حفاظ و جدول E = صفر، ایجاد میانه با گل میخ یا خط کشی

طول لچکی = ۳۶ متر	فاصله عقب‌نشینی (متر)		
فاصله از نقطه A	عرض خط (DD') (متر)		
(متر)	۳	۳/۳	۳/۶۵
–	۰	۰	۰
۳	۰/۰۴۸	۰/۰۵۱	۰/۰۵۷
۶	۰/۱۸۶	۰/۲۰۷	۰/۲۲۵
۹	۰/۴۲۳	۰/۴۶۵	۰/۵۰۷
۱۲ (نقطه B)	۰/۷۵	۰/۸۲۵	۰/۹۰
۱۸	۱/۵۰	۱/۶۵	۱/۸۰
۲۴ (نقطه C)	۲/۲۵	۲/۴۷۵	۲/۷۰
۲۷	۲/۵۸	۲/۸۴	۳/۱۰
۳۰	۲/۸۱	۳/۰۹	۳/۳۸
۳۳	۲/۹۵	۳/۲۵	۳/۵۴
۳۶	۳	۳/۳	۳/۶۵

شکل ۸-۴۷- مشخصات لچکی برگشتی

۸-۹-۲-۳- طول انباشت

طول انباشت در این حالت، مشابه طول انباشت در طرح گردش به چپ دارای میانه می‌باشد.

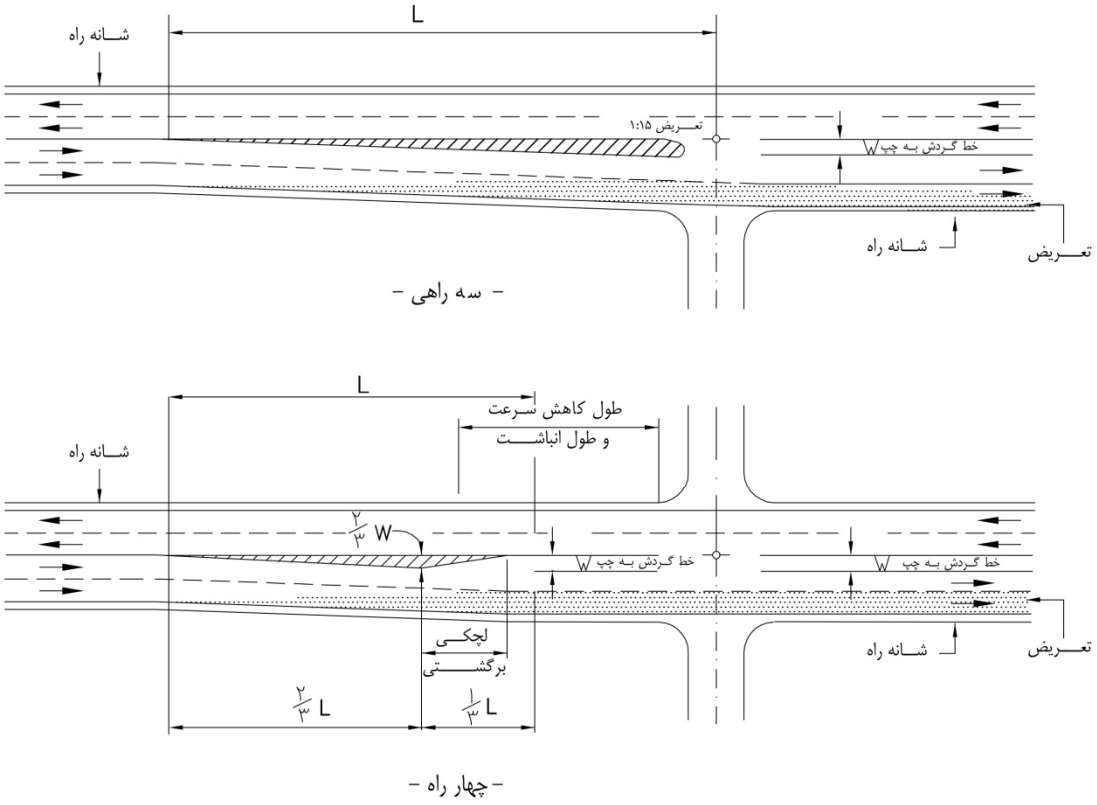
۸-۹-۲-۴- طرح گردش به چپ در راه‌های فاقد میانه

این طرح در تقاطع راه‌های دو خطه‌ای که دارای حجم قابل ملاحظه‌ای از ترافیک گردش به چپ می‌باشند، استفاده می‌شود. طرح معمول ایجاد فضای مخصوص گردش به چپ در شکل (۸-۴۶) نشان داده شده است. در این طرح، تمامی تعریض در سمت راست ورودی تقاطع انجام شده و خط کاهش سرعت (برای ترافیک گردش به چپ) پس از پایان کامل تعریض تدریجی شروع می‌شود.

در شکل‌های (۸-۴۸) و (۸-۴۹)، کل تعریض به تدریج در دو سوم طول لچکی انجام شده و شروع خط کاهش سرعت از دو سوم طول لچکی ورودی است (در شکل (۸-۴۶) تعریض در کل طول لچکی ورودی انجام شده است). به عبارت دیگر، یک سوم طول لچکی جزء طول کاهش سرعت محسوب می‌شود. در شکل (۸-۴۹)، تعریض لازم در یک طرف راه انجام نشده بلکه نیمی از آن در

سمت دیگر راه اعمال شده است. این طرح‌ها معمولاً در محل‌های با سرعت کم و متوسط (کمتر از ۷۰ کیلومتر در ساعت) و ترافیک نسبتاً کم، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در شرایطی که محدودیت‌هایی برای تعریض وجود داشته باشد، عرض شانه را می‌توان کاهش داد. **البته عرض شانه باید حداقل ۱/۲ متر (در صورت وجود جوی آب، ۱/۵ متر) باشد.**



$L = \frac{2}{3} W V$ برای V بزرگتر یا مساوی ۷۰ کیلومتر بر ساعت

یا

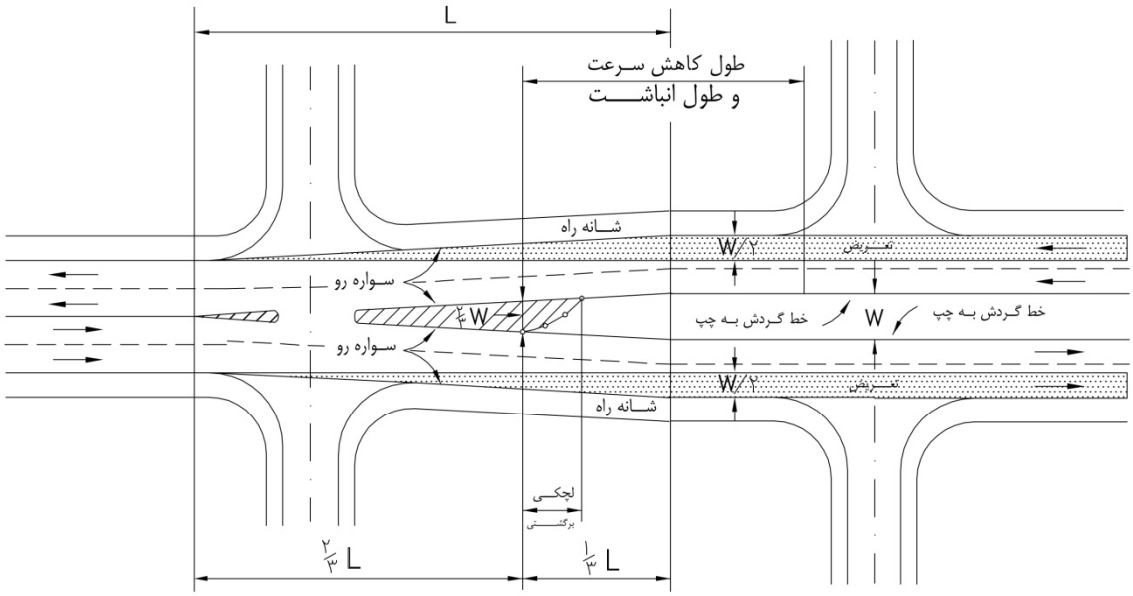
$L = \frac{W V^2}{150}$ برای V کوچکتر از ۷۰ کیلومتر بر ساعت

L= طول لچکی ورودی - حداکثر ۱۵۰ متر

V= سرعت طرح - کیلومتر بر ساعت

W= عرض خط تغییر سرعت - متر

شکل ۸-۴۸- طرح ایجاد خط مخصوص گردش به چپ در تقاطع‌ها (تعریض در یک طرف راه)



$L=\frac{1}{3}WV$ برای V بزرگتر یا مساوی ۷۰ کیلومتر بر ساعت

یا

$L=\frac{WV^2}{300}$ برای V کوچکتر از ۷۰ کیلومتر بر ساعت

L= طول لچکی ورودی - حداکثر ۱۵۰ متر
V= سرعت طرح - کیلومتر بر ساعت
W= عرض خط تغییر سرعت - متر

شکل ۸-۴۹- طرح ایجاد خط مخصوص گردش به چپ در تقاطع‌ها (تعریض در دو طرف راه)

۸-۹-۳- خط کمکی گردش به راست برای خروج از مسیر اصلی

در مورد ترافیک گردش به راست، تأخیرها نسبت به ترافیک گردش به چپ کمتر بوده و تصادف‌ها نیز از شدت کمتری برخوردار است. طول خط کمکی کاهش سرعت برای گردش به راست شامل دو جزء زیر است:

- لچکی
- طول کاهش سرعت

۸-۹-۳-۱- لچکی

در این طول، وسایل نقلیه‌ای که قصد گردش به راست درمحل تقاطع را دارند، بدون ترمزگیری از ترافیک مستقیم راه جدا می‌شوند. مشخصات لچکی در این حالت مشابه مشخصات لچکی در حالت خطوط کمکی گردش به چپ دارای میانه می‌باشد.

۸-۹-۳-۲- طول کاهش سرعت

در این طول، وسایل نقلیه گردش‌کننده به راست که با سرعت طرح مسیر مستقیم در حال حرکت هستند، با ترمزگیری سرعت خود را کاهش می‌دهند. طول کاهش سرعت در این حالت مشابه طول کاهش سرعت در حالت خط کمکی گردش به چپ راه‌های دارای میانه می‌باشد.

۸-۹-۳-۳- طرح گردش به راست برای خروج از مسیر اصلی

عرض خط عبور مخصوص گردش به راست برابر ۳/۶۵ متر است. در صورت امکان بهتر است پهنای شانه را به ۲/۴ متر افزایش داد تا فضای لازم برای عبور دوچرخه‌سواران، موتورسواران و همچنین توقف وسایل نقلیه‌ای که دچار نقص فنی شده‌اند، فراهم شود. در صورتی که محدودیت تأمین عرض کافی در تقاطع وجود داشته باشد، پهنای خط گردش به راست را می‌توان به ۳/۲۵ متر کاهش داد. در راه‌های با سرعت متوسط ۷۰ کیلومتر در ساعت و کمتر که دارای شرایط بسیار محدودکننده‌ای نیز باشند، می‌توان حداقل عرض خط گردش به راست را به ۳ متر رساند.

حداقل پهنای شانه نیز برابر ۱/۲متر در نظر گرفته می‌شود. در صورت وجود جوی آب، این فاصله باید به ۱/۵ متر افزایش داده شود. کاهش این عرض و یا حتی حذف کامل شانه تنها در شرایط بسیار محدودکننده و در شرایطی که حداقل عرض خط ۳/۲۵ متر برای گردش به راست در نظر گرفته شده، امکان‌پذیر است. کانال‌های آب‌رو را می‌توان از شانه راه عبور داد اما نمی‌توان به عنوان بخشی از خط گردش به راست در نظر گرفت.

تبصره: برای طراحی خط گردش به راست در تقاطع‌ها، به غیر از استفاده از خط‌های کمکی می‌توان از لچکی‌ها نیز استفاده کرد. به فصل تبادل‌ها، ردیف (۹-۵-۲-۵- الف) مراجعه شود.

۸-۹-۴- خط کمکی گردش به راست برای ورود به مسیر اصلی

طول خط کمکی برای گردش به راست شامل دو قسمت است:

- طول افزایش سرعت
- لچکی

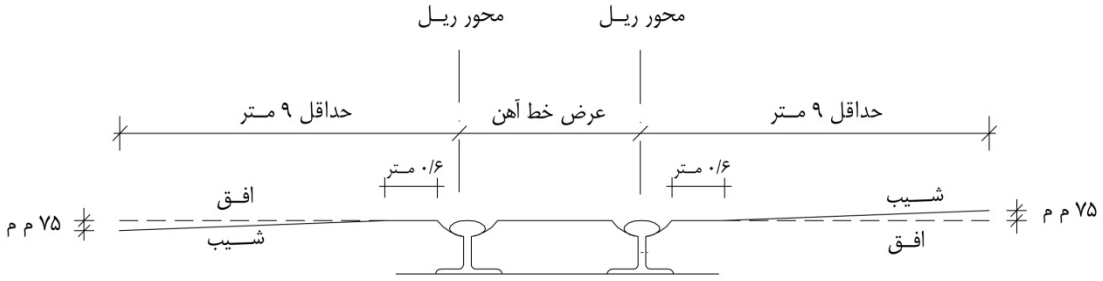
حداقل طول لازم برای خط افزایش سرعت و لچکی در جدول (۹- ۷) آورده شده است. عرض خط عبور گردش به راست برای ورود به مسیر اصلی مانند عرض خط گردشی در ردیف (۸-۹-۳-۳) می‌باشد.

تبصره: برای طراحی خط گردش به راست در تقاطع‌ها به غیر از استفاده از خط‌های کمکی می‌توان از لچکی‌ها نیز استفاده کرد. به فصل تبادل‌ها، ردیف (۹-۵-۲-۴- الف) مراجعه شود.

۸-۱۰- تقاطع با راه‌آهن

تقاطع راه با راه‌آهن، محلی حادثه آفرین و خطرناک است. به همین دلیل بهتر است درصورت امکان راه از زیر یا روی راه‌آهن عبور کند و تقاطع هم‌سطح نداشته باشد. **در صورت ترافیک کم و اقتصادی نبودن زیرگذر یا روگذر، می‌توان تقاطع راه با راه‌آهن را هم‌سطح در نظر گرفت. طرح هندسی پلان و نیمرخ راه در محل تقاطع با راه‌آهن باید به گونه‌ای باشد که راننده مجبور به توجه به عوامل دیگر و شرایط محیط و در نتیجه غفلت از وجود راه‌آهن نشود.** زاویه تقاطع راه با راه‌آهن، بهتر است قائمه باشد. علاوه بر آن بهتر است که محل تقاطع در قسمت مستقیم راه و راه‌آهن واقع شود تا هم رانندگان و هم لکوموتیوران دید خوبی روی تقاطع داشته باشند.

نیمرخ تقاطع راه با راه‌آهن نیز بهتر است تا حد امکان ملایم‌تر و مسطح‌تر باشد زیرا در چنین حالتی فاصله دید بیشتری موجود خواهد بود و ترمزگیری یا شتاب‌گیری به نحو ساده‌تری انجام خواهد شد. حداکثر اختلاف شیب عرضی مجاز (سراشیبی یا سربالایی) بین سطح راه و راه‌آهن در شکل (۸-۵۰)، نشان داده شده است.



شکل ۸-۵۰- تقاطع راه- راه‌آهن

طرح هندسی تقاطع راه با راه‌آهن، معمولاً با نصب علامت‌های کنترل ترافیک همراه است. علامت‌های مورد استفاده برای این منظور، تابلوهای راهنمایی، علامت‌های افقی (خط نوشته‌های سطح راه)، چراغ‌های راهنمایی چشمک‌زن و یا دروازه‌های کنترل ترافیک (دستی یا خودکار) است. مهمترین عامل‌های مؤثر در انتخاب نوع سیستم کنترل این گونه تقاطع‌ها عبارت است از:

۱- طبقه عملکردی راه

۲- حجم ترافیک راه و راه‌آهن

۳- حداکثر سرعت قطار در حوالی تقاطع

۴- سرعت مجاز وسایل نقلیه

۵- آمار تصادف‌ها در تقاطع

۶- فاصله دید با وضع موجود در محل تقاطع

۷- طرح هندسی تقاطع

۸- ملاحظات اقتصادی

با افزایش حجم تردد و همچنین کاهش فاصله دید، توصیه می‌شود از سیستم‌های مطمئن‌تر همچون دروازه‌ی کنترل تردد و یا چراغ‌های راهنمایی به منظور کنترل تقاطع راه با راه‌آهن استفاده شود. علامت‌های افقی و عمودی کنترل تقاطع راه با راه‌آهن، در نشریه ۲۶۷، آیین نامه ایمنی راه‌ها آورده شده است.

چنانچه در بازدیدهای محلی و پس از مطالعه دقیق شرایط هندسی و ترافیکی محل، مشخص شود که تقاطع همسطح راه با راه‌آهن، ایمنی لازم را به وجود نمی‌آورد، در آن صورت باید نسبت به تغییر مسیر راه یا راه‌آهن و یا غیرهمسطح کردن تقاطع راه با راه‌آهن - با توجه به مطالعات اقتصادی - اقدام لازم انجام شود.

طرح‌های هندسی تقاطع راه با راه‌آهن، بسته به نوع سیستم کنترل آن، تفاوت‌های مختصری دارد. **چنانچه تابلو یا علامتگذاری سطح راه، تنها وسیله اعلان خطر وجود راه‌آهن و کنترل ترافیک تقاطع باشد، در آن صورت زاویه تقاطع باید قائمه یا خیلی نزدیک به آن باشد.** چنانچه از چراغ‌های چشمک‌زن و یا دروازه‌های کنترل تردد استفاده شده

باشد، از ایجاد زاویه‌های تقاطع کوچک در تقاطع اجتناب می‌شود. راه در محل تقاطع بهتر است درصورت امکان افقی باشد تا این اجازه را به وسایل نقلیه بدهد که در صورت گذر قطار از محل تقاطع، پشت خط توقف بایستد و پس از گذر آن بدون هیچ مشکلی از تقاطع عبور کند.

دو وضعیت قرارگیری خودرو نسبت به قطار در حال نزدیک شدن به تقاطع، برای تعیین فاصله دید لازم در محل تقاطع راه با راه‌آهن عبارت است از:

وضعیت اول: راننده خودرو، قطار در حال نزدیک شدن به تقاطع را در خط دید خود دارد و می‌تواند به راحتی پیش از رسیدن قطار به محل تقاطع از آن عبور کند.

وضعیت دوم: راننده خودرو، قطار در حال نزدیک شدن به تقاطع را در خط دید خود دارد اما تصمیم به توقف گرفته و قبل از تقاطع، توقف کامل می‌کند.

هر دوی این وضعیت‌ها درشکل (۸-۵۱) تحت عنوان حالت الف نشان داده شده است. در جدول (۸-۲۰)، مقدارهای فاصله دید ایمن در حالت الف برای سرعت‌های مختلف حرکت خودرو و قطار نشان داده شده است.

جدول ۸-۲۰- فاصله دید طرح راه بر حسب سرعت‌های مختلف خودرو و قطار

سرعت قطار (کیلومتر در ساعت)	حالت ب- شروع به حرکت از حالت توقف	حالت الف- سرعت خودروی در حال حرکت (کیلومتر در ساعت)											
		۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰
	فاصله قطار از تقاطع (متر)												
۱۰	۴۵	۳۸	۲۴	۲۰	۱۵	۱۳	۱۸	۲۰	۲۱	۲۲	۲۴	۲۵	۲۶
۲۰	۹۱	۷۷	۴۸	۴۰	۳۷	۳۷	۳۸	۴۰	۴۳	۴۴	۴۷	۵۰	۵۳
۳۰	۱۳۶	۱۱۵	۷۲	۶۰	۵۶	۵۶	۵۸	۶۱	۶۴	۷۱	۷۱	۷۶	۷۹
۴۰	۱۸۱	۱۵۳	۹۶	۸۰	۷۵	۷۵	۷۷	۸۱	۸۵	۹۴	۹۴	۱۰۱	۱۰۵
۵۰	۲۲۷	۱۹۲	۱۲۰	۱۰۰	۹۴	۹۳	۹۶	۱۰۱	۱۰۶	۱۱۱	۱۱۸	۱۲۶	۱۳۲
۶۰	۲۷۲	۲۳۰	۱۱۴	۱۲۰	۱۱۲	۱۱۲	۱۱۵	۱۲۱	۱۲۸	۱۳۳	۱۴۱	۱۵۱	۱۵۸
۷۰	۳۱۷	۲۶۸	۱۶۸	۱۴۰	۱۳۱	۱۳۱	۱۳۴	۱۴۱	۱۲۹	۱۵۵	۱۶۵	۱۷۶	۱۸۵
۸۰	۳۶۲	۳۰۷	۱۹۳	۱۶۱	۱۵۰	۱۴۹	۱۵۴	۱۶۲	۱۷۰	۱۷۷	۱۸۹	۲۰۲	۲۱۱
۹۰	۴۰۸	۳۴۵	۲۱۷	۱۸۱	۱۶۸	۱۶۸	۱۷۳	۱۸۲	۱۹۱	۱۹۹	۲۱۲	۲۲۷	۲۳۷
۱۰۰	۴۵۳	۳۸۳	۲۴۱	۲۰۱	۱۸۷	۱۸۷	۱۹۲	۲۰۲	۲۱۳	۲۲۱	۲۳۶	۲۵۲	۲۶۴
۱۱۰	۴۹۸	۴۲۲	۲۶۵	۲۲۱	۲۰۶	۲۰۵	۲۱۱	۲۲۲	۲۳۴	۲۴۴	۲۵۹	۲۷۷	۲۹۰
۱۲۰	۵۴۴	۴۶۰	۲۸۹	۲۴۱	۲۲۵	۲۲۴	۲۳۰	۲۴۲	۲۵۵	۲۶۶	۲۸۳	۳۰۲	۳۱۶
۱۳۰	۵۸۹	۴۹۸	۳۱۳	۲۶۱	۲۴۳	۲۴۳	۲۴۹	۲۶۳	۲۷۵	۲۸۸	۳۰۶	۳۲۷	۳۴۳
۱۴۰	۶۳۴	۵۳۷	۳۳۷	۲۸۱	۲۶۲	۲۶۱	۲۶۹	۲۸۳	۲۹۸	۳۱۰	۳۳۰	۳۵۳	۳۶۹

چنانچه زاویه تقاطع، قائمه یا منطقه قرارگیری تقاطع مسطح نباشد، در مقادیر بالا اصلاحاتی انجام می‌شود که مشابه با اثر شیب در طول مسیرها است. وضعیت دیگر قرارگیری خودرو نسبت به قطار این است که وسیله نقلیه‌ای که پشت خط ریل توقف کرده است، قصد شروع به حرکت و گذر از محل تقاطع را دارد. چنین وضعیتی در شکل (۸-۵۲) نشان داده شده و مقدارهای لازم برای فاصله دید در این حالت نیز در جدول (۸-۲۰) تحت عنوان حالت ب آمده است.

چنانچه تأمین فاصله دید مندرج در جدول (۸-۲۰) امکان‌پذیر نباشد، باید با استفاده از علائم کنترل ترافیک، توجه رانندگان خودروها را به وجود تقاطع با راه‌آهن جلب کرده و باعث توقف آنها تا رسیدن به محل تقاطع شد.

$$d_H = 0.28V_V t + \frac{V_v^2}{254t} + D + d_e$$

$$d_T = \frac{V_T}{V_v}[0.28V_V t + \frac{V_v^2}{254t} + D + \mathrm{L} + \mathrm{W}]$$

d_H= فاصله دید در طول راه

d_T= فاصله دید در طول ریل راه‌آهن

V_v= سرعت خودرو

t= زمان درک و عکس‌العمل (۲/۵ ثانیه فرض می‌شود)

f= ضریب اصطکاک

D= فاصله خط ایست تا ریل (۴/۵ متر فرض می شود)

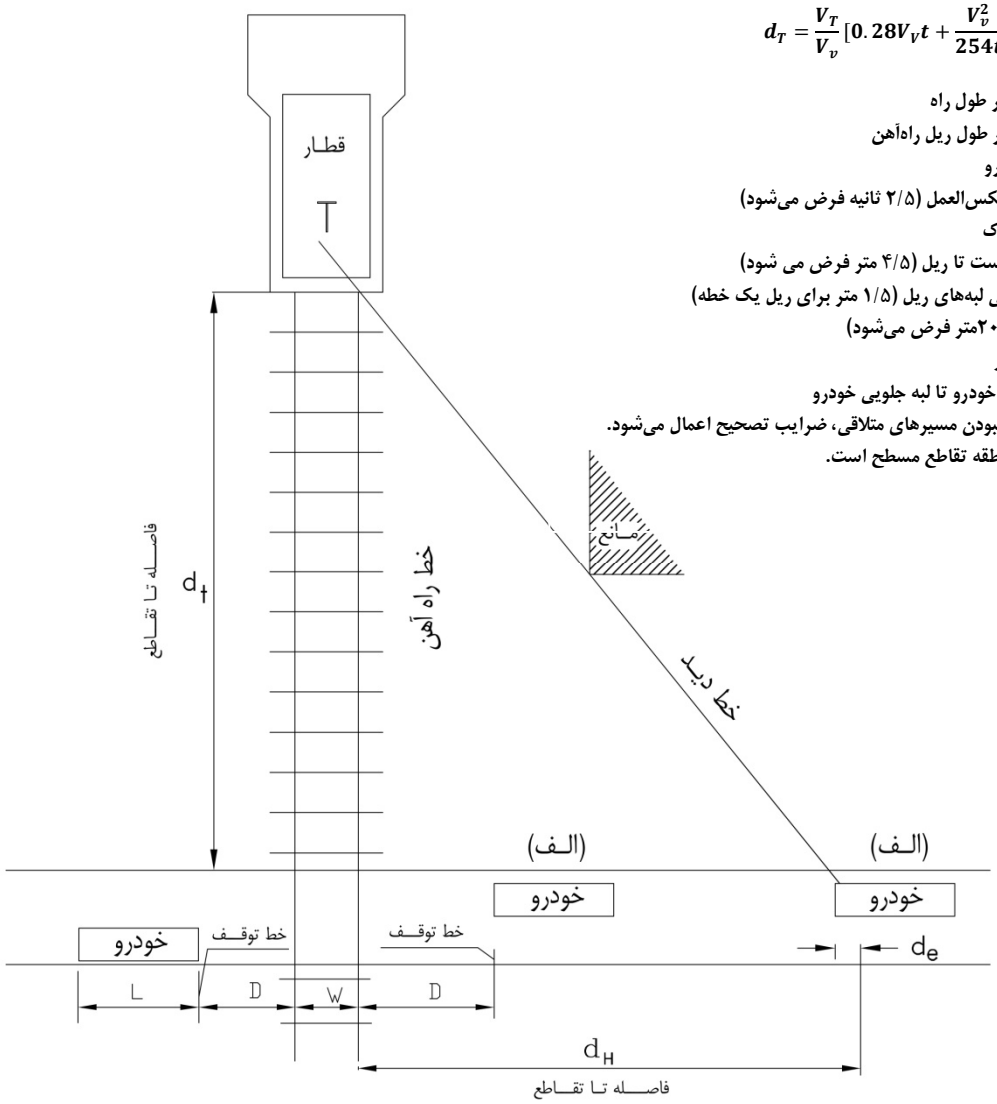
W= فاصله خارجی لبه‌های ریل (۱/۵ متر برای ریل یک خطه)

L= طول خودرو (۲۰متر فرض می‌شود)

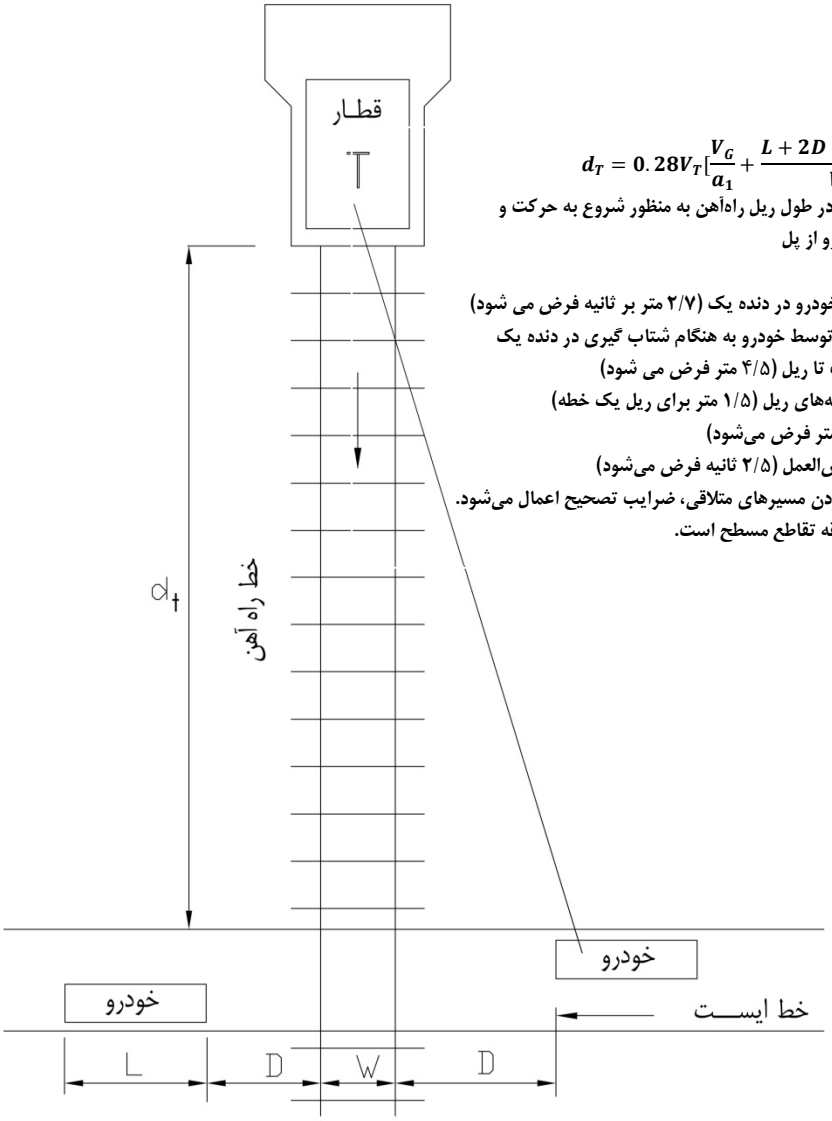
V_T= سرعت قطار

d_e= فاصله راننده خودرو تا لبه جلویی خودرو

- در صورت عمود نبودن مسیرهای متلاقی، ضرایب تصحیح اعمال می‌شود.
- فرض می‌شود منطقه تقاطع مسطح است.



شکل ۸-۵۱- پارامترهای مؤثر در فاصله دید ایمن تقاطع راه با راه‌آهن (در شرایطی که خودرو در حال حرکت است)



$$d_T = 0.28V_T[\frac{V_G}{a_1} + \frac{L + 2D + W - d_a}{V_G} + J]$$

d_T= فاصله دید لازم در طول ریل راه‌آهن به منظور شروع به حرکت و عبور ایمن خودرو از پل

V_G= سرعت قطار

a_1= حداکثر سرعت خودرو در دنده یک (۲/۷ متر بر ثانیه فرض می شود)

d_a= فاصله طی شده توسط خودرو به هنگام شتاب گیری در دنده یک

D= فاصله خط ایست تا ریل (۴/۵ متر فرض می شود)

W= فاصله خارجی لبه‌های ریل (۱/۵ متر برای ریل یک خطه)

L= طول خودرو (۲۰متر فرض می‌شود)

J= زمان درک و عکس‌العمل (۲/۵ ثانیه فرض می‌شود)

- در صورت عمود نبودن مسیرهای متلاقی، ضرایب تصحیح اعمال می‌شود.
- فرض می‌شود منطقه تقاطع مسطح است.

شکل ۸- ۵۲- فاصله دید ایمن لازم برای شروع حرکت وسیله نقلیه در حالت توقف و گذر از محل تقاطع

۸-۱۱- روش طراحی

طرح تقاطع بهتر است هماهنگ با حجم‌های ترافیک، سرعت وسایل نقلیه، ویژگی‌های ترافیکی مورد نظر، پستی و بلندی محل، طرح‌های توسعه منطقه، حریم راه موجود، سرمایه‌گذاری‌های لازم برای توسعه آن و عملکرد شاخه‌های تقاطع باشد. تمامی راه‌حل‌های ممکن برای طرح یا اصلاح هندسی تقاطع مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و در پایان طرح پیشنهادی اعلام می‌شود.

طرح هندسی تقاطع مستلزم بعضی از گام‌های زیر یا همه آنها است.

گام اول – جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات ترافیکی به منظور تعیین یا پیش‌بینی حجم‌های ترافیک ساعت یا ساعات اوج در شبانه‌روز برای کلیه حرکت‌های موجود در تقاطع و در نظر گرفتن ضریب رشد آتی.

گام دوم – جمع‌آوری اطلاعات فیزیکی لازم برای محل تقاطع همچون نقشه‌های توپوگرافی و موقعیت محل در وضعیت موجود و آینده.

گام سوم – تعیین موقعیت، نوع و سایر پارامترهای طراحی شاخه‌های منتهی به تقاطع در وضعیت موجود و آتی.

گام چهارم – تهیه طرح مقدماتی گزینه‌های مختلف که جوابگوی نیازهای ترافیکی بوده و اجرای آنها از نظر فنی و اقتصادی امکان‌پذیر باشد.

گام پنجم – تجزیه و تحلیل گزینه‌های مورد اشاره در گام چهارم و انتخاب دو یا چند گزینه برتر به منظور تهیه طرح‌های اولیه.

گام ششم – تهیه طرح‌های اولیه گزینه‌های منتخب در گام پنجم.

گام هفتم – ارزیابی و تجزیه و تحلیل هر یک از طرح‌های اولیه با توجه به عملکرد ایمن، خصوصیات هندسی، نسبت حجم به ظرفیت، ویژگی‌های عملیاتی، سازگاری با محیط اطراف، پاسخگویی به جریان ترافیک در خلال عملیات ساخت و قابلیت ساخت مرحله‌ای.

گام هشتم – برآورد هزینه اجرای هر یک از طرح‌های اولیه، مشتمل بر هزینه‌های تملک زمین، پاکسازی و تسطیح محل، ساخت، نگهداری و بهسازی، حفظ جریان ترافیک در خلال عملیات ساخت و غیره.

گام نهم – محاسبه نسبت منفعت به هزینه استفاده‌کنندگان راه و یا نرخ بازگشت سرمایه‌گذاری برای هریک از گزینه‌های منتخب در گام پنجم.

گام دهم – در نظر گرفتن توأم نتایج گام‌های هفتم و هشتم و نهم برای دستیابی به طرح هندسی بهینه.

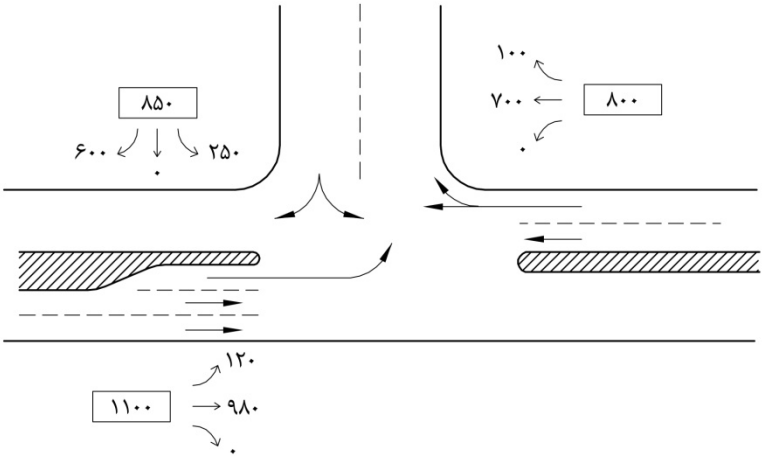
گام یازدهم – تهیه پروژه شامل پلان، نیمرخ‌های طولی و عرضی، جزئیات طرح روسازی، تخلیه آب‌های سطحی، برآورد و حجم عملیات و هزینه و گزارش مرحله دوم برای طرح پیشنهادی مورد تأیید کارفرما.

۸-۱۱-۱- اطلاعات پایه

۸-۱۱-۱-۱- اطلاعات ترافیکی

اطلاعات ترافیکی و فیزیکی، مشترکاً بیشترین تأثیر را بر نوع تقاطع و خصوصیات هندسی آن دارد. بهترین روش ارائه اطلاعات ترافیکی، استفاده از طرح‌های شماتیک یا قیاسی است که حجم و جهت‌های ترافیکی کلیه حرکت‌ها روی آن مشخص شده است. نمونه‌ای از این طرح‌ها در شکل (۸-۵۳) نشان داده شده است.

در طرح‌های شماتیک، شایسته است که حجم ترافیک ساعت اوج هریک از حرکت‌های مستقیم و گردشی موجود در تقاطع و هم‌چنین درصد وسایل نقلیه سنگین موجود آن حرکت در خلال همان دوره زمانی (ساعت اوج رفت یا ساعت اوج برگشت) مشخص شود. در تقاطع‌های کم اهمیت که حجم ترافیک آنها کم است، این گونه اطلاعات تعیین‌کننده و ضروری نیست.



شکل ۸-۵۳- طرح شماتیک یا قیاسی اطلاعات ترافیکی تقاطع

نموداری که حداکثر حجم‌های ساعتی کلیه حرکات ترافیکی تقاطع را نشان می‌دهد، تصویری واقعی از وضعیت ترافیک تقاطع به منظور طراحی آن بدست نمی‌دهد. زیرا چنین نموداری ترکیبی از حداکثر حجم‌های ساعتی را که شاید در زمان‌های مختلف اتفاق افتاده‌اند، نشان می‌دهد. چه بسا ممکن است حجم ساعت اوج یک حرکت قبل از ظهر (از ۶ صبح تا ظهر) و حجم ساعت اوج جهت مقابل آن، بعد از ظهر (از ظهر تا ۱۰ شب) بوقوع پیوندد. بطور کلی در شرایطی که حجم ترافیک، کم یا متوسط است، طراحی تقاطع بر اساس ترکیب ساعت اوج هر یک از حرکات، اختلافاتی بسیار جزیی با وضعیتی خواهد داشت که طراحی بر اساس یک ساعت طرح مشخص مانند ساعت اوج قبل یا بعد از ظهر انجام شود. این اختلاف، در جهت اطمینان خواهد بود.

چنانچه حجم ترافیک زیاد باشد، طراحی بر اساس حجم ساعت اوج هر حرکت، می‌تواند اساساً متفاوت از حالت دیگر (طراحی بر اساس ترافیک ساعت اوج تمام حرکات) باشد. چنانچه حجم ترافیک یک یا چند حرکت گردشی سنگین بوده و توزیع نامتعادل جهتی داشته باشد، استفاده از روش اول برای طراحی غیر اقتصادی است و یا وضعیت غیر واقعی و گمراه‌کننده‌ای را سبب می‌شود، زیرا ساعات اوج حرکت‌های مختلف همزمان نیست.

اطلاعات ترافیکی را می‌توان در قالب دو طرح شماتیک مختلف نشان داد که یکی از آنها حجم‌های ساعتی هم‌زمان انواع حرکت‌های ترافیکی تقاطع را در ساعت اوج قبل از ظهر و دیگری در ساعت اوج بعداز ظهر مشخص می‌سازد. چنین اطلاعات ترافیکی برای همه تقاطع‌های مهم، به ویژه تقاطع‌هایی که دارای حجم قابل توجه حرکت‌های هم‌گرا، واگرا و تداخلی می‌باشد، ضروری است.

سهم وسایل نقلیه سنگین از انواع حرکت‌های ترافیکی نیز در ساعت اوج، به صورت درصد بیان می‌شود. شکل (۸-۵۴)، نمونه‌ای از این طرح‌های شماتیک (قیاسی) را مشخص می‌سازد.

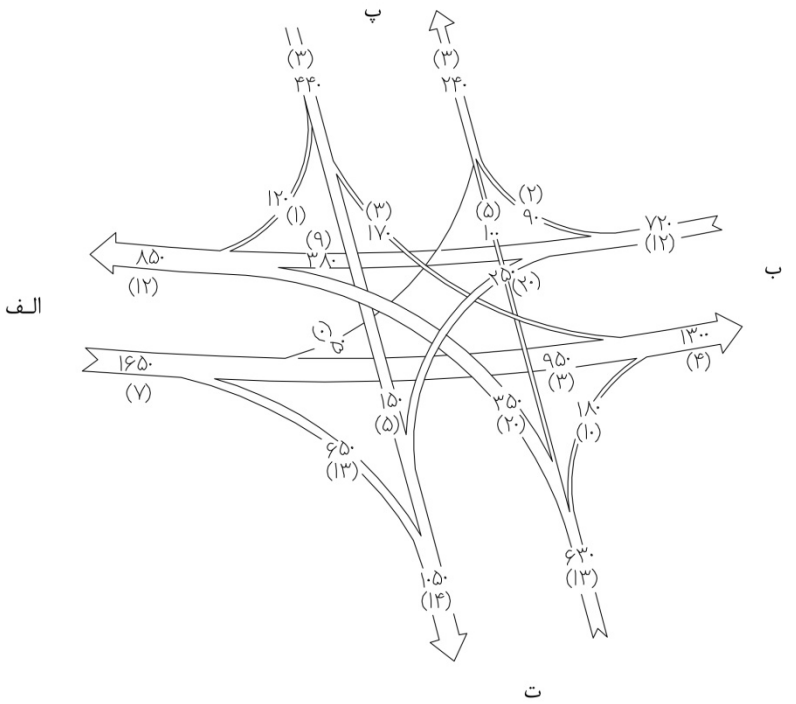
۸-۱۱-۱-۲- اطلاعات محلی

اطلاعات محلی در مورد مشخصه‌های هندسی، کاربری زمین‌های مجاور و سایر اطلاعات جمع‌آوری می‌شود. در این مرحله بر اساس اطلاعات مندرج در نقشه‌ها، بازدیدها و گفتگوهای محلی، اطلاعاتی همچون جنس خاک منطقه، سطح آب‌های زیرزمینی، دسترسی به تسهیلات زیربنایی و از این قبیل جمع‌آوری می‌شود.

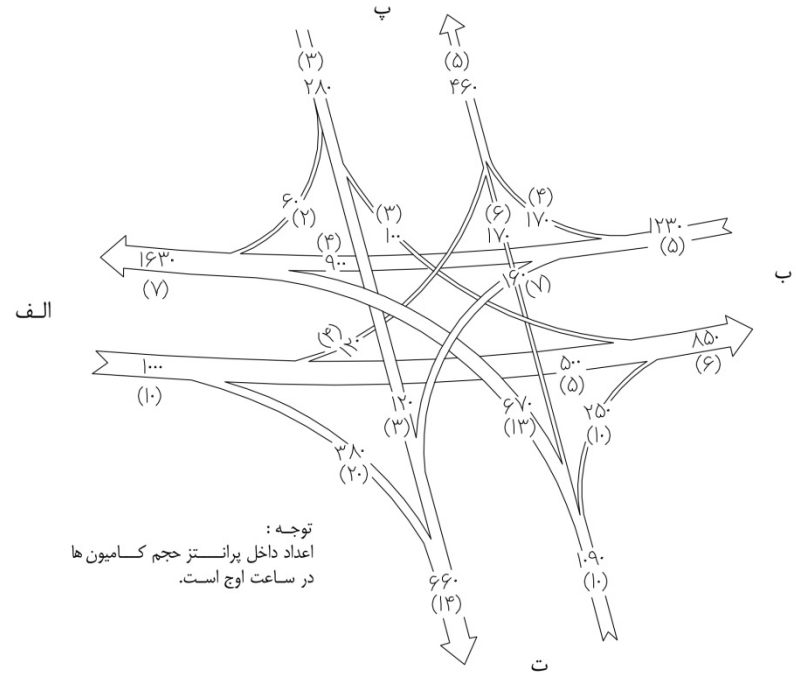
۸-۱۱-۱-۳- اطلاعات مربوط به طرح‌های توسعه

طرح‌های توسعه آتی منطقه تقاطع مورد توجه قرار می‌گیرد و اثر آنها بر طرح تقاطع ارزیابی می‌شود. توسعه آتی کاربری‌های مجاور تقاطع، امکانات حریم و دیگر اصلاحات، مطالعه می‌شود. این قبیل اطلاعات می‌تواند بر نوع و گستره تقاطع و ورودی‌های آن، همچون شیوه‌های کنترل دسترسی و تسهیلات پارکینگ اثر داشته باشد.

تمامی این اطلاعات برروی نقشه موقعیت محل تقاطع، با مقیاس مناسب پیاده می‌شود و اساس مطالعات طرح‌های مقدماتی را تشکیل می‌دهد.



حجم ترافیـــک ساعت اوج قبـــل از ظهر



حجم ترافیـــک ساعت اوج بعـــد از ظهر

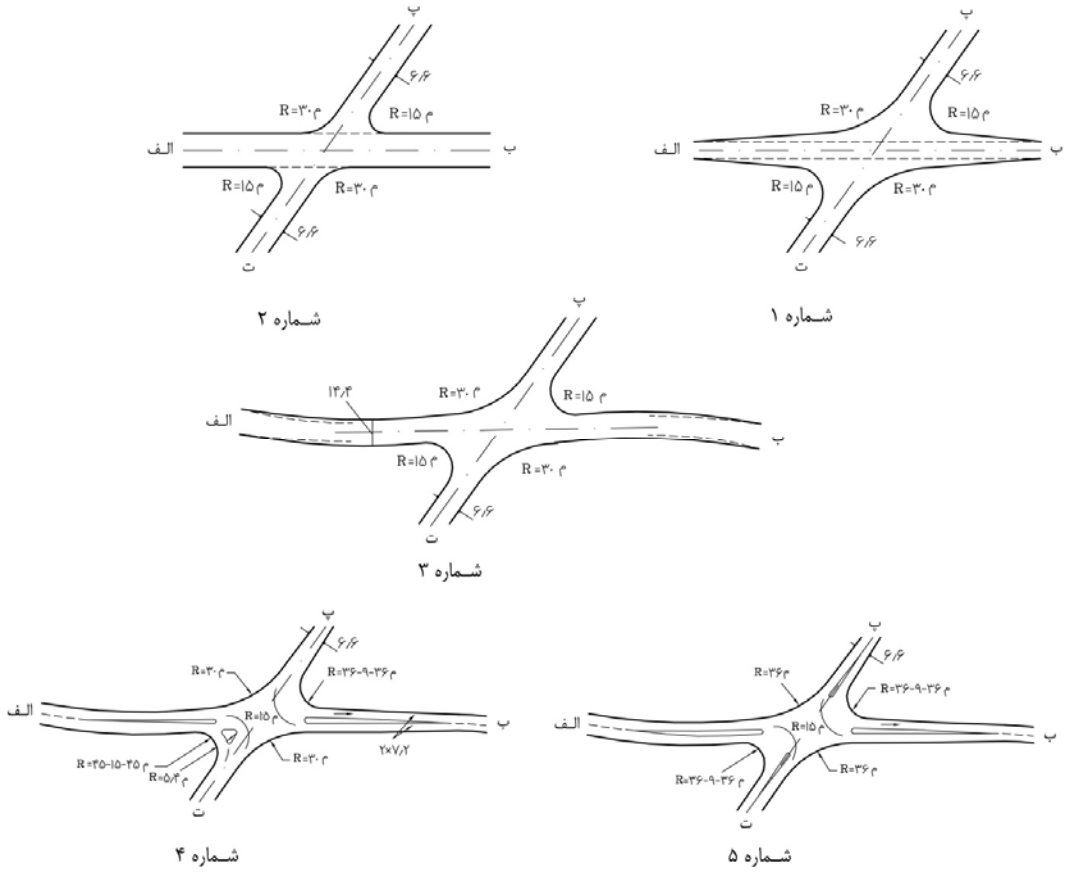
شکل ۸-۵۴- نمونه نمایشی آمار ترافیک ساعت‌های اوج یک تقاطع

۸-۱۱-۲- طراحی مقدماتی

۸-۱۱-۲-۱- آماده‌سازی انگاره‌های مطالعاتی

پس از جمع‌آوری اطلاعات پایه، چند طرح هندسی مقدماتی در مورد تقاطع به صورت کروکی یا انگاره کشیده می‌شود و جنبه‌های کلی قوت و ضعف هر یک از انگاره‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این طرح‌ها تنها لبه‌های روسازی، موقعیت جزیره‌ها، تعریض‌های انجام شده در سطح راه و موردهایی از این قبیل را مانند شکل (۸-۵۵) نشان می‌دهد.

انگاره‌های مطالعاتی معمولاً با مقیاس‌ها ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۴۰۰۰ ترسیم می‌شوند.



شکل ۸-۵۵- طرح شماتیک (مقدماتی) گزینه‌های مختلف تقاطع

۸-۱۱-۲-۲- تجزیه و تحلیل انگاره‌های مطالعاتی

پس از آنکه انواع طرح‌های ممکن برای یک تقاطع به شکل انگاره آماده شد، هر یک از آنها تحلیل و مزایا و معایب نسبی آنها مشخص می‌شود (مشابه مقایسه طرح‌های اولیه ولی کلی‌تر از آن). در این مرحله مشخص می‌شود که بعضی از طرح‌های مطالعاتی در مقایسه با دیگران نامناسب است و به این ترتیب این گزینه‌ها از لیست نامزدها حذف می‌شود. در بیشتر موردها، دو یا چند گزینه برتر در این مرحله به منظور بررسی جزئیات بیشتر و مقایسه دقیق و انتخاب نهایی معرفی می‌شود.

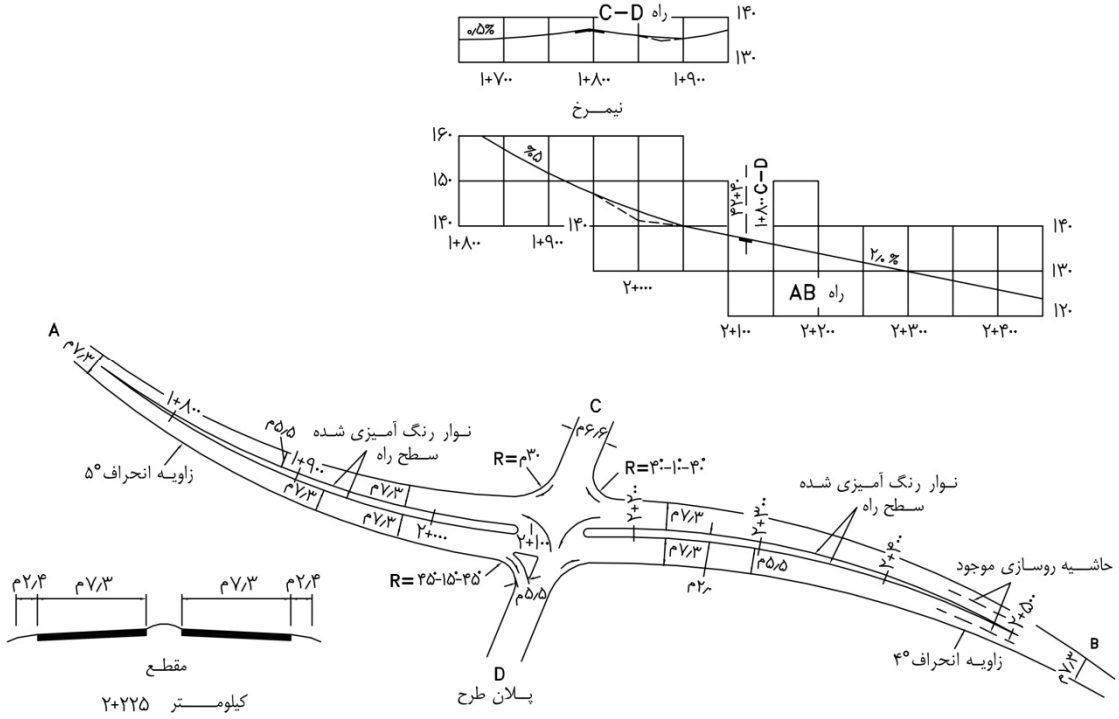
۸-۱۱-۳- تعیین طرح پیشنهادی

۸-۱۱-۳-۱- تهیه طرح‌های اولیه

در این گام، جزئیات بیشتری از طرح‌های مقدماتی مطلوب، تعیین و ترسیم می‌شود (طرح اولیه). تعیین نیمرخ طرح‌های مورد بررسی، شعاع قوس‌های گوشه تقاطع (مسیر گردشی)، جزیره‌های ترافیکی و شکل دماغه آنها از جمله این اطلاعات است. در شکل (۸-۵۶) نمونه‌ای از این گونه طرح‌ها آمده است.

۸-۱۱-۳-۲- ارزیابی و مقایسه طرح‌های اولیه

ارزیابی و مقایسه طرح‌های اولیه بر اساس معیارهایی همچون ایمنی، سازگاری با محیط، امکان‌پذیری (قابلیت اجرا از نظر فنی و اقتصادی)، جنبه‌های طراحی، ظرفیت و ویژگی‌های عملیاتی، حفظ جریان ترافیک در خلال عملیات ساخت و امکان ساخت مرحله‌ای و هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌شود.



شکل ۸-۵۶- جزئیات گزینه‌های مختلف تقاطع (طرح اولیه)

- ایمنی

طرح‌هایی که ایمنی ترافیک عبوری و گردشی را افزایش و تمامی نیازهای استفاده‌کنندگان را به طور ایمن تأمین می‌کنند، از اولویت بیشتری برخوردارند. کاهش نقاط برخورد، هدایت ایمن وسایل نقلیه به ویژه وسایل نقلیه گردشی، توجه به نوع راه‌های منتهی به تقاطع و عملکرد ایمن مورد انتظار از آنها از جمله عوامل مؤثر در انتخاب طرح نهایی خواهد بود. برای مثال بر اساس ایمنی در تقاطع دو راه فرعی، جریان‌بندی ترافیک از اهمیت به مراتب کمتری نسبت به تقاطع دو راه اصلی برخوردار است.

– سازگاری با محیط

طرح‌هایی که انطباق بیشتری با پستی و بلندی و شرایط حاکم بر محل دارند، بر سایر طرح‌ها برتری خواهند داشت و برعکس طرح‌هایی که مستلزم عملیات خاکی وسیع یا عملیات تخلیه آب‌های سطحی دشواری است از برتری کمتری برخوردار است. منظرآرایی از دیگر ویژگی‌های محیط است که در تعیین طرح پیشنهادی مؤثر است.

– امکان‌پذیری

جنبه‌های فنی طرح هندسی بهتر است توأم با اثرات اجتماعی آن مورد توجه قرار گیرد. انجام بعضی طرح‌های هندسی و تخریب احتمالی ساختمان‌ها عواقب نامتناسب اجتماعی و هزینه‌های غیر قابل قبول تولید می‌کند که بهتر است از انجام آنها پرهیز شود.

– جنبه‌های طراحی

جنبه‌های طراحی همچون تعیین نیمرخ‌های طولی و عرضی، فاصله دید، پهنای روسازی، خط‌های کمکی، بربلندی و جزیره ترافیکی، در مورد انواع طرح‌های منتخب باید مقایسه شود. چنانچه دو یا چند طرح از نظر جنبه‌های دیگر وضعیت یکسان داشتند، طرحی که مشخصه‌های هندسی مناسب‌تری دارد، برتری خواهد داشت.

– ظرفیت و ویژگی‌های عملیاتی

تجزیه و تحلیل ظرفیت نیز می‌تواند در انتخاب طرح نهایی مؤثر باشد. نسبت ظرفیت حجم هر یک از طرح‌های رقیب نیز از دیگر پارامترهای مؤثر در انتخاب است.

– حفظ جریان ترافیک در خلال عملیات ساخت

این ویژگی عمدتاً در اصلاح طرح‌های هندسی مطرح است. چگونگی پاسخگویی به جریان ترافیک در خلال مدت زمانی که عملیات اصلاح طرح هندسی انجام می‌شود، می‌تواند مؤید یک یا چند طرح پیشنهادی باشد و یا برعکس سبب حذف بعضی از طرح‌های دیگر شود. اگرچه در طرح تقاطع راه‌ها، حجم ترافیک و نوسانات آن، تراکم تقاطع‌های شهری را ندارد، اما به واسطه منحصر به فرد بودن مسیرهای دسترسی در تقاطع راه‌ها و عدم وجود مسیرهای موازی دسترسی، این ویژگی از اهمیت خاصی برخوردار است.

– امکان ساخت مرحله‌ای

در بعضی از حالات، تنها بخشی از نیازمندی‌های نهایی پیش‌بینی شده برای تقاطع در ابتدای امر در نظر گرفته شده و تمهیدات اضافی، به صورت مرحله‌ای متناسب با افزایش ترافیک اجرا می‌شود. طرح‌هایی که امکان ایجاد چنین حالتی را بوجود می‌آورد، این مزیت را دارد که با سرمایه‌گذاری محدود در ابتدای کار قابل انجام است.

– هزینه‌های بهسازی و عملیاتی

هزینه‌های تخمینی هریک از طرح‌های اولیه که برآورد می‌شود، عبارت است از: هزینه‌های تملک زمین، پاکسازی محل، شیب‌بندی، روسازی، تخلیه آب‌های سطحی، ساخت و ساز و تأمین تسهیلات، کنترل و نصب علائم و خط کشی و در صورت امکان تأمین روشنایی و برق و پاسخگویی به جریان ترافیک در خلال عملیات ساخت، همچنین هزینه‌های سالیانه نگهداری و کنترل ترافیک.

– هزینه‌های استفاده‌کنندگان

به منظور تکمیل تجزیه و تحلیل طرح‌های منتخب، مجموع هزینه‌های استفاده‌کنندگان برای هریک از آنها محاسبه می‌شود. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های سوخت و نگهداری و استهلاک ناشی از بهره‌برداری وسیله نقلیه (با توجه به تأخیرها و طول مسیرها) است و شامل ارزش وقت سرنشینان نمی‌شود، مگر اینکه به علت تأخیر، به سرنشینان حقوقی تعلق گیرد مانند ساعت کار کارکنان کامیون یا اتوبوس (راننده و کمک راننده).

۸-۱۱-۳-۳- انتخاب گزینه بهینه

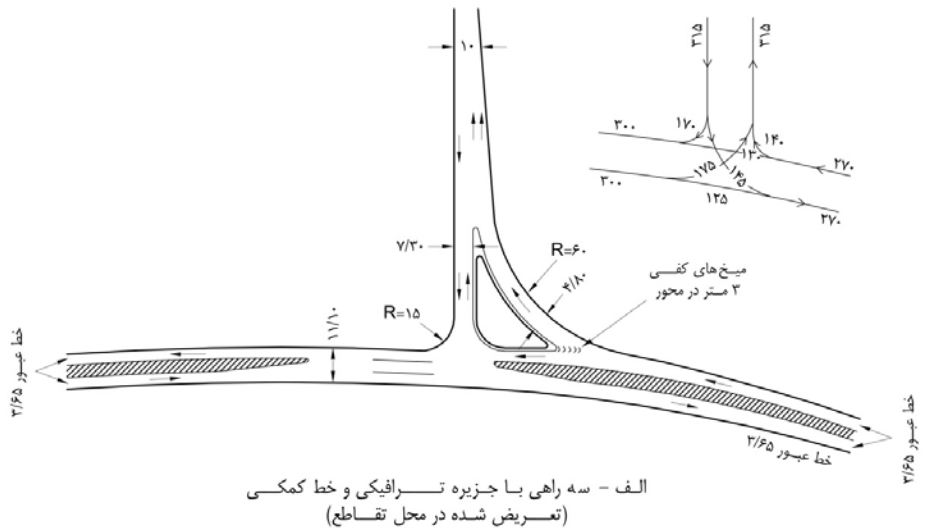
بر اساس نتایج بدست آمده از گام‌های قبل و در نظر گرفتن توأم آنها می‌توان طرح‌های اولیه مورد بررسی را به ترتیب برتری مشخص کرد. سپس طراح بر اساس وزن (اهمیت) تخصیص داده شده به هر یک از موردها و با توجه به دید مهندسی، گزینه بهینه را به کارفرما پیشنهاد می‌کند.

۸-۱۱-۴- طراحی نهایی گزینه بهینه

با توجه به آنکه طرح‌های اولیه و نیمرخ‌های آن، بیشتر زمان‌ها، عمدتاً به صورت تقریبی تهیه می‌شود و جزئیات دقیق اجرایی در آنها مشخص نیست، به این دلیل به منظور اجرای طرح گزینه منتخب بهینه، لازم است جزئیات هندسی آن محاسبه و اجزای هندسی طرح با مقیاس‌های مناسب ترسیم شود. این بخش از مطالعات که مطالعات مرحله دوم یا تهیه پروژه اجرایی نامیده می‌شود، شامل کلیه نقشه‌های اجرایی، محاسبات طرح روسازی، جزئیات هندسی، مشخصات فنی خصوصی، برآورد حجم و هزینه عملیات و گزارش مربوطه است.

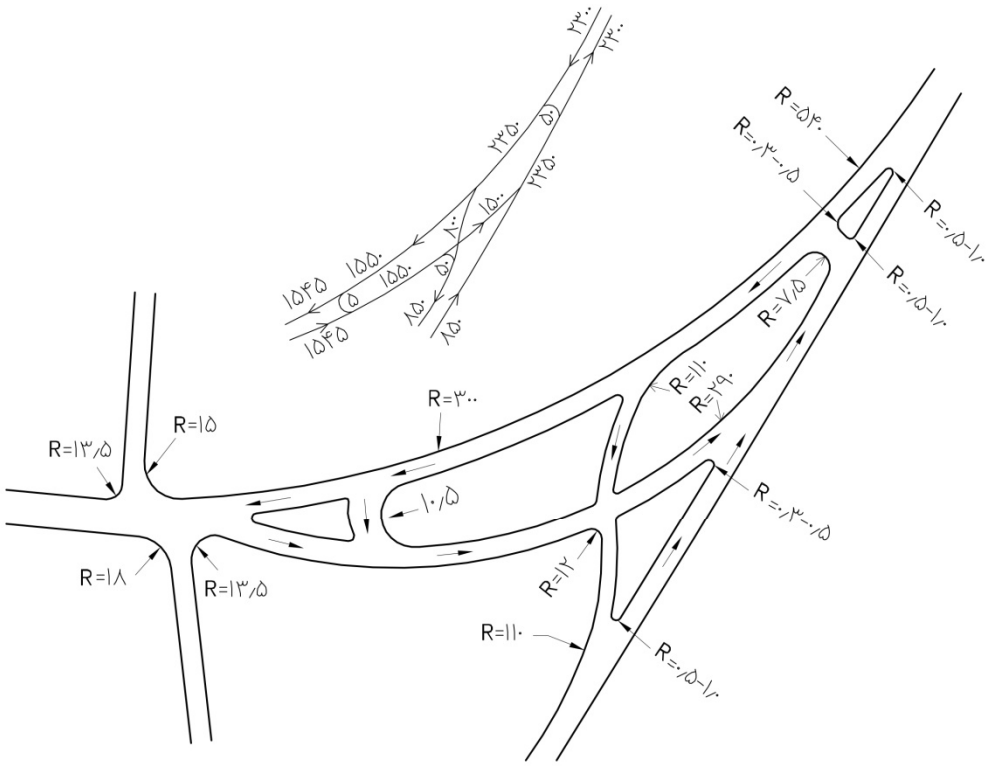
۸-۱۱-۵- طرح‌های نمونه

در پایان این بخش به لحاظ آشنایی هرچه بیشتر با انواع تقاطع‌ها و پارامترهای مؤثر در طراحی آنها، تعدادی طرح انتخاب شده است که می‌تواند راهنمای خوبی برای طراحی باشد (شکل (۸-۵۷)).

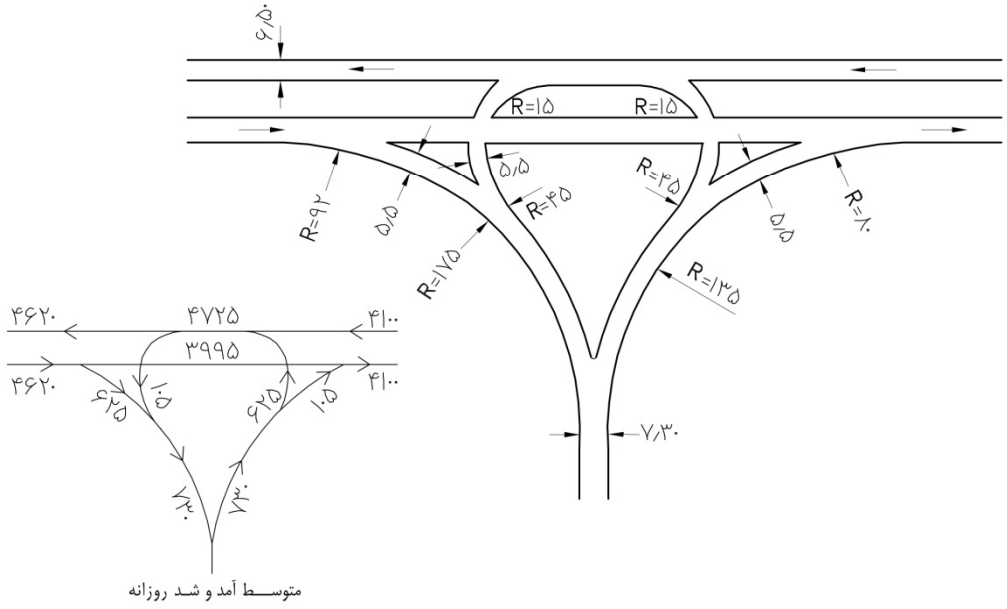


الف – سه راهی با جزیره ترافیکی و خط کمکی
(تعریض شده در محل تقاطع)

شکل ۸-۵۷- طرح‌های نمونه تقاطع

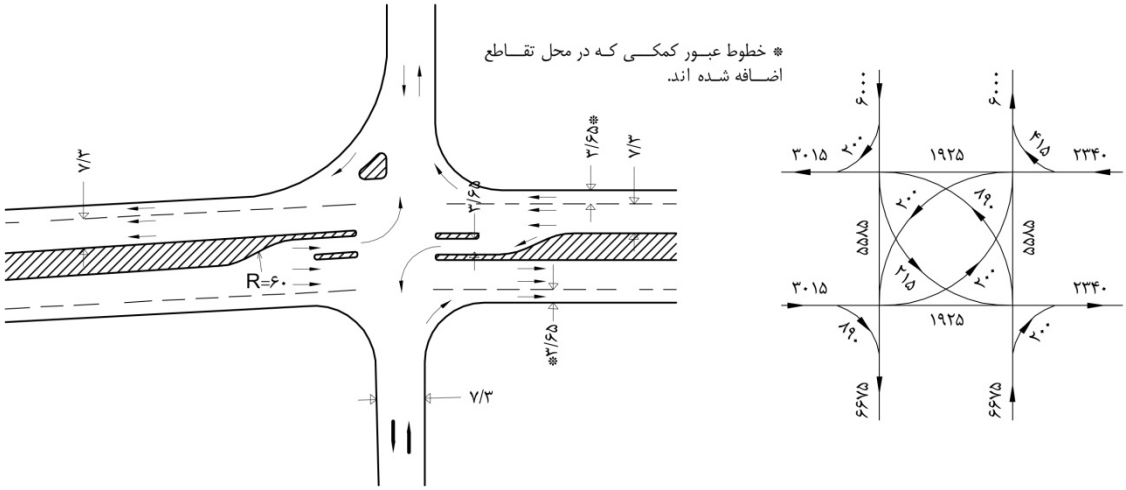


ب - سه راهی قیفی شکل با جزیره‌های ترافیکی بدون خط کمکی

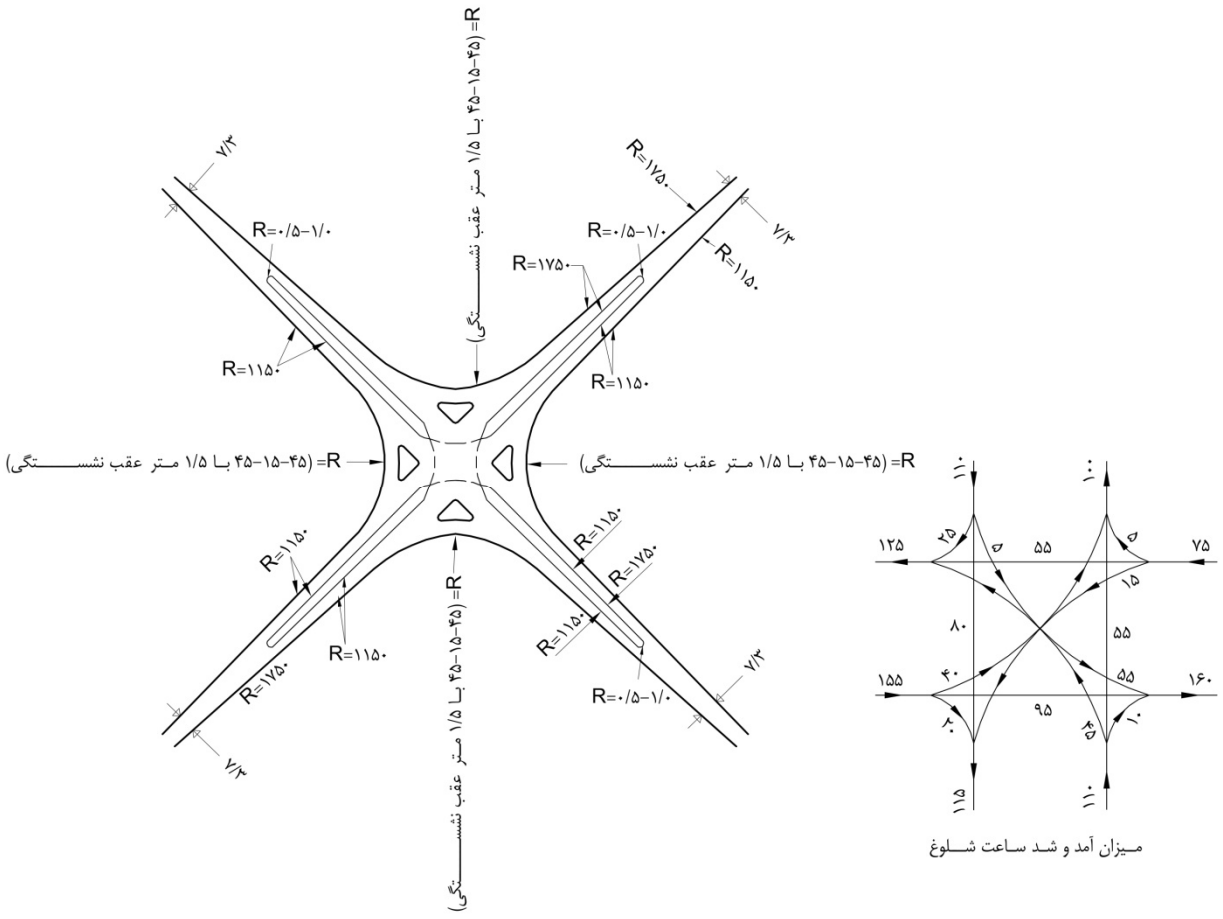


پ - سه راهی پیازی شکل با جزیره‌های ترافیکی بدون خط کمکی

ادامه شکل ۸-۵۷- طرح‌های نمونه تقاطع



ت - چهارراه با جزیره‌های ترافیکی و خط کمکی



میزان آمد و شد ساعت شلوغ

ث - چهارراه با جزیره‌های ترافیکی بدون خط کمکی (تعریض شده)

ادامه شکل ۸-۵۷- طرح‌های نمونه تقاطع

فصل نهم

تبادل‌ها

i

۹-۱- کلیات

تبادل به منظور کاهش یا حذف تلاقی‌های ترافیکی، ارتقای ایمنی، کاهش تأخیر و افزایش ظرفیت ترافیکی ایجاد می‌شود. با ایجاد تبادل، احتمال برخورد میان جریان‌های متقاطع در محل تقاطع منتفی می‌شود. احتمال تلاقی حرکت‌های گردشی نیز بسته به نوع طراحی تبادل یا به حداقل می‌رسد و یا به طور کلی از بین می‌رود. یک تبادل اگر چه جایگزین بسیار مناسبی برای تقاطع به منظور حل مشکلات موجود در آن است اما به دلیل بالا بودن هزینه، استفاده از آن محدود به مواقعی خواهد بود که صرف هزینه برای آن، توجیه اقتصادی- اجتماعی داشته باشد.

به دلیل تنوع گسترده شرایط مکانی، حجم ترافیک، طبقه راه‌ها و طرح‌های مختلف تبادل، دلیل‌های توجیه کننده انتخاب نوع و زمان ایجاد تبادل متفاوت است.

عامل‌های مهم به منظور تصمیم‌گیری در مورد انتخاب نوع تبادل و زمان ساخت آن عبارت است از:

۹-۱-۱- افزایش تحرک و کاهش تأخیر

تبادل، موجب افزایش قابلیت تحرک و کاهش تأخیر می‌شود. تفکیک ترافیک به روش جدا کردن سطح عبور، جریان مداوم و روان ترافیک در مسیرهای اصلی را به وجود می‌آورد و تأخیرهای ناشی از ضرورت توقف در محل تقاطع را منتفی می‌کند.

هدف از طرح آزادراه‌ها، دستیابی به بالاترین حد تحرک بوده و به همین منظور دسترسی به آن کنترل شده است، لذا کلیه تقاطع‌های آزادراه‌ها باید به صورت تبادل یا گذر غیر هم‌سطح طراحی شود.

۹-۱-۲- اصلاح گلوگاه‌ها

کمبود ظرفیت تقاطع در جاده‌های پرترافیک، باعث تراکم بیش از حد در یک یا چند شاخه تقاطع می‌شود. عدم توانایی در تأمین ظرفیت لازم از طریق توسعه و یا اصلاح تقاطع هم‌سطح، دلیلی برای تبدیل تقاطع به تبادل است.

۹-۱-۳- حذف یا کاهش نقاط پرتصادفات

چنانچه تعداد تصادف‌های خطرناک در تقاطع به گونه غیرمتعارفی بالا باشد و درصورت فقدان روش‌های کم هزینه‌تر برای رفع خطر، گزینه تبادل به جای تقاطع، به عنوان یک راه‌حل، قابل بررسی است.

تقاطع‌های پرتصادف، غالباً در محل اتصال راه‌های پرترافیک در نزدیک شهرها و یا تقاطع دو راه پرترافیک قرار دارد. در این نواحی عموماً هزینه ساخت و ساز و تملک حریم راه برای ساخت و بهره‌برداری از تبادل، در مقایسه با خسارت‌های ناشی از تصادف‌ها و تأخیرها، توجیه‌پذیر است.

۹-۱-۴- وضعیت منطقه تقاطع

پستی و بلندی اراضی، وجود رودخانه یا راه‌آهن در نزدیکی تقاطع، در انتخاب نوع تبادل مؤثر است.

۹-۱-۵- هزینه استفاده‌کنندگان

هزینه‌های ناشی از تأخیر در تقاطع‌های پرتراکم برای استفاده‌کنندگان آن معمولاً بسیار بالا است. چنین هزینه‌هایی شامل هزینه‌های سوخت، روغن، تعمیرها و ارزش وقت (برای کسانی که بابت تأخیر، حقوق دریافت می‌کنند مانند رانندگان و کمک رانندگان وسایل‌نقلیه تجاری) است.

در تبادل‌ها اگرچه معمولاً مسافت بیشتری نسبت به تقاطع‌های نظیر طی می‌شود اما هزینه طی این مسافت اضافی بسیار کمتر از هزینه‌ای است که در تأخیر ناشی از توقف صرف می‌شود. نسبت منافع بیست ساله احداث تبادل (کاهش هزینه استفاده‌کنندگان و تبدیل به سال واحد) به هزینه سرمایه‌گذاری توسعه آن (برحسب ارزش تبدیل شده به سال واحد) شاخص خوبی برای تعیین اقتصادی بودن تبادل است.

۹-۱-۶- حجم ترافیک

بالا بودن حجم ترافیک عبوری و گردشی به ویژه گردش به چپ در تقاطع‌های هم‌سطح، یکی از دلایل احداث تبادل‌ها است.

۹-۱-۷- تقاطع با راه‌آهن

تلاقی راه‌های اصلی با راه‌آهن باید با استفاده از روگذر یا زیرگذر باشد. در مورد محل‌های تلاقی راه‌های فرعی و محلی با راه‌آهن، باید امکان دید و کنترل ترافیک راه فرعی، به هنگام عبور قطار، تأمین شود.

۹-۲- انواع تبادل

تبادل انواع متعددی دارد که انتخاب هر یک از آنها و نحوه طراحی‌شان تابع عامل‌های زیر است.

- سرعت طرح
- حجم ترافیک کلیه حرکات به تفکیک
- ترکیب ترافیک
- تعداد شاخه‌های تبادل و حرکت‌های گردشی ضروری
- نحوه قرارگیری مسیرها نسبت به هم (زاویه، قوس افقی و ارتفاع)
- طبقه‌بندی منطقه
- طبقه‌بندی عملکردی و چگونگی کنترل مسیر
- هزینه تملک زمین، ساخت و بهره‌برداری
- مجاورت با تبادل‌های دیگر
- مسائل زیست محیطی

اگرچه هر تبادل به صورت مجزا و بر اساس شرایط خاص خود طرح می‌شود اما مطلوب آن است که تبادل‌های موجود در طول یک راه، یکنواخت و مشابه هم باشد تا رانندگان به طرح کلی تبادل و محل نقاط خروجی آن عادت کنند.

به عنوان مثال، اگر کلیه رابطهای گردش به چپ تبادل، از نوع گردراهه باشد، رانندگان تا رسیدن به محل پل، خود را برای خروج از مسیر آماده نمی‌کنند. ولی چنانچه تبادل به صورت لوزوی طراحی شده باشد و کلیه گردش‌ها قبل از پل از مسیر خارج شوند، در این صورت این تفاوت در نوع تبادل می‌تواند سبب اشتباه راننده و افزایش احتمال تصادف شود.

در شرایط خاص که به علت محدودیت‌های مالی و یا وضعیت زمین از نظر پستی و بلندی به ناچار از رابطهای دارای طرح ناهماهنگ استفاده شود، علامت‌گذاری‌های لازم به منظور آگاه کردن رانندگان در فاصله مناسبی قبل از تبادل ضرورت دارد.

تبادل‌ها از نقطه نظر تعداد راه‌های منتهی به آنها به دو دسته کلی زیر تقسیم می‌شوند:

- تبادل‌های سه‌راه
- تبادل‌های چهارراه

۹-۲-۱- تبادل‌های سه‌راه

تبادل سه‌راه که محل تقسیم و توزیع جریان‌های ترافیک سه شاخه منتهی به آن است، می‌تواند شامل یک یا چند رابط جداکننده حرکت‌های ترافیکی باشد. با توجه به هزینه گزاف عملیات خاکی لازم برای ایجاد رابطها و یا احداث پل، ترجیح داده می‌شود که چنانچه حجم ترافیک اجازه دهد از رابط با طول کمتر و یا تعداد پل کمتری برای ایجاد تبادل استفاده شود. چنانچه محدودیت‌های مالی در انجام پروژه وجود نداشته و یا سابقه تصادف‌های محل تبادل، نشانگر پرتصادف بودن آن باشد، طرحی که حداکثر روانی جریان ترافیک و حداقل میزان تلاقی را به وجود آورد، مورد توجه قرار می‌گیرد.

تبادل سه‌راه، بر اساس زاویه مسیرهای منتهی به آن به دو دسته: تبادل قیفی «Y» و تبادل سپری «T» تقسیم می‌شود. در تبادل نوع قیفی، زاویه تبادل، حاده (تند) است در صورتی که در تبادل سپری، زاویه تبادل، قائم یا نزدیک به آن می‌باشد.

در شکل (۹-۱) الگوهای متداول تبادل‌های سه‌راهی نشان داده شده است.

حالت‌های الف و ب در این شکل، موسوم به طرح «شیپوری» است. میزان نسبی حجم ترافیک گردش به چپ، تعیین‌کننده انتخاب یکی از دو حالت فوق است. چنانچه حجم گردش به چپ c-b در مقایسه با b-a قابل توجه باشد، در آن صورت طرح «الف» و در حالت عکس، طرح «ب» برتری دارد. بدیهی است حرکتی که حالت «غالب» دارد، بهتر است ارتباط سریع‌تری داشته باشد.

در شرایطی که به دلیل محدودیت حریم راه، استفاده از قوس‌های افقی تند برای رابط گردراهه اجتناب‌ناپذیر باشد، تأمین لچکی‌های لازم و تعریض مسیر در فاصله مناسبی قبل از رسیدن به محل گردش، مؤثر و مفید است.

حالت پ شکل (۹-۱) در مقایسه با دو حالت دیگر کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا این حالت سبب ایجاد ترافیک تداخلی در حد فاصل خروجی و ورودی رابطهای گردراهه می‌شود. استفاده از یک مسیر جمع‌کننده - توزیع‌کننده (راه جانبی) تا حدودی از این مشکل می‌کاهد.

حالت پ بیشتر برای شرایطی مناسب است که امکان تبدیل سه راه به چهارراه در آینده وجود داشته و حجم گردش به چپ قابل توجهی پیش‌بینی شده باشد.

شکل (۹-۲) طرح‌های متداول تبادل‌های سه‌راهی جهتی و یا نیمه‌جهتی قیفی و سپری را نشان می‌دهد. در کلیه حالت‌های نشان داده شده در این شکل با تعبیه سطوح چندگانه حرکت، نیاز به گردراهه‌ها حذف شده است. این نوع طرح هزینه‌ای به مراتب بیشتر از

طرح‌های نشان داده شده در شکل (۹-۱) دارد و بهتر است در مواقعی استفاده شود که کلیه حرکت‌های ترافیکی، حجم زیادی داشته باشد.

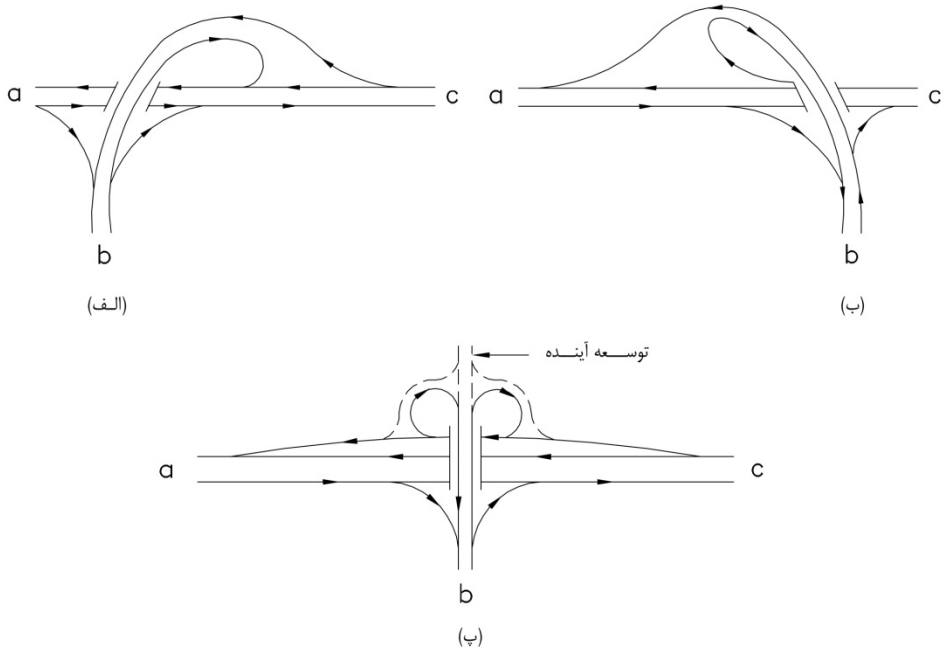
حالت الف شکل (۹-۲) دارای خصوصیات زیر است:

- کلیه حرکت‌ها «جهتی» است (گردش‌های به راست از طرف راست مسیر اولیه خارج و از طرف راست وارد مسیر متلاقی می‌شود و گردش‌های به چپ از طرف چپ مسیر اولیه خارج و از طرف چپ مسیر متلاقی وارد مسیر می‌شود.)
- ترافیک تداخلی ندارد.
- برای اتصال دو آزادراه مناسب است.
- بعضی از حرکت‌های تبادل یا همه آنها نیازمند حداقل دو خط عبور است.
- کلیه خروجی‌ها به صورت انشعاب‌های تدریجی دوراهی و کلیه ورودی‌ها به صورت اتصال تدریجی دو مسیر است.

حالت ب نیز در واقع همان حالت الف است با این تفاوت که سازه‌های جداگانه تبادل (پل‌ها) همگی در یک محل متمرکز شده و سطح سه طبقه‌ای را تشکیل داده است.

از نظر عملکردی، حالت الف نسبت به حالت ب ارجحیت دارد زیرا در حالت ب، حرکت گردش به چپ c-b به صورت ملایم انجام نمی‌شود و انحنای تندتری دارد ولی از نظر هزینه، اجرای حالت ب مستلزم هزینه کمتری است.

حالت پ در شرایطی توصیه می‌شود که لازم باشد جریان ترافیک مستقیم یک آزادراه، با حداقل انحراف هدایت شود، در حالی که مسیر فرعی نیز ترافیک قابل توجهی دارد. چنین حالتی مستلزم استفاده از چند سازه برای جداسازی حرکت‌های مختلف است.

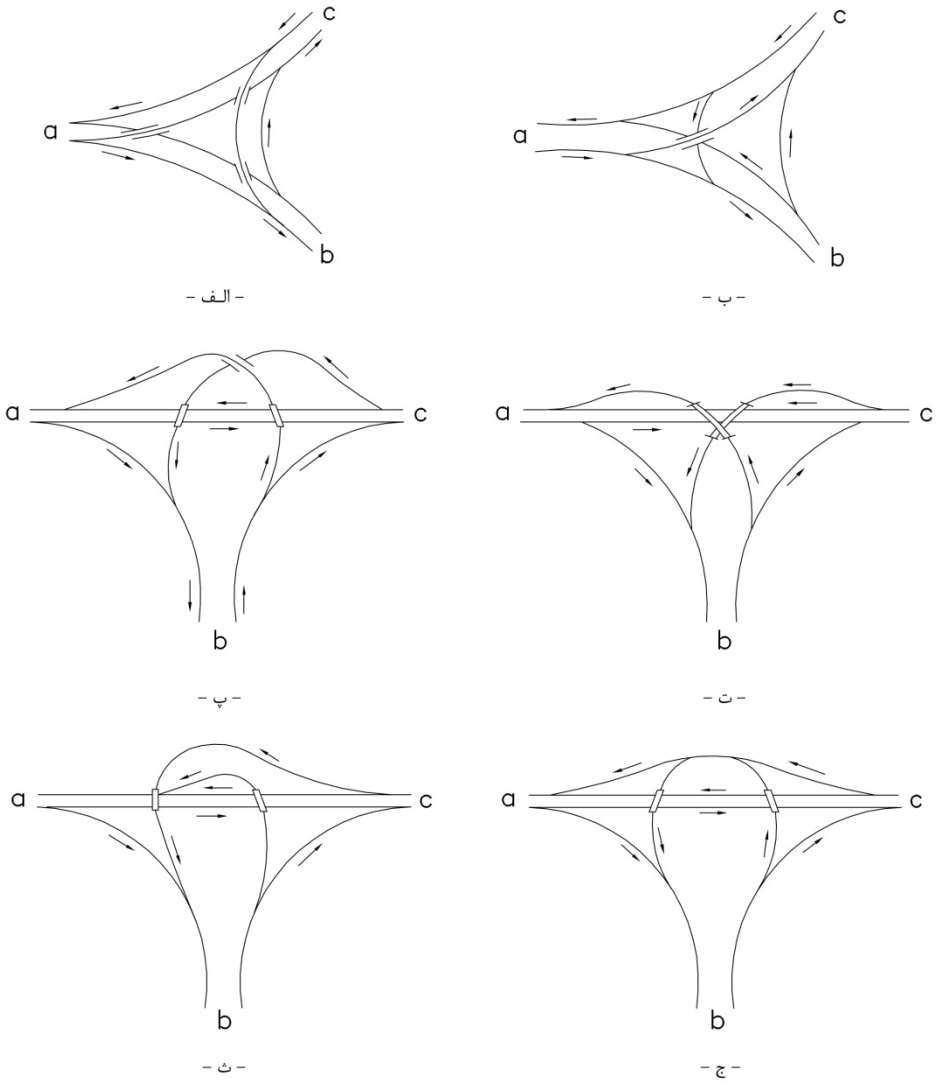


شکل ۹-۱- الگوهای متداول تبادل سه‌راهی

در حالت ت وضعیت حالت پ به گونه‌ای تغییر یافته است که رابطهای گردش به چپ و جریان ترافیک مستقیم مسیر، همگی در یک نقطه، ولی در سطوح مختلف، از هم عبور کنند. در چنین شرایطی، یک سطح سه طبقه ترافیکی جایگزین سه سازه مختلف مجزای حالت قبل می‌شود.

حالت ث نیز وضعیت نسبتاً مشابهی با دو حالت قبل دارد، با این تفاوت که در این حالت به دو سازه دو طبقه برای جدا سازی ترافیک نیاز است. ایجاد اختلاف سطح لازم در فاصله کافی قبل از رسیدن به محل تبادل برای مسیرهای گردشی، از نیازمندی‌های این طرح است.

حالت ج نیز شکل تغییریافته حالت ث است، که گردش ملایم‌تری را برای حرکت‌های گردشی فراهم می‌سازد، اما کارآیی آن، تا حد زیادی وابسته به تأمین طول کافی برای ترافیک تداخلی است.



شکل ۹-۲- طرح‌های متداول تبادل‌های سه راهی با سطوح حرکت چندگانه

طرح تبادل‌های سه‌راهی منحصر به حالت‌های فوق نیست. در هر مورد متناسب با شرایط حجم ترافیک جهات مختلف، محدودیت‌های حریم راه و هزینه در نظرگرفته شده برای ساخت تبادل، می‌توان ترکیبی از حالت‌های مختلف را بررسی و بهترین گزینه را انتخاب کرد.

۹-۲-۲- تبادل‌های چهارراه

تبادل‌های چهارراه، محل توزیع و هدایت جریان‌های ترافیک موجود در چهار شاخه منتهی به تبادل در ۲ یا چند سطح مختلف می‌باشند. تبادل‌های چهارراه را به پنج گروه زیر می‌توان تفکیک کرد.

۱- تبادل با رابط یگانه

۲- تبادل لوزوی (لوزوی معمولی و لوزوی سه طبقه)

۳- تبادل شبدری

۴- تبادل نیمه‌شبدری

۵- تبادل‌های جهتی و نیمه‌جهتی (ارتباطات مستقیم و نیمه مستقیم)

۶- سایر انواع تبادل

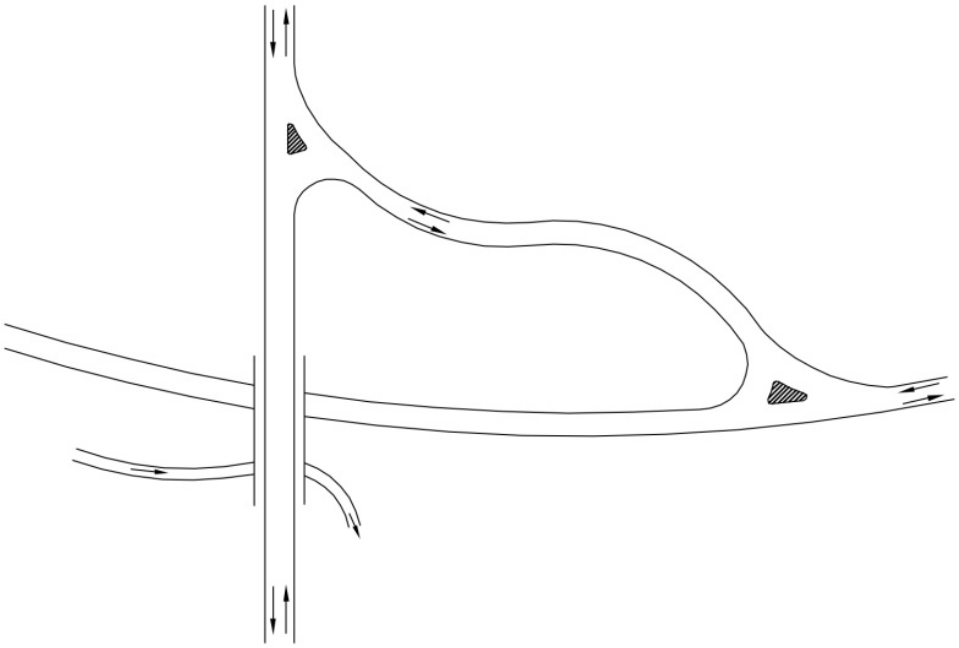
۹-۲-۲-۱- تبادل با رابط یگانه

این نوع تبادل، در محل تقاطع دو راه با حجم ترافیک کم که انتظار نمی‌رود در آینده نزدیک نیز افزایش یابد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این حالت یک رابط دو طرفه با شرایط طرح حداقل به منظور پاسخ‌گویی به نیازهای حرکت‌های گردشی کفایت می‌کند. دراین تبادل کلیه گردش‌ها به صورت تقاطع هم‌سطح است ولی عبورهای مستقیم در دو سطح مختلف انجام می‌شود.

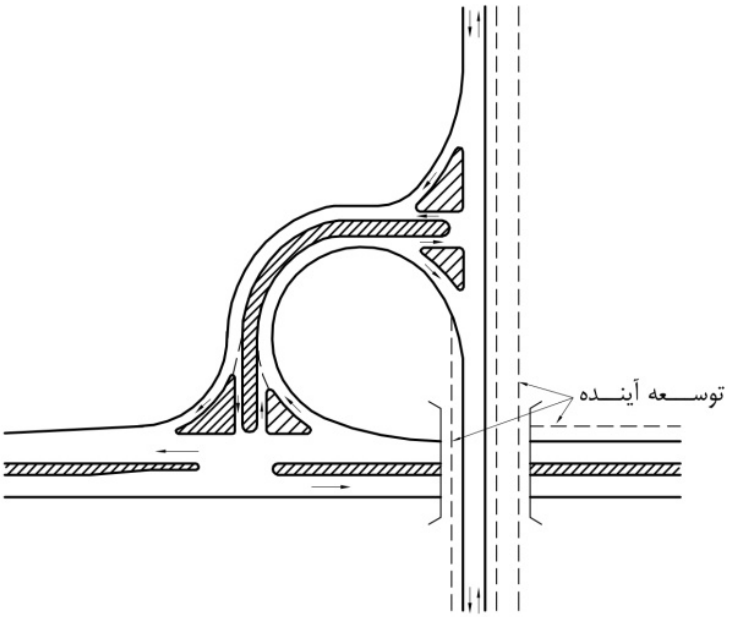
این طرح، بیشتر در محل تقاطع راه‌های تفریحی خوش منظر با راه‌های اصلی دو خطه دو طرفه، که حجم ترافیک گردشی نسبت به حجم ترافیک عبور مستقیم، کم است و درصد وسایل نقلیه سنگین نیز قابل توجه نیست، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این حالت معمولاً حفظ محیط طبیعی بر ایجاد رابط‌های اضافی برای سهولت حرکت ترافیک ارجحیت دارد.

نحوه هدایت ترافیک گردش به چپ و راست در این حالت حایز اهمیت است و می‌توان با نصب علائم کافی در محل، وضعیت مناسبی برای آن بوجود آورد. شکل (۹-۳)، نمونه‌ای از طرح تبادل با رابط یگانه را نشان می‌دهد.

تبادل‌های با رابط یگانه، گاهی اوقات به عنوان گام نخست از ساخت مرحله‌ای یک تبادل با رابط‌های چندگانه نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. در چنین حالتی، طرح مرحله‌ای اجرای رابط‌ها، بر اساس طراحی نهایی مورد نظر برای آنها انجام می‌شود تا از صرف هزینه‌های مجدد اجتناب شود. نمونه‌ای از طرح تبادل‌های چهارراه با ساخت مرحله‌ای، در شکل (۹-۴) نشان داده شده است.



شکل ۹-۳- نمونه طرح تبادل چهارراه با رابط یگانه



شکل ۹-۴- طرح تبادل با رابط یگانه بر اساس نیازمندی‌های آتی طرح

۹-۲-۲-۲- تبادل‌های لوزوی

این نوع تبادل، ساده‌ترین و شاید معمول‌ترین نوع تبادل‌ها را تشکیل می‌دهد. تبادل لوزوی کامل، متشکل از چهار رابط یک طرفه، در چهار گوشه خود می‌باشد. در این نوع تبادل، گردش به راست‌ها، به راحتی هدایت می‌شود. گردش به چپ‌ها می‌تواند سبب بروز مشکل برای جریان مستقیم ترافیک شود. مزایای این سیستم در مقایسه با تبادل نیمه‌شبدری عبارت است از:

- ورود و خروج تمامی جریان‌های ترافیک مسیر اصلی با سرعت‌های نسبتاً بالا می‌تواند انجام شود.
- حرکت‌های گردش به چپ، مسیر اضافی کمتری را طی می‌کنند (با تقاطع هم‌سطح در روی راه تلاقی کننده).
- به حریم کمتری نیاز دارد.

استفاده از این تبادل در تقاطع‌هایی که تقاطع هم‌سطح برای گردش‌های ضروری به چپ در یکی از دو مسیر ممکن باشد، توصیه می‌شود.

در محل تلاقی رابط‌ها با مسیر فرعی، یک تقاطع چهارراهی بوجود می‌آید که دو شاخه آن یک طرفه است. لذا برای جلوگیری از اشتباه، علامت‌گذاری‌های لازم برای هدایت رانندگان به مسیر مناسب، قبل از رسیدن آنها به محل انشعاب انجام می‌شود. از جریان‌بندی ترافیک نیز برای جلوگیری از اشتباه می‌توان استفاده کرد. جدول‌های جریان‌بندی، ترجیحاً از نوع قابل عبور، رنگ شده و قابل تشخیص است، تا هدایت لازم را انجام دهد و سبب بروز برخوردهای خطرساز نشود.

با افزایش حجم ترافیک مسیر کم اهمیت‌تر، امکان دارد تعریض رابط‌ها و مسیر فرعی در حوالی تبادل و حتی احتمال استفاده از سیستم چراغ راهنمایی به منظور کنترل حرکات گردشی اجتناب ناپذیر باشد.

انواع مختلف تبادل‌های لوزوی در شکل‌های (۹-۵) و (۹-۶) نشان داده شده است.

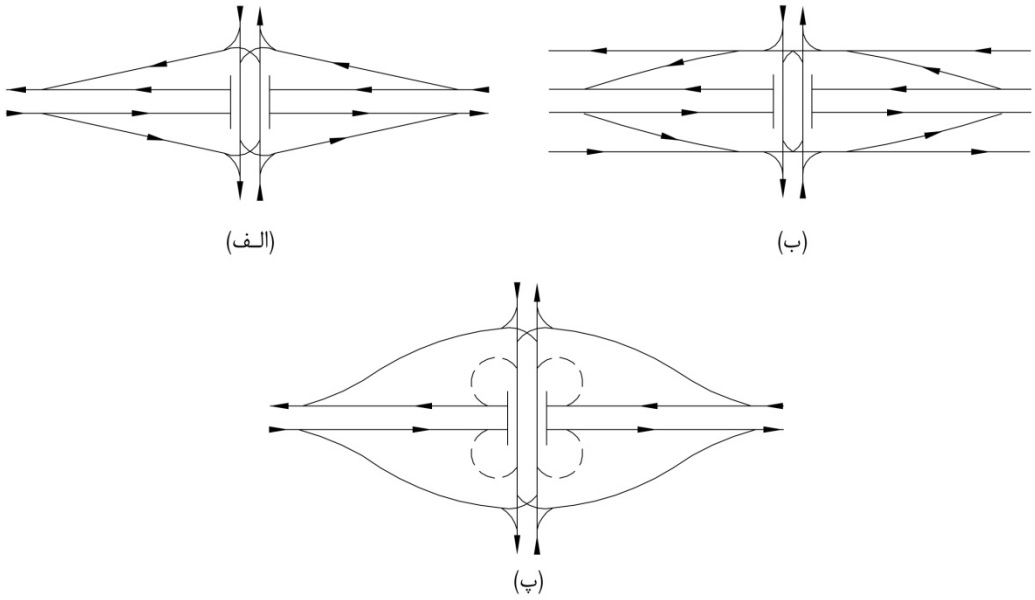
در شکل (۹-۵ الف و ب) حالت‌های متداول طرح تبادل‌های لوزوی که ممکن است با راه‌های جانبی یا بدون آن باشد، نشان داده شده است. در صورت استفاده از راه‌های جانبی، رابط‌ها بهتر است حداقل در ۱۰۰ متری قبل از تقاطع، به راه جانبی متصل شود. حالت پ نیز نوعی تبادل لوزوی گسترده (باز) است که در آن، قابلیت تبدیل به حالت شبدری در نظر گرفته شده است. راه‌حل‌های کاهش تلاقی حرکت‌های ترافیکی در تبادل‌های لوزوی در شکل‌های (۹-۶) و (۹-۷) نشان داده شده است. در حالت الف شکل (۹-۶)، چهار حرکت گردش به چپ در یک تبادل، به دو حرکت گردش به چپ در دو تقاطع متوالی تبدیل شده است. نقطه ضعف چنین حالتی این است که ترافیک خروجی از آزادراه، امکان برگشت به همان راه در همان تبادل را ندارد، بلکه از تبادل مجاور استفاده می‌کند. در چنین حالتی استفاده از راه‌های جانبی (که در شکل به صورت خط چین نمایش داده شده است)، اختیاری است. این وضعیت در راه‌های کشورمان مورد استفاده کمتری دارد.

حالت ب نیز وضعیتی تقریباً مشابه با حالت الف دارد، با این تفاوت که مسیر متقاطع به صورت دو مسیر یک طرفه، با فاصله کم نسبت به هم، در آمده است. کاربرد این حالت نیز بسیار نادر است.

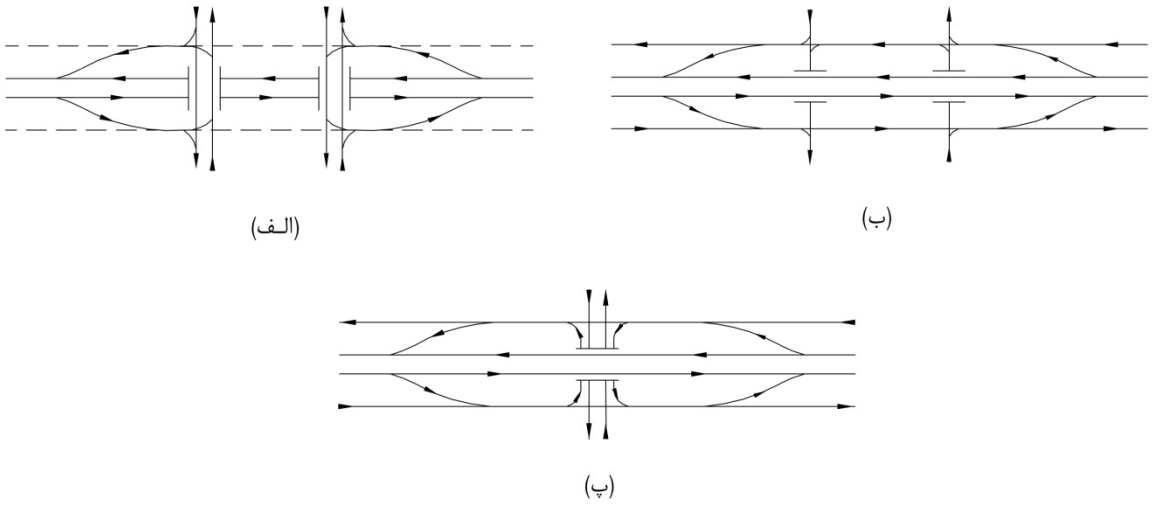
حالت پ برای شرایطی که حرکت‌های دورزدن (U شکل) قابل توجه و مسیر فرعی نیز نسبتاً شلوغ است، کاربرد دارد.

نمونه‌هایی از طرح تبادل‌های لوزوی با بیش از یک سازه در شکل (۹-۷) نشان داده شده است. مسیرهای مورب، در حالت‌های الف و ب این شکل، گاهی اوقات به دلیل ناهمواری زمین و یا محدودیت‌های حریم راه بر طرح تحمیل می‌شود. فاصله میان مسیرها، بر اساس شیب‌بندی لازم و طول خط‌های افزایش و کاهش سرعت، تعیین می‌شود. حالت پ نیز نمونه‌ای از طرح تبادل لوزوی سه

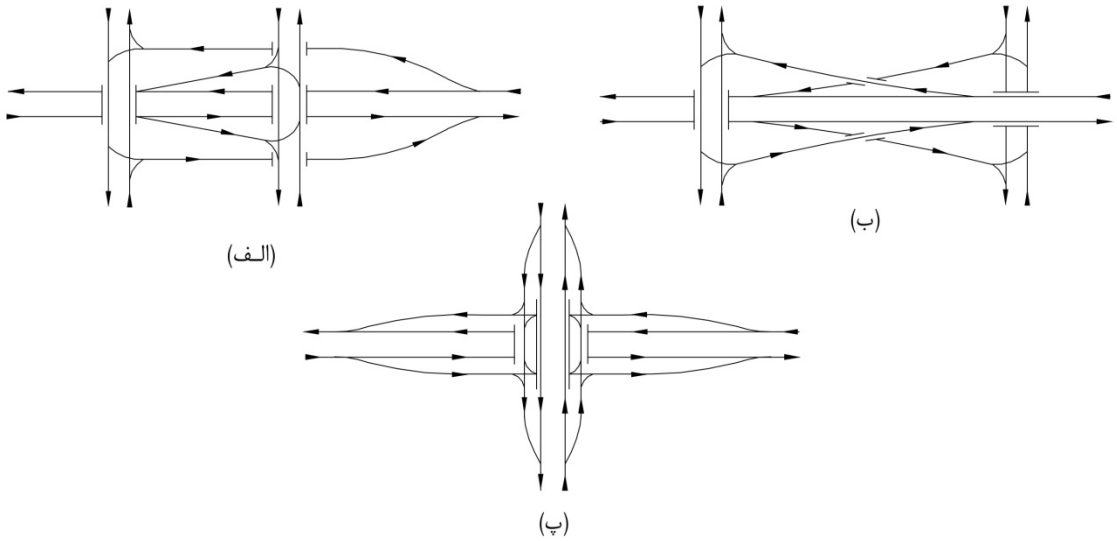
طبقه را نشان می‌دهد. این طرح، جریان پیوسته‌ای را برای ترافیک عبوری و گردش به راست، فراهم می‌سازد. گردش به چپ‌ها، به صورت هم‌سطح، در یک طبقه جداگانه انجام می‌شود. این سیستم در شرایطی استفاده می‌شود که ترافیک هر دو مسیر زیاد باشد. هزینه تملک حریم برای این گزینه، کمتر از سایر طرح‌های موجود است که ظرفیت مشابهی را تأمین می‌کند. با توجه به سهولت تملک اراضی در تقاطع راه‌ها، استفاده از این نوع تبادل‌ها نیز نادر است.



شکل۹-۵- انواع ساده تبادل لوزوی



شکل ۹-۶- طرح‌های تبادل لوزوی به منظور کاهش برخوردهای ترافیکی



شکل۹ -۷- تبادل‌های لوزوی با تسهیلات (سازه‌های) اضافی

۹-۲-۲-۳- تبادل‌های شبدری

شبدری‌ها، تبادل‌های چهار شاخه‌ای است که در آنها از رابطهای گردراهه به منظور انجام حرکت‌های گردش به چپ استفاده می‌شود.

چنانچه در تمامی گوشه‌های تبادل، گردراهه‌ها وجود داشته باشند، تبادل، «شبدری کامل» و در غیر این صورت «نیمه‌شبدری» نامیده می‌شود. در تقاطع راه‌ها، استفاده از تبادل نیمه‌شبدری توصیه می‌شود. دو نمونه تبادل شبدری در شکل (۹-۸) نشان داده شده است.

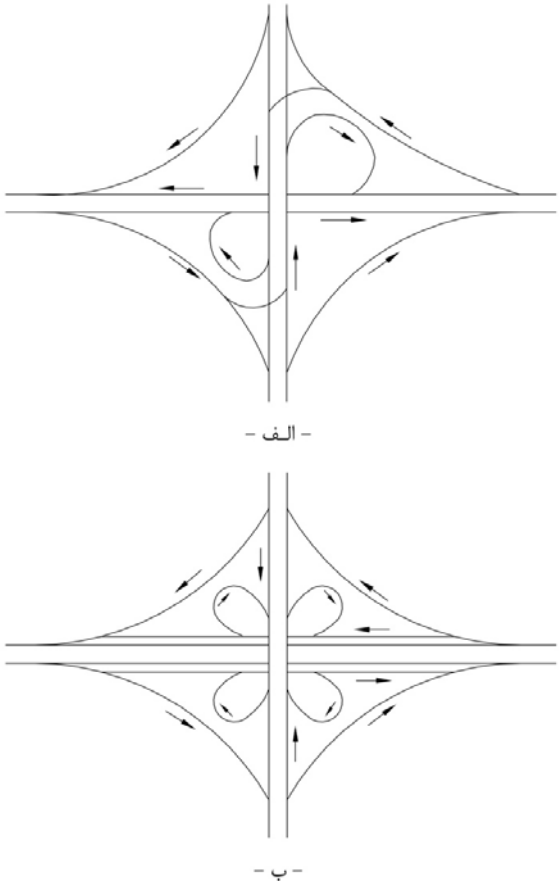
نقاط ضعف تبادل‌های شبدری عبارت است از:

- طولانی‌تر بودن حرکت‌های گردش به چپ
- ایجاد مشکل ترافیک تداخلی بین دو گردراهه مجاور (بخصوص در شرایطی که حجم این ترافیک به ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت برسد.)
- کوتاهی طول قسمت ترافیک تداخلی
- ضرورت تملک حریم نسبتاً بزرگ

چنانچه راه‌های جمع‌کننده- توزیع‌کننده (راه جانبی) در این تبادل‌ها تعبیه نشود، نقاط ضعف دیگری همچون موردهای زیر اضافه می‌شود:

- ایجاد ترافیک تداخلی در خط عبور مسیر اصلی
- خروجی و ورودی پشت سر هم در خط عبور اصلی
- مسایل مربوط به علامت‌گذاری خروجی دوم

به طور تقریبی با افزایش هر ۱۰ کیلومتر در ساعت به سرعت طراحی گردراهه، فاصله اضافی طی شده برای گردش به چپ حدود ۵۰ درصد و زمان سفر نیز حدود ۲۵ درصد و زمین مورد نیاز حدود ۱۵۰ درصد افزایش می‌یابد. در حالی که برای رابطهای گردش به راست، با افزایش سرعت، فاصله طی شده و زمان سفر، کاهش، ولی زمین مورد نیاز افزایش می‌یابد.



شکل ۹-۸- دو نمونه تبادل شبدری کامل و نیمه‌شبدری

مثلاً فاصله طی شده در گردراهه، که برای سرعت ۳۰ کیلومتر در ساعت (شعاع ۴۰ متر) طرح شده، حدود ۲۷۰ متر است. در حالی که همین فاصله برای سرعت‌های طرح ۴۰ و ۵۰ کیلومتر در ساعت، به ترتیب به حدود ۴۷۰ و ۶۷۰ متر می‌رسد. به هر حال به منظور توجیه استفاده از تبادل شبدری، افزایش سرعت و کاهش برخوردهای حاصله از آن (که به دلیل عدم وجود تقاطع‌های هم‌سطح برای کلیه حرکات است)، با نقاط ضعفی همچون افزایش حریم راه و فاصله طی شده برای گردش به چپ و همچنین ایجاد ترافیک تداخلی، ضمن بررسی اقتصادی (نسبت منفعت به هزینه) مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

در راه‌ها، عموماً به دلیل کمتر بودن مشکلات تملک زمین و معارض، استفاده از تبادل‌های شبدری در اکثر مواقع سبب افزایش کارآیی تقاطع می‌شود و استفاده از آن در مقایسه با تبادل‌های لوزوی قابل توجیه است.

چنانچه حجم ترافیک تداخلی بین دو گردراهه ورودی و خروجی طرفین سازه تبادل، به حدود ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت برسد، به منظور افزایش ظرفیت تبادل توصیه می‌شود، از راه‌های جمع‌کننده- توزیع‌کننده (راه جانبی) در محل استفاده شود. بنابراین بهتر است که در طرح تبادل‌های شبدری، امکان ساخت راه‌های جمع‌کننده- توزیع‌کننده (راه جانبی) در طرح پل‌ها در نظر گرفته شود.

تبادل‌های شبدری را در صورت وجود محدودیت (مالی- هزینه تملک زمین و پستی و بلندی منطقه) می‌توان به صورت مرحله‌ای و بر اساس اولویت ترافیکی و گزارش تصادفات موجود در محل، اجرا کرد.

۹-۲-۲-۴- تبادل‌های نیمه‌شبدری

این نوع تبادل همان گونه که در شکل (۹-۸-الف) نشان داده شده، حالت خاصی از تبادل‌های شبدری است که در آن، تمامی گوشه‌های تبادل دارای رابط و گردراهه نیست. در چنین حالتی، پستی و بلندی زمین و مسائل اجتماعی، مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده گوشه‌هایی از تبادل است که دارای رابط و گردراهه می‌باشد. در طراحی این تبادل‌ها، نحوه قرارگیری رابطها بهتر است به گونه‌ای باشد که حداقل برخورد با جریان ترافیک مسیر اصلی در حین گردش‌های ورودی و خروجی حاصل شود. برای این منظور رهنمودهای زیر ارائه می‌شود:

- ترتیب قرارگیری رابطها به گونه‌ای طراحی شود که حرکت‌های گردشی غالب در محل تبادل از دست راست مسیر وارد یا خارج شوند.
- چنانچه حجم ترافیک عبوری مسیر اصلی، در مقایسه با حجم مسیر تلاقی‌کننده، قابل توجه باشد، توصیه می‌شود کلیه ورودی و خروجی‌های مسیر اصلی از دست راست انجام شود، حتی اگر چنین حالتی منجر به ارتباط از چپ در مسیر تلاقی‌کننده شود.

شکل (۹-۹) چندین حالت قرارگیری رابطها و گردراهه‌های تبادل‌های نیمه‌شبدری را نشان می‌دهد.

انتخاب هر یک از گزینه‌های مورد اشاره در این شکل به عوامل زیر بستگی دارد:

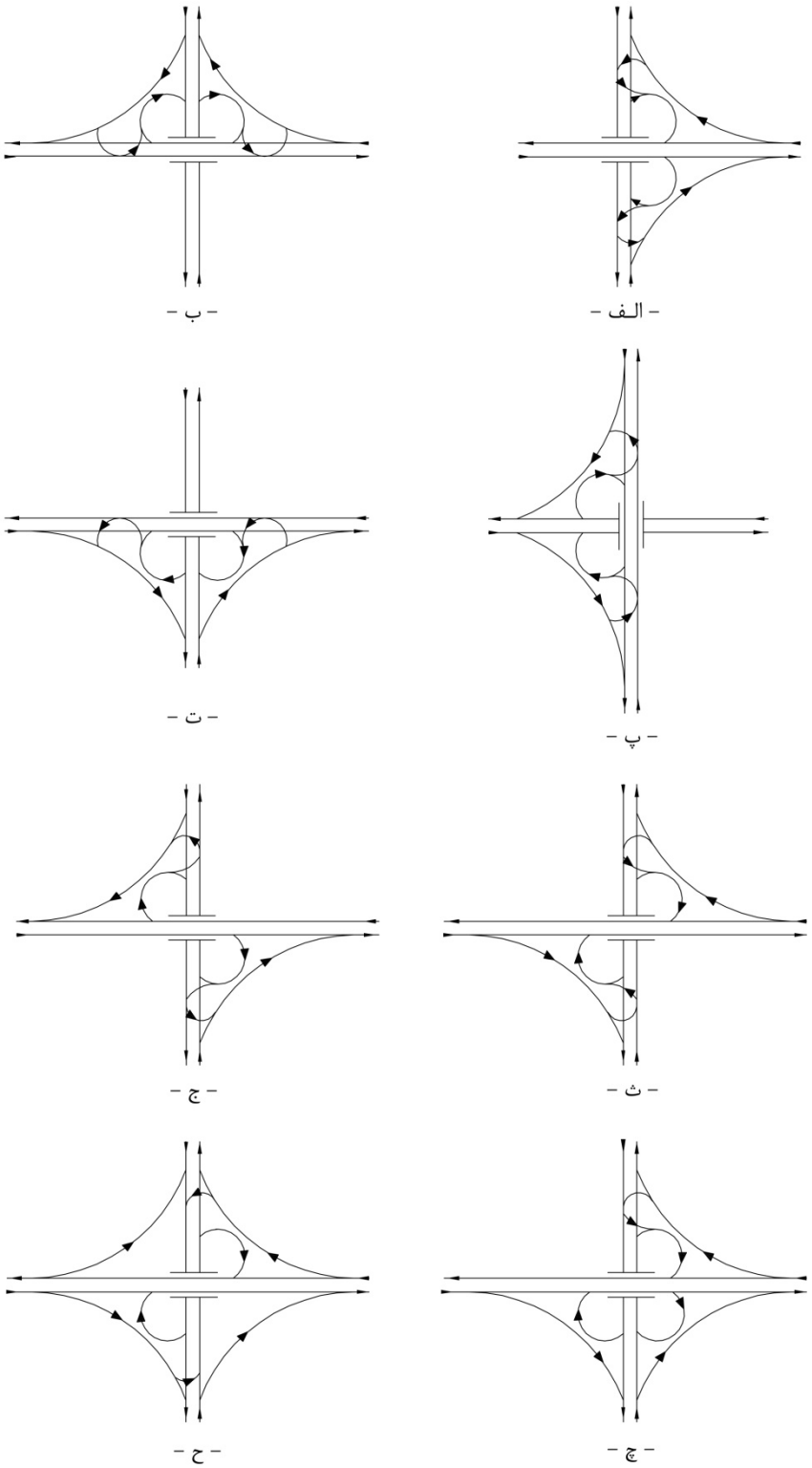
- حجم ترافیکی حرکت‌های گردشی غالب در محل تبادل
- محدودیت حریم راه

به عنوان مثال، حالت پ مورد اشاره در این شکل برای شرایطی مناسب است که حجم ترافیک مسیر اصلی، غالب و گردش به چپ در مسیر اصلی از سمت شرق (به سمت جنوب) قابل توجه باشد. چنانچه محدودیت حریم راه، اجازه احداث گردراهه‌ها در نیمه سمت چپ تبادل را ندهد، در آن صورت طرح الف جایگزین آن می‌شود، اگر چه گردش به چپ از مسیر اصلی از سمت شرق به سمت جنوب در این حالت به صورت هم‌سطح و با تداخل با جریان ترافیک مستقیم مسیر فرعی انجام می‌شود.

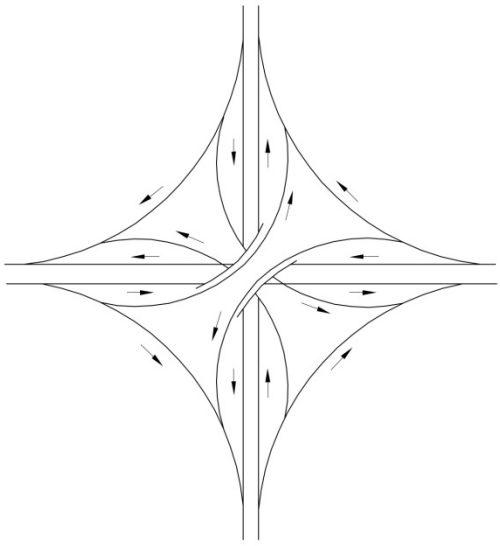
۹-۲-۲-۵- تبادل‌های جهتی و نیمه‌جهتی

این نوع تبادل‌ها، در صورتی که حجم ترافیک گردش‌های به چپ در محل تبادل، قابل توجه و کاهش طول سفر، افزایش سرعت وسایل نقلیه و یا دسترسی مستقیم آن به مسیر جدید در نظر باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بسته به سطح خدمت مورد نظر، از رابطهای جهتی و یا نیمه‌جهتی برای انجام حرکت‌های گردشی استفاده می‌شود. رابطهای جهتی اغلب دوخطه است. در راه‌ها، وجود رابطهای جهتی برای انجام حرکات گردش به چپ، در کلیه گوشه‌های تبادل، به ندرت ضرورت پیدا می‌کند. در اغلب اوقات یک یا دو رابط جهتی کفایت می‌کند. شکل (۹-۱۰) نمونه‌ای از طرح تبادل جهتی را نشان می‌دهد.

چنانچه تمامی اتصال‌های گردش به چپ تبادل به صورت جهتی نباشد، در آن صورت تبادل مزبور تبادل «نیمه‌جهتی» نامیده می‌شود.



شکل ۹-۹- نمونه طرح‌های ورودی و خروجی تبادل‌های نیمه‌شبدری

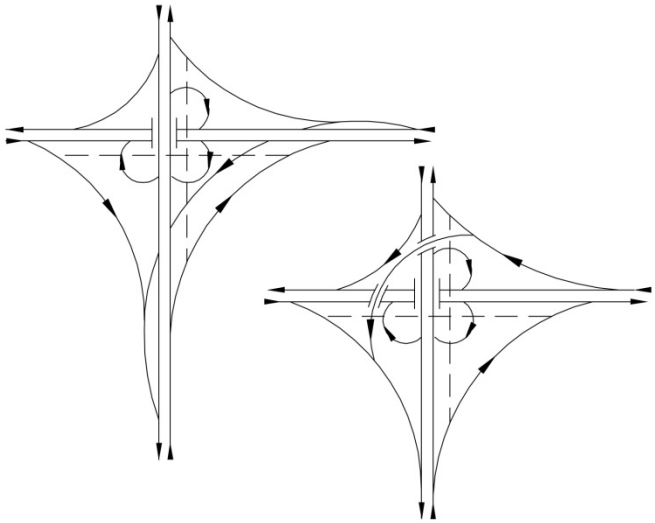


شکل ۹-۱۰- نمونه طرح تبادل جهتی

تبادل‌های تمام جهتی یا نیمه‌جهتی، معمولاً مستلزم بیش از یک سطح ترافیکی یا پل برای جداسازی جریان‌های ترافیک است. این تبادل، در شرایطی که محدودیت حریم راه وجود دارد و تداخل زیاد حرکت‌های ترافیکی سبب بروز خطرهای زیادی می‌شود و همچنین در تلاقی دو مسیر با ترافیک بسیار سنگین، مورد استفاده قرار می‌گیرد، لذا کاربرد آن در راه‌ها به ندرت ضرورت پیدا می‌کند.

الگوهای متداول تبادل‌های جهتی و نیمه‌جهتی در شکل‌های (۹-۱۱) و (۹-۱۲) نشان داده شده است.

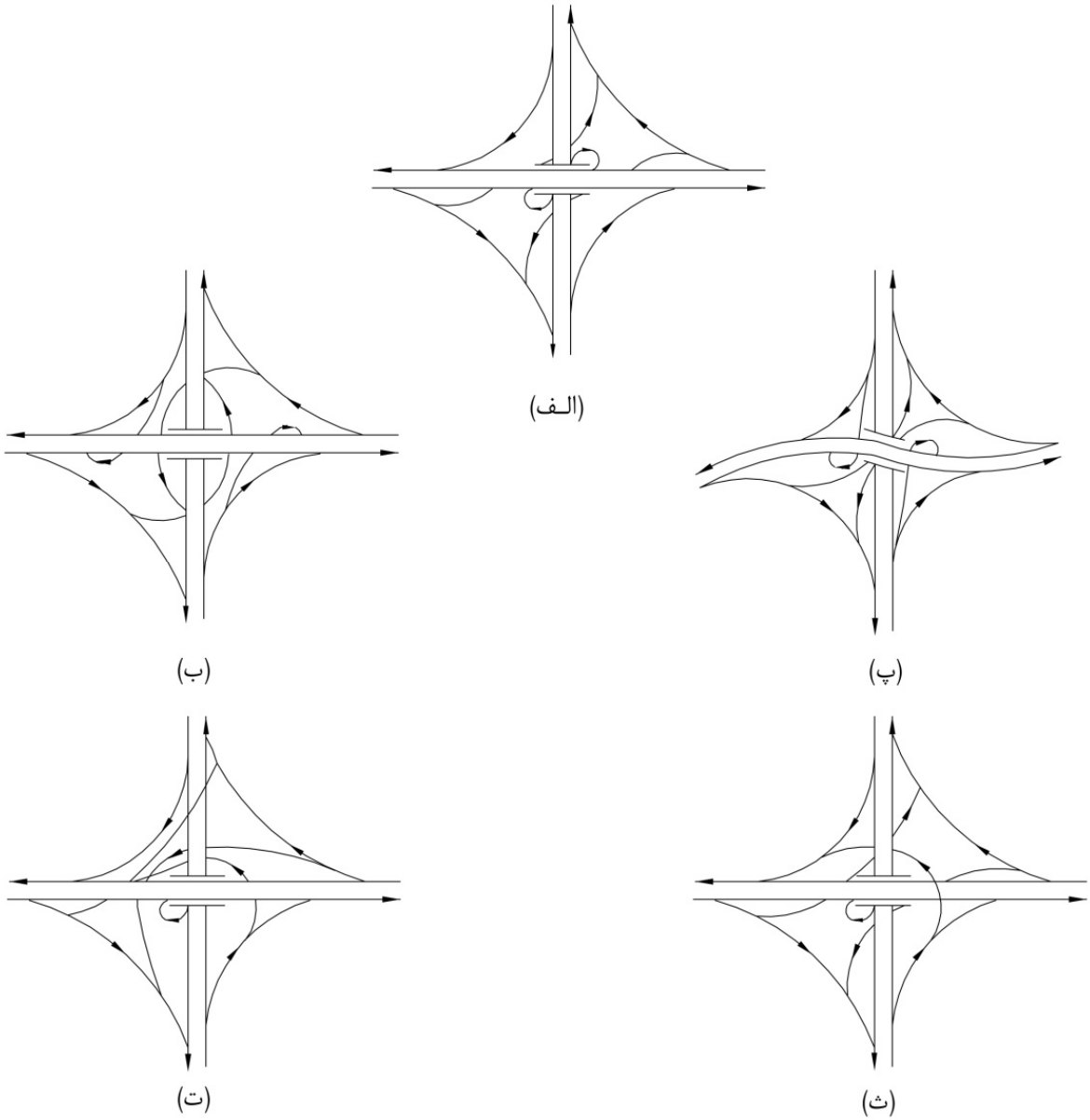
حالت‌های مندرج در شکل (۹-۱۱) شرایطی را نشان می‌دهند که ترافیک گردش به چپ یک ربع از تبادل، قابل توجه است. گردش به چپ‌های فرعی دیگر از طریق عبور از بخش با ترافیک تداخلی بین دو گردراهه، حرکت خود را انجام می‌دهند. در هر دو حالت مندرج در این شکل، ارتباط گردش به چپ به صورت نیمه‌جهتی انجام می‌شود و مستلزم وجود سه سازه جداکننده سطوح ترافیکی است، ضمن آنکه زمین اشغال شده در این حالت تقریباً مشابه تبادل شبدری کامل و شاید کمی بیشتر است. کارآیی هر دوی این حالت‌ها را می‌توان با ایجاد راه‌های جمع‌کننده- توزیع‌کننده که در شکل به صورت خط چین نمایش داده شده، افزایش داد.



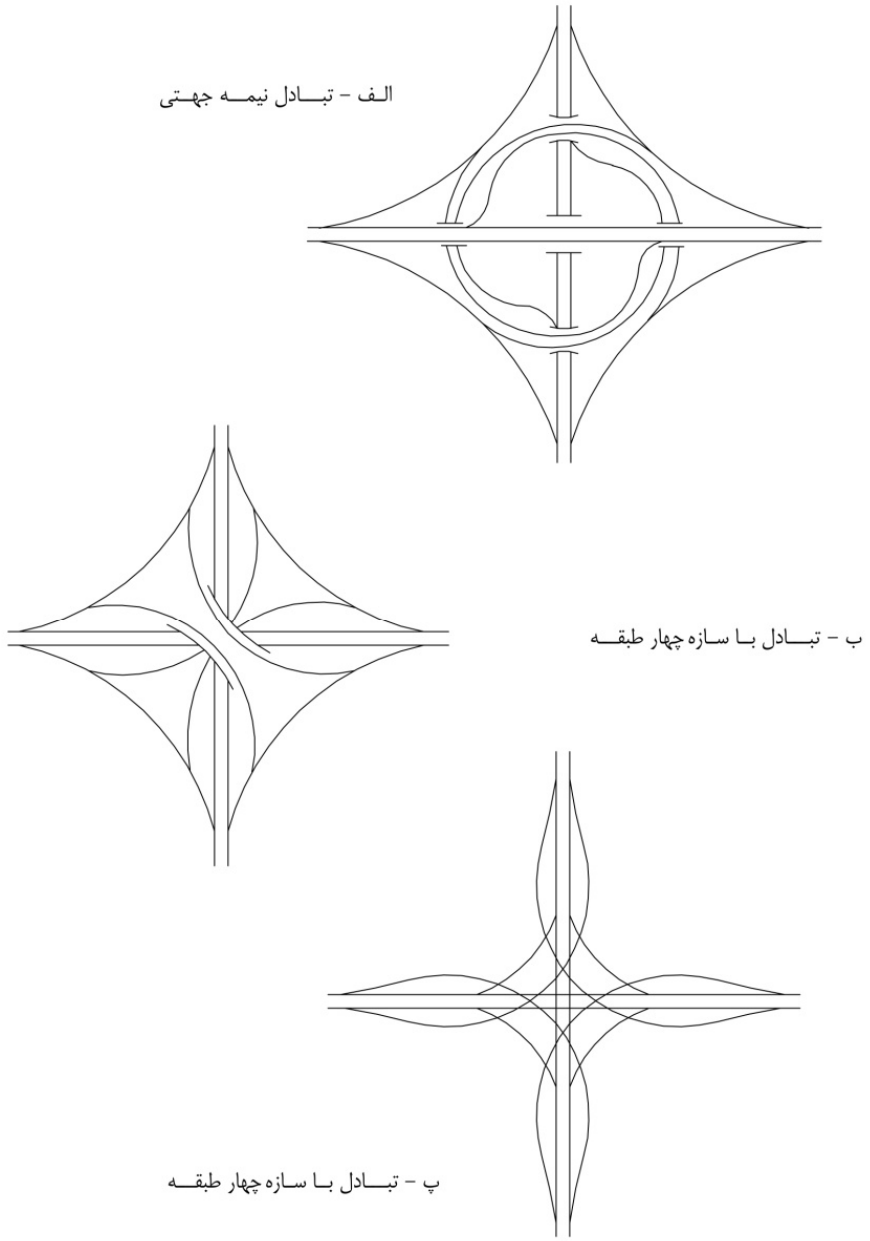
شکل ۹-۱۱- نمونه تبادل‌های نیمه‌جهتی با ترافیک تداخلی

در شکل (۹-۱۲)، بخش ترافیک تداخلی، از طریق تأمین سطوح جدید جداکننده ترافیکی حذف گشته و به این ترتیب بر سطح خدمت تبادل افزوده شده است.

تبادل جهتی نیز که نمونه‌هایی از آن در شکل (۹-۱۳) ارائه شده به سبب آنکه مستلزم صرف هزینه‌های سنگین است، در راه‌های کشورمان کاربرد کمی دارد. از این طرح در مواردی که حجم ترافیک کلیه جهت‌های تبادل، سنگین است و محدودیت حریم راه وجود دارد، می‌توان استفاده کرد.



شکل ۹-۱۲- نمونه تبادل‌های نیمه‌جهتی بدون ترافیک تداخلی



شکل ۹-۱۳- نمونه طرح تبادل‌های جهتی و نیمه‌جهتی چند طبقه

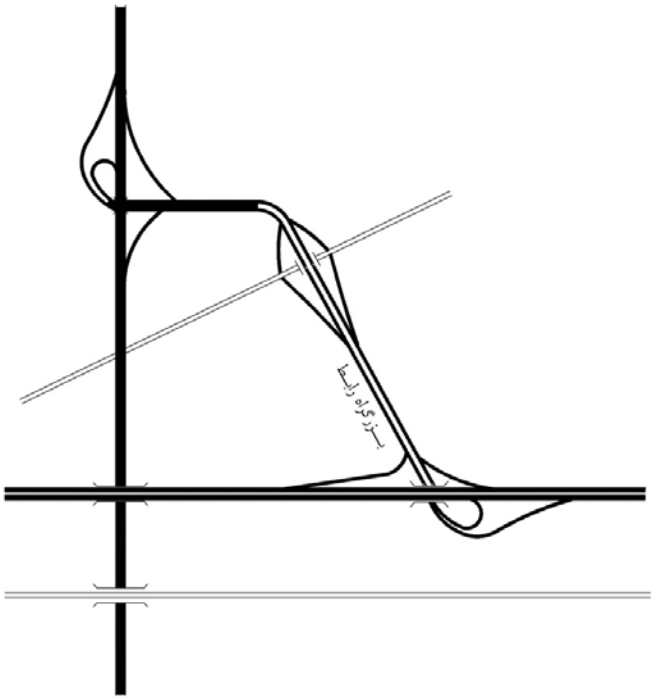
۹-۲-۲-۶- سایر انواع تبادل

الف - تبادل‌های تدریجی

این نوع تبادل، مشابه با آنچه که در شکل (۹-۱۴) نشان داده شده است، برای اتصال دو آزادراه و در شرایطی که محل تلاقی آن دو، ناحیه متراکمی از نظر ساخت و ساز است و امکان ایجاد تبادل در محل تلاقی دو مسیر وجود ندارد، بکار می‌رود. در این حالت، گردش‌های تبادل اصلی با دو تبادل سه راه در فاصله‌ای نسبت به محل تلاقی دو آزادراه تأمین می‌شود. این نوع تبادل در راه‌ها به ندرت استفاده می‌شود، اما در حومه شهرها می‌تواند کاربرد داشته باشد.

ب – تبادل‌های مرکب

در صورتی که الگوهای حرکت‌های ترافیکی موجود در تقاطع به گونه‌ای باشد که هر یک از طرح‌های تبادل مورد اشاره در قبل، برای پاسخ‌گویی به آن مناسب نباشد، می‌توان ترکیبی از حالت‌های مختلف را برای طراحی بکار گرفت.



شکل۹-۱۴- نمونه طرح تبادل تدریجی

۹-۳- انتخاب روگذر یا زیرگذر

در هر تقاطع غیر هم‌سطح باید با انجام مطالعات دقیق، موقعیت راه‌ها نسبت به هم (روگذر یا زیرگذر) مشخص شود. در شکل (۹-۱۵)، انواع روگذرها و زیرگذرها آورده شده است. مهمترین عوامل تعیین کننده در انتخاب زیرگذر یا روگذر، شرایط پستی و بلندی منطقه و هماهنگی طرح با آن و یا محدودیت‌های راستای افقی و قائم مسیرهای متقاطع است که در این حالت، نیازی به هماهنگی طرح با پستی و بلندی منطقه نیست.

اصولا طرحی که با عوارض موجود هماهنگی داشته باشد، از منظر ظاهری، خوش منظره‌ترین طرح و از نظر اجرایی و نگهداری نیز اقتصادی‌ترین گزینه می‌باشد. علاوه بر عوامل فوق، عوامل مؤثر زیر نیز باید مورد ارزیابی قرار گیرد:

– طرح باید اقتصادی باشد.

– در زیرگذرها، به علت دیدن راه بالایی، نوعی پیش آگاهی در مورد وجود تبادل به استفاده‌کنندگان داده می‌شود.

– در صورت وجود ترافیک گردشی قابل ملاحظه، پایین بودن تراز راه اصلی باعث افزایش سرعت ترافیک ورودی به راه اصلی و کاهش سرعت ترافیک خروجی از راه اصلی می‌شود.

– استفاده‌کنندگان از راه روگذر، دید بهتری نسبت به استفاده‌کنندگان راه زیرگذر دارند.

– در مواردی که روگذر یا زیرگذر هیچ گونه مزیتی نسبت به هم ندارند، طرحی که بیشترین فاصله دید (برای راه‌های دوخطه– فاصله دید سبقت) را تأمین کند، اولویت دارد.

– روگذرها امکان ساخت مرحله‌ای را هم برای راه و هم برای پل، بهتر فراهم می‌کنند.

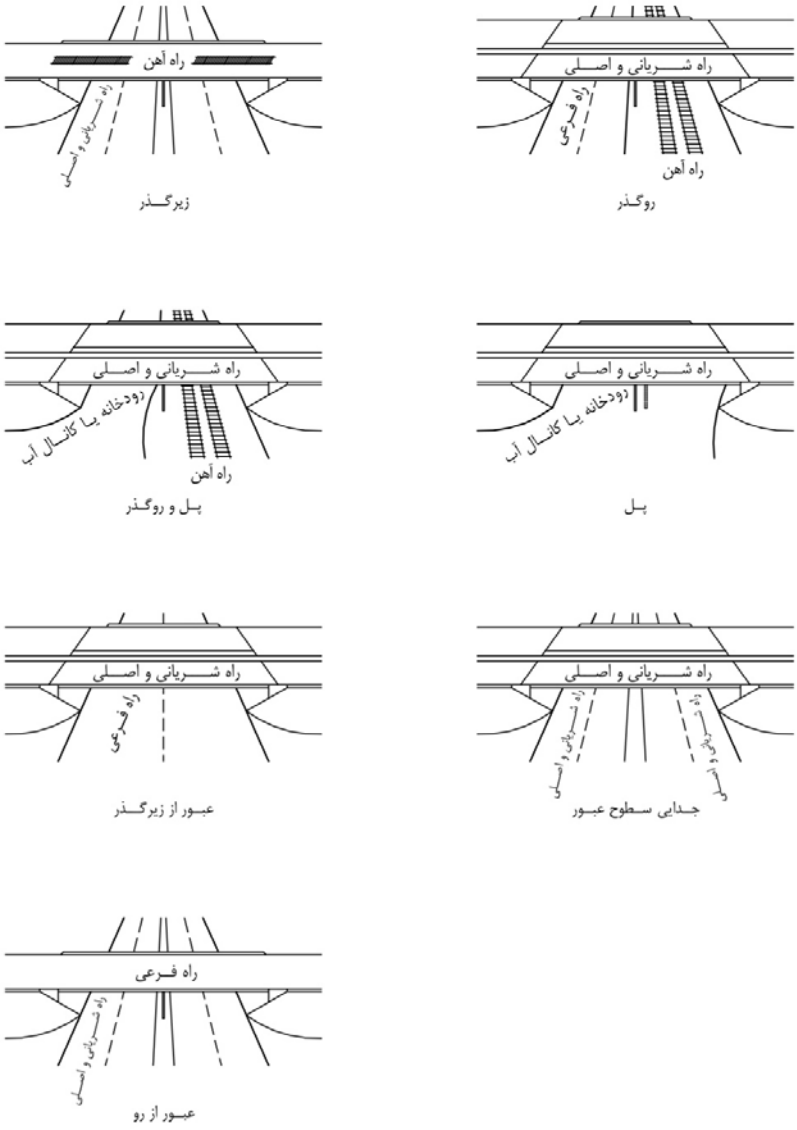
– در مواردی که شرایط پستی و بلندی منطقه، عامل اصلی در انتخاب نوع تبادل نباشد، هزینه سازه پل بسیار مهم است.

– با روگذر کردن راه اصلی، مشکل زهکشی را می‌توان کاهش داد.

– هنگامی که راه مهمتر (دارای مقطع عرضی عریض‌تر) را با توجه به نیمرخ طولی، می‌توان نزدیک به خط زمین ساخت، بهتر است راه متقاطع از زیر عبور داده شود.

– انتخاب زیر گذر، علاوه بر وضعیت محل پل به شرایط کلی طرح نیز بستگی دارد.

– در صورت تلاقی راه جدید با راه موجود با ترافیک قابل ملاحظه، روگذر شدن راه جدید، اختلال کمتری در ترافیک عبوری راه موجود ایجاد خواهد کرد.



شکل ۹-۱۵- انواع زیرگذر و روگذر

۹-۴- معیارهای طراحی

در طراحی تبادل‌ها به نکات مختلفی مانند نوع تبادل مورد لزوم در یک محل، نحوه تأمین ارتباط بین آزادراه و راه‌های مجاور و یا ارتباط بین آزادراه با آزادراه دیگر توجه می‌شود. در این ارتباط، سرعت طرح، شیب طولی و عرضی، هماهنگی امتداد افقی و قائم مسیر، شعاع گردش‌ها، ورودی و خروجی در محل تبادل‌ها، فواصل دید، انتخاب رابطها، خطهای عبور کمکی و بالاخره کنترل دسترسی‌ها از عوامل ضروری در نحوه طراحی تبادل است.

۹-۴-۱- فواصل دید تا دماغه خروجی

در طراحی تبادل‌ها، سرعت طرح در امتداد افقی و قائم مسیر مد نظر قرار می‌گیرد و فاصله دید در قوس‌های قائم گنبدی با توجه به سرعت طرح تعیین می‌شود.

برای فاصله دید انتخاب در دماغه‌های خروجی، از جدول (۹-۱) استفاده می‌شود. فواصل دید در امتداد محور خط عبور رابطها، در سمت راست دماغه تعیین می‌شود.

در طراحی قوس‌های قائم که بلافاصله قبل از دماغه خروجی مسیر قرار دارند، از فاصله دید توقف نظیر سرعت طرح حداقل ۸۰ کیلومتر در ساعت استفاده می‌شود.

جدول ۹-۱- فاصله دید انتخاب در دماغه خروجی

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید انتخاب (متر)
≤۱۰۰	۳۱۵
۱۰۱-۱۱۰	۳۳۵
۱۱۱-۱۲۰	۳۷۵
۱۲۱-۱۳۰	۴۱۵

۹-۴-۲- شیب طولی مسیرهای متقاطع

شیب طولی مسیرهای متقاطع در ورودی و خروجی تبادل‌ها، تابع عامل‌های متعددی است. برای مسیرهای منتهی به روگذر یا زیرگذر در حالتی که ارتفاع زیرگذر یا روگذر (سطح روسازی زیر گذر تا سطح روسازی روگذر) ۷/۵ متر باشد، حداکثر شیب طولی بر اساس سرعت طرح از جدول (۹-۲) بدست می‌آید. برای ارتفاع کمتر از ۷/۵ متر باید از شیب‌های ملایمتری در مقایسه با جدول (۹-۲) استفاده کرد. در انتخاب شیب مسیر، عامل‌های مؤثر در فاصله دید، مورد توجه قرار می‌گیرد.

جدول ۹-۲- حداکثر شیب طولی مسیرهای متقاطع

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۱۱۰	۱۰۰	۸۰	۶۰
حداکثر شیب طولی (درصد)	۳	۴	۵	۶

در محدوده ورودی و خروجی تبادل‌ها، امکان اختلاف شیب طولی و یا عرضی رابطها با خطهای عبور مسیر اصلی وجود دارد. **در مواقعی که خطهای عبور مسیر اصلی با خطهای عبور رابطها، در ورودی‌ها و خروجی‌ها، در یک صفحه قرار ندارند، اختلاف جبری در شیب عرضی رویه‌ها نباید از ٪۵ تجاوز کند.**

علاوه بر شرایط زمین، در تعیین شیب مسیر در تبادل‌ها، فاصله آزاد بین ابنیه فنی و مسیرهای موجود در تبادل‌ها نیز حائز اهمیت است.

رابطهای خروجی در سربالایی‌ها بهتر است با شیب کم به مسیر مجاور متصل شود تا امکان سرعت‌گیری بهتر خودروهای سنگین فراهم شود. **در صورتی که انتهای رابطها در خم گنبدی قرار داشته باشد، شیب طولی در ۱۵ متر آخر مسیر باید کمتر از ۵ درصد باشد و در انتهای رابطهای خروجی که در سرازیری قرار دارند، در صورت استفاده از خم‌های کاسه‌ای، طول خم‌ها باید حداقل ۳۰ متر باشد.**

در رابطهای ورودی به مسیر، شیب رابطها باید در طولی برابر با حداقل ۳۰ متر قبل از دماغه ورودی به صورت هم‌شیب با مسیر اصلی، جهت دید کافی ادامه یابد.

در رابطهای ورودی به مسیر اصلی در سربالایی‌ها با توجه به معیارهای این آیین‌نامه، ضرورت ساخت خط کمکی سربالایی بررسی می‌شود و در صورت لزوم باید خط کمکی سربالایی ساخته شود.

۹-۴-۳- فاصله بین تبادل‌ها

حداقل فاصله دو تبادل متوالی یا فاصله تبادل با ورودی یا خروجی (مانند ورودی به مجتمع‌های خدماتی- رفاهی) در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها ۳ کیلومتر است. چنانچه در حالت‌های خاص، استفاده از دو تبادل با فاصله کمتر از مقدار یاد شده اجتناب ناپذیر باشد، بهتر است از راه‌های جمع‌کننده- توزیع‌کننده (راه جانبی) مجزا برای دسترسی به پایانه‌های تبادل‌ها استفاده کرد.

۹-۴-۴- توازن تعداد خطها

به منظور روانی جریان ترافیک و حفظ ظرفیت مشخص در حوالی تبادل، ضروری است که تعداد خطهای عبور ترافیک در هنگام انجام حرکت‌های هم‌گرا و واگرا در محل ورودی یا خروجی‌های تبادل، متوازن باشد. برای این منظور ابتدا بر اساس حجم‌های ترافیک طرح، تجزیه و تحلیل ظرفیت (گنجایش) انجام شده و بر اساس آن تعداد خطهای پایه لازم برای پاسخ‌گویی به جریان ترافیک مزبور تعیین می‌شود. این تعداد خط در طول قابل توجهی از مسیر حفظ می‌شود.

پس از تعیین تعداد خطهای پایه، تغییرات لازم در تعداد خطهای عبوری با توجه به اصول زیر کنترل می‌شود:

۱- در پیوند دو مسیر، تعداد خطهای عبور جریان ترافیک مسیر اصلی، بعد از محل پیوند دو جریان ترافیک، نباید از مجموع خطهای عبور جریان‌های ترافیک به هم پیوسته منهای یک کمتر باشد اما می‌تواند مساوی با مجموع آن دو خط عبور باشد.

۲- در انشعاب (خروجی)، تعداد خط‌های عبور جریان ترافیک مسیر اصلی، قبل از رسیدن به محل واگرایی باید مساوی با مجموع تعداد خط‌های عبور دو انشعاب منهای یک و در شرایط استثنایی برابر با مجموع آن دو باشد.

شرایط استثنایی عبارت است از:

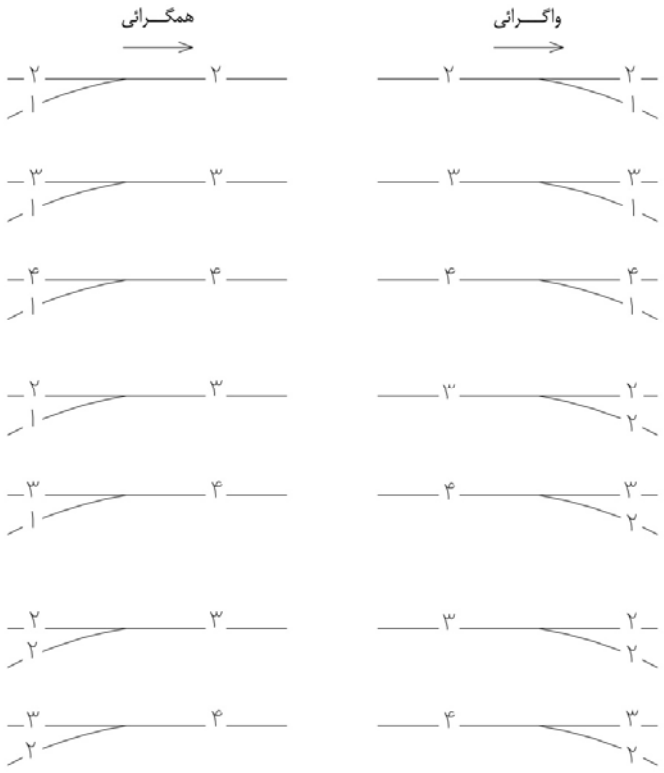
الف – بخش ترافیک تداخلی بین گردراهه‌های تبادل شبدری

ب – در تبادل‌های بسیار نزدیک به هم که فاصله میان دماغه پایانه‌های رابط ورودی و خروجی متوالی کمتر از ۴۵۰ متر است، یک خط کمکی در تمام این طول بکار گرفته شده است. این مورد با توجه به حداقل فاصله تبادل‌ها، برای تبادل‌های موجود کاربرد دارد.

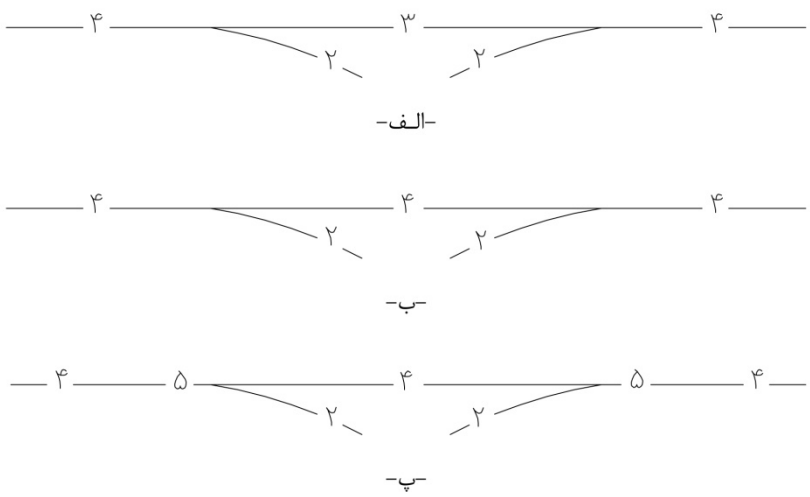
۳- تعداد خط‌های عبور در مسیر اصلی، نباید هر بار بیش از یک خط کاهش یابد.

شکل (۹-۱۶)، نحوه کاربرد اصل توازن خط‌ها و شکل (۹-۱۷)، نیز نمونه‌هایی از نحوه تطبیق دادن اصل توازن خط‌ها و حفظ تعداد خط‌های پایه مسیر اصلی را نشان می‌دهند. شکل (۹-۱۷-الف)، به دلیل تغییر تعداد خط‌های پایه (از چهار خط به سه خط) در قطعه بین پایانه‌های دو رابط و ایجاد گلوگاه و شکل (۹-۱۷-ب)، به دلیل عدم رعایت توازن خط‌ها، طرح‌های مناسبی نیستند. در شکل (۹-۱۷-پ)، تعداد خط‌های پایه، حفظ و توازن خط‌ها رعایت شده است.

چنانچه از خط‌های عبور کمکی، به منظور تأمین ظرفیت و ایمنی در فاصله میان تبادل‌ها استفاده شود، باید دقت شود که اصل توازن خط‌ها رعایت شود.



شکل ۹-۱۶- نمونه‌های متداول توازن تعداد خط‌های عبور



شکل ۹-۱۷- نحوه تطابق توازن خطها و حفظ تعداد خطهای پایه

۹-۴-۵- خطهای کمکی تغییر سرعت

استفاده از خطهای کمکی بین رابطهای ورودی و خروجی در شرایط زیر مفید خواهد بود:

۱- تبادل‌های خیلی نزدیک به هم

۲- در شرایطی که فاصله بین انتهای لچکی رابط ورودی و ابتدای لچکی رابط خروجی کوتاه باشد.

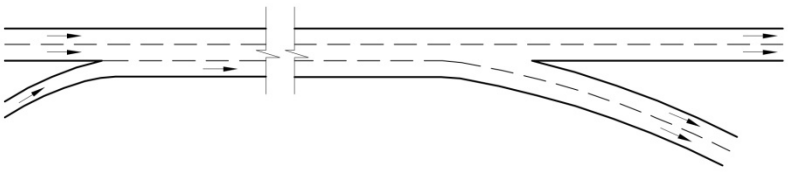
گزینه‌های مختلف حذف خطهای کمکی، متناسب با شرایط موجود در محل تبادل در شکل (۹-۱۸) نشان داده شده است.

همچنین شکل (۹-۱۹) نیز حالت‌های مختلف استفاده از خطهای عبور کمکی را به منظور هماهنگی اصل توازن خط و تعداد خطهای عبور پایه مشخص می‌کند.

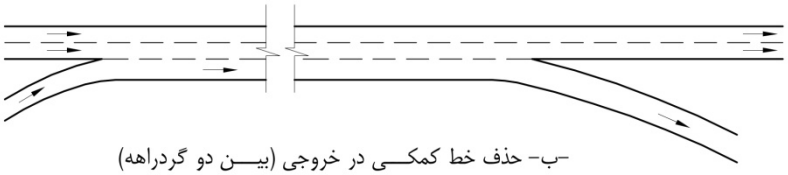
در کلیه حالت‌های مندرج در شکل‌های (۹-۱۸) و (۹-۱۹)، طول خطهای کمکی تغییر سرعت بر اساس جدول‌های (۹-۷) تا (۹-۹) محاسبه می‌شود.

در شرایطی که درصد زیادی از ترافیک عبوری یا ورودی و خروجی مسیر را کامیون‌ها تشکیل دهند، توصیه می‌شود از خطهای کمکی به منظور افزایش سطح خدمت تبادل استفاده شود.

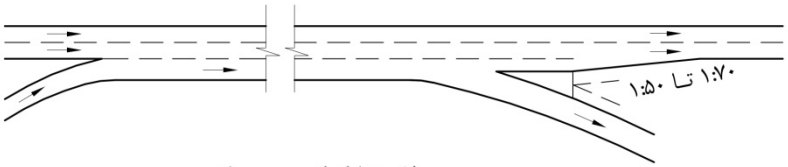
عرض یک خط کمکی تغییر سرعت باید برابر با عرض خطهای عبور مستقیم مسیر اصلی باشد. در صورت استفاده از این خطها، عرض مطلوب برای شانه مجاور آن ۳/۶۵-۲/۴ متر و حداقل این عرض برابر ۱/۸۵ متر است.



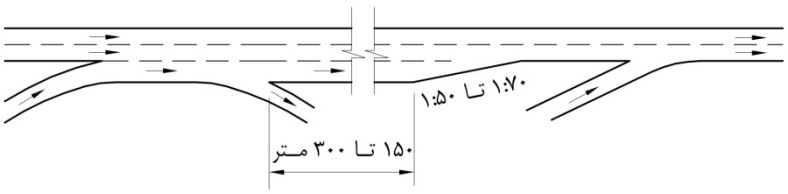
-الف- حذف خط کمکی در خروجی



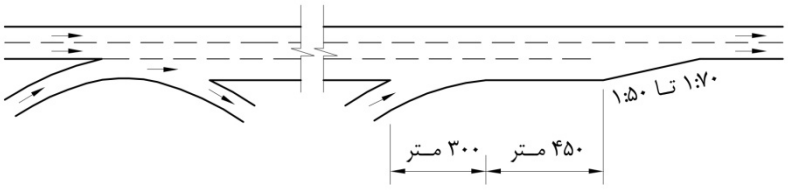
-ب- حذف خط کمکی در خروجی (بین دو گردراهه)
و یا بین رابط‌های دو تقاطع نزدیک به هم



-پ- حذف خط کمکی در دماغه

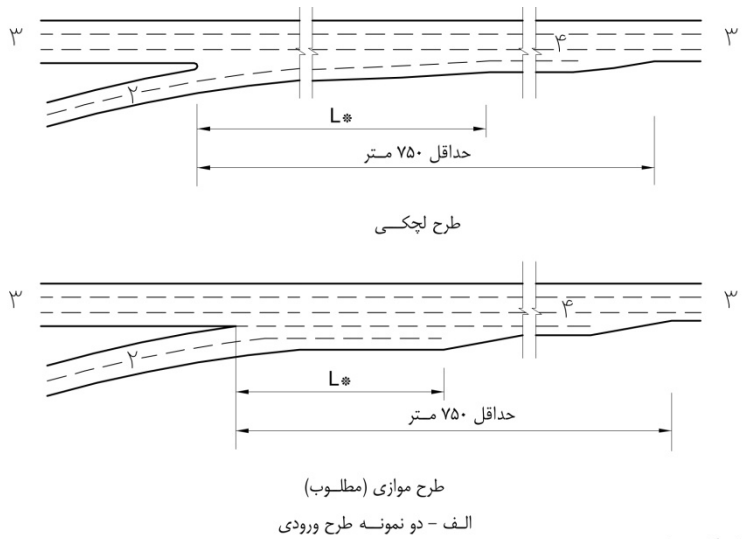


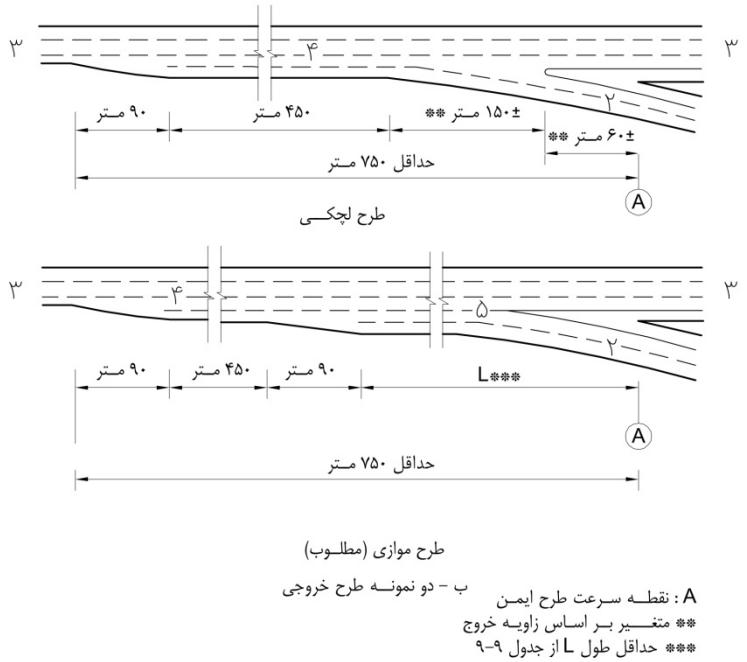
-ت- حذف خط کمکی در طول تبادل



-ث- حذف خط کمکی بعد از تبادل

شکل ۹-۱۸- روش‌های مختلف حذف خط‌های کمکی





شکل ۹-۱۹- استفاده از خط‌های کمکی به منظور تأمین اصل توازن تعداد خط‌های عبور

۹-۴-۶- بخش تداخلی

در تبادل‌ها، تداخل ترافیک معمولاً بین رابط‌های ورودی و خروجی به وقوع می‌پیوندد. با توجه به اغتشاشی که در جریان ترافیک تبادل به علت تداخل جریان‌های ترافیکی ایجاد می‌شود، توصیه می‌شود در صورت امکان در طرح تبادل، تمهیداتی اندیشیده شود که بخش‌های با ترافیک تداخلی در مسیر اصلی حذف شود. در این خصوص می‌توان به ایجاد مسیرهای دسترسی حاشیه‌ای و یا راه‌های جمع‌کننده- توزیع‌کننده که موازی مسیر اصلی و در حاشیه آن هستند، اشاره کرد.

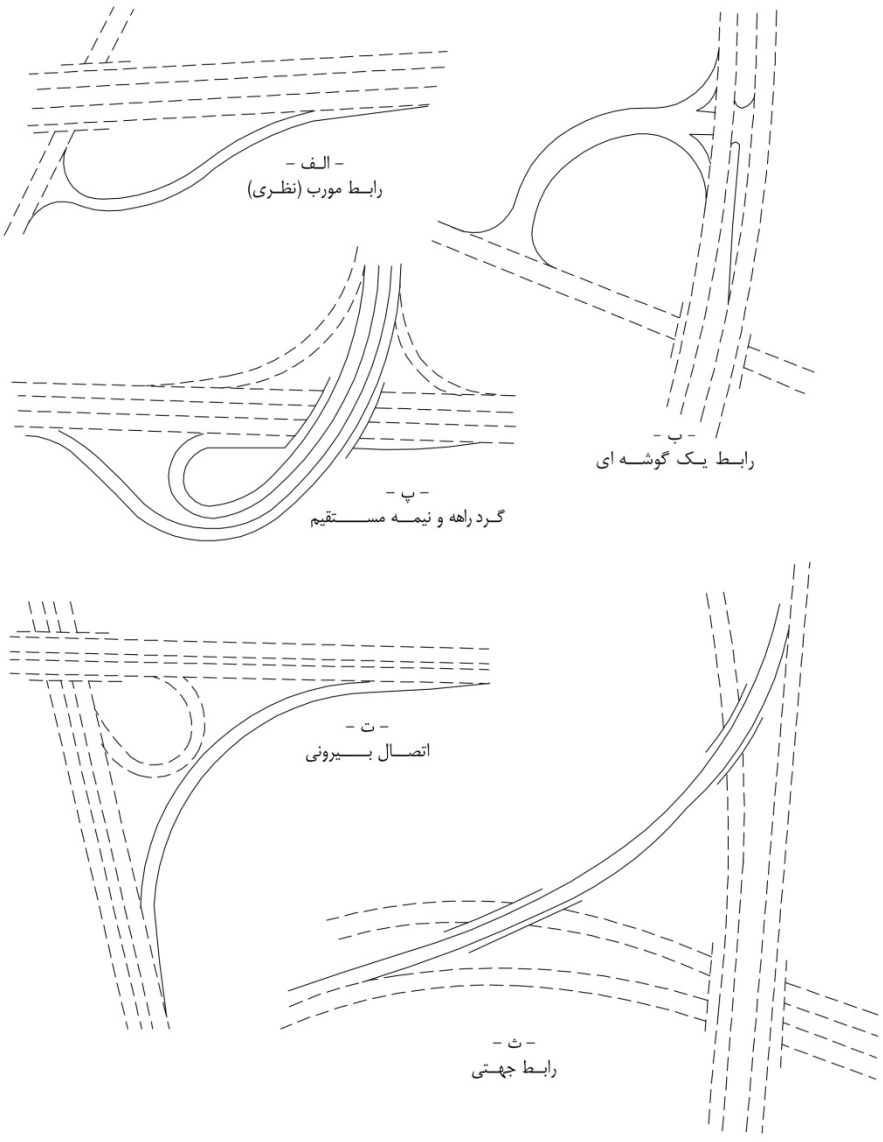
چنانچه شرایط تبادل به گونه‌ای باشد که حذف بخش با ترافیک تداخلی از طرح تبادل امکان‌پذیر نباشد، در آن صورت باید طول کافی برای این بخش در نظر گرفته شود تا سبب کاهش سطح کیفیت ترافیک مسیر اصلی و تبادل نشود.

در فصل ترافیک (فصل هفتم)، تحلیل سطح کیفیت ترافیک برای نواحی تداخلی در آزادراه‌ها آورده شده است.

۹-۴-۷- رابط‌ها

رابط‌ها، راه‌هایی یک طرفه برای ایجاد ارتباط بین راه‌های متقاطع در تبادل‌ها می‌باشند. رابط‌ها انواع مختلفی دارند. در شکل (۹-۲۰)، انواع مختلف رابط‌ها آورده شده‌اند که بسته به مورد، می‌تواند در تبادل‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

اجزای رابط‌ها عبارتند از: پایانه رابط (محل‌های ابتدا و اتصال) و بدنه رابط (قطعه اتصالی).



شکل ۹-۲۰- انواع مختلف رابط‌ها

۹-۴-۷-۱- سرعت طرح

سرعت طرح رابطها بهتر است به سرعت حرکت در راه متقاطع با حجم ترافیک کم نزدیک باشد ولی به هیچ عنوان نباید کمتر از مقادیر نشان داده شده در جدول (۹-۳) باشد. **برای رابطهای خروجی از آزادراه و بزرگراه، سرعت طرح مسیر اصلی باید حداقل ۸۰ کیلومتر در ساعت فرض شود.**

سرعت طرح در رابطها با پایانه‌های رابط، ارتباطی ندارند. برای رابطهای گردش به راست، حد بالای سرعت طرح توصیه می‌شود. برای رابطهای گردراهه، در مسیرهای با سرعت طرح ۸۰ کیلومتر در ساعت و بیشتر، حداقل سرعت طرح ۴۰ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شود. برای رابطهای نیمه مستقیم، سرعت طرح بین حد بالایی و میانی جدول (۹-۳) مناسب است ولی سرعت طرح نباید کمتر از ۵۰ کیلومتر در ساعت باشد. برای رابطهای مستقیم مانند رابط جهتی، حداقل سرعت طرح، ۶۰ کیلومتر در ساعت است.

در انتخاب سرعت طرح رابطها، باید راه با سرعت طرح بیشتر را به عنوان ضابطه انتخاب کرد. در صورت متغیر بودن سرعت طرح، برای آن بخش از رابط که به راه با سرعت طرح کمتر نزدیک است، می‌توان سرعت طرح کمتری در نظر گرفت.

جدول (۹-۳)، در حالتی که رابط به راه متقاطع مهمی می‌رسد و تقاطع هم‌سطح بوجود می‌آید، کاربرد ندارد.

جدول ۹-۳- سرعت طرح در رابطها

سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت) / سرعت طرح رابط (کیلومتر در ساعت)	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
حداکثر	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۱۰
متوسط	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
حداقل	۲۰	۳۰	۴۰	۴۰	۵۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰

۹-۴-۷-۲- فاصله دید در رابطها

فاصله دید در رابطها، حداقل باید برابر با فاصله دید توقف باشد.

۹-۴-۷-۳- شیب طولی رابطها

شیب طولی رابطها بهتر است از ۸ درصد تجاوز نکند. در جدول (۹-۴)، حداکثر شیب طولی رابطها بر حسب درصد وسایل نقلیه سنگین آورده شده است. این شیب، در محل رابطهای ورودی که در سرازیری قرار دارند و یا در محل رابطهای خروجی که در سربالایی قرار دارند، می‌تواند ۱ درصد افزایش یابد.

۹-۴-۷-۴- بربلندی رابطها

میزان بربلندی در رابطها بر اساس مقادیر جداول فصل پنجم می‌باشد.

جدول ۹-۴- حداکثر شیب طولی رابط‌ها

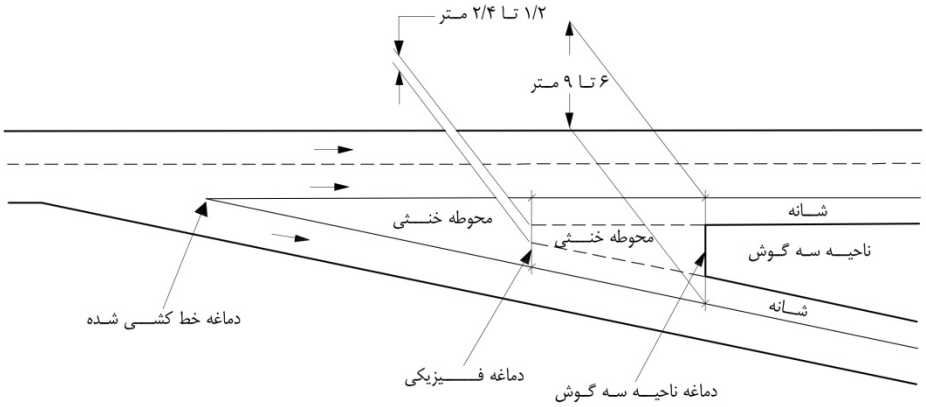
نوع رابط و قرارگیری آن	درصد وسایل نقلیه سنگین نسبت به حجم ترافیک	
	۵ درصد و بیشتر	کمتر از ۵ درصد
ورودی		
سرازیری	۸	۸
سربالایی	۶	۷
خروجی		
سرازیری	۵	۵
سربالایی	۸	۹

۹-۴-۷-۵- ناحیه سه گوش[۱]

ناحیه سه گوش به ناحیه واقع در محل واگرایی بین رابط و راه گفته می‌شود. شکل این ناحیه برای تسهیل در تشخیص خروجی و نیز خروج با سرعت ایمن، مهم است. در شکل (۹-۲۱)، قسمت‌های مختلف ناحیه سه گوش و در شکل (۹-۲۲)، طرح‌های ناحیه سه گوش برای حالت‌های مختلف آورده شده است. در جدول (۹-۵)، طول لچکی‌های (z) نشان داده در شکل (۹-۲۲)، آورده شده است. ناحیه سه گوش در محل همگرایی مشابه با محل واگرایی است البته مقدار عقب‌نشینی می‌تواند کمتر و یا حتی حذف شود. بهتر است در تمامی خروجی‌های (ورودی‌های) یک راه برای افزایش ایمنی و راحتی راننده در تشخیص صحیح و سریع، از طرح‌های یکسان استفاده شود.

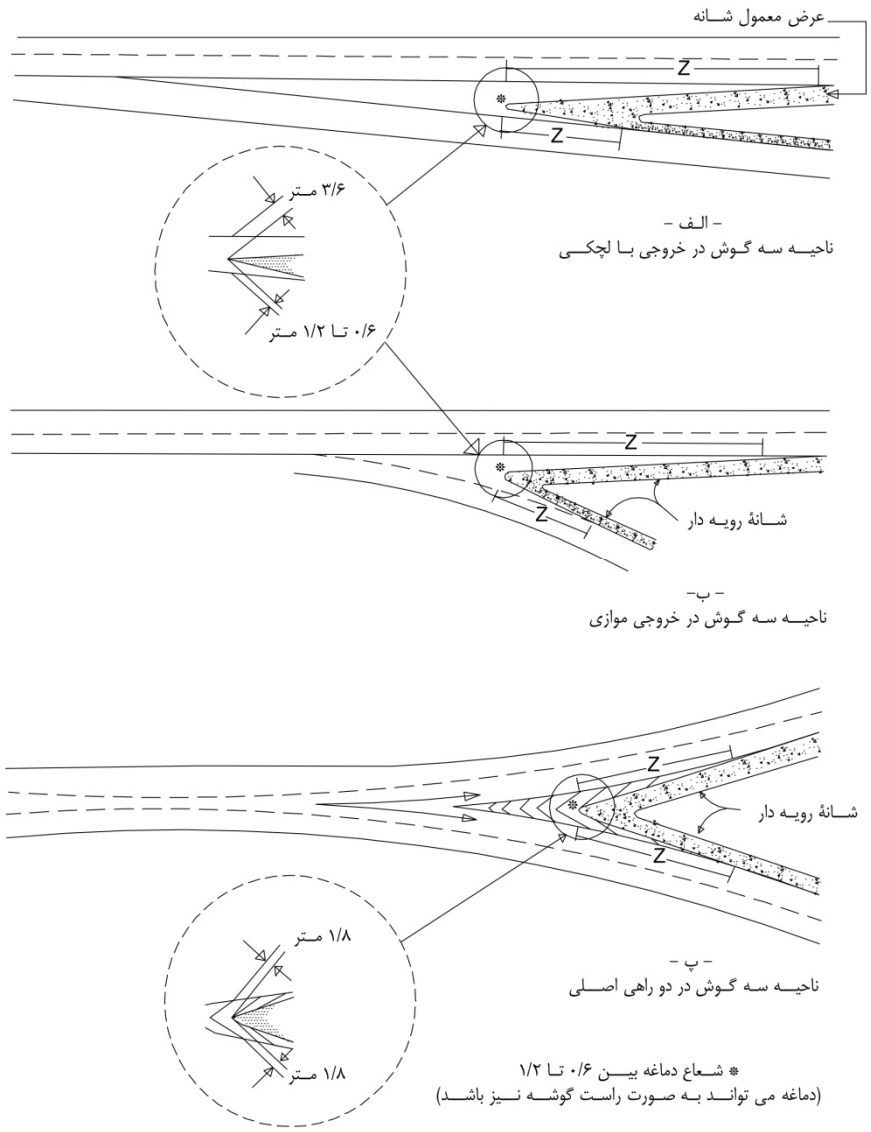
جدول ۹-۵- طول لچکی‌ها بعد از عقب‌نشینی دماغه

سرعت طرح راه منتهی به رابط (کیلومتر در ساعت)	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰
طول لچکی دماغه (z) برای عرض واحد عقب نشینی دماغه (متر)	۱۵	۲۰	۲۲	۲۵	۲۷/۵	۳۰	۳۵	۴۰



شکل ۹-۲۱- قسمت‌های مختلف ناحیه سه گوش

۱- Gore area



شکل ۹-۲۲- طرح‌های ناحیه سه گوش برای حالت‌های مختلف

۹-۴-۷-۶- تعداد خط‌های عبور رابط‌ها

تعداد خط‌ها در رابط‌ها بستگی به حجم ترافیک دارد. **چنانچه حجم ترافیک طرح از ۱۵۰۰ معادل وسیله نقلیه سبک در ساعت تجاوز کند، باید از رابط با دو خط عبور استفاده شود.** البته امکان افزایش خط‌ها به سه خط یا بیشتر نیز مورد بررسی قرار گیرد. در صورتی که حجم ترافیک طرح، بین ۹۰۰ تا ۱۵۰۰ معادل وسیله نقلیه سبک در ساعت باشد، طراحی بر پایه ساخت اولیه یک خط عبور که قابل افزایش به دو خط است، انجام شود.

اگر طول یک رابط یک خطه از ۳۰۰ متر تجاوز کند و یا شیب طولی آن بیش از ۵ درصد باشد، باید عرض رابط را حداقل ۵/۸۵ متر و یا یک خط عبور اضافی برای تأمین سبقت در رابط، پیش‌بینی شود.

۹-۴-۷-۷- عرض خط در رابط‌ها

عرض خط‌های عبور (سواره‌رو) در رابط‌ها ۳/۶۵ متر است. **هنگامی که شعاع پیچ رابط‌ها ۹۰ متر یا کمتر و زاویه مرکزی بزرگتر از ۶۰ درجه است، خط عبور در رابط‌های یک خطه و آخرین خط عبور در سمت راست رابط-های چند خطه باید مطابق با اعداد جدول (۹-۶)، برای تأمین امکان گردش چرخ خودروهای سنگین تعریض شود.**

جدول ۹-۶- تعریض خط‌های عبور

شعاع رابط (متر)	تعریض (متر)	عرض خط عبور (متر)
<۴۰	۲	۵/۶۵
۴۰-۴۴	۱/۶	۵/۲۵
۴۵-۵۴	۱/۳	۴/۹۵
۵۵-۶۴	۰/۹	۴/۵۵
۶۵-۷۴	۰/۶	۴/۲۵
۷۵-۹۰	۰/۳	۳/۹۵
>۹۰	۰	۳/۶۵

۹-۴-۷-۸- عرض شانه‌ها در رابط‌ها

در رابط‌ها، عرض شانه سمت راست، ۲/۴ متر و عرض شانه چپ، ۱/۲ متر است. بهتر است در رابط‌های بین آزادراه‌ها عرض شانه سمت راست، ۳ متر و عرض شانه سمت چپ، ۱/۵ متر باشد. برای رابط‌های جهتی با سرعت بیشتر از ۶۰ کیلومتر در ساعت، بهتر است شانه رویه‌دار و عرض شانه سمت راست، ۳ متر و عرض شانه سمت چپ، ۱/۸ متر باشد. برای رابط‌هایی که به دلیل سبقت دو خطه شده‌اند، در صورت ترافیک عبوری کم، توصیه می‌شود عرض شانه در سمت راست، حداقل ۱/۵ متر و عرض شانه سمت چپ، ۱/۵ متر باشد. **برای رابط‌های سه خطه، عرض شانه در طرفین باید ۳ متر باشد.**

۹-۴-۷-۹- گردراهه‌ها

این رابط‌ها عموماً دارای یک خط عبور می‌باشند مگر در مواردی که گنجایش رابط با توجه به حجم ترافیک، لزوم خط عبور دوم را مشخص کند. در صورت استفاده از دو خط عبور، فقط خط عبور سمت راست برای عبور وسایل نقلیه سنگین نیاز به تعریض دارد.

شعاع گردش رابط‌های گردراهه، عموماً بین ۴۵ تا ۶۰ متر است. حداقل شعاع گردش ۳۵ متر است. در رابط‌های گردراهه، دو سوم شیب بربلندی در ابتدای قوس رابط‌ها اعمال می‌شود. در شعاع گردش کمتر از ۹۰ متر، بربلندی باید در شانه‌ها نیز اعمال شود.

۹-۴-۸- پایانه‌های رابط‌ها

برای آن که جداشدگی جریان ترافیک خروجی از آزادراه و همچنین پیوستگی جریان ترافیک ورودی به آن با حداکثر مطلوبیت و بدون مزاحمت برای جریان اصلی ترافیک آزادراه انجام شود، لازم است در طرح پایانه‌های رابط‌ها (دهانه‌های ورودی یا دماغه‌های خروجی رابط‌ها)، معیارهایی در نظر گرفته شود.

مهم‌ترین ضابطه‌ای که در طرح ورودی و خروجی پایانه رابط‌ها توصیه می‌شود، این است که در صورت امکان، کلیه ورودی‌ها و خروجی‌ها از سمت راست مسیر انجام شود. بدیهی است در طرح تبادل‌های جهتی، تأمین این ضابطه مورد توجه نیست.

به هر حال واگرایی یا هم‌گرایی جریان ترافیک رابط با مسیر اصلی باید با زاویه‌ای بسیار ملایم و کم و به صورت تدریجی شکل گیرد. پایانه‌های رابط بسته به تعداد خط‌های رابط (که یک یا چند خطه باشند) و با توجه به شکل خط تغییر سرعت در آنها (که به صورت لچکی یا موازی باشد)، به دسته‌های مختلف تقسیم می‌شوند. نحوه کنترل جریان ورودی یا خروجی رابط نیز از عامل‌های مهم و مؤثر دیگر در طراحی ورودی و خروجی رابط است. بدیهی است چنانچه لازم باشد واگرایی یا هم‌گرایی جریان با مسیر اصلی به صورت آزاد و بدون نیاز به توقف انجام شود، در آن صورت نحوه طراحی متفاوت خواهد بود.

۹-۴-۸-۱- موقعیت پایانه رابط‌ها در روی راه متقاطع

در طرح تبادل‌هایی که رابط، راه متقاطع را به صورت هم‌سطح قطع می‌کند و به عبارت دیگر تقاطع هم‌سطح ایجاد می‌شود و حرکات گردش به چپ وجود دارد (مانند تبادلهای لوزوی)، باید تسهیلات لازم به منظور ایجاد حرکت ایمن برای ترافیک گردشی به چپ فراهم شود.

برای این منظور ضوابط زیر در محل اتصال رابط با راه متقاطع رعایت می‌شود:

– حداقل فاصله بین پایانه رابط و تقاطع‌های مجاور و دسترسی‌ها مطابق حداقل فاصله توصیه شده در فصل هشتم- تقاطع‌ها، ردیف (۸-۱-۲) و فصل چهارم- مبانی طراحی، ردیف (۴-۴-۴) باشد.

– اتصال رابط با مسیر متقاطع بهتر است در صورت امکان در بخش مستقیم راه باشد و در قوس افقی واقع نشود.

– محل اتصال رابط در قسمتی از راه متقاطع باشد که شیب طولی آن ملایم‌تر است. حداکثر شیب ۴ درصد برای این منظور توصیه می‌شود.

– انتهای رابط در نقطه‌ای قرار داده شود که دید کافی برای گردش به چپ از رابط به مسیر متقاطع فراهم باشد. برای این منظور سعی می‌شود که انتهای رابط تا حد امکان دورتر از نقطه شروع یا پایان خم گنبدی روگذری باشد که از روی آزادراه یا بزرگراه می‌گذرد. **اگر اجباراً انتهای رابط در نزدیکی قوس قائم گنبدی قرار داده شود، باید برای وسایل نقلیه چپ‌گرد، فاصله دید قائم کنترل شود.**

– علائم راهنما به ویژه علائم نوشتاری برای بهبود کنترل تقاطع بسیار مناسب خواهد بود.

– نوع پوشش گیاهی کنار یا میانه مسیر نیز (در صورت وجود) در تأمین دید لازم مؤثر است.

۹-۴-۸-۲- فاصله بین پایانه رابط و پل

پایانه رابط خروجی بهتر است نزدیک سازه پل واقع نشود. اگر قرارگیری پایانه رابط خروجی از مسیر اصلی، قبل از پل امکان‌پذیر نباشد و تنها راه حل ممکن، انتقال آن به بعد از پل باشد، در آن صورت، دهانه رابط در چنان فاصله‌ای بعد از پل واقع می‌شود که فاصله دید و عکس‌العمل کافی برای رانندگان، به منظور هدایت صحیح به آن را فراهم کند، به گونه‌ای که طول لازم برای ترافیک تداخلی تأمین شده باشد. حداقل فاصله لازم برای این منظور، مشابه با طول خط تغییر سرعت (برای رسیدن از سرعت طرح مسیر به سرعت طرح رابط) خواهد بود. چنانچه این فاصله بر اساس تعیین فاصله دید انتخاب تعیین شود، حد مطلوبی به دست خواهد آمد. در تقاطع‌های شبدری به دلیل اجتناب از افزایش زیاد حریم مورد نیاز تقاطع و مسافت حرکت در گردراه‌ها، خط تغییر سرعت می‌تواند در طول سازه پل نیز در نظر گرفته شود. در این حالت نیز فاصله دید باید کنترل شود.

۹-۴-۸-۳- فاصله بین پایانه رابط‌های متوالی

فاصله میان دو پایانه رابط متوالی (به غیر از رابط‌های متوالی یک تبادل مانند گردراه‌ها در یک تقاطع شبدری) در آزادراه باید مطابق ردیف (۹-۴-۳) و در سایر راه‌ها باید مطابق با حداقل فاصله توصیه شده در ردیف (۸-۱-۲) باشد. چنانچه در شرایط ویژه فاصله بین رابط‌های ورودی و خروجی متوالی کمتر از این مقادیر باشد، با توجه به نوع راه‌های منتهی به تبادل، نوع عملکرد رابط‌های متوالی (ورودی یا خروجی) و ظرفیت بخش تداخلی، می‌توان خط‌های تغییر سرعت آنها را به هم متصل کرد.

۹-۴-۸-۴- طراحی پایانه رابط ورودی یک خطه

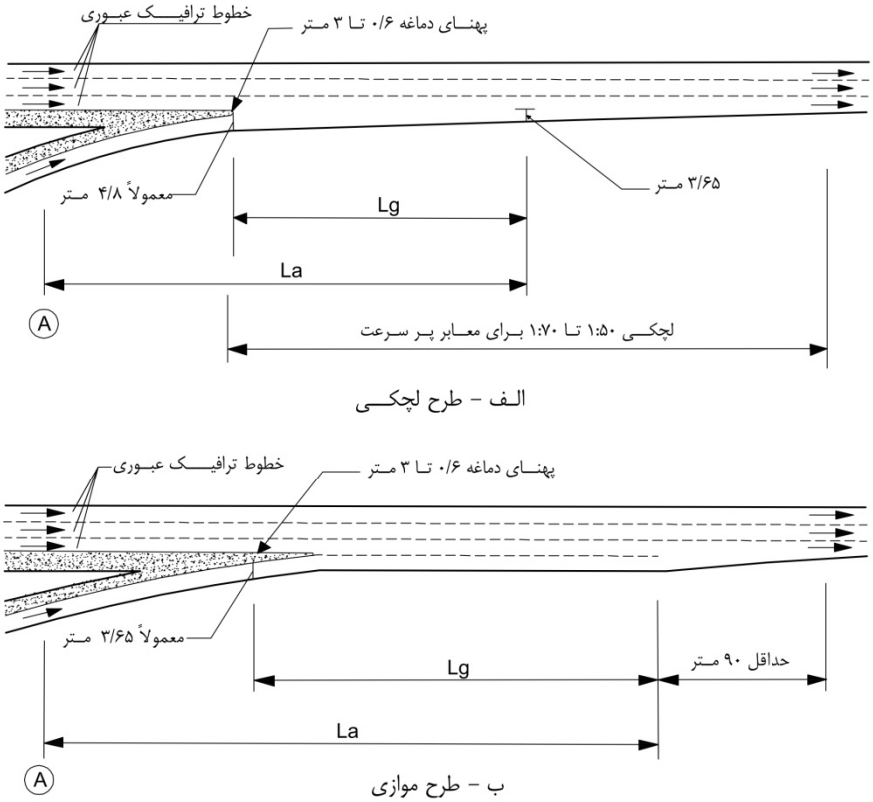
الف – نوع لچکی

نمونه متداول دماغه رابط ورودی یک خطه در شکل (۹-۲۳-الف) نشان داده شده است. در این حالت، ورود به جریان آزادراه یا بزرگراه به صورت یکنواخت و در فاصله طولانی انجام می‌شود. در این شکل L_a طول لازم برای خط افزایش سرعت و L_g فاصله لازم برای جای‌گیری در ترافیک اصلی (ورود ایمن به جریان ترافیک عبوری) است. حداقل طول L_g بین ۹۰ تا ۱۵۰ متر و طول L_a از جدول (۹-۷) به دست می‌آید. چنانچه رابط در شیب (بیش از ۲ درصد) واقع شده باشد، این طول طبق جدول (۹-۸) تعدیل می‌شود. L_a نباید از روی انحنای رابط شروع شود مگر آن که شعاع رابط ۳۰۰ متر و یا بیشتر باشد و همچنین **طول آن نباید کمتر از طول L_g باشد.** L_a در انتهای لچکی با نرخ هم‌گرایی ۱:۵۰ به مسیر اصلی اتصال می‌یابد. در راه‌های شریانی می‌توان از نرخ هم‌گرایی برابر ۱:۵۰ تا ۱:۷۰ (نسبت فاصله جانبی به فاصله طولی) برای ادغام بین لبه خارجی خط افزایش سرعت و جریان مستقیم مسیر اصلی استفاده کرد.

ب – نوع موازی

در این حالت خط اضافی با طول کافی، موازی مسیر اصلی در نظر گرفته می‌شود تا امکان افزایش سرعت برای ترافیک ورودی از طریق رابط، پیش از آن که به جریان ترافیک مسیر اصلی ملحق شود، فراهم شود. در نهایت، این خط اضافی با کمک یک لچکی به طول حداقل ۹۰ متر به مسیر اصلی متصل می‌شود.

طرح معمول ورودی یک خطه از نوع موازی در شکل (۹-۲۳-ب) نشان داده شده است. در این حالت نیز حداقل طول لازم برای خطهای افزایش سرعت با استفاده از جدول‌های (۹-۷) و (۹-۸) به دست می‌آید.

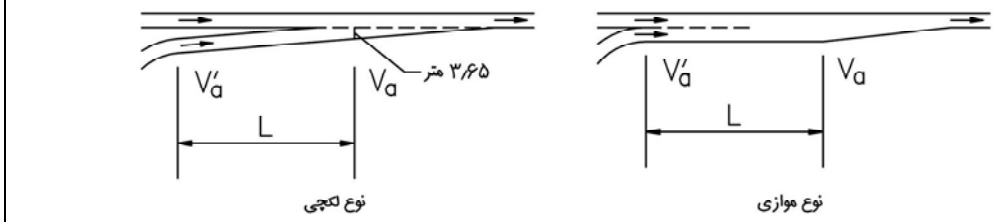


Lg : فاصله لازم برای جاگیری در ترافیک اصلی (حداقل ۹۰ الی ۱۵۰ متر)
La : خط افزایش سرعت
A : مقطع سرعت ایمن روی رابط (شعاع بیش از ۳۰۰ متر)

شکل ۹-۲۳- طرح‌های متداول رابط ورودی یک خطه

جدول ۹-۷- حداقل طول لازم برای خط‌های افزایش سرعت رابط‌های ورودی با شیب کمتر از ۲ درصد

مسیر اصلی		طول لازم برای خط افزایش سرعت (متر)							
		سرعت طرح قوس رابط ورودی (کیلومتر در ساعت)							
سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	سرعت ورودی به راه (V_a) (کیلومتر در ساعت)	توقف کامل	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰
		سرعت اولیه (V'_a) (کیلومتر در ساعت)							
		۰	۲۰	۲۸	۳۵	۴۲	۵۱	۶۳	۷۰
۵۰	۳۷	۶۰	۵۰	۳۰	–	–	–	–	–
۶۰	۴۵	۹۵	۸۰	۶۵	۴۵	–	–	–	–
۷۰	۵۳	۱۵۰	۱۳۰	۱۱۰	۹۰	۶۵	–	–	–
۸۰	۶۰	۲۰۰	۱۸۰	۱۶۵	۱۴۵	۱۱۵	۶۵	–	–
۹۰	۶۷	۲۶۰	۲۴۵	۲۲۵	۲۰۵	۱۷۵	۱۲۵	۳۵	–
۱۰۰	۷۴	۳۴۵	۳۲۵	۳۰۵	۲۸۵	۲۵۵	۲۰۵	۱۱۰	۴۰
۱۱۰	۸۱	۴۳۰	۴۱۰	۳۹۰	۳۷۰	۳۴۰	۲۹۰	۲۰۰	۱۲۵
۱۲۰	۸۸	۵۴۵	۵۳۰	۵۱۵	۴۹۰	۴۶۰	۴۱۰	۳۲۵	۲۴۵
تبصره: برای خط افزایش سرعت با طول بیشتر از ۴۰۰ متر، لچکی ۱:۵۰ تا ۱:۷۰ توصیه می‌شود.									



جدول ۹-۸- ضرایب تعدیل طول خط تغییر سرعت برای شیب‌های بزرگتر از ۲ درصد*

خط کاهش سرعت		
سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت)	سرعت طرح مسیر گردشی (کیلومتر در ساعت)	
همه سرعت‌ها	سربالایی با شیب۳ تا ۴ درصد: ۰/۹	سرپایینی با شیب۳ تا ۴ درصد: ۱/۲
همه سرعت‌ها	سربالایی با شیب ۵ تا ۶ درصد: ۰/۸	سرپایینی با شیب ۵ تا ۶ درصد: ۱/۳۵

خط افزایش سرعت						
سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت)	سرعت طرح مسیر گردشی (کیلومتر در ساعت)					
	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	همه سرعت‌ها
	سربالایی با شیب۳ تا ۴ درصد					سرپایینی با شیب۳ تا ۴ درصد
۶۰	۱/۳	۱/۴	۱/۴	–	–	۰/۷
۷۰	۱/۳	۱/۴	۱/۴	۱/۵	–	۰/۶۵
۸۰	۱/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۶	۰/۶۵
۹۰	۱/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۶	۰/۶
۱۰۰	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۷	۱/۸	۰/۶
۱۱۰	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۷	۱/۸	۰/۶
۱۲۰	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۷	۱/۸	۰/۶
	سربالایی با شیب ۵ تا ۶ درصد					سرپایینی با شیب ۵ تا ۶ درصد
۶۰	۱/۵	۱/۵	–	–	–	۰/۶
۷۰	۱/۵	۱/۶	۱/۷	–	–	۰/۶
۸۰	۱/۵	۱/۷	۱/۹	۱/۸	–	۰/۵۵
۹۰	۱/۶	۱/۸	۲	۲/۱	۲/۲	۰/۵۵
۱۰۰	۱/۷	۱/۹	۲/۲	۲/۴	۲/۵	۰/۵
۱۱۰	۲	۲/۲	۲/۶	۲/۸	۳	۰/۵
۱۲۰	۲/۳	۲/۵	۳	۳/۲	۳/۵	۰/۵
* نسبت بدست آمده از این جدول در مقادیر حاصل از جدول‌های (۹-۷) و (۹-۹) ضرب می‌شود.						

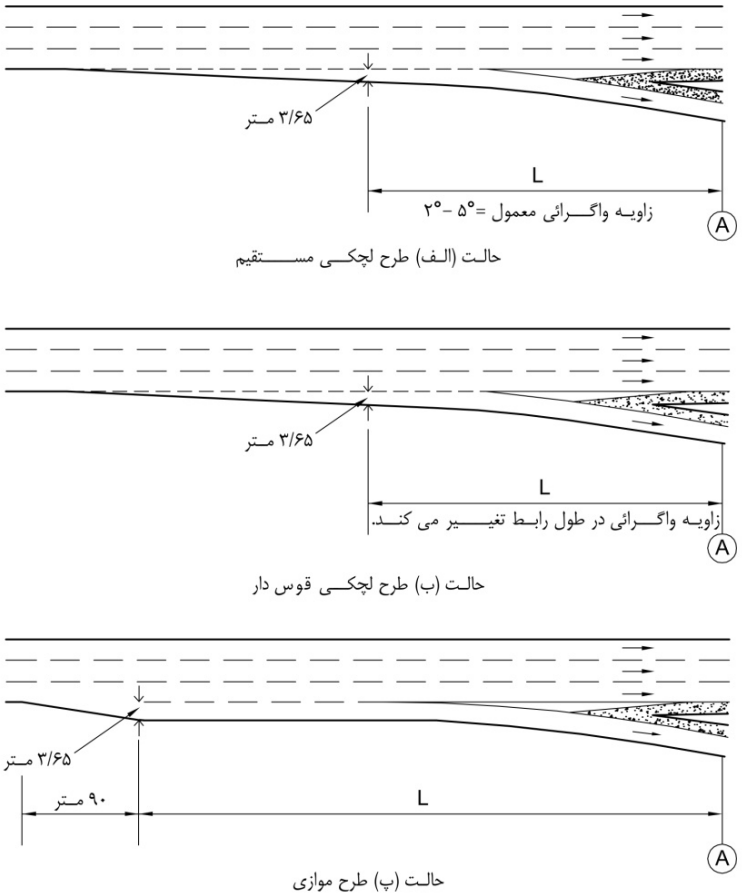
۹-۴-۸-۵- طراحی پایانه رابط خروجی یک خطه

الف- نوع لچکی

زاویه واگرایی مطلوب برای جداشدگی رابط خروجی از مسیر اصلی، بین ۲ تا ۵ درجه است. شکل (۹-۲۴-الف و ب) طرح‌های خروجی یک خطه از نوع لچکی را نشان می‌دهد. حداقل طول خط‌های کاهش سرعت که در شکل (۹-۲۴) به آن اشاره شده است، با استفاده از جدول (۹-۹) محاسبه می‌شود. ضریب تعدیل شیب نیز با توجه به جدول (۹-۸) بدست می‌آید.

ب- نوع موازی

این نوع خروجی، با لچکی به طول ۹۰ متر شروع می‌شود تا در این طول، عرض یک خط عبوری تأمین شده و سپس موازی لبه مسیر اصلی امتداد می‌یابد تا به دهانه خروجی برسد. در شکل (۹-۲۴-پ)، طرح متداول این نوع خروجی نمایش داده شده است.

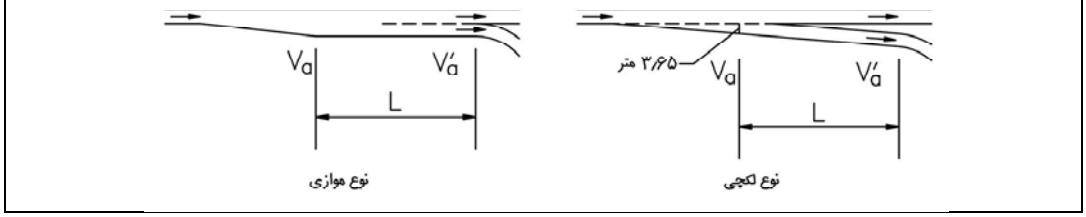


L : طول خط کاهش سرعت (جدول‌های ۹-۸ و ۹-۹)
A : مقطع سرعت ایمن روی رابط

شکل ۹-۲۴- طرح‌های متداول رابط خروجی یک خطه

جدول ۹-۹- حداقل طول لازم برای خط‌های کاهش سرعت رابط‌های خروجی با شیب کمتر از ۲ درصد

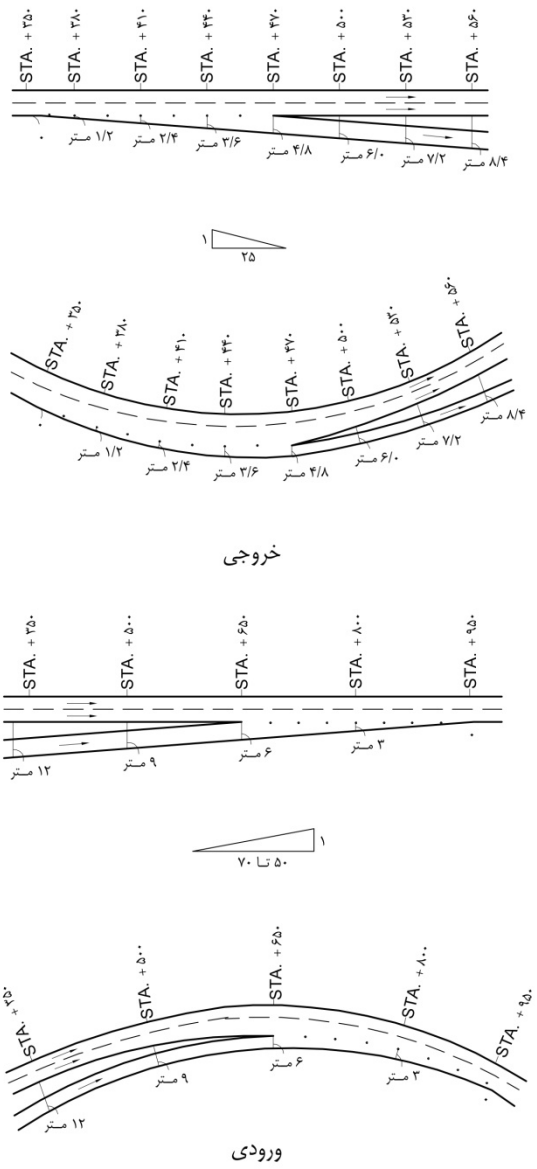
مسیر اصلی		طول لازم برای خط کاهش سرعت (متر)							
		سرعت طرح قوس رابط خروجی (کیلومتر در ساعت)							
سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	سرعت خروج از راه (کیلومتر در ساعت) (V_a)	توقف کامل	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰
		سرعت متوسط حرکت رابط خروجی (V'_a) (کیلومتر در ساعت)							
		۰	۲۰	۲۸	۳۵	۴۲	۵۱	۶۳	۷۰
۵۰	۴۷	۷۵	۷۰	۶۰	۴۵	–	–	–	–
۶۰	۵۵	۹۵	۹۰	۸۰	۶۵	۵۵	–	–	–
۷۰	۶۳	۱۱۰	۱۰۵	۹۵	۸۵	۷۰	۵۵	–	–
۸۰	۷۰	۱۳۰	۱۲۵	۱۱۵	۱۰۰	۹۰	۸۰	۵۵	–
۹۰	۷۷	۱۴۵	۱۴۰	۱۳۵	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۷۵	۶۰
۱۰۰	۸۵	۱۷۰	۱۶۵	۱۵۵	۱۴۵	۱۳۵	۱۲۰	۱۰۰	۸۵
۱۱۰	۹۱	۱۸۰	۱۸۰	۱۷۰	۱۶۰	۱۵۰	۱۴۰	۱۲۰	۱۰۵
۱۲۰	۹۸	۲۰۰	۱۹۵	۱۸۵	۱۷۵	۱۷۰	۱۵۵	۱۴۰	۱۲۰



۹-۴-۸-۶- طراحی پایانه رابط یک خطه در محل قوس

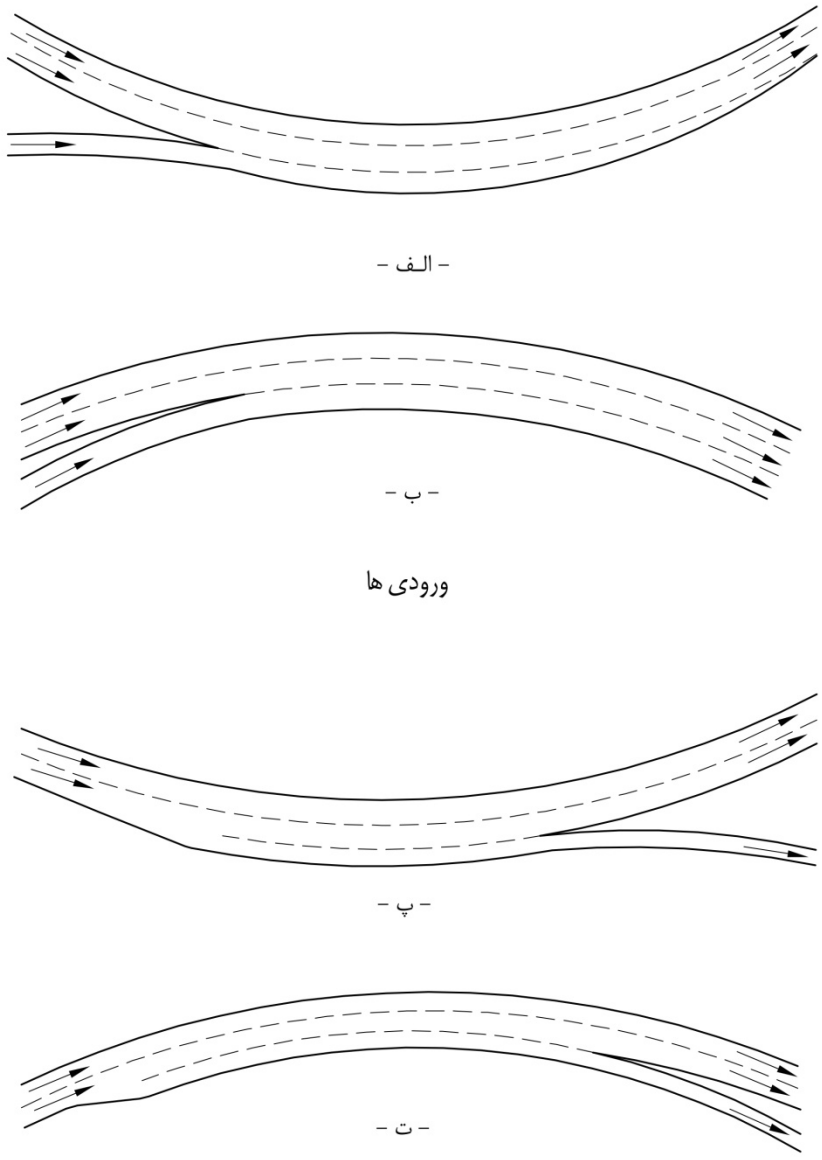
اگرچه شعاع قوس‌های افقی مسیر، در اغلب آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها زیاد است اما با این وجود، حالت‌هایی نیز وجود دارد که شعاع قوس، کم و در نتیجه انحنای مسیر تند است و ضرورت دارد که رابط ورودی یا خروجی نیز در آن محل تعبیه شود. در چنین حالت‌هایی به منظور جلوگیری از بروز مشکل‌های عملیاتی، تغییراتی در طرح انجام می‌شود. در راه‌هایی که سرعت طراحی آنها بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت است، طراحی قوس‌های افقی به گونه‌ای است که هم نوع موازی و هم نوع لچکی خط تغییر سرعت، مناسب و بدون اشکال است. در حالت موازی، طراحی به صورت مشابه با آنچه که در مورد مسیر مستقیم ذکر شد، انجام می‌شود و تنها تفاوت آن این است که خط اضافه شده (موازی) نیز انحنایی مشابه با انحنای مسیر اصلی دارد. در حالت لچکی نیز طراحی به گونه مشابه با حالت مستقیم و مطابق آنچه که در شکل (۹-۲۵) نشان داده شده است، انجام می‌شود. چنانچه بخشی از قسمت لچکی خط تغییر سرعت در داخل پیچ قرار گیرد، مطلوب آن است که به طور کامل در داخل بخش منحنی شکل واقع شود.

در قوس‌های افقی راه‌هایی که سرعت طرح آنها بیشتر از ۸۰ کیلومتر در ساعت است، نوع موازی خط‌های تغییر سرعت بر نوع لچکی ارجحیت دارد، زیرا خروجی‌ها در این حالت سردرگمی کمتری برای ترافیک مسیر عبوری ایجاد می‌کنند و ورودی‌ها نیز هم-گرایی روان‌تری را با جریان ترافیک مسیر اصلی فراهم می‌سازند. شکل (۹-۲۶) حالت‌های متفاوت پایانه‌های رابط از نوع موازی را که در محل قوس افقی واقع شده‌اند، به صورت شماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۹-۲۵- نحوه قرارگیری پایانه‌های لچکی شکل در قوس‌های افقی

در طراحی قوس رابط‌های ورودی در محل اتصال به خط تغییر سرعت، شعاع به اندازه کافی بزرگ در نظر گرفته می‌شود. در این حالت توصیه می‌شود، طولی معادل ۹۰ متر برای لچکی انتهایی رابط در نظر گرفته شود. چنانچه محل قوس افقی معکوس مسیر (که در حالت الف شکل (۹-۲۶) نشان داده شده است) بین انتهای رابط و خط تغییر سرعت قرار گیرد، از یک قطعه مستقیم با طول مناسب استفاده می‌شود تا امکان تأمین بربلندی فراهم شود.



شکل ۹- ۲۶ - حالت شماتیک پایانه‌های رابط نوع موازی واقع در قوس افقی

در شرایطی که انحنای رابط خروجی در جهت عکس انحنای مسیر اصلی باشد (مانند حالت پ شکل (۹-۲۶)) به جهت آن که ترافیک آخرین خط عبوری مسیر اصلی تمایل بیشتری به حرکت در مسیر رابط پیدا می‌کند، مشکلات زیادی به وجود می‌آید، لذا بهتر است در صورت امکان از طراحی چنین حالتی اجتناب شود. همچنین در طراحی خروجی‌های واقع در محل قوس مسیر اصلی، بهتر است لچکی در ابتدای خط کاهش سرعت حتی‌المقدور طول کمتری داشته باشد و بیش از ۳۰ متر نباشد. در چنین حالتی خط کاهش سرعت برای رانندگان بیشتر مشخص خواهد بود و سبب اشتباه آنها نمی‌شود.

۹-۴-۸-۷- پایانه رابط‌های چند خطه

اصول طراحی رابط‌های چند خطه و پایانه‌های آنها، مشابه با حالت یک خطه است. ملاحظات تکمیلی که در طراحی رابط‌های چند خطه به آنها توجه می‌شود، عبارت است از: پیوستگی مسیر اصلی، تشکیل صف در رابط‌های طولانی، توازن تعداد خط‌ها و انعطاف‌پذیری طرح.

معمول‌ترین انواع پایانه رابط‌های چند خطه عبارت‌است از:

- پایانه رابط ورودی دو خطه
- پایانه رابط خروجی دو خطه
- پایانه رابط دو خطه در قوس‌ها
- پایانه رابط‌های ورودی و خروجی چند خطه شاخه‌ای (Y شکل)

الف – پایانه رابط ورودی دو خطه

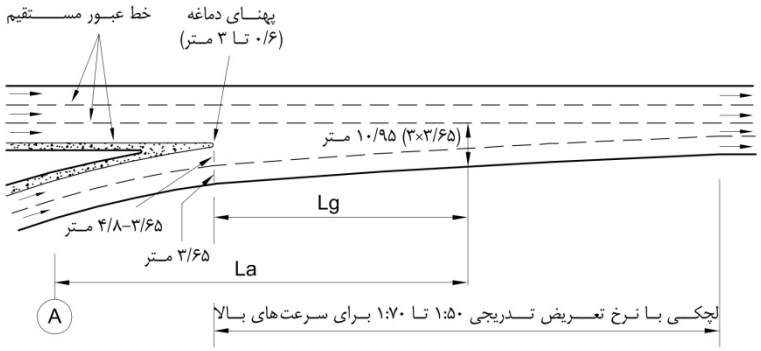
استفاده از ورودی دو خطه در شرایط زیر توصیه می‌شود:

۱- اتصالات دو شاخه‌ای

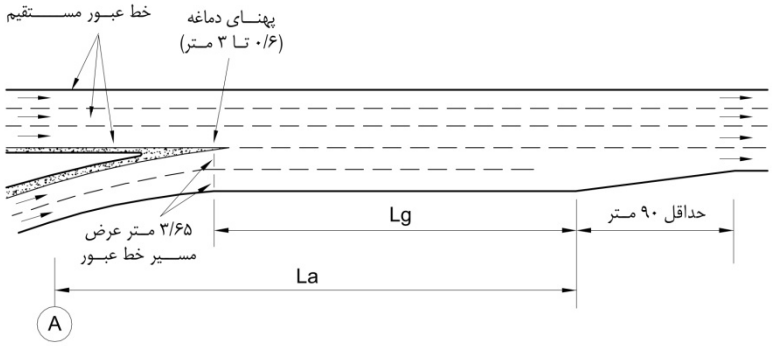
۲- نیاز به ظرفیت بیش از یک خط

در طرح پایانه رابط دو خطه به منظور تأمین نیازمندی‌های رعایت اصل توازن خط‌ها، باید یک خط اضافی در مسیر اصلی در پایین‌دست محل ورودی تعبیه شود. این خط اضافی می‌تواند خط اصلی تأمین‌کننده ظرفیت مورد نیاز در مسیر اصلی و یا یک خط کمکی باشد. این خط می‌تواند در پایین‌دست در فاصله حداقل ۷۵۰ متر در آزادراه یا در تبادل بعدی حذف شود.

شکل (۹-۲۷) گویای حالت ساده رابط‌های ورودی دوخطه با طرح لچکی یا موازی است. **مقدار L_a از روی انحنای رابط نباید شروع شود مگر آن که شعاع رابط ۳۰۰ متر و یا بیشتر باشد.** در صورتی که حجم ترافیک رابط از ظرفیت یک خط بیشتر باشد، طول L_g بین ۳۰۰ تا ۶۵۰ متر است.



الـف) طرح لچکـی



ب) طرح موازی

یادداشـــت:
La: طول خط افـزایش سـرعت
A : مقطـع سـرعت ایمـن روی رابـط (شـعاع بیـش از ۳۰۰ مـتر)
Lg: فاصـلـه لازم بـرای جـاگیری در ترافیـک مسـیر اصـلی (حداقل ۹۰ الـی ۱۵۰ مـتر)
* از انـدازه‌های La و Lg هرکدام کـه در محل دماغه
بـه عرض ۶۰ سـانتی مـتر بزرگـترین طول را
موجب گـردد در طرح رابـط اسـتفاده می شـود.

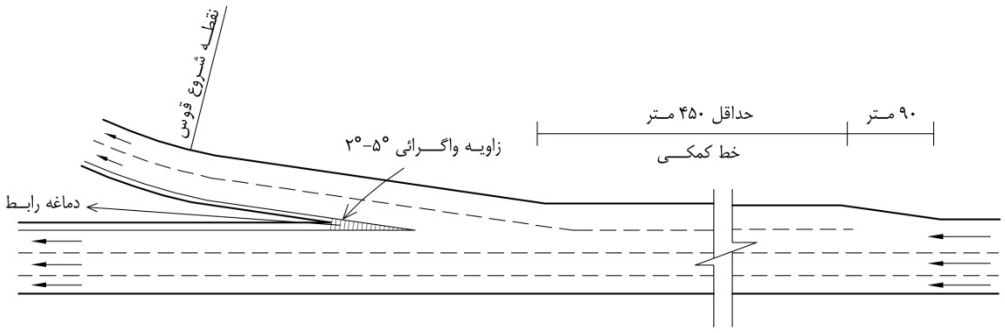
شکل ۹-۲۷- حالت‌های متداول رابط ورودی دو خطه

ب – پایانه رابط خروجی دو خطه

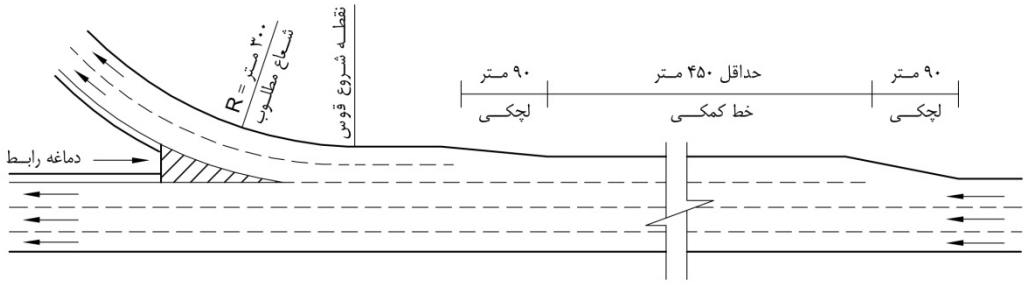
در شرایطی که ترافیک خروجی از مسیر اصلی بیش از ظرفیت طرح یک خط باشد، از رابط دو خطه استفاده می‌شود. در این حالت به منظور تأمین توازن خط‌ها، خط کمکی در بالادست محل پایانه رابط خروجی پیش‌بینی می‌شود. حالت‌های متداول طرح پایانه رابط خروجی دو خطه لچکی و موازی در شکل (۹-۲۸) نشان داده شده است.

پ - پایانه رابط دو خطه در قوس‌ها

طرح پایانه رابط ورودی و یا خروجی دوخطه در قوس‌ها، دقیقاً مشابه موارد یاد شده در خصوص رابط‌های یک خطه است.



الف) طرح لچکی مستقیم



ب) طرح موازی

شکل ۹-۲۸- حالت‌های متداول رابط خروجی دو خطه

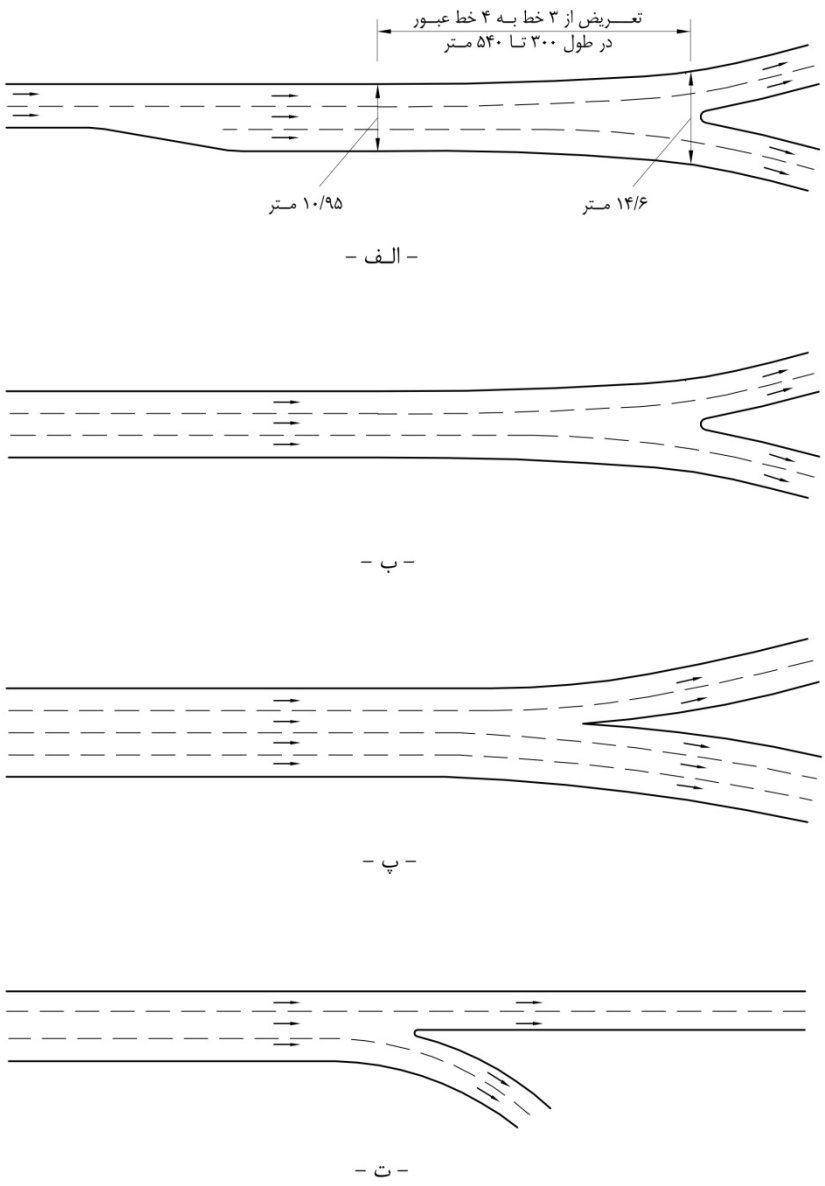
ت – پایانه رابط‌های ورودی و خروجی چندخطه شاخه‌ای (Y شکل)

این حالت در هنگام دو شاخه شدن راه اصلی چند خطه (آزادراه و بزرگراه) و یا اتصال آن به دو رابط چند خطه خروجی و یا اتصال دو رابط چند خطه ورودی به یک راه اصلی چند خطه (آزادراه و بزرگراه) و یا اتصال دو راه چند خطه (آزادراه و بزرگراه) ایجاد می‌شود.

رابط‌های خروجی‌های چندخطه شاخه‌ای، از تقسیم یک راه به دو مسیر مجزا با اهمیت یکسان بدست می‌آید. **در طرح این خروجی‌ها، به رعایت اصل توازن خطها باید توجه شود.** به طوری که تعداد خطهای مسیر اصلی پیش از رسیدن به محل انشعاب برابر جمع خطهای مسیرهای انشعابی و یا یک خط کمتر از مجموع آنها باشد.

شکل (۹-۲۹)، حالت‌های متداول خروجی‌های چند شاخه‌ای را نشان می‌دهد. در این شکل متناسب با حجم‌های متفاوت حرکت‌های گردشی، طرح‌های متفاوتی ارایه شده است.

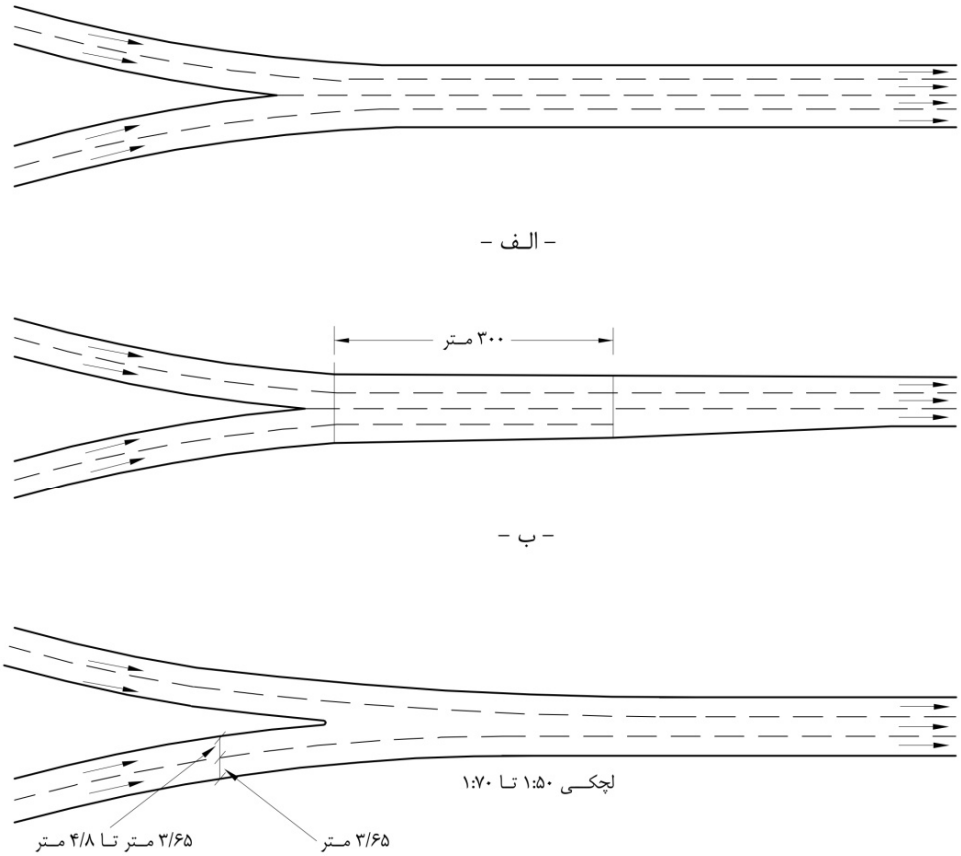
در حالت‌های الف تا پ، دماغه رابط در امتداد محور یکی از خطهای عبوری قرار گرفته و نحوه تعریض مسیر در شکل (۹- ۲۹- الف) نشان داده شده است. چنانچه یکی از مسیرهای انشعابی در امتداد مستقیم قرار گیرد، در آن صورت طرحی مشابه حالت ت در شکل فوق انتخاب می‌شود.



شکل ۹-۲۹- حالت‌های متداول خروجی‌های چند شاخه‌ای

رابطهای ورودی چند خطه نیز از ترکیب دو راه دو خطه یا چند خطه با اهمیت یکسان، حاصل می‌شود. در این حالت نیز اصل توازن خطها در طراحی مورد توجه قرار می‌گیرد. در شکل (۹-۳۰) حالت‌های متداول پیوند دو راه نشان داده شده است.

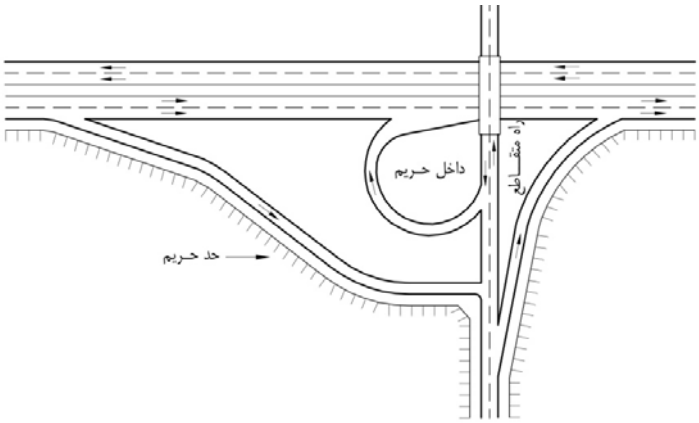
استفاده از هر یک از حالت‌های اشاره شده در شکل (۹-۳۰)، بر اساس حجم ترافیک و سرعت طرح مورد نیاز برای پیوند جریان-های هریک از شاخه‌ها است. حالت الف برای شرایطی مناسب است که حجم ترافیک هر دو مسیر، قابل توجه باشد. چنانچه حجم ترافیک ورودی هر دو شاخه، مساوی باشد، می‌توان از حالت ب و یا حالت پ که هم‌گرایی سریع را فراهم می‌سازد، استفاده کرد.



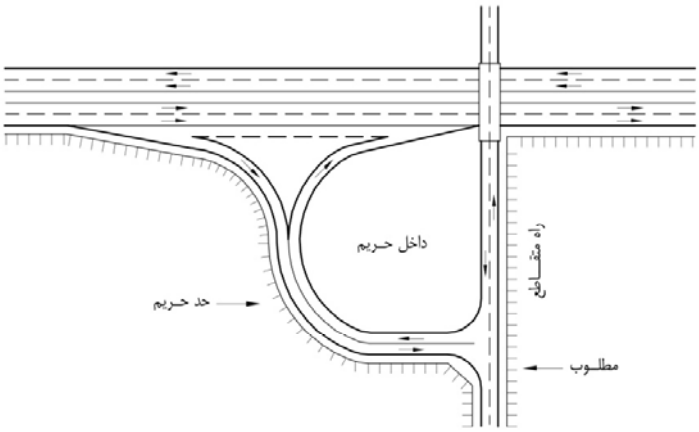
شکل ۹-۳۰- حالت‌های متداول ورودی‌های چند شاخه‌ای

۹-۵- محدودیت دسترسی در تبادل‌ها

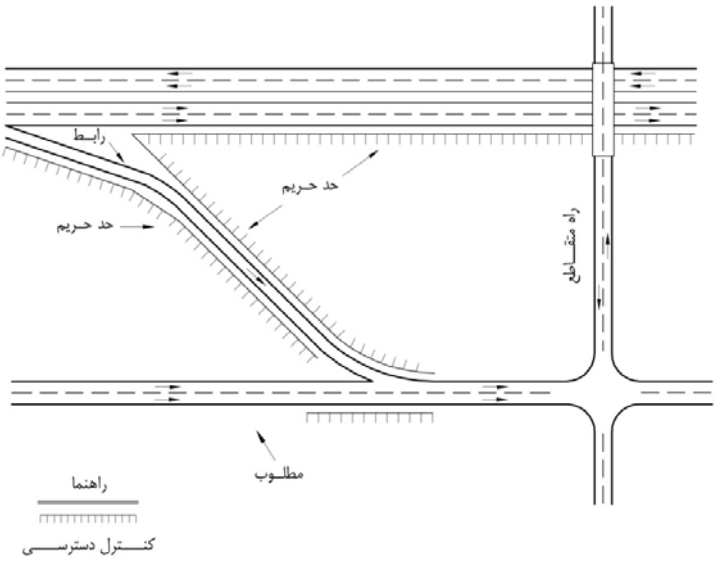
باید نحوه دسترسی در محل اتصال رابطها به راه‌ها، مورد بررسی کامل قرار گرفته و محدودیت دسترسی به رابطها و مسیرهای اصلی پیش‌بینی و اعمال شود. فاصله تقاطع‌ها و دسترسی‌ها با انتهای رابط (دماغه) باید مطابق حداقل‌های ذکر شده در فصل چهارم- ردیف (۴-۴)، و فصل هشتم- ردیف (۸-۱-۲)، باشد. به طورکلی باید کنترل کامل دسترسی تا پایان طول لچکی در نظر گرفته شود. شکل (۹-۳۱)، نمونه‌های مختلف کنترل دسترسی در راه‌های متقاطع با تبادل را نشان می‌دهد.



الف- محدوده کنترل دسترسی در طرح نیمه شبدری

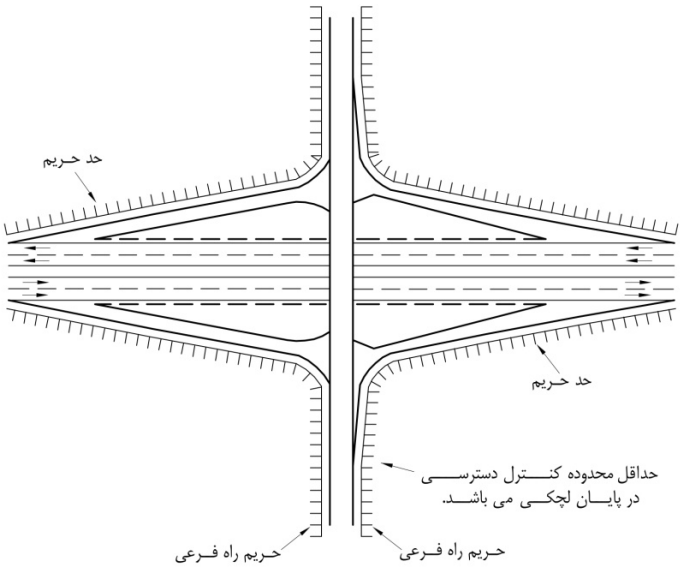


ب- محدوده کنترل دسترسی در تقاطع با راه

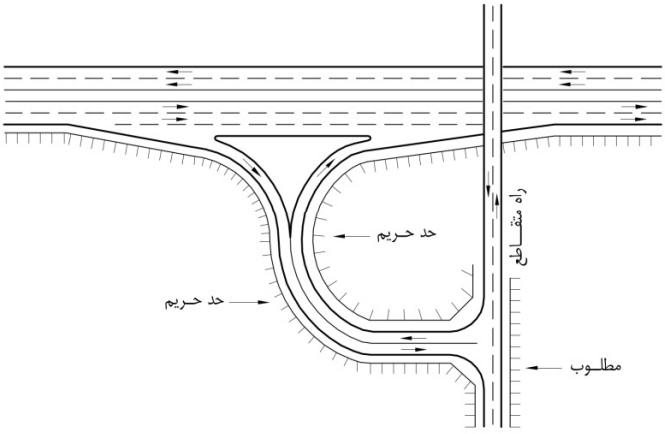


پ- محدوده کنترل دسترسی در تقاطع با راه جانبی یک طرفه
(در صورت عمود بودن رابط به راه جانبی، کنترل دسترسی مانند شکل ج)

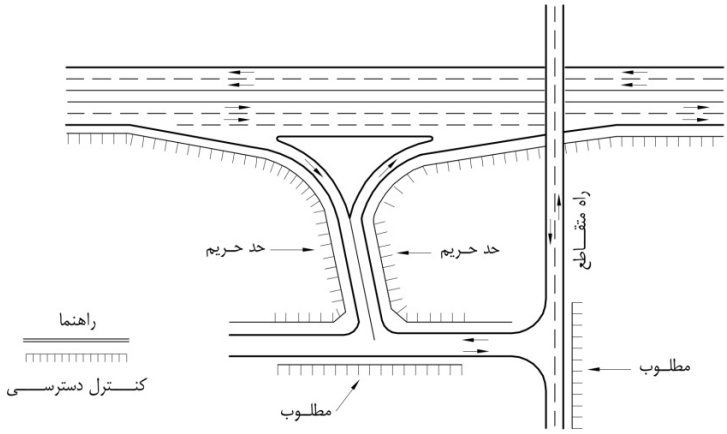
شکل ۹-۳۱- نمونه‌های مختلف کنترل دسترسی



ت- محدوده کنترل دسترسی در تبادل لوزی



ث- محدوده کنترل دسترسی در تقاطع همسطح با راه
(ملک خصوصی در داخل گردراهه)



ج- محدوده کنترل دسترسی در تقاطع با راه فرعی

ادامه شکل ۹-۳۱- نمونه‌های مختلف کنترل دسترسی

۹-۶- روش طراحی

۹-۶-۱- مراحل طرح

عوامل مختلفی همچون سطح خدمت مورد نیاز، حجم ترافیک و ترکیب آن، محدودیت‌های فیزیکی، عوامل اقتصادی و چگونگی توسعه محلی، اثر قابل توجهی بر طرح تبادل می‌تواند داشته باشد. پیش از طرح تبادل، اثر هر یک از این عوامل مورد توجه قرار می‌گیرد. به این منظور جمع‌آوری اطلاعات زیر ضرورت دارد:

- بررسی موقعیت محل، طرح‌های توسعه و امکان‌های کنترل ترافیک
- بررسی کاربری‌های موجود و آینده و تسهیلات زیربنایی (شبکه آب، گاز، برق و تلفن)
- تعیین حجم ترافیک متوسط روزانه و وضعیت حجم‌های ساعت اوج برای کلیه عبورها (مستقیم و گردشی از هر شاخه تبادل)
- بررسی موقعیت تبادل، در رابطه با سایر سیستم‌های حمل و نقل همچون راه‌آهن یا فرودگاه
- بررسی وضعیت تبادل در ارتباط با تبادل‌های مجاور

پس از جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات فوق، چند گزینه مورد بررسی قرار می‌گیرد. رهنمودهای زیر در انتخاب طرح‌های اولیه تبادل می‌تواند مؤثر باشد:

- تبادل شبدری یا ترکیبی از تبادل‌های شبدری و جهتی (تبدیل بعضی از گردراهه‌ها به رابط جهتی یا نیمه‌جهتی) یکی از طرح‌های مناسب در راه‌ها است. چنین طرحی در صورتی که محدودیت تملک حریم تبادل وجود نداشته و ترافیک تداخلی نیز کم باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- تبادل لوزوی ساده یکی از متداول‌ترین نوع تبادل‌هاست. ظرفیت چنین تبادل‌هایی را، تقاطع‌های هم‌سطحی که به منظور گردش به چپ، درمسیر کم اهمیت‌تر طراحی شده است، تعیین می‌کند.

- طرح‌های نیمه‌شبدری نیز در شرایطی که محدودیت تأمین حریم راه در یک یا دو ربع تبادل وجود دارد و یا چند حرکت موجود در تبادل کم اهمیت هستند، مورد توجه قرار می‌گیرند.

- به طور کلی طراحی تبادل در راه‌ها، به علت فاصله نسبتاً زیاد از هم، به صورت مجزا و مستقل از سایر تبادل‌ها صورت می‌گیرد. در طراحی تبادل، به یکنواختی نحوه ورود و خروج، مسائل ترافیک تداخلی، علامت‌گذاری مناسب و تملک حریم توجه می‌شود.

پس از انتخاب اولیه محل، چند طرح مقدماتی، با توجه به اصول زیر مورد مقایسه قرار می‌گیرند (در این مرحله ممکن است محل قطعی تقاطع مشخص نباشد).

۱- سازگاری با محیط

۲- امکان تصرف و تملک حریم

۳- ملاحظات طراحی

۴- ظرفیت هر جهت عبور و تناسب با حجم ساعت اوج

۵- ویژگی‌های عملیاتی به شرح زیر:

الف – ایمنی

ب – ترافیک تداخلی

پ – حذف بعضی گردش‌ها

ت – امکان تأمین عبور در دوران ساخت

۶– امکان ساخت مرحله‌ای

۷– مطالعات اقتصادی (اختلاف هزینه استفاده‌کنندگان در مقایسه با هزینه ساخت و نگهداری)

۸– یکنواختی نحوه ورود و خروج

۹– موقعیت خروجی‌ها در ارتباط با تبادل (بهتر است قبل از تبادل و به صورت منفرد باشد.)

۱۰– قابلیت علامت‌گذاری

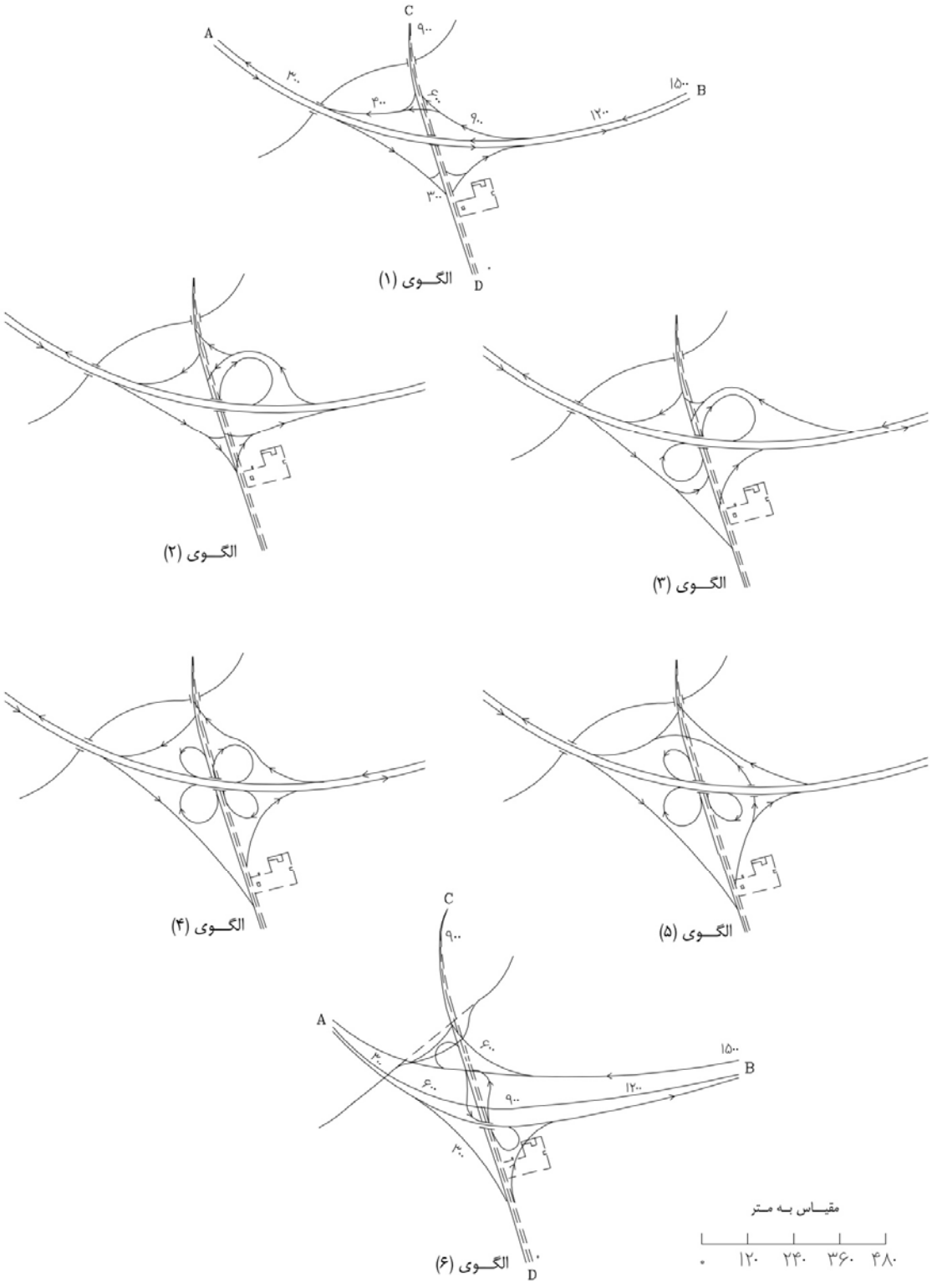
۱۱– هماهنگی و تناسب گزینه با هدف طراحی تبادل و سایر جنبه‌ها

در این گام در طرح‌های پیشنهادی، هر خط نمایانگر یک جهت عبور است، به گونه‌ای که راه دو خطه دو طرفه تنها با دو خط نمایش داده می‌شود. نمونه‌ای از طرح‌های مقدماتی، در شکل (۹–۳۲) نشان داده شده است. در این مرحله اگر چه به رسم نیمرخ‌ها نیازی نیست اما آنها را می‌توان با استفاده از ارتفاع تقریبی نقاط، تجسم و کنترل کرد. طرح‌های مورد بررسی در این مرحله با مقیاس ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۴۰۰۰ ترسیم می‌شوند.

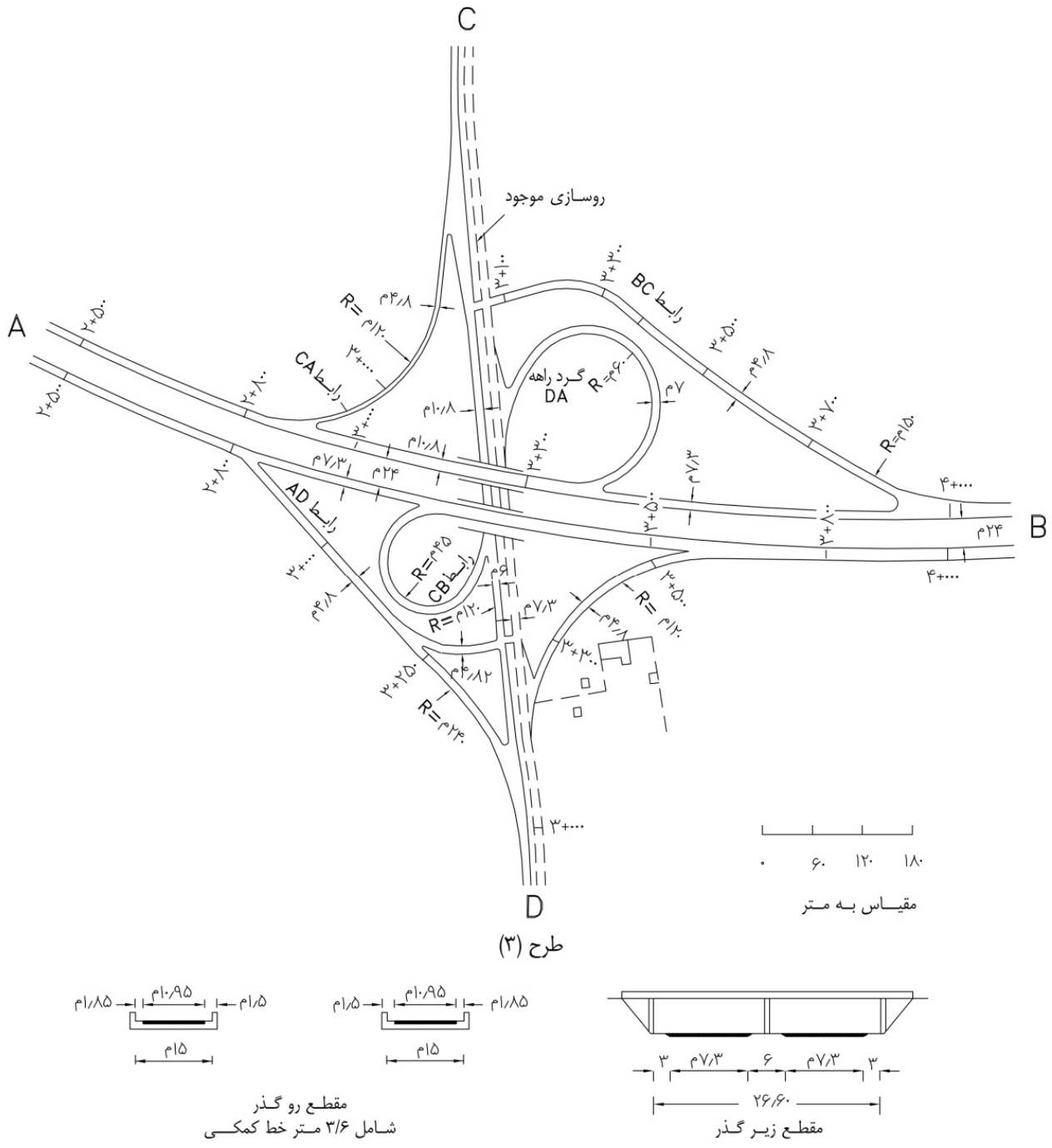
در گام بعدی از میان طرح‌های مقدماتی پیشنهادی در مرحله قبل و ارزیابی آنها، تعدادی گزینه مطلوب انتخاب می‌شود که منجر به تعیین محل قطعی تبادل می‌شود. سپس با تهیه نقشه توپوگرافی از محل تبادل در مقیاس ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۵۰۰، طرح‌های مقدماتی مطلوب با مقیاس بزرگتر (۱/۱۰۰۰تا ۱/۳۰۰۰متناسب با وسعت تبادل) رسم می‌شود(طرح اولیه). شکل (۹–۳۳) نمونه‌ای از طرح اولیه را نشان می‌دهد.

در این گام، خط‌های لبه راه و محور آنها و همچنین جزیره‌های موجود در میانه راه، ترسیم و نیمرخ‌ها بر اساس میزان پستی و بلندی، حداکثر شیب، حداقل فاصله دید، فاصله موانع کناری، بربلندی و سایر موارد، طراحی و کنترل می‌شود. (شکل (۹–۳۴)). سپس، برای طرح‌های اولیه پیشنهادی، تحلیل هزینه دقیق‌تری از نسبت منفعت به هزینه شامل هزینه ساخت، نگهداری و اختلاف هزینه استفاده‌کنندگان راه انجام شده و نتایج بدست آمده، ضمن پیشنهاد گزینه بهینه، در اختیار کارفرما قرار داده می‌شود.

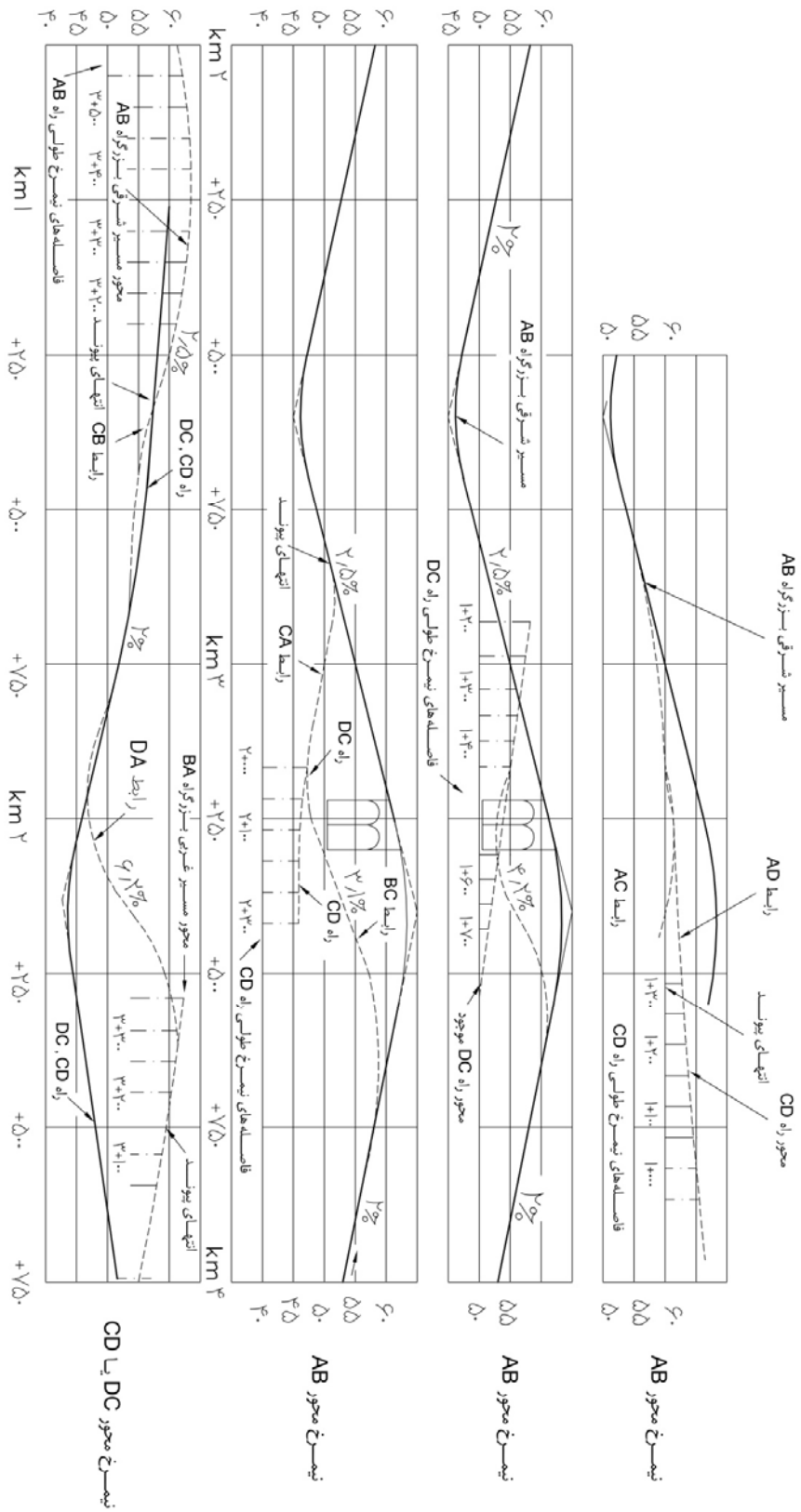
در گام اخر و پس از آنکه با نظر کارفرما، طرح نهایی انتخاب شد، کلیه مشخصات هندسی طرح پیشنهادی نهایی، به منظور اجرای آن در محل، با مقیاس بزرگتر (معمولاً ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۵۰۰) و با ذکر مشخصات و جزییات بیشتر رسم می‌شود. در این مرحله معمولاً محور کلیه مسیرها، پیاده‌سازی و مقاطع طولی و عرضی برداشت می‌شوند.



شکل ۹-۳۲- نمونه طرح‌های مقدماتی تبادل



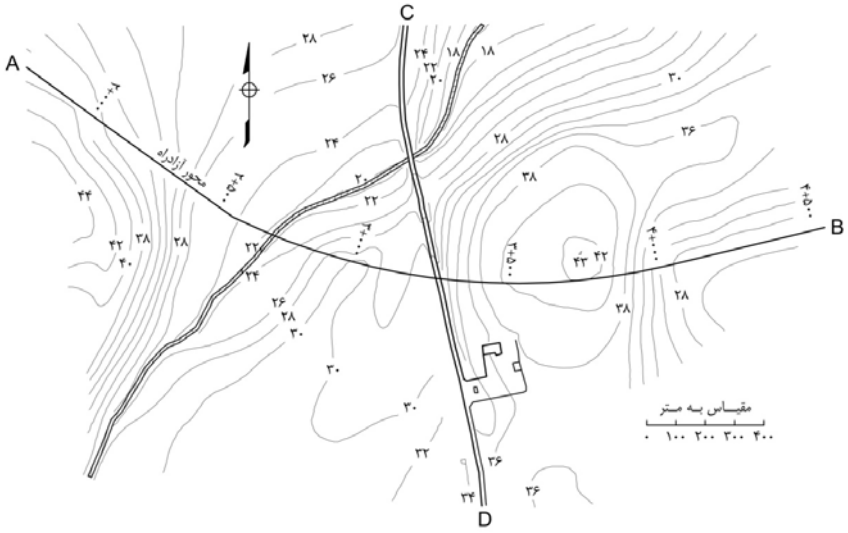
شکل ۹-۳۳- نمونه طرح اولیه تبادل



شکل ۹-۳۴- نمونه نیمرخ‌های طرح اولیه تبادل

۹-۶-۲- مسئله نمونه

در نظر است برای برقراری ارتباط بین محورهای AB و CD که در شکل (۹-۳۵) نشان داده شده‌اند، تبادلی طراحی شود. مشخصات ترافیکی حرکت‌های موجود در تبادل در جدول (۹-۱۰) آورده شده است.



شکل ۹-۳۵- نقشه محل مورد نظر برای احداث تبادل

جدول ۹-۱۰- مشخصات ترافیکی حرکت‌های موجود

جهت‌های عبور		متوسط ترافیک روزانه (ADT)		درصد کامیون
از	به	۱۳۷۵	۱۳۹۵	
A	B	۲۴۵۰	۴۶۵۰	۱۲
	C	۳۵۰	۶۰۰	۶
	D	۱۵۹۰	۳۵۰۰	۲۵
B	A	۲۴۵۰	۴۶۵۰	۱۲
	C	۵۰۰	۹۰۰	۸
	D	۷۸۰	۱۳۷۰	۱۷
C	A	۳۵۰	۶۰۰	۶
	B	۵۰۰	۹۰۰	۸
	D	۶۱۰	۹۷۰	۹
D	A	۱۵۹۰	۳۵۰۰	۲۵
	B	۷۸۰	۱۳۷۰	۱۷
	C	۶۱۰	۹۷۰	۹

با توجه به حجم زیاد وسایل نقلیه سنگین در مسیرهای بین A، B و D، خودرو طرح مسیرهای ارتباطی مذکور، «کامیون» و خودرو طرح در سایر مسیرهای حرکتی، «اتوبوس» انتخاب می‌شود. بررسی حجم ترافیک در محل تقاطع مشخص می‌سازد که استفاده از تبادل برای پاسخ‌گویی به جریان ترافیک آینده ضروری است. محدودیت‌های فیزیکی نشان‌دهنده این است که بهتر است آزادراه (AB) به صورت روگذر باشد، در حالی که شرایط خوب هندسی مسیر موجود آزادراه و وضعیت روسازی، ضرورت حفظ آن را ایجاب می‌کند.

گام ۱- تهیه طرح‌های مقدماتی

بر اساس اطلاعات مندرج در بالا، چندین طرح مقدماتی مشابه با آنچه در شکل (۹-۳۲) آمده، با مقیاس تقریبی ۱/۱۵۰۰ تا ۱/۱۰۰۰ آماده می‌شود. خصوصیات مختلف و چگونگی هر یک از اصول یازده گانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. به عنوان مثال اصول یک تا هفت برای نمونه بالا بشرح زیر مورد بررسی قرار گرفته است.

- سازگاری با محیط

گزینه ۶ از این نظر وضعیت نامناسب‌تری نسبت به سایر گزینه‌ها دارد، که مستلزم تغییر مسیر رودخانه و اشغال سطح زیادی از زمین منطقه است. گزینه‌های ۵ و ۶ مستلزم حذف یا اصلاح توسعه تجاری ربع جنوب شرقی تبادل است. گزینه‌های دیگر از این نظر اختلاف قابل توجهی ندارند.

- امکان تصرف و تملک حریم

گزینه‌های ۱ تا ۴ از نظر تصرف و تملک حریم، قابل دستیابی هستند و مخالفت محلی با اجرای آنها وجود ندارد، اما گزینه‌های ۵ و ۶ به دلیل آن که کاربری‌های مجاور مسیر را تحت تأثیر قرار می‌دهند، با ایجاد مشکل احتمالی از سوی صاحبان ملک مواجه است. ضمن آن که سرمایه‌گذاری لازم برای اجرای این دو گزینه نیز در مقایسه با بقیه، به دلیل همین مسئله بسیار بیشتر است.

- ملاحظات طراحی

ملاحظات طراحی کلیه گزینه‌ها یکسان است با این تفاوت که امکان دسترسی در گزینه‌های مختلف به صورت‌های گوناگونی پیش‌بینی شده است.

- گنجایش

کلیه گزینه‌ها برای پاسخ‌گویی به حجم ترافیک، گنجایش کافی دارند ولی سطح خدمت ارائه شده در آنها متفاوت است.

- ویژگی‌های عملیاتی

درگزینه یک، کلیه حرکت‌های گردشی به صورت هم‌سطح انجام می‌شود که با توجه به حجم ترافیک، چندان مناسب نیست. گردراهه منفرد در نظر گرفته شده در گزینه ۲، جایگزین گردش به چپ هم‌سطح در مسیر متقاطع با آزادراه از سمت جنوب به سمت غرب شده است. گردراهه‌های گزینه ۳ جایگزین گردش به چپ هم‌سطح از این مسیر شده است.

درگزینه ۴، گردراهه‌ها جایگزین کلیه گردش به چپ‌های هم‌سطح تبادل شده است، اما ترافیک تداخلی بین گردراهه‌ها بوجود آمده است. گزینه ۵، امکان گردش به چپ نیمه‌جهتی از نیمه جنوبی تبادل به سمت غرب را فراهم ساخته است و در گزینه ۶، ترافیک تداخلی روی مسیر آزادراه وجود ندارد، مگر برای دور زدن (گردش U).

از نظر تأمین عبور در دوران ساخت، اختلاف قابل توجهی بین گزینه‌های یک تا چهار وجود ندارد ولی گزینه‌های پنج و شش مطلوبیت کمتری دارند، زیرا ترافیک موجود در هنگام عملیات ساخت، از دو سازه در حالت ساخت می‌گذرد و یا آنها را دور می‌زند.

- امکان ساخت مرحله‌ای

ساخت مرحله‌ای تنها درمورد رابطها در تمامی گزینه‌ها مطرح است و از این نظر، گزینه پنج وضعیت نامطلوبتری نسبت به سایر گزینه‌ها دارد.

- مطالعات اقتصادی

باتوجه به هزینه‌های گزاف زمین در ربع جنوب شرقی تبادل، سازه‌های تکمیلی مورد نیاز، تغییر مسیر کانال و حریم وسیع مورد نیاز، گزینه شش در مقایسه با سایر گزینه‌ها بسیار گران تمام می‌شود. هزینه بهره‌برداری گزینه‌های یک و دو به علت ضرورت توقف وسایل‌نقلیه دربعضی ازعبورها، بیش ازسایر گزینه‌ها است.

- نتیجه‌گیری

با توجه به ملاحظات فوق مشخص می‌شود که گزینه‌های یک و دو نمی‌تواند سطح خدمت مورد نیاز را ارائه کند و گزینه شش نیز بسیار گران تمام می‌شود. بنابراین در گام بعدی این گزینه‌ها از لیست گزینه‌های مورد بررسی حذف می‌شود.

گام ۲- آماده‌سازی طرح‌های اولیه

در این گام، گزینه‌های سه و چهار و پنج مورد ارزیابی دقیق‌تری قرار می‌گیرد. خصوصیات مورد بررسی در این مرحله به صورت شماتیک در شکل (۹-۳۳) برای گزینه سه نشان داده شده است. نیمرخ‌ها نیز در این مرحله مورد توجه قرار می‌گیرد. در مورد گزینه ۳ ویژگی‌های مورد بررسی روی نیمرخ در این گام در شکل (۹-۳۴) آمده است. بر این اساس، ارزیابی منفعت به هزینه گزینه‌های پیشنهادی به صورت دقیق‌تری انجام پذیرفته و در نهایت، اولویت‌بندی خصوصیات و ویژگی‌های آنها در جدولی مانند جدول (۹-۱۱) به صورت خلاصه آورده می‌شود. پس از تشریح خصوصیات هر یک از گزینه‌های پیشنهادی مورد بررسی، مشاور طرح، گزینه سه را به عنوان گزینه انتخابی پیشنهاد می‌کند.

گام ۳- انتخاب طرح نهایی

پس از تأیید پیشنهاد، مشاور باید نقشه‌های اجرایی گزینه مصوب را بر اساس معیارهای این آیین‌نامه تهیه کند.

جدول ۹-۱۱- اولویت‌بندی خصوصیات و ویژگی‌های گزینه‌های پیشنهادی

ویژگی مورد بررسی	اولویت		
	گزینه ۳	گزینه ۴	گزینه ۵
سازگاری با محیط	۱	۲	۳
امکان تصرف و تملک املاک	۱ یا ۲	۱ یا ۲	۳
ملاحظات طراحی	۲ یا ۳	۲ یا ۳	۱
ظرفیت	۳	۲	۱
ویژگی‌های عملیاتی	۲ یا ۳	۲ یا ۳	۱
مطالعات اقتصادی	۱	۲	۳
امکان ساخت مرحله‌ای	۲	۱	۳

فصل دهم

تخلیه آب‌های سطحی

۱۰-۱- کلیات

طراحی سیستم تخلیه آب‌های سطحی شامل روش‌های جمع‌آوری، انتقال و تخلیه آب‌های سطحی، طراحی ابنیه فنی و تسهیلات مربوطه است. در طرح هندسی راه‌ها، تسهیلات تخلیه آب‌های سطح راه (شامل آب‌های سطح سواره‌رو، شانه و حریم) و هدایت آب‌های عبوری از عرض راه (هدایت آبراهه‌ها و رودخانه‌ها با تسهیلاتی مانند آبرو و پل) مد نظر می‌باشد.

پایه مطالعات هیدرولوژی و تعیین دبی سیلاب در ردیف (۱۰-۲)، ابنیه فنی جمع‌آوری و هدایت آب‌های عبوری از عرض راه در ردیف (۱۰-۳) و کنترل آب‌های سطحی شامل تخلیه آب‌های سطح راه در ردیف (۱۰-۴) ارائه شده است.

ابنیه فنی و تسهیلات متداول برای تخلیه یا عبور آب‌های سطحی عبارت است از: پل‌ها، آبروها، کانال‌ها، نهرهای کنار راه، قنوهای حاشیه و میانه راه، جدول‌ها، آماس‌ها، برم‌ها و ناودانی‌ها.

طرح تخلیه آب‌های سطحی باید با رعایت معیارهای فنی و با توجه به پارامترهای متکی به آمار و مسائل ایمنی و اقتصادی تهیه شود.

۱۰-۲- مطالعات هیدرولوژی و تعیین دبی سیلاب

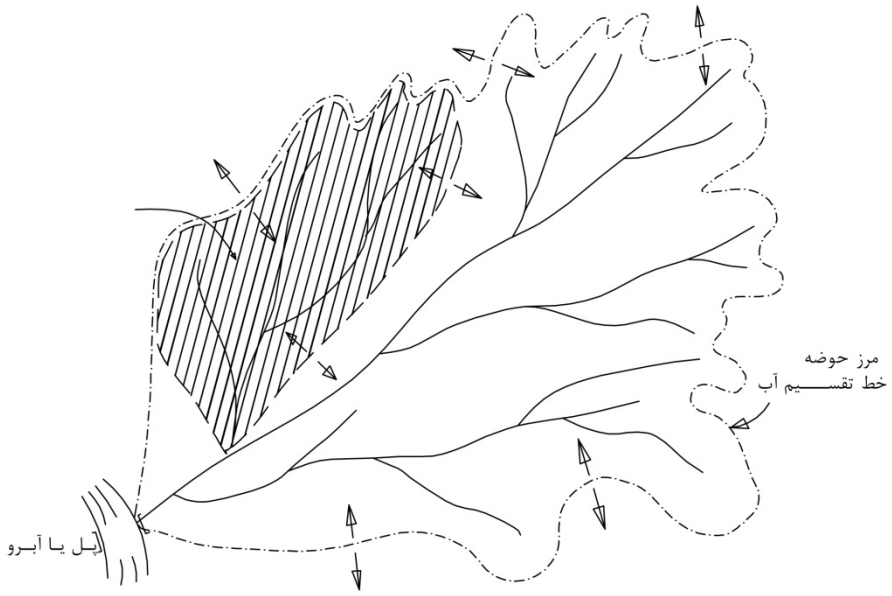
۱۰-۲-۱- کلیات

در موردهایی که شدت بارندگی از ظرفیت نفوذ خاک بیشتر باشد، بخشی از آب حاصله از بارندگی در سطح حوزه آبگیر باقی می‌ماند. این آب پس از پرکردن چاله‌های سطح زمین به صورت جریان صفحه‌ای در امتداد بزرگترین شیب به راه می‌افتد و از طریق آبراهه اصلی از حوزه آبگیر خارج می‌شود. این بخش از بارندگی را دبی سیلاب (رواناب سطحی) می‌نامند. معمولاً در صورتی که آبراهه اصلی با امتداد راه تلاقی پیدا کند، از تسهیلاتی مانند پل و آبرو برای هدایت آب از عرض راه استفاده می‌شود (شکل (۱۰-۱)). در تخلیه آب‌های سطح راه، آب سطحی با شیب‌های عرضی و طولی به کانال هدایت شده و تخلیه می‌شوند.

مطالعات هیدرولوژی در مهندسی راه شامل برآورد دبی سیلاب (رواناب سطحی) و کنترل آن است. کنترل دبی سیلاب شامل دور کردن دبی سیلاب از کف راه و تعیین ابعاد تسهیلات مربوطه مانند پل، آبرو و کانال می‌باشد.

حجم دبی سیلاب به خصوصیات آب و هوایی مانند شدت بارندگی و خصوصیات حوزه آبگیر مانند وسعت حوزه آبگیر، زمان تمرکز، شیب منطقه، جنس اراضی و برخی از عوامل دیگر بستگی دارد. بنابراین تخمین صحیح دبی به شناخت صحیح از شرایط آب و هوایی و خصوصیات حوزه آبگیر وابسته است.

تبصره۱. به آب‌هایی که به طور جانبی از درون خاک زیر سطح زمین به طرف رودخانه یا کانال جریان پیدا می‌کند، آب‌های زیرسطحی گفته می‌شود که در مطالعات تخلیه آب‌های سطحی از آن صرف نظر می‌شود.



شکل۱۰-۱- تشکیل دبی سیلاب (رواناب سطحی) در یک حوزه آبریز بزرگ

۱۰-۲-۲- خصوصیات آب و هوایی

۱۰-۲-۲-۱- بارندگی

دبی سیلاب با توجه به خصوصیات مهم بارندگی ذیل، تخمین زده می‌شود.

- مدت بارندگی (فاصله زمانی بین شروع و خاتمه هر بارندگی)
- مقدار بارندگی (ارتفاع حاصل از بارندگی در طول مدت بارندگی)
- شدت بارندگی بر اساس دوام و دوره بازگشت

شدت بارندگی عبارت است از متوسط حجم باران در طول بارندگی بر واحد زمان بر واحد سطح که با توجه به مدت زمان بارندگی، متفاوت است و با آن نسبت معکوس دارد. یعنی هر چه زمان بارندگی بیشتر در نظر گرفته شود، شدت بارندگی کمتر خواهد بود. معمولاً تعیین شدت بارندگی برای یک دوره بازگشت معین انجام می‌شود. منظور از دوره بازگشت تعداد سال‌هایی است که به طور متوسط بین وقوع دو باران با شدت بارندگی مشابه وجود دارد. امروزه در هیدرولوژی دوره بازگشت را با احتمال بازگشت نیز بیان می‌کنند، به طوری که مدت بازگشت به سال و احتمال بازگشت (p) عکس یکدیگر می‌باشند، یعنی P=۱/N، بنابراین یک دوره بازگشت ۵۰ ساله را می‌توان با احتمال بازگشت ۲ درصد بیان کرد.

جهت تعیین شدت بارندگی برای یک دوام مشخص با دوره بازگشت معین، استفاده از منحنی‌ها و یا روابط شدت- مدت- فراوانی (در صورت موجود بودن) توصیه می‌شود. در غیر این صورت می‌توان با استفاده از داده‌های خام ایستگاه‌های هواشناسی مربوط و بکارگیری روش‌های آماری مناسب، شدت بارندگی را برای یک دوام مشخص با دوره بازگشت معین، استخراج کرد. منحنی‌ها و یا روابط شدت- مدت- فراوانی بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های ایستگاه‌های باران نگاری بدست می‌آید که با داشتن مدت بارندگی، می‌توان مقدار شدت بارندگی را در دوره بازگشت مد نظر از روی این منحنی‌ها و یا روابط تعیین کرد.

نتایج آمار میزان و شدت بارندگی در مدت‌های کمتر از ۳۰ دقیقه نسبت به بارندگی در مدت ۳۰ دقیقه در جدول (۱۰-۱) آمده است. از این جدول برای مطالعاتی که آمار کامل‌تری وجود نداشته و لازم است تا شدت بارندگی در مدت بارندگی کمتر بدست آید (به ویژه در حوزه آبریزهای کوچک)، می‌توان استفاده کرد.

جدول ۱۰-۱- رابطه نسبی متوسط میزان و شدت بارندگی برای مدت‌های تعیین شده به میزان و شدت بارندگی در ۳۰ دقیقه

مدت بارندگی (دقیقه)	۵	۱۰	۱۵	۳۰
تناسب میزان بارندگی (٪)	۳۷	۵۷	۷۲	۱۰۰
تناسب شدت بارندگی (٪)	۲۲۰	۱۷۰	۱۴۵	۱۰۰

۱۰-۲-۲-۲- برف

در تخمین دبی سیلاب در ارتباط با بارش برف به موردهای زیر توجه شود:

- میزان بارش برف سالیانه
- میزان آب ناشی از برف ذوب‌شده
- شدت ذوب برف

۱۰-۲-۲-۳- تبخیر و تعرّق

می‌توان از افت ناشی از تبخیر و تعرّق در تخمین دبی سیلاب صرفنظر کرد.

۱۰-۲-۳- خصوصیات حوزه آبگیر

مهمترین خصوصیات حوزه آبگیر عبارتند از: مساحت، شکل، شیب، بهره‌وری زمین، خاک‌شناسی و زمین‌شناسی اراضی، نگهداشت سطحی، ارتفاعات نقاط و موقعیت جغرافیایی حوزه آبگیر. بیشتر این خصوصیات در محاسبه زمان تمرکز برای تعیین دبی سیلاب مورد توجه قرار می‌گیرند.

۱۰-۲-۳-۱- مساحت حوزه آبگیر

حجم دبی سیلاب با مساحت حوزه آبگیر رابطه مستقیم دارد. مساحت حوزه آبگیر به هکتار یا کیلومتر مربع بیان می‌شود که از روی نقشه‌های توپوگرافی یا عکس‌های هوایی محاسبه می‌شود.

۱۰-۲-۳-۲- شکل حوزه آبگیر

شکل حوزه آبگیر در مقدار دبی سیلاب مؤثر است. حوزه آبگیر کشیده باریک معمولاً دبی اوج کمتری نسبت به حوزه آبگیر با مساحت مساوی ولی پهنای بیشتر دارد.

۱۰-۲-۳-۳- شیب حوزه آبگیر

شیب حوزه یکی از عوامل عمده مؤثر در زمان تمرکز است. در شیب‌های تند، سرعت جریان آب بیشتر و در نتیجه دبی حاصل بیشتر است. متقابلاً در شیب‌های کم، سرعت جریان آب کمتر و در نتیجه دبی تخلیه کمتری حاصل می‌شود.

۱۰-۲-۳-۴- بهره‌وری زمین حوزه آبگیر

تغییر بهره‌وری زمین طبیعی مانند تبدیل اراضی کشاورزی یا بایر به مناطق مسکونی یا صنعتی موجب افزایش دبی سیلاب می‌شود. در تخمین میزان دبی سیلاب، بهتر است به تغییرات احتمالی بهره‌وری حوزه در آینده توجه شود.

۱۰-۲-۳-۵- خاک‌شناسی و زمین‌شناسی اراضی حوزه آبگیر

خاک‌شناسی و زمین‌شناسی اراضی حوزه آبگیر در تخمین میزان دبی سیلاب مورد توجه قرار می‌گیرد.

۱۰-۲-۳-۶- نگهداشت سطحی حوزه آبگیر

در تخمین میزان دبی سیلاب از اثر نگهداشت سطحی آب توسط رستنی‌ها و گودی‌های اراضی حوزه آبگیر صرف نظر می‌شود.

۱۰-۲-۳-۷- ارتفاعات نقاط اراضی حوزه آبگیر

ارتفاع متوسط حوزه آبگیر، رقومی است که ارتفاع ۵۰ درصد از نقاط اراضی حوزه آبگیر، بالاتر از آن باشد. در تخمین دبی سیلاب به اختلاف ارتفاع حوزه آبگیر به ویژه در نقاط برف‌گیر توجه می‌شود.

۱۰-۲-۳-۸- موقعیت جغرافیایی حوزه آبگیر

در تخمین دبی رواناب سطحی به اثر گرمایی تابش آفتاب در حوزه‌های آبگیری که شیب عمومی آنها به طرف جنوب باشد شامل تبخیر، تعرّق، نفوذ بیشتر آب در خاک، ذوب برف در تابستان و شدت ذوب و همچنین به جهت جریان سیلاب نسبت به جهت جریان رودخانه نیز توجه می‌شود.

۱۰-۲-۳-۹- آبراهه اصلی حوزه آبگیر

آبراهه اصلی حوزه آبگیر، کانال اصلی طبیعی حوزه آبریز می‌باشد که آب از آبراهه‌های کوچک به آن وارد شده و از حوزه آبریز خارج می‌شود. طول حوزه آبریز، طول آبراهه اصلی از نقطه خروجی تا جایی است که رودخانه بطور مشخص روی نقشه وجود دارد.

۱۰-۲-۳-۱۰- زمان تمرکز

زمان تمرکز از مهمترین پارامترهای فیزیکی حوزه است و عبارت است از حداکثر زمانی که طول می‌کشد تا آب از دورترین نقطه حوزه، مسیر هیدرولیکی خود را را طی کرده و به نقطه تمرکز برسد. نقطه تمرکز، نقطه‌ای در حوزه آبریز است که دبی سیلاب به طور طبیعی به آن هدایت می‌شود که ممکن است دهانه آبرو یا پل باشد. در بعضی از روش‌های تخمین دبی سیلاب، مدت دوام بارش با شدت یکنواخت برای تمام حوزه برابر با زمان تمرکز (T_c) فرض می‌شود.

زمان تمرکز T_c، حاصل جمع سه زمان جریان آب‌های سطحی به شرح ذیل است:

۱- زمان حرکت ورقه‌ای آب در روی زمین تا تشکیل آبراهه کوچک

۲- زمان جریان در آبراهه کوچک تا رسیدن به آبراهه اصلی (در سطوح رویه‌دار (بتن آسفالتی، بتن سیمانی،...)، جریان به صورت ورقه‌ای به کانال باز می‌رسد و این مرحله در نظر گرفته نمی‌شود).

۳- زمان جریان در آبراهه اصلی تا دهانه آبرو یا پل

حداقل زمان تمرکز برای حوزه‌های آبریز کوچک و ساده مانند تخلیه آب‌های سطحی سواره‌روها، برای سطوح رویه‌دار، ۵ دقیقه و برای سطوح بدون رویه، ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شود. اما برای سطح کوچک بدون رویه که شیب سطح بیشتر از ده درصد است، زمان تمرکز ۵ دقیقه در نظر گرفته شود.

علاوه بر روش‌های ذیل جهت تعیین زمان تمرکز، می‌توان متناسب با خصوصیات حوزه، از سایر روش‌های مراجع معتبر نیز استفاده کرد.

۱۰-۲-۳-۱۰-۱- زمان حرکت ورقه‌ای آب در روی زمین تا تشکیل آبراهه کوچک

پس از بارندگی معمولاً جریان ورقه‌ای آب به ارتفاع حداکثر ۲ تا ۳ سانتیمتر شکل می‌گیرد. طول تشکیل جریان ورقه‌ای برای سطوح بدون رویه ۲۰ تا ۳۰ متر و برای سطوح رویه‌دار حداکثر ۹۰ متر می‌باشد. زمان حرکت ورقه ای آب با رابطه موج سینماتیکی، رابطه (۱۰-۱) بدست می‌آید.

$$T_t = \frac{۶/۹۲\ L^{۰/۶}\ n^{۰/۶}}{i^{۰/۴}\ S^{۰/۳}} \qquad (۱-۱۰)$$

T_t = زمان حرکت ورقه ای آب (دقیقه)

L = طول مسیر جریان (متر)

S= شیب مسیر جریان (متر بر متر)

n= ضریب زبری برای جریان ورقه‌ای (جدول(۱۰-۲))

i= شدت بارندگی برای دوره بازگشت مشخص با دوام T_t (میلیمتر در ساعت)

چنانچه برای تعیین شدت بارندگی از منحنی‌ها و یا روابط شدت- مدت- فراوانی استفاده شود، نیاز به فرآیند تکراری است. بدین ترتیب که ابتدا با فرض مقدار اولیه برای T_t به عنوان مدت بارندگی، شدت بارندگی از روی منحنی‌ها و یا روابط شدت- مدت- فراوانی محاسبه شده و سپس با استفاده از شدت بارندگی بدست آمده و رابطه معادله موج سینماتیکی، T_t بدست می‌آید. این روند تکرار می‌شود تا T_t در دو مرحله یکسان شود. توصیه می‌شود جهت استفاده از رابطه موج سینماتیکی، نسبت $\frac{nL}{\sqrt{S}}$ ،کمتر از ۱۰۰ باشد.

چنانچه حداکثر میزان بارندگی ۲۴ ساعت برای دوره بازگشت دو سال موجود باشد، بجای استفاده از رابطه موج سینماتیکی، می‌توان از رابطه (۱۰-۲) استفاده کرد.

$$T_t = \frac{۵/۴۷۶\ L^{۰/۸}\ n^{۰/۸}}{P_۲^{۰/۵}\ S^{۰/۴}} \qquad (۲-۱۰)$$

T_t = زمان حرکت ورقه ای آب (دقیقه)

L = طول مسیر جریان (متر)

S= شیب مسیر جریان (متر بر متر)

n= ضریب زبری برای جریان ورقه‌ای (جدول (۱۰-۲))

$P_۲$= حداکثر میزان بارندگی ۲۴ ساعت برای دوره بازگشت دو سال (میلی‌متر)

جدول ۱۰-۲- ضریب زبری برای جریان ورقه‌ای

پوشش سطح	ضریب زبری
لایه آسفالتی	۰/۰۱۱ -۰/۰۱۶
بتن	۰/۰۱۲ -۰/۰۱۴
آجر با ملات سیمان	۰/۰۱۴
بتن قلوه سنگ	۰/۰۲۴
بایر	۰/۰۵
چمن با تراکم کم	۰/۱۵
چمن با تراکم متوسط	۰/۲۴
چمن با تراکم زیاد	۰/۴۱
علف‌زار با حداکثر ارتفاع ۳ سانتی‌متر با تراکم کم	۰/۴۰
علف‌زار با حداکثر ارتفاع ۳ سانتی‌متر با تراکم زیاد	۰/۸۰

۱۰-۲-۳-۱۰-۲- زمان جریان در آبراهه کوچک تا رسیدن به کانال اصلی

جریان ورقه‌ای بعد از طی مسیری کوتاه، تبدیل به یک آبراهه کوچک با ارتفاع آب ۴ تا ۱۰ سانتیمتر می‌شود. برای محاسبه سرعت جریان در آبراهه کوچک، از روش آپلند استفاده می‌شود. متوسط سرعت در روش آپلند را می‌توان از شکل (۱۰-۲) و یا از رابطه (۱۰-۳) بدست آورد.

$$V = ۱۰ K S^{۰/۵} \qquad (۳-۱۰)$$

V= سرعت (متر بر ثانیه)

S= شیب (متر بر متر)

K= ضریبی است که به پوشش زمین بستگی دارد (متر بر ثانیه) از جدول (۱۰-۳)

پس از محاسبه سرعت، زمان مورد نظر را می‌توان با رابطه (۱۰-۴) تعیین کرد.

$$T_t = \frac{L}{۶۰ V} \qquad (۴-۱۰)$$

T_t = زمان حرکت آب (دقیقه)

L = طول مسیر جریان (متر)

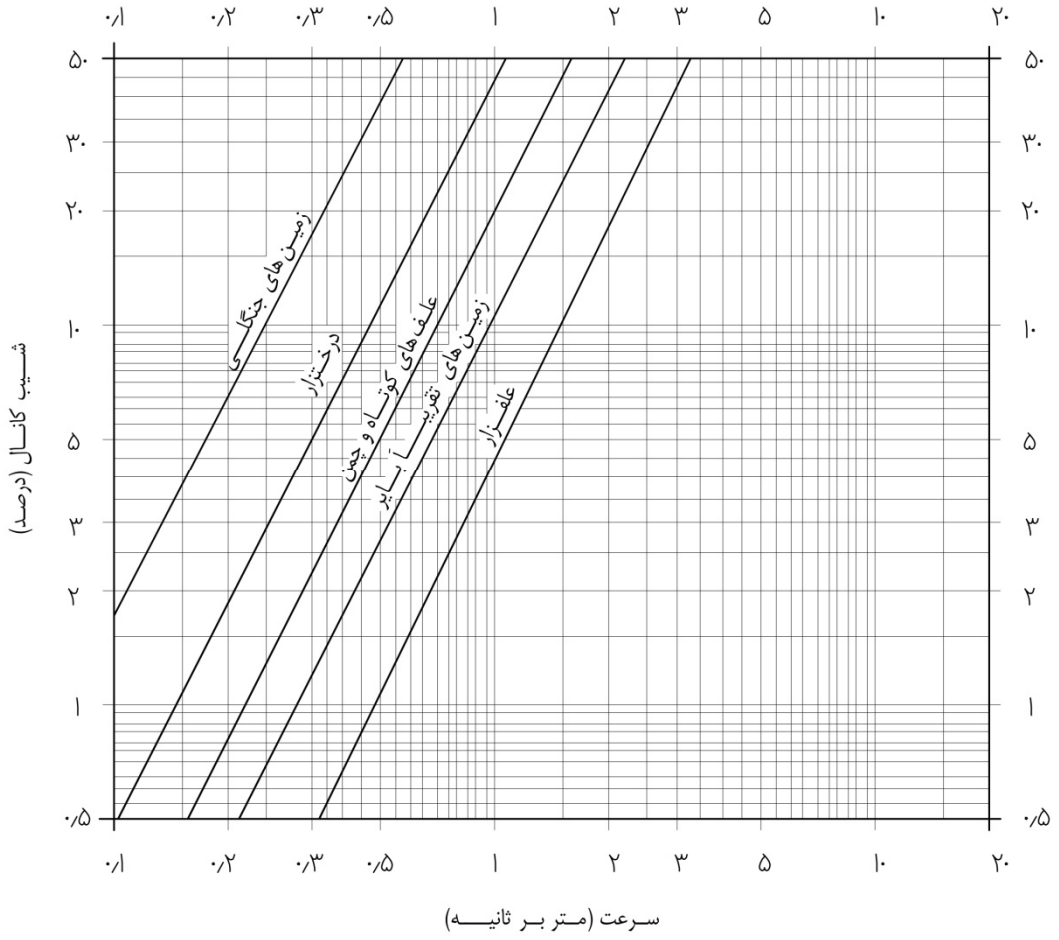
اگر در استفاده از رابطه موج سینماتیکی برای تعیین زمان حرکت ورقه‌ای آب، تشخیص دقیق طول آبراهه کوچک ممکن نباشد، می‌توان از روش آپلند برای تعیین مجموع زمان حرکت آب به صورت ورقه‌ای و زمان حرکت آب در آبراهه کوچک تا رسیدن به آبراهه اصلی استفاده کرد.

جدول ۱۰-۳- ضریب پوشش زمین برای جریان در آبراهه کوچک

پوشش زمین	ضریب پوشش زمین (متر بر ثانیه)
زمین‌های جنگلی	۰/۰۷۶
درختزار	۰/۱۵۲
چمن	۰/۲۱۳
زمین‌های زراعی	۰/۲۷۴
زمین‌های تقریباً بایر	۰/۳۰۵
علف‌زار	۰/۴۵۷
سطح بدون رویه	۰/۴۹۱
سطح با رویه	۰/۶۱۹

۱۰-۲-۳-۱۰-۳- زمان جریان در آبراهه اصلی تا دهانه آبرو یا پل

در موردهایی که خصوصیات کانال و ابعاد هندسی آن معلوم باشد، تخمین زمان جریان در آبراهه اصلی از تقسیم طول آبراهه اصلی به سرعت جریان در آن بدست می‌آید. سرعت جریان در این حالت از رابطه مانینگ-ردیف (۱۰-۵-۳-۱)، محاسبه می‌شود.



شکل۱۰-۲- روش آپلند برای تعیین زمان حرکت آب در آبراهه کوچک تا رسیدن به کانال باز یا مجموع زمان حرکت آب به صورت ورقه‌ای و زمان حرکت آب در آبراهه کوچک تا رسیدن به کانال باز

۱۰-۲-۴- دبی سیلاب طرح

دبی سیلاب طرح (دبی اوج)، حداکثر میزان جریان دبی سیلاب گذرنده از یک مقطع در حین بارندگی یا پس از آن، با یک دوره بازگشت معین است. واحد اندازه‌گیری کمی آن، متر مکعب بر ثانیه (m^3/s) است.

ابنیه فنی باید بتوانند آب تخمینی از دبی سیلاب در دوره تناوب برگشت مد نظر را به طور مناسب و ایمن هدایت کنند. ارتفاع آزاد زیر عرشه پل‌ها و آبروها و تسهیلات تخلیه آب‌های سطحی بر اساس دبی سیلاب طرح طراحی می‌شود.

اهمیت ابنیه فنی، مقدار خطرپذیری، میزان خرابی راه، خسارت مالی وارد به املاک و خسارت احتمالی جانی باید در انتخاب دبی سیلاب طرح مورد توجه قرار گیرد.

خصوصیات آب و هوایی، خصوصیات حوزه آبگیر (به ویژه زمان تمرکز) و دوره بازگشت مهمترین عوامل موثر بر دبی سیلاب می‌باشند.

۱۰-۲-۴-۱- روش‌های اندازه‌گیری دبی سیلاب طرح

وجود اندازه‌گیری‌های مستمر و صحیح دبی سیلاب در یک حوزه، امکان تخمین منطقی دبی سیلاب طرح را فراهم می‌کند. اندازه‌گیری دبی سیلاب در آبراهه اصلی حوزه به دو روش مستقیم و غیر مستقیم می‌تواند انجام شود. در اندازه‌گیری مستقیم در زمان جاری شدن سیلاب در چندین نقطه از آبراهه اصلی حوزه، تغییرات ارتفاع آب و سرعت آن ثبت و متوسط نتایج حاصل از آن به عنوان دبی سیلاب تعیین می‌شود. روش غیر مستقیم معمولاً بعد از وقوع سیل بکار گرفته می‌شود. در این روش با توجه به آثار باقیمانده، ارتفاع سطح آب تعیین و با استفاده از مشخصات هندسی مقطع آبراهه اصلی حوزه، شیب کانال و ضریب مانینگ و با بکارگیری روابط هیدرولیکی مانند رابطه مانینگ یا اصل بقای انرژی، دبی سیلاب تعیین می‌شود.

۱۰-۲-۴-۲- روش‌های تخمین دبی سیلاب طرح

طراحی هیدرولیکی ابنیه فنی پس از تعیین دبی سیلاب طرح انجام می‌شود. برآورد رواناب سطحی حداکثر با دوره‌های بازگشت مختلف، مهم‌ترین قسمت طراحی است. برای تخمین دبی سیلاب طرح، متناسب با داده‌ها و محدویت‌های موجود می‌توان از روش‌های تجربی یا سایر روش‌ها استفاده کرد.

مجموعه‌ای از این روش‌ها به همراه داده‌های مورد نیاز و فرضیات استفاده شده در این روش‌ها، در جدول (۱۰-۴) آورده شده است. در بکارگیری هر یک از این روش‌ها، فرضیات و محدودیت‌های هر روش باید مورد توجه قرارگیرد تا نتایج قابل قبولی برای برآورد حداکثر دبی رواناب سطحی به دست آورد. برای جزئیات بیشتر می‌توان به مراجع معتبر[۱] در این زمینه مراجعه کرد. همچنین می‌توان از سایر روش‌های مراجع معتبر با توجه به فرضیات و محدودیت‌های هر روش استفاده کرد.

تبصره۱. در صورت استفاده از چند روش برای تعیین دبی سیلاب طرح، نباید از متوسط نتایج استفاده شود.

---

۱ – مانند: AASHTO -Highway Drainage Guidelines-۱۹۹۹ و ....

جدول ۱۰-۴- داده‌های اصلی مورد نیاز و فرضیات روش‌های متداول تعیین دبی سیلاب طرح

روش	برخی از فرضیات	داده‌های اصلی مورد نیاز
استدلالی	– حوزه آبریز کوچک (کمتر از ۱/۳ کیلومتر مربع) – زمان تمرکز کمتر از یک ساعت – دوام بارندگی بزرگتر یا مساوی زمان تمرکز است. – شدت بارندگی در طول بارندگی و در سطح حوزه یکنواخت است. – رواناب سطحی در ابتدا بصورت ورقه ای است. – ذخیره سازی آب در آبراهه‌ها ناچیز است.	– زمان تمرکز – سطح زهکشی – ضریب رواناب – شدت بارندگی – دوام بارندگی – دوره بازگشت دبی سیلاب طرح
NRCS(TR۵۵)	– حوزه آبریز کوچک یا متوسط (کمتر از ۸ کیلومتر مربع) – زمان تمرکز از یک دهم تا ده ساعت – ساده سازی هندسه آبراهه اصلی – ذخیره سازی آب در آبراهه‌ها ناچیز است.	– سطح زهکشی – بارندگی ۲۴ ساعته – زمان تمرکز – شماره منحنی رواناب سطحی
هیدروگراف واحد (داده‌های حاصل از اندازه گیری دبی سیلاب موجود است) هیدروگراف واحد NRCS هیدروگراف واحد مصنوعی	– حوزه آبریز متوسط یا بزرگ (از ۰/۴ تا ۲۵۰۰کیلومتر مربع) – شدت بارندگی یکنواخت است. – رابطه بین بارندگی و رواناب سطحی یکنواخت است.	– هیدروگراف بارندگی – سطح زهکشی – طول کانال اصلی
تحلیل آماری (داده‌های حاصل از اندازه‌گیری دبی سیلاب موجود است) لگاریتم پیرسون (نوع۳)	– حوزه آبریز متوسط یا بزرگ با گیج‌های اندازه‌گیری داده‌ها – روابط ضرایب چولگی عمومی بکار رفته است.	– داده‌های ثبت شده دبی سیلاب برای ۱۰ سال یا بیشتر موجود است.
تبدیل داده‌های حوزه مشابه	– خواص هیدرولوژیکی مشابه	– دبی و مساحت برای حوزه داده برداری شده – مساحت برای حوزه داده برداری نشده

۱۰-۲-۴-۳- روش استدلالی

روش استدلالی یکی از ساده‌ترین روش‌های تجربی متداول در برآورد دبی سیلاب طرح می‌باشد. تخمین دبی سیلاب طرح زهکشی راه‌ها به جز در حوزه‌های آبریز بزرگ، با استفاده از روش استدلالی قابل انجام است. برای استفاده از این روش، اطلاعات مربوط به شدت، دوام و دوره بازگشت دبی سیلاب طرح، برای محل پروژه مورد نیاز است.

در این روش دبی سیلاب طرح از رابطه (۱۰-۵) محاسبه می‌شود.

$$Q = ۰/۲۸\ CIA \qquad (۵-۱۰)$$

Q = دبی طرح (متر مکعب بر ثانیه)

C = ضریب رواناب سطحی

I = متوسط شدت بارندگی در دوره بازگشت مد نظر (با دوام بارندگی بزرگتر یا مساوی زمان تمرکز – برحسب میلی‌متر در ساعت) که با توجه به ردیف (۱۰-۲-۲-۱) تعیین می‌شود.

A = مساحت حوزه آبریز (کیلومتر مربع)

در روش استدلالی، دوره بازگشت سیلاب طرح با دوره بازگشت بارندگی برابر است و همچنین شدت بارندگی یکنواخت برای تمام سطح حوزه آبریز فرض شده است. این فرض آخر، کاربرد روش استدلالی را محدود می‌سازد، لذا بهتر است روش استدلالی را فقط برای حوزه‌های آبریز کوچک و ساده و ترجیحاً کوچکتر از ۱/۳ کیلومتر مربع یا ۱۳۰ هکتار بکار گرفت.

در موردهایی که حوزه آبریز نسبتاً کوچک بوده و جریان آبراهه اصلی از چند انشعاب تغذیه می‌شود، بهتر است روش استدلالی را برای هر یک از انشعاب‌ها جداگانه بکار گرفت و سپس جریان آبراهه اصلی را از جمع جریان آب انشعاب‌ها به دست آورد.

برای به دست آوردن نتایج معقول از روش استدلالی، باید دقت زیاد و قضاوت صحیحی در بکار بردن فرضیات و پارامترهای رابطه روش استدلالی اعمال شود.

ضریب رواناب «C» در رابطه، نسبت رواناب سطحی به کل نزولات جوی است. بخشی از نزولات جوی به صورت نفوذ در خاک، تبخیر، تعرق و جمع‌شدن در گودال‌های سطح حوزه آبریز تلف می‌شود. مقادیر ضرایب رواناب «C» را می‌توان از جداول (۱۰-۵) و (۱۰-۶) به دست آورد. مقادیر ضرایب رواناب برای مناطق ساخته نشده با توجه به چهار مشخصه زیر تنظیم شده است:

- پستی و بلندی اراضی حوزه (میزان شیب)
- جنس اراضی (میزان نفوذپذیری)
- میزان پوشش گیاهی حوزه (ممانعت از جریان آب)
- میزان چاله در حوزه (تأخیر در جریان آب)

در موردهایی که حوزه آبریز مورد نظر به لحاظ پوشش سطحی از بخش‌های مختلف تشکیل شده باشد، ضریب رواناب را می‌توان از رابطه (۱۰-۶) بدست آورد.

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \cdots}{A_1 + A_2 + \cdots} \qquad (۱۰-۶)$$

C = ضریب متوسط رواناب برای کل حوزه آبریز

A_i = مساحت هر بخش از حوزه آبریز

C_i = ضریب رواناب هر بخش از حوزه آبریز

ضرایب رواناب در جدول‌های (۱۰-۵) و (۱۰-۶) برای دوره‌های بازگشت حداکثر ۱۰ سال ارائه شده است. برای دوره‌های بازگشت بیشتر می‌توان از ضرایب تبدیل «C_f» از جدول (۱۰-۷) به همراه جدول‌های فوق‌الذکر استفاده کرد. حاصلضرب «C» در ضریب تبدیل «C_f»، از یک بیشتر نمی‌شود.

جدول ۱۰-۵- ضریب رواناب برای مناطق ساخته شده

نوع منطقه ساخته شده	ضریب رواناب (c)
صنعتی	
مناطق با تراکم کم	۰/۵۰-۰/۸۰
قبرستان‌ها- پارک‌ها	۰/۱۰-۰/۲۵
زمین‌های بازی	۰/۲۰-۰/۴۰
محوطه ایستگاه راه‌آهن	۰/۲۰-۰/۴۰
اراضی آباد نشده	۰/۱۰-۰/۳۰
فضای سبز	
خاک‌های ماسه‌ای با شیب صفر تا ۲ درصد	۰/۰۵-۰/۱۰
خاک‌های ماسه‌ای با شیب ۷-۲ درصد	۰/۱۰-۰/۱۵
خاک‌های ماسه‌ای با شیب بیشتر از ۷ درصد	۰/۱۵-۰/۲۰
راه‌ها	
آسفالتی	۰/۷۰-۰/۹۵
بتنی	۰/۸۰-۰/۹۵
شنی	۰/۷۰-۰/۸۵
پیاده‌رو	۰/۷۵-۰/۸۵
پشت‌بام‌ها	۰/۷۵-۰/۹۵

جدول ۱۰-۶- ضریب رواناب برای مناطق ساخته نشده

	کم	معمولی	زیاد	خیلی زیاد
پستی و بلندی اراضی	۰/۰۸-۰/۲۰ اراضی نسبتاً هموار، شیب متوسط صفر تا ۵ درصد	۰/۱۴-۰/۲۰ اراضی تپه‌ماهوری، شیب متوسط ۵ تا ۱۰ درصد	۰/۲۰-۰/۲۸ اراضی کوهستانی، شیب متوسط ۱۰ تا ۳۰ درصد	۰/۲۸-۰/۳۵ اراضی با شیب تند، شیب متوسط بالای ۳۰درصد
جنس اراضی	۰/۰۴-۰/۰۶ اراضی ماسه‌ای با عمق زیاد، خاک‌های با میزان نفوذپذیری زیاد، خاک‌های با میزان نفوذ-پذیری خوب	۰/۰۶-۰/۰۸ اراضی لوم ماسه‌ای، لوم لایی، ماسه‌ای	۰/۰۸-۰/۱۲ اراضی خاک رسی یا لومی، خاک‌های با میزان نفوذپذیری کم	۰/۱۲-۰/۱۶ اراضی با پوشش خاکی کم یا بدون آن، خاک‌های با میزان نفوذپذیری قابل اغماض
پوشش گیاهی اراضی	۰/۰۴-۰/۰۶ اراضی جنگلی با پوشش حدود ۹۰٪	۰/۰۶-۰/۰۸ اراضی زراعی با پوشش حدود ۵۰٪	۰/۰۸-۰/۱۲ اراضی چمنی با پوشش کمتر از ۲۰٪	۰/۱۲-۰/۱۶ اراضی لخت یا پوشش خیلی پراکنده
میزان چاله در حوزه آبریز	۰/۰۴-۰/۰۶ میزان گودال‌های سطحی خیلی زیاد، اراضی بزرگ سیلابی، تعداد زیادی اراضی باتلاقی و حوضچه	۰/۰۶-۰/۰۸ میزان گودال‌های سطحی قابل ملاحظه، دریاچه و اراضی باتلاقی	۰/۰۸-۰/۱۰ میزان گودال‌های سطحی کم، فاقد اراضی باتلاقی یا حوضچه‌های آب	۰/۱۰-۰/۱۲ میزان گودال‌های سطحی قابل اغماض، فاقد اراضی باتلاقی

مثال

برای شرایط زیر:

۱- میزان پستی و بلندی: شیب متوسط ۵ درصد

۲- جنس بستر: خاک رس

۳-مورد استفاده: زراعی

۴- چاله‌های موجود: نسبتاً گود

ضریب رواناب "C" را برای حوزه آبریز پیدا کنید.

حل:

ضریب پستی و بلندی	۰/۱۴
ضریب جنس اراضی	۰/۰۸
ضریب پوشش گیاهی اراضی	۰/۰۶
ضریب میزان چاله در حوزه	۰/۰۶

	C= ۰/۳۴

جدول ۱۰-۷- ضرایب تبدیل C_f

دوره بازگشت (سال)	احتمال	ضرایب تبدیل "c_f"
۲۵	٪۴	۱/۱
۵۰	٪۲	۱/۲
۱۰۰	٪۱	۱/۲۵

۱۰-۳- ابنیه فنی جمع‌آوری و هدایت آب

هدایت دبی سیلاب (رواناب سطحی) ناشی از نزولات جوی از یک طرف حریم راه به طرف دیگر، نیازمند ساخت ابنیه فنی مناسب و متناسب مانند پل‌ها و آبروها است. برای مطالعات هیدرولیکی تکمیلی پل‌ها، علاوه بر رعایت نکات این بخش، به "دستورالعمل مطالعات هیدرولیکی و آبشستگی پل- نشریه ۳۰۲ " رجوع شود.

۱۰-۳-۱- پل‌ها و آبروها

طبق تعریف، ابنیه فنی با دهانه بزرگتر از ۶ متر را پل و ابنیه فنی با دهانه ۶ متر و کمتر را، آبرو می‌نامند. ابنیه فنی چند دهانه که مجموع طول آنها بیشتر از ۶ متر است، اما فاصله هر دو دهانه کمتر از ۱/۵ برابر قطر هر دهانه باشد، نیز پل نامیده می‌شوند.

وجه تمایز پل‌ها و آبروها عمدتاً در خاکریزی روی اکثر آبروهاست که در روی پل‌ها خاکریزی موجب اضافه هزینه می‌شود و ضرورتی ندارد. از طراحی پل‌ها با عرشه مستغرق، حتی‌المقدور اجتناب می‌شود، ولی طراحی آبروها در شرایط مناسب می‌تواند با ورودی (مدخل) مستغرق در زمان سیلاب انجام گیرد. در آبرو با دهانه یا ورودی مستغرق ارتفاع جریان آب از کف آبرو از ارتفاع ورودی بیشتر شده و آب پشته می‌کند.

در انتخاب پل یا آبرو به هزینه ساخت و نگهداری، پذیرش خطر خرابی و خسارات به املاک مجاور، ایمنی ترافیک و نکات زیست محیطی و معماری توجه می‌شود.

پیش از طراحی هیدرولیکی پل‌ها و آبروها، باید دبی سیلاب طرح (Q) بر حسب متر مکعب بر ثانیه تخمین زده شود (برای تخمین دبی اوج به ردیف (۱۰-۲) مراجعه شود).

بهتر است تخمین دبی سیلاب طرح برای آبروهای با حوزه آبگیر بزرگتر از ۱۳۰ هکتار به دو روش انجام شود تا از مقایسه آن دو، نتیجه اطمینان بخش‌تری حاصل شود.

۱۰-۳-۲- انتخاب دوره بازگشت سیلاب

برای انتخاب دوره بازگشت می‌توان یکی از دو روش زیر یا هر دو را در طراحی هیدرولیکی پل‌ها و آبروها مورد استفاده قرار داد.

روش معمول: استفاده از دوره بازگشتِ از قبل انتخاب شده

تجزیه و تحلیل: استفاده از دوره بازگشتی که با صرفه‌ترین هزینه را در بر دارد و با شرایط محلی و خطرات مربوط، به بهترین وجه سازگار است.

در انتخاب دوره بازگشت و فاصله آزاد قائم پل‌های کوچک و آبروها به نکات زیر نیز توجه می‌شود:

۱۰-۳-۲-۱- پل‌ها

- دوره بازگشت سیلاب با توجه به جدول (۱۰-۸) یا بزرگترین دوره بازگشت سیلاب ثبت شده (هر کدام که بزرگتر باشد)، در نظر گرفته شود.

– برای فاصله آزاد قائم (فاصله بین ارتفاع پایین‌ترین قسمت سازه عرشه پل و ارتفاع سطح آب سیلاب طرح) دوره بازگشت سیلاب صد ساله (به علت نداشتن آمار) انتخاب شود. فاصله آزاد قائم برای طراحی مقدماتی پل‌ها، ۰/۶ متر فرض می‌شود.

– اثر میزان ته نشست‌های متحرک و توده نخاله‌ها لحاظ شود.

جدول ۱۰-۸- راهنمای انتخاب دوره بازگشت برای پل‌ها

نوع راه	دوره بازگشت سیلاب طرح (سال)		
	مسیر اصلی	راه جانبی	رابط‌ها
راه شریانی (آزادراه و بزرگراه)	۵۰ تا ۱۰۰	۵۰	۵۰
راه اصلی	۵۰		
راه فرعی	۲۵		

۱۰-۳-۲-۲- آبروها

می‌توان یکی از معیارهای زیر را برای انتخاب دوره بازگشت سیلاب در طراحی هیدرولیکی آبروها در نظر گرفت.

– در صورتی که طراحی آبرو با دهانه بدون ورودی مستغرق باشد، دوره بازگشت سیلاب مطابق جدول (۱۰-۹) یا بزرگترین دوره بازگشت سیلاب ثبت شده (هر کدام بزرگتر باشد) در نظرگرفته شود.

– در صورتی که طراحی آبرو با دهانه ورودی مستغرق باشد (پشته‌کردن فراز آب و سرعت خروجی بیش از اندازه آب)، دوره بازگشت سیلاب صدساله یا بزرگترین سیلاب ثبت شده در محل در نظر گرفته شود.

در طراحی آبروهای آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی باید حداقل دوره بازگشت سیلاب، ۲۵ سال در نظرگرفته شود.

طراح باید در استفاده از معیارهای فوق برای شرایط و پروژه‌های خاص، احتیاط کند.

جدول ۱۰-۹- راهنمای انتخاب دوره بازگشت برای آبروها

نوع راه	دوره بازگشت سیلاب طرح (سال)		
	مسیر اصلی	راه جانبی	رابط‌ها
راه شریانی (آزادراه و بزرگراه)	۲۵	۲۵	۲۵
راه اصلی	۲۵		
راه فرعی	۱۵		

۱۰-۳-۳- فرازآب و پایاب

۱۰-۳-۳-۱- فرازآب

فرازآب به ارتفاع جریان آب بالادست از کف آبرو گفته می‌شود. **باید از انتخاب فرازآبی که موجب تشکیل حوضچه آب غیر قابل قبول و یا سرعت خروجی بیش از اندازه به علت شیب تند زمین شود، اجتناب کرد.**

در انتخاب فرازآب ورودی آبرو به موردهای زیر توجه شود:

- ارتفاع خاکریزی
- هزینه خسارت وارده به تسهیلات راه
- هزینه خسارت وارده به املاک بالادست در اثر تشکیل حوضچه آب
- سرعت فرساینده کف آبرو و پایین‌دست آن

۱۰-۳-۳-۲- پایاب

پایاب به عمق جریان آب در پایین‌دست آبرو می‌گویند. این عمق به شیب و وضعیت پستی و بلندی پایین‌دست بستگی دارد. عمق زیاد ممکن است سبب غوطه ورشدن خروجی آبرو شود.

۱۰-۳-۴- کنترل توده نخاله در طراحی آبرو

می‌توان از دو روش زیر برای کنترل توده نخاله در طراحی آبروها استفاده کرد:

۱۰-۳-۴-۱- عبور توده نخاله از آبرو

با رعایت جنبه اقتصادی، بهتر است طراحی دهانه آبروها با امکان عبور نخاله انجام شود. این نوع طراحی، سبب افزایش هزینه-های ساخت می‌شود.

۱۰-۳-۴-۲- جلوگیری از عبور توده نخاله از آبرو

اگر طراحی دهانه آبروها با درنظرگرفتن عبور نخاله، اقتصادی نباشد، ابنیه کنترل توده نخاله در بالادست آبرو ایجاد خواهد شد. استفاده از این ابنیه‌ها، سبب افزایش هزینه نگهداری می‌شود. **در این حالت برای جمع‌آوری نخاله‌ها، باید راه دسترسی ساخته شود.**

۱۰-۳-۵- امتداد شیب طولی آبروها

به طور کلی مسیر آبرو، بهتر است مستقیم و با شیب طولی ثابت باشد. در صورت عدم فرسایش مسیر آبرو، از امتداد شکسته (زاویه‌دار) می‌توان استفاده کرد. در غیر این صورت، محل شکستگی گرد می‌شود. **در موردهایی که استفاده از مسیر با امتداد شکسته اجتناب‌ناپذیر است، باید محل آن به منظور بازدید و نگهداری قابل دسترسی باشد.**

نیمرخ طولی بستر آبرو معمولاً بر نیمرخ طولی بستر جریان آب منطبق است. استثناء از این قاعده به ترتیب زیر امکان‌پذیر است:

الف – در شیب‌های ملایم که احتمال ته‌نشین شده رسوبات وجود دارد، می‌توان ورودی آبرو را بالاتر از نیمرخ طولی بستر جریان در نظر گرفت. میزان بالاتر بودن ورودی آبرو، به اندازه و طول آبرو و مقدار رسوب بستگی دارد. **به این ترتیب رسوبات قبل از ورودی آبرو ته‌نشین می‌شود که باید در فرصت‌های مناسب تخلیه شود.**

ب – در بسترهای با شیب تند، می‌توان شیب آبرو را ملایم‌تر از شیب بستر در نظر گرفت. تأمین سرعت لازم برای حمل مواد ته‌نشین‌شونده در شیب مورد نظر ضروری است. در پایین‌دست، تمهیدات لازم برای هدایت آب و حفظ بستر به عمل می‌آید. استفاده از این روش، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در بر دارد. برای جلوگیری از شسته‌شدن خروجی آبرو، تدابیری مانند سرریز در خروجی آبرو در نظر گرفته می‌شود.

۱۰-۳-۶- انواع آبروها

آبرو شامل انواع زیر است:

– دالی

– دایره‌ای

– طاقی

– جعبه‌ای

– بیضوی یا شبه بیضوی

در صورت استفاده از آبروهای لوله‌ای چند دهانه‌ای، فاصله بین سطوح خارجی لوله‌ها برابر نصف قطر اسمی یا حداقل ۰/۶ متر در نظر گرفته می‌شود.

۱۰-۳-۷- طراحی هیدرولیکی آبروها

هدف از طراحی هیدرولیکی آبروها، تأمین ظرفیت لازم در آبروها برای انتقال دبی سیلاب طرح تخمینی می‌باشد. تحلیل دقیق هیدرولیکی بسیار پیچیده می‌باشد و در عمل از روشهایی با دقت ۱۰ ± درصد برای تخمین دبی سیلاب طرح استفاده می‌شود.

معمولاً برای طراحی هیدرولیکی آبروها یکی از دو حالت: کنترل دهانه ورودی آبرو یا کنترل دهانه خروجی آبرو در نظر گرفته می‌شود. بیشتر آبروها بر اساس کنترل دهانه ورودی آبرو عمل می‌کنند. در این حالت ظرفیت انتقال آبرو بیشتر از ظرفیت ورودی دهانه آبرو می‌باشد. در روش طراحی کنترل جریان آب در ورودی، برای افزایش ظرفیت آبرو، بدون افزایش فرازآب ورودی، از دیوارهای بالی شکل مستقیم (دیوار برگشتی) – با توجه به مسیر بستر طبیعی مجاور آبرو یا دیوار بالی شکل– استفاده می‌شود.

در حالت کنترل دهانه خروجی آبرو، ظرفیت انتقال آبرو کمتر از ظرفیت ورودی دهانه آبرو است.

در طراحی با کنترل دهانه ورودی آبرو، مقطع عرضی آبرو، ارتفاع فرازآب و هندسه دهانه ورودی مهمترین داده‌های اولیه طرح می‌باشند. در طراحی با کنترل دهانه خروجی آبرو، داده‌های اولیه شامل ارتفاع پایاب، شیب، طول و ضریب زبری آبرو نیز می‌باشد.

در هر یک از دو حالت با توجه به عوامل مختلف و رابطه‌های مختلفی که برای تعیین و توجیه وضعیت هیدرولیکی آبرو وجود دارد و با استفاده از نمودارهای مربوطه یا برنامه‌های کامپیوتری، اندازه مقطع آبرو تعیین می‌شود.

۱۰-۳-۸- طراحی ورودی و خروجی آبروها

منظور از طراحی ورودی و خروجی آبروها، تعیین سطح مقطع و نوع ساختمان لبه ورودی و خروجی آبروها است. سطح مقطع و ساختمان لبه ورودی آبروها از عوامل تعیین‌کننده سطح حوضچه تشکیل شده در ورودی آبروها است.

برای افزایش ظرفیت آبرو و اقتصادی‌بودن آن و ثابت نگهداشتن سرعت ورودی، از ورودی گرد، اریب و پهن استفاده می‌شود.

در موردهای زیر از آبروهای با ورودی دارای دیوار پیشانی و دیوار بالی شکل می‌توان استفاده کرد.

- افزایش ظرفیت هیدرولیکی
- حفاظت خاکریزی و کاهش فرسایش شیروانی‌ها
- افزایش پایداری سازه‌ای در انتهای آبروها

در موردهایی که کانال با مقطع ذوزنقه کم عمق منتهی به آبرو باشد، از دیوارهای بالی شکل استفاده شود.

بهتر است به لحاظ اقتصادی، ایمنی و زیباسازی طرح، در صورت امکان از ورودی و پایانه پیش‌ساخته برای دیوار پیشانی استفاده کرد. برای آبروهای دایره‌ای با قطر ۱/۵ متر یا بیشتر و لوله‌ای با قطر معادل دایره‌ای، می‌توان از ورودی قیفی شکل یا دیوار پیشانی استفاده کرد.

انتخاب زاویه دیوار بالی برای جلوگیری از شسته شدن خاکریزی در انتهای دیوارهای بالی در اثر گرداب، انجام می‌شود. برای افزایش ظرفیت هیدرولیکی آبرو، از دیوار بالی شکل، با زاویه۳۰ تا ۷۵ درجه که رقوم بالای آن، برابر رقوم بالای دیوار پیشانی باشد، استفاده شود. در موردهایی که کانال با مقطع منظم و شیب‌های جانبی تند منتهی به آبرو باشد، بهتر است از دیوار بالی شکل مستقیم (دیوار برگشتی) استفاده شود.

طراحی دهانه خروجی آبروها بر اساس حداکثر سرعت جریان آب انجام می‌شود. در موردهایی که سرعت زیاد ممکن است موجب شسته شدن بستر و شیب‌های کانال پایین‌دست شود، می‌توان با تغییر شیب آبرو از سرعت خروجی کاست. در موردهایی که سرعت خروجی را نتوان با تغییر شیب کاهش قابل توجهی داد، از انواع حفاظ‌های دهانه یا از مستهلک‌کننده انرژی در دهانه استفاده می‌شود. در بررسی راه‌حل‌های جلوگیری از فرسایش ناشی از سرعت زیاد در دهانه خروجی، به ارزیابی اثرات آن در املاک پایین‌دست توجه شود.

۱۰-۳-۹- قطر و طول آبروهای لوله‌ای

حداقل قطر و طول لوله از نظر نگهداری و پاکسازی داخل آبروها بر اساس موردهای زیر تعیین می‌شود.

حداقل قطر برای آبروهای عرضی زیر راه ۴۵ سانتی‌متر است و اگر فاصله بین دهانه ورودی و خروجی بیش از ۳۰ متر باشد، حداقل قطر لوله به ۶۰ سانتیمتر افزایش یابد.

در انتخاب طول آبروی لوله‌ای به موردهای زیر توجه می‌شود و از نزدیکترین طول تجاری بزرگتر یا مساوی با طول بدست آمده استفاده می‌شود.

الف – با توجه به شرایط انتهایی آبرو و برای خاکریزی ۴ متر یا کمتر، طول نظری (طول محاسبه شده بر مبنای شیب) اعمال شود.

ب – برای خاکریزی‌های بیش از ۴ متر برای هر ۳ متر افزایش خاک، ۰/۳ متر و حداکثر ۲ متر به طول نظری اضافه شود. در موردهایی که خاکریزی بلند، پله‌ای باشد، افزایش طول آبرو بر اساس ارتفاع پایین‌ترین پله خواهد بود.

۱۰-۴- تخلیه آب‌های سطح راه

تخلیه آب‌های سطح راه شامل جمع‌آوری، هدایت و تخلیه آب از سواره‌رو، شانه‌ها و حریم راه است. موردهایی که در طرح تخلیه آب‌های سطح راه به آن توجه می‌شود، عبارت است از: نوع روسازی، قبول یا عدم قبول احتمال سیلابی‌شدن سطح راه، میزان نفوذ آب، شیب‌های طولی و عرضی راه، نحوه تخلیه آب به نهرهای طرفین (از طریق ناودانی‌ها و سطح شیروانی‌ها)، ایمنی و هزینه تسهیلات.

در تخلیه آب‌های عبوری از سطح راه، معمولاً آب سطحی از طریق شیب‌های عرضی و طولی به کانال مجاور هدایت شده و تخلیه می‌شود. دبی سیلاب طرح (رواناب سطحی طرح) بر اساس مبانی ردیف (۱۰-۲)، محاسبه می‌شود.

برای تعیین دوره مطلوب بازگشت دبی سیلاب طرح و امکان پخش آب در سطح راه می‌توان از جدول (۱۰-۱۰) استفاده کرد.

جدول ۱۰-۱۰- راهنمای انتخاب دوره بازگشت مطلوب تخلیه آب‌های سطح راه

نوع راه	دوره بازگشت سیلاب طرح (سال)		
	مسیر اصلی	راه جانبی	رابط‌ها
راه شریانی (آزادراه و بزرگراه)	۲۵	۱۰	۱۰
راه اصلی	۲۵		
راه فرعی	۱۰		

۱۰-۴-۱- تخلیه آب‌های کف راه

تخلیه آب‌های کف راه برای یک دوره بازگشت سیلاب طرح و با توجه به امکان پخش آب در کف راه، طراحی می‌شود. میزان پخش آب طرح، متناسب با نوع راه است.

میزان پخش آب طرح، به عامل‌های زیر بستگی دارد:

- شیب عرضی
- شیب طولی
- تعداد خط عبور
- عرض شانه‌ها
- وجود آماس

طرح تخلیه آب‌های کف راه طوری تهیه می‌شود که از تجمع دبی سیلاب (رواناب سطحی) به شکل جریان رواناب صفحه‌ای بیش از ۳ لیتر در ثانیه اجتناب شود.

۱۰-۴-۲- تخلیه آب‌های میانه

حداقل شیب طولی مطلوب برای نهرهای خاکی مثلثی شکل و پوشش‌دار میانه به ترتیب برابر ۰/۲۵ درصد و ۰/۱۲ درصد در نظر گرفته می‌شود.

برای جلوگیری از آب‌شستگی نهرهای خاکی میانه، باید سرعت متناسب انتخاب شود. نهر میانه را در صورت لزوم می‌توان با استفاده از خاک تثبیت شده با سیمان یا آهک با حداقل ضخامت ۱۵ سانتی‌متر، طراحی کرد. به لحاظ عدم تأمین ایمنی وسایل نقلیه منحرف شده، بهتر است از پوشش نهرهای میانه با قلوه سنگ اجتناب شود.

موقعیت مناسب دریچه‌های ورودی برای هدایت رواناب سطحی به آبروها یا سیستم جمع‌آوری رواناب سطحی، با توجه به عوامل اقتصادی انتخاب می‌شود. انتخاب محل‌های گود برای ورودی‌ها موجب افزایش ظرفیت است.

۱۰-۴-۳- تخلیه آب‌های ورودی به حریم راه

تخلیه آب‌هایی که وارد حریم می‌شوند به دو روش انجام می‌شود:

۱۰-۴-۳-۱- تخلیه آب‌های بالادست

برای تخلیه آب‌هایی که از اراضی بالادست خاکبرداری به طرف حریم سرازیر می‌شوند، از نهرهای بالای شیروانی استفاده می‌شود. نهرهای قطع‌کننده بالای شیب‌های جانبی (تقاطع شیروانی خاکبرداری با زمین طبیعی) را نهرهای بالای شیروانی می‌نامند.

نهرهای با شیب تند که در آنها خطر آب‌شستگی وجود دارد، بهتر است پوشش‌دار باشند. برای نهرهای با شیب تندتر از ۱:۴ می‌توان از پوشش‌های پیش‌ساخته استفاده کرد. بهتر است در محل‌های مناسب، رواناب سطحی جمع‌آوری شده توسط نهرهای بالای شیروانی به وسیله شوت‌ها (طبق ردیف (۱۰-۴-۳-۲)) به کانال‌های مربوطه هدایت و تخلیه شوند.

۱۰-۴-۳-۲- تخلیه آب‌های پایین‌دست

آب‌های کف راه که از روی خاکریزی‌ها به طرف حریم تخلیه می‌شوند، باید توسط شوت‌های پوشش‌دار به کانال‌های مربوطه هدایت شوند. این شوت‌ها به اشکال لوله‌ای و ناودانی و مجاری پوشش‌دار طراحی می‌شوند. تعیین فواصل شوت‌ها و محل آنها به شکل زمین، پروفیل طولی راه، مقدار جریان آب و حدود مطلوب پخش آب، بستگی دارد.

محل شوت‌ها در قسمت‌های پست در نظر گرفته می‌شود. می‌توان از شوت‌های لوله‌ای فلزی برای هر نوع شیب جانبی (شیب شیروانی) استفاده کرد. از شوت‌های لوله‌ای فلزی در شیب‌های جانبی ۱:۴ یا تندتر استفاده می‌شود.

در شوت‌های فلزی طولانی با ظرفیت بیش از حجم رواناب سطحی، می‌توان از ورودی با مقطع باریک‌شونده استفاده کرد، حداقل قطر لوله برای شوت‌های فلزی لوله‌ای، ۲۰۰ میلی‌متر است.

از شوت‌های ناودانی با مقطع مستطیل شکل موج‌دار با ورودی باریک‌شونده می‌توان در شیب‌های ۱:۲ و یا ملایم‌تر استفاده کرد. در موردهایی که شیب جانبی ۱:۱/۵ یا بیشتر و طول شوت بیش از ۲۰ متر باشد، از بکارگیری شوت‌های ناودانی اجتناب می‌شود. در طرح شوت‌ها بهتر است از ایجاد تغییر ناگهانی در مسیر و شیب طولی اجتناب شود.

۱۰-۵- کانال‌ها

کانال، یک مسیر هدایت آب با سطح آزاد است. طراحی و اجرای نهرهای طبیعی و نهرهای ترمیم شده، جوی حاشیه جاده و جوی حاشیه جدول، طبق ضوابط این بخش از آیین‌نامه انجام می‌شود. برای هدایت دبی سیلاب توسط آبروها و لوله‌های با مقاطع غیر پر نیز ضوابط این بخش از آیین‌نامه رعایت شود.

در طراحی کانال‌های باز علاوه بر اصول هیدرولیکی، اقتصادی‌بودن طرح، ملاحظات ایمنی برای وسایل‌نقلیه منحرف شده از سواره‌رو، منظرآرایی و هدایت آب‌های سطحی، بدون خسارت رساندن به راه‌ها و املاک مجاور و با حداقل آسیب‌رسانی به محیط زیست در نظر گرفته می‌شود.

میزان مطالعات هیدرولوژیکی و هیدرولیکی، به نوع راه، ابنیه فنی، قیمت تمام شده، ضریب اطمینان و محیط زیست بستگی دارد.

۱۰-۵-۱- ملاحظات طراحی

۱۰-۵-۱-۱- انتخاب دبی سیلاب طرح برای کانال

معیارهای تخمین دبی سیلاب طرح برای کانال‌های مربوط به عبور دبی سیلاب طرح از عرض راه، مانند معیارهای بخش آبروها و پل‌ها و برای جمع آوری و تخلیه دبی سیلاب طرح از سطح راه (رواناب سطحی طرح) مانند ردیف آب‌های سطحی است.

۱۰-۵-۱-۲- ملاحظات ایمنی

در طراحی کانال‌ها باید به ایمنی ترافیک توجه ویژه‌ای داشت. به منظور ایمنی وسایل نقلیه منحرف شده از سواره‌رو، باید از کانال‌های باز با شیب‌های جانبی ملایم و کف قوسی استفاده شود یا از شبکه‌های مشبک فلزی برای پوشش آنها استفاده کرد. برای اطلاعات بیشتر به آیین‌نامه ایمنی راه‌ها - نشریه ۲۶۷، مراجعه شود.

۱۰-۵-۱-۳- طرح مسیر و شیب طولی کانال

مسیر و شیب طولی با توجه به شرایط محل، طوری طرح می‌شود که اهداف پیش‌بینی شده را به بهترین وجه تأمین کند. در طراحی مسیر و شیب طولی کانال، در صورت امکان از تغییرهای ناگهانی اجتناب می‌شود. در محل تغییر ناگهانی مسیر کانال، موقعیت مناسبی برای حمله جریان آب فراهم می‌شود. در محل‌هایی که شیب طولی کانال به طور ناگهانی افزایش یابد، شرایط مناسبی برای شسته شدن کف و حاشیه کانال فراهم می‌شود. در محل‌هایی که شیب طولی کانال به طور ناگهانی کاهش یابد، شرایط مناسبی برای ته‌نشینی مواد حمل شده بوجود می‌آید. سرعت مناسب آب در یک کانال، امکان شسته‌شدن و ته‌نشینی مواد را از بین می‌برد.

سرعت مناسب آب به عوامل زیر بستگی دارد:

الف – ابعاد و شیب طولی کانال

ب – مقدار جریان آب‌های سطحی (دبی)

پ – پوشش کانال

ت – زبری بستر آب

ث – مواد رسوبی حمل شده توسط آب

سرعت‌های مجاز یا مناسب جریان آب برای کانال‌های بدون پوشش را می‌توان از جدول (۱۰–۱۱) به دست آورد.

۱۰-۵-۲- انواع مقطع کانال

مقطع کانال مانند مقاطع طبیعی رودخانه‌ها، مسیل‌ها و نهرها بشرح زیر است:

۱۰-۵-۲-۱- مقطع مثلثی شکل

شکل مقطع یک کانال عموماً با توجه به هدف طرح، نوع زمین طبیعی، سرعت و مقدار جریان تعیین می‌شود.

کانال مثلثی یا V شکل، عمدتاً برای مقدار جریان کم از قبیل جوی‌های حاشیه میانه راه و نهرهای کنار راه طرح می‌شود. نهرهای V شکل، مستعد فرسایش است و در موردهایی که سرعت جریان از سرعت‌های مجاز جریان در جدول (۱۰–۱۱) تجاوز کند، مقطع کانال احتیاج به پوشش خواهد داشت.

جدول۱۰-۱۱- سرعت مجاز در کانال‌های بدون پوشش

نوع مصالح مقطع خاکبرداری	سرعت مجاز (متر بر ثانیه)	
	جریان دائمی	جریان منقطع
(غیر کلوئید) ماسه ریزدانه	۰/۸	۰/۸
(غیر کلوئید) لوم ماسه‌ای	۰/۸	۰/۸
(غیر کلوئید) لوم سیلتی	۰/۹	۰/۹
لوم ریز دانه	۱/۱	۱/۱
خاکستر آتشفشانی	۱/۱	۱/۲
شن ریز دانه	۱/۱	۱/۲
(کلوئید) رس سفت	۱/۲	۱/۵
(غیر کلوئید) مواد دانه‌بندی شده		
لوم تا شن	۱/۵	۲/۰
لای تا شن	۱/۷	۲/۱
شن	۱/۸	۲/۳
شن درشت	۲/۰	۲/۴
شن تا قلوه سنگ کوچکتر ۱۵۰ م م	۲/۱	۲/۷
شن تا قلوه سنگ کوچکتر ۲۰۰م م	۲/۴	۳/۰

۱۰-۵-۲-۲- مقطع ذوزنقه‌ای شکل

معمولی‌ترین شکل کانال برای آب‌های سطحی با دبی زیاد، مقطع ذوزنقه‌ای شکل است. کانال‌های ذوزنقه‌ای به آسانی به وسیله ماشین‌آلات راه‌سازی ساخته می‌شود و غالباً اقتصادی‌ترین مقطع می‌باشد. در موردهایی که کانال عریض لازم است، می‌توان با گردکردن تمام زوایای مقطع عرضی کانال، ایمنی و منظرآرایی آن را بهبود بخشید. طول تقریبی این گردکردن (خم) با رابطه (۱۰–۷) تعیین می‌شود.

$$L = \frac{۱۲}{X} \quad (۷-۱۰)$$

L = طول خم به متر

X = کتانژانت شیب جانبی مقطع عرضی کانال

در موردهایی که مقطع عرضی کانال تنگ باشد، طول L محدود به عرض کف کانال می‌شود. در موردهایی که دبی آب‌های سطحی زیاد باشد، حداقل عرض کف کانال، به لحاظ اجرا و نگهداری، ۴ متر و حداقل عمق جریان آب ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

۱۰-۵-۲-۳- مقطع مستطیلی شکل

می‌توان در غالب موردهایی که محدودیت حریم راه وجود دارد، کانال‌های مستطیل شکل را برای هدایت جریان آب‌های سطحی با دبی زیاد در نظر گرفت. ممکن است در بعضی موردها بین سواره‌رو و کانال، حفاظ فلزی یا بتنی بکار برد.

قسمتی از اضافه هزینه تمام شده کانال‌های با مقطع مستطیل شکل، با کاهش حریم راه و حجم خاکبرداری کانال جبران می‌شود.

۱۰-۵-۳- طرح هیدرولیکی کانال

طرح هیدرولیکی یک کانال، شامل تعیین ظرفیت هیدرولیکی برای هدایت دبی سیلاب و تعیین نوع پوشش کانال برای جلوگیری از فرسایش آن است. ظرفیت هیدرولیکی یک کانال باز، به ابعاد، شکل، شیب طولی، پوشش و زبری آن بستگی دارد.

طرح هیدرولیکی کانال‌ها به دلیل آنکه با اکثر ابنیه فنی تخلیه آب‌های سطحی راه، ارتباط متقابل دارد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در طراحی هیدرولیکی جریان کانال‌ها فرض بر آن است که جریان یکنواخت و پایدار است. در جریان‌های پایدار یکنواخت، عمق و دبی جریان برحسب زمان ثابت است در نتیجه در طراحی کانال‌ها، شکل، ابعاد، شیب طولی و زبری پوشش مقطع کانال ثابت است.

در طراحی هیدرولیکی کانال‌ها می‌توان از روابط مانینگ، پیوستگی، برنولی، انرژی، جریان بحرانی، انتقال، عدد فرود و یا سایر روابط متداول و معتبر استفاده کرد.

۱۰-۵-۳-۱- رابطه مانینگ

رابطه مانینگ، روش تجربی بر اساس یکنواخت بودن جریان آب‌های سطحی است. روابط تجربی زیادی برای محاسبه سرعت متوسط کانال‌های باز بدست آمده که رابطه مانینگ یکی از این معادلات است.

سرعت متوسط جریان آب‌های سطحی برای یک کانال باز با رابطه مانینگ از رابطه (۱۰-۸) محاسبه می‌شود.

$$V = \frac{R^{\frac{۲}{۳}} S^{\frac{۱}{۲}}}{n} \quad (۸-۱۰)$$

V = سرعت میانگین (متر برثانیه)

n = ضریب زبری مانینگ

S = شیب کانال (متر بر متر)

R = شعاع هیدرولیکی (متر)= A/wp

A = مساحت سطح مقطع جریان (مترمربع)

wp = محیط تر شده (متر)

ضرایب زبری مانینگ برای کانال‌ها را می‌توان از جدول (۱۰-۱۲) بدست آورد.

۱۰-۵-۳-۲- رابطه پیوستگی

یکی از اصولی که در تمام مسایل جریان کانال‌ها در نظرگرفته می‌شود، پیوستگی جریان در کانال‌ها است. این اصل، ثابت بودن جرم سیال گذرنده در واحد زمان در هر مقطعی از کانال را بیان می‌دارد. این اصل با استفاده از قوانین بقا (مانند بقاء انرژی) استخراج شده است. معادله پیوستگی مطابق با رابطه (۱۰-۹) بیان می‌شود.

$$Q = V_1A_1 = V_2A_2 = \cdots = V_nA_n \qquad (۹-۱۰)$$

Q = دبی تخلیه

A_n = مساحت سطح مقطع جریان

V_n = سرعت متوسط جریان

جدول۱۰-۱۲- مقادیر متوسط برای ضریب زبری مانینگ

نوع کانال	مقدار n
کانال‌های بدون پوشش	
لوم رسی	۰/۰۳۳
ماسه	۰/۰۲
شن	۰/۰۳
تخته سنگ	۰/۰۴
کانال‌های دارای پوشش	
بتن سیمانی	۰/۰۱۴
بتن آسفالتی	۰/۰۱۸
روسازی راه و آبروهای حاشیه جدول	
بتن سیمانی	۰/۰۱۵
بتن آسفالتی	۰/۰۱۶
حاشیه میانه پست	
خاک بدون ملات	۰/۰۴۰
خاک با ملات	۰/۰۵۰
شن	۰/۰۵۵

واژگان

فارسی– انگلیسی

واژه‌نامه فارسی– انگلیسی

آبرو	Culvert	باران و برف، نزولات جوی	Precipitation
آبیاری	Irrigation	بارش	Rainfall
آزادراه	Freeway	بار محوری دوقلو	Tandem axle load
آلودگی	Pollution	بارندگی شدید	Storm
آلودگی آب	Water pollution	بررسی محلی	Field investigations
اتاقک سیار	Trailer	بتن	Concrete
اتصال تدریجی	Transition	بحرانی	Critical
اتصال تدریجی حلزونی	Spiral transition	بخش ترافیک تداخلی	Weaving section
اجباری	Mandatory	بخش کم کردن عرض مسیر	Flared end section
اجزای تبادل	Interchange elements	برآورد حجم تخلیه آب	Discharge estimating
اختصارات	Abbreviations	بربلندی	Superelevation
ارتفاع آزاد	Vertical clearance	برنامه‌های کامپیوتری	Computer programs
ارزش پس‌مانده	Salvage value	بریدگی دسترسی در بزرگراه	Access opening on expressway
ارزش‌های منظره	Scenic values	بزرگترین حجم تخلیه آب	Discharge peak
اریب	Skew	بزرگراه	Expressway
ادوات ترافیک	Traffic devices	بستر راه	Roadbed
ادوات کنترل ترافیک	Traffic control devices	بوته‌کاری	Planting
استراحتگاه کنار راه	Roadside rest area	پارامترهای طرح	Design factors
اضافه کردن عرض	Widening	پلان، مسیر افقی	Horizontal alignment
افزایش خط عبور	Lane addition	پل	Bridge
افقی	Horizontal	پل عوارضی (با پرداخت بهای عبور)	Toll bridge
اقتصاد طراحی	Economics of design	پهنای راه در قوس	Width on curve
الگوهای گردش	Turning templates	پیاده	Pedestrian
انتخاب محل	Site selection	پیاده‌رو	Sidewalk, walkway
انحنا	Curvature	پیوستگی مسیر	Alignment consistency
اندازه‌گیری سیلاب	Flood measurement	تابلوها	Signs
ایستگاه تلمبه زنی	Pumping plant	تابلوهای بالاسری	Overhead signs
ایمنی	Safety	تاج در مقطع عرضی راه، گرده	Crown
باران نگار	Hydrograph	تأخیر	Delay

تأسیسات کنار راه	Roadside installations	تصادف	Crash
تبادل	Interchange	تعریض	Widening
تبادل آزادراه	Freeway interchange	تعریف	Definition
تبادل جهتی	Directional interchange	تغییر تدریجی	Transition
تبادل دو آزادراه	Freeway to freeway interchange	تقاطع	Crossings, intersection
تبادل شبدری	Cloverleaf interchange	تقاطع هم‌سطح	At- grade intersection
تبادل شیپوری	Trumpet interchange	تقاطع مجهز به چراغ راهنما	Signalized intersection
تبادل لوزی	Diamond interchange	تلاقی	Crossing
تبادل نیمه‌جهتی	Semi directional interchange	تلاقی راه‌آهن	Railroad crossings
تجدید ساختمان	Reconstruction	تقاطع هم‌سطح	At- grade intersection
تجدید گیاه کاری	Revegetation	تلمبه کردن	Pumping
تجزیه و تحلیل اقتصادی	Economic analysis	تمرکز	Concentration
تجزیه و تحلیل بارندگی	Hydrological analysis	توری فلزی	Wire mesh
تجزیه و تحلیل نرخ بازده	Rate of return analysis	تونل عوارضی	Toll tunnel
تجزیه و تحلیل هزینه‌ها	Cost analysis	جاده	Highway, road
تخلیه آب، زهکشی	Drainage	جدایی	Separation
تخلیه آب با پمپاژ	Drainage by pumping	جدایی بیرونی	Outer separation
تخلیه آب زیرسطحی	Subsurface drainage	جدایی داخلی	Inner separation
تخلیه عرضی آب	Cross drainage	جدایی سطح	Grade separation
ترافیک غیر موتوری	Non motorized traffic	جدول	Curb
ترافیک گردشی	Turning traffic	جدول آسفالتی	Dike
تراکم	Density	جدول پل	Bridge curb
تریلی یدک	Trailer	جدول میانه	Median curb
تسهیلات ایستگاه اتوبوس	Bus loading facilities	جریان آب روی زمین	Overland flow
تسهیلات پیاده	Pedestrian facilities	جریان آب کانال	Channel flow
تسهیلات راه جداشده غیر آزادراه	Divided non freeway facilities	جریان آب سطحی	Surface runoff
تسهیلات غیر آزادراهی	Non freeway facilities	جریان بحرانی	Critical flow
تسهیلات مصرفی (آب، برق، گاز، تلفن)	Utilities	جریان‌بندی ترافیک	Channelization

جریان‌بندی گردش به چپ	Left-turn channelization	خروجی آزادراه	Freeway exit
جریان متمرکز	Concentrated flow	خروجی اضطراری	Escape ramp
جزیره پناه‌دهنده	Refuge area	خروجی بزرگراه	Expressway exit
جزیره ترافیکی	Traffic island	خروجی‌ها	Exits, turnouts
جوی آب	Ditch	خصوصیات حوزه آبگیر	Basin characteristics
چند خطه	Multilane	خط افزایش سرعت	Acceleration lane
چند خطی	Multiple lanes	خط پروژه	Grade line
حصار	Fence	خط سبقت	Passing lane
حصارکشی	Fencing	خط سربالایی	Climbing lane
حصارکشی میانه	Median fencing	خط پروژه فرورفته	Depressed grade line
حادثه	Accident	خط عبور مجاور میانه	Median lane
حجم تخلیه آب	Discharge	خط عبور کاهش سرعت	Deceleration lane
حجم تخلیه طراحی	Design discharge	خط عبور کمکی	Auxiliary lanes
حجم ساعتی	Hourly volume	خط‌کشی ترافیکی	Traffic marking
حجم ساعتی طرح	Design hourly volume	خط گردش چپ میانه	Left-turn lane on median
حداقل	Minimum	خط‌های تغییر سرعت	Speed- change lanes
حداقل شعاع گردش	Minimum turning radius	خم (قوس قائم)	Vertical curve
حداکثر سیلاب گذشته	Flood maximum historical	خودروی طرح	Design vehicle
حریم	Right-of-way	خوش منظر	Scenic
حرکت‌های اصلی	Major movements	خیرگی ناشی از نور چراغ جلوی خودرو	Headlight glare
حفاظ فلزی	Guardrail, steel barriers	دال پل، عرشه	Bridge deck
حفاظ میانه	Median barriers	درخت کاری	Planting
حفاظ بتنی	Concrete barriers	دسترسی	Access
حفاظت با سنگ چین	Riprap	دماغه خروجی	Exit nose
حلزونی	Spiral	دماغه ورودی به راه	Entrance nose
دسترسی پیاده	Pedestrian access	دوباره‌سازی، بازسازی	Reconstruction
حوزه آبریز	Basin	دوباره سبز کردن	Revegetation
حوضچه تأخیری (نگهداری)	Retention basin	دوچرخه	Bicycle

دور	Superelevation	راه دو خطه	Two- lane highway
دوربرگردان	U- turn	راه عوارضی	Toll road
دوره	Period	راه محلی	Local road
دوره بازگشت سیلاب طرح	Design frequency	راهنما	Guide, index
دوره طرح	Design period	راه‌های جدانشده	Undivided highways
دهانه ورودی	Inlet	راه‌های عمومی	Public roads
دیرکرد	Delay	راه‌های فرعی	Secondary roads
دیوار	Wall	راه‌های معمولی	Conventional highways
دیوار بازگشت	Return wall	رگبار	Storm
دیوار پل	Head wall	رنگ‌آمیزی	Painting
دیوار حایل	Retaining wall	رمپ	Ramp
دیوار صداگیر	Noise barrier	روش استفاده از نمودار بارندگی	Hydrograph method
دیوار وزنی	Gravity wall	روش تجربی	Empirical methods, rational method
دیوار مانع عبور سر و صدا	Noise abatement	روش سنتی	Rational method
رابط	Ramp	روش‌های آماری	Statistical methods
راه	Highway, road	روگذر	Overpass
راه‌آهن	Railroad	روگذر پیاده	Pedestrian overcrossing
راه اختصاصی	Private road	روگذر	Overcrossing
راه اصلی	Major highway	رویه	Surface
راه انحرافی	Detours	رهنمود	Guide
راه با کنترل دسترسی	Controlled access highway	زاویه اریب	Skew angle
راه بخشنده	Forgiven road	زاویه تقاطع	Angle of intersection
راه برون‌شهری	Rural road	زاویه داخلی قوس افقی	Curve central angle
راه جانبی	Frontage road	زمان تمرکز	Time of concentration
راه جداشده	Divided highway	زمان سفر بدون احتساب توقف	Running time
راه سبز	Parkway	زیرگذر	Underpass
راه خود معرف	Self-explain road	زیرگذر پیاده	Pedestrian undercrossing
راه خوش منظر	Scenic highway	ساخت	Construction

ساخت اولیه	Initial construction	Two - quadrant cloverleaf
ساختمان	Construction	National highway network
ساخت مرحله‌ای	Stage construction	Radius
سازه بالای زمین (مانند پل)	Elevated structure	Hydraulic radius
سازه فلزی	Steel structure	Turning radius
سازه جداکننده عمودی دو مسیر	Grade separation structure	Grade, slope
ساعت اوج	Peak hour	Critical slope
سراشیبی پلکانی	Stepped slopes	Stepped slopes
سرعت	Speed	Ramp
سرعت بحرانی	Critical velocity	Wheelchair ramp
سرعت حرکت	Running speed	Cross slopes
سرعت طراحی	Design speed	Drain slope
سطح	Surface	Median grade
سطح بازیابی	Recovery area	Ditch slope
سطح برخورد	Area of conflict	Crash cushion
سطح خدمت‌دهی	Level of service	Friction factor
سطح راه	Roadway	Drainage coefficient
سطح آبگیر	Flood plain	Traffic index
سکوی مجاور خط گردش به چپ	Left- turn refuge	Coefficient of runoff
سنگ‌چین کردن شیب	Riprap	Coefficient of roughness
وسیله نقلیه سبک	Passenger car	Flood design criteria
سیاست بهسازی	Rehabilitation strategic	Classification
سیستم راه‌های ملی	National highway system	Flood design
سیلاب	Flood	Entrance design
سیلاب طرح	Design flood, design storm	Geometric design
سیل	Flood	Highway geometric design
سیم خاردار	Barbed wire	Capacity
شاخه ارتباطی	Branch connection	Aesthetic factors
شانه چپ	Left shoulder	Overcrossing
شانه	Shoulder	Under crossing

شبدری ناقص (دو گوشه)	
شبکه راه‌های ملی	
شعاع	
شعاع ترشده	
شعاع گردش	
شیب	
شیب بحرانی	
شیب‌بندی پلکانی	
شیب‌راهه	
شیب‌راهه صندلی چرخ‌دار	
شیب عرضی	
شیب مسیر تخلیه آب	
شیب میانه	
شیب نهر	
ضربه گیر	
ضریب اصطکاک	
ضریب تخلیه	
ضریب ترافیک	
ضریب جاری شدن آب باران	
ضریب زبری	
ضوابط طراحی برای سیلاب	
طبقه‌بندی	
طراحی برای سیلاب	
طرح ورودی	
طرح هندسی	
طرح هندسی راه	
ظرفیت	
عامل‌های زیبایی	
عبور از رو	
عبور از زیر	

عبور عرضی ماشین‌آلات	Equipment crossing	قله	Crest
عبور یک خطه	Single lane	قنو	Gutter
عرشه پل	Bridge deck	قوس	Curve
عرض آزاد	Horizontal clearance	قوس تخت پشت	Broken- back curve
عرض قوس	Width on curves	قوس سه مرکزی	Three center curve
عرض میانه	Median width	قوس قائم	Vertical curve
عرضی	Transversal	قوس معکوس	Reversing curve
علامت‌ها	Markers	کامیون یدک‌دار	Truck trailer
علائم قائم	Vertical signs	کانال روباز	Open channel
عمر خدمت‌دهی	Service life	کاهش خط عبور	Lane drops
عمق بحرانی	Critical depth	کاهش خط عبور	Lane reduction
فاصله	Distance	کج	Skew
فاصله آزاد افقی	Horizontal clearance	کف راه	Roadway
فاصله آزاد بین خودروها	Gap	کمترین	Minimum
فاصله بین دو حد حریم راه	Right- of -way	کمترین شعاع گردش	Minimum turning radius
فاصله بین دو خودرو	Vehicle spacing	کم کردن عرض خط عبور	Funneling
فاصله دید	Sight distance	کمینه	Minimum
فاصله دید انتخاب	Decision sight distance	کنترل آلودگی	Control of pollution
فاصله دید سبقت	Passing sight distance	کنترل آلودگی	Pollution control
فاصله دید توقف	Stopping sight distance	کنترل با چراغ راهنمایی	Signal control
فاصله دید نور چراغ خودرو	Headlight sight distance	کنترل ترافیک رابط ورودی	Merging lane metering
فاصله زمانی بین سپر جلو دو خودروی پشت سر هم	Headway	کنترل دسترسی	Control of access
فاصله مابین	Spacing	کنترل دسترسی	Access control
فاکتورهای طرح	Design factors	کنترل رابط	Ramp metering
فرسایش خاک	Erosion	کنترل فرسایش خاک	Erosion control
فرورفتگی	Sag	کنترل فرسایش خاک با گیاه کاری	Erosion vegetative control
فشردگی	Density	گذر از رو، روگذر	Overcrossing
فضای آزاد بدون مانع	Clear distance, clearance	گردش به چپ دو خطه	Two- way left turn lanes
فضای عاری از مانع	Clear distance, clearance	گردش‌های مجزا	Separate turning

گردش‌های ممنوع	Prohibited turns	میانگین سرعت	Mean velocity
گنجایش	Capacity	میانه	median
گیاه کاری	Planting	میانه در محل پل	Median on bridge
لایه حفاظتی	Protective coating	میانه رویه‌دار	Paved median
لچکی	Taper	میزان باران	Rainfall
لوله	Pipe	نشانه	Index
مایل	Skew	نشانه ترافیک	Traffic index
مجرا	Conduit	نفوذ	Infiltration
محل عبور آهو	Deer crossing	نقطه برخورد	Point of conflict
محل عبور احشام	Cattle pass	نقاط دارای محل توقف برای تماشای منظره	Vista points
محل عبور حیوانات	Cattle pass	نمایش شیب با خطوط تراز	Contour grading
محوطه بازیابی	Recovery area	نمودار باران	Hydrograph
محیط	Environment	نوار بیرونی	Outer separation
مدت تمرکز	Time of concentration	نهر	Ditch, gutter
مدت حرکت	Running time	نهر جانبی	Side ditches
مرحله‌بندی ساخت	Stage construction	نهرهای باز	Open channel
مسئولیت طراحی	Design responsibility	نیمرخ طولی	Longitudinal profile
مسیر	Alignment	نیمرخ طولی موجدار	Rolling profile
مسیر افقی	Horizontal alignment	نیمه شبدری	Two- quadrant cloverleaf
مشخصات حوزه آبریز	Basin characteristics	واگرایی ترافیک	Diverging
مشخص کننده‌ها	Markers	ورودی	Entrance
مطالعات اقتصادی	Economic studies	هدف	Objective
معلولان	Disable persons	هدف طراحی	Objective of design
مقدار شیب	Grade	هدف طرح	Design objective
مقطع عرضی	Cross section	هم‌گرایی	Merging
منطقه بازیابی	Recovery zone	هیدروگراف	Hydrograph
منطقه برون‌شهری	Rural area	یک خطه	Single lane
منطقه شهری	Urban area	یکنواختی مسیر	Alignment consistency
منظرآرایی	Landscape	یکی‌شدن ترافیک	Merging

واژگان

انگلیسی– فارسی

واژه‌نامه انگلیسی– فارسی

Abbreviation	اختصار
Acceleration lane	خط افزایش سرعت
Access	دسترسی
Access control	کنترل دسترسی
Access opening on expressway	بریدگی بزرگراه برای دسترسی
Accident	تصادف، حادثه
Aesthetic factors	عامل‌های زیبایی
Alignment	مسیر
Alignment consistency	یکنواختی مسیر
Angle of intersection	زاویه تقاطع
Area of conflict	سطح برخورد
At-grade intersection	تلاقی هم‌سطح، تقاطع هم‌سطح
Auxiliary lane	خط عبور کمکی
Barbed wire	سیم خاردار
Barriers	مانع
Basin	حوزه آبگیر، حوزه آبریز
Basin characteristics	خصوصیات حوزه آبگیر، آبریز
Benefit – cost ratio	نسبت سود به هزینه
Bicycle	دوچرخه
Branch connection	شاخه ارتباطی
Bridge	پل
Bridge approach railing	نرده منتهی به پل
Bridge curb	جدول بتنی پل
Bridge deck	دال پل، عرشه پل
Broken- back curve	پیچ تخت پشت
Bus loading facilities	تسهیلات ایستگاه اتوبوس
Capacity	گنجایش، ظرفیت
Cattle pass	محل عبور احشام، محل عبور حیوانات
Channel flow	جریان آب در کانال
Channelization	جریان‌بندی
Classification	طبقه‌بندی، دسته‌بندی
Clear distance	فاصله باز، فضای آزاد
Climbing lane	خط سربالایی
Cloverleaf interchange	تبادل شبدری
Coefficient of roughness	ضریب زبری
Coefficient of runoff	ضریب جاری شدن آب باران
Computer programs	برنامه‌های کامپیوتری
Concentrated flow	جریان متمرکز
Concentration	تمرکز
Concrete	بتن
Concrete barriers	حفاظ بتنی
Conduit	مجرا
Construction	ساخت، ساختمان
Contour grading	نمایش شیب‌بندی با خطوط تراز
Control of access	کنترل دسترسی
Control of pollution	کنترل آلودگی
Controlled access highway	راه با کنترل دسترسی
Conventional highways	راه‌های معمولی
Cost analysis	تجزیه و تحلیل هزینه‌ها
Crash	تصادف
Crash cushion	ضربه‌گیر
Crest	قله
Critical	بحرانی
Critical depth	عمق بحرانی
Critical flow	جریان بحرانی
Critical slope	شیب بحرانی
Critical velocity	سرعت بحرانی
Cross drainage	تخلیه عرضی آب
Cross section	مقطع عرضی
Cross slope	شیب عرضی
Crossings	تقاطع
Crown	تاج در مقطع عرضی راه
Culvert	آبرو، کالورت، کانال کوچک زیرگذر
Curbs	جدول
Curvature	پیچ، انحنا
Curve central angle	زاویه داخلی پیچ، زاویه داخلی قوس افقی

Economic analysis	تجزیه و تحلیل اقتصادی
Economic studies	مطالعات اقتصادی
Economics of design	اقتصاد طراحی
Elevated structure	سازه بالای زمین (مانند پل)
Empirical method	روش تجربی
Entrance design	طرح ورودی
Entrance nose	دماغه ورودی به راه
Entrances	ورودی‌ها
Environment	محیط
Equipment crossing	عبور عرضی ماشین‌آلات
Erosion	فرسایش خاک
Erosion vegetative control	کنترل فرسایش خاک با گیاه کاری
Erosion control	کنترل فرسایش خاک
Escape ramps	خروجی اضطراری
Exit nose	دماغه خروجی
Exits	خروجی‌ها
Expressway	بزرگراه، تندراه
Expressway exit	خروجی بزرگراه
Fence	حصار
Distance	فاصله
Ditch	نهر، جوی آب
Ditch slope	شیب نهر
Diverging	جدایی ترافیک، واگرایی ترافیک
Field investigation	بررسی محلی
Flared end section	بخش کم کردن عرض مسیر
Flood	سیل، سیلاب
Flood design	طراحی برای سیلاب
Flood design criteria	ضوابط طراحی برای سیلاب
Flood maximum historical	حداکثر سیلاب گذشته
Flood measurement	اندازه‌گیری سیلاب
Flood plain	سطح آبگیر
Forgiven road	راه بخشنده
Freeway exit	خروجی آزادراه

Curve	پیچ، قوس افقی
Deceleration lane	خط کاهش سرعت
Decision sight distance	فاصله دید تصمیم، فاصله دید انتخاب
Deer crossings	محل عبور آهو
Definition	تعریف
Delay	تأخیر، دیرکرد
Density	تراکم، فشردگی
Depressed grade line	خط پروژه فرورفته
Design discharge	حجم تخلیه طراحی
Design factors	فاکتورهای طرح، پارامترهای طرح
Design flood	سیلاب طرح
Design frequency	دوره بازگشت سیلاب طرح
Design hourly volume	حجم ساعتی طرح
Design objectives	هدف‌های طرح
Design period	دوران طرح، دوره طرح
Design responsibility	مسئولیت طراحی
Design speed	سرعت طرح، سرعت طراحی
Design storm	سیلاب طرح
Design vehicle	خودروی طرح
Detours	راه انحرافی
Diamond interchange	تبادل لوزوی
Dike	جدول آسفالتی
Directional interchange	تبادل جهتی
Disabled persons	معلولان
Discharge	حجم تخلیه آب
Discharge estimating	برآورد حجم تخلیه آب
Discharge peak	حداکثر حجم تخلیه آب
Divided highway	راه جدا شده
Divided nonfreeway facilities	تسهیلات راه جدا شده غیر آزاد راه
Drain slope	شیب مسیر تخلیه آب
Drainage	تخلیه آب
Drainage by pumping	تخلیه آب با پمپاژ
Easement	حق ارتفاق

Freeway interchange	تبادل آزادراه، تقاطع غیر هم‌سطح آزادراه
Freeway to freeway interchanges	تبادل دو آزادراه
Friction factors	ضریب اصطکاک
Frontage road	راه جانبی
Funneling	کم کردن عرض خط عبور
Gap	فاصله آزاد بین دو خودرو
Geometric design	طرح هندسی
Grade	شیب، درجه شیب
Grade line	خط شیب، خط پروژه
Grade separation	جدایی عمودی سطح دو مسیر
Grade separation structure	سا زه جداکننده عمودی دو مسیر
Gravity wall	دیوار وزنی
Guardrail	جان پناه فلزی
Guide	راهنما، رهنمود
Gutter	جوی، نهر
Head wall	دیوار پل
Headlight glare	خیرگی ناشی از نور چراغ جلوی خودرو
Headlight sight distance	فاصله دید نور چراغ خودرو
Headway	فاصله زمانی بین سپر جلو دو خودروی پشت سر هم
Highway	راه، جاده
Highway geometric design	طرح هندسی راه
Horizontal	افقی
Horizontal alignment	مسیر افقی، پلان
Horizontal clearance	عرض آزاد، فضای باز عرضی
Hourly volume	حجم ساعتی
Hydraulic radius	شعاع ترشده
Hydro graph	نمودار باران، هیدوگراف ، باران نگار
Hydro graph method	روش استفاده از نمودار بارندگی
Hydrological analysis	تجزیه و تحلیل بارندگی
Index	نشانه، راهنما
Infiltration	نفوذ
Initial construction	ساخت اولیه
Inlet	دهانه ورودی
Inner separation	جدایی داخلی
Interchange	تبادل، تقاطع غیر هم‌سطح
Interchange elements	اجزای تبادل، المان‌های تبادل
Intersection	تقاطع، چند راهی
Irrigation	آبیاری
Landscape	منظره
Lane addition	افزایش خط عبور
Lane drop	حذف خط عبور
Lane reduction	کاهش خط عبور
Left shoulder	شانه چپ
Left- turn lane on median	خط گردش چپ میانه
Left-turn channelization	جریان‌بندی گردش به چپ
Left-turn refuge	سکوی مجاور خط گردش به چپ
Level of service	سطح خدمت‌دهی، سطح سرویس
Local road	راه محلی
Longitudinal profile	نیمرخ طولی مسیر
Major highway	راه اصلی
Major movements	حرکت‌های اصلی
Mandatory	اجباری
Markers	علامت‌ها، مشخص کننده‌ها
Mean velocity	میانگین سرعت
Median	میانه
Median barrier	حفاظ میانه
Median curb	جدول میانه
Median fencing	حصارکشی میانه
Median grade	شیب میانه
Median lane	خط عبور مجاور میانه
Median on bridge	میانه در محل پل
Median width	عرض میانه
Merging	همگرایی ترافیک
Merging lane metering	کنترل ترافیک رابط ورودی
Minimum	حداقل، کمینه، کمترین
Minimum turning radius	کمترین شعاع گردش، حداقل شعاع قوس

Pollution control	کنترل آلودگی
Precipitation	باران و برف، نزولات جوی
Private road	راه اختصاصی
Prohibited turns	گردش‌های ممنوع
Protective coating	لایه حفاظتی
Public road	راه‌های عمومی
Pumping	تلمبه کردن
Pumping plant	ایستگاه تلمبه زنی
Radius	شعاع
Railings	نرده‌کشی
Railroad	راه‌آهن
Railroad crossing	تلاقی راه‌آهن
Rainfall	میزان باران، بارش
Ramp	رابط، شیب‌راهه، رمپ
Ramp metering	کنترل شیب‌راهه
Rate of return analysis	تجزیه و تحلیل نرخ بازده
Rational methods	روش تجربی، روش سنتی
Reconstruction	بازسازی، دوباره‌سازی
Recovery area	سطح بازگشت، محوطه بازیابی
Recovery zone	منطقه بازیابی
Refuge area	سکو، جزیره جداکننده
Rehabilitation strategies	سیاست بهسازی
Retaining wall	دیوار حایل
Retention basin	حوضچه تأخیری
Return wall	دیوار بازگشت
Revegetation	تجدید گیاه کاری، دوباره سبز کردن
Reversing curve	پیچ معکوس، پیچ اس
Right of way	حد تقدم
Right-of-way	حریم
Riprap	حفاظت با سنگ چین، سنگ چین کردن شیب
Road	راه، جاده
Roadbed	بستر راه
Roadside installations	تجهیزات کنار راه
Road side rest	استراحت‌گاه کنار راه
Roadway	کف راه، سطح راه
Pollution	آلودگی
Points of conflict	نقاط برخورد
Planting	گیاه‌کاری، بوته‌کاری، درخت‌کاری
Pipe	لوله
Period	دوره
Pedestrian undercrossing	زیرگذر پیاده
Pedestrian overcrossing	روگذر پیاده، پل عابر پیاده
Pedestrian facilities	تسهیلات پیاده
Pedestrian access	دسترسی پیاده
Pedestrian	پیاده
Peak flow	ترافیک ساعت اوج
Paved median	میانه رویه‌دار
Passing Sight distance	فاصله دید سبقت
Passing lane	خط سبقت
Passenger	سواری
Parkway	سبزینه راه
Painting	خط‌کشی
Overpass	روگذر
Overland flow	جریان آب در روی زمین
Overhead signs	تابلوهای بالاسری، علایم دروازه‌ای
Overcrossing	عبور از رو، گذر از رو، روگذر
Outer separation	جدایی بیرونی، نوار بیرونی
Open channel	نهرهای باز، کانال‌های روباز
Objectives of design	هدف‌های طراحی
Objectives	هدف‌ها
Non motorized traffic	ترافیک غیر موتوری
Non freeway facilities	تسهیلات غیر آزادراهی
Noise barrier	دیوار صداگیر
Noise abatement	دیوار مانع عبور صورت
National highway system	سیستم راه ملی
National highway network	شبکه راه ملی
Multiple lanes	چند خطی
Multilane	چند خطه

Spiral	حلزونی
Spiral transition	اتصال تدریجی حلزونی
Stage construction	مرحله‌بندی ساخت، ساخت مرحله‌ای
Statistical methods	روش‌های آماری
Steel barrier	حفاظ فلزی
Steel structure	سازه فلزی
Stepped slopes	شیب‌بندی پلکانی، سراشیبی پلکانی
Stopping sight distance	فاصله دید توقف، مسافت دید توقف
Storm	رگبار، بارندگی شدید، طوفان
Subsurface drainage	زهکشی، تخلیه آب‌های زیرسطحی
Superelevation	بربلندی، دور
Surface	سطح، رویه
Surface run off	جریان آب سطحی
Tack coat	اندود سطحی
Tandem axle load	بار محوری دو قلو
Taper	لچکی
Three center curve	پیچ سه مرکزی، قوس سه مرکزی
Time of concentration	زمان تمرکز، مدت تمرکز
Toll bridge	پل عوارضی (با پرداخت بهای عبور)
Toll road	راه عوارضی
Toll tunnel	تونل عوارضی
Two- lane highway	راه دو خطه
Traffic index	نشانه ترافیک، ضریب ترافیک
Traffic island	جزیره‌های ترافیکی
Traffic control devices	ادوات کنترل ترافیک
Traffic devices	ادوات ترافیک
Traffic marking	خط‌کشی ترافیکی
Trailer	یدک، اتاقک سیار
Transition	تغییر تدریجی، اتصال تدریجی
Transversal	عرضی
Truck trailer	کامیون با یدک، کامیون یدک‌دار
Trumpet interchange	تبادل شیپوری
Turning radius	شعاع گردش
Rolling profile	نیمرخ طولی موج‌دار
Roughness	ناهمواری
Running speed	سرعت حرکت
Running time	مدت حرکت، زمان حرکت، زمان سفر بدون احتساب توقف
Rural area	منطقه برون‌شهری
Rural road	راه برون‌شهری
Safety	ایمنی
Sag	فرو رفتگی
Salvage value	ارزش پس مانده
Scenic	منظره‌دار، خوش‌منظر
Scenic highway	راه خوش‌منظر
Scenic values	ارزش‌های منظره
Secondary road	راه فرعی
Self-explain road	راه خود معرف
Semi directional interchange	تبادل نیمه‌جهتی
Separate turning	گردش‌های مجزا
Separation	جدایی
Service life	عمر خدمت‌دهی
Shoulder	شانه
Side ditch	نهر جانبی
Side walk	پیاده‌رو
Sight distance	فاصله دید
Signal control	کنترل با چراغ راهنمایی
Signalized intersection	تقاطع مجهز به چراغ راهنمایی
Signs	تابلوها
Single lane	عبور یک خطه، یک خطه
Site selection	انتخاب محل
Skew	اریب، کج، مایل
Skew angle	زاویه اریب
Slope	شیب
Spacing	فاصله ما بین
Speed	سرعت، تندی
Speed – change lanes	خط‌های تغییر سرعت

Turning templates	الگوهای گردش
Turning traffic	ترافیک گردشی
Turnout	خروجی
Two - quadrant cloverleaf	نیمه‌شبدری، شبدری ناقص
Two - way left turn lane	خط گردش به چپ دو خطه
Undercrossing	عبور از زیر
Underpass	زیرگذر
Undivided highways	راه‌های جدانشده
Urban areas	منطقه شهری
Utilities	تسهیلات مصرفی (آب، برق، گاز، تلفن)
Vertical spacing	ارتفاع آزاد
Vehicle spacing	فاصله بین دو خودرو
Vertical curves	خم، قوس قائم
Vertical signs	تابلوهای قائم
Vista points	نقاط دارای محل توقف برای دید منظره
Walkways	پیاده‌رو
Wall	دیوار
Water pollution	آلودگی آب
Weaving section	بخش با ترافیک تداخلی
Wheelchair ramps	شیب‌راهه چرخ معلولان
Widening	تعریض، اضافه کردن عرض
Width on curves	عرض پیچ، پهنای قوس
Wire mesh	توری فلزی، توری مشبک فلزی

Islamic Republic of Iran
Vice presidency for Strategic Planning and Supervision

Highway Geometric Design Code

No. 415

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical Affairs

Nezamfanni.ir

2012