جمهوری اسلامی ایران
وزارت برنامه و بودجه

معیارهای طرح هندسی

راههای اصلی و فرعی

معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

جمهوری اسلامی ایران
وزارت برنامه و بودجه

معیارهای طرح هندسی

راههای اصلی و فرعی

معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

نشریه شمارهٔ ۸۵

انتشارات وزارت برنامه وبودجه ۶۵/۴۳

۱۳۶۵

فهرستبرگـــه

ایران . وزارت برنامه و بودجه . دفتر تحقیقات و معیارهای فنی
معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی/ معاونت فنی ، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی . ــ تهران : وزارت برنامه و بودجه ، مرکز مدارک اقتصادی ــ اجتماعی و انتشارات ، ۱۳۶۵ .
۱۷۵ص. : مصور . ــ (دفتر تحقیقات و معیارهای فنی ؛ نشریه شماره ۸۹)
(انتشارات وزارت برنامه و بودجه ؛ ۶۵/۴۳)
کتابنامه : ص. ۱۷۵

۱ . راهها ــ طرح و نقشه . ۲ . راههای فرعی ــ طرح و نقشه . ۳ . راهسازی ــ استانداردها . الف . ایران . وزارت برنامه و بودجه . مرکز مدارک اقتصادی ــ اجتماعی و انتشارات . ب . عنوان . ج . سلسله انتشارات : ایران . وزارت برنامه و بودجه . دفتر تحقیقات و معیارهای فنی . نشریه شماره ۸۵

ش. ۸۵ ۹ الف/TA ۳۶۸

معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی

تهیه کننده : دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

ناشر : وزارت برنامه و بودجه . مرکز مدارک اقتصادی ــ اجتماعی و انتشارات

ویرایش : قائم مقامی ، نسخه‌پردازی : تفنگساز ، امور گرافیک : عرفانیان ، تولید : کریمی

چاپ اول : ۲۰۰۰ نسخه ، ۱۳۶۵

چاپ و صحافی : چاپخانهٔ وزارت برنامه و بودجه

همهٔ حقوق برای ناشر محفوظ است .
تکثیر تمام یا بخشی از این اثر ، به صورت حروفچینی و چاپ مجدّد ، چاپ افست ، پلی‌کپی ، فتوکپی و انواع دیگر چاپ و تکثیر ، به هر منظور و به هر تعداد ، پیش از گرفتن اجازه کتبی از ناشر ، اکیـدا" ممنوع است . نقل مطالب به صورت معمول در مقاله‌های تحقیقاتی ، با ذکر نام کامل ناشر و نشریه ، آزاد است . متخلفان ، تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت .

بسم الله الرحمن الرحیم

یکی از مهمترین مراحل مطالعه و تعیین مسیر یک راه، بررسی طرح بندی آن است که در آن، جزئیات مسیر از نظر امتدادهای قائم و افقی، شیبها و قوسها، عرض و تعداد خطوط، فواصل دید، گنجایش راه و غیره مورد مطالعه قرار می‌گیرد و ارتباط این راه با راههایی که آن را قطع می‌کنند، بررسی می‌شود و بالاخره مسیر انتخاب شده با شرایط پستی و بلندی و حفر اضایی منطقه‌ای که راه از آن عبور می‌کند، تطبیق داده می‌شود.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی بر اساس شرح وظایف خود، و به منظور هماهنگ کردن ضوابط طراحی طرح هندسی راهها اقدام به تهیه این مشخصات فنی نموده است.

این نشریه، یکی از چهار نشریه‌ای است که با عنوانهای زیر منتشر می‌شود:

۱. معیارهای طرح هندسی راههای روستایی
۲. چکیده‌ای از معیارهای طرح هندسی راهها و تقاطعها
۳. معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی
٤. معیارهای طرح هندسی تقاطعها

این نشریه بر اساس الگوی اشتو (AASHTO) و با در نظر گرفتن سایر منابع و شرایط ویژه کشور ایران تهیه شده است.

تهیه این مجموعه به عهده آقایان دکتر خسرو اویسی، دکتر کامبیز بهنیا، دکتر امیر محمد طباطبایی و آقای مهندس قباد نقش‌تبریزی بوده است و آقای مهندس محسن عنقا از دفتر تحقیقات و معیارهای فنی ضمن همکاری، هماهنگی آن را به عهده داشته‌اند.

این دفتر از اظهار نظرهای فنی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن موسسه استاندارد و تحقیقات ایران ، دانشگاه تهران ، دانشگاه پلی تکنیک تهران ، وزارت راه و ترابری ، آقای مهندس کیومرث صدیق وزیری ، انجمن مهندسان مشاور ایران ، آقای مهندس محیط کرمانی ، آقای دکتر علی اصغر اردکانیان ، آقای مهندس منوچهر احتشامی ، آقای مهندس محمدرضا صفویان ، و بویژه از هدایتهای فنی و همکاری صمیمانه آقای مهندس حسن طالعی سپاسگزاری می نماید .

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

دعوت به همکاری

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی وزارت برنامه و بودجه که مسئولیت تهیه و تدوین آیین‌نامه ها ، ضوابط ، معیارها و مشخصات فنی حاکم بر پروژه های عمرانی کشور را به عهده دارد ، از کلیه محققان و متخصصان رشته های فنی تقاضا دارد ، نظرهای اصلاحی و پیشنهادهای خود را در مورد این نشریه ، و نشریه های دیگر این دفتر (که نام آنها در پایان این نشریه چاپ شده است) ارائه فرمایند ، تا در چاپهای بعدی از آن بهره گیریم .

ضمناً ، به منظور ارج نهادن به کوششهای محققان ، فراهم نمودن زمینه رشد فعالیتهای تحقیقاتی ، و ارتقا و نیز هماهنگ نمودن اطلاعات فنی کشور ، این دفتر شروع به جمع آوری ثمرهٔ زحمات محققان نموده است تا ، پس از بررسی، در قالب دستورالعملهای فنی ، برای استفاده علاقه مندان و دست اندرکاران به چاپ برساند . بدین منظور ، ضمن دعوت از کلیه محققان به همکاری ، تقاضا می شود چنانچه در زمینه های فنی ، دارای نظریه ، مقاله ، جزوه ، رساله یا کارهای تحقیقاتی دیگر هستند ، یك نسخه را با ذکر نشانی و شماره تلفن ، به دفتر تحقیقات و معیارهای فنی. وزارت برنامه و بودجه بفرستند یا شخصاً به دفتر یاد شده تحویل فرمایند تا پس از ارزیابی ، امکانات مورد نیاز برای تکمیل و چاپ تحقیق در اختیارشان قرار گیرد .

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

مقدمه

فن راهسازی جدید نتیجه توسعه و پیشرفت تدریجی حاصل از کوشش در برآوردن نیازهای فزاینده آمد و شد و دانش وسیع به دست آمده از تجربه و تحقیق می‌باشد . طرح هندسی راه (طرح عوامل قابل رویت آن) درتجربه‌های اولیه به میزان قابل ملاحظه‌ای متکی به شرایط محلی بود تا به آن وسیله ، راه انتخاب شود . این روش برای تأمین نیازهای آمد و شد آن دوران ، رضایتبخش می نمود .

افزایش روزافزون تعداد خودروها ، تغییر مشخصات اینها ، بهتر شناختن منش رانندگان در مقابل خودروهای (رانندگان) دیگر و افزایش میزان تصادفات موجب شد که طرح هندسی راه به شیوه‌ای صورت گیرد که بیشترین ایمنی و حد اکثر بهره وری را دارا باشد . فزونی دانش در دیگر مراحل طرح و پیشرفتهای بدست آمده در روشهای اجرا ، فن ، ماشین آلات و مصالح موجب شده که طرحهای غیرعلمی گذشته ، اکنون کاملا" قابل اجرا باشد . باید توجه کرد که انتخاب موقعیت راه و طرح آن باید به گونه‌ای صورت گیرد که آمد و شد آینده را نیز جوابگو باشد . در طرح یك راه باید ، علاوه بر ایمنی و فایده ، صرفه و زیبایی نیز در نظر گرفته شود . این نحوه عمل موجب توسعه معیارها و جزئیاتی در طرح هندسی راه خواهد شد که به بهترین وجه با عملکرد خودروهای موجود مطابقت داشته ، و پیش‌بینی های لازم را تا حد امکان برای خودروهای آینده نیز در بر داشته باشد .

محتوای این نشریه محدود به عوامل طرح هندسی راهها ،که از طرح سازه راه جدا است ، می‌باشد . در نظر بوده است که این دفتر دستورالعمل

کاملی در زمینه طرح هندسی راههای برونشهری باشد و تمام عوامل و کنترلهای کلی را ــ بجز آنها که مشخصاً به شرایط درونشهری مربوط می شوند ــ شامل گردد .

این تذکر لازم است که این معیارها بر اساس الگوی اشتو[1] و با در نظر گرفتن شرایط ویژه ایران تدوین شده است .

---

۱ . منبع شماره ۱ . منابع این "معیارها" در پایان همین نشریه داده شده است .

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱ . کلیات	۱۳
۱—۱ . مقدمه	۱۳
۱—۲ . تعریف راههای اصلی و فرعی	۱۳
۱—۲—۱ . راههای اصلی	۱۳
۱—۲—۲ . راههای فرعی	۱۵
۱—۳ . عوامل اقتصادی	۱۵
۲ . معیارها و عوامل کنترل کننده طرح	۱۷
۲—۱ . عوارض طبیعی و عوامل فیزیکی	۱۷
۲—۲ . آمد و شد	۱۹
۲—۲—۱ . میزان آمد و شد	۲۰
۲—۲—۲ . توزیع جهتی	۲۳
۲—۲—۳ . ترکیب آمد وشد	۲۴
۲—۳ . وسیله نقلیه طرح	۲۶
۲—۴ . سرعت	۳۴
۲—۵ . گنجایش	۳۸
۲—۵—۱ . کلیات	۳۸
۲—۵—۲ . معیار تراکم آمد و شد	۳۸
۲—۵—۳ . گنجایش طرح برای جریان پیوسته آمد و شد	۴۳

عنوان	صفحه
۲ـ۵ـ۴ . گنجایش طرح برای جریان ناپیوسته آمد و شد	۴۴
۲ـ۵ـ۵ . گنجایش طرح در آمد و شد ناپیوسته راههای برونشهری	۴۶
۲ـ۵ـ۶ . گنجایش طرح در آمد و شد ناپیوسته ، خیابانها و راههای اطراف شهری	۴۹
۲ـ۵ـ۷ . گنجایش قسمتهای با آمد و شد ضربدری	۵۷
۲ـ۵ـ۸ . گنجایش طرح شیبراهه ها	۵۹
۲ـ۶ . عابر پیاده	۶۷
۲ـ۷ . استفاده مشترك از حریم راه	۶۷
۲ـ۸ . سرویس برای استفاده کنندگان	۶۸
۳ . اجزای طرح	۶۹
۳ـ۱ . فاصله دید	۶۹
۳ـ۱ـ۱ . کلیات	۶۹
۳ـ۱ـ۲ . فاصله دید توقف	۷۰
۳ـ۱ـ۳ . فاصله دید سبقت برای راههای دو خطه	۷۲
۳ـ۱ـ۴ . اندازه گیری و ثبت فواصل دید	۷۹
۳ـ۲ . امتداد افقی مسیر	۸۰

عنوان	صفحه
۳—۲—۱ . حد اکثر انحنای قوسها	۸۰
۳—۲—۲ . قوسهای انتقال (کلوتوئید)	۸۴
۳—۲—۳ . تعریض روسازی در قوسها	۸۹
۳—۲—۴ . فاصله دید در قوسهای افقی	۹۳
۳—۲—۵ . کنترلهای کلی امتداد افقی مسیر	۹۵
۳—۳ . امتداد قائم مسیر ، نیمرخ طولی	۹۷
۳—۳—۱ . شیب	۹۷
۳—۳—۲ . طول بحرانی قطعه راه در فراز	۹۹
۳—۳—۳ . قوسهای قائم	۱۰۱
۳—۳—۴ . کنترلهای کلی امتداد قائم مسیر	۱۰۸
۳—۴ . ترکیب امتدادهای افقی و قائم مسیر	۱۰۹
۳—۵ . دیگر عوامل مؤثر در طرح هندسی راه	۱۱۰
۳—۵—۱ . زهکشی	۱۱۰
۳—۵—۲ . جلوگیری از فرسایش زمین ، وچشم انداز	۱۱۱
۳—۵—۳ . توقفگاه کنار راه و استراحتگاه	۱۱۱
۳—۵—۴ . راههای دسترسی وکنترل اطراف راه	۱۱۲
۳—۵—۵ . روشنایی	۱۱۲
۳—۵—۶ . شبکه های مختلف	۱۱۲
۳—۵—۷ . علائم و خط کشی	۱۱۳
۴ . اجزای نیمرخ عرضی	۱۱۴
۴—۱ . روسازی	۱۱۴
۴—۱—۱ . انواع رویه	۱۱۴

عنوان	صفحه
٤—١—٢ . شیبهای عرضی متداول	١١٥
٤—٢ . عرض خط عبور	١١٦
٤—٣ . جدولها	١١٧
٤—٣—١ . انواع جدول	١١٨
٤—٣—٢ . قرارگیری جدولها	١٢٣
٤—٤ . شانه‌ها ، پیاده روها و نرده های ایمنی	١٢٤
٤—٤—١ . عرض شانه	١٢٤
٤—٤—٢ . نیمرخ عرضی شانه	١٢٦
٤—٤—٣ . پایداری شانه ها	١٢٧
٤—٤—٤ . رنگ و بافت شانه ها	١٢٨
٤—٤—٥ . شانه‌های ناپیوسته یا توقفگاهها	١٢٨
٤—٤—٦ . پیاده روها	١٢٩
٤—٤—٧ . نرده های ایمنی و علائم عمودی	١٢٩
٤—٥ . نهرهای زهکشی و شیب شیروانیها	١٣١
٤—٥—١ . نهرهای زهکشی	١٣١
٤—٥—٢ . شیب شیروانیها	١٣٢
٤—٦ . اجزای خارجی نیمرخهای عرضی	١٣٣
٤—٧ . میانه ها	١٣٦
٤—٧—١ . خصوصیات کلی میانه ها	١٣٦
٤—٧—٢ . عرض و نیمرخ میانه ها	١٣٧
٤—٧—٣ . جدولهای میانه	١٤٠
٥ . انواع راه	١٤٢
٥—١ . مقدمه	١٤٢

عنوان	صفحه
۵—۲ . راههای دو خطه	۱۴۲
۵—۲—۱ . عرض راه	۱۴۳
۵—۲—۲ . مقطع عرضی و حریم راه	۱۴۶
۵—۲—۳ . پیش‌بینی امکان سبقت (مسئله سبقت)	۱۴۹
۵—۲—۴ . توسعه نهایی راهها به راههای چهار خطه	۱۶۳
۵—۳ . راههای چهار خطه جدا نشده	۱۶۷
۶ . ایمنی	۱۶۹
منابع	۱۷۵

۱. کلیات

۱ــ۱ . مقدمه

طرح هندسی تحت تأثیر اهمیت راه ، و اهمیت شبکه‌ای که راه جزئی از آن است ، قرار می‌گیرد و مشخصات طرح با توجه به این دو عامل انتخاب می‌شود . راهی که آمد و شد چندان زیادی ندارد ، به علت فراهم ساختن دسترسی به نقاط دارای اهمیت اقتصادی و سیاسی و نظامی ممکن است با مشخصات عالی طرح شود . همچنین ، ممکن است مشخصات یك راه با وجود آمد و شد کم ، به دلیل تعلق به شبکه راههای اصلی ، مطابق مشخصات آن شبکه درنظر گرفته شود .

راهها بر اساس دو ویژگی طبقه بندی می‌شوند که عبارتند از : فراهم ساختن دسترسی به نقاط اطراف ، و تأمین حرکت وسایل نقلیه . راههای با طبقه بالاتر ، راههایی هستند که عمل اصلی آنها تأمین حرکت است ، درحالی که عمل اصلی راههای طبقه پایین تر فراهم ساختن دسترسی به نقاط اطراف می‌باشد . بر این پایه ، راههای برونشهری را می‌توان به کشوری ، منطقه‌ای ، استانی و روستایی تقسیم کرد : عمل اصلی شبکه راههای کشوری و منطقه‌ای تأمین حرکت است ؛ عمل اصلی راههای روستایی ، فراهم ساختن امکان دسترسی به روستاهاست ؛ و راههای استانی هر دو عمل را با سهمی تقریبا" برابر انجام می‌دهند .

۱ــ۲ . تعریف راههای اصلی و فرعی

۱ــ۲ــ۱ . راههای اصلی

راههای اصلی ، شبکه راههای کشوری را تشکیل می‌دهند و معمولا" بسته به میزان آمد و شد ،به صورت راههای دو خطه دو طرفه یا چهار خطه

هستند که مراکز پر اهمیت و یا شهرهای بزرگ را در یك استان و یا بین استانها ، به یکدیگر متصل می‌کنند . ممکن است راههای اصلی از اصلاح و بهسازی راههای فرعی حاصل شوند و بسته به اهمیت و اعتبار خود ، در آینده به آزاد راه تبدیل گردند . راههای اصلی کلا" اختصاص به وسایل نقلیه موتوری دارند و دسترسی و ورود به آنها محدود به نقاط معین است . راههای اصلی با مشخصات و استانداردهای بالا طرح می شوند . مقدار سرعت مبنای طرح راههای اصلی بین ۸۰ تا ۱۲۰ کیلومتر در ساعت متغیر است ، در مجاورت شهرها ، در مناطق کوهستانی سخت و یا در نقاط استثنایی ، سرعت مبنای طرح راههای اصلی ممکن است تا ۶۰ کیلومتر در ساعت کاهش داده شود. در جدول ۱ــ۱ ، حدود سرعت مبنای طرح راهها بسته به نوع عوارض طبیعی منطقه داده شده است .

گنجایش راههای اصلی دو خطه دو طرفه بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ خودرو در ساعت در نظر گرفته می شود که به عوامل متعددی مانند نوع و ترکیب آمد و شد ، وضعیت پستی و بلندی منطقه و مشخصات هندسی راه بستگی دارد . اگر مقدار آمد و شد بیش از ۷۰۰ خودرو (معادل سواری) در ساعت باشد ، باید تعداد خطوط آمد و شد به ۴ خط افزایش داده شود .

جدول ۱ــ۱ . رابطه بین سرعت مبنای طرح (کیلومتر در ساعت) ونوع عوارض منطقه

نوع راه	نوع عوارض منطقه		
	هموار	تپه ماهور	کوهستانی
راه اصلی عریض و معمولی	۱۰۰ — ۱۲۰ *	۸۰ — ۱۰۰	۶۰ — ۸۰
راه فرعی عریض	۸۰ — ۱۰۰	۶۰ — ۸۰	۴۰ — ۶۰
راه فرعی معمولی	۶۰ — ۸۰	۶۰	۴۰ — ۶۰
راه فرعی کم ں	۶۰	۴۰ — ۶۰	۴۰

* سرعت بیش از ۱۱۰ کیلومتر در ساعت فقط برای راههایی پیش‌بینی می شود که در آینده دارای کنترل کامل دسترسی باشند .

در طرح راهها باید سرعت معینی مبنای طرح قرارگیرد و کلیه مشخصات هندسی راه هما هنگ با این سرعت طرح تعیین شود . از تغییرات ناگهانی سرعت مبنای طرح ، بخصوص در مورد راههای با سرعت بالا ، باید اجتناب شود . مقدار تغییر سرعت در قطعات متوالی یك راه نباید از ۱۰ کیلومتر در ساعت بیشتر باشد . جزئیات مربوط به نحوه تعیین سرعت مبنای طرح راه که بستگی به مقدار آمد و شد ، نوع راه ، وضعیت پستی و بلندی منطقه و سرعت حرکت دارد در فصل دوم آورده شده است .

۱ــ۲ــ۲ . راههای فرعی

راههای فرعی به منظور تأمین ارتباط بین شهرها و مراکز تولید صنعتی ، کشاورزی ، معدنی یا تجاری در یك استان و یا در یك ناحیه به کار می‌روند . راههای فرعی ممکن است از اصلاح و بهسازی راههای با استاندارد پایین تر حاصل شوند و بر حسب اهمیت واعتبار خود ، در آینده به راه اصلی تبدیل گردند . مقدار سرعت مبنای طرح راههای فرعی بین ۶۰ تا ۱۰۰ کیلومتر در ساعت متغیر است . در مجاورت شهرها ، در مناطق کوهستانی سخت و یا در نقاط استثنایی ممکن است سرعت مبنای طرح راههای فرعی تا ۴۰ کیلومتر در ساعت کاهش داده شود . (جدول ۱ــ۱)

عرض و دیگر مشخصات هندسی انواع راهها که تابع سرعت طرح ، سرعت حرکت ، مقدار آمد و شد ، وضعیت پستی و بلندی منطقه وغیره می‌باشد در فصول بعد آورده شده است . .

۱ــ۳ . عوامل اقتصادی

هزینه ، عامل عمده‌ای در تعیین طرح هندسی راه است . در عمل ، غالباً ملاحظات بودجه‌ای و اقتصادی اجازه طرح دلخواه را نمی‌دهد ، و طراح مجبور است که استاندارد طرح هندسی راه را در مواردی پایین بیاورد . در

صورتی که صرفه جوییهایی در طرح لازم باشد ، این صرفه جوییها باید در آن قسمتهایی از راه اعمال شود که حیاتی نیست . به عنوان مثال ، تغییراتی از قبیل تعریض راه ، تبدیل تقاطع همسطح به غیر همسطح ، تکمیل و تقویت روسازی و یا اضافه کردن وسایل خدمات جنبی را می توان در آینده انجام داد . اما ویژگیهای اصلی هندسی نظیر شیبهای طولی ، شعاع قوسها ، و فواصل دید را نمی توان به سادگی و بدون تحمل هزینه زیاد تغییر داد . بویژه در راههای شهری ، پس از احداث راه ، اراضی اطراف با توجه به حریم راه توسعه می یابد و تغییراتی که محور مسیر را جابه جا کند ، بسیار پر هزینه خواهد بود . بنابراین ، در خصوصیات اصلی هندسی تا حد امکان نباید صرفه جویی کرد . سازمانهای مسئول نیز بهتر است که حریم راه را با توجه به توسعه احتمالی راه در آینده ، خریداری کنند . در غیر این صورت ، پس از احداث راه ، قیمت زمینهای خارج از حریم راه بالا می رود و ساختمانهایی در اطراف راه بنا می شوند ، چنین امری توسعه راه در آینده را بسیار پر هزینه و تقریبا" غیرممکن می سازد .

۲. معیارها و عوامل کنترل کننده طرح

۲ــ۱. عوارض طبیعی و عوامل فیزیکی

مسیر یك راه و طرح اجزای آن به مقدار قابل توجهی تحت تأثیر عوارض طبیعی زمین ، عوامل فیزیکی و نحوه به کارگیری زمین قرار دارد . عوامل بالا اجزای اصلی کنترل کننده طرح هستند ، لذا شناخت و جمع آوری اطلاعات در مورد آنها ضروری است . در انتخاب مسیر راه عوامل بسیاری را باید در نظر گرفت و همین تعدد عوامل درگیر است که کار انتخاب مسیر را مشکل ، وقتگیر و پرهزینه می سازد . احداث راه محدود به تأمین آمد و شد وسایل نقلیه نیست. بلکه تغییرات عمده‌ای در محیط طبیعی و اقتصادی و اجتماعی نیز پدید می‌آورد. وسعت این تغییرات ، بویژه در راههای شهری فوق‌العاده زیاد است تا جایی که ممکن است روند گسترش و بافت شهر را دگرگون سازد . عوارض طبیعی که یکی از عمده ترین عوامل تعیین کننده مسیر راههای برونشهری است ، در راههای درونشهری فقط یکی از بیشمار عواملی است که درنظر گرفته می شود . با وجود آنکه عوارض طبیعی در بسیاری از قسمتهای راههای برونشهری تنها عامل تعیین کننده مسیر است ، ولی مسیر راههای برونشهری نباید بدون توجه به عوامل دیگر معین شود ، مخصوصاً تغییراتی که مسیر در محیط اجتماعی و انسانی و طبیعی اطراف خود به وجود می‌آورد ، نباید نادیده گرفته شود . مشکل کار تعیین مسیر در این است که عموماً بهتر ساختن مسیر با توجه به یکی از عوامل ، مسیر را از نظر عوامل دیگر بدتر می‌سازد . مثلاً برای حفظ یك منطقه با ارزش طبیعی ، مسیر باید این منطقه را دور بزند . اما چنین دور زدنی مستلزم هزینه بیشتری است و طول مسیر را هم افزایش می دهد و بنابراین هزینه آمد و شد را بالا می‌برد و زمان رفت و آمد را طولانیتر می‌کند .

می‌توان خلاصه کرد که انتخاب مسیر، یافتن وضعیت متعادلی است که با هزینه کمتر، دسترسی بیشتر را فراهم می‌سازد و عوارض نامطلوب محیطی را در کمترین حد نگاه می‌دارد. پستی و بلندی های زمین و وجود کوه و دریاچه و رود خانه که در گذشته به عنوان تنها عامل تعیین کننده مسیر راههای برونشهری در نظر گرفته می‌شد، هنوز هم در مناطق کوهستانی دیگر عوامل را تحت الشعاع خود قرار می‌دهد. عوارض طبیعی ممکن است که در مناطق کم عارضه و هموار عامل عمده‌ای در انتخاب مسیر به حساب نیاید ولی حتی در چنین مناطقی در انتخاب محل زیر گذرها و روگذرها تأثیر عمده دارد.

توجه به عوارض زمین در نوع راه و محل مسیر راه، هر دو، اثر می‌گذارد. در شیبهای تند که تعداد زیاد کامیون ظرفیت راه دوخطه دو طرفه را فوق‌العاده پایین می‌آورد، گاهی لازم می‌آید که یك راه یك خطه یك طرفه، که خط بالا روگفته می‌شود، در مسیری مجزا برای کامیونهایی ساخته شود که در سربالایی در حرکتند، یا آنکه در شیبهای تند، یك راه دو خطه دو طرفه به صورت یك راه چهارخطه طرح گردد، زیرا فراهم کردن فاصله دید سبقت در مناطق کوهستانی بسیار پرخرج و در بسیاری موارد غیرممکن است، فراهم نبودن دید سبقت، ظرفیت راه دوخطه دو طرفه را فوق‌العاده و به حدی پایین می‌آورد که دیگر کافی نیست.

عوارض طبیعی در مقطع عرضی راه و مسیر راه، هر دو، موثر است. در مواردی که عوارض طبیعی ایجاب می‌کند، راه رفت و برگشت در آزادراهها و بزرگراهها به صورت مجزا و دور از هم مسیریابی و طرح می‌شود.

گذشتن از عوارض طبیعی مستلزم انجام خاکبرداری و خاکریزی و ساختمان پل و تونل است. در همه جا اصل کلی این است که برای گذشتن از عوارض طبیعی تا جایی که با حفظ ضوابط طرح هندسی ناسازگار نباشد، حجم عملیات خاکی در حداقل نگاه داشته شود. مسیر باید در عین حال که

ضوابط هندسی خود را حفظ می‌کند ، از پستی و بلندی‌های طبیعی پیروی کند و با محیط خود هماهنگی داشته باشد . راهی که از عوارض طبیعی پیروی می‌کند زیبا به نظر می‌رسد ، کم خرجتر است ، عوارض نامساعد محیطی کمتری دارد و ارتباطش با شبکه راههای اطراف و تأسیسات موجود ساده تر تأمین می‌شود . به اختصار ، اطلاعات در مورد عوارض طبیعی زمین ، ارزش زمین و ساختمانها ، عوامل فیزیکی و برنامه های توسعه های آینده همراه با آمار و میزان آمد و شد عوامل اصلی کنترل کننده طرح را تشکیل می‌دهند .

۲ــ۲ . آمد و شد

طرح هندسی راه باید مبتنی بر آمار و اعداد واقعی آمد و شد باشد . همچنان که برای طرح ساختمانی یك پل و یا یك ساختمان باید از نیروهای وارد بر آن اطلاع داشت و یا برای طرح روسازی باید معیاری از مقدار و سنگینی و سبکی آمد و شد در دست باشد ، در طرح هندسی ، قدم اول شناخت میزان و کیفیت آمد و شدی است که راه برای آن طرح می‌شود . طرح راه بدون مطالعه آمد و شد حال و آمد و شد احتمالی آینده همان قدر بی معنی است که طرح یك پل بدون مطالعه چگونگی اعمال بارهایی که ممکن است بر آن وارد آید . طرح هندسی راه باید بر آمار واقعی و پیش‌بینی هایی که بر اساسی قابل قبول و هماهنگ انجام شده ، متکی باشد . همچنان که در یك طرح ساختمانی تناسب بین بار و مقاومت رعایت می‌گردد ، در طرح هندسی تناسب بین آمد و شد و ظرفیت طرح باید تأمین شود ، تا بتوان منابع را به درستی تخصیص داد و توانایی عبور بیشتر را در جایی فراهم ساخت که احتمال عبور بیشتر است . مسئله پیش‌بینی آمد و شد آینده موضوع این معیارها نیست ، خود این مسئله ، مبحث بسیار عمده‌ای از موضوع مطالعات برنامه ریزی حمل و نقل است . پیش‌بینی آمد و شد شهری در مبحث برنامه ریزی حمل و نقل شهری و پیش‌بینی آمد و شد کشوری یا منطقه‌ای در مبحث برنامه ریزی

حمل و نقل کشوری یا منطقه‌ای انجام می‌گیرد . در اینجا ، منظور بیان چگونگی استفاده از این پیش‌بینی ها در طرح هندسی راه است .

۲ـ۲ـ۱ . میزان آمد و شد

الف) متوسط آمد و شد روزانه [1] ـ معیار عمومی سنجش میزان آمد و شد راهها ، متوسط سالانه مقدار آمد و شد روزانه است (مقدار کل آمد و شد سالانه که به عدد ۳۶۵ تقسیم شده باشد) . دانستن متوسط مقدار آمد و شد روزانه به دلیلهای بسیار در طرح راه اهمیت دارد . راهها را بر حسب متوسط مقدار آمد و شد آنها تقسیم می‌کنند و در این قسمت‌بندی اهمیت و در نتیجه استانداردهای کلی طرح راه معین می‌شود . علاوه بر این ، طرح ساختمانی اجزای راه مانند تعیین ضخامت روسازی و محاسبات ساختمانی بر این عدد متوسط متکی است . مقدار متوسط آمد و شد روزانه را نمی‌توان مستقیماً در طرح هندسی راه به کار برد زیرا که این عدد تغییرات روزانه ، هفتگی، ماهانه و فصلی آمد و شد را نشان‌نمی‌دهد . در مورد راههای درونشهری آنچه در طرح اهمیت دارد مقدار آمد و شد در ساعات شلوغی است . در راههای برونشهری نیز تقریباً در نیمی از روزهای سال ، متوسط آمد و شد بیش از متوسط روزانه است . طرح راه برای مقدار متوسط ، راه را برای آمد و شد نیمی از روزهای سال ناکافی می‌سازد و البته چنین طرحی قابل قبول نیست. بنابراین ، در طرح هندسی راه معیارهای دیگری برای اندازه‌گیری تغییرات مقدار آمد و شد لازم می‌شود .

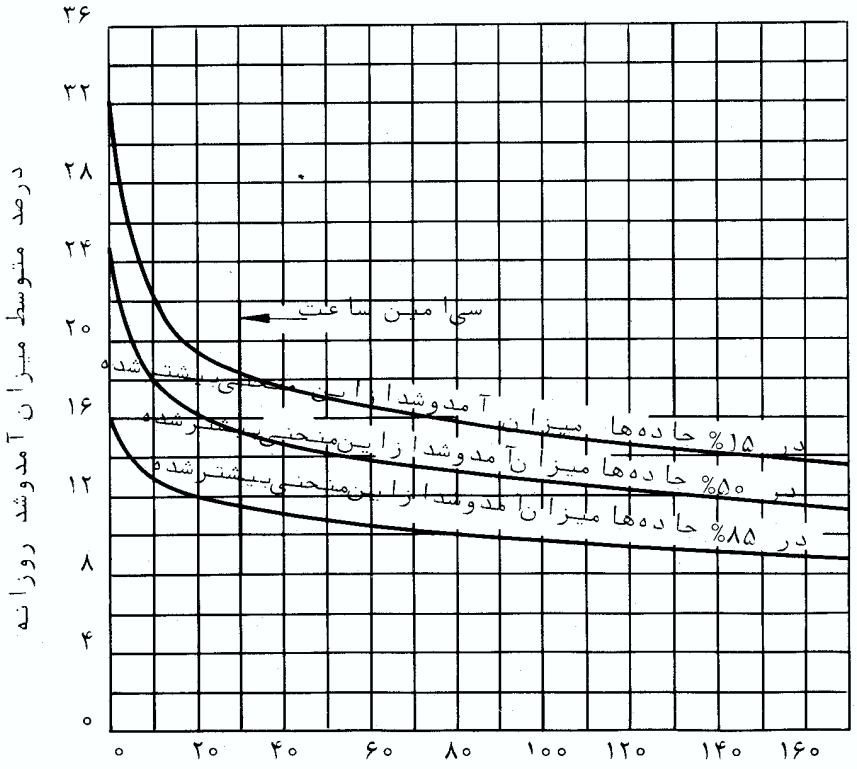
ب) آمد و شد ساعت شلوغ و مقدار آمد و شد ساعت طرح [2] ـ زمانی کمتر از یك روز " معیار" مناسبتری برای طرح هندسی است ، به این علت ، مقدار آمد و شد ساعتی را معیار طرح هندسی قرار می‌دهند . با داشتن تغییرات روزانه آمد و شد می‌توان مقدار آمد و شد شلوغترین ساعت روز را معلوم

---

1. Average Daily Traffic (ADT)
2. Design Hourly Volume (DHV)

کرد . مقدار آمد و شد شلوغترین ساعت روز برای همه روزهای سال یکسان نیست و مخصوصاً در راههای برونشهری تغییرات عمده‌ای دارد . سوال این است که راه را باید برمبنای کدام یك از ۳۶۵ شلوغترین ساعتی که در طول سال وجود دارد ، قرار داد . طرح راه نمی‌تواند بر مبنای آمد و شد شلوغترین ساعت روزی از سال قرار گیرد که مقدار آمد و شد ان در مقایسه با سایر روزهای دیگر سال کمترین است ، زیرا در آن صورت در ۳۶۴ روز سال ظرفیت راه در ساعات شلوغی کمتر از مقدار آمد و شد خواهد بود وکندی حرکت و یا راهبندان پیش خواهد آمد .

پس مقدار آمد و شدی که طرح برای ان محاسبه می‌شود ، چیزی است بین خلوت ترین و شلوغترین ساعات شلوغی سال . معمولاً مقدار آمد و شد سی امین شلوغترین ساعت را برای مقدار آمد و شد طرح انتخاب می‌کنند . انتخاب میزان امد و شد سی امین شلوغترین ساعت را می‌توان از روی شکل منحنی تغییرات سالانه شلوغترین ساعتها توجیه کرد (شکل ۲ــ۱) .



تعداد ساعات یکسال که میزان آمد و شد بزرگتر از عدد نشان داده شده‌است .

شکل ۲ــ۱ . منحنی ترتیبی شلوغترین ساعات سال

سی امین شلوغترین ساعت ، چنان که منحنی نشان می دهد ، در حدود نقطه‌ای قرار دارد که شیب منحنی یکباره عوض می شود . اگر ساعات شلوغی کمتر از سی امین ساعت انتخاب گردد ، تغییرات تعداد آمد و شد چندان قابل ملاحظه نیست ، یعنی با انتخاب چهلمین ، پنجاهمین و حتی صد مین ساعت ، صرفه جویی عمده‌ای در طرح راه نمی شود . ولی شیب منحنی قبل از حدود سی امین ساعت ، بدین معنی است که برای جلوگیری از چند ساعت شلوغی در سال ، باید مقدار آمد و شد طرح را بسیار بالاتر گرفت و این غیر اقتصادی است .

ویژگی عمده دیگری که باعث انتخاب سی امین ساعت به عنوان ساعت طرح شده این است که اگر مقدار امد و شد سی امین ساعت را به صورت نسبت درصدی از مقدار متوسط امد و شد روزانه نشان دهیم ، این نسبت در طول سالهای متوالی تغییرات عمده‌ای نشان نمی دهد و بنابراین ، می توان مقدار آمد و شد متوسط روزانه آمد و شد سال طرح را پیش‌بینی کرد و با داشتن نسبت مقدار آمد و شد سی امین ساعت شلوغی به میزان آمد و شد متوسط روزانه برای حال حاضر ، مقدار آمد و شد سی امین ساعت شلوغی سال طرح را به دست آورد . (مطلب بالا از روی مطالعات آماری به دست آمده که در کشور ایالات متحده آمریکا انجام گرفته است و با وجود انکه پایه‌ای منطقی دارد ، قطعیت آن در مورد ایران فقط باید با انجام آمارگیری روشن گردد . آمارگیری روزانه و سالانه در راههای برونشهری ایران از سالها پیش شروع شده است و به نظر می‌رسد که آمار کافی برای تحلیل و نتیجه گیری وجود داشته باشد .)

انتخاب سی امین مقدار آمد و شد شلوغترین ساعت به عنوان مقدار آمد و شد طرح نباید کورکورانه انجام شود . منحنی تغییرات و داوری مهندسی ممکن است ساعت دیگری غیر از سی امین ساعت را پیشنهاد کند . در آن دسته از راههای برونشهری که تغییرات فصلی اساسی است و آمد و شد در چند ماه

از سال همواره سنگین است ، انتخاب سی امین ساعت ممکن است اقتصادی نباشد و طرح بسیار بزرگی را ایجاب کند . در چنین راههایی ، وجود یک ساعت آمد و شد در همه روزهای فصل شلوغ پذیرفته است ، اگر فصل شلوغ دو ماه طول بکشد ، می توان آمد و شد شصتمین ساعت را برای طرح انتخاب کرد . راههایی که به گردشگاه و ییلاق و کنار دریا وصل می شوند از جمله این راهها به حساب می آیند .

۲ـ۲ـ۲ . توزیع جهتی

ظرفیت راههای دو خطه همیشه برای دو طرف یعنی کل راه داده می شود زیرا به علت امکان سبقت گرفتن ، محاسبه ظرفیت یك جهت بدون درنظر گرفتن آمد و شد در جهت دیگر کاملا" بی معنی است . لیکن هنگامی که در همین راههای دو خطه خط اضافی لزوم پیدا می کند و یا در طرح تقاطعهای مهم آن ، باید از توزیع جهتی اطلاع داشت و مقدار آمد و شد ساعت طرح را برای هر طرف به طور جداگانه دانست . در راههای چند خطه که هر طرف جداگانه طرح می گردد ، اهمیت شناخت توزیع جهتی واضح است . در مطالعات برنامه ریزی ، اگر مقدار آمد و شد متوسط روزانه برای رفت و برگشت به طوریکجا معین شده باشد ، با اعمال ضریب توزیع جهتی می توان آمد و شد هر جهت را دریافت . ضریب توزیع جهتی عبارت است از نسبت آمد و شد جهت پر آمد و شد به کل آمد و شد دو طرف . ضریب توزیع جهتی در ساعات شلوغ که پایه طرح است معمولا" در طول زمان تغییرات ناگهانی ندارد ، مگر در راههای تفرجی که ضریب توزیع جهتی ساعات شلوغی ممکن است از روزی به روز دیگر کاملا" تغییر کند .

به عنوان مثال ، در آمریکا توزیع [۱] در ساعت طرح برای راههای برونشهری بین ۵۰ تا ۸۰ درصد اندازه گرفته شده است ، مقدار آمد و شد

---

۱ . منظور از توزیع ، "ضریب توزیع جهتی" است .

جهت پر آمد و شد در ساعت شلوغی به طور متوسط ٦٧ درصد کل آمد و شد دو جهت بوده است . توزیع جهتی در خیابانهای مرکزی شهری متعادلتر است و حدود ٥٥ درصد اندازه گرفته شده است ، در حالی که توزیع جهتی در خیابانهای اطراف شهر به ٦٥ تا ٧٥ درصد نیز رسیده است.

۲ــ۲ــ۳ . ترکیب آمد و شد

از آنجا که وسایل نقلیه از نظر طول ، عرض ، شتاب ، سرعت و غیره ویژگیهای مختلف دارند ، و با توجه به تأثیر این ویژگیها در طرح راه ، باید تا حدودی ترکیب حال و آینده آمد و شد را دانست . وسایل نقلیه را از نظر شناسایی ترکیب آمد و شد به دو دسته تقسیم می‌کنند .

الف) وسایل نقلیه سبك ــ این دسته شامل انواع اتومبیل سواری ، وانت و استیشن واگن می‌شود ، یعنی کلیه وسایلی که از نظر ویژگیهای حرکت و سرعت در رده اتومبیل سواری قرار می‌گیرند ، جزء این گروه محسوب می‌گردند .

ب) وسایل نقلیه سنگین ــ این دسته شامل انواع کامیون و تریلی و اتوبوس است ، یعنی کلیه وسایلی که از نظر بزرگی و حجم و سرعت و شتاب ، ویژگیهایی سوای وسایل نقلیه سبك دارند ، جزء این گروه محسوب می‌شوند . معمولا " وزن وسایل نقلیه سنگین بیش از ٤/٥ تن بوده و یا محورهای عقب آنها دارای چرخهای زوج می‌باشد .

در پیش‌بینی آمد و شد ، ترکیب آمد و شد را با نسبت وسایل نقلیه سنگین به کل آمد و شد نشان می‌دهند و این نسبت را از روی آمارگیری و مشاهده برای راههای مختلف معین می‌کنند . با توجه به آمارهای موجود ، و از روی پیش‌بینی وضع کلی آمد و شد در آینده ، نسبت درصد وسایل سنگین را برای آمد و شد سال حد ــ که راه برای آن طرح می‌شود ــ تخمین

می زنند . واضح است که نسبت وسایل سنگین را باید برای آمد و شد ساعت طرح معلوم کرد . معمولا" در مناطق شهری نسبت درصد وسایل سنگین در ساعات شلوغ کمتر از نسبت وسایل سنگین در کل روز است . نسبت درصد وسایل سنگین در ساعات شلوغ بسیار متغیر است و لذا باید این نسبت را درچندین ساعت شلوغ اندازه گیری کرد و متوسط انها را به کار برد . با به کار گرفتن ضرایب بالا ، مقدار آمد و شد ساعت طرح به دست می آید .

مثال : فرض می شود که مطالعات برنامه ریزی حمل و نقل منطقه ای ، متوسط آمد و شد روزانه را در سال ۱۳۸۰ بین دو شهر مورد مطالعه معادل ۲۰۰٫۰۰۰ وسیله در رفت و برگشت پیش بینی کرده باشد . از روی منحنی تغییرات روزانه ، هفتگی و سالانه که برای آینده قابل استفاده فرض می شود ، منحنی ترتیبی مقدار آمد و شد ساعات شلوغ رسم می شود (مانند شکل ۲—۱ که در آن ، مقدار آمد و شد ساعات شلوغ هر ۳۶۵ روز سال بر حسب نسبت درصدی از متوسط روزانه آمد و شد داده شده است) . از روی این منحنی ، ساعت طرح انتخاب می شود . فرض کنیم که همان سی امین شلوغترین ساعت به عنوان ساعت طرح انتخاب گردد و حجم سی امین شلوغترین ساعت ، ۰/۱۴ مقدار آمد و شد متوسط روزانه باشد . از روی اندازه گیری آمد و شد کنونی ، ضریب توزیع جهتی تعیین می گردد و فرض می شود که این ضریب برابر ۰/۶۵ است ، بنابراین ، مقدار کل آمد و شد ساعت طرح برابر می گردد با :

$$۲۰۰٫۰۰۰ \times ۰/۱۴ \times ۰/۶۵ = ۱۸۲۰$$

چندین اندازه گیری از ساعات شلوغ نشان می دهد که نسبت درصد وسایل سنگین در این ساعات به طور متوسط برابر ۲۲٪ است . بنابراین ، در ساعت طرح ، مقدار آمد و شد سبک و سنگین برابر می شود با :

مقدار آمد و شد سنگین در ساعت طرح $۱۸۲۰ \times ۰/۲۲ = ۴۰۰$

مقدار آمد و شد سبک در ساعت طرح $۱۸۲۰ \times (۱ - ۰/۲۲) = ۱۴۲۰$

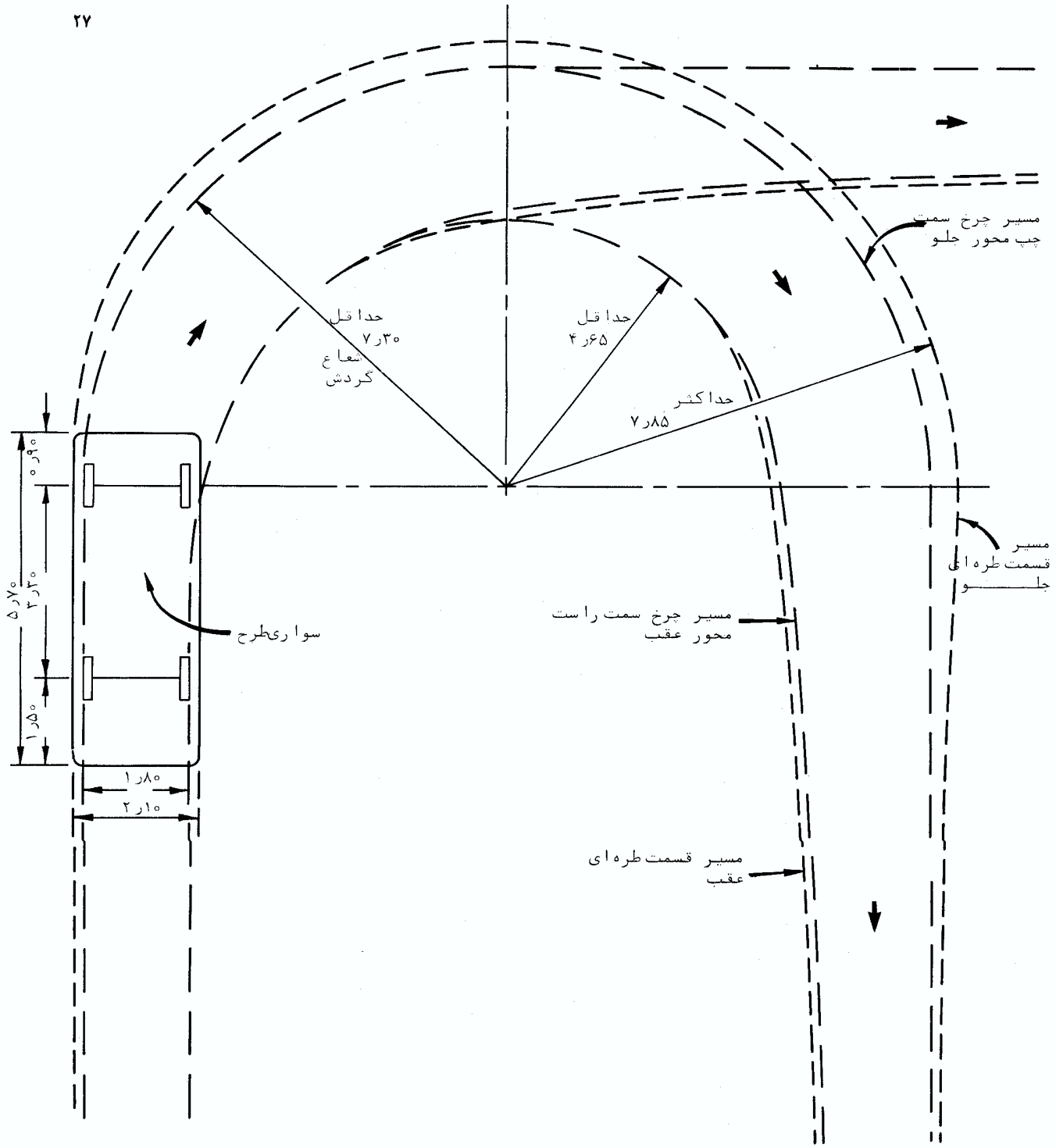
۲ـ۳ . وسیله نقلیه طرح

در پیش‌بینی آمد و شد راه ، فقط دو نوع وسیله سبك و سنگین درنظر گرفته شده است . این قسمت بندی از نظر تعیین ظرفیت راه کافی است ولی برای تعیین بعضی اجزای هندسی راه ، لازم است که مشخصات فیزیکی وسایل نقلیه به طور دقیق‌تر مورد توجه قرار گیرد . تعیین اجزای هندسی ، مانند حداقل عرض ، ارتفاع آزاد شعاع قوسهای تقاطع برخورد ، بر اساس مشخصات فیزیکی وسایل نقلیه‌ای انجام می‌گیرد که از راه استفاده می‌کنند . از آنجا که تفاوتهای ابعاد وسایل نقلیه زیاد است ، لازم می شود که چند وسیله نماینده که ابعاد آنها نشان دهنده گروه عمده‌ای از وسایل موجود باشد ، انتخاب شود . این وسایل را وسیله نقلیه طرح می نامند . اشتو ٦ وسیله طرح را که ابعاد آنها در جدول ۲ـ۱ داده شده است برای طرح هندسی پیشنهاد می‌کند . این تذکر لازم نیست که وسایل نقلیه طرحی که اشتو پیشنهاد می نماید، با توجه به مشخصات اکثریت وسایل نقلیه موجود در ایالات متحده آمریکا تهیه شده است . در ایران با آمارگیری از ابعاد اکثریت وسایل نقلیه در حال حاضر و با پیش‌بینی تغییرات احتمالی این ابعاد در سالهای آینده ،وسایل نقلیه طرح هندسی را باید معین کرد . در حال حاضر ، پیشنهاد می‌گردد که برای طرح راهها در ایران از چهار وسیله نقلیه طرح سواری ، کامیون ، تریلی متوسط و تریلی بزرگ استفاده شود .

حداقل مسیر گردش خودروی طرح ـ شکلهای ۲ـ۲ تا ۲ـ۷ حداقل مسیر گردش‌را برای ٦ نوع خودروی طرح پیشنهادی اشتو نشان می دهد . ابعاد اصلی که در طرح هندسی تأثیر می‌گذارند ،عبارتند از : فاصله محور ابتدا تا انتها[1] ، فاصله بیرونی چرخهای یك محور[2] و حداقل شعاع گردش (حداقل شعاع دایره داخلی گردش و حداقل شعاع دایره خارجی گردش) ، مقادیر مذکور برای خودروهای طرح در جدول ۲ـ۱ داده شده است .

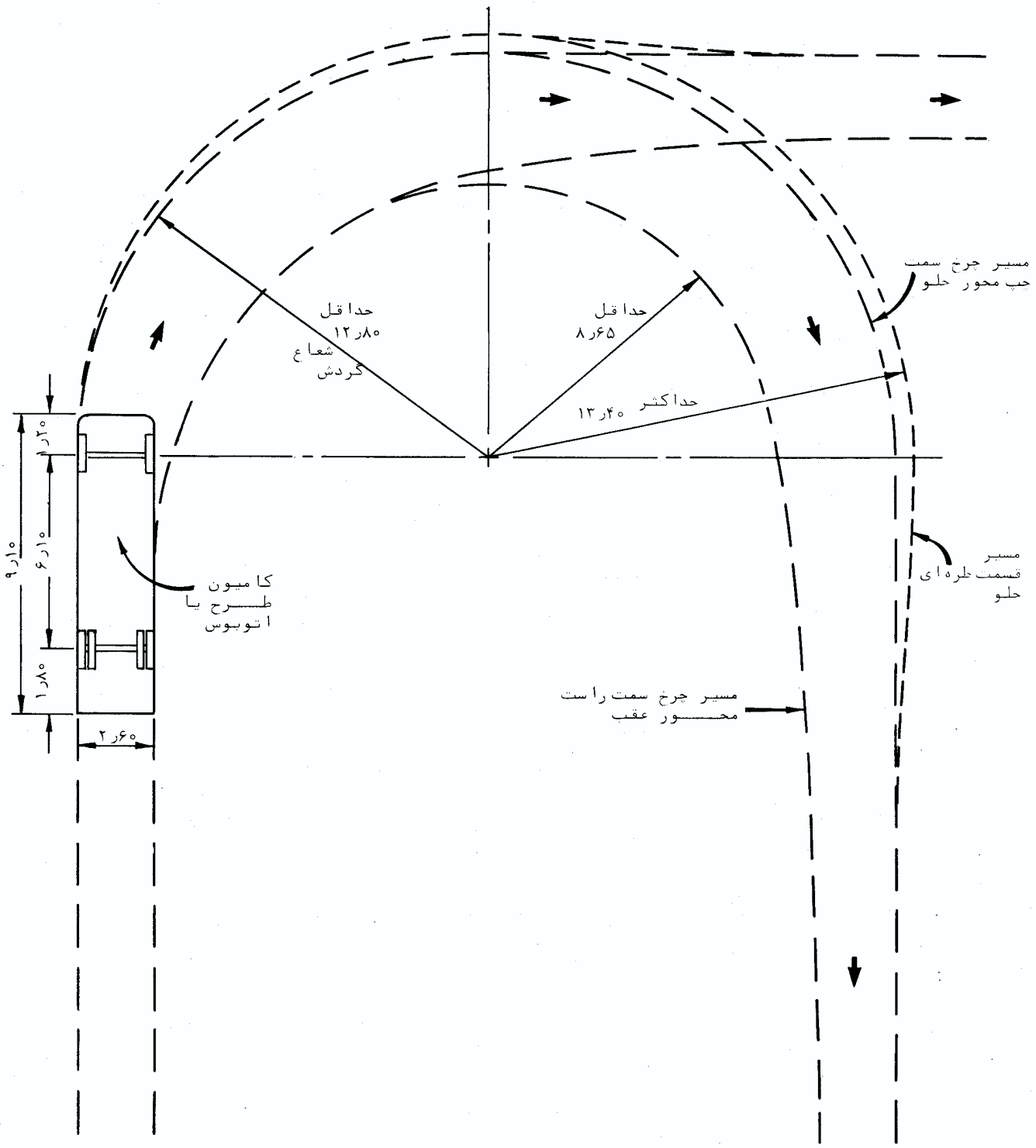
---

1. Wheel base
2. Tread Width



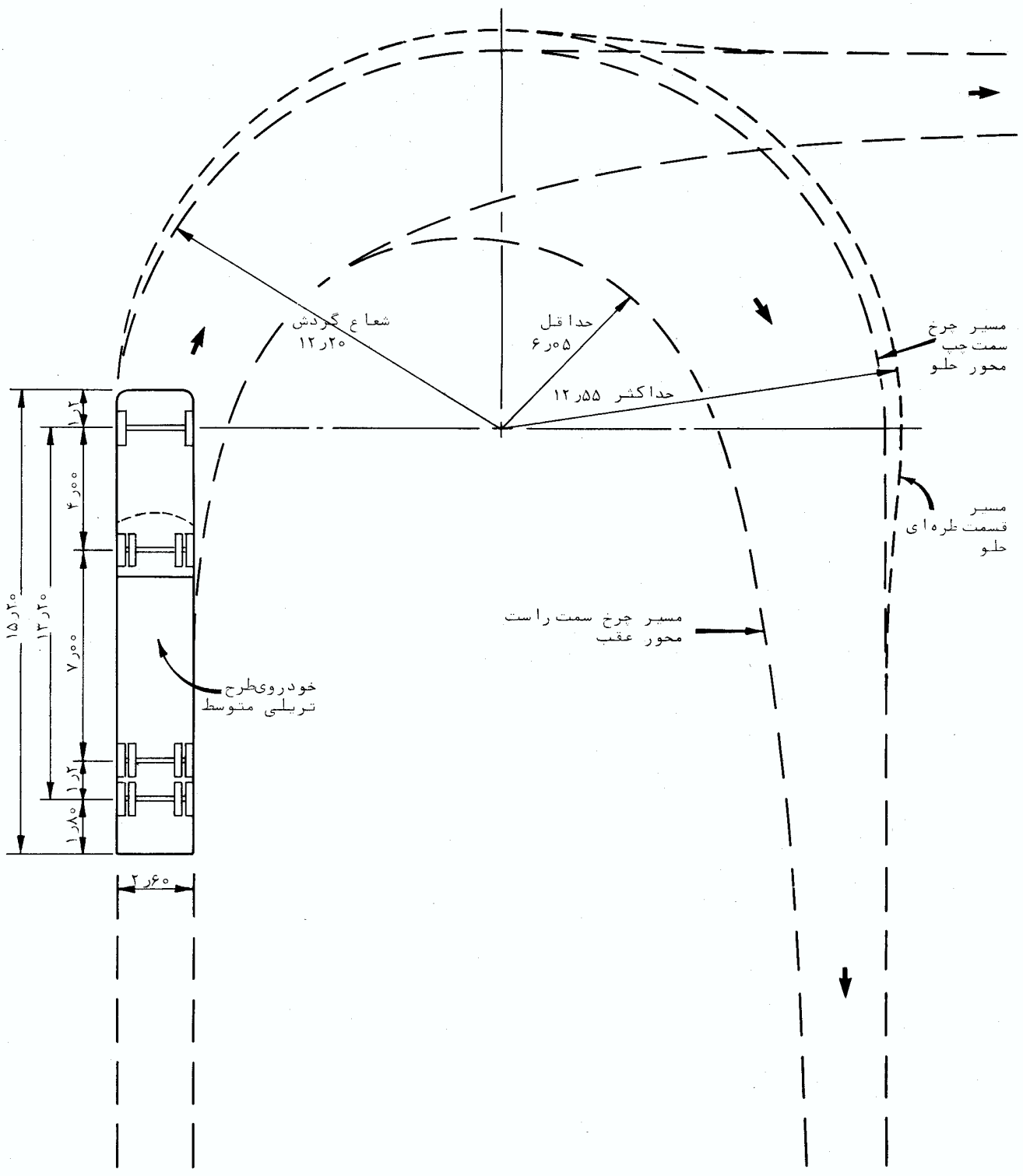
تذکر: تمام ابعاد به متر است.

شکل ۲ـ۲ . مشخصات مسیر گردش سواری طرح



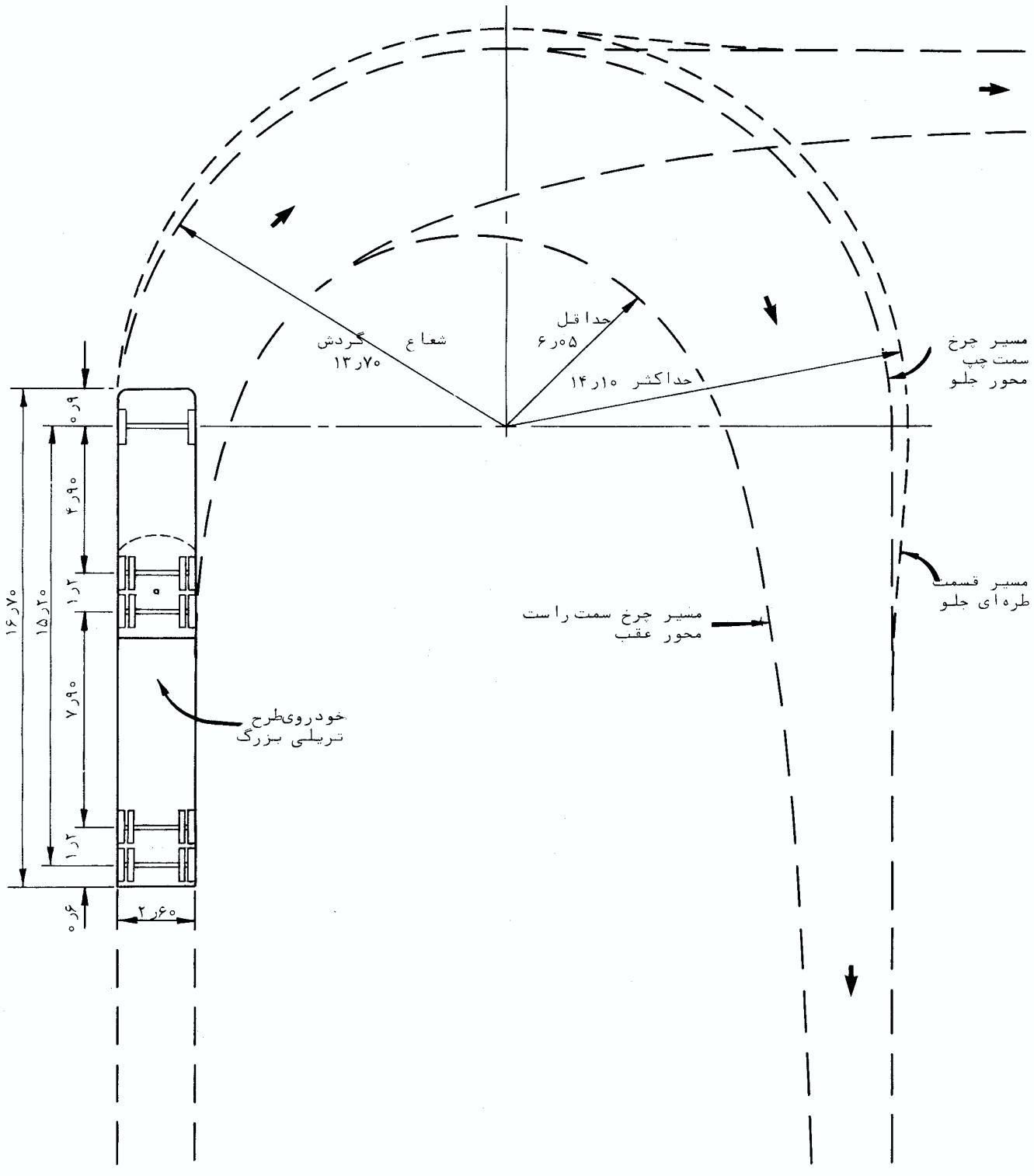
تذکر: تمام ابعاد به متر است.

شکل ۲–۳. مشخصات مسیر گردش کامیون طرح



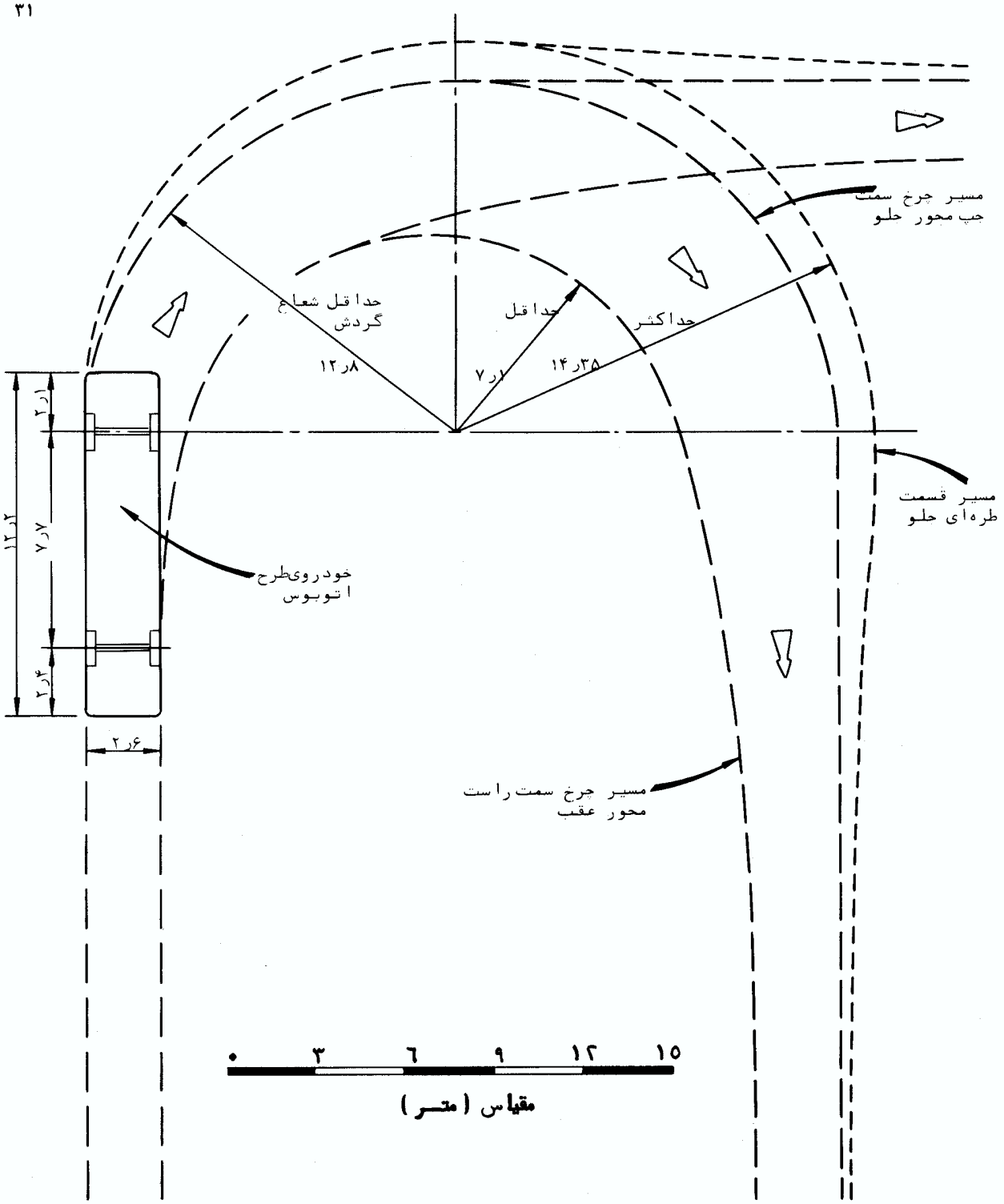
تذکر: تمام ابعاد به متر است.

شکل ۲–۴. مشخصات مسیر گردش خودروی طرح تریلی متوسط



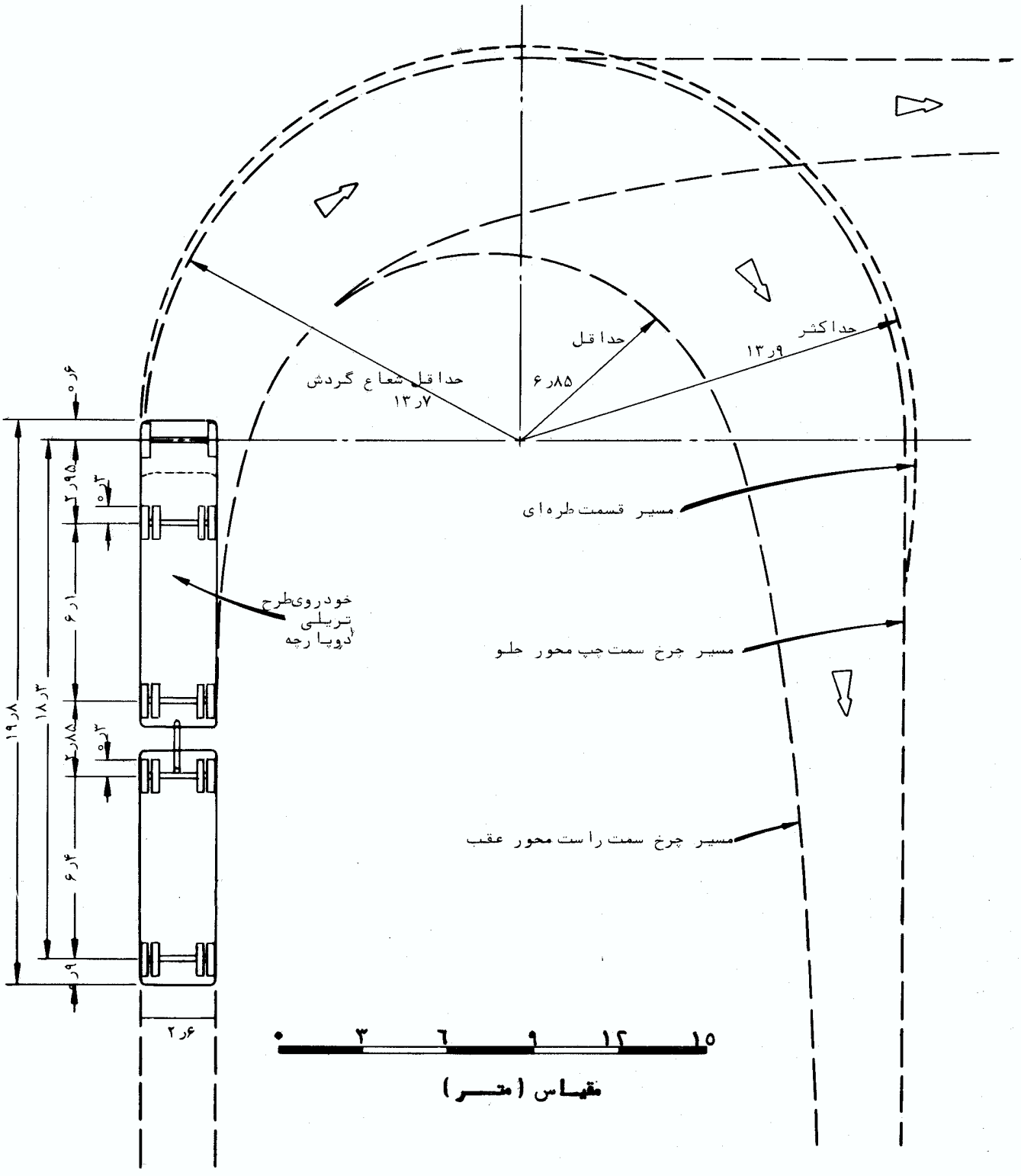
تذکر: تمام ابعاد به متر است.

شکل ۲–۵. مشخصات مسیرگردش خودروی طرح تریلی بزرگ



تذکر: تمام ابعاد به متر است.

شکل ۲-۶. مشخصات مسیر گردش اتوبوس طرح



تذکر : تمام ابعاد به متر است .

شکل ۲–۷ . مشخصات مسیرگردش کامیون یدککش

جدول ۲ـ۱ . اندازه‌های مشخصات ٦ وسیله طرح پیشنهادی

اشتو (متر)

نوع وسیله نقلیه	سواری	کامیون	اتوبوس	تریلی متوسط	تریلی بزرگ	کامیون با یدك
فاصله محور ابتدا و انتها	۳/۳	٦/۱	۷/٦	٤/۰ + ۸/۲=۱۲/۲	٦/۱ + ۹/۱=۱٥/۲	۳/۰ + ٦/۱ + ۲/۹ + ٦/٤ + ۱۸/٤
پیش‌آمدگی جلو	۰/۹	۱/۲	۲/۱	۱/۲	۰/۹	۰/٦
پیش‌آمدگی عقب	۱/٥	۱/۸	۲/٤	۱/۸	۰/٦	۰/۹
طول سرتاسری	٥/۸	۹/۱	۱۲/۲	۱٥/۲	۱٦/۸	۱۹/۸
عرض سرتاسری	۲/۱	۲/٦	۲/٦	۲/٦	۲/٦	۲/٦
ارتفاع وسیله نقلیه	متغیر	٤/۱	٤/۱	٤/۱	٤/۱	٤/۱
ارتفاع وسیله نظیه برای طرح *	٤/٥	٤/٥	٤/٥	٤/٥	٤/٥	٤/٥
حداقل شعاع دایره داخلی گردش	٤/٦	۸/٦	٦/۲	٦/۱	٦/۰	٦/۹
حداقل شعاع دایره خارجی گردش	۷/۳	۱۲/۸	۱۲/۸	۱۲/۲	۱۳/۷	۱۳/۷

* طرح هندسی راه باید طوری انجام گیرد که با توجه به روکشهای آتی راه قادر به عبور خودروهای با حداکثر ارتفاع مجاز (٤/٥ متر) باشد .

کامیون و اتوبوس نسبت به سواری طرح عرض بیشتری دارند و فاصله محور ابتدا تا انتها و همچنین حداقل شعاع گردش آنها نیز بیشتر است . کامیونها و اتوبوسهای دراز یکپارچه در مقایسه با اکثر تریلیها ، دارای حداقل شعاع گردش بزرگتری هستند اما تریلیهای بزرگ در موقع چرخش نیاز به عرض بیشتری دارند . باید توضیح داده شود که شعاعهای گردش حداقل داده شده در بالا فقط برای سرعتهای تا ۱۵ کیلومتر در ساعت درست است ، شعاعهای گردش برای سرعتهای بیش از ۱۵ کیلومتر در ساعت از مقادیر مذکور بیشتر است .

مشخصات کامیون طرح برای تمام کامیونها و اتوبوسها مناسب است و ابعاد طرح چرخش حداقل آن برای تعدادی از تریلیها نیز کافی می باشد ولی در هر حال ، در بیشتر راههایی که محل عبور کامیون و تریلی هستند ، باید یکی از تریلیهای طرح مبنای طرح قرار داده شود ، بویژه در محلهایی که راههای گردش ، جدول یا جزیره دارند . حتی برای عبور گهگاه تریلی ، عرض روسازی باید به اندازه کافی درنظر گرفته شود تا بتواند خودروی مذکور را از خود عبور دهد . راه باید همیشه برای بزرگترین خودرویی که ممکن است از آن عبور نماید ، کنترل شود تا خودروی مذکور قادر به عبور از آن باشد .

۲ــ٤ . سرعت

راه برای تسریع حمل و نقل ساخته می شود و بنابراین ، سرعت وسایل نقلیه عمده ترین عامل تعیین کننده خصوصیات هندسی را داراست . در طرح راه ، مطابق تعریفهای زیر دو نوع سرعت مورد پیدا می کند :

الف) سرعت طرح ــ سرعتی که یك وسیله ، بدون حضور وسایل دیگر ، می تواند به خود بگیرد و با خطر مواجه نشود ،

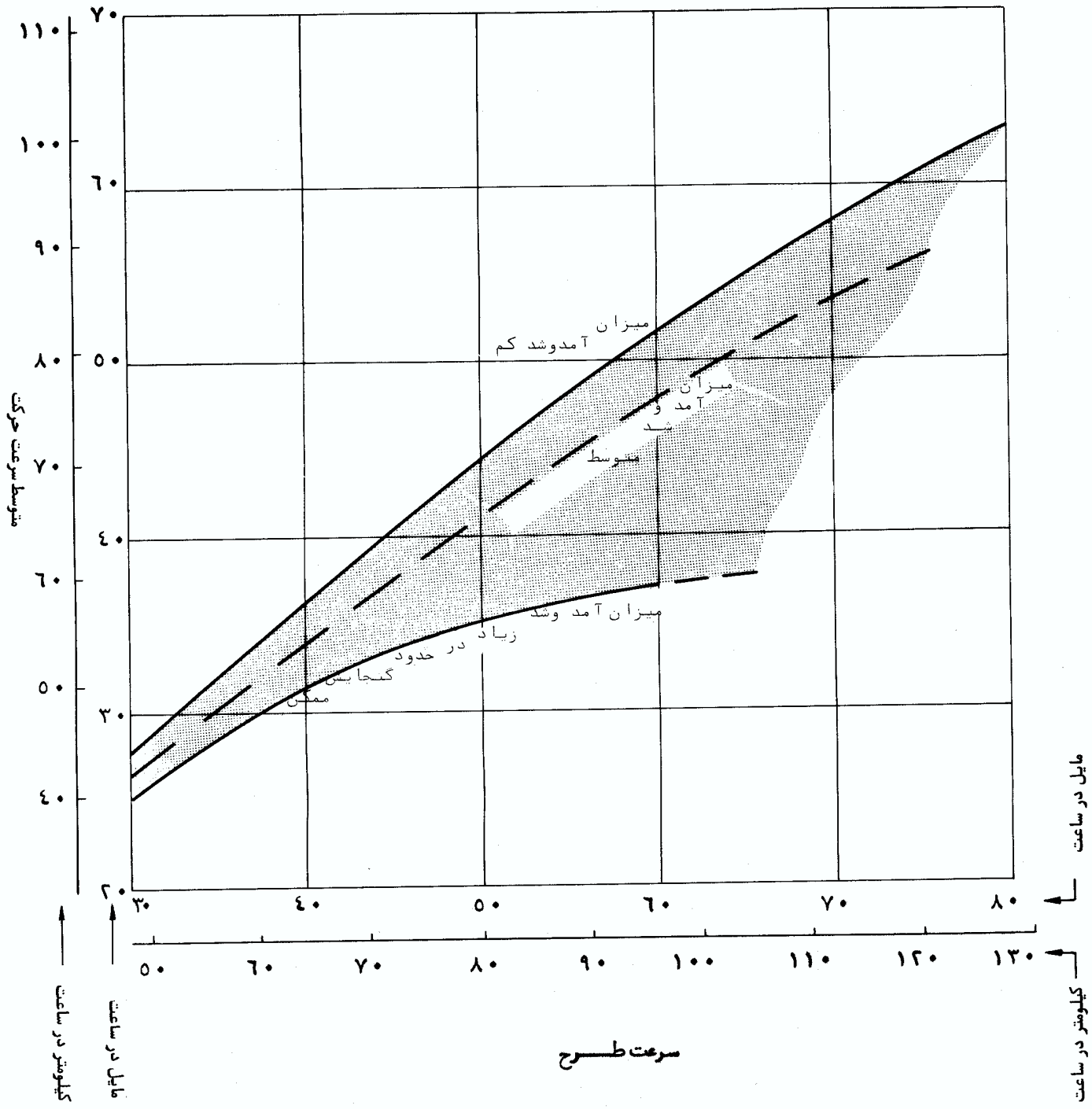
ب) سرعت حرکت ــ سرعت متوسطی که وسایل نقلیه در عمل و درجریان آمد و شد با آن حرکت می کنند .

سرعت طرح فقط بستگی به طرح هندسی دارد . در واقع ، اجزای عمده راه به گونه‌ای محاسبه می شوند که وسیله‌ای که با سرعت طرح حرکت می‌کند به راحتی و با ایمنی کافی قادر به طی راه باشد . سرعت طرح عددی است که طراح برای محاسبه اجزای هندسی راه انتخاب می‌کند ، در حالی که سرعت حرکت سرعت متوسط جریان آمد و شد است . سرعت حرکت به عوامل زیر بستگی دارد :

- سرعت طرح : هر چه سرعت طرح بیشتر باشد ، سرعت حرکت بالا تراست .
- میزان آمد و شد : هر چه میزان آمد و شد بیشتر باشد ، سرعت حرکت کمتر است .
- شرایط محیطی : سرعت حرکت در شب و در هوای بارانی و برفی کمتر از سرعت در روز و در هوای آفتابی است .
- مقررات و نحوه اجرای کنترل سرعت وسایل نقلیه .

از آنجا که راه برای شرایط عمومی ساخته می شود ، می‌توان از تاثیر شرایط محیطی و چگونگی اجرای مقررات محدودیت سرعت چشمپوشی کرد و سرعت حرکت را ، برای شرایط عادی ، برحسب سرعت طرح و مقدار آمد و شد مشخص نمود . شکل ۲ــ۸ و جدول ۲ــ۲ سرعت حرکت را برحسب سرعتهای مختلف طرح ، برای مقدار آمد و شد کم و متوسط و سنگین به دست می دهد .

در طرح راه ، نخست باید سرعت حرکت آمد و شد را انتخاب نمود و سپس با به کار بردن مباحث گنجایش ، سرعت طرح را مشخص کرد . انتخاب سرعت حرکت مسئله‌ای با پیامدهای اقتصادی است . برای مقدار معین آمد و شد ، تامین سرعت حرکت زیاد مستلزم احداث راهی عریض است و هزینه بیشتری از نظر ساختمان راه بر می‌دارد و از طرف دیگر ، با سرعت حرکت کم ، زمان حمل و نقل افزایش می یابد و وقت رانندگان و وسایل نقلیه تلف می شود . سرعت حرکت مناسب سرعتی است که با توجه به مخارج ساختمان راه و ارزش اقتصادی وقت رانندگان و وسایل نقلیه تعیین شده باشد . از آنجا که هزینه



شکل ۲–۸. رابطه متوسط سرعت حرکت با مقدار آمد و شد

احداث راه در مناطق کوهستانی (به علت عطیات سنگین راه سازی) ودر شهرها (به علت قیمت زیاد زمین) بسیار بالا ست ، سرعت حرکت در این موارد کمتر از سرعت حرکت راههای برونشهری در مناطق هموار و تپه ماهور انتخاب می شود . اشتو بر اساس تجربه و با توجه به صرفه اقتصادی ،سرعتهای حرکت زیر را برای راههای مختلف پیشنهاد می‌کند :

سرعت حرکت بین ۷۰ تا ۸۰ کیلومتر در ساعت ، برای همه راههای اصلی دو خطه مهم برونشهری وراههای چند خطه برونشهری درمناطق هموار و تپه ماهور ،

سرعت حرکت بین ۶۰ تا ۷۰ کیلومتر در ساعت ، برای راههای اصلی برونشهری نزدیك شهرها ، راههای چند خطه در مناطق کوهستانی و در صورت امکان ، راههای اصلی دو خطه برونشهری در مناطق

جدول ۲ــ۲ . سرعت حرکت برحسب سرعت طرح برای میزان آمد و شد کم و متوسط و زیاد

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	سرعت حرکت (کیلومتر در ساعت)		
	میزان کم آمد وشد	میزان متوسط آمد وشد	میزان آمد وشد نزدیك به گنجایش
۵۰	۴۶	۴۴	۴۱
۶۰	۵۵	۵۱	۴۸
۷۰	۶۲	۵۸	۵۳
۸۰	۷۰	۶۶	۵۶
۹۰	۷۸	۷۲	
۱۰۰	۸۵	۷۸	
۱۱۰	۹۱	۸۴	
۱۲۰	۱۰۲	۹۴	

کوهستانی ،
سرعت حرکت بین ۵۰ تا ۶۰ کیلومتر در ساعت ، برای راههای اصلی دو خطه در مناطق کوهستانی در صورتی که امکان تامین سرعت حرکت بیشتر نباشد ، و برای راههای درونشهری با کنترل دسترسی .

۲ـ۵ . گنجایش

۲ـ۵ـ۱ . کلیات

مقدار آمد و شد طرح ، مقدار آمد و شدی است که بر اساس پیش‌بینی در سال حد و در ساعت طرح ، راه را مورد استفاده قرار می‌دهد و به آن مقدار آمد و شد ساعت طرح هم می‌گویند . روشهای به دست آوردن مقدار آمد و شد ساعت طرح در اوایل این فصل شرح داده شده است .

گنجایش طرح [1] ، بیشترین تعداد وسایل نقلیه‌ای است که یك راه معین با ابعاد مشخص هندسی خود می‌تواند عبور دهد بی‌آنکه تراکم آمد و شد از حد پذیرفته شده بیشتر شود .

در طرح راه ، هدف این است که ابعاد و اجزای راه به گونه‌ای انتخاب شوند که گنجایش طرح نه کمتر و نه خیلی بیشتر از مقدار آمد و شد طرح شود تا به این ترتیب ، هم کیفیت قابل قبولی برای آمد و شد فراهم باشد و هم از اسراف ناشی از بیش‌گرفتن اجزای راه جلوگیری شود .

۲ـ۵ـ۲ . معیار تراکم آمد و شد

کیفیت آمد و شد را می‌توان با معیارهایی مانند سرعت آمد و شد ، ایمنی و آزادی در انتخاب سرعت سنجید . عملاً دو معیار زیر برای کیفیت آمد و شد به کار می‌رود :

---

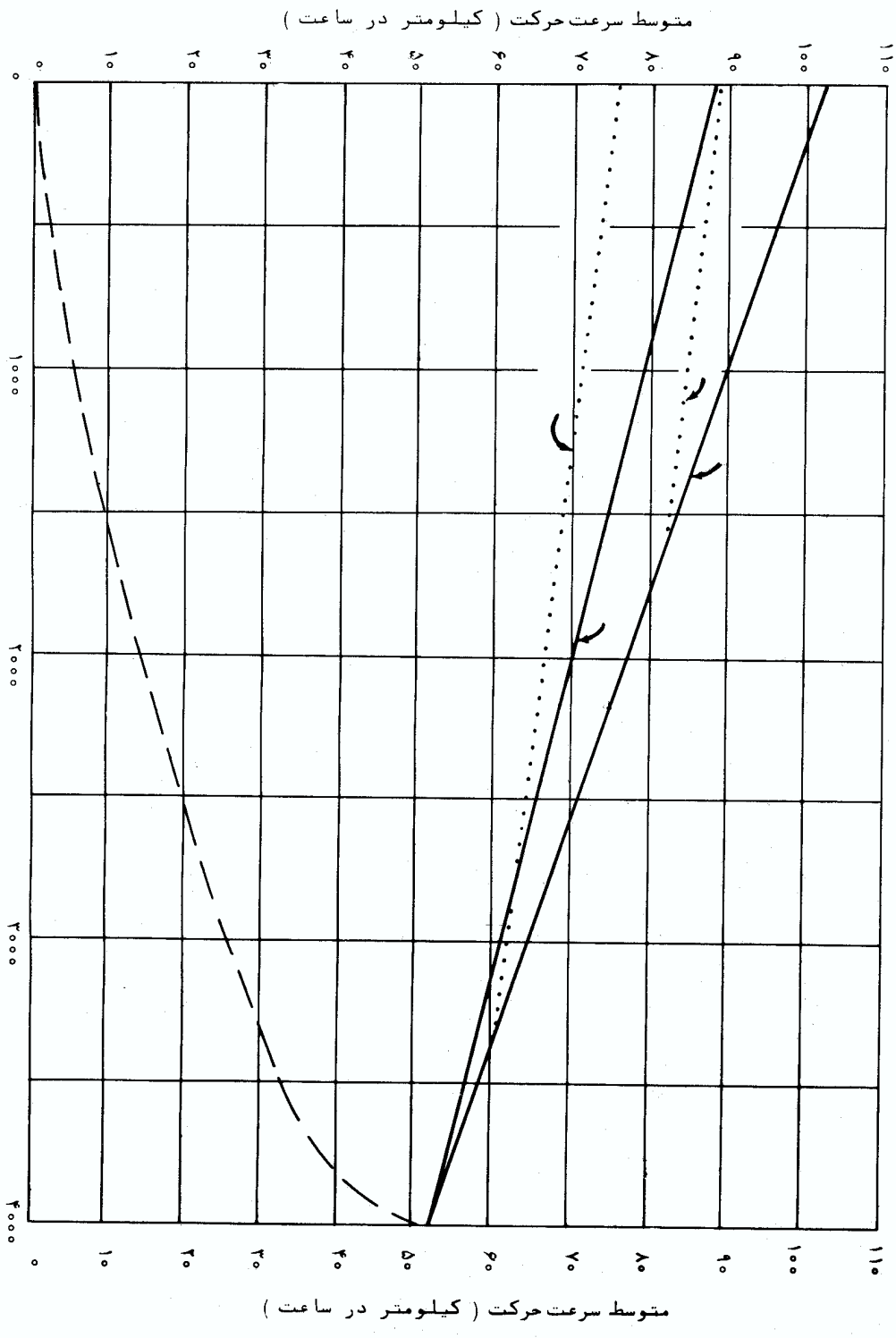
1. Design Capacity

یکم ــ سرعت حرکت آمد و شد : این معیار را که در بخش ۲ ــ ٤ شرح داده شد ، می‌توان برای نشان دادن کیفیت در همه راههای برونشهری و آزادراهها و بزرگراههای درونشهری به کار برد . استفاده از این معیار به این ترتیب است که نخست سرعت حرکت آمد و شد برای ساعت طرح انتخاب می‌شود . در بخش ۲ ــ ٤ سه نوع سرعتی که اشتوبرای را هـای مختلف پیشنهاد می‌کند ، داده شده است و در این فصل ، گنجایش طرح بر اساس هر یك از این سه سرعت تعیین می‌شود .

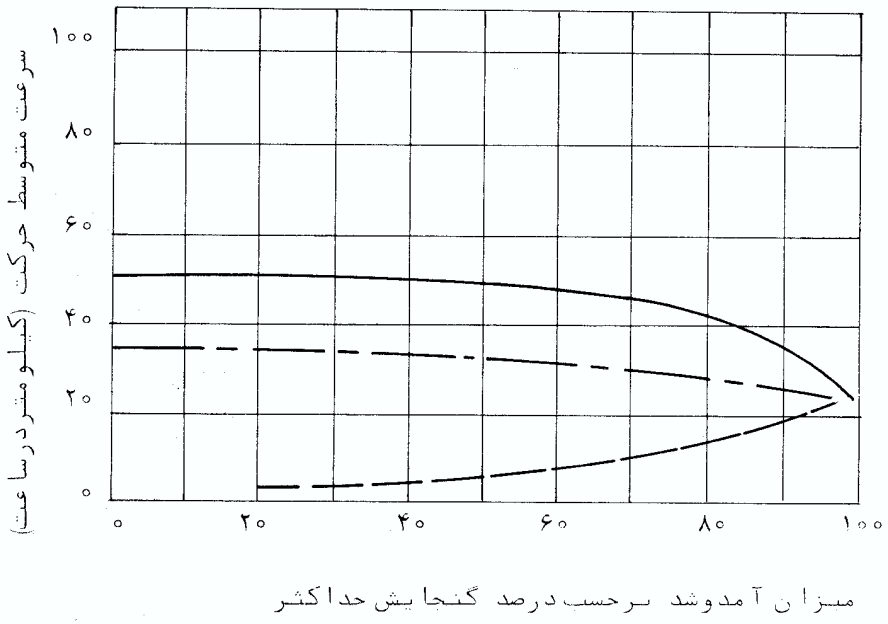
شکل ۲ ــ ۹ رابطه سرعت حرکت و گنجایش طرح را برای آمد و شد پیوسته (آزادراهها و بزرگراهها و راههای اصلی برونشهری) نشان می‌دهد . شکل ۲ ــ ۱۰ رابطه تغییرات سرعت حرکت و گنجایش را برای خیابانهای شهری نشان می‌دهد . همان طور که این شکل نشان می‌دهد ، در راههای اصلی برونشهری و آزاد راهها و بزرگراهها سرعت حرکت با تغییر مقدار آمد و شد چندان تفاوت نمی‌کند مگر آنکه مقدار آمد و شد از ۷۰ درصد گنجایش حد اکثر تجاوز نماید .

دوم ــ نسبت مقدار آمد و شد به گنجایش حد اکثر : گنجایش حد اکثر ، بیشترین تعداد وسایلی است که در شرایط معین می‌تواند از راه عبور کند . اگر مقدار آمد و شد در حدود گنجایش حد اکثر باشد ، تراکم آمد و شد بسیار زیاد است و سرعت حرکت وسایل حدود یکدیگر و برابر سرعت کندروترین وسیله است و فرصت و امکان سبقت گرفتن و تغییر سرعت وجود ندارد . این حالت آمد و شد نامتعادل است و پذیرفته نیست زیرا اگر مقدار آمد و شد حتی برای مدت کوتاهی از مقدار طرح بیشتر شود ، راهبندان ایجاد می‌شود ، پس هیچ‌گاه و در هیچ موردی نمی‌توان گنجایش طرح را برابر گنجایش حد اکثر گرفت .

گنجایش طرح همیشه کمتر از گنجایش حد اکثر است و نسبت این دو را ــ که همیشه از عدد یك کمتر است ــ می‌توان به عنوان معیار کیفیت آمد و شد به



شکل ۲-۹ . رابطه متوسط سرعت حرکت ومقدار آمدوشد درراههای برونشهری با سرعت طرح بالا



شکل ۲ـ۱۰. رابطه بین متوسط سرعت حرکت و میزان آمد و شد در خیابانهای شهری

کار برد . هرچه این نسبت به عدد یك نزدیکتر باشد ، کیفیت آمد و شد بدتر و هرچه کمتر از عدد یك باشد ، کیفیت آمد و شد بهتر است . اگر گنجایش طرح را با v و گنجایش حداکثر را با c نشان دهیم ، بسته به نسبت v / c می‌توان هفت کیفیت مختلف را تعریف کرد :

کیفیت "الف"	$0 < v/c \leq 0/3$
کیفیت "ب"	$0/3 < v/c \leq 0/5$
کیفیت "ج"	$0/5 < v/c \leq 0/75$
کیفیت "د"	$0/75 < v/c \leq 0/9$
کیفیت "هـ"	$0/9 < v/c \leq 1/0$
کیفیت "و"	$v/c < 1/0$

کیفیت " و" حالت غیرمتعادل راهبندان است زیرا در این حالت ، مقدار آمد و شد ازگنجایش حد اکثر تجاوز کرده است . هیچگاه راه را برای کیفیت " هـ " طرح نمی‌کنند زیرا در چنین کیفیتی ، به علت تغییرات ساعتی آمد و شد ، هر لحظه این امکان وجود دارد که مقدار آمد و شد برای مدتی ازگنجایش حد اکثر تجاوز کند و کیفیت راهبندان " و" پیش‌آید . از طرف دیگر ، ملاحظات اقتصادی به ندرت اجازه می دهد که راهی برای کیفیت " الف" طرح شود زیرا در این کیفیت فقط تا ۳۰ درصد گنجایش حد اکثر مورد استفاده قرار می‌گیرد .

جدول ۲ــ۳ . راهنمای کلی انتخاب کیفیت برای قسمتهای مختلف انواع راهها

نوع راه	کیفیت پیشنهادی برای منطقه	
	درونشهری و کنارشهری	برونشهری
آزادراهها و بزرگراهها :		
خطوط اصلی	ج *	ب
شیبراهه ها	ج	ب
قسمتهای تغییر خط	ج *	ب
راه اصلی :		
خطوط اصلی	ج	ب
قسمتهای تغییر خط	ج	ب
تقاطعهای باچراغ راهنما :		
در راههای اصلی	ب	الف
در راههای دیگر	ج	ب
درراههاوخیابانهای محلی	ج	ج

* در این موارد ممکن است به علت شرایط مشکل اجرایی مانند کمبود حریم راه ، کیفیت " د " انتخاب گردد .

پس ، برای طرح باید یکی از کیفیتهای "ب" ، "ج" و یا "د" انتخاب شود . انتخاب یکی از این سه کیفیت بر مبنای ملاحظات اقتصادی ، امکانات اجرایی و پذیرش عمومی است . در شهرها و مناطق کوهستانی که مخارج وسیعتر ساختن راه بسیار سنگین است ، کیفیت پایین‌تری انتخاب می‌شود و از آنجا که مسافران به مشکل ساختمان راه در این مناطق آگاهی دارند ، کیفیت پایین‌تر آمد و شد پذیرفتنی‌ست . همچنین ، در تقاطعها ممکن است مشکلات اجرایی ایجاب کند که کیفیت "د" انتخاب شود . بر اساس ملاحظات بالا ، اشتو در جدول ۲ــ۳ کیفیت آمد و شد را برای راههای مختلف پیشنهاد می‌کند .

برای استفاده از ضریب کیفیت در تعیین گنجایش طرح ، نخست کیفیت مناسب بر اساس جدول بالا انتخاب می‌شود و سپس ، ضریب مربوط به آن کیفیت در حجم گنجایش حد اکثر ــ که بعداً" داده می‌شود ــ ضرب شده ، و گنجایش طرح به دست می‌آید .

۲ــ۵ــ۳ . گنجایش طرح برای جریان پیوسته آمد وشد

جریان آمد و شد در آزادراهها و بزرگراههای شهری و برونشهری و در اکثر راههای دو خطه برونشهری را می‌توان جریانی پیوسته فرض کرد و بر اساس اعداد زیر گنجایش طرح آنها را به دست آورد . در این قسمت ، هم گنجایش حد اکثر که با استفاده از آن و ضریب کیفیت می‌توان گنجایش طرح را به دست آورد و هم گنجایش طرح برای سه دسته سرعتهای حرکت داده می‌شود .

گنجایش در همه جا بر حسب خودروی سبك (معادل سواری) داده می‌شود. وسایل سنگین را باید بر اساس ضرایب جدول ۲ــ۴ به معادل سواری آن تبدیل کرد .

اعداد داده شده در جدول ۲ــ۴ بر این فرضها استوار است که :

ــ عرض خط عبور ۳/۶۵ متر باشد .

ــ جسم مانعی تافاصله ۱/۸ متری لبه خط عبور وجود نداشته باشد .

جدول ۲ــ٤ . معادل سواری (وسایل نقلیه سبك) وسایل نقلیه سنگین

نوع راه	نوع وسیله	معادل سواری وسایل نقلیه سنگین		
		هموار	تپه ماهور	کوهستانی
راههای چند خطه	کامیون	۲	٤	۸
	اتوبوس	۱/٦	۳	٥
راههای دوخطه دو طرفه (راههای اصلی)	کامیون	۲/٥	٥	۱۰
	اتوبوس	۲	٤	٦

ظرفیت هر خط بزرگراه و آزادراه بر حسب خودروی سبك مطابق جدول ۲ــ٥ و ظرفیت کل (دو جهت) راه دو خطه دو طرفه (راههای اصلی) بر حسب وسیله سبك مطابق جدول ۲ــ۷ می‌باشد .

۲ــ٥ــ٤ . گنجایش طرح برای جریان ناپیوسته آمد و شد

آمد و شد ناپیوسته در راههایی جریان دارد که فواصل کم تقاطعهای همسطح جریان آمد و شد را به صورت منقطع در می‌آورد . کلیه خیابانهای شهری و بعضی از راههای برونشهری چنین حالتی دارند . ظرفیت طرح جریان ناپیوسته در مورد راههای شهری و برونشهری جداگانه شرح داده می‌شود .

جدول ۲ــ۵ . گنجایش طرح یك خط از راههای چند خطه بر حسب خودروی سبك (معادل سواری) درساعت

سرعت طرح	گنجایش حد اکثر (c)	گنجایش طرح برای سرعت حرکت متوسط (کیلومتر در ساعت)		
		۸۰ــ۷۰	۷۰ــ۶۰	۶۰ــ۵۵
۱۱۰ کیلومتر در ساعت و بیشتر	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱۳۰۰	۱۶۰۰
۱۰۰ کیلومتر در ساعت	۲۰۰۰	۴۰۰	۱۱۰۰	۱۵۰۰
۸۰ کیلومتر در ساعت	۲۰۰۰	بسیار کم	۵۰۰	۱۲۵۰

توضیح جدول :

ــ گنجایشهای بالا برای راهی است که عرض هر خط آن حداقل ۳/۶۵ است . برای راههایی که عرض خطهای آن ۳/۵ متر است ، باید اعداد را در ضریب ۹۵/۰ ضرب کرد . برای راهی که عرض خطهای آن ۳/۲۵ متر است باید اعداد را در ضریب ۹۰/۰ ضرب کرد . راههایی که عرض خط آنها از ۳/۶۵ متر کمتر است ، به دلایل ایمنی باید سرعت طرح کمتر از ۸۰ کیلومتر در ساعت داشته باشند .

ــ گنجایشهای بالا با این فرض است که تا فاصله ۱/۸ متری از لبه روسازی مانعی در کناره راه وجود ندارد . در صورتی که چنین مانعی در فاصله کمتر از ۱/۸ متر از لبه روسازی وجود داشته باشد ، باید ظرفیتها را بر اساس جدول ۲ــ۶ اصلاح کرد .

جدول ۲ــ۶ . ضرایب اصلاح گنجایش برای موانعی که فاصله جسم مانع از لبه روسازی کمتر از ۱/۸ متر باشد

فاصله مانع از لبه روسازی (متر)	برای مانع در یك جهت		برای مانع در دو جهت	
	راه دوخطه دو طرفه	راه ٤ خطه (دو خط یك جهت)	راه دوخطه دو طرفه	راه ٤ خطه (دو خط یك جهت)
۱/۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
۱/۵	۰/۹۸	۱/۰۰	۰/۹٦	۰/۹۹
۱	۰/۹٤	۰/۹۸	۰/۸۸	۰/۹۷
۰/۵	۰/۹۰	۰/۹۷	۰/۷۹	۰/۹۳
۰	۰/۸۵	۰/۹۰	۰/۷۰	۰/۸۱

۲ــ۵ــ۵ . ظرفیت طرح در آمد و شد ناپیوسته راههای برونشهری

نخست باید معیاری برای پیوسته و ناپیوسته بودن جریان آمد و شد راههای برونشهری تعیین کرد . شرط اول ناپیوسته بودن جریان آمد و شد وجود تقاطعهای همسطح و شرط دوم آن مقدار قابل ملاحظه آمد و شد در راه مورد نظر و در راهی است که راه مورد نظر را قطع می‌کند . در جدول ۲ــ۸ حداقل مقدار آمد و شد راه مستقیم و راه متقاطع (برحسب معادل سواری) داده شده است . اگر مقدار آمد و شد یکی از دو راه (مستقیم و یا متقاطع) در حدود مقادیر جدول و یا بیش از آن باشد ، جریان آمد و شد در راه مستقیم ناپیوسته به حساب می‌آید و در صورتی که مقدار آمد و شد راه مستقیم و راه متقاطع از مقادیر جدول کمتر باشد ، جریان آمد و شد در راه مستقیم پیوسته محسوب می شود .

جدول ۲ـ۷ . گنجایش کل راههای اصلی دو خطه دو طرفه برحسب خودروی سبک (معادل سواری) درساعت

سرعت طرح راه	درصدی از طول راه که در آن فاصله دید کمتر از ۴۵۰ متر است	گنجایش حد اکثر (C)	گنجایش طرح برای سرعت حرکت متوسط (کیلومتر در ساعت)		
			۸۰ـ۷۰	۷۰ـ۶۰	۶۰ـ۵۵
۱۰۰ کیلومتر	۰		۹۰۰	۱۳۰۰	۱۶۰۰
در ساعت	۲۰		۸۶۰	۱۲۶۰	۱۶۰۰
یا بیشتر	۴۰	۲۰۰۰	۸۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰
	۶۰		۷۲۰	۱۰۴۰	۱۴۴۰
	۸۰		—	—	—
۸۰ کیلومتر	۰			۱۱۴۰	۱۵۵۰
در ساعت	۲۰			۱۰۲۰	۱۴۳۰
	۴۰	۲۰۰۰	اندك	۸۷۰	۱۲۸۰
	۶۰			۷۰۰	۱۱۲۰
	۸۰			۵۰۰	۹۶۰
۶۰ کیلومتر	۰				۱۲۴۰
در ساعت	۲۰		—	—	۱۱۰۰
	۴۰	۲۰۰۰			۹۹۰
	۶۰				۷۴۰
	۸۰				۲۷۰

توضیح جدول :

ـ گنجایشهای بالا برای راهی است که عرض روسازی آن حداقل ۷/۳۰ متر

باشد . عرض‌روسازی راههایی که سرعت طرح آنها ۱۰۰ کیلومتر در ساعت یا بیشتر است ، نباید از ۷/۳۰ متر کمتر باشد . در صورتی‌که عرض‌روسازی راههایی که سرعت طرح آنها ۸۰ کیلومتر در ساعت یا کمتر است از ۷/۳۰ متر کمتر باشد ، گنجایشهای بالا را باید به این ترتیب اصلاح کرد : برای راههای ۷ متری گنجایشها را باید در ضریب ۰/۹۰ و برای راههای ۶/۵ متری در ضریب ۰/۸۰ ضرب نمود .

ـ گنجایشهای بالا با این فرض است که تا فاصله ۱/۸ متری از لبه روسازی مانعی در کنار راه وجود نداشته باشد . در صورتی‌که فاصله مانع تا لبه روسازی کمتر از ۱/۸ متر باشد ، باید گنجایش‌را مطابق جدول ۲ـ۶ اصلاح کرد .

جدول ۲ـ۸ . حداقل مقدار آمد وشد مستقیم و آمد و شد راه متقاطع برای آنکه بتوان جریان آمد وشد راه برونشهری را ناپیوسته به شمار آورد

حداقل مقدار ساعتی کل آمد و شد دو طرف			
راه دو خطه دو طرفه		راه چهارخطه دو طرفه	
آمد وشد مستقیم	آمد وشد متقاطع	آمد وشد مستقیم	آمد وشد متقاطع
۴۰۰	۲۵۰	۱۰۰۰	۲۰۰
۵۰۰	۲۰۰	۱۵۰۰	۵۰
۶۵۰	۱۰۰	۲۰۰۰	۲۵

با استفاده از جدول ۲ـ۸ ، گنجایش‌طرح راههای برونشهری به ترتیب زیر محاسبه می‌شود :

ـ اگر جریان بر اساس جدول ۲ـ۸ پیوسته باشد ، ظرفیت طرح مانند آمد و شد پیوسته و با استفاده از جدولهای ۲ـ۵ و ۲ـ۷ محاسبه می‌شود .

ـ اگر جریان بر اساس جدول ۲ـ۸ ناپیوسته باشد ، چه در محل تقاطع چراغ راهنما پیش‌بینی بشود و چه نشود ، گنجایش‌طرح تقاطع با فرض بودن چراغ راهنما محاسبه می‌شود .

گنجایش طرح هر خط راههای چند خطه بین ۵۰۰ تا ۱۲۰۰ وسیله تغییر می‌کند (برحسب تعداد وسایل نقلیه سنگین و شرایط دیگر) ، درحالی که گنجایش هر خط همان راه در محل تقاطع عددی بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ وسیله می‌باشد (بسته به مدت زمان چراغ سبز راهنمایی و شرایط دیگر) . به این ترتیب ، عموماً در راههای چند خطه لازم می‌شود که در نقاط برخورد به تعداد خطوط راه افزوده شود . محاسبه گنجایش و آمد و شد نقطه تقاطع تعداد خطوط اضافی لازم را معین می‌کند .

گنجایش طرح کل راههای دو خطه دو طرفه معمولاً کمتر از ۶۰۰ خودرو در ساعت است ، در حالی که گنجایش نقطه برخورد این راهها از این عدد بیشتر است . بنابراین ، در راههای دو خطه دو طرفه عموماً اضافه کردن تعداد خطوط در محل تقاطع مورد پیدا نمی‌کند . در صورتی که در راههای دو خطه دو طرفه توزیع جهتی آمد و شد شدید باشد (مقدار آمد و شد یک جهت در ساعت شلوغی بیش از $\frac{2}{3}$ کل آمد و شد دو طرف باشد) ، یا آنکه مقدار آمد و شد گردش به چپ و به راست بیش از حد معمول باشد (بیش از ۱۰٪) و یا سهم زیادی از زمان چراغ سبز به آمد و شد راه متقاطع اختصاص داده شود ، ممکن است اضافه کردن تعداد خطوط لازم شود .

۲ـ۵ـ۶ . گنجایش طرح در آمد و شد ناپیوسته ، خیابانها و راههای اطراف شهری

محاسبه گنجایش طرح خیابانها و راههای اطراف شهری بسیار مشکل است زیرا گنجایش به عوامل متعددی بستگی دارد که در این قبیل راهها با مرور زمان تغییر می‌کند . گنجایش خیابان به مقدار آمد و شد راه متقاطع ، به تعداد توقفها و اصطکاکها ، به اداره و کنترل آمد و شد و به وضعیت پارکینگ بستگی دارد و همه این عوامل در طول زمان تغییر می‌کند . در قسمتهای بعدی این دستورالعمل ، محاسبه دقیق گنجایش تقاطعها به تفصیل داده خواهد شد ، در اینجا ، اعدادی به عنوان یک راهنمای بسیار کل و تقریبی در

جدول ۲ــ۹ داده می‌شود . در استفاده از این جدول باید وضع آینده راه شهری و حالت متناسب با آن را پیش‌بینی کرد و سپس این حالت را از جدول انتخاب نمود .

جدول ۲ــ۹ . گنجایش طرح برای خیابانها و راههای اطراف شهری

نوع راه	گنجایش طرح برحسب سواری و با فرض عرض خط برابر ۳/۶۵ متر
شریانیهای اطراف شهر که آمد و شد راه متقاطع و اصطکاك کناری آنها کم است (با کیفیت ج) .	۷۰۰ ــ ۹۰۰
شریانیهای اطراف شهرکه آمد و شد راه متقاطع و اصطکاك کناری آنها قابل ملاحظه است (با کیفیت ج) .	۵۰۰ ــ ۷۰۰
شریانیهایی که فاصله چراغهای آنها از ۱/۵ کیلومتر بیشتر است ، توقف در آنها ممنوع است و محلهایی درآنها برای وسایل متوقف شده وجود دارد (با کیفیت ج) .	۴۰۰ ــ ۶۰۰
شریانیهایی‌که فواصل چراغهای آنها از ۱/۵ کیلومتر کمتر است	مطابق گنجایش تقاطع

محاسبه گنجایش طرح تقاطعها (سه راه و چهار راه و مانند آن) و میدانها و شیبراهه‌ها و راههای ورودی و خروجی مفصل است و طراحان می‌توانند برای اطلاعات بیشتر در این‌مورد، در قسمت منابع در پایان این نشریه به منبع شماره‌ٔ ۹ که شناخته شده ترین مرجع در باره ظرفیت راهها‌ست ، رجوع کنند . در اینجا به شرح کلیاتی اکتفا می‌شود .

محاسبه گنجایش تقاطعهای با چراغ راهنما ــ هنوز روش پذیرفته شده‌ای برای محاسبه گنجایش تقاطعهای همسطح بدون چراغ راهنما وجود ندارد . متداولترین روشهای محاسبه و تعیین ظرفیت تقاطعهای با چراغ راهنما روش موسسه تحقیقات راه سازی انگلستان[1] و روش مندرج در منبع شماره ۹ است که در آمریکا تهیه شده است .

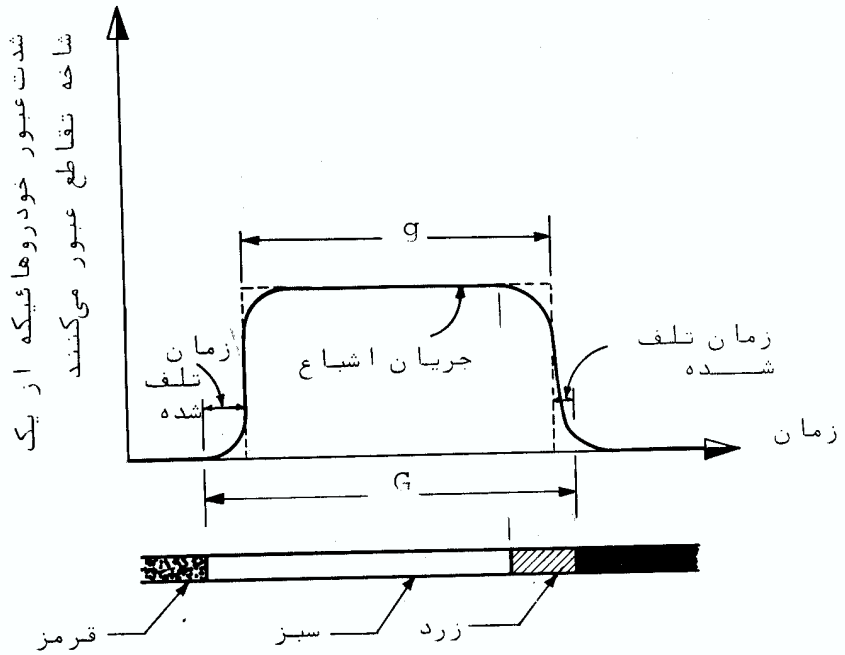
با تحقیقاتی که توسط تهیه کنندگان این دستورالعمل در ایران انجام شده است ، نتایج به دست آمده از روش موسسه تحقیقات راه سازی انگلستان به مراتب از روش آمریکایی به شرایط ایران نزدیکتر است و بنابراین ، در این دستورالعمل برای محاسبه و تعیین گنجایش تقاطعها برای ایران فقط روش انگلیسی پیشنهاد می شود که به شرح زیر است :

تعریف ظرفیت ــ مقصود از ظرفیت تقاطع ، ظرفیت شاخه های مختلف خیابانهایی است که به تقاطع ختم می شوند . طبق تعریف ، ظرفیت هر شاخه خیابان عبارت از حد اکثر تعداد وسایل نقلیه‌ای است که در یك واحد زمان (معمولا " یك ساعت) می توانند از آن عبور نمایند .

جریان اشباع ــ در یك تقاطع ، هنگامی که چراغ برای یك شاخه خیابان سبز می شود ، کم کم وسایل نقلیه متوقف شده در آن شاخه شروع به حرکت می نمایند و در نتیجه ، شدت عبور با سرعت گرفتن وسایل نقلیه افزایش می یابد تا آنکه به یك حد اکثر معین می‌رسد . این مقدار را " جریان اشباع" می نامند . (در شکل زیر ظرفیت اشباع نشان داده شده است) . به طور تصوری ، جریان اشباع عبارت است از حداکثر وسایل نقلیه‌ای که در یك ساعت بدون آنکه چراغ قرمز شود از تقاطع عبور می‌کنند .

---

1. Road Research Laboratory (RRL)



رابطه گنجایش عبور :

$$C = \frac{gs}{c}$$

در این رابطه :

C = ظرفیت شاخه مورد نظر (وسیله نقلیه در ساعت)

G = جمع زمان سبز به اضافه زمان زرد (ثانیه)

L = زمان تلف شده

g = زمان سبز موثر که برابر است با G - L

S = جریان اشباع (برحسب وسیله نقلیه در یك ساعت زمان چراغ سبز)

K = زمان سیکل چراغ

مقدار جریان اشباع یا در محل تقاطع (که چراغ آن به طور یکنواخت سبز باشد) اندازه گرفته می‌شود و یا از رابطه تجربی زیر به دست می‌آید .

برای ۱/۵ < W متر : $S = ۵۳ W$

در این رابطه :

S = جریان اشباع بر حسب معادل سواری در یك ساعت زمان چراغ سبز .

W = عرض خیابان به متر (در خیابانهای یکطرفه ، فاصله جدول تا جدول و در خیابان دو طرفه ، فاصله جدول تا خط وسط خیابان مورد نظر می باشد).

برای مقادیر W بین ۳ تا ۵/۱ متر :

W (متر)	۵/۱	۴/۸	۴/۵	۴/۲	۳/۹	۳/۶	۳/۳	۳
S (معادل سواری)	۲۷۰۰	۲۴۷۵	۲۲۵۰	۲۰۷۵	۱۹۵۰	۱۹۰۰	۱۸۷۵	۱۸۵۰

رابطه بالا برای ظرفیت عبور اشباع برای شرایطی است که :

- خیابان (یا راه) دارای شیب طولی نیست ،
- تمام وسایل نقلیه از نوع سواری هستند ،
- گردش به چپ وجود ندارد ،
- گردش به راست وجود ندارد ، و
- خودرو در نزدیکی چهار راه پارك نشده است .

حال در زیر طرز تصحیح مقدار ظرفیت عبور اشباع برای مواردی که با فرضیات بالا وفق نمی دهند ، داده می شود .

یکم ـ اثر شیب جاده

الف) برای هر یك درصد فراز، مقدار عبور اشباع باید ۳٪ کاهش داده شود .

ب) برای هر یك درصد نشیب ، مقدار عبور اشباع باید ۳٪ افزایش داده شود (حداکثر افزایش مقدار عبور اشباع ۱۵٪ است ـ یعنی ۵٪ نشیب) .

باید توضیح داده شود که شیب خیابان از خط توقف در چهار راه تا فاصله ۶۰ متری اندازه گرفته می شود .

دوم ــ اثر خودروهای غیرسواری ــ مقدار عبور اشباع داده شده در بالا برحسب معادل سواری است . اگر وسایل نقلیه دیگری غیر از سواری در آمد و شد وجود داشته باشد ، باید با استفاده از ضرایب تبدیل زیر آنها را به معادل سواری تبدیل نمود :

۱ کامیون	۲ $\frac{۱}{۲}$ سواری
۱ کامیون کوچک	۱ $\frac{۳}{۴}$ سواری
۱ اتوبوس	۲ $\frac{۱}{۴}$ سواری
۱ موتورسیکلت	$\frac{۱}{۳}$ سواری
۱ دوچرخه	$\frac{۱}{۵}$ سواری

سوم ــ اثر گردش به چپ

الف) آمد و شد از رو به رو جریان ندارد و خط مخصوص گردش به چپ هم وجود ندارد ــ در این حالت ، ظرفیت اشباع مشابه بالا (رابطه $S = ۵۳\ W$) ، یعنی به فرض آنکه آمد و شد مستقیم است و گردش به چپ و راست وجود ندارد ، محاسبه می شود .

ب) ترافیک از رو به رو وجود ندارد ولی خط مخصوص گردش به چپ وجود دارد . در این حالت مقدار عبور اشباع تابع شعاع گردش (r) است .

خط مخصوص گردش یک خطه : $S = \frac{۱۸۰۰}{۱ + \frac{۱/۵}{r}}$ (معادل سواری در ساعت)

خط مخصوص گردش دو خطه : $S = \frac{۳۰۰۰}{۱ + \frac{۱/۵}{r}}$ (معادل سواری در ساعت)

در این رابطه ، r شعاع گردش (به متر) است .

در این حالت ، جریان اشباع و ظرفیت خطوط مخصوص گردش به چپ محاسبه شده و سپس با جریان اشباع یا ظرفیت سایر خطوط عبور جمع می شود .

ج) ترافیك از رو به رو وجود دارد ــ در این حالت چه خط مخصوص گردش وجود داشته و چه نداشته باشد ، اثر هر گردش به چپ معادل $\frac{۳}{۴}$ ۱ عبور مستقیم است .

چهارم ــ اثر گردش به راست ــ تا مقدار ۱۰٪ گردش به راست ، اصلاح برای گردش به راست ضروری نیست . اما اگر مقدار گردش به راست از ۱۰٪ زیادتر شود ، از رابطه زیر استفاده می شود :

یك وسیله نقلیه در گردش به راست (برای ۱۰٪ اول) = یك وسیله نقلیه‌ای که مستقیم می‌رود .

یك وسیله نقلیه در گردش به راست (مازاد بر ۱۰٪) = $\frac{۱}{۴}$ ۱ وسیله نقلیه‌ای که مستقیم می‌رود .

پنجم ــ اثر وسیله نقلیه پارك شده ــ اگر وسیله نقلیه‌ای در نزدیکی تقاطع پارك شده باشد ، بر روی عرض موثر خیابان و در نتیجه در مقدار ظرفیت تقاطع اثر می‌گذارد . هر قدر ماشین پارك شده به تقاطع نزدیکتر باشد ، اثر آن زیادتر است . اثر وسیله نقلیه پارك شده بر حسب عرض تلف شده خیابان راه بیان می‌شود :

$$We = ۱/۶۵ - \frac{۰/۹(Z - ۷/۵)}{g}$$

برای $Z \leqslant ۷/۵$ $\qquad We = ۱/۶۵$

که در این رابطه :

We = عرض تلف شده خیابان در اثر پارك کردن وسیله نقلیه (به متر) .

Z = فاصله وسیله نقلیه پارك شده تا چهار راه (به متر) .

g = زمان چراغ سبز موثر یعنی $(G - L)$ که قبلاً در بالا تعریف شد .

اگر وسیله نقلیه پارك شده کامیون باشد ، باید مقدار We محاسبه شده در بالا در ضریب ۱/۵ ضرب شود . یادآوری می شود که این عرض تلف شده باید از عرض شاخه خیابان کسر شود ، در نتیجه ، رابطه مربوط به محاسبهٔ مقدار عبور اشباع داده شده در بالا به صورت زیر تغییر می‌کند :

$$S = 53 (W - We)$$

ششم ــ اثر محیط و عابر پیاده در مقدار عبور اشباع ــ مقدار عبور اشباع داده شده در بالا برای شرایط متوسط یعنی منطقه نیمه مسکونی که تعداد عابر پیاده زیاد نیست ، داده شده است . در صورتی‌که محل تقاطع در محلهای خلوت که تعداد عابر پیاده آن کم است واقع شده باشد و جاده مستقیم بوده و تقاطع دارای دید کافی باشد ، ظرفیت اشباع محاسبه شده در بالا باید در ضریب ۱/۲ ضرب شود .

برای مناطق خیلی شلوغ مثل مناطق تجاری که تعداد عابران پیاده خیلی زیاد است و برای تقاطعهایی که در پیچ واقع شده و دید راننده خوب نیست ، مقدار عبور اشباع باید در ضریب ۰/۸۵ ضرب شود .

خلاصه :

با تصحیحات بالا ، ظرفیت شاخه خیابان در یك تقاطع از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$C = \frac{g}{k} 53(W - We). GF.RT.LT.TF.LIM$$

در این رابطه :

C = ظرفیت شاخه تقاطع (برحسب وسیله نقلیه)

g = زمان چراغ سبز موثر (ثانیه)

K = زمان سیکل (ثانیه)

W = عرض شاخه تقاطع (متر)

We = عرض تلف شده شاخه تقاطع در اثر پارك که رابطه آن قبلاً داده شد (متر) .

GF = ضریب تصحیح شیب جاده

RT = ضریب تصحیح گردش به راست

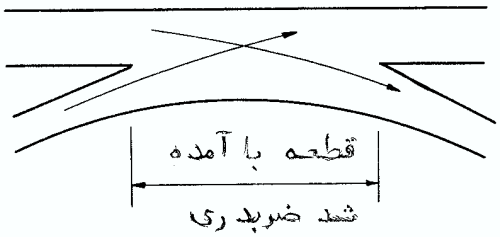
LT = ضریب تصحیح گردش به چپ

TF = ضریب تصحیح اثر خودروهای غیر سواری

LIM = ضریب تصحیح اثر محیط و عابر پیاده

۲ــ۵ــ۷ . گنجایش قسمتهای با آمد و شد ضربدری[1]

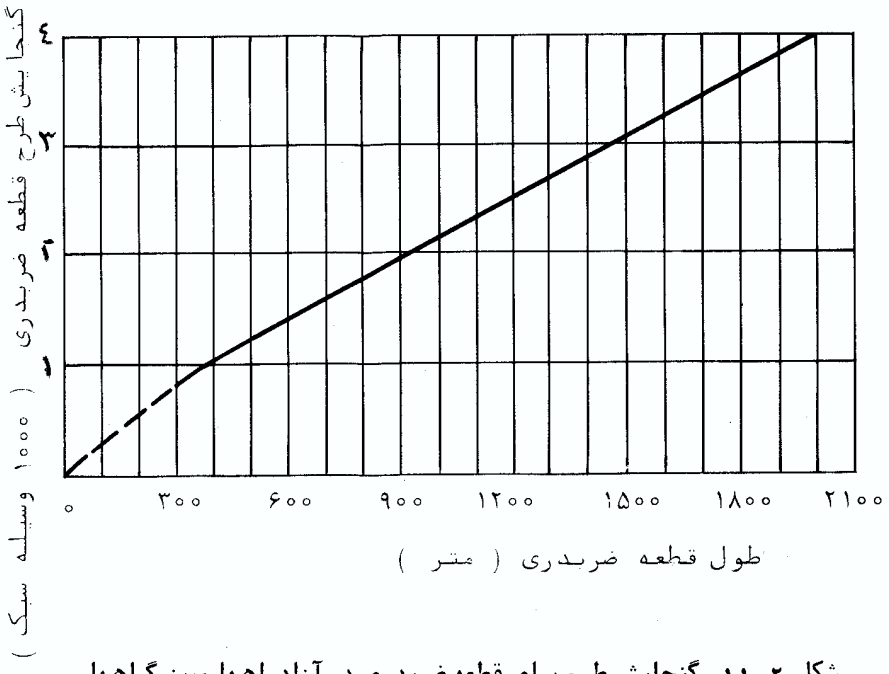
قسمتهای با آمد و شد ضربدری در مکانهایی پدید می‌آیند که چند جریان یك طرفه آمد و شد با تغییر خط جهت عوض می‌کنند . معمولترین قسمتهای با آمد و شد ضربدری زمانی بوجود می‌آید که ورودی و خروجی یك راه در نزدیکی یکدیگر قرار گرفته باشند و همچنین در میدانها که وسایل نقلیه خود را از جهتی به جهت دیگر می‌رسانند . گنجایش قسمت با آمد وشد ضربدری بستگی به طول آن دارد ، هر چه طول قسمت ضربدری زیادتر باشد ، مقدار بیشتری از آمد و شد را می‌تواند از خود عبور دهد (تغییر خط بدهد) .



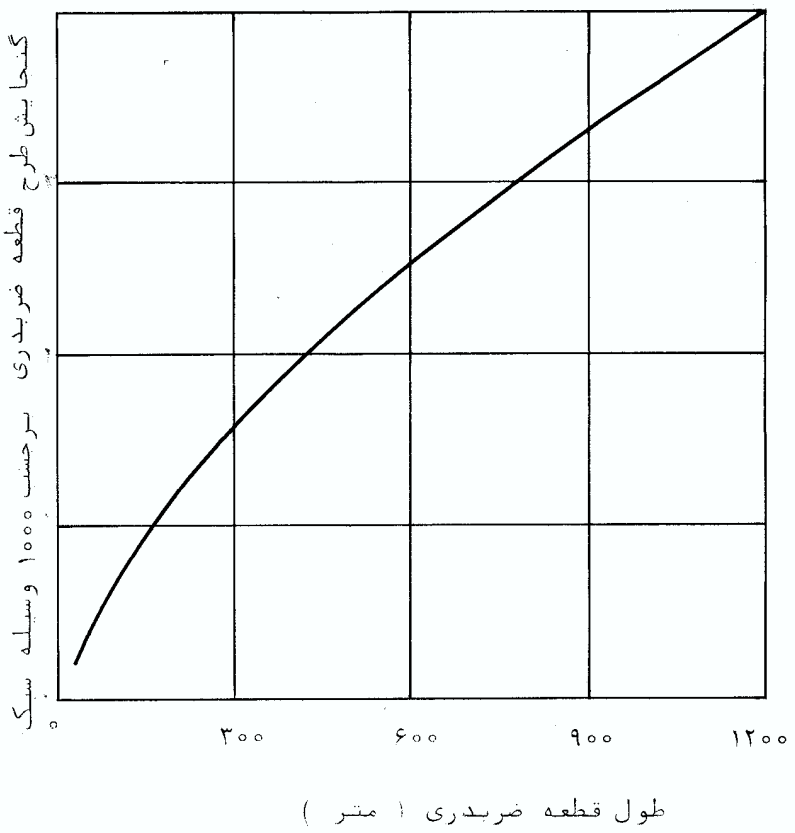
در طرح قسمتهای با آمد و شد ضربدری می‌توان با تغییر طول این قسمت و با تعداد بیشتر خطوط عبور ، گنجایش طرح لازم را تأمین کرد . شکلهای ۲ــ ۱۱ ، ۲ــ ۱۲ و ۲ــ ۱۳ به ترتیب گنجایش قسمت با آمد و شد ضربدری را برای آزادراهها و بزرگراهها ، راههای کناری (راههایی که در کنار و به موازات آزادراهها و بزرگراهها ساخته می‌شود تا آمد و شد کناری را جمع آوری

---

1. weaving section



شکل ۲–۱۱. گنجایش طرح برای قطعه ضربدری در آزادراهها و بزرگراهها



شکل ۲–۱۲. گنجایش طرح برای قطعه ضربدری در راههای کناری آزادراهها و بزرگراهها

کند و از ورودیها به آزادراه و بزرگراه هدایت نماید و یا برعکس ، آمد و شد خارج شده از آزادراه و بزرگراه را به مقصد آنها توزیع کند) ، شریانیهای چند خطه و میدانها می دهد . با داشتن طول قسمت با آمد و شد ضربدری از روی منحنیها گنجایش کل قسمت با آمد و شد ضربدری برحسب وسایل نقلیه سبک برای این یك خط به دست می آید .

برای تعیین تعداد خطوط قسمت با آمد و شد ضربدری باید از رابطه زیر استفاده کرد :

$$N = \frac{Vw1 + KVw2 + Vo1 + Vo2}{C}$$

در این رابطه :

N= تعداد خطوط قسمت با آمد و شد ضربدری

C= گنجایش هر خط قسمت با آمد و شد ضربدری برحسب سواری که از روی منحنیهای ۲—۱۱ یا ۲—۱۲ یا ۲—۱۳ به دست می آید

Vw1 = مقدار آمد و شد قطعه ضربدری بزرگتر برحسب سواری

Vw2 = مقدار آمد و شد قطعه ضربدری کوچکتر برحسب سواری

K= ضریب تاثیر قطعه ضربدری که از روی منحنی شکل ۲ — ۱۴ با داشتن قطعه ضربدری و مقدار کل آمد و شد ضربدری (Vw1 + Vw2) به دست می آید .

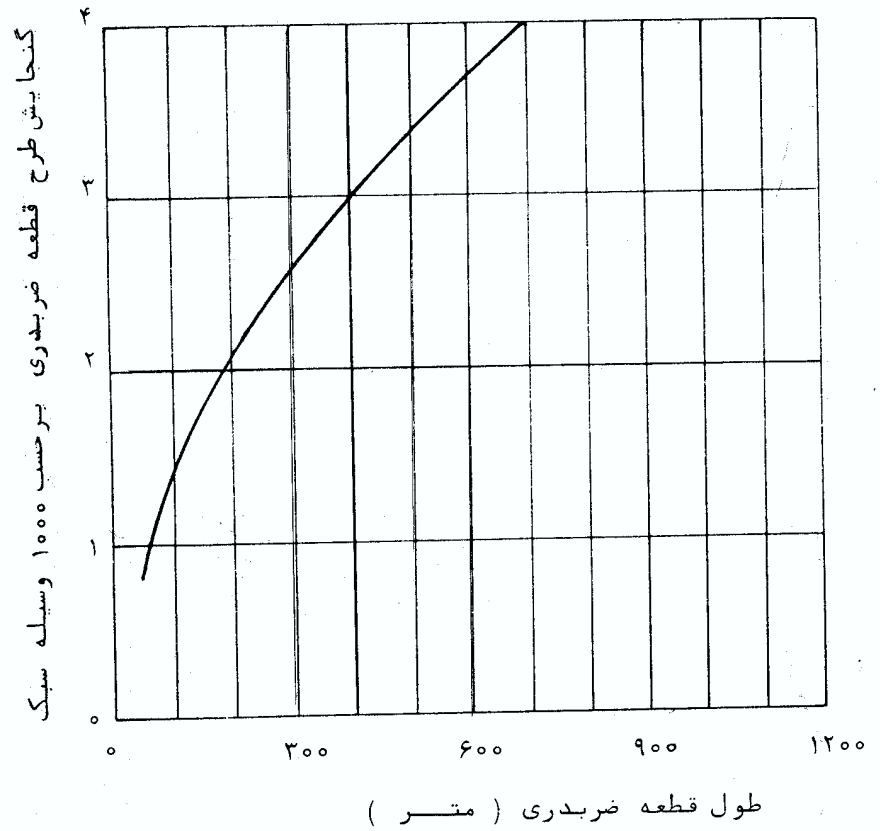
۲—۵—۸ . گنجایش طرح شیبراهه ها

شیبراهه به آن راه ارتباطی گفته می شود که آمد و شد را از راهی خارج ساخته و به راه دیگر وارد می سازد . گنجایش شیبراهه ها محدود به گنجایش سه قسمت آن یعنی گنجایش ورودی و گنجایش خروجی و گنجایش خود شیبراهه است .

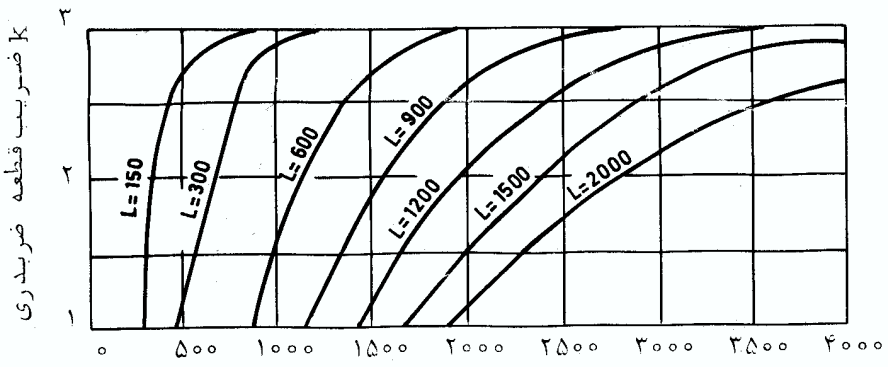
تجربه نشان داده است که حداکثر تعداد وسیله نقلیه سبکی که از خط کنار بزرگراه در قبل از ورودی و خروجی می تواند جریان داشته باشد ، مطابق

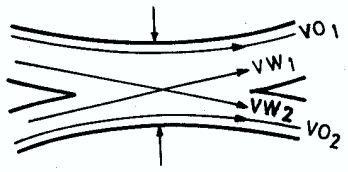
جدول ۲ــ ۱۰ است . مقادیری که در جدول ۲ــ ۱۰ داده شده مربوط به کل آمد و شدی است که خط کناری را مورد استفاده قرار می‌دهد ، یعنی این مقدار ، مجموع آمد و شد مستقیم و آمد و شد ورودی یا خروجی است . برای محاسبه آمد و شد ورودی یا خروجی باید مقدار آمد و شد مستقیم را که از خط کناری عبور می‌کند بسته به شرایط مختلف به دست اورد و از این مقدار کل کم کرد . برای این کار باید به منبع شماره ۹ مراجعه شود .

گنجایش خود شیبراهه را جدول ۲ــ۱۱ می‌دهد . این جدول گنجایش شیبراهه را بر اساس نسبت درصد آمد و شد سنگین و در شیب و سرعت طرح شیبراهه نشان می‌دهد .



شکل ۲ــ۱۳. گنجایش طرح قطعه ضربدری برحسب ۱۰۰۰ سواری راههای چندخطه و میدانها





$$N = \frac{VW_1 + K VW_2 + VO_1 + VO_2}{C}$$

N = تعداد خطوط در قطعه ضربدری

C = گنجایش طرح هر خط راه اصلی وسیله سبک

VW_1 = آمدوشد بیشتر در قطعه ضربدری

VW_2 = آمدوشد کمتر در قطعه ضربدری

VO_1 = آمدوشد کنار قطعه ضربدری

K = ضریب قطعه ضربدری با استفاده از شکل فوق

شکل ۲–۱۴. رابطه میان طول قطعه ضربدری میزان آمد و شد و تعداد خطوط قطعه ضربدری

جدول ۲ــ۱۰ . حداکثر مقدار آمد و شد در خط کناری ازاد راهها و بزرگراهها درجلوی ورودی یا خروجی برحسب معادل ســـــواری

	منطقـه	بیشترین مقدار قابل قبول خط کناری
ورودی	درونشهـری	۱۵۰۰
	برونشهـــری	۱۲۰۰
خروجی	درونشهـری	۱۶۰۰
	برونشهـــری	۱۳۰۰

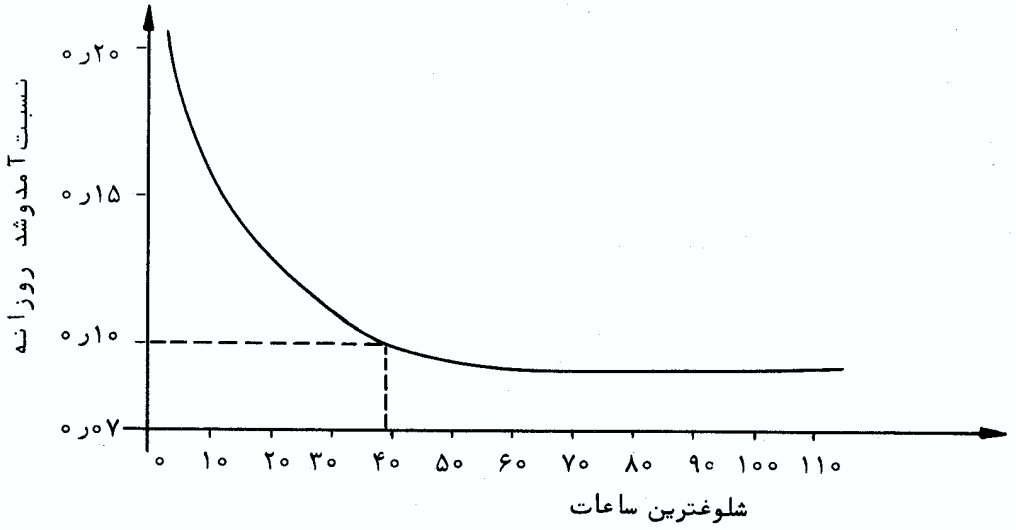
توضیح :

ــ درشیبراهه‌های حلقه‌ای که سرعت طرح آنها از ۶۰ کیلومتر در ساعـــت کمتر است ، گنجایش طرح شیبراهه برابر با ۸۰ درصد اعداد جدول بالا ست.

ــ برای شیبراهه‌های دوخطه ، اعداد جدول بالا را باید در ۲ ضـــرب کرد .

یك مثال از محاسبه تعداد خطوط راهها :

میزان متوسط آمد و شد روزانه دو طرف یك آزادراه برونشهری برابر بـــا ۱۶۰۰۰ خودرو سبك ، ۱۰۰۰۰ کامیون و ۱۰۰۰ اتوبوس برای سال حـــد پیش‌بینی شده است . از روی منحنی تغییرات روزانه ، هفتگی و سالانـــه ، منحنی توتیپی شلوغترین ساعات برای حال حاضر به صورت زیر رسم شده است :



جدول ۲ــ۱۱ . گنجایش طرح برای شیبراهه یك خطه

نسبت شیب درصد	گنجایش طرح شیبراهه برحسب خودرود رساعت درشرایط زیر							
	سرعت طرح ۳۰ کیلومتر درساعت یا کمتر				سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت یا بیشتر			
۰ــ۲ در فراز و یا نشیب	۱۰۰۰	۹۰۰	۸۳۰	۷۷۰	۱۵۰۰	۱۳۵۰	۱۲۵۰	۱۱۵۰
۳ــ۴ در فراز	۱۰۰۰	۸۳۰	۷۱۰	۶۲۰	۱۵۰۰	۱۲۵۰	۱۱۰۰	۹۵۰
۵ یا بیشتر ــ در فراز	۱۰۰۰	۷۷۰	۶۲۰	۵۳۰	۱۵۰۰	۱۱۵۰	۹۵۰	۸۰۰

در ساعات شلوغ ، ضریب توزیع جهتی برابر ۶۵٪ و نسبت درصد وسایل سنگین برابر با ۲۱٪ اندازه گیری شده است . مقدار متوسط روزانه در حال حاضر برابر با ۲۰۰۰ وسیله سبك ، ۱۵۰۰ کامیون و ۵۰۰ اتوبوس می‌باشد . تعداد خطوط لازم برای این راه را در سه حالت هموار و تپه ماهور و کوهستانی و برای سه سرعت در حرکت ۷۰ــ ۸۰ و ۶۰ــ ۷۰ و ۵۵ــ ۶۰ حساب کنید .

مشخصات راه به این صورت است :

عرض هر خط : ۳/۶۵ متر

سرعت طرح : ۱۲۰ کیلومتر در ساعت برای منطقه هموار

۱۰۰ کیلومتر در ساعت برای مناطق تپه و ماهور

۸۰ کیلومتر در ساعت برای مناطق کوهستانی

فرض این است که شانه راه کافی است و مانعی تا فاصله ۱/۸ متری کنار روسازی قرار ندارد .

حل :

یکم ــ باید ساعت طرح را انتخاب کرد . با توجه به منحنی داده شده ، چهلمین (۴۰ امین) شلوغترین ساعت به عنوان ساعت طرح انتخاب می‌شود .

از روی منحنی ، مقدار آمد و شد ٤٠ امین شلوغترین ساعت برابر ١٠٪ متوسط روزانه است . با فرض اینکه منحنی ترتیبی شلوغترین ساعات ٢٠ سال بعد مانند این منحنی خواهد بود ، می‌توان مقدار کل آمد و شد را در ساعت طرح و در ٢٠ سال آینده پیدا کرد :

ساعت طرح ٢٧٠٠ = ١٠٪ × (١٠٠٠ + ١٠٠٠٠ + ١٦٠٠٠) = مقدار آمد و شد

دوم ــ باید توزیع جهتی و نسبت درصد خودروهای سنگین را برای ساعت طرح محاسبه کرد . توزیع جهتی را برای آینده برابر حال حاضر فرض می‌کنیم . اما نسبت درصد خودروهای سنگین را نمی‌توان مطابق حال حاضر فرض‌کرد زیرا که نسبت خودروهای سنگین به خودروهای سبك در آینده با نسبت آن در حال حاضر متفاوت است .

بنابراین :

مقدار روزانه خودروهای سنگین درحال‌حاضر : ١٥٠٠ + ٥٠٠ = ٢٠٠٠

مقدار روزانه خودروهای سنگین و سبك درحال حاضر : ١٥٠٠ + ٥٠٠ + ٢٠٠٠ = ٤٠٠٠

نسبت درصد روزانه خودروهای سنگین در حال حاضر : ٢٠٠٠ ÷ ٤٠٠٠ = ٥٠٪

مقدار روزانه خودروهای سنگین درسال‌حد :

١٦٠٠٠ + ١٠٠٠٠ + ١٠٠٠ = ٢٧٠٠٠

مقدار روزانه خودروهای‌سنگین در سال حد : ١٠٠٠٠ + ١٠٠٠ = ١١٠٠٠

نسبت درصد روزانه خودروهای سنگین درسال حد : ١١٠٠٠ ÷ ٢٧٠٠٠ = ٤١٪

نسبت درصد آمد و شد سنگین در ساعت شلوغی را متناسب با تغییرات مقدار آمد و شد سنگین روزانه حساب می‌کنیم .

$$\text{نسبت آمد و شد سنگین در ساعت طرح} = ٠/٢١ \times \frac{٠/٤١}{٠/٥٠} = ٠/١٧$$

پس مقدار خودروها در ساعت طرح سال حد برابر می‌شود با :

خودروهای سنگین ۲۷۰۰×۰/۶×۰/۱۷= ۲۷۵

خودروهای سبك ۲۷۰۰×۰/۶×(۱ — ۰/۱۷) = ۱۳۴۴

می‌توان تعداد اتوبوس و کامیون در ساعت طرح را نیز به دست آورد :

اتوبوس $۲۷۵ \times \frac{۱۰۰۰}{۱۰۰۰۰+۱۰۰۰} = ۲۵$

کامیون $۲۷۵ \times \frac{۱۰۰۰۰}{۱۰۰۰۰+۱۰۰۰} = ۲۵۰$

سوم — باید معادل سواری اتوبوسها و کامیونها را به دست آورد . از آنجا که آمد و شد دو جهت در ساعت طرح برابر با ۲۷۰۰ سواری سبك و سنگین است ، و چنین آمد و شدی را یك راه دو خطه دو طرفه نمی‌تواند عبور دهد ، بنابراین ، راه حداقل چهارخطه خواهد بود . از جدول ۲ — ۴ معادل سبك وسیله سنگین برای راههای چند خطه محاسبه می‌شود .

معادل کامیون :

در دشت ۲۵۰×۲=۵۰۰

در تپه و ماهور ۲۵۰×۴=۱۰۰۰

در کوهستان ۲۵۰×۸=۲۰۰۰

معادل اتوبوس :

در دشت ۲۵×۱/۶=۴۰

در تپه و ماهور ۲۵×۳=۷۵

در کوهستان ۲۵×۵=۱۲۵

مقدار کل برحسب معادل سواری در مناطق مختلف به این شرح محاسبه می‌شود :

در دشت ۱۸۹۰ یا ۱۳۴۴+۵۰۰+۴۰=۱۸۸۴

در تپه و ماهور ۲۴۰۰ یا ۱۳۴۴+۱۰۰۰+۷۵=۲۴۱۹

در کوهستان ۳۴۷۰یا ۱۳۴۴+۲۰۰۰+۱۲۵=۳۴۶۹

با توجه به جدول ۲ــ ۵ می‌توان تعداد خطوط لازم را حساب کرد . سرعت طرح در دشت ۱۲۰ کیلومتر است . جدول ۲ــ ۵ گنجایش هر خط را برای سرعت حرکت ۷۰ تا ۸۰ کیلومتر در ساعت ۱٫۰۰۰ وسیله در ساعت می‌دهد . بنابراین :

۲ خط = ۱/۸۹ = ۱۰۰۰ / ۱۸۹۰ = تعداد خطوط لازم

سرعت طرح در تپه و ماهور ۱۰۰ کیلومتر در ساعت داده شده است .

جدول ۲ــ۵ گنجایش هر خط را برای سرعت حرکت ۷۰ــ ۸۰ کیلومتر ۴۰۰ وسیله در ساعت می‌دهد .

۶ خط = ۴۰۰ / ۲۴۰۰ =تعداد خطوط لازم

برای سرعت حرکت ۶۰ــ ۷۰ کیلومتر در ساعت ، جدول ۲ــ ۵ گنجایش ۱٫۱۰۰ را می‌دهد .

۳ خط = ۲/۱۸ = ۱۱۰۰ / ۲۴۰۰ =تعداد خطوط لازم

ولی اگر سرعت طرح معادل ۱۱۰ کیلومتر در تپه و ماهور انتخاب شود :

۲ خط = ۱/۸۵ = ۱۳۰۰ / ۲۴۰۰ = تعداد خطوط لازم

سرعت طرح در مناطق کوهستانی برابر با ۸۰ کیلومتر در ساعت داده شده است . برای این سرعت ، گنجایش از جدول ۲ــ۵ محاسبه می‌شود . با سرعت طرح ۸۰ کیلومتر در ساعت ، سرعت حرکت ۷۰ ــ ۸۰ کیلومتر را نمی‌توان تامین کرد ، پس ، برای سرعت حرکت ۶۰ــ ۷۰ ، تعداد خطوط را حساب می‌کنیم :

۷ خط = ۶/۹۴ = ۵۰۰ / ۳۴۷۰ =تعداد خطوط لازم

برای سرعت حرکت ۵۵ــ ۶۰ ، تعداد خطوط برابر است با :

۳ خط = ۲/۷۷ = ۱۲۵۰ / ۳۴۷۰ = تعداد خطوط لازم

اگر راه در منطقه کوهستانی با سرعت طرح ۱۰۰ کیلومتر در ساعت طرح شود ، تعداد خطوط برابر می‌شود با :

۳ خط = ۲/۳ = ۱۵۰۰ / ۳۴۷۰ = تعداد خطوط لازم

بنابراین ، یا باید در منطقه کوهستانی نیز سرعت طرح را برابر با ۱۰۰کیلومتر در ساعت انتخاب کرد ، یا باید راه را ۶ خطه ساخت و یا آنکه سرعت حرکت

را باید به ۵۰ کیلومتر در ساعت رسانید .

۲ـ۶ . عابر پیاده

در طرح راهها ، مخصوصاً راههای درونشهری ، باید وسایل عبور بیخطر پیاده ها را فراهم ساخت . در کنار جاده های شهری و راههای برونشهری که روستاها را به یکدیگر وصل می‌کند ، باید پیاده رو ساخت . در محلهایی که راه عبور پیاده را قطع می‌کند ، باید وسایل گذشتن ایمن پیاده را فراهم ساخت . روگذر و زیرگذر مخصوص پیاده ، چراغ راهنمای مخصوص پیاده ، چراغ راهنما ، خط کشی های مخصوص پیاده ، وسایل جلوگیری از عبور پیاده ها در غیر از محلهای مخصوص مشخص شده ، از جمله وسایل تامین عبور ایمن پیاده هاست .

۲ـ۷ . استفاده مشترک از حریم راه

استفاده از حریم راهها برای مصارف دیگر ، مخصوصاً در راههای شهری ، اهمیت دارد و ممکن است که این گونه استفاده عامل تعیین کننده‌ای در طرح شود . می‌توان فضای بین شیبراههای یك تقاطع غیر همسطح را به گردشگاه تبدیل ساخت . (که در این صورت باید وسایل عبور بی‌خطر پیاده ها را توسط زیرگذر و یا روگذر فراهم ساخت) ، می‌توان از جزیره های چهار راهها برای زیبا کردن محیط استفاده کرد ، می‌توان زیر پلهای هوایی شهرها را به پارکینگ بدل کرد ، حتی می‌توان راههای شهری را در دل بناهای دولتی طرح نمود . سیاست درست آن است که در احداث راههای شهری ، شهرسازان ، معماران و معماران فضای سبز مستقیماً در کار طرح راه دخالت داشته باشند تا راه و استفاده های حریم ان یکجا طرح گردد .

۲—۸ . سرویس برای استفاده کنندگان

در طرح راهها و مخصوصا" راههای مهم برونشهری باید به نیازهای مسافران توجه نمود و پمپ بنزین ، سرویس، تعمیرگاه ، رستوران ، توالت و محلهای استراحت و توقف پیش‌بینی کرد . پیش‌بینی پارکینگ چه در کنار راه و چه در خارج از حریم راه ، از نظر ایمنی و آسایش مسافران اهمیت زیاد دارد . در راههای با اهمیت و پر سرعت ، تلفنهای مخصوص‌که توسط آنها می‌توان با پلیس ، آمبولانس و تعمیرگاه تماس‌گرفت، نصب می‌گردد . توقف وسایل نقلیه از کار افتاده در کنار آزاد راهها خطر عمده‌ای ایجاد می‌کند و بنابراین ، اداره راه منطقه باید وسایل لازم را برای راه اندازی و حرکت دادن وسایل از کار افتاده داشته باشد و با اولین خبر اقدام به اعزام کمك نماید و وسیله نقلیه از کار افتاده را حرکت دهد .

۳. اجزای طرح

۳ـ۱. فاصله دید

۳ـ۱ـ۱. کلیات

از نظر ایمنی و استفاده موثر از یك راه ، دید کافی از مهمترین ویژگیها محسوب می شود . برای آنکه راهی از ایمنی کافی برخوردار باشد باید قطعاتی با فاصله دید کافی در طول آن تامین شود تا رانندگان بتوانند سرعت وسایل نقلیه خود را کنترل نمایند و از برخورد با موانع غیرمنتظره دوری کنند . همچنین ، در طول راههای دو طرفه دو خطه باید قطعاتی با طول مناسب و به تعداد کافی که فاصله دید کافی نیز داشته باشند در نظر گرفته شود تا رانندگان بتوانند با استفاده از خط مجاور و بدون خطر از خودروهای دیگر سبقت بگیرند .

در این فصل ، موضوع فاصله دید در سه قسمت مورد بحث قرار گرفته‌است:

یکم ـ فاصله دید لازم برای توقف که به کلیه راهها مربوط می شود ،

دوم ـ فاصله دید لازم برای سبقت‌گرفتن که مربوط به راههای دو طرفه دوخطه است ، و

سوم ـ معیار اندازه‌گیری فاصله دید و به کار بردن آن در طرح .

طرح امتداد و نیمرخ طولی راه به منظور تامین این فواصل و انطباق آن با این معیارها در آخر این فصل آمده است . فاصله دید در تقاطعها در "معیارهای طرح هندسی تقاطعها" (نشریه شماره ۸۶ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی ـ وزارت برنامه و بودجه) مورد بحث قرار گرفته است .

۳ــ۱ــ۲ . فاصله دید توقف

فاصله دید توقف کمترین فاصله‌ای است که یك خودرو در حرکت با سرعتی در حدود سرعت طرح در صورت مشاهده مانع توسط راننده و ترمز او ، درمسیر خود طی می‌نماید تا قبل از رسیدن به آن مانع متوقف شود .

فاصله دید توقف مجموع دو فاصله است . یکی فاصله‌ای که خودرو در طول زمان تصمیم گیری و واکنش راننده برای ترمز کردن طی می‌نماید و دیگری فاصله‌ای که خودرو پس از ترمز کردن تا توقف کامل طی می‌کند .

الف) زمان تصمیم گیری و واکنش ــ مقدار متوسط زمان واکنش برای ترمز کردن در حدود نیم ثانیه است لیکن بمنظور ایمنی بیشتر مقدار بزرگتری از مقدار متوسط برای محاسبه فاصله دید اختیار می‌شود . این مقدار معمولا" برابر ۱ ثانیه است .

زمان تصمیم گیری به عوامل زیادی از قبیل سرعت خودرو ، نوع و رنگ و شرایط مانع ، قدرت دید راننده ، فاصله از مانع ، نوع و شرایط راه و وضعیت کلی دید بستگی دارد . زمانی که برای این منظور در طرح راهها به کار برده می‌شود معمولا" ۱/۵ ثانیه است که برای غالب رانندگان و در اغلب شرایط کافی است .

بنابراین ، کل زمان لازم برای تصمیم گیری و واکنش برای ترمز کردن برابر با ۲/۵ ثانیه است . در جدول ۳ــ۱ فاصله‌ای که خودرو در سرعتهای مختلف در طول زمان تصمیم گیری و واکنش طی می‌کند ، آورده شده است .

ب) فاصله ترمز ــ فاصله تقریبی ترمز در یك امتداد افقی برای یك خودرو از رابطه استاندارد زیر به دست می‌آید :

$$d = \frac{V^2}{۲۵۶\, f}$$

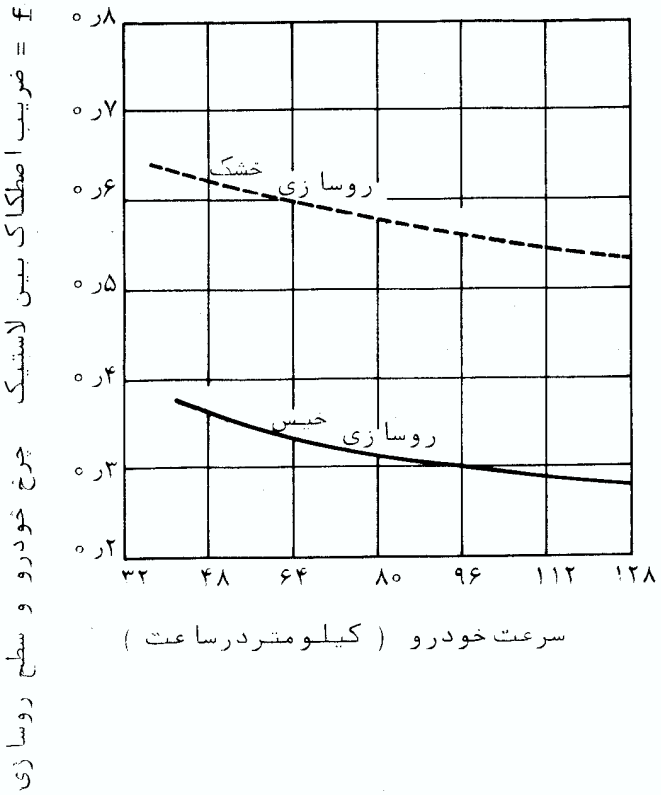
در این رابطه :

d= فاصله ترمز (متر)

v= سرعت اولیه خودرو (کیلومتر درساعت)

f= ضریب اصطکاک بین لاستیک چرخ خودرو و سطح راه

ضریب اصطکاک بین لاستیک چرخ خودرو و سطح راه به عوامل زیادی از قبیل سرعت وسیله نقلیه ، میزان فشار باد و نوع لاستیک ، نوع و شرایط سطح روسازی ، وجود رطوبت ، برف ، یخ و یا گل در سطح راه و نوع سیستم ترمز وسیله نقلیه بستگی دارد . چون میزان ضریب اصطکاک سطح راه خیس کمتر از مقدار آن در شرایط مشابه بر روی سطح راه خشک است ، لذا در طرح راهها ، برای محاسبه فاصله دید توقف ، سطح راه در حالت خیس در نظر گرفته می شود . مقدار ضریب اصطکاک به سرعت خودرو بستگی دارد و با افزایش سرعت ، ضریب اصطکاک بین لاستیک چرخ خودرو و سطح راه کاهش می یابد (شکل ۳–۱) .



شکل ۳–۱ . رابطه بین ضریب اصطکاک و سرعت خودرو

حد اقل فاصله دید توقف مجموع فواصلی است که وسیله نقلیه در طول زمان تصمیم گیری ، واکنش و ترمز کردن طی می‌کند تا متوقف شود . این فواصل در جدول ۳ــ۱ آورده شده است .

ج) تاثیر شیب ــ هر گاه راه در شیب واقع باشد ، رابطه استاندارد برای محاسبه فاصله ترمز به صورت زیر خواهد بود :

$$d = \frac{V^2}{۲۵۶ \ (f \pm G)}$$

در این رابطه ، G شیب راه است . فاصله توقف ایمن در فراز ، کوتاهتر (+G) و در نشیب ، بلندتر (-G) از مقدار مشابه در راه افقی است . در جدول ۳ــ ۲ تاثیر شیبهای مختلف بر روی فاصله دید توقف آورده شده است .

د) فاصله دید توقف برای کامیونها ــ حد اقل فاصله دید توقف که در جدول ۳ــ۱ اورده شده بر مبنای عملکرد خودرو سواری است ، لیکن ، با توجه به این امر که فاصله چشم رانندگان خودروهای سنگین از سطح راه بیشتر و سرعت این نوع وسایل نقلیه نیز معمولا " از سواریها کمتر است ، این فاصله برای کامیونها هم کافی خواهد بود . تنها در حالتی که یك مانع جانبی در نشیب وجود داشته باشد (بخصوص در انتهای راههای با سراشیبی بلند) ، ترجیح دارد که فاصله دید توقف برای کامیونها بیش از مقادیر داده شده در جدول ۳ــ۱ اختیار شود .

فاصله دید توقف با این فرض محاسبه و تعیین می شود که ارتفاع چشم راننده از سطح راه ۱/۱۰ متر و ارتفاع مانع احتمالی ۰/۱۵ متر باشد .

۳ــ۱ــ۳ . فاصله دید سبقت برای راههای دو خطه

معیار طرح ــ فاصله دید سبقت کمترین فاصله‌ای است که طی آن اغلب رانندگان می‌توانند با سرعت مناسب و در شرایط ایمن در یك راه دو طرفه دو

جدول ۳ـ۱ . حداقل فاصله دید توقف

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	سرعت مفروض (کیلومتر در ساعت)	تصمیم گیری و واکنش		ضریب اصطکاک	فاصله ترمز در امتداد افقی	فاصله دید توقف (متر)
		زمان (ثانیه)	مسافت (متر)			
معیار طرح ـ روسازیهای خیس						
۴۰	۳۸	۲/۵	۲۷	۰/۳۸	۱۵	۴۵
۶۰	۵۵	۲/۵	۳۸	۰/۳۴	۳۴	۷۰
۸۰	۷۰	۲/۵	۴۹	۰/۳۱	۶۳	۱۱۰
۱۰۰	۸۵	۲/۵	۶۰	۰/۳۰	۹۵	۱۵۵
۱۲۰*	۹۷	۲/۵	۶۸	۰/۲۸	۱۳۳	۲۰۰
مقادیر مقایسه ـ روسازیهای خشک						
۴۰	۴۰	۲/۵	۲۸	۰/۶۳	۱۰	۴۰
۶۰	۶۰	۲/۵	۴۲	۰/۶۱	۲۳	۶۵
۸۰	۸۰	۲/۵	۵۶	۰/۵۸	۴۳	۱۰۰
۱۰۰	۱۰۰	۲/۵	۷۰	۰/۵۶	۷۰	۱۴۰
۱۲۰	۱۲۰	۲/۵	۸۴	۰/۵۴	۱۰۴	۱۹۰

* سرعت طرح ۱۲۰ کیلومتر در ساعت فقط در مورد راههای با ورودی کنترل شده و یا راههایی به کار می‌رود که در آنها یك چنین محدودیتی برای آینده در نظر گرفته شده است .

جدول ۳ـ۲ . تاثیر شیب برفاصله دید توقف (روسازی خیس)

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	سرعت مفروض (کیلومتر در ساعت)	تصحیح فاصله دید توقف (متر)					
		میزان کاهش در فراز			میزان افزایش در نشیب		
		٪ ۳	٪ ۶	٪ ۹	٪ ۳	٪ ۶	٪ ۹
۴۰	۳۸	—	—	۵	—	۵	۱۰
۶۰	۵۵	۵	۵	۱۰	۵	۱۰	۱۵
۸۰	۷۰	۵	۱۰	—	۵	۱۵	—
۱۰۰	۸۵	۱۰	۱۵	—	۱۰	۲۵	—
۱۲۰	۹۷	۱۵	۲۵	—	۱۵	۳۵	—

خطه از خودرو دیگر پیشی گیرند . محاسبه فاصله دید سبقت بر اساس فرضهای زیر انجام می‌گیرد :

ـ خودرویی که از آن سبقت گرفته می شود با سرعت یکنواخت حرکت می‌کند .

ـ هنگامی‌که خودرویی که قصد سبقت‌گرفتن دارد وارد قسمت سبقت آزاد راه می‌شود ، سرعتش‌را کم کرده و به دنبال خودرویی که از آن سبقت خواهد گرفت ، حرکت می نماید .

ـ هنگامی‌که خودرویی که قصد سبقت‌گرفتن دارد وارد قسمت سبقت آزاد راه می‌شود ، می‌تواند در مدت کوتاهی قسمت سبقت آزاد را مشاهده کرده و عمل سبقت‌گرفتن را آغاز کند .

ـ عمل سبقت‌گرفتن در شرایطی که اصطلاحا" به " شروع با تامل " و " بازگشت با عجله " موسوم است ، انجام می‌شود . خودرویی که قصد سبقت گرفتن دارد با افزایش‌سرعت خود که به طور متوسط حدود ۱۵ کیلومتر درساعت بیش‌از سرعت خودرویی است‌که از آن سبقت‌گرفته می شود ، خط مجاور رااشغال می‌کند و از خودروی مورد نظر سبقت می‌گیرد .

ـ پس از بازگشت خودروی سبقت‌گیرنده به خط خود ، فاصله کافی بین این خودرو و خودرویی که از جهت مقابل نزدیك می‌شود ، وجود دارد .

حداقل فاصله دید سبقت در راههای دو طرفه دو خطه از جمع چهار فاصله‌ای که در زیر آمده است ، به دست می‌آید (شکل ۳ـ۲) :

d_1 = فاصله‌ای که ضمن تصمیم‌گیری و واکنش و همچنین در زمان افزایش سرعت اولیه تا مرحله تجاوز به خط سمت چپ طی می‌شود .

d_2 = فاصله‌ای که خودرو ضمن سبقت‌گرفتن و اشغال خط سمت چپ طی می‌نماید .

d_3 = فاصله‌ای که پس از اتمام سبقت ، بین خودروی سبقت‌گیرنده و خودرویی که در جهت مقابل حرکت می‌کند ، وجود دارد .

d_4 = فاصله‌ای که خودرویی که در جهت مقابل در حرکت است در مدت زمان برابر با دو سوم زمانی که خودروی سبقت‌گیرنده خط سمت چپ را اشغال نموده ، طی می‌کند . این فاصله برابر با $\frac{۲}{۳}$ فاصله d_2 است .

فواصل d_1 ، d_2 ، d_3 ، d_4 از روابط زیر به دست می‌آیند :

$$d_1 = ۰/۲۷۵\, t_1 \left(V - m + \frac{at_1}{۲}\right) \qquad (۱)$$

در این رابطه :

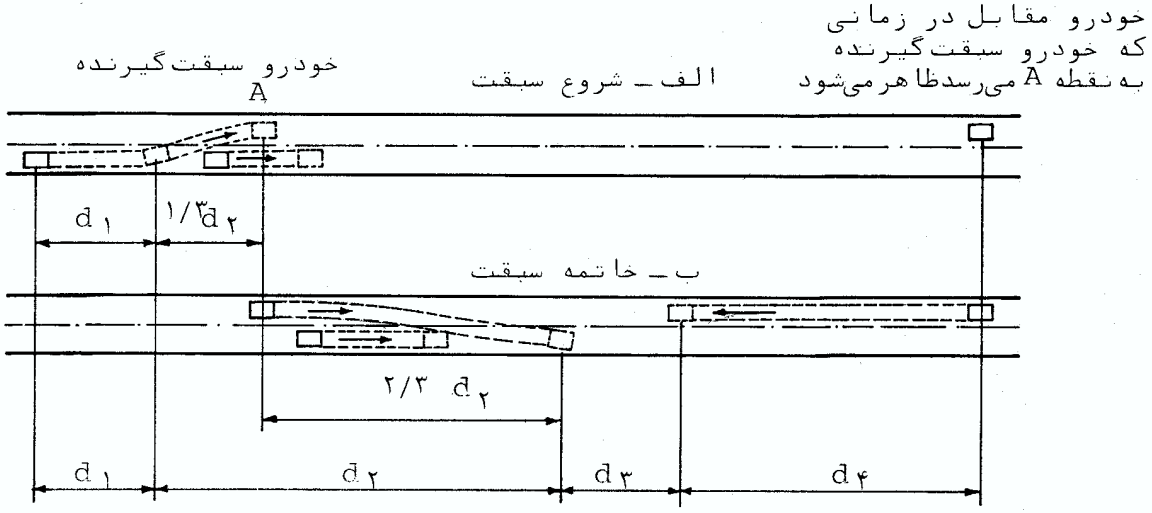
t_1 = مدت زمان مانور اولیه (ثانیه)

a = شتاب متوسط (کیلومتر در ساعت در ثانیه)

V = سرعت متوسط خودروی سبقت‌گیرنده (کیلومتر در ساعت)

m = اختلاف سرعت خودروی سبقت‌گیرنده و خودروی سبقت‌گرفته شده (کیلومتر در ساعت)

در جدول ۳ـ۳ مقادیر شتاب متوسط ، زمان و فاصله‌ای که خودروی سبقت‌گیرنده ضمن مانور اولیه طی می‌نماید ، آورده شده است . مقادیر نشان



شکل ۳ـ۲ . اجزای فاصله دید سبقت در راههای دوخطه

داده شده در این جدول ، شتاب متوسط ، زمان و سرعت متوسط خـــودروی سبقت‌گیرنده بر اساس مطالعات تجربی به دست آمده‌اند .

$$d_2 = ۰/۲۷۵ \quad Vt_2 \qquad (۲)$$

در این رابطه :

t_2 = مدت زمانی که خودروی سبقت‌گیرنده خط سمت چپ را اشغال می‌نمایـــد (ثانیه)

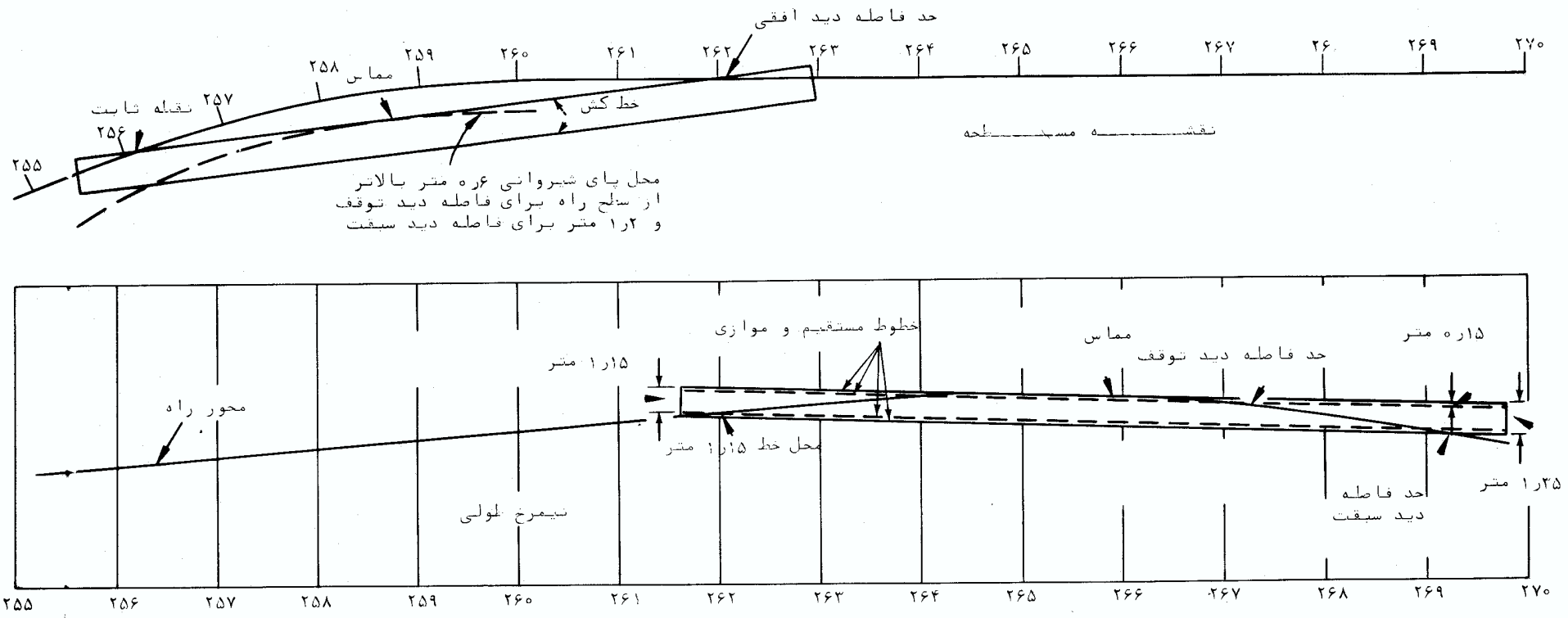
V = سرعت متوسط خودروی سبقت‌گیرنده (کیلومتر در ساعت)

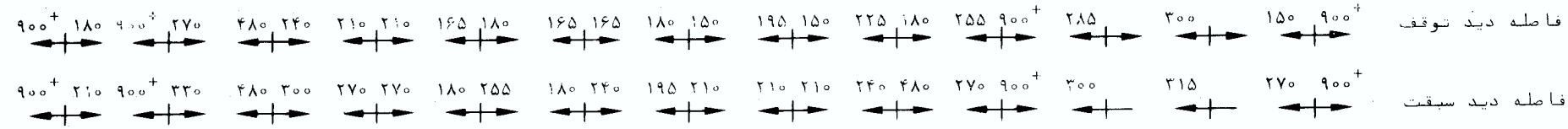
در جدول ۳ــ۳ مقادیر زمان و فاصله‌ای که خودروی سبقت‌گیرنده ضمـــن

جدول ۳ــ۳ . اجزای فاصله دید سبقت ایمن

مقدار متوسط سرعت سبقت (کیلومتر در ساعـــت)	۵۵	۷۰	۸۵	۱۰۰
مانور اولیه :				
a (کیلومتر در ساعـــت در ثانیه)	۲/۲۴	۲/۲۹	۲/۳۵	۲/۴۰
t_1 (ثانیه)	۳/۶	۴/۰	۴/۳	۴/۵
d_1 (متـــر)	۴۳/۵	۶۴/۵	۸۷	۱۱۱
اشغال خط سمت چپ:				
t_2 (ثانیه)	۹/۳	۱۰	۱۰/۷	۱۱/۳
d_2 (متـــر)	۱۴۲/۵	۱۹۲	۲۴۷/۵	۳۰۹
فاصله آزاد :				
d_3 (متـــر)	۳۰	۵۴	۷۵	۹۰
خودروی مقابل :				
d_4 (متـــر)	۹۴/۵	۱۲۷/۵	۱۶۵	۲۰۴
جمع فواصل (متر)	۳۱۰	۴۳۸	۵۷۵	۷۱۴

شکل ۳–۳ . نمونه‌ای از اندازه‌گیری و ثبت فواصل دید درنقشه‌های مسطحه





اشغال خط سمت چپ طی می‌نماید ، آورده شده است . مقادیر زمان و سرعت متوسط خودروی سبقت‌گیرنده بر اساس مطالعات تجربی به دست آمده‌اند .

مقدار فاصله آزاد بین خودروی سبقت‌گیرنده پس از اتمام عمل سبقت و خودرویی که در جهت مخالف در حرکت است (d_3) ، به سرعت سبقت بستگی دارد و مقدار آن که به طور تجربی به دست آمده است در جدول ۳ـ۳ نشان داده شده است .

کمترین فاصله دید سبقت از جمع چهار فاصله d_1 ، d_2 ، d_3 ، d_4 به دست می‌آید . در این محاسبه فرض آن است که سرعت خودروی سبقت‌گیرنده ۱۵ کیلومتر در ساعت از سرعت خودروی سبقت‌گرفته شده بیشتر است و سرعت خودرویی که در جهت مخالف در حرکت است برابر سرعت خودروی سبقت‌گیرنده می‌باشد . مقادیر حداقل فاصله دید سبقت برای سرعتهای مختلف طرح در جدول ۳ـ٤ آورده شده است .

در راههای دو طرفه دو خطه باید فاصله دید سبقت تا حد امکان در بیشتر قسمتهای راه تامین شده باشد . در راههای با آمد و شد زیاد باید نسبت قسمتهای با فاصله دید سبقت به کل راه به مراتب بیشتر از راههای با آمد و شد کم باشد .

فاصله دید سبقت با این فرض محاسبه و تعیین می‌شود که ارتفاع چشم راننده از سطح راه برابر ۱/۱۰ متر و ارتفاع مانع (خودرو) مقابل از سطح راه برابر ۱/۳۵ متر باشد .

۳ـ۱ـ٤ . اندازه‌گیری و ثبت فواصل دید

فواصل دید توقف و دید سبقت را می‌توان به طور ترسیمی (شکل ۳ـ۳) از نقشه‌های مسطحه و نیمرخ طولی راه استخراج کرد و مقادیر آنها را در طول مسیر راه تعیین نمود . این مقادیر در نقشهٔ مسطحه نهایی برای هر دو جهت آمد و شد مشخص می‌شود .

جدول ۳ــ٤ . حداقل فاصله دید سبقت برای طرح راههای دوطرفه دوخطه

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	سرعت مفروض (کیلومتر در ساعت)		حداقل فاصله دید سبقت (متر)
	خودرو سبقت گیرنده	خودرو سبقت گرفته شده	
٤٠	٥١	٣٦	٢٧٠
٦٠	٦٧	٥٢	٤٢٠
٨٠	٨٢	٦٧	٥٤٠
١٠٠	٩٣	٧٨	٦٦٠
١٢٠	١٠٦	٩١	٧٨٠

به طوری که در شکلهای ۳ــ۱۰ و ۳ــ۱۱ نشان داده شده است ، نمودارهای فواصل دید در طرح راهها برای تعیین حداقل طول قوسهای قائم مورد استفاده قرار می‌گیرند . از نمودارهایی مانند شکل ۳ــ٦ برای تعیین مقدار انحنای قوسهای افقی و یا تعیین مقدار عقب نشینی جانبی استفاده می شود .

اندازه گیری و تعیین فواصل دید در یك راه موارد استفاده گوناگونی دارد . یکی از این موارد استفاده ، تعیین نحوه خط کشی سواره و به منظور مشخص کردن طولهایی است که طی آنها عمل سبقت گرفتن انجام پذیر است . مورد استفاده دیگر ، تعیین نسبت درصدی از طول راه است که در آن فاصله دید کمتر از حداقل فاصله دید سبقت است . تعیین این مقدار از نظر محاسبه گنجایش راه دارای اهمیت ویژه‌ای است .

۳ــ۲ . امتداد افقی مسیر

۳ــ۲ــ۱ . حداکثر انحنای قوسها

برای طرح متعادل یك راه باید کلیه اجزای طرح هندسی ، تا جایی که از نظر اقتصادی امکان دارد ، طوری تعیین شوند که راه ایمنی کافی داشته

باشد و آمد و شد به صورت مداوم و با سرعت مناسب در آن جریان یابد . این عمل با استفاده از سرعت طرح به عنوان یك عامل اصلی کنترل کننده طرح انجام می‌گیرد . به منظور طرح قوسهای یك راه لازم است که رابطه مناسبی بین سرعت طرح و مقدار انحنای قوس و همچنین رابطه‌ای بین این دو و مقدار بر بلندی در دست باشد . اگر چه این نوع روابط تابع قوانین مکانیك است ، لیکن مقادیر واقعی این پارامترها تابع محدودیتهای عملی است و کم و بیش به صورت تجربی به دست آید .

هر گاه خودرویی در مسیری دایره‌ای شکل حرکت کند ، گریز از مرکز نیرویی به آن وارد می‌کند که با مؤلفه وزن وسیله نقلیه و وجود نیروی اصطکاك بین لاستیك چرخها و سطح راه خنثی می‌شود . رابطه زیر اساس حرکت یك خودرو در قوس است :

$$e + f = \frac{V^2}{۱۲۸R}$$

در این رابطه :

e = مقدار بر بلندی راه

f = ضریب اصطکاك جانبی بین لاستیك چرخها و سطح راه

V = سرعت وسیله نقلیه (کیلومتر در ساعت)

R = شعاع قوس (متر)

مقدار ضریب اصطکاك جانبی به عوامل مختلفی از قبیل خشك و یا خیس بودن سطح راه ، وضعیت لاستیك چرخها ، نوع و زبری سطح راه و غیره بستگی دارد ، لیکن مهمترین این عوامل سرعت خودرو است . در شرایط مشابه ، مقدار ضریب اصطکاك جانبی با افزایش سرعت کاهش می‌یابد . نتایج مطالعات تجربی نشان داده است که مقدار ضریب اصطکاك جانبی ایمن برای سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت برابر با ۰/۱۶ و برای سرعت طرح ۱۳۰ کیلومتر در ساعت برابر با ۰/۱۱ است . برای سایر مقادیر سرعت طرح ، یك رابطه خطی بین سرعت طرح و ضریب اصطکاك جانبی فرض می‌شود .

مقدار حداکثر بربلندی قابل استفاده در راهها به عوامل مختلفی بستگی دارد که عبارتند از :

الف) شرایط جوی منطقه ، مثلاً" تناوب و مقدار برف و یخ ،

ب) شرایط پستی و بلندی ، مثلاً" هموار یا کوهستانی بودن منطقه ،

ج) نوع منطقه ، مثلاً" برونشهری یا درونشهری بودن ،

د) تعداد خودروهای کندرو (نسبت درصد کامیون و تریلی) .

نتایج مطالعات تجربی نشان داده است که مقدار حداکثر بربلندی در مناطقی که در معرض بارش برف و یخبندان نمی‌باشند ، ۱۲٪ است . به کار بردن بربلندی بیش از این مقدار ، انجام عملیات ساختمان راه ، تعمیرات آن و همچنین حرکت وسایل نقلیه کندرو را دچار اشکال می‌نماید . تجربه نشان داده است که در مناطقی که راه در معرض بارش برف و یخبندان است ، بربلندی نباید از ۸٪ تجاوز نماید . در غیر این صورت ، وسایل نقلیه متوقف شده و یا وسایل نقلیه‌ای که سرعتشان بنا به عللی کم شده است در معرض خطر سر خوردن جانبی قرار خواهند گرفت . در مناطق شهری یا در مجاورت شهرها ، چون همواره به علت توسعه آتی امکان کاهش سرعت طرح در آینده وجود دارد ، مقدار حداکثر بربلندی به ۶٪ محدود می‌شود . در جدول ۳ـ۵ مقادیر حداقل شعاع قوسهای دایره‌ای شکل برای مقادیر مختلف ضریب اصطکاک جانبی و بربلندی برابر با ۷٪ داده شده است که می‌تواند مورد استفاده کلی داشته باشد . حداقل شعاع یك قوس دایره‌ای شکل را می‌توان با به کار بردن حداکثر مقدار ضریب اصطکاک جانبی ایمن و حداکثر بربلندی از رابطه زیر به دست آورد :

$$R_{min} = \frac{V^2}{۱۲۸ \ (e_{max} + f_{max})}$$

در این رابطه :

R_{min} = حداقل شعاع قوس (متر)

V = سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)

e_{max} = حد اکثر بربلندی

f_{max} = حد اکثر ضریب اصطکاک جانبی

مقدار بربلندی در امتداد مستقیم حد اقل است و مقدار آن برای شعاع حد اقل در یك قوس دایره‌ای شکل ، حد اکثر می‌باشد . مقدار حد اقل بربلندی در امتداد مستقیم بر اساس شرایط زهکشی تعیین می‌شود و به شیب عرضی راه موسوم است . مقدار شیب عرضی یك راه تابعی از نوع روسازی و مقدار بارندگی و برف و یخ در منطقه است (به فصل چهارم مراجعه شود) .

مقدار بربلندی برای قوسهای افقی به شعاع بیش از شعاع حد اقل را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد :

$$e = e_{max}\left[2\frac{R_{min}}{R} - \left(\frac{R_{min}}{R}\right)^2\right]$$

در این رابطه :

R_{min} = حد اقل شعاع قوس مربوط به سرعت طرح مورد نظر (متر)

R = شعاع قوس (متر)

e_{max} = حد اکثر بربلندی

e = مقدار بربلندی مربوط به شعاع R

جدول ۳ــ۵ . حد اقل شعاع قوس برای مقادیر مختلف سرعت طرح

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	حد اکثر بربلندی (e_{max})	حد اکثر ضریب اصطکاک جانبی (f_{max})	حد اقل شعاع قوس (متر)	حد اقل طول اعمال بربلندی (متر)	
				راههای ۲ خطه	راههای ٤ خطه
٤۰	۰/۰۷	۰/۱۷	۵۰	۳۵	۵۵
٦۰	۰/۰۷	۰/۱۵	۱۳۵	٤۵	٦۵
۸۰	۰/۰۷	۰/۱٤	۲۵۰	۵۵	۷۵
۱۰۰	۰/۰۷	۰/۱۳	٤۲۵	٦۰	۸۵
۱۲۰	۰/۰۷	۰/۱۱	۷۰۰	۷۰	۱۰۰

۳ـ۲ـ۲ . قوسهای انتقال (کلوتوئید)

به منظور تأمین ایمنی کافی در طرح راه بهتر است برای اتصال دو قوس با اختلاف شعاع نسبتاً زیاد و یا اتصال یك مسیر مستقیم به یك قوس دایره ای با شعاع کوچکتر از مقادیر داده شده در جدول ۳ـ۶ ، از منحنی انتقال (کلوتوئید یا مشابه آن) استفاده شود .

جدول ۳ـ۶ . حداقل شعاع قوس بدون کلوتوئید

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰
حداقل شعاع قوس (متر)	۲۰۰	۵۵۰	۱۰۰۰	۱۷۰۰	۲۸۰۰

قوسهای انتقال افقی مزایای بیشماری دارند که مهمترین آنها عبارتند از:

الف) اتصال قوسهای دایره‌ای شکل به مسیرهای مستقیم می تواند با تغییر تدریجی شعاع انحنا انجام گیرد . این امر سبب می شود که سرعت ثابت نگاه داشته شود و ایمنی افزایش یابد ،

ب) اعمال بربلندی از مقدار حداقل تا مقدار حداکثر آن می تواند در طول قوس انتقال انجام گیرد ،

ج) اعمال اضافه عرض‌روسازی در قوسها می تواند در طول قوس انتقال انجام گیرد

د) به کار بردن قوسهای انتقال سبب می شود که از وجود شکستگیها در نقاط شروع و ختم قوسهای دایره‌ای شکل اجتناب شود و در نتیجه راه ظاهری خوش منظر داشته باشد .

معمولاً برای قوسهای انتقال از منحنی کلوتوئید استفاده می شود که حداقل طول آن از رابطه زیر به دست می آید :

$$L = \frac{۰/۰۲۱۴\ V^3}{RC}$$

در این رابطه :

L= حداقل طول منحنی کلوتوئید (متر)

V= سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)

R= شعاع قوس (متر)

C= شدت افزایش شتاب گریز از مرکز (متر برمجذور ثانیه بر ثانیه)

پارامترc یك مقدارتجربی است و نشانه‌ای از مقدار راحتی و ایمنی سرنشینان وسیله نقلیه در برابر شدت تغییر انحنای مسیر می‌باشد و مقدار آن بین ۰/۳ تا ۰/۹ اختیار می‌شود . گاهی رابطه بالا با در نظر گرفتن بربلندی که مقدار طول کمتری را به دست می‌دهد ، اصلاح می‌شود . روش عملیتر برای تعیین طول قوس انتقال به کار بردن طولی است که برای اعمال بربلندی لازم است .

نتایج حاصل از مطالعات تجربی نشان داده است که به منظور خوش منظر کردن راه و تأمین راحتی سرنشینان وسایل نقلیه ، طولی که در آن بربلندی مورد نظر اعمال می‌شود باید طوری اختیار گردد که شیب طولی نسبی راه (شیب محور طولی در مقایسه با لبه یك راه دو خطه دو طرفه) از ۰/۵٪ تجاوز ننماید . در راههای دو خطه دو طرفه ، شیب طولی نسبی حداکثر بین محور طولی و لبه کناری راه باید برابر مقادیر داده شده در جدول ۳ــ۷ باشد ، لیکن در هر صورت ، طول منحنی انتقال نباید از حداقل طول تأمین بربلندی که در جدول ۳ــ۵ آورده شده است ، کمتر باشد .

جدول ۳ــ۷ . شیب طولی نسبی حداکثر

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰
شیب طولی نسبی حداکثر بین محور وخطوط کناری راه دو خطه (٪)	۰/۷۲	۰/۶۰	۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۳۸

چون در اغلب موارد ممکن است طول قوس انتقال و طول تأمین بربلندی دو مقدار مختلف داشته باشند ، به منظور آسان کردن طرح و اجرا و با توجه به تجربی بودن هر دو مقدار بهتر است مقدار واحدی (که معمولا" طول تأمین بربلندی است) برای طرح اختیار شود .

طول تأمین بربلندی برای روسازیهای عریضتر از دو خط به طریق زیر محاسبه می شود :

- راههای ۳ خطه ۲ / ۱ برابر طول مشابه در حالت راه دو خطه
- راههای ٤ خطه جدا نشده ۵ / ۱ برابر طول مشابه در حالت راه دو خطه
- راههای ٦ خطه جدا نشده ۲ برابر طول مشابه در حالت راه دو خطه

در قوسهای کلوتوئیدی ، بربلندی در طول مسیر کلوتوئید تأمین می شود . در قوسهای بدون کلوتوئید باید ٦٠ تا ۸٠ درصد بربلندی در مسیر مستقیم تأمین شود و بقیه در طول قوس دایره‌ای شکل منظور گردد . ضمنا" باید توجه داشت که نیمرخ لبه روسازی راه باید خطی یکنواخت باشد .

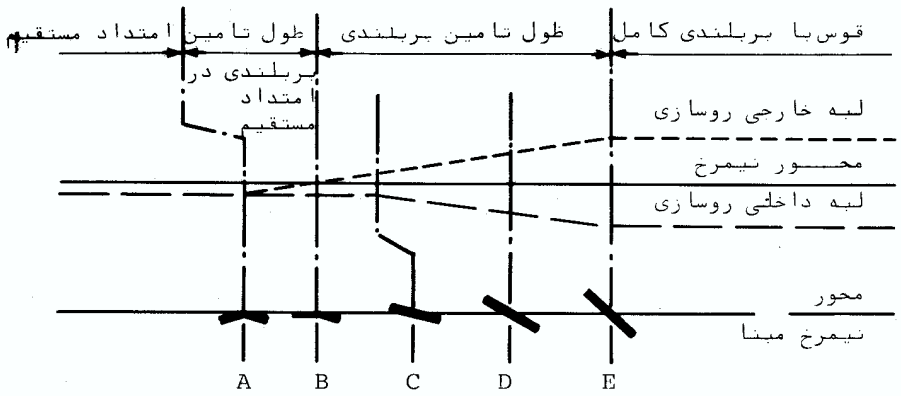
نحوه تأمین بربلندی ممکن است به یکی از روشهای زیر انجام شود :

الف) دوران نیمرخ عرضی روسازی حول محور

ب) دوران نیمرخ عرضی روسازی حول لبه داخلی

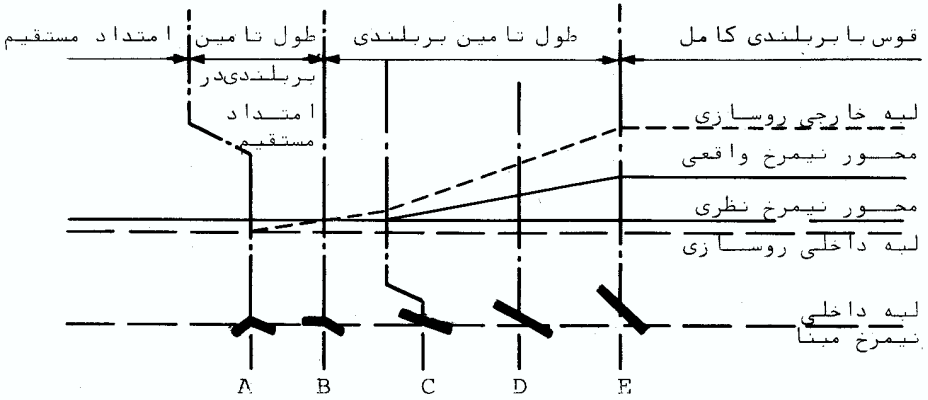
ج) دوران نیمرخ عرضی روسازی حول لبه خارجی

در شکل ۳ــ٤ این سه روش به طور ترسیمی نشان داده شده اند . از سه روش بالا ، روش اول متداولترین نحوه تأمین بربلندی است زیرا در این روش ، لبه‌های روسازی کمترین مقدار تغییر مکان را دارد . انتخاب روش تأمین بربلندی باید با توجه به شرایط موجود از قبیل زهکشی ، زیبایی ، اجتناب از شیبهای بحرانی ، متناسب بودن قرارگیری روسازی نسبت به زمین طبیعی و . . . . انجام گیرد . در مواردی که محل لبه داخلی روسازی باید به علت وجود کانالهای زهکشی حفظ شود ، استفاده از روش دوم بر سایر روشها



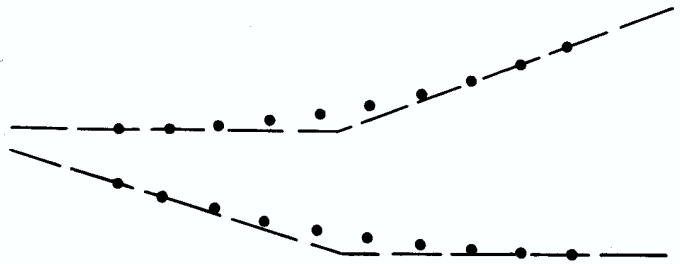
روســـازی حول محور دوران داده شده است .

(الف)

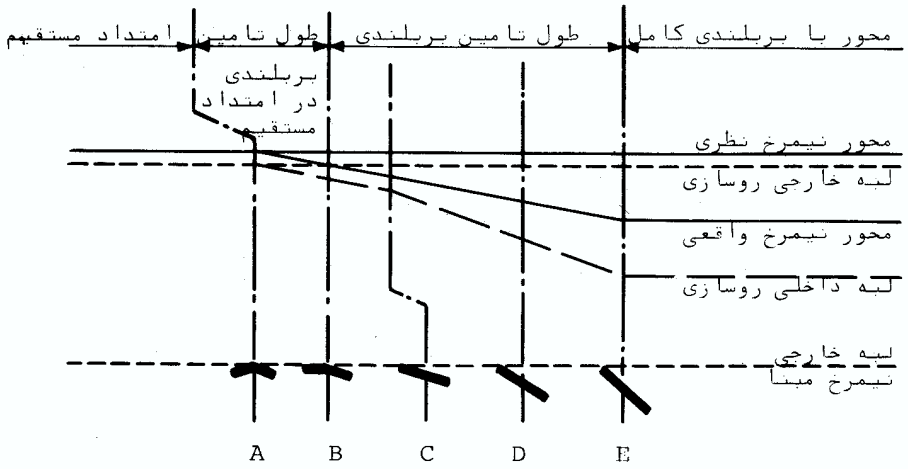


روسازی حول لبه داخلی دوران داده شده است

(ب)



توجه : نقاط شکست باید همانگونه که نشان داده شده است بطور مناسبی گرد شوند .



روسازی حول لبه خارجی دوران داده شده است

(ج)

شکل ۳-۴ . روشهای مختلف اعمال بربلندی

رجحان دارد . در مواردی که تاکید بر روی ظاهر کلی راه است ، استفاده از روش سوم بر دیگر روشها ارجح است .

در طرح راههای جدا شده ، وجود میانه سبب تغییراتی در نحوه طرح بربلندی می شود . بسته به عرض و مقطع عرضی میانه سه حالت کلی طرح طول تأمین بربلندی وجود دارد :

الف) اعمال بربلندی در تمام عرض راه (شامل میانه) نظیر یك مقطع مسطح انجام می شود .

ب) میانه به صورت افقی حفظ شده و روسازیهای دو طرف حول هر یك از لبه های میانه دوران داده می شود .

ج) هر یك از دو روسازی به طور جداگانه دوران داده می شود که در نتیجه ، اختلاف ارتفاعی در محل تلاقی هر یك از روسازیها با میانه به وجود می آید .

حالت " الف " الزاما" محدود به میانه‌های کم عرض با بربلندی متوسط است . حالت " ب " برای میانه‌های با عرض متوسط و حالت " ج " برای میانه‌های با عرض بیش از ۹ متر مناسب است .

همان طور که قبلا" گفته شد ، طول تأمین بربلندی برای راههای ٤ خطه و ٦ خطه جدا نشده به ترتیب برابر ۱/٥ و ۲ برابر طول مشابه در حالت راه دو خطه دو طرفه است . در مورد راههای جدا شده ، طول تأمین بربلندی باید متناسب با عرض کل راه (شامل میانه) افزایش داده شود . در حالت " الف " این افزایش طول به علت آنکه عرض میانه در حدود ۱/۲ تا ۲/٤ متر است ، قابل صرف نظر کردن می باشد . برای حالت " ب" ، اگر عرض میانه کمتر از ٤/٥ متر باشد ، مقادیر داده شده در جدول ۳ـ٥ برای راههای ٤ خطه قابل استفاده است واگر عرض میانه بیش از حدود ۱۲ متر باشد ، مقادیر مربوط به راههای دو خطه مندرج در این جداول باید برای هر یك از

دو جهت آمد و شد به کار رود . در حالت "ب" ، اگر راه ٦ خطه و دارای یک میانه عریض باشد ، طول تأمین بربلندی باید ۲ / ۱ برابر طول مشابه در حالت راه دو خطه مندرج در جدول ۳ــ۵ باشد .

در حالت "ج" که عرض میانه معمولا" ۱۲ متر و یا بیشتر است طول تأمین بربلندی مربوط به یک راه دو خطه را می‌توان برای هر یک از دو طرف یک راه چهار خطه جدا شده به کار برد .

برای راههای ٦ خطه این طول باید قدری بیشتر اختیار شود . اگر عرض میانه در حالت "ج" کمتر از ۱۲ متر باشد ، روش تعیین طول تأمین بربلندی مشابه حالت "ب" خواهد بود .

۳ــ۲ــ۳ . تعریض روسازی در قوسها

گاهی لازم است که عرض روسازی در قوسها افزایش داده شود . دلایل این افزایش عرض عبارتند از :

ــ خودروها در قوسها عرض بیشتری را اشغال می‌نمایند ،

ــ معمولا" رانندگان در قوسها به سختی می‌توانند از محور خطی که در آن حرکت می‌کنند ، پیروی نمایند .

مقدار اضافه عرض روسازی در قوسها از روابط زیر به دست می‌آید (شکل ۳ــ۵) :

$$W = W_c - W_n \qquad (۱)$$

$$W_c = ۲ (U + C) + FA + Z \qquad (۲)$$

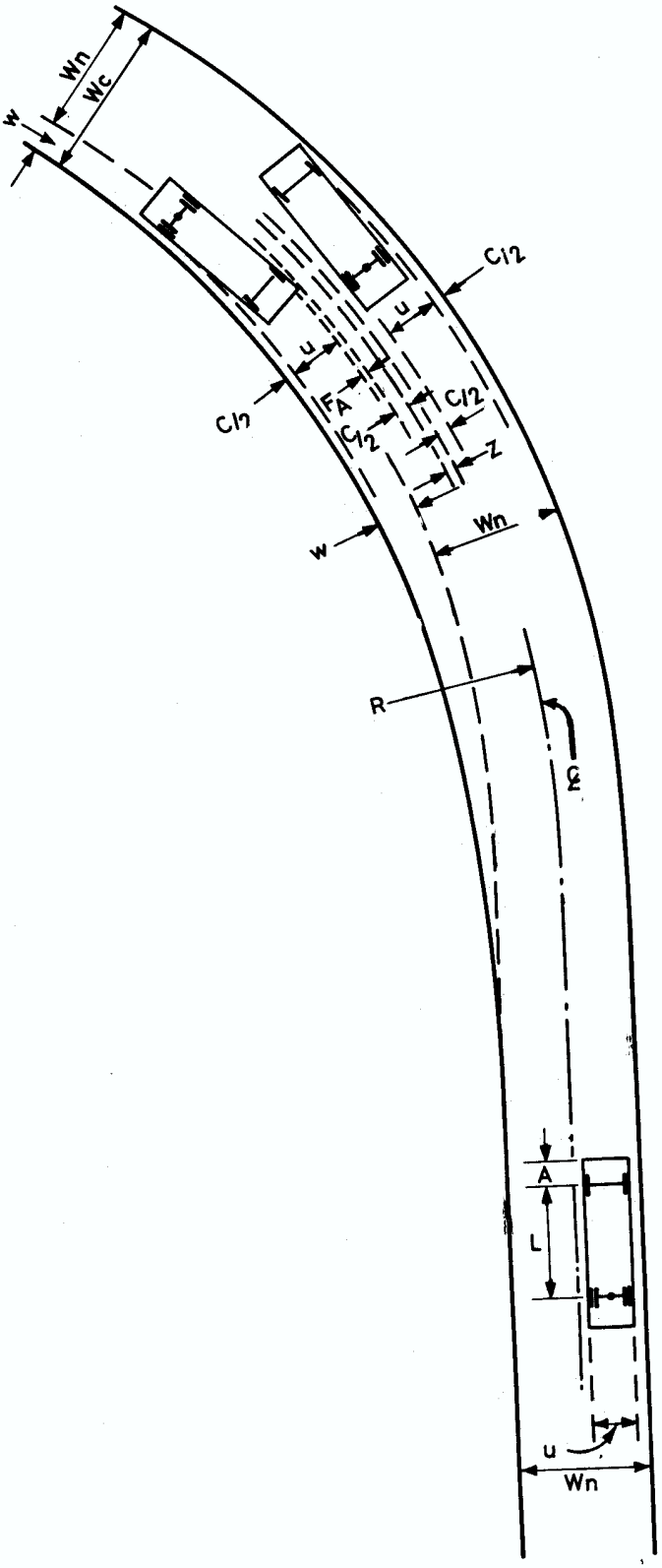
در این روابط :

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

W_c = عرض روسازی راه دو خطه در قوس (متر)

W_n = عرض روسازی راه دو خطه در مسیر مستقیم (متر)

U = عرضی که توسط وسیله نقلیه (از خارج تا خارج چرخها) اشغال می‌شود (متر)



شکل ۳–۵ . تعریض روسازی در قوس

C = فاصله آزاد جانبی وسیله نقلیه برای روسازیهای با عرض ٦ ، ٦/٥ و ۷/۳ متر . این مقدار به ترتیب برابر با ٠/٦ ، ٠/۷ و ٠/۹ متر فرض می شود .

FA = عرض پیش امدگی جلو وسیله نقلیه (متر)

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

مقادیر U و FA و Z از روابط زیر به دست می اید :

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - L^2} \qquad (۱)$$

$$FA = \sqrt{R^2 + A(۲L + A)} - R \qquad (۲)$$

$$Z = ٠/۱ \frac{V}{\sqrt{R}} \qquad (۳)$$

در این روابط :

u = عرضی که توسط وسیله نقلیه (از خارج تا خارج چرخها) در مسیر مستقیم اشغال می شود (متر) ، این مقدار برای کامیون تك واحدی حدود ۲/٥٥ متر است .

R = شعاع محور راه دو خطه در قوس (متر)

L = فاصله بین محور جلو و عقب ، این مقدار برای کامیون تك واحدی حدود ٦ متر است .

A = فاصله پیش امدگی جلو وسیله نقلیه نسبت به محور جلو ، این مقدار برای کامیون تك واحدی حدود ۲/۱ متر است

V = سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)

برای تعیین مقدار اضافه عرض روسازی در قوسها لازم است که وسیله نقلیه مناسبی که نماینده نوع وسایل نقلیه در راه مورد نظر است انتخاب شود و مبنای طرح قرار گیرد . این وسیله نقلیه معمولا " یك کامیون است زیرا اضافه عرض لازم برای ان در مقایسه با خودرو سواری بیشتر است . تفاوت اضافه عرض

مربوط به کامیونهای تك محوری و تریلیها در حالت قوسهای تند تقاطعها بسیار زیاد است ، لیکن این تفاوت در راههایی که شعاع قوسها معمولا " بیش از ۱۲۰ متر است ، بسیار اندك می‌باشد . بنابراین ، برای تعیین مقدار اضافه عرض‌روسازی در قوسها می‌توان مبنای طرح را بر کامیون تك واحدی قرار داد . در مواردی که قوس‌راه نسبتا " تیز است (مثلا " برای سرعتهای طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت و کمتر) که تعداد تریلیها نیز زیاد باشد باید مقادیر اضافه عرض‌به دست آمده برای کامیون تك واحدی افزایش داده شود . این افزایش برای قوسهای با شعاع انحنای بین ۱۰۰ تا ۱۷۰ متر برابر ۱۵/۰ متر و برای قوسهای با شعاع انحنای کمتر از ۱۰۰ متر برابر ۳۰/۰ متر است .

با توجه به اینکه تعریض‌روسازی معمولا " پرهزینه است و مقدار کم اضافه عرض منافع زیادی در بر ندارد ، توصیه شده است که میزان اضافه عرض حداقل برابر ۶/۰ متر در نظر گرفته شود . برای روسازی راههای دو خطه به عرض ۷/۳ متر ، اضافه عرضی در قوسهای با شعاع انحنای ۱۷۰ متر و یا بیشتر در نظر گرفته نمی‌شود .

اضافه عرض‌روسازی راههای دو خطه یکطرفه مانند راههای دو خطه دو طرفه درنظر گرفته شده ، و این مقدار برای راههای ۴ خطه جدا نشده ۲ برابر مقدار نظیر برای راههای دو خطه دو طرفه خواهد بود .

اضافه عرض های بحث شده در این معیارها فقط مربوط به راههاست و در مورد تقاطعها که شعاع انحنای قوسها خیلی کمتر است ، مقدار اضافه عرض بر اساس معیارهای متفاوتی که در " معیارهای طرح هندسی تقاطعها " (نشریه شماره ۸۶ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی ـ وزارت برنامه و بودجه) شرح داده شده است ، تعیین می‌گردد . نحوه اعمال اضافه عرض‌روسازی در قوسها بر اساس اصول زیر استوار است :

الف) در قوسهای ساده (بدون کلوتوئید) ، تعریض‌فقط در امتداد

لبه داخلی روسازی انجام می شود . در قوسهای با کلوتوئید ، تعریض در امتداد لبه داخلی روسازی و یا نیمی از آن در امتداد لبه داخلی و نیمی دیگر در امتداد لبه خارجی انجام می شود .

ب) تعریض قوسها باید به طور تدریجی و در طول کافی انجام شود تا تمام روسازی قابل استفاده باشد . هر چند ممکن است طول کمتری برای این منظور به کار رود ، لیکن بهتر است که تعریض در طول تامین بربلندی انجام شود . معمولا" تعریض در طولی برابر با ۶۰ تا ۱۲۰ متر به عمل می آید .

ج) بهتر است که تعریض قوسها در پیچها به عوض خط مستقیم به صورت یك قوس ملایم و هماهنگ انجام شود .

د) در قوسهای بدون کلوتوئید ممکن است که $\frac{1}{2}$ تا $\frac{1}{3}$ طول تامین اضافه عرض در امتداد مستقیم و ما بقی در طول قوس انجام شود ، که این روش مشابه روشی است که برای تامین بربلندی به کار می رود . در قوسهای با کلوتوئید ، تامین اضافه عرض در طول منحنی کلوتوئید انجام می شود .

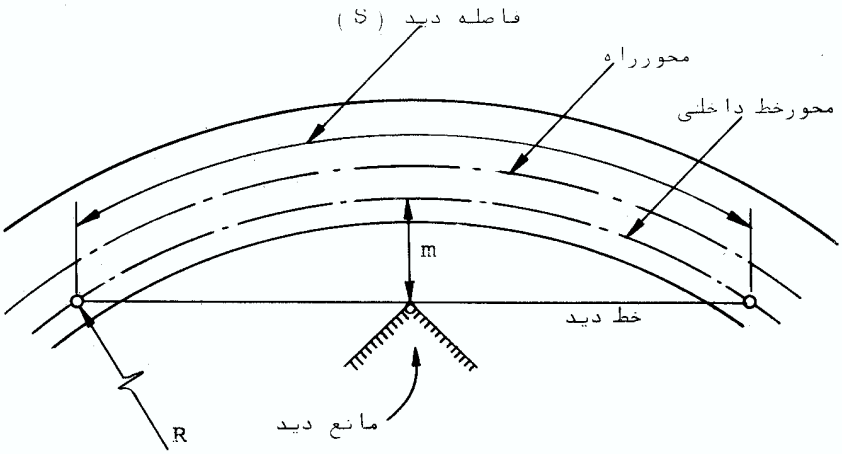
هـ) محدوده مربوط به تعریض قوسها ممکن است یا با جزئیات کامل در نقشه های اجرایی مشخص شود و یا کنترلهای کلی در نقشه های اجرایی و یا نقشه های تیپ اعمال شده و انجام جزئیات نهایی به مهندسان ناظر واگذار گردد .

۳ـ۲ـ۴ . فاصله دید در قوسهای افقی

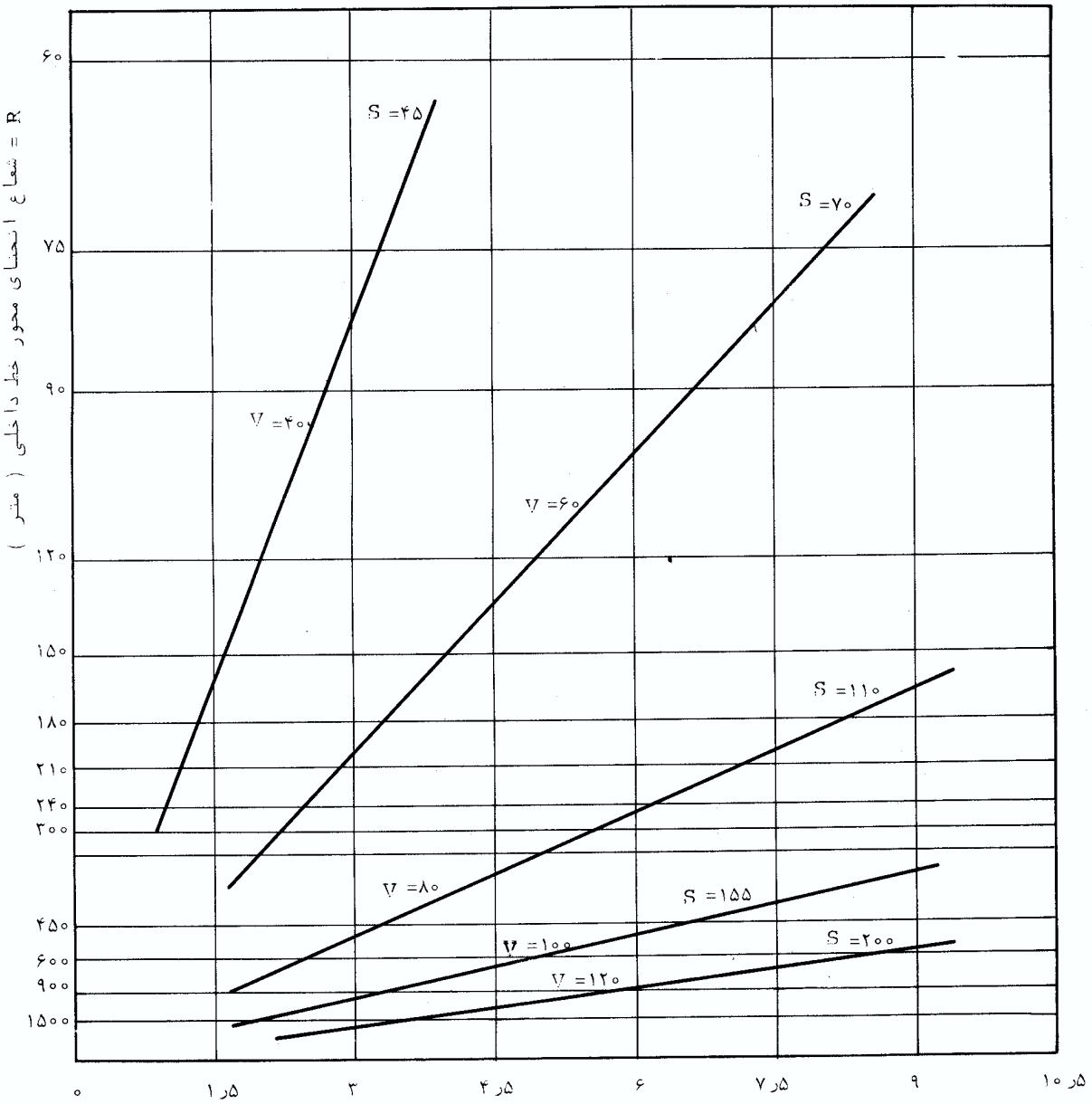
طرح امتداد راه باید طوری انجام شود که موانعی از قبیل ابنیه فنی ، شیروانی برشها ، ساختمانها ، نرده های ایمنی ، درختان و سایر موانع واقع در سمت داخلی قوسها مانعی در برابر دید افقی لازم به وجود نیاورد .

الف) فاصله دید توقف ـ در شکل ۳ـ۶ فاصله دید توقف در قوسهای افقی نشان داده شده است . در رابطه زیر ارتباط بین فاصله آزاد جانبی (m) ، فاصله دید توقف (S) و شعاع انحنای قوس (R) نشان داده شده است :

$$m = R \left(1 - \cos \frac{S}{2R}\right)$$



$$m = R \left(1 - \cos \frac{S}{2R} \right)$$



m = فاصله محور خط داخلی تا مانع دید (متر)

این رابطه فقط در حالتی معتبر است که طول قوس دایره از فاصله دید توقف بیشتر باشد .

ب) فاصله دید سبقت ــ برای یك سرعت طرح معین ، حداقل فاصله دید سبقت برای یك راه دو خطه چند برابر فاصله دید توقف است . بنابراین ، فاصله آزاد جانبی مربوط به حداقل فاصله دید سبقت در مقایسه با مقدار مشابه برای فاصله دید توقف بسیار بزرگتر خواهد بود . از این رو ، عملاً" تامین این فواصل آزاد به منظور ایجاد امکان سبقت فقط در قوسهای با شعاع انحنای بزرگ امکان پذیر است . طرح راه به منظور تامین فاصله دید سبقت فقط در قسمتهای مستقیم راه و در قوسهای با شعاع بسیار زیاد باید انجام شود .

۳ــ۲ــ۵ . کنترلهای کلی امتداد افقی مسیر

علاوه بر عوامل کنترل کننده‌ای که در بند های قبل در مورد امتداد افقی مسیر راه ذکر شد باید عوامل کلی دیگری نیز در نظر گرفته شود . توجه به این عوامل سبب ایمنی بیشتر راه و بهبود کیفیت آمد و شد آن می شود . انحنای بیش از حد و یا ترکیب نامناسب انحناها سبب بروز تصادفات شده ، گنجایش راه را محدود کرده ، ظاهر راه را بد منظر نموده و موجب افزایش هزینه بهره برداری از راه می شود . در زیر ، عوامل کنترل کننده کلی امتداد افقی مسیر راه آورده شده است :

الف) امتداد افقی مسیر باید تا حد امکان با پستی و بلندی و عوارض طبیعی زمین هماهنگ باشد . مسیری که به طور یکنواخت و هماهنگ با خطوط تراز طرح می شود از مسیری که دارای قسمت مستقیم بیشتر است ولیکن یکباره به فراز و نشیب می‌رسد ، برتر است مگر در مورد راههای دو خطه دو طرفه که در طرح آن باید در تامین فاصله دید سبقت در بیشترین قسمتهای آن کوشید .

ب) تا حد امکان سعی در به کار بردن قوسهای با شعاع زیاد (درجه انحنای کم) شود و از به کار بردن قوسهای با شعاع حداقل ، بجز در شرایط

استثنایی ، اجتناب شود .

ج) هماهنگی امتداد افقی مسیر در قسمتهای مختلف راه حفظ شود و از به کاربردن قوسهای تیز در انتهای یك امتداد مستقیم طولانی و یا تغییر ناگهانی یك قوس با شعاع بزرگ به یك قوس با شعاع کم اجتناب شود .

د) طول قوس باید به اندازه کافی باشد تا از به وجود آمدن پیچهای ظاهرا" تند پرهیز شود . طول یك قوس با شعاع انحنای ۳۵۰ متر باید حداقل ۱۵۰ متر باشد و به ازای هر ۵۰ متر کاهش در مقدار شعاع انحنا باید ۳۰متر به طول قوس اضافه شود .

هـ) در خاکریزهای بلند و طولانی باید امتداد مستقیم و یا قوس با شعاع زیاد انتخاب شود .

و) قوسهای مرکب با شعاعهای بسیار متفاوت همان اشکالاتی را به وجود می‌آورد که در مورد اتصال یك مسیر مستقیم به یك قوس با شعاع کم پدید می‌آید . در قوسهای مرکب نباید شعاع قوس بزرگ بیشتر از ۵۰٪ از شعاع قوس کوچك بزرگتر باشد . در مواردی که تامین شرایط فوق امکان پذیر نباشد ، باید مشکل را به کمك یك قوس انتقال (کلوتوئید) و یا یك قوس واسطه دیگر رفع نمود .

ز) از تغییر جهت ناگهانی در امتداد افقی مسیر باید احتراز شود. بدین منظور ، باید بین دو قوس خط مستقیم کافی و یا قوس انتقالی کلوتوئید به کار رود .

ح) از به کار بردن یك امتداد مستقیم کوتاه بین دو قوس همجهت ، اجتناب شود .

ط) نقشه مسیر افقی باید با نیمرخ طولی راه هماهنگ باشد .

۳ـ۳ . امتداد قائم مسیر ، نیمرخ طولی

۳ـ۳ـ۱ . شیب

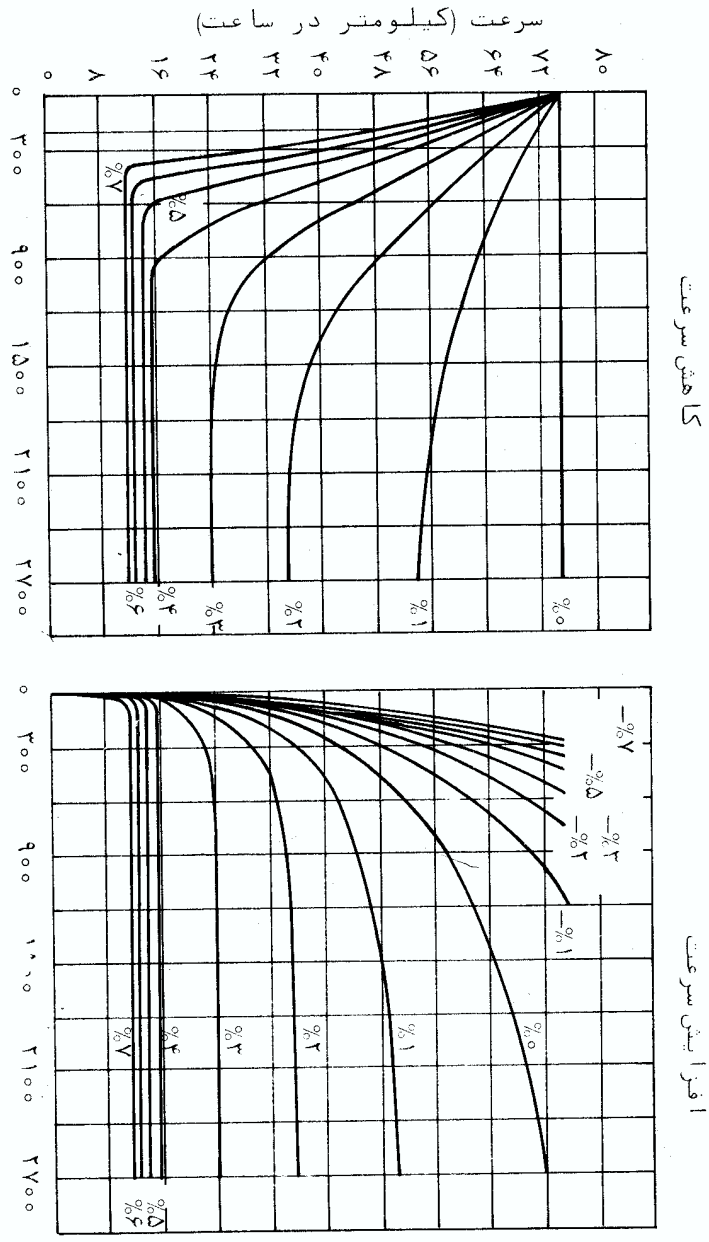
راهها باید طوری طرح شوند که امکان حرکت با سرعت یکنواخت در انها وجود داشته باشد . وجود شیب باعث کاهش سرعت وسایل نقلیه در راه می شود. تجربه نشان داده است که اغلب خودروهای سواری قادر هستند که شیبهای تا حدود ۷٪ یا ۸٪ را بدون کاهش سرعت طی نمایند . تاثیر شیب برروی کامیونها بسیار زیاد بوده و مقدار کاهش سرعت کامیونها در فراز تابعی از طول شیب ، مقدار شیب ، نسبت وزن به قدرت کامیون ، سرعت اولیه ، مقاومت باد و مهارت راننده است . در شکل ۳ـ۷ نتایج حاصل از مطالعات تجربی به دست امده در مورد تاثیر مقدار و طول شیب بر روی سرعت کامیونهای متداول نشان داده شده است .

در جدول ۳ـ۸ مقادیر حداکثر شیب طولی راههای اصلی که تابعی از سرعت طرح و شرایط پستی و بلندی منطقه می باشد ، آورده شده است .

جدول ۳ـ۸ . رابطه بین حداکثر شیب طولی و سرعت طرح

(راههای اصلی)

نوع پستی و بلندی	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)				
	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰
هموار	۶	۵	۴	۳	۳
تپه ماهور	۷	۶	۵	۴	۴
کوهستانی	۹	۸	۷	۶	—



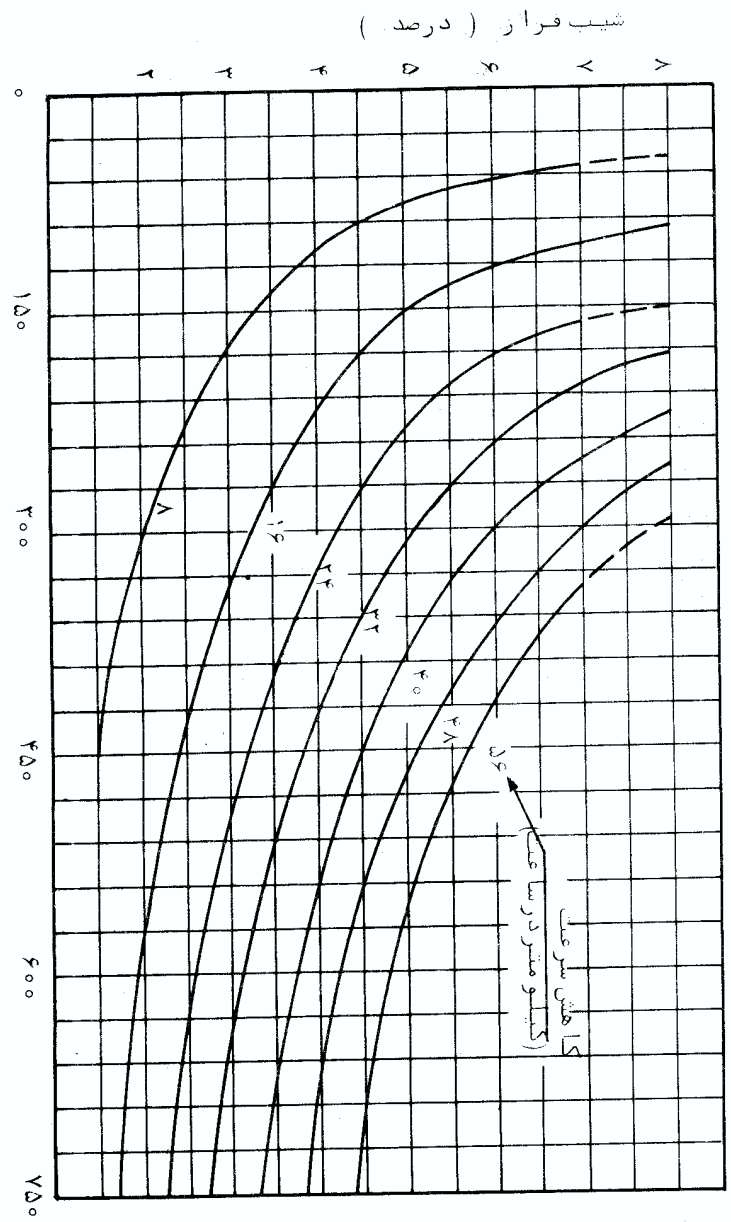
شکل ۳–۷ . رابطه بین سرعت و فاصله برای کامیون سنگین در شیبهای مختلف

شیب حد اکثر برای راههای فرعی ممکن است تا ۲ ٪ از شیبهای داده شده در جدول ۳—۸ بیشتر اختیار شود . در موارد خاص مانند زیرگذرها و نزدیکی پلها ، در صورتی که طول شیب کم باشد می توان از شیبهای بیشتری استفاده نمود . در مورد شیبهای با طول کمتر از ۱۵۰ متر می توان مقدار شیب را به اندازه ۱ ٪ بیشتر از مقادیر داده شده در جدول ۳—۸ اختیار کرد . در طرح راهها باید توجه داشت که تا حد امکان استفاده از شیب حد اکثر باید محدود باشد .

به منظور دفع آبهای سطحی ، در صورتی که روسازی منتهی به جدول می شود باید حداقل شیب طولی برابر با ۰/۵ ٪ باشد . این مقدار شیب در صورتی که روسازی از جنس بستر مقاومی قرار داشته باشد ، ممکن است تا میزان ۰/۳۵ ٪ کاهش داده شود . در مواردی که روسازی منتهی به جدول نبوده و مقدار شیب عرضی آن کافی باشد ، می توان راه را بدون شیب طولی ساخت .

۳—۳—۲ . طول بحرانی قطعه راه در فراز

مقدار شیب طولی راه به تنهایی عامل کنترل کننده طرح نیست ، بلکه لازم است که علاوه بر مقدار شیب ، طول آن نیز در نظر گرفته شود . تا آنجا که ممکن است طول قطعه راه در فراز باید طوری انتخاب شود که کاهش سرعت خودروهای سنگین طی آن از حد معین تجاوز ننماید . طول بحرانی یك قطعه راه در فراز عبارت است از حد اکثر طولی که در طی آن در یك شیب معین سرعت یك کامیون با بار از حد معقولی کمتر نگردد . در مواردی که نتوان طول شیب را کمتر از طول بحرانی اختیار نمود ، باید یا مسیر راه تغییر داده شود و یا از یك خط اضافی در فراز استفاده شود . در شکل ۳—۸ رابطه بین مقدار و طول بحرانی شیب برای مقادیر مختلف کاهش سرعت نشان داده شده است . در طرح راههای اصلی ، مقدار کاهش سرعت مجاز برابر ۲۴ کیلومتر در ساعت اختیار می شود که در این شکل با منحنی ضخیمتر نشان داده شده است . برای این کاهش سرعت ، طول بحرانی قطعه راه در فراز برای شیبهای مختلف



شکل ۳-۸ ، رابطه بین مقدار شیب و طول بحرانی موازی برای مقادیر مختلف کاهش سرعت مجاز

به ترتیب زیر است :

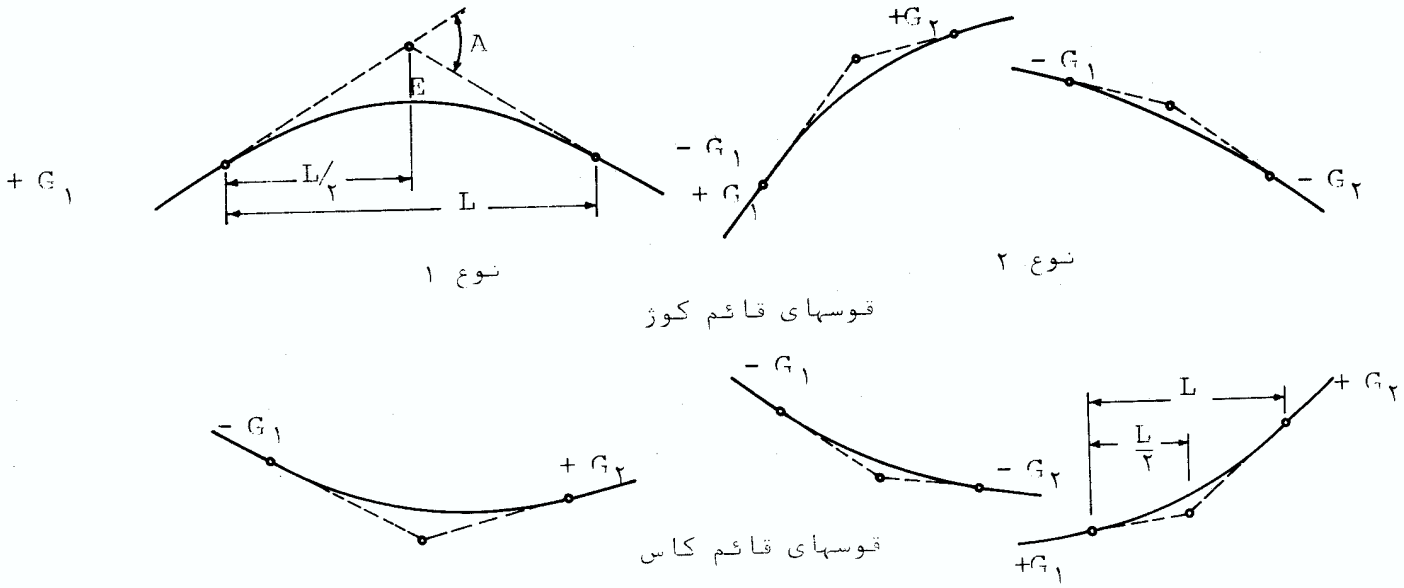
شیب (نسبت درصد)	۳	٤	٥	٦	۷	۸
طول بحرانی (متر)	٥۰۰	۳۳۰	۲۳۰	۱۸۰	۱٥۰	۱٥۰

در شرایطی که طول قطعه فراز به مقدار قابل توجهی بیش از طول بحرانی باشد ، باید خط ویژه سربالایی برای خودروهای سنگین ، بخصوص در شرایط آمد و شد زیاد ، در طرف راست راه درنظر گرفته شود .

۳-۳-۳ . قوسهای قائم

به منظور ایجاد یك تغییر تدریجی بین دو امتداد مستقیم با شیبهای طولی مختلف باید از یکی از انواع قوسهای قائم نشان داده شده در شکل ۳-۹ استفاده شود . قوس قائم باید نوعی باشد که کاربرد و اجرایش ساده باشد ، موجب یك طرح ایمن گردد ، رانندگی در آن راحت باشد ، منظری خوش داشته باشد و عمل زهکشی در آن به خوبی انجام گیرد . کنترل اصلی برای حرکت ایمن در قوسهای قائم کوژ فراهم آوردن فواصل دید کافی برای سرعت طرح مورد نظر است . حداقل بزرگتری از فاصله دید توقف و یا سبقت باید در تمام حالات تامین گردد . به منظور آنکه حرکت در طول یك قوس قائم با راحتی صورت بگیرد باید مقدار تغییر شیب محدود شود . این امر بخصوص در مورد قوسهای قائم کاس که در آن نیروهای ثقل و گریز از مرکز قائم با یکدیگر جمع می شوند ، از اهمیت بیشتری برخوردار است .

شکل ظاهری قوسهای قائم نیز در انتخاب آنها تاثیر دارد . قوسهای با طول بیشتر خوش منظرتر از قوسهای کوتاهتر هستند زیرا دارای ظاهری شکسته نمی باشند . مسئله زهکشی روسازیهای با جدول در قوسهای قائم کاس (نوع ۳ در شکل ۳-۹) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است . این قبیل راهها باید دارای حداقل شیب طولی برابر با ۰/٥ ٪ در هر طرف بوده ، و در صورت



G_1 , G_2 = شیب (در صد)

A = تفاضل جبری

L = طول قوس قائم

شکل ۳–۹ . انواع قوسهای قائم

امکان شیب عرضی روسازی افزایش داده شود .

قوسهای قائم ممکن است دایره‌ای ، سهمی‌ساده ، و یا سهمی درجه ۳ باشد . در راه سازی ، استفاده از سهمی ساده برای قوس قائم به انواع دیگر منحنیها ترجیح دارد .

قوسهای قائم کوژ : حداقل طول قوس قائم کوژ که بر اساس حداقل فاصله دید تعیین شود معمولا" از نظر ایمنی ، راحتی و ظاهر قابل قبول‌تر است . طول قوس قائم سهمی شکل از رابطه زیر به دست می‌آید :

(اگر $S < L$ باشد)

$$L = \frac{AS^2}{۱۰۰ (\sqrt{۲h_1} + \sqrt{۲h_2})^2}$$

(اگر $S > L$ باشد)

$$L = ۲S - \frac{۲۰۰ (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

در این رابطه :

L = طول قوس قائم (متر)

S = فاصله دید (متر)

A = تفاضل جبری دو شیب (درصد)

h_1 = ارتفاع چشم از سطح راه (متر) ،که برابر ۱/۱۰ متر اختیار می‌شود.

h_2 = ارتفاع مانع از سطح راه (متر) ،که برابر ۰/۱۵ متر اختیار می‌شود

در شکل ۳ــ۱۰ طول لازم قوس قائم برای مقادیر مختلف A به منظور تامین حداقل فاصله دید توقف برای مقادیر مختلف سرعت طرح نشان داده شده است . پارامتر K نسبت طول قوس قائم (L) به تفاضل جبری شیبها (A) است . در جدول ۳ــ۹ مقادیر محاسبه شده K برای طول لازم قوسهای قائم برای فاصله دید توقف (جدول ۳ــ۱) برای مقادیر مختلف سرعت طرح داده شده است .

حداقل طول قوسهای قائم برحسب متر نباید از ۰/۵۶ مقدار سرعت

طرح برحسب کیلومتر در ساعت کمتر باشد (شکلهای ۳ــ۱۰ و ۳ــ۱۱) .

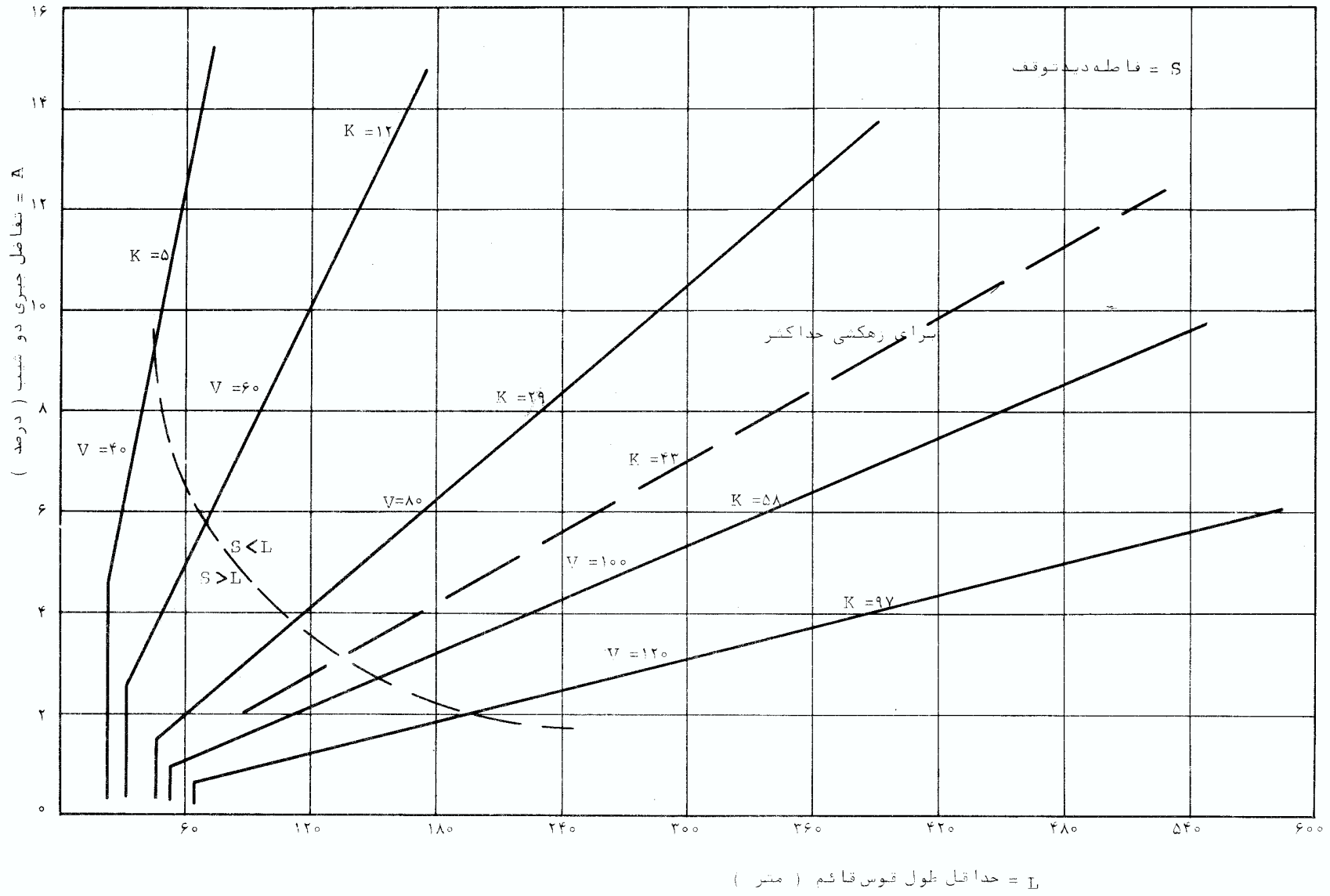
جدول ۳ــ۹ . مقادیر K برای قوسهای قائم کوژ براساس حد اقل فاصله دید توقف

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	حد اقل فاصله دید توقف (متر)	K
۴۰	۴۵	۵
۶۰	۷۰	۱۲
۸۰	۱۱۰	۲۷
۱۰۰	۱۵۵	۵۸
۱۲۰	۲۰۰	۹۷

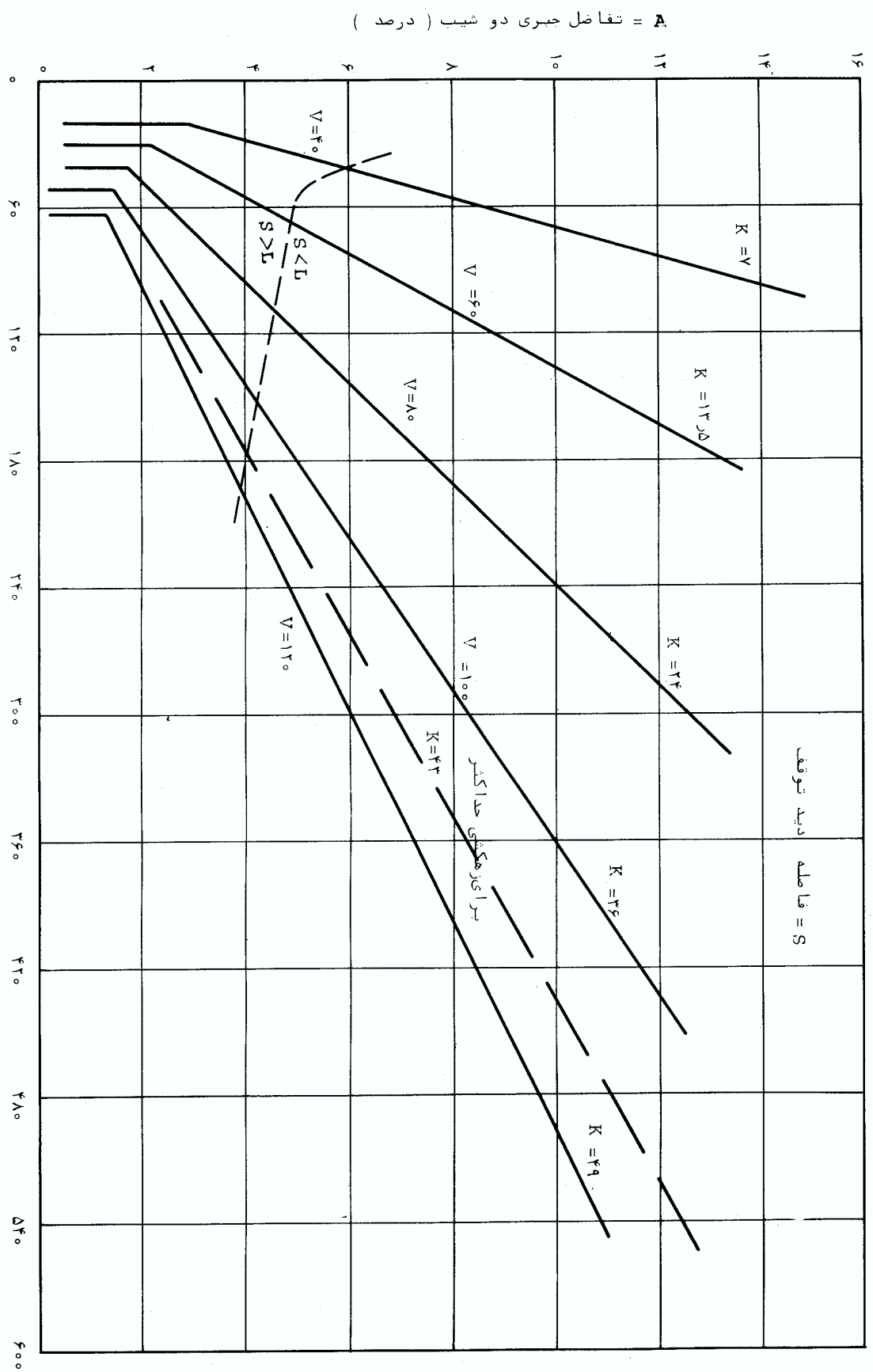
حد اقل طول قوس قائم کوژ برای تامین حد اقل فاصله دید سبقت به مقدار قابل توجهی بیشتر از مقادیر مشابه برای تامین حد اقل فاصله دید توقف است . این طولها برای مقادیر مختلف سرعت طرح به شرح زیر است :

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰
حد اقل فاصله دید سبقت طرح (متر)	۲۷۰	۴۲۰	۵۴۰	۶۶۰	۷۸۰
K ،برای راههای دو خطه	۷۴	۱۸۰	۲۹۸	۴۴۶	۶۲۲

در قوسهای قائم کوژ فاصله دید کافی برای سبقت محتاج به قوس طویل است که در پاره‌ای موارد ایجاد آن غیرعملی است . معمولا " تامین فاصله دید



شکل ۳ـ۱۰ . حداقل طول قوس قائم کشور برمبنای حداقل فاصله دید توقف



شکل ۳-۱۱ ، حداقل طول قوس قائم کاس برمبنای حداقل فاصلهدید توقف

سبقت در طولی از راه که کوژ ندارد و یا تفاضل جبری دو شیب ناچیز است ، امکان پذیر می‌باشد .

قوسهای قائم کاس : اگر چه معیارهای مختلفی برای محاسبه حداقل طول قوسهای قائم کاس وجود دارد ، لیکن منطقیترین این معیارها تعیین حداقل طول قوس بر اساس فاصله دید توقف در شب (به کمك نور چراغهای جلو) است . روابط زیر طول قوس قائم کاس را بر حسب فاصله نور چراغها می دهد :

(در حالتی که $S < L$)
$$L = \frac{AS^2}{۱۲۰+۳/۵\,S}$$

(در حالتی که $S > L$)
$$L = ۲S - \frac{۱۲۰+۳/۵S}{A}$$

در این روابط :

L = طول قوس قائم کاس (متر)

S = فاصله نور چراغها (متر)

A = تفاضل جبری دو شیب (نسبت درصد)

روابط بالا بر اساس این فرض استوار است که ارتفاع چراغهای جلو از سطح راه برابر با ۰/۶ متر است و نور چراغها با زاویه ۱ درجه نسبت به محور طولی وسیله نقلیه پخش می شود .

به منظور تامین ایمنی در راهها باید طول قوسهای قائم کاس به اندازه‌ای باشد که فاصله نور چراغها تقریبا" برابر با فاصله دید توقف شود اگر در روابط بالا به جای فاصله نور چراغها ، فاصله دید توقف به کار رود ، طول به دست آمده قوسهای قائم برابر مقادیری خواهد بود که در شکل ۳-۱۱ نشان داده شده است .

در جدول ۳-۱۰ ، K برای مقادیر مختلف سرعت طرح برای قوسهای قائم کاس نشان داده شده است .

جدول ۳ـ۱ . مقادیر K برای قوسهای قائم کاس براساس حداقل فاصله دید توقف

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	حداقل فاصله دید توقف (متر)	K
۴۰	۴۵	۷
۶۰	۷۰	۱۳/۵
۸۰	۱۱۰	۲۴
۱۰۰	۱۵۵	۳۶
۱۲۰	۲۰۰	۴۹

۳ـ۳ـ۴ . کنترلهای کلی امتداد قائم مسیر

علاوه بر عوامل کنترل کننده‌ای که در بندهای قبل در مورد امتداد قائم مسیر راه ذکر گردید ، باید عوامل کلی دیگری نیز درنظر گرفته شود . در زیر عوامل کنترل کننده کلی امتداد قائم مسیر راه آورده شده است :

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

ب) از ایجاد نیمرخ طولی با گوژ و کاس پی در پی و یا تک گودهای غیرمنتظره باید به وسیله افزایش عملیات خاکی و یا ایجاد پاره‌ای قوسهای افقی کوتاه اجتناب نمود .

ج) باید از ایجاد خط شیب مواج با طول زیاد که موجب افزایش سرعت خودروهای سنگین در شیبها می‌شود ، احتراز شود .

د) از ایجاد خط شیب طولی با قطعات تغییر شیب متوالی غیر همجهت باید اجتناب نمود .

هـ) در فرازهای طولانی ، بویژه در حالت راههای با سرعت طرح پایین ، بهتر است شیب در نزدیکی قله کاهش داده شود .

و) در شرایطی که یک تقاطع همسطح در یک قطعه شیبدار راه با شیب متوسط یا زیاد قرار دارد ، بهتر است از شدت شیب قطعه در محل تقاطع و حوالی آن کاسته شود .

ز) در شرایطی که طول فراز از مقدار بحرانی به مقدار قابل توجهی بیشتر است و حجم ساعت طرح از مقدار گنجایش در شیب در حالت راههای دو خطه دو طرفه تا ۲۰٪ و در حالت راههای چند خطه تا ۳۰٪ بیشتر باشد ، لازم است خط ویژه سربالایی در طرف راست راه درنظر گرفته شود .

۳ـ٤ . ترکیب امتدادهای افقی و قائم مسیر راه

امتدادهای افقی و قائم مسیر راه نباید مستقل از یکدیگر طرح شوند ، آنها باید مکمل یکدیگر باشند زیرا یک ترکیب بد می تواند نکات خوب هر یک را از بین برده و معایب را تشدید نماید . هرگاه طرح امتدادهای افقی و قائم به طور توام انجام شود ، ایمنی راه بیشتر ، سرعت یکنواخت تر و ظاهر راه خوش منظر تر می شود ، تقریبا" همواره می توان این اقدامات را بدون تحمیل هزینه های اضافی انجام داد .

ترکیب مناسب امتداد افقی و قائم با ملاحظه مهندسی و با درنظر گرفتن کنترلهای کلی زیر امکان پذیر است :

یکم ـ باید تعادل مناسبی بین اندازه های افقی و شیبهای راه موجود باشد .

دوم ـ در کوژ و یا نزدیکی کوژ یک قوس قائم نباید قوس افقی تند قرارگیرد .

سوم ـ در کاس و یا نزدیکی کاس یک قوس قائم نباید قوس افقی تند قرارگیرد .

چهارم — در راههای دو خطه دو طرفه لزوم تامین امکان سبقت خودروها به طور کاملا" ایمن و در قطعات قابل ملاحظه ای از طول مسیر راه ایجاب می‌کند که از ترکیب قوسهای قائم و افقی برای زیبا شدن راه صرف نظر شود .

پنجم — قوسهای افقی و نیمرخ طولی راه باید تا حد امکان در تقاطعها و حوالی آن به صورت افقی و ملایم باشد .

ششم — در راههای جدا شده تغییرات در عرض میانه و به کار گرفتن نیمرخهای جدا برای هر یك از دو جهت آمد و شد باید مورد توجه قرار گیرد تا طرح راه و عملکرد آمد و شد از برتریهای راههای یکطرفه برخوردار شود .

۳—۵ . دیگر عوامل موثر در طرح هندسی راه

علاوه بر اجزای طرحی که در قسمتهای قبل این فصل ذکر شد ، عوامل دیگری نیز وجود دارند که باید در طرح هندسی راه درنظر گرفته شوند . هر یك از این عوامل مستلزم بحثی طولانی است که امکان آن در این " معیارها" وجود ندارد . در زیر ، این عوامل به طور خلاصه آورده شده‌اند .

۳—۵—۱ . زهکشی

گنجایش هیدرولیکی و محل ابنیه زهکشی باید طوری درنظر گرفته شوند که به بالا دست حداقل صدمات وارد شود و از اشباع شدن بستر راه جلوگیری به عمل آید و نیز احتمال قطع آمد و شد راه در اثر سیلاب به کمترین مقدار ممکن برسد . اهمیت عامل اخیر با اهمیت راه و جریان آمد و شد روی آن تناسب مستقیم دارد . آب باران در سطح راه باید از طریق نهرها جمع آوری و تخلیه گردد . در قسمتهایی از راه که جدول وجود دارد ، دریچه‌های زهکشی را باید در فواصلی درنظر گرفت که آب در سطح راه بیش از حد قابل قبولی پخش

نشود . دریچه‌هایی که به دلیل شیب طولی راه درنظر گرفته می شوند و نیز محل بریدگیهایی که برای تخلیه آب در جدولها پیش‌بینی می شود باید از محدوده خطوط اصلی آمد و شد کنار باشند . نیمرخ عرضی راه با شانه ها باید به طور کامل در روی پلها و آبروها حفظ شود ، مگر در مواردی مانند پلهای بزرگ که حفظ مقطع عرضی کامل از نظر اقتصادی قابل توجیه نیست .

۳—۵—۲ . جلوگیری از فرسایش زمین ، و چشم انداز

تاثیر راه بر فرسایش زمین باید در مراحل مسیریابی ، طراحی ، اجرا و مرمت راهها مورد توجه قرار گیرد . یکی از مراقبتهای لازم برای پیشگیری فرسایش و در حد اقل نگاه داشتن آن انتخاب شیروانیهای ملایم هماهنگ با عوارض طبیعی زمین و انتخاب محل و فواصل مناسب برای نهرها و جویهای زهکشی است که مانع فرسایش شیروانیها می شوند . طرح این نهرها و جویهای زهکشی باید با توجه به عرض ، عمق ، شیب ، موقعیت و روشهای حفاظت شیروانی در مقابل فرسایش صورت گیرد . خروجی جویهای زهکشی و آبروها باید در برابر فرسایش محافظت شود . برای انحراف جریان آبهای سطحی باید با استفاده از بند و خاکریز و دیگر امکانات حفاظتی ، تأسیسات مناسب ایجاد شده و از پوششهای گیاهی حافظ زمین استفاده گردد .

چشم انداز نیز باید با خصوصیات راه هماهنگ باشد و در همان مراحل اولیه اجرا ، به عنوان بخشی از کارهای ساختمانی راه در نظر گرفته شود .

۳—۵—۳ . توقفگاه کنار راه و استراحتگاه

این عوامل از اجزای مفید و مطلوب راههای پر امد وشد ، بویژه راههای منتهی به مناطق گردش و تفریح ، می‌باشند .

۳—۵—٤ . راههای دسترسی و کنترل اطراف راه

مقررات مربوط به راههای دسترسی تا حدود زیادی تابع اختیارات مقامات قانونی در مورد صدور مجوز می‌باشد . این اختیارات عموماً" شامل نحوه تداخل با حریم راه ، موقعیت راه دسترسی و طرح آن ، زهکشی ، فاصله دید ، جدول گذاری ، توقفگاهها ، عقب نشینی کنار راه ، روشنایی و علائم است . نباید اجازه داد که در حریم راه اعلانات تبلیغاتی نصب شود . با استفاده از قدرت قانونی و با خرید حق تشرف لازم است نصب تابلوهای بزرگ تبلیغات و سایر عوامل که موجب تفرق حواس رانندگان می‌شود و یا جلو دید را می‌گیرد حتی در خارج از حریم راه نیز تحت نظارت و کنترل کامل باشد .

۳—۵—۵ . روشنایی

تأمین روشنایی راههای برونشهری کمتر قابل توجیه است مگر در نقاط حساس نظیر تقاطعهای همسطح و غیر همسطح مبدل ، پلهای طولانی ، تونلها و در تقاطعهایی که تداخل آمد و شد اطراف راه زیاد است . ارتفاع چراغهای روشنایی از سطح راه معمولاً" ۷/۵ تا ۹ متر است . پایه‌های چراغها باید حتماً" در خارج از شانه راه نصب شوند . فاصله پایه چراغ تا کناره خط آمد و شد نباید از ۳ متر کمتر باشد ولی در صورتی که کناره راه منتهی به جدول باشد ، حداقل فاصله ۲ متر خواهد بود . در داخل میانه راه نباید پایه چراغ درنظر گرفت مگر آنکه عرض میانه حداقل ٦ متر باشد . عرض مطلوب میانه برای نصب پایه چراغ در آن ۹ متر است .

۳—۵—٦ . شبکه های مختلف

کارگذاری خطوط انتقال نیرو و شبکه های مختلف زیرزمینی مانند لوله‌های آب ، نفت ، گاز و غیره در قسمتهایی که در حریم راه قرار دارند و یا آنرا قطع می‌کنند باید در طراحی مورد توجه دقیق و کامل قرار گیرند . معمولاً" در ساختمان راههای جدید سعی بر این است که شبکه های مختلف به هیچ

عنوان در زیر قسمت روسازی شده راه قرار نگیرند مگر در مواردی که خط لوله شبکه راه را قطع می نماید . مطلوب آن است که شبکه های مختلف زیرزمینی در خارج از سطح زیر آمد و شد قرار داده شوند . چنانچه شبکه زیرزمینی راه را قطع کند باید آن را در قسمت تقاطع از داخل کانال یا لوله‌ای به اندازه مناسب گذراند تا تعمیرات احتمالی آن موجب اخلال در آمد و شد راه نشود . پایه های خطوط شبکه های هوایی را باید خارج از شانه راه نصب کرد و مطلوب آن است که حداقل ٤/٥ متر بین پایه و کناره روسازی فاصله باشد . به طور کلی نصب پایه در داخل میانه راه مجاز نیست .

۳ـ٥ـ۷ . علائم و خط کشی

علامت گذاری و خط کشی راه باید در هنگام طرح هندسی راه مورد توجه قرار گیرد . برای شناخت جزئیات مربوط به طرح ، موقعیت و کاربرد علائم و نیز برای ضوابط و روشها و استاندارد های خط کشی باید به کتابهای مربوط مراجعه شود .

۴. اجزای نیمرخ عرضی

۴-۱. روسازی

۴-۱-۱. انواع رویه

انتخاب نوع رویه تاثیر اندکی در طرح هندسی یك راه دارد و این امر به ندرت از اهمیت خاصی برخوردار است. انتخاب نوع رویه بر اساس مقدار و ترکیب آمد و شد، نوع مصالح در دسترس، هزینه اولیه و مخارج نگهداری و مرمت راه انجام می شود. طرح روسازی راهها موضوع این "معیارها" نیست و در این فصل فقط اشاره‌ای به تاثیر نوع رویه در طرح هندسی راهها می شود.

به طور کلی، رویه ها را با توجه به تاثیر آنها در طرح هندسی به سه نوع رویه های درجه ۱، درجه ۲ و درجه ۳ رده بندی می نمایند. رویه های بتن سیمانی و بتن آسفالتی گرم از نوع رویه های درجه ۱ محسوب می شوند و برای آمد و شد های زیاد و سنگین مناسب هستند. این نوع رویه ها کیفیت و شکل هندسی خود را به مراتب بهتر از سایر انواع رویه حفظ می‌کنند و در نتیجه، اختلال کمتری در جریان آمد و شد به وجود می آورند و هزینه نگهداری و مرمت آنها کمتر است. رویه های درجه ۲ شامل رویه های آسفالت سرد و آسفالت سطحی مرغوب هستند که از رویه های درجه ۱ ارزانتر و کم مقاومت تر می باشند. رویه های آسفالت سطحی نازك، رویه های شنی و خاکی و رویه های تهیه شده از مصالح تثبیت شده از نوع رویه های درجه ۳ محسوب می شوند.

رویه های درجه ۱ سطحی هموار دارند و در برابر جریان آبهای سطحی ناشی از بارندگی، نسبت به رویه های درجه ۳، مقاومت بیشتری نشان

می‌دهند و از این نظر شیب عرضی لازم برای تخلیه آبهای سطحی در این نوع رویه ها کمتر است . رویه های درجه ۱ ، به علت سطح نسبتا" صاف و هموارشان ، امکان حرکت سریعتر خودروها را فراهم می‌آورند و از این رو ، نوع رویه در انتخاب سرعت طرح تاثیر دارد . باید توجه داشت که چون در اغلب موارد ، نهایتا" رویه یك راه بهسازی می‌شود و یا به وسیله رویه هایی از نوع مرغوبتر جایگزین می‌گردد ، باید در انتخاب سرعت طرح و مشخصات هندسی اولیه به این امر توجه شود .

۴ــ۱ــ۲ . شیبهای عرضی متداول

به منظور تخلیه آبهای سطحی ناشی از بارندگی ، راه باید دارای شیب عرضی باشد . معمولا" در راههای دو خطه در امتدادهای مستقیم و در قوسهای با شعاع انحنای زیاد شیب عرضی در دو جهت (از محور راه به طرف لبه ها) ایجاد می‌شود ، در راههای چند خطه دوگانه (جدا شده) ، شیب عرضی ممکن است مانند راههای دو خطه در دو جهت اعمال شود و یا فقط در یك جهت که همواره لبه خارجی دارای ارتفاع کمتری است ، به وجود آید .

شیب عرضی تابع نوع رویه راه است . مقطع رویه یا سطح راه با تاج (کوهان‌دار) می‌تواند از سطوح صاف ، سطوح منحنی و یا ترکیبی از هر دو تشکیل شود . شیب عرضی راه ، بجز در مواردی که نیمرخ عرضی دارای بربلندی است ، دارای مقادیر زیر است :

جدول ۴ــ۱ . حدود شیب عرضی راهها

نوع روسازی	شیب عرضی (٪)
درجه ۱	۱ تا ۲
درجه ۲	۱/۵ تا ۳
درجه ۳	۲ تا ۴

شیب عرضی باید به اندازه‌ای کم باشد که اشکالی در حرکت وسایل نقلیه به وجود نیاورد و در عین حال، با توجه به دقت اجرای کارهای ساختمانی و تغییر شکل رویه، باید جریان و دفع آبهای سطحی روی راه به خوبی صورت گیرد. هنگامی که دو خط یا بیشتر در یك روسازی چند خطه متمایل به یك طرف هستند، بهتر است که شیب عرضی خطوط پایین‌تر به مقدار ۰/۵ ٪ بیش از شیب عرضی خط بالاتر مجاور باشد. در روسازیهای درجه یك باید از به کار بردن شیبهای عرضی بیش از ۲ ٪ خودداری شود. شیب عرضی روسازیهای جدول‌دار نباید از ۱/۵ ٪ برای رویه های درجه یك و ۲ ٪ برای رویه های درجه ۲ کمتر باشد.

٤—۲. عرض خط عبور

هیچ یك از اجزای راه به اندازه عرض آن و شرایط سطح راه در ایمنی و راحتی رانندگی تاثیر ندارد. با درنظر گرفتن شرایط ایمنی و بازدهی مطلوب و راحتی حرکت وسایل نقلیه، عرض خط عبور بین ۳/۰۰ تا ۳/۶۵ متر در نظر گرفته می‌شود. عرض بیشتر، آزادی و راحتی بیشتری برای خودروها فراهم می‌کند و مناسب راههای پرآمد و شد است. در راههای اصلی، عرض خط عبور ۳/۶۵ متر درنظر گرفته می‌شود. از درنظر گرفتن عرض خط عبور کمتر از ۳/۲۵ متر باید پرهیز نمود، در صورت نبود امکان، چنین مقادیری را می‌توان فقط در راههای فرعی کم آمد و شد به کار برد.

گنجایش یك راه به طور بسیار محسوس تابع عرض خطوط عبور است. در راههای برونشهری دو خطه گنجایش عملی خطوط با عرضهای ۲/۷۵، ۳/۰۰ و ۳/۲۵ متر به ترتیب برابر ۷۰ ٪، ۷۷ ٪ و ۸۶ ٪ گنجایش خطی به عرض ۳/۶۵ متر است. وجود موانعی از قبیل دیوارهای حایل، پایه پلها و خودروهای متوقف شده که سبب محدود شدن فاصله آزاد جانبی می‌شوند، باعث می‌شود که عرض موثر سواره رو از نظر گنجایش راه کاهش یابد. مقدار این

کاهش در جدول ٤ـ۲ نشان داده شده است .

جدول ٤ـ۲ . عرض موثر روسازی در راههای دو خطه با فاصله ازاد جانبی محدود شده

فاصله آزاد بین لبه روسازی تا مانع (متر)	عرض موثر راه دو خطه (متر)					
	وجود مانع در یک طرف راه			وجود مانع در دو طرف راه		
	۷/۳۰	٦/٥٠	٦/٠٠	۷/۳۰	٦/٥٠	٦/٠٠
۱/۸	۷/۳۰	٦/٥٠	٦/٠٠	۷/۳۰	٦/٥٠	٦/٠٠
۱/۲	۷/٠٥	٦/٤٥	٥/۸۸	٦/۹٠	٦/۳٠	٥/۷٦
٠/٦	٦/۷٥	٦/۱۸	٥/٦٤	٦/۳٠	٥/۷۹	٥/۲٥
صفر	٦/۳٠	٥/۷۹	٥/۲٥	٥/٤٠	٤/۹٥	٤/٥٠

حداقل عرض رویه راههای دو خطه در رابطه با حجم امد و شد و سایر عوامل موثر در فصل پنجم ، در جدول ٥ـ۱ آورده شده است .

٤ـ۳ . جدولها

نوع و محل جدولهای راه بر نحوه رانندگی تاثیر می‌گذارد و این امر به نوبت خود در ایمنی راه موثر است . از جدولها برای کنترل زهکشی ، جلوگیری از خارج شدن خودروها از روسازی در نقاط خطرناک ، مشخص‌کردن لبه روسازی و کمک در توسعهٔ با نظم و ترتیب اطراف راهها استفاده می شود . معمولا" جدولها ممکن است برای یک و یا چند منظور مختلف به کار روند .

غالبا" از جدولها در راههای واقع در مناطق شهری استفاده می شود . در مناطق برونشهری معمولا" نیازی به استفاده از جدول نیست ، مگر آنکه

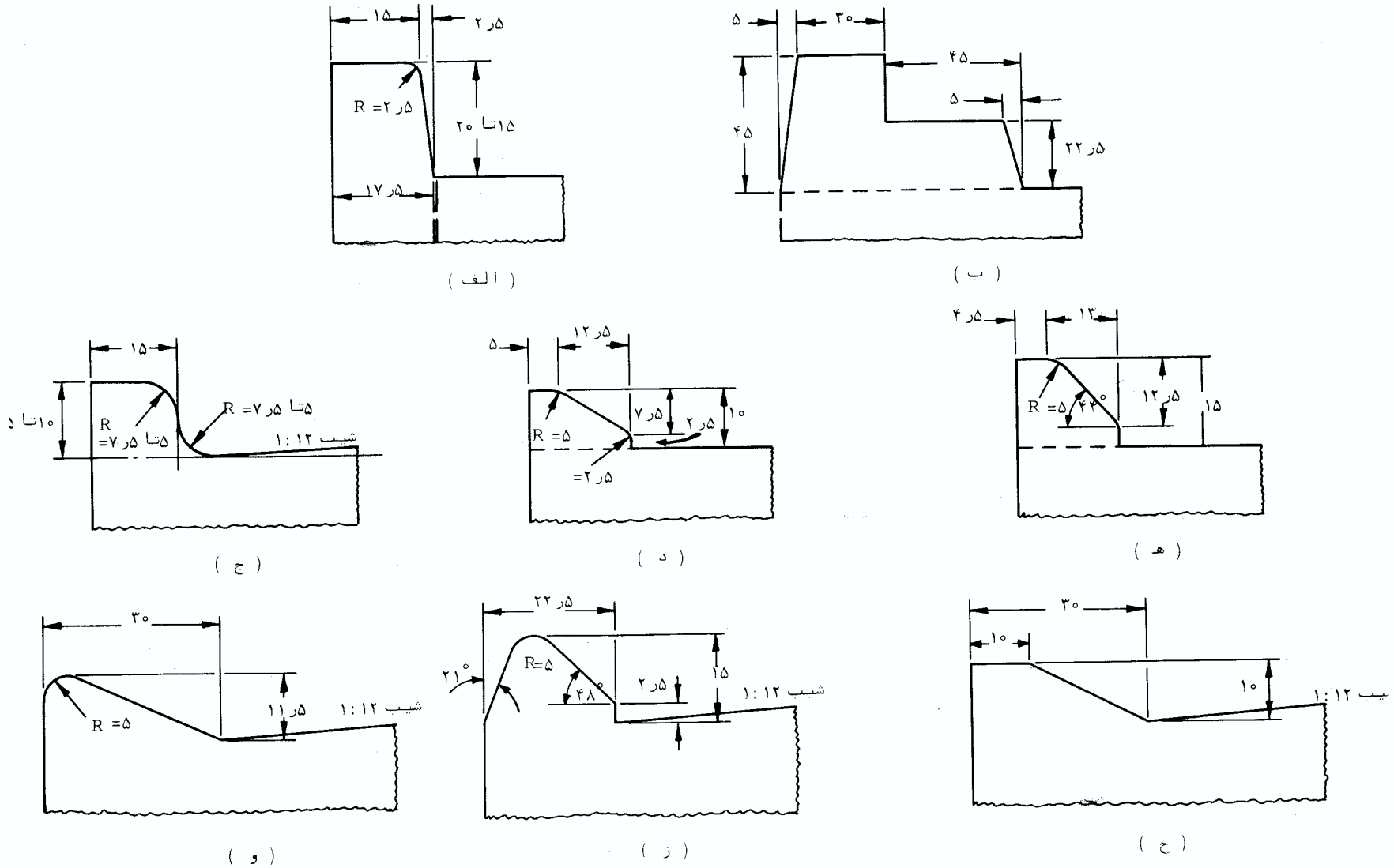
نیل به هدفهای بالا مورد نظر باشد .

٤ـ۳ـ۱ . انواع جدول

به طور کلی جدولها به دو دسته غیرقابل عبور و قابل عبور تقسیم می شوند که هر دسته انواع بسیار و جزئیات طرح مختلفی دارد (شکلهای٤ـ۱ و ٤ـ۲) . جدولها ممکن است طوری طرح شوند که عمل آبرو را نیز انجام دهند . اگر چه شانه های نواری برجسته جدول نامیده نمی شوند ، لیکن برخی از وظایف جدولها را انجام می دهند .

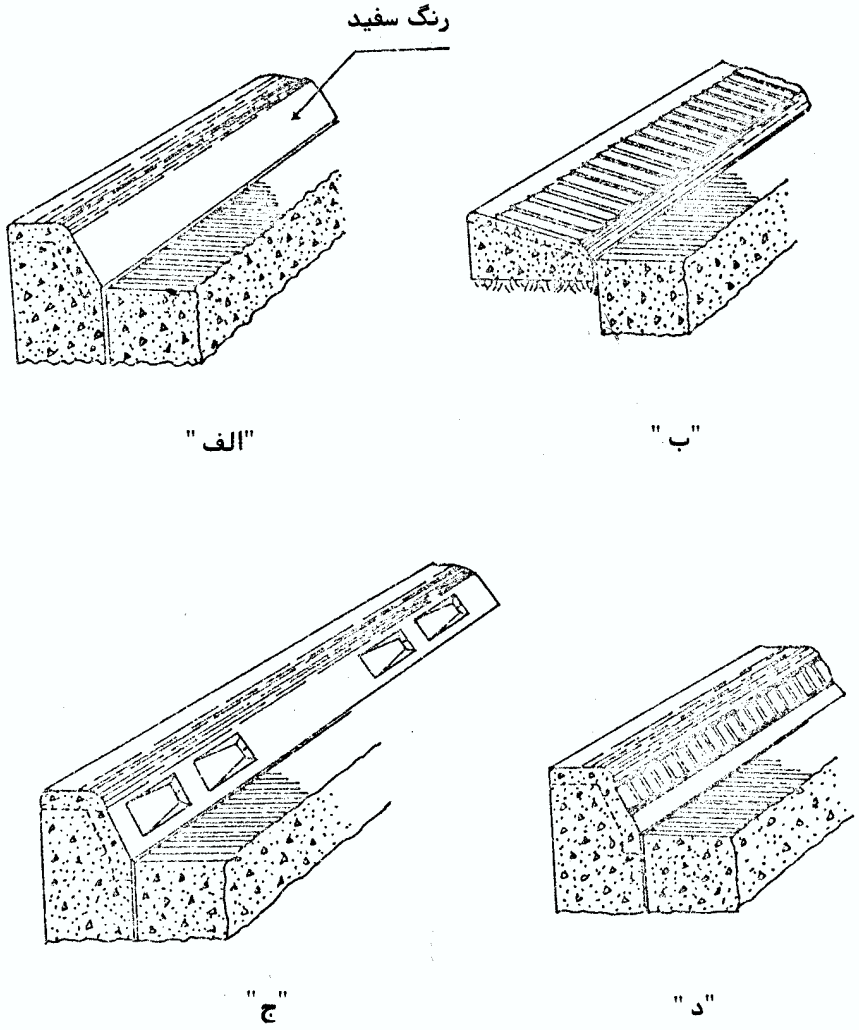
جدولهای غیرقابل عبور نسبتا" بلند بوده ، و به منظور جلوگیری از خارج شدن خودروها از روسازی به کار می روند . به طوری که در شکلهای ٤ـ۱ الف و ٤ـ۱ ب نشان داده شده است ، ارتفاع جدولها حدود ۱۵ تا ۲۵ سانتیمتر وگاهی بیشتر است ، امکان دارد جدولها به صورت دو پله‌ای نیز طرح شوند . معمولا" ترجیح داده می شود که سطح داخلی جدول به صورت شیبدار ساخته شود ، لیکن مقدار این شیب کمتر از ۱ افقی به ۳ قائم اختیار نمی شود . گوشه بالایی ممکن است به صورت قوسی از یك دایره به شعاع ۰/۱ تا ۵ سانتیمتر گرد شده باشد . در ایران ، برای سهولت ساخت و اجرا ، اغلب از جدولی مانند آنچه که در شکل ٤ـ۱ الف نشان داده شده است استفاده می شود ، با این تفاوت که دو بخش قائم و افقی از یکدیگر مجزا هستند . عیب مهم این نوع جدول آن است که قسمت قائم ، به علت یکپارچه نبودن با بخش افقی ،پایداری کافی ندارد و معمولا" در اثر نیروی افقی وارده از چرخ خودروها و یا ناپایداری مصالح پشت آن ، کج شده و برمی‌گردد .

از جدولهای غیرقابل عبور معمولا" در پلها به صورت بخشی از نرده جانپناه و به منظور حفاظت اطراف پایه پلها و یا در طول دیوارها به منظور جلوگیری از برخورد خودروها با این ابنیه استفاده می شود . جدولهای معمول در خیابانها از نوع جدول غیرقابل عبور هستند که در شکل ٤ـ۱ الف



کلیه اندازه‌ها برحسب سانتیمتر

شکل ۴–۱ . انواع جدولهای راهها و خیابانها



شکل ۴–۲ . جدولهای باقابلیت رویت زیاد

نشان داده شده است . در مواردی که انتظار می‌رود خودروها به موازات جدولها توقف کنند ، به منظور جلوگیری از برخورد سپر ، در و گلگیر این خودروها با جدول ، ارتفاع جدول نباید از ۲۰ سانتیمتر تجاوز کند . گاهی برای میانه ها از جدولهایی با مقطع A شکل استفاده می شود . جدولهای جزیره‌ای پناه عابر پیاده باید ارتفاعی حدود ۱۲ تا ۱۸ سانتیمتر داشته باشد (مشابه جدول نشان داده شده در شکل ٤ـ۱ الف) . از جدولهای مشابه شکل ٤ـ۱ ب در پلها استفاده می شود تا پیاده رویی ایمن پدید آید . از جدولهای دو پله‌ای به عنوان حصاری موثر در نقاطی استفاده می شود که بلافاصله نرده یا دیواری در خارج جدول وجود ندارد ، از این جدولها در برخی موارد نیز به صورت بخشی از طرح نرده جانپناه استفاده می شود .

جدولهای قابل عبور طوری طرح می شوند که خودروها در مواقع ضروری بتوانند از آنها عبور کنند . به طوری که در شکل ٤ـ۱ (موارد "ج" تا "ح") نشان داده شده است این قبیل جدولها کوتاهند و سطح داخلی آنها شیبی ملایم دارد . جدول شکل ٤ـ۱ مورد "ج" نوعی جدول قابل عبور است که در پاره‌ای محلها به کار می‌رود . یك نمونه مشابه با سطحی قائم به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر و گوشه‌ای گرد به شعاع ۱/۵ سانتیمتر از نوع جدول غیر قابل عبور محسوب می شود . هر گاه شیب سطح داخلی بیش از ۱ : ۱ بوده و جدول قابل عبور مد نظر باشد ، نباید ارتفاع آن از ۱۰ سانتیمتر تجاوز کند . اگر مقدار شیب سطح داخلی متوسط (بین ۱ : ۱ تا ۲ : ۱) باشد ، ارتفاع جدول نباید از ۱۵ سانتیمتر تجاوز نماید . به منظور تسهیل عبور باید جدولهای قابل عبور گرد و پخ باشند (شکل ٤ـ۱ موارد "ج" تا "ح") . موارد "د" ، "هـ" و "ز" از جدولهای شکل ٤ـ۱ که در بخش تحتانی سطحی قائم دارند ، به سهولت امکان روکش کردن آتی روسازی را می دهند .

در اغلب موارد از جدولهای قابل عبور در میانه ها ولبه داخلی شانه‌ها و یا به منظور مشخص کردن جزیره های هدایت کننده در محل تقاطعها

استفاده می شود . تمام موارد جدولهای شکل ٤ـ۱ در میانه ها قابل استفاده‌اند و نوع آن بنابر مقدار مطلوب حفاظت معین می شود .

جدول شانه ها نوع گرد و پخ شده جدولهای قابل عبورند که لبه های روسازی راه عبوری را مشخص می‌کنند . این جدولها معمولاً بخشی از سیستم زهکشی طولی هستند و اغلب با مقطع آبرو به طور یکپارچه طرح می شوند . معمولاً راههای برونشهری به ندرت جدول یکسره دارند . وجود جدولهای کناری روسازی یا شانه در پارك وی ها سبب مشخص شدن لبهٔ روسازی و کنترل زهکشی می شود ، لیکن وجود همین جدولها باعث می شود که از شانه های راه در مواقع اضطراری استفاده نشود که این مشخصه اصلی شانه ها است .

ممکن است مقاطع آبرو دار در سمت سواره رو کنار جدولهای غیر قابل عبور یا قابل عبور ، به عنوان سیستم اصلی زهکشی راه به کار رود . آبروها معمولاً عرضی برابر با ۳۰ تا ۹۰ سانتیمتر و شیبی عرضی برابر با ۱۲ : ۱ دارند تا ظرفیت آبکشی آبرو افزایش یابد . آبروهای کم عمق بدون جدول گنجایش اندکی دارند و از لحاظ زهکشی دارای ارزش کمی می‌باشند . عملاً مقاطع آبروهای کناری طوری طرح می شوند که حتی به هنگام بارندگیهای تند متداول ، بخشی از جریان آب سطحی سواره رو را فرا می‌گیرد . گسترش آب بر سطح سواره رو با انتخاب صحیح ابعاد و فواصل دریچه های تخلیه در حدود قابل قبول نگه داشته می شود . شبکه دریچه ها و فرورفتگیهای دهانه های آن در جدولها نباید در خط عبور واقع شوند زیرا سبب می شوند که رانندگان مسیر خود را در نزدیکی آنها منحرف کنند .

عرض جدولهای غیرقابل عبور و قابل عبور به صورت جزئی کاملاً واقع در خارج عرض خط آمد و شد در نظر گرفته می شود . در مواردی که آبرو همان رنگ و بافت سطح سواره رو را دارد و شیب عرضی آن خیلی بیشتر از شیب عرضی روسازی مجاور نیست می توان آن را به عنوان بخشی از خط آمد و شد در نظر گرفت . آبروهای دارای درز طولی مشخص و شیب عرضی بیشتر از خط مجاور ،

در مقایسه با آبروهایی که به صورت بخشی از خط آمد و شد هستند ، در حرکت خودروها در مجاورت درز اختلال بیشتری پدید می‌آورد . آبروهایی که رنگ و بافت متضادی با خط آمد و شد دارند نباید به صورت بخشی از عرض خط امد و شد در نظر گرفته شوند .

جدولهای با قابلیت رویت زیاد ، بویژه در شب و در مناطق بارانزا و مه گیر ، بسیار مطلوبند . سطوح داخلی این نوع جدولها غالبا" نور را منعکس می‌کنند . همان طور که در شکل ٤ــ۲ مورد " الف" نشان داده شده است ، رنگ سفید سطح قائم و بالای جدول عامل بسیار موثری در قابلیت رویت آن است . جدولهای دارای طرح مخصوص که سطوح شکسته‌ای برای انعکاس نور چراغهای جلو دارند در بارندگیهای سخت نیز که مشخص بودن کناره‌های سواره رو بیش از هر زمان دیگر لازم است ، دیده می‌شوند . در حالی که جدولهای دارای سطوح صاف را در چنین شرایطی نمی‌توان دید . موارد " ب " تا " د " شکل ٤ــ۲ طرحهای گوناگون جدول با اجزای منعکس‌کننده مختلفی نشان داده شده است . هزینه زیاد تعبیه و نگهداری و مسائل مربوط به تمیز کردن این نوع جدولها کاربرد آنها را محدود کرده است .

نوع دیگر جدولهای با قابلیت رویت زیاد به کار بردن میخهای منعکس کننده مخصوص یا رنگهای دارای خاصیت انعکاس نور در روی جدولهایی است که در شکل ٤ــ۱ نشان داده شده است . جدولهای رنگ شده در معرض ساییدگی ناشی از آمد و شد نیستند ، لیکن در اثر گل ولای باید به طور مداوم تمیز شوند . این امر سبب افزایش هزینه نگهداری این گونه جدولها می‌شود .

٤ــ۳ــ۲ . قرارگیری جدولها

جدول قابل عبور را می‌توان در لبه خط امد و شد قرار داد . لبه جدولهای غیرقابل عبور در پلها و مانند آن در راههای اصلی ، باید حداقل

۰/۶۰ متر و در صورت امکان ۰/۹۰ متر از کناره خط آمد و شد فاصله داشته باشد . در صورتی که جدول غیرقابل عبور به طور پیوسته در کنار راهی وجود داشته باشد ، فاصله ۰/۳۰ تا ۰/۶۰ متر بین لبه آن و کناره خط آمد و شد کافی است .

٤ـ٤ . شانه ها ، پیاده روها و نرده های ایمنی

شانه بخشی از راه است که متصل به سواره رو می‌باشد و به منظور جدا دادن خودروهای متوقف شده ، استفاده در مواقع اضطراری و نگهداری جانبی لایه های اساس و رویه به کار می‌رود ، عرض آن از مقدار حداقل ۱/۲۰ متر در راههای فرعی کم آمد و شد برونشهری که فاقد رویه است تا مقدار مطلوب ۳/۶۰ متر در راههای اصلی پر آمد و شد که تمام عرض شانه ممکن است تثبیت شده بوده و یا از جنس آسفالت سطحی باشد ، متغیر است .

کلمه " شانه" با صفات مختلفی به کار می‌رود تا ویژگیهای فیزیکی و کاربرد مشخصی را بیان نماید . عرض " تسطیح شده" شانه از کناره خط عبور تا محل تلاقی شیبهای شانه و شیروانی اندازه گرفته می شود . عرض " روسازی شده " شانه قسمتی از شانه است که روسازی شده و توان باربری آن در شرایط مختلف جوّی بهتر از خاکهای محلی است . عرض " قابل استفاده " شانه عرضی از شانه است که رانندگان در هنگام ایستادن یا توقف اضطراری می‌توانند آن را مورد استفاده قرار دهند . طراحی صحیح و نگهداری مستمر شانه ها برای راههای برونشهری با آمد و شد قابل ملاحظه ضروری است .

٤ـ٤ـ۱ . عرض شانه

ترجیح دارد که حداقل فاصله‌ای برابر با ۰/۳۰ متر بین لبه روسازی و خودرویی که بر روی شانه متوقف است ، وجود داشته باشد . هرگاه لازم باشد که بشود کارهایی مانند تعویض چرخ خودرو و غیره را انجام داد این فاصله باید

به ۰/۶۰ متر افزایش داده شود . بنابراین ، مطلوب آن است که عرض قابل استفاده شانه برای خودروهای سواری برابر با ۲/۷۰ تا ۳ متر و برای کامیونها و اتوبوسها برابر با ۳/۳۰ تا ۳/۶۰ متر باشد ، با توجه به این امر ، حداقل عرض شانه در راههای اصلی پر آمد و شد و سرعتهای بالا ۳ متر و حداقل مطلوب آن ۳/۶۰ متر در نظر گرفته می شود .

در مناطق دشوار و در راههای کم آمد و شد ، عرض قابل استفاده شانه را می توان از مقادیر بالا کمتر گرفت . در مناطق کوهستانی و در پلهای با دهانه بزرگ تأمین عرض کامل شانه هزینه سنگین در بر دارد . غالباً عرض شانه راههای اصلی در مناطق کوهستانی برابر با ۱/۸۰ متر و در پلهای با دهانه بزرگ برابر با ۰/۹۰ متر درنظر گرفته می شود . حداقل عرض شانه در راههای فرعی با آمد و شد کم نباید از ۱/۲۰ متر کمتر باشد . مقادیر عرض شانه انواع راهها در فصل پنجم داده شده است .

در قسمتهایی که نرده نگهبان ، علائم راهنمایی عمودی ، دیوار و یا اجزای قائم دیگری در کنار راه قرار دارد باید سطح داخلی آنها با لبهٔ خارجی شانه راه حداقل ۰/۶۰ متر فاصله داشته باشد . در برخی موارد ممکن است لازم باشد که به منظور حفظ و نگهداری جانبی این عوامل ، عرض تسطیح شده بیشتری برای شانه به کار رود .

در راههایی که در کنار خطوط اصلی آمد و شد از جدول شانه قابل عبور استفاده می شود می توان جدول را به صورت بخشی از عرض قابل استفاده شانه به حساب آورد .

شانه های راه ، صرف نظر از مقدار عرض آنها ، باید ممتد باشند تا رانندگان بتوانند در هر نقطه از طول مسیر از آنها استفاده کنند . در غیر این صورت ، همواره این امکان وجود دارد که رانندگان ناچار به توقف در روی سطح سواره رو شوند که این امر می تواند موجب تصادف گردد .

شانه‌های نواری ، باریکه های روسازی شده‌ای هستند که در کنار خطوط آمد و شد کناری ساخته می شوند و معمولا" عرض آنها بین ۰/۱۵ تا ۱/۲۰ متر است و سطحی مغایر با سطح روسازی خطوط آمد و شد دارند . این باریکه‌ها عمل مشخص‌کردن کناره خط آمد و شد را مشابه جدولها انجام می دهند با این تفاوت که ارتفاع ندارند و به صورت بخشی از شانه به حساب می‌آیند . هزینه ساختن شانه های نواری نسبتا" زیاد است لیکن حد فاصل موثری را بین سطح روسازی و شانه شنی یا خاکی به وجود می‌آورند . گاهی از شانه های نواری در کنار خط آمد و شد سمت چپ راههای جدا شده با میانه به عرض ۶ متر یا بیشتر استفاده می شود .

اصولا" شانه های نواری به عرض ۰/۶۰ تا ۱/۲۰ متر جزء شانه به حساب نمی‌آیند بلکه قسمتی از شانه عریضتری هستند که برای ایمنی راه در نظر گرفته می شود . به منظور جلوگیری از به کار بردن این باریکه ها به صورت بخشی از سواره رو ، باید عرض آنها حداکثر به ۱/۲۰ متر محدود شود و سطح آنها با سطح روسازی تفاوت کلی داشته باشد .

استفاده از شانه های نواری این مزیت را دارد که از شیار خوردن و خراب شدن شانه ها جلوگیری می‌کند و همچنین به خودروهایی که کمی منحرف شده‌اند و روی شانه رفته‌اند اجازه می دهد که بدون اشکال مجددا" به سطح سواره رو بازگردند .

۴—۴—۲ . نیمرخ عرضی شانه

یکی از عوامل مهم در طرح شانه ها انتخاب نیمرخ عرضی آنهاست. شیب عرضی شانه باید برای دفع آبهای سطحی کافی باشد لیکن نباید به حدی برسد که برای حرکت خودروها خطر پدید آورد . شیبهای عرضی شانه راه مقادیر زیر را دارند :

جدول ٤ـ۳ . نیمرخ عرضی شانه

نوع سطح شانه	شیب عرضی (٪)
روسازی به جدول ختم نمی شود .	
آسفالتی	۳ تا ٥
شنی یا سنگ شکسته	٤ تا ٦
پوشش گیاهی	۸
روسازی به جدول ختم می شود	
آسفالتی	۲
شنی یا سنگ شکسته	۲ تا ٤
پوشش گیاهی	۳ تا ٤

در مقاطع دارای بربلندی ، شکستگی بین شیب روسازی و شانه نباید از ۷ ٪ تجاوز نماید ، منظور تفاضل جبری دو شیب است .

در برشها گاهی لازم است که نوعی جوی زهکشی طولی در مجاورت شانه درنظر گرفته شود . مطلوب آن است که شیب شیروانی یك چنین شانه‌ای از نقطه شکست شانه به طرف جوی زهکشی برابر ۳ : ۱ تا ٤ : ۱ باشد . در مواردی که حریم راه محدود است و یا پایداری خاك خوب نیست ، انجام این عمل ممکن است میسر نباشد ، در این صورت باید الزاماً از آبرو جدول دار استفاده شود .

٤ـ٤ـ۳ . پایداری شانه ها

اگر بنا باشد که شانه راه مورد استفاده گهگاه خودروها قرار گیرد باید درتمامی شرایط جوّی پایداری کافی برای تحمل بارهای ناشی از وسایل نقلیه‌ای که بر روی آن قرار می‌گیرد ، داشته باشد .

برای آنکه شانه‌ای پایدار باشد باید خاك بستر آن کوبیده و متراکم شود و بهتر است نوع آن از مصالح دانه‌ای (شنی) باشد . مصالح مناسب برای لایه اساس شنی برای شانه راه نیز مناسب است . در موارد لازم باید یك لایه پایدارتر (لایه رویه) که قادر به تحمل وزن وسایل نقلیه باشد ، و زهکشی سطحی را نیز تأمین نماید ، بر روی لایه شنی درنظر گرفت . شانه های تثبیت نشده‌ای که با استفاده از مصالح شنی یا سنگ شکسته ساخته می شوند معمولا" شانه های مناسبی هستند ، لیکن در مناطق خشك بخش‌ریزدانه این مصالح در اثر جریانهای باد و اثر فرساینده امد و شد از دست می‌رود وگرد و خاك تولید می شود . عیب عمده شانه های روسازی شده جذابیت آنها برای استفاده به عنوان یك خط آمد و شد اضافی در مواقع شلوغی راه است .

٤ــ٤ــ٤ . رنگ و بافت شانه ها

بهتر است که رنگ و بافت شانه ها با خطوط آمد و شد متمایز باشد . شانه های شنی و شانه های با پوشش‌گیاهی رنگ و بافت متمایزی از راههای آسفالتی دارند ، لیکن شانه های آسفالتی از تمایز بسیار کمی برخوردار هستند . در موارد ممکن باید بافت شانه ها زبر باشد تا رانندگان مایل به استفاده از آنها به عنوان خطوط آمد و شد نباشند . هرگاه بین شانه و خط آمد و شد مجاور از نظر رنگ تمایزی موجود نباشد باید از نوار کناری راه استفاده شود . این نوار که به صورت معتد است باید دارای عرضی برابر با ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر باشد .

٤ــ٤ــ٥ . شانه های ناپیوسته یا توقفگاهها

شانه به عرض کافی و مناسب باید در سراسر طول راه موجود باشد لیکن در صورتی که تأمین آن از نظر اقتصادی عملی نباشد باید با صرف هزینه کمتر در نقاط مناسب در طول راه شانه های عریض ناپیوسته به صورت توقفگاه در کنار خطوط آمد و شد در نظر گرفته شود .

در طول هر راهی ، حتی راههایی که مستلزم انجام عملیات خاکبرداری و خاکریزی زیاد است ، قطعاتی وجود دارد که مقدار عملیات خاکی در آنها کم است . این گونه نقاط برای ایجاد شانه های با عرض کافی و یا توقفگاه مناسب هستند . در مناطق تپه ماهوری ، نیمرخ عرضی راه مرتباً از خاکبرداری به خاکریز تغییر می‌کند . این نقاط "عبور" مناسبترین محل برای ایجاد توقفگاه هستند زیرا مقدار عملیات خاکی در این نقاط حداقل بوده ، و طول فاصله حمل نیز بسیار اندك است .

۴ـ۴ـ۶ . پیاده روها

پیاده روها جزء غیر قابل چشمپوشی خیابانهای داخل شهری هستند ، لیکن کمتر موردی برای استفاده از آنها در مناطق برونشهری وجود دارد . در راههای برونشهری توجیه وجود پیاده رو بر اساس تعداد عابران پیاده ، مقدار آمد و شد ، توزیع زمانی آنها نسبت به یکدیگر و بالاخره سرعت حرکت خودروها استوار است . معمولاً در حوالی مناطق قابل توسعه مانند مراکز تجاری ، کارخانه ها و مدارس ، وجود پیاده رو در کنار راه برونشهری موجه است .

به طور کلی ، در شرایطی که به دلایل مکانی و توسعه اطراف راه ، عابران پیاده باید به طور مرتب از کنار راه اصلی برونشهری یا دیگر راههایی که با سرعت زیاد طرح شده‌اند حرکت نمایند ، لازم است که پیاده روی ایمن و یا مسیر قابل استفاده دیگری دور از سطح زیر عبور وسایل نقلیه پیش‌بینی شود .

۴ـ۴ـ۷ . نرده های ایمنی و علائم عمودی

از نرده های ایمنی و علائم عمودی باید در مواردی استفاده گردد که خروج تصادفی خودروها از سطح راه ممکن است موجب خطر شود .

در نقاط خطرناك راه باید نرده ایمنی پیش‌بینی شود . معمولاً این

نقاط عبارتند از : موانع ثابت در کنار راه ، خاکریزهای بلند ، سراشیبیهای تند ، خاکریزهای طولانی ، خاکریزهای واقع در پیچ ، راه در امتداد رودخانه و مسیل ، پرتگاهها و امتداد آبروها و نهرهای گود در برشها . در صورتی که شیب شیروانی کنار راه برابر با ۱ : ٤ (یك عمودی به ٤ افقی) و یا کمتر باشد می‌توان نرده ایمنی را حذف کرد . در نقاطی که خطر کمتر است و نیاز به نرده های ایمنی نیست بهتر است که حدود راه با استفاده از علائم عمودی مشخص شود .

نقاط خطرناك راه را می‌توان با استفاده از نقشه های مسطحه و نیمرخهای راه تعیین نمود ، لیکن این امر زمانی که عملیات خاکی رو به اتمام است با بررسیهای صحرایی بهتر انجام می‌شود .

نرده های ایمنی باید طوری طرح و در طول راه تعیین شوند که خودروها پس از اصابت با آنها از جهت خود منحرف شده و در طول نرده با سرعت کمتر حرکت نمایند .

نرده های ایمنی و علائم عمودی باید کاملا" قابل رؤیت باشند تا کاملا" موثر واقع شوند . استفاده از رنگ سفید و تکمه و یا مواد شب نما سبب می‌شود که این وسایل از قابلیت رؤیت خوبی برخوردار شوند .

معمولا" از علائم عمودی برای مقاومت در برابر ضربه استفاده نمی‌شود ، هر چند که می‌توان با استفاده از میله ها و یا نیمرخهای قویتر از خارج شدن وسایل نقلیه از سطح راه جلوگیری به عمل آورد . علائم عمودی از نرده های ایمنی ارزانترند ، لیکن در برابر ضربه به اندازه نرده های ایمنی موثر نیستند. در مواردی که خارج شدن از راه خطر زیادی ایجاد نمی‌کند می‌توان از علائم عمودی ضعیف استفاده کرد که در اثر تصادم خسارت زیادی به بار می‌آورند .

٤—٥ . نهرهای زهکشی و شیب شیروانیها

در طرح راهها باید سیستم زهکشی مناسبی درنظر گرفته شود . ایمنی ، شکل ظاهری خوب و مخارج کم نگهداری ، همگی مزایای مستقیم انتخاب شیبهای ملایم و نهرهای وسیع زهکشی و مقطع عرضی منظم و ملایم است .

٤—٥—١ . نهرهای زهکشی

نهرهای زهکشی کنار راه وظیفه مهم هدایت و دور کردن آبهای سطحی را از حریم راه به عهده دارند و بنابراین باید گنجایش کافی داشته باشند و محل و شکل آنها طوری انتخاب شود که در صورت ایجاد خطر برای آمد و شد ، این خطر به حداقل برسد . نهرها باید در صورت لزوم با استفاده از یك جدار مناسب و ارزان محافظت شود تا بتواند در برابر فرسایش ناشی از جریان آب مقاومت نماید . نهرهای زهکشی شامل نهرهای کنار راه در برشها برای دور کردن آبهای سطح راه ، نهرهای واقع در پای شیروانیها برای جمع آوری آبهای سطح برشها و شیروانیهای مجاور ، نهرهای واقع در بالای شیروانی برشها برای جمع آوری آبهای سطحی و کانالهای ناودانی برای هدایت آبهای جمع شده از بالا به پایین برشهای با شیب زیاد و یا شیروانیهای خاکریز می‌باشد . برای زهکشی میانه ها ، مولا" از نهرهای کم عمق استفاده می شود .

در صورتی که پستی و بلندی زمین اجازه دهد ، شیب شیروانی نهرهای زهکشی ٤ : ١ (١ قائم به ٤ افقی) و یا ملایمتر و پهنای کف این نهرها نیز حداقل ١/٢٠ متر در نظر گرفته می شود ، ضمنا" مقطع عرضی این نهرها باید ملایم و پخ باشد .

هنگامی که ارتفاع خاکریز یا برش خاکبرداری از حدود ١/٢٠ متر تجاوز ننماید بهتر است در صورت امکان شیب شیروانی نهر زهکشی را ٦ : ١ در نظر گرفت . گرد کردن زاویه تقاطع شیروانیهای نهر و کف آن سبب می شود که ایمنی

نهر در برابر سقوط احتمالی خودروها در نهر افزایش یابد . عمق نهر باید طوری انتخاب شود که آب در نهر بدون اشباع کردن خاك بستر روسازی جریان یابد .

حداقل شیب طولی نهرهای بدون روکش باید حدود ۰/۰٪ باشد تا از اشباع شدن بیش از حد خاك بستر راه جلوگیری شود و شرایط بهتری برای رشد علف و یا هرگونه گیاهی به وجود آید . در شیبهای بسیار تند طولی و یا مسیر تقریبا" افقی ممکن است لازم باشد که سطح نهرها روکش شود . نوع پوشش نهر به سرعت جریان آب ، نوع خاك ، شیب و ابعاد نهر بستگی دارد . در نهرهایی که در آنها علف رشد می‌کند معمولا" این نوع پوشش اقتصادیترین نوع پوشش است ، بجز در مواردی که سرعت جریان آب از میزان مجاز تجاوز بنماید . در مواردی که پوشش گیاهی کفایت نمی‌کند از پوشش بتنی ، آسفالتی و یا سنگی باید استفاده شود . طرح نهرهای زهکشی موضوع این " معیارها " نیست و در صورت لزوم باید به کتابها و دستورالعملهای خاص مراجعه شود .

۴—۵—۲ . شیب شیروانیها

شیروانیهای حاصل از خاکبرداری و یا خاکریزی طول راهها باید در انتها پخ شوند و با شیب ملایمتری به زمین برسند . شیروانیهای با شیب مناسب موجب کنترل موثر فرسایش ، هزینه کم نگهداری و بهبود شرایط زهکشی راه می‌شوند . در جدول ۴—۴ شیبهای مطلوب شیروانیهای خاکی آورده شده است . مقادیر داده شده در این جدول مقادیر مطلوبی هستند که فقط جنبه راهنمایی دارند و بهتر است در هر مورد به طور جداگانه بررسی شود .

جدول ٤ـ٤ . مقادیرمطلوب شیب شیروانیهای خاکی

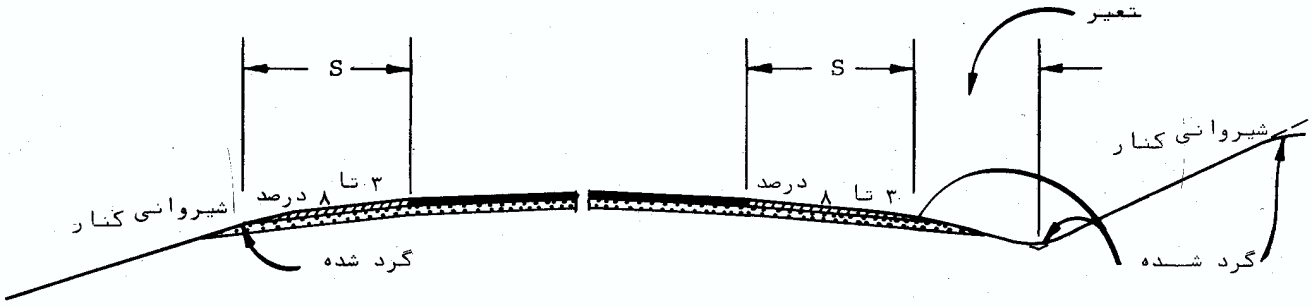
ارتفاع خاکریزی یا برش (متر)	شیب مطلوب شیروانی (افقی : قائم)		
	هموار و تپه ماهور	نسبتا" تند	تند
۰ — ۱/۲۰	۱ : ٦	۱ : ٤	۱ : ٤
۱/۲۰ — ۳/۰۰	۱ : ٤	۱ : ۳	۱ : ۲
۳/۰۰ — ٤/٥۰	۱ : ۳	۲ : ٥	٤ : ۷
٤/٥۰ — ٦/۰۰	۱ : ۲	۱ : ۲	۱ : ۳*
٦/۰۰ و بیشتر	۱ : ۲	۲ : ۳*	۲ : ۳*

* در مورد رس و خاکهای لای دار که امکان فرسایش وجود دارد نباید از شیروانیهای با شیب تندتر از ۲ : ۱ استفاده شود .

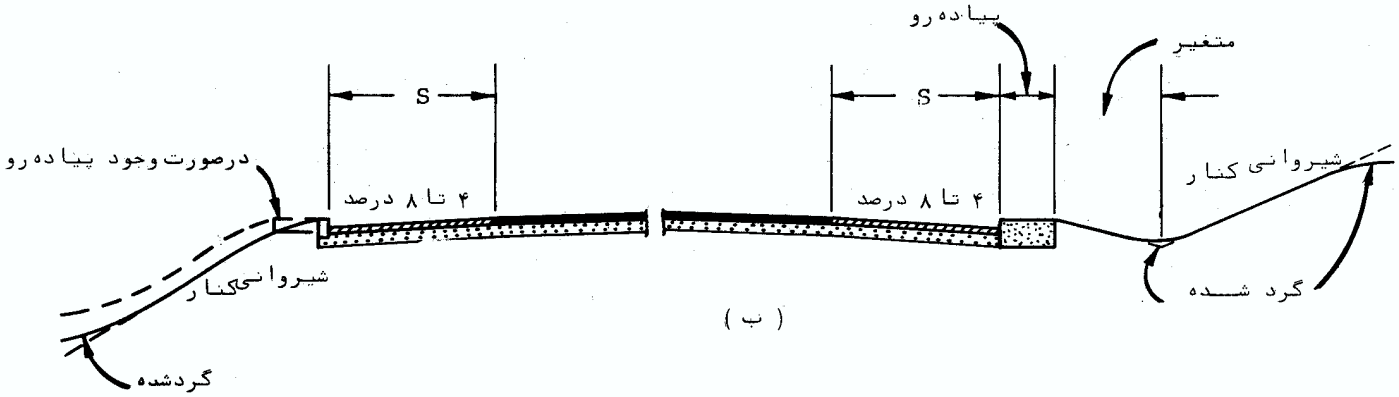
٤ـ٦ . اجزای خارجی نیمرخهای عرضی

در شکلهای ٤ـ۳ و ٤ـ٤ نمونه های شیب اجزای راه (شانه ها ، نهرهای زهکشی کنار ، پیاده روها ، جدولها و شیب شیروانیها) برای روسازیهای با شیب عرضی متداول و روسازیهای دارای بربلندی نشان داده شده است . در این شکلها تنها چند ترتیب مطلوب نشان داده شده ، لیکن ترتیبات عطی دیگری نیز ممکن است به کار رود .

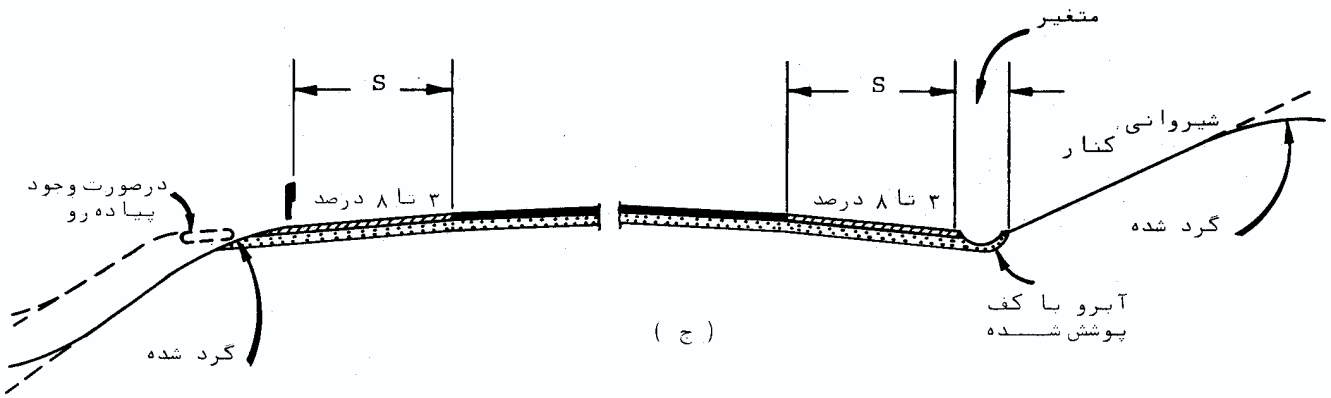
مقطع نشان داده شده در مورد " الف " در شکل ٤ـ۳ متداولترین نیمرخ عرضی است . مقطع نشان داده شده در مورد " ب " در شکل ٤ـ۳ نیمرخی است که در آن از جدول برای کنترل زهکشی یا محافظت از پیاده رو استفاده شده است . در این حالت باید در طول جدول مجراهایی برای دفع آب تعیین شود . در قسمت چپ مورد " ج " در شکل ٤ـ۳ نیمرخ یك خاکریز با شیب زیاد نشان داده شده که در کنار شانه قابل استفاده آن نرده ایمنی



(الف)



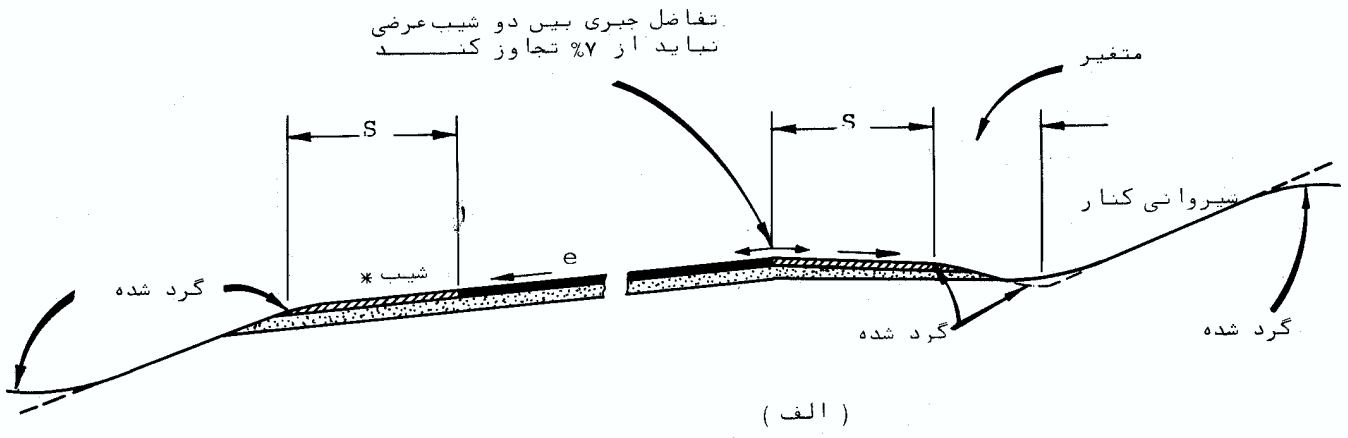
(ب)



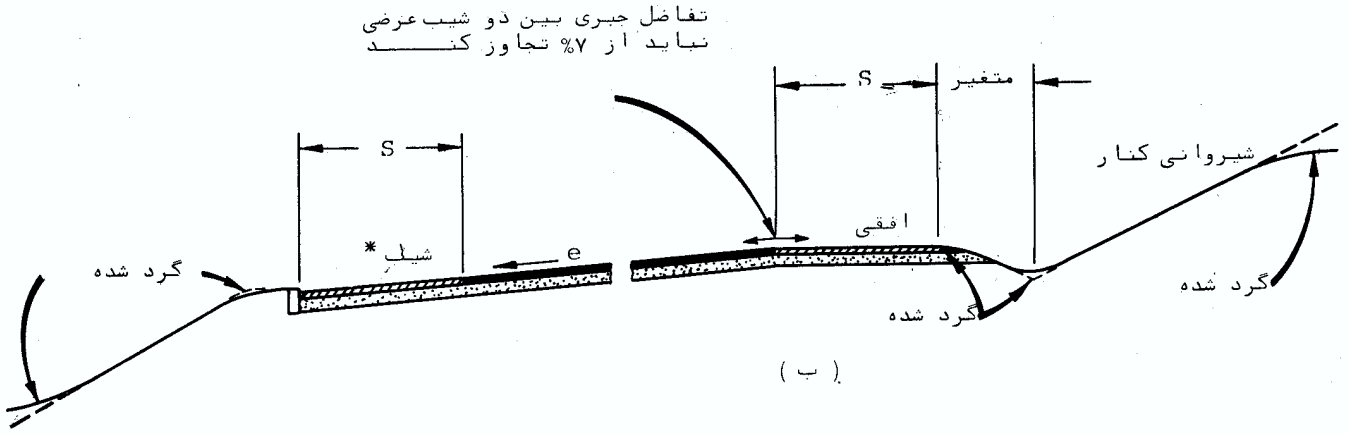
(ج)

S = شانه قابل استفاده به عرض ۱٫۲۰ تا ۳٫۶۰ متر

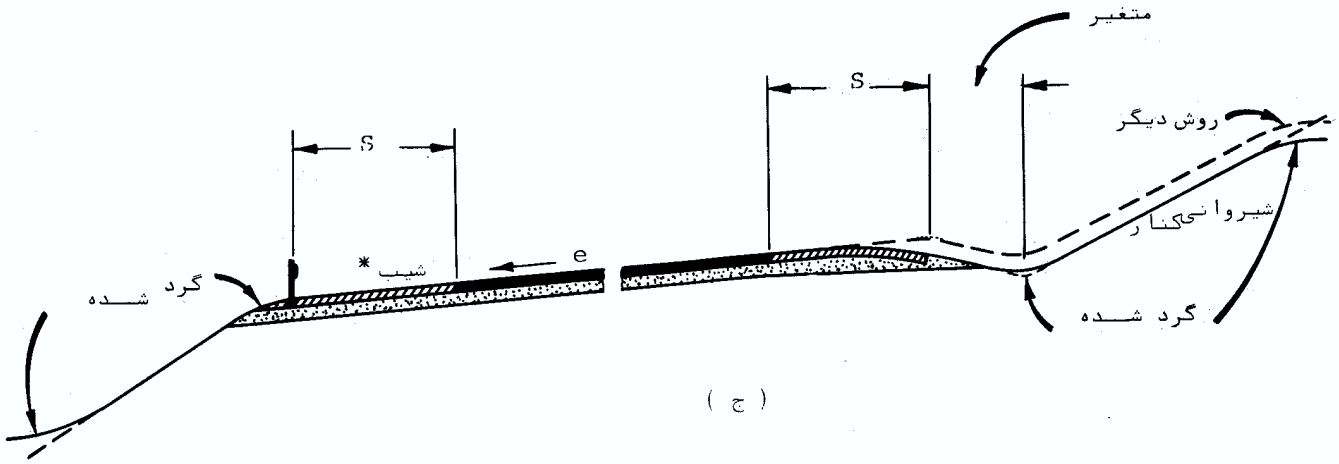
شکل ۴–۳ . مقاطع عرضی متداول – راه در راستا بدون بربلندی



(الف)



(ب)



(ج)

S = شانه قابل استفاده به عرض ۱٫۲۰ تا ۳٫۶۰ متر

e = شیب * (در مواردی که شیب معمول شانه از میزان بربلندی کمتر است)

شکل ۴-۴ . مقاطع عرضی متداول ــ راه با بربلندی

تعبیه شده است . در موارد لازم باید پیاده رو در پشت نرده ایمنی واقع شود و در طول نرده ایمنی محلهایی برای عبور عابران پیاده ایجاد شود . در مواردی که مقدار برش زیاد است ممکن است لازم شود که داخل نهرهای زهکشی پوشش شود تا عرض نیمرخ عرضی محدود گردد (مانند آنچه که در سمت راست مورد "ج" در شکل ٤-۳ نشان داده شده است) .

به استثنای شیب شیروانی شانه ها ، سه مقطع با بربلندی نشان داده شده در شکل ٤-٤ مشابه مقاطع نشان داده شده در شکل ٤-۳ هستند . بجز در مواردی که شیب شیروانی معمول شانه ها باید بیشتر باشد ، شیب شانه در طرف پایین دست باید برابر شیب بربلندی روسازی باشد . اختلاف جبری بین شیب عرضی شانه و روسازی از نظر ایمنی نباید از ۷٪ تجاوز نماید .

٤-۷ . میانه ها

در راههای جدا شده تجربیات خوبی از به کار بردن میانه ها و جدا کردن خطوط با آمد و شد متقابل به دست آمده است . در اغلب موارد بهتر است در طرح اولیه راههای برونشهری که نهایتا" باید با چهار خط عبور و یا بیشتر احداث شوند ، میانه‌ای درنظر گرفته شود . همچنین ، در مناطق درونشهری بهتر است که خیابانهای اصلی با میانه احداث شوند . در راههای برونشهری که میانه دارند باید عرض میانه به اندازه کافی باشد تا آمد و شد های متقابل را به طور مناسب از یکدیگر جدا نماید و خیرگی چشم ناشی از نور چراغهای جلو خودروهای مقابل را به حداقل رساند و محل امنی را برای دور زدن و یا عبور از عرض راه در تقاطعهای همسطح به وجود آورد .

٤-۷-۱ . خصوصیات کلی میانه ها

میانه ها باید در روز و شب به خوبی قابل رویت باشند و با خطوط آمد و شد تضاد و تمایز آشکار داشته باشند . میانه ها باید تا حد امکان عریض در

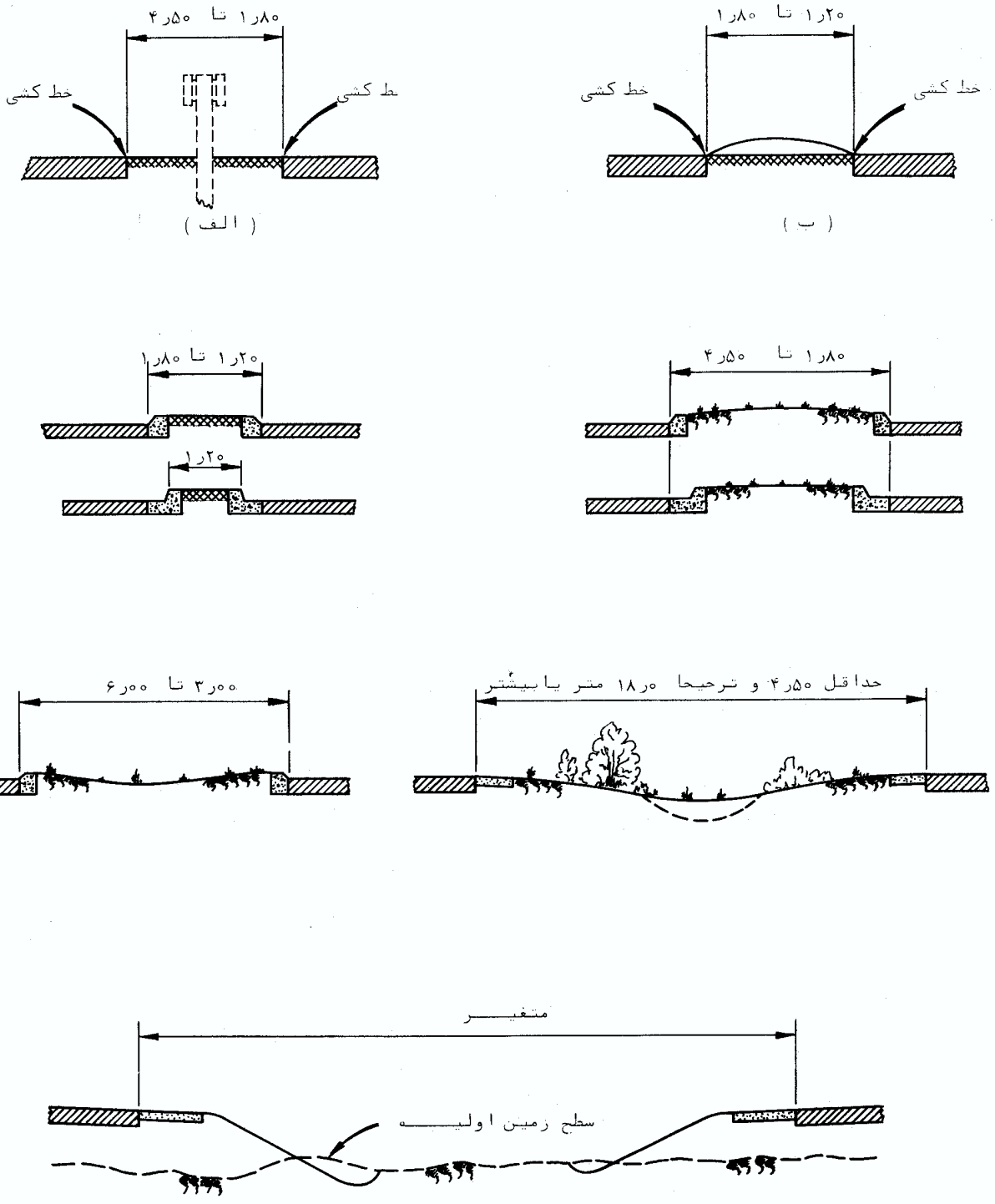
نظر گرفته شوند ، لیکن این عرض باید با سایر اجزای تشکیل دهنده نیمرخ عرضی راه هماهنگ باشد . عرض میانه بین حداقل ۱/۲۰ متر و حد مطلوب یعنی ۱۸ متر (بسته به مورد) متغیر است .

در مواردی که مقدار حریم راه محدود است ، از نظر ایمنی بهتر است که عرض میانه به حداقل محدود شود تا فاصله کافی بین مناطق اطراف و سواره روها وجود داشته باشد . میانه های عریض بهتر است که در وسط گودتر باشد تا عمل زهکشی طولی در آنها به خوبی انجام شود . مطلوب آن است که شیب شیروانی این نوع میانه ها تا حد امکان کم باشد (مثلاً ۴ : ۱) و کف آنها نیز مسطح درنظر گرفته شود .

۴ـ۷ـ۲ . عرض و نیمرخ میانه ها

میانه ها را می توان بسته به عرض ، نوع پوشش میانه و نحوه زهکشی آبهای سطحی در آنها به چند گروه تقسیم نمود . بر اساس این نوع قسمت بندی می توان میانه ها را بسته به عرض آنها به حداقل ۴ گروه تقسیم کرد (همان طور که در شکل ۴ـ۵ نشان داده شده است) . به طور کلی میانه های جدول دار برای مناطق شهری و اطراف شهرها مناسبند در حالی که میانه های عریض بدون جدول برای مناطق برونشهری مناسب هستند .

میانه های با عرض ۴/۵ متر یا بیشتر را معمولاً بدون جدول می سازند . میانه های باریکتر را بهتر است با جدول محصور کرد تا جدایی خطوط آمد و شد بهتر انجام شود . جدول میانه ها ممکن است قابل عبور یا غیرقابل عبور باشد . میانه باریك را در پاره‌ای موارد و در حوالی مناطق پرجمعیت با جدول غیرقابل عبور محصور می‌کنند تا مانع گردش به چپ و دور زدن‌های غیرمجاز شود . در صورتی که جدول غیر قابل عبور به کار رود ، عقب نشینی لازم است . سطح بین جدولهای میانه های با عرض ۱/۲۰ تا ۱/۸۰ متر را معمولاً باید با استفاده از یك رویه متمایز از رویه سواره روها روسازی کرد . حداقل عرض میانه



کلیه اندازه‌ها برحسب متر ند

شکل ۴–۵. مقاطع عرضی میانه‌ها

برای استفاده از پوشش‌گیاهی برای رویه میانه ۱/۸۰ متر است .

درمواردی که دلیلی برای دور زدن و گردش به چپ رانندگان وجود ندارد ، میانه باریك را با جدول قابل عبور محصور می‌کنند . در میانه های با عرض متوسط نیز جدول قابل عبور به کار گرفته می شود . میانه های با عرض ۱/۸ تا ۴/۵ متر را می‌توان همسطح روسازی درنظر گرفت و روسازی را در آن ادامه داد . در پاره‌ای موارد ، در این نوع میانه نرده ایمنی نصب می‌شود .

در مناطق برفگیر وجود هر گونه جدول در میانه های با عرض ۴/۵ متر یا کمتر کار برفروبی را مشکل می سازد . به این دلیل ، گاه ممکن است میانه فرو نشسته با جدول در نظر گرفته شود (شکل ۴ــ۵) . در این صورت ، خطر جاری شدن آب حاصل از برف بر روی سطح راه و احتمالا" یخ زدن آن وجود نخواهد داشت .

لازم نیست که عرض میانه حتما" در طول راه ثابت باشد و یا روسازی راههای دو طرف هم رقوم باشند . متغیر بودن عرض میانه و اختلاف ارتفاع روسازی راههای دو طرف از ویژگیهای راههای جدا شده است .

عرض میانه در تقاطعها ــ مقاطع میانه نشان داده شده در شکل ۴ــ۵ مربوط به تقاطعها نیستند و جزئیات مربوط به طرح دهانه های میانه در دستورالعمل برای طرح تقاطعهای هم سطح بحث‌گردیده است . از نقطه نظر طرح تقاطع ، عرض میانه ها را می‌توان به ترتیب زیر دسته بندی نمود :

عرض میانه (متر)*	هدف
۱/۲	حداقل لازم برای پناه دادن عابران پیاده
۲/٤ — ۷/٥	فضای لازم برای خط میانه و حفاظت خودروهایی که قصد گردش به چپ دارند .
۹ — ۱۲	فضای لازم برای حفاظت خودروهایی که از عرض راه عبور می‌کنند .
٤/۸ — ۱۸	فضای لازم برای دور زدن خودروها از خط داخلی به خط خارجی
۱۲ — ۲۱	فضای لازم برای دور زدن خودروها از خط داخلی به خط داخلی

* حد کوچکتر مربوط به خودرو سواری و حد بزرگتر مربوط به کامیون تك واحدی است .

٤ـ۷ـ۳ . حد ولهای میانه

همان‌طور که در شکل ٤ـ ٥ نشان داده شده است ، جد ولهای میانه ممکن است قابل عبور یا غیرقابل عبور باشد . در برخی موارد ممکن است استفاده از جد ولهای غیرقابل عبور بر جد ولهای قابل عبور برتری داشته باشد .

میانه های با عرض کمتر یا برابر با ٦ متر در مناطق متراکم شهری که در آنها از جد ولهای قابل عبور استفاده می شود مشکلاتی را در زمینه جلوگیری از "گردش به چپ ممنوع" و یا "دور زدن ممنوع" به وجود می‌آورد . غالبا" از میانه های دارای جد ولهای غیرقابل عبور در راهها و خیابانهای اصلی استفاده می شود . همچنین ، از این گونه میانه در پلهای طویل که میانه دارای حداقل عرض است ، استفاده می شود .

در مواردی که احتمال زیادی برای گردش به چپ یا دور زدن وجـــــود نداشته باشد استفاده از جدولهای قابل عبور برای میانه های باریك ممکـــن است بهتر باشد . در مورد میانه های با عرض حدود ۴/۵ متر و یا بیشتـــر ، استفاده از جدولهای قابل عبور دارای این مزیت است که رانندگانی که مجبـور به ترك سواره رو (به علت وقوع حادثه یا پرهیز از آن) می‌باشند و یا با خرابی مکانیکی ناگهانی رو به رو می شوند ، می توانند خودرو خود را داخل میانه پنـاه دهند .

۵. انواع راه

۵ـ۱. مقدمه

راهها را معمولا" بسته به تعداد خطوط عبور قسمت بندی می‌کنند که عبارتند از راههای ۲ خطه، راههای چند خطه (۴ خط یا بیشتر) جدا نشده و راههای چند خطه جدا شده. تعداد خطوط عبور یك راه تابع مقدار آمد و شد در آن راه است. در صنعت نوین راه سازی، استفاده از راههای یك خطه در مناطق برونشهری مناسب نیست و باید از به کار بردن آنها حتی برای آمد و شد های کم پرهیز شود. همچنین، چون تجربه خوبی از استفاده از راههای ۳ خطه برونشهری به دست نیامده است (در اغلب کشورها به علت کثرت تصادفات رانندگی)، از به کار بردن این نوع راهها نیز باید پرهیز شود.

با در دست داشتن اطلاعات مربوط به مقدار و ترکیب آمد و شد، نوع عوارض منطقه و مشخصات کلی امتداد راه، به سهولت می توان با مقایسه حجم ساعت طرح با گنجایش راه، طرح مورد نیاز را به دست آورد. در این فصل، مشخصات، اجزای طرح، نیمرخ عرضی و حریم هر یك از انواع راهها مورد بحث قرار گرفته است

۵ـ۲. راههای دو خطه

بیشترین راهها را راههای ۲ خطه تشکیل می دهند. در مواردی که مقدار آمد و شد خودروها کم و فواصل دید زیاد است، سرعت و آزادی حرکت

خودروها به مقدار زیاد به آمد و شد جهت مقابل بستگی دارد . با افزایش مقدار آمد و شد ، لزوم سبقت گرفتن از خودروهای کندرو افزایش می یابد و در نتیجه سرعت آمد و شد به وجود موقعیتهای لازم برای سبقت گرفتن بستگی پیدا می کند . چون برای سبقت گرفتن باید از خط مربوط به آمد و شد جهت مقابل استفاده شود ، لذا سهولت عمل و سرعت حرکت به صورت تابعی از مقدار آمد و شد ، تعداد قطعات و نسبت درصدی از طول راه که در آن فاصله دید کافی برای سبقت گرفتن ایمن وجود دارد ، متغیر خواهد بود . قبلاً در فصل دوم درباره موانع دید و بسیاری از عواملی که بر گنجایش راه اثر دارند بحث شده است .

برای تامین ایمنی و رعایت بهتر مقررات باید از خط کشی وسط استفاده شود . استفاده از خط کشی وسط در مناطق مه گیر و در قطعات خطرناک راه الزامی است . معمولاً راههای شنی و خاکی قابل خط کشی نیستند ، لیکن چون مقدار آمد و شد در این راهها زیاد نیست این امر مشکلی ایجاد نمی کند. عرض نوار خط کشی وسط راه که به صورت خط چین سفید رنگ است باید بین ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر باشد . مطلوب آن است که در محلهایی که امکان سبقت گرفتن ایمن وجود ندارد از خط کشی پیوسته استفاده شود که مفهوم آن ممنوع بودن سبقت است . برای مشخص کردن محلهای سبقت ممنوع ، فواصل دید کنترل از مقادیر داده شده در جدول ۳ــ۴ کمتر اختیار می شود .

۵ــ۲ــ۱ . عرض راه

برای راحتی راننده ، سهولت حرکت و ایمنی رانندگی مطلوب آن است که تمام راههای ۲ خطه با خطوطی با عرض ۳/۶۵ متر و با شانه قابل استفاده با عرض ۳ متر احداث شوند ، لیکن از نظر اقتصادی این عمل همیشه امکان پذیر نیست . حداقل عرض روسازی راههای ۲ خطه در جدول ۵ــ۱ آورده شده است .

جدول ۵ــ۱۰ حداقل عرض روسازی راههای ۲ خطه (متر)

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	ADT حاضر ۵۰ــ۲۵۰	ADT حاضر ۲۵۰ــ۴۰۰	ADT حاضر ۴۰۰ــ۷۵۰		
		DHV ۱۰۰ــ۲۰۰	DHV ۲۰۰ــ۴۰۰	DHV بیش از ۴۰۰
۴۰	۶	۶	۶	۶/۵۰	۷/۳۰
۶۰	۶	۶	۶/۵۰	۶/۵۰	۷/۳۰
۸۰	۶	۶	۶/۵۰	۷/۳۰	۷/۳۰
۱۰۰	۶	۶/۵۰	۷/۳۰	۷/۳۰	۷/۳۰
۱۲۰	۷/۳۰	۷/۳۰	۷/۳۰	۷/۳۰	۷/۳۰

مقادیر داده شده در جدول ۵ــ۱ حداقل عرضهای پیشنهادی بر اساس مقدار آمد و شد و سرعت طرح هستند . در مواردی که از نظر اقتصادی قابل توجیه باشد مانند مناطق هموار یا در مواردی که تعداد تریلیهای بزرگ زیاد است ، بهتر است عرض روسازی برابر با ۷/۳۰ متر اختیار شود . برای سرعت طرح ۴۰ و ۶۰ و ۸۰ کیلومتر در ساعت در راههای فرعی که تعداد کامیونها کم است و شانه ها قدرت تحمل وزن خودروها را دارند می توان عرض روسازی را به اندازه ۰/۵ متر کمتر از مقادیر داده شده در جدول ۵ــ۱ اختیار کرد .

همان طور که در بخش چهارم بحث شد ، شانه ها بخش اساسی سواره رو هستند و برای تامین گنجایش کامل راه و همچنین به عنوان سازه‌ای به کار می‌روند . عرض شانه های راههای دو خطه برونشهری در جدول ۵ــ۲ داده شده است .

جدول ۵ـ۲ . عرض شانه‌های راههای دوخطه برونشهری

مقدار آمد و شد طرح		عرض شانه قابل استفاده (متر)	
ADT حاضر	DHV	حداقل	مطلوب
۵۰ — ۲۵۰	—	۱/۲۰	۱/۸۰
۲۵۰ — ۴۰۰	—	۱/۲۰	۲/۴۰
۴۰۰ — ۷۵۰	۱۰۰ — ۲۰۰	۱/۸۰	۳/۰۰
—	۲۰۰ — ۴۰۰	۲/۴۰	۳/۰۰
—	بیش از ۴۰۰	۳/۰۰	۳/۶۰

مقادیر عرض حداقل شانه ـ داده شده در جدول ۵ـ۲ ـ در مواردی‌که راه کوهستانی است و یا سرعت طرح پایین است و یا هر دو ، به‌کار می‌رود . مقادیر بیشتر عرض شانه که عرض مطلوب است در مواردی منظور می‌شود که سرعت طرح زیاد است . اگر حداقل عرض قابل استفاده شانه برابر ۱/۸۰ متر یا بیشتر باشد ، می‌توان در برشهای واقع در مناطق کوهستانی از حداقل عرض قابل استفاده شانه معادل ۰/۳۰ تا ۰/۶۰ متر کاست . در مواردی که از شانه‌های کم عرض (۱/۸۰ متر و کمتر) برای کاهش حجم عملیات خاکی استفاده می‌شود باید از هر فرصتی برای افزایش عرض شانه ها در محلهایی که امکان این کار باشد ، استفاده شود . ترجیح دارد که همیشه ، صرف نظر از شرایط جوّی ، بتوان از شانه ها استفاده کرد . در راههای با مقدار آمد و شد زیاد ، شانه ها باید روسازی شده و یا قیرپاشی شوند ، لیکن این امر به‌محدودیتهای عملی بستگی دارد .

فاصله آزاد بین کناره خط آمد و شد و سطح نرده ایمنی یا دیوارهای حایل نباید کمتر از مقادیر حداقل داده شده در جدول ۵ـ۲ باشد . ترجیح

دارد که فاصله آزاد از این مقادیر بیشتر باشد زیرا این عوامل قائم جاده را به نظر رانندگان باریکتر از حد واقعی نشان می دهد و ضمناً سبب کاهش عرض شانه قابل استفاده برای خودروهای متوقف شده می شود . فاصله آزاد کمتر از ۱/۸۰ متر گنجایش راه را کم می کند .

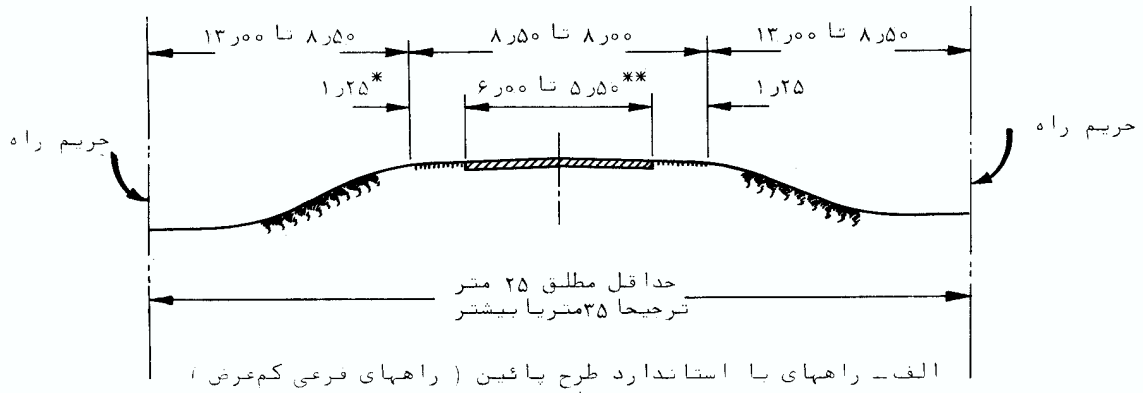
عرض راههای دو خطه به مقدار آمد و شد ، سرعت طرح ، پستی و بلندی و عوامل اقتصادی بستگی دارد و ممکن است ۸/۰۰ متر (۵/۵۰ متر برای روسازی به علاوه ۱/۲۵ متر برای هر شانه) تا حدود ۱۳/۳۰ متر (۷/۳۰ متر برای روسازی به علاوه ۳/۰۰ متر برای هر شانه) تغییر کند (شکل ۵ــ۱). در مواردی که شیب شیروانیهای جانبی از ۴ : ۱ بیشتر باشد ، عرض راه بین نقاط شکست شانه ها باید ۶۰/۰ تا ۱/۸۰ متر بیشتر از مقادیر نشان داده شده باشد و بخشی از آن ممکن است گرد شود .

بجز در مورد راههای کم آمد و شد ، عرض راه (شامل شانه های قابل استفاده) باید در طول ابنیه زهکشی و در طول پلهای دارای دهانه تا ۱۵ متر و ترجیحاً تا دهانه های ۴۵ متر تامین شود . در مواردی که تمام عرض شانه ها در طول ابنیه تامین نمی شود باید فاصله بین دو سطح جانپناه یا نرده حداقل ۲/۰۰ متر بیشتر از عرض راه باشد ، حد مطلوب این فاصله ۲/۷۰ متر است .

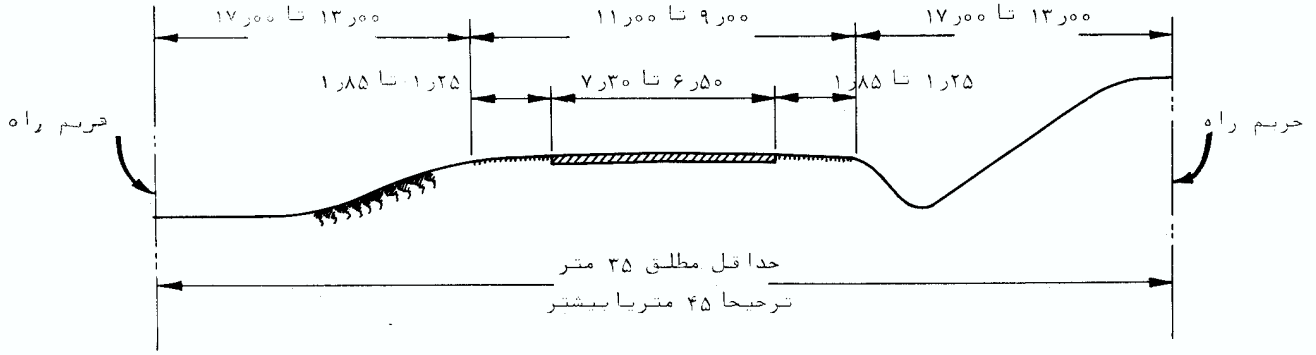
۵ــ۲ــ۲ . مقطع عرضی و حریم راه

نوع رویه و جنس شانه ها باید با مقدار و ترکیب آمد و شد راه متناسب باشد . راههای دو خطه ، به استثنای محلهایی که راه با بربلندی ساخته می شود ، معمولاً با تاج احداث می شوند تا آبهای سطحی از محور به سمت دو طرف راه هدایت شود . شیب عرضی روسازیها و شانه ها ، پوشش آبروها و شیب شیروانیها در فصل چهارم مورد بحث قرار گرفته است .

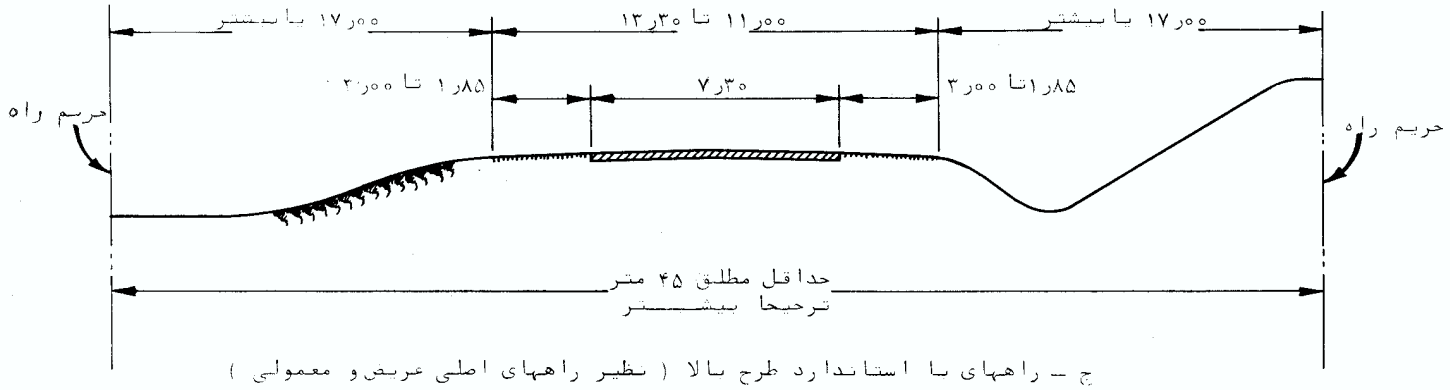
عرض حریم راه باید کافی باشد تا تمام اجزای مقطع عرضی راه به نحوی



الف ـ راههای با استاندارد طرح پائین (راههای فرعی کم‌عرض)



ب ـ راههای با استاندارد طرح متوسط (راههای فرعی عریض و معمولی)



ج ـ راههای با استاندارد طرح بالا (نظیر راههای اصلی عریض و معمولی)

اندازه‌ها بر حسب متر ند

* عرض شانه قابل استفاده

** برای راههای کم آمدوشد با تعداد کامیونهای اندک

شکل ۵ـ۱ . مقاطع عرضی و حریم راه برای راههای دوخطه برونشهری

متعادل در کل آن قرار گیرد . اگرچه به کار بردن یك حریم راه یکنواخت در طول مسیر ممکن است ساده تر باشد ، لیکن نباید از به کار بردن حریم با عرض بیشتر از حد اقل لازم در محلهایی که بتوان کیفیت حرکت ، ایمنی و ظاهر راه را بهبود بخشید ، خودداری شود . این امر بویژه بیشتر مربوط به محل تقاطعها و محلهایی است که امکان توسعه دارند .

غالبا" حریم راه یکی از عوامل اصلی هزینه بر در توسعه راهها است . در برخی موارد ، تغییر اندك امتداد راه یا اجزای مقطع عرضی ممکن است سبب صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای در حریم راه شود بدون آنکه موثر بودن راه کاهش یابد . بنابراین ، باید علاوه بر عوامل فنی موثر در طرح راه ، عوامل اقتصادی نیز در نظر گرفته شده و مورد تحلیل قرار گیرند . اگر چه این موضوع در اینجا در مورد راههای دو خطه بیان شد ، لیکن این نکته در مورد هر نوع راهی صادق است .

در شکل ۵ــ۱ عرض سواره رو و حد اقل عرض حریم راه مربوط برای راههای دو خطه نشان داده شده است . برای بیشتر راههای کم آمد و شد ، ۲۵ متر عرض برای حریم راه کفایت می‌کند . عرض مطلوب حریم راه برای راههای با استاندارد طرح بالا ، متوسط و پایین به ترتیب برابر با ۴۵ ، ۳۵ و ۲۵ متر یا بیشتر است . فاصله‌ای برابر با ۱۷ متر در هر طرف و حریمی با عرض ۴۵ متر برای یك راه دو خطه با استاندارد طرح بالا فاصله مطلوب است ، بویژه در مواردی که راه نهایتا" تعریض خواهد شد .

در مواردی که احتمال افزایش آتی خطوط آمد و شد راه وجود داشته باشد باید عرض حریم اولیه راه به اندازه کافی باشد تا امکان تعریض موجود باشد . در چنین مواردی مطلوب آن است که سطح راه دو خطه اولیه خارج از مرکز حریم راه نهایی قرار داده شود تا آمد و شد خودروها در هنگام تعریض نیز کماکان تامین باشد و سرمایه گذاری برای تسطیح و روسازی اولیه از دست نرود .

۵ـ۲ـ۳ . پیش‌بینی امکان سبقت (مسئله سبقت)

در طرح راههای دو خطه باید ترکیب امتداد و نیمرخ راه طوری اختیار شود که قطعات ایمنی به تعداد زیاد و با طول کافی برای سبقت‌گرفتن وجود داشته باشد . در جدول ۳ـ۴ مقادیر حداقل فاصله دید سبقت داده شده است ، در فصل سوم نیز رابطه بین گنجایش‌راه با تعداد و طول قطعات ایمن برای سبقت آورده شده است .

غالباً ممکن است عمل سبقت در راههای دو خطه در فواصل دید کمتری از مقادیر حداقل فاصله دید داده شده در جدول ۳ـ۴ انجام شود . دراین گونه موارد ، خودرو سبقت‌گرفته شده ممکن است از ۱۵ کیلومتر در ساعت از خودرو سبقت‌گیرنده آهسته تر در حرکت باشد و یا اینکه خودرو سبقت‌گیرنده قبل از ترک خط سمت راست نیازی به کاهش‌سرعت نداشته باشد . هر یك ازاین شرایط سبب می‌شود که امکان سبقت‌گرفتن در مواردی موجود باشد که فاصله دید کمتر از حداقل فاصله دید سبقت است ، لیکن این امر نه تنها سبب افزایش خطر ، بلکه با کاهش‌فاصله دید ، سبب کم شدن فرصتهای سبقت می‌شود . در مواردی که نتوان حداقل فاصله دید سبقت را تامین کرد باید تا حد امکان ، فاصله دیدی بیشتر از حداقل فاصله دید توقف و تا حدی که از نظر اقتصادی قابل توجیه است ، طرحی بیش از حداقل را به کار برد . ممکن است رجحان داشته باشد که بودجه موجود به جای افزایش‌فاصله دید در نقاط بحرانی که فاصله دید از حداقل فاصله دید توقف بیشتر است ، در جهت تامین قطعات به تعداد زیاد و با فاصله دید ایمن به کار رود .

در مواردی که طرح امتدادهای قائم و افقی راههای ۲ خطه برای تامین قطعات سبقت آزاد ـ در طول و تعداد کافی ـ برای عبور آمد و شد پیش‌بینی شده با سرعت منطقی عطی نباشد ، باید خطوط اضافی در فرازها احداث شود و یا برای تأمین قطعاتی که در آنها بتوان سبقت‌گرفت قطعات ۴ خطه به کار رود .

خطوط سربالا یی در راههای دو خطه ــ آزادی حرکت در راههای دو خطه علاوه بر آنکه تابعی از تعداد و طول قطعات سبقت آزاد است ، به شدت تحت تأثیر حرکت کامیونها در شیبهای با طول زیاد قرار دارد که سبب کاهش سرعت خودروهای پشت سر می شود . در راههای دو خطه ، در مواردی که طول بحرانی قطعه راه در فراز زیاد باشد ، یعنی طول فراز سبب کاهش سرعت کامیونهای با بار به مقدار ۲۵ کیلومتر در ساعت یا بیشتر شود و نسبت درصد کامیونهای سنگین انجام هزینه های اضافی را توجیه نماید ، باید در راههای دو خطه از یك خط اضافی در کنار خط اصلی که به نام خط سربالا یی موسوم است ، استفاده شود . در مواردی که خطوط سربالا یی در نظر گرفته می شود ، این خطوط به طور قابل ملاحظه‌ای مورد استفاده رانندگان کامیونها قرار می‌گیرد .

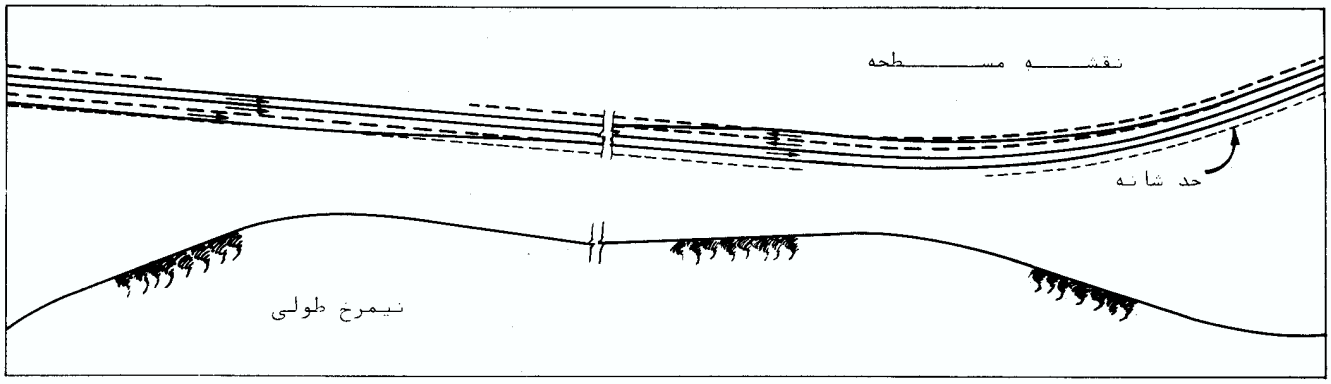
در مواردی که طول بحرانی قطعه راه در فراز از حد لازم تجاوز نمی‌کند ، استفاده از خط سربالا یی صرف نظر از مقدار آمد و شد قابل توجیه نیست زیرا تأخیر ناشی از وجود کامیونها غیرمنطقی نمی‌باشد . در راههای کم آمد و شد به ندرت این امر سبب تأخیر خودروها می شود و اگر چه استفاده از خطوط سربالا یی مطلوب است لیکن استفاده از آنها قابل توجیه نیست ، حتی در محلهایی که طول قطعه راه از مقدار بحرانی در فراز تجاوز می‌کند . طول بحرانی قطعه راه در فراز در فصل سوم مورد بحث قرار گرفته و برای تعیین تأثیر طول فراز با شیبهای مختلف در مقدار کاهش سرعت ، روشی ارائه شده است (به شکل ۳ــ۸ مراجعه شود) .

راههای دو خطه با خط سربالا یی ، راه ۳ خطه محسوب نمی شوند بلکه بخشی از یك راه دو خطه با یك خط اضافی هستند و خودروهایی که با سرعت کمتری در فراز حرکت می‌کنند ، با اشغال این خط اضافی امکان استفاده ازخط اصلی آمد و شد را به سایر خودروها می دهند . خط سربالا یی این امکان را برای خودروهای سبقت‌گیرنده فراهم می‌آورد که بدون نیاز به استفاده از خط

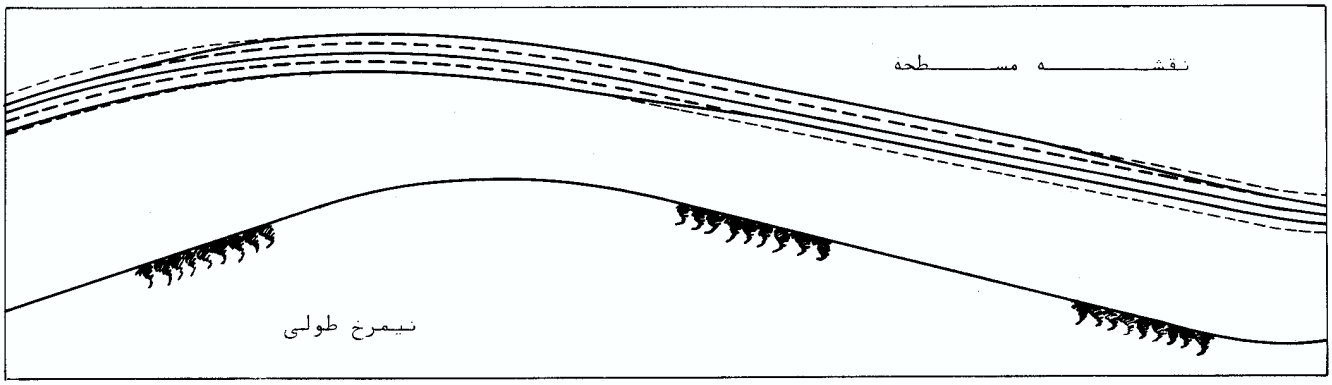
عبور جهت مقابل که در راههای ۲ خطه متداول معمول است ، سبقت بگیرند . طرحهای مربوط به راههای ۲ خطه با خط سربالایی در موارد " الف" و " ب " در شکل ۵ــ۲ نشان داده شده است . خطوط سربالایی ، هر یك به طور مجزا و مستقل از دیگری ، برای هر جهت راه طرح می شوند . بسته به وضعیت امتداد و نیمرخ راه ، ممکن است خطوط سربالایی دو طرف فصل مشترکی نداشته باشند (شکل ۵ــ۲ ، مورد " الف") و یا دارای بخش مشترکی باشند (شکل ۵ــ۲ ، مورد " ب ") .

توجیه خطوط سربالایی باید از نظر گنجایش راه در محلهایی به عمل آید که طول بحرانی قطعه راه در فراز زیاد است . تأثیری که کامیونها در گنجایش راه دارند اساساً تابعی از تفاضل سرعت متوسط کامیونها و سرعت متوسط خودروهای سواری است . ابعاد فیزیکی کامیونهای سنگین و ویژگی شتاب گیری ضعیف آنها عامل مهمی در تعیین فضایی است که در جریان آمد و شد توسط این نوع وسایل نقلیه اشغال می شود ، این امر توجیه می کند که چرا در مواردی که شیب تقریباً صفر است و کامیونها می توانند با سرعتی تقریباً معادل سرعت خودروهای سواری حرکت کنند ، فضایی که به وسیله کامیونها اشغال می شود دو برابر فضای لازم برای خودروهای سواری است . اختلاف بین سرعت خودرو سواری و کامیون در مواردی افزایش می یابد که طول و مقدار شیبها زیاد است و سبب می شود که کامیونها به سرعت خزش برسند ولی سبب کاهش سرعت خودروهای سواری نمی شود .

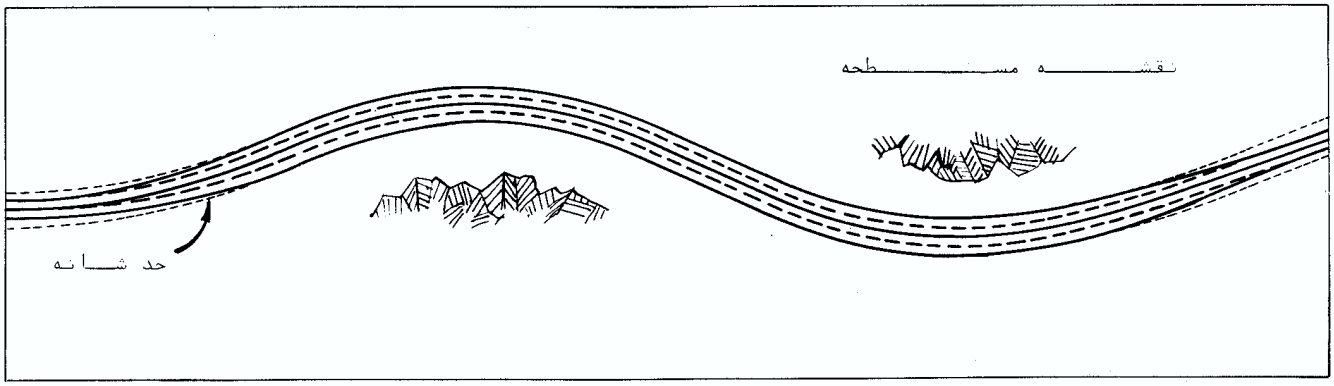
به عنوان مثال ، سرعت متوسط یك کامیون معمولی در یك فراز با شیب ۷٪ و طول ۱/۵ کیلومتر در حدود ۱۵ کیلومتر در ساعت است . اگر سرعت متوسط خودروهای سواری ۶۵ تا ۷۵ کیلومتر در ساعت باشد ، وجود این کامیون در فراز اختلالی معادل ۴۰ خودرو سواری در آمد و شد سایر وسایل نقلیه ایجاد می نماید . لیکن ، اگر سرعت متوسط خودروهای سواری برابر ۵۵ تا ۶۵ کیلومتر در ساعت باشد که سرعت واقعبینانه تری در زمان شلوغی آمد و



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۵–۲ . خطوط سربالایی و قطعات چهارخطه در راههای دوخطه

شد این قبیل راههاست ، وجود یك کامیون در شلوغ کردن این راه اثری برابر با ۲۵ خودرو سواری خواهد داشت .

مثال بالا تا حدودی یك مثال افراطی است زیرا در راهها وجود فرازهای طویل با شیب ۷٪ متداول نیست و سرعت متوسط کامیونها درشیبهای معمولی کوهستانی در حدود ۲۰ تا ۲۵ کیلومتر در ساعت یا بیشتر است . در این سرعتها ، یك کامیون تقریبا" معادل ۱۵ تا ۲۰ خودرو سواری است . در اغلب نشیبها ، مانند قطعات تراز ، و در فرازهای با شیب کم ، یك کامیون تقریبا" معادل ۲/۵ خودرو سواری است . به عنوان یك قاعده کلی ، با در نظر گرفتن فرازها و نشیبهای متوالی با منحنیهای قائم و قطعات افقی در مناطق تپه ماهور ، یك کامیون تقریبا" معادل ۱۰ سواری است . در جدول ۵—۳ تعداد خودرو سواری معادل یك کامیون در راههای دو خطه برای سرعتهای مختلف کامیون و خودرو سواری نشان داده شده است .

جدول ۵—۳ . تعداد خودروسواری هم ارز یك کامیون درراههای دوخطه

سرعت حرکت کامیون (کیلومتر در ساعت)	تعداد خودرو سواری هم ارز یك کامیون		
	سرعت حرکت متوسط خودرو سواری (کیلومتر در ساعت)	سرعت حرکت متوسط خودرو سواری (کیلومتر در ساعت)	سرعت حرکت متوسط خودرو سواری (کیلومتر در ساعت)
	۸۰—۷۲	۷۲—۶۴	۶۴—۵۶
۵۶	۳/۰	۲/۷	۲/۵
۴۸	۵/۰	۴/۹	۳/۰
۴۰	۸/۶	۷/۶	۵/۰
۳۲	۱۳/۹	۱۱/۷	۸/۸
۲۴	۲۲/۹	۱۸/۷	۱۵/۰
۱۶	۴۰/۵	۳۲/۵	۲۵/۲
۸	۹۴/۵	۷۵/۰	۵۰/۰

در جدول ۵ــ٤ رابطه بین سرعت حرکت متوسط کامیونهای سنگین وزن (نسبت وزن به قدرت برابر با ۱۵۰ کیلوگرم به اسب بخار) با طول فراز دارای شیبهای بین ۳٪ تا ۷٪ نشان داده شده است . با انتخاب صحیح مقادیر مربوط از جدولهای ۵ــ۳ و ۵ــ٤ می‌توان گنجایش قطعه‌ای از یك راه با شیب و طول معین را برای نسبت درصد کامیونهای مورد نظر با تعدیل گنجایش طرح ــ که در جدول ۲ــ۷ برای کل طول قطعه راه داده شده است ــ به دست آورد . به عنوان مثال ، اگر گنجایش طرح قطعه‌ای از یك راه دو خطه که مشخصات آن در زیر داده شده است ، مورد نظر باشد ، جدول ۵ــ٤ مقدار سرعت متوسط یك کامیون معمولی را در یك فراز با شیب ۵٪ و طول ۲/٤ کیلومتر ، معادل ۱۹/۵ کیلومتر در ساعت می‌دهد .

عرض خط	۳/٦۵ متر
شیب	۵٪
طول فراز	۲/٤ کیلومتر
محدودیت فاصله دید سبقت	٦۰٪
سرعت طرح	۱۰۰ کیلومتر در ساعت
سرعت حرکت مطلوب	٦٤ــ ۷۲ کیلومتر در ساعت
نسبت درصد کامیونها	۱۰٪
توزیع جهتی آمد و شد	۳۳ــ٦۷

با توجه به ستون سوم جدول ۵ــ۳ تعداد خودرو سواری معادل یك کامیون با سرعت متوسط ۱۹/۵ کیلومتر در ساعت ، برابر با ۲۵ خودرو سواری محاسبه می‌شود با این فرض که کامیونهایی که در نشیب در حرکت هستند (۳۳٪ کل کامیونها) ، با سرعتی برابر سرعت خودروهای سواری حرکت می‌کنند . بنابراین ، یك کامیون در یك فراز با شیب ۵٪ (با در نظر گرفتن فراز و نشیب توأم) معادل حدود ۱۸ خودرو سواری است (۲۵ × ۰/٦۷ + ۰/۵ × ۰/۳۳) .

جدول ۵ــ٤ . سرعت متوسط یك كامیون معمولی در یك شیب

طول شیب (متر)	شیب				
	٪۳	٪٤	٪٥	٪٦	٪۷
۱٦۰	٦۰	٥۸	٥٦	٥٤	٥۲
۳۲۰	٥٥	٥۱	٤۷	٤۱	۳٤
٦٤۰	٤٥	۳۷	۲۹	۲۳	۱۹
۹٦۰	۳۹	۳۰	۲٤	۲۰	۱٦
۱۲۸۰	۳٥	۲٦/٥	۲۲	۱۸/٥	۱٥
۱٦۰۰	۳۳	۲٥	۲۱	۱۷/٥	۱٥
۲٤۰۰	۳۰	۲۳	۱۹/٥	۱۷	۱٤
۳۲۰۰	۲۸/٥	۲۲/٥	۱۹	۱٦	۱۳/٥
٤۸۰۰	۲۷/٥	۲۲	۱۸/٥	۱٦	۱۳/٥
٦٤۰۰	۲۷	۲۱/٥	۱۸/٥	۱٥/٥	۱۳
۸۰۰۰	۲٦/٥	۲۱	۱۸	۱٥/٥	۱۳
۹٦۰۰	۲٦	۲۱	۱۸	۱٥/٥	۱۳
سرعت حدی (کیلومتر در ساعت)	۲٥/٦	۲۰	۱۷/٦	۱٥/۲	۱۲/۸
فاصله لازم برای رسیدن به سرعت حدی (متر)	۱۲٥۰	۸۰۰	٦۰۰	٤٥۰	۳۸۰

گنجایش طرح در هر دو جهت در شیب با استفاده از رابطه زیر تعیین می شود :

$$\text{گنجایش طرح} = \frac{\text{گنجایش بدون وجود کامیونها} \times ۱۰۰}{۱۰۰ + T\,(J - ۱)}$$

که گنجایش بدون وجود کامیونها از جدول ۲ـ۷ در شرایط مربوط برای سرعت حرکت متوسط ، عرض خط و محدودیتهای فاصله دید به دست می آید . T برابر نسبت درصد کامیونها برای شرایط داده شده و J تعداد خودروهای سواری معادل کامیون در شیب مورد نظر است .

در مورد مثال بالا جدول ۲ـ۹ جدول مرجع است ، گنجایش طرح در شیب مربوط برابر است با :

$$\text{خودرو در ساعت } ۳۰۰ = \frac{۸۱۰ \times ۱۰۰}{۱۰۰ + ۱۰\,(۱۸ - ۱)}$$

بنابراین ، خودروهای سواری می توانند سرعت متوسط ۵۶ـ۶۴ کیلومتر در ساعت را حفظ کنند در صورتی که مقدار آمد و شد از ۳۰۰ خودرو در ساعت (شامل ۱۰٪ کامیونها) تجاوز نکند

در مورد توجیه هزینه های به کار بردن خط سربالایی باید به عامل دیگری توجه شود . معمولا " استفاده کنندگان از یك راه می توانند شلوغی راه را در یك شیب تحمل کنند ولی نه در تمام راه ، البته در صورتی که این شلوغی بیش از حد و یا غیر منطقی نباشد . به عبارت دیگر ، حجم ساعت طرح ممکن است در یك شیب به مقدار معینی از گنجایش طرح راه بیشتر باشد ، امـا در صورتی که این شرایط بد در سایر نقاط طول راه با شرایط بهتر از متوسط سرشکن شود . از نظر عملی ، حجم ساعت طرح در یك شیب نباید بیش از حدود ۲۰٪ از گنجایش طرح تجاوز نماید . رعایت این امر سبب می شود که حجم ساعت طرح همواره با اختلاف کافی کمتر از گنجایش ممکن باشد و سبب کندی بیش از حد آمد و شد نشود . اگر حجم ساعت طرح از ۱۲۰٪ گنجایش طرح برای یك شیب

معین تجاوز کند ، شلوغی راه به طور غیرمنطقی زیاد خواهد بود و باید با یک خط سربالایی یا تدابیری دیگر از مقدار این شلوغی کاسته شود . بنابراین ، در مثال قبلی ، اگر حجم ساعت طرح از ۳۶۰ خودرو در ساعت تجاوز نکند ، لزوماً نیازی به استفاده از خط سربالایی نخواهد بود .

در جدول ۵ـ۵ مقادیر حداقل حجم ساعت طرحی که در آن باید برای یک راه دو خطه با شرایط متداول از خط سربالایی استفاده شود ، نشان داده شده است . چون عوامل زیادی در به کار بردن خط سربالایی دخالت دارند ، پیشنهاد می شود که یک تحلیل تفصیلی ـ مانند آنچه که در بالا مورد بحث قرار گرفت ـ در مورد به کار بردن خط سربالایی انجام شود .

نقطه‌ای که خط سربالایی باید از آن شروع شود به سرعت کامیونها در ابتدای فراز و مقدار محدودیت فاصله دید بستگی دارد . در مواردی که محدودیت دید یا سایر شرایطی که سبب کاهش سرعت در ابتدای فراز می شود وجود نداشته باشد ، خط سربالایی ممکن است در فاصله‌ای از محل شروع فراز در نظر گرفته شود ، زیرا سرعت خودروهای سنگین تازمانی که طول معینی را در فراز نپیمایند ، به حدود ۴۵ کیلومتر در ساعت کاهش نمی یابد . فاصله بین نقطه شروع فراز تا نقطه‌ای که سرعت کامیونها به ۴۵ کیلومتر در ساعت می رسد از شکل ۳ـ۸ قابل تعیین است . به عنوان مثال ، اگر فرض شود که راه قبل از شروع فراز افقی بوده و سرعت حرکت کامیونها ۷۰ کیلومتر در ساعت باشد ، مقدار کاهش سرعت ۲۵ کیلومتر در ساعت در فاصله‌ای برابر با ۱۵۰ تا ۳۳۰ متر برای مقدار شیب ۷٪ تا ۴٪ خواهد بود . اگر راه قبل از شروع فراز در نشیب باشد ، این فواصل بیشتر و اگر راه قبل از شروع فراز مورد نظر در فراز باشد ، این فواصل کمتر خواهد بود . بنابراین ، فواصلی که بدین ترتیب به دست می آید ، می تواند اساس تعیین محل شروع خط سربالایی قرار گیرد . در مواردی که محدودیتها ، قطعات سربالایی قبل از فراز یا سایر شرایط حاکی از سرعت کم کامیونها باشد ، خط اضافی نزدیکتر به نقطه شروع فراز اختیار

جدول ۵ــ۵ . حداقل مقدار آمد وشد برای به کاربردن خط سربالایی درفراز راههای ۲ خطه

شیب فراز (٪)	طول فراز (متر)	حداقل مقدار حجم ساعت طرح کامیونها در دو جهت (بدون درنظر گرفتن معادل خودروهای سواری) برای نسبت درصدهای مختلف کامیون			
		T = ٪۳	T = ٪۵	T = ٪۱۰	T = ٪۱۵
٤	۵۰۰	٤ خط برای DHV بیش از ۷۵۰	٤ خط DHV > ۷۰۰	٤ خط DHV > ۶۰۰	٤ خط DHV > ۵۲۵
	۸۰۰			۵۵۰	٤۵۰
	۱۲۰۰		۶۷۰	۵۰۰	۳۹۰
	۱۶۰۰	۷۵۰	۶٤۰	٤۷۰	۳۷۰
	۲٤۰۰	۷۳۰	۶۱۰	٤٤۰	۳٤۰
	۳۲۰۰	۷۱۰	۵۹۰	٤۲۰	۳٤۰
۵	۵۰۰	٤ خط DHV > ۶۹۰	٤ خط DHV > ۶٤۰	٤ خط DHV > ٤۸۰	٤ خط DHV > ۴۸۰
	۸۰۰		۶۲۰	٤۶۰	۳۷۰
	۱۲۰۰	۶۵۰	۵٤۰	۳۸۰	۳۰۰
	۱۶۰۰	۶۳۰	۵۱۰	۳۶۰	۲۷۰
	۲٤۰۰	۶۰۰	٤۹۰	۳٤۰	۲۶۰
	۳۲۰۰	۶۰۰	٤۸۰	۳۳۰	۲۵۰
۶	۵۰۰	٤ خط DHV > ۶۲۵	٤ خط DHV > ۵۸۰	٤۸۰	۳۹۰
	۸۰۰	۵۷۰	٤۷۰	۳۳۰	۲۵۰
	۱۲۰۰	۵٤۰	٤۳۰	۲۹۰	۲۲۰
	۱۶۰۰	۵۳۰	٤۲۰	۲۸۰	۲۱۰
	۲٤۰۰	۵۲۰	٤۱۰	۲۷۰	۲۲۰
	۳۲۰۰	۵۱۰	٤۱۰	۲۷۰	۲۲۰
۷	۵۰۰	٤۷۰	٤۱۰	۳۱۰	۲٤۰
	۸۰۰	٤۰۰	۳۲۰	۲۱۰	۱۶۰
	۱۲۰۰	۳۸۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۵۰
	۱۶۰۰	۳۶۰	۲۸۰	۱۸۰	۱٤۰
	۲٤۰۰	۳۵۰	۲۷۰	۱۷۰	۱۳۰
	۳۲۰۰	۳٤۰	۲۶۰	۱۶۰	۱۲۰

توجه : پیشنهاد می شود که در صورت امکان به جای مقادیر داده شده در جدول از روش تحلیل تفصیلی استفاده شود .

می شود . جلوتر از شروع خط سربالایی باید از یك قطعه لچکی به طول حداقل ٤٥ متر استفاده شود .

ترجیح دارد که انتهای خط سربالایی در نقطه‌ای بعد از کوژ انتخاب شود تا سرعت کامیونها به حدود ٤٥ کیلومتر در ساعت برسد . این امر ممکن است عملاً در بسیاری از موارد امکان پذیر نباشد زیرا کامیونها برای رسیدن به یك چنین سرعتی نیاز به طول زیادی دارند .

نقطه عطفی برای انتهای خط سربالایی نقطه‌ای است که در آن کامیونها می توانند بویژه در محلهایی که فاصله دید کافی برای سبقت ایمن وجود دارد بدون خطر به خط اصلی بازگردند . این طول بهتر است حداقل ٦٠ متر بعد از این نقطه باشد . علاوه بر آن ، باید از یك طول لچکی نیز استفاده شود تا اجازه بازگشت کامیونها به خط عادی داده شود . به عنوان مثال ، در راههای با سرعت بالا که فاصله دید سبقت در فاصله ۳۰ متری از نقطه کوژ وجود دارد ، خط سربالایی باید به طول ۳۰ متر ، به علاوه ٦٠ متر تا ۹۰ متر پس از نقطه کوژ و به علاوه طول لچکی برابر با حداقل ٦٠ متر امتداد یابد .

خط سربالایی نباید کمتر از ۳/۰۰ متر — ۳/٦٥ متر بهتر است — عرض داشته باشد . خط سربالایی باید طوری احداث شود که از فاصله مناسبی قابل تشخیص باشد ، خط کشی روسازی در محل محور راه دو خطه باید به نحو معمول انجام شود . از علائم مناسب باید در شروع و قبل از فراز برای اطلاع کامیونها و خودروهای کند و هدایت آنها به خط سربالایی استفاده شود ، از علائم مناسب قبل از انتهای خط سربالایی نیز برای آگاه کردن رانندگان استفاده شود .

شیب عرضی خط سربالایی باید ادامه شیب عرضی خط آمد و شد اصلی مجاور باشد . در محلهایی که راه دارای بربلندی است لازم نیست که مقدار شیب عرضی خط سربالایی به بزرگی شیب عرضی خط آمد و شد اصلی مجاور

باشد زیرا انتظار می‌رود که سرعت خودروها در خط سربالایی کمتر باشد ، لیکن مقدار اختلاف این دو شیب عرضی نباید به اندازه‌ای باشد که سبب ناراحتی و به وجود آمدن مشکلاتی برای خودروهای عریض در موقع عبور از خط آمد و شد اصلی به خط سربالایی و برعکس شود . حداکثر مقدار اختلاف شیب عرضی حدود ٤٪ است .

لازم نیست که شانه واقع در سمت راست خط سربالایی شانه راه باشد زیرا از خود خط سربالایی می‌توان برای توقفهای گهگاه خودروها با فاصله کافی از خط آمد و شد اصلی ، استفاده کرد . عرضی برابر با ۱/۲۰ متر برای شانه خط سربالایی کفایت می‌کند . هزینه تسطیح برای خط بالارو زیاد نیست زیرا عرض تسطیح اضافه شده کم است .

به طور خلاصه ، استفاده از خط سربالایی ، یك راه حل نسبتاً کم‌هزینه‌ای برای جبران کاهش گنجایش و تأمین حرکت بهتر در فرازهایی است که مجموع کامیونهای با سرعت پایین و مقدار آمد و شد زیاد سبب تراکم آمد و شد راه می‌شود . اضافه کردن خط سربالایی به راههای دو خطه موجود می‌تواند موجب شود که نوسازی راه چندین سال به تعویق بیفتد .

در طرح راههای جدید ، استفاده از خطوط سربالایی می‌تواند سبب شود که یك راه دو خطه برای حجم آمد و شد کفایت کند ، در حالی که بدون خطوط سربالایی حجم آمد و شد ممکن است استفاده از یك راه چند خطه را توجیه کند . استفاده از خطوط سربالایی فقط در مواردی موجه است که طول فراز از طول بحرانی قطعه راه در فراز تجاوز کند (به فصل سوم مراجعه شود) . حتی در مواردی که طول و شیب فراز زیاد است ولیکن آمد و شد نسبتاً کم است ، استفاده از خطوط سربالایی لزومی ندارد . از خطوط سربالایی در مواردی باید استفاده کرد که طول سربالایی از طول بحرانی قطعه راه در فراز تجاوز کند و ترکیب و مقدار آمد و شد ، تناوب کامیونها و سرعت آنها طوری باشد که حجم

ساعت طرح در یك فراز بیش از ۲۰٪ از گنجایش طرح بیشتر باشد .

قطعات ٤ خطه در راههای دو خطه ــ در راههای دو خطه برای تأمین تناوب مطلوب قطعات سبقت ایمن ، از بین بردن اثر خودروهای سنگین کندرو بر جریان آمد و شد و یا هر دو ، از قطعات چهار خطه استفاده می شود . در مواردی که نتوان قطعات سبقت ایمن را به تعداد و طول کافی در طرح قائم و افقی راه به دست آورد ، می توان گهگاه از قطعات چهار خطه برای تأمین قطعات و طول ایمن بیشتر برای سبقت گرفتن استفاده کرد (شکل ۵ــ۲ ، مورد "ج") . این گونه قطعات بویژه در مناطق تپه ماهوری ، بخصوص اگر امتداد راه پرپیچ و خم بوده یا نیمرخ راه شامل طولهای بحرانی در فراز باشد ، بسیار مناسب است . در مناطق تپه ماهوری ، حتی اگر طول شیبها کمتر از طول بحرانی نیز باشد ، راه در امتداد مستقیم ممکن است دارای شرایط محدودکننده سبقت باشد .

استفاده از قطعات چهارخطه در پاره‌ای از کوژها ، قطعات اضافه شده‌ای را برای سبقت در هر دو جهت تأمین می‌کند . قطعات چهارخطه باید طول کافی داشته باشد تا به چندین خودرویی که به دنبال یك کامیون با سرعت کم حرکت می‌کنند ، قبل از رسیدن به قطعه دو خطه ، امکان سبقت بدهد .

لزومی ندارد که قطعات چهار خطه‌ای که برای تأمین امکان سبقت به کار می‌روند ، جدا شده باشند زیرا در طول بخش دو خطه راه ، خطوط آمد و شد متقابل از یکدیگر جدا نمی شوند . لیکن استفاده از میانه ها از مزایایی برخوردار است و باید از آنها در راههایی استفاده شود که حجم ساعت طرح آنها ۱۰۰۰ خودرو یا بیشتر است (بویژه در راههایی که نهایتا" تبدیل به راه چهارخطه جدا شده خواهند شد) .

به کار بردن قطعات چهارخطه در راههای دو خطه لزوما" به تسطیح

اضافی زیادی نیاز ندارد . به کار بردن شانه با عرض کامل در این قطعات لزومی ندارد زیرا مقدار آمد و شد احتمالی خیلی کمتر از گنجایش قطعه چهار خطه بوده ، تعداد خودروهایی که احتمال متوقف شدن دارند کم است و سبقت از یك خودرو متوقف شده در روی روسازی یا خودرویی که چرخهای سمت راست آن بر روی شانه قرار دارد می‌تواند بدون مشکل صورت گیرد . عرضی برابر با ۱/۲۰ متر برای شانه کفایت می‌کند . خطوط اضافی باید حداقل ۳/۰۰ متر و ترجیحاً ۳/۳۰ متر یا ۳/۶۵ متر عرض داشته باشند ، در هیچ شرایطی نباید عرض کل سواره رو از ۱۲ متر کمتر باشد .

تغییر عرض روسازی از دو خطه به چهارخطه باید طوری انجام شود که تغییر عرض در دید کامل رانندگان قرار داشته باشد . قطعات چهار خطه راههای با طول تقریباً بیش از ۳ کیلومتر ، بویژه در صورتی که راه جدا شده باشد ، ممکن است باعث شود که رانندگان هوشیاری خود را در این مورد که راه اساساً دو خطه است ، از دست بدهند . بنابراین ، واجب است که عبور از قطعه چهار خطه به دو خطه ، به طوری صحیح علامت‌گذاری وخط کشی شود تا راننده را از رسیدن به راه دو خطه آگاه سازد .

خلاصه

خلاصه‌ای از مراحل طرح برای تأمین قطعات سبقت در راههای دو خطه در زیر آورده شده است :

۱) امتداد قائم و افقی باید طوری طرح شود که مقدار هر چه بیشتری از طول راه دارای فاصله دید ایمن برای سبقت باشد (جدول ۳—٤) .

۲) در مواردی که مقدار آمد و شد طرح به گنجایش طرح نزدیك می‌شود باید تأثیر نبود قطعات سبقت در کاهش گنجایش راه در نظر گرفته شود (جدول ۲—۷) .

۳) در مواردی که حجم ساعت طرح بزرگتر از گنجایش کاهش یافته به علت کامیونهایی است که در فرازها حرکت می‌کنند (جدول ۵ــ٤) ، باید از خطوط سربالایی در طولهای بحرانی در فراز (شکل ۳ــ۸) استفاده شود .

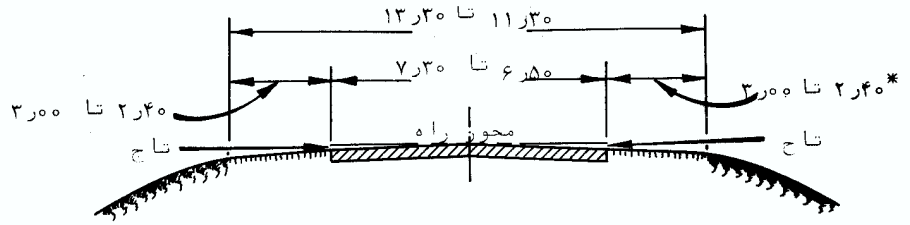
٤) در مواردی که طول و تناوب قطعات سبقت که با استفاده از موارد ۱ و ۳ به دست می‌آید ، هنوز کافی نباشد باید ساختن قطعات چهار خطه مورد نظر قرار گیرد .

۵ــ۲ــ٤ . توسعه نهایی راهها به راههای چهار خطه

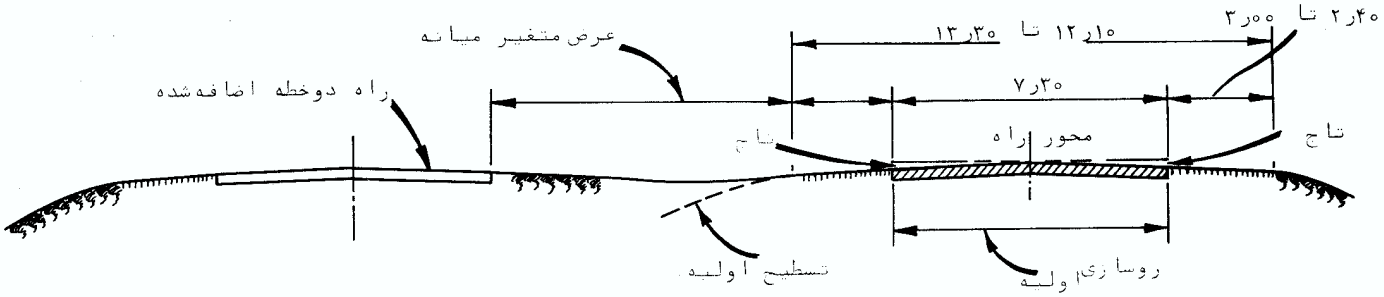
بیشتر راههای دو خطه برونشهری قادرند که آمد و شد کنونی و آینده را عبور دهند ، لیکن موارد زیادی وجود دارد (بویژه در مناطق درونشهری) که لازم است راههای دو خطه در آینده نزدیکی توسعه یابند .

در مواردی که انتظار می‌رود حجم ساعت طرح در مدت ۱۰ تا ۲۰ سال از گنجایش طرح راه دو خطه تجاوز کند ، باید طرح اولیه طوری باشد که امکان توسعه نهایی به یك راه چهار خطه جدا شده موجود باشد و تدابیر مناسب برای تأمین حریم راه اتخاذ شود . هیچ راه دو خطه‌ای نباید با این تصور احداث شود که بعداً" به یك راه چهار خطه جدا نشده توسعه خواهد یافت . حتی در مواردی که حریم راه محدود است باید نوعی جدا کننده ــ مانند یك میانه با عرض ۱/۲۰ متر یا بیشتر ــ برای توسعه آتی آن درنظر گرفته شود .

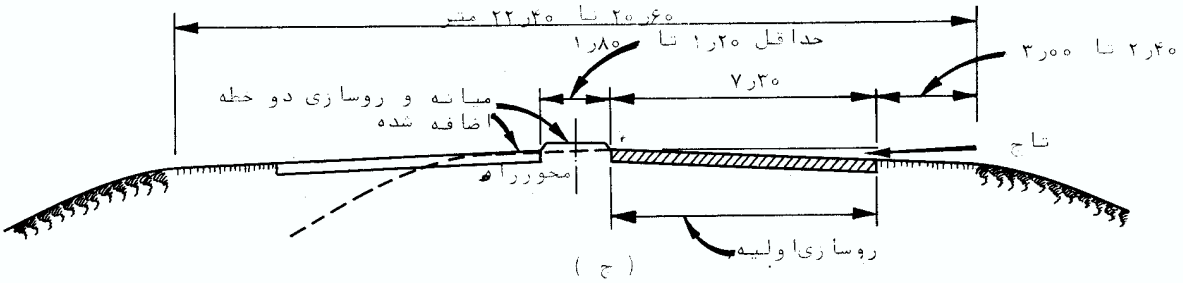
در توسعه نهایی یك راه چهار خطه جدا شده باید روسازی راه دو خطه اولیه طوری ساخته شود که روسازی بعداً" یکی از جهتهای عبور دو خطه را تشکیل دهد . این روش طرح مزایای زیادی نسبت به روشی دارد که دو خط اولیه در وسط حریم راه ساخته می‌شوند زیرا در این حالت ، سرمایه‌گذاری اولیه برای ساختن روسازی ، روگذرها از راه و راه‌آهن ، تسطیح ، حریم راه ، سیستمهای زهکشی و آبروها بعداً" در اثر توسعه نهایی از بین نمی‌رود و



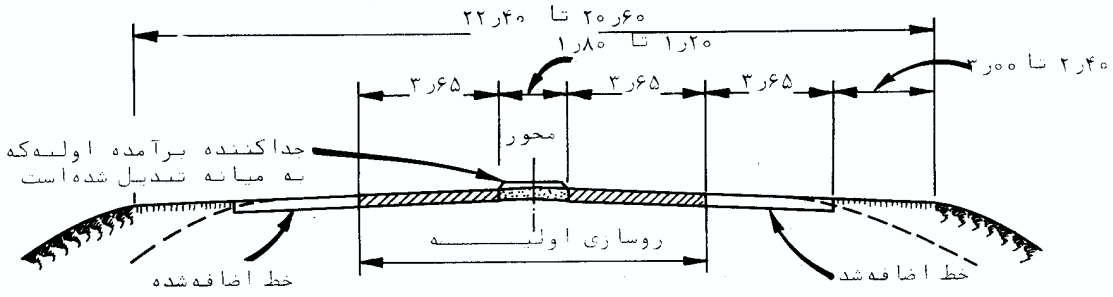
(الف)



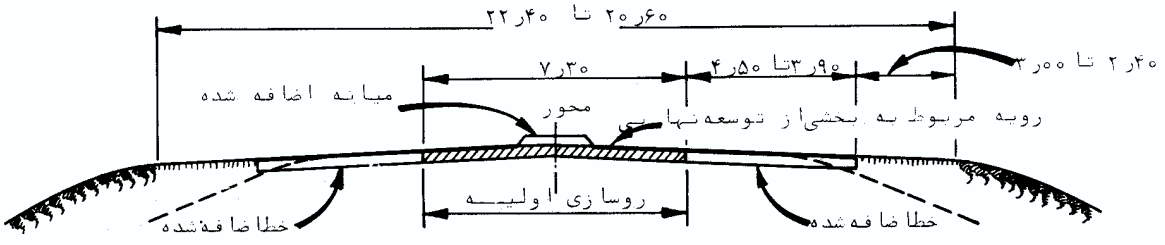
(ب)



(ج)



(د)



(هـ)

اندازه‌ها برحسب متر‌اند.

* عرض قابل استفاده شانه

شکل ۵–۳. مقاطع عرضی راههای دوخطه–توسعه‌نهایی به‌راه چهارخط

ضمناً" در موقع اضافه کردن دو خط دیگر اختلال کمتری در جریان آمد و شد به وجود می‌آید .

مقدار آمد و شد اولیه راههای دو خطه‌ای که نهایتاً" برای تبدیل به راه چهار خطه جدا شده طرح می‌شوند مستلزم عرضی برابر با ۶/۵۰ تا ۷/۳۰ متر ، شانه‌ای با عرض ۲/۴۰ تا ۳/۰ متر یا سواره رویی با عرض ۱۱/۳۰ تا ۱۳/۳۰ متر است (شکل ۵—۳ ، مورد " الف ") .

در مواردی که راه باید نهایتاً" به یك راه چهار خطه جدا شده با یك میانه عریض توسعه یابد و روسازی اولیه در یك طرف محور حریم راه واقع باشد ، روسازی معمولاً" با شیب عرضی دو طرفه ساخته می‌شود ، نهایتاً" سطح میانه پایین آورده می‌شود تا به صورت یك جویبار عمل زهکشی آبهای حاصل از یك دوم سطح هر یك از روسازیها را انجام دهد (شکل ۵—۳ ، مورد " ب ") . تسطیح مربوط به توسعه آتی معمولاً" وقتی میانه عریض است ، به تعویق می‌افتد .

در مواردی که حریم راه برای راه چهار خطه آتی محدود است می‌توان از یك میانه باریك که عرض آن از ۱/۲۰ یا ۱/۸۰ متر کمتر نباشد ، استفاده کرد ، مانند میانه های عریض راه اولیه که باید در یك جهت محور حریم راه احداث شود . به منظور اقتصادیتر کردن سیستم زهکشی و ساده تر کردن ساختمان آن ، روسازی دو خطه اولیه و نهایی باید طوری قرار داده شود که جریان آب به سمت خارج راه هدایت شود (شکل ۵—۳ ، مورد " ج ") . ممکن است تسطیح آتی به تعویق بیفتد و یا نیفتد ، این امر به شرایط محلی و طول احتمالی زمان تا توسعه کامل راه بستگی دارد .

نحوه دیگر قرارگیری میانه های باریك در مورد " د " از شکل ۵—۳ نشان داده شده است . ساختمان اولیه شامل دو خط ۳/۶۵ متری است که با یك سطح برآمده جدا کننده به عرض ۱/۲۰ تا ۱/۸۰ متر از یکدیگر جدا شده

و محور آن منطبق بر محور عرض نهایی حریم راه است . تبدیل راه دو خطه به راه چهار خطه جدا شده با اضافه کردن یك خط در هر طرف رویه اولیه و با تعبیه میانه‌ای انجام می‌شود که به وسیله جدول ، میله و یا بلوك بر روی جدا کننده برآمده اولیه بالا آورده شده است . استفاده از جدا کننده های باریك و برآمده در سطح روسازی راه دو خطه اولیه ممکن است مورد تردید باشد ــ روسازی عریض ممکن است سبب ایجاد خطر در سبقت‌گرفتن‌ها شود .

در بیشتر راههای دو خطه‌ای که سالها پیش احداث شده‌اند معمولا" هیچ گونه پیش‌بینی برای توسعه آتی انجام نشده است . در چنین مواردی در صورتی که امکان داشته باشد ، باید یك راه دو خطه تقریبا" به موازات راه اولیه احداث شود تا با راه موجود مجموعا" تشکیل یك راه جدا شده را بدهد و هر جهت جریان آمد و شد در یك راه انجام گیرد . در مواردی که اطراف راه موجود توسعه یافته باشد می‌توان بدون دست زدن به راه موجود در نزدیکی آن یك راه دو خطه یکطرفه احداث نمود . از این روش در مواردی استفاده می‌شود که به علت پستی و بلندی نامطلوب نتوان مقطع سواره رو موجود را تعریض کرد . هر گاه این عمل امکان پذیر نباشد ، ممکن است بتوان با ٤ تا ٥/٤ متر تعریض در هر طرف سواره رو موجود ، یك مقطع راه جدا شده به دست آورد (شکل ٥ــ٣ ، مورد "هـ") . در مواردی که هیچ یك از این روشها عملی نباشد ، ممکن است تعیین یك مسیر جدید لازم شود ، در این صورت ، راه قدیمی به یك راه محلی تبدیل می‌شود که ممکن است به عنوان یك راه دوم مورد استفاده قرار گیرد . از نظر آمد و شد ، راه روش اخیر ترجیح داده می‌شود زیرا یك راه با مسیر جدید تحت تأثیر راه قدیم قرار نمی‌گیرد و می‌توان آن را با استانداردهای جدید احداث کرد .

سطح مقطع توسعه آتی راه با میانه کم عرض (شکل ٥ــ٣ ، موارد "ج" ، "د" و "هـ") تماما" حداقل عرض کل سواره رو و میانه‌ای برابر با ٢٠/٦٠ تا ٢٢/٤٠ متر دارند . برای تأمین گردش به چپ ها در تقاطعها باید حدود

۳/۰۰ متر یا بیشتر به عرض کل اضافه شود .

۵ـ۳ . راههای چهار خطه جدا نشده

راه چهار خطه جدا نشده باریکترین راهی است که در آن هر خط عبور فقط برای آمد و شد یك جهت استفاده می شود و سبقت در خطوطی انجام می شود که به وسیله آمد و شد مقابل مورد استفاده قرار نمی‌گیرد . امکان سبقت‌گرفتن بدون نیاز به استفاده از خطوط مربوط به آمد و شد مقابل سبب می شود که حرکت آزادتر و ملایمتر انجام شود وگنجایش‌راه در مقایسه با راههای دو خطه افزایش یابد . به طور کلی ، به علت مقدار بیشتر آمد و شد در راههای چهار خطه ، رانندگان نه تنها با اصطکاك بیشتر با آمد و شد جهت مقابل و اطراف راه مواجه هستند بلکه با جریان آمد و شد هم جهت نیز اصطکاك دارند . در تمام گزارشهای تصادفات ، مقدار تصادف در راههای چهار خطه جدا نشده از راههای دو خطه بیشتر است . از موارد استثنایی که بگذریم و به صورت یك قاعده کلی ، راههای چهار خطه دارای آمد و شد سنگینتر ، تعداد بیشتر تقاطع و توسعه بیشتر زمینهای اطراف هستند . در این گونه راهها ، تناوب تقاطعهای همسطح اثر قابل توجهی بر مقدار تصادف وگنجایش‌راه دارد .

اجزای طرح هندسی که در فصلهای قبل این " معیارها " مورد بحث قرار گرفته‌اند کلا" ، به استثنای فاصله دید سبقت ، برای راههای چهار خطه جدا نشده قابل استفاده هستند . در این گونه راهها حداقل فاصله دید لازم در تمام نقاط برابر فاصله دید توقف است زیرا سبقت بدون لزوم استفاده از خط آمد و شد مقابل انجام می شود . مانند هر نوع راه دیگر ، ترجیح دارد که فاصله دید بیشتر از مقدار حداقل باشد .

در نظر گرفتن شانه های مناسب که سبب تشویق تمام رانندگان برای استفاده از آنها در مواقع اضطراری می شود ، از واجبات راههای چهار خطه جدا نشده است . توقف خودروها در خطوط اصلی آمد و شد بسیار خطرناك

است (احتمالا " خطرناکتر از راههای جدا شده) زیرا تغییر مسیر و انحراف به چپ رانندگان عصبی موجب می شود که سایر خودروها در پشت آنها و یا در خطوط داخلی به سمت چپ محور راه منحرف شوند .

در مواردی که حجم آمد و شد احداث راه چند خطه را در مناطق برونشهری که سرعتها بالا ست الزامی می کند ، توافق عمومی بر این است که آمد و شد های مقابل باید از یکدیگر جدا شوند . بهتر است که تمام راههای جدید چهار خطه یا بیشتر به صورت راه جدا شده ساخته شوند . توسعه یک راه دو خطه موجود به یك راه چهار خطه بهتر است شامل میانه نیز باشد .

راههای چند خطه جدا نشده به صورت جزئی از راههای دو خطه در صورتی قابل قبول هستند که طول قابل توجهی از راه ، فاصله دید کافی نداشته باشد ، در فرازهای با شیب زیاد به هر طرف راه خطی اضافه شده باشد و یا اطراف راه به طور قابل توجهی توسعه یافته باشد ، لیکن حتی در این موارد هم بهتر است از نوعی جدا کننده میانی استفاده شود .

استفاده از راههای یگانه با چهار خط عبور یا بیشتر در مناطق شهری یا اطراف شهری که توسعه متمرکز در زمینهای مجاور وجود دارد ، بسیار مناسب است .

۶. ایمنی

در سالهای اخیر ، در باره ایمنی راه مطالعات وسیعی انجام گرفته و سعی شده است که از جدید ترین نتایج مطالعات در بهبود ایمنی راه استفاده شود. در آمارهای موجود ، علت ۸۰ تا ۹۰ درصد از تصادفات ، "اشتباه" راننده ذکر شده است . از آنجا که روش و عادات رانندگی افراد را به سادگی نمی توان تغییر داد ، راه باید طوری ساخته شود که اولا" احتمال اشتباه راننده کاهش یابد ، و ثانیا" در صورت بروز اشتباه ، تا حد زیادی از شدت و خطر تصادف کاسته شود . البته نباید منکر گسترش آموزش رانندگی و ایجاد عادت صحیح رانندگی شد ، اما باید توجه داشت ، که این آموزشها زمانی موثر است که از سنین کم شروع شود ، ضمنا" آن دسته از منشهای انسانی که می توان با آموزش بهبود بخشید ، محدود است . خارج ساختن رانندگان عصبی ، غمگین ، شکست خورده و هیجان زده از جاده ها کار آسانی نیست .

برای طرح کم خطر راه ، آن ویژگیهای انسانی را که در طرح تأثیر می‌گذارد باید شناخت . زمان لازم برای واکنش (زمان عکس العمل) یکی از حیاتیترین ویژگیهایی است که طرح کم خطر راه به آن وابسته است . ابراز واکنش در مقابل علائم بصری اندکی طولا نیتر از ابراز واکنش در برابر علائم سمعی و لمسی است و زمان ابراز واکنش در مقابل تحریکات عضلانی از مدت ابراز عکس العمل در مقابل علائم بصری هم طولا نیتر است . وقتی که تعداد علائم زیاد شود ، یا علائم پیچیده باشد ، زمان عکس العمل طولا نیتر می شود . از کلیات بالا می توان نتایج زیر را در مورد طرح راه گرفت :

۱) قابل رؤیت و ملموس ساختن ویژگیهای راه ، زمان ابراز واکنش را

کوتاهتر از هنگامی می‌سازد که این ویژگیها با تحریکات ماهیچه‌ای احساس شود . بنابراین ، قوسهای علامت‌گذاری شده و یا قوسهای قابل روئیت ، خیلی سریعتر توجه راننده را جلب می‌کند تا آن که راننده با حرکت اتومبیل در روی قوس و تحریکات ماهیچه‌ای از وجود قوس با خبر شود .

۲) به منظور کم کردن زمان واکنش ، می‌توان روسازی راه را در قسمتهایی مانند لبه ها و شانه ها و میانه ها با مصالح زبرتری انجام داد که توسط راننده به خوبی حس می‌شود .

۳) هر چند زمان ابراز عکس العمل برای علائم بصری اندکی بیش از این زمان برای علائم سمعی و لمسی است ، اما می‌توان علائم بصری را به اندازه کافی در جلو نصب کرد و زمان عکس العمل کافی را به راننده داد .

٤) علائم اخباری متکی به هر کدام از حواس پنجگانه که باشد ، باید به اندازه کافی قبل از محل خطر داده شود تا زمان برای ابراز عکس العمل و جلوگیری از خطر کافی باشد .

٥) علائم بصری باید طوری نصب شود که با گردش مرکز چشم که بسیار سریعتر از گردش سر است ، روئیت شود ، به عبارت دیگر ، علائم بصری باید در داخل مخروط دید راننده قرار گرفته باشد .

٦) برای آنکه تابلوهای اخباری که مقصد را نشان می‌دهند فورا" قابل درك باشند ، تعداد نامهایی که در این تابلوها نوشته می‌شود باید در حداقل باشد .

۷) جدولها ، میانه ها ، پایه پلها و هر جسمی که در کنار راه قرار دارد و به روشنی قابل روئیت نیست باید با رنگ زدن و خط کشی به خوبی مشخص شود .

۸) در مواقع خاصی که راننده با وضع پیچیده‌ای روبه رو شده و مجبور به قضاوت ، انتخاب و تصمیم گیری می‌شود ، زمان عکس العمل راننده

ممکن است حتی به ۵ ثانیه هم برسد . اگر چنین وضعی در سبقت‌گیری‌ها ، شیبراهه های چندگانه ، چهار راه های پیچیده ، و یا در شرایطی مانند آن پیش‌آید ، مطلوب آن است که در نقاط تقاطع همسطح و غیر همسطح فقط یك کانال دو انتخابی وجود داشته باشد . در صورتی که کانال دو انتخابی ممکن نباشد ، باید تعداد انتخابهایی که راننده باید انجام دهد ، زمان کافی برای ابراز عکس العمل داده شود .

۹) علائمی که چندین مطلب را یکجا می‌گویند ، برای راننده مشکل جدا سازی مطالب را پیش می‌آورند ، از نصب این علائم باید جلوگیری شود .

خلاصه مطالب بالا این است که باید زمان عکس العمل کافی به راننده داد و راه را طوری ساخت که راننده در زمان واحد مجبور به تصمیم گرفتن درباره چند عمل مختلف در زمان واحد نباشد .

هر چند در بعضی مطالعات رابطه مستقیمی بین تعداد تصادفات و مقدار آمد و شد یافته‌اند ، اما مشکل است که بتوان اثر مقدار آمد و شد را ازاثر ویژگیهای هندسی راه مجزا کرد . مقدار زیاد آمد و شد در راههایی که عرض خطوط و شانه ها و طول فواصل دید کافی نیست ، البته نسبت تصادفات را زیاد خواهد کرد . همچنین ، نشان داده شده که نسبت تصادفات در مقدار کم و زیاد آمد و شد کمتر از نسبت تصادفات در مقدار متوسط است زیرا که در مقدار کم آمد و شد درگیری وسایل با یکدیگر کمتر بوده ، و در مقدار زیاد نیز اختلاف بین سرعتها اجباراً کم است .

رابطه بین سرعت و تعداد تصادف بر خلاف داوری عمومی است که سرعت را بزرگترین عامل تصادف می شمارد . این قضاوت شاید به این علت باشد که در سرعتهای بالا شدت تصادف زیاد است . سرعت مناسب از نظر ایمنی به شرایط

و نوع راه و سرعت وسایل نقلیه دیگر بستگی دارد . تعداد تصادفات بیش از آن که ناشی از سرعت وسایل نقلیه باشد ، به اختلاف سرعت آنها بستگی دارد . هر چه تفاوت سرعت وسایل نقلیه زیادتر باشد احتمال تصادف نیز بیشتر است .

تصادف با ویژگیهای هندسی راه رابطه روشنی دارد . مطالعات آماری و تحلیلی در کشورهای مختلف نشان داده است که :

- کنترل دسترسی ، عمده ترین وسیله تقلیل نسبت تصادفات ، کشته شدگان و زخمی شدگان است . کنترل کامل دسترسی در راههای برونشهری نسبت تصادفات و کشته شدگان تصادفات را به یك سوم تا یك دوم کاهش می دهد .
- کافی بودن عرض خط و عرض راه در کاهش تعداد تصادفات اثر عمده دارد . اما عرض خط را نمی توان خیلی زیاد گرفت زیرا در آن صورت ، رانندگان از دو خط عریض مجاور هم به عنوان سه خط استفاده می کنند و عملا" عرض خطوط کمتر می شود . عرض خط ۳/۶۵ متر مطلوب و مناسب تشخیص داده شده است .
- عریض بودن شانه ها که امکان توقف وسایل نقلیه خراب شده در کنار راه را می دهد و همچنین فضایی برای گریز در هنگام امکان تصادف ایجاد می کند ، از تعداد تصادفات می کاهد .

  با توجه به عوامل دیگر (اهمیت راه و مخارج ساختمان) ، باید شانه را تا آنجا که ممکن است عریض گرفت ، برای شانه ، عرض ۳ متر مطلوب تشخیص داده شده است .
- قوسها ، مخصوصا" قوسهای تند ، به افزایش تعداد تصادفات کمك می کند .
- موانع و اشیایی که در کنار راه قرار دارد ، عامل عمده‌ای در ایجاد تصادف است مشخص ساختن این موانع با رنگ و خط کشی ، تعداد تصادفات را کم می کند .

- تعداد زیادی از تصادفات ، چه در راههای شهری و چه در راههای برونشهری ، در تقاطعها اتفاق می‌افتد . ساختن زیرگذر و روگذر گرانترین ، ولی مطمئنترین طریقه کاهش تعداد تصادفات در تقاطعهاست . هدایت کردن آمد و شد با جزیره هایی که در محدوده تقاطعها ساخته می‌شود ، تعداد تصادفات را کم می‌کند و از شدت آنها می‌کاهد .
- به خواب رفتن رانندگان در نتیجه یکنواخت شدن رانندگی عامل تصادف در آزادراهها و بزرگراههاست . برای جلوگیری از این امر ، سعی می‌شود که قسمتهای مستقیم طولانی در آزادراهها و بزرگراهها ساخته نشود و قوسهایی که شعاع بسیار بزرگ دارند جانشین قسمتهای مستقیم شوند .
- عریض‌بودن میانه راه در راههای جدا شده ، با فراهم ساختن محل گریز در مواقع بحرانی ، به ایمنی راه کمک می‌کند . در صورتی که میانه‌ها با جدول تیز ساخته شود ، خطر تصادف سر به سر وسایل نقلیه دو طرف را از بین می‌برد ، اما خود برخورد به جدول باعث می‌شود که راننده کنترل خود را از دست بدهد و با وسایل نقلیه همجهت خود برخورد کند . طرح واقعبینانه راه ایجاب می‌کند که راه تا حد امکان برای راننده‌ای که در اثر غفلت یا اشتباه خود از جاده خارج می‌شود ، بی‌خطر باشد . رعایت اصول زیر از این نظر به ایمنی راه کمک می‌کند :

۱) تا حد امکان ، حریم راه از وجود موانع پاک باشد .
۲) در جاهای ممکن باید سعی شود که شیب شیروانیها ملایم باشد تا وسیله خارج شده از جاده ، بتواند تعادل خود را حفظ کند .(شیب ۴ : ۱ برای شیروانی از این بابت حداقل مطلوب تشخیص داده شده است).
۳) در جاهایی که پاکسازی حریم راه ممکن نباشد ، یا فراهم ساختن

شیب ملایم برای شیروانی ، به علت بلند بودن خاکریز ، پرخرج یا غیرممکن باشد و یا در جاهایی که جاده در روی پل قرار داشته باشد ، باید نرده‌های نگهبان نصب کرد و در روی پلها جانپناه گذارد .

نصب نرده‌های نگهبان باید طبق اصول ایمنی راه باشد ، در غیر این صورت ، خود نرده به مانع خطرناکی در مسیر وسایل نقلیه تبدیل خواهد شد . نرده باید طوری طرح گردد که وسیله نقلیه‌ای که از جاده خارج می‌گردد ، در روی آن بلغزد .

پایه های نرده باید در پشت قرار گیرد و دو سر نرده به تدریج به داخل جسم جاده فرو برده شود .

٤) پایه های علائم و تابلوهایی که در داخل حریم راه قرار دارند ، خطر عمده‌ای برای وسایل منحرف شده محسوب می‌شوند . به این دلیل ، باید اولا" از نصب پایه های زاید خودداری گردد و مثلا" برای نصب علائم ، تا حد امکان از روگذرها استفاده شود و ثانیا" از پایه هایی استفاده شود که در صورت تصادم با وسایل نقلیه ، کمرشکن می‌شوند و وسایل نقلیه می‌توانند از روی آنها عبور کنند .

٥) در اطراف موانعی که در وسط راه قرار می‌گیرند ــ مانند جزیره ها و پایه های پلهای روگذر ــ ضربه گیر قرار می‌دهند تا در صورت برخورد وسیله نقلیه ، انرژی وسیله نقلیه را جذب کند و از شدت تصادف بکاهد .

۱. بی.سی.ای.او.ام (BCEOM) ، مهندسین مشاور. *دستورالعمل معیارهای طرح هندسی آزاد راهها*. گزارش موقت تهیه شده توسط مهندسین مشاور BCEOM برای وزارت راه و ترابری، ۱۳۵۷.

۲. ــــــــــــــــــــــــــــ . *دستورالعمل معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی*. گزارش موقت تهیه شده توسط مهندسین مشاور BCEOM برای وزارت راه و ترابری، ۱۳۵۷.

۳. سازمان برنامه و بودجه؛ و وزارت راه. *ابلاغیه‌های فنی* شماره‌ٔ ۱ تا ۱۶، ۱۳۳۴–۱۳۳۸.

4. American Association of State Highways and Transportation Officials(AASHTO). *A Policy on Geometric Design of Rural Highways*. Fifth Printing. Washington,D.C.: 1969.

5. American Association of State Highways and Transportation Officials(AASHTO). *A Policy on Geometric Design of Urban Highways and Arterial Streets*. Wahington,D.C.: 1973.

6. American Association of State Highways and Transportation Officials(AASHTO). *Geometric Design Guide for Local Roads and Streets*. Washington,D.C.: 1971.

7. American Association of State Highways and Transportation Officials(AASHTO). *Geometric Design Standards for Highways Other than Freeways*. Washington,D.C.: 1969.

8. National Academy of Sciences. Highway Research Board(TRB). *Highway Capacity Manual*. Special Report 87. Washington,D.C: 1965.

9. International Bank for Reconstruction and Development.Department of Technical Operation. *A Guide to Highway Design Standards*. June, 1957.

10. National Association of Australian State Roads Authorities (NAASRA). *Interim Guide to the Geometric Design of Rural Roads*. Sydney: 1980.

11. National Academy of Sciences. Transportation Research Board (TRB). *Geometric Design Standards for Low-Volume Roads*. Compendium 1. Washington,D.C.: 1978.

12. UNESCO. *Low-Cost Roads: Design, Construction, and Maintenance*. London: Butterworth, 1971.

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

عنوان	تاریخ انتشار
۱. زلزله‌خیزی ایران	فروردین ماه ۱۳۵۰
۲. زلزله هشتم مردادماه ۴۹ (قرناوه و گنبدکاووس)	آبان ماه ۱۳۵۰
۳. بررسیهای فنی	آذرماه ۱۳۵۰
۴. طرح و محاسبه‌واجرای رویه‌های سنتی درفرودگاهها	دی ماه ۱۳۵۰
۵. آزمایشهای لوله‌های تحت فشار سیمان و پنبه‌نسوز در کارگاههای لوله‌کشی	دی ماه ۱۳۵۰
۶. ضمائم فنی دستورالعمل طرح و محاسبه‌واجرای رویه‌های سنتی درفرودگاهها	اسفندماه ۱۳۵۰
۷. دفترچه‌تیپ شرح قیمتهای واحد عملیات راههای فرعی	ازاعتبار ساقط است
۸. دفترچه‌تیپ شرح قیمتهای واحد عملیات راههای اصلی	ازاعتبار ساقط است
۹. مطالعه و بررسی درتعیین ضوابط مربوط به‌طرح مدارس ابتدائی	تیرماه ۱۳۵۱
۱۰. بررسی فنی مقدماتی زلزله‌فروردین ماه ۱۳۵۱ قیروکارزین	مردادماه ۱۳۵۱
۱۱. برنامه‌ریزی فیزیکی بیمارستانهای عمومی کوچک	شهریورماه ۱۳۵۱
۱۲. روسازی شنی و حفاظت رویه‌آن	شهریورماه ۱۳۵۱
۱۳. زلزله ۱۷ آبان‌ماه ۱۳۵۰ بندرعباس	اردیبهشت‌ماه ۱۳۵۲
۱۴. تجزیه‌وتحلیل هزینه‌کارهای ساختمانی وراهسازی (بخش کارهای آجری)	خردادماه ۱۳۵۲
۱۵. تجزیه وتحلیل هزینه‌کارهای ساختمانی وراهسازی (بخش تعیین هزینه ساعتی ماشینهای راهسازی)	ازاعتبار ساقط است
۱۶. شرح قیمتهای واحد تیپ برای کارهای ساختمانی	ازاعتبار ساقط است
۱۷. برنامه‌ریزی فیزیکی بیمارستانهای عمومی از ۱۵۰ تا ۷۲۰ تختخواب	آبان‌ماه ۱۳۵۲
۱۸. مشخصات فنی عمومی لوله‌ها و اتصالات پی ،وی ،سی برای مصارف آبرسانی	آذرماه ۱۳۵۲
۱۹. روش و نصب کارگذاری لوله‌های پی ،وی ،سی برای مصارف آبرسانی	آذرماه ۱۳۵۲
۲۰. جوش کاری درساختمانهای فولادی	چاپ دوم ۱۳۶۴
۲۱. تجهیز و سازمان دادن کارگاه جوشکاری	چاپ دوم ۱۳۶۳
۲۲. جوش‌پذیری فولادهای ساختمانی	چاپ دوم آذرماه ۱۳۶۲
۲۳. بازرسی و کنترل کیفیت جوش درساختمانهای فولادی	درمرحله چاپ
۲۴. ایمنی درجوشکاری	چاپ دوم ۱۳۶۴
۲۵. زلزله ۲۳ دسامبر ۱۹۷۲ ماناگوا	بهمن ماه ۱۳۵۲
۲۶. جوش‌کاری دردرجات حرارت پایین	چاپ دوم آذرماه ۱۳۶۲
۲۷. مشخصات فنی عمومی لوله‌کشی آب سرد و گرم و فاضلاب ساختمان	اسفندماه ۱۳۵۲
۲۸. تجزیه‌وتحلیل هزینه‌کارهای ساختمانی وراهسازی بخش ملاتها	اردیبهشت‌ماه ۱۳۵۳
۲۹. بررسی نحوه توزیع منطقی تختهای بیمارستانها درکشور	خردادماه ۱۳۵۳
۳۰. مشخصات فنی عمومی برای طرح واجرای انواع شمعها و سپرها	خردادماه ۱۳۵۳
۳۱. تجزیه‌وتحلیل هزینه‌کارهای ساختمانی وراهسازی بخش اندودها ، قرنیزها و بندکشی	تیرماه ۱۳۵۳