وزارت کشور

سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

سری منابع آموزشی شهرداری‌ها

۶۸

طرح هندسی خیابان‌های شهری

تهیه و تنظیم:

معاونت آموزشی

پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

بسم الله الرحمن الرحيم

طرح هندسی خیابان‌های شهری

نویسنده:

علی نادران

جلیل صناعی ها

وزارت کشور
سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

استانداری چهارمحال و بختیاری
معاونت امور عمرانی
دفتر امور شهری و شوراها

سری منابع آموزشی شهرداری‌ها

سرشناسه :نادران، علی
عنوان و نام پدیدآور :طرح هندسی خیابان‌های شهری/نویسنده علی نادران، جلیل صناعی‌ها؛ تهیه و تنظیم معاونت آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی [سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور]؛ مجری استانداری چهارمحال و بختیاری، معاونت امور عمرانی، دفتر امور شهری و شوراها - پژوهشکده فرهنگ، هنر و معماری جهاد دانشگاهی؛ مدیر پروژه محمود عیدی، حسین رجب‌صلاحی؛ ویراستار تهمینه فتح‌اللهی.
مشخصات نشر :تهران: سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، انتشارات: راه‌دان، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری :ش، ۲۶۴ ص.: مصور، جدول، نمودار.
فروست :سری منابع آموزشی شهرداری‌ها.
شابک :۶۵۰۰۰ ریال: ۹ -۵۱-۵۹۵۰-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی :فیپا
موضوع :خیابانها -- طرح و ساختمان
موضوع :راه‌ها -- مهندسی
موضوع :شهرسازی --طرح و برنامه‌ریزی
شناسه افزوده :صناعی‌ها، جلیل، ۱۳۶۰-
شناسه افزوده :سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور. پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی. معاونت آموزشی
شناسه افزوده :استانداری چهارمحال بختیاری. دفتر امورشهری و شوراها
شناسه افزوده :جهاد دانشگاهی. پژوهشکده فرهنگ، هنر و معماری
شناسه افزوده :سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور. انتشارات
رده بندی‌کنگره :۱۳۹۰ ۴ ط۲ن / TE۲۷۹
رده بندی دیویی :۶۲۵/ ۷۲۵
شماره‌کتابشناسی ملی :۲۴۶۳۱۵۸

عنوان: طرح هندسی خیابان‌های شهری

ناشر: انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، راه دان

تهیه و تنظیم: معاونت آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

مجری: استانداری چهارمحال وبختیاری- پژوهشکده فرهنگ، هنر و معماری جهاددانشگاهی

مدیرپروژه: محمود عیدی، حسین رجب صلاحی

ناظرپروژه: علی محمدی، جواد نیکنام، شهرام شاکریان

نویسنده: علی نادران ، جلیل صناعی ها

ویراستار: تهمینه فتح اللهی

شمارگان: ۳۰۰۰ نسخه **نوبت چاپ:** اول

تاریخ چاپ: تابستان ۱۳۹۰ **قیمت:** ۶۵۰۰۰ ریال

شابک: ۹-۵۱-۵۹۵۰-۶۰۰-۹۷۸

حق چاپ و نشر برای انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور محفوظ است

پیشگفتار

گسترش شهرنشینی و مسائل و مشکلات خاص زندگی شهری، بیش از پیش ضرورت توجه همه جانبه به راهبردهای سودمند برای بهینه سازی زندگی ساکنان شهرها را لازم ساخته است . در میان عوامل تاثیرگذار در شهرها مانند محیط زیست شهری، حمل و نقل شهری، ایمنی شهری و برنامه ریزی شهری، یک عامل بسیار مهم که تاثیر فزاینده و تعیین‌کننده‌ای بر دیگر عوامل سازنده زندگی شهری دارد، مدیریت شهری است . هر فعالیت اجتماعی بدون وجود مدیریت سازمان یافته که اهداف و ابزارهای رسیدن به آنها را مشخص کند و فعالیت‌ها را هماهنگ سازد - از هم می‌پاشد و به بی نظمی می‌گراید . شهرها نیز که پیچیده‌ترین و متنوع‌ترین جلوه‌های زندگی اجتماعی بشری را در خود دارند بدون وجود نظام مدیریت شهری که ضمن انجام برنامه ریزی‌های لازم برای رشد و توسعه آینده شهر به مقابله با مسائل و مشکلات کنونی آنها بپردازد بی سامان می‌گردند .

در نظریه‌های جدید مدیریت، به بالاترین سازمان از نظر کیفیت، سازمان متعالی می‌گویند . یک سازمان زمانی متعالی است که تمام اعضا به ماهیت ذاتی و درونی روابط خود اهمیت دهند، بدین معناکه هر فردی برای کارآیی بیشتر از هیچ کوششی دریغ نورزد . بر خلاف یک رابطه متقابل خشک و رسمی که در آن طرفین به چگونگی تقسیم منافع علاقمندی نشان می‌دهند، اعضاء یک سازمان متعالی و برتر بیشتر مایل اند بدانند چگونه هر یک از آنان می‌توانند نفع بیشتری به سازمان ارائه دهند، افزون بر این، تمامی‌اعضا سازمان به این موضوع علاقمندندکه چگونه می‌توانند برای افراد خارج از سازمان نیز مثمر ثمر باشند .

نظام مدیریت شهری نیز می‌باید به جایگاه متعالی خود برای خدمات رسانی بهتر به منظور رضایتمندی هر چه بیشتر شهروندان کشور دست یابد . مهمترین راه برای رسیدن به این هدف برای نظام مدیریت شهری دست یابی به جریان دانش و اطلاعات بهتر در جهت اخذ تصمیم مناسب وکاهش خطاها در تصمیم گیری و اجرا می‌باشد . داشتن دانش و اطلاعات از عدم قطعیت در روند تصمیم گیری‌ها می‌کاهد . مهمترین ابزار دست یابی به اطلاعات در جهان امروز متون نوشتاری یا الکترونیک می‌باشدکه اگر حاصل تلفیق علم وعمل باشند تاثیرگذاری آن به مراتب بر مخاطبین بیشتر خواهد بود . به منظور انتشار دست آوردهای جدید علمی و عملی در زمینه‌های مختلف مدیریت شهری پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور با همکاری دفتر امور شهری و شوراهای استانداری چهارمحال وبختیاری اقدام به انتشارکتب آموزشی ای با عناوین زیر نموده است تا

گامی هر چندکوچک در ارتقاء سطح علمی شهرداری‌ها کشور برداشته شده باشد .

۱- آشنایی با امورقراردادها وپیمان ها.

۲- آشنایی باقوانین ومقررات زمین ومسکن.

۳- آشنایی باتشریفات مناقصه ومزایده درشهرداری‌های ایران .

۴- سیستم مدیریت دفع وبازیافت مواد زاید جامد شهری .

۵- طرح هندسی خیابان‌های شهری .

کتاب حاضر با عنوان طرح هندسی خیابان‌های شهری یکی ازکتب این مجموعه می‌باشدکه در شش فصل تهیه شده است عناوین این فصول عبارتند از: فصل اول: تعاریف ومفاهیم اولیه، فصل دوم: طبقه بندی وانواع راه‌های شهری و برون شهری، فصل سوم: شبکه ارتباطی داخل وخارج شهرها، فصل چهارم: ضوابط اجزاء واستانداردهای طرح هندسی راه‌های شهری، فصل پنجم: نیم رخ‌های عرضی، فصل ششم: تقاطع‌ها وتبادل ها.

در پایان از همکاری صمیمانه آقایان محمود عیدی معاون امور عمرانی استانداری چهارمحال وبختیاری، حسین رجب صلاحی معاون آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری کشور و علی محمدی مدیرکل دفتر امور شهری و شوراهای استانداری چهارمحال وبختیاری که در تهیه، تدوین و نشر این کتاب تلاش فراوانی نمودند نهایت تقدیر و تشکر به عمل می‌آید .

محمد رضا بمانیان
رئیس پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی
سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

علی اصغر عنابستانی
استاندار چهارمحال وبختیاری

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ..... أ
فصل اول: تعاریف و مفاهیم اولیه ۱
اهداف ۲
۱-۱. تعاریف و مفاهیم اولیه ۳
۱-۲.کیفیت ترافیک ۵
خلاصه ۱۰
خودآزمایی ۱۱
فصل دوم: طبقه‌بندی و انواع راه‌های شهری و برون شهری ۱۱
اهداف ۱۳
۲-۱. طبقه‌بندی و انواع راه‌های شهری و برون‌شهری ۱۴
۲-۱-۱. طبقه‌بندی راه‌های شهری ۱۴
۲-۱-۱-۱.تعریف‌ها و مفاهیم اولیه ۱۴
۲-۲. طبقه‌بندی راه‌های برون‌شهری ۲۱
۲-۲-۱. آزادراه ۲۱
۲-۲-۲.بزرگراه ۲۱
۲-۲-۳. راه اصلی ۲۲
۲-۲-۴. راه فرعی ۲۲
۲-۲-۵. راه روستایی ۲۳
۲-۳. طبقه‌بندی راه ۲۳
۲-۳-۱. راه هموار (دشتی) ۲۳
۲-۳-۲. راه تپه ماهوری ۲۳
۲-۳-۳. راه کوهستانی ۲۴
۲-۳-۴. راه هموار، تپه ماهوری یا کوهستانی با مانع ۲۴
خلاصه ۲۴
خودآزمایی ۲۴
فصل سوم: شبکه ارتباطی داخل و خارج شهرها ۲۵
اهداف ۲۸
۳-۱. شبکه ارتباطی داخل و خارج شهرها ۲۹

۳-۱-۱.عملکرد شبکه ترافیک شهری ۲۹
۳-۱-۱-۱. تفاوت بین سطوح مورد نیاز به ترتیب درجه اهمیت ۲۹
۳-۱-۱-۲. تفاوت بین نوع حرکت و علت انگیزه آن ۲۹
۳-۲. شبکه دسترسی[۱۱] ۳۰
۳-۳. سلسله مراتب شبکه ارتباطی از نظر وظیفه و اهمیت ۳۳
۳-۴. سیستم‌های شبکه ارتباطی ۳۵
۳-۵. معایب و محاسن سیستم‌ها ۳۷
۳-۵-۱. سیستم شطرنجی ۳۷
۳-۵-۲. سیستم حلقوی یا رینگ سیستم ۳۸
۳-۶. نکاتی در مورد طراحی شبکه دسترسی ۴۱
خلاصه ۴۲
خودآزمایی ۴۲
فصل چهارم: ضوابط اجزاء و استانداردهای طرح هندسی راه‌های شهری ۴۱
اهداف ۴۵
۴-۱. ضوابط اجزاء و استانداردهای طرح هندسی راه‌های شهری ۴۶
۴-۱-۱.وسیله نقلیه تیپ طراحی ۴۶
۴-۲. اصول تعیین سرعت طرح ۴۹
۴-۳. سرعت طرح و سرعت مجاز ۵۱
۴-۳-۱. سرعت مجاز ۵۱
۴-۳-۲. سرعت طرح ۵۲
۴-۴. پلان ۵۳
۴-۴-۱. قوس‌های افقی ۵۴
۴-۴-۱-۱. تعادل وسیله نقلیه در قوس‌ها ۵۷
۴-۴-۱-۲. بربلندی ۵۸
۴-۴-۱-۳. تعیین شعاع حداقل برای قوس‌ها ۵۸
۴-۴-۱-۴. تعیین بربلندی برای شعاع‌های بزرگتر از شعاع حداقل ۵۹
۴-۴-۲. طول تأمین بربلندی (طول سرشکن) ۶۰
۴-۴-۳. تعیین حداقل طول مستقیم واقع بین دو قوس معکوس ۶۱
۴-۵. تعریض خط در قوس‌ها ۶۲
۴-۵-۱. فاصله دید توقف ۶۵
۴-۵-۲. فاصله دید انتخاب ۶۷

۴-۵-۳. فاصله دید سبقت ۶۸
۴-۶. محدودیت دید افقی در قوس‌ها (فاصله دید توقف در قوس‌ها) ۶۹
۴-۷. هماهنگی اجزای پلان ۷۲
۴-۸. نیم‌رخ طولی ۷۵
۴-۸-۱. حرکت وسایل نقلیه در شیب‌ها و تأثیر آن بر حرکت ۷۵
۴-۸-۲. حداقل و حداکثر شیب طولی مجاز راه‌ها ۷۸
۴-۸-۲-۱. حداکثر شیب طولی ۷۸
۴-۸-۲-۲. حداقل شیب طولی ۸۰
۴-۸-۳. قوس‌های قائم ۸۱
۴-۸-۳-۱. تعیین طول قوس قائم گنبدی ۸۱
۴-۸-۳-۲. تعیین طول قوس قائم کاسه‌ای ۸۲
۴-۸-۳-۳.حداقل مطلق طول قوس‌های قائم ۸۳
۴-۸-۳-۴. وضعیت تخلیه آب‌های بارش در قوس‌های قائم ۸۴
۴-۸-۳-۵. قوس‌های قائم در پل‌ها و تونل‌ها ۸۶
۴-۸-۳-۶. قوس‌های قائم مرکب ۸۶
۴-۸-۴. ضوابط کلی نیم‌رخ طولی ۸۶
۴-۹. هماهنگی پلان و نیم‌رخ طولی ۸۸
خلاصه ۹۳
خودآزمایی ۹۴
فصل پنجم: نیم‌رخ‌های عرضی ۸۹
اهداف ۹۷
۵-۱. نیم‌رخ‌های عرضی ۹۸
۵-۱-۱. عرض خطوط ۹۸
۵-۱-۱-۱.عرض خط‌های اصلی (سواره‌رو) ۹۸
۵-۱-۲. عرض شانه‌ها ۱۰۰
۵-۲. خطوط پارکینگ ۱۰۵
۵-۳. خط‌های کمکی ۱۰۹
۵-۳-۱. خط گردش به راست (خط راست‌گرد) ۱۱۰
۵-۳-۲. خط گردش به چپ (خط چپ‌گرد) ۱۱۰
۵-۳-۳. خط ممتد گردش به چپ ۱۱۱
۵-۳-۴. خط‌های کاهش و افزایش سرعت ۱۱۳

۵-۳-۵. خط‌های تداخل ۱۱۳
۵-۳-۶. خط سر بالایی ۱۱۴
۵-۴. شیب عرضی ۱۱۵
۵-۴-۱. تعیین شیب عرضی ۱۱۵
۵-۴-۲. شیوه‌های اعمال شیب عرضی ۱۱۷
۵-۴-۳. حداکثر مجاز تفاوت شیب‌های عرضی ۱۱۹
۵-۵. میانه ۱۲۰
۵-۵-۱. کلیات ۱۲۰
۵-۵-۲. انواع میانه برای راه‌های شریانی درجه ۱ ..... ۱۲۲
۵-۵-۳. انواع میانه برای راه‌های شریانی درجه ۲ ..... ۱۲۶
۵-۵-۴. قابل عبور ساختن برای معلولین ۱۲۹
۵-۶. جدول ۱۲۹
۵-۶-۱. انواع جدول ۱۳۱
۵-۶-۲. موارد استفاده ۱۳۴
۵-۶-۳. نصب ۱۳۵
۵-۶-۴. شیب‌راهه برای معلولین ۱۳۶
۵-۷ شیروانی‌ها ۱۳۷
۵-۷-۱. شیب شیروانی خاک‌ریزی ۱۴۱
۵-۷-۲. شیب شیروانی خاک‌برداری ۱۴۲
۵-۷-۳. گرد کردن (پخ کردن) شکستگی‌ها و پاشنه ۱۴۳
۵-۷-۴.پلکانی کردن شیروانی خاک‌برداری ۱۴۳
۵-۸. سیستم‌های تخلیه آب ۱۴۴
۵-۸-۱. کانال‌های تخلیه آب ۱۴۴
۵-۸-۲. هدایت آب‌های بارش ۱۴۵
۵-۸-۳. عرض مجاز پخشی ۱۴۶
۵-۸-۴. چاهک، دریچه و حوضچه ۱۴۷
۵-۸-۵. لوله زیرزمینی ۱۴۷
۵-۸-۶. مطالعه جریان آب‌ها در سطح روسازی ۱۴۸
۵-۸-۷. پل‌ها و مسیل‌ها ۱۴۸
۵-۸-۸. آبروها ۱۴۹
خلاصه ۱۴۹

خودآزمایی ۱۵۰
فصل ششم: تقاطع‌ها و تبادل‌ها ۱۴۳
اهداف ۱۵۲
۶-۱. تقاطع‌ها و تبادل‌ها ۱۵۳
۶-۱-۱. تقاطع‌ها ۱۵۳
۶-۱-۲. اهداف و اصول طراحی ۱۵۷
۶-۱-۳. انواع تقاطع‌ها ۱۶۰
۶-۱-۳-۱. تقاطع‌های سهراهی ۱۶۱
۶-۱-۳-۲. تقاطع چهارراهی ۱۶۴
۶-۱-۳-۳. تقاطع چندراهی ۱۶۶
۶-۱-۳-۴. تقاطع میدانی ۱۶۸
۶-۱-۴. اصول جریان‌بندی ترافیک ۱۷۱
۶-۱-۴-۱.جریان‌های اصلی عبور ۱۷۱
۶-۱-۴-۲. سطوح برخورد ۱۷۲
۶-۱-۴-۳. زاویه تقاطع ۱۷۲
۶-۱-۴-۴. نقاط برخورد ۱۷۴
۶-۱-۴-۵. خط عبور کمکی تغییر سرعت ۱۷۵
۶-۱-۴-۶. ترافیک گردشی ۱۷۶
۶-۱-۴-۷. جزیره‌های ترافیکی ۱۷۷
۶-۱-۵. سرعت طرح تقاطع ۱۸۱
۶-۱-۶. وسیله نقلیه طرح تقاطع ۱۸۲
۶-۱-۶-۱. ابعاد وسایل نقلیه طرح ۱۸۲
۶-۱-۶-۲. حداقل مسیر گردش وسیله نقلیه طرح ۱۸۳
۶-۱-۶-۳. وسیله نقلیه طرح پیشنهادی برای تقاطع‌های هم‌سطح ایران ۱۸۶
۶-۱-۷. تنظیم موقعیت و شیب تقاطع ۱۸۸
۶-۱-۷-۱. پلان ۱۸۹
۶-۱-۷-۲. نیم‌رخ ۱۹۲
۶-۱-۷-۳. شیب‌بندی تقاطع ۱۹۳
۶-۱-۸. خطوط عبور در تقاطع‌ها ۱۹۶
۶-۱-۸-۱. خطوط عبور مستقیم ۱۹۶
۶-۱-۸-۲. خطوط کمکی گردشی ۱۹۸

۶-۱-۹. قوس گوشه و مسیر گردشی تقاطع ۲۱۰
۶-۱-۹-۱. قوس گوشه ۲۱۱
۶-۱-۹-۲. مسیر گردشی ۲۱۶
۶-۱-۹-۳. مسیر واگرد ۲۱۸
۶-۱-۱۰. تسهیلات پیاده‌روی و دوچرخه سواری در تقاطع‌ها ۲۲۰
۶-۱-۱۰-۱. تسهیلات پیادهروی ۲۲۰
۶-۱-۱۰-۲. تسهیلات دوچرخه سواری ۲۲۵
۶-۱-۱۱. ایستگاه اتوبوس و پارکینگ در تقاطع ۲۲۶
۶-۱-۱۱-۱. مکان‌یابی ایستگاه اتوبوس ۲۲۶
۶-۱-۱۱-۲.طراحی ایستگاه اتوبوس ۲۲۹
۶-۱-۱۱-۳. تسهیلات توقف حاشیه‌ای ۲۳۰
۶-۱-۱۲. کنترل تقاطع‌ها ۲۳۱
۶-۱-۱۳. ایمنی تقاطع‌ها ۲۳۲
۶-۱-۱۳-۱. عوامل موثر در ایمنی تقاطع‌ها ۲۳۳
۶-۱-۱۳-۲.ایمنی میدان ۲۳۵
۶-۱-۱۳-۳. روشنایی تقاطع‌ها ۲۴۱
۶-۱-۱۳-۴. روسازی تقاطع‌ها ۲۴۲
۶-۱-۱۳-۵.تسهیلات زهکشی ۲۴۵
۶-۲. تبادل‌ها ۲۴۶
۶-۲-۱. توجیه اقتصادی- اجتماعی ۲۴۷
۶-۲-۳. فاصله بین تبادل‌ها ۲۴۹
۶-۲-۴. انواع تبادل ۲۵۰
۶-۲-۵. موقعیت ورودی‌ها و خروجی‌ها ۲۵۹
۶-۲-۶. همسانی تبادل‌ها ۲۶۱
۶-۲-۷. تعادل در تعداد خط‌ها ۲۶۲
۶-۲-۷-۱. تعداد پایه خط‌های اصلی ۲۶۲
۶-۲-۷-۲. تعادل تعداد خط‌ها ۲۶۳
۶-۲-۸. تداوم جهت اصلی ۲۶۴
۶-۲-۹. تبادل ناقص و کامل ۲۶۵
۶-۲-۱۰. قرار گرفتن انتهای رابط‌ها ۲۶۵
۶-۲-۱۱. کاهش تعداد خط‌ها در آزادراه و بزرگراه ۲۶۶

۶-۲-۱۲. قسمت‌های تداخلی ۲۶۷
۶-۲-۱۳. دهانه‌های رابط ۲۶۷
۶-۲-۱۳-۱. دهانه خروجی ۲۶۸
۶-۲-۱۳-۲. دهانه ورودی ۲۶۹
۶-۲-۱۳-۳. بدنه رابط‌ها ۲۷۰
۶-۲-۱۳-۴. انتهای رابط ۲۷۳
خلاصه ۲۷۴
خودآزمایی ۲۷۵
فهرست منابع و مراجع ۲۷۶

فهرست جداول و اشکال

عنوان **صفحه**

شکل شماره ۲-۱: معبر رسالت در شهر تهران با عملکرد بزرگراهی ۱۷
شکل شماره ۲-۲: معبر چمران در شهر تهران با خط ویژه اتوبوس..... ۱۷
شکل شماره ۳-۱: سلسله مراتب دسترسی به صورت شماتیک ۳۳
شکل شماره ۳-۲: سیستم شطرنجی شبکه شهری ۳۶
جدول شماره ۴-۱: سرعت‌های مجاز و سرعت‌های طرح پیشنهادی برای انواع راه‌های شهری۵۲
جدول شماره ۴-۲: دایره‌هایی که در نظر گرفتن قوس اتصال برای آن‌ها ضروری نیست، ۵۶
جدول شماره ۴-۳: مقادیر حداکثر ضریب اصطکاک جانبی ۵۸
جدول شماره ۴-۴: مقادیر حداکثر بربلندی برای انواع راه‌ها (بر حسب درصد) ۵۸
جدول شماره ۴-۵:حداقل شعاع قوس افقی با شیب عرضی معمولی در راه‌های شریانی..... ۶۰
جدول شماره ۴-۶: مقادیر ضریب اصطکاک در حالت روسازی مرطوب..... ۶۷
جدول شماره ۴-۷: فواصل دید انتخاب..... ۶۸
جدول شماره ۴-۸: حداقل فاصله دید سبقت..... ۶۹
شکل شماره ۴-۱: فاصله دید در پیچ ۷۰
شکل شماره ۴-۲: روش تأمین دید افقی در قوس‌ها ۷۰
جدول شماره ۴-۹: حداقل طول قسمت مستقیم ضروری بین دو قوس هم جهت در راه‌های.۷۳
جدول شماره ۴-۱۰: حداکثر شیب طولی خیابان با توجه به نیازهای پیاده و دوچرخه..... ۷۹
جدول شماره ۴-۱۱: حداکثر شیب طولی برای مسیر اصلی راه‌های شریانی درجه ۱ ..... ۷۹
جدول شماره ۴-۱۲: حداکثر شیب طولی برای رابط‌های راه‌های شریانی درجه ۱ ..... ۷۹
جدول شماره ۴-۱۳: حداکثر شیب طولی برای راه‌های شریانی درجه ۲ (درصد) ۸۰
جدول شماره ۴-۱۴: حداقل شیب طولی در انواع راه‌های شهری..... ۸۰
شکل شماره ۴-۳: محدودیت دید در قوس قائم گنبدی ۸۲
جدول شماره ۴-۱۵: مقادیر حداقل K برای قوس‌های گنبدی ۸۲
شکل شماره ۴-۴: محدودیت دید در قوس قائم کاسه‌ای در وضعیت بدون روشنایی ۸۳
جدول ۴-۱۶: مقادیر حداقل K برای قوس قائم کاسه‌ای ۸۳
جدول شماره ۵-۱: عرض خط‌های اصلی (سواره‌رو) در انواع راه‌های شهری ۹۹
جدول ۵-۲: عرض قابل استفاده شانه‌ها برای راه‌های شریانی درجه ۱ راه‌های شهری ۱۰۲
شکل شماره ۵-۱: عرض قابل استفاده شانه در حالات مختلف..... ۱۰۳
شکل شماره ۵-۲: نمونه‌ای از خطوط ممتد گردش به چپ ۱۱۲

شکل شماره ۵-۳: خط سربالایی[۴] ۱۰۸
شکل شماره ۵-۴: طرز هدایت آب بارش در راه‌های دوطرف جدا ۱۱۸
شکل شماره ۵-۵: عرض‌های حداقل برای میانه وسط با دیواره حافظ ۱۲۳
جدول شماره ۵-۳: حداقل عرض میانه وسط با دیواره حافظ در راه‌های شریانی درجه ۱ .... ۱۲۴
جدول شماره ۵-۴: حداقل عرض میانه وسط با نرده حافظ دوطرفه در راه‌های شریانی درجه ۱ ۱۲۵
شکل شماره ۵-۶: عرض‌های حداقل برای میانه وسط با برده حافظ..... ۱۲۶
جدول شماره ۵-۵: اندازه‌های پایه برای محاسبه عرض میانه، راه‌های شریانی درجه ۱ ..... ۱۲۶
شکل شماره ۵-۷: میانه با سکوی بتنی یا آسفالتی ۱۲۸
شکل شماره ۵-۸: میانه باغچه‌ای..... ۱۲۸
شکل شماره ۵-۹: مشخصات هندسی جدول قائم ۱۳۲
شکل شماره ۵-۱۰: مشخصات هندسی جدول مایل (قابل عبور) ۱۳۲
شکل شماره ۵-۱۱: ترکیب جدول و ناودان به صورت یکپارچه، جز در موارد استثنایی ناودان۱۳۴
جدول شماره ۵-۶: فاصله جدول از لبه سواره‌رو در انواع راه‌ها ۱۳۵
شکل شماره ۵-۱۲: استاندارد طراحی شیب‌راهه برای معلولین جسمی..... ۱۳۶
جدول شماره ۵-۷: حداکثر ارتفاع مجاز خاک‌ریزی بدون استفاده از حفاظ طولی بر حسب . ۱۴۱
جدول شماره ۵-۸: شیب شیروانی برای راه‌های شریانی درجه ۱ ..... ۱۴۲
جدول شماره ۵- ۹: شیب شیروانی برای راه‌های شریانی درجه ۲ و خیابان‌های محلی ۱۴۲
شکل شماره ۶-۱:نمونه تقاطع‌های سه‌راهی ۱۶۰
شکل شماره ۶-۲: نمونه تقاطع‌های چهارراهی ۱۶۱
شکل شماره ۶-۳، نمونه تقاطع چندراهی..... ۱۶۱
شکل شماره ۶-۴: نمونه تقاطع میدانی..... ۱۶۱
شکل شماره ۶-۵: تقاطع سه راهی ساده ۱۶۲
شکل شماره ۶-۶: تقاطع‌های سه راهی تعریض شده ۱۶۳
شکل شماره ۶-۷: تقاطع‌های سه راهی مسیربندی شده..... ۱۶۴
شکل شماره ۶-۸: تقاطع چهارراهی ساده..... ۱۶۵
شکل شماره ۶-۹: نمونه‌هایی از طراحی تقاطع‌های چهارراهی مسیربندی شده ۱۶۶
شکل شماره ۶-۱۰: نمونه‌هایی از تقاطع مسیربندی شده با خط ویژه گردش به چپ ۱۶۷
شکل شماره ۶-۱۱: نمونه اصلاح تقاطع‌های چندراهی..... ۱۶۸
شکل شماره ۶-۱۲: انواع سطوح برخورد ترافیکی..... ۱۷۲
شکل شماره ۶-۱۳: گزینه‌های مختلف تغیر مسیر در تقاطع‌ها ۱۷۳
شکل شماره ۶-۱۴:حالت متداول جزیره‌های هدایت کننده ۱۷۹

شکل شماره ۶-۱۵: نمونه جزیره‌های جداکننده ۱۸۰
شکل شماره ۶-۱۶: یکنواختی انحنای جزیره ترافیکی با لبه روسازی ۱۸۰
جدول شماره ۶-۱: سرعت طرح مطلوب در بازوهای اصلی تقاطع‌های شهری ۱۸۱
جدول شماره ۶-۲: ابعاد وسایل نقلیه طرح بر اساس دستورالعمل آشتو (ابعاد بر حسب متر) ۱۸۳
شکل شماره ۶-۱۷: کاربرد نمودار گردش‌نما در طراحی اجزاء تقاطع ۱۸۴
جدول شماره ۶-۳: شعاع‌های گردش وسایل نقلیه طرح بر اساس دستورالعمل آشتو ۱۸۵
جدول شماره ۶-۴: شعاع گردش خارجی بر اساس دستورالعمل آلمان (بر حسب متر)..... ۱۸۶
شکل شماره ۶-۱۸: نمودار گردش نمای سواری ۱۸۷
شکل شماره ۶-۱۹: نمودار گردش نمای کامیون..... ۱۸۷
شکل شماره ۶-۲۰: نمودار گردش نمای اتوبوس..... ۱۸۸
شکل شماره ۶-۲۱: نمودار گردش نمای اتوبوس مفصلی ۱۸۸
شکل شماره ۶-۲۲: دو روش اصلاح مسیر در تقاطع‌های با زاویه حاده (کمتر از ۶۰ درجه) . ۱۹۰
شکل شماره ۶-۲۳: نحوه اصلاح مسیر در تقاطع‌های با زاویه تند ۱۹۱
شکل شماره ۶-۲۴: تعریض و ایجاد خطوط کمکی در تقاطع‌ها..... ۱۹۷
شکل شماره ۶-۲۵: انواع لچکی خطوط کمکی گردش به چپ (متر) ۲۰۱
شکل ۶-۲۶: انواع روش‌های طراحی خطوط کاهش سرعت ۲۰۲
شکل شماره ۶-۲۷: خطوط کاهش سرعت یک خطه با جریان آزاد گردشی ۲۰۴
جدول شماره ۶-۵: حداقل طول خط کاهش سرعت L برای جریان آزاد گردشی با شیب کمتر ۲۰۵
جدول شماره ۶-۶: ضرایب اصلاح طول خط کاهش سرعت در شیب ۲۰۵
شکل شماره ۶-۲۸: انواع مختلف خطوط افزایش سرعت..... ۲۰۷
جدول شماره ۶-۷: حداقل طول خط افزایش سرعت L جریان آزاد در شیب‌های کمتر ۲۰۸
جدول شماره ۶-۸: ضرایب اصلاح طول خط افزایش سرعت در شیب ۲۰۹
شکل ۶-۲۹:خطوط افزایش سرعت جریان آزاد گردشی ۲۰۹
شکل شماره ۶-۳۰: تأثیر شعاع قوس بر مسیر گردش انواع وسایل نقلیه طرح ۲۱۳
جدول شماره ۶-۹: عرض اشغال شده D_2 به وسیله انواع وسیله نقلیه گردشی در خیابان متقاطع، بر حسب زوایای مختلف تقاطع و شعاع قوس گردش (بر حسب متر) ۲۱۴
جدول شماره ۶-۱۰: شعاع قوس گوشه تقاطع برای گردش‌های بدون انحراف به خطوط ۲۱۵
جدول شماره ۶-۱۱: حداقل شعاع ایمن برای قوس مسیرهای گردش تقاطع ۲۱۷
جدول شماره ۶-۱۲: عرض روسازی مناسب برای مسیرهای گردشی جریان آزاد ۲۱۸
شکل شماره ۶-۳۱: جزئیات مسیر واگرد ۲۲۰
شکل شماره ۶-۳۲: نمونه‌های مختلف طراحی ایستگاه‌های اتوبوس..... ۲۲۹

جدول شماره ۶-۱۳: طول مطلوب ایستگاه‌های اتوبوس (برحسب متر) ۲۳۰
جدول شماره ۴-۱۴: راه‌حلهای پیشنهادی برای کاهش انواع برخوردهای وسایل نقلیه با عابرین پیاده در تقاطع‌های بدون چراغ ۲۳۵
جدول شماره ۴-۱۴: راه‌حلهای پیشنهادی برای کاهش انواع برخوردهای وسایل نقلیه با عابرین پیاده در تقاطع‌های بدون چراغ (ادامه) ۲۳۷
جدول شماره ۶-۱۵: راه‌حلهای پیشنهادی برای کاهش انواع برخوردهای وسایل نقلیه با عابرین پیاده در تقاطع‌های چراغ‌دار ۲۳۷
شکل شماره ۶-۳۳: انواع تبادل با ترکیب‌های مختلفی از رابط‌های چنبری و میانبر ۲۵۲
شکل شماره ۶-۳۴: طرز کار یک تبادل لوزی ۲۵۶
شکل ۶-۳۵: حداقل فاصله بین ورودی‌ها و خروجی‌ها از یکدیگر در راه‌های شریانی درجه ۱ ۲۶۰
جدول شماره ۶-۱۶: حداکثر طول قسمت یک خطه در رابط‌ها..... ۲۷۱
جدول شماره ۶-۱۷: حداقل سرعت طرح انواع رابط‌ها ۲۷۱

فصل اول

تعاریف و مفاهیم اولیه

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. انواع سرعت
۲. حجم و ظرفیت ترافیک
۳. کیفیت‌های ترافیک
۴. انواع قوس‌ها
۵. شیب طولی
۶. تقاطع‌ها، تبادل‌ها و رابط‌های آن‌ها
۷. خطوط تغییر سرعت
۸. فواصل دید و ....

۱-۱. تعاریف و مفاهیم اولیه

سرعت حرکت- مسافتی (بر حسب کیلومتر) است که وسیله نقلیه در حال حرکت (بدون در نظر گرفتن توقف‌ها) در مدت یک ساعت طی می‌کند.

سرعت جابجایی- مسافتی (بر حسب کیلومتر) است که وسیله نقلیه عملاً (با در نظر گرفتن توقف‌ها) در مدت یک ساعت بین دو نقطه از راه طی می‌کند.

سرعت مجاز- حداکثر و یا حداقل سرعتی است که رانندگان وسایل نقلیه، با توجه با قوانین و مقررات موظف به رعایت آن هستند.

سرعت عملی- حداکثر سرعتی است که وسایل نقلیه در وضعیت جوی مناسب و در وضعیت ترافیکی موجود می‌توانند با آن سرعت حرکت کنند؛ بدون آن‌که ایمنی خود و سایر وسایل نقلیه و سرنشینان آن‌ها را به خطر اندازند.

سرعت طرح- حداکثر سرعت ایمنی وسایل نقلیه در بهترین وضعیت جوی و ترافیکی است. سرعت طرح، مبنای طرح هندسی است.

سرعت ۸۵٪- سرعت حرکتی است که ۸۵ درصد وسایل نقلیه با سرعتی مساوی با کمتر از آن حرکت می‌کنند.

حجم ترافیک- تعداد وسایل نقلیه‌ای است که در واحد زمان (ساعت) از یک مقطع راه می‌گذرد.

حجم ترافیک روزانه- حجم ترافیکی است که در طی یک شبانه‌روز (۲۴ ساعت) معین، از یک مقطع راه می‌گذرد.

متوسط حجم ترافیک روزانه- متوسط حجم ترافیک روزانه یک فاصله زمانی معین (ماه یا سال) است.

متوسط سالیانه حجم ترافیک روزانه- حجم کل ترافیک یک سال است که بر عدد ۳۶۵ تقسیم شود.

ترافیک ساعت اوج- حجم ترافیکی است که در شلوغ‌ترین ساعت صبح یا عصر یک روز از مقطع راه می‌گذرد. حجم ترافیک شلوغ‌ترین ساعت صبح، «ترافیک ساعت اوج صبح» و حجم ترافیک شلوغ‌ترین ساعت عصر، «ترافیک ساعت اوج عصر» نامیده می‌شود.

سال طرح- سالی است که طراحی راه، بر اساس پیش‌بینی‌های ترافیک آن سال، انجام می‌شود.

ساعت طرح- ساعتی از سال طرح که طراحی بر اساس حجم ترافیک آن ساعت انجام می‌گیرد.

ترافیک ساعت طرح- حجم ترافیکی است که پیش‌بینی می‌شود و در ساعت طرح از راه مورد نظر استفاده کنند.

ضریب توزیع جهتی- نسبت حجم ترافیک جهت شلوغ‌تر است به حجم ترافیک هر دو جهت راه. معمولاً این نسبت را برای ساعت‌های اوج صبح و عصر تعیین می‌کنند.

ظرفیت- بیشترین تعداد وسایل نقلیه‌ای است که عبور آن‌ها در ظرف مدت یک ساعت، با کیفیت معین ترافیک، از یک مقطع یا از طول یکنواختی از راه، امکان‌پذیر است.

ظرفیت مطلق یا حداکثر- بیشترین تعداد وسایل نقلیه‌ای است که عبور آن‌ها در ظرف مدت یک ساعت، بدون ایجاد راه‌بندان، ولی در بدترین کیفیت ترافیک، از یک مقطع یا از طول یکنواختی از راه، امکان‌پذیر است.

ظرفیت طراحی- ظرفیتی است که برای طراحی انتخاب می‌شود. این ظرفیت همیشه کمتر از ظرفیت مطلق است.

۱-۲.کیفیت ترافیک

راه‌ها را بر اساس ظرفیت مطلق آن‌ها طرح نمی‌کنند، زیرا کیفیت ترافیک در این وضعیت معمولاً پذیرفته نیست. اگر حجم ترافیک در حدود ظرفیت مطلق باشد، رانندگی موجب خستگی و وارد شدن فشارهای عصبی می‌شود و در نتیجه، ایمنی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، ظرفیت‌ها را بر اساس حجم ساعتی تعیین می‌کنند. اما، جریان ترافیک در طول ساعت نیز نوسان دارد. چنانچه در مدت کوتاهی حجم ترافیک از ظرفیت مطلق تجاوز کند، جریان ترافیک ناپایدار می‌شود و راه‌بندهای طولانی را به وجود می‌آید.

بنابراین، ظرفیت طراحی را همیشه کمتر از ظرفیت مطلق می‌گیرند و مقدار آن را با اختیار کردن کیفیت مشخصی برای جریان ترافیک تعیین می‌کنند. از این نظر، لازم است که کیفیت جریان ترافیک تعریف و معیارهایی برای سنجش آن تعیین شود.

برای سنجش کیفیت ترافیک، شش وضعیت به شرح زیر تعریف می‌شود:

- کیفیت «الف»= عالی‌ترین کیفیت
- کیفیت «ب»= کیفیت عالی
- کیفیت «ج»= کیفیت خوب
- کیفیت «د»= حداقل کیفیت مورد قبول
- کیفیت «ه»= کیفیت در وضعیت استفاده از ظرفیت حداکثر
- کیفیت «و»= کیفیت در حالت ناپایدار و راه‌بندان

خط محور- خطی است واقع در پلان که مشخصات هندسی امتداد راه را نشان می‌دهد. خط محور مبنای تعیین فاصله‌ها است.

نقشه نیم‌رخ طولی- برش جسم راه در امتداد آن است. این نقشه را به اختصار نیم‌رخ طولی نیز می‌گویند.

نیم‌رخ طولی- خطی است واقع در صفحه قائم که مشخصات هندسی تصویر قائم کف تمام شده امتداد راه را نشان می‌دهد. نیم‌رخ طولی مبنای تعیین ارتفاعات است و به آن خط پروژه نیز می‌گویند.

قوس افقی- قوسی است که در پلان راه به کار می‌رود.

قوس ساده- قوس افقی دایره‌ای شکل است.

قوس مرکب- از ترکیب دو یا چند قسمت دایره‌ای مماس بر هم تشکیل می‌شود.

قوس اتصال- قسمتی از منحنی کلوتوئید است که در فاصله بین یک قوس دایره‌ای و یک امتداد مستقیم یا در فاصله بین دو قوس دایره‌ای واقع می‌شود.

قوس قائم- قوسی است که برای تغییر تدریجی شیب طولی در نیم‌رخ‌های طولی به کار می‌رود. قوس قائم معمولاً قسمتی از یک سهمی درجه ۲ است.

قوس قائم مرکب- از ترکیب دو سهمی درجه ۲ مماس بر یکدیگر تشکیل می‌شود.

رأس قوس- نقطه تلاقی دو امتداد مستقیم مماس بر قوس است.

شیب عرضی- شیب سطح راه در جهت عمود بر امتداد محور آن است.

شیب عرضی در قوس- شیب عرضی است که به منظور بهبود ایمنی در قسمت‌های قوسی شکل راه اعمال می‌شود. جهت این شیب به طرف مرکز قوس است.

شیب عرضی مخالف- شیب عرضی در قسمت‌های قوسی است، در صورتی که جهت آن بر خلاف شیب عرضی قوس باشد.

شیب عرضی حداکثر- حداکثر شیب عرضی مجاز در قوس‌ها است.

شعاع حداقل قوس- کمترین شعاعی است که یک قوس افقی می‌تواند داشته باشد بدون آن‌که ایمنی راه کم شود.

طول سرشکن- طولی از محور راه‌هاست که بین دو شیب عرضی متفاوت در نظر گرفته می‌شود تا تغییر شیب عرضی در طول آن انجام گیرد.

فاصله دید- فاصله‌ای است که در هر نقطه از راه برای راننده وسیله نقلیه قابل رؤیت است.

فاصله دید توقف- حداقل فاصله دید لازم برای متوقف ساختن بی‌خطر وسیله نقلیه در هنگام مواجه شدن با خطرات احتمالی در سطح جاده است. فاصله دید توقف از فاصله تصمیم‌گیری و فاصله ترمزگیری تشکیل می‌شود.

فاصله دید انتخاب- حداقل فاصله دید لازم برای انتخاب نوع عکس‌العمل و انجام آن در وضعیت‌های غیرمنتظره و یا پیچیده است. فاصله دید انتخاب از فاصله تصمیم‌گیری و فاصله عکس‌العمل تشکیل می‌شود.

فاصله تصمیم‌گیری- مسافتی است که از لحاظ برخورد با یک وضعیت جدید تا لحظه شروع اعمال عکس‌العمل نسبت به آن وضعیت، توسط وسیله نقلیه طی می‌شود.

فاصله عکس‌العمل- مسافتی است که وسیله نقلیه در طول مدت عکس‌العمل طی می‌کند. در مورد دید توقف، فاصله ترمزگیری همان فاصله عکس‌العمل است.

فاصله ترمزگیری- مسافتی است که از لحظه شروع ترمزگیری تا توقف کامل، توسط وسیله نقلیه طی می‌شود.

فاصله دید سبقت- مسافتی است که وسیله نقلیه از لحظه تصمیم به سبقت‌گیری تا لحظه پایان آن طی می‌کند. فاصله دید سبقت یک نوع فاصله دید انتخاب است.

شیب طولی- شیب سطح تمام شده راه در امتداد محور آن است. شیب طولی راه همان شیب طولی خط پروژه است.

طول شیب- طولی از راه است که در آن طول، شیب طولی راه تغییر نمی‌کند. معمولاً این اصطلاح را در مورد طول‌هایی از راه که شیب طولی آن‌ها زیاد است، به کار می‌برند.

حداکثر شیب طولی- شیب طولی‌است که به کارگرفتن شیب طولی بیش از آن در خط پروژه مجاز نیست.

حداقل شیب طولی- شیب طولی‌است که به کارگرفتن شیب طولی کمتر از آن در خط پروژه مجاز نیست.

قوس گنبدی (محدب)- قوس قائمی است به شکل کوژیا برآمده.

قوس کاسه‌ای (مقعر)- قوس قائمی است به شکل کاسه یا گودی.

رابط (رمپ)- راه معمولاً یک‌طرفه‌ای است که دو راه مختلف را به هم ربط می‌دهد.

رابط ورودی- رابطی است که ترافیک آن به راه مورد نظر وارد می‌شود. محل ورود ترافیک را ورودی می‌گویند.

رابط خروجی- رابطی است که ترافیک آن از راه مورد نظر خارج می‌شود. محل خروج ترافیک را خروجی می‌گویند.

دماغه رابط- محل تلاقی لبه راست جاده راه اصلی و لبه چپ جاده رابط است.

خط نجات- خطی کمکی است که بعد از دماغه رابط خروجی می‌گذارند تا رانندگان وسایل نقلیه‌ای که در محل دهانه رابط خروجی تصمیم خود را عوض می‌کنند و از جاده اصلی خارج نمی‌شوند، برای توقف یا برگشت بی‌خطر به مسیر اولیه خود فرصت داشته باشند.

خط تغییر سرعت- خطی کمکی (چسپیده به سواره‌رو) است که وسایل نقلیه‌ای که می‌خواهند از جریان اصلی ترافیک جدا و یا به آن ملحق شوند، برای تغییر دادن سرعت خود از آن استفاده می‌کنند. به علاوه، این خط به ترافیک ورودی فرصت می‌دهد تا خود را به جریان اصلی ترافیک وارد کند.

خط افزایش سرعت- خط تغییر سرعت برای ترافیک ورودی است.

خط کاهش سرعت- خط تغییر سرعت برای ترافیک خروجی است.

لچکی- قسمتی از جاده است که در طول آن عرض جاده تغییر می‌کند.

قسمت تداخلی- قسمتی است که در طول آن دو یا چند جریان ترافیک، در طول نسبتاً کوتاهی با عوض کردن خط خود، به منظور تغییر مسیر، از داخل یکدیگر می‌گذرند. در انشعاب‌ها و در جایی که خروجی بعد از ورودی و در نزدیکی آن قرار دارد، قسمت تداخلی به‌وجود می‌آید.

جاده تقسیم- جاده کمکی یک‌طرفه‌ای است که به موازات جاده اصلی ولی جدا از آن در نظر می‌گیرند تا جریان‌های تداخلی ترافیک در طول آن و خارج از سواره‌رو اصلی انجام شود.

رابط میان‌بر (جهتی)- رابطی است که در آن گردش به چپ‌ها، از کوتاه‌ترین مسیر ممکن صورت می‌گیرد.

رابط چنبری (شبدری)- رابطی است به شکل حلقه که در آن گردش به چپ‌ها با تغییر جهتی حدود ۲۷۰ درجه انجام می‌شود.

رابط نیمه میان‌بر (نیمه جهتی)- رابطی است گه گردش به چپ‌ها در آن از لحاظ میان‌بر طولانی‌تر و از رابط چنبری کوتاه‌تر انجام می‌شود.

خلاصه

در این فصل تعاریف و مفاهیم پایه مرتبط با طرح هندسی راه و ترافیک شامل انواع سرعت، حجم و ظرفیت ترافیک، کیفیت‌های ترافیک، انواع قوس‌ها، شیب طولی، تقاطع‌ها و تبادل‌ها و رابط‌های آن‌ها، خطوط تغییر سرعت، فواصل دید و .... ارایه شد.

خودآزمایی

۱. تفاوت سرعت حرکت و سرعت جابجایی چیست؟

۲. منظور از ساعت طرح چیست؟

۳. منظور از ساعت اوج چیست؟

۴. یک نمونه از کاربرد خطوط کاهش و افزایش سرعت در شهرها را بیان کنید؟

فصل دوم

طبقه‌بنـــدی و انـــواع راه‌هـــای شهری و برون شهری

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. طبقه‌بندی راه‌ها از لحاظ عملکردی

۲. درجه‌بندی راه‌ها

۳. تعریف راه‌های شریانی و انواع راه‌های شریانی

۴. طبقه‌بندی راه‌های برون شهری

۵. ارایه نقش‌های مختلف راه

۶. طبقه‌بندی راه‌ها از نظر توپوگرافی

به طور کلی راه‌ها به دو طریق تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- طبقه‌بندی عملکردی: نقش و عملکرد، بستگی به نحوه استفاده از راه دارد.

۲- درجه‌بندی: بستگی به اجزای هندسی و نحوه طراحی (شعاع قوس، سرعت مجاز، ...) دارد.

۲-۱. طبقه‌بندی و انواع راه‌های شهری و برون‌شهری

۲-۱-۱. طبقه‌بندی راه‌های شهری

۲-۱-۱-۱.تعریف‌ها و مفاهیم اولیه

راه و خیابان- مجموعه‌ای است که برای عبور وسایل نقلیه موتوری، دوچرخه و پیاده احداث می‌شود. اگر راه از داخل- آبادانی‌ها عبور کند، به آن خیابان نیز اطلاق می‌شود، مگر در مورد راه‌هایی که عملکرد برون‌شهری دارند ولی از داخل این مناطق می‌گذرند (راه‌های شریانی درجه ۱) که اطلاق خیابان به آن‌ها معمول نیست.

راه شریانی- راهی است که در طراحی و بهره‌برداری از آن، اولویت با وسایل نقلیه موتوری است. برای رعایت این برتری و اولویت، عبور پیاده‌ها از عرض راه، کنترل و تنظیم می‌شود.

خیابان محلی- خیابانی است که در طراحی و بهره‌برداری از آن نیازهای وسایل نقلیه موتوری، دوچرخه‌سوار و پیاده با اهمیت یکسان رعایت می‌شود. برای رعایت حال پیاده و دوچرخه، سرعت وسایل نقلیه موتوری در این خیابان‌ها پایین نگه داشته می‌شود.

هسته شهری- قطعه‌ای از شهر است که هیچ راه شریانی از داخل آن نمی‌گذرد.

راه‌های شریانی را می‌توان به راه‌های شریانی درجه ۱ و راه‌های شریانی درجه ۲ تقسیم نمود.

راه‌های شریانی درجه ۱- راهی است که در طراحی و بهره‌برداری از آن، به جابجایی وسایل نقلیه موتوری برتری داده می‌شود. برای رعایت این برتری، دسترسی وسایل نقلیه موتوری و همچنین عبور پیاده‌ها از عرض راه، تنظیم می‌شود. راه‌های شریانی درجه ۱، ارتباط با شبکه راه‌های برون‌شهری را تأمین می‌کنند. با اعمال درجات مختلفی در کنترل دسترسی، راه‌های شریانی درجه ۱ به آزادراه، بزرگراه و راه عبوری دسته‌بندی می‌شوند.

۱- آزادراه- راهی است که در تمام طول آن ترافیک دو طرف به طور فیزیکی از یکدیگر جدا شده و جریان ترافیک در آن بدون وقفه (آزاد) است؛ یعنی، وسایل نقلیه موتوری، جز در تصادف‌ها و راه‌بندها، ناچار به توقف نمی‌شوند. برای تأمین چنین وضعیتی، طراحی و احداث تقاطع هم‌سطح مجاز نیست و نحوه صحیح ورود و خروج وسایل نقلیه طراحی می‌شود.

بزرگراه- راهی است که ترافیک دو طرف آن به طور فیزیکی از یکدیگر جداست و در طول‌های قابل ملاحظه‌ای از آن می‌توان جریان ترافیک را پیوسته فرض کرد. برای تأمین چنین وضعیتی، نحوه صحیح ورود و خروج وسایل نقلیه طراحی می‌شود. بزرگراه می‌تواند معدودی تقاطع هم‌سطح داشته باشد. حداقل فاصله مجاز بین دو تقاطع هم‌سطح از یکدیگر در راه‌های شریانی از نوع بزرگراه، ۲/۵ کیلومتر است.

راه عبوری- ادامه راه‌های برون‌شهری دوخطه دوطرفه در داخل شهرها (ی معمولاً کوچک و متوسط) یا روستاها است به شرط آن که عملکرد عبوری آن‌ها در داخل شهر یا روستا نیز حفظ شود. برای حفظ این عملکرد، ورود و خروج وسایل نقلیه به آن کاملاً تنظیم و طراحی می‌شود. در راه‌های عبوری نیز فاصله تقاطع‌های هم‌سطح از یکدیگر حداقل ۲/۵ کیلومتر است.

۲- راه شریانی درجه ۲- راهی است که در طراحی و بهره‌برداری از آن، به جابجایی و دسترسی وسایل نقلیه موتوری برتری داده می‌شود. برای رعایت این برتری، حرکت پیاده‌ها از عرض خیابان کنترل می‌شود. راه‌های شریانی درجه ۲ دارای عملکرد درون‌شهری‌اند و شبکه اصلی راه‌های درون‌شهری را تشکیل می‌دهند.

با توجه به موارد ذکر شده، از نظر نحوه تعیین مشخصات هندسی، راه‌های شهری را می‌توان به سه گروه کلی زیر تقسیم‌بندی نمود:

- راه‌های شریانی درجه ۱
- راه‌های شریانی درجه ۲
- خیابان‌های محلی

علاوه بر سه گروه اصلی نام برده، از راه‌های زیر نیز به عنوان راه‌های خاص از معابر شهری می‌توان نام برد:

- راه‌های ویژه پیاده (پیاده‌روها)
- راه‌های ویژه دوچرخه (دوچرخه‌ها)
- راه‌های ویژه اتوبوس

در شکل‌های (۲-۱) الی (۲-۴) چند نمونه از خیابان‌های شهری با عملکردهای مختلف نشان داده شده است.

شکل شماره ۲-۱: معبر رسالت در شهر تهران با عملکرد بزرگراهی

شکل شماره ۲-۲: معبر چمران در شهر تهران با خط ویژه اتوبوس

شکل شماره ۲-۳: معبر مطهری در شهر تهران با عملکرد خیابان محلی یک‌طرفه

شکل شماره ۲-۴: معبر خواجه عبدا... در شهر تهران با عملکرد خیابان محلی دوطرفه

نقش‌های مختلف راه‌های شهری[۲]

راه‌های شهری شش نقش اصلی، به شرح زیر، به عهده دارند:

۱- فراهم آوردن امکان جابجایی برای وسایل نقلیه موتوری (نقش جابجایی)

۲- فراهم آوردن امکان دسترسی وسایل نقلیه موتوری به بناها و تأسیسات (نقش دسترسی)

۳- ایجاد بستری برای ارتباط‌های اجتماعی نظیر کار، گردش، بازی و ملاقات (نقش اجتماعی)

۴- شکل دادن به ساختار معماری (نقش معماری شهری)

۵- تأثیر در آب و هوای محیط اطراف راه (نقش تأثیرات آب و هوایی)

۶- تأثیر در اقتصاد شهر (نقش اقتصادی).

راه‌ها معمولاً بیش از یک نقشه به عهده می‌گیرند و بعضی از این نقش‌ها با یکدیگر در تعارض‌اند. طراح در هنگام تعیین گروه‌بندی و همچنین تعیین اجزای راه، می‌بایست همه نقش‌هایی که راه عملاً به عهده خواهند گرفت، در نظر بگیرد. بدون چنین توجهی، راه ممکن است نتواند حتی مطابق نقش مورد نظر طراح عمل کند.

نقش جابجایی را می‌توان با سرعت و میزان ترافیک موتوری اندازه‌گیری نمود. هرچه تعداد زیادتری وسایل نقلیه بتوانند با سرعت بیشتری جابجا شوند، نقش جابجایی راه بیشتر است.

نقش دسترسی را می‌توان بر حسب تعداد دسترسی‌ها و امکانات پارکینگ حاشیه‌ای اندازه‌گیری نمود. هر چه تعداد تقاطع‌ها، ورودی‌ها و خروجی‌های راهی زیادتر باشد، نقش دسترسی آن بیشتر است. همچنین، مجاز بودن پارکینگ حاشیه‌ای به معنای بیشتر بودن نقش دسترسی است. جابجایی و دسترسی با یکدیگر در تعارض‌اند و با افزایش نقش یکی، از نقش دیگری کاسته می‌شود.

نقش اجتماعی خیابان را می‌توان بر حسب میزان جداکنندگی آن اندازه‌گیری نمود. هر چه پیاده‌روها و دوچرخه سواران بتوانند آسان‌تر از عرض خیابان عبور کنند، نقش اجتماعی

خیابان بیشتر است. نقش اجتماعی با نقش جابجایی به شدت تعارض دارد. هر چه عرض سواره‌رو، سرعت و حجم ترافیک موتوری زیادتر باشد، آزادی حرکت پیاده‌ها از عرض خیابان کمتر است.

نقش معماری شهری راه‌ها را نمی‌توان جدا از بناهای اطراف آن در نظر گرفت. این نقش را با میزان جذابیت فضاهایی که راه و بناهای اطراف آن ایجاد می‌کنند و همچنین با تأثیر راه در جهت‌دهی به این فضاها و به شهر اندازه‌گیری می‌کنند.

جهت قرارگیری و طراحی فضاهای راه‌ها و نحوه استقرار بناهای اطراف آن، در آب و هوای محیط اطراف راه تأثیر می‌گذارند. معمولاً، قسمت‌هایی از حریم راه‌های شهری به پرورش گل و گیاه اختصاص داده می‌شود. در بافت‌های متراکم، خیابان‌ها کانال‌های تهویه‌اند و با سرعت بخشیدن به جریان هوای تازه محیط را شاداب می‌کنند. بناهای اطراف، با جلوگیری از وزش بادهای سرد و گرم، محیط محفوظی ایجاد می‌کنند. همچنین خیابان‌ها و بناهای اطراف آن در میزان نور و تنظیم تابش آفتاب تأثیرگذار هستند.

نقش راه‌ها در اقتصاد شهر جنبه‌های مختلفی دارد. راه ممکن است جهت توسعه شهر را تحت تأثیر خود قرار دهد و به این ترتیب در افزایش قیمت زمین‌ها و توزیع ثروت تأثیر گذارد. ایجاد محیط‌های کار و فعالیت در اطراف راه‌ها، در افزایش درآمدها تأثیرگذار است. از سوی دیگر، احداث، نگهداری و بهره‌برداری از راه‌ها به منابع مالی نیاز دارد و مصرف این منابع، خود در رونق اقتصادی شهر تأثیر دارد.

از شش نقش فوق، سه نقش جابجایی، دسترسی و اجتماعی معیارهای اصلی طبقه‌بندی راه‌های شهری‌اند. طبقه‌بندی راه‌های شهری بر اساس اهمیت هر یک از این سه نقش به شرح زیر تعریف می‌شود:

- در راه‌های شریانی درجه ۱، جابجایی تنها نقش اصلی است و نقش‌های دسترسی و اجتماعی به نفع آن تنظیم می‌شوند.
- در راه‌های شریانی درجه ۲، نقش‌های جابجایی و دسترسی هر دو اصلی است و نقش اجتماعی راه به نفع این دو نقش تنظیم می‌شود.
- در خیابان‌های محلی، هر سه نقش جابجایی، دسترسی و اجتماعی اصلی‌اند و به آن‌ها توجه یکسان می‌شود. از آنجا که به طور طبیعی، اولویت با وسایل نقلیه موتوری است، رعایت نقش اجتماعی ایجاب می‌کند که سرعت و حجم ترافیک موتوری به شدت کنترل شود.

۲-۲. طبقه‌بندی راه‌های برون‌شهری

۲-۲-۱. آزادراه

راهی با حداقل چهار خط عبور که مسیرهای رفت و برگشت از هم جدا شده و بدون تقاطع هم‌سطح، بدون دسترسی از حاشیه، ممنوعیت عبور پیاده و دوچرخه و سایر وسایل نقلیه غیرموتوری، ورود و خروج با زاویه کم و در موردهایی ممنوعیت عبور تمام یا بخشی از وسایل نقلیه تجاری[۹].

۲-۲-۲.بزرگراه

راهی مانند آزادراه است، ولی با امکانات محدود تقاطع هم‌سطح و دسترسی از حاشیه.

کنارگذر: قسمتی از مسیر راه که به جای عبور از داخل شهر، از خارج محدوده ۲۵ ساله شهر عبور می‌کند.

کمربندی و نیم کمربندی: 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 دارد.

۲-۲-۳. راه اصلی

راهی با روسازی آسفالتی یا بتنی که برای عبور وسایل نقلیه موتوری و به ندرت وسایل نقلیه غیرموتوری و پیاده در نظر گرفته می‌شود و جزئی از شبکه سراسری و ملی راه‌هاست. راه اصلی در بسیاری از حالت‌ها، به صورت دوخطه دوطرفه عمل می‌کند ولی در موردهایی می‌تواند به چهارخطه و یا شش خطه پیوسته یا مجزا توسعه یابد. راه‌های اصلی را به سه گروه زیر تقسیم‌بندی می‌کنند:

الف- راه اصلی جداشده با عبورهای مجزا و حداقل دوخطه عبور در هر طرف.

ب- راه اصلی درجه ۱ دوطرفه با حداقل دو خط عبور با سواره‌رو به عرض ۳/۶۵ متر برای هر خط عبور و شانه‌های طرفین به عرض حداقل ۱/۸۵ متر.

پ- راه اصلی درجه ۲ با سواره‌رو به عرض ۷ متر با شانه‌های طرفین به عرض حداقل یک متر.

۲-۲-۴. راه فرعی

راه فرعی، ارتباط مراکز جمعیت و تولید داخلی یک منطقه را برقرار می‌کند و جزئی از شبکه داخلی آن است. راه فرعی عموماً به صورت دوخطه دوطرفه عمل می‌کند. راه فرعی را به دو گروه زیر تقسیم‌بندی می‌کنند:

الف- راه فرعی درجه ۱ با حداقل دو خط عبور با سواره‌روی روسازی شده به عرض ۳/۲۵ متر برای هر خط عبور به اضافه شانه‌های طرفین.

ب- راه فرعی درجه ۲ با دو خط عبور و سواره‌روی شنی به عرض ۵/۵ متر به اضافه شانه-های طرفین.

۲-۲-۵. راه روستایی

نقش این راه، تأمین ارتباط کاملاً محلی و محدود بین روستاها، یا برقراری ارتباط بین روستاها به راه‌های فرعی یا اصلی است.

راه دسترسی: راهی است برای تأمین دسترسی به زمین‌های مجاور یا نزدیک راه.

۲-۳. طبقه‌بندی راه

در آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها، راه‌های کشور از نظر موقعیت توپوگرافی به شرح زیر طبقه‌بندی شده است.

۲-۳-۱. راه هموار (دشتی)

زمین محدوده عبور راه، هموار (دشت) است. شیب عمومی خط بزرگ‌ترین شیب محدوده و شیب طولی راه، حداکثر به ۳ درصد می‌رسد. راه دارای خاکریزهای به بلندی تا ۲/۵ متر و گاهی برش‌های کم‌عمق است.

۲-۳-۲. راه تپه ماهوری

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

۲-۳-۳. راه کوهستانی

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

۲-۳-۴. راه هموار، تپه ماهوری یا کوهستانی با مانع

اگر در محدوده عبور راه، موانعی از قبیل مرداب، شالیزار و جنگل وجود داشته باشد، بسته به مورد، راه از طبقه «هموار با مانع»، یا «تپه ماهوری با مانع» و یا «کوهستانی با مانع» نامیده می‌شود.

خلاصه

در این فصل ابتدا انواع طبقه‌بندی و درجه‌بندی راه‌ها ارایه شده و سپس انواع راه‌های شریانی اعم از آزادراه، بزرگراه، راه‌های محلی و راه‌های شریانی خاص ارایه شد. در ادامه به معرفی نقش‌های راه‌های شهری پرداخته شد و سپس طبقه‌بندی راه‌های برون شهری از لحاظ هندسی و توپوگرافی ارایه شد.

خودآزمایی

۱. دو نمونه از خیابان‌های شهر خودتان که عملکرد بزرگراه دارند را نام ببرید؟

۲. معبر همت در شهر تهران آزادراه است یا بزرگراه؟

۳. راه با مانع به چه راهی گفته می‌شود؟

۴. میزان سربالایی یا سرازیری خط بزرگ‌ترین شیب زمین در راه‌های کوهستانی به چه میزان است؟

فصل سوم

شبکه ارتباطی داخل و خارج شهرها

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. عملکرد شبکه ترافیک شهری

۲. شبکه دسترسی

۳. سلسله مراتب شبکه ارتباطی از نظر وظیفه و اهمیت

۴. سیستم‌های شبکه ارتباطی

۵. معایب و محاسن انواع سیستم‌ها

۶. نکات اساسی در مورد طراحی شبکه دسترسی

۳-۱. شبکه ارتباطی داخل و خارج شهرها

۳-۱-۱.عملکرد شبکه ترافیک شهری

شبکه ترافیک شهری سه عملکرد اصلی بر عهده دارد: عملکرد ارتباطی، جمع و پخش‌کننده و توقف و پارک. نتیجه و مفهوم کلی که از هر یک از عملکردهای جداگانه ترافیک به دست می‌آید، می‌توان به شرح زیر برشمرد[۱۱]:

۳-۱-۱-۱. تفاوت بین سطوح مورد نیاز به ترتیب درجه اهمیت

- سطوح تردد برای سیستم حمل و نقل دست جمعی مانند اتوبوسرانی، تراموا و غیره.
- سطوح تردد برای ترافیک سریع مانند اتوبان، بزرگراه و کمربندی.
- سطوح تردد برای شبکه دسترسی بین مناطق شهری مبدا و مقصد (مسکونی، کار، خرید و تفریح).
- سطوح مورد نیاز برای ترافیک ساکن (پارکینگ‌ها و توقفگاه‌ها).
- سطوح مورد نیاز برای تردد دوچرخه.
- سطوح تردد برای عابر پیاده.

۳-۱-۱-۲. تفاوت بین نوع حرکت و علت انگیزه آن

تردد تجاری: تهیه و توزیع کالا، حمل و نقل کالا.

تردد شغلی: برای رسیدن به محل کار، این نوع تردد بیشترین نوع تردد بوده، علاوه بر این قسمت اعظم این تردد در ساعت‌های معینی از روز انجام می‌گیرد و به وجود آورنده حداکثر بار ترافیکی در شهرهاست.

تردد برای ارایه خدمات: این نوع شامل خدمات آتش‌نشانی، اورژانس و غیره است.

این عملکردهای متفاوت که به وجود آورنده ترافیک هستند در نوع حرکت، زمان، جریان، مبدا و مقصد با هم اختلاف کلی دارند و در شبکه قدیمی شهرها، نمی‌توانند هر یک جداگانه سطوح مورد نیاز خود را داشته باشند، به همین دلیل، مزاحم همدیگر بوده و با هم مرتب در اصطکاک هستند. بدین علت، در طراحی شبکه ارتباطی، اولین شرط عملکرد صحیح آن است که ترافیک روان و بدون اصطکاک جریان داشته باشد.

۳-۲. شبکه دسترسی[۱۱]

شبکه ارتباطی شهرها از شبکه ارتباطی سواره سریع که جنبه غیرمحلی دارد و شریان‌های ظریف شبکه دسترسی که مبدا و مقصد ترافیک در آن می‌باشد و جنبه محلی دارد، تشکیل شده است. (عبارت دسترسی، به طور کلی جهت شبکه ارتباطی و شبکه دسترسی خدمات شهری از قبیل برق، گاز، آب و شبکه دسترسی دفع فاضلاب به کار برده می‌شود).

در طرح جامع شهرها، فقط سطوح معابری که جنبه غیرمحلی داشته و معابر اصلی مشخص می‌شوند، یعنی معابری که بیشتر عملکرد ارتباطی را به عهده دارند. در مقابل، در طرح‌های تفصیلی کلیه سطوح ترافیکی به خصوص آن‌هایی که مقصد را تعیین می‌کنند و سطوح دیگر را با سطوح ترافیکی ارتباط می‌دهند، مشخص می‌شود.

در آغاز هر طرح شهرسازی، هم‌زمان با تفکر و بررسی در مورد طرح بناها و بافت معماری آن، لازم است این سؤال مطرح شود که چه نوع سیستمی برای موقعیت آن منطقه

مناسب خواهد بود. زیرا سیستم شبکه دسترسی و نوع معماری بناها متقابلاً بر هم تاثیرگذارند. به همین دلیل، بررسی همزمان در هر دو مورد ضروری است. سیستم‌هایی که شرح آن خواهد آمد فقط به صورت نظریه‌ای است و در اجرا نمی‌توان به آن‌ها صورت تحقق داد، زیرا موقعیت هر منطقه و وضعیت موجود آن، راه‌حل‌های تلفیقی متفاوت و متنوع زیادی را ارایه می‌دهد. برای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب شبکه‌ای متناسب با وضعیت و موقعیت محدوده طرح باید نکات زیر را مورد توجه قرار داد:

وسعت منطقه، بافت طراحی شده منطقه، موقعیت منطقه نسبت به مناطق مجاور خود، موقعیت منطقه نسبت به شبکه ارتباطی غیرمحلی، موقعیت منطقه نسبت به فضاهای باز و تفریحی، توپوگرافی منطقه، وضعیت شبکه تأسیسات شهری، حجم ترافیک مورد انتظار و دسترسی به خطوط اتوبوسرانی شهری. همچنین در طراحی جزئیات شبکه دسترسی، باید از یک طرف، مقرون به صرفه بودن طرح را مورد بررسی قرار داد (هزینه زیاد شبکه باعث افزایش قیمت زمین خواهد شد که اثر مستقیمی بر روی اجاره بهای مسکن خواهد داشت) و از طرف دیگر، نباید فراموش نمود که سطح شبکه دسترسی و حجم بناها با هم فضاهای باز را به وجود می‌آورند که در کیفیت محدوده مسکونی و کلاً سیمای یک شهر بسیار موثرند. بنابراین بایستی سطوح دسترسی، جذاب، دلپذیر و متنوع طراحی شوند و با حجم بناها یک بافت پر از فضاهای عمومی و خصوصی (فضاهایی جهت یک زندگی اجتماعی) تشکیل شود. باید از ایجاد محدوده‌هایی که کیفیت خصوصی و عمومی آن مشخص نبوده و نمی‌توان به آن‌ها نظم و ترتیبی داد یا این‌که اصلاً مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و یا اگر استفاده شوند، صرفاً به علت ناچاری است، اجتناب نمود و حریم‌هایی را که مورد استفاده به خصوصی دارند، توسط المان‌های طراحی از همدیگر جدا ساخت (حصار، تیر مانع، تابلو

راهنمایی و این‌گونه وسایل اضطراری را نباید مورد استفاده قرار داد)، برای این کار باید از المان‌های طراحی مانند حجم بناها، به ویژه از گیاهان و درختان مناسب استفاده نمود.

سلسله مراتب شبکه ارتباطی که بیشتر جنبه غیرمحلی دارد عبارتند از:

۱- آزادراه (اتوبان).

۲- بزرگراه (اتوبان شهری).

۳- خیابان اصلی درجه یک (عبوری) یا شاه‌راه.

۴- خیابان اصلی.

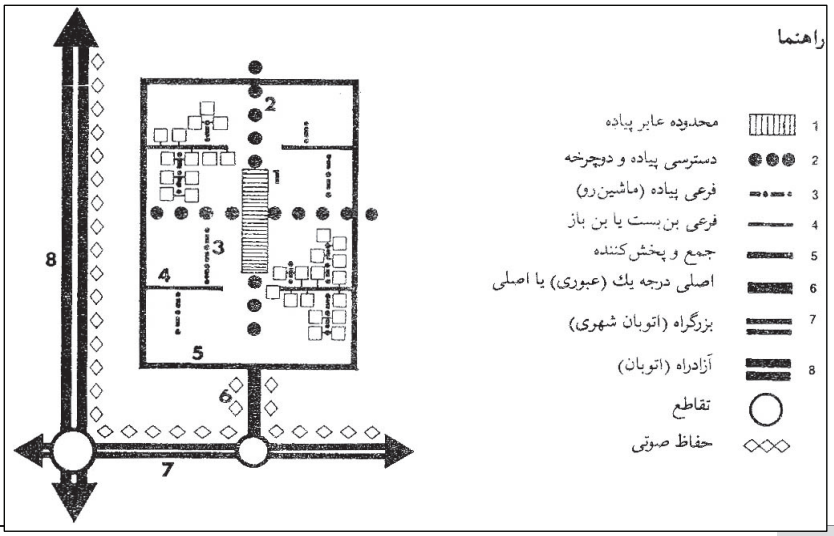
سلسله مراتب شبکه دسترسی سواره که جنبه محلی دارد:

۱- خیابان جمع و پخش‌کننده.

۲- خیابان فرعی بن باز و فرعی بن بست (ارتباط مستقیم به واحدهای مسکونی).

۳- فرعی پیاده (ماشین‌رو).

در شکل شماره (۳-۱) سلسله مراتب دسترسی به صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل شماره ۳-۱: سلسله مراتب دسترسی به صورت شماتیک[۱۱]

۳-۳. سلسله مراتب شبکه ارتباطی از نظر وظیفه و اهمیت

آزادراه یا اتوبان: این راه برقراری ارتباط سریع بین شهرهای منطقه و یا کشور را فراهم می-سازد، چنین راهی دارای کنترل کامل دسترسی بوده و در طراحی آن دسترسی مستقیم به اراضی مجاور منظور نمی‌شود. وجه تمایز عمده آزادراه در این راه است که آزادراه در یک مسیر مجزا (از دیگر جرایانات ترافیک) جریان دارد.

بزرگراه یا اتوبان شهری: این راه برقراری ارتباط سریع بین مناطق عمده یک شهر را فراهم می‌سازد. تقاطع‌های این خیابان باید به صورت غیرهم‌سطح بوده و ورودی‌های آن بسیار معدود باشد، به طوری که فقط خیابان‌های اصلی به آن اتصال پیدا کنند تا بازده این قبیل مسیرها به علت ورودی و خروجی‌های متعدد کاهش نیابد. چنانچه اتوبان شهری از مسیر جنگلی یا تفریحی عبور کند، آن را "بیشه‌راه" می‌نامند که واژه معادل آن Park-Way است.

خیابان اصلی درجه یک عبوری یا شاه‌راه: این خیابان برقراری ارتباط بین بزرگراه و خیابان‌های جمع‌کننده و یا مراکز اصلی ثقل و محلات بزرگ یک شهر را فراهم می‌سازد. در یک چنین خیابانی، امکان دسترسی مستقیم به اراضی مجاور از طریق کندرو وجود دارد. چنین خیابانی، مشمول اجرای مقررات کنترل پارکینگ و غیره بوده و نوع تقاطع‌ها هم‌سطح است. (با در نظر گرفتن سلسله مراتب شبکه) جهت افزایش بازده این‌گونه خیابان‌ها لازم است کلیه تقاطع‌ها به چراغ راهنمایی مجهز باشند و با استفاده از یک مرکز فرماندهی مشترک، امکان استفاده از "موج سبز" ایجاد شود.

خیابان اصلی: این خیابان برقراری ارتباط بین بزرگراه و خیابان جمع و پخش‌کننده و مراکز ثقل و محلات شهر را برقرار می‌سازد. در این خیابان امکان دسترسی به کاربری‌های شهری به طور مستقیم وجود دارد و نوع تقاطع‌ها هم‌سطح و با رعایت سلسله مراتب شبکه است. در شهرهای متوسط و کوچک ایران، معمولاً خیابان اصلی، نقش خیابان اصلی درجه یک عبوری و یا شاه‌راه را به عهده دارد.

خیابان جمع و پخش‌کننده: این خیابان ارتباط بین خیابان‌های اصلی و خیابان‌های فرعی (محلی) و یا محله‌های مجاور را برقرار می‌سازد. این‌گونه خیابان‌ها ترافیک چند خیابان فرعی را جمع‌آوری نموده به خیابان اصلی و یا خیابان اصلی درجه یک عبوری منتقل می‌نماید. امکان دسترسی مستقیم به کاربری‌های شهری پیرامونی به طور مستقیم وجود دارد. نوع تقاطع‌ها هم‌سطح بوده و در تقاطع با خیابان اصلی از چراغ راهنمایی استفاده می‌شود.

در ایران مرز میان خیابان‌های فرعی و جمع و پخش‌کننده به درستی مشخص نیست. این‌گونه خیابان‌ها به هیچ وجه نباید در اختیار ترافیک عبوری قرار گیرند.

خیابان فرعی بن باز و بن بست (محلی): این خیابان برقراری ارتباط بین واحدهای هم‌جوار و همچنین امکان دسترسی به مناطق مسکونی، تجاری، صنعتی یا دیگر اراضی مجاور را فراهم ساخته و به خیابان جمع و پخش‌کننده و یا خیابان اصلی مربوط می‌شود. امکان دسترسی به کاربری‌های پیرامونی در این نوع خیابان‌ها به طور مستقیم وجود دارد و نوع تقاطع‌ها هم‌سطح است. خیابان‌های فرعی محلی نباید در اختیار ترافیک عبوری قرار گیرند.

فرعی پیاده (ماشین‌رو): فرعی پیاده، معابر کم عرضی هستند که در داخل بلوک‌های ساختمانی، جهت دستیابی به اماکن مجاور مورد استفاده قرار می‌گیرند. این‌گونه معابر در مواقع اضطراری (اتومبیل‌های آتش‌نشانی و اورژانس) می‌تواند ماشین‌رو باشد.

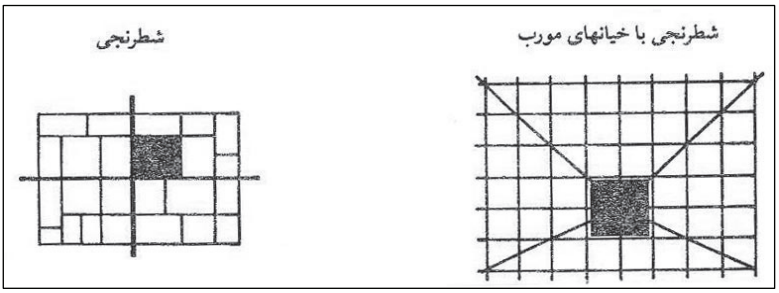
دسترسی پیاده و دوچرخه: این مسیر فقط جهت عابر پیاده و دوچرخه در نظر گرفته می‌شود و در حریم یک خیابان سواره قرار ندارد، اغلب در این معبر در مورد تقاطع‌هایی که مسیر سواره را قطع می‌کنند، از روگذر و یا زیرگذر استفاده می‌شود. این‌گونه معابر از داخل پارک‌ها و فضاهای سبز عبور کرده و بلوک‌های مسکونی را به مرکز محلات (مراکز تجاری) مربوط می‌سازند.

۳-۴. سیستم‌های شبکه ارتباطی

سه نوع سیستم شبکه ارتباطی متفاوت از هم وجود دارد[۱۱]:

الف) سیستم شعاعی: خیابان‌ها از یک هسته مرکزی منشعب می‌شوند. توسعه، توسعه ادامه خیابان‌ها و یا شعاع‌های فرعی دیگری که اضافه می‌شوند، به صورت محدود امکان‌پذیر است. پیوند شبکه با یکدیگر از طریق هسته مرکزی صورت می‌گیرد. فرم شهر به صورت ستاره‌ای است. اغلب شهرهای قدیمی با بافت ارگانیک دارای این سیستم شبکه می‌باشند. این سیستم امروزه با ترافیک موجود دارای معایب زیادی است. (مانند شبکه ارتباطی شهر مقدس مشهد).

ب) سیستم شطرنجی: سیستمی است غیرمرکزی. در این سیستم تعداد زیادی گره یا نقطه تقاطع وجود دارد. کلیه نقاط توسط شبکه پوشش شده و توسعه شبکه به هر سمت و به طور نامحدود به صورت نظری امکان‌پذیر است. در مناطق مرکزی و یا تجاری مسیرهای فراوانی برای تردد وجود خواهد داشت. از خیابان‌های مورب جهت کوتاه کردن راه‌های دور و سفرهای طولانی استفاده می‌شود، اگرچه خیابان‌های مورب باعث به وجود آمدن تقاطع‌های متراکم و نامتعادلی خواهند شد. (مانند بیشتر شهرهای ایران همچون ایلام، شهرکرد و تهران). در شکل شماره (۳-۲) سیستم شطرنجی شبکه‌های شطرنجی شهری نشان داده شده است.



شکل شماره ۳-۲: سیستم شطرنجی شبکه شهری

سیستم حلقوی (رینگ سیستم): در شهرهایی که شبکه آن‌ها شعاعی است، امروزه سعی شود جهت غیرمرکزی نمودن شبکه، قسمت‌هایی از معابری که شعاع‌ها را با هم مرتبط می‌سازند و در بافت قدیم شهر به صورت معابر تنگ و فرعی وجود دارند، به صورت خیابان‌های عریض و حلقه‌ای شکل (رینگ) تغییر دهند. اگرچه تخریب بناهایی که در مسیر قرار می‌گیرند، ناخوشایند می‌باشد ولی غیرقابل اجتناب است. با به وجود آمدن این‌گونه حلقه‌ها قسمت اعظم تردد وسایط نقلیه دور مرکز شهر انجام خواهد گرفت و میدان‌های تاریخی و مرکزی شهر و بخش تجاری را می‌توان به عنوان مسیر عابر پیاده و خالی از تردد وسایط نقلیه در نظر گرفت.

در این سیستم، حلقه‌ها توسط شعاع‌ها قابلیت عملکرد پیدا می‌کنند و تعداد حلقه‌ها نمودار توسعه شهر است. (مثال شبکه ارتباطی شهر همدان).

۳-۵. معایب و محاسن سیستم‌ها

۳-۵-۱. سیستم شطرنجی

محاسن[۱۱]

- سفرهای کوتاه برای انواع ترافیک.
- امکان تغییر مسیر در هنگام راه‌بندها در سر چهارراه‌ها و تقاطع‌ها.
- تقسیم متعادل ترافیک.
- تعمیر و نوسازی معابر بدون مزاحمت و اشکال به صورت قطعه‌بندی.

معایب

- عموماً پخش بدون کنترل وسایط نقلیه در تمام جهات.
- تردد وسایط نقلیه غیرمحلی به مناطق و نواحی درونی و ایجاد مزاحمت برای واحدهای مسکونی.
- تعداد زیاد تقاطع‌ها و خطر تصادفات.
- کاهش امنیت عابر پیاده به جهت تقاطع‌های زیاد معابر پیاده و سواره.
- خطر برای کودکان در هنگام بازی.

- هزینه زیاد شبکه به جهت دوبله بودن خیابان‌ها.

با تغییراتی در فرم و طبقه‌بندی کردن معابر، می‌توان تا حدودی اشکالات و معایب شبکه شطرنجی را برطرف نمود.

۳-۵-۲. سیستم حلقوی یا رینگ سیستم

الف. سیستم حلقه داخلی

محاسن

- اگر موقعیت در دره قرار گرفته باشد، جمع‌آوری آب‌های سطحی و هدایت فاضلاب به سهولت امکان‌پذیر است.
- در مرکز محدوده دسترسی سواره وجود نداشته و اختصاص به عابر پیاده دارد.
- ارتباط مناسب مناطق مسکونی خارج از حلقه با مناطق اطراف خود.
- تردد وسایط نقلیه غیرمحلی در خیابان‌های فرعی وجود ندارد.
- شرایط مناسب برای وسایط حمل و نقل عمومی (اتوبوسرانی)، مناطق دو سمت حلقه تحت پوشش قرار خواهند داشت.

معایب

- شبکه دسترسی پیاده مناطق مسکونی خارج از حلقه داخلی (خیابان جمع و پخش‌کننده)، برای رسیدن به بخش مرکزی باید حلقه داخلی را قطع نماید. حلقه داخلی با تردد سنگین خود عاملی برای ایجاد خطر جهت عابرین می‌شود.
- مزاحمت و آلودگی‌های ناشی از تردد وسایل نقلیه (دود، گاز و صوت) برای زمین‌های مجاور خیابان جمع و پخش‌کننده وجود خواهد داشت.
- وجود بار ترافیک بسیار سنگین در چهارراه‌ها و تقاطع‌های بخش مرکزی.

- فاصله کم تقاطع‌ها در خیابان جمع و پخش‌کننده (حلقه داخلی) باعث راه‌بندان خواهد شد.
- احتمال تردد وسایط نقلیه افراد غیرمحلی در خیابان جمع و پخش‌کننده (حلقه داخلی)، چنانچه حلقه داخلی دو طرف خیابان اصلی (غیرمحلی) اتصال داشته باشد.

ب. سیستم حلقه خارجی

محاسن

- موقعیت رأس تپه، جمع‌آوری آب‌های سطحی و هدایت فاضلاب را به سهولت امکان‌پذیر می‌سازد.
- تردد وسایط نقلیه غیرمحلی در خیابان‌های فرعی وجود نخواهد داشت.
- موقعیت مناسب جمع و پخش‌کننده (حلقه خارجی) که دارای تردد نسبتاً سنگینی است در مرز محدوده.
- دسترسی به مرکز محدوده توسط شبکه ارتباطی پیاده (بدون آن‌که توسط شبکه سواره قطع شود).
- جداسازی نسبتاً مطلوب شبکه ارتباطی سواره و پیاده.
- زیادی تقاطع‌ها سه‌راهی به جای چهارراه.

معایب

- جدا شدن مناطق مسکونی داخل حلقه، توسط خیابان جمع و پخش‌کننده (حلقه خارجی) از مناطق اطراف.
- طولانی شدن سفرها با وسیله نقلیه در ترددهای محلی.
- مزاحمت و آلودگی‌های ناشی از وسایط نقلیه (گاز، دود، گرد و غبار و سر و صدا)، برای زمین‌های مجاور خیابان جمع و پخش‌کننده

- وجود شرایط نامناسب برای وسایل نقلیه حمل و نقل عمومی (اتوبوسرانی) به جهت پوشش یک طرف منطقه.
- اقتصادی نبودن این سیستم نسبت به سیستم‌های دیگر.
- احتمال تردد وسایط نقلیه افراد غیرمحلی در خیابان جمع و پخش‌کننده (حلقه خارجی)، چنانچه حلقه از دو طرف به خیابان اصلی غیرمحلی اتصال داشته باشد.

پ. سیستم انشعابی (شاخه‌ای)

محاسن

- جمع‌آوری آب‌های سطحی و فاضلاب در انشعاب تنگ دره، موقعیت مناسبی را ایجاد می‌کند.
- جداسازی دسترسی شبکه سواره و پیاده به صورت نسبتاً مطلوبی امکان‌پذیر است.
- امکان ارتباط دادن قسمت‌هایی از محدوده اطراف سایت با شبکه، بدون آن‌که معابر همدیگر را قطع نمایند.
- امکان تردد افراد غیرمحلی در سایت وجود ندارد.
- موقعیت مناسب معبر جمع و پخش‌کننده در مرز محدوده که دارای تردد سنگینی است.
- زیادی تقاطع‌های سه‌راهی به جای چهارراه.
- احتمال تردد وسایط نقلیه افراد غیرمحلی در خیابان جمع و پخش‌کننده بسیار کم خواهد بود.

معایب

- طولانی بودن مدت سفرها با وسیله نقلیه در ترددهای داخل محدوده.

- احتمال تراکم ترافیک در محل اتصال خیابان جمع و پخش‌کننده با خیابان اصلی با درجه‌بندی بالاتر وجود نخواهد داشت.
- مزاحمت و آلودگی ناشی از تردد وسایط نقلیه در قسمت‌هایی از خیابان جمع و پخش-کننده وجود خواهد داشت.
- شرایط نامناسب برای وسایل نقلیه حمل و نقل عمومی (اتوبوسرانی)، به علت آن‌که خیابان جمع و پخش‌کننده به صورت فرعی بن‌بست عمل می‌کند.

برای جزئیات بیشتر در خصوص محاسن و معایب سایر سیستم‌های شبکه شهری به کتاب شبکه ارتباطی در طراحی شهری مراجعه شود.

۳-۶. نکاتی در مورد طراحی شبکه دسترسی

مواردی که در تصمیم‌گیری برای انتخاب و تعیین ابعاد معابر شبکه دسترسی و تطبیق آن با نیازمندی‌های محیط اطراف (بناها) و همچنین ترافیک محلی تاثیرگذار است، بدین قرار است:

- فرم و تراکم بناهایی که در محدوده شبکه دسترسی قرار دارند و شبکه دسترسی، آن‌ها را پوشش می‌دهد.
- مسیر خیابان (طول، هدایت و خوانایی).
- اولویت عملکرد ترافیکی (نوع، فرم و مقدار ترافیک).
- نحوه قرارگیری پارکینگ‌ها و گاراژها (به صورت تقسیم شده در چند مکان و یا به صورت متراکم در یک مکان.
- اولویت استفاده از فضاهای عمومی (برای استفاده ترافیکی یا در ارتباط با نیازهای مسکونی).

- شکل و فرم مورد نظر، برای فضای خیابان و بناهای محدوده اطراف.

خلاصه

در این فصل ابتدا عملکرد شبکه ترافیک شهری و تفاوت بین سطوح مورد نیاز و نوع حرکت ارایه شد. در ادامه به تعریف شبکه دسترسی و سلسله مراتب شبکه ارتباطی از نظر وظیفه و اهمیت پرداخته شد.

در انتها معرفی انواع سیستم‌های شبکه ارتباطی شهری ارایه شد و معایب و محاسن هر یک بیان گردید.

خودآزمایی

۱. سیستم شبکه ارتباطی شهر شما از چه نوعی است؟

۲. سیستم شبکه ارتباطی شهر مشهد از چه نوعی است؟

۳. چند نمونه از مواردی که در تصمیم‌گیری برای انتخاب و تعیین ابعاد معابر شبکه دسترسی و تطبیق آن با نیازمندی‌های محیط اطراف (بناها) و همچنین ترافیک محلی تاثیرگذار است، را نام ببرید.

۴. سیستم انشعابی (شاخه‌ای) به چه سیستمی گفته می‌شود؟

فصل چهارم

ضوابط اجزاء و اســـتانداردهای

طرح هندسی راه‌های شهری

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. وسیله نقلیه تیپ طراحی
۲. اصول تعیین سرعت طرح
۳. سرعت طرح و سرعت مجاز
۴. پلان راه
۵. تعریض خط در قوس‌ها
۶. محدودیت دید افقی در قوس‌ها
۷. هماهنگی اجزای پلان
۸. نیمرخ طولی
۹. هماهنگی پلان و نیم‌رخ طولی

۴-۱. ضوابط اجزاء و استانداردهای طرح هندسی راه‌های شهری

۴-۱-۱.وسیله نقلیه تیپ طراحی

ابعاد و خصوصیات فیزیکی وسایل نقلیه در طرح اجزای هندسی راه تأثیر می‌گذارند[۹]. قسمت‌های مختلف راه باید با توجه به خصوصیات وسایل نقلیه عمده‌ای که از راه استفاده می‌کنند، طرح شود.

طرح هماهنگی و متناسب ضمن جلوگیری از ایجاد فضاهای غیرضروری و بیهوده، فضای لازم برای حرکت آسان و روان وسایل نقلیه و همچنین دسترسی راحت آن‌ها به آبادانی‌های اطراف را فراهم می‌سازد. ضرورت تأمین فضای کافی برای حرکت روان وسایل نقلیه کاملاً آشکار است. اما، این مطلب باید مورد توجه قرار گیرد که انتخاب ابعاد زیادتر از حد لازم نیز به عملکرد راه صدمه می‌زند. مثلاً، همان‌طور که عرض کم خط، حرکت وسایل نقلیه عریض را مشکل می‌کند، عرض بیش از حد نیز نظم ترافیک را بر هم می‌زند. شعاع کم قوس در تقاطع‌ها، حرکت وسایل نقلیه طویل را مشکل می‌سازد، در حالی که شعاع بزرگ‌تر از حد نیاز هم با تشویق رانندگان به سرعت زیاد ممکن است از ایمنی تقاطع بکاهد.

انواع وسایل نقلیه با ابعاد و خصوصیات هندسی متفاوت از شبکه راه‌های شهری استفاده می‌کنند. برای در نظر گرفتن نقش آن‌ها در طراحی راه‌ها، تعیین وسیله نقلیه تیپی که بتواند از نظر ابعاد و مسیر گردش‌ها نماینده نوع خود باشد، ضروری است. لازم نیست که ابعاد وسیله نقلیه تیپ با ابعاد یک وسیله نقلیه واقعی منطبق باشد.

در انتخاب وسیله نقلیه تیپ، طراح باید وسایل نقلیه موجود و همچنین وسایل نقلیه‌ای را که انتظار می‌رود در آینده از طرح مورد نظر استفاده کنند، در نظر بگیرد.

در راه‌های شهری، پنج وسیله نقلیه تیپ به شرح زیر تعریف می‌شود:

- سواری
- کامیون
- اتوبوس
- اتوبوس مفصلی
- تریلی

الف. سواری تیپ

این وسیله نقلیه به طول ۵/۷۰ متر و عرض ۲/۱۰ متر، نماینده انواع وسایل نقلیه زیر است:

- سواری‌ها
- وانت‌ها
- آمبولانس‌ها

ب.کامیون تیپ

طول کامیون تیپ ۹ متر و عرض آن ۲/۶۰ متر است. این وسلیه نقلیه نماینده انواع وسایل نقلیه زیر است:

- کامیون‌های شش چرخ و ده چرخ
- اتوبوس‌های کوچک شهری
- مینی‌بوس‌ها

پ. اتوبوس تیپ

طول اتوبوس تیپ ۱۲ متر و عرض آن ۲/۶ متر است. این وسیله نماینده انواع وسایل نقلیه زیر است:

- اتوبوس‌های شهری یک طبقه
- اتوبوس‌های بین‌شهری
- اتوبوس‌های دوطبقه

ت. اتوبوس مفصلی تیپ

اگر چه شعاع گردش لازم برای اتوبوس‌های مفصلی کمتر از شعاع گردش برای اتوبوس‌های ساده است، ولی گردش آن‌ها سطح بیشتری می‌گیرد. شبکه اتوبوسرانی (مسیر، ایستگاه و پایانه) که انتظار می‌رود مورد استفاده اتوبوس‌های مفصلی قرار گیرد، باید با توجه به ابعاد و مسیر گردش اتوبوس تیپ و همچنین اتوبوس مفصلی تیپ طراحی شود.

ث. تریلی تیپ

تریلی تیپ، وسیله نقلیه‌ای می‌باشد که نماینده همه یدک‌کش‌هایی است که کالا حمل می‌کنند.

برای آشنایی با شعاع گردش طراحی وسایل نقلیه مختلف به آیین‌نامه‌های زیر مراجعه فرمایید:

۱) آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری

۲) آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها نشریه شماره ۱۶۱

۴-۲. اصول تعیین سرعت طرح

پس از آن که طبقه‌بندی راه و نحوه کنترل دسترسی‌ها تعیین شد، طراح باید سرعتی را به عنوان سرعت طرح انتخاب کند و آن را مبنای طراحی قرار دهد. سرعت طرح را بر اساس حداکثر سرعت مجاز مورد نظر و حداکثر سرعت مجاز را با توجه به سرعت جابجایی مورد انتظار مردم از یک طرف و محدودیت‌های مالی، فنی، اجرایی و زیست محیطی از سوی دیگر، تعیین می‌کنند.

سرعت جابجا شدن مهم‌ترین عاملی است که استفاده‌کنندگان در اندازه‌گیری کیفیت یک سیستم جابجایی در نظر می‌گیرند. اما باید توجه داشت که انتظارات گروه‌های مختلف اجتماعی در مورد سرعت جابجایی متفاوت است. هر چند در طراحی شبکه و مدیریت ترافیک خواست‌های همه گروه‌ها باید مورد توجه قرار گیرد، اما از نظر علمی و اقتصادی نمی‌توان انتظارات همه گروه‌ها را کاملاً برآورده کرد. حتی با تخصیص منابع مالی بسیار و به بهای تخریب محیط زیست نیز نمی‌توان انتظارات کسانی را برآورد که می‌خواهند بسیار تندتر از دیگران برانند و با سرعتی بیشتر از امکانات جامعه به مقصد برسند.

علاوه بر محدودیت‌های فیزیکی و مالی، عامل مهم دیگری نیز سرعت شبکه‌های حمل و نقل شهری را محدود می‌کند و آن حفظ محیط زیست شهری است. راه، به طور مستقل هدف نیست و اگر موجب کاهش کیفیت زندگی و سطح رفاه ساکنان اطراف شود، باید به ضرورت وجودش شک کرد. تامین جابجایی سریع ترافیک موتوری با کیفیت زندگی در داخل و در مجاور محلات مسکونی در تضاد است. در حالی‌که استفاده‌کنندگان، از

شبکه‌های جابجایی انتظار دارند که با سرعت زیاد و در زمانی کوتاه فاصله بین دو نقطه شهری را طی کنند، همین افراد در محل سکونت خود، با سرعت زیاد وسایل نقلیه مخالفند و آن را متضاد با آرامش و کیفیت زیستی محله می‌دانند.

هدف عمده طرح‌ریزان شهری و طراحان سیستم‌های حمل و نقل، ایجاد تعادل بین خواست‌های جابجایی از یک‌سو و ارزش‌های زیست‌محیطی و سیمای شهری از سوی دیگر است. انتخاب سرعت حرکت وسایل نقلیه باید در جهت رسیدن به چنین تعادلی باشد و برای رسیدن به این اصل، بایستی اصول زیر را در انتخاب سرعت طراحی رعایت نمود:

اصل اول: طبقه‌بندی راه‌ها به شریانی و محلی

در راه‌های شریانی، نیازهای ترافیک موتوری و در راه‌های محلی، رعایت محیط زیست شهری عامل اصلی تعیین سرعت طرح است.

اصل دوم: انتخاب سرعت طرح اقتصادی و در عین حال واقع‌بینانه برای راه‌های شریانی

در راه‌های شریانی، محدودیت‌های فیزیکی، مالی، فنی و اجرایی عامل محدود کننده سرعت طرح است. عموماً، انتخاب سرعت‌های طرح زیاد برای راه‌های شهری اقتصادی نیست. از طرف دیگر، اگر حداکثر سرعت مجاز واقع‌بینانه انتخاب نشود، یعنی با عملکرد راه و انتظارات اکثر عمده رانندگان سازگار نباشد، عموماً رعایت نمی‌شود و اعمال کردن آن ساده نیست.

اصل سوم: انتخاب سرعت طرح کم برای خیابان‌های محلی

برای خیابان‌های محلی سرعت طرح کم (۳۰ کیلومتر در ساعت و کمتر) انتخاب می‌شود و شکل شبکه، اجزای طرح و طراحی محیط اطراف راه به نحوی انجام می‌شود که رانندگان وسایل نقلیه موتوری، به طور فیزیکی و روانی، وادار به کاهش سرعت شوند. به عبارت دیگر، حداکثر سرعت مجازی که به دلیل رعایت نیازهای زیست محیطی پایین انتخاب شده با طراحی مناسب راه و اطراف آن برای رانندگان منطقی به نظر می‌رسد. یعنی، اکثر قریب به اتفاق رانندگان آن را رعایت می‌کنند.

۴-۳. سرعت طرح و سرعت مجاز

۴-۳-۱. سرعت مجاز

رانندگان وسایل نقلیه عموماً سرعت خود را فقط بر اساس خصوصیات هندسی راه یا حداکثر سرعت مجاز آن انتخاب نمی‌کنند. بلکه مجموعه خصوصیات راه و محیط اطراف آن است که تصوری از سرعت ایمن به رانندگان وسایل نقلیه می‌دهد.

سرعت مجاز بایستی واقع‌بینانه انتخاب شود. یعنی، نباید تصوری که مجموعه راه و محیط اطراف آن از سرعت مناسب در ذهن راننده ایجاد می‌کند، با سرعت مجاز تفاوت زیادی داشته باشد. مثلاً، رانندگان تمایل دارند در مسیرهای مستقیم و خلوت سریع‌تر برانند، حتی اگر این مسیر یک خیابان محلی باشد. بنابراین، در خیابان‌های محلی، باید با طراحی مجموعه راه و اطراف آن، محیط را با سرعت مجاز مورد نظر متناسب کرد. راه‌های شریانی نیز مجموعه مسیرگذاری، محیط شهری و کاربری‌های اطراف راه، مدیریت ترافیک، طبقه‌بندی راه و نهایتاً حداکثر سرعت مجاز تعیین شده، تصوری از سرعت مناسب به راننده می‌دهد. این تصور نباید با حداکثر سرعت مجاز تفاوت زیادی داشته باشد.

سرعت ۸۵٪ را می‌توان به عنوان معیاری برای سنجش واقعی بودن حداکثر سرعت مجاز به کار گرفت. بر این مبنا، حداکثر سرعت مجاز در صورتی واقع‌بینانه است که به سرعت ۸۵٪ در اوقات خلوت نزدیک باشد. در چنین وضعیتی، که کمتر از ۱۵ درصد رانندگان با سرعتی بیش از سرعت مجاز حداکثر تردد می‌کنند، سرعت مجاز را می‌توان واقع‌بینانه دانست.

۴-۳-۲. سرعت طرح

در راه‌های شریانی، سرعت همیشه باید حداقل ۱۰ کیلومتر در ساعت بیشتر از سرعت مجاز در نظر گرفته شود. توصیه می‌شود سرعت طرح قسمت‌های اصلی راه‌های شریانی درجه ۱ که جدیداً طراحی می‌شوند، در صورتی که موجب افزایش زیاد هزینه‌ها نشود، ۲۰ کیلومتر بیشتر از سرعت مجاز آن‌ها در نظر گرفته شود. در خیابان‌های محلی سرعت طرح برابر سرعت مجاز آن‌ها در نظر گرفته می‌شود.

در جدول (۴-۱) محدوده سرعت مجاز و سرعت طرح انواع راه‌های شریانی بر اساس آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری ارایه شده است.

جدول شماره ۴-۱: سرعت‌های مجاز و سرعت‌های طرح پیشنهادی برای انواع راه‌های شهری[۱]

طبقه‌بندی راه	درجه‌بندی راه	سرعت مجاز (کیلومتر بر ساعت)	سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)
راه‌های شریانی درجه ۱	آزادراه	۷۰ تا ۱۱۰	۱۰۰ تا ۱۳۰
	بزرگراه	۷۰ تا ۹۰	۸۰ تا ۱۰۰
راه‌های شریانی درجه ۲	اصلی	۵۵	۷۰
	فرعی	۴۰	۵۰
خیابان‌های محلی	اصلی	۳۰	۴۰
	فرعی	۳۰	۴۰

۴-۴. پلان

مشخصات هندسی پلان مسیر در روی نقش‌های به نام «پلان هندسی» تعیین می‌شود. پلان هندسی باید چنان کامل باشد که بتوان شکل کامل مسیر را با تمام جزییات هندسی آن، با دقت مناسب، از روی نقشه به روی زمین پیاده کرد.

برای هر امتداد معمولاً یک خط محور در نظر می‌گیرند. اما هر جا سادگی پلان و همچنین سادگی پیاده کردن ایجاب کند، می‌توان بیش از یک خط محور در یک امتداد در نظر گرفت. توصیه می‌شود که برای هر یک از سواره‌روهای آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها خط محور جداگانه‌ای منطبق بر خط پروژه آن‌ها، در نظر بگیرند.

محل‌های زیر برای خط محور پیشنهاد می‌شود:

- وسط جاده، در راه‌های شریانی درجه ۲ و محلی
- وسط سواره‌روهای دوخطه یا چهارخطه هر طرف آزادراه و بزرگراه
- مرز بین خط سمت چپ و خط وسط، در سواره‌روهای سه خطه آزادراه و بزرگراه
- مرز سواره‌رو و شانه (معمولاً شانه سمت راست) در رابط‌ها

شکل هندسی خط محور باید با رعایت معیارهای داده شده برای طرح پلان تعیین شود.

کلیه نقاط مهم خط محور باید در روی پلان مشخص گردد؛ و موقعیت هندسی آن‌ها با استفاده از فاصله و زاویه و مختصات تعیین شود. این نقاط عبارتند از:

- نقطه شروع مسیر
- نقطه انتهای مسیر
- نقطه شروع قوس‌ها، با علامت اختصاری BC
- نقطه خاتمه قوس‌ها، با علامت اختصاری EC

- نقطه تماس قوس‌ها با یکدیگر، با علامت اختصاری PCC
- نقطه رأس قوس، با علامت اختصاری PI
- نقطه تلاقی محورهای مسیرهای مختلف، با ذکر نام دو مسیر و کیلومتر نقطه تلاقی در روی هر دو محور

در پلان هندسی، اطلاعات زیر به صورت جدول لازم است ارایه شود:

- مختصات هندسی نقاط مهم فوق‌الذکر
- مختصات مراکز دایره‌ها
- زاویه تغییر جهت امتدادها بر حسب درجه یا گراد، با علامت اختصاری Δ
- طول مماس بر قوس، با علامت اختصاری T
- شعاع قوس‌های دایره‌ای، با علامت اختصاری R
- طول قوس‌های دایره‌ای، با علامت اختصاری L
- طول وتر قوس‌های دایره‌ای، با علامت اختصاری L_C
- طول قوس‌های اتصال، با علامت اختصاری S
- فاصله نقطه وسط قوس دایره‌ای از نقطه راس آن، با علامت اختصاری E

۴-۴-۱. قوس‌های افقی

امتدادهای مستقیم پلان به کمک سه نوع قوس افقی به یکدیگر متصل می‌شوند:

- قوس‌های ساده
- قوس‌های مرکب
- قوس‌های اتصال

قوس ساده قسمتی از دایره است که بر دو امتداد مماس است. در کلیه مواردی کـه کـه استفاده از قوس‌های مرکب یا کلوتوئید ضرورت ندارد، باید از قوس ساده استفاده کرد.

قوس مرکب قوسی است متشکل از دو یا چند قسمت از دایره‌هـای مختلـف ممـاس بـر یکدیگر. فایده قوس‌های مرکب تطابق‌پذیری بسیار زیاد آن‌ها است. با استفاده از قـوس‌هـای مرکب، می‌توان مسیر را با وضعیت‌های متشکل فیزیکی (عوارض طبیعی یـا سـاخته شـده) تطبیق داد.

در استفاده از قوس‌های مرکب، می‌بایست شرایط زیر رعایت گردد:

- در قسمت اصلی راه‌های شریانی درجه ۱، نسبت شعاع بزرگ‌تر به شعاع کوچـک‌تـر (در دو دایره مماس بر هم) نباید بیشتر از ۱/۵ باشد. حداکثر این نسبت برای رابطه‌هـای همـین راه‌ها ۲/۰ در نظر گرفته می‌شود.
- در راه‌های شریانی درجه ۲ و رابطهای آن‌ها نسبت شعاع بزرگ‌تر به شعاع کوچک‌تر (دو دو دایره مماس بر هم) نباید بیشتر از ۲/۰ باشد.

قوس اتصال، قسمتی از منحنی کلوتوئید است که بین دایره و امتداد مستقیم می‌گذارند تا تغییر شعاع تدریجی باشد. شعاع قوس اتصال در نقطه تماس با امتداد مستقیم بی‌نهایـت است و به تدریج کاهش می‌یابد تا در نقطه تماس با قـوس دایـره‌ای، بـا شـعاع دایـره برابـر می‌شود.

عیب قوس‌های دایره‌ای این است که امتداد مستقیم (شعاع بی‌نهایت) ناگهان به دایره‌ای به شعاع معین متصل می‌شود. به این علت، نقطه تماس دایره و امتداد مستقیم، در راه‌هـای شریانی درجه ۱ که امتدادهای راه طولانی است، شکسته به نظر می‌آیـد و ایـن موضـوع بـه زیبایی بصری مسیر لطمه می‌زند. با طراحی قوس اتصـال، در فاصـله بـین دایـره، و امتـداد مستقیم، تغییر انحنا به طور تدریجی صورت می‌گیرد و امتداد راه شکسته به نظر نمی‌رسـد.

به علاوه، در تغییر جهت‌ها، قوس اتصال به مسیر طبیعی حرکت وسایل نقلیه نزدیک‌تر است و طراحی آن در جاده‌های باریک به روانی حرکت وسایل نقلیه کمک می‌کند. اگر شیب عرضی متعارف راه در طول قوس اتصال، به شیب عرضی قوس دایره رسانده شود به زیبایی مسیر کمک می‌کند.

عیب قوس اتصال، پیچیده کردن نقشه‌ها و صعوبت اجرای آن‌ها در روی زمین است. بنابراین، در مواردی که برتری‌های فوق تحقق نمی‌یابد استفاده از آن ضرورت ندارد.

بهتر است در راه‌های شریانی درجه ۱ و رابط‌های بلند آن‌ها قوس اتصال به کار ببرند. اگر شعاع قوس دایره بیشتر از حداقل‌های ارایه شده در جدول (۴-۲) است، استفاده از قوس اتصال بین قوس دایره و امتداد مستقیم ضروری نیست.

جدول شماره ۴-۲: دایره‌هایی که در نظر گرفتن قوس اتصال برای آن‌ها ضروری نیست، راه‌های شریانی درجه ۱ و رابط‌های آن‌ها [۳]

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۴۰ و کمتر	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰ و بیشتر
حداقل شعاع دایره (متر)	۵۰۰	۷۵۰	۱۰۰۰	۱۲۵۰	۱۵۰۰	۱۷۵۰	۲۰۰۰	۲۲۵۰	۲۵۰۰

استفاده از قوس اتصال در راه‌های شریانی درجه ۲ و خیابان‌های محلی و همچنین برای رابط‌های کوتاه (طول رابط کمتر از ۵۰۰ متر) ضروری نیست.

در تعیین طول قوس اتصال، رعایت سه شرط زیر ضروری است:

۱- طول قوس اتصال کمتر از طول لازم برای تغییر شیب عرضی معمولی به شیب عرضی قوس (طول سرشکن) نباشد، تا بتوان تغییر شیب عرضی لازم را در طول آن انجام داد.

۲- طول قوس اتصال کمتر از مسافتی که وسایل نقلیه در ظرف دو ثانیه در سرعت طرح طی می‌کنند، نباشد تا فایده اصلی قوس اتصال که زیبا ساختن مسیر است تحقق پیدا کند.

۳- سعی شود که از قوس‌های اتصال استاندارد که پارامتر آن‌ها در آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها و آیین‌نامه طرح راه‌های شهری ارایه شده، استفاده شود.

۴-۴-۱-۱. تعادل وسیله نقلیه در قوس‌ها

به وسیله نقلیه‌ای که در پیچ‌ها حرکت می‌کند نیروی گریز از مرکز وارد می‌شود که وسیله نقلیه را از مرکز قوس به طرف خارج آن هدایت می‌کند[۲]. اما، اصطکاک بین لاستیک و روسازی جاده با این نیرو و وزن وسیله با لنگر ناشی از آن مقابله می‌کند. اگر مقدار نیروهای مقاوم بیشتر از نیروهای گریز از مرکز باشد، تعادل وسیله نقلیه حفظ می‌شود.

نیروی گریز از مرکز به مرکز ثقل وسیله نقلیه وارد می‌شود، در حالی که نیروی مقاوم اصطکاک در سطح جاده به وجود می‌آید. در نتیجه، لنگری ایجاد می‌شود که سعی دارد وسیله نقلیه را به طرف خارج قوس واژگون کند. با این لنگر، لنگر ناشی از وزن وسیله نقلیه مقابله می‌کند. هر چه مرکز ثقل وسیله نقلیه بلندتر باشد، مقدار لنگر واژگون کننده بیشتر و هر چه عرض وسیله نقلیه زیادتر باشد، مقدار لنگر مقاوم بیشتر است.

برای حفظ تعادل وسیله نقلیه در قوس‌های افقی باید دو شرط زیر برقرار باشد[۳]:

۱) $\frac{V^۲}{۱۲۷R} \leq f$

۲) $\frac{V^۲}{۱۲۷R} \leq \frac{B}{۲H}$

شرط اول، به منظور جلوگیری از کشیده شدن وسیله نقلیه به خارج از جاده و شرط دوم، به منظور جلوگیری از واژگونی وسیله نقلیه است. در این روابط:

R = شعاع قوس، متر؛

B = عرض وسیله نقلیه (فاصله بین لبه خارجی چرخ‌های دو طرف در تماس با سطح جاده)، متر؛

W = وزن وسیله نقلیه، کیلوگرم

H = ارتفاع مرکز ثقل وسیله نقلیه تا سطح جاده، متر؛

V = سرعت وسیله نقلیه، کیلومتر در ساعت؛

f = ضریب اصطکاک بین سطح جاده و لاستیک.

حداکثر مجاز ضریب اصطکاک برای راه‌ها در جدول شماره (۴-۳) ارایه شده است.

جدول شماره ۴-۳: مقادیر حداکثر ضریب اصطکاک جانبی[۹]

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
ضریب اصطکاک جانبی f	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۸

۴-۴-۱-۲. بربلندی

طراح باید شیب عرضی حداکثر (بربلندی) برای قوس‌های افقی را به عنوان یکی از داده‌های اصلی طرح در نظر بگیرد. شیب‌های عرضی حداکثر (بربلندی) برای انواع راه‌های شهری در شرایط اقلیمی مختلف در جدول (۴-۴) ارایه شده است.

جدول شماره ۴-۴: مقادیر حداکثر بربلندی برای انواع راه‌ها (بر حسب درصد)[۳]

نوع راه / شرایط اقلیمی	راه‌های شریانی درجه ۱ و رابط‌های آن‌ها	راه‌های شریانی درجه ۲ و رابط‌های آن‌ها	خیابان‌های محلی
سردسیر با زمستان‌های پربرف	۶	۴	نیم‌رخ معمولی راه
معتدل با چند برف در سال	۸	۴	نیم‌رخ معمولی راه
گرمسیر بدون برف	۱۰	۴	نیم‌رخ معمولی راه

۴-۴-۱-۳. تعیین شعاع حداقل برای قوس‌ها

شعاع حداقل قوس افقی در انواع راه‌های شهری بر حسب سرعت طرح و بربلنـدی از رابطـه (۴-۱) به دست می‌آید[۳و۹]:

$$R_{\text{حداقل}} = \frac{V^{۲}}{۱۲۷(E+F)}$$ (رابطه ۴-۱)

در این رابطه V سرعت طرح، E بربلندی و F حداکثر مجاز ضریب اصطکاک است.

مثال: مطلوبست تعیین حداقل شعاع قـوس افقـی بـرای سـرعت طـرح ۸۰ کیلـومتر در ساعت و با فرض حداکثر بربلندی ۶ درصد.

حل: از جدول (۴-۳)، برای سرعت طرح ۸۰ کیلومتر در ساعت مقدار ضـریب اصـطکاک (f) معادل ۰/۱۴ به دست می‌آید، در نتیجه خواهیم داشت:

$$R_{\text{حداقل}} = \frac{۸۰^{۲}}{۱۲۷(۰/۰۶+۰/۱۴)} = ۲۵۲\ \text{m}$$

۴-۴-۱-۴. تعیین بربلندی برای شعاع‌های بزرگ‌تر از شعاع حداقل

در راه‌های شریانی درجه ۱ و رابطهای تقاطع‌های غیرهم‌سطح آن‌ها، شیب عرضـی مناسـب برای قوس‌هایی که شعاع آن‌ها از شعاع حداقل بیشتر است، به ترتیب زیر تعیین می‌شود:

۱) چنانچه شعاع قوس برابر یا بزرگ‌تر از اعداد ارایـه شـده در جـدول (۴-۵) اسـت، تغییـر دادن شیب عرضی در قوس لازم نیست.

۲) چنانچه شعاع قوس کمتر از مقادیر داده شده در جدول است، شیب عرضی از رابطه زیـر محاسبه می‌شود:

$$e = \frac{V^{۲}}{۱۲۷/۲R} - f$$

جدول شماره ۴-۵:حداقل شعاع قوس افقی با شیب عرضی معمولی در راه‌های شریانی درجه ۱ و رابطه‌های آن‌ها[۳]

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۱۰
حداقل شعاع قوس (متر)	۳۵۰	۶۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰	۳۵۰۰	۴۰۰۰	۴۵۰۰	۵۰۰۰
ضریب اصطکاک ناشی از نیروی عرضی	۰/۰۴۰	۰/۰۴۱	۰/۰۴۰	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۴۰	۰/۰۳۸	۰/۰۴۰	۰/۰۴۱	۰/۰۴۳

۴-۴-۲. طول تأمین بربلندی (طول سرشکن)

برای رعایت ایمنی وسایل نقلیه و زیبایی بصری راه، شیب‌های عرضی را باید ملایم و تدریجی تغییر داد. برای این منظور، بین دو شیب عرضی مختلف، طولی به عنوان طول سرشکن (طول تأمین بربلندی) در نظر گرفته می‌شود. حداقل طول بربلندی به روش زیر تعیین می‌گردد.

طول لازم برای سرشکن کردن یک درصد تغییر شیب عرضی نباید از نصف مسافتی که وسیله نقلیه در ظرف یک ثانیه در سرعت طرح طی می‌کند، کمتر باشد. بر این مبنا، طول سرشکن نباید کمتر از حداقلی باشد که از رابطه زیر به دست می‌آید:

رابطه (۴-۲)

$$L = ۰/۱۵\ Ve$$

که در آن:

L = حداقل طول سرشکن، متر؛

e = تغییر شیب عرضی، درصد؛

V = سرعت طرح، کیلومتر در ساعت.

طول لازم برای تأمین بربلندی از جدول (۵-۱۵) آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها (نشریه شماره ۱۶۱) برای انواع سرعت‌های طرح محاسبه می‌شود.

در صورتی که قوس اتصال وجود دارد، توصیه می‌شود که طول سرشکن برابر طول قوس اتصال در نظر گرفته شود.

$\frac{۲}{۳}$ طول بربلندی در بخش مستقیم مسیر و $\frac{۱}{۳}$ بقیه در داخل قوس اعمال می‌شود.

۴-۴-۳. تعیین حداقل طول مستقیم واقع بین دو قوس معکوس

بین دو دایره معکوس می‌بایست یک قسمت مستقیم سرشکن کردن تغییر شیب‌های عرضی در نظر گرفته شود. طول این قسمت نباید در تحت هیچ شرایط از ۰/۶ درصد مجموع طول-های سرشکن برای شیب عرضی دو دایره کمتر باشد تا بتوان ۶۰ درصد شیب عرضی هر قوس را در محل شروع آن تأمین کرد. اما، با رعایت این حداقل مطلق، مقطع راه در فاصله بین دو قوس معکوس شیب دوطرفه معمولی را پیدا نمی‌کند. زیرا، در این طول تنها می‌توان شیب عرضی یک دایره را حذف و بلافاصله شیب عرضی دایره دیگر را در جهت مخالف شروع نمود. به این ترتیب، در قسمت مستقیم واقع بین دو دایره معکوس مقطعی فاقد شیب عرضی مشاهده می‌شود. این وضعیت از نظر تخلیه آب‌های بارش از سطح راه نیز مناسب نیست.

برای جلوگیری از این وضعیت و همچنین برای دادن فرصت بیشتر به رانندگان برای تغییر جهت، باید سعی کنند که در راه‌های شریانی درجه ۱ و رابط‌های آن‌ها فاصله مستقیم واقع بین دو قوس معکوس از حداقل مطلق فوق تا حد امکان بیشتر باشد. مطلوب آن است که مقطع عرضی در فاصله دو قوس به مقطع عرضی معمولی راه برسد و سپس تغییر جهت دهد.

حداقل مطلق و حداقل مطلوب طول مستقیمی که باید در فاصله بین دو قوس معکوس در نظر گرفته شود، به شرح زیر تعیین می‌شود[۳]:

$L_۱=۰/۰۹ (e_۱ + e_۲)V$

(رابطه ۴-۳)

$L_۲=۰/۱۵ (e_۱ + e_۲)V$

(رابطه ۴-۴)

در این روابط:

L_1= حداقل مطلق طول قسمت مستقیم واقع بین دو دایره معکوس، بر حسب متر؛

L_2= حداقل مطلوب طول قسمت مستقیم واقع بین دو دایره معکوس، بر حسب متر؛

e_1= شیب عرضی دایره اول، درصد؛

e_2= شیب عرضی دایره دوم، درصد؛ و

V= سرعت طرح، کیلومتر در ساعت.

لازم به ذکر است که در صورت استفاده از قوس اتصال، ایجاد بخش مستقیم بین دو قوس معکوس ضروری نیست. طرز اعمال تبدیل شیب‌های عرضی در بخش ۲ آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری و کتاب طرح هندسی راه، دکتر حمید بهبهانی ارایه شده است.

۴-۵. تعریض خط در قوس‌ها

وسایل نقلیه هنگام عبور از قوس‌ها به سه دلیل زیر به عرض بیشتری نیاز دارند:

۱) وسیله نقلیه مستقیم است و کاملاً از شکل قوس پیروی نمی‌کند، به این علت، عرض اشغال وسیله نقلیه از عرض فیزیکی آن بیشتر است.

۲) در قوس‌ها، پیش‌آمدگی جلوی وسیله نقلیه عرضی را اشغال می‌کند. در سرعت‌های ۱۵ کیلومتر در ساعت و کمتر، چنانچه خارج شدن پیش‌آمدگی جلو ممکن باشد و پیش‌آمدگی به موانع واقع در کنار سواره‌رو (درخت، پایه‌های علائم و...) برخورد نکند؛ در تعیین عرض سواره‌رو، می‌توان پیش‌آمدگی جلو را در نظر نگرفت.

۳) هدایت وسیله نقلیه در قوس‌ها مشکل‌تر از قسمت‌های مستقیم راه است. برای در نظر گرفتن این تفاوت، باید عرض بیشتری در قوس منظور کرد.

مقدار اضافه عرض روسازی در قوس از رابطه‌های زیر به دست می‌آید[۳]:

$$W=W_c-W_n$$

(رابطه ۴-۵)

$$W_c=2(U+C)+F_A+Z$$

(رابطه ۴-۶)

که در این روابط:

W= اضافه عرض روسازی در پیچ برای راه دو خطه (بر حسب متر)

W_c= عرض روسازی راه دوخطه در پیچ (بر حسب متر)

W_n= عرض روسازی راه دوخطه در مسیر مستقیم (بر حسب متر)

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

C= فاصله آزاد جانبی وسیله نقلیه که برای سواره‌روهای با عرض ۶، ۶/۵ و ۷/۳ متر به ترتیب معادل ۰/۶، ۰/۷ و ۰/۹ متر است.

F_A= عرض پیش‌آمدگی جلو وسیله نقلیه (بر حسب متر)

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

مقادیر U، F_A و Z از رابطه‌های زیر به دست می‌آید[۳]:

$$U = U_0 + R - \sqrt{R^2 + L^2}$$

(رابطه ۴-۷)

$$F_A = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R$$

(رابطه ۴-۸)

$$Z = \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

(رابطه ۴-۹)

در این روابط نیز:

U_0= عرضی که توسط وسیله نقلیه (عرض خارجی چرخ‌ها) در مسیر مستقیم اشغال می‌شود (بر حسب متر)

R= شعاع محور راه دوخطه در قوس (بر حسب متر)

L= فاصله بین محورهای جلو و عقب

A= فاصله بین پیش‌آمدگی جلو وسیله نقلیه و محور جلو

V= سرعت طرح بر حسب کیلومتر در ساعت.

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

برای قوس‌های با شعاع کمتر از ۱۷۰ متر، میزان اضافه عرض، حداقل ۰/۶ متر منظور می‌شود و برای روسازی راه‌های دوخطه به عرض ۷/۳ متر، در قوس‌های با شعاع انحنای ۱۷۰ متر و بیشتر، اضافه عرض در نظر گرفته نمی‌شود. اضافه عرض روسازی راه‌های

دوخطه یک‌طرفه، مانند راه‌های دوخطه دوطرفه در نظر گرفته می‌شود و این مقدار برای راه‌های چهارخطه جدا نشده، دو برابر مقدار نظیر برای راه‌های دوخطه دوطرفه خواهد بود.

راننده باید بتواند مسیر مقابل خود را، به فاصله کافی، ببیند تا هنگام روبرو شدن با وضعیت‌های پیش‌بینی نشده قادر به انتخاب و اعمال به موقع عکس‌العمل‌های لازم و خروج ایمن از وضعیت پیش آمده باشد. اگر خطری در روی سطح جاده ظاهر شود، فاصله دید راننده باید به اندازه‌ای باشد که بتواند پیش از برخورد به آن، وسیله نقلیه را متوقف کند.

فواصل دید در راه به سه دسته تقسیم می‌شوند:

الف) فاصله دید توقف

ب) فاصله دید سبقت

پ) فاصله دید انتخاب

۴-۵-۱. فاصله دید توقف

فاصله دید توقف از دو فاصله زیر تشکیل می‌شود:

الف) فاصله تصمیم‌گیری

ب) فاصله ترمزگیری (عکس‌العمل)

الف) فاصله تصمیم‌گیری

در وضعیت‌های عادی و هنگام روبرو شدن با خطرهایی که راننده انتظار آن‌ها را در سطح جاده دارد، مدت تصمیم‌گیری را بین ۰/۴ تا ۰/۷ ثانیه اندازه گرفته‌اند. اما، این مدت برای رانندگان خسته و یا در وضعیت‌های نامساعد محیطی (وجود نور و صدای مزاحم) بیشتر

است. برعکس، مدت تصمیم‌گیری در وضعیت مساعد محیطی و برای رانندگانی کـه تمرکـز حواس دارند کوتاه‌تر است. آزمایش نشان داده که اگر رانندگانی که زمان تصمیم‌گیری آن‌ها در شرایط عادی حدود ۱/۵ ثانیه است، حواس خود را متمرکز کننـد، زمـان تصـمیم‌گیـری آن‌ها به حدود ۰/۳ ثانیه کاهش می‌یابد.

در تعیین فاصله دید توقف، زمان تصمیم‌گیری معادل ۲/۵ ثانیه در نظر گرفته می‌شـود. به این ترتیب، فاصله تصمیم‌گیری از فرمول زیر به دست می‌آید[۳]:

d_1=۰/۶۹۵V

(رابطه ۴-۱۰)

که در آن:

d_1= فاصله تصمیم‌گیری به متر،

V= سرعت طرح به کیلومتر در ساعت است.

ب) فاصله ترمزگیری

فاصله ترمزگیری با استفاده از فرمول زیر تعیین می‌شود[۳و۹]:

$$d_2 = \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

(رابطه ۴-۱۱)

که در آن:

d_2= طول فاصله ترمزگیری به متر،

i= قدرمطلق شیب طولی راه، که مقدار آن در سربالایی مثبت و در سرازیری منفی است.

f= ضریب اصطکاک بین چرخ و روسازی است. این ضریب به وضعیت روسازی و لاستیک، سرعت طرح وضعیت رطوبتی و روسازی بستگی دارد.

در فرمول فوق، ضریب اصطکاک برای روسازی فرسوده و مرطوب و لاستیک کهنه در نظر گرفته می‌شود. مقادیر ضریب اصطکاک در حالت روسازی مرطوب در جدول (۴-۶) ارایه شده است.

جدول شماره ۴-۶: مقادیر ضریب اصطکاک در حالت روسازی مرطوب[۳]

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۳۰
ضریب اصطکاک (f)	۰/۴	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۳	۰/۳	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۶۸

مثال: مطلوبست تعیین فاصله دید توقف در مورد راهی با سرعت طراحی ۷۰ کیلومتر در ساعت و شیب سربالایی ۳ درصد.

حل: از جدول (۴-۶) مقدار ضریب اصطکاک معادل ۰/۳۱ حاصل می‌شود. بنابراین خواهیم داشت:

$$d = d_1 + d_2 = ۰/۶۹۵ \times (۷۰) + \frac{(۷۰)^۲}{۲۴۵(۰/۳۱ + ۳)} = ۵۴/۷$$

۴-۵-۲. فاصله دید انتخاب

فاصله دید توقف به راننده آگاه فرصت می‌دهد تا در برخورد با خطر مورد انتظار ولی ناگهانی، بتواند وسیله خود را متوقف کند. اما، این فاصله برای وضعیت‌های پیچیده‌ای که راننده باید برای انتخاب نوع عکس‌العمل، اطلاعات دریافتی را ارزیابی کند، معمولاً کافی نیست. بنابراین، در وضعیت‌هایی که اطلاعات دریافتی قاطع و آشکار نیست و یا عکس-

العمل‌های غیرمنتظره‌ای لازم می‌شود، فاصله دید توقف کافی نیست. در این موارد باید از فاصله دید انتخاب استفاده کنند.

فاصله دید انتخاب از دو قسمت، به شرح زیر، تشکیل می‌شود:

- فاصله تصمیم‌گیری
- فاصله عکس‌العمل

فاصله تصمیم‌گیری به وضعیت راننده، وضعیت محیط و سادگی و پیچیدگی نوع انتخاب بستگی دارد. فاصله عکس‌العمل، بیش از هر عامل دیگری تابع نوع عکس‌العمل و سرعت حرکت وسیله نقلیه است.

فاصله‌های دید انتخاب برای سرعت طرح‌های مختلف در جدول (۴-۷) ارایه شده است. در تعیین محل نصب علایم کنترل ترافیک، و همچنین در تعیین فاصله دید لازم برای قابل رویت کردن دهانه خروجی‌ها و انشعاب‌ها و در سایر مواردی که راننده ناچار به تغییر خط است، باید فاصله دید انتخاب را به کار ببرند.

اگر به علت محدودیت‌های فیزیکی، تأمین کردن فاصله دید انتخاب عملی نباشد، باید با استفاده از تابلوهای هدایتی یا پیش‌آگهی، راننده را به وضعیت مورد نظر (مثلاً خروج از راه اصلی، ورود به محوطه پارکینگ، و رسیدن به چراغ راهنما) هدایت کنند.

جدول شماره ۴-۷: فواصل دید انتخاب[۳]

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۳۰
فاصله دید انتخاب (متر)	۱۴۵	۱۷۵	۲۰۰	۲۳۰	۲۷۵	۳۱۵	۳۳۵	۴۱۵

۴-۵-۳. فاصله دید سبقت

در راه‌های دوخطه دوطرفه، سبقت‌گیری در خطی انجام می‌شود که موارد استفاده وسایل نقلیه طرف مقابل است. فاصله دید سبقت کم‌ترین فاصله‌ای است که رانندگان می‌توانند با سرعت مناسب و در شرایط ایمن و بدون برخورد با خودرو مقابل، از خودرو جلوتر سبقت بگیرند.

در راه‌های شهری، فراهم ساختن فاصله دید سبقت ضرورتی ندارد و توصیه نمی‌شود. اما، در علامت‌گذاری راه‌های دوخطه دوطرفه اطراف شهرها و راه‌های عبوری لازم می‌شود که قسمت‌های مجاز و غیرمجاز برای سبقت‌گیری را با علامت‌گذاری مشخص کنند. در این موارد، باید از فاصله‌های دید سبقت تعیین شده در جدول شماره (۴-۸) استفاده شود.

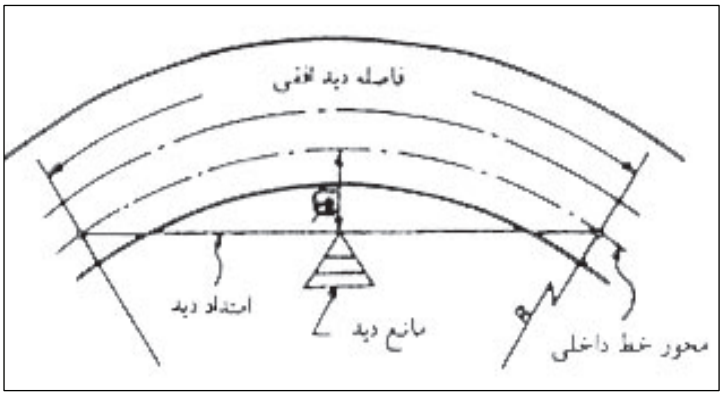
جدول شماره ۴-۸: حداقل فاصله دید سبقت[۳]

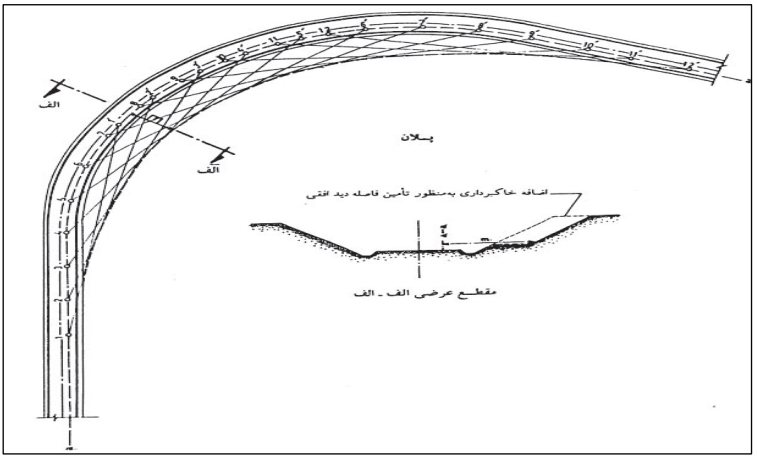
سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۳۰
حداقل فاصله دید سبقت (متر)	۲۱۷	۲۸۵	۳۴۵	۴۰۷	۴۸۲	۵۴۱	۶۰۵	۶۷۰	۷۲۸	۸۵۵

فاصله دید سبقت بر این اساس تعیین می‌شود که ارتفاع چشم راننده از سطح راه ۱۰۷ سانتی‌متر و ارتفاع مانع (خودرو مقابل)، ۱۳۰ سانتی‌متر است.

۴-۶. محدودیت دید افقی در قوس‌ها (فاصله دید توقف در قوس‌ها)

موانع دید واقع در کنار سواره‌رو ممکن است جلوی دید راننده را در قوس‌ها بگیرد. ساختمان، دیوار، درخت، شیروانی خاکبرداری و نرده‌های حافظ، معمولی‌ترین موانع محدودکننده دید رانندگان در قوس‌هاست. موانع واقع در کنار سواره‌رو در صورتی دید افقی رانندگان را محدود می‌کنند که در سمت داخلی قوس واقع باشند.





شکل شماره ۴-۱: فاصله دید در پیچ

شکل شماره ۴-۲: روش تأمین دید افقی در قوس‌ها

هنگام طراحی مسیر، برای فاصله دید کافی باید ضوابط این بند مورد استفاده قرار گیرد. در این ارتباط، دو حالت هنگام طراحی در نظر گرفته می‌شود:

الف) S<L:

در این حالت فاصله دید کوچک‌تر از طول پیچ است و خط دید در ارتفاع ۰/۶ متری در امتداد محور میانی خط عبور کناری در نظر گرفته می‌شود. در این حالت فاصله موانع از محور طولی راه از رابطه زیر به دست می‌آید[۹]:

$$m = R\left(1 - \frac{\cos 28/65}{R} S\right)$$

(رابطه ۴-۱۲)

که در این رابطه:

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

R= شعاع قوس (بر حسب متر)

S= فاصله دید توقف (بر حسب متر)

مقدار زاویه در رابطه فوق بر حسب درجه است. برای جزئیات بیشتر به فصل ۵ آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها (نشریه شماره ۱۶۱) مراجعه شود.

ب) S>L:

در این حالت فاصله دید بزرگ‌تر از طول قوس است و خط دید در ارتفاع ۰/۶ متری در امتداد محور میانی خط عبور کناری در نظر گرفته شده است. برای محاسبه m از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$m = \frac{L(2S - L)}{8R}$$

(رابطه ۴-۱۳)

برای پاکسازی محوطه شامل درختان یا زمین طبیعی، مطابق شکل (۴-۲) عمل می‌شود.

۴-۷. هماهنگی اجزای پلان

رعایت ضوابط داده شده برای اجزای پلان ضروری است اما به تنهایی کافی نیست. یعنی مطابق استاندارد، منظور نمودن همه اجزا هندسی، لزوماً به یک پلان خوب منجر نمی‌شود. در یک پلان مناسب، اجزا متناسب با یکدیگر و هماهنگ با محیط خود انتخاب می‌شوند. ضوابط و رهنمودهای کلی زیر، برای هماهنگی اجزای پلان در راه‌های شریانی درجه ۱ پیشنهاد می‌شود.

- اجزای مسیر راه باید با هم هماهنگ باشند. سرعت طرح در قسمت‌های مختلف را نباید به طور ناگهانی تغییر داد. در یک مرحله نباید سرعت طرح را بیش از ۱۵ کیلومتر در ساعت تغییر دهند.
- از حداقل‌ها کمتر استفاده و سعی شود که شعاع قوس‌ها و مخصوصاً فاصله‌های دید از حداقل‌های تعیین شده در آیین‌نامه‌ها بیشتر باشد. همچنین، باید سعی کنند که طول شعاع قوس‌های نزدیک به یکدیگر و در حدود هم باشد.
- از قرار دادن قوسی که شعاع آن حداقل یا نزدیک به حداقل است در انتهای یک امتداد مستقیم طولانی خودداری شود. اگر قرار دادن قوس تندی در انتهای یک قسمت مستقیم ضروری است، بهتر است بین قوس تند و امتداد مستقیم، یک یا چند قوس ملایم‌تر قرار دهند. همچنین، از گذاشتن قوس تند در انتهای یک سرپایینی تند خودداری شود. از قرار دادن پی‌درپی قوس‌های حداقل که به مسیر حالت مارپیچ می‌دهد، نیز خودداری شود.
- اگر زاویه تغییر جهت در ۵ درجه یا کمتر است، طول قوس نباید از ۱۵۰ متر کمتر باشد؛ اگر ۰/۵ درجه یا کمتر است، قوس لازم نیست.

- از تغییر جهت‌های ناگهانی باید خودداری کنند. از این نظر، بهتر است که طول قسمت مستقیم واقع بین دو قوس معکوس از حداقل‌هایی که در بند (۴-۳-۳) ارایه شد، بیشتر بگیرند.

- باید از قرار دادن فاصله مستقیم کوتاه بین دو قوس هم‌جهت خودداری کنند. برای این منظور، فاصله بین دو قوس هم‌جهت در راه‌های شریانی درجه ۱ نباید از اعداد ارایه شده در جدول (۴-۹) کمتر باشد.

جدول شماره ۴-۹: حداقل طول قسمت مستقیم ضروری بین دو قوس هم جهت در راه‌های شریانی درجه ۱[۳]

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰
حداقل طول مستقیم در قوس هم جهت (متر)	۲۰۰	۳۰۰	۴۵۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۵۰

- عرض سواره‌رو را نباید به طور ناگهانی تغییر داد. این تغییر باید در طولی به نام طول تغییر عرض انجام شود.

- اجرای تغییر شیب عرضی و همچنین اجرای قوس در پل‌ها همیشه مشکل است. به علاوه، آب جمع شده در سطح پل‌ها زودتر یخ می‌زند و رانندگان که انتظار یخزدگی سطح راه را ندارند، در عبور از روی پل سرعت خود را کم نمی‌کنند و در نتیجه کنترل خود را در روی سطح یخزده پل، از دست می‌دهند. به منظور هدایت بهتر آب‌های بارش در روی پل‌ها و همچنین با توجه به مشکل بودن اجرا، باید از قرار دادن پل در فاصله دو قوس معکوس نزدیک به هم و در محل تغییر شیب عرضی خودداری کنند. همچنین باید سعی شود که تا حد امکان پل‌های بزرگ در قوس‌ها قرار نگیرند.

- اجزای پلان راه و محل قوس‌ها و امتدادها باید با اجزای نیم‌رخ طولی و قرارگیری کلی راه هماهنگ باشد. باید کاملاً متوجه بود که از یک پلان مناسب و یک نیم‌رخ طولی مناسب لزوماً یک مسیر مناسب به دست نمی‌آید؛ مگر آن‌که ارتباط اجزای افقی و قائم با یکدیگر در نظر گرفته شود.
- در خاکریزهای بلند و طولانی بهتر است که قوس با شعاع زیاد انتخاب شود.

۴-۸. نیم‌رخ طولی

۴-۸-۱. حرکت وسایل نقلیه در شیب‌ها و تأثیر آن بر حرکت

شیب طولی راه، در حرکت و عملکرد وسایل نقلیه به خصوص وسایل نقلیه سنگین تأثیر می‌گذارد. این تأثیرات را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

الف) سرعت حرکت وسایل نقلیه به خصوص وسایل نقلیه سنگین در سرازیری‌ها افزایش می‌یابد.

ب) ظرفیت راه در سربالایی‌ها، به علت کم شدن سرعت وسایل نقلیه سنگین، کاهش می‌یابد.

پ) حداقل فاصله دید لازم برای وسایل نقلیه سنگین در سرازیری‌ها افزایش می‌یابد.

ت) آلودگی صوتی ناشی از حرکت وسایل نقلیه سنگین در سربالایی‌ها افزایش می‌یابد.

ث) آلودگی هوای ناشی از ترافیک در سربالایی‌ها افزایش می‌یابد.

ج) به حرکت درآوردن وسایل نقلیه، هنگام برف و یخبندان، در سربالایی‌ها مشکل است و بعضاً لغزش وسایل نقلیه را نیز در پی خواهد داشت.

چ) احتمال تصادف وسایل نقلیه در شیب‌های تند افزایش می‌یابد.

الف) تغییر سرعت حرکت: وسایل نقلیه در سرازیری‌های تند سرعت می‌گیرند. این موضوع مخصوصاً از نظر ایمنی پیاده‌ها به خصوص در خیابان‌های محلی اهمیت دارد.

سرعت وسایل نقلیه و مخصوصاً وسایل نقلیه سنگین در سربالایی‌های تند و طولانی کاهش می‌یابد و این موضوع در ظرفیت و ایمنی راه‌های شریانی نیز تأثیر می‌گذارد.

اتومبیل‌های سواری می‌توانند بدون کاهش قابل توجه سرعت، سربالایی‌های ۴ تا ۵ درصد را طی کنند. اما، از سرعت آن‌ها در شیب‌های تندتر و طولانی کاسته می‌شود.

سربالایی‌های تند و طولانی در حرکت وسایل نقلیه سنگین تأثیر چشمگیری دارد. مقدار کاهش سرعت وسایل نقلیه سنگین در سربالایی‌ها به عوامل زیر بستگی دارد:

- نسبت وزن به نیروی محرکه وسایل نقلیه سنگین
- مقدار شیب طولی
- طول شیب.

هر چه نسبت وزن به نیروی محرکه بیشتر باشد، تأثیر شیب در حرکت وسایل نقلیه سنگین زیادتر است. برای جزئیات بیشتر در خصوص تأثیر شیب در کاهش و افزایش سرعت وسایل نقلیه به آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری و آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها مراجعه شود.

ب) کاهش ظرفیت: به دلیل کاهش سرعت وسایل نقلیه سنگین، ظرفیت راه در سربالایی‌ها کاهش می‌یابد. کاهش ظرفیت در سربالایی‌ها به عوامل زیر بستگی دارد:

- درصد وسایل نقلیه سنگین
- مقدار شیب طولی
- طول شیب.

در صورتی که طول سربالایی به اندازه‌ای باشد که باعث کاهش چشمگیر ظرفیت راه شود، برای بهبود سطح سرویس راه، خط کمکی سربالایی بایستی در طراحی‌ها در نظر گرفته شود. برای جزئیات بیشتر به فصل ۵ آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها و کتاب طرح هندسی راه‌ها و خیابان‌ها (پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری) مراجعه شود.

پ) نیاز به فاصله دید بیشتر: در سرازیری‌ها، فاصله ترمزگیری وسایل نقلیه بیشتر است و از این بابت، وسایل نقلیه به فاصله دید بیشتری برای توقف نیاز دارند. اما، رانندگان وسایل نقلیه در سرازیری موضع بلندتری دارند و به این علت فاصله بیشتری را رویت می‌کنند. بنابراین، فاصله دید بیشتری که در سرپایینی مورد نیاز است در بیشتر موارد خود به خود فراهم می‌شود. توجه مخصوص در سرپایینی‌هایی ضروری است، که وجود موانع واقع در کنار راه دید افقی رانندگان وسایل نقلیه را در قوس‌های افقی محدود می‌کند.

ت) افزایش آلودگی صوتی : مقدار سر و صدایی که وسایل نقلیه سنگین در سربالایی‌ها ایجاد می‌کنند، بسیار بیشتر از سر و صدای تولید شده در سرازیری‌ها است. تفاوت سر و صدای وسایل نقلیه سنگین در سربالایی‌ها و سرپایینی‌ها به ۲۰ دسی‌بل می‌رسد (دسی‌بل واحد اندازه‌گیری صداست و برای نشان دادن اهمیت ۲۰ دسی‌بل تفاوت، اشاره می‌شود که این مقدار بیش از تفاوت استانداردهای تعیین شده برای داخل و بیرون بناهای مسکونی است). بنابراین، در قرار دادن سربالایی‌ها باید تأثیرات آن‌ها را بر بناهای واقع در اطراف راه‌های شهری که نسبت به سر و صدا حساس‌اند، در نظر گرفت.

ث) افزایش آلودگی هوا: وسایل نقلیه در سربالایی‌ها هوا را بیشتر آلوده می‌کنند. هرچه سربالایی تندتر باشد، تأثیر آن در آلودگی هوا زیادتر است.

ج) مشکلات حرکت وسایل نقلیه در برف و یخبندان: هنگامی که سطح راه یخ زده یا پوشیده از برف است، حرکت وسایل نقلیه و به حرکت در آوردن آن‌ها در سربالایی‌ها مشکل

است. به این دلیل، مقدار شیب طولی را در مناطق سردسیر باید کمتر بگیرند، در این مناطق، تا حد امکان بهتر است، شیب طولی تقاطع‌ها را ملایم‌تر انتخاب کنند.

چ) افزایش تصادفات: در سربالایی‌ها، تفاوت سرعت وسایل نقلیه سنگین و سبک و در سرازیری‌های تند و طولانی، سرعت زیاد وسایل نقلیه، باعث افزایش احتمال تصادف خواهد شد.

۴-۸-۲. حداقل و حداکثر شیب طولی مجاز راه‌ها

۴-۸-۲-۱. حداکثر شیب طولی

با توجه به اصول فوق، به عنوان یک سیاست کلی، باید سعی کنند که شیب طولی راه‌های شهری ملایم باشد.

از نظر رعایت حال دوچرخه‌ها و پیاده‌ها، شیب طولی راه‌ها نباید از شیب‌های داده شده در جدول (۴-۱۰) بیشتر باشد. شیب‌های طولی تند حرکت دوچرخه و پیاده را مشکل می‌کند.

دوچرخه سواران بیشتر از پیاده‌ها نسبت به شیب‌های تند حساسیت دارند. شیب طولی بیشتر از ۵ درصد برای دوچرخه سواران دشوار است.

از نظر حرکت وسایل نقلیه موتوری، حداکثر مجاز شیب‌های طولی برای انواع راه‌های شریانی در جدول‌های (۴-۱۱) الی (۴-۱۳) ارایه شده است.

حداکثرهای داده شده در جدول‌های مذکور حداکثرهای مطلق است و تا حد امکان باید از شیب‌های طولی ملایم‌تر استفاده شود.

چنانچه در امتداد مسیر وسایل نقلیه موتوری دوچرخه‌رو و پیاده‌رو در نظر گرفته می‌شود یا چنانچه وسایل نقلیه موتوری و دوچرخه‌ها از سواره‌رو به طور مشترک استفاده می‌کنند، شیب‌های طولی نباید از حداکثرهای داده شده در جدول (۴-۱۰) بیشتر شود.

جدول شماره ۴-۱۰: حداکثر شیب طولی خیابان با توجه به نیازهای پیاده و دوچرخه[۳]

مسیری که در امتداد راه قرار دارد	حداکثر شیب طولی (درصد)	
	غالب	با طول شیب کمتر از ۲۰۰ متر
مسیرهای دوچرخه	۲	۵
مسیرهای پیاده	۵	۷

جدول شماره ۴-۱۱: حداکثر شیب طولی برای مسیر اصلی راه‌های شریانی درجه ۱[۳]

نوع منطقه	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)					
	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰
	حداکثر شیب طولی (درصد)					
هموار	۴	۴	۴	۴	۳	۳
تپه ماهور	۵	۵	۵	۵	۴	۴
کوهستانی	۷	۷	۶	۶	۵	۵

* چنانچه نیم‌رخ دو طرف راه مستقل از هم باشد، در سرازیری‌ها می‌توان به حداکثرهای داده شده ۱ درصد اضافه کرد.

جدول شماره ۴-۱۲: حداکثر شیب طولی برای رابط‌های راه‌های شریانی درجه ۱[۳]

نوع رابط و وضعیت قرارگیری	درصد وسایل نقلیه سنگین به حجم ترافیک	
	۵ درصد و بیشتر	کمتر از ۵ درصد
ورودی		
سرپایینی	۶	۸
سربالایی	۸	۷
خروجی		
سرپایینی	۵	۵
سربالایی	۸	۹

جدول شماره ۴-۱۳: حداکثر شیب طولی برای راه‌های شریانی درجه ۲ (درصد)[۳]

شرایط اقلیمی	وضعیت ترافیک وسایل نقلیه سنگین	
	معمولی (حدود ۲۰ درصد)	زیاد (بیش از ۲۰ درصد)
برف و یخبندان‌های طولانی	۶	۶
تعدادی برف و یخبندان در طول سال	۸	۷
بدون برف و یخبندان	۱۱	۸

مقدار شیب طولی باید با طبیعت منطقه سازگار باشد. برای رعایت این اصل، عموماً لازم است که شیب‌های کمتری در محیط‌های شهری انتخاب شود. غالباً، وجود شیب‌های طولی تند از وجود یک ناهماهنگی بین پلان و نیم‌رخ طولی و یا بین راه و محیط اطرافش خبر می‌دهد.

حداکثر مجاز شیب طولی در راه‌های برون‌شهری در آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها ارایه شده است.

۴-۸-۲-۲. حداقل شیب طولی

به منظور کمک کردن به تخلیه آب‌های بارش از سطح جاده و همچنین تأمین حداقل شیب طولی لازم برای جریان آب‌های جاری شده در پای جدول‌ها و یا در آبروهای کنار راه، شیب طولی نباید از حداقل‌های ارایه شده در جدول (۴-۱۴) کمتر باشد.

جدول شماره ۴-۱۴: حداقل شیب طولی در انواع راه‌های شهری[۳]

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

۴-۸-۳. قوس‌های قائم

از نظر ایمنی، راحتی سرنشینان وسایل نقلیه و زیبایی بصری راه، شیب‌های طولی را باید تدریجی و ملایم تغییر داد. برای این کار، از منحنی‌هایی که قوس‌های قائم خوانده می‌شوند، استفاده می‌کنند. طول قوس قائم بر حسب میزان تغییر شیب طولی تعیین می‌شود.

اگر مقدار تغییر شیب طولی ۰/۵ درصد و یا کمتر است، قرار دادن قوس قائم در محل تغییر شیب ضروری نیست و نقطه تغییر شیب را می‌توان به صورت یک شکستگی در نیم‌رخ طولی مشخص کرد. اگر مقدار تغییر شیب بیش از ۰/۵ درصد است، در محل تغییر شیب باید قوس قائم قرار داد.

۴-۸-۳-۱. تعیین طول قوس قائم گنبدی

قوس‌های گنبدی دید راننده وسایل نقلیه را محدود می‌کنند. طول این قوس‌ها باید به اندازه‌ای باشد که حداقل فاصله دید توقف، برای رانندگان وسایل نقلیه موتوری، فراهم شود. شکل (۴-۳) نشان می‌دهد که چگونه قوس‌های گنبدی جلوی دید رانندگان را می‌گیرند. اگر در قوس‌های قائم گنبدی فاصله دید توقف فراهم شود، نرمی قوس برای تأمین راحتی سرنشینان و زیبایی بصری راه کافی خواهد بود.

برای تأمین فاصله دید در قوس‌های گنبدی، باید شرط زیر برقرار باشد:

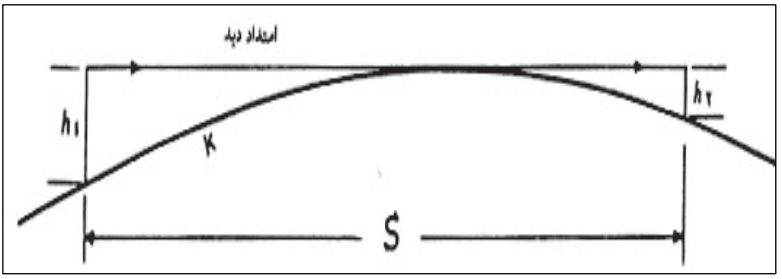
$$L \geq KA$$

(رابطه ۴-۱۴)

که در آن:

L = طول قوس قائم گنبدی، متر؛

K = ضریب، بر حسب سرعت طرح از جدول (۴-۱۵) به دست می‌آید (ضریب K بر حسب متر است و معنای فیزیکی آن طول لازم قوس قائم برای یک درصد تغییر شیب طولی است) و



A: مقدار جبری تغییر شیب طولی، درصد.

شکل شماره ۴-۳: محدودیت دید در قوس قائم گنبدی

$$K = \frac{S^2}{۴۰۴}$$

h_1: فاصله چشم راننده از سطح راه: ۱۰۷ سانتی‌متر؛

h2: ارتفاع مانع: ۱۵ سانتی‌متر؛

S: فاصله دید توقف.

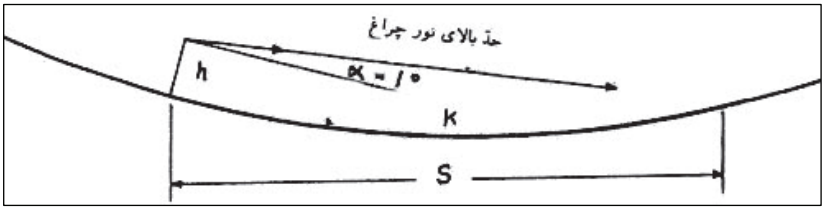
جدول شماره ۴-۱۵: مقادیر حداقل K برای قوس‌های گنبدی[۳و۹]

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
فاصله مسیر توقف S (متر)	۳۰	۵۰	۶۵	۸۵	۱۰۵	۱۳۰	۱۶۰	۱۹۰	۲۲۰	۲۵۵	۲۹۰
حداقل مقدار K (متر)	۳	۷	۱۱	۱۸	۲۷	۴۲	۶۳	۸۹	۱۲۰	۱۶۱	۲۰۸

۴-۸-۳-۲. تعیین طول قوس قائم کاسه‌ای

قوس کاسه‌ای، در روز، مانع دید نیست و اگر روشنایی محیط کافی باشد در شب نیز دید راننده را محدود نمی‌کند. اما قوس کاسه‌ای، فاصله‌ای را که توسط نور چراغ‌های وسایل

نقلیه روشن می‌شود، محدود می‌کند (شکل ۴-۴). طول لازم برای تأمین دید راننده، توسط چراغ‌های خودرو بیشتر از طولی است که از نظر راحتی سرنشینان وسایل نقلیه برای قوس‌های کاسه‌ای لازم است. بنابراین، اگر طول لازم برای تأمین دید توسط چراغ‌های



وسایل نقلیه فراهم شود، شرط لازم برای راحتی سرنشینان نیز تأمین می‌شود.

شکل شماره ۴-۴: محدودیت دید در قوس قائم کاسه‌ای در وضعیت بدون روشنایی[۳و۹]

$$K = \frac{S^2}{۱۲۲ + ۳/۵\,S}$$

(رابطه ۴-۱۵)

S = فاصله دید توقف؛

h = ارتفاع چراغ‌های جلو از سطح راه: ۶۰ سانتی‌متر؛

$\propto$ = زاویه پخش نور اتومبیل: یک درجه.

حداقل طول قوس‌های کاسه‌ای، نظیر قوس‌های گنبدی، از رابطه (۴-۱۵) به دست می‌آید. مقادیر K از جدول (۴-۱۶) به دست می‌آید.

جدول ۴-۱۶: مقادیر حداقل K برای قوس قائم کاسه‌ای[۳]

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰
فاصله مسیر توقف S (متر)	۳۰	۵۰	۶۵	۸۵	۱۰۵	۱۳۰	۱۶۰	۱۹۰	۲۲۰	۲۵۵	۲۹۰
حداقل مقدار K (متر)	۴	۸	۱۲	۱۷	۲۲	۲۹	۳۸	۴۶	۵۴	۶۴	۷۴

۴-۸-۳-۳.حداقل مطلق طول قوس‌های قائم

در مواردی که میزان تغییر شیب طولی کم است، حداقل‌هایی که برای قوس‌های قائم با استفاده از روش‌های فوق به دست می‌آید، از نظر زیبایی بصری ممکن است کافی نباشد و نیم‌رخ طولی شکسته و بدنما به نظر آید. برای رعایت زیبایی بصری راه، طول قوس‌های قائم گنبدی یا کاسه‌ای (بر حسب متر) در هیچ وضعیتی نباید از ۰/۶ سرعت طرح راه (بر حسب کیلومتر در ساعت) کمتر باشد و در هر حال از ۳۰ متر کمتر نباشد.

۴-۸-۳-۴. وضعیت تخلیه آب‌های بارش در قوس‌های قائم

در قوس‌های قائمی که شیب طولی تغییر جهت می‌دهد، باید به مسئله هدایت آب‌های بارش در سطح راه توجه شود. ابتدا باید نقطه تغییر شیب طولی (نقطه بلندی یا نقطه گودی) را مشخص نمود و سپس با توجه به شیب‌های عرضی، مسیر جریان آب را در سطح راه مشخص می‌کنند. اگر به دریچه تخلیه آب نیاز است، محل آن‌ها را باید بر اساس این بررسی‌ها تعیین کنند.

بررسی جریان حرکت آب‌های بارش سطح راه مخصوصاً در وضعیت‌هایی حساس است که قوس‌های افقی و قائم با یکدیگر ترکیب می‌شوند. در این موارد، شیب طولی و شیب عرضی هر دو تغییر جهت می‌دهند و به این علت هریک از آن‌ها در نقطه‌ای صفر می‌شود. اگر شیب طولی صفر در حدود نقاطی قرار گیرد که در آن نقاط شیب عرضی برای تخلیه سریع آب‌های بارش کافی نیست، آب‌های بارش از روی سطح راه به خوبی تخلیه نمی‌شود. برای اصلاح این وضعیت، حتی ممکن است تجدید نظر در پلان و نیم‌رخ طولی لازم شود.

به علاوه، در نقاطی که لبه راه دارای جدول است و همچنین در نقاطی که شیب عرضی تغییر جهت می‌دهد، طول قوس‌های قائمی که شیب طولی آن‌ها تغییر جهت می‌دهد، نباید از حد معینی بیشتر باشد. عیب طول زیاد برای چنین قوس‌های قائمی این است که در

طول نسبتاً زیادی شیب طولی راه کمتر از حداقل مطلوب ۰/۵ درصد مـی‌شـود. اگـر شـیب عرضی کافی نبوده و یا در لبه راه جدول باشد، تخلیه آب‌های بارش از سطح راه مشکل می-شود.

۴-۸-۳-۵. قوس‌های قائم در پل‌ها و تونل‌ها

قرار دادن قوس‌های قائم گنبدی در پل‌ها و تونل‌ها بلامانع است. اما قرار دادن قوس قائم کاسه‌ای (که دارای خط‌القعر است) در پل‌ها و تونل‌ها و سایر ابنیه فنی مجاز نیست. وجود نقطه گودی در روی پل‌ها و تونل‌ها ممکن است در تخلیه آب‌های سطحی ایجاد مشکل کند. قرار دادن دریچه در نقطه گودی مشکل را کاملاً حل نمی‌کند، زیرا دریچه ممکن است مسدود شود. در برف‌روبی‌ها، برف‌های انباشته شده غالباً دریچه‌ها را می‌بندد.

۴-۸-۳-۶. قوس‌های قائم مرکب

قوس قائم مرکب، قوس قائمی است که از ترکیب دو سهمی درجه ۲ متفاوت و مماس بر یکدیگر تشکیل می‌شود.

در نیم‌رخ طولی اصلی (خط پروژه) راه، نباید از قوس‌های قائم مرکب استفاده کنند. ولی استفاده از این قوس‌ها در طراحی نیم‌رخ طولی لبه‌های جاده (که رعایت معیارهای طرح هندسی در مورد آن‌ها ضروری نیست) بلامانع و عموماً کارساز است. برای جزئیات بیشتر در خصوص قوس‌های قائم مرکب به آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

۴-۸-۴. ضوابط کلی نیم‌رخ طولی

علاوه بر ضوابطی که برای اجزای نیم‌رخ‌های طولی داده شده، رعایت ضوابط کلی تعیین شده در این بند نیز ضروری است.

در تقاطع‌ها تا آنجا که امکان دارد، بایستی شیب‌های طولی را ملایم بگیرند. رعایت این موضوع در مناطق سردسیر که دارای برف و یخبندان‌های طولانی است، اهمیت بیشتری دارد.

اگر تقاطع دارای خط مخصوص گردش به چپ است، باید سعی کنند که شیب طولی تا انتهای صف اتومبیل‌هایی که در خط مخصوص گردش به چپ منتظر می‌مانند، ملایم باشد.

از نظر تخلیه بهتر آب‌های بارش از سطح راه، توصیه می‌شود که شیب طولی حداقل را در تقاطع‌ها بیشتر بگیرند. زیرا، در محدوده تقاطع‌ها، نیم‌رخ‌های دو راه مختلف با یکدیگر ترکیب می‌شوند و شیب‌های عرضی از حداقل‌های لازم کمتر شده و حتی در مواردی به صفر می‌رسد. شیب طولی یک درصد به عنوان یک حداقل مطلوب برای تقاطع‌ها توصیه می‌شود.

حداقل ارتفاع آزاد، از نظر امکان عبور وسایل نقلیه بلند، برای انواع راه‌ها به شرح زیر تعیین می‌گردد:

- راه‌های شریانی درجه ۱، ۵/۰ متر
- راه‌های شریانی درجه ۲ و خیابان‌های محلی، ۴/۵ متر

این حداقل‌ها در همه جا بایستی رعایت شود. برای جزئیات بیشتر در خصوص ارتفاع آزاد به آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

در طراحی راه‌های جدید باید در نظر داشت که ممکن است ارتفاع کف تمام شده راه، به علت تجدید روسازی‌های آینده، بالا بیاید و در نتیجه ارتفاع آزادراه از حداقل لازم کمتر شود. برای جلوگیری از این پیش‌آمد، دست کم باید ۰/۱ متر از بابت اضافه شدن روسازی‌های آینده را به حداقل‌های داده شده در بالا اضافه کرد.

بهتر است به جای استفاده از نیم‌رخ طولی با قوس‌های گنبدی و کاسه‌ای پی در پی و یا تک گودی‌های غیرمنتظره، از شیب‌های تدریجی استفاده شود.

در سربالایی‌های طولانی به ویژه در راهی با سرعت طرح کم بهتر است شیب در نزدیکی قله کاهش داده شود.

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.

باید از ایجاد خط سرازیری موج‌دار با طول زیاد که موجب افزایش سرعت خودرو سنگین در سرازیری می‌شود، اجتناب نمود.

۴-۹. هماهنگی پلان و نیم‌رخ طولی

پلان و نیم‌رخ طولی اجزای ماندگار راه هستند و تغییر و اصلاح بعدی آن‌ها در خارج شهرها مشکل و پرهزینه و در درون شهرها تقریباً غیرممکن است. بنابراین، در طراحی و انتخاب اجزای پلان و نیم‌رخ‌های طولی باید با مطالعه کافی تصمیم‌گیری کرد.

به علاوه، پلان و نیم‌رخ طولی راه‌های شهری در ساختار معماری، بافت، جهت، هویت و وحدت فضاهای شهری تأثیر می‌گذارد. پلان و نیم‌رخ طولی باید هماهنگ با هم و متناسب با نقش‌های مختلف راه و محیط‌های شهری طراحی شوند.

راه‌های شریانی درجه ۱ با مقیاسی بزرگ در بافت شهر حضور دارند و در ساختار معماری و ترکیب فضاهای شهری تأثیر می‌گذارند. از طرف دیگر، زیبایی بصری شهر و مناظری که در دید سرنشینان وسایل نقلیه قرار می‌گیرد، از نظر کیفیت زندگی شهری اهمیت دارد. به این ترتیب، زیبایی راه‌ها را باید از سه دیدگاه مورد بررسی قرار داد.

الف- سیمای راه از دید محیط،

ب- سیمای محیط از دید راه،

پ سیمای راه از دید راه.

الف) سیمای راه از دید محیط

راه به صورت یک جسم خارجی عظیم بر ترکیب فضاها و ساختار معماری محیط خود تأثیر می‌گذارد. برای آن‌که حضور راه محیط خود را ناموزون نکند، رعایت ضوابط زیر ضروری است:

- پلان و نیم‌رخ طولی با توجه به محیط اطراف و پستی و بلندی‌های آن طراحی شود تا جسم راه به صورتی هماهنگ و یکپارچه در محیط طبیعی و محیط ساخته شده اطرافش به نظر برسد. جسم راه در محیط اطراف خود نباید حجیم، تحمیلی و خارجی به نظر آید.
- در مناطق شهری، راه‌های پایین‌گذر به راه‌های هم‌سطح برتری دارد.
- از احداث پل‌های هوایی سواره در محدوده داخل شهرها، جز در مواردی که روگذر به علت وضعیت طبیعی محل، راه‌حل منطقی است، می‌بایست خودداری کنند.
- از احداث راه‌های بالا گذر در محدوده داخل شهرها باید خودداری کنند.

ب- سیمای محیط از دید راه

شهرنشینان بخش عمده‌ای از اوقات خود را در راه‌ها می‌گذرانند. بنابراین، قرار دادن مناظر زیبا در دید سرنشینان وسایل نقلیه، کیفیت زندگی شهری را بالا می‌برد و به آسایش رانندگی می‌افزاید.

مسیرهایی که مناظر زیبای طبیعی و یا شهری را در دید سرنشینان وسایل نقلیه قرار می‌دهند، برتری دارند. کوه، پارک، جنگل، رود، دریاچه، و همچنین بناهای زیبا و تاریخی از جمله مناظری هستند که طراح باید سعی کند که در دید سرنشینان وسایل نقلیه قرار گیرد.

پ) سیمای راه از دید راه

رعایت کردن ضوابط هندسی، مشخصات ساختمانی و توجه به جزئیات اجرایی به زیبایی بصری راه کمک می‌کند. به علاوه، به همین منظور اصول کلی زیر را باید رعایت نمایند:

- قوس‌ها، شیب‌ها و عرض‌ها را ملایم و تدریجی تغییر دهند.
- قوس‌ها و شیب‌ها را با توجه به زیبایی بصری جسم سه بعدی راه با هم ترکیب کنند.
- جسم سه بعدی راه را با محیط سه بعدی اطرافش ترکیب نمایند.

راه‌های شریانی درجه ۲ در فاصله هسته‌های شهری قرار دارند. این راه‌ها عامل اصلی ارتباط‌دهنده فضاهای شهری و ایجاد وحدت در ساختار معماری شهرند. به علاوه، پلان و نیم‌رخ طولی این راه‌ها در ساختمان‌های اطراف آن‌ها منعکس می‌شود و از نظر زیبایی بصری تأثیر مضاعفی به جا می‌گذارند.

در خیابان‌های محلی، پلان راه باید کاملاً خود را با ساختار و بافت هسته شهری تطبیق دهد. علاوه بر این، طرح پلان باید بر اساس محدود نمودن سرعت حرکت وسایل نقلیه باشد. به منظور اعمال سرعت حرکت کم، سواره‌رو در خیابان‌های محلی نباید دارای قسمت‌های مستقیم طولانی باشد. در این خیابان‌ها، برای کنترل سرعت، باید از قوس‌های حداقل و یا نزدیک به حداقل استفاده نمایند.

طول قسمت‌های مستقیم سواره‌رو در خیابان‌های محلی بر حسب سرعت طرح راه، نباید از ۱۰۰ متر و یا ۱۵۰ متر بیشتر باشد.

در خیابان‌های محلی باید از شیب‌های طولی تند پرهیز کنند. اما تغییر دادن متعدد و متوالی شیب‌های طولی کاملاً پذیرفته است، زیرا به علت کوتاهی قسمت‌های مستقیم، این تغییرات محسوس نیست.

مسیر خیابان‌های محلی می‌بایست از شیب‌های ملایم زمین تبعیت کند. مطلوب آن است که شیب طولی غالب در این راه‌ها از حدود ۲ درصد بیشتر نباشد. بدترین نوع قرارگیری در خیابان‌های محلی وجود شیب طولی تند در قسمت‌های مستقیم طولانی است.

قرارگیری خیابان‌های محلی، کمتر تابع ضوابط هندسی و بیشتر تابع عملکرد ساختار هسته‌های شهری است.

در راه‌های شهری، تا حد امکان نباید شیب‌های طولی تند به کار برد. برای رعایت این ضابطه، ممکن است قوس‌های افقی بیشتری لازم شود. ولی باید دقت گردد که راه به صورت قوس‌های افقی پی در پی با شعاع حداقل (مارپیچ) طراحی نشود.

با هم بودن قوس‌های افقی و قائم معمولاً به زیبایی بصری راه کمک می‌کند. برعکس، تغییر دادن پشت سر هم شیب طولی در قسمت‌های مستقیم، امتداد راه را به صورت پستی و بلندی‌های بد شکل در می‌آورد.

در نزدیکی بلندی قوس‌های قائم گنبدی نباید قوس افقی تند قرار دهند. زیرا قوس گنبدی، دید را محدود می‌نماید و راننده ممکن است نتواند پیچ را ببیند.

در نزدیکی گودی قوس‌های کاسه‌ای نباید قوس افقی تند گذاشت. زیرا اولاً راه شکسته و ناموزون به نظر می‌رسد. ثانیاً، ممکن است وسایل نقلیه در سرپایینی سرعت بگیرند و در پیچ تند کنترل خود را از دست بدهند. به علاوه، در چنین وضعیتی مزاحمت نور چراغ‌های مقابل شدید است.

در محل تقاطع‌ها، باید سعی کنند که تا حد امکان شیب‌های طولی ملایم (با رعایت حداقل شیب طولی از نظر تخلیه آب‌های بارش) و شعاع قوس‌ها زیاد باشد.

در راه‌هایی که سواره‌رو دو طرف از یکدیگر جداست، باید امکان طراحی مستقل دو طرف راه را بررسی کنند. در این راه‌ها، یکی بودن امتداد مسیر دو طرف ضروری نیست.

برعکس، با قرار دادن میانه‌ای با عرض متغیر، بهتر می‌توان راه را با محیط شهری و یا طبیعی آن تطبیق داد. حتی، در مواردی می‌توان میانه را چنان عریض گرفت که بتوان از آن برای کاربری‌های مناسب شهری استفاده کرد. به این ترتیب، می‌توان راه شریانی را در درون بافت شهری جانمایی کرد و از تحمیلی بودن حضور آن کاست.

خلاصه

در این فصل، ابتدا انواع وسایل نقلیه تیپ طراحی متداول در کشور به همراه مشخصات آن-ها ارایه شده است. سپس سرعت طرح و سرعت مجاز وسایل نقلیه در انواع راه‌های شهری ارایه گردید که مبنای تعیین مشخصات هندسی راه‌ها می‌باشد.

سپس ضوابط پلان راه‌ها، شامل انواع قوس‌های افقی و شعاع حداقل مجاز آن‌ها ارایه شد. طول تامین بربلندی، تعریض خط در قوس، فاصل دید سبقت، توقف و انتخاب و نکات مهم در هماهنگی اجزای پلان مورد بررسی قرار گرفت.

در بند (۸) ضوابط نیم‌رخ طولی راه، تاثیر شیب طولی بر حرکت وسایل نقلیه، حداقل و حداکثر شیب طولی مجاز در انواع راه‌ها و انواع قوس‌های قائم، بررسی گردید. در انتها نیز نکات مهم در هماهنگی پلان و نیم‌رخ طولی مورد بررسی قرار گرفت.

در فصل بعدی، مقاطع عرضی راه‌ها به تفصیل بررسی خواهند شد.

خودآزمایی

۱. حداقل شعاع قوس افقی در بزرگراهی با سرعت طرح ۹۰ کیلومتر بر ساعت چقدر است؟

۲. سرعت مجاز و سرعت طرح در راه شریانی درجه ۲ از نوع اصلی چقدر است؟

۳. حداقل و حداکثر شیب طولی برای راه شریانی درجه ۱ با سرعت طرح ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت که در منطقه هموار واقع شده، چقدر است؟

۴. شیب بر حرکت وسایل نقلیه چه تاثیری می‌گذارد؟

۵. برای تخلیه مناسب آب‌های سطحی در معابر شهری چه مواردی را بایستی رعایت نمود؟

فصل پنجم

نیم‌رخ‌های عرضی

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. عرض خطوط سواره‌رو و شانه
۲. خطوط پارکینگ
۳. خط‌های کمکی
۴. شیب عرضی
۵. میانه
۶. جدول
۷. شیروانی‌ها
۸. سیستم‌های تخلیه آب

۵-۱. نیم‌رخ‌های عرضی

۵-۱-۱. عرض خطوط

۵-۱-۱-۱.عرض خط‌های اصلی (سواره‌رو)

سواره‌رو، قسمتی از سطح نهایی روسازی راه است که برای حرکت و عبور وسایل نقلیه به کار می‌رود. این قسمت از کف راه از شانه که معمولاً به توقف یا عبور اضطراری خودروها اختصاص دارد، متمایز است.

عرض خط را با توجه به موارد زیر تعیین می‌کنند[۴]:

- باریک بودن خط از ظرفیت راه‌های شریانی می‌کاهد.
- رانندگی در خط عریض‌تر با آرامش و ایمنی بیشتر انجام می‌شود.
- خط عریض‌تر رانندگان وسایل نقلیه را تشویق می‌نماید که با سرعت بیشتری حرکت کنند.
- خطی که بیش از حد عریض است، در اوقات شلوغ موجب آشفتگی جریان ترافیک می‌شود. زیرا در چنین وضعیتی، رانندگان غالباً حدود خط‌ها را نگه نمی‌دارند و از دو خط خط‌کشی شده، عملاً به جای سه خط استفاده می‌کنند.

با توجه به اصول فوق، عرض خط‌های اصلی مطابق جدول (۵-۱) تعیین می‌گردد.

جدول شماره ۵-۱: عرض خط‌های اصلی (سواره‌رو) در انواع راه‌های شهری[۴و۹]

نوع راه	طبقه‌بندی راه	عرض خط (بر حسب متر)
شریانی درجه یک	آزادراه	۳/۶۵
	بزرگراه	۳/۲۵ تا ۳/۵
شریانی درجه دو	اصلی	۳ تا ۳/۲۵
	فرعی	۲/۷۵ تا ۳
خیابان‌های محلی	اصلی	۲/۷۵ تا ۳
	فرعی	۲/۷۵

عرض خط‌های کمکی و خط‌های ویژه گردش به چپ بین ۳/۲۵ تا ۳/۶۵ متر و در شرایط بسیار دشوار، ۳ متر در نظر گرفته می‌شود.

اگر در لبه سمت راست سواره‌رو، جدول قائم موجود است، عرض خط سمت راست را ۰/۲۵ متر بیشتر از ارقام جدول در نظر می‌گیرند.

مقدارهای ذکر شده در جدول فوق، بایستی در پل‌های بزرگ نیز رعایت شود. عرض‌های ذکر شده شامل نوار خط‌کشی نیز می‌باشد ولی شامل اضافه عرض در قوس‌ها نیست.

هرگونه تغییر در عرض سواره‌رو می‌بایست به صورت تدریجی و با نصب علائم اعمال شود.

تعداد خط‌های اصلی

تعداد خط‌های اصلی راه‌های شریانی باید بر اساس حجم ترافیک در ساعت طرح و ظرفیت هر خط انجام شود.

تعداد خط‌های اصلی راه‌های شریانی درجه ۱ نباید از چهار خط در هر جهت (هشت خط در دو جهت) بیشتر باشد. در صورتی که به بیش از چهار خط اصلی در یک جهت نیاز باشد، باید بیش از یک سواره‌رو برای هر طرف در نظر گرفت.

تعداد خط‌های اصلی راه‌های شریانی درجه ۲ نباید از سه خط در هر جهت (شش خط در دو جهت) بیشتر باشد. در تعیین تعداد خطوط راه‌های شریانی درجه ۲ بایستی به ایمنی عبور پیاده‌ها از عرض خیابان توجه ویژه‌ای گردد.

در خیابان‌های محلی نباید تعداد خط‌های اصلی یک سواره‌رو بیشتر از دو خط باشد. این مطلب مخصوصاً در داخل مناطق مسکونی اهمیت دارد. در این مناطق ظرفیت راه، بر اساس ظرفیت زیست محیطی خیابان تعیین می‌شود. ظرفیت زیست محیطی با افزایش زمان عبور پیاده‌ها از عرض سواره‌رو کاهش می‌یابد. برای جزئیات بیشتر به آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

۵-۱-۲. عرض شانه‌ها

شانه بخشی از راه و در مجاورت سواره‌رو است که برای ایستادن خودروهای متوقف شده، استفاده‌های اضطراری و به عنوان پشتیبان جانبی برای لایه‌های زیر اساس، اساس و رویه، در نظر گرفته می‌شود. در بعضی موارد نیز دوچرخه‌سوارها می‌توانند از شانه استفاده کنند.

عرض شانه ساخته شده عبارتست از فاصله بین لبه سواره‌رو تا محل تقاطع سطح شیب‌دار شانه و سطح شیب‌دار شیروانی خاکریزی.

در هر دو سمت راه‌های شریانی درجه ۱ باید شانه در نظر گرفت. در راه‌های شریانی درجه ۲، معمولاً شانه نمی‌سازند. در این راه‌ها، به جای شانه راست خط پارکینگ در نظر گرفته می‌شود.

شانه، یکی از اجزای حیاتی راه‌های شریانی درجه ۱ است. وجود شانه ایمنی، ظرفیت و زیبایی این راه‌ها را افزایش می‌دهد و موجب راحتی رانندگی در این راه‌ها می‌گردد. عملکردهای مختلف شانه به شرح زیر است:

- برای وسایل نقلیه‌ای که به علت نقص فنی و یا نداشتن سوخت ناچار به توقف می‌شوند، محل ایمنی دور از جریان سریع ترافیک را فراهم می‌سازد.
- برای ایستادن رانندگی که به علت خستگی بدن و اعصاب و یا به منظور مطالعه نقشه و یافتن جهت حرکت خود تمایل به توقف دارند، جایی ایمن فراهم می‌سازد.
- هنگام خطر، برای وسایل نقلیه جای فرار را فراهم می‌کند. به این علت از تصادفات جلوگیری و یا از شدت آن‌ها کاسته می‌شود.
- ایجاد احساس پهن بودن نوار عبور، آسایش و آسودگی ناشی از آزادی عمل در رانندگی.
- به تأمین فاصله دید افقی در قوس‌ها کمک می‌کند.
- زیبایی بصری راه را بهتر می‌نماید.
- ظرفیت راه را افزایش می‌دهد.
- برای تعمیرات راه و اقدامات مربوط به نگهداری آن، مکان لازم را فراهم می‌سازد.
- آب‌های بارش، از طریق آن به فاصله دورتری از سواره‌رو هدایت می‌شود.
- در سیستم بسته تخلیه آب‌های بارش، شانه به عنوان مجرای آب‌های سطحی عمل می‌کند و این آب‌ها را به چاهک‌ها و یا کانال‌های اطراف راه هدایت می‌نماید.
- در شلوغی ترافیک و راه‌بندان‌ها، وسایل نقلیه اضطراری نیروهای انتظامی، آمبولانس، آتش نشانی و نظایر آن، از شانه استفاده می‌کنند.
- فاصله آزاد واقع بین تجهیزات کنار راه و لبه سواره‌رو را بیشتر می‌کند.
- به استحکام روسازی سواره‌رو کمک می‌کند.

عرض قابل استفاده شانه ممکن است با عرضی که در روی نیم‌رخ‌های عرضی به عنوان شانه مشخص می‌شود، تفاوت داشته باشد.

عرض قابل استفاده شانه‌های راه‌های شریانی درجه یک در جدول (۵-۲) ارایه شده است.

جدول ۵-۲: عرض قابل استفاده شانه‌ها برای راه‌های شریانی درجه ۱ راه‌های شهری[۴]

نوع راه	عرض شانه راست (متر)	عرض شانه چپ (متر)
آزادراه		
جاده با ۴ یا ۶ خط اصلی	۳/۰	۰/۷۵ تا ۱/۵
جاده با ۸ خط اصلی	۳/۰	۲/۰ تا ۲/۵
خط‌های کمکی*	۲/۵	-
رابط‌ها	۱/۵ تا ۳/۰	۰/۵
بزرگراه		
خط‌های اصلی	۲/۵	۰/۵۷ تا ۱/۰
خط‌های کمکی	۰/۰ تا ۲/۵	-
راه‌های عبوری	۱/۵ تا ۲/۰	-

* عرض شانه خط سربالایی را برابر شانه معمول راه در نظر می‌گیرند.

توضیح: برای جزئیات شانه‌های خط‌های کمکی و شانه‌های رابط‌ها به بخش ۵، آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

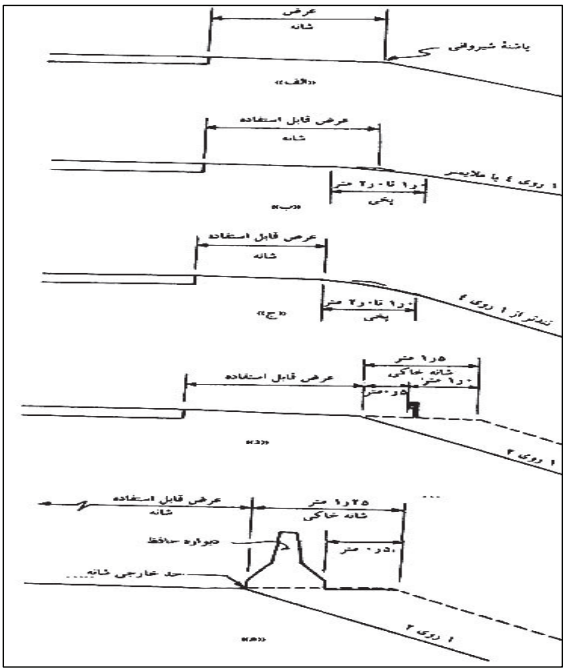
اگر در فاصله بین لبه خارجی شانه و پاشنه شیروانی، شانه خاکی وجود دارد، عرض قابل استفاده شانه همان عرض شانه است.

اگر در حد خارجی شانه جدول وجود دارد، عرض قابل استفاده شانه برابر با عرض شانه می‌باشد.

اگر در حد خارجی شانه نرده حافظ وجود دارد، عرض قابل استفاده شانه همان‌طور که در شکل (۵-۱-د) نشان داده شده، ۰/۵ متر کمتر از فاصله بین لبه سواره‌رو و نمای نرده است.

اگر در حد خارجی شانه دیواره حافظ وجود دارد، عرض قابل استفاده مطابق شکل (۵-۱-هـ) شانه برابر است با فاصله بین لبه سواره‌رو و نمای قاعده دیواره حافظ.

اگر در لبه خارجی شانه هیچ مانعی وجود ندارد و شیب شیروانی خاکریزی ۱ ارتفاع برای ۴ قاعده (۱ روی ۴) و یا ملایم‌تر است، عرض قابل استفاده برابر با فاصله بین پاشنه شیروانی و لبه سواره‌رو است (مطابق شکل ۵-۱-ب). اگر شیب شیروانی خاکریزی تندتر از ۱ روی ۴ بوده و شانه خاکی وجود نداشته باشند، عرض قابل استفاده حداقل ۰/۵ متر کمتر از فاصله فوق است (مطابق شکل ۵-۱-ج).



شکل شماره ۵-۱: عرض قابل استفاده شانه در حالات مختلف[۴]

برای راه‌های شریانی درجه ۲ به جای شانه راست معمولاً خط پارکینگ در نظر می‌گیرند. در مواردی ممکن است به جای خط پارکینگ از خط دست راست نیز به عنوان خط اصلی استفاده کنند.

در مواردی که خط پارکینگ در نظر گرفته نمی‌شود، اگر در لبه سواره‌رو فقط جداول وجود دارد، حداقل ۰/۲۵ متر و اگر جدول و قنوکناری موجود است، حداقل ۰/۵ متر به عرض سواره‌رو بایستی اضافه شود. بنابراین، عرض خط سمت راست را باید به میزان فوق از عرض خط‌های اصلی چسپیده به آن بیشتر گرفت و این اضافه عرض را با خط‌کشی سفید ممتد لبه مشخص نمود.

برای راه‌های دوطرفه جدا شده، بایستی شانه چپ در نظر گرفته شود. شانه چپ نوار باریکی است که با خط‌کشی مشخص می‌گردد و جزء سواره‌رو به حساب نمی‌آید. اگر جدول واقع در لبه میانه از نوع مایل است، حداقل ۰/۲۵ متر و اگر این جدول از نوع قائم و یا جدول و قنو است، حداقل ۰/۵ متر، باید به عنوان شانه چپ در نظر گرفته شود و لبه داخلی آن را با خط‌کشی ممتد لبه مشخص کنند.

در خیابان‌های محلی در نظر گرفتن شانه، عامل تشویق کننده‌ای برای سرعت گرفتن وسایل نقلیه موتوری است. بنابراین، در این‌گونه راه‌ها نبایستی شانه در نظر گرفت.

روسازی شانه‌ها

شانه‌های راست و چپ باید روسازی گردند و رویه آن‌ها از جنسی باشد که در تحت شرایط جوی مختلف حالت پایدار خود را حفظ کند.

از شانه‌ها نباید به عنوان سواره‌رو استفاده شود، زیرا در این صورت هیچ‌کدام از فایده‌های مورد نظر تحقق نمی‌یابد.

بنابراین، پیشنهاد می‌شود که رویه شانه از جنس آسفالت سرد، که زبرتر است، ساخته شود. در صورت عملی نبودن دستور فوق، توصیه می‌گردد که رویه شانه‌های راه‌های شهری را مانند رویه سواره‌رو از بتن آسفالتی بسازند. در این صورت، باید مرز شانه و سواره‌رو را با

خط سفید ممتدی به نام خط لبه مشخص کنند و به کمک علائم انتظامی و با اعمال شدید مقررات از استفاده شانه به عنوان خط اصلی و یا محل توقف وسایل نقلیه جلوگیری نمایند.

شانه‌ها زیر بار ترافیک عبوری نیستندو طبیعتاً به روسازی ضعیف‌تری نیاز دارند. از نظر استحکام و دوام سواره‌رو، توصیه می‌شود که حداقل تا ۰/۲۵ متری لبه سواره‌رو، در داخل شانه مشخصات روسازی اصلی رعایت گردد. از نظر عملی بودن اجرا، در شانه‌هایی که عرض آن‌ها ۱/۲۵ متر یا کمتر است، توصیه می‌شود که تمام عرض شانه را مطابق روسازی سواره‌رو در نظر بگیرند.

۵-۲. خطوط پارکینگ

راه‌های شریانی درجه ۱: راه‌های شریانی درجه ۱ بر این اساس طرح می‌شوند که وسایل نقلیه جز در حالت اضطراری در حاشیه آن‌ها توقف نکنند و شانه راه برای توقف‌های اضطراری تعبیه می‌شود. بنابراین، در راه‌های شریانی درجه ۱ نباید خط پارکینگ را در نظر گرفت. همچنین در این راه‌ها، باید کنترل و نظارت مستمر نمود تا از شانه‌ها برای پارکینگ، ایستادن‌های غیراضطراری، بارگیری و باراندازی، سوار و پیاده کردن مسافر و یا به عنوان خط اصلی استفاده نشود. قرار دادن ایستگاه اتوبوس در شانه راه‌های شریانی درجه ۱ مجاز نیست و ایستگاه‌های اتوبوس بایستی کاملاً خارج از محدوده جاده اصلی جانمایی شوند.

راه‌های شریانی درجه ۲ : برای راه‌های شریانی درجه ۲ می‌توان خط پارکینگ در نظر گرفت. اما وجود خط پارکینگ در این راه‌ها را نباید به معنای آزاد گذاشتن پارکینگ در تمام اوقات شبانه‌روز و در تمام طول راه دانست. در این راه‌ها، از عرض خط پارکینگ در موارد زیر استفاده می‌شود:

- پیاده و سوار کردن مسافر
- ایستگاه‌های تاکسی
- جای بارگیری و باراندازی
- خط کمکی گردش به راست در تقاطع‌ها
- پارکینگ حاشیه‌ای.

سطح خط پارکینگ را باید پس از بررسی‌های محلی، به طور متناسب، به مصارف فوق تخصیص داد و در این تخصیص، نیازهای راه و کاربری‌های اطراف آن را در نظر گرفت. طراحی متناسب خط پارکینگ، ابزار موثری در تنظیم ترافیک، افزایش ایمنی و ظرفیت خیابان‌های شریانی درجه ۲ است. برای جزئیات بیشتر در این مورد به بخش ۶ آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

تعیین محل و طراحی پارکینگ حاشیه‌ای باید هم‌زمان با اختصاص قسمت‌هایی از خط پارکینگ برای سایر منظورها انجام گردد. در طراحی پارکینگ حاشیه‌ای، بایستی عوامل زیر در نظر گرفته شود:

۱ – عوامل مربوط به ساختار تقاضا شامل

- سیاست‌های تنظیم تقاضای ترافیک در شهر مورد نظر
- نیاز کاربری‌های اطراف به پارکینگ حاشیه‌ای
- نیاز کاربری‌های اطراف به جای ایستادن و پیاده و سوار کردن
- نیاز کاربری‌های اطراف به جای بارگیری و باراندازی
- جای لازم برای ایستگاه‌های وسایل نقلیه همگانی.

۲ – عوامل مربوط به ظرفیت شبکه شامل

- ظرفیت شبکه در ساعات شلوغ صبح و عصر
- وضعیت تقاطع‌ها و تأثیرات پارکینگ حاشیه‌ای بر کارآیی آن‌ها
- آسانی یا دشواری یافتن پارکینگ حاشیه‌ای در خیابان‌های مجاور
- دسترسی به پارکینگ‌های غیرحاشیه‌ای.

۳ – عوامل مربوط به ایمنی

- در راه‌هایی که سرعت حرکت وسایل نقلیه زیاد است، پارکینگ حاشیه‌ای ایمنی کافی ندارد.
- پارکینگ حاشیه‌ای ممکن است مانع دیده شدن عابرین پیاده‌ای شود که که قصد عبور از عرض راه را دارند. برای جلوگیری از این امر، باید پارکینگ حاشیه‌ای با پیاده‌گذرها فاصله داشته باشد.
- پارکینگ حاشیه‌ای نباید جلوی راه‌های اتصالی ساختمان‌ها را مسدود نماید.
- پارکینگ حاشیه‌ای نباید جلوی تأسیسات اضطراری نظیر شیرهای آتش نشانی را بگیرد.

در صورتی می‌توان قسمت‌هایی از خط پارکینگ را به پارکینگ حاشیه‌ای اختصاص داد که با این کار، کیفیت ترافیک در ساعت اوج عصر از کیفیت (د) بدتر نشود. در غیر این صورت، باید پارکینگ حاشیه‌ای را در راه‌های شریانی درجه ۲ ممنوع کرد.

با اعمال این قاعده، ساعت‌های توقف ممنوع تعیین می‌شود. در خیابان‌های مرکزی شهر، می‌توان پارکینگ حاشیه‌ای را در تمام ساعت‌های شبانه‌روز و یا در بعضی از ساعت‌ها ممنوع ساخت. در خیابان‌های اطراف شهر، پارکینگ حاشیه‌ای را می‌توان فقط در ساعت‌های صبح و عصر ممنوع کرد.

عرض اوج خط پارکینگ : در تعیین عرض خط پارکینگ می‌باست موارد زیر در نظر گرفته شوند:

- اگر از خط پارکینگ، در ساعت‌های اوج، برای خط ویژه اتوبوس نیز استفاده می‌شود، عرض خط از ۳/۰ متر کمتر نباشد.
- اگر از خط پارکینگ، در ساعت‌های اوج، به عنوان خط اصلی نیز استفاده می‌شود، عرض آن از عرض خط اصلی چسپیده به آن به اضافه ۰/۲۵ متر کمتر نباشد. (۰/۲۵ متر اضافه عرض به علت وجود جدول در لبه خط پارکینگ در نظر گرفته می‌شود.)
- در راه‌هایی که سرعت مجاز آن‌ها ۵۰ کیلومتر در ساعت یا بیشتر است، از نظر ایمنی سرنشینان در هنگام پیاده و سوار شدن، بهتر است عرض خط پارکینگ از ۳/۲۵ متر کمتر نباشد.
- در هیچ وضعیتی، عرض خط پارکینگ را نباید از ۲/۷۵ متر کمتر در نظر گرفت.

خیابان‌های محلی : در خیابان‌های محلی، بسته به نیاز، خط پارکینگ را در یک طرف و یا هر دو طرف خیابان قرار می‌دهند. خط پارکینگ باعث به وجود آمدن مشکلاتی در خیابان-های محلی می‌شود از جمله:

- عرض جاده را زیاد می‌کند و این موجب سرعت گرفتن وسایل نقلیه می‌شود.
- مسافت عبور از عرض خیابان را برای عابرین پیاده زیاد می‌نماید.
- وسایل نقلیه پارک شده در حاشیه خیابان مانع دید عابرین پیاده می‌گردد و تشخیص فرصت عبور مناسب را برای آن‌ها دشوار می‌سازد. همچنین باعث می‌شود که رانندگان وسایل نقلیه نتوانند عابرینی که قصد عبور از عرض خیابان را دارند، به وضوح تشخیص دهند.

برای رفع معایب فوق، توصیه می‌شود که پیش آمدگی در نظر بگیرند. پیش آمدگی قسمتی از پیاده‌رو را گویند که به داخل جاده تجاوز می‌کند. پیش‌آمدگی دارای فواید زیر است:

- مانع استفاده از خط پارکینگ به عنوان خط عبوری می‌شود.
- مسافت عبور از عرض خیابان را برای عابرین پیاده کاهش می‌دهد.
- دید عابرین را از جاده بهتر می‌کند.
- تشخیص حضور عابرین را برای رانندگان ساده‌تر می‌سازد.

پارک کردن وسایل نقلیه در نزدیکی تقاطع‌ها، موجب بی‌نظمی‌ترافیک شده و به همین دلیل ممنوع است. اما، در تقاطع‌های واقع در مناطق تجاری و شلوغ، وسایل نقلیه از عرض خالی خط پارکینگ، در نزدیکی تقاطع، به جای یک خط گردش به راست استفاده می‌کنند؛ بی آن‌که چنین خطی مورد نظر بوده و طراحی شده باشد. چنین استفاده‌ای وضع ترافیک را در تقاطع نامنظم می‌نماید. برای جلوگیری کردن از این مشکل، در محل تقاطع‌های خیابان‌های محلی واقع در مناطق تجاری، پیش‌آمدگی پیاده‌رو در نظر می‌گیرند.

عرض خط پارکینگ برای خیابان‌های محلی به شرح زیر توصیه می‌شود:

- عرض مطلوب ۲/۵ متر
- عرض حداقل ۲/۰ متر.

۵-۳. خط‌های کمکی

خط‌های کمکی، خط‌هایی هستند که به منظور افزایش ظرفیت، ایمنی، روانی جریان ترافیک و راحتی رانندگی به خط‌های اصلی اضافه می‌شوند. هر خط کمکی برای یک منظور مشخص طراحی می‌گردد. انواع خط‌های کمکی را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

- خط گردش به راست

- خط گردش به چپ
- خط ممتد گردش به چپ
- خط افزایش سرعت
- خط کاهش سرعت
- خط تداخل
- خط سر بالایی.

۵-۳-۱. خط گردش به راست (خط راست‌گرد)

خط گردش به راست، خطی است که قبل از تقاطع در سمت راست خط‌های اصلی در نظر گرفته می‌شود تا وسایل نقلیه‌ای که می‌خواهند به سمت راست گردش نمایند، با استفاده از آن، بدون آن‌که جلوی ترافیک عبوری را سد کنند، گردش خود را انجام دهند. فایده خط گردش به راست افزایش ظرفیت و ایمنی عابران پیاده و سواره است. عرض خط گردش به راست، مطابق عرض خط‌های اصلی انتخاب می‌گردد. چنانچه در لبه خط گردش به راست، جدول وجود دارد، عرض خط ۰/۲۵ متر بیشتر از عرض خط‌های مجاور آن گرفته شود.

خط گردش به راست در محل تقاطع، ممکن است به رابط راست‌گردی تبدیل شود، یعنی جزیره‌ای بین خط گردش به راست و خط‌های اصلی واقع شود. عرض رابط راست‌گرد، به شعاع قوس آن بستگی دارد. برای جزئیات بیشتر به بخش ۷، آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

۵-۳-۲. خط گردش به چپ (خط چپ‌گرد)

خط گردش به چپ، خطی است که قبل از تقاطع در سمت چپ خط‌های اصلی گذاشته می‌شود تا وسایل نقلیه‌ای که می‌خواهند به چپ گردش کنند، با استفاده از این خط برای به دست آوردن فرصت عبور مناسب و یا سبز شدن چراغ مخصوص گردش به چپ منتظر شوند. خط گردش به چپ ظرفیت و ایمنی تقاطع را افزایش می‌دهد.

عرض خط‌های گردش به چپ به شرح زیر تعیین می‌گردد:

راه‌های شریانی درجه ۱:

- عرض مطلوب ۳/۵۰ متر
- عرض حداقل ۳/۰۰ متر.

راه‌های شریانی درجه ۲:

- عرض مطلوب ۳/۲۵ متر
- عرض حداقل ۲/۷۵ متر.

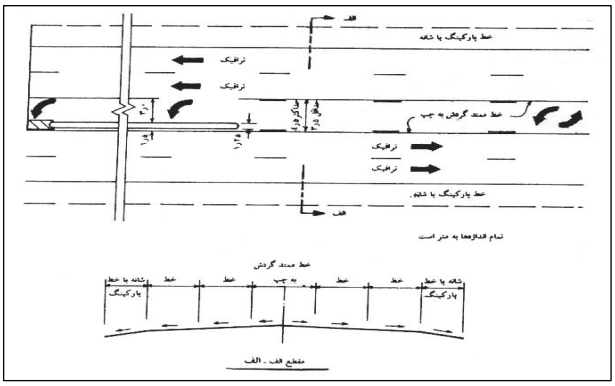
اگر در لبه خط گردش به چپ، جدول قائم وجود داشته باشد، به عرض‌های فوق باید مقدار ۰/۲۵ متر اضافه کرد.

توجه: در آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها، نشریه شماره ۱۶۱، عرض خط مخصوص گردش به راست و چپ ۳/۶۵ متر پیشنهاد شده است. در حالت‌های خاص که محدودیت عرض وجود دارد، عرض هر خط را می‌توان به ۳/۲۵ متر کاهش داد.

۵-۳-۳. خط ممتد گردش به چپ

در راه‌های شریانی درجه ۲ و در مواردی که راه دارای دسترسی‌های متعدد است، برای افزایش ظرفیت و تنظیم ترافیک، می‌توان خطی را در فاصله بین ترافیک دو طرف قرار داد

تا گردش به چپ‌های هر سمت از آن خط انجام شود. به چنین خطی، خط ممتد گردش به چپ گویند. نمونه‌ای از خطوط ممتد گردش به چپ در شکل (۵-۲) نشان داده شده است.



شکل شماره ۵-۲: نمونه‌ای از خطوط ممتد گردش به چپ

در نظر گرفتن خط ممتد گردش به چپ یکی از روش‌های موثر تنظیم ترافیک برای راه‌های شریانی درجه ۲، مخصوصاً در اطراف شهرهاست. برای استفاده صحیح، خط ممتد گردش به چپ را باید با خط‌کشی، نصب بازتاب‌های چشم گربه‌ای و جدول‌گذاری، طوری تنظیم کرد که ترافیک عبوری از آن استفاده نکند و تنها قسمت‌هایی که برای گردش‌ها در نظر گرفته شده، مورد استفاده قرار گیرد.

حداقل مطلوب برای خط ممتد گردش به چپ، طبق آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری ۴/۵ متر تعیین می‌شود. با این عرض در محل تقاطع‌ها، می‌توان سکویی به عرض ۱/۲۵ متر و یک خط گردش به چپ به عرض ۳/۰ متر در نظر گرفت.

حداقل مطلق برای خط ممتد گردش به چپ، طبق این آیین‌نامه، ۳/۵ متر تعیین می‌شود. این عرض در محل تقاطع‌ها به یک خط گردش به چپ به عرض ۲/۷۵ متر و میانه‌ای به عرض ۰/۷۵ متر تبدیل می‌شود. این میانه باید با خط‌کشی و بازتاب‌های چشم گربه‌ای و یا با خط‌کشی و سکویی که جدول آن مایل است، مشخص گردد.

۵-۳-۴. خط‌های کاهش و افزایش سرعت

از نظر ایمنی، وسایل نقلیه نباید در محدوده خط‌های اصلی راه‌هایی که سرعت مجاز آن‌ها زیاد است، تغییر سرعت دهند. بنابراین، هنگامی‌که وسایل نقلیه می‌خواهند از راهی با سرعت طرح بالا خارج شده و به راه یا رابطی با سرعت کم وارد شوند، به یک خط کمکی نیاز دارند تا بتوانند سرعت خود را در طول آن کاهش دهند و آن را با وضعیت راهی که می‌خواهند وارد شوند، متناسب کنند. این خط کمکی را خط کاهش سرعت می‌گویند.

برعکس، ورود ناگهانی وسایل نقلیه‌ای که با سرعت کم حرکت می‌کنند به داخل جریان‌های سریع ترافیک از نظر ایمنی پذیرفته نیست. این وسایل نقلیه باید ابتدا در داخل یک خط کمکی، چسپیده به خط‌های اصلی راه، سرعت خود را افزایش دهند و در همان خط در پی یافتن فرصت مناسب (فاصله کافی بین وسایل نقلیه در حال حرکت در جریان اصلی) برای وارد شدن به جریان اصلی باشند. این خط کمکی را خط افزایش سرعت می‌گویند.

عرض خط‌های افزایش و کاهش سرعت مطابق عرض خط‌های اصلی چسبیده به آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. اگر در لبه این خط‌ها، جدول قائم وجود دارد، عرض آن‌ها را باید ۰/۲۵ متر بیشتر از عرض خط اصلی چسپیده به آن در نظر گرفت.

۵-۳-۵. خط‌های تداخل

در مواردی که ورودی به راه در نزدیکی و قبل از خروجی قرار دارد، ترافیک ورودی برای پیوستن به جریان اصلی ناچار است که از داخل جریان ترافیک خروجی بگذرد. به همین ترتیب، جریان ترافیک خروجی برای رسیدن به دهانه خروجی و خارج شدن از راه از داخل

جریان ترافیک ورودی می‌گذرد. در این موارد، به منظور افـزایش ظرفیـت و بهبـود کیفیـت ترافیک ممکن است لازم شود که یک یا چند خط کمکی در فاصله بـین ورودی و خروجـی گذاشته شود. این خط‌ها را خط‌های تداخل می‌گویند.

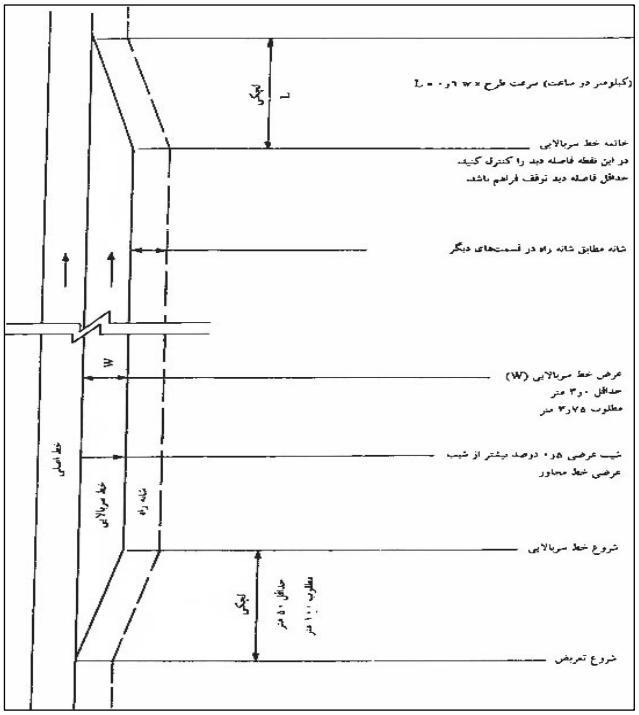
عرض خط‌های تداخل باید برابر عرض خط‌های اصلی چسپیده به آن‌هـا در نظـر گرفتـه شود. چنانچه در لبه خط تداخل جدول قائم وجود دارد، عرض آن خـط را بایـد ۰/۲۵ متـر بیشتر از عرض خط اصلی چسبیده به آن در نظر گرفت.

۵-۳-۶. خط سر بالایی

خط سربالایی، به یک خط کمکـی گفتـه مـی‌شـود کـه بـه منظـور افـزایش و ظرفیـت، در سربالایی‌های تند و طولانی به سواره‌رو اضافه می‌شود. به این ترتیب، وسایل نقلیه سنگین از خط سربالایی استفاده می‌کنند و موجـب کـاهش سـرعت حرکـت جریـان اصـلی ترافیـک نمی‌شوند. خط سربالایی، ظرفیت و ایمنی راه و سرعت حرکت وسایل نقلیه را افزایش مـی-دهد. نمونه‌ای از خطوط سربالایی در شکل (۵-۳) نشان داده شده است.

در راه‌های شهری، اصولاً باید از شیب‌های طولی تند پرهیـز کـرد. بنـابراین، اسـتفاده از خط سربالایی معمولاً کاربرد ندارد. اما، در راه‌های موجود و همچنین در موارد ناچـاری کـه شیب طولی مسیر راه تند و طولانی است، برای مواردی که درصد وسایل نقلیه سنگین زیاد است، اثربخشی خط سربالایی باید بررسی شود.

بهتر است عرض خط سربالایی را برابر با عرض خط اصلی چسبیده به آن در نظر بگیرند. در موارد ناچاری می‌توان عرض خط سربالایی را ۰/۲۵ متر کمتر از عرض خطهای اصلی گرفت. اگر در لبه خط سربالایی جدول قائم وجود دارد، عرض آن را باید ۰/۲۵ متر بیشتر از



عرض خطهای اصلی و یا حداقل برابر با آن در نظر گرفت.

شکل شماره ۵-۳: خط سربالایی[۴]

۵-۴. شیب عرضی

۵-۴-۱. تعیین شیب عرضی

ایمنی حرکت وسایل نقلیه ایجاب می‌کند که آب‌های بارش به سرعت از سطح سواره‌رو خارج شوند. سرعت تخلیه آب‌های بارش بستگی دارد به:

- مقدار شیب عرضی
- مقدار شیب طولی
- جنس رویه
- عرض تخلیه (عرضی از جاده که شیب عرضی آن یک‌طرفه است).

هر چه شیب عرضی زیادتر باشد، تخلیه آب از سطح جاده سریع‌تر صورت می‌گیرد. از طرف دیگر، شیب عرضی زیاد موجب پایین آمدن کیفیت رانندگی و دشواری حرکت دوچرخه سواران و عابران پیاده خواهد شد.

با توجه به عوامل فوق، شیب‌های عرضی قسمت‌های مختلف جاده به شرح زیر با توجه به آیین نامه طرح هندسی راه‌های شهری، تعیین می‌شود:

راه‌های شریانی درجه

- خط سمت راست ۲/۵ درصد
- خط‌های دیگر ۲/۰ درصد
- شانه ۴/۰ تا ۵/۰ درصد
- شانه سمت چپ هرگاه به داخل سواره‌رو شیب داده شود، ۲/۰ درصد.

راه‌های شریانی درجه ۲

- خط اصلی سمت راست ۲/۵ درصد

- خط پارکینگ ۳/۰ درصد
- خط‌های دیگر ۲/۰ درصد.

خیابان‌های محلی

- بر حسب کیفیت روسازی از نظر هدایت آب ۲ یا ۲/۵ درصد

بر اساس آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها، نشریه شماره ۱۶۱، شیب عرضی سواره‌رو در قسمت‌های مستقیم و قوس‌های با شعاع بزرگ که نیاز به بربلندی نداشته باشند، ۱/۵ تا ۲/۵ درصد برای رویه‌های آسفالتی و بتنی جدید و روکش روسازی قدیم و ۳ تا ۵ درصد برای رویه‌های شنی در نظر گرفته می‌شود.

شیب عرضی شانه‌های رویه‌دار آسفالتی یا بتنی، در قسمت‌های مستقیم و قوس‌های باز، ۴ تا ۵ درصد و در مورد شانه‌های شنی ۵ تا ۶ درصد در نظر گرفته می‌شود.

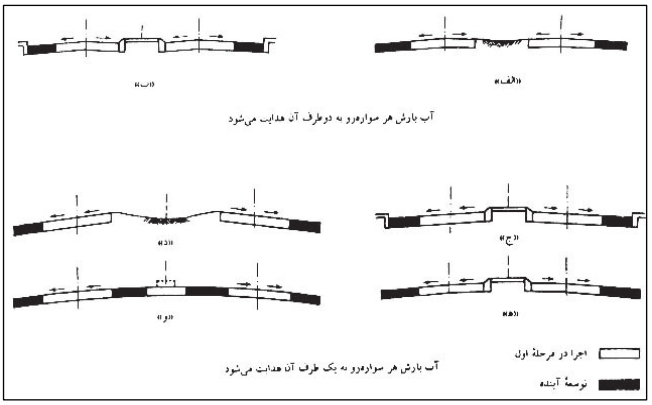
۵-۴-۲. شیوه‌های اعمال شیب عرضی

در جاده‌های دوطرفه، خط محور را باید خط تقسیم آب‌های بارش در نظر گرفت و سطح جاده را از این خط به دو طرف شیب داد. در خیابان‌های محلی کم‌اهمیت می‌توان بر خلاف این قاعده عمل کرد و خط محور را خط تجمع آب‌های بارش گرفت و سطح جاده را از دو لبه آن به طرف خط محور شیب داد.

در راه‌هایی که بیش از یک سواره‌رو وجود دارد، با شیوه‌های مختلفی می‌توان آب بارش را به خارج جاده هدایت نمود. این شیوه‌ها در شکل (۵-۴) نشان داده شده است.

در این راه‌ها، طراح باید با توجه به وضعیت مشخص راه و مخصوصاً بـا در نظـر گـرفتن نحوه تعریض آن در آینده، یکی از شیوه‌های نشان داده شـده در شـکل نـامبرده را انتخـاب کند.

این انتخاب باید با در نظر گرفتن برتری‌ها و کاستی‌هایی باشد که در زیر برای هریک از



شیوه‌ها بیان می‌گردد.

شکل شماره ۵-۴: طرز هدایت آب بارش در راه‌های دوطرف جدا

به شیوه‌های (الف) و (ب) که در آن‌ها آب بارش بـه دو طـرف جـاده هـدایت مـی‌شـود، شیب‌بندی دوطرفه می‌گویند. مزیت اصلی شیب‌بندی دوطرفه تخلیه سریع‌تـر آب بـارش از سطح روسازی است. عیب این روش بیشتر بودن هزینه ایجـاد تأسیسـات تخلیـه آب اسـت، زیرا باید این تأسیسات را در هر دو طرف سواره‌رو فراهم ساخت.

با توجه به هزینه زیاد آن، شیب‌بندی دوطرفه فقط در آزاد راه‌ها و بزرگراه‌هـایی کـاربرد دارد که در آن‌ها تعداد خطوط سواره‌رو هر سمت از سه خط بیشتر است.

در شیوه‌های (ج) تا (و)، همه سواره‌روها به طرف لبه سمت راست جاده شیب داده شده‌اند. در راه‌های شریانی درجه ۱، شیب‌های یک‌طرفه را نباید به طرف میانه وسط داد؛ چون، آب بارش جمع شده از تمام عرض سواره‌رو از روی خط سمت چپ، که مخصوص حرکت وسایل نقلیه سریع‌تر است، می‌گذرد و این از نظر ایمنی پذیرفته نیست. تفاوت شیوه‌های (ج) تا (و) با یکدیگر در باز و بسته بودن سیستم تخلیه آب و همچنین در نحوه منظور نمودن مکان لازم برای تعریض‌های آینده است.

۵-۴-۳. حداکثر مجاز تفاوت شیب‌های عرضی

تفاوت جبری شیب‌های عرضی دو خط چسپیده به هم نباید از ۷ درصد بیشتر باشد. به عبارت دیگر، جمع قدرمطلق‌های شیب‌های عرضی مخالف مجاور هم نباید از ۷ درصد تجاوز کند. رعایت این دستور، در مورد همه خط‌های سواره‌رو و از جمله در حد بین شانه و سواره‌رو الزامی‌است.

در قوس‌ها، شیب عرضی سواره‌رو یک‌طرفه است و این شیب یک‌طرفه ممکن است به ناچار به طرف خط‌های سمت چپ باشد. بنابراین، آب بارشی که بر همه سطح سواره‌رو می‌بارد از روی خط سمت چپ می‌گذرد؛ در حالی‌که سرعت حرکت وسایل نقلیه در این خط بیشتر است. چنین وضعیتی از نظر ایمنی و راحتی رانندگی مطلوب نیست. در این موارد به منظور تعدیل وضعیت، باید سعی کرد که در صورت امکان، آب بارش شانه واقع در لبه خارجی قوس از روی سواره‌رو عبور نکند. به این منظور بایستی به صورت زیر عمل شود:

- اگر تفاوت شیب عرضی قوس و شیب عرضی شانه برابر یا کمتر از حداکثر مجاز است، شانه را باید در خلاف جهت شیب قوس و به طرف خارج جاده شیب داد. برای تأمین شرایط فوق، شیب عرضی شانه را می‌توان در قوس‌ها تا ۲ درصد کاهش داد.
- چنانچه تفاوت شیب عرضی قوس و شیب عرضی شانه از حداکثر مجاز ۷ درصد بیشتر است (حتی با کاهش شیب عرضی شانه به ۲ درصد)، شیب عرضی شانه را باید هم‌جهت با شیب قوس و برابر با آن در نظر گرفت.

به عنوان مثال، اگر شیب عرضی قوس ۳ درصد و شیب عرضی شانه ۴ درصد است، در صورت ضرورت می‌توان شیب شانه را در خلاف جهت شیب قوس قرار داد. چنانچه شیب عرضی قوس ۴ درصد باشد، برای آن که بتوان شیب عرضی شانه را در خلاف جهت شیب قوس قرار داد، باید شیب عرضی شانه را در قسمت‌های قوسی شکل ۳ درصد در نظر گرفت. اگر شیب عرضی قوس ۶ درصد باشد، حتی با کاهش شیب شانه به ۲ درصد، تفاوت دو شیب عرضی مجاور، از حداکثر مجاز بیشتر می‌شود. در این مورد باید شیب عرضی شانه را هم جهت با شیب عرضی قوس و برابر با آن (معادل ۶ درصد) در نظر گرفت. روسازی شانه باید در مقابل آب شستگی مقاوم باشد.

۵-۵. میانه

۵-۵-۱. کلیات

در راه‌هایی که بیش از یک سواره‌رو دارند، فاصله بین سواره‌روها را میانه می‌گویند. بنا بر این تعریف، شانه‌های واقع بین دو سواره‌رو جزء میانه است. میانه به دو نوع تقسیم می‌شود:

- میانه وسط

- میانه کنار.

میانه وسط، میانه‌ای است که ترافیک دو طرف آن در خلاف جهت یکدیگر حرکت می‌کند. میانه کنار، میانه‌ای است که ترافیک دو طرف آن هم جهت‌اند. میانه وسط از شانه‌های چپ سواره‌روهای دو طرف آن و از جسم جدا کننده واقع بین شانه‌ها تشکیل می‌شود. خط‌کشی، جدول، سکو، باغچه، نرده و دیواره، به عنوان جسم جدا کننده به کار می‌روند. همچنین، در میانه‌های خیلی عریض، زمین و عوارض طبیعی واقع در داخل میانه به عنوان جدا کننده عمل می‌نمایند.

میانه کنار از یک شانه چپ (مربوط به سواره‌روی سمت راست میانه) و یک شانه راست (مربوط به سواره‌روی سمت چپ میانه) و از جسم جدا کننده واقع بین شانه‌ها تشکیل می‌شود. در موارد زیر، میانه کنار به کار می‌رود:

- در فاصله بین سواره‌رو اصلی و سواره‌رو جاده کناری
- در فاصله بین دو سواره‌رو اصلی هم‌جهت راه، در راه‌هایی که بیش از یک سواره‌رو دارند.

میانه قسمت بسیار مفیدی از راه است و نقش اصلی آن افزایش ایمنی است. به علاوه رانندگی کردن در راه‌هایی که میانه دارند با آرامش بیشتری انجام می‌گیرد و وجود میانه بر زیبایی بصری راه می‌افزاید. فایده‌های مهم میانه به شرح زیر است:

- میانه وسط از برخورد شاخ به شاخ وسایل نقلیه جلوگیری می‌کند.
- میانه وسط از برخورد نور ترافیک دو طرف که موجب خستگی رانندگی و کاهش ایمنی راه می‌شود، جلوگیری می‌نماید.
- برای گردش به چپ و دور زدن مکان لازم را فراهم می‌سازد.
- عبور از عرض خیابان را برای پیاده‌ها، ایمن‌تر و آسان‌تر می‌کند.

- از میانه‌های عریض برای توسعه راه و افزایش خط‌های عبور و یا اختصاص به سیستم حمل و نقل جمعی، می‌توان استفاده نمود.
- برای پایه‌های پل‌ها مکان لازم را فراهم می‌کند.
- برای کاشتن گل و گیاه و زیباسازی محیط راه فضای مناسبی فراهم می‌سازد.

چه در شب و چه در روز، میانه باید به خوبی قابل رویت باشد. بنابراین، لبه میانه باید با روسازی سواره‌رو کاملاً متمایز گردد. میانه را با خط‌کشی، شب نما کردن و رنگ‌آمیزی مشخص می‌کنند.

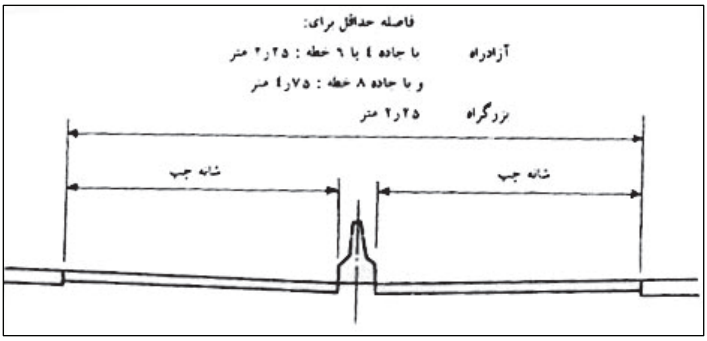
میانه را به صورت‌های برجسته (بلندتر از سطح سواره‌رو)، نشسته (پایین‌تر از سطح سواره‌رو)، و هم‌تراز (هم‌سطح با سواره‌رو) می‌سازند. میانه راه‌های شهری معمولاً برجسته یا هم‌تراز هستند. استفاده از میانه‌های نشسته تنها در مورد آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها، آن هم در حالتی که اجرای این راه‌ها به صورت مرحله‌ای انجام شود، مشاهده می‌گردد.

میانه عریض برای راه‌های برون‌شهری مناسب است و در این راه‌ها توصیه می‌شود. اما، عرض میانه راه‌های شهری را نباید بیش از اندازه لازم گرفت. زیرا با معین بودن حریم راه، عرض زیادتر میانه خود به خود از کناره راه می‌کاهد. از نظر تأمین شرایط زیست محیطی بهتر است که به جای عریض گرفتن میانه، کناره‌های راه را وسیع‌تر بگیرند.

در داخل میانه نباید پیاده‌رو و تأسیساتی تعبیه نمود که پیاده‌ها به آن جذب شوند. نیمکت، مجسمه، فواره، تابلو، آب‌نما، باغچه‌کاری وسیع و مانند آن‌ها پیاده‌ها را به طرف خود می‌کشد.

۵-۵-۲. انواع میانه برای راه‌های شریانی درجه ۱

الف) میانه با دیواره حافظ : این میانه هم‌تراز با سواره‌رو است و در وسط آن دیواره حافظ می‌گذارند (مطابق شکل (۵-۵)). قاعده دیواره حافظ باید در حد خارجی شانه‌ها و یا دورتر از آن قرار گیرد.



شکل شماره ۵-۵: عرض‌های حداقل برای میانه وسط با دیواره حافظ[۴]

در صورتی که پایه‌های پل‌ها در داخل میانه واقع می‌شوند عرض حداقل میانه را باید با توجه به عرض پایه پل تعیین کنند. ممکن است در حال حاضر پایه‌ای که در داخل میانه واقع شود، وجود نداشته باشد. اما نیازهای احتمالی آینده را از نظر محل پایه‌های روگذرها و تابلوهای بالاسری، باید در نظر گرفت و عرض میانه را بر اساس پیش‌بینی نیازهای آینده تعیین کرد.

حداقل عرض لازم برای میانه وسط با دیواره حافظ، با فرض وجود پایه در داخل میانه وسط و یا بدون آن، در جدول (۵-۳) ارایه شده است.

ب) میانه با نرده حافظ: این میانه را هم‌تراز یا برجسته‌تر نسبت به سواره‌رو می‌سازند. اگر دلیل فنی توجیه‌کننده‌ای برای برجسته ساختن آن وجود نداشته باشد باید آن را هم‌تراز با سطح سواره‌رو بسازند.

جدول شماره ۵-۳: حداقل عرض میانه وسط با دیواره حافظ در راه‌های شریانی درجه ۱[۴]

نوع راه شریانی درجه ۱	حداقل عرض میانه وسط (متر)	
	بدون پایه در وسط	با پایه در وسط
آزادراه		
جاده ۴ یا ۶ خطه	۲/۲۵	۲/۲۵ + W
جاده ۸ خطه	۴/۷۵	۴/۷۵ + W
بزرگراه	۲/۲۵	۲/۲۵ + W
W: عرض پایه واقع در وسط میانه است.		

برای جدول بهتر است از جدول مایل استفاده کنند. در هر حال باید بین لبه نرده و لبه خارجی شانه حداقل ۵/. متر فاصله باشد.

اگر از جدول قائم استفاده شود، ارتفاع نمای جدول نباید از ۱۵ سانتی‌متر بیشتر باشد تا وسایل نقلیه هنگام برخورد به آن به داخل جریان ترافیک برنگردند و موجب تصادفات حادثه‌ساز نشوند. همچنین، نمای نرده باید حداقل ۱/۲۵ متر عقب‌تر از نمای جدول باشد تا از پرتاپ شدن وسیله نقلیه از روی نرده جلوگیری گردد.

اگر نتوان فاصله فوق را فراهم کرد، می‌توان نمای جدول و نمای خارجی نرده حافظ را در یک سطح قائم قرار داد و ارتفاع استاندارد نرده را از پایین جدول منظور نمود. برای جزئیات نصب، به بخش ۱۲ آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

چنانچه مانعی مانند (پایه پل، تیربرق) در داخل میانه واقع باشد، باید بین نمای خارجی نرده حافظ و مانع حداقل ۱/۲۵ متر فاصله گذاشته شود تا در هنگام برخورد وسایل نقلیه مکان لازم برای تغییر شکل نرده وجود داشته باشد.

اگر در حال حاضر، پایه‌ای با ابعاد مشخص در داخل میانه قرار می‌گیرد، طراح باید بر اساس شکل (۵-۶) و ارقام ارایه شده در جدول (۵-۴) عرض میانه را (بر حسب مضربی از ۰/۲۵ متر) تعیین کند.

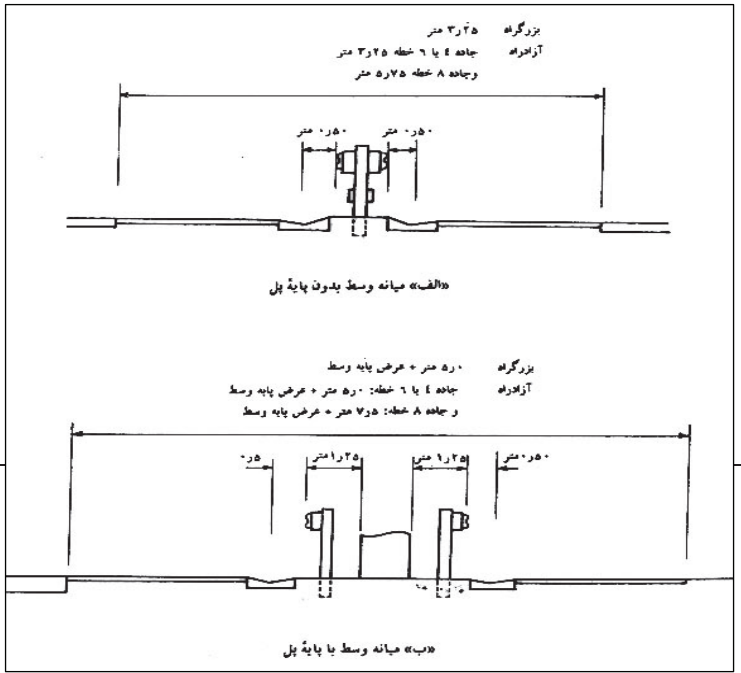
توصیه می‌شود که حتی اگر در حال حاضر پایه‌ای در داخل میانه واقع نمی‌شود، امکـان گذاشتن پایه در داخل میانه را برای توسعه‌های آینده در نظر بگیرند.

حداقل عرض لازم برای میانه وسط با نرده حافظ دو طرفه برای راه‌های شریانی درجه ۱ در جدول (۵-۴) ارایه شده است.

جدول شماره ۵-۴: حداقل عرض میانه وسط با نرده حافظ دوطرفه در راه‌های شریانی درجه ۱[۴]

نوع راه شریانی درجه ۱	حداقل عرض میانه وسط (متر)	
	بدون پایه در وسط	با پایه در وسط
آزادراه		
جاده ۴ یا ۶ خطه	۳/۲۵	۵/۰ + W
جاده ۸ خطه	۵/۷۵	۷/۵ + W
بزرگراه	۳/۲۵	۵/۰ + W
W: عرض پایه واقع در وسط میانه است.		

پ) میانه وسیع: برای آن‌که میانه وسط به دیواره یا نرده حافظ نیاز نداشته باشد، باید عرض آن حداقل ۲۳ متر گردد. عموماً، در راه‌های شهری به علت محدودیت جا باید سعی کرد که عرض میانه حداقل باشد. به علاوه، به منظور جلوگیری از دور زدن غیرمجاز وسـایل نقلیـه،



میانه وسیع باید غیرقابل عبور بوده و یا با نصب مانع (نظیر نرده پیاده)، دور زدن وسایل نقلیه موتوری و عبور پیاده‌ها را از عرض آن محدود نمایند.

شکل شماره ۵-۶: عرض‌های حداقل برای میانه وسط با برده حافظ[۴]

بنابراین، میانه وسیع جز در دو مورد زیر کاربرد ندارد:

- چنین میانه‌ای به طور طبیعی در مسیر راه واقع است و راه را در دو طرف این میانه قرار می‌دهند.
- میانه آزادراه‌های اطراف شهرها را وسیع طرح می‌کنند تا بتوانند در آینده به تعداد خط‌ها بیفزایند و یا راه اختصاصی وسایل جابجایی جمعی را در داخل میانه قرار دهند.

جدول شماره ۵-۵: اندازه‌های پایه برای محاسبه عرض میانه، راه‌های شریانی درجه ۱[۴]

وضعیت	اندازه (متر)
دیواره حافظ	
حداقل عرض یک دیواره حافظ استاندارد معمولی	۰/۶۰
حداقل عرض یک نیمه دیواره حافظ	۰/۳۵
حداقل فاصله آزاد بین قاعده دیواره حافظ و لبه خارجی شانه، آزادراه و بزرگراه	صفر
حداقل جا برای پایه به عرض W و نیمه دیواره حافظ چسپیده به دو طرف آن	۰/۷۰ + W
نرده حافظ	
حداقل عرض یک نرده حافظ یک طرفه پایه قوی	۰/۴۰
حداقل عرض یک نرده حافظ دو طرفه پایه قوی	۰/۶۵
حداقل فاصله آزاد بین نمای خارجی نرده و لبه خارجی شانه راه، آزادراه و بزرگراه	۰/۵۰ ۱/۲۵
حداقل فاصله آزاد بین نمای خارجی نرده و جسم مانع پشت آن	صفر یا ۱/۲۵
حداقل فاصله آزاد بین نمای جدول قائم و نمای خارجی نرده	۲/۵ + W
حداقل جا برای پایه به عرض W در داخل میانه و نرده‌های دو طرف آن	

۵-۵-۳. انواع میانه برای راه‌های شریانی درجه ۲

در راه‌های شریانی درجه ۲ سه نوع میانه به کار می‌رود:

- میانه سکویی
- میانه باغچه‌ای
- جداسازها.

الف) میانه سکویی: نمونه میانه با سکوی بتنی یا آسفالتی در شکل (۵-۷) نشان داده شده است. جز در مورد سکوهای واقع در محدوده تقاطع‌ها، عرض سکو نباید از ۲/۰ متر کمتر باشد. اگر جدول لبه میانه قائم است، لبه سکو باید حداقل ۰/۵ متر با لبه خط‌های اصلی فاصله داشته باشد. اگر جدول مایل است، فاصله آزاد بین لبه سکو و لبه خط‌های اصلی باید حداقل ۰/۲۵ متر باشد. بر این اساس، حداقل عرض برای میانه با سکوی بتنی یا آسفالتی برابر ۲/۵ متر است.

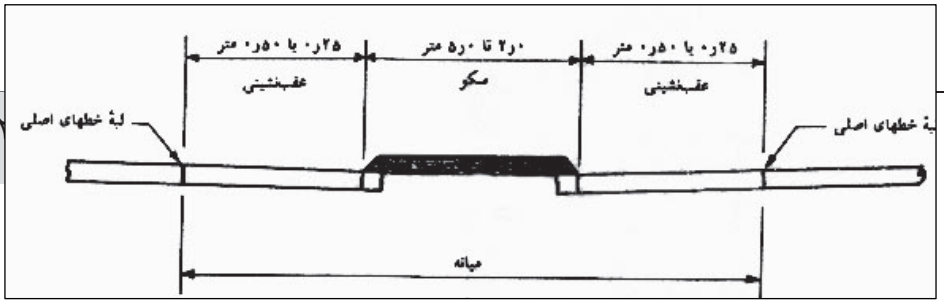
اگر نیاز به افزودن یک خط گردش به چپ در عرض میانه باشد، باید به یکی از سه زیر عمل کنند:

۱) سکو در محل تقاطع قطع و خط گردش به چپ با خط‌کشی مشخص شود. در این شیوه، عرض میانه باید حداقل ۳ متر باشد.

۲) سکو در محل تقاطع باریک شود و خط گردش به چپ در باقی‌مانده عرض میانه قرار گیرد. در این شیوه، عرض میانه باید حداقل ۴/۵ متر باشد، تا بتوان در محل تقاطع یک خط گردش به چپ به عرض ۳/۲۵ و سکویی به عرض ۱/۲۵ متر قرار داد.

۳) چنانچه تعداد دسترسی‌ها و گردش به چپ‌ها زیاد است، به جای میانه می‌توان یک خط ممتد گردش به چپ قرار داد. عرض این خط بین ۳/۵۰ تا ۴/۵۰ متر می‌باشد.

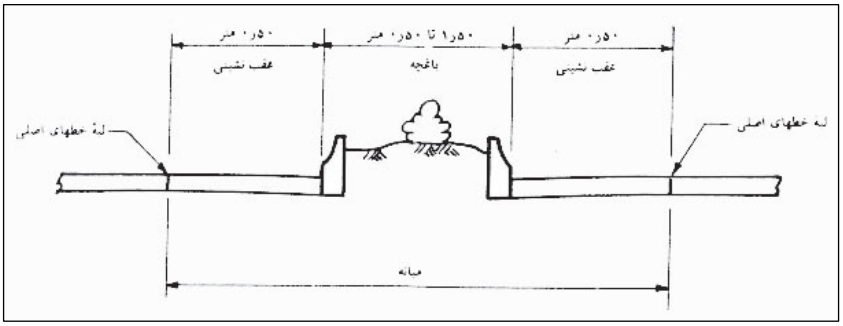
حداقل‌های ذکر شده در بالا، برای نصب تابلوهای راهنمایی و رانندگی و چراغ راهنما در



داخل سکو کافی است. تیرهای انتقال نیرو و خطوط هوایی تلفن و تلگراف را نباید در داخل میانه نصب کرد.

شکل شماره ۵-۷: میانه با سکوی بتنی یا آسفالتی

ب) میانه باغچه‌ای: میانه باغچه‌ای در شکل (۵-۸) نشان داده شده است. عرض باغچه را می‌توان کمتر از عرض سکوی بتنی یا آسفالتی گرفت. حداقل عرض برای باغچه واقع در



داخل میانه ۱/۵ متر و حداقل مطلوب آن ۲/۰ متر تعیین می‌شود.

شکل شماره ۵-۸: میانه باغچه‌ای

جدول میانه باغچه‌ای باید از نوع قائم باشد. بین لبه جدول و لبه سواره‌رو باید حداقل ۰/۵ متر فاصله در نظر گرفته شود. بنابراین، حداقل عرض برای میانه باغچه‌ای برابر ۲/۵ متر تعیین می‌گردد.

کاشتن درخت در باغچه میانه ممکن است مانع دید رانندگان و عابرین پیاده شود. اگر از عبور عابرین از عرض راه توسط مانع فیزیکی (نرده پیاده) جلوگیری نمی‌شود، نباید در

داخل میانه درخت کاشت. به علاوه، درختکاری را باید در نزدیکی تقاطع‌ها قطع کرد. به جای درختکاری، استفاده از بوته‌های کوتاه مقاوم در مقابل دود و گرما توصیه می‌شود.

۵-۵-۴. قابل عبور ساختن برای معلولین

سکوی میانه را باید در محل پیاده‌گذرها برای معلولین جسمی قابل عبور ساخت. بدین منظور، به ترتیب زیر عمل می‌کنند:

- اگر عرض سکو ۵ متر و کمتر است، در محل پیاده‌گذر، نواری به عرض ۵ متر هم‌تراز سواره‌رو ساخته می‌شود.
- اگر عرض سکو از ۵ متر بیشتر است، در دو طرف آن برای صندلی چرخ‌دار شیب‌راهه‌ای به عرض ۱/۲۵ متر ساخته شود. در محل پیاده‌گذرها، باید جداساز را در طولی برابر عرض پیاده‌گذر قطع کرد.

۵-۶. جدول

جداول در راه‌های شهری کاربرد زیادی دارند. جداول با کاربردهای زیر در این راه‌ها نصب می‌شوند:

- هدایت آب‌های بارش در لبه روسازی
- مشخص کردن لبه‌های جاده و هشدار دادن به رانندگان وسایل نقلیه
- مشخص کردن و ایمن ساختن پیاده‌رو
- زیبایی بصری خیابان و اطراف آن
- کنترل دسترسی توسعه‌های اطراف به راه

معمولاً جنس جداول بتنی است. جداول بتنی را می‌توان در جا ریخت یا به صورت پیش‌ساخته نصب کرد. قطعات پیش‌ساخته باید در کارخانه و در تحت شرایط کنترل شده ساخته گردد و دوام و مقاومت آن‌ها از دوام و مقاومت بتن در جایی که مطابق مشخصات ساخته می‌شود، کمتر نباشد. به علاوه، قطعات کوچک را باید به یکدیگر کام و زبانه کنند تا در مقابل ضربه ناشی از برخورد وسایل نقلیه جدا نشوند.

جدول‌های پیش‌ساخته متداول، که به صورت دستی و بدون کنترل مشخصات فنی ساخته می‌گردد، دارای سه عیب عمده است:

- به علت وزن کم قطعات پیش‌ساخته و جدا بودن قطعات از هم، با اولین ضربه از جا کنده می‌شود.
- با شیوه متداول ساخت، بسیار کم‌دوام است و سطح آن‌ها در اولین یخبندان ترک خورده و جدول شروع به از هم پاشیدن می‌کند.
- نصب آن‌ها مشکل و هزینه اجرای آن‌ها زیاد است.

جدول‌هایی که با بتن درجا ساخته شده‌اند به علت کیفیت بهتر بتن، دوام بیشتری داشته و به دلیل برخورداری از استحکام بیشتر، در برخورد وسایل نقلیه دوام بیشتری از خود نشان می‌دهند.

جدول باید در شب قابل رویت باشد. این امر به دوام جدول و ایمنی راه کمک می‌کند. جدول‌ها را به طریقه‌های زیر می‌توان در شب قابل رویت نمود:

- استفاده از سیمان سفید در ساخت جدول
- رنگ‌آمیزی جدول با رنگ‌های شب‌نما یا معمولی
- نصب دکمه‌های شب‌نما.

۵-۶-۱. انواع جدول

جدول از نظر برخورد وسایل نقلیه به آن، سه نوع است:

الف- جدول قائم

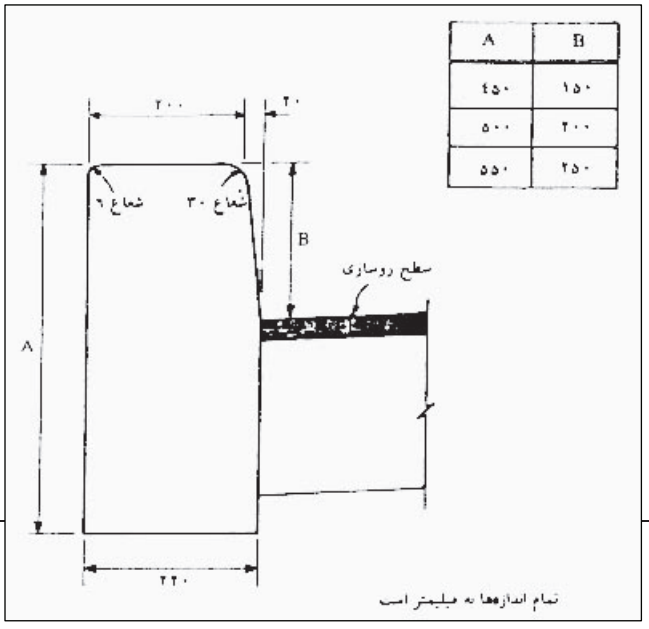
ب- جول مایل (جدول قابل عبور)

پ- ناودان

الف) جدول قائم : نمای رو به ترافیک جدول قائم، تقریباً قائم است و معمولاً بین ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. در این ارتفاع، اگر وسایل نقلیه با سرعت کم (۵۰ کیلومتر در ساعت و کمتر) به آن برخورد کنند، معمولاً نمی‌توانند از روی آن عبور کنند.

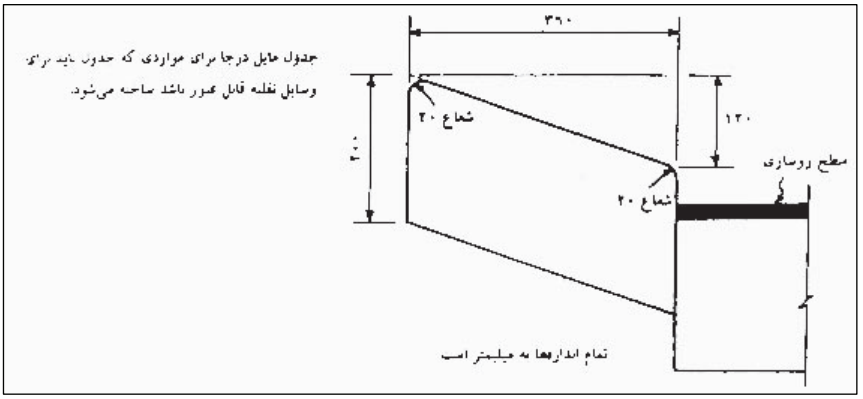
جدول قائم را در ارتفاع‌های مختلف می‌سازند. ارتفاع متداول جدول قائم، بین ۴۵ تا ۶۰ سانتی‌متر است. در موارد خاص، جدول بلندتر از ۶۰ سانتی‌متر را نیز به کار می‌برند.

چنانچه در نظر باشد که وسایل نقلیه پس از برخورد به جدول، از روی آن بگذرند، نمای جدول قائم را باید ۱۰ سانتی‌متر یا کمتر بگیرند و یا از جدول مایل استفاده نمایند. یک نمونه جدول قائم در شکل (۵-۹) نشان داده شده است.



شکل شماره ۵-۹: مشخصات هندسی جدول قائم

ب) جدول مایل: جدول مایل یا قابل عبور، جدولی است که نمای آن مایل است. از جدول مایل در نقاطی استفاده می‌کنند که هدف از نصب جدول، جلوگیری کردن از خروج وسایل نقلیه از جاده نیست، بلکه فایده‌های دیگر مورد نظر است. یک نمونه از جداول قائم در شکل



(۵-۱۰) نشان داده شده است.

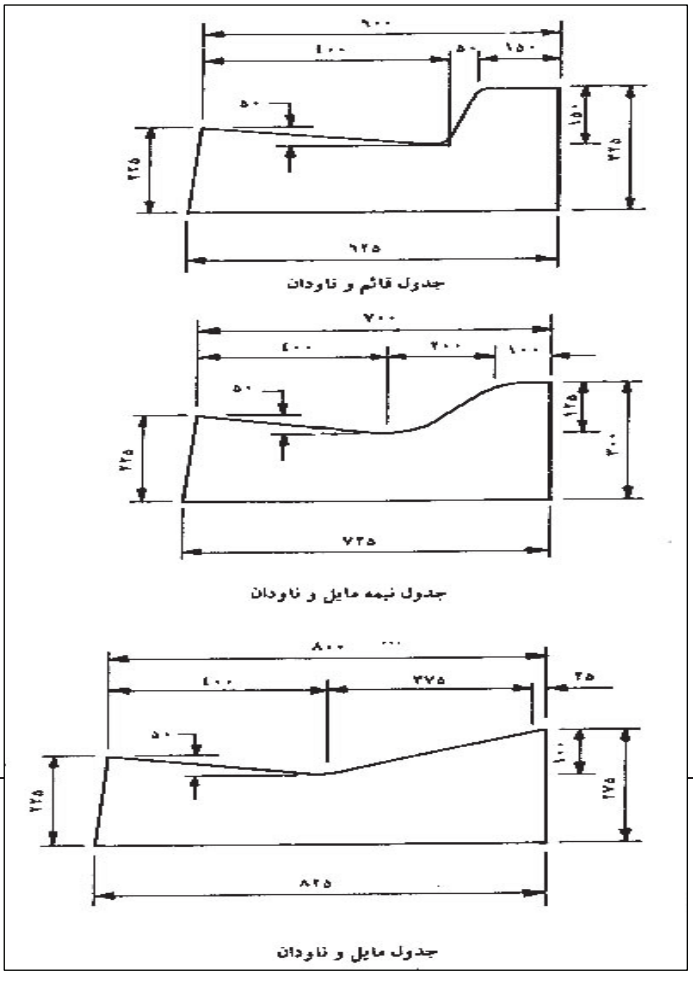
شکل شماره ۵-۱۰: مشخصات هندسی جدول مایل (قابل عبور) [۴]

پ) ناودان: جدول را می‌توان با ناودان کنار سواره‌رو به صورت یکپارچه ساخت (مطابق شکل ۵-۱۱). معایب ناودان به شرح زیر است:

- اگر شیب عرضی کف بتنی را کم بگیرند، در بارندگی‌ها (حتی در بارندگی‌هایی که دوره بازگشت آن‌ها یک ساله است)، سطح پخشی آب از سطح ناودان تجاوز کرده و مقداری از عرض شانه یا روسازی را می‌گیرد و بنابراین، بتنی کردن قسمتی از روسازی، عملاً فایده‌ای ندارد.

- اگر شیب عرضی کف بتنی را زیاد بگیرند، تمیز کردن ناودان دشوار می‌شود و ناودان معایب جوی‌های مرسوم را پیدا می‌کند.
- عرض ناودان را نمی‌توان جزء عرض خط به حساب آورد (اما عرض ناودان را می‌توان جزء شانه قابل استفاده راه محسوب کرد).
- در تجدید روسازی‌ها، اضافه کردن لایه‌هایی به رویه عملکرد ناودان را به هم می‌زند.

بنابراین، در روسازی‌های معمولی آسفالتی و یا بتنی استفاده از ناودان توصیه نمی‌شود. در مواردی که جاری شدن آب در سطح روسازی باعث آب شستگی آن می‌گردد (مثلاً روسازی شنی) می‌توان از ناودان استفاده کرد. همچنین، ممکن است ناودان را در حد خارجی شانه خاکی یا شنی قرار دهند.



شکل شماره ۵-۱۱: ترکیب جدول و ناودان به صورت یکپارچه، جز در موارد استثنایی ناودان توصیه نمی‌شود[۴]

۵-۶-۲. موارد استفاده

در استفاده از جدول در راه‌هایی که سرعت طرح آن‌ها از ۸۰ کیلومتر در ساعت بیشتر است، باید با احتیاط زیاد عمل کنند. وجود جدول قائم در نزدیکی سواره‌رو خطر مهمی برای این راه‌ها به حساب می‌آید. زیرا، وسایل نقلیه‌ای که با سرعت زیاد حرکت می‌کنند، هنگام برخورد کردن به جدول قائم، ممکن است تعادل خود را از دست داده، به داخل جریان ترافیک برگردند و باعث بروز حوادث ناگواری شوند.

به علاوه، جدول نمی‌تواند از خروج وسیله نقلیه‌ای که با سرعت زیاد به آن برخورد می‌کند، جلوگیری نماید. برای مانع شدن از خروج وسایل نقلیه در سرعت‌های زیاد، باید از دیوار یا نرده حافظ استفاده کنند.

با وجود نامناسب بودن جدول برای راه‌هایی که سرعت طرح آن‌ها زیاد است، غالباً ناگزیرند برای هدایت آب‌ها، در قسمت‌های خاکبرداری این راه‌ها از جدول استفاده کنند. در این موارد باید همه شرایط زیر را رعایت نمایند:

- از جدول به عنوان حافظ وسایل نقلیه استفاده نکنند.
- جدول را در حد خارجی شانه و یا دورتر از آن قرار دهند.
- از جدول مایل استفاده کنند و یا ارتفاع نمای جدول را ۱۵ سانتی‌متر یا کمتر بگیرند.

در راه‌های شریانی درجه ۲ و همچنین در خیابان‌های محلی از جدول می‌توان به منظورهای مختلف استفاده کرد. ارتفاع مطلوب نمای جدول برای خیابان‌های محلی، ۱۵

سانتی‌متر و برای راه‌های شریانی ۲۰،۲ سانتی‌متر تعیین می‌شود. برای در نظر گرفتن افزایش ضخامت روسازی در آینده، می‌توان حداکثر ۵ سانتی‌متر به اعداد فوق اضافه کرد.

۵-۶-۳. نصب

در راه‌های شریانی درجه ۱، جدول نباید جلوتر از حد خارجی شانه سمت راست قرار گیرد. در راه‌های شریانی درجه ۲، نمای جدول‌های مداوم (نظیر جدول میانه یا لبه راه) باید حداقل ۰/۲۵ متر و در صورت امکان ۰/۵ متر و نمای جدول‌های منقطع (نظیر جدول جزیره‌ها) حداقل ۰/۵ متر و در صورت امکان ۰/۷۵ متر عقب تر از لبه خط‌های اصلی باشد.

در خیابان‌های محلی، نمای جدول‌های مداوم باید حداقل ۰/۲۵ متر و نمای جدول‌های منقطع باید حداقل ۰/۵۰ متر عقب‌تر از لبه خط‌های اصلی ترافیک باشد. حداقل مقدار عقب‌نشینی جدول‌ها از لبه خط‌های اصلی در جدول شماره (۵-۶) ارایه شده است.

جدول شماره ۵-۶: فاصله جدول از لبه سواره‌رو در انواع راه‌ها[۴]

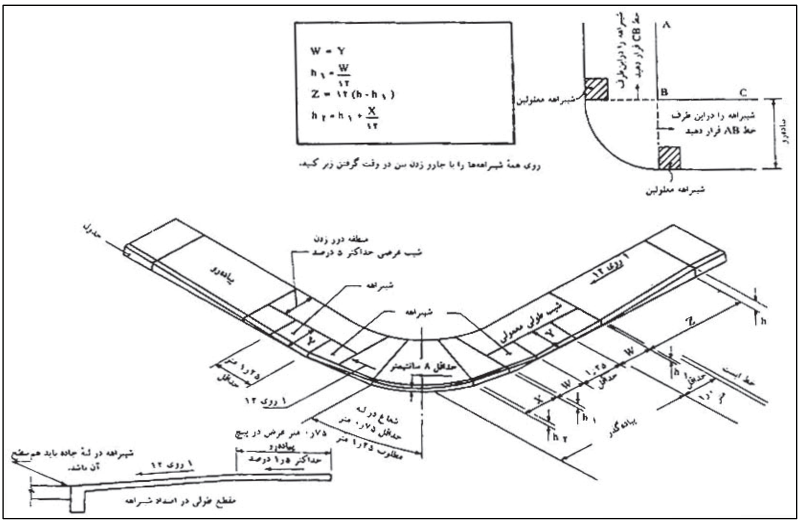
طبقه راه و وضعیت جدول	فاصله نمای جدول (متر)	
	فاصله حداقل	فاصله مطلوب
راه‌های شریانی درجه ۱	حد خارجی شانه راست	۰/۲۵ متر عقب‌تر از حد خارجی شانه راست
راه‌های شریانی درجه ۲		
جدول مداوم	۰/۲۵ متر عقب‌تر از لبه خط‌های اصلی	۰/۵۰ متر عقب‌تر از لبه خط‌های اصلی
جدول منقطع	۰/۷۵ متر عقب‌تر از لبه خط‌های اصلی	۱/۰ متر عقب‌تر از لبه خط‌های اصلی
خیابان‌های محلی		
جدول مداوم	۰/۲۵ متر عقب‌تر از لبه خط‌های اصلی	مانند فاصله حداقل

جدول منقطع	۰/۵۰ متر عقب‌تر از لبه خط‌های اصلی	مانند فاصله حداقل

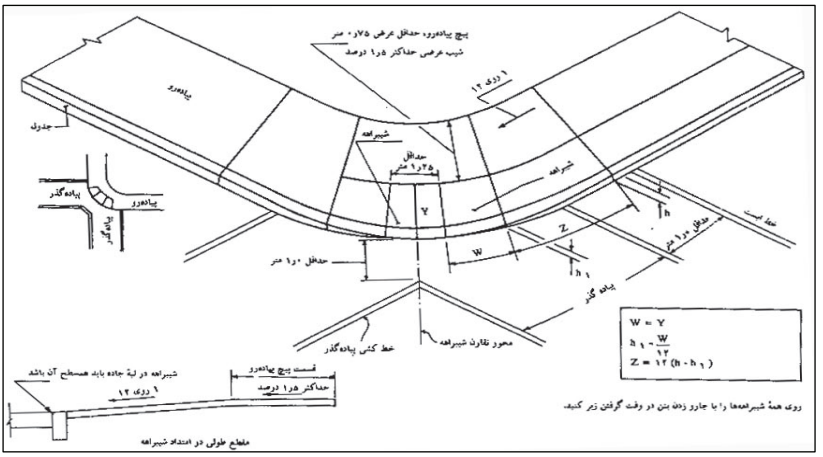
۵-۶-۴. شیب‌راهه برای معلولین

در پیاده‌گذرها باید ارتفاع نمای جدول را به تدریج کم کنند تا در محل پیاده‌گذر، بالای جدول هم‌سطح کف جاده باشد. به علاوه، پیاده‌گذر را باید توسط شیب‌راهه به سیستم پیاده‌روها متصل کنند. طرح هندسی شیب‌راهه مخصوص معلولین در شکل‌های (۵-۱۲) و (۵-۱۳) نشان داده شده است.

برای جزئیات بیشتر در این مورد، به آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.



شکل شماره ۵-۱۲: استاندارد طراحی شیب‌راهه برای معلولین جسمی



شکل شماره ۵-۱۳: استاندارد طراحی شیب‌راهه برای معلولین جسمی

۵-۷. شیروانی‌ها

شیروانی نمای جانبی جسم راه است. شیروانی بر دو نوع است:

- شیروانی خاک‌ریزی
- شیروانی خاکبرداری.

شیروانی خاک‌ریزی، شیروانی‌هایی را گویند که برای وسیله نقلیه خارج شده از جاده سرپایینی است. شیروانی خاکبرداری، شیروانی‌هایی را می‌گویند که برای وسیله نقلیه خارج شده از جاده سربالایی است.

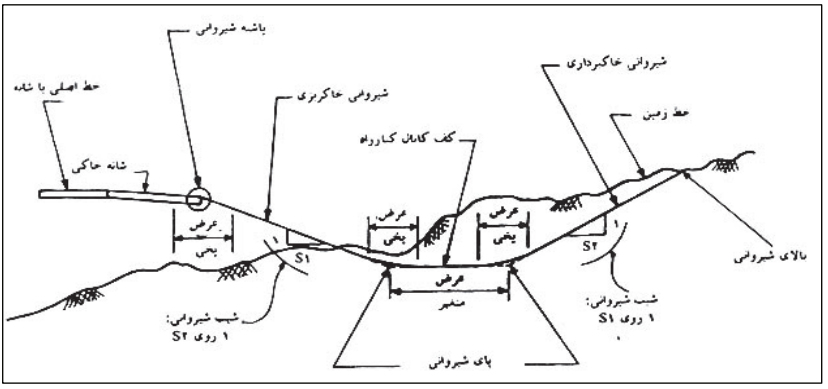
چنانچه راه در خاکبرداری (برش) باشد، پس از جوی کناری، شیروانی خاکبرداری آغاز می‌شود که در نهایت در نقطه انتهایی خود به زمین طبیعی می‌رسد.

شیروانی ملایم، شیروانی است که شیب عرضی آن کم بوده و در آن، محل تغییر شیب‌های عرضی به صورت پخ باشد. 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.

به طور کلی، بهتر است در محل رسیدن شیب‌های عرضی مختلف به یکدیگر، تیزگوشگی‌ها به گردگوشگی تبدیل گردد و شیب‌های تندتر از ۱:۲ (یک قائم به دو افقی) در آزادراه و بزرگراه و تندتر از ۲:۳ در سایر راه‌ها استفاده نشود.

شیب شیروانی‌های طرفین راه، از مطالعات ژئوتکنیک خاص مربوط به جنس خاک‌ها، وضع استقرار طبیعی خاک‌ها در محل، زیبایی، ایمنی، آسایش و مطالعات اقتصادی و ایمنی



راه تعیین می‌گردد.

شکل شماره ۵-۱۴: اجزای شیروانی‌های خاک‌ریزی و خاکبرداری

جزئیات شیروانی ملایم برای راه‌های شریانی درجه ۱، در بخش ۴ آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری ارایه شده است. شیب شیروانی‌های خاکبرداری و خاک‌ریزی را با توجه به عوامل زیر تعیین می‌کنند:

- نوع راه و سرعت طرح آن

- ارتفاع خاکبرداری یا خاک‌ریزی
- استفاده یا عدم استفاده از حافظ‌های طولی
- جنس زمین و جنس مصالح خاک‌ریزی
- نوع پوشش شیروانی
- محدودیت حریم
- خواص خاک محل خاکبرداری
- شیب زمین طبیعی
- هزینه خاکبرداری و خاک‌ریزی
- شیب بستر طبیعی خاک‌ریزی.

هرچه نقش راه شریانی‌تر و سرعت طرح آن زیادتر باشد، هزینه‌های ملایم ساختن شیروانی‌ها توجیه‌پذیرتر است.

میزان گودی خاکبرداری و بلندی خاک‌ریزی در انتخاب شیب‌های شیروانی تأثیر دارد. اولاً، هرچه اختلاف ارتفاع بین خط زمین و خط پروژه زیادتر باشد، ملایم ساختن شیروانی هزینه بیشتری دارد و عرض زیادتری می‌گیرد. بنابراین، در خاکبرداری و خاک‌ریزی‌های بلند، استفاده از شیب‌های تندتر برای شیروانی‌ها مقرون به صرفه‌تر است. ثانیاً، هرچه ارتفاع خاک‌ریزی کمتر باشد، شیب شیروانی را می‌توان تندتر گرفت بی‌آن‌که به حافظ طولی نیاز باشد.

از نظر حفاظت در مقابل انواع فرسایش و همچنین از نظر زیبایی بصری راه و محیط آن، شیروانی خاکبرداری‌ها و خاکریزی‌ها را باید پوشش کنند. نوع مناسب پوشش با توجه به شرایط اقلیمی، مصالح محلی، وسعت شیروانی و هزینه‌های نگهداری، تعیین می‌شود. در انتخاب شیب شیروانی باید نوع پوشش آن را در نظر بگیرند.

در خاکبرداری‌های بزرگ، باید به امکان تبدیل شیروانی‌ها به فضای سبز توجه کرد و در صورت لزوم شیب آن‌ها را با توجه به حداکثر مورد قبول برای ایجاد و نگهداری این فضاها تعیین نمود. شیب شیروانی ۱ روی ۳ حداکثر مطلق برای ایجاد و نگهداری فضاهای سبز است.

شیب شیروانی خاکبرداری‌ها با بررسی پایداری زمین تعیین می‌شود و ممکن است تا ۱ روی ۰/۱ و حتی قائم باشد. در جدول (۵-۷)، حداکثر ارتفاع مجاز خاک‌ریزی بدون استفاده از حفاظ طولی بر حسب شیب شیروانی خاک‌ریزی ارایه شده است.

جدول شماره ۵-۷: حداکثر ارتفاع مجاز خاک‌ریزی بدون استفاده از حفاظ طولی بر حسب شیب شیروانی خاک‌ریزی[۴]

شیب شیروانی خاک‌ریزی	حداکثر ارتفاع مجاز خاک‌ریزی بدون استفاده از حافظ طولی
۱ روی ۱/۵	۱/۰
۱ روی ۲/۰	۲/۰
۱ روی ۲/۵	۳/۰
۱ روی ۳/۰ و ملایم‌تر	نامحدود
ارتفاع خاک‌ریزی برابر است با تفاوت ارتفاع خط زمین در پای شیروانی خاک‌ریزی و ارتفاع پاشنه شیروانی	

۵-۷-۱. شیب شیروانی خاک‌ریزی

حداکثر مجاز برای شیب شیروانی خاک‌ریزی از نقطه نظرهای مختلف متفاوت است. طراح می‌تواند، برای هدف‌های مورد نظر، شیب مناسب را با توجه به حداکثرهای زیر انتخاب کند:

از نظر پایداری خاک‌ریزی:

- ۱ روی ۲

از نظر احداث و نگهداری برای فضای سبز:

- حداکثر: ۱ روی ۳، مطلوب: ۱ روی ۴

از نظر حفاظت وسایل نقلیه خارج شده از جاده (بدون استفاده از نرده یا دیواره حافظ):

- مطابق جدول (۵-۷)

از نظر استفاده از شیروانی برای کانال تخلیه آب:

- حداکثر: ۱ روی ۴، مطلوب: ۱ روی ۶

جز در مواردی که به علت شرایط خاص و منظورهای مشخص، انتخاب شیب دیگری ضروری باشد، شیب شیروانی خاک‌ریزی‌ها به شرح زیر تعیین می‌گردد:

- برای راه‌های شریانی درجه ۱، مطابق جدول (۵-۸)،
- برای راه‌های شریانی درجه ۲ و خیابان‌های محلی، مطابق جدول (۵-۹).

۵-۷-۲. شیب شیروانی خاکبرداری

حداکثر مجاز شیب شیروانی‌های خاکبرداری مطابق جدول (۵-۸) تعیین می‌شود:

جدول شماره ۵-۸: شیب شیروانی برای راه‌های شریانی درجه ۱[۴]

ارتفاع خاک‌ریزی (متر)	شیب شیروانی خاک‌ریزی	ملاحظات
صفر تا ۱/۵	۱ روی ۶	
۱/۵ تا ۳/۰	۱ روی ۴	
بیش از ۳/۰	۱ روی ۲	وسایل نقلیه را با حفاظ طولی محافظت کنید

جدول شماره ۵- ۹، شیب شیروانی برای راه‌های شریانی درجه ۲ و خیابان‌های محلی [۴]

ارتفاع خاک‌ریزی (متر)	**شیب شیروانی خاک‌ریزی**	**ملاحظات**
صفر تا ۲/۰	۱ روی ۲	بدون حافظ طولی
۲/۰ تا ۳/۰	۱ روی ۲/۵	بدون حافظ طولی
بیش از ۳/۰	۱ روی ۲	با حافظ طولی

از نظر پایداری خاکبرداری

- اگر جنس زمین خاکی است، ۱ روی ۲
- اگر جنس زمین سنگ و دج است، مطابق مطالعات و بررسی‌های زمین‌شناسی.

از نظر استفاده از فضای سبز

- حداکثر: ۱ روی ۳، مطلوب: ۱ روی ۴

از نظر حفاظت وسایل نقلیه خارج شده از جاده، اگر شیروانی خاکبرداری در داخل عرض ایمنی واقع باشد و برای حفاظت وسایل نقلیه از حافظ استفاده نشود:

- ۱ روی ۲

از نظر استفاده از شیروانی برای کانال تخلیه آب:

- اگر جنس زمین خاکی است، حداکثر: ۱ روی ۴، مطلوب: ۱ روی ۶ .

۵-۷-۳. گرد کردن (پخ کردن) شکستگی‌ها و پاشنه

از نظر ایمنی وسایل نقلیه خارج شده از جاده و همچنین از نظر پایداری و نگهداری شیروانی، باید نقاط تغییر شیب را با پخ کردن، ملایم کنند. حداقل عرضی پخی ۱/۰ متر و حداکثر آن ۲/۰ متر تعیین می‌شود. اجرای پخ کردن نقاط تغییر شیب بسیار ساده است و هزینه ناچیزی دارد. عرض پخی را بایستی در روی نیم‌رخ عرضی تیپ نشان داد.

۵-۷-۴.پلکانی کردن شیروانی خاکبرداری

وقتی ارتفاع خاکبرداری، کمتر از ۶ متر و یا ۱۰ متر باشد، معمولاً شیروانی برش به صورت یکسره و یکنواخت بین جوی کناری و زمین طبیعی قرار می‌گیرد. در موارد خاص بعد از جوی کناری، پله‌ای منظور می‌شود تا مصالح حاصل از ریزش، روی آن انباشته ودر فواصل معین تخلیه شود و از پر شدن 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. در حالت کلی عرض پله‌ها، ارتفاع بین پله‌ها و شیب شیروانی حدفاصل پله‌ها، بستگی به مشخصات لایه‌های زمین دارد و می‌تواند مقدار یکنواختی نباشد.

برای پرهیز از انباشتگی فوق‌العاده مصالح ریزشی در مجاورت جوی کناری، بهتر است ارتفاع پله اول را کمتر در نظر گرفت. شیب طولی و عرضی پله‌ها باید به گونه‌ای باشد که تخلیه متناسب آب بارش را امکان‌پذیر نماید. عرض پله‌ها به ویژه پله اول، بهتر است به

میزانی باشد که ریزش‌ها را بتوان به وسیله ماشین‌های راه‌سازی تخلیه نمود. به این منظور عرض ۴ تا ۶ متر توصیه می‌شود. در صورت لزوم باید، آب بارش بالای شیروانی را از طریق جوی محافظ بالای شیروانی تخلیه کرد.

۵-۸. سیستم‌های تخلیه آب

آب بارش هدایت شده به لبه جاده با استفاده از دو سیستم جمع‌آوری می‌شود:

۱- سیستم تخلیه باز

۲- سیستم تخلیه بسته

در سیستم تخلیه باز، در لبه جاده جدول وجود ندارد. آب بارش مستقیماً به روی شیروانی خاک‌ریزی جاری شده و به مجاری یا کانال‌های تخلیه آب واقع در کنار راه می‌رسد. این سیستم در راه‌های شهری کاربرد زیادی ندارد و تنها ممکن است در راه‌های شریانی درجه ۱ مورد استفاده قرار گیرد.

در سیستم تخلیه بسته، در لبه جاده، جدول وجود دارد و جدول آب بارش جاری شده در سطح جاده را جمع‌آوری می‌کند. این آب از محل بریدگی جدول و یا دریچه چاهک‌ها به مجاری تخلیه آب هدایت می‌شود.

۵-۸-۱. کانال‌های تخلیه آب

هر جا که از نظر تخلیه آب‌های بارش سطح راه و حریم آن و همچنین تخلیه آب بارش آبادانی‌های اطراف لازم است، در کنار راه کانال تخلیه آب می‌سازند. مقطع عرضی کانال تخلیه آب باید ملایم باشد تا وسایل نقلیه‌ای که از جاده خارج می‌شوند، صدمه کمتری ببینند.

شیب شیروانی کانال تخلیه آب در زمین‌های خاکی نباید از حداکثر ۱ روی ۴ و یا حداکثر مطلوب ۱ روی ۶ بیشتر باشد. عمق کف کانال نسبت به سطح تمام شده لبه خارجی شانه باید حداقل ۰/۵ متر باشد. عرض کف کانال باید بر اساس محاسبات هیدرولیکی، برای بارش با دوره بازگشت ۱۰ سال، تعیین شود. این عرض نباید از ۱ متر کمتر باشد.

۵-۸-۲. هدایت آب‌های بارش

تعیین نحوه تخلیه آب‌های سطحی وارد شده به حریم راه و آب‌های بارش جاری شده در سطح راه و همچنین طراحی تأسیسات لازم برای دفع این آب‌ها، جزء طرح هندسی است. این مطالعات از قسمت‌های زیر تشکیل می‌شود:

- تعیین سطح طغیان آب در رودخانه‌ها و مسیل‌هایی که راه آن‌ها را قطع می‌کند.
- تعیین سطح طغیان آب در مسیل‌هایی که از کنار راه می‌گذرد.
- طراحی تأسیسات تخلیه آب‌های بارش جاری شده در سطح راه.
- طراحی تخلیه آب‌های سطحی که وارد حریم راه می‌شوند.
- طراحی محل خروج آب‌های جمع‌آوری شده به محل‌های تخلیه، حتی اگر این محل‌ها خارج از حریم راه باشند.

متداول‌ترین شیوه جمع‌آوری آب بارش راه‌های شهری سیستم جوی‌های روباز است. این سیستم برای تخلیه آب‌ها کارآیی ندارد و از نظر ایمنی پیاده و سواره و بهداشت و زیبایی محیط مردود است باید منسوخ شود.

سیستم جوی روباز، به علت گرفتگی همیشگی خود نمی‌تواند به عنوان مجاری تخلیه آب‌های سطحی عمل کنند. این جوی‌ها به عنوان خط القعر و حوضچه عمل می‌کنند و

آب‌های بارش در آن‌ها عموماً جاری نشده بلکه جمع می‌شود. در بارندگی‌های شدید و متوسط، به علت گرفتگی جوی‌ها، خیابان را آب می‌گیرد. بنابراین، طراحی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی این مجاری روباز غیرضروری است.

نوع دیگری از مجاری روباز که در کنار جاده ساخته می‌شود، مجاری روباز مثلثی است. جوی‌های مثلثی محل تجمع خاک وآشغال خیابان است و آن‌ها را باید مرتباً پاک کرد. جوی‌های مثلثی، جارو کردن مکانیکی خیابان را مشکل می‌کند. این جوی‌ها، به علت گرفتگی همیشگی خود، کارآیی ندارند و از نظر زیبایی و بهداشت محیط قابل قبول نیستند. استفاده از جوی‌های مثلثی عموماً منسوخ شده است.

سیستمی که باید جانشین جوی‌های روباز شود، سیستم مرسوم در همه جای دنیاست که در آن آب بارش در پای جدول خیابان و در روی سطح جاده جاری می‌شود و از طریق چاهک‌ها به لوله‌های زیرزمینی انتقال آب‌های سطحی منتقل می‌گردد. جنس معمول این لوله‌ها بتنی، سفالی و پلاستیکی و قطر متداول آن‌ها بین ۰/۳ تا ۱/۰ متر است. این لوله‌ها آب‌های جمع‌آوری شده را به محل‌های تخلیه هدایت می‌کنند. شاخ و برگ و گل و لای و سایر موادی که آب با خود حمل می‌کند توسط دریچه، واقع در محل ورود آب به چاهک، گرفته می‌شود و یا در حوضچه، واقع در ته چاهک، ته نشین می‌شود. مواد ته نشین شده در ته چاهک را می‌توان با وسایل مکانیکی یا دستی تخلیه کرد.

۵-۸-۳. عرض مجاز پخشی

عرض آبی که در بارندگی‌ها در پای جدول جاری می‌شود و قسمتی از سطح جاده را می‌گیرد، باید برای بارندگی با دوره بازگشت یک‌ساله حساب شود. فاصله چاهک‌ها از یکدیگر را باید چنان تعیین کنند که این عرض از حداکثرهای زیر تجاوز نکند:

در خیابان‌های محلی

- تمام عرض خط دست راست، اگر خیابان چهار خط یا بیشتر دارد.
- نصف عرض خط دست راست، اگر خیابان فقط دو خط دارد.

در راه‌های شریانی درجه ۲

- نصف خط دست راست، اگر خط عبوری است.
- تمام عرض خط دست راست، اگر خط پارکینگ حاشیه‌ای است.

در راه‌های شریانی درجه ۱

- عرض شانه راه

۵-۸-۴. چاهک، دریچه و حوضچه

ظرفیت هیدرولیکی دریچه چاهک‌ها را باید کنترل کنند. مواد زایدی که روی دریچه جمع می‌شود، قسمتی از سطح آن را مسدود می‌نماید. بنابراین، سطح دریچه باید دو برابر مقداری باشد که با محاسبه هیدرولیکی به دست می‌آید. سطح دریچه‌ها برای دوره بازگشت دو ساله تعیین می‌گردد.

۵-۸-۵. لوله زیرزمینی

اندازه لوله‌ها را باید بر اساس محاسبات هیدرولیک و برای بارش‌هایی که دوره بازگشت آن‌ها دو ساله است تعیین کنند. قطر حداقل برای لوله‌ها ۰/۳ متر است.

۵-۸-۶. مطالعه جریان آب‌ها در سطح روسازی

هنگامی که شیب عرضی راه تغییر جهت می‌دهد، باید وضعیت گذشتن جریان آب از یک طرف جاده به طرف دیگر را بررسی کنند. وجود چنین جریان‌هایی ممکن است در راه‌هایی که برای سرعت ۷۰ کیلومتر یا بیشتر طراحی می‌شوند، ایجاد خطر نماید. وسایل نقلیه‌ای که با سرعت زیاد حرکت می‌کنند، هنگام گذشتن از جریان نازک آب سطحی، به علت نبودن اصطکاک بین چرخ و روسازی، ممکن است کنترل خود را از دست بدهند. در طراحی راه‌های شریانی باید موارد زیر رعایت شود:

- جریان حرکت آب از عرض سواره‌رو، با توجه به شیب‌های طولی و عرضی، بررسی شود. بهترین راه برای این کار ترسیم خطوط تراز، کف تمام شده جاده است. با توجه به خطوط تراز، جریان حرکت آب‌های سطحی مشخص می‌شود و بر اساس آن می‌توان محل مناسب را برای دریچه‌های تخلیه آب تعیین کرد.
- در محل شروع تغییر جهت شیب عرضی دریچه‌ای گذاشته شود، تا قسمت عمده آب جمع شده در یک طرف، قبل از گذشتن از عرض خیابان، از طریق این دریچه تخلیه گردد.

۵-۸-۷. پل‌ها و مسیل‌ها

در عبور از روی رودخانه‌ها و مسیل‌ها و همچنین در گذشتن از کنار آن‌ها، باید نیم‌رخ سطح آب را برای طغیان‌های صد ساله تعیین کنند. پایین‌ترین نقطه سازه پل باید حداقل ۱/۰ متر بالاتر از بلندترین دو ارتفاع زیر باشد:

- سطح برآورد شده طغیان صد ساله

- بالاترین ارتفاع سیلابی که دیده یا ثبت شده و یا داغ آن وجود دارد.

در گذشتن مسیر از کنار مسیل‌ها و رودخانه‌ها نیز به همین ترتیب عمل کنند. در این موارد، سطح زیر روسازی (بستر روسازی) نباید از بیشترین، دو ارتفاع یاد شده پایین‌تر باشد.

۵-۸-۸. آبروها

آبرو، لوله یا پل کوچکی است که روی آن خاک‌ریزی و روسازی و یا حداقل تمام ضخامت روسازی (شامل لایه‌های زیراساس، اساس و رویه) قرار می‌گیرد. ظرفیت انتقال آب آبروها به شرح زیر تعیین می‌شود:

- برای نهر، کانال و مسیل‌های کوچک متقاطع با راه، دهانه آبرو را باید چنان تعیین کنند که در بارندگی‌هایی که دوره بازگشت آن‌ها ۲۵ ساله است، بالاترین سطح آب جمع شده در بالادست آبرو از سطح زیر روسازی (بستر روسازی) فراتر نرود.
- برای ارتباط دادن هیدرولیکی دو طرف راه در عبور از جلگه‌های سیل‌گیر واقع در کنار مسیل‌ها و رودخانه‌ها، ارتفاع خاک‌ریزی، تعداد آبروها و دهانه‌های آن‌ها را باید چنان تعیین کنند که بالاترین سطح آب طغیان‌هایی صد ساله و همچنین بزرگ‌ترین طغیان‌هایی که دیده یا ثبت شده و یا داغ آن‌ها موجود است، در بالادست، از سطح زیر روسازی (بستر روسازی) فراتر نرود.

خلاصه

در این فصل، به معرفی نیم‌رخ‌های عرضی در انواع راه‌های شهری پرداخته شد. عرض خط‌های سواره‌رو و عرض شانه در انواع راه‌ها، عرض خطوط پارکینگ، عرض خط‌های

کمکی شامل خطوط گردش به راست، گردش به چپ، خط ممتد گردش به چپ، خطوط افزایش و کاهش سرعت، خطوط تداخل و خطوط سربالایی مورد بررسی قرار گرفت.

مقادیر شیب عرضی سواره‌رو و شانه‌ها ارایه و انواع میانه و ضوابط اجرایی آن‌ها ارایه شد. انواع جدول و کاربرد آن‌ها در هدایت آب‌های بارش، مشخص کردن و ایمن ساختن پیاده‌رو، زیبایی بصری راه و ... نیز ارایه گردید و در ادامه، شیروانی‌های راه مورد بررسی قرار گرفت. در انتها انواع سیستم‌های تخلیه آب‌های سطحی راه بررسی گردید.

خودآزمایی

۱. تعداد خط‌های اصلی راه‌های شریانی بر چه اساسی تعیین می‌شود؟
۲. موارد استفاده پارکینگ در راه‌های شریانی درجه ۲ چیست؟
۳. حداکثر مجاز تفاوت شیب‌های عرضی به چه میزان است؟
۴. منظور از میانه وسیع چیست؟
۵. حداکثر شیب شیروانی خاک‌ریزی از نظر پایداری چقدر است؟
۶. متداول‌ترین سیستم تخلیه آب‌های سطحی چیست؟

فصل ششم

تقاطع‌ها و تبادل‌ها

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. معرفی تقاطع‌ها و انواع آن‌ها
۲. اصول جریان‌بندی ترافیک
۳. جزیره‌های ترافیکی
۴. وسیله نقلیه طرح تقاطع
۵. تنظیم موقعیت و شیب تقاطع
۶. خطوط عبور در تقاطع‌ها
۷. قوس گوشه و مسیر گردشی تقاطع
۸. تسهیلات پیاده‌روی و دوچرخه سواری در تقاطع‌ها
۹. ایستگاه اتوبوس و پارکینگ در تقاطع
۱۰. کنترل و ایمنی تقاطع‌ها
۱۱. معرفی تبادل‌ها و انواع آن‌ها
۱۲. فاصله بین تبادل‌ها و همسانی آنها
۱۳. موقعیت ورودی‌ها و خروجی‌ها
۱۴. تعادل در تعداد خط‌ها
۱۵. تبادل ناقص و کامل
۱۶. کاهش تعداد خط‌ها در آزادراه و بزرگراه
۱۷. دهانه‌های رابط

۶-۱. تقاطع‌ها و تبادل‌ها

۶-۱-۱. تقاطع‌ها

تقاطع، محل تلاقی هم‌سطح دو یا چند راه است که هر یک از آن‌ها و تسهیلات هدایت ترافیک آن‌ها را در بر می‌گیرد. هر کدام از راه‌های منتهی به تقاطع، یک شاخه (رویکرد) تقاطع نامیده می‌شود. معمول‌ترین نوع تقاطع، حالتی است که دو راه یکدیگر را قطع کنند و از هم بگذرند. چنین تقاطعی چهارراه نام دارد. بهتر است تقاطع بیش از چهار شاخه نداشته باشد.

به طور کلی، مسائل و مشکلات تقاطع‌ها را می‌توان تحت سه عنوان به شرح زیر طبقه-بندی نمود[۱۳]:

الف) مشکلات ناشی از برنامه ریزی، طراحی و اجرای نامناسب تقاطع‌ها

ب) مشکلات ناشی از فرهنگ و رفتار نادرست رانندگان و عابرین پیاده

پ) سرپیچی از مقررات راهنمایی و رانندگی

تأثیر متقابل سه معضل فوق موجب تشدید آن‌ها می‌شود.

الف) طراحی و اجرای نامناسب تقاطع: این‌گونه مشکلات که به طور کلی ناشی از کمبود ضوابط و استانداردهای طراحی و اجرایی متناسب با شرایط کشور است، منجر به کاهش ظرفیت و ایمنی تقاطع می‌گردد. از سوی دیگر، اشکالات طراحی و اجرایی، خود منجر به تشدید مسائل رفتاری رانندگان و عابرین پیاده و عدم رعایت ضوابط و مقررات راهنمایی و رانندگی می‌شود که به طور

مضاعف عملکرد تقاطع را دچار اختلال می‌سازد. اهم مشکلات طراحی هندسی و سیستم کنترل تقاطع‌ها و عواقب ناشی از آن‌ها را می‌توان به شرح زیر نام برد:

- **طراحی نادرست جزیره‌ها و مسیربندی نامناسب**

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

- **طراحی نادرست قوس‌ها و خطوط گردشی**

نامتناسب بودن شعاع قوس و عرض خطوط گردش با طبقه‌بندی خیابان‌ها و وسیله نقلیه طرح سبب کاهش راحتی، ظرفیت و ایمنی تقاطع می‌گردد.

- **قرارگیری نامناسب تقاطع در نیم‌رخ طولی و پلان**

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

- **طراحی نادرست شیب‌بندی**

بربلندی (دور) و شیب‌های عرضی نامناسب سبب بروز خطرات ناشی از جمع شدن آب‌های سطحی و کاهش میزان ایمنی می‌گردد.

- **کمبود میدان دید**

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

- **عدم وجود خطوط کمکی یا طراحی نامناسب آن‌ها**

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

- **عدم کفایت تسهیلات پیاده‌روی**

فقدان گذرگاه‌های عرضی مناسب عابر پیاده یا رابط‌های پیاده‌رو، سبب کاهش ایمنی عابر پیاده و سردرگمی وی در تقاطع می‌گردد.

- **انتخاب نادرست روش کنترل**

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

- **نصب نادرست علائم و چراغ‌های راهنمایی**

عدم وجود ضوابط صحیح و یکنواخت برای نصب علائم و چراغ‌های راهنمایی در تقاطع‌ها سبب سردرگمی رانندگان و عابرین پیاده شده و ظرفیت و ایمنی را کاهش می‌دهد.

- **مناسب نبودن زمان‌بندی و فازبندی چراغ‌های راهنمایی**

عدم تناسب زمان‌بندی چراغ با حجم حرکات مربوطه سبب بروز تاخیرهای بسیار و تشویق رانندگان و عابرین پیاده به عدم رعایت قوانین و مقررات راهنمایی می‌شود. فازبندی نامناسب نیز باعث افزایش تاخیر می‌گردد.

- **نامناسب بودن وضعیت روسازی**

ناهمواری و لغزندگی روسازی سبب کاهش ایمنی و افزایش تاخیر در تقاطع می‌شود.

- **مناسب نبودن وضعیت روشنایی**

فقدان نورکافی در محدوده تقاطع‌ها به ویژه در هنگام شب موجب کاهش دید رانندگان و افزایش احتمال بروز تصادف می‌شود.

ب) فرهنگ و رفتار نادرست رانندگان و عابرین پیاده : مسائل رفتاری از عمده‌ترین عوامل ایجاد اختلال در عملکرد تقاطع‌ها و کاهش ظرفیت و ایمنی آن‌ها هستند. این مشکلات علاوه بر تأثیر نامطلوبی که بر عملکرد تقاطع دارند، پیش‌بینی عملکرد آن و در نتیجه تدوین ضوابط و استانداردهای مورد نیاز را نیز با مشکل مواجه می‌سازند. در زیر به اهم مشکلات فرهنگی حاکم بر تقاطع‌ها و اثرات آن‌ها اشاره می‌شود:

- **عدم رعایت حق تقدم در حرکت‌های گردشی**

عدم رعایت حق تقدم در حرکت‌های گردشی، علاوه بر کاهش ایمنی و ظرفیت تقاطع، پیش‌بینی نحوه عملکرد خودروها را به هنگام بروز برخورد با مشکل مواجه می‌سازد.

- **استفاده نادرست از خطوط عبور**

بررسی‌های انجام شده در تقاطع‌ها نشان داده است که برخی از خودروها برای انجام حرکت گردشی از خطوط عبور مستقیم استفاده می‌نمایند که موجب افزایش تاخیر و کاهش ظرفیت تقاطع می‌شود.

- **عبور نامنظم عابرین پیاده، دوچرخه‌سواران و موتورسواران**

عبور عابرین پیاده، دوچرخه‌سواران و موتورسواران در زمان قرمز از عرض تقاطع علاوه بر کاهش ایمنی آن‌ها موجب کاهش ظرفیت تقاطع نیز می‌شود.

- **طراحی نامناسب ایستگاه‌های اتوبوس و توقف نامنظم تاکسی‌ها و اتومبیل‌های مسافربر شخصی**

طراحی نادرست ایستگاه‌های اتوبوس و توقف اتوبوس‌ها در محدوده خطوط عبوری و همچنین عملکرد نامنظم تاکسی‌ها و اتومبیل‌های مسافرکش در محدوده تقاطع باعث کاهش ظرفیت و ایمنی تقاطع می‌شود.

- **عدم رعایت خط عبور**

بررسی‌های انجام شده در تقاطع‌های کشور نشان داده است که معمولاً وسایل نقلیه، خطوط عبور مشخص شده در محدوده تقاطع را رعایت نمی‌کنند و عرض خط عبور وسایل نقلیه کمتر از عرض مشخص شده توسط خط‌کشی است. بر این اساس، بخشی از مطالعات این پروژه به تعیین عرض مفید انتخابی وسایل نقلیه به هنگام توقف در محدوده تقاطع اختصاص یافته است.

پ) سرپیچی از مقررات راهنمایی و رانندگی: ناهماهنگی‌های موجود میان برخی از قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی و ضوابط طراحی، بی اعتنایی مردم به این قوانین و عدم اجرای آن‌هارا در پی خواهد داشت.

۶-۱-۲. اهداف و اصول طراحی

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

به این منظور، چهار عامل زیر در طرح هندسی تقاطع‌ها باید مورد توجه قرار گیرد:

الف) عامل‌های انسانی

ب) عامل‌های ترافیکی

پ) عامل‌های فیزیکی

ت) عامل‌های اقتصادی

الف) عامل‌های انسانی

با توجه به آنکه حرکت وسایل نقلیه و عابران در تقاطع، از تصمیم‌های انسانی سرچشمه می‌گیرد، لذا عامل‌های انسانی زیر در طرح تقاطع‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد.

۱- رانندگان

- عادت‌های راننده
- توان تصمیم‌گیری
- انتظار
- زمان تصمیم‌گیری و عکس‌العمل
- برابری با مسیرهای طبیعی حرکت

۲- عادت‌ها و ویژگی‌های عابران

ب) عامل‌های ترافیکی

در طرح تقاطع‌ها، خصوصیت‌های ترافیکی زیر مدنظر قرار می‌گیرد.

- ظرفیت‌های واقعی طراحی
- حجم حرکت‌های گردشی در ساعت طرح
- بعدها و مشخصات خودرو طرح
- انواع حرکت‌های تقاطع (عبور مستقیم، گردش به چپ و راست)
- ترکیب وسایل نقلیه

- سرعت وسایل نقلیه
- موقعیت ایستگاه وسیله‌های حمل و نقل همگانی نسبت به تقاطع
- سابقه تصادف‌ها

پ) عامل‌های فیزیکی

عامل‌های فیزیکی مورد توجه در تقاطع عبارتند از:

- ویژگی و کاربری زمین‌های مجاور
- نیم‌رخ طولی
- فاصله دید
- زاویه تقاطع
- سطح برخورد
- خط‌های عبور و تغییر سرعت
- علائم کنترل ترافیک
- تجهیزات روشنایی تقاطع
- جنبه‌های ایمنی
- تردد دوچرخه
- تخلیه آب‌های سطحی
- سایر اجزای طرح هندسی

ت) عامل‌های اقتصادی

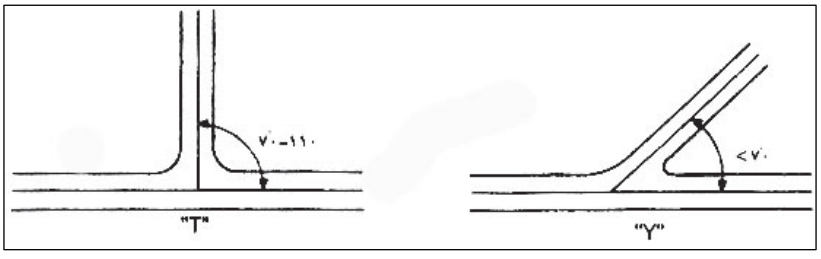
بررسی گزینه‌ها، بر اساس عامل‌های اقتصادی زیر صورت می‌گیرد:

- هزینه و زمان اجرای طرح
- هزینه تملک زمین‌ها
- تأثیر کنترل یا محدود کردن دسترسی‌های مجاور
- مصرف سوخت و استهلاک ناشی از تاخیر
- نرخ سود برای تبدیل سرمایه‌ها به سال مورد نظر
- مقایسه برآوردها

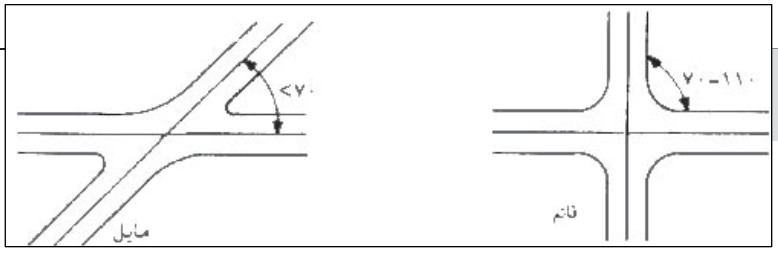
۶-۱-۳. انواع تقاطع‌ها

طراحی یک تقاطع هم سطح به شکل‌های گوناگونی امکان‌پذیر است و طراح باید با انواع تقاطع‌ها و محاسن و معایب و محدودیت‌های هر یک به خوبی آشنا باشد تا بتواند مناسب‌ترین نوع تقاطع را برای شرایط معین انتخاب نماید.

عوامل موثر در انتخاب نوع تقاطع عبارتند از وضعیت مسیرهای منتهی به تقاطع، حجم و نوع ترافیک، سرعت طرح و سطح سرویس مورد نظر. انواع تقاطع‌های هم‌سطح مطابق شکل‌های (۶-۱) الی (۶-۴) عبارتند از سه‌راهی، چهارراهی، چندراهی و میدان که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

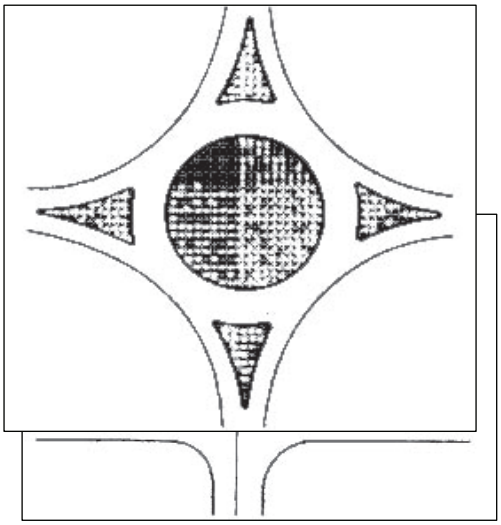


شکل شماره ۶-۱:نمونه تقاطع‌های سه راهی



شکل شماره ۶-۲: نمونه تقاطع‌های چهارراهی[۱۳]

شکل شماره ۶-۳، نمونه تقاطع چندراهی [۱۳]

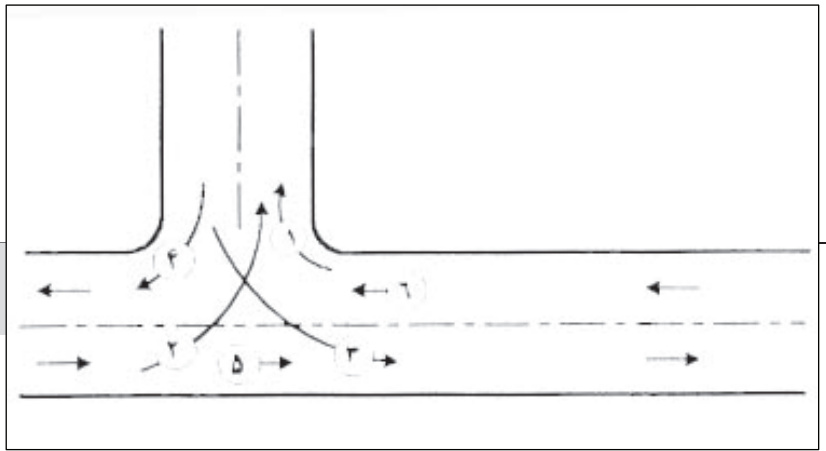


شکل شماره ۶-۴: نمونه تقاطع میدانی[۱۳]

۶-۱-۳-۱. تقاطع‌های سه‌راهی

این نوع تقاطع دارای سه شاخه ارتباطی است و با توجه به راستای خیابان‌های متقاطع می‌تواند به شکل‌های "T" یا "Y" باشد.

سه راهی ساده : ساده‌ترین و معمول‌ترین این نوع تقاطع در شکل (۶-۵) نشان داده

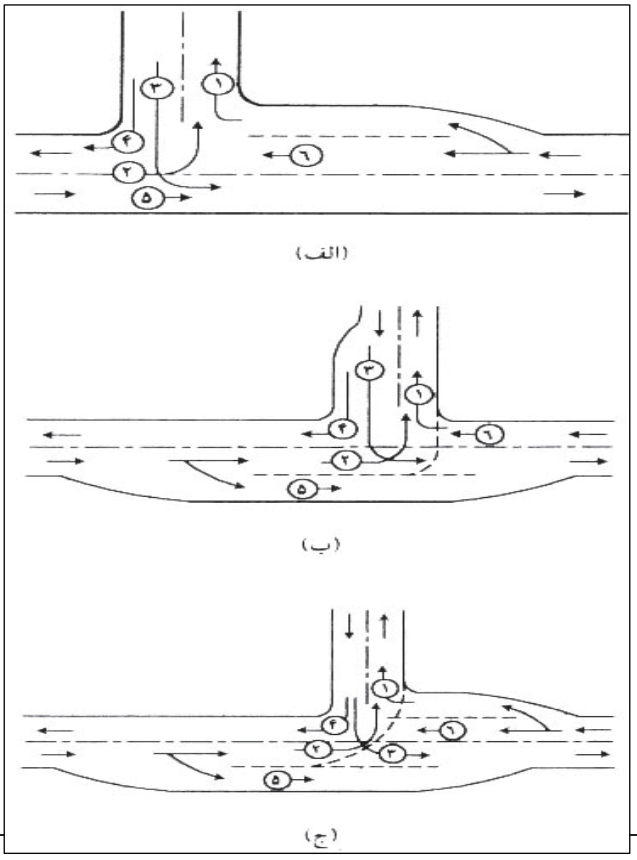


شده است. این نوع تقاطع برای خیابان‌های فرعی یا محلی مناسب است.

شکل شماره ۶-۵: تقاطع سه راهی ساده

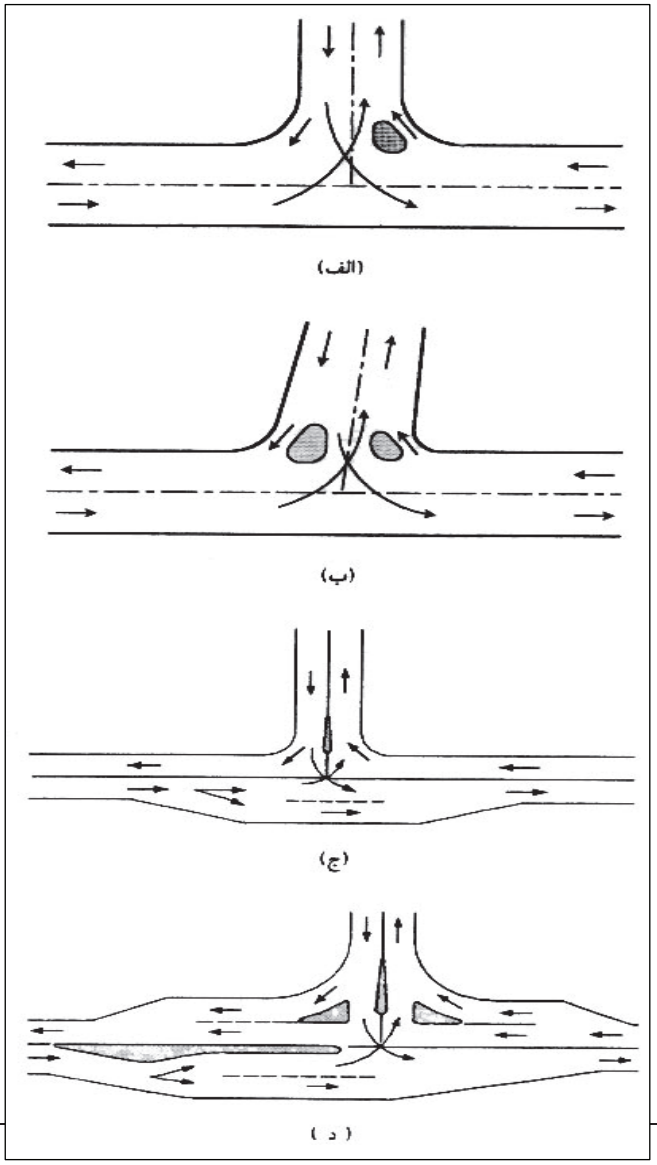
سه راهی تعریض شده : در مواردی که سرعت وسایل نقلیه بالا بوده و وسایل نقلیه چپ‌گرد ایمن نباشند، می‌توان با ازدیاد عرض روسازی، تعداد خطوط عبور را افزایش داد. این وضعیت در شکل (۶-۶) نشان داده شده است.

استفاده از خطوط عبور کمکی موجب افزایش ظرفیت و کاهش خطر برای وسایل نقلیه گردشی می‌شود. علی‌الخصوص، این نوع طراحی برای وسایل نقلیه چپ‌گردی که برای انجام حرکت خود باید سرعت خود را کاهش داده یا متوقف شوند، مناسب است.



شکل شماره ۶-۶: تقاطع‌های سه راهی تعریض شده

سه‌راهی مسیربندی شده : نمونه‌هایی از تقاطع‌های سه‌راهی مسیربندی شده توسط جزیره‌های هدایت کننده در شکل (۶-۷) نشان داده شده است.



شکل شماره ۶-۷: تقاطع‌های سه راهی مسیربندی شده[۱۳]

شکل (۶-۷-الف)، یک تقاطع سه‌راهی با مسیر گردش به راست منشعب از مسیر مستقیم را نشان می‌دهد. برای ایجاد مسیر گردش به راست، شعاع گوشه تقاطع افزایش داده شده تا فضای کافی برای ایجاد یک جزیره فراهم آید. در این حالت می‌توان به منظور تسهیل حرکت گردش به راست از خط کمکی کاهش سرعت نیز استفاده نمود. ایجاد این خط کمکی بستگی به تعداد وسایل نقلیه راست‌گرد، سرعت وسایل نقلیه در تقاطع و تعداد وسایل نقلیه در حرکت مستقیم دارد.

در شکل (۶-۷-ب)، یک تقاطع با دو مسیر گردش به راست نشان داده شده است. این طرح در مواردی مناسب است که ضرورت ایجاب می‌کند سرعت‌ها و شعاع‌هایی بیش از مقادیر حداقل به کار برده شود.

شکل (۶-۷-ج)، یک تقاطع مسیربندی شده به وسیله جزیره جداکننده در مسیر فرعی را نشان می‌دهد. فضای لازم برای این جزیره با تعریض مسیر فرعی در محدوده تقاطع و افزایش شعاع حرکت‌های گردش به راست (بیش از حداقل شعاع مورد نیاز) ایجاد شده است.

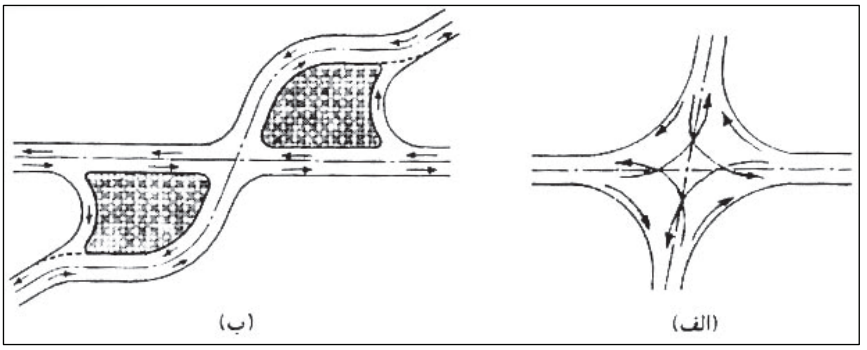
شکل (۶-۷-د) یک تقاطع همراه با جزیره جداکننده و خط کمکی گردش به راست را نشان می‌دهد. این طرح برای خیابان‌های دوطرفه با حجم ترافیک متوسط تا سنگین مناسب است. در این حالت کلیه حرکت‌های گردشی توسط مسیرهای گردشی مجزا انجام می‌شود.

۶-۱-۳-۲. تقاطع چهارراهی

این نوع تقاطع دارای چهار شاخه ارتباطی است و بر حسب نحوه طراحی آن می‌تواند به شکل قائم، مایل یا غیرهم‌محور باشد.

به طور کلی، اصول مربوط به طراحی تقاطع‌های سه‌راهی در مورد تقاطع‌های چهارراهی نیز صادق است.

انواع تقاطع‌های چهارراهی در شکل‌های (۶-۸) و (۶-۹) نشان داده شده است.

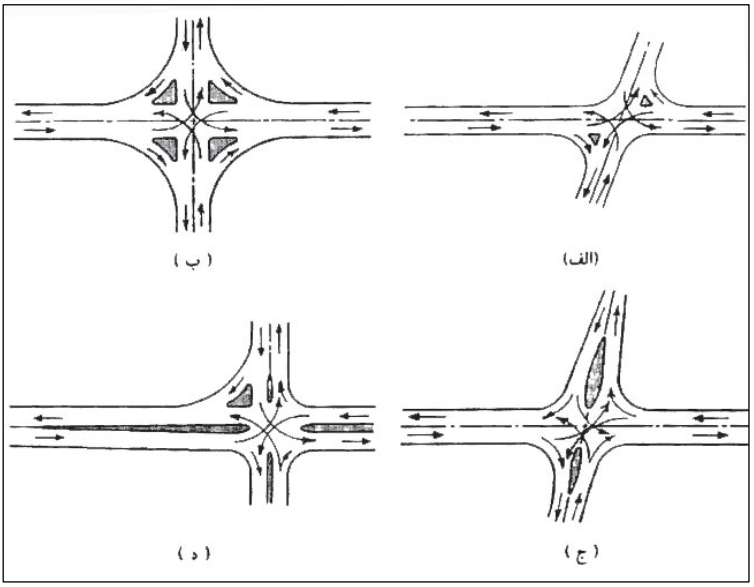


شکل شماره ۶-۸: تقاطع چهارراهی ساده

چهارراهی ساده: در این حالت، زاویه بین دو مسیر متقاطع ترجیحاً باید بین ۶۰ تا ۱۲۰ درجه باشد و در برنامه‌ریزی و طراحی شهرها و شهرک‌های جدید ضروری است به این مطلب توجه شود. در تقاطع‌های مایل موجود می‌توان وضعیت تقاطع را با تمهیداتی اصلاح نمود. در شکل (۶-۸-ب)، یک تقاطع مایل با زاویه انحراف بیش از ۴۵ درجه نشان داده شده است. در این تقاطع به منظور تسهیل حرکات گردشی و جلوگیری از حرکات دشوار و تجاوز به خطوط عبوری مقابل، در قسمت‌هایی از تقاطع که زاویه گردش حاده است، مسیرهای گردشی یک‌طرفه مجزا تأمین شده است.

چهارراهی تعریض شده: با توجه به میزان حجم ترافیک و نوع سیستم کنترل تقاطع، می‌توان تعریض را توسط خطوط کمکی موازی و یا به وسیله لچکی به صورت تدریجی انجام داد.

چهارراهی مسیربندی شده : در شکل‌های (۶-۹) و (۶-۱۰)، نمونه‌هایی از تقاطع‌های چهارراهی مسیربندی شده نشان داده شده است.



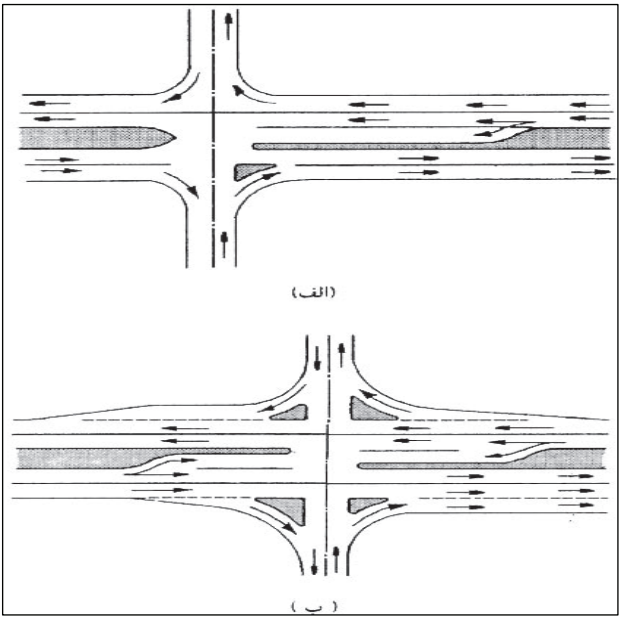
شکل شماره ۶-۹: نمونه‌هایی از طراحی تقاطع‌های چهارراهی مسیربندی شده

۶-۱-۳-۳. تقاطع چندراهی

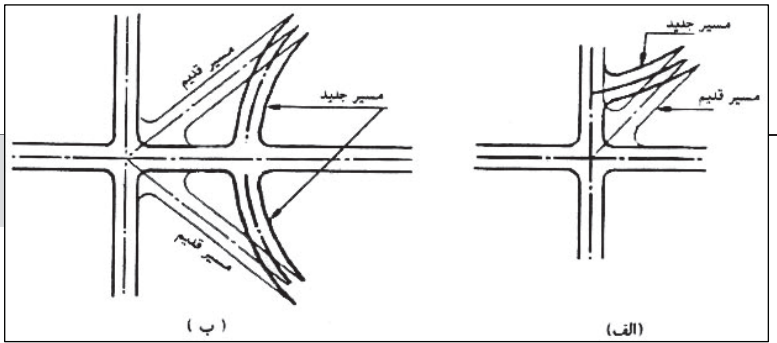
چندراهی تقاطعی است که بیش از چهار مسیر به آن منتهی می‌شود. به طور کلی، کاربرد تقاطع‌های با بیش از چهار شاخه ارتباطی توصیه نمی‌شود. البته در صورتی که حجم‌ها کم باشد، استفاده از چنین تقاطع‌هایی امکان‌پذیر است. ولی با اضافه شدن حجم باید با ایجاد

تغییراتی در طرح تقاطع، بعضی از حرکت‌های متداخل را به محل دیگری انتقال داد. بعضی از روش‌های انجام این تغییرات در شکل (۶-۱۰) نشان داده شده است. در شکل (۶-۱۱-الف) شاخه قطری منتهی به تقاطع تغییر مسیر داده شده و با فاصله کافی نسبت به تقاطع اولیه به مسیر بالایی پیوسته است و دو تقاطع مجزا به وجود آمده است که هر کدام عملکرد مناسبی دارند.

شکل (۶-۱۱-ب)، یک تقاطع شش شاخه را نشان می‌دهد که در آن دو شاخه قطری تغییر مسیر داده شده و یک تقاطع جدید چهارراه در مسیر فرعی و در مجاورت تقاطع اولیه ایجاد کرده‌اند.



شکل شماره ۶-۱۰: نمونه‌هایی از تقاطع مسیربندی شده با خط ویژه گردش به چپ[۱۳]



شکل شماره ۶-۱۱: نمونه اصلاح تقاطع‌های چندراهی[۱۳]

۶-۱-۳-۴. تقاطع میدانی

تقاطع میدانی، عبارت از یک سیستم ترافیکی یک‌طرفه است که جریان ترافیک در آن، حول یک جزیره مرکزی حرکت می‌نماید[۱۳].

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

مزیت عمده میدان این است که با تبدیل حرکت‌های تقاطعی به حرکت‌های تداخلی تاخیر در تقاطع به حداقل می‌رسد. این مزیت زمانی که حجم ترافیک به حد ظرفیت برسد، کاملاً از بین می‌رود.

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

تصمیم‌گیری در مورد انتخاب میدان به جای سایر انواع تقاطع‌ها باید بر اساس ملاحظات عملکردی، اقتصادی و زیست محیطی انجام شود. به طور کلی، موارد کاربرد و عدم کاربرد میدان به شرح زیر است:

در موارد زیر استفاده از میدان توصیه می‌شود:

- در خیابان‌های محلی و با حجم ترافیک‌کم
- تاکید بر انتقال از یک محیط برون شهری به یک محیط درون شهری

- ایجاد یک تغییر اساسی در استاندارد معابر، مثلاً از دوطرفه به یک‌طرفه یا از شریانی به محلی
- تغییر عمده در راستای مسیر که حتی به کمک قوس‌های زیر استاندارد نیز امکان‌پذیر نیست.
- در شرایطی که ترافیک چپ‌گرد در تقاطع سهم عمده‌ای از کل ترافیک تقاطع را تشکیل دهد (بیش از ۳۰ درصدکل ترافیک)
- در شرایطی که پهنای ورودی‌های تقاطع به قدری کم باشد که امکان ایجاد خطوط ویژه برای حرکت‌های گردشی وجود نداشته باشد.
- در شرایطی‌که دو تقاطع مجاور به قدری به هم نزدیک باشند که امکان اشغال فضای یکی از آن‌ها در اثر صف اتومبیل‌هایی که در تقاطع بعدی پشت چراغ قرمز منتظر مانده‌اند، وجود داشته باشند.
- در طراحی تقاطع‌های Y شکل

در موارد زیر کاربرد میدان مناسب نیست:

- در تقاطع خیابان‌های شریانی با حجم ترافیک بالا، استفاده از تقاطع میدانی منجر به کاهش ظرفیت و افزایش تاخیر وسایل نقلیه می‌شود.
- ایجاد میدان در محل‌هایی که تعداد عابرین یا دوچرخه سواران زیاد است، غالباً مستلزم تمهیدات خاصی خواهد بود که طرح میدان را غیراقتصادی و یا غیرایمن می‌سازد.
- در شرایطی که ورودی‌های منتهی به تقاطع دارای سرعت طرح بالایی باشد، میدان باید بسیار بزرگ طرح شود تا حرکت‌های تداخلی میان شاخه‌های مختلف به راحتی انجام شود. میدان‌های بزرگ باعث افزایش طول مسیر وسایل نقلیه به خصوص چپ‌گردها می‌گردند و

زمان صرف شده برای طی این فاصله اضافی ممکن است از مقدار تاخیر در تقاطع‌های چندراهی مشابه، بیشتر باشد.

- احداث مرحله‌ای میدان در سال‌های مختلف عملی نیست و طرح نهایی باید در ابتدای کار ساخته شود.

از مجموع موارد فوق چنین استنباط می‌گردد که استفاده یا عدم استفاده از میدان، عمدتاً تابعی از حجم ترافیک، میزان فضای موجود در محل تقاطع، سهم ترافیک چپ‌گرد در تقاطع، وضعیت ترافیک در خیابان‌های منتهی به تقاطع و حجم عابرین پیاده و دوچرخه سواران عبوری از محل تقاطع است. به هر حال پیش‌بینی میدان در برنامه‌ریزی شبکه حمل و نقل شهری، به جز در مناطق مسکونی کم ترافیک و در ورودی شهرها برای کاهش سرعت وسایل نقلیه توصیه نمی‌شود.

مکان‌یابی میدان باید ترجیحاً در نواحی مسطح و پست صورت گیرد، زیرا تشخیص میدان‌هایی که در بالای بلندی قرار دارند، برای رانندگان دشوار است. با این وجود چنانچه اصول طراحی میدان به خوبی رعایت شود، احداث میدان‌های واقع در بالای بلندی بلامانع است.

میدان‌ها عموماً با سیستم‌های هماهنگ‌سازی چراغ‌های راهنمایی سازگاری ندارد. این سیستم‌ها وسایل نقلیه را دسته‌بندی و در فواصل زمانی مناسب برای پیشروی هدایت می‌کنند. میدان‌ها با ایجاد تغییر در جریان ورودی چراغ‌های تقاطع‌های پایین دست خود، در حرکت پیش‌رونده وسایل نقلیه اختلال ایجاد می‌کنند.

بسیاری از تصادفاتی که در محل تقاطع خیابان‌های اصلی و فرعی روی می‌دهد، به واسطه حرکت‌های چپ‌گرد است. برای جلوگیری از این تصادفات می‌توان گردش به چپ در تقاطع را ممنوع و حرکات چپ‌گرد را با احداث میدان در تقاطع‌های مجاور تأمین نمود.

به طور کلی، میدان‌ها به دو نوع تداخلی و تقدمی تقسیم‌بندی می‌شوند. میدان‌های تداخلی از میدان‌های تقدمی بزرگ‌تر بوده و وسایل نقلیه در این میدان‌ها با انجام حرکت تداخلی در طول مسیر خود، حرکت مورد نیاز را انجام می‌دهند. در میدان‌های تقدمی وسایل نقلیه ورودی ملزم به رعایت حق تقدم وسایل نقلیه گردشی هستند و بنابراین سطح آن‌ها کوچک‌تر بوده و ظرفیت آن‌ها از میدان‌های تقدمی بیشتر است. اما عملکرد مناسب این‌گونه میدان‌ها مستلزم رعایت حق تقدم است و لذا استفاده آز آن‌ها در صورتی که حق تقدم رعایت نشود، نتایج مطلوبی را به دنبال نخواهد داشت و در عمل، ظرفیت در نظر گرفته شده برای آن را تأمین نخواهد کرد.

برای جزئیات بیشتر در خصوص انواع میدان‌ها به بخش ۱ آیین نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

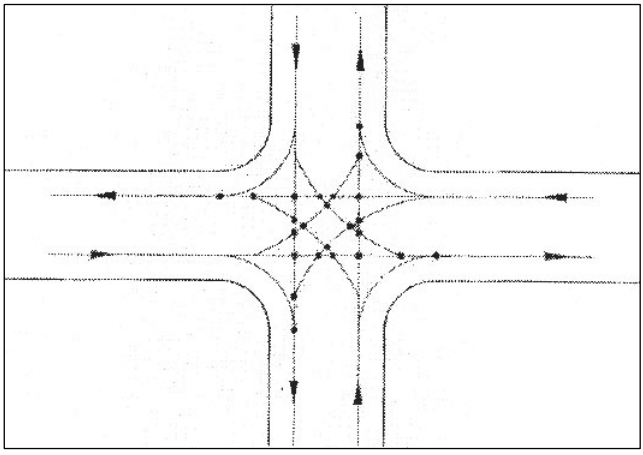
۶-۱-۴. اصول جریان‌بندی ترافیک

۶-۱-۴-۱.جریان‌های اصلی عبور

تقاطع، محل تلاقی (هم‌سطح) دو یا چند جریان ترافیکی با حجم‌ها و خصوصیات مختلف است. بنابراین متناسب با این خصوصیات، سطح خدمت ویژه‌ای نیز برای آن‌ها در نظر گرفته می‌شود به نحوی که حجم‌های ترافیک غالب (جریان‌های اصلی عبور) در تقاطع با حداکثر سهولت و کم‌ترین تاخیر، به حرکت خود ادامه دهند[۹]. چنین شرایطی ممکن است مستلزم ایجاد محدودیت‌هایی همچون توقف، تاخیر یا حتی حذف حرکت‌های فرعی و کم اهمیت‌تر تقاطع باشد این محدودیت‌ها به صورت تدریجی در طول مسیر تا رسیدن به تقاطع اعمال می‌شود.

۶-۱-۴-۲. سطوح برخورد

در طرح تقاطع‌ها بهتر است از ایجاد نواحی بزرگ تمام روسازی شده اجتناب ورزید و به این ترتیب سطوح برخورد وسایل نقلیه در تقاطع را کاهش داد، در شرایطی که راننده یک وسیله نقلیه در تقاطع، قادر به تشخیص حرکت سایر وسایل نقلیه موجود در تقاطع نباشد، خطرهای ناشی از برخورد حرکت‌های متداخل تشدید می‌شود. جریان‌بندی ترافیک به کمک خط‌کشی با جزیره‌های ترافیکی، سطوح برخورد را در تقاطع کاهش می‌دهد. با کاهش زاویه تقاطع (نسبت به حد معمول و متعارف ۹۰ درجه) سطح برخورد در تقاطع افزایش می‌یابد. نمونه سطوح برخورد در انواع تقاطع در شکل (۶-۱۲) نشان داده شده است.



شکل شماره ۶-۱۲: انواع سطوح برخورد ترافیکی[۹]

۶-۱-۴-۳. زاویه تقاطع

به منظور ایمن سازی و اقتصادی کردن طرح تقاطع، بهترین زاویه برخورد شاخه‌های منتهی به تقاطع، گوشه راست (۹۰ درجه) است. چنین زاویه‌ای کوتاه‌ترین مسیر عبور را برای جریان‌های ترافیک تقاطع فراهم می‌سازد و سطح برخورد را به حداقل می‌رساند. علاوه بر

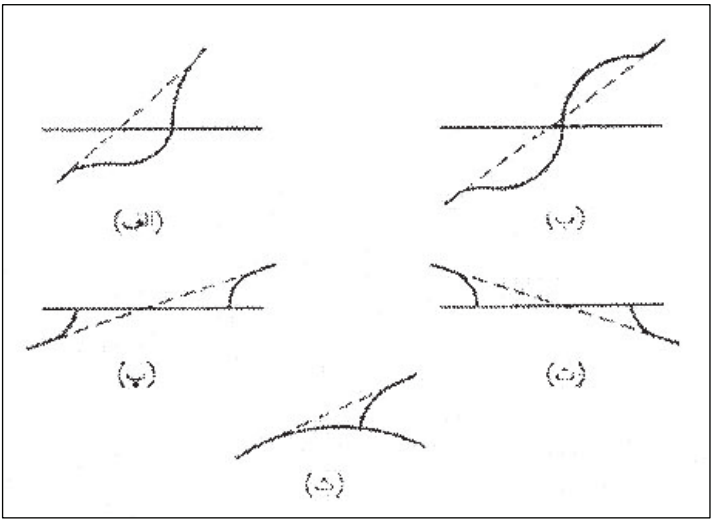
این، زاویه راست، مطلوب‌ترین شرایط را برای رانندگان، بـه منظـور تشـخیص و قضـاوت در مورد موقعیت نسبی و سرعت وسایل نقلیه نزدیک شونده به تقاطع، به وجود می‌آورد.

راه‌های متقاطع با زاویه حاده (تنگ) به محیط‌های چرخشی بـزرگ‌تـری نیـاز داشـته و اغلب به محدودیت دید، به ویژه برای رانندگان کامیون منجر می‌شود. زمانی که یک کامیون در یک زاویه منفرجه (باز) گردش می‌کند، راننده نقطـه کـوری را در سـمت راسـت وسـیله نقلیه خواهد داشت. چنین وضعیتی می‌تواند منجر به تصادف شود.

زاویه تقاطع، در هیچ شرایطی نباید کمتر از ۶۰ درجه باشد. مطلوب آن است کـه زاویـه تقاطع بین ۷۵ تا ۹۰ درجه باشد.

چنانچه زاویه تقاطع کمتر از ۶۰ درجه باشد، باید در تقاطع تغییر مسیر جدیـدی بـرای شاخه فرعی پیش‌بینی شود.

انواع روش‌ها و حالت‌های تغییر مسیر شاخه فرعی تقاطع در شکل (۶-۱۳) نشان داده شـده است.



شکل شماره ۶-۱۳: گزینه‌های مختلف تغیر مسیر در تقاطع‌ها[۹]

مهم‌ترین عامل‌های موثر و مورد توجه در انتخاب هر یک از حالت‌های بالا عبارتند از:

- حجم ترافیک شاخه‌های اصلی و فرعی تقاطع
- وضعیت استفاده از زمین‌های محدوده مجاور تقاطع و هزینه تملک حریم.

چنانچه حجم ترافیک شاخه اصلی کم باشد و هدایت ترافیک راه فرعی به آن، سبب کاهش غیرمتعارف سطح خدمت آن نشود، در آن صورت، مطابق حالت پ از شکل بالا، می‌توان جریان عبوری شاخه فرعی تقاطع را قبل از رسیدن به محل تقاطع، به صورت گردش به راست وارد جریان شاخه اصلی تقاطع کرد و پس از طی مسیر کوتاهی به صورت گردش به چپ، از آن خارج نمود. مزیت چنین حالتی، کاهش هزینه بازیابی مسیر است و نقطه ضعف آن، لزوم حرکت گردش به چپ (ترافیک به هم بافته) به منظور خروج از شاخه اصلی تقاطع است. بنابراین بهتر است طول ترافیک بهم بافته به اندازه‌ای باشد که بتواند گنجایش لازم را تأمین کند.

به طور کلی، بهتر است در صورت امکان، از طرح قوس‌های افقی تند (با شعاع کم) در شاخه فرعی تقاطع و در حوالی محل تقاطع اجتناب ورزید، زیرا در چنین حالتی وسایل نقلیه، علاوه بر ضرورت کاهش سرعت، هنگام حرکت گردشی، قسمتی از خط مقابل را اشغال خواهند کرد. چنانچه شاخه اصلی تقاطع مطابق حالت ث از شکل بالا، قوس‌دار، شاخه فرعی مماس بر آن باشد اصلاح مسیر شاخه فرعی مطابق آنچه در شکل آمده سبب افزایش دید و هدایت بهتر ترافیک در شاخه اصلی می‌شود.

۶-۱-۴-۴. نقاط برخورد

در طرح تقاطع‌ها بهتر است در صورت امکان، تعداد نقاط برخورد را به حداقل رساند، با کاهش تعداد این نقاط، تصمیم‌گیری راننده برای انجام حرکت در تقاطع با دقت بیشتری انجام می‌گیرد و بر ایمنی تقاطع افزوده می‌شود. با جریان‌بندی ترافیک در تقاطع، حرکت‌های مختلف موجود در تقاطع از یکدیگر جدا و نقاط برخورد تقاطع مشخص و محدود می‌گردد.

۶-۱-۴-۵. خط عبور کمکی تغییر سرعت

تعبیه خط عبور کمکی تغییر سرعت در تقاطع‌ها، به منظور الحاق تدریجی جریان فرعی به اصلی (یا جداشدگی تدریجی جریان فرعی از اصلی) است چنانچه افزایش (یا کاهش) سرعت جریان ورودی (یا خروجی) مستقیماً در مسیر عبور جریان اصلی صورت گیرد، سبب قطع جریان مداوم ترافیک مستقیم می‌شود و غالباً خطرساز است. به این منظور در حوالی تقاطع‌ها، خط‌های عبور کمکی روسازی شده برای تغییر سرعت در کنار شاخه اصلی پیش‌بینی می‌شود. این خط عبور معمولاً شامل یک بخش لچکی و یک بخش با عرض ثابت، در کنار مسیر اصلی است که به منظور هدایت تدریجی ترافیک خروجی یا ورودی به کار می‌رود. خط تغییر سرعت، باید طول و پهنای کافی داشته باشد تا راننده به راحتی وسیله نقلیه را به آن هدایت کند 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.

چنانچه زاویه پیوند (هم‌گرایی) ترافیک شاخه فرعی به اصلی و یا به عبارت دیگر زاویه تلاقی خط افزایش سرعت با مسیر اصلی، کمتر از ۱۵ درجه باشد و تغییر سرعت از مسیر اصلی به فرعی ناچیز گردد، الحاق ترافیک ورودی به جریان اصلی به بهترین نحو صورت می‌پذیرد.

مشاهده‌ها و تجربه‌های طراحی خط عبور کمکی تغییر سرعت در تقاطع‌ها نشان داده است که:

۱- طراحی خط‌های تغییر سرعت در بزرگراه‌هایی با سرعت و حجم ترافیک بالا توصیه می‌شود.

۲- رانندگان، از خط عبور کمکی تغییر سرعت، به یک شکل استفاده نمی‌کنند (بعضی بخش کوچکی از آن را مورد استفاده قرار می‌دهند). این خط عبور کمکی، موجب افزایش ایمنی و ازدیاد ظرفیت تقاطع می‌شود.

۳- میزان استفاده از خط‌های عبور کمکی، بسته به حجم ترافیک، متغیر است.

۴- لچکی مستقیم خط‌های عبور کمکی با طول کافی، معمولاً بر رفتار اغلب رانندگان منطبق است و به این ترتیب یک تعریض تدریجی و یکنواخت (خطی)، با صاف‌سازی محل شکستگی مسیر، جانشین قوس‌های معکوس برای تأمین لچکی می‌شود.

۵- خط‌های عبور کمکی کاهش سرعت در ورودی‌های تقاطع‌های هم‌سطح که به عنوان خط‌های تجمع ترافیک گردشی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد، موجب افزایش ایمنی و ظرفیت تقاطع می‌شوند.

برای جزئیات بیشتر در مورد طراحی خط‌های عبور تغییر سرعت تقاطع‌ها به آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها، آیین نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

۶-۱-۴-۶. ترافیک گردشی

خط عبور مخصوص گردش، سبب کمک به حرکت‌های گردشی در ناحیه تقاطع می‌شود، در طرح خط عبوری کمکی مخصوص گردش، از ایجاد تغییرهای آنی و تند در مسیر اجتناب می‌شود. این نکته به ویژه در موردهایی که برای ترافیک مستقیم مسیر اصلی، شرایط بسیار

مطلوبی فراهم شده و ترافیک دارای سرعت بالایی است، حایز اهمیت است. در این صورت جداسازی ترافیک گردشی تقاطع، با احتیاط صورت می‌پذیرد. در چنین موردهایی نمی‌توان از طرح حداقل معیارهای هندسی استفاده کرد.

۶-۱-۴-۷. جزیره‌های ترافیکی

در تقاطع‌هایی با سطوح برخورد بزرگ و همچنین تقاطع دو راه با زاویه تنگ، به منظور کنترل و هدایت بهتر ترافیک، کاهش فاصله پیاده‌روی عابر و استفاده بهینه از سطح روسازی شده تقاطع، از جزیره‌های ترافیکی استفاده می‌شود، از این جزیره‌ها برای نصب علامت‌های ترافیکی نیز می‌توان استفاده کرد.

جزیره، یک نوع شکل هندسی محدود نیست و ممکن است یک سطح محصور به جدول فایل عبور، یک سطح روسازی محدود خط‌کشی شده یا یک سطح محدود علامت‌گذاری شده باشد.

جزیره‌ها معمولاً به منظور تأمین یک یا چند هدف از اهداف زیر طراحی می‌شوند:

- تفکیک آمد و شد وسایل نقلیه، به منظور جلوگیری از سردرگمی رانندگان و تأمین فرصت کافی برای تصمیم‌گیری صحیح.
- کنترل زاویه تلاقی حرکت‌ها و کاهش احتمال برخورد میان آن‌ها.
- کاهش سطح روسازی در تقاطع‌های وسیع به منظور کاهش سردرگمی رانندگان و جلوگیری از انحراف از مسیر صحیح.
- کنترل سرعت و جداسازی حرکات گردشی در تقاطع‌های بدون چراغ.
- محافظت از عابران پیاده از طریق ایجاد فضای ایمن بین جریان‌های ترافیک.

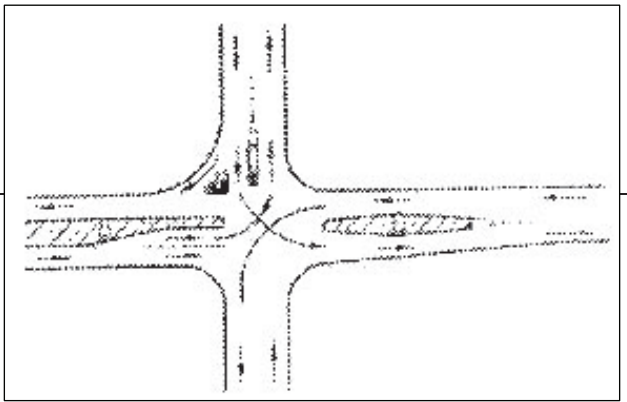
- ایجاد خط گردش حفاظت شده برای وسایل نقلیه چپ‌گرد، به طوری که صف این وسایل نقلیه مانع عبور جریان مستقیم ترافیک نشود.
- جلوگیری از حرکات ممنوع شده در تقاطع که با محدود کردن رانندگان جهت انجام حرکت‌های نادرست و یا ناایمن صورت می‌پذیرد.
- تأمین فضای موثر و ایمن برای وسایل کنترل ترافیک مانند تابلوها و چراغ‌های راهنمایی.

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. مساحت جزیره‌ها بهتر است از پنج متر مربع کمتر نباشد.

جزیره‌های ترافیکی معمولاً بیش از یک وظیفه دارند. به این دلیل آن‌ها را عموماً می‌توان به سه گروه به ترتیب زیر تقسیم کرد:

الف) جزیره‌های هدایت کننده : این نوع جزیره‌ها برای هدایت و کنترل جریان‌های ترافیک (معمولاً حرکت‌های گردشی) به کار می‌رود. با تبدیل سطوح غیرقابل استفاده به جزیره‌های هدایت کننده و در نتیجه معین شدن مسیر گردش، جریان‌های ترافیک گمراه کننده که ممکن است در اثر وجود سطح بزرگ روسازی در تقاطع به وجود آید، حذف می‌شود.

در شکل شماره (۶-۱۴)، حالت‌های متداول جزیره‌های هدایت کننده نشان داده شده است. جزیره مثلثی a در این شکل به منظور هدایت ترافیک گردش به راست تعبیه شده و



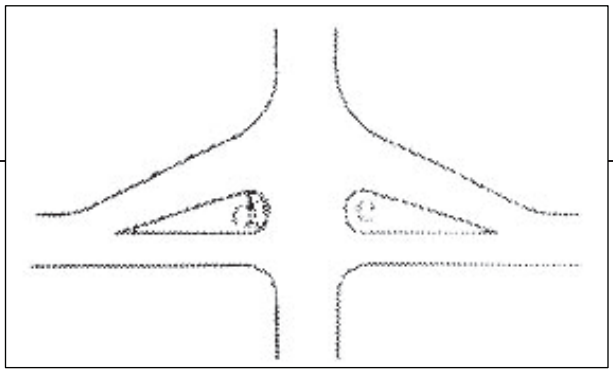
جزیره‌های مرکزی b و c برای هدایت وسایل نقلیه‌ای که قصد دور زدن یا گردش دارند، به کار می‌رود.

شکل شماره ۶-۱۴:حالت متداول جزیره‌های هدایت کننده[۹]

جزیره‌های هدایت کننده طوری قرار داده می‌شود که مسیر مناسب وسایل نقلیه به خوبی و در اولین نگاه مشخص شود، رانندگان در مسیر حرکت خود بهتر است، به طور ناگهانی با سطح بزرگی از روسازی غیرقابل استفاده مواجه نشوند، قبل از اینکه خودروها در مسیر حرکتشان به اولین جزیره هدایت کننده برسند، خط‌های عبور بهتر است به وسیله خط‌کشی مشخص شده باشد تا خودروها با سرعت مطلوب، به مسیر مورد نظر هدایت شود. استفاده از یک گروه جزیره هدایت کننده 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 تعداد کمتری جزیره‌های بزرگتر استفاده شود. این وضعیت به ویژه در راه‌های حومه شهری که سرعت زیاد نیست، رانندگان انتظار روبرو شدن با محدودیت‌های بیشتری، در طول راه را دارند، نتایج خوبی خواهد داشت.

به هر حال، تشخیص به موقع جزیره‌های ترافیکی توسط رانندگان، از ضرورت‌های طراحی هندسی است و می‌توان با روشنایی یا نصب علامت‌های مناسب کنترل ترافیک، به راننده کمک کرد.

ب) جزیره‌های جدا کننده : این نوع جزیره‌ها، اغلب در تقاطع راه‌های جدا نشده به کار می‌رود. این جزیره‌ها، نزدیک شدن به تقاطع را به رانندگان اطلاع داده و موجب تنظیم

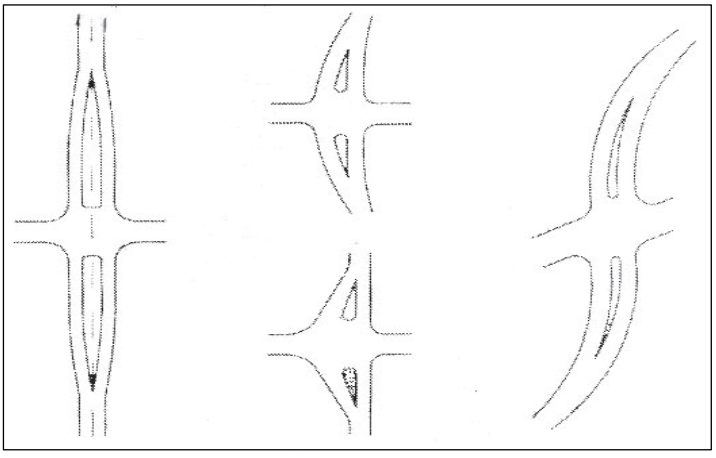


ترافیک در ورودی تقاطع می‌شوند. استفاده از این جزیره‌ها، به ویژه به منظور کنترل ترافیک گردش به چپ، در تقاطع‌های تنگ (با زاویه حاده) و در محل‌هایی که خط‌های مخصوص گردش به راست وجود دارد بسیار مفید است. نمونه‌هایی از انواع جزیره‌های جداکننده در شکل (۶-۱۵) نشان داده شده است.

شکل شماره ۶-۱۵: نمونه جزیره‌های جداکننده[۹]

برای ایجاد جزیره‌های جداکننده در مسیر مستقیم، از قوس معکوس استفاده می‌شود. در راه‌هایی که معمولاً سرعت طرح زیاد است، مطلوب آن است که شعاع انحنای قوس معکوس از ۱۵۰۰ متر کمتر نباشد، اما در راه‌های با سرعت طرح کم می‌توان قوس‌هایی با شعاع کمتر (لااقل ۷۰۰ متر) نیز به کار برد.

حالت‌های مختلف قرارگیری جزیره‌های جداکننده، متناسب با مسیر لبه‌های روسازی شده راه، در شکل (۶-۱۶) آمده است.



شکل شماره ۶-۱۶: یکنواختی انحنای جزیره ترافیکی با لبه روسازی[۹]

پ) جزیره‌های پناه دهنده : جزیره پناه دهنده یا جزیره عابر، به منظور محافظت عابران پیاده هنگام عبور از تقاطع، در محل و یا نزدیکی خط عابر پیاده به کار می‌رود در منطقه‌های برون شهری، اکثر جزیره‌های هدایت کننده این عملکرد را نیز به عهده دارند و برای حفاظت و پناه جان عابران پیاده نیز به کار می‌رود. جزیره‌های a و b و c و d و e در شکل‌های (۶-۱۴) و (۶-۱۵)، نمونه‌هایی از این‌گونه جزیره‌ها هستند، در جزیره‌های پناه‌دهنده، استفاده از جدول‌های غیرقابل عبور الزامی‌است. برای جزئیات طراحی هندسی جزیره‌ها به بخش ۱ آیین‌نامه تقاطع‌های هم‌سطح شهری (نشریه ۱-۱۴۵) مراجعه شود.

۶-۱-۵. سرعت طرح تقاطع

به منظور تأمین یکنواختی در طرح تقاطع‌های واقع در امتداد یک خیابان باید اجزاء طرح بازوهای اصلی تقاطع‌ها، حتی‌المقدور بر اساس یک سرعت طرح مشخص که در جدول (۶-۱) ارایه شده است، طراحی شوند.

جدول شماره ۶-۱: سرعت طرح مطلوب در بازوهای اصلی تقاطع‌های شهری (کیلومتر در ساعت)[۱]

درجه‌بندی خیابان	سرعت طرح تقاطع	مبنای طراحی اجزاء تقاطع
بزرگراه	۷۰	دینامیک حرکت
خیابان‌های شریانی	۵۰ الی ۷۰	دینامیک و هندسه حرکت
خیابان‌های محلی و جمع و پخش کننده‌ها	۳۰ الی ۵۰	هندسه حرکت

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

۶-۱-۶. وسیله نقلیه طرح تقاطع

خصوصیات فیزیکی انواع وسایل نقلیه و تعداد آن‌ها، از جمله عوامل مهم در طرح هندسی تقاطع‌ها است[۱۳]. لذا برای طراحی تقاطع‌ها باید کلیه وسایل نقلیه را طبقه‌بندی کرده و از هر طبقه، یک وسیله نقلیه با ابعاد و اندازه‌های مشخص را به عنوان "وسیله نقلیه طرح" انتخاب نمود.

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

در دستورالعمل آشتو، وسایل نقلیه به سه گروه اصلی دسته‌بندی شده‌اند که عبارتند از: اتومبیل‌های سواری، کامیون‌ها و اتوبوس‌ها. گروه اتومبیل‌های سواری شامل انواع وسایل نقلیه سواری، استیشن‌ها و کامیونت‌های سبک از قبیل وانت‌بارها است. گروه کامیون‌ها شامل انواع کامیون‌های منفرد، تریلی‌ها، کمرشکن‌ها و هرگونه ترکیب کشنده و تریلر می‌شود. گروه اتوبوس‌ها نیز شامل انواع اتوبوس‌های یک کابین، دوکابین (مفصل‌دار) و اتومبیل‌های شخصی یدک‌کش از قبیل کاروان‌ها می‌باشد.

۶-۱-۶-۱. ابعاد وسایل نقلیه طرح

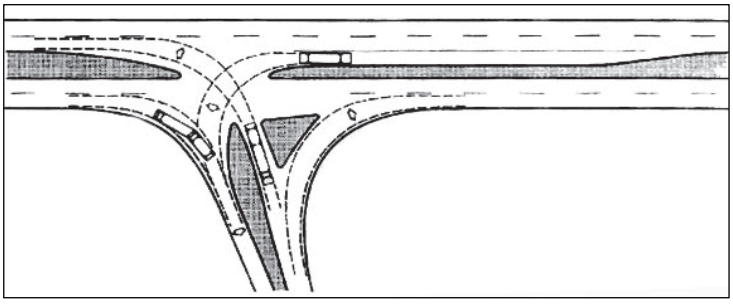
در جدول (۶-۲)، ابعاد ۷ وسیله نقلیه طرح بر اساس دستورالعمل آشتو ارایه شده است.

جدول شماره ۶-۲: ابعاد وسایل نقلیه طرح بر اساس دستورالعمل آشتو (ابعاد بر حسب متر)[۱۳]

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

۶-۱-۶-۲. حداقل مسیر گردش وسیله نقلیه طرح

به منظور مکان‌یابی صحیح اجزاء مختلف تقاطع، نظیر جزایر و حفاظ‌های میانی و جلوگیری از برخورد وسایل نقلیه طرح با آن‌ها، باید وضعیت قرارگیری این عناصر توسط شابلن‌هایی که بر اساس مسیر گردش حداقل وسیله نقلیه طرح تهیه شده است، کنترل شود. این شابلون‌ها که نمودار "گردش نما" نام دارد، برای انواع وسایل نقلیه طرح تهیه می‌شوند. طراح بعد از انجام طراحی اولیه این شابلن‌ها را بر روی طرح قرار داده و صحت موقعیت اجزاء طرح را کنترل می‌کند. در اکثر دستورالعمل‌ها، جداولی نیز تهیه شده است که بر اساس شعاع‌های گردش مختلف، میزان تجاوز وسیله نقلیه طرح را به خطوط مجاور ارایه



می‌کند. شکل (۶-۱۷)، نمونه‌ای از نحوه به کارگیری گردش نما در طراحی تقاطع را نشان می‌دهد.

شکل شماره ۶-۱۷: کاربرد نمودار گردش‌نما در طراحی اجزاء تقاطع[۱۳]

حداقل مسیر گردشی برای بعضی از انواع وسایل نقلیه طرح بر اساس دستورالعمل آشتو در جلد ۱ آیین‌نامه تقاطع‌های هم‌سطح شهری ارایه شده است. ابعاد و اندازه‌های موثر در طرح عبارتند از: حداقل شعاع گردش، فاصله عرضی بین دو چرخ، فاصله طولی بین دو محور و مسیر چرخ‌های عقب داخلی. در این دستورالعمل تاکید شده است در صورتی که حداکثر سرعت در هنگام گردش به ۱۶ کیلومتر در ساعت محدود شود، تأثیرات ناشی از ویژگی‌های رفتاری راننده و زاویه انحراف چرخ‌ها به حداقل خواهد رسید و حداقل مسیر

گردش نیز بر اساس این سرعت به دست آمده است. در جدول (۶-۳)، مقادیر حداقل و حداکثر شعاع‌های گردش بر اساس دستورالعمل آشتو ارایه شده است.

جدول شماره ۶-۳: شعاع‌های گردش وسایل نقلیه طرح بر اساس دستورالعمل آشتو (بر حسب متر)[۱۳]

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

برای طراحی تقاطع‌هایی که دارای ترافیک کامیون یا اتوبوس‌های بزرگ هستند، وسیله نقلیه طرح را باید هم از نوع تریلی و هم از نوع اتوبوس‌های بزرگ در نظر گرفت. همچنین توصیه شده است برای طراحی تقاطع‌های مراکز شهرهای بزرگ که در آن‌ها تردد و سرویس‌دهی اتوبوس‌های مفصلی وجود دارد، این وسیله به عنوان وسیله نقلیه طرح در نظر گرفته شود.

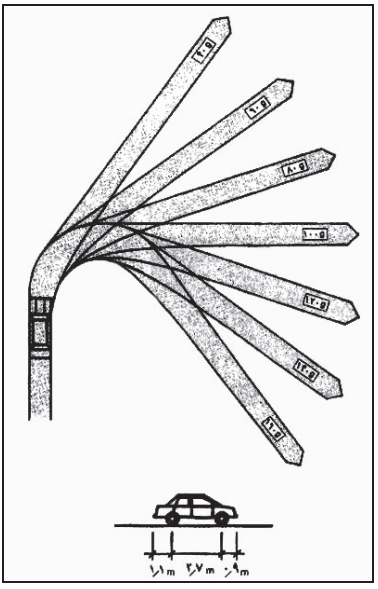
در شکل‌های (۶-۱۸) الی (۶-۲۱)، نمونه‌هایی از نمودار گردش نمای چهار نوع از وسایل نقلیه طرح دستورالعمل آلمان شامل اتومبیل سواری، کامیون دو محور، اتوبوس و اتوبوس مفصلی، در حالتی که راننده وسیله نقلیه طرح با سرعت مناسب و با گرداندن تدریجی و پیوسته فرمان به قوس وارد شود و پس از گردش نیز با همین حالت یعنی با گرداندن تدریجی و پیوسته فرمان در خط مستقیم قرار گیرد، نشان داده شده است. شعاع گردش خارجی بر اساس دستورالعمل آلمان نیز در جدول (۶-۴) ارایه شده است.

جدول شماره ۶-۴: شعاع گردش خارجی بر اساس دستورالعمل آلمان (بر حسب متر)[۱۳]

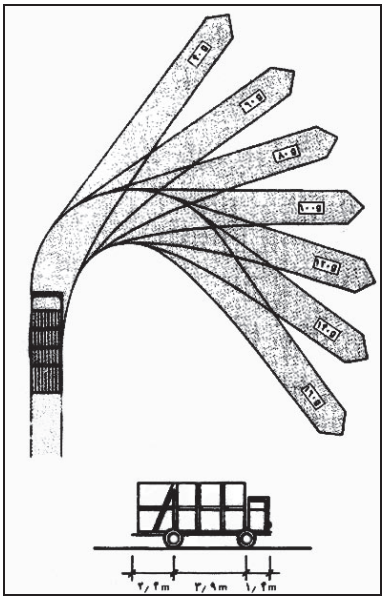
نوع وسیله نقلیه طرح	اتومبیل سواری	کامیون	اتوبوس	اتوبوس مفصلی
شعاع گردش خارجی	۵/۸۰	۷/۸۰	۱۱/۰	۱۲/۰

۶-۱-۶-۳. وسیله نقلیه طرح پیشنهادی برای تقاطع‌های هم‌سطح ایران

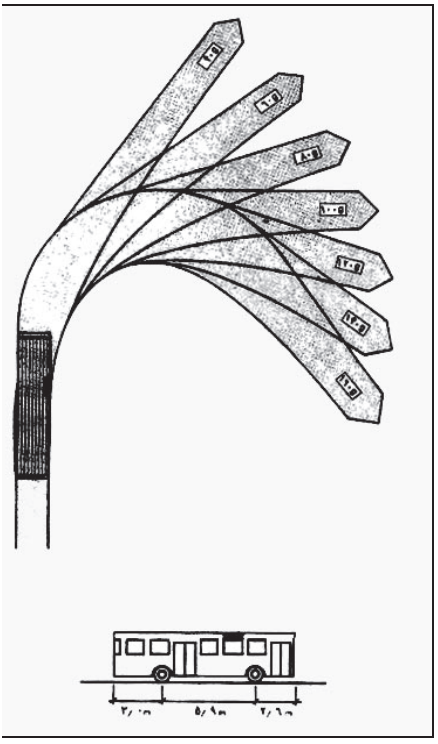
با توجه به جدول‌های (۶-۳) و (۶-۴) و همچنین از مقایسه نمودارهای گردش نمای وسایل نقلیه آشتو (آمریکایی) و آلمان (کشورهای اروپایی) ملاحظه می‌شود که وسایل نقلیه اروپایی از استاندارد پایین‌تری برخوردار بوده و دارای شعاع گردش‌های کوچک‌تری هستند. با توجه به این که اکثر وسایل نقلیه موجود در ایران از نوع اروپایی هستند، بهتر است از وسایل نقلیه طرح ارایه شده در دستورالعمل‌های اروپایی، نظیر آلمان برای ایران استفاده شود.



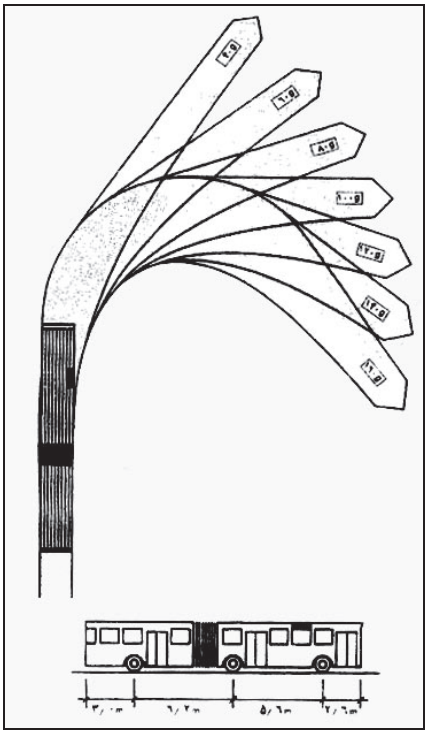
شکل شماره ۶-۱۸: نمودار گردش نمای سواری



شکل شماره ۶-۱۹: نمودار گردش نمای کامیون



شکل شماره ۶-۲۰: نمودار گردش نمای اتوبوس



شکل شماره ۶-۲۱: نمودار گردش نمای اتوبوس مفصلی

۶-۱-۷. تنظیم موقعیت و شیب تقاطع

تقاطع‌ها نقاط برخورد وسایل نقلیه، عابرین پیاده و دیگر تسهیلات موجود بوده و ذاتاً نقـاط خطرسازی را تشکیل می‌دهند. بنابراین امتداد و شیب ورودی‌های تقاطع باید این امکـان را به راننده بدهد که به راحتی و با دید کامل، حرکت‌های لازم را برای عبور از تقاطع با ایمنی کافی و حداقل برخورد با سایر وسایل نقلیه انجام دهد. به همین سبب امتداد خیابـان‌هـا در محل تقاطع باید حتی‌المقدور مستقیم و کم شیب باشد. تنظـیم شـیب سـطح سـواره‌رو در

محدوده تقاطع نیز به خاطر ایجاد هماهنگی با نیم‌رخ‌های طولی و عرضی و امتداد محورهای متقاطع و همچنین تخلیه مناسب آب‌های سطحی از اهمیت خاصی برخوردار است.

۶-۱-۷-۱. پلان

اصولاً مناسب‌ترین محل برای تقاطع‌ها، قسمت‌های مستقیم و دارای شیب یکنواخت خیابان‌هاست. چنانچه امکان ایجاد تقاطع در مسیرهای مستقیم وجود نداشته باشد، تقاطع باید به گونه‌ای جانمایی شود که وسایل نقلیه پیش از رسیدن به تقاطع، وارد قوس شده باشند. به هر حال، در تقاطع‌ها باید از ایجاد قوس‌های تند یا تغییرات شدید در پلان اجتناب شود. حتی‌الامکان جهت قوس هر محور باید به نحوی باشد که بربلندی (دور) قوس با شیب طولی محور متقاطع با آن هم‌جهت باشد.

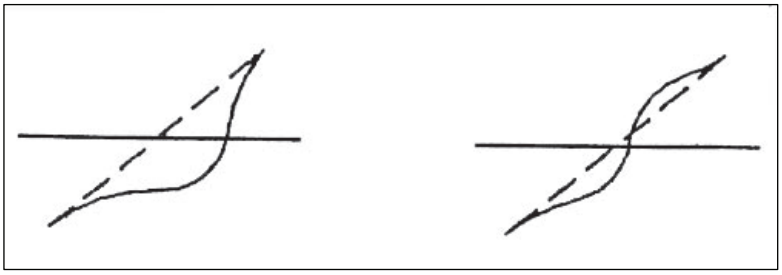
با توجه به مسائل ایمنی و اقتصادی تقاطع‌ها، مناسب‌ترین زاویه تقاطع ۹۰ درجه و یا نزدیک‌تر به آن است. تقاطع‌های با زاویه مایل مستلزم سطح تداخل بزرگ‌تری بوده و میدان دید را به خصوص برای رانندگان کامیون کاهش می‌دهند. همچنین وسایل نقلیه طویل برای گردش به راست یا چپ نیاز به فضای زیادی خواهند داشت و در صورت عدم وجود چنین فضایی، خط‌های دیگر خیابان را اشغال خواهند نمود. به این ترتیب، در جریان ترافیک تقاطع آشفتگی پدید آمده و از ایمنی آن کاسته خواهد شد. در دستورالعمل‌های مختلف، حداکثر دامنه تغییرات مجاز زاویه تقاطع نسبت به زاویه قائمه بین ۲۰ تا ۳۰ درجه توصیه شده است.

در بازسازی شبکه‌های موجود باید سعی شود حتی‌المکان تقاطع‌های با زاویه کوچک‌تر از ۶۰ درجه اصلاح شود. معمولاً چنین اصلاحاتی در صورتی عملی است که در اطراف تقاطع حریم کافی وجود داشته و یا اصلاح تقاطع، جزئی از بازسازی شهری باشد. همچنین

در ساماندهی خیابان‌های شهری و مشخص ساختن خیابان‌های شریانی و محلی باید سعی شود تقاطع‌هایی که زاویه کوچک دارند، بسته شده و ترافیک آن‌ها به تقاطع‌هایی که زاویه آن‌ها به قائمه نزدیک است، منتقل شود.

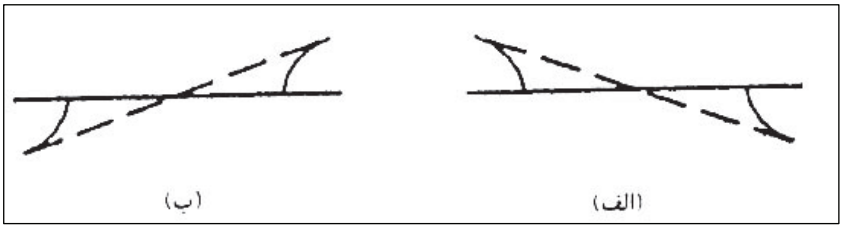
هنگام اصلاح طرح هندسی تقاطع‌ها باید بین ارزش‌های معماری و شهرسازی و نیازهای ترافیکی و طرح هندسی نوعی توازن ایجاد شود.

روش‌های مختلفی برای اصلاح تقاطع‌های دارای زاویه حاده وجود دارد. در شکل (۶-۲۲) دو روش اصلاح مسیر در تقاطع‌های مایل نشان داده شده است.



شکل شماره ۶-۲۲: دو روش اصلاح مسیر در تقاطع‌های با زاویه حاده (کمتر از ۶۰ درجه)

چنانچه زاویه برخورد خیابان‌های منتهی به تقاطع کوچک‌تر باشد، در آن صورت روش‌های دیگری برای اصلاح این‌گونه مسیرها وجود دارد که در شکل (۶-۲۳) دو نمونه آن ارایه شده است. در این‌گونه موارد خیابان فرعی منتهی به تقاطع با یک قوس ساده به خیابان اصلی منتقل می‌شود.



شکل شماره ۶-۲۳: نحوه اصلاح مسیر در تقاطع‌های با زاویه تند

۶-۱-۷-۲. نیم‌رخ

در تقاطع‌ها باید حتی‌المقدور از تغییر و ترکیب شیب‌هایی که کنترل وسیله نقلیه را مشکل می‌سازد، اجتناب شود. وجود فاصله دید کافی در هر یک از دو خیابان اصلی و فرعی تقاطع یکی از موارد ضروری در طرح تقاطع است.

قابلیت تشخیص و شرایط دید یک تقاطع، وقتی در وضعیت مطلوب است که خیابان‌های منتهی به تقاطع در گودی واقع شوند. از این دیدگاه تقاطع‌های مقعر (گود) بهترین نوع تقاطع‌ها هستند. برعکس، تقاطع‌ها نباید چنان طراحی شوند که در محدوده تقاطع یک برآمدگی تشکیل شود. اگر یکی از دو خیابان منتهی به تقاطع به ناچار بر روی برآمدگی قرار گیرد، باید قابلیت تشخیص تقاطع را با اقدامات جانبی در تقاطع و یا در محیط اطراف آن بهبود بخشید. در طرح تقاطع‌ها باید توجه داشت که ایجاد یک قوس افقی تند در ادامه یک قوس قائم محدب شرایط نامطلوبی را به وجود می‌آورد، لذا از ایجاد آن باید احتراز نمود.

شیب طولی مسیرهای منتهی به تقاطع باید حتی‌المکان ملایم باشد و برای این منظور بهتر است شیب طولی خیابان‌ها در محل تقاطع به یک درصد محدود شود. این شیب را می‌توان تا ۳ درصد نیز افزایش داد و حتی در شرایط خاص که محدودکردن شیب تقاطع به ۳ درصد مستلزم مخارج سنگینی باشد، این شیب را می‌توان تا ۶ درصد نیز افزایش داد. در دستورالعمل آلمان شیب طولی مسیر اصلی در محدوده تقاطع به ۴ درصد محدود شده است. به هر حال در ورودی‌های تقاطع باید خطوط شیب طولی تا فاصله مناسبی از تقاطع امتداد پیدا کند، تا زهکشی تقاطع به نحو مناسبی صورت گیرد. معمولاً خط شیب خیابان اصلی در محل تقاطع ثابت نگه داشته شده و شیب عرضی خیابان فرعی، متناسب با آن

اصلاح می‌شود. چنین حالتی مستلزم تغییر حالت تاج خیابان فرعی به یک مقطع عرضی با شیب یک‌طرفه در محل تقاطع با خیابان اصلی است.

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

۶-۱-۷-۳. شیب‌بندی تقاطع

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

- تنظیم شیب خیابان‌های اصلی و فرعی
- تخلیه آب‌های سطحی

تنظیم شیب خیابان‌های اصلی و فرعی

انطباق شیب طولی ورودی‌های فرعی تقاطع با شیب عرضی ورودی‌های اصلی (در محل تقاطع) از جمله نکات مهمی است که ضمن طرح تقاطع باید بدان توجه داشت. اگرچه شیب‌های مذکور می‌توانند متفاوت باشند، اما در مناطق کم‌تراکم این تفاوت باید در حدی باشد که بتوان اتصال لبه‌های سواره‌رو را به صورت گرد شده و بدون شکستگی طراحی نمود.

در داخل مناطق ساخته شده، ورودی‌های فرعی تقاطع معمولاً با یک شکستگی که در صورت نیاز می‌توان لبه آن را گرد کرد، به خیابان اصلی متصل می‌شوند. شکستگی‌های

محسوس (بیش از ۵ درصد) باید همیشه گرد شود. شعاع قوس قائم مقعر و محدب در نواحی کم تراکم شهری مساوی یا بزرگ‌تر از ۵۰۰ متر در نظر گرفته می‌شود. در نواحی پرتراکم شهری، طول قوس قائم حتی در خیابان‌های کم تردد نیز نباید کوچک‌تر از ۱۰ متر باشد تا شروع به حرکت خودروهای متوقف شده به سهولت انجام شود.

بعضی مواقع، به علت شرایط خاص تقاطع، ممکن است بهتر باشد که نیم‌رخ عرضی خیابان‌های اصلی و فرعی، هر دو تغییر یافته و با وضعیت تقاطع تطبیق داده شوند.

معمولاً تأمین بربلندی در قوس‌های واقع در محدوده تقاطع با پیچیدگی روبرو می‌شود. لذا در موقع طراحی شبکه، باید دقت لازم در مورد نحوه قرارگیری قوس نسبت به محور فرعی در نظر گرفته شود.

در حالتی که خیابان اصلی در قوس قرار دارد، اگر جهت شیب عرضی قوس، هم‌جهت با شیب طولی خیابان فرعی باشد، تطبیق مقطع عرضی خیابان اصلی با شیب طولی خیابان فرعی به طور طبیعی انجام می‌شود.

اگر این دو شیب هم‌جهت نباشند، نیم‌رخ طولی خیابان فرعی را باید چنان تغییر داد که جهت شیب آن با جهت شیب قوس اصلی در تقاطع یکی شود. در چنین حالتی به علت محدودیت دید، استفاده از جزایر جداکننده جهت کاهش احتمال برخورد در تقاطع، توصیه می‌شود.

تنظیم شیب برای تخلیه آب‌های سطحی

برای تخلیه آب‌های سطحی تقاطع، تأمین شیب طولی حداقل یک درصد (و حداقل ۰/۵ درصد برای ترکیب شیب‌های طولی و عرضی) در خیابان‌های اصلی و فرعی محدوده تقاطع ضروری است. تنظیم توام شیب‌های طولی و عرضی دو مسیر متقاطع یکی از مشکل‌ترین

مراحل طراحی تقاطع است، زیرا تنظیم شیب طولی یک مسیر به معنای تغییر شیب عرضی مسیر دیگر است. به علاوه باید ضمن ایجاد هماهنگی بین مشخصات هندسی دو محور متقاطع، تخلیه آب‌های سطحی تقاطع را نیز به نحو مناسب و مطلوبی انجام داد. برای این منظور باید نیم‌رخ طولی گوشه‌های تقاطع را رسم کرده و با توجه به وضعیت تخلیه آب‌ها در محل تقاطع و حدود قابل قبول شیب عرضی، وضعیت رقوم سطح تمام شده تقاطع را بر حسب ارتفاع نقاطی که به فاصله ۵ متر از یکدیگر قرار دارند به صورت شبکه ارایه داد.

رقوم نقاط شبکه مذکور باید به نحوی تعیین شوند که نیم‌رخ طولی گوشه‌های تقاطع بدون شکستگی و ملایم بوده و علاوه بر آن، محل تخلیه آب‌های سطحی در نقاط خط‌القعر این نیم‌رخ‌ها قرار گیرد. بنابراین برای تعیین رقوم نقاط مختلف تقاطع، باید پس از تهیه نیم‌رخ‌های طولی گوشه‌ها و تغییر وتعدیل آن‌ها، ارتفاع نقاط واقع در لبه گوشه‌های جزایر و سایر نقاط را به دست آورد. اصول کلی که باید برای تخلیه آب‌های سطحی مورد توجه قرار گیرند، عبارتند از:

- شیب خیابان اصلی در محل تقاطع ثابت مانده و شیب خیابان فرعی با آن هماهنگ شود.
- آب‌های سطحی مربوط به یک ورودی تقاطع نباید به ورودی‌های دیگر منتقل شود.
- به دلیل سرعت پائین حرکت‌های گردشی ورودی و خروجی در تقاطع‌های هم‌سطح باید به نیازهای فنی تخلیه آب‌های سطحی، در برابر نیازهای دینامیکی حرکت گردشی اولویت داده شود.
- جزایر محدود تقاطع می‌توانند کار تخلیه آب‌های سطحی را آسان‌تر کنند، زیرا آن‌ها سطوح تقاطع را مطابق اصول فنی تخلیه آب‌های سطحی به نواحی کوچک‌تری تقسیم می-

کنند که تأمین شیب عرضی مناسب از لحاظ دینامیک حرکت را امکان‌پذیر نموده و تنظیم نقاط گود با محل آبروها را در حاشیه جزایر میسر می‌سازند.

۶-۱-۸. خطوط عبور در تقاطع‌ها

سطح سواره‌رو تقاطع متشکل از تعدادی خطوط عبور مستقیم و احیاناً تعدادی خطوط کمکی برای حرکت‌های گردشی است. تعداد و نوع خطوط حرکت تقاطع بستگی به وضعیت مسیرهای متقاطع، احجام تردد و سطح سرویس مورد نظر و همچنین ملاحظات مربوط به عابرین پیاده، دوچرخه سواران، حمل و نقل عمومی و ... دارد.

در تقاطع‌های با حجم و سرعت تردد کم، می‌توان حرکات گردشی را با استفاده از خطوط حرکت مستقیم انجام داد. ولی در تقاطع‌های با حجم تردد زیاد معمولاً نیاز به احداث خطوط کمکی وجود دارد.

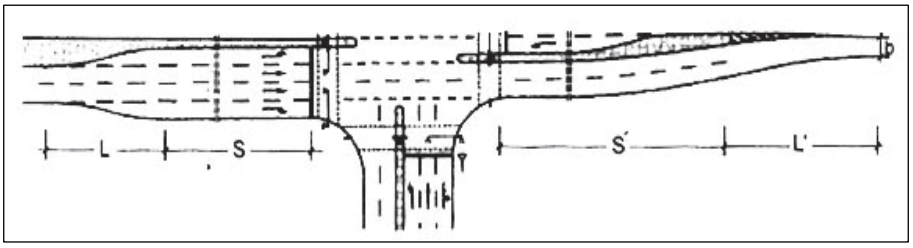
در مناطق شهری کم تراکم، تأمین خطوط کمکی گردشی بر اساس ملاحظات ایمنی صورت می‌گیرد و در تعیین ابعاد آن‌ها اصول دینامیک حرکت وسایل نقلیه، تعیین کننده هستند. در داخل مناطق پرتراکم شهری، اغلب ملاحظات ظرفیتی در نظر گرفته می‌شود و تأمین نیازهای هندسی حرکت کفایت می‌کند.

۶-۱-۸-۱. خطوط عبور مستقیم

در محدوده تقاطع‌ها و به خصوص در تقاطع‌های بدون چراغ راهنما، ترجیحاً باید تعداد خطوط عبور مستقیم، معادل با تعداد خطوط عبور مسیرهای منتهی به آن باشد. یک خط

عبور مستقیم نباید به طور ناگهانی تبدیل به یک خط گردشی خروجی شود. در صورت لزوم باید این تبدیل به کمک خط‌کشی و نصب علائم مقتضی، به طور تدریجی انجام شود.

در تقاطع‌های چراغ‌دار می‌توان با تعریض سواره‌رو، تعداد خطوط مستقیم در ورودی‌های تقاطع را افزایش داد و ظرفیت تقاطع را به ظرفیت مسیرهای منتهی به آن نزدیک نمود. بعد از تقاطع نیز می‌توان مجدداً تعداد خطوط عبور مستقیم را کم کرده و به حالت اولیه



بازگرداند. طول خطوط عبور مستقیم اضافی قبل از تقاطع متشکل از یک قطعه لچکی L و یک قطعه انباره S مطابق شکل (۶-۲۴) است. طول انباره باید در حدی باشد که بتواند وسایل نقلیه وارد شده در طول یک چرخه چراغ را در خود جای دهد.

شکل شماره ۶-۲۴: تعریض و ایجاد خطوط کمکی در تقاطع‌ها

لچکی تعریض را می‌توان به صورت یک خط مستقیم و یا دو قوس دایره‌ای معکوس طراحی نمود.

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

عرض خطوط مستقیم تقاطع باید ترجیحاً معادل خطوط عبوری مسیرهای منتهی به آن باشد. با این وجود می‌توان به منظور کاهش سطح مورد نیاز در شرایط تنگنا یا تنظیم رفتار ترافیکی، عرض خطوط بیش از ۳/۲۵ متر را به میزان ۰/۲۵ متر کاهش داد. در مورد ورودی‌های چند خطه با سرعت طرح کمتر از ۵۰ کیلومتر در ساعت می‌توان به منظور تأمین خطوط گردش، عرض خطوط مستقیم را تا ۳/۰ متر و در موارد استثنایی تا ۲/۷۵ متر نیز کاهش داد.

۶-۱-۸-۲. خطوط کمکی گردشی

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

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

در تقاطع‌های هم‌سطح بزرگراه‌های شهری امکان تأمین شرایط جریان آزاد برای گردش به راست وجود دارد. در این صورت وسایل نقلیه گردشی باید قبل از رسیدن به تقاطع

سرعت خود را کاهش داده و بعد از انجام گردش نیز مجدداً سرعت خود را افزایش دهند تا سرعتشان با سرعت سایر وسایل نقلیه هماهنگ شود.

در صورتی‌که این تغییر سرعت در مسیر سایر وسایل نقلیه انجام شود، باعث ایجاد اختلال در حرکت آن‌ها و افزایش احتمال تصادف می‌گردد. معمولاً به منظور کاهش اثرات نامطلوب این وضعیت در عملکرد تقاطع‌ها، از خطوط تغییر سرعت استفاده می‌شود.

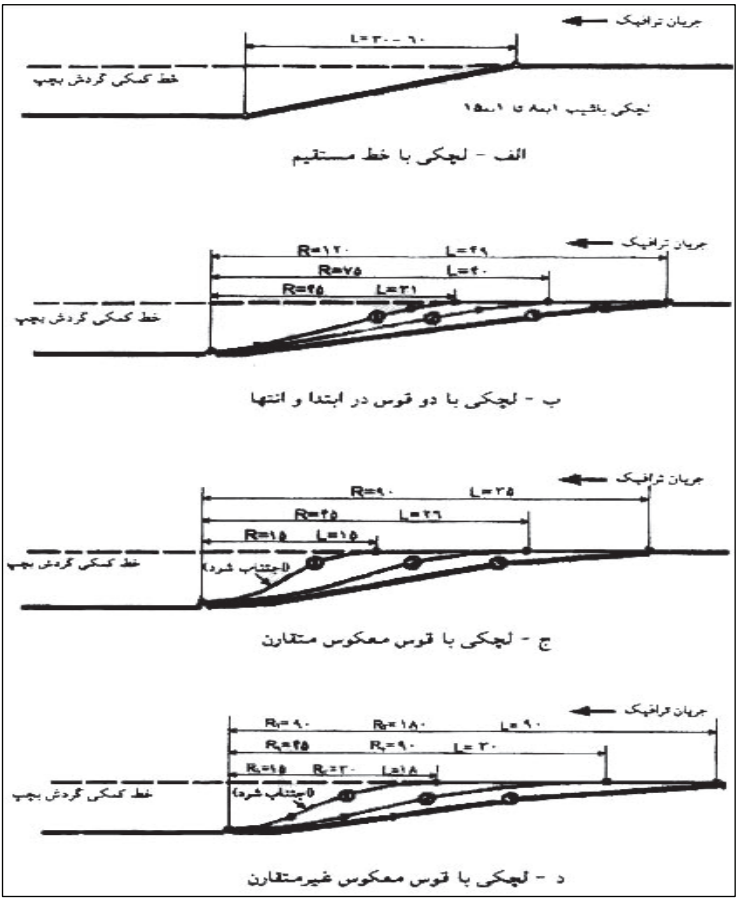
جریان منقطع : در تقاطع‌های هم‌سطح خیابان‌های شهری، جریان ترافیک در خطوط کمکی گردشی اساساً منقطع است و این خطوط به منظور تسهیل حرکات گردش به راست و چپ و تأمین سطح لازم برای ذخیره وسایل نقلیه گردشی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در این حالت، خطوط کاهش سرعت شامل یک قطعه لچکی ورودی، یک قطعه کاهش سرعت و یک قطعه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

دستورالعمل آشتو (AASHTO) حداقل طول لازم برای کاهش سرعت و توقف ایمن و راحت وسایل نقلیه در شیب‌های ۲ درصد و کمتر را، برای سرعت‌های طرح ۵۰، ۶۵ و ۸۰ کیلومتر بر ساعت، به ترتیب برابر ۷۰، ۹۵ و ۱۳۰ متر توصیه می‌کند. این طول شامل بخش لچکی نمی‌شود. در بسیاری از مناطق شهری که امکان تأمین این طول فراهم نیست، باید فرض شود، که بخشی از عمل کاهش سرعت، قبل از ورود به خط انباره یا داخل لچکی انجام می‌گردد. بدین ترتیب طول کاهش سرعت کمتر خواهد شد.

علاوه بر طول فوق، باید طولی نیز برای ذخیره وسایل نقلیه متوقفی که قصد گردش دارند، در نظر گرفته شود. در تقاطع‌های بدون چراغ، این طول (بدون بخش لچکی) بر اساس تعداد وسایل نقلیه‌ای که در مدت دو دقیقه در ساعت اوج در آن ذخیره می‌شوند، انتخاب می‌گردد. در تقاطع‌های چراغ‌دار، این طول بر اساس ۱/۵ تا ۲ برابر تعداد وسایل

نقلیه پیش‌بینی شده برای توقف در طول یک چرخه از ساعت طرح در این خط، به دست می‌آید. در صورتی که انباره به صورت دو خطه طراحی شود، ظرفیت آن تقریباً دو برابر می‌گردد.

مطابق ضوابط این دستورالعمل، حداقل عرض خطوط کمکی گردشی ۳ متر است و در مواقعی که قرار است از یک خط انباره در مجاورت حفاظ میانی استفاده شود، عرض مطلوب برای حفاظ میانی ۶ متر و حداقل آن ۴/۸ تا ۵/۴ متر است. در صورتی‌که از دو خط انباره استفاده گردد، عرض مناسب برای حفاظ میانی ۸/۴ متر خواهد بود که شامل دو خط ۳/۶۵ متری و یک حفاظ جداکننده ۱/۲ متری می‌باشد. در شکل (۶-۲۵) طراحی انواع لچکی، مطابق ضوابط دستورالعمل آشتو نشان داده شده است. این لچکی‌ها برای خطوط گردش به راست و چپ قابل استفاده هستند.



شکل شماره ۶-۲۵: انواع لچکی خطوط کمکی گردش به چپ (متر)[۱۳]

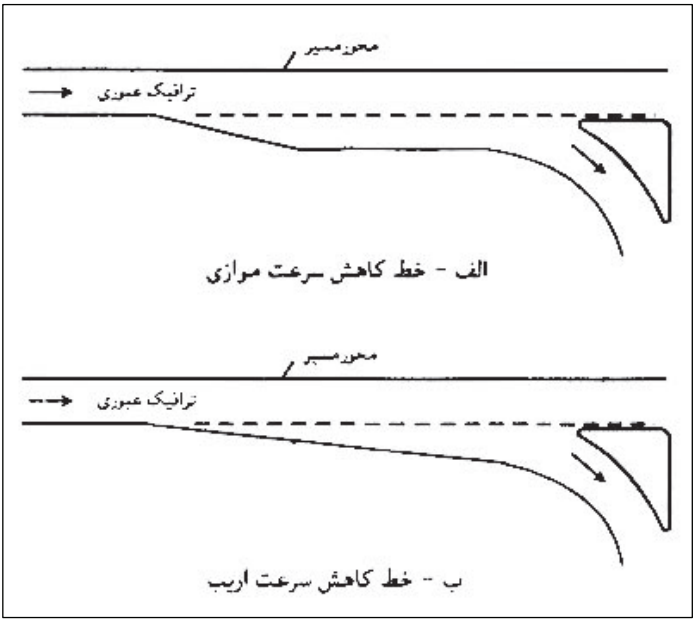
جریان آزاد

در تقاطع‌های هم‌سطح بزرگراه‌های شهری، امکان تأمین خطوط کمکی گردشی با جریان آزاد وجود دارد. این خطوط، طول کافی برای کاهش یا افزایش سرعت وسایل نقلیه را فراهم می‌کنند.

عرض خط کمکی جریان آزاد باید در حدی باشد که ورود و خروج وسایل نقلیه از آن به راحتی امکان‌پذیر بوده و طول آن نیز در حدی باشد که پس از ورود وسایل نقلیه، تغییر

سرعت تا حد لازم برای ورود به مسیر گردشی یا خطوط عبور مستقیم میسر باشد. این خطوط به دو نوع "خط کاهش سرعت" و "خط افزایش سرعت" تقسیم می‌شوند.

۱- خط کاهش سرعت : به طور کلی خطوط کاهش سرعت به دو صورت موازی و اریب (لچکی) طراحی می‌شوند. خط کاهش سرعت موازی مطابق شکل (۶-۲۶- الف)، متشکل از یک بخش لچکی و یک خط عبور با عرض کامل است. همان‌طور که در شکل (۶-۲۶-ب) ملاحظه می‌شود، خط کمکی اریب انطباق بهتری با رفتار رانندگان دارد و نیازی به تغییر جهت ناگهانی در امتداد یک قوس معکوس، که برای راننده و سرنشینان وسایل نقلیه نامطلوب است، ندارد.



شکل ۶-۲۶: انواع روش‌های طراحی خطوط کاهش سرعت

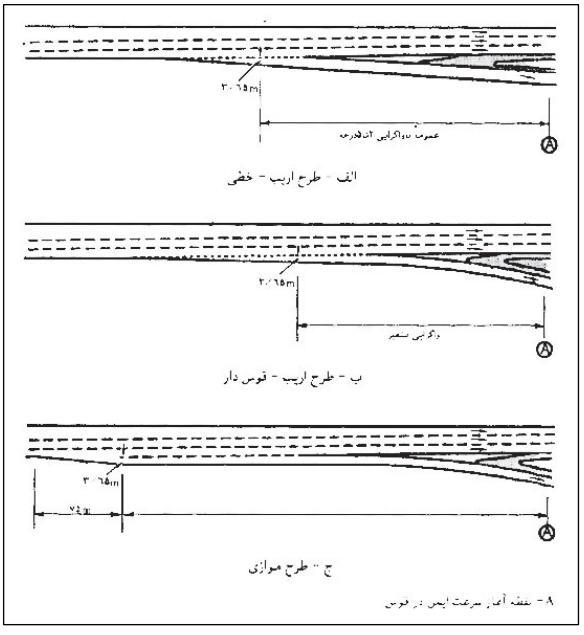
نقطه شروع یک خط کمکی باید به گونه‌ای طراحی شود که از ورود ناآگاهانه رانندگان به این خط جلوگیری به عمل آید. بلند بودن طول لچکی خط کمکی باعث می‌شود که

بعضی از رانندگان اشتباهاً وارد این خط گردند. لذا طول این بخش از خط کاهش سرعت نباید از حد معینی بیشتر باشد.

به طور کلی طول خط کاهش سرعت تابع سه عامل زیر است:

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

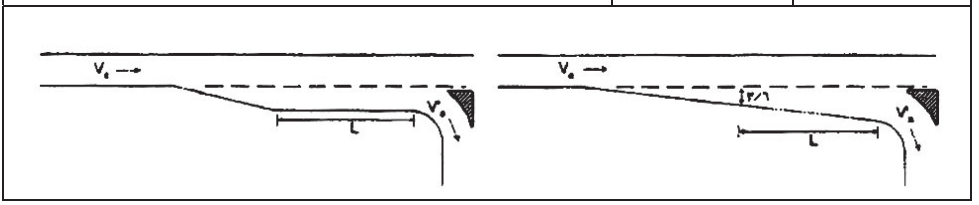
شکل (۶-۲۷) انواع خطوط کمکی گردشی با جریان آزاد مطابق آیین‌نامه آشتو را نشان می‌دهد. در این دستورالعمل ضوابط مربوط به دو نوع خط اریب و موازی ارایه شده است. مقادیر حداقل طول خط کاهش سرعت در جدول (۶-۵) ارایه شده است. در جدول (۶-۶) نیز مقادیر ضرایب تصحیح برای شیب‌های بیش از ۲ درصد مطابق دستورالعمل آشتو ارایه شده است. همان‌طور که در شکل (۶-۲۷) ملاحظه می‌شود، طول خط کاهش سرعت از نقطه‌ای که عرض آن به ۳/۶۵ می‌رسد، اندازه‌گیری می‌گردد.



شکل شماره ۶-۲۷: خطوط کاهش سرعت یک خطه با جریان آزاد گردشی

جدول شماره ۶-۵: حداقل طول خط کاهش سرعت L برای جریان آزاد گردشی با شیب کمتر از ۲ درصد (متر) [۱۳]

سرعت طرح مسیر، V (کیلومتر در ساعت)	سرعت متوسط حرکت مسیر، V (کیلومتر در ساعت)	سرعت طرح قوس خروجی V' (کیلومتر در ساعت)					
		حالت در توقف	۲۴	۳۲	۴۰	۴۸	۵۶	۶۵
		سرعت متوسط حرکت داخل قوس V'_a (کیلومتر در ساعت)						
		۰	۲۲	۲۹	۳۵	۴۲	۴۸	۵۸
۴۸	۴۵	۷۲	۵۶	۴۹	۴۳			
۶۵	۵۸	۹۶	۹۰	۸۱	۷۲	۵۶	۴۷	
۸۰	۷۱	۱۳۳	۱۲۳	۱۱۷	۱۰۸	۹۶	۸۷	۶۹



جدول شماره ۶-۶: ضرایب اصلاح طول خط کاهش سرعت در شیب

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

میزان افزایش عرض در قطعه لچکی خط کاهش سرعت موازی باید به نسبت ۱ به ۸ تـا ۱ به ۱۵ باشد. نسبت ۱ به ۸ برای سرعت‌های تا ۵۰ کیلومتر بر سـاعت و نسـبت ۱ بـه ۱۵ برای سرعت‌های تا ۸۰ کیلومتر بر ساعت توصیه می‌شود. علاوه بر این، آشتو طول لچکـی را بر اساس پیشنهاد MUTCD به صورت زیر نیز ارایه می‌کند:

برای سرعت‌های بالاتر از ۷۰ کیلومتر بر ساعت $L= ۰/۶۲\ SW$

(رابطه ۶-۱)

برای سرعت‌های کمتر از ۶۵ کیلومتر بر ساعت $L=\frac{WS^۲}{۱۵۵}$

(رابطه ۶-۲)

که در آن:

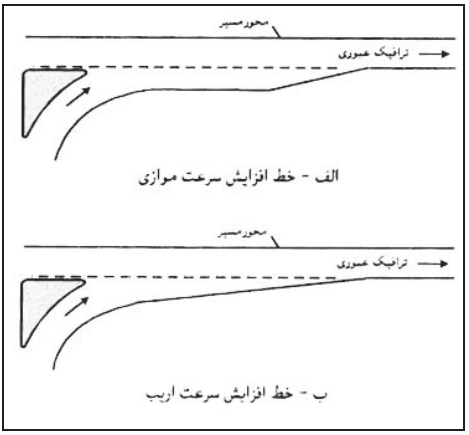
S سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)

W عرض خط کاهش سرعت (متر) و

L طول لچکی (متر) است.

بنا بر توصیه آشتو، استفاده از قوس در ابتدا و انتهای قطعه لچکی مطلوب است، ولی به خاطر سهولت اجرا می‌توان این قوس‌ها را نیز حذف کرد. در صورت استفاده از این دو قوس، طول بخش مستقیم لچکی بایستی حداقل یک سوم تا یک دوم طول کلی لچکی باشد. عرض خط کاهش سرعت جریان آزاد برابر ۳/۶۵ متر عنوان شده است.

۲- خط افزایش سرعت : اصول و معیارهای طرح خطوط افزایش سرعت، مشابه خطوط کاهش سرعت در جریان آزاد است. در شکل (۶-۲۸) دو حالت کلی خطوط افزایش سرعت نشان داده شده است. هنگامی که مقدار آمد و شد نسبتاً کم است، معمولاً خودروهای ورودی، مسیر مستقیمی را طی خواهند کرد و بخشی از آن‌ها بدون آن که قسمت قابل‌توجهی از خط افزایش سرعت را مورد استفاده قرار دهند، وارد خیابان اصلی می‌شوند. هر چه آمد و شد بیشتر باشد، به نسبت بیشتری خط افزایش سرعت به طور کامل مورد استفاده قرار خواهد گرفت.



شکل شماره ۶-۲۸: انواع مختلف خطوط افزایش سرعت

خطوط افزایش سرعت به دو منظور به کار می‌رود:

- افزایش سرعت وسایل نقلیه گردشی، به طوری که سرعت آن‌ها به سرعت وسایل نقلیه عبوری نزدیک شود.
- تأمین مسافتی که طی آن، راننده خودرو، فرصت کافی برای یافتن فاصله مناسب در میان وسایل نقلیه مسیر اصلی را به دست آورد و در آن فاصله وارد جریان ترافیک عبوری شود.

به طور کلی چهار عامل زیر در تعیین طول خط افزایش سرعت موثر هستند:

- سرعت خودرو هنگام خروج از قوس مسیر گردشی
- سرعت مطلوب خودرو هنگام خروج از خط افزایش سرعت
- روش افزایش سرعت و پارامترهای مربوط به آن
- فاصله قابل قبول رانندگان برای پیوستن به جریان عبوری

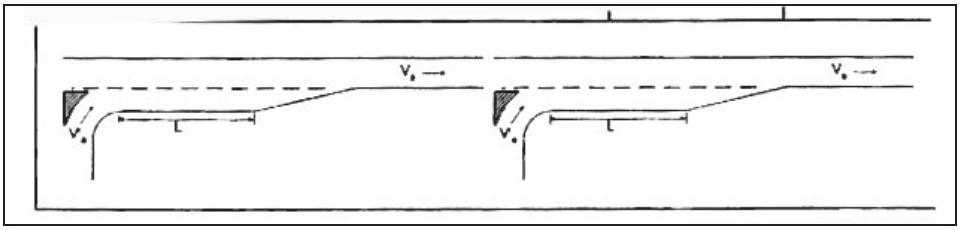
طول خط افزایش سرعت تابع مقدار نسبی آمد و شد در مسیر اصلی و خط گردش نیز است. مطلوب آن است که سرعت خودروی ورودی از خط افزایش سرعت، برابر متوسط سرعت جریان آمد و شد عبوری باشد و طرح بر این مبنا اجرا گردد.

بر اساس ضوابط دستورالعمل آشتو، طراحی خطوط اریب باید به گونه‌ای باشد که سرعت وسایل نقلیه قبل از رسیدن به نقطه‌ای که لبه سمت چپ مسیر گردش به راست به لبه سمت راست خط عبور مستقیم می‌پیوندد، برابر با سرعت متوسط وسایل نقلیه عبوری و یا حداکثر ۸ کیلومتر بر ساعت کمتر از آن باشد. در این نقطه، فاصله لبه سمت راست مسیر گردش به راست از لبه سمت راست خط عبوری مستقیم برابر ۳/۶۵ متر است. جدول (۶-۷) حداقل طول‌های مورد نیاز برای افزایش سرعت در خطوط افزایش سرعت را نشان می‌دهد. در شکل (۶-۲۹) نیز طول مورد نیاز جهت یافتن فرصت پیوستن به وسایل نقلیه عبوری نشان داده شده است. طول خط افزایش سرعت از حداکثر دو مقدار فوق به دست می‌آید. در صورتی‌که خط افزایش سرعت در شیب قرار گرفته باشد، طول آن با توجه به ضرایب جدول (۶-۸) اصلاح می‌گردد.

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

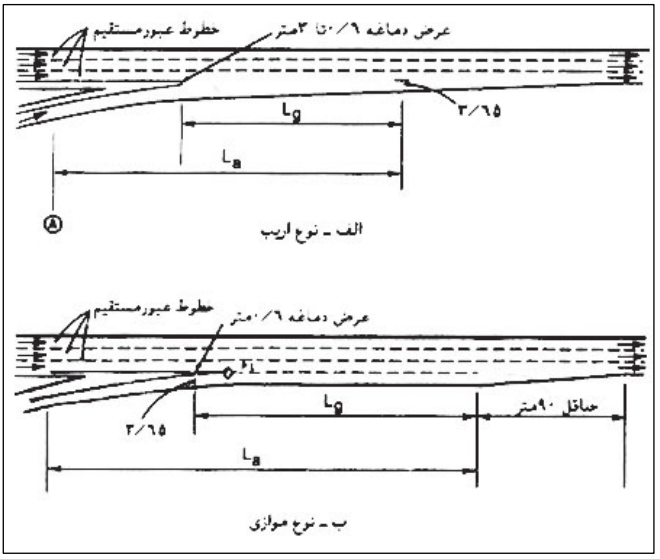
جدول شماره ۶-۷: حداقل طول خط افزایش سرعت L جریان آزاد در شیب‌های کمتر از ۲ درصد (متر)[۱۳]

سرعت طرح مسیر (کیلومتر در ساعت)	سرعت هنگام ورود به خطوط عبوری (Va) (کیلومتر در ساعت)	سرعت طرح قوس (کیلومتر در ساعت)						
		توقف	۲۴	۳۲	۴۰	۴۸	۵۶	۶۴
		سرعت حرکت قوس (کیلومتر در ساعت) V'_a						
		۰	۲۲	۲۹	۳۵	۴۲	۴۸	۵۸
۴۸	۳۷	۵۵	–	–	–	–	–	–
۶۴	۵۰	۱۱۵	۹۵	۷۵	۶۵	۴۰	–	–
۸۰	۶۲	۲۳۰	۲۱۰	۱۹۰	۱۷۵	۱۵۰	۱۱۵	۵۰



جدول شماره ۶-۸: ضرایب اصلاح طول خط افزایش سرعت در شیب[۱۳]

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



شکل ۶-۲۹:خطوط افزایش سرعت جریان آزاد گردشی[۱۳]

توضیحات:

۱- L_a طول افزایش سرعت مورد نیاز بر اساس جداول ۶-۷ و ۶-۸.

۲- A نقطه کنترل کننده سرعت ایمن در خط گردش به راست.

۳- Lg طول مورد نیاز جهت یافتن مجال پیوستن به وسایل نقلیه عبوری.

۴- حداقل این طول ۹۰ تا ۱۵۰ متر است.

۵- طول خط افزایش سرعت از مقادیر L_a و L_g هرکدام که بیشتر است، به دست می‌آید.

۶-۱-۹. قوس گوشه و مسیر گردشی تقاطع

به منظور تسهیل حرکت‌های گردشی در تقاطع‌ها، از قوس‌ها و مسیرهای گردشی استفاده می‌شود. به طور کلی ضوابط کاربرد و طراحی قوس‌ها و مسیرهای گردشی، متناسب با نیازهای هندسی و دینامیکی وسایل نقلیه بوده و در ارتباط نزدیک با شرایط محیطی تقاطع است. بدین ترتیب که، طراحی معمولاً بر اساس یک وسیله نقلیه طرح و برای سرعت طرح متناسب با وضعیت تقاطع انجام می‌پذیرد. انتخاب وسیله نقلیه طرح با توجه به نوع تقاطع و خیابان‌های منتهی به آن و موقعیت منطقه صورت می‌گیرد و قوس گوشه تقاطع به گونه‌ای طراحی و محاسبه می‌شود که این وسیله بتواند به راحتی و نرمی در سرعت مفروض آن را طی نماید. با این وجود، سایر وسایل نقلیه بزرگ‌تر نیز که مطابق قوانین و مقررات قادر به عبور می‌باشند، باید بتوانند تقاطع را با سرعت کمتر و در صورت نیاز با بکارگیری سایر خطوط عبور طی کنند. طراحی قوس‌ها و مسیرهای گردشی در مناطق شهری تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای نسبت به تقاطع‌های خارج شهری دارد. این تفاوت‌ها ناشی از عوامل متعددی از جمله محدودیت فضا و کاربری‌های موجود در اطراف تقاطع، بالا بودن قیمت

زمین، سرعت حرکت پایین‌تر وسایل نقلیه، حضور عابرین پیاده و دوچرخه سواران، ترکیب ترافیک، تجهیزات کنترل ترافیک نظیر چراغ‌های راهنمایی و... است.

۶-۱-۹-۱. قوس گوشه

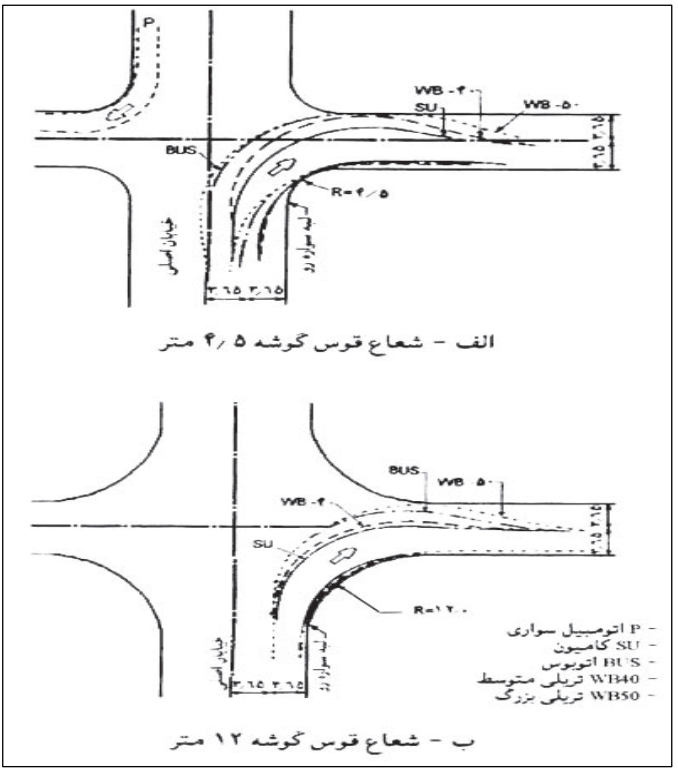
برای گرد کردن گوشه تقاطع‌ها معمولاً از انواع قوس‌های دایره‌ای ساده، دایره‌ای مرکب و انتقالی استفاده می‌شود. علی‌الاصول، قوس‌های دایره‌ای ساده برای وسایل نقلیه طرح کوچک‌تر و سرعت‌های طرح کمتر مناسب هستند، در حالی‌که در سرعت‌های بیشتر و برای وسایل نقلیه بزرگ‌تر، استفاده از قوس‌های مرکب و انتقالی دارای مزایای بیشتری خواهد بود. انتخاب قوس مناسب برای حرکات گردشی تقاطع، به تعداد و انواع وسایل نقلیه گردش‌کننده بستگی داشته و در مواردی که لازم است گردش وسایل نقلیه در کمترین فضای ممکن انجام شود، باید مسیر گردش حداقل وسیله نقلیه طرح در نظر گرفته شود.

نحوه گردش وسایل نقلیه در تقاطع، بستگی به نوع وسیله نقلیه و شعاع قوس گردش دارد. بر اساس دستورالعمل آشتو، اغلب اتومبیل‌های سواری می‌توانند در خطوط عبوری به عرض حداقل ۳ متر، با سرعت کم در قوس‌هایی با شعاع حدود ۴/۵ متر، با اندکی انحراف به سایر خطوط مجاور گردش به راست نمایند. با این وجود، گردش این‌گونه وسایل نقلیه در سرعت‌های بیشتر و یا وسایل نقلیه بزرگ‌تر حتی در سرعت‌های کم، عموماً با انحراف به خطوط عبوری مجاور در ابتدا و انتهای گردش، همراه خواهد بود، در خیابان‌های شریانی با حجم تردد سنگین، لازم است شعاع قوس گوشه تقاطع را به میزان ۴/۵ تا ۷/۵ متر برای اتومبیل‌های شخصی و ۹/۰ تا ۱۵/۰ متر برای کامیون‌ها و اتوبوس‌ها اجرا نمود و در صورتی‌که احتمال گردش تریلی‌ها نیز وجود داشته باشد، بهتر است شعاع‌های بزرگ‌تری بدین منظور اجرا شود.

در شکل (۶-۳۰)، تأثیر شعاع قوس گوشه تقاطع بر مسیر گردش ۹۰ درجه انواع وسایل نقلیه طرح برای تقاطع‌های فاقد خط پارکینگ حاشیه‌ای، بر اساس دستورالعمل آشتو نشان داده شده است. در جدول (۶-۹) تأثیر زوایای مختلف تقاطع، بر مسیر گردش انواع وسایل نقلیه طرح، بر اساس دستورالعمل آشتو نشان داده شده است. شعاع قوس مناسب برای انواع وسیله نقلیه طرح نیز در جدول (۶-۱۰) به تفکیک زوایای مختلف تقاطع، برای گردش بدون انحراف به خطوط عبوری مجاور ارایه شده است.

اگر پارک حاشیه‌ای وسایل نقلیه آزاد باشد، وسایل نقلیه طرح می‌توانند به راحتی و بدون انحراف به سایر خطوط مجاور، حتی در شعاع‌های کوچک‌تر اقدام به گردش نمایند. در این حالت، کامیون‌ها و تریلی‌های متوسط می‌توانند با شعاع قوس گوشه ۴/۵ متر در خطوط عبوری به عرض ۳/۶۵ متر، با انحراف بسیار کم به خطوط عبوری مجاور گردش نمایند. لذا در دستورالعمل آشتو سال ۱۹۹۰ توصیه شده است که در طولی به اندازه حداقل ۴/۵ متر قبل از شروع قوس گردش تا حداقل ۹/۰ متر بعد از نقطه پایان قوس، ممنوعیت پارک حاشیه‌ای برای وسایل نقلیه اعمال شود. با این وجود، گردش اتوبوس و تریلی‌های بزرگ کماکان با انحراف به خطوط مجاور همراه خواهد بود، مگر این‌که از شعاع قوس گردش حداقل ۷/۵ متر استفاده شود و ممنوعیت پارک حاشیه‌ای به طول حداقل ۱۲ متر بعد از نقطه خاتمه قوس اعمال گردد.

چنانچه پارکینگ حاشیه‌ای در نزدیکی تقاطع آزاد باشد، توصیه شده است که از قوس‌های با شعاع ۴/۵ و ۷/۵ متر با احتیاط استفاده به عمل آید، زیرا ممکن است حجم ترافیک در طی ساعات اوج و یا در طول روز به حدی برسد که لازم شود پارکینگ حاشیه‌ای ممنوع شود.



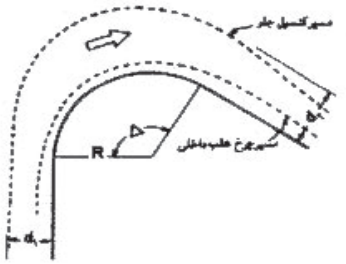
شکل شماره ۶-۳۰: تأثیر شعاع قوس بر مسیر گردش انواع وسایل نقلیه طرح [۱۳]

جدول شماره ۶-۹: عرض اشغال شده d_2 به وسیله انواع وسیله نقلیه گردشی در خیابان متقاطع، بر حسب زوایای مختلف تقاطع و شعاع قوس گردش (بر حسب متر)[۱۳]

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

ملاحضات:

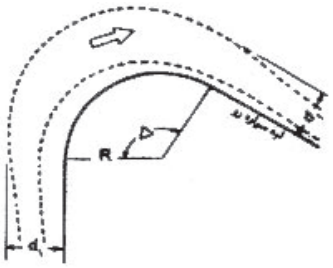
- وسیله نقلیه طرح سواری "P" در عرض ۳/۶۵ متر و با شعاع R=4/5 M یا بیشتر گردش می‌کند.
- در هیچ‌یک از خیابان‌ها پارکینگ حاشیه‌ای وجود ندارد.
- SU کامیون، BUS اتوبوس، WB-40 تریلی متوسط و WB-50 تریلی بزرگ است.



حالت اول:

وسیله نقلیه طرح از خط عبور خود گردش کرده و دارای انحراف زیادی در خیابان متقاطع می‌باشد.

d2 , d1 = 3/65 m متغیر است.



حالت دوم :

وسیله نقلیه طرح در هر دو خیابان دارای انحراف نسبتاً زیادی می‌باشد و d1 و d2 برابر هستند.

جدول شماره ۶-۱۰: شعاع قوس گوشه تقاطع برای گردش‌های بدون انحراف به خطوط عبوری مجاور [۱۳]

وسیله نقلیه طرح	زاویه گردش (درجه)	شعاع قوس دایره ساده (متر)	قوس مرکب سه مرکزی، متقارن		قوس مرکب سه مرکزی، نامتقارن	
			شعاع (متر)	عقب نشینی (متر)	شعاع (متر)	عقب نشینی (متر)
P	30	18	-	-	-	-
SU		30	-	-	-	-
BUS		42	-	-	-	-
WB-40		45	-	-	-	-
WB-50		60	-	-	-	-
P	45	15	-	-	-	-
SU		23	-	-	-	-
BUS		24	-	-	-	-
WB-40		36	-	-	-	-
WB-50		51	60-30-60	0/9	-	-
P	60	12	-	-	-	-
SU		18	-	-	-	-
BUS		21	-	-	-	-
WB-40		27	-	-	-	-
WB-50		-	60-23-60	1/6	60-23-83	0/6-1/8
P	75	11	30-7-30	0/6	-	-
SU		17	36-13-36	0/6	-	-
BUS		24	36-13-36	0/9	-	-
WB-40		26	36-13-36	1/5	36-13-60	0/6-2/0
WB-50		-	45-15-45	1/8	45-15-68	0/6-3/0
P	90	9	30-6-30	0/8	-	-
SU		15	36-12-36	0/6	-	-
BUS		26	36-12-36	1/2	-	-
WB-40		-	36-12-36	1/5	36-12-60	0/6-1/8

وسیله نقلیه طرح	زاویه گردش (درجه)	شعاع قوس دایره ساده (متر)	قوس مرکب سه مرکزی، متقارن		قوس مرکب سه مرکزی، نامتقارن	
			شعاع (متر)	عقب نشینی (متر)	شعاع (متر)	عقب نشینی (متر)
WB-50		-	54-18-54	1/8	36-12-60	0/6-3/0
P	105	-	30-6-30	0/8	-	-
SU		-	30-10-30	0/9	-	-
BUS		-	30-10-30	1/2	-	-
WB-40		-	30-10-30	1/5	30-10-60	0/6-2/4
WB-50		-	54-13-54	2/4	45-12-63	0/6-3/0
P	120	-	30-6-30	0/6	-	-
SU		-	30-9-30	0/9	-	-
BUS		-	30-9-30	1/2	-	-
WB-40		-	36-9-36	1/8	30-9-54	0/6-2/7
WB-50		-	54-12-54	2/6	45-10-67	0/6-3/6
P	135	-	30-6-30	0/4	-	-
SU		-	30-9-30	1/2	-	-
BUS		-	30-9-30	1/5	-	-
WB-40		-	36-9-36	2/0	30-7/5-54	0/9-3/9
WB-50		-	48-10-48	2/1	39-9-56	0/9-4/2
P	150	-	23-5-23	0/6	-	-
SU		-	30-9-30	1/2	-	-
BUS		-	30-9-30	1/5	-	-
WB-40		-	30-9-30	1/8	27-7-48	0/9-3/3
WB-50		-	48-10-48	2/1	36-9-54	0/9-4/2
P	180	-	15-4/5-15	0/2	-	-
SU	دور زدن	-	30-9-30	0/4	-	-
BUS		-	39-7-39	2/4	-	-
WB-40		-	30-6-30	2/9	25-6-45	1/8-3/9
WB-50		-	39-9-39	2/9	30-7-45	1/8-3/9

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

۶-۱-۹-۲. مسیر گردشی

همان‌گونه که قبلاً ذکر شد، حرکت گردش به راست در تقاطع‌های هم‌سطح بزرگراهی ممکن است با جریان آزاد انجام شود. در این حالت، وسایل نقلیه، حرکت بدون توقف خود

را از طریق مسیرهای گردشی انجام می‌دهند. مسیرهای گردشی جریان آزاد شامل یک خط گردشی و یک جزیره مثلثی با استاندارد طراحی بالا است.

معمولاً شعاع قوس مسیر گردشی بر اساس سرعت وسایل نقلیه به دست می‌آید. سرعت طراحی به عوامل مختلفی از جمله درجه‌بندی مسیرهای منتهی به تقاطع و سرعت وسیله نقلیه در آن‌ها، نوع تقاطع و حجم ترافیک عبوری و گردش کننده بستگی دارد. سرعت گردش مطلوب طرح در دستورالعمل آشتو برابر، متوسط سرعت حرکت وسایل نقلیه پیش از ورود به مسیر گردشی عنوان شده است.

به دلیل وجود انواع علائم هشداردهنده و همچنین پیش‌بینی شرایط بحرانی در تقاطع‌ها، دستورالعمل آشتو توصیه کرده است که شعاع قوس مسیرهای گردشی در تقاطع‌ها کمتر از شعاع قوس‌های واقع در طول مسیر با همان سرعت طرح در نظر گرفته شود. به علاوه، عوامل متعددی از جمله مسایل ایمنی و محیط اطراف، اجازه جریان آزاد در تقاطع‌ها را نمی‌دهند و لذا استفاده از قوس‌های کوچک‌تر را ایجاب می‌کنند که در نتیجه آن، نیروی گریز از مرکز بیشتری به رانندگان وسایل نقلیه اعمال می‌شود.

در دستورالعمل آشتو، حداقل شعاع ایمن قوس مسیرهای تقاطع برای سرعت‌های مختلف طرح در جدول (۶-۱۱) ارایه شده است. در جدول (۶-۱۲) نیز عرض روسازی مناسب برای مسیرهای گردشی مطابق این دستورالعمل ارایه شده است.

جدول شماره ۶-۱۱: حداقل شعاع ایمن برای قوس مسیرهای گردش تقاطع[۱۳]

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

جدول شماره ۶-۱۲: عرض روسازی مناسب برای مسیرهای گردشی جریان آزاد بر اساس دستورالعمل آشتو (بر حسب متر)[۱۳]

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

* انواع شرایط آمد و شد به شرح زیر است:

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

ب- تعداد کامیون در حدی است که طرح را کنترل می‌کند ولی تریلر نیز در نظر گرفته می‌شود.

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

۶-۱-۹-۳. مسیر واگرد

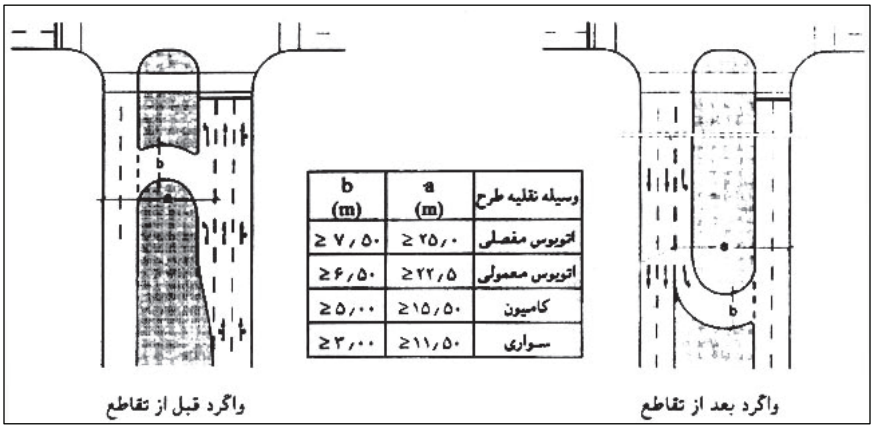
در خیابان‌هایی که دارای حفاظ میانی غیرقابل عبور و یا خط ویژه حمل و نقل عمومی در وسط هستند، باید امکان دور زدن وسایل نقلیه به وسیله مسیر واگرد تأمین شود.

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

در صورت وجود ممنوعیت گردش به چپ در یک تقاطع، می‌توان برای گردش به چپ غیرمستقیم، بعد از تقاطع یک خط واگرد پیش‌بینی نمود. به این ترتیب وسایل نقلیه چپ‌گرد می‌توانند پس از حرکت واگرد در پشت تقاطع، از ورودی مقابل گردش به راست نمایند.

در شکل (۶-۳۱) جزئیات طراحی خطوط واگرد قبل و بعد از تقاطع مطابق دستورالعمل آلمان ارایه شده است. خط واگرد بر اساس نمودار گردش نمای بزرگ‌ترین خودروی واگردی که همواره عبور می‌کند، طراحی می‌شود. چنانچه خط واگرد برای یک وسیله نقلیه طرح خاص طراحی شده باشد، باید حرکت واگرد برای وسایل نقلیه بزرگ‌تر به وسیله تابلوهایی ممنوع شود.

در تقاطع‌های چراغ‌دار باید برای خط واگرد طول انباره کافی پیش‌بینی شود. به گونه‌ای که بتواند تمام خودروهای واگرد را در خود جای دهد. این خط باید حتی‌المکان در حفاظ میانی احداث شود.



وسیله نقلیه طرح	a (m)	b (m)
اتوبوس مفصلی	≥ ۲۵/۰	≥ ۷/۵۰
اتوبوس معمولی	≥۲۲/۵	≥۶/۵۰
کامیون	≥۱۵/۵۰	≥۵/۰۰
سواری	≥۱۱/۵۰	≥۳/۰۰

شکل شماره ۶-۳۱: جزئیات مسیر واگرد

۶-۱-۱۰. تسهیلات پیاده‌روی و دوچرخه سواری در تقاطع‌ها

۶-۱-۱۰-۱. تسهیلات پیاده‌روی

پیاده‌روی امر مهمی در برنامه‌ریزی و طراحی معابر شهری بوده و به خصوص در تقاطع‌ها باید مورد توجه خاص قرار گیرد. در این بخش، تسهیلاتی مانند گذرگاه عرضی هم‌سطح پیاده، رابط پیاده‌رو و جزایر ایمنی پیاده که عابرین پیاده به واسطه آن‌ها می‌توانند عبوری ایمن، پیوسته و راحت از تقاطع داشته باشند، بررسی می‌شوند.

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

زاویه گذرگاه عرضی پیاده با امتداد خیابان: حتی‌المکان باید گذرگاه پیاده تحت زاویه قائمه به جدول خیابان متصل شود، زیرا عابرین پیاده تمایل به پیمودن کوتاه‌ترین فاصله

بین دو نقطه را دارند. در صورتی‌که احداث گذرگاه عرضی مورب ضروری باشد، باید خط‌کشی آن با مواد بازتابنده که بینایی را تحریک می‌کنند، صورت گیرد.

فاصله دید: گذرگاه عرضی پیاده باید از نظر موقعیت در محلی قرار گیرد که رانندگان وسایل نقلیه‌ای که به آن نزدیک می‌شوند، قادر باشند به طور واضح و آشکار آن را رویت نمایند. همچنین گذرگاه نباید بعد از تاج قوس قائم یا بعد از قوس افقی قرار گیرد، زیرا در این حالت، راننده فاصله دید کافی برای رویت گذرگاه نخواهد داشت. اگر گذرگاه عرضی عابر پیاده در محلی قرار گرفته باشد که چراغ راهنمایی وجود نداشته و فاصله دید به اندازه کافی رعایت نشده باشد، باید آن را جابجا نمود و اگر چنانچه شرایط فیزیکی محل، موقعیت جدید مناسب و ایمنی را فراهم نکند و یا فاصله جابجایی موقعیت قدیم و جدید بیش از حد باشد، باید از سایر تسهیلات نظیر چراغ راهنمایی یا تابلوهای هشداردهنده یا گذرگاه غیرهم‌سطح استفاده نمود.

وسایل نقلیه پارک شده، ممکن است مانع دید رانندگان شود. برای رفع این مشکل می‌توان در فاصله ۶ متری گذرگاه، پارک وسایل نقلیه را ممنوع نمود (در تقاطع‌های چراغ‌دار، این فاصله به ۹ متر می‌رسد).

خط ایست : ترسیم خط ایست در گذرگاه‌های دارای چراغ‌های راهنمایی (یا تابلوهای ایست)، در کاهش تجاوز وسایل نقلیه به گذرگاه عرضی پیاده موثر است. تجاوز وسایل نقلیه به گذرگاه عرضی پیاده نه تنها باعث ایجاد مانع برای عبور عابرین از گذرگاه می‌شود، بلکه باعث محدود شدن دید سایر وسایل نقلیه نسبت به عابرینی که در سطح گذرگاه حضور دارند، می‌گردد. خطوط ایست باید حداقل در فاصله ۱ متری و به موازات گذرگاه قرار گیرند.

عرض گذرگاه پیاده : در گذرگاه‌های خیلی باریک، تردد دوطرفه عابرین پیاده باعث ایجاد تراکم و تداخل می‌شود. عرض گذرگاه‌های عابر پیاده نباید از ۱/۸ متر کمتر باشد. رعایت حداقل عرض ۳ متر برای گذرگاه‌ها ترجیح دارد.

طول گذرگاه عابر پیاده: طول مناسب گذرگاه پیاده به عرض سواره‌رو و میزان زمان عبوری که توسط چراغ راهنمایی به آن اختصاص داده می‌شود، بستگی دارد. معمولاً زمان سبز خیابان فرعی بر اساس زمان مورد نیاز جهت عبور عابرین از عرض خیابان اصلی تعیین می‌شود. در محل‌هایی که عرض سواره‌رو بیش از ۲۲ متر بوده یا حجم قابل ملاحظه‌ای، عابر پیاده معلول یا سالمند موجود باشد، باید یک حفاظ میانی جهت عبور عابرین از گذرگاه عرضی در میانه سطح سواره‌رو ایجاد نمود.

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

یکی از مواردی که گردش وسایل نقلیه باعث ایجاد مسائلی برای ایمنی عابر پیاده در گذرگاه‌ها می‌شود، انحراف توجه رانندگان از عابرین پیاده به ترافیک عبوری است. در این حالت، راننده در انتظار یافتن فاصله عبور مناسب بین وسایل نقلیه در حال نزدیک شدن بوده و در نتیجه تمام توجه او به جای عابرین پیاده به وسایل نقلیه عبوری معطوف می‌شود. ممنوع کردن گردش به راست در زمان قرمز و فراهم نمودن فاز مخصوص گردش به چپ می‌تواند در کاهش تعداد تصادفات عابر و وسایل نقلیه در حال گردش کمک کند.

رابط پیاده‌رو: برای تأمین پیوستگی سطح پیاده‌رو و سواره‌رو باید بخشی از جدول سراسری خیابان برداشته شده و رابط پیاده‌رو به صورت شیب‌راهه، پل و یا جدول شیب‌دار اجرا شود. رابط پیاده‌رو باید به گونه‌ای طراحی شود که حداکثر دسترسی را با حداقل مخاطرات برای عابرین پیاده تأمین کند. ضمناً تأمین ایمنی و راحتی برای یک گروه از عابرین نباید برای سایر گروه‌ها تولید مخاطره نماید. رابط پیاده‌رو نباید به صورت پله‌ای باشد و حتی‌المکان

باید در محل اتصال آن به پیاده‌رو یا سواره‌رو از یک قوس ملایم استفاده شود. برای جزئیات بیشتر در خصوص رابط پیاده‌رو در تقاطع‌ها به جلد ۱ آیین‌نامه تقاطع‌های هم‌سطح شهری مراجعه شود.

جزایر پناه‌دهنده پیاده: جزیره پناه‌دهنده پیاده، بخش معینی از وسط سواره‌رو است که بین خطوط تردد وسایل نقلیه به منظور حفاظت و ایمنی عابرین پیاده‌ای که قادر نیستند در یک زمان معین به یکباره از عرض سواره‌رو عبور نمایند، ایجاد می‌شود. از این جزایر معمولاً در گذرگاه‌های عرضی هم‌سطح عابر پیاده‌ای که طول آن‌ها بیش از ۲۲ متر بوده، یا تعداد زیادی عابر پیاده معلول یا کم‌توان حضور دارند و یا شکل تقاطع پیچیده و بی‌قاعده باشد، استفاده می‌شود.

جزایر پناه‌دهنده پیاده در هیچ حالتی نباید کمتر از ۱/۲ متر (ترجیحاً ۱/۸ متر) عرض و ۳/۵ متر (یا عرض گذرگاه موجود) طول داشته باشند.

به هنگام اجرای جزیره باید جداول و حواشی آن، که محل عبور عابرین و ویلچرسواران است، توسط رابط به سطح خیابان مرتبط شود. در صورتی که محل عبور عابرین از حفاظ میانی، هم‌سطح گذرگاه عرضی عابر پیاده باشد، باید تمهیداتی برای نابینایان فراهم شود تا بتوانند آن را شناسایی کنند. ضمناً می‌توان سطحی جهت توقف و استراحت عابرین پیاده به دور از مسیر عبور متعارف افراد در سطح جزیره فراهم نمود تا در صورتی که افراد معلول یا کم توان قادر به ادامه پیاده‌روی نبودند، بتوانند در آن محدوده، بدون آن که روی حرکت دیگران تاثیر بگذارند، توقف و استراحت نمایند. در انتهای جزیره و ابتدای دماغه و لچکی باید خط‌کشی واگرایی روی سطح سواره‌رو پیش‌بینی نمود تا وسایل نقلیه به مسیر مورد نظر هدایت شوند.

گوشه تقاطع

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

فضای تجمع: حتی‌المکان باید در گوشه‌های تقاطع فضای مناسب جهت تجمع عابرین پیاده منتظر چراغ سبز برای عبور از گذرگاه‌های خط‌کشی شده، تأمین گردد.

ث) موانع فیزیکی پیاده‌رو: موانع فیزیکی پیاده‌رو را می‌توان به دو دسته کلی زیر تقسیم نمود:

- موانع سواره‌رو
- موانع میانی

موانع سواره‌رو عمدتاً در طول حاشیه خیابان برای جلوگیری از عبور عابرین از عرض خیابان نصب می‌شوند، در حالی‌که موانع میانی، هم برای جداسازی جریان‌های ترافیکی مخالف و هم جلوگیری از عبور عابرین از عرض خیابان به کار می‌روند.

ج) تسهیلات پیاده‌روی در میدان‌ها: در میدان‌ها باید ترجیحاً گذرگاهای عرضی پیاده قبل از شروع ناحیه تعریض ورودی‌ها مکان‌یابی شوند. زیرا در این نقطه عرض سواره‌رو کمتر و حرکت وسایل نقلیه مستقیم‌تر است. تسهیلات پیاده‌روی در میدان‌ها شامل موارد زیر است:

- گذرگاه خط‌کشی شده پیاده با و یا بدون جزیره میدانی
- گذرگاه چراغ‌دار پیاده
- زیرگذر و روگذر پیاده

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

در میدان‌هایی که حجم عبور زیاد پیاده وجود دارد، باید به منظور جلوگیری از ورود غیرمجاز و نامنظم عابرین پیاده به سواره‌رو از نرده حفاظتی استفاده شود. طرح این نرده‌ها باید به گونه‌ای باشد که مانع دید رانندگان نشوند.

۶-۱-۱۰-۲. تسهیلات دوچرخه سواری

پیش‌بینی تسهیلات دوچرخه سواری در تقاطع‌هایی که در آن‌ها تردد قابل توجه دوچرخه وجود دارد، ضروری است. برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت تسهیلات دوچرخه سواری باید مطابق مقررات، توصیه‌ها و معیارهای فنی مربوطه صورت گیرد. در این بخش، تسهیلات دوچرخه سواری صرفاً به منظور ارایه رهنمودهای کلی در طراحی تقاطع‌ها مطرح می‌شوند و برای جزئیات بیشتر باید به دستورالعمل‌های ویژه دوچرخه مراجعه گردد.

کیفیت تسهیلات دوچرخه سواری در محدوده تقاطع، باید مطابق به مسیرهای منتهی به آن باشد. چنانچه تبدیل دوچرخه رو به خط دوچرخه قبل از تقاطع ضروری باشد، این تبدیل باید در خارج از محدوده خطوط گردشی و انباره تقاطع و در فاصله حداقل ۲۰ متری

آن‌ها صورت گیرد و حداقل به طول ۱۰ تا ۲۰ متر به وسیله خط‌کشی یا جدول‌گذاری حمایت شود.

هدایت گردش به چپ دوچرخه سواران در محدوده تقاطع، به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم امکان‌پذیر است. در روش مستقیم، دوچرخه سواران همراه با ترافیک وسایل نقلیه چپ‌گرد و یا از طریق خطوط گردش به چپ ویژه آن‌ها هدایت می‌شوند. در روش غیرمستقیم، دوچرخه سواران ابتدا از عرض بازوی فرعی تقاطع و سپس از عرض خیابان اصلی عبور می‌کنند. برای جزئیات بیشتر به جلد ۱ آیین‌نامه تقاطع‌های هم‌سطح شهری مراجعه شود.

۶-۱-۱۱. ایستگاه اتوبوس و پارکینگ در تقاطع

از جمله عوامل موثر در کارآیی یک تقاطع، چگونگی استقرار ایستگاه‌های اتوبوس و نحوه پارکینگ حاشیه‌ای وسایل نقلیه در حریم تقاطع است.

۶-۱-۱۱-۱. مکان‌یابی ایستگاه اتوبوس

در طراحی تقاطع‌ها، باید محل مناسب برای توقف وسایل حمل و نقل عمومی و سوار و پیاده کردن مسافرین در نظر گرفته شود. مناسب‌ترین مکان برای ایستگاه‌های اتوبوس، خارج از خط عبوری وسایل نقلیه است که موجب افزایش ایمنی و کاهش تداخل با جریان ترافیک می‌شود. همچنین ممکن است این ایستگاه‌ها در سمت ورودی یا خروجی تقاطع قرار گیرند که هر یک مزایا و معایبی در بر خواهند داشت.

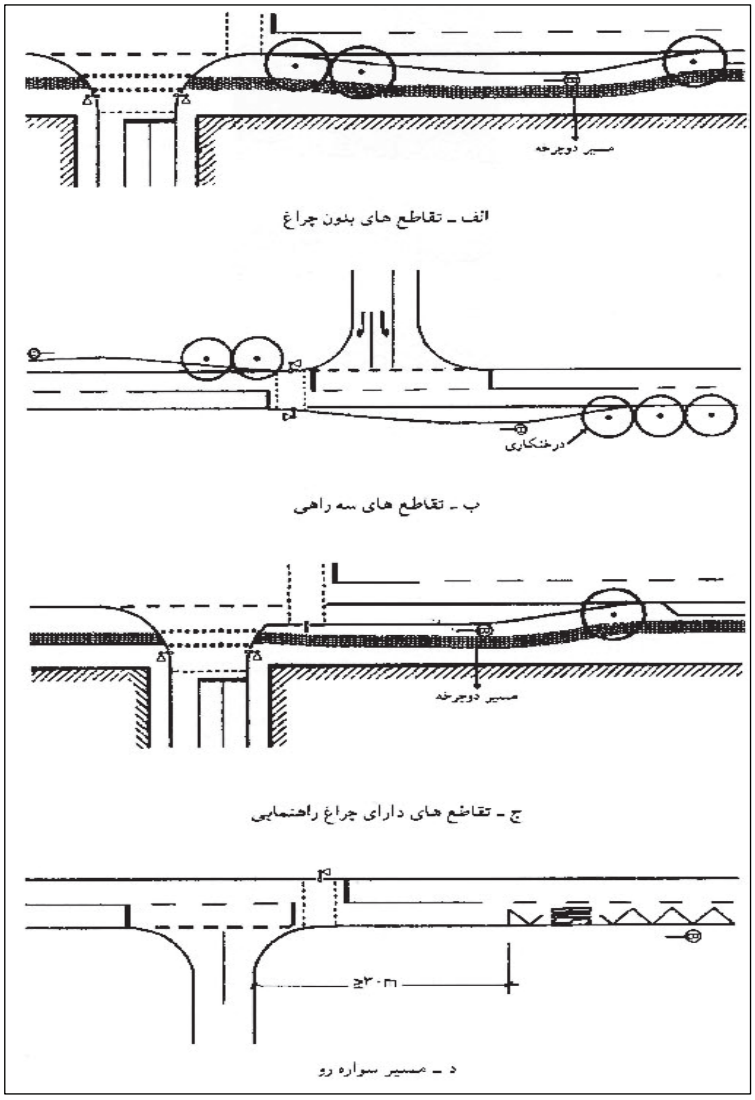
در دستورالعمل آلمان، توصیه شده است که ایستگاه‌های اتوبوس ترجیحاً در خروجی‌های تقاطع قرار گیرند، به طوری‌که با گذرگاه خط‌کشی شده عابرین پیاده تداخل

نداشته باشند. بدین ترتیب، برای تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی یا دارای چراغ راهنمایی که بعضی مواقع خاموش است، طرح ایستگاه اتوبوس مقابل شکل (۶-۳۲-الف) پیشنهاد شده است، که در آن، عابرین پیاده می‌توانند در کنار سواره‌رو منتظر مانده و با دید کافی از عرض خیابان عبور نمایند. چنانچه ایستگاه اتوبوس مقابل یک سه‌راه واقع شده باشد، طرح ایستگاه مطابق شکل (۶-۳۲-ب) پیشنهاد می‌شود که در آن، اتوبوس‌ها باید بعد از محل گذرگاه عرضی عابر پیاده توقف نمایند. برای تقاطع‌های مجهز به چراغ راهنمایی نیز در شرایط تنگ و محدود یا شرایطی که ایستگاه در محل اتصال یا ارتباط چندین خط اتوبوسرانی مختلف باشد، طرح ایستگاه اتوبوس مطابق شکل (۶-۳۲-ج) پیشنهاد شده است. اگر امکان عقب‌رفتگی ایستگاه اتوبوس از سطح سواره‌رو وجود نداشته باشد، توصیه شده که ایستگاه در فاصله ورود ۳۰ متر بعد از تقاطع استقرار یابد تا سطح انتظار کافی برای وسایل نقلیه گردش به راست ورودی به آن خیابان و میدان دید مناسب برای وسایل نقلیه عبوری از تقاطع به دست آید.

معمولاً ایستگاه‌هایی که در خطوط عبوری احداث می‌شوند، در خطوط پارکینگ وسایل نقلیه قرار می‌گیرند. محل ایستگاه را می‌توان با جدول‌گذاری نیز مشخص نمود که در این حالت، احتمال بروز اشتباه در پارک وسایل نقلیه نیز از بین می‌رود.

نتایج مثبت یا منفی حاصل از توقف اتوبوس‌ها در سمت ورودی تقاطع بستگی به شرایط عمومی ترافیک دارد. در صورتی که حجم حرکات گردش به راست وسایل نقلیه زیاد و حرکت اتوبوس‌ها نیز به طور متوالی و پیوسته باشد، موجبات تاخیر در انجام گردش به راست وسایل نقلیه و کاهش ظرفیت را پدید آورده و احتمال بروز تصادف میان وسایل نقلیه راست‌گرد و اتوبوس‌ها نیز تشدید می‌گردد. از سوی دیگر، اگر حرکت اتوبوس‌ها به طور متوالی و پیوسته نبوده و پارک حاشیه‌ای وسایل نقلیه مجاز باشد، اعمال ممنوعیت

پارکینگ به لحاظ ایجاد ایستگاه اتوبوس موجب می‌شود که عملاً در اغلب اوقات یک خط ویژه گردش به راست ایجاد شده و ظرفیت معبر افزایش یابد. برای جزئیات بیشتر در خصوص جانمایی ایستگاه‌های اتوبوس در محدوده تقاطع‌ها به جلد ۱ آیین‌نامه تقاطع‌های هم‌سطح شهری مراجعه شود.



شکل شماره ۶-۳۲: نمونه‌های مختلف طراحی ایستگاه‌های اتوبوس[۱۳]

۶-۱-۱۱-۲.طراحی ایستگاه اتوبوس

طول مطلوب ایستگاه‌های اتوبوس، مطابق دستورالعمل آشتو به تفکیک محل استقرار آن در سمت ورودی یا خروجی تقاطع، در جدول (۶-۱۳) ارایه شده است. در این آیین‌نامه شیب

لچکی ورودی با نسبت ۱ به ۶ و لچکی خروجی با نسبت ۱ به ۴ پیشنهاد شده است. در این جدول، فرض شده است که عرض خط توقف اتوبوس ۳/۰ متر و طول اتوبوس ۱۲/۰ متر باشد و به فاصله ۳۰ سانتی‌متری از لبه جدول حاشیه‌ای توقف نماید.

جدول شماره ۶-۱۳: طول مطلوب ایستگاه‌های اتوبوس (برحسب متر)

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

۶-۱-۱۱-۳. تسهیلات توقف حاشیه‌ای

توقف حاشیه‌ای وسایل نقلیه در محدوده تقاطع، ممکن است مشکلاتی در عملکرد ترافیک وسایل نقلیه و به خصوص حرکت‌های گردش به راست به وجود آورد. در این‌گونه موارد، منطقی‌ترین راه‌حل، ممنوع نمودن توقف وسایل نقلیه در حریم تقاطع است که در این رابطه در دستورالعمل‌های کشورهای مختلف توصیه‌های کم و بیش مشابهی ارایه شده است.

بر اساس دستورالعمل آشتو، به دو طریق می‌توان از توقف حاشیه‌ای وسایل نقلیه در محدوده تقاطع‌ها جلوگیری نمود. روش اول، پیش‌آمدگی جدول حاشیه خیابان به صورت یک لچکی همراه با یک قوس مناسب تا لبه مسیر سواره‌رو است که این پیش‌آمدگی باید حداقل ۷ متر تا ابتدای تقاطع فاصله داشته باشد. بدین ترتیب، امکان توقف حاشیه‌ای وسایل نقلیه عملاً از بین خواهد رفت. روش دوم، اعمال ممنوعیت توقف در خط عبور سمت

راست به وسیله تابلوگذاری در فاصله مذکور و ایجاد یک خط انحصاری گردش به راست با طول کوچک برای وسایل نقلیه است.

مطابق آیین‌نامه راهنمایی و رانندگی ایران، توقف در فاصله ۱۵ متری تقاطع‌ها و میدان‌ها ممنوع است. چنانچه تعداد توقف‌های کوتاه مدت وسایل نقلیه در مسیرهای ورودی و خروجی تقاطع زیاد باشد باید در خارج سواره‌رو، ایستگاه ویژه سوار و پیاده نمودن مسافر به صورت عقب نشسته، پیش‌بینی شود. طول لازم برای این ایستگاه بر اساس حداکثر تعداد وسایل نقلیه‌ای که به طور همزمان توقف می‌کنند، به دست می‌آید و عرض آن برابر ۳/۰ متر است. برای لچکی ورودی یا خروجی ایستگاه شیب ۱:۱ توصیه می‌شود.

اگر به هر علت نتوان یک ایستگاه سواری عقب نشسته پیش‌بینی نمود، باید ایستگاه در داخل خیابان اصلی و در فاصله حداقل ۳۰ متری تقاطع استقرار یابد. این ایستگاه‌ها اغلب در خطوط پارکینگ حاشیه‌ای قرار می‌گیرند و پارکینگ طولانی مدت وسایل نقلیه در آن‌ها ممنوع است.

در صورتی‌که در یک مسیر منتهی به تقاطع، نیاز به احداث ایستگاه اتوبوس و سواری وجود داشته باشد می‌توان برای آن‌ها ایستگاه مشترک طراحی نمود. در این حالت، باید طرح ایستگاه به گونه‌ای صورت گیرد که به خوبی پاسخ‌گوی نیاز اتوبوس‌ها و سواری‌ها باشد.

۶-۱-۱۲. کنترل تقاطع‌ها

در تقاطع‌های هم‌سطح، سطح سواره‌رو توسط دو یا چند جریان ترافیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد و بین حرکات ترافیکی تداخل و یا اصطکاک وجود دارد. بنابراین لازم است برای

تأمین ایمنی و افزایش ظرفیت، حق تقدم و ترتیب حرکت وسایل نقلیه مسیرهای مختلف کاملاً روشن باشد و برای حصول این هدف از وسایل کنترل ترافیک کمک گرفته می‌شود.

ظرفیت شبکه معابر، مستقیماً به چگونگی عملکرد وسایل کنترل ترافیک در تقاطع‌ها وابسته است. در صورت کنترل نامناسب تقاطع‌های یک شبکه ممکن است علی‌رغم طرح هندسی مناسب و قابلیت گذردهی کافی معابر آن، ظرفیت به حدی افت کند که این شبکه نتواند پاسخ‌گوی حجم ترافیک موجود باشد. برای دستیابی به حداکثر بازدهی شبکه معابر، لازم است:

- مناسب‌ترین انواع وسایل کنترل ترافیک به کار گرفته شود،
- این وسایل به خوبی برنامه‌ریزی و تنظیم گردند.

برای جزئیات بیشتر در خصوص روش‌های کنترل تقاطع‌ها به جلد ۱ آیین‌نامه تقاطع‌های هم‌سطح شهری و یا کتاب راهنمای تسهیلات ترافیکی تقاطع‌ها مراجعه شود.

۶-۱-۱۳. ایمنی تقاطع‌ها

تقاطع‌های هم‌سطح، محل برخورد وسایل نقلیه موتوری، عابرین پیاده و دوچرخه سواران است. در طرح تقاطع‌ها تلاش می‌شود با ایجاد سازشی عملی و بهینه بین این عوامل، اهداف زیر حاصل شود:

- تأمین ایمنی برای استفاده‌کنندگان تقاطع
- افزایش ظرفیت تقاطع
- تأمین راحتی و جلوگیری از سردرگمی رانندگان.

بنابراین ایمنی ترافیک یک امر مهم در طراحی تقاطع است که از لحاظ انسانی و اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در صورت عدم توجه کافی، خسارت جانبی و

مالی بسیاری به بار خواهد آورد. ایمنی تقاطع در ارتباط تنگاتنگ با طرح هندسی، روسازی، روشنایی، سیستم کنترل تقاطع، خصوصیات وسایل نقیله، ویژگی‌های رفتاری رانندگان و عابرین پیاده و عوامل محیطی است و در هرگونه طرح و برنامه ایمن‌سازی تقاطع‌ها باید مجموعه عوامل فوق مورد بررسی و توجه قرار گیرند.

۶-۱-۱۳-۱. عوامل موثر در ایمنی تقاطع‌ها

معمولاً تصادف در اثر مجموعه‌ای از عوامل اتفاق می‌افتند. با این وجود ممکن است یک عامل خاص، نقش مؤثرتری داشته و به راحتی هم قابل شناسایی باشد. به طور کلی، عوامل مؤثر در ایمنی تقاطع را می‌توان تحت عناوین زیر طبقه‌بندی نمود:

- تقاطع
- وسیله نقلیه
- راننده
- عوامل محیطی
- سایر استفاده کنندگان از تقاطع.

مشخصات فیزیکی تقاطع‌ها شامل طرح هندسی، وسایل کنترل ترافیک، روسازی، روشنایی، زهکشی و... است. رعایت معیارها و ضوابط فنی در طرح، اجرا، نگهداری و بهره-برداری این عناصر می‌تواند به میزان قابل توجهی به ایمنی تقاطع بیفزاید.

ویژگی‌های وسایل نقلیه نیز در ایمنی تقاطع تاثیر بسزایی دارد. واقعیت این است که نمی‌توان هیچ وسیله نقلیه‌ای را دارای ایمنی کامل دانست. با این وجود، سازندگان وسایل نقلیه سعی در بهبود روزافزون ایمنی محصولات خود داشته‌اند، به طوری که اتومبیل‌های

امروزی از نظر سیستم ترمز، روشنایی و علائم، بدنه، لاستیک چرخ و ... به مراتب ایمن‌تر از مدل‌های قدیمی‌تر هستند.

کنترل و هدایت وسیله نقلیه بر عهده راننده است و رفتار او می‌تواند نقش اساسی در وقوع یا جلوگیری از تصادف داشته باشد. رانندگی در محدوده تقاطع‌ها دشواری‌های خاص در بر دارد، زیرا راننده در مواجهه مستقیم با حرکت‌های گردشی، ایست و حرکت مکرر، عابرین پیاده و وسایل نقلیه دو چرخ و سایر موقعیت‌های خطرناک قرار دارد، که باید در زمان کوتاهی نسبت به آن‌ها واکنش مناسب بروز دهد. علاوه بر این، رانندگان، تحت فشار روحی و جسمی ناشی از تراکم و تأخیر بیش از حد تقاطع نیز قرار دارند. به طور کلی، رفتار رانندگی اشخاص در شرایط عادی متأثر از آموزش و مهارت‌های رانندگی، قابلیت‌های جسمی و روانی، سن و جنس و... است. از میان عوامل فوق، آموزش رانندگی نقش به مراتب مؤثرتری در ایمنی تقاطع دارد و توجه بیشتر به آن، کارآیی زیادی در بهبود عملکرد تقاطع‌ها خواهد داشت.

در شرایط نامساعد آب و هوایی از قبیل بارش باران و برف، یخبندان، مه‌گرفتگی، تابش شدید آفتاب و گرمای بیش از حد و... احتمال وقوع تصادفات بیشتر است. در طراحی و مدیریت تقاطع باید این عوامل مورد توجه قرار گیرند.

در تقاطع‌های هم‌سطح، عابرین پیاده و دوچرخه سواران نیز از جمله استفاده‌کنندگان محسوب می‌شوند و برای آن‌ها باید تسهیلات مقتضی و از جمله گذرگاه‌های عرضی هم‌سطح و غیرهم‌سطح و وسایل کنترل ترافیک مناسب پیش‌بینی شود. عدم توجه کافی به نیازهای این گروه از استفاده‌کنندگان، منجر به اختلال در عملکرد تقاطع و کاهش ایمنی می‌شود. در جدول‌های (۶-۱۴) و (۶-۱۵)، برخی مسائل ایمنی عابرین پیاده در تقاطع‌های

بدون چراغ و چراغ‌دار و همچنین راه‌حل‌های پیشنهادی ارایه شده است. بدیهی است که این راه‌حل‌ها جنبه عام داشته و در شرایط خاص هر محل، نیاز به بررسی ویژه وجود دارد.

به منظور افزایش ایمنی، باید کلیه تقاطع‌های خیابان‌های شریانی و جمع و پخش کننده، از روشنایی کافی در شب برخوردار باشند. همچنین با توجه به این‌که بیشتر تصادفات مناطق مسکونی در محل تقاطع خیابان‌های محلی با خیابان‌های عبوری رخ می‌دهد، باید از طریق مجزا نمودن ترافیک عبوری از ترافیک دسترسی، ایمنی این مناطق را افزایش داد. روش‌هایی که می‌توان توسط آن‌ها این جداسازی را عملی نمود، عبارتند از:

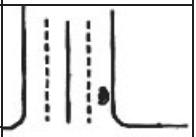
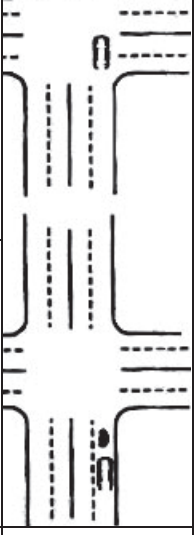
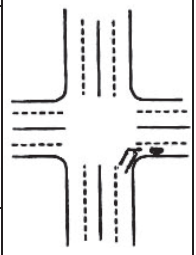
- بستن خیابان‌های مسکونی در محل تقاطع با خیابان‌های عبوری (تعدادی تقاطع جهت تردد باز خواهد بود)
- بستن برخی از خیابان‌های داخل منطقه مسکونی به روی ترافیک عبوری
- یک‌طرفه کردن خیابان‌ها
- استفاده توام از روش‌های فوق.

۶-۱-۱۳-۲.ایمنی میدان

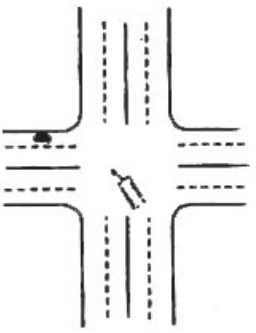
بررسی آمار تصادف در تقاطع‌های مختلف، حاکی از برقراری ایمنی نسبی در میدان‌ها است. مع‌الوصف علی‌رغم این سوابق، باید در طراحی میدان‌ها دقت زیادی به عمل آید تا جنبه‌های ایمنی رعایت شود.

جدول شماره ۴-۱۴: راه‌حل‌های پیشنهادی برای کاهش انواع برخوردهای وسایل نقلیه با عابرین پیاده در تقاطع‌های بدون چراغ[۱۳]

نوع برخورد	علت احتمالی	راه‌حل پیشنهادی
۱- حرکت مستقیم	۱- تاخیر بیش از حد عابر پیاده در یافتن فاصله عبور مناسب در	– نصب چراغ‌های راهنمایی با چراغ ویژه عابر پیاده (طبق ضوابط مربوط)

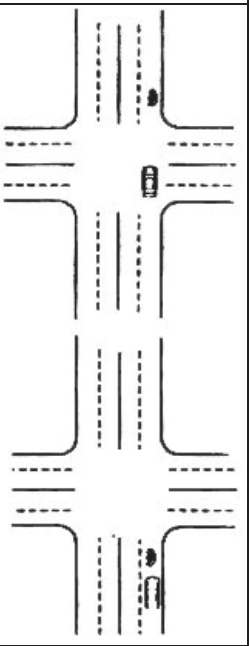
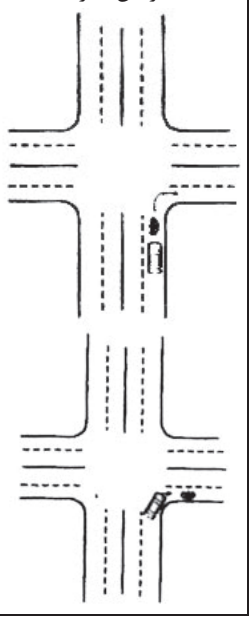
نوع برخورد	علت احتمالی	راه‌حل پیشنهادی
	ترافیک عبوری	– نصب تابلوهای ایست – فراهم نمودن روگذر یا زیرگذر عابر پیاده – احداث جزایر ایمنی عابر پیاده (خیابان‌های دو طرفه عریض)
	۲- عبور دانش آموزان از عرض خیابان در اطراف مدارس	– استفاده از گذربان بزرگسال – احداث روگذر یا زیر گذر عابر پیاده – نصب چشمک‌زن‌های انتظامی مدرسه (مثلاً چشمک‌زن سرعت مجاز ۴۰ کیلومتر بر ساعت) – استفاده از تابلو و خط‌کشی در اطراف مدرسه – ممنوع نمودن پارکینگ نزدیک تقاطع (مثلاً حدود ۳۰ متر)
	۳- سرعت بالای وسایل نقلیه	– محدود نمودن سرعت مجاز – احداث روگذر یا زیرگذر عابر پیاده – نصب چراغ‌های راهنمایی با چراغ عابر پیاده (طبق ضوابط مربوطه)
۲- گردش به راست	۱- حجم زیاد عابر و گردش به راست وسایل نقلیه	– نصب چراغ‌های راهنما با چراغ ویژه عابر پیاده (طبق ضوابط) – نصب تابلوهای ایست – جابجا نمودن گذرگاه عرضی به دور از تقاطع – افزودن تابلوهای خطر برای وسایل نقلیه (مانند در هنگام گردش به راست متوجه عابرین پیاده باشید) – افزودن تابلوهای انتظامی برای وسیله نقلیه (مانند رعایت حق تقدم عابر به هنگام گردش)
	۲- تعداد قابل توجه دانش آموزان (در عبور از عرض خیابان) و حرکات زیاد گردش به راست وسایل نقلیه	– استفاده از گذربان بزرگسال در طی مدت عبور دانش آموزان – حضور پلیس در تقاطع – آموزش دانش آموزان در مورد رفتار ایمن برای عبور از عرض مسیر – احداث روگذر یا زیرگذر عابر پیاده
	۳- مسافت دید و (یا) طرح هندسی نامناسب تقاطع	– رفع موانع دید و (یا) موانع کنار خیابان (مانند صندوق پست) – جابجا نمودن گذرکاه عرضی به دور از تقاطع – نصب تابلوهای خطر عابر پیاده و (یا) تابلوهای انتظامی وسایل نقلیه

جدول شماره ۴-۱۴: راه‌حل‌های پیشنهادی برای کاهش انواع برخوردهای وسایل نقلیه با عابرین پیاده در تقاطع‌های بدون چراغ (ادامه)

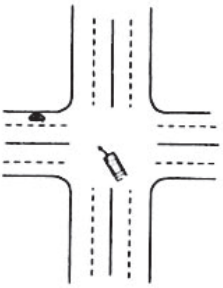
نوع برخورد	علت احتمالی	راه‌حل پیشنهادی
۳- گردش به چپ 	۱- حجم زیاد عابر و گردش به چپ وسایل نقلیه	– ممنوع نمودن گردش به چپ – نصب چراغ‌های راهنمایی با چراغ ویژه عابر پیاده (طبق ضوابط) – یک‌طرفه نمودن خیابان – نصب تابلوهای خطر برای وسایل نقلیه (مانند به هنگام گردش به چپ متوجه عابرین باشید)
	۲- تعداد قابل توجه دانش آموزان (در عبور از عرض خیابان) وحرکات زیاد گردش به چپ وسایل نقلیه	– استفاده از گذربان بزرگسال در طی مدت عبور دانش آموزان – حضور پلیس در تقاطع – آموزش دانش آموزان در مورد رفتار ایمن برای عبور از عرض خیابان – احداث روگذر یا زیرگذر عابر پیاده – احداث جزایر ایمنی عابر پیاده برای خیابان‌های عریض دوطرفه
	۳- مسافت دید و (یا) طرح هندسی نامناسب تقاطع	– رفع موانع دید و (یا) موانع کنار خیابان (مانند صندوق پست) – ممنوع نمودن گردش به چپ – نصب تابلوهای خطر عابر پیاده و (یا) تابلوهای انتظامی وسایل نقلیه

جدول شماره ۶-۱۵: راه‌حل‌های پیشنهادی برای کاهش انواع برخوردهای وسایل نقلیه با عابرین پیاده در تقاطع‌های چراغ‌دار

نوع برخورد	علت احتمالی	راه حل پیشنهادی
۱- حرکت مستقیم	۱- عابر نمی‌تواند چراغ راهنمایی وسایل نقلیه را ببیند.	– نصب چراغ ویژه عابر پیاده
	۲- عبور دانش آموزان در اطراف مدارس	– استفاده از گذربان بزرگسال – احدلث روگذر یا زیرگذر عابر پیاده – استفاده از چراغ ویژه عابر پیاده – نصب چشمک‌زن‌های انتظامی مدرسه – فراهم نمودن خط‌کشی و تابلو "منطقه مدرسه"

نوع برخورد	علت احتمالی	راه حل پیشنهادی
	۳- تاخیر بیش از حد عابر پیاده در یافتن فاصله عبور مناسب در ترافیک عبوری	– زمان‌بندی مجدد چراغ راهنمایی (مثلاً طول چرخه کوتاهتر) – استفاده از تکمه فشاری عابر پیاده – احداث روگذر یا زیرگذر عابر پیاده – احداث جزایر ایمنی عابر پیاده (خیابان‌های عریض دوطرفه)
	۴- سایر علل	– حضور پلیس در تقاطع – نصب تابلوهای خطر عابر پیاده – فراهم نمودن جزایر ایمنی عابر پیاده (خیابان‌های دوطرفه عریض) – ممنوع نمودن پارک وسایل نقلیه در نزدیک تقاطع (مثلاً حدود ۳۰ متر)
۲- گردش به راست 	۱- حجم زیاد عابر و گردش به راست وسایل نقلیه	– افزودن فاز مخصوص عابر پیاده – افزودن تابلوهای خطر برای عابرین پیاده – افزودن تابلوهای انتظامی برای وسایل نقلیه – نصب تابلو گردش در قرمز ممنوع (مطابق ضوابط) – یک‌طرفه نمودن خیابان
	۲- تعداد قابل توجه دانش آموزان (در گذر از عرض خیابان) و حرکات زیاد گردش به راست وسایل نقلیه	– استفاده از گذربان بزرگسال در طی مدت عبور دانش آموزان – حضور پلیس در تقاطع – آموزش دانش آموزان در مورد رفتار ایمن در عبور از عرض خیابان – احداث روگذر یا زیرگذر عابر پیاده
	۳- مسافت دید و (یا) طرح هندسی نامناسب تقاطع	– رفع موانع دید و(یا) موانع کنار خیابان (مانند صندوق پست) – جابجا نمودن گذرگاه عرضی به دور از تقاطع – فراهم نمودن فاز مخصوص عابر پیاده – نصب تابلو گردش در قرمز ممنوع (طبق ضوابط) – نصب تابلوهای خطر عابر پیاده و (یا) تبلوهای انتظامی وسایل نقلیه

جدول شماره ۶-۱۵: راه‌حل‌های پیشنهادی برای کاهش انواع برخوردهای وسایل نقلیه با عابرین پیاده در تقاطع‌های چراغ‌دار (ادامه)

نوع برخورد	علت احتمالی	راه حل پیشنهادی
۳- گردش به چپ 	۱- حجم زیاد عابر پیاده و گردش به چپ وسایل نقلیه	– ممنوع نمودن گردش به چپ – فراهم نمودن فاز جداگانه گردش به چپ و چراغ ویژه عابر پیاده – افزودن فاز مخصوص عابر پیاده – یک‌طرفه نمودن خیابان – نصب تابلوهای خطر برای عابرین
	۲- حجم قابل توجه دانش آموزان و حرکات زیاد گردش به چپ وسایل نقلیه	– استفاده از گذربان بزرگسال در طی مدت عبور دانش آموزان – حضور پلیس در تقاطع – آموزش دانش آموزان در مورد رفتار ایمن برای عبور از عرض خیابان – احداث روگذر یا زیرگذر عابر پیاده – احداث جزایر ایمنی عابر پیاده برای خیابان‌های عریض دوطرفه
	۳- مسافت دید و (یا) طرح هندسی نامناسب تقاطع	– رفع موانع دید و(یا) موانع کنار خیابان – فراهم نمودن فاز ویژه عابر پیاده – نصب تابلوهای خطر عابر پیاده و (یا) تابلوهای انتظامی وسایل نقلیه

عوامل موثر در ایمنی میدان

مهم‌ترین عامل موثر در کاهش ایمنی میدان‌ها، سرعت بیش از حد در ورودی‌ها و خروجی-ها است. زیاد بودن سرعت ورود و گردش وسایل نقلیه در میدان‌ها ممکن است ناشی از عوامل زیر باشد:

- کمبود انحراف ورودی.
- کوچک بودن زاویه ورود که رانندگان را تشویق به هم‌گرایی سریع با ترافیک گردشی میدان می‌کند.
- عدم وجود مسافت دید کافی برای خط رعایت حق تقدم.
- طراحی و مکان‌یابی نامناسب تابلوهای راهنما و هشدار دهنده.

- مکان‌یابی نامناسب تابلوهای کاهش سرعت.

بالا بودن سرعت گردش وسایل نقلیه می‌تواند مشکلاتی در ورودی میدان ایجاد کند که این حالت معمولاً در میدان‌های بزرگ با مسیر گردشی بسیار عریض و طویل رخ می‌دهد. مع‌الوصف، ممکن است این وضعیت در میدان‌های کوچک‌تر با زاویه انحراف ورودی نامناسب نیز به وجود آید.

در رابطه با شیب ورودی میدان، نتایج چند مطالعه نشان داده است که این شیب تاثیر زیادی در کاهش تصادفات ندارد.

۱. اقدامات ایمن‌سازی میدان: به طور کلی اقدامات مفید در کاهش تصادفات میدان‌ها عبارتند از:

- نصب تابلوهای هشدار دهنده و راهنمای مقتضی
- خط‌کشی و سایر علائم افقی
- جلوگیری از بربلندی بیش از حد در ناحیه ورودی
- تأمین مقاومت لغزشی لازم در ورودی‌ها و مسیر گردشی میدان
- کاهش دهانه ورودی اضافی با استفاده از خط‌کشی و یا موانع
- نصب تابلوی کاهش سرعت

۲. ایمنی دوچرخه سواران در میدان: گرچه میدان‌ها برای اکثر وسایل نقلیه موتوری ایمنی خوبی فراهم می‌کنند، ولی در مورد وسایل نقلیه غیرموتوری چنین نیست. آمار تصادفات دوچرخه سواران در میدان‌ها نسبت به سایر انواع وسایل نقلیه بالاتر است. در این رابطه باید نکات زیر در مورد میدان‌ها مدنظر قرار گیرد:

- آمار تصادف در میدان‌های معمولی با جزایر مرکزی کوچک و ورودی‌های مایل، حدود دو برابر آمار میدان‌های معمولی با جزایر مرکزی بزرگ و ورودی قائم است.
- بیشتر تصادفات دوچرخه سواران در میدان‌ها از نوع "ورودی- گردشی" است. به عنوان مثال، یک وسیله نقلیه موتوری در هنگام ورود به میدان، با یک دوچرخه سوار در حال عبور از عرض ورودی برخورد کرده است.
- آمار تصادف دوچرخه در تقاطع‌های میدانی خیابان‌های مجزا بیشتر از تقاطع‌های چراغ‌دار است و در مورد سایر وسایل نقلیه عکس آن صادق است.

۳. ایمنی وسایل نقلیه سنگین در میدان: مسئله واژگونی یا سقوط بار وسایل نقلیه سنگین در میدان‌ها، علاوه بر خطرات جانی، ایجاد تراکم و تاخیر زیادی می‌کند. تجربه نشان می‌دهد که این مسئله اغلب در شرایط زیر بروز می‌کند:

- ورودی با انحراف نامناسب که منجر به افزایش سرعت ورود می‌شود
- قطعه‌های مستقیم طولانی منتهی به پیچ تند در مسیر گردش میدان
- قوس تند در خروجی میدان
- تغییرات قابل توجه شیب عرضی در مسیر گردشی میدان
- شیب عرضی معکوس بیش از حد در خط داخلی میدان

۶-۱-۱۳-۳. روشنایی تقاطع‌ها

تقاطع‌های هم‌سطح باید روشنایی در حد مطلوب داشته باشند تا استفاده‌کنندگان از تقاطع بتوانند در هنگام شب با دقت و سهولت، سطح تقاطع و حاشیه آن را رویت کنند. بخش عمده‌ای از تصادفات، در محل تقاطع‌ها و در ساعات تاریک رخ می‌دهد و یکی از مهم‌ترین

عوامل آن‌ها کمبود روشنایی است. تجربه نشان می‌دهد که با استفاده از وسایل روشنایی می‌توان از میزان تصادفات شبانه تقاطع‌ها که شامل تصادفات بامدادی و شامگاهی نیز می‌شود، کاست.

روشنایی در شب، باعث بهبود تشخیص عناصر هندسی خیابان از قبیل قوس‌ها و جداول شده و همچنین سبب می‌شود که راننده بتواند به خوبی سایر وسایل نقلیه و عابرین پیاده را مشاهده کند. یک عامل مهم در دید شبانه، زمان لازم برای دیدن و تشخیص اشیاء از سوی راننده و در صورت نیاز توقف وسیله نقلیه است. با کاهش میزان روشنایی، این زمان افزایش می‌یابد.

بهبود قابلیت دید در تقاطع از طریق تأمین روشنایی مصنوعی، به راحتی و آرامش رانندگان می‌افزاید و از حرکت‌های خطرناک جلوگیری می‌کند. از سوی دیگر، تأمین روشنایی کافی در تقاطع‌ها عموماً باعث سهولت تردد و افزایش سرعت و همچنین کاهش سرفاصله وسایل نقلیه می‌شود که در نتیجه آن ظرفیت تقاطع بهبود می‌یابد.

برای جزئیات بیشتر در خصوص روشنایی تقاطع‌های شهری به جلد ۱ آیین‌نامه تقاطع‌های هم‌سطح شهری و آیین‌نامه روشنایی راه‌های شهری مراجعه شود.

۶-۱-۱۳-۴. روسازی تقاطع‌ها

روسازی : روسازی، نقش مهمی در ایمنی و کارآیی تقاطع‌ها ایفا می‌کند و طراحی آن باید بر اساس شرایط ترافیکی و بارگذاری تقاطع صورت گیرد. یکی از مهم‌ترین عوامل تصادف در تقاطع‌ها، لغزش وسایل نقلیه در هنگام ترمز سریع است. برای کاهش این نوع تصادفات باید تمهیدات خاصی در روسازی تقاطع و ورودی‌های آن در نظر گرفته شود.

ضریب اصطکاک روسازی: ضریب اصطکاک روسازی خشک (نسبت نیروی اصطکاک به بار چرخ) حدود ۰/۸ یا بیشتر است. در حالی‌که در شرایط خیس ممکن است ضریب اصطکاک روسازی‌ها به حدود ۰/۱ تا ۰/۶ برسد. اگر سطح روسازی در اثر ترافیک فرسوده شده باشد، وجود یک قشر آب در سطح تماس لاستیک و خیابان می‌تواند آن را به شدت لغزنده کند. این شرایط منجر به کاهش قدرت کنترل وسیله نقلیه در حرکات مختلف خواهد شد. به علاوه در اثر وجود یک لایه آب راکد در روی روسازی، ممکن است چرخ‌های وسیله نقلیه از سطح خیابان جدا گشته و کنترل وسیله نقلیه از دست برود، که این پدیده را آب پیمایی می‌گویند. پدیده آب پیمایی را می‌توان به طرق زیر کاهش داد:

- تأمین شیب عرضی ۲/۵ درصد که باعث تسهیل زهکشی، کاهش آب پیمایی و بهبود کشش در شرایط بارانی می‌شود و در عین حال از نظر گردش فرمان و تغییر خط نیز مسئله‌ای ایجاد نمی‌کند.
- افزایش عمق خلل و فرج سطحی رویه به بیش از ۱/۵ میلی‌متر، که باعث افزایش مقاومت لغزشی و گردشی و کاهش پدیده آب پیمایی، آب پاشی و آب فشانی و بهبود پخش نور انعکاسی چراغ جلوی اتومبیل‌ها می‌شود.
- ایجاد شیارهای عرضی در سطح روسازی، مسافت ترمز را بیشتر از شیارهای طولی کاهش می‌دهد. جریان ترافیک می‌تواند عمق بافت سطحی روسازی را در ۶ ماهه اول تا ۲۵ درصد کاهش دهد. با این وجود، شدت فرسایش بستگی به نوع روسازی و ویژگی‌های بافت آن دارد. روسازی‌های نرم و یا با دانه‌بندی فشرده به سرعت فرسوده نمی‌شوند.
- با استفاده از طرح هندسی و عملیات اجرایی و بهسازی مناسب، می‌توان ضخامت لایه آب سطحی روسازی را که منجر به آب پیمایی شده و از مقاومت لغزشی می‌کاهد، به حداقل رسانید.

- تسهیلات زهکشی مناسب برای جمع‌آوری و تخلیه سریع آب از محدوده تقاطع باید تأمین شود تا احتمال آب پیمایی کاهش یافته و کشش بهبود یابد.
- سرعت وسایل نقلیه در شرایط روسازی خیس تقاطع باید محدود به ۵۰ کیلومتر در ساعت باشد تا احتمال وقوع پدیده آب پیمایی به حداقل برسد و مقاومت لغزشی بهتری تأمین شود.

مقاومت لغزشی روسازی تقاطع : روسازی تقاطع باید دارای مقاومت لغزشی کافی برای حرکات مختلف وسایل نقلیه، شامل ترمزگیری، شتاب‌گیری و گردش باشد. مقاومت لغزشی روسازی در شرایط رویه خیس و در یک سرعت مشخص (معمولاً ۶۵ کیلومتر در ساعت) اندازه‌گیری می‌شود. بر این اساس، عدد لغزشی روسازی به عنوان نسبت مقاومت لغزشی در روسازی خیس به بار چرخ، ضرب‌در ۱۰۰ در سرعت ۶۵ کیلومتر در ساعت، تعریف می‌گردد.

میزان مقاومت لغزشی مورد نیاز در تقاطع، برای حرکات مختلف ترمزگیری، شتاب‌گیری، گردش و گردش توام با ترمزگیری در نظر گرفته می‌شود. معمولاً مقادیر عدد لغزش بزرگ‌تر از ۴۰ در شرایط روسازی خیس و بزرگ‌تر از ۶۰ در شرایط روسازی خشک، برای نیازهای کلیه حرکات کفایت می‌کند.

طرح روسازی تقاطع : اصول کلی طراحی روسازی تقاطع مشابه روسازی خیابان‌ها است، ولی یک‌سری تفاوت‌ها از نظر ویژگی‌های ترافیکی و بارگذاری میان آن‌ها وجود دارد که باید در طراحی ملحوظ گردد.

چون تقاطع محل عبور مشترک دو یا چند خیابان است، تعداد محورهای عبوری از سطح تقاطع در طول عمر مفید روسازی بیشتر از هر یک از خیابان‌های متقاطع می‌باشد. بنابراین در طرح روسازی ویژه تقاطع، باید مجموع ترافیک عبوری در کلیه جهات مبنای طراحی قرار گیرد. در این صورت ممکن است نیاز به طراحی و اجرای روسازی مقاوم‌تری در محل تقاطع وجود داشته باشد.

از سوی دیگر، به واسطه حرکات مختلف‌الجهت ترافیک در محل تقاطع‌ها و به ویژه کاهش و افزایش سریع سرعت وسایل نقلیه در آن‌ها، یک‌سری نیروهای افقی در روسازی ایجاد می‌شود که معمولاً منجر به موجدار شدن و یا فتیله‌ای شدن روسازی به خصوص در محل سراشیبی می‌گردد. طرح لایه‌بندی روسازی و نحوه اتصال آن‌ها به یکدیگر و همچنین طرح اختلاط آسفالت، باید به گونه‌ای صورت گیرد که تاثیر این نیروهای برشی به حداقل برسد.

بهسازی روسازی تقاطع: بهسازی روسازی موجود تقاطع‌ها، ممکن است به صورت اصلاح رویه و یا تقویت روسازی با روکش جدید انجام شود. روش‌های اصلاح رویه موجود که به منظور رفع ناهمواری‌ها و بهبود ضریب اصطکاک صورت می‌گیرد، عبارتند از:

- ایجاد شیارهای عرضی یا طولی در سطح رویه
- گرم تراشی روزدگی قیر در آسفالت تقاطع‌ها
- چکش‌کاری روسازی با دستگاه‌های ضربه‌زن
- کف‌سابی با استفاده از دیسک‌های فولادی
- سند بلاست روسازی
- لکه‌گیری و مرمت چاله‌ها و درزهای روسازی

تقویت روسازی آسفالتی موجود را می‌توان با اجرای یک لایه روکش انجام داد که ممکن است به صورت آسفالت گرم، آسفالت سرد و یا سایر انواع روکش‌ها باشد. طراحی اختلاط و ضخامت آسفالت روکش بر اساس جزئیات روسازی موجود و عمر مفید باقی‌مانده آن و همچنین نیازهای تقاطع از نظر ضریب اصطکاک روسازی صورت می‌گیرد.

۶-۱-۱۳-۵.تسهیلات زهکشی

وظیفه اصلی سیستم زهکشی تقاطع، هدایت آب‌های سطحی تقاطع به نقاط تخلیه یا خروجی آب می‌باشد. بخشی از مسیر جریان آب، واقع در روی روسازی و بخش دیگر، تسهیلات زهکشی تقاطع‌ها شامل آبروها، کانال‌ها و دریچه‌های آبرو است. این تسهیلات باید متناسب با شیب‌بندی تقاطع، مکان‌یابی شده و بر اساس اصول فنی، طراحی و نصب گردد. زیرا وجود آب در سطح تقاطع علاوه بر ایجاد مزاحمت در جریان ترافیک، می‌تواند خطرات جدی از نظر ایمنی در بر داشته باشد. از سوی دیگر، نامناسب بودن مکان‌یابی و طراحی سازه‌های زهکشی تقاطع، ممکن است خطراتی از نظر برخورد و یا سقوط وسایل نقلیه ایجاد کند. به عنوان مثال، کانال‌های روباز تخلیه آب‌های سطحی علاوه بر ایجاد مخاطره برای وسایل نقلیه، برای عابرین پیاده نیز خطراتی در بر دارد. بنابراین باید حتی المقدور در محدوده تقاطع‌ها این کانال‌ها سرپوشیده گردند. دریچه‌های فلزی آبرو و یا دریاچه‌های بازدید کانال‌های سرپوشیده باید هم‌تراز روسازی بوده و سوراخ‌های آن‌ها برای تخلیه آب کافی باشد.

معمولاً شبکه هدایت و تخلیه آب‌های سطحی از شبکه معابر وسایل نقلیه تبعیت می‌کند. با این وجود، می‌توان طراحی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی را به گونه‌ای طراحی نمود که حتی‌الامکان گره‌های اصلی آن منطبق بر تقاطع‌های اصلی خیابان‌های شهری نباشند. در این صورت بسیاری از مسائل زهکشی تقاطع‌های اصلی رفع خواهد شد.

۶-۲. تبادل‌ها

تبادل به منظور کاهش یا حذف برخوردهای ترافیکی، ارتقای ایمنی، کاهش تاخیر و افزایش ظرفیت ترافیکی، ایجاد می‌شود[۹]. با ایجاد تبادل، احتمال برخورد میان جریان‌های

متقاطع در محل تقاطع منتفی می‌گردد. احتمال برخورد حرکت‌های گردشی نیز بسته به نوع طراحی تبادل، یا به حداقل می‌رسد و یا به طور کلی از بین می‌رود.

۶-۲-۱. توجیه اقتصادی- اجتماعی

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، درجه 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 و زمان ساخت تبادل عبارت است از:

۱) افزایش تحرک و کاهش تاخیر: تبادل، موجب افزایش قابلیت تحرک و کاهش تأخیر می‌شود. تفکیک ترافیک به روش اختلاف سطح، جریان مداوم و روان ترافیک در مسیرهای اصلی را به وجود می‌آورد و تأخیرهای ناشی از ضرورت توقف در محل تقاطع را منتفی می‌نماید.

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 غیرهم‌سطح (تبادل) طراحی شود.

۲) اصلاح گلوگاه‌ها : کمبود ظرفیت تقاطع در جاده‌های پرترافیک، باعث تراکم بیش از حد در یک یا چند شاخه تراکم می‌شود، عدم توانایی در تأمین ظرفیت لازم با توسعه و با اصلاح تقاطع هم‌سطح، دلیلی برای تبدیل تقاطع به یک تبادل است.

۳) حذف یا کاهش حوادث خطرناک: چنان‌چه تعداد حوادث خطرناک در تقاطع، به گونه غیرمتعارفی بالا باشد و در صورت فقدان روش‌های کم‌هزینه‌تر برای رفع خطر، گزینه تبادل به جای تقاطع، به عنوان یک راه‌حل، قابل بررسی است.

تقاطع‌های حادثه‌ساز غالباً در محل اتصال راه‌های پرتردد در نزدیک شهرها و یا تقاطع در راه پرتردد قرار دارند. 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.

۴) وضعیت منطقه تقاطع : پستی و بلندی اراضی، وجود رودخانه یا راه‌آهن در نزدیکی تقاطع، در انتخاب نوع تبادل موثر است.

۵) هزینه استفاده‌کنندگان : هزینه‌های ناشی از تأخیر در تقاطع‌های پرتراکم برای استفاده‌کنندگان آن معمولاً بسیار بالاست. چنین هزینه‌هایی شامل هزینه‌های سوخت، روغن، تعمیرها و ارزش وقت (کسانی که بابت تاخیر، حقوق دریافت می‌کنند مانند رانندگان و کمک رانندگان وسایل نقلیه تجاری) است.

در تبادل‌ها اگر چه معمولاً مسافت بیشتری نسبت به تقاطع‌های نظیر طی می‌شود، اما هزینه طی این مسافت اضافی بسیار کمتر از هزینه‌ای است که در تاخیر ناشی از توقف صرف می‌گردد، نسبت منافع بیست ساله احداث تبادل (کاهش هزینه استفاده کنندگان و تبدیل به سال واحد) بر هزینه سرمایه‌گذاری توسعه آن (بر حسب ارزش تبدیل شده به

سال واحد) شاخص خوبی برای تعیین اقتصادی بودن تبادل است. مقایسه این نسبت برای گزینه‌های طراحی، عامل مهمی در تعیین نوع و میزان اصلاحات آن است.

۶) **حجم ترافیک:** افزایش حجم ترافیک و بالا رفتن زمان متوسط تاخیر در تقاطع‌های هم‌سطح، محسوس‌ترین دلیل برای احداث تبادل‌هاست.

۷) **تقاطع با راه‌آهن:** تلاقی آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی با راه‌آهن باید با استفاده از روگذر یا زیرگذر باشد. در مورد تقاطع راه‌های فرعی با راه‌آهن، باید امکان دید و کنترل ترافیک راه فرعی هنگام عبور قطار تأمین شود.

۶-۲-۳. فاصله بین تبادل‌ها

در شهرها، تبادل‌ها عموماً در محل تقاطع راه‌های شریانی درجه ۲ با راه‌های شریانی درجه ۱ احداث می‌شوند[۶]. به این ترتیب، فاصله آن‌ها تابع فاصله راه‌های شریانی درجه ۲ از یکدیگر است. اگر فاصله راه‌های شریانی درجه ۲ از یکدیگر بیش از ۳ کیلومتر باشد، وسعت هسته‌های شهری که توسط آن‌ها محدود می‌شود، از حدود معمول بیشتر شده و هسته شهری با مسائل جابجایی پیاده (به علت فاصله زیاد پیاده‌روی در داخل هسته) و یا سواره (به علت حجم زیاد ترافیک خیابان‌های محلی) مواجه می‌گردد. بنابراین، حداکثر فاصله تبادل‌ها از یکدیگر در مناطق شهری بیش از حدود ۳ کیلومتر انتخاب نمی‌شود. از طرف دیگر، اگر این فاصله از حدود ۲ کیلومتر کمتر باشد، جریان ترافیک در راه شریانی درجه ۱ روانی و پیوستگی خود را از دست می‌دهد. به علاوه، در مواقعی نمی‌توان فاصله‌های لازم را برای نصب مناسب تابلوهای هدایتی و طول کافی را برای خط‌های تغییر سرعت و تداخل فراهم کرد.

بنابراین، به عنوان یک قاعده کلی، فاصله تبادل‌ها از یکدیگر در داخل شهرها بین ۲ تا ۳ کیلومتر است.

اگر راه‌های شریانی درجه ۲ به یکدیگر نزدیک‌اند و نمی‌توان در محل برخورد همه آن‌ها با راه شریانی درجه ۱، یک تبادل کامل در نظر گرفت، می‌توان به شیوه‌های زیر عمل نمود:

- حذف ارتباط مستقیم بین بعضی از راه‌های شریانی درجه ۲ و راه شریانی درجه ۱
- منظور نمودن جاده کناری در (کندرو)
- در نظر گرفتن تبادل لوزی دوتکه
- گذراندن رابط‌های تبادل لوزی از روی هم، به صورت زیرگذر یا روگذر.

۶-۲-۴. انواع تبادل

تبادل، انواع متعددی دارد که انتخاب هر یک از آن‌ها و نحوه طراحی‌شان تابع عامل‌های زیر است[۶]:

۱. سرعت طرح
۲. حجم ترافیک کلیه حرکات به تفکیک
۳. ترکیب ترافیک
۴. تعداد شاخه‌های تبادل و حرکت‌های گردشی ضروری
۵. نحوه قرارگیری مسیرها نسبت به هم (زاویه، پیچ و ارتفاع)
۶. طبقه‌بندی منطقه
۷. درجه‌بندی و چگونگی کنترل مسیر
۸. هزینه تملک زمین، ساخت و بهره‌برداری
۹. مجاورت با تبادل‌های دیگر

۱۰. مسائل زیست محیطی

اگرچه هر تبادل به‌صورت 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.

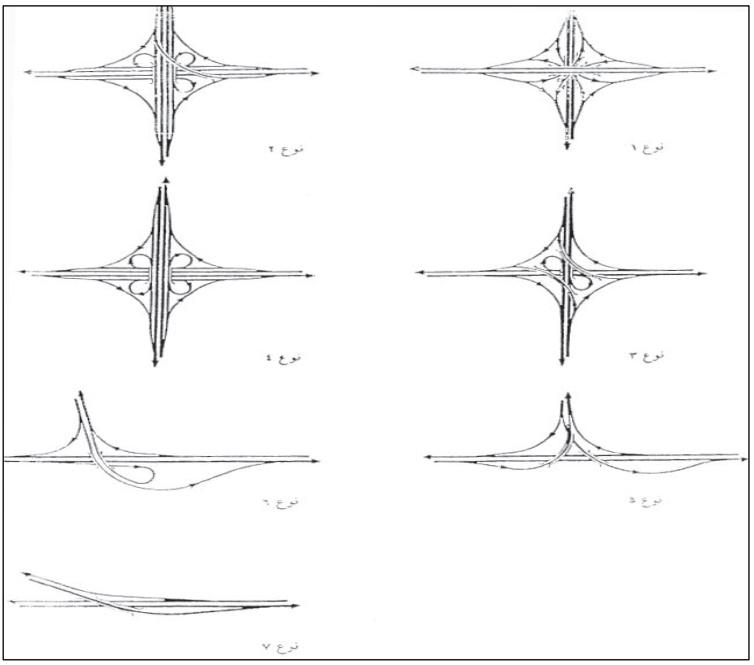
به عنوان مثال: اگر کلیه رابط‌های گردش به چپ تبادل، از نوع گردراهه باشد، رانندگان تا رسیدن به محل پل، خود را برای خروج از مسیر آماده نمی‌کنند. ولی چنانچه تبادل به صورت لوزوی طراحی شده باشد (کلیه گردش‌ها قبل از پل از مسیر خارج می‌شود)، این اختلاف نوع تبادل می‌تواند سبب اشتباه راننده و افزایش احتمال تصادف گردد.

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 می‌شود، علامت‌گذاری‌های لازم به منظور آگاه کردن رانندگان در فاصله مناسبی قبل از تبادل، ضرورت دارد.

تبادل بین راه‌های شریانی درجه ۱

به منظور تأمین تبادل ترافیکی کامل بین دو راه که یکدیگر را به طور غیرهم‌سطح قطع می‌کنند، باید برای هشت گردش (چهار گردش به راست و چهار گردش به چپ)، هشت رابطه در نظر گرفته شود. گردش به راست‌ها، توسط چهار رابط راست‌گرد انجام می‌شود. برای گردش به چپ‌ها، بر حسب اهمیت آن‌ها می‌توان رابط میان‌بر، نیمه میان‌بر و یا چنبری در نظر گرفت.

۱) تبادل تمام میان‌بر (جهتی): در شکل (۶-۳۳) نوع ۱ یک نمونه تبادل تمام میان‌بر نشـان داده شده است. در این نوع تبادل برای هر یک از گردش به چپ‌ها یـک رابـط میـان‌بـر در نظـر گرفتـه می‌شود. به این ترتیب، به سازه‌های متعدد نیاز است.



شکل شماره ۶-۳۳: انواع تبادل با ترکیب‌های مختلفی از رابط‌های چنبری و میان‌بر[۶]

در تبادل تمام میان‌بر، همه گردش به چپ‌ها سریع و روان انجام می‌شود و احداث آن به زمین کمتری نیاز دارد. عیب اصلی این نوع تبادل هزینـه زیـاد و پیچیـدگی سـازه‌هـای آن است. طرح چنین تبادلی به مطالعه امکان‌سنجی همه جانبه‌ای نیاز دارد که احداث آن را بـا توجه به امکانات اجرایی و مالی واقعی توجیه کند.

۲) تبادل شبدری کامل : در شکل (۶-۳۳) نوع ۴، یک نمونه تبـادل شـبدری کامـل نشـان داده شده است. در این نوع تبادل، هر چهار گردش به چپ توسط چهار رابط چنبری انجـام

می‌شود. به این ترتیب، از همان سازه‌ای که دو راه متقاطع را غیرهم‌سطح می‌کند، برای تأمین همه گردش به چپ‌ها نیز استفاده می‌شود و برای آن‌ها یک سازه کافی است، این موضوع تنها مزیت این نوع تبادل می‌باشد.

معایب اساسی تبادل‌های شبدری به شرح زیر است:

- اشغال فضای زیاد
- ایجاد یک قسمت تداخلی با طول کمتر از استاندارد بین چنبرهای ورودی و خروجی
- مشکل بودن نصب مناسب تابلوهای هدایتی در محدوده این تبادل.

وجود قسمت‌های تداخلی با طول‌های کوتاه‌تر از استاندارد در آزادراه‌ها پذیرفته نیست. در این راه‌ها، باید جاده تقسیم در نظر بگیرند تا تداخل‌ها خارج از سواره‌روهای اصلی انجام گیرد. به علاوه، جاده تقسیم، تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها را کاهش می‌دهد و علامت‌گذاری مقصدها را ساده‌تر می‌کند.

چون تبادل شبدری سطح وسیعی را اشغال می‌کند احداث آن در داخل آبادانی‌های موجود، معمولاً مشکل است و هزینه تأمین حریم مورد نیاز زیاد است. اما در اطراف شهرهای جدید و یا موجود و در سایر نقاطی که حریم لازم را می‌توان با هزینه‌های قابل قبول فراهم کرد، تبادل شبدری ممکن است تنها گزینه عملی باشد.

محدودیت‌های رابط‌های چنبری

سرعت طرح کم: رابط چنبری را عملاً نمی‌توان برای سرعت‌های زیاد طرح کرد چون برای سرعت زیاد شعاع قوس‌های چنبر را می‌بایست زیاد گرفت. این کار دو عیب دارد: اولاً، زمین بیشتری لازم می‌شود و ثانیاً، مقدار انحراف مسیر افزایش می‌یابد. در عمل، رابط‌های چنبری را برای سرعت‌های ۳۰ یا ۴۰ کیلومتر در ساعت طرح می‌کنند.

ظرفیت کم: ظرفیت رابط‌های چنبری کم و دامنه تغییرات ظرفیت آن‌ها (بر حسب سرعت طرح، درصد وسایل نقلیه سنگین، و شیب طولی) زیاد است.

به علاوه، رابط چنبری کم و بیش به صورت یک خطه عمل می‌کند، حتی اگر بیش از یک خط عبور برای آن در نظر بگیرند. یعنی، با افزودن تعداد خط‌ها، ظرفیت بدنه رابط چنبری افزایش قابل ملاحظه‌ای نمی‌یابد. ظرفیت بدنه رابط چنبری دوخطه، فقط حدود بیست درصد از ظرفیت یک خطه آن بیشتر است.

۳) تبادل مختلط

در شکل (۶-۳۳) انواع ۲ و ۳ ، نمونه‌هایی از تبادل‌های مختلط نشان داده شده است که گردش به چپ‌های آن‌ها توسط رابط‌های میان‌بر و چنبری انجام می‌شود. چون هر دو نوع رابط در این تبادل‌ها وجود دارد، به آن‌ها مختلط می‌گویند. در نوع ۲، یکی از گردش به چپ‌ها، توسط رابط میان‌بر و سه گردش به چپ دیگر، توسط رابط‌های چنبری انجام می‌شود. در نوع ۳، گردش به چپ‌ها توسط دو رابط چنبری و دو رابط میان‌بر انجام می‌گیرد. موقعیت رابط‌های چنبری و میان‌بر به نحوی تعیین شده که قسمت تداخلی به وجود نمی‌آید.

تبادل‌هایی که در شکل (۶-۳۳) نشان داده شده، تبادل‌های کامل‌اند. در عمل، ممکن است اتصال یک یا چند گردش، به علت حجم کم ترافیک، ضروری و به صرفه نباشد، با حذف رابط مربوط به گردش غیرضروری، انواع دیگری به وجود می‌آید که در این شکل نشان داده نشده است.

۴) تبادل سه راه

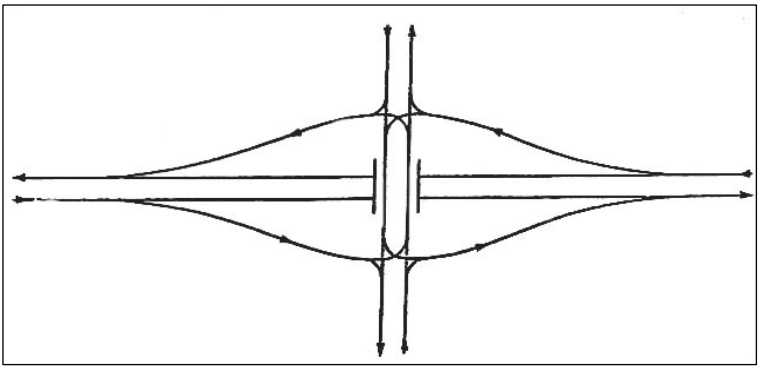
در شکل (۶-۳۳) نوع ۵ تا ۷، تبادل سه راه برای اتصال دو آزادراه یا بزرگراه در وضعیتی است که یکی از راه‌ها در محل تقاطع پایان می‌یابد، نشان داده شده است. در تبادل سه راه فقط دو گردش به چپ وجود دارد، بنابراین، اجرای آن بسیار ساده‌تر و کم هزینه‌تر از تبادل چهارراه است.

در شکل (۶-۳۳) نوع ۵، تبادل تمام میان‌بر سه‌راهی نشان داده شده است که در آن هر دو گردش به چپ از طریق رابط‌های میان‌بر انجام می‌گردد. نوع ۶ ، رابطی را نشان می‌دهد که یکی از گردش به چپ‌ها از طریق رابط چنبری و دیگری، از طریق رابط میان‌بر انجام می‌شود. برای این نوع تبادل، فقط یک سازه ضروری است. به این نوع تبادل، تبادل شیپوری نیز می‌گویند. نوع ۷، تبادل سه راه ساده‌ای را نشان می‌دهد که در آن فقط یک گردش به چپ وجود دارد.

تبادل بین راه‌های شریانی درجه ۱ با سایر راه‌ها

در داخل شهرها، تبادل لوزی متداول‌ترین طریق اتصال راه‌های شریانی درجه ۱ به سایر راه‌ها است. در مواردی که حجم گردش به چپ‌ها زیاد است و از نظر مکان نیز محدودیت شدید وجود ندارد، می‌توان از تبادل نیمه شبدری نیز استفاده نمود.

۱) تبادل لوزی: تبادل لوزی، تبادل کاملی است که از چهار رابط راست‌گرد (دو رابط خروجی و دو رابط ورودی)، تشکیل می‌شود. در انتهای هریک از رابط‌ها، تقاطع هم‌سطحی وجود دارد که به آن تقاطع لوزی می‌گویند، شکل (۶-۳۴) یک تبادل لوزی را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۶-۳۴: طرز کار یک تبادل لوزی

برتری‌های تبادل لوزی به شرح زیر است:

- پایین بودن هزینه ساخت و کم بودن مشکلات اجرایی؛
- این تبادل فقط از یک سازه تشکیل شده است؛
- ساده بودن طرح؛
- وسایل نقلیه می‌توانند با سرعت‌های نسبتاً زیاد از راه شریانی درجه ۱ خارج و به آن وارد شوند؛
- اشغال فضای کم.

به منظور افزایش کارآیی و ایمنی تقاطع لوزی، بر حسب مورد، راه‌حل‌های زیر را می‌توان به کار برد:

- تعداد خط‌های رابط‌های ورودی و خروجی را در محل تقاطع افزایش داد. می‌توان انتهای رابط خروجی را به دو یا سه خط و انتهای رابط ورودی را به دو خط افزایش داد. اما، عرض زیادتر انتها، احتمال ورود اشتباه به رابط خروجی را بیشتر می‌کند. در تعریض انتها، به این مساله باید توجه کنند و جریان‌بندی ترافیک انتهای رابط را به نحوی طراحی کنند که احتمال ورود اشتباه به رابط خروجی زیاد نباشد.
- خیابان متقاطع را در محل تقاطع تعریض کنند.
- در خیابان متقاطع، میانه‌ای سکویی، که به خوبی در شب دیده می‌شود، قرار داد تا احتمال ورود اشتباه به رابط خروجی کاهش یابد.
- به منظور محدود ساختن تعداد گردش‌ها، می‌توان از تبادل لوزی دوتکه استفاده نمود.
- تقاطع را با چراغ راهنما کنترل کرد. در این صورت، امکان ورود اشتباه وسایل نقلیه به رابط خروجی نیز کمتر می‌گردد.
- اگر حجم ترافیک کم است و وجود چراغ راهنما توجیه نمی‌شود، برای جلوگیری از ورود اشتباه، می‌توانند از قرار دادن دهانه رابط‌های خروجی و ورودی در مقابل یکدیگر خودداری کنند و طراحی تبادل را به نحوی انجام دهند که دهانه‌ها به فاصله‌ای (حداقل ۱۰۰ متر) از یکدیگر قرار گیرند.

برای جزئیات بیشتر در خصوص تبادل‌های لوزوی به بخش ۵ آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

جانمایی جاده کناری یک‌طرفه در دو طرف آزادراه و بزرگراه به بهبود جابجایی در داخل شهرها کمک می‌کند. به این ترتیب، دسترسی به آزادراه و بزرگراه ساده می‌شود. به علاوه، این کار به راه‌یابی رانندگان کمک می‌نماید و آن‌ها که به اشتباه از آزادراه خارج شده‌اند، به

سادگی، امکان برگشت به آن را پیدا می‌کنند. همچنین، احتمال ورود اشتباه بـه رابـط‌هـای خروجی کاهش می‌یابد.

۲) تبادل شبدری

در مواردی که حجم ترافیک گردش به چپ‌ها زیاد است، می‌توان برای بعضی از آن‌ها رابـط چنبری در نظر گرفت. در تبادل لوزی، اگر یک گردش به چپ توسط رابـط چنبـری انجـام گیرد، آن را تبادل ربع شبدری و اگر دو گردش به چپ توسط رابط چنبری انجام شـود، آن را تبادل نیمه شبدری می‌گویند.

برای گردش به چپ‌هایی رابط چنبری را در نظر می‌گیرند که حجـم ترافیـک آن‌هـا در ساعت شلوغ بیشتر است.

در انواع نامبرده بالا، موقعیت چنبرها به نحوی است کـه قسـمت تـداخلی در آزادراه یـا بزرگراه به وجود نمی‌آید.

در تبادل شبدری کامل یا نیمه شبدریی که هر دو رابط چنبری آن در یک طرف آزادراه و بزرگراه قرار داده می‌شود، می‌توان با استفاده از جاده تقسیم، قسمت تداخلی را از قسـمت اصلی راه اصلی جدا کرد. در این موارد، در نظر گرفتن جاده تقسیم در آزادراه‌ها الزامی است و در بزرگراه‌ها قویاً توصیه می‌شود.

تبادل در راه‌های شریانی درجه ۲

استفاده از تبادل، مخصوص آزادراه یا بزرگراه نیست. در راه‌های شریانی درجه ۲ اصـلی، ممکن است تبادل به دلیل کارآیی و بازده مناسب آن توجیه شده و مورد استفاده قرار گیرد.

در چنین مواردی، رابط‌ها معمولاً دوطرفه بوده و سرعت طرح آن‌ها کم گرفته می‌شود (۳۰ کیلومتر در ساعت).

در داخل آبادانی‌های موجود و یا در طرح آبادانی‌های جدید شهری، ممکن است تبادل چهار گوشه برای راه‌های شریانی درجه ۲ اصلی، گزینه‌ای منطقی باشد. استفاده از این نوع تبادل، در وضعیتی که زمین محل تبادل هموار بوده و دو راه شریانی یکدیگر را به طور غیرهم‌سطح قطع می‌کنند، مناسب است.

استفاده از این نوع تبادل در آزادراه‌ها و همچنین در بزرگراه‌هایی که برای سرعت‌های حدود آزادراه طرح می‌شوند، مجاز نیست. در راه‌های عبوری یا بزرگراه‌های که سرعت طرح آن‌ها ۷۰ کیلومتر در ساعت و یا کمتر است، با توجه به موقعیت محل، می‌توان از تبادل چهار گوشه استفاده کرد.

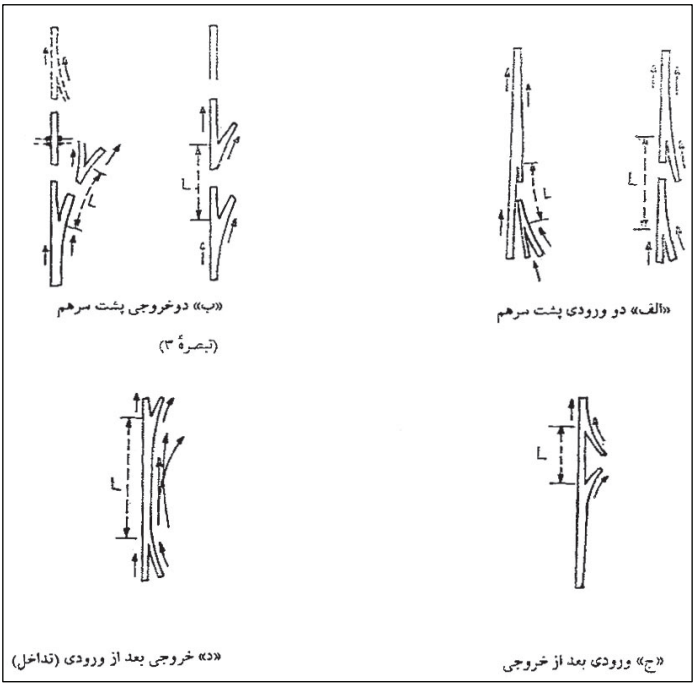
۶-۲-۵. موقعیت ورودی‌ها و خروجی‌ها

تا حد امکان نباید دهانه ورودی‌ها و خروجی‌ها را در قسمت‌های قوسی قرار داد. قرار دادن ورودی‌ها و خروجی‌ها در قوس‌ها از روانی حرکت وسایل نقلیه در هنگام تغییر خط آن‌ها می‌کاهد و همچنین ممکن است فاصله دید در این نقاط حساس را کاهش دهد. مهم‌تر از این، واقع بودن دهانه خروجی در قوس ممکن است سبب شود که رانندگان وسایل نقلیه نتوانند موقعیت خروجی را به خوبی تشخیص دهند. در صورتی که به دلیل وضعیت خاص راه و اطراف آن، ناچار شوند ورودی یا خروجی را در قوس قرار دهند، باید سعی کنند که مسیر اصلی به سهولت برای رانندگان وسایل نقلیه قابل تشخیص باشد. به این منظور، باید نسبت به کافی بودن فاصله دید در دهانه ورودی و خروجی و همچنین قابل رویت بودن

دهانه خروجی مطمئن شوند و سعی کنند حدود مطلوب را بـرای فاصـله‌هـای دیـد رعایـت نمایند.

همچنین باید سعی کنند که ورودی یا خروجی در محدوده سرپایینی قوس قائم گنبدی قرار نگیرد، زیرا ممکن است قوس قائم، فاصله دید وسایل نقلیـه را در دهانـه‌هـای ورودی و خروجی کاهش دهد. برای حصول اطمینان از تأمین فاصـله دیـد کـافی در دهانـه، توصـیه می‌شود که دهانه‌های ورودی و خروجی در شیب طولی یکنواخت و یا در قوس قائم کاسه‌ای قرار داده شود.

فاصله بین ورودی‌ها و خروجی‌ها از دماغه‌های آن‌ها اندازه گرفته مـی‌شـود. ایـن فاصـله نباید از حداقل‌های تعیین شده در شکل (۶-۳۵) کمتر باشد.



شکل ۶-۳۵: حداقل فاصله بین ورودی‌ها و خروجی‌ها از یکدیگر در راه‌های شریانی درجه ۱

	L= حداقل فاصله بین ورودی‌ها و خروجی‌ها (متر)	
وضعیت	آزادراه	بزرگراه
(الف)	۳۰۰	۲۰۰
(ب)	۳۰۰	۲۰۰
(ج)	۱۵۰	۱۰۰
(د)	۴۰۰	۲۵۰

تبصره ۱: تمام فاصله‌ها از راس دماغه (و ته نوک) تا راس دماغه اندازه گرفته می‌شود.
تبصره ۲: در مواردی که فراهم ساختن خط تغییر سرعت یا رعایت حداقل طول لازم برای قسمت تداخلی به طولی بیش از حداقل‌های فوق نیاز داشته باشد، فاصله‌های بین ورودی و خروجی‌ها را باید با توجه به این نیاز گرفت.

۶-۲-۶. همسانی تبادل‌ها

در تبادل، رانندگان وسیله نقلیه‌ای که می‌خواهند وارد راه اصلی شده یا از آن خارج گردند، ناچار به انجام مانورهایی در زمان‌های کوتاه هستند. اگر موقعیت ورودی‌ها و خروجی‌ها برای رانندگان روشن و قابل انتظار باشد، تصمیم‌گیری ساده‌تر شده و از اضطراب رانندگان در محل تبادل کاسته می‌شود. این موضوع به ایمنی و ظرفیت راه می‌افزاید. به علاوه، یکسان بودن طرز مانورها در تبادل‌ها، به آموزش طرز صحیح رانندگی در این نقاط کمک می‌کند.

برای رعایت همسان بودن تبادل‌ها اصول زیر را باید رعایت نمایند:

۱. در همه حالت ورودی، خروجی و انشعاب باید در سمت راست راه اصلی قرار داده شود. قرار دادن ورودی و خروجی و انشعاب در سمت چپ به ایمنی راه لطمه می‌زند. به علاوه، این کار با اصل همسانی تبادل‌ها مغایرت داشته و مجاز نیست.

۲. قرار دادن دماغه خروجی بعد از سازه روگذر سبب می‌شود که رانندگان وسایل نقلیه نتوانند دهانه آن را به موقع تشخیص دهند. به علاوه، با رعایت این قاعده، سازه راه روگذر

می‌تواند خود به عنوان یک نشانه به هدایت رانندگان در خروجی‌ها کمک کند. بنابراین، دماغه کلیه خروجی‌ها در آزادراه باید قبل از سازه اصلی روگذر قرار داده شود. رعایت این اصل در بزرگراه‌ها توصیه می‌گردد.

۳. در راه‌های جدید، گرفتن انشعاب از رابط خروجی مجاز نیست. در توسعه راه‌های موجود نیز باید تا آنجا که امکان دارد از این عمل خودداری شود. رابط خروجی چند شاخه (رابطی که از دهانه خارج شده و به دو یا چند راه متفاوت ختم می‌شود) باعث سردرگمی‌رانندگان می‌گردد. نصب صحیح تابلوهای هدایتی و هدایت صحیح رانندگان به مقصدشان، در این نوع رابطه‌ها مشکل است. برعکس، در نظر گرفتن جاده تقسیم به تابلوگذاری بهتر و هدایت رانندگان کمک می‌کند.

۶-۲-۷. تعادل در تعداد خط‌ها

۶-۲-۷-۱. تعداد پایه خط‌های اصلی

تعداد پایه خط‌ها، کم‌ترین تعداد خط‌های اصلی است که در طول نسبتاً زیادی از راه صرف‌نظر از تغییرات حجم ترافیک در آن طول، ادامه می‌یابد. به عنوان یک سیاست کلی، باید سعی کنند که تعداد پایه خط‌ها را در طول‌های نسبتاً زیادی ثابت نگه دارند. کاهش تعداد پایه خط‌ها در قسمت‌های کوتاهی از راه، همیشه مشکل‌آفرین بوده و باعث شده که این قسمت‌ها، گلوگاه ترافیکی شوند. باید توجه کنند که اولاً، پیش‌بینی‌های ترافیکی برای روزهای عادی است و در روزهای استثنایی سال، در قسمت‌هایی که تعداد خط‌های اصلی آن‌ها کمتر است، راه‌بندان ایجاد می‌شود. ثانیاً، هدف اصلی از پیش‌بینی مقدار ترافیک و محاسبات ظرفیتی، تعیین وزن نسبی جریان‌های ترافیک به منظور ایجاد تعادل در

طرح‌هاست و این محاسبات از آن دقت برخوردار نیست که به استناد آن‌ها بتوان تعداد خط‌های اصلی را در قسمت‌های کوتاه، کم و زیاد کرد. ثالثاً، تغییر دادن تعداد خط‌های اصلی در طول‌های کوتاه، رانندگان را سردرگم می‌کند و این موضوع به ایمنی و راحتی راه لطمه می‌زند.

بنابراین، تغییر دادن تعداد خط‌های اصلی در طول‌های کم مجاز نیست، حتی اگر این کار با محاسبات ظرفیتی توجیه‌پذیر باشد. در داخل و اطراف شهرها که طول راه‌ها کوتاه است، توصیه می‌شود که حداقل در هر قسمت از شبکه راه‌های شریانی درجه ۱ که با یک نام معین مشخص می‌گردد، تعداد خط‌های اصلی ثابت نگه داشته شود.

پس از خروجی‌های دوخطه مهم و انشعاب‌های خروجی، می‌توان تعداد پایه خط‌های اصلی را کاهش داد، به شرط آن‌که تا پایان راه و یا تا طول حداقل ۵ کیلومتر به افزایش مجدد تعداد پایه خط‌های اصلی نیاز نباشد.

۶-۲-۷-۲. تعادل تعداد خط‌ها

حفظ کیفیت و پیوستگی جریان ترافیک و همچنین جاوگیری از به وجود آمدن گلوگاه‌های ظرفیتی، ایجاب می‌کند که تعداد خط‌ها در همه قسمت‌های راه متعادل باشد. برای حفظ تعادل تعداد خط‌ها، رعایت دستورهای زیر الزامی‌است:

- وقتی دو جریان ترافیک به هم می‌پیوندند (در ورودی‌ها ویا ادغام دو راه با یکدیگر)، تعداد خط‌های ادغام شده باید برابر و یا حداکثر یک خط کمتر از مجموع تعداد خط‌های دو جریان، قبل از اقدام آن‌ها باشد.

- وقتی دو جریان ترافیک از هم جدا می‌شوند (در خروجی‌ها و یا انشعاب دو راه از یکدیگر)، مجموع تعداد خط‌ها پس از جدا شدن باید برابر و یا حداکثر یک خط بیشتر از تعدا خط‌ها قبل از جدایی آن‌ها باشد.

- تعداد خط‌های عبور را نباید هر بار بیش از یک خط تغییر داد. اگر این کار ضروری است، باید این تغییر در دو یا چند مرحله صورت گیرد. هنگام افزایش یا کاهش بیش از دو خط، باید طولی به عرض ثابت، در فاصله بین انتهای لچکی مرحله قبل و شروع لچکی مرحله بعد در نظر بگیرند. در قسمت‌های خارج از محدوده دهانه‌های ورودی و خروجی، این طول (بر حسب متر) باید حداقل از ۱/۵ برابر، و بهتر است از ۲/۵ برابر سرعت طرح راه (بر حسب کیلومتر در ساعت) بیشتر باشد.

۶-۲-۸. تداوم جهت اصلی

طراحی شبکه و نام‌گذاری راه‌های شریانی درجه ۱، باید چنان باشد که رانندگان نسبت به جهت اصلی راه سردرگم نشوند. این سردرگمی، مخصوصاً در خروجی‌های دوخطه و انشعاب‌ها پیش می‌آید؛ چون در این نقاط ممکن است رانندگان خروجی یا انشعاب را به جای مسیر اصلی بگیرند.

تداوم راه و نمایان ساختن جهت اصلی آن با رعایت اصول زیر انجام می‌شود. رعایت این اصول در راه‌های شریانی درجه ۱ الزامی‌است:

الف) جهت اصلی راه که با نام آن مشخص می‌شود، باید همیشه در سمت چپ قرار گیرد. حتی در مواردی که تعداد خطوط انشعاب از تعداد خطوطی که در جهت اصلی امتداد می‌یابد، بیشتر است، این دستور باید رعایت شود.

ب) در محل انشعاب، برتری هندسی به جهت اصلی داده شود، مثلاً در وضعیتی کـه جهـت اصلی راه در پیچ تندی قرار می‌گیرد و رابط خروجی در امتداد مستقیم از آن خارج می‌شود، اگر تعداد خطوط خروجی را ۲ یا بیشتر بگیرند، رانندگان ممکن است خروجـی را بـه جـای جهت اصلی گرفته و گمراه شوند.

پ) تعداد خط‌های اصلی را نباید در محدوده تبادل‌ها کاهش دهند.

۶-۲-۹. تبادل ناقص و کامل

به عنوان یک قاعده کلی، توصیه می‌شود تبـادلی کـه آزادراه و بزرگـراه را بـه خیابـان‌هـای شریانی درجه ۲ متصل می‌کند، کامل باشد؛ یعنی، همه گردش‌ها از آزادراه و بزرگراه بـه راه متقاطع امکان‌پذیر باشد. برای رعایت این ضابطه، می‌توان با استفاده از دو خیابـان شـریانی، یک تبادل کامل ایجاد کرد[۶].

کامل بودن تبادلی که آزادراه‌ها یا بزرگراه‌ها را به یکدیگر متصل می‌کند، ضروری نیست. در چنین تبادلی، با توجه به صرفه‌جویی و ساده‌تر ساختن تبادل، می‌توان گردش‌هایی را که حجم ترافیک آن‌ها کم است، حذف نمود. برای حذف هر گردش باید به عوامـل زیـر توجـه کرد:

- توسعه آینده و امکانات مرحله‌ای ساختن راه
- امکان استفاده بعضی از گردش‌ها از تبادل‌های دیگر؛ گردش‌های کم اهمیت را می‌تـوان به سایر راه‌های شریانی و از آنجا به آزادراه مورد نظر، هدایت کرد.
- وضعیت ترافیک شبکه‌های اطراف، قبل و پس از گشایش تبادل

۶-۲-۱۰. قرار گرفتن انتهای رابط‌ها

در تعیین جای مناسب برای انتهای رابط (چه در جاده‌های کناری و چه در خیابان‌های متقاطع)، باید به فراهم بودن فاصله دید کافی برای گردش به چپ‌ها، هزینه، وضعیت حریم راه و آبادانی‌های اطراف توجه کنند. در انتخاب محل انتهای رابط، اصول زیر را رعایت نمایند:

- تا حد امکان، انتهای رابط را در قسمتی از راه متقاطع قرار دهند که شیب طولی آن ملایم‌تر است. سعی کنند که شیب طولی راه متقاطع در محل انتهای رابط از ۴ درصد بیشتر نباشد.
- تا حد امکان، انتهای رابط را در قسمت مستقیم راه متقاطع قرار دهند. چون طراحی تقاطع در قوس‌ها مشکل و پیچیده است.
- انتهای رابط را در نقطه‌ای قرار دهند که دید کافی برای گردش به چپ از رابط به خیابان متقاطع فراهم باشد. مخصوصاً سعی کنند که انتهای رابط تا حد امکان با نقطه شروع یا خاتمه قوس گنبدی روگذری که که از روی آزادراه یا بزرگراه می‌گذرد، فاصله داشته باشد. اگر ناچار شوند که انتهای رابط را در نزدیکی قوس گنبدی قرار دهند، باید کافی بودن فاصله دید قائم را در این نقطه دقیقاً کنترل کنند.
- فاصله بین تقاطع واقع در انتهای رابط و نزدیک‌ترین تقاطع با چراغ راهنما (یا تقاطع مهمی که پیش‌بینی می‌شود در آینده با چراغ راهنما کنترل می‌شود)، از حداقل مطلق ۱۰۰ متر کمتر نباشد. حداقل مطلوب برای این فاصله ۱۵۰ متر است.

۶-۲-۱۱. کاهش تعداد خط‌ها در آزادراه و بزرگراه

کاهش تعداد خط‌های اصلی آزادراه و بزرگراه در محدوده تبادل‌ها مجاز نیست. چنانچه کاهش تعداد خط‌های اصلی ضروری است، این کاهش باید بعد از تبادل و در جایی انجام

شود که نقطه شروع حذف خط، حداقل ۵۰۰ متر تا نزدیک‌ترین دماغه ورودی و یا خروجی فاصله داشته باشد. به علاوه، باید کافی بودن فاصله دید را در محل کاهش تعداد خط‌ها کنترل کنند، به نحوی که رانندگان بتوانند از فاصله کافی محل کاهش خط را تشخیص دهند. به همین دلیل، توصیه می‌شود که از کاهش دادن تعداد خط‌های اصلی در محدوده قوس‌های قائم گنبدی که دید را محدود می‌کند، خوداری نمایند.

کاهش تعداد خط‌ها باید در سمت راست انجام شود. کاهش خط از سمت چپ در هیچ راه شریانی و از جمله در آزادراه و بزرگراه مجاز نیست.

۶-۲-۱۲. قسمت‌های تداخلی

قسمت‌های تداخلی از نظر حرکت وسایل نقلیه نامطلوب‌اند و در تعیین موقعیت ورودی‌ها، خروجی‌ها و انشعاب‌ها سعی کنند که چنین قسمت‌هایی به وجود نیاید. اما، این کار همیشه ممکن، عملی و اقتصادی نیست. در این صورت باید ضوابط زیر را در مورد قسمت‌های تداخلی رعایت نمایند:

- صرف‌نظر از حجم ترافیک، طول قسمت تداخلی (دماغه ورودی تا دماغه خروجی) نباید از حداقل‌های ارایه شده در بخش ۵ آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری، کمتر باشد. رعایت این ضابطه، در مورد قسمت‌های تداخلی واقع در تبادل‌های شبدری ضروری نیست.
- فاصله نوک ورودی تا نوک خروجی، نباید از طول‌های حداقلی که مطابق آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری بر اساس سرعت طرح و حجم ترافیک تداخلی تعیین می‌شود، کمتر باشد.

۶-۲-۱۳. دهانه‌های رابط

دهانه‌های رابط، به دو نوع تقسیم می‌شوند:

- دهانه خروجی
- دهانه ورودی.

۶-۲-۱۳-۱. دهانه خروجی

تعداد خط‌های رابط در دهانه : قرار دادن بیش از یک خط عبور در دهانه رابط خروجی فقط در صورتی مجاز است که حجم ترافیک خط سمت راست، بلافاصله قبل از شروع خط تغییر سرعت، از ۱۸۰۰ وسیله نقلیه معادل سواری در ساعت بیشتر باشد. اگر از نظر ظرفیت دهانه، یک خط کافی، ولی در بدنه رابط دو خط لازم است، باید با رعایت ضوابطی که در بند بخش (پلان و نیم‌رخ‌های طولی) آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری برای کاهش عرض تعیین شده، تعداد خط‌ها را در دهانه به یک خط کاهش دهند.

قرار دادن دهانه خروجی در قوس‌های چپ‌گرد، این احتمال را پیش می‌آورد که رانندگان وسایل نقلیه، خروجی را به جای مسیر اصلی بگیرند و ناگهان در دهانه خروجی متوجه اشتباه خود شوند و مسیر خود را به طور ناگهانی عوض کنند و موجب تصادفات شدید گردند.

برای جلوگیری از این امر، باید از قرار دادن دهانه خروجی دوخطه در قوس‌های چپ‌گرد مطلقاً خودداری کرده و نسبت به قرار دادن رابط‌های یک خطه نیز احتیاط به خرج دهند. به علاوه، باید با استفاده دقیق از تابلوهای هدایتی و خط‌کشی، مسیر اصلی و خروجی را برای رانندگان وسایل نقلیه از فاصله‌ای کافی، مشخص و متمایز نمایند.

فاصله دید: از نظر ایمنی و آرامش رانندگی، بهتر است رانندگان بتوانند محل خروجی را از فاصله‌ای کافی برای تصمیم‌گیری و انتخاب ببینند. بنابراین، مطلوب آن است که دماغه

خروجی از فاصله‌ای برابر فاصله دید انتخاب دیده شود. در تعیین این فاصله دید، ارتفاع چشم را از سطح جاده ۱/۰۵ متر و ارتفاع جسم، برابر صفر در نظر گرفته می‌شود.

اما تأمین حداقل مطلوب فوق همیشه ممکن نیست. در شرایط مشکل، می‌توان فاصله دید را در نزدیکی خروجی کمتر از حداقل مطلوب فوق در نظر گرفت. باید سعی کنند که تا حد امکان، دید بیشتری در نزدیکی خروجی فراهم باشد. برای جزئیات بیشتر در خصوص فاصله دید به بخش ۵ آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری، مراجعه شود. اگر فاصله دید در دهانه خروجی کمتر از فاصله دید انتخاب است، طرح تابلوهای هدایتی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. در این وضعیت، باید دست کم دو تابلوی هدایتی بالاسری در نظر بگیرند و رانندگان را به کمک آن‌ها از نزدیک شدن به خروجی آگاه نمایند.

اگر مسیر راه اصلی در محل دهانه خروجی قوس راست‌گرد است، فاصله دید افقی و قائم دست کم باید برابر فاصله دید انتخاب باشد تا رانندگان بتوانند دماغه خروجی را از فاصله کافی ببینند.

برای جزئیات مربوط به خط کاهش سرعت، شیب عرضی به پلان و نیم‌رخ‌های طولی، جدول و... در دهانه خروجی به بخش ۵ آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

۶-۲-۱۳-۲. دهانه ورودی

تعداد خط‌های رابط در دهانه: قرار دادن بیش از یک خط اصلی در دهانه رابط ورودی فقط در صورتی مجاز است که حجم ترافیک خط سمت راست بلافاصله پس از خاتمه خط تغییر سرعت (شروع لچکی ورودی) از ۱۷۵۰ معادل سواری در ساعت تجاوز کند.

اگر رابط ورودی را مطابق استانداردهای تعیین شده طراحی نکنند، ایمنی ورودی در اوقات غیرشلوغ کاهش می‌یابد و در اوقات شلوغ به صورت یک تقاطع هم‌سطح عمل می-

کند. به این ترتیب، ایمنی و کارآیی راه به شدت لطمه می‌بیند. عدم رعایت ضوابط اتصال صحیح در دهانه ورودی‌ها و خروجی‌های راه‌های موجود، این نقاط را به گره‌های اصلی ترافیکی این راه‌ها تبدیل کرده است.

فاصله دید : در محل ورودی، راننده وسیله نقلیه ورودی می‌بایست بتواند وسایل نقلیه‌ای را که در خط سمت راست راه اصلی در حرکت‌اند، از فاصله کافی ببیند. اگر بلافاصله پس از دماغه ورودی وسیله نقلیه‌اش را وارد خط سمت راست کند، تصادف پیش نمی‌آید.

همچنین، رانندگان وسایل نقلیه ورودی باید بتوانند خاتمه خط افزایش سرعت را از فاصله‌ای، حداقل برابر با فاصله دید توقف ببینند. برای تعیین این فاصله دید، ارتفاع چشم را ۱/۰۵ متر و ارتفاع جسم را برابر صفر بگیرید، و با استفاده از فرمول‌های مربوط به تعیین فاصله دید افقی و قائم و یا به طریق ترسیمی، وضعیت دید افقی و قائم را بر روی پلان و نیم‌رخ طولی کنترل نمایید.

برای جزئیات مربوط به خط افزایش سرعت، جدول، عرض رابط و... به بخش ۵ آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

۶-۲-۱۳-۳. بدنه رابط‌ها

تعداد خط‌ها: تعداد خط‌ها در بدنه رابط لزوماً نباید با تعداد آن‌ها در دهانه یا انتهای رابط برابر باشد. دهانه‌های ورودی و خروجی غالباً یک خطه است. برعکس، به منظور افزایش ظرفیت و تنظیم ترافیک، به تعداد خط‌ها در انتهای رابط می‌افزایند.

تعداد خط‌ها در بدنه رابط، بر اساس عوامل زیر تعیین می‌شود:

- حجم ترافیک
- سرعت طرح

- طول رابط
- شیب رابط.

به علاوه، معادل سواری وسایل نقلیه سنگین و اتوبوس با افزایش شیب سربالایی رابط بیشتر می‌شود و به این ترتیب، ظرفیت طراحی، تابع شیب طولی رابط است. برای جزئیات بیشتر به بخش ۵ آیین نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

اگر طول رابط از ۳۰۰ متر بیشتر است، صرف‌نظر از حجم ترافیک آن، باید بدنه را دو خطه طراحی کنند تا وسایل نقلیه بتوانند از یکدیگر سبقت بگیرند.

اگر رابط در سربالایی تند واقع است و طول شیب آن از طول‌هایی که در جدول (۶-۱۶) (برای هر شیب طولی) تعیین شده بیشتر می‌باشد، باید صرف‌نظر از حجم ترافیک رابط، بدنه آن را دوخطه طراحی کنند.

همچنین، رابط‌های مربوط به پایانه‌های بار، ترمینال‌های اتوبوس، مناطق انبارها و بندرگاه‌ها را باید دوخطه طراحی نمایند.

سرعت طرح: سرعت طرح رابط را باید متناسب با نوع راه‌های مرتبط و نوع رابط و با توجه به محدودیت‌های فیزیکی و اجرایی تعیین کنند. در رابط‌هایی که آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها را به هم متصل می‌کنند، مطلوب آن است که سرعت طرح رابط، تا آنجا که عملی و مقرون به صرفه است، به سرعت طرح راه‌های مرتبط نزدیک باشد. سرعت طرح رابط‌ها را نباید از حداقل‌های تعیین شده در جدول (۶-۱۷) کمتر بگیرند.

جدول شماره ۶-۱۶: حداکثر طول قسمت یک خطه در رابط‌ها[۶]

شیب طولی (درصد)	۳ تا ۴	۴ تا ۵	۵
حداکثر طول قسمت یک خطه (متر)	۲۵۰	۱۵۰	۱۰۰

جدول شماره ۶-۱۷: حداقل سرعت طرح انواع رابط‌ها[۶]

نوع رابط	حداقل سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)
رابط میان‌بر	۶۰
رابط راست‌گرد	۵۰
رابط چنبری	۴۰ و در موارد ناچاری ۳۰

فاصله دید: در بدنه رابط‌ها، گاهی موارد دید واقع در کنار راه (جان‌پناه، پایه‌های پل و یا شیروانی خاکبرداری)، دید رانندگان را محدود می‌کند. باید مطابق ضوابط تعیین شده در بخش ۲ آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری، فراهم بودن فاصله دید افقی را در محل این قبیل موانع کنترل کنند و اگر برای تأمین دید افقی ضروری است، موانع دید را در فاصله دورتری نسبت به لبه سواره‌رو قرار دهند.

خط‌های اصلی: عرض هر خط رابط در قسمت‌های مستقیم و یا در قوس‌هایی که شعاع داخلی آن‌ها از ۷۵ متر بزرگ‌تر است، باید ۳/۵ متر گردد. عرض خط کمتر از ۳/۵ متر برای رابط مجاز نیست، حتی اگر عرض خط راه اصلی کمتر از این مقدار باشد.

شانه: در رابط‌ها، باید شانه راست و شانه چپ در نظر بگیرند. عرض شانه‌ها به شرح زیر تعیین می‌شود:

- شانه‌های راست:

  در رابط‌های یک خطه، ۳/۰ متر

  در رابط‌های دو خطه، ۱/۵ متر

- شانه‌های چپ:

  در همه رابط‌ها، ۰/۵ متر

عرض شانه کمتر از ۰/۵ متر نیز مجاز نیست. رویه شانه‌های چپ و راست رابط‌ها باید از نوع بتن آسفالتی و روسازی آن‌ها، بایستی مطابق مشخصات روسازی سواره‌رو رابط باشد.

برای جزئیات مربوط به شیب عرضی، پلان و نیم‌رخ‌های طولی، فاصله آزاد جانبی و... بدنه رابط به بخش ۵ آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری مراجعه شود.

۶-۲-۱۳-۴. انتهای رابط

اصول طراحی: انتهای رابط را، با توجه به حجم ترافیک رابط و حجم ترافیک خیابان متقاطع، به صورت سه‌راه یا چهارراه طراحی می‌کنند و برای کنترل آن، چراغ راهنما، تابلوی "ایست" و یا تابلوی "رعایت تقدم" به کار می‌برند. انتهای رابط مانند یک تقاطع هم‌سطح می‌باشد و اصول و ضوابط طراحی که در مورد تقاطع‌ها بیان شده، در مورد آن صادق است.

تعداد خط‌ها: برای افزایش ظرفیت تقاطع و تنظیم ترافیک، می‌توان تعداد خط‌ها را در انتهای رابط افزایش داد و خط‌های ویژه گردش به چپ یا به راست در نظر گرفت.

فاصله دید: اگر دهانه تقاطع واقع در انتهای رابط را با تابلوی "ایست" یا "رعایت تقدم" تنظیم کنند، باید کافی بودن دید را برای وسایل نقلیه‌ای که می‌خواهند از رابط خارج شوند، دقیقاً کنترل کنند. غالباً جان‌پناه پل روگذر واقع در روی آزادراه و بزرگراه، مانع دید افقی و قوس گنبدی روگذر، مانع دید قائم می‌گردد. کافی بودن دید را مطابق ضوابط و به روش‌هایی که در بخش (تقاطع‌ها) ارایه شده، باید دقیقاً بررسی کنند.

خطر ورود اشتباه: در انتهای رابط، این احتمال وجود دارد که وسایل نقلیه از راه متقاطع به اشتباه وارد رابط خروجی شوند. هر چند احتمال چنین اشتباهاتی زیاد نیست، اما به علت شدت تصادفات ناشی از آن، باید تا حد امکان تقاطع را طوری طرح کنند که احتمال چنین اشتباهی کمتر باشد.

تجارب بین‌المللی نشان داده که احتمال ورود اشتباه به رابط خروجی در تبادل‌های ناقص بیشتر است. همچنین، بیشترین احتمال اشتباه، در رابط‌های خروجی است که با

زاویه قائمه یا نزدیک به آن، یک راه دوطرفه را قطع می‌کنند. به علاوه هر چه رابط خروجی در محل انتها عریض‌تر باشد، احتمال ورود اشتباه به آن بیشتر است. بر این اساس، برای کاهش احتمال ورود اشتباه رهنمودهای زیر ارائه می‌شود:

- سعی کنند که تبادل بین آزادراه و بزرگراه را با سایر راه‌ها کامل بسازند؛ به نحوی که از راه متقاطع بتوان به هر دو جهت آزادراه و بزرگراه وارد شد.
- در نظر گرفتن میانه در راه متقاطع، احتمال اشتباه را کم می‌کند. گذاشتن سکوی بتنی در میانه راه متقاطع از خط‌کشی موثرتر است.
- انتهای رابط را باید با توجه به احتمال ورود اشتباه طراحی کنند. همچنین باید در جریان‌بندی ترافیک دقت نمایند تا رانندگان کمتر به چنین اشتباهی دچار شوند.
- در راه متقاطع یک‌طرفه و یا در حالتی که گردش به چپ از رابط ممنوع است، انتهای رابط را می‌توان چنان طراحی کرد که احتمال ورود اشتباه وجود نداشته باشد.
- چون ورود اشتباه غالباً در تاریکی شب پیش می‌آید، روشنایی دادن به تقاطع احتمال ورود اشتباه را کم می‌کند.
- برای آن دسته از رانندگان وسایل نقلیه‌ای که احتمال دارد به اشتباه وارد رابط خروجی شوند، تابلوهای ورود ممنوع، گردش ممنوع و تعیین جهت حرکت نصب نمایند.
- قبل از تقاطع، تابلوهای هدایتی مناسب نصب کنند.

خلاصه

در این فصل، به معرفی انواع تقاطع‌های هم‌سطح، غیرهم‌سطح و ضوابط طراحی آن‌ها پرداخته شد. در ابتدا، عواقب طراحی و اجرای نامناسب تقاطع‌ها ارایه شد و سپس اهداف و

اصول طراحی هندسی تقاطع‌ها بیان گردید. اصول جریان‌بندی ترافیک (جریان‌های اصلی عبور، سطوح برخورد، زاویه تقاطع، نقاط برخورد، خطوط عبور کمکی تغییر سرعت، ترافیک گردشی و جزیره‌های ترافیکی)، ارایه شد.

وسایل نقلیه طرح تقاطع، خطوط افزایش و کاهش سرعت برای حرکت‌های گردشی و ضوابط طراحی آن‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت. جزئیات قوس گوشه تقاطع و مسیرهای گردشی تقاطع ارایه و مکان‌یابی ایستگاه‌های اتوبوس در تقاطع، طول مطلوب ایستگاه و ضوابط مهم در کنترل و ایمنی تقاطع‌ها مطرح گردید.

در انتها نیز تبادل‌ها، انواع آن‌ها، فاصله مناسب بین تبادل‌ها، موقعیت ورودی‌ها و خروجی‌ها در تبادل‌ها و... مورد بررسی قرار گرفت.

خودآزمایی

۱. چند نمونه از عواقب طراحی و اجرای نامناسب تقاطع‌ها را بیان کنید؟
۲. منظور از مسیر گردشی و مسیر واگرد چیست؟
۳. دو نمونه از تبادل کامل در شهر خودتان را نام ببرید؟
۴. موقعیت مناسب ایستگاه‌های اتوبوس در تقاطع سه‌راهی کجاست؟
۵. منظور از تبادل ناقص چیست؟
۶. کاهش تعداد خط‌ها در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها به چه صورتی انجام می‌شود؟

فهرست منابع و مراجع

۱. بلغاری، محمد، مجموعه قوانین و مقررات حمل و نقل و ترافیک، انتشارات سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، ۱۳۸۵.

۲. وزات مسکن و شهرسازی، آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری، بخش ۱- مبانی، سال ۱۳۷۴.

۳. وزات مسکن و شهرسازی، آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری، بخش ۲- پلان و نیمرخ‌های طولی، سال ۱۳۷۵.

۴. وزات مسکن و شهرسازی، آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری، بخش ۳- اجزای نیم‌رخ‌های عرضی، سال ۱۳۷۵.

۵. وزات مسکن و شهرسازی، آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری، بخش ۴- راه‌های شریانی درجه ۱، سال ۱۳۷۵.

۶. وزات مسکن و شهرسازی، آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری، بخش ۵- تبادل‌ها، سال ۱۳۷۵.

۷. وزات مسکن و شهرسازی، آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری، بخش ۶- راه‌های شریانی درجه ۲، سال ۱۳۷۵.

۸. وزات مسکن و شهرسازی، آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری، بخش ۷- تقاطع‌ها، سال ۱۳۷۵.

۹. معاونت امور فنی مرکز تحقیقات و مطالعات وزارت راه و ترابری، آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها، نشریه شماره ۱۶۱، سال ۱۳۷۵.

۱۰. بهبهانی، حمید، راهسازی، طرح هندسی راه، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۹.
۱۱. قریب، فریدون، شبکه ارتباطی در طراحی شهری، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۶.
۱۲. صفارزاده، محمود، امیدوار، علیرضا، میرزابروجردیان، امین، طرح هندسی راه‌ها و خیابان‌ها، پژوهشکده حمل و نقل، وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۷.
۱۳. معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان برنامه و بودجه، تقاطع‌های هم‌سطح شهری، جلد اول- مبانی فنی، نشریه شماره ۱-۱۴۵، سال ۱۳۷۶.
۱۴. معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان برنامه و بودجه، تقاطع‌های هم‌سطح شهری، جلد دوم- توصیه‌ها و معیارهای فنی، نشریه شماره ۲-۱۴۵، سال ۱۳۷۶.
۱۵. معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان برنامه و بودجه، تقاطع‌های هم‌سطح شهری، جلد سوم- سوابق مطالعات، نشریه شماره ۳-۱۴۵، سال ۱۳۷۶.

وزارت کشور

سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

استانداری چهارمحال و بختیاری

معاونت امور عمرانی

دفتر امور شهری و شوراها

پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی
تهران ـ بلوار کشاورز
ابتدای خیابان نادری
پلاک ۱۷
تلفن : ۸۸۹۸۶۳۹۸
نمابر: ۸۸۹۷۷۹۱۸
www.imo.org.ir
ISBN:978-600-5950-51-9

قیمت : ۶۵۰۰۰ ریال